ISSN 2187-0462

第一工業大学研究報告

RESEARCH REPORT

第25号
（2013年3月）

第 一 工 業 大 学
Daiichi Institute of Technology

This document is provided by JAXA.

【正誤表】

P.118　　8行目

誤	正
Ⅲ．国家の目的	**Ⅴ．国家の目的**

This document is provided by JAXA.

目　　次

第1部　工学系

酒　井　謙　二	人力飛行機の外翼の空力設計検討	1
酒　井　謙　二	リュージュ　パラメトリックスタディ	7
池田　大史・小澤栄一郎 下妻遼太郎・瀬戸　祐介 山野　正義・中村　愼悟	ＵＶライトを用いた可視化風洞試験の研究 （絹糸を用いた最適タフトの開発）	11
池　田　陽　介 泊　　貴　弘 酒　井　謙　二	垂直風洞の低乱流化とカエデの種の飛行の研究	15
若　井　一　顕	放送のハイブリッド化とソーシャルメディアとの共存 （メディアの新時代を展望する）	17
若　井　一　顕	中波帯アイソレータの基礎研究とシステム評価 （2012年度放送文化基金研究）	25
山　田　猛　矢 田　中　利　昭 比　嘉　　築	トレッドミル歩行訓練のための支援システムの開発	33
鈴　木　弘　一	Recalculation of Air Turborocket Performance	41
皮籠石　紀　雄 仮　屋　孝　二	Effect of Grain Size on Crack Growth Resistance and Notch Sensitivity in Fatigue of Carbon Steel	49
仮　屋　孝　二 皮籠石　紀　雄	Effect of Humidity on Initiation and Propagation Properties of a Fatigue Crack of Maraging Steel	59
椛山　卓弥・日高　泰基 平野　大地・吉徳　謙佑 吉田　清司・羽野　暁	焼酎廃液の有効利用に関する研究	69
古　田　智　基	高減衰ゴムを用いた木造戸建て住宅用パッシブダンパーの開発	75
位　田　達　哉 福　島　順　一	ＲＣ柱の圧縮靱性に関する実験的研究	83
森　　大　地 古　田　智　基	武家屋敷門の耐震性能評価	91
上　濱　優　貴 福　島　順　一	ＲＣ梁の曲げひび割れ幅に及ぼす主筋量の影響に関する研究	95

第2部　共通教育系

建　宮　　努	日本におけるインターネットを活用した新しいビジネスチャレンジの仕組み研究	99
森　川　晴　子	マスメディアによる法律への影響（調査研究）	107
今　市　隆　一	H. J. ラスキの多元的国家論 —「主権三部作」を中心に—(2)[完結]【論文】	117
今　市　隆　一	H. J. ラスキ略年譜 — 1893年～1950年 —【年譜】	121

平成24年度において学外に発表された論文及び講演 …… 129

This document is provided by JAXA.

CONTENTS

part 1 Engineering system

Kenji SAKAI : The Wing Design for the Outer Wing Area of the Man Powerd Airplane ····· 1

Kenji SAKAI : The Parametric Study for the Luge Game to get the High Record at the Olympic Game ··· 7

Daishi IKEDA, Eiichiro KOZAWA, Ryotaro SHIMOZUMA, Yusuke SETO, Masayoshi YAMANO, Shingo NAKAMURA : Visualization of Wind-Tunnel Test Using Ultraviolet Light (The Study of the Optimum Tuft Using the Traditional Silk) ····· 11

Yousuke IKEDA, Takahiro TOMARI, Kenji SAKAI : The Improvement of Vertical Wind Tunnel and the Study of the Maple's Seed Movement ····· 15

Kazuaki WAKAI : Coexistence Between Hybrid Broadcasting and Social Media (Outlook for the Development of New Media Evolution)····· 17

Kazuaki WAKAI : Basic Study of Medium Wave Isolator Design and System Evaluation ····· 25

Takeshi YAMADA, Toshiaki TANAKA, Kizuku HIGA : Development of a System for Treadmill Gait Training Assistance····· 33

Koichi SUZUKI : Recalculation of Air Turborocket Performance ····· 41

Norio KAWAGOISHI, Kohji KARIYA : Effect of Grain Size on Crack Growth Resistance and Notch Sensitivity in Fatigue of Carbon Steel ····· 49

Kohji KARIYA, Norio KAWAGOISHI : Effect of Humidity on Initiation and Propagation Properties of a Fatigue Crack of Maraging Steel ····· 59

Takuya KABAYAMA, Taiki HIDAKA, Daichi HIRANO, Kensuke YOSHITOKU, Seiji YOSHIDA, Satoshi HANO : Study on Effective Utilization of Shochu Waste Fluid ····· 69

Tomoki FURUTA : Developmenet of Passive Damper Using High Damping Rubber for Wooden Houses ····· 75

Tatsuya INDEN, Jun-ichi FUKUSHIMA : Experimental Study About the Compression Toughness of the RC Columns ····· 83

Daichi MORI, Tomoki FURUTA : Seismic Performance Evaluation on Samurai's Premises Gate ····· 91

Yuuki UEHAMA, Jun-ichi FUKUSHIMA : Study on Influence of The Quantity of Main Reinforcement Which I Bend it, and Gives it to Cracking Width of the RC Beam ····· 95

part 2 Common education system

Tsutomu TATEMIYA : Study on New Business Challenge System on The Internet in Japan. ····· 99

Haruko MORIKAWA : The Mass Media Effects on the Law. How Did The Mass Media Revise The Child Welfare Law Throughout Oncho-en Case?····· 107

Ryuichi IMAICHI : Pluralistic Theory of the State of Harold J.Laski— Study of His Earlier View on Sovereignty —(2) ····· 117

Ryuichi IMAICHI : An Abbreviated Chronological List of Events in Harold J. Laski's Life, 1893-1950 ····· 121

This document is provided by JAXA.

第1部　工学系

（part1　Engineering system）

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.1-5

人力飛行機の外翼の空力設計検討

酒　井　謙　二

第一工業大学　航空工学科　（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）

E-mail:k-sakai@daiichi-koudai.ac.jp

The Wing Design for the Outer Wing Area of the Man Powerd Airplane

Daiichi Institute of Technology
Kenji　SAKAI

The man powered airplane's wing geometry was designed in order to reduce the pitching moment for outer wing area. The DAE21 wing geometry is used for many man powered airplanes. But when this wing geometry is used for all span area, the nose down pitching moment is calculated for the wing outer area. New wing geometry is designed, named DAE30, which has the maximum chamber line's position is 30% wing section.

By using this wing geometry, the nose down pitching moment has been deduced for the design speed.

Key Words: *Man Powered Airplane, Wing Geometry, Pitching Moment, Outer Wing Area*

1. はじめに

第一工業大学が５年前に人力飛行機の製作を再開した時、翼型として、他の大学が使っているＤＡＥ２１の翼型を採用することとした。その翼型の２次元３分力風洞試験結果は公表されているため、それをベースに、基準としている３５％翼弦位置回りのスパン方向のモーメント分布を計算した。その結果、設計揚力で、翼端付近（約８０％スパンより外翼）では、３５％翼弦回りに頭下げモーメントが発生することが分かった。

この対策として、桁位置の変更と、新翼型の設計の２つの対策結果を示す。

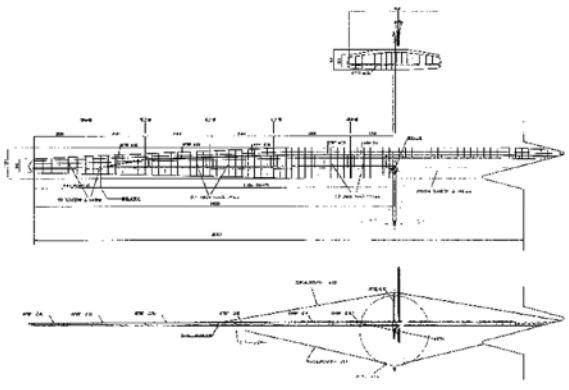


図 1.1　機体正面図・平面図

2. 基本機体仕様

検討した機体は、2009年度に設計された「かげろう号」と呼ばれる機体である。

2．１　3面図

機体三面図を図 1.1、図 1.2 に示す。

This document is provided by JAXA.

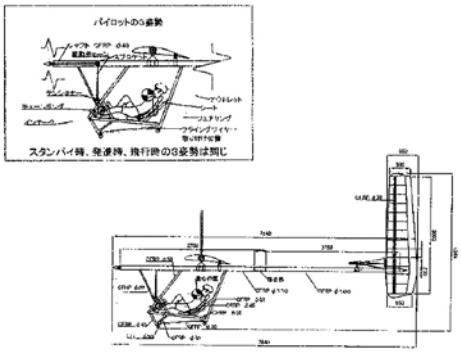


図 1.2　機体側面図

2　主要諸元

主要機体諸元を表 1 に示す。

総重量	105kgf	全長	9m
機体重量	50kgf	全高	4．1m
主翼		水平尾翼	
翼型	DAE21	翼型	NACA 0009
翼幅	34m	翼幅	4．6m
翼面積	35㎡	翼面積	3．3㎡
アスペクト比	33	回転中心	25%C
取り付け角	7 °	モーメントアーム	5．３m
桁位置	35%C	水平尾翼容積	0．433

表 1　機体主要諸元

2．3　基本翼型

基本翼型は人力飛行機でよく使用されるDAE21を採用した。この翼型は低速域で良い揚抗比を持つとされる。

翼型を図 2 に示す。

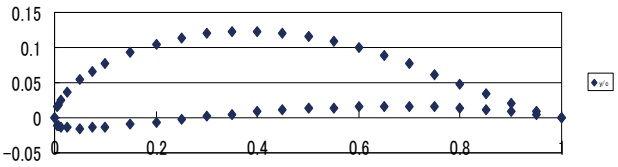


図 2　DAE21 翼型

3．　基本翼型（DAE21翼型）空力特性

DAE21翼型の2次元空力特性（風洞試験結果）を図 3 に示す。

なお、この結果は、翼弦長基準レイノルズ数（Re数）が、0.375x10 ^{6} の結果である。

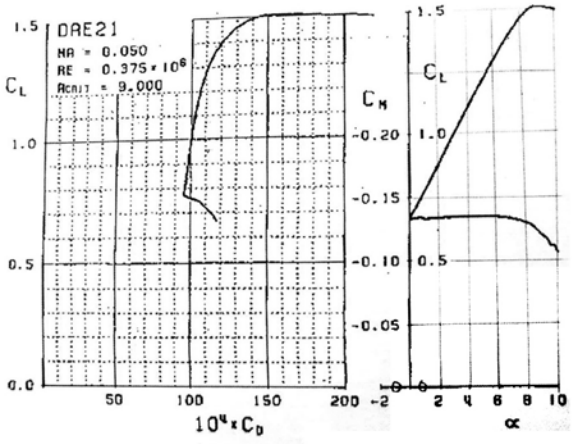


図 3　DAE21空力特性風洞試験結果
（CL～Cd、Cm～α）

4．　スパン方向のピッチングモーメントの検討

4．1　設計条件での揚力分布の検討

この翼はｱｽﾍﾟｸﾄ比 AR が33と大きな翼であるため、スパン方向の揚力分布は楕円分布として近似しても大きな差はないと考えられる。

今、総重量を105Kgfとして、求めた揚力の分布の結果を図 4 に示す。

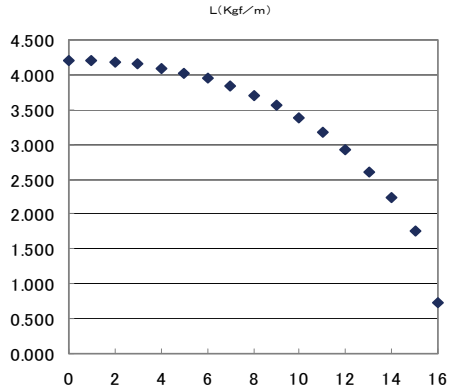


図 4　揚力分布（L（Kgf／m）～y（m））

4．2　断面揚力係数の検討

機体の速度を設計値の　7m／s　と、1m／s　速い8m／s　の　2つの値に対して、翼平面形と、揚力分布から断面の揚力係数を推算する。

揚力係数のスパン方向の分布を図 5 に示す。

This document is provided by JAXA.

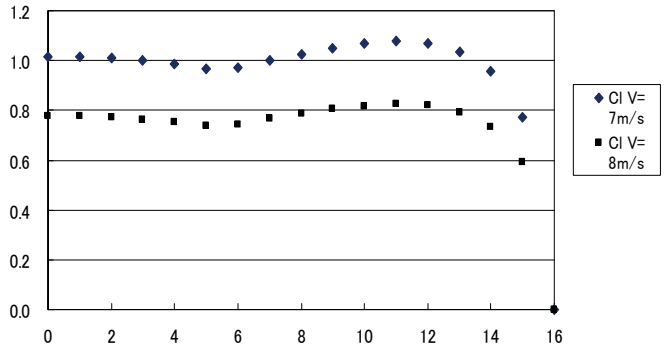


図 5 揚力係数分布（CL～y）

4．3 モーメント中心の検討

図 5 の断面揚力係数に対するピッチングモーメントを図 3 の風洞試験結果を参考に解析し、モーメント中心を求めた結果を図 6 に示す。

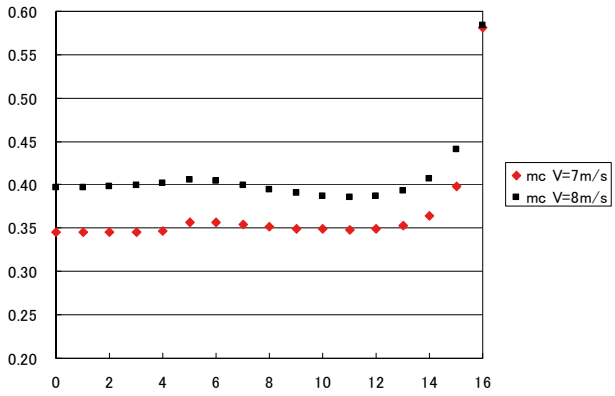


図 6 モーメント中心（(x／c)mc～y）

この図から、設計機体速度 7m／s ではスパン位置13m（81％スパン位置）までは、設計どおり、圧力中心は0．35翼弦位置にあるが、それより外側では翼端で圧力中心が約0．48翼弦まで後退することが分かる。

この事から、DAE21翼型を全スパンに展開すると81％スパンより外側で、頭下げモーメントが発生すると予想される。

また、機体速度を1m／s増速する（8m／s）と、圧力中心が更に5％翼弦後退し、頭下げが発生することが分かる。また、機体速度を1m／s減速する（6m／s）と、今度は圧力中心が5％翼弦前進し、頭上げが発生することが推算できる。

5． 新しい主翼形状の検討

5．1 翼端付近の桁位置の後退

翼端付近の設計条件（v＝7m／s）の頭下げモーメントを解消するために、翼のつなぎ目を考慮し、スパン位置12mより外翼部を、翼端で従来35％の位置にある桁の位置を、42％後方にずらす設計をした。

5．2 新しい主翼形状での飛行試験結果

改良した主翼を用いて、鹿児島の枕崎空港で2007年12月に飛行試験を実施した。翼の捩りも発生せずに、約100mのフライトに成功した。
フライトの写真を図 5.1 に示す。



図 7 枕崎空港での試験飛行

6． 新翼型の設計

外翼の桁の位置を後方にずらすことで、頭下げモーメントは解消されたが、

①平面形が設計から外れること
②桁位置を後方にずらせることにより、翼端付近での桁位置での翼厚が不足し、翼端付近で翼厚を増加させる必要が生じた。

などの不具合が生じたため、桁の位置は変えずに外翼部でモーメント中心を0．35翼弦位置に持つ新翼型を設計することとした。

6．1 キャンバー形状の変更による新翼型

基本的な考え方は、翼厚分布は変更せずに、キャンバー形状のみの変更で行うこととした。

DAE21の最大キャンバー位置は45％翼弦にあるため、最大キャンバー位置を30％翼弦と35％翼弦とに持っていった翼型を設計した。

30％キャンバー位置の翼をDAE30、35％キャンバー位置の翼をDAE35と名前をつける。
キャンバーの比較を図 8 に示す。

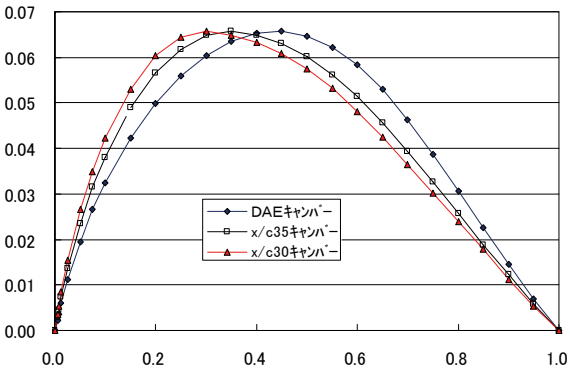


図 8 キャンバー分布の比較 （(y／c)c～x／c）

This document is provided by JAXA.

求められたDAE30翼型と、基本翼型DAE21の翼型の比較を図 9 に示す。

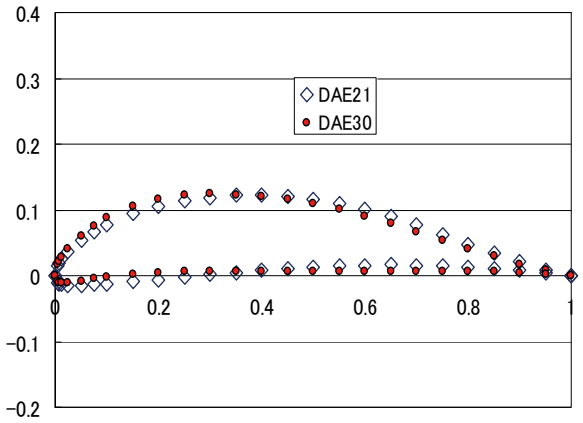


図 9　DAE30 翼型比較　（y／c～x／c）

6．2　新翼型のモーメント特性の計算

新翼型の空力特性を求めるために、2次元パネル法による圧力分布の計算を実施した。

基本翼DAE21翼型と　DAE30翼型の迎角2°、4°、6°の解析結果を図 10～図 11 に示す。

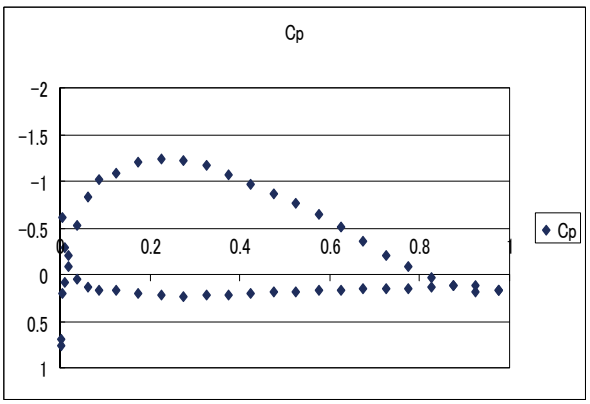


図 10.1　DAE21　α＝2°圧力分布（Cp～x／c）

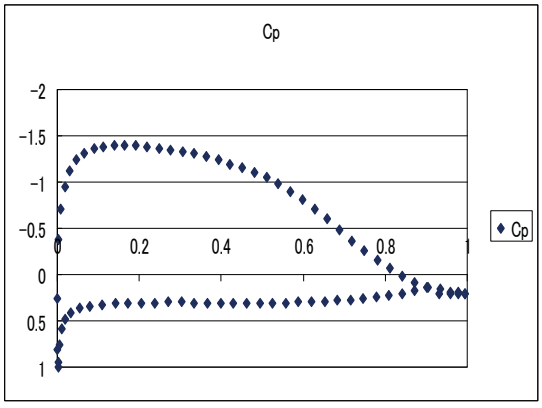


図 10.2　DAE21　α＝4°圧力分布（Cp～x／c）

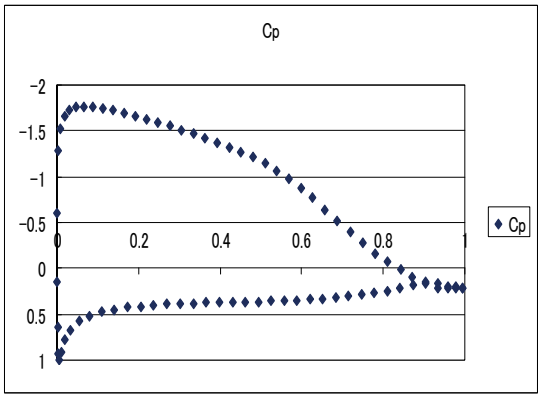


図 10.3　DAE21　α＝6°圧力分布（Cp～x／c）

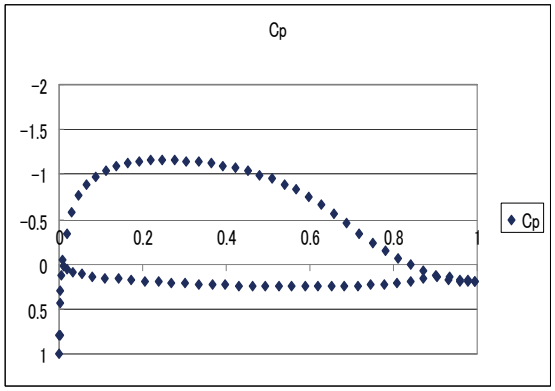


図 11.1　DAE30　α＝2°圧力分布（Cp～x／c）

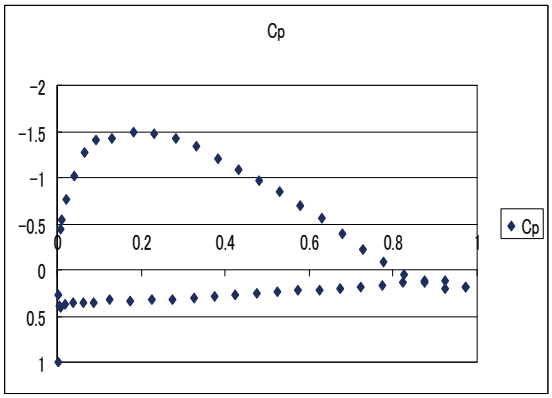


図 11.2　DAE30　α＝4°圧力分布（Cp～x／c）

This document is provided by JAXA.

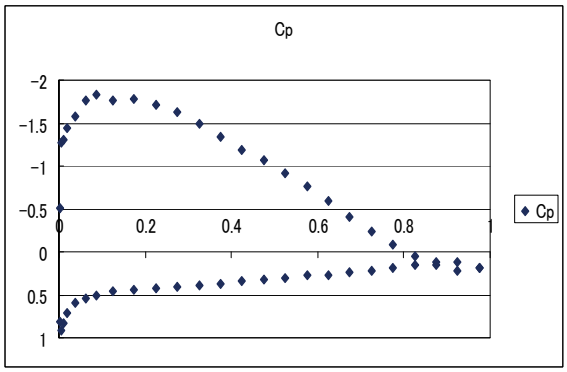


図 11.3 DAE30 α＝4° 圧力分布（Cp～x／c）

これらの圧力分布から、揚力係数に対するモーメンチ中心を計算した結果を図 12 に示す。

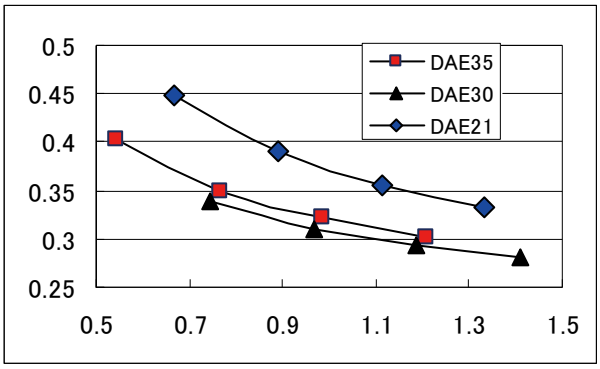


図 12 モーメント中心～揚力係数
（X/C ）mc～CL

この結果を図 5 に適用して、機体速度7m／s での、モーメント中心を計算した結果を、図 13 に示す。

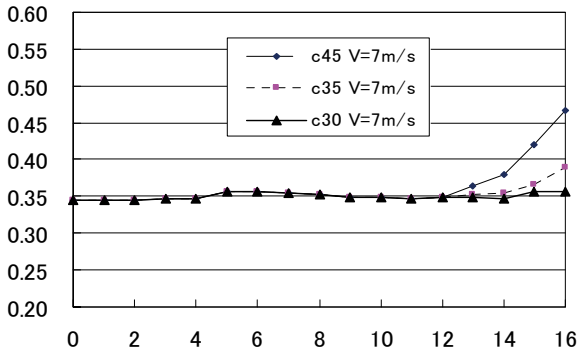


図 13 モーメント中心（(x／c)mc～y）

この図から、DAE30翼型を翼端に使用し、スパン位置12mより外側は直線内挿翼にすることにより、平面形や翼厚を変更することなく外翼部の頭下げモーメントを無くすることができた

この翼型を2011年7月の鳥人間コンテスト機に適用した。鳥人間コンテストでは、208mの水平飛行に成功し、11機中8位の成績を残すことができた。フライトの写真を図 14 に示す。



図 14 プラットホームから滑空する機体

7. まとめ

鳥人間コンテストで、飛び立ったとたんに、頭から突っ込んで墜落する機体を見かけるが、その多くは桁が捩りモーメントに耐えきれなかったためと予想される。

新しく設計した DAE30 の適用により、設計条件で、翼端付近での頭下げモーメントを解消することができた。

8. 参考

DAE30 の翼座標（Yu、Yl～X/C）を,表 2 に示す。

DAE30		
X/C	Yu/C	Yl/C
0.000	0.000	0.000
0.005	0.016	−0.009
0.007	0.021	−0.010
0.013	0.028	−0.011
0.025	0.041	−0.010
0.050	0.061	−0.008
0.075	0.076	−0.005
0.100	0.087	−0.003
0.150	0.105	0.001
0.200	0.116	0.005
0.250	0.122	0.006
0.300	0.125	0.007
0.350	0.124	0.006
0.400	0.121	0.006
0.450	0.116	0.006
0.500	0.109	0.006
0.550	0.101	0.006
0.600	0.091	0.006
0.650	0.079	0.006
0.700	0.067	0.006
0.750	0.054	0.006
0.800	0.041	0.007
0.850	0.029	0.006
0.900	0.018	0.005
0.950	0.008	0.003
1.000	0.000	0.000

表 2 DAE30翼座標

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.7-10

リュージュ パラメトリックスタディ

酒　井　謙　二

第一工業大学　航空工学科　（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）

E-mail:k-sakai@daiichi-koudai.ac.jp

The Parametric Study for the Luge Game to get the High Record at the Olympic Game

Daiichi Institute of Technology
Kenji　SAKAI

The parametric study for the luge game to get the high record at the Olympic game are requested by the Japanese Olympic Committee. Three parameters, which are the initial speed, the aerodynamic drag, and the friction drag, are studied. Japanese luge team record was the 18th at the Nagano Olympic game. To get the 1st record, the aerodynamic drag must be reduced 13.3% and the initial speed must be increased 1.6%.
The friction drag reduction effect is small compared with the aerodynamic drag and the initial speed.

Key Words : Parametric Study,Luge ,Olympic Game ,Aerodynamic Drag, Initial Speed, Friction Drag

1.　はじめに

日本オリンピック協会のリュージュの担当者から、宇宙航空研究開発機構(JAXA)・総合技術研究本部に、リュージュの風洞試験の依頼があった。外国のそりの形を見ると、空気抵抗を減らすような工夫がされており、日本もそれらの詳細な検討をしたいということであった。風洞試験は、総合研究本部の風洞技術開発センターの2mx2m低速風洞で実施された。これを機会に、空気抵抗減の目標値を明確にする観点からも、成績向上のため、初速度、空気抵抗係数、摩擦抵抗係数について、それらの感度解析を行った。

2. 影響パラメータ

リュージュの滑走中の写真を図 1.1と図 1.2 に、そりの写真を図 1.3 に示す。



図 1.1　リュージュ(1)



図 1.2　リュージュ(2)



図 1.3　リュージュそり

検討モデルを図 2 に示す。

This document is provided by JAXA.

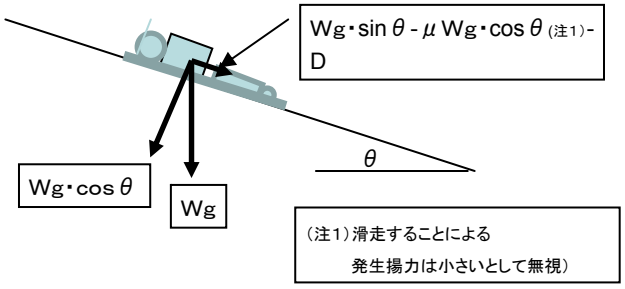


図 2 検討モデル

この図から、成績に影響するパラメータとして、全体の重量（体重＋そり重量）、摩擦係数、空気抵抗が予想されるが、さらにもうひとつのパラメータとしてスタート時に選手の走りと手がきによって作られる初速度が加わる。

なお、滑走中に発生する揚力は小さいとして今回の検討では無視した。

3. 検討したコース

検討したコース及び成績は長野大会男子一人乗りとした。これを選んだ理由は、オリンピックの詳細データが入手できたことによる。 コースの区間ごとの長さや高低差を表 1 に示す。

区間	全長（m）	高低差（m）
スタート～01	37	4.4542
01～02	259	22.6545
02～03	325.5	42.0898
03～04	240	24.3065
04～ゴール	174.5	−8.6081
	290.5	16.7381

表 1 長野大会コース概要

なお、区間4（最終区間）はこの区間のみ登りがあり、2つの区間に分けてデータがある。

4. 長野大会の男子一人乗りの成績

長野大会の男子一人乗りの成績のうち、日本の18位と 5位、および1位の各区間の成績を表 2 に示す。

	合計タイム(秒)		
区間	1位（ロシア）	5位（ドイツ）	18位（日本）
1	3.173	3.134	3.212
2	16.426	16.377	16.580
3	28.125	28.118	28.436
4	35.366	35.414	35.827
ゴール	49.372	49.676	50.356
トップとの差	0	0.304	0.984

表 2 1 位、5 位、18 位の区間ごとの比較

ちなみに、1位はロシア、5位はドイツであった。

また、18位から5位までの差は0．304秒、トップとの差は0．984秒である。

5. 日本の現状の影響パラメータの推算

日本18位の現状の影響パラメータの初期値として、

①空気抵抗係数は、参考文献1の中の「人が寝ている抵抗データ」がCd＝0．00675であり、リュージュの場合、体の一部が隠れているため、その7割。

②摩擦抵抗係数は、参考文献2の車の雪氷滑走路面の係数が0．01程度であるが、リュージュの場合はこの値よりかなり小さいと考え、その4割。

として推算した。

これら空気抵抗係数と摩擦抵抗係数の初期値をベースに、区間1の実績から初速度の初期値を決定した。求められた初期値をベースに区間ごとにタイムを推算し、影響係数の微小修正を行ない、最終的な空気抵抗係数、摩擦抵抗係数、初速度を推算した。

推算した結果は以下の通り。

重量＝113Kg（実測値）
空気抵抗係数 Cd＝0．004904
（基準面積:0．2m^2）
摩擦抵抗係数 μ＝0．00400［Kgf・s/m^2］
初速度 Vs＝9．87m／s
（区間1の結果から推算）

これを使った推算結果と実績との比較を表 3、図 3 に示す。

This document is provided by JAXA.

	合計タイム(秒)	
区間	18位実績	18位解析
1	3.212	3.210
2	16.580	17.424
3	28.436	28.972
4	35.827	35.898
トータル	50.356	50.357

表 3　日本18位の解析との比較

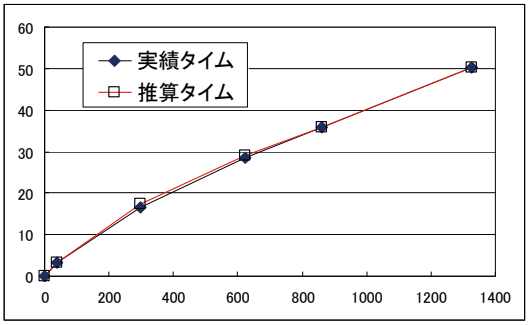


図 3　18位の解析との比較(タイム(秒)～距離(m))

両者は良い一致を示し、推算した影響係数が妥当であると考えられる。

6.　5位(ドイツ)と同じタイムを達成する条件

5位と同じタイムを達成するとした時の、空気抵抗係数と初速度の推算結果は以下のとおり。

なお、今回は、目標を明確にするため、重量と摩擦抵抗係数は18位の値で固定した。

空気抵抗係数Cd＝0．00488
(18位現状の4．9%削減)
初速度＝10．11m／s(18位現状の3．4%増加)

区間ごとの実積と解析結果との比較を表4と図4に示す。

	合計タイム(秒)	
区間	5位実績	Cd　4.9%減 Vs　3.4%増
1	3.134	3.131
2	16.377	17.176
3	28.118	28.622
4	35.414	35.476
トータル	49.676	49.675

表 4　5位実績と解析結果との比較

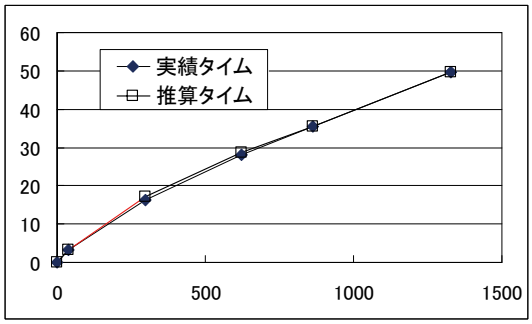


図 4　5位の解析との比較(タイム(秒)～距離(m))

これから、空気抵抗については約5%、初速度については約3%の改善ができれば、5位入賞は可能と考えられる。改善の難しさはわからないが、数値としては十分達成できる目標と考えられる。

7.　1位(ロシア)と同じタイムを出すためには

7．1　空気抵抗係数と初速度の目標値の検討

1位のタイムを出すとした時の、空気抵抗係数と初速度の推算を行った。5位と同様に、重量と摩擦抵抗係数は18位の値で固定した。推算結果は以下の通り。

空気抵抗係数
Cd＝0．00425(18位現状の13．3%削減)
初速度＝9．935m／s(18位現状の 1.6%増加)

区間ごとの実積と解析結果との比較を表 5 と図 5 に示す。

	合計タイム(秒)	
区間	1位実績	Cd　13.3%減 Vs　1.6%増
1	3.173	3.170
2	16.426	17.245
3	28.125	28.636
4	35.366	35.426
トータル	49.372	49.372

表 5　1 位の解析との比較

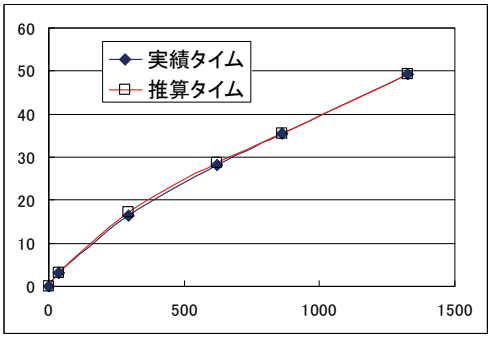


図 5　1 位の解析との比較(タイム(秒)～距離(m))

This document is provided by JAXA.

興味深いことに、初速度に関しては、1位ロシアと18位日本との差はほとんど無いということである。
その後の区間で差が出てきている。

7．2　初速度は現状で、空気抵抗係数のみで１位を達成する条件

次に改善目標を選手のほうに求めるのではなく、すべて空力の改善で達成する場合の改善量を検討した。 検討結果を以下に示す。

空気抵抗係数Cd＝0．004156
（18位現状の15．3%削減）
初速度＝9．78m／s（18位現状値）

区間ごとの実積と解析結果との比較を表６と図６に示す。

	合計タイム（秒）	
区間	1位実績	15．3%Cd 減少
1	3.173	3.207
2	16.426	17.332
3	28.125	28.718
4	35.366	35.493
ﾄｰﾀﾙ	49.372	49.371

表６　1位を空気抵抗減のみで達成

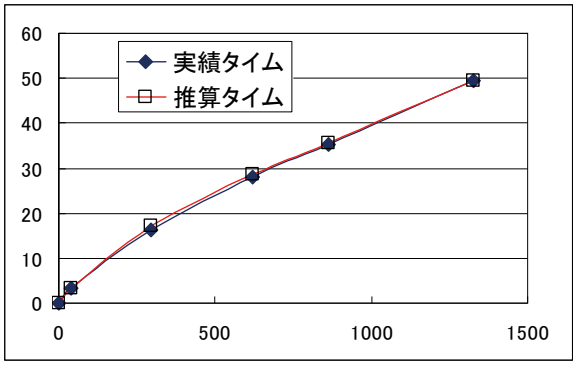


図６　1位を空気抵抗減のみで達成
（タイム（秒）～距離（m））

これから、現状の空気抵抗の15．3%削減が達成できれば、十分1位を狙えることが分かる。

8．摩擦抵抗係数の改善効果

摩擦抵抗係数はそりの刃の改善や、刃の向きなどが考えられる。その改善効果を検討するために、現在の摩擦抵抗係数の推算値から5%減少した時の改善効果を検討した。 改善効果を表７に示す。

	合計タイム（秒）	
区間	18位解析	5%μ改善
1	3.21	3.209
2	17.424	17.412
3	28.972	28.950
4	35.898	35.87
ﾄｰﾀﾙ	50.357	50.309

表７　摩擦抵抗5%減の効果

これから摩擦抵抗の5%の改善では短縮されるタイムは、0．048秒（1位との差の5%）である。
また、摩擦抵抗の10%の改善できれば、0．096秒（1位との差の約1割）を稼ぐことができる。 しかし、空気抵抗係数や初期速度に比べて影響度は小さいと考えられる。

9．まとめ

長野大会の男子一人乗りリュージュのコースと成績をベースに、18位の日本の成績を5位入賞、および1位にするためのパラメータスタディを行った。

今回は、重量と摩擦抵抗は変わらないとして検討を行った。その結果、

①5位と同じタイムにするには
空気抵抗係数で6．2%の低減、初速度で3．5%の増加を行えばよいことが分かった。

②1位と同じタイムにするには
空気抵抗係数で13．3%の低減、初速度で1．6%の増加を図れば良いことが分かった。

③選手能力は同じ（初速度は同じ）で、空気抵抗係数のみの改善で1位を得るためには空気抵抗係数で15．3%の低減を必要することが分かった。

④摩擦抵抗係数については、10%の低減で約0.096 秒の改善（1 位との差の約 1 割）が得られるが、空気抵抗係数や初速度に比べ、その影響度は小さいと考えられる。

10　参考文献

① Sighard　F．HOERNER ‘ FLUID-DYNAMIC DRAG ‘ 1958 Published by the Author
②外崎得雄、甲斐高志、上田哲彦
‘雪氷滑走路面摩擦係数測定装置の開発’
航空宇宙技術研究所報告1443号

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.11-13

UVライトを用いた可視化風洞試験の研究
(絹糸を用いた最適タフトの開発)

池田　大史[1]・小澤　栄一郎[1]・下妻　遼太郎[1]・瀬戸　祐介[1]・山野　正義[1]
中村　愼悟[2]

[1]第一工業大学　学部学生(Undergraduate)　航空工学科
[2]第一工業大学　　教授(Professor)　　航空工学科
(〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)
E-mail:shingo-nakamura@daiichi-koudai.ac.jp

VISUALIZATION OF WIND-TUNNEL TEST USING ULTRAVIOLET LIGHT (THE STUDY OF THE OPTIMUM TUFT USING THE TRADITIONAL SILK)

Dep. of Aeronautics Eng., Daiichi Institute of Technology
Daishi Ikeda[1], Eiichiro Kozawa[1], Ryotaro Shimozuma[1], Yusuke Seto[1],
Masayoshi Yamano[1], Shingo NAKAMURA[2]

The visualization of the wind-tunnel test using the polyester tuft with the ultraviolet ray has been developed by Boeing company. We tried to develop the better tuft using the Japanese traditional silk, Kawamata Silk. We successfully developed the silk tuft which has better visibility and better traceability of the flow. We are going to open the result to Boeing Company and will continue to study to confirm its performance more.

Key Words: *Low Speed Wind-tunnel, Test, Silk, Tuft, Ultraviolet.*

1. はじめに

米国航空機メーカーであるボーイング社及び日本の国内航空機製造会社の低速風洞試験における可視化の一方法として、紫外線ライトを用いた気流糸(流れを感知する糸)による流れの可視化を行っている。

これは、ボーイング社が開発した手法で、気流糸を紫外線に反応する蛍光染料で染めると、紫外線をそれに照射した時に通常の糸よりもはるかに細い糸でも糸の動きを見ることができるために、糸を流れに入れることによって生じる流れのかく乱を最小限に抑えて流れの様子を見ることができる。

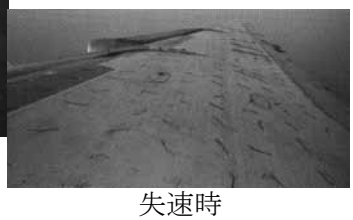
ボーイング社は、この糸をポリエステルを素材としたもので作成し、長年使用してきた。

本研究では、このポリエステル製の糸の代わりに日本の福島県川俣地区に伝統的に伝わってきた世界一細い川俣シルクを使用してボーイング社のものより感度の良い気流糸を開発することを試みた。

実際の航空機の主翼に取り付けた気流糸試験：



通常時



失速時

UVライトを用いた可視化風洞試験:



(写真:川崎重工業株式会社提供)

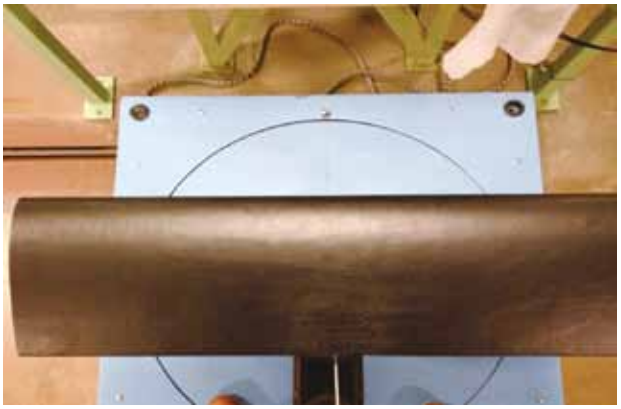
This document is provided by JAXA.

2. 風洞設備：
第一工業大学が所有する吹き出し口が１ｍ角のゲッチンゲン型風洞に上部から紫外線が照射できる照明を取り付けた。



3. 川俣シルクの気流糸：
通常のシルクは、髪の毛の直径の１/２である０．０６mmの太さを持つ。これに対し、川俣シルクは、髪の毛の１/３（０．０４mm）の太さとなっている。さらに、通常のシルクは強度を得るために、「撚り」をかけるが、それによって、やわらかさが失われてしまう。川俣シルクは、この撚りを極力抑えて、やわらかい肌触りを維持している。
中でも、斎栄織物と言う会社は、特別に細い糸を吐く蚕を使用して髪の毛の１/６（０．０２mm）と言う世界で最も細い絹糸の作成に成功している。今回は斎栄織物殿が無償で提供してくれたこの絹糸を用いた。ボーイングが現在使用しているポリエステル製の気流糸（０．０７mm）と比較すると以下の効果が期待できる。
(1) 細いので、気流糸の流れに対する影響がより少ない。
(2)「撚り」が少ないので、ポリエステルや他のシルクよりもしなやか。
(3) 軽いので、上記のしなやかさと合わせて、流れに対する追従性が良い。
(4) 生糸は１本の糸の中にさらに細い繊維が通っており、これによって糸に光を当てると乱反射し、独特の光沢を持つ。
このことが気流糸としての視認性を高める。

4. 使用模型：
予備的な試験であることと費用節減のために過去に卒業生が卒業研究で使用した木製翼模型の表面を滑らかに加工して、視認性を良くするために黒いつや消し塗料を施した。
コード：２００mm
スパン：７００mm


風洞に設置した翼模型



5. 実験した気流糸：
(1) ボーイングが使用している糸（紫外線染色）
(2) 少し太めの一般の絹糸（紫外線染色）
(3) 川俣シルク（紫外線染色（赤・黄）・染色なし）
(2) の絹糸の製作及び全ての絹糸の染色は、鹿児島県工業技術センターの協力を得て行った。

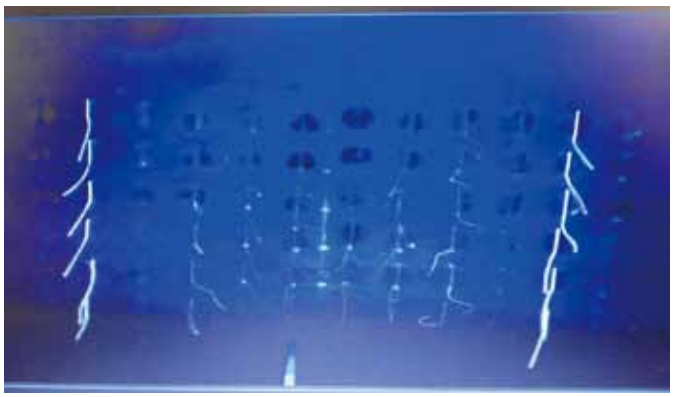

赤と黄色の蛍光塗料に染められた川俣絹糸


ボーイングの糸


一般の絹糸（黄色）と川俣絹糸（赤）の比較

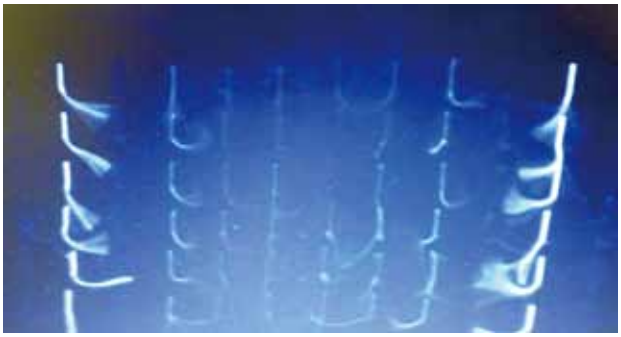
6. 無風時の視認性：
風がなく動きのない糸の視認性は、以下の順で良かった。
① 一般の絹糸(黄色に染色)
② ボーイングの糸(黄色に染色)
③ 川俣絹糸(赤色に染色)
④ 川俣絹糸(黄色に染色)
⑤ 川俣絹糸(染色なし(白))
以下に示した写真写りと目視結果は若干異なる。

This document is provided by JAXA.



無風時の各糸の視認性(紫外線下)
外側から、⑤、①、③、②、④(ｾﾛﾃｰﾌﾟ)、④
左半分のテープ形状はハート型・右半分は丸型
(無風時はﾃｰﾌﾟの形状も厚みも視認性には関係ない)

7. 送風時の視認性：
３０m/ｓの風を翼模型に当てた時の動いている糸の視認性は、以下の順で良かった。
①一般の絹糸(黄色に染色)
②ボーイングの糸(黄色に染色)
③川俣絹糸(黄色に染色)
④川俣絹糸(赤色に染色)
⑤川俣絹糸(染色なし(白))
但し、糸の挙動は、①･②･③～⑤で異なっていた。
①は糸の太さが流れを乱していると考えられた。
②･③～⑤はあまり大きな差はなかったが、川俣絹糸は、良く見るとテープの厚みと形状の影響を感知していた。

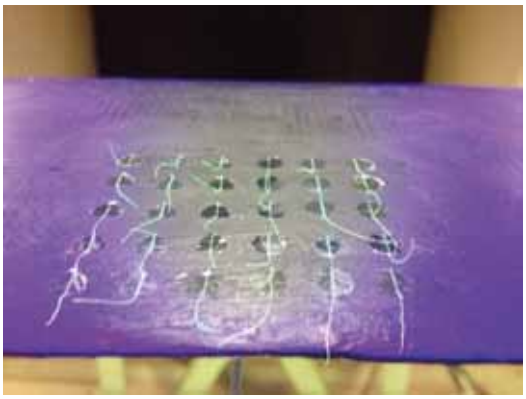


送風時の各糸の視認性(紫外線下)

8. 気流糸を固定するテープの厚みと形状：
上記の送風時の視認性の実験で、川俣絹糸(黄色に染色)を市販のセロテープ(厚い)で止めたものと薄いテープで止めたものの挙動(揺れ方)がわずかに異なるので、全て同じ川俣絹糸(黄色に染色)を用いて以下の３種類のテープで固定して、さらに詳細にテープの厚みと形状の影響を調べた。
①市販のセロテープ
②０．０１６mm厚のポリエステルフィルムにアクリル接着剤を使用したテープ(３M社製)
③０．００２mm弱厚のポリエステルフィルムにアクリル接着剤を使用したテープ(シバタＳＥＳＣＯ社製)
テープの形状は、市販のファイリング用穴あけパンチの丸とハート型の物を使用した。



一つ穴パンチと切り取った形状



テープの影響実験の翼(紫外線下)
(左半分がハート型、右半分が丸型で
それぞれ外側から①･②･③)

9. 今回の研究の結論：
(1)川俣シルクの無風時と送風時の視認性は、ボーイング社が使用しているポリエステルのものと比較して遜色なく、十分に実用化できるものである。
(2)川俣シルクの送風時の挙動は、ボーイング社が使用しているポリエステルのものと比較して、感度が良く、気流糸を模型に貼り付けるテープの厚みや形状の差を感知できた。

10. 今後の課題：
(1)今回使用した模型は、実験結果を断定できるだけの精度を有していたとは考えられないが、定性的な傾向(上記9. (1)及び(2)項)は把握できたと考える。今後は、精度の高い模型を用いて、さらに詳細な実験を行う必要がある。
(2)この種の実験経験が豊富なボーイング社にこの結果を報告し、さらに詳細に確認する実験方法を議論したい。
(ボーイングの気流糸はボーイング社が無償で提供してくれたものである)
(3)気流糸を固定するテープの厚みと形状を川俣シルクの気流糸が感知することは当初の想定外であった。今後は、テープ面積と形状をパラメータにして、さらに影響を確認する必要がある。
(4)今回の実験では、静電気の影響は考慮しなかったが、静電気の影響についても実験で明らかにしたい。
(5)上記の課題を解決した後に、実際の航空機等の模型を使って、流れの可視化による物理現象の把握を行いたい。

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.15-16

垂直風洞の低乱流化とカエデの種の飛行の研究

池田　陽介[1]・泊　貴弘[1]・酒井　謙二[2]

[1] 第一工業大学　学部学生　航空宇宙工学科

[2] 第一工業大学　教授　航空工学科

（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）

[2] E-mail:k-sakai@daiichi-koudai.ac.jp

The Improvement of Vertical Wind Tunnel and the Study of the Maple's Seed Movement

Daiichi Institute of Technology
[1] Yousuke IKEDA、 [1] Takahiro TOMARI、 [2] Kenji SAKAI

The vertical wind tunnel has been improved. The wind distributions of the outlet are smooth better than the before tunnel. The model for the maple's seed has been tested. The flight was stable better than before the flight. This time the slow motion camera was used to calculate the rotation, which show about 5.5 rotations par second.

Key Words: *Vertical Wind Tunnel, Low Disturbance, Maple seed movement*

1.はじめに

植物の種の飛行特性の研究は、H21年度卒業研究（参考文献1）でアルソミトラの種の模型飛行に成功し(図1)、H22年度卒業研究(参考文献2)で垂直風洞を作り(図2)、H23年度卒業研究(参考文献3)でカエデの模型の飛行に成功する(図3左)など着実にその研究成果をあげている。

これらの成果を踏まえ、今年度は垂直風洞の更なる低乱流化を行い、図3右のカエデの種の小型模型を新規に作り、それを使ってその検証を行った。



図1:アルソミトラの模型
（幅 15cm、重さ 0.2g）
（H21年度卒研成果）



図2:旧垂直風洞
（H22年度卒研成果）





（H23年度模型）　（H24年度模型）
図3. カエデの種の模型

2. 垂直風洞の改良

低乱流を図るために以下の改良を図った。

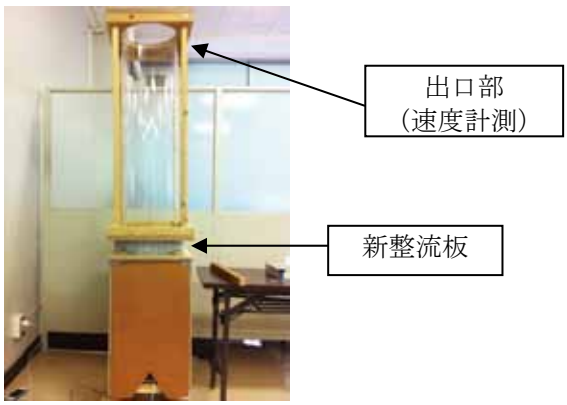


図4:新垂直風洞

This document is provided by JAXA.

（1）格子の基本整流板の高さの増大を図った。
従来4段60mm⇒今回5段75mm



図5：旧整流板
（高さ60mm）



図6：新整流板
（高さ75mm）

（2）格子の整流に加えて、ストローを追加した。
ストローの数は約1000本使用した。





図7：ストローによる整流

3. 新規整流板の流れ特性
出口付近の速度計測結果を図8、図9に示す。
横軸0の位置が円筒内周端、右端175が円筒の中心位置を示す。縦軸は速度（m／s）を示す。
なお、Vは変圧器の目盛りを示す。

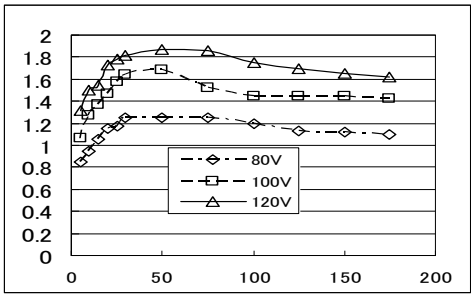


図8：旧出口速度分布

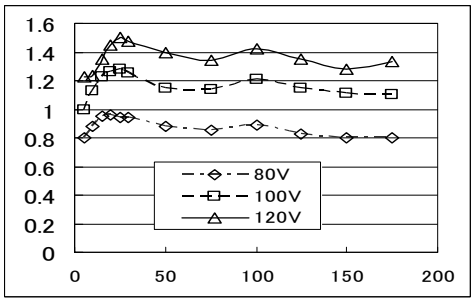


図9：新出口速度分布

新規の風洞出口速度は、ストローによる摩擦抵抗の増大で、同じ目盛り電圧に対して従来のより約2割減少している。同じ速度近くとなる新120Vと旧100Vの結果を図10に示す。

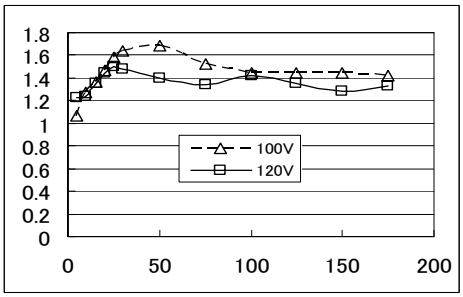


図10　新旧速度分布の比較

この図から、新しい風洞のほうが、速度がより一様になって改良されていることが分かる

4. カエデの種の製作と飛行特性の確認
新たに小型のカエデの種（図3右）の模型を製作し、改良した垂直風洞を使って、安定したホバリングに成功した。今回新たにカメラの高速モードを活用し、回転運動の詳細な撮影に成功した。図11に回転運動のコマ撮り結果を示す。この画像処理から、今回の模型では1秒間に約5．5回転することを確認した。

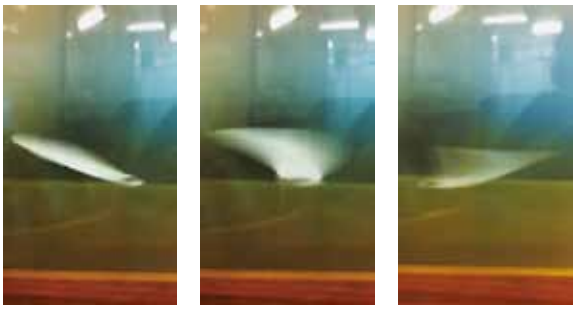


図11　カエデの種の回転運動

5. まとめ
ストローによる整流を行うことにより、従来に比べ垂直風洞の低乱流化が図られたと考えられる。そのことは、速度分布の一様性や、カエデの種のホバリングが以前の観察と比べ、安定していることからも推定できる。

6. 参考文献
（1）H21年度卒業研究：「植物の種の空気力学」
島田薫、小山直人
（2）H22年度卒業研究：「低乱流垂直風洞の製作とその改良」荒川内大、仲村渠拓、花田陽
（3）H23年度卒業研究：「垂直風洞による回転落下物の研究」冨永大喜

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.17-24

放送のハイブリッド化とソーシャルメディアとの共存（メディアの新時代を展望する）

若　井　一　顕†

†第一工業大学　情報電子システム工学科 〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2
E-mail:　†k-wakai@daiichi-koudai.ac.jp

Coexistence between hybrid broadcasting and social media

(Outlook for the development of new media evolution)

Kazuaki WAKAI†

† Department of information and electronic system engineering Daiichi institute of technology

1-10-2 Kokubu-chuoh.Kirishima-city.Kagoshima-pre.899-4395 Japan
E-mail:　†k-wakai@daiichi-koudai.ac.jp

Abstract　The terrestrial television system was changed from analog to digital transmission by full-scale operation at July of 2011. Many audiences can be received high quality picture and audio contents from them. And so many media are assumed greater prominence circumferentially. New social medias are explosive increased which changing the method of communication and how to use the information by audience. This paper was comparing　between the social media and quality of the broadcasting information, furthermore discussed the exploitation and these risk management.

1. はじめに

2011年7月に地上波テレビ放送がアナログからデジタルに本格移行され1年半が経った。視聴者はデジタル放送による良質な画像や音声を享受することができ、それらの周辺には多くのメディアが台頭してきている。またソーシャルメディアも著しく発展して情報発信の仕方、受け手の視聴形態なども変化してきた。ソーシャルメディアと放送情報の質を比較しながら今後のメディアの活用と情報のリスクマネジメントを議論する。

図1は地上の音声放送とテレビ放送、衛星放送、そしてCS放送のデジタル化への変遷を示した。地上波テレビのデジタル化は2003年12月1日から始まり、衛星放送のそれは3年早い2000年12月1日に始まっている。現在アナログメディアは、中波放送とFM放送の二つのだけとなった。

音声メディアのデジタル化は2000年10月10日にDAB(digital audio broadcasting)として東名阪の大都市で試験的な放送が行われている段階にある。ヨーロッパを含む諸外国では音声メディアのデジタル化としてDRM,IBOC等が既に始まっている国もある。

This document is provided by JAXA.

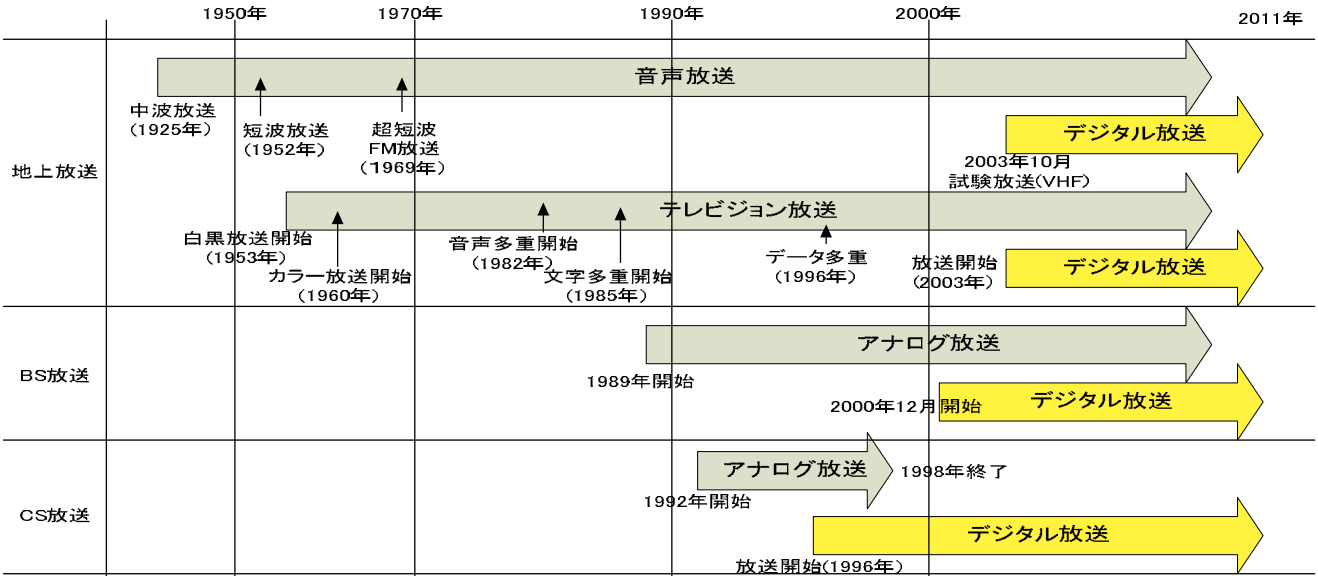


図１　メディアのデジタル化への変遷



写真１　東京スカイツリータワー

写真１は 2012 年 5 月 22 日に開業した高さ 634m の東京スカイツリータワーである。

2.　総務省におけるホワイトスペースの展開

2-1　　ホワイトスペースの注目される背景

アナログ放送の跡地利用などと云うと地上げにあった感じであるが、2011 年 7 月にアナログテレビが地上デジタル放送に全面的に移行し、従来アナログテレビに使用していた VHF 帯の Low チャンネルと High チャンネルを明け渡した。そして UHF 帯の High チャンネルの一部も移動体に明け渡すことになった。

周波数は公共の財産であるから有効に活用することが計画される。地上波アナログの跡地である VHF-High の周波数帯はスマートフォン向けのマルチマルチメディア放送に展開される。2012 年 4 月にスマートフォン向け放送「モバキャス」が開始した。周波数は 207.5MHz～222MHz の地上アナログ終了後の VHF-High を用いる。この周波数帯は電波の伝搬条件が良いからプラチナバンドと呼ばれる所以でもある。SDB-Tmm(Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial for mobile multimedia)方式を採用した。

ホワイトを使った言葉では、他にホワイトチャンネルがある。地デジ普及のための放送ネットワークが未整備の地域のために放送衛星電波の 17ch 用いて放送するシステムである。地方の人も東京（在京 7 波）の地上波サービスを衛星経経由で受信することができる。解説するホワイトスペースとは、地デジサービスエリアの地理的な隙間に他の地デジのチャンネル電波でサービスを行うものである。地デジの伝送方式を採用して SFN（single frequency network）という技術が使えるようになった。双方の遅延時間の許容範囲内で、親局と小局の周波数が共用できることで使用チャンネルが節約できることもホワイトスペースの活用に繋がったと考えられる。

This document is provided by JAXA.

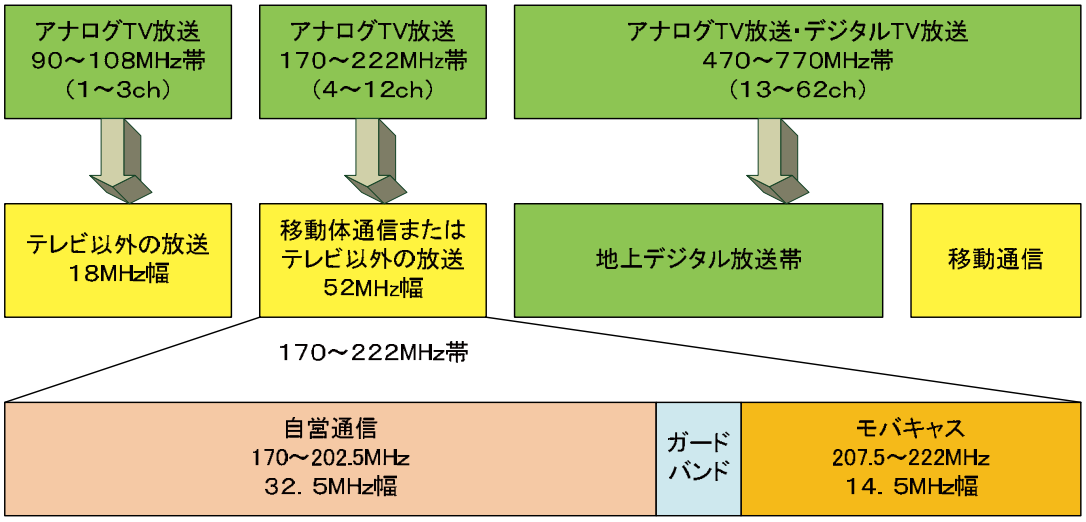


図 2　アナログテレビ VHF-high の跡地利用

図 2 はアナログテレビの周波数帯の跡地利用の形態である。地上デジタルアナログ放送が 2011 年 7 月に終了して、2012 年にはチャンネルリパック（チャンネルの再整理）も終了した。ホワイトスペースの活用では「ワンセグ活用型」と「通信ネットワーク型」が考えられている。その想定されるシステムを紹介する。エリア放送としては、地域のコミュニティ向けの情報発信、地域の防災情報、交通情報、そして商店街の情報発信がある。センサーネットワークとしての活用もある。各種発電設備情報の収集や工場、家庭と結んだスマートなネットワークを構築することが出来る。応用としてラジオマイクがある。これは地域取材用の送受信機への利用ということになる。災害向けに特化した通信システムとしての活用も考えられている。既存のワンセグ放送の電波の形式をフルセグ型とする方法（13 個のワンセグの集合）、一部のワンセグ方法を抜き取る方法、そしてワンセグ 1 波だけの放送も考えられる。電波の強さは 1 セグあたり 10mW 以下、送信装置の低廉化、無線局の落成検査や無線従事者も不要というシナリオが考えられている。

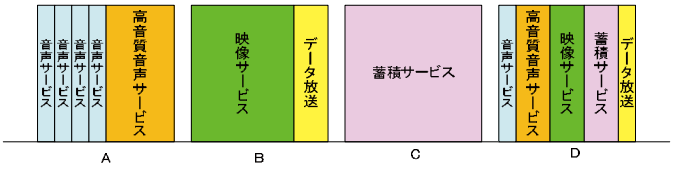


図 3　VHF-Low のサービス展開

図 3 には、90～108MHz 帯の 18MHz 幅の VHF-Low のサービス展開を示した。

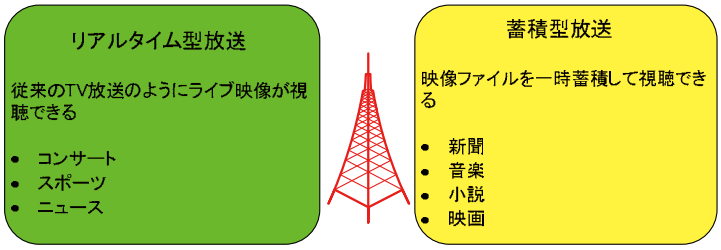


図 4　移動体放送のサービス形態

図 4 は移動体放送の 2 通りのサービス形態を示した。

2-2　活用の推進方策

総務省の推進の方策としては次の点を挙げることができる。

・既存システム等との混信防止措置の担保
・活用展開に向けたルールつくり
・研究開発の推進
・ビジネス展開の加速化

が重要である。

制度化に向けたスケジュールとしては、ワンセグ活用型、通信ネットワーク型が考えられる。

2-3　ホワイトスペースの利用想定

図 5 はホワイトスペースの利用イメージである。従

This document is provided by JAXA.

来の地デジサービスエリアの中で、他のチャンネルの使用できる条件があれば、小エリアでサービスを行うというアイディアである。

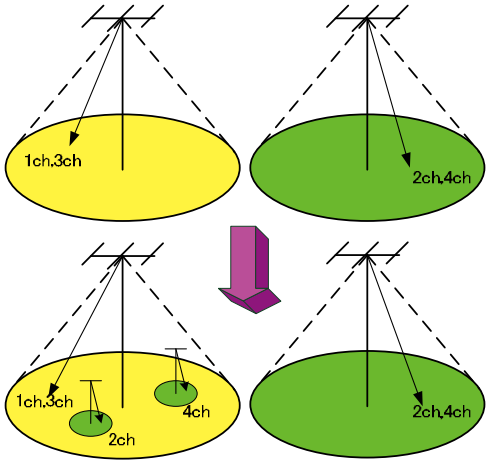


図５　ホワイトスペースの利用展開

（１）エリア放送

既存のワンセグ携帯等で受信できる電波サービス方法として検討されている。

・フルセグ型：高精度な放送等のサービスとワンセグ放送とを同時収容している。

・NULL（隙間）付きワンセグ型：帯域の中央のワンセグ放送としそれ以外は NULL とする。

・ワンセグ型：中央のワンセグ放送のみの伝送周波数帯域は 468kHz。

等でのサービス形態が考えられている。

空中線電力は 10mW（1 セグあたり）。電力の許容偏差、スペクトラムマスクの設定などの規制緩和を含めて送信装置の低廉化を図る。また技術基準適合証明を受けた装置を用いることで落成検査や無線従事者が不要とするなど従来に無い効率的な対応がとられる計画である。

（２）センサーネットワーク

インフラ設備の監視などに活用できるネットワークである。

（３）ラジオマイク

音声の伝送システムへの利用などが計画されている。

（４）災害向け通信システム

非常災害時に通信メディアを有効に使うこと、日頃の認知度を高めておくことも重要な課題であると考える。

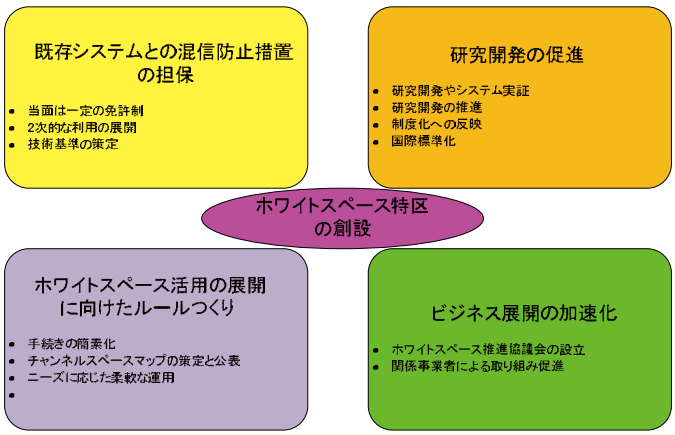


図６　ホワイトスペース特区の設置

図６はホワイトスペースの活用に向けた特区の創設について解説したものである。既存システムとの混信防止、研究開発、活用とルールつくり、そしてビジネス展開の４つを描いた。

地上波テレビのデジタル放送が始まり、地域の隅々までサービスが進んでいる。まだ十分にサービスが展開されていない地域については衛星放送波 17ch によって東京のプログラムが配信されている。またインターネットによる IPTV の活用も行われている。そのような中で地域に割り当てられたチャンネルの空きスペースを有効に活用するための周波数をホワイトスペースと云って、その活用方法が検討されている[1]。

通信分野への幾つかの後押し要因について以下に列記する。

・米国ハイテク業界の要求

・モバイルでの通信・放送のニーズの高まり

・災害対策・地域活性化の情報伝達

・地上波テレビ放送のデジタル化による電波干渉軽減、混信回避技術の実用化

・地デジ周波数帯はプラチナバンド

・周波数再編と周波数の有効利用

が考えられる。

図７は、ホワイトスペースの活用への取組を示したロードマップである。ホワイトスペース推進協議会の設

This document is provided by JAXA.

立、制度化に向けたスケジュールを描いた。

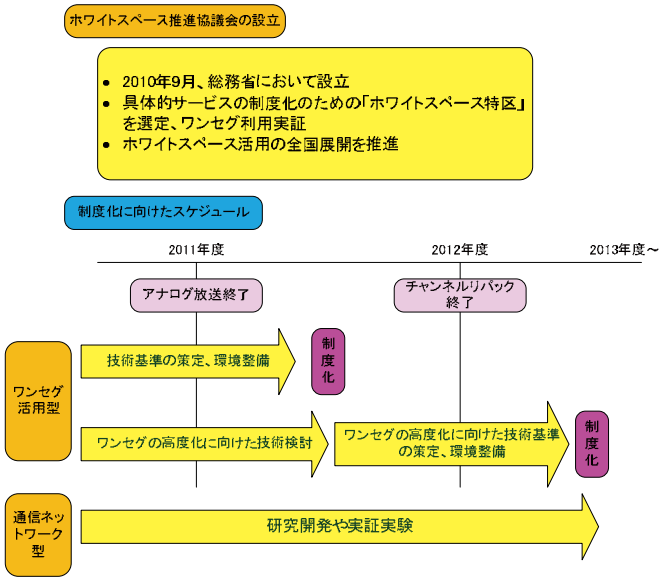


図 7　ホワイトスペースの活用への取組

2-4　スマートフォン・タブレット端末の市場拡大

スマートファンの契約台数は 2010 年度で 955 万件、2015 年度で 7030 万件の見込みと云われている。また世界におけるスマートフォンの販売台数は、2015 年には 11 億台、タブレット端末は 2016 年度では世界で、1.9 億台、国内では 670 万台と予想されている。このように移動帯通信機器のトラフィックは年間 2.2 倍のペースで増加している状況にある。多くの人々が携帯電話からスマートフォンに変更している。しかし、私は、回線利用料金が高いのが気になるところであり機器の性能としてもまだまだ改良の余地があるものと考えている[4]。

3.　スマートテレビ

アプリケーションマーケットに用意された多数のアプリの中からユーザの諏向にあったものを追加インストールすることが可能である。ユーザの好みに応じたジャンルの追加が可能となり視聴の自由度が増す。最大の魅力は動画ストリーミング（IPTV）のアプリケーションである。リビングでくつろぎながらのテレビ視聴と同時にソーシャルネットワークシステム（SNS）による知人とのコミュニケーションの活用などがある[2]。現代人はそれほど忙しく情報交換を頻繁にする必要があるのかは一考に値するかもしれない。

3-1 インターネット映像配信の本格化

ブロードバンドの普及に伴い映像の配信も地上波、ケーブル、衛星の従来メディアから IP ネットワークを用いた配信、放送局やインターネットサービスプロバイダを介さないオーバーザトップ(OTT)配信の併用も可能である。

(1)　ビデオオンデマンド(VOD)

インターネット網を用いてサービスの提供を受けることが可能となった。外出先ではスマートフォン、タブレット端末で、帰宅後はスマートテレビでの視聴という形態もある。

(2)　見逃しＴＶ

過去の放送を無料、有料で視聴可能なサービスである。日経の WBS 等の視聴も 2013 年 5 月から始まった。

(3)　動画共有サイト

近年高画質のコンテンツへの対応サイトがあり投稿される動画にも特徴がある。

3-2　スマートテレビの技術的要件

（１）　ストリーミング再生

最近では動画のエンコーディングには高効率画像圧縮方式である「H.264」が用いられている。さまざまな著作権保護対策も必要である。

（２）　動作スピード

テレビ画面からホームスクリーンへの切り替えやアプリケーション起動などに素早い応答が求められる。

（３）　高画質描画性能

フル HD 解像度プレーンに 2D、3D のアニメーションが描画できる性能が要求される。

（４）　ハードウエア

コンパクト化、高速起動、高速応答などが要求される。先日のテレビニュース報道ではスマホのバージョンアップした機種を購入するために人が列をなしていた。凄い人気である。

（５）スマートテレビの新要件

カメラからの映像のエンコーディング処理、キーボ

This document is provided by JAXA.

ード入力などのサポートが必要。スマートフォンとの連携、家庭内での利用の拡大が今後の課題でもある。

3-3　アプリケーションの変化

（1）ダウンロード型

フラッシュ ROM へのダウンロード、起動時のダウンロードは不要となるがフラシュ ROM の空き容量の限界がある。

（2）クラウド型

実行時の都度、部分ダウンロード行いながらアプリケーションを実行する。蓄積容量の枯渇はない。ユーザによるアプリケーションのアップデート作業が不要である。今後はこのような展開が主流になるだろう。

3-4　技術展開のポイント

・高画質長時間の録画・再生
・動画ストリーミング可能なブロード回線
・テレビソフト処理能力の大幅な向上

3-5　キーワード

・テレビ視聴と SNS 利用とのリエゾン
・省エネルギ社会への貢献
・スマートアプライアンス
・スマートハウス
・ＥＶモビリティシェア
・ヘルスケア

など、情報の提供から生活の基盤を供給していくシステムへの展開が期待される[2]。

4.　ハイブリッド放送

従来のテレビ番組視聴のようなパーソナルな視聴スタイルではない提案がなされている。他の視聴者の傾向をリアルタイムに把握しながら視聴するスタイルが最近のテレビ番組では散見できる。但し視聴者がそれを常に併置させて視聴したいかは別物である。筆者は時々テレビ画面にスクロールされるツイット・コメントが煩わしいと思えることがあるし、思考を邪魔する場合があるとさえ感じている。過度期の活用の模索の中で淘汰されることを期待している。若者にとって面白い番組は得てして年配者には騒々しいなどの評価もある。年代と視聴ニーズを考えていく必要もある。特にスポーツ番組のようにリアルタイム性の高い番組や、討論番組のような深い議論の番組の中に、コメンテータの個々の意見の他に全体の意見の傾向を知ることで、よりテレビ視聴を充実させることが可能とも云われているが。従来の評判解析技術を利用した意見分類に加えて、投稿者のプロフィールを推定する独自の技術を利用することで同じ番組の視聴者の意見を手軽により詳細に把握することも可能となる。これらのソーシャルメディア解析がコンシューマだけでなく、ビジネスの用途利用とすることも可能である。番組のシーンごとの評判のフィードバックを得ることが出来るため番組制作への活用が可能である。生放送の番組においては、フィードバックを見ながら進行内容を変更することができる時代でもある。私はあまり変更の自由度があっては視聴者を混乱させる要因ともなると考えているが、体幹をしっかりとした放送発信の姿勢が重要である。

5.　ＮＯＴＴＶ（ノッティヴィ）の行方

見るだけのテレビではない時代に入った。視聴者なら誰でも自ら発信できる。時間や場所に縛られない。100%双方向のソーシャル TV という謳い文句。地上波アナログの跡地である V-High の周波数帯によるスマートフォン向けのマルチマルチメディア放送である。2012 年 4 月スマートフォン向け放送「モバキャス」が開始した。周波数は 207.5MHz～222MHz の地上アナログ終了後の VHF-High を用いる。この周波数帯は電波の伝搬条件が良いからプラチナバンドと呼ばれる。ISDB-Tmm(Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial for mobile multimedia)方式を採用した。

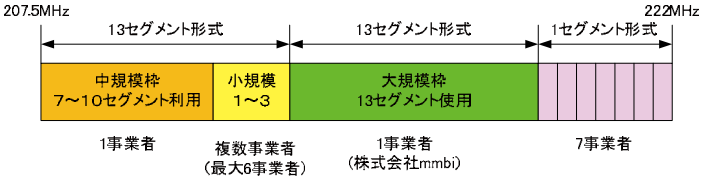


図 8　　VHF-high の活用展開

This document is provided by JAXA.

5-1　サービス形態

放送波から受信したコンテンツデータを受信機に一時蓄積してから視聴者にサービスするシフトタイムサービスを行う。

5-2　リアルタイムサービス

DVD と同等のクオリティでの放送を可能とした。

5-3　シフトタイムサービス

放送時刻とコンテンツを利用できる時間が異なる。受信が経過、完了している場合でも良好なコンテンツの視聴が可能である。図 9 はモバキャスのサービスコンセプトである。

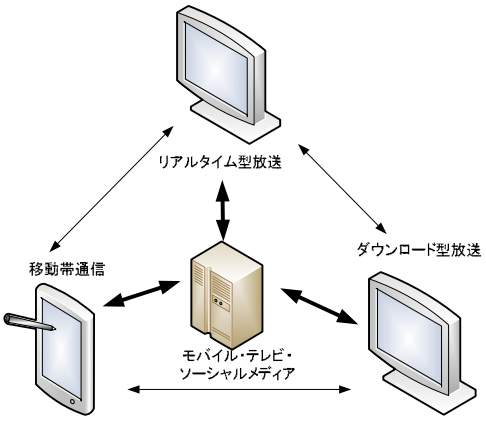


図 9　モバキャスのサービスコンセプト

5-4　モバキャスを支える技術

・送出方式
・送信方式
・プロトコルスタック
・メタデータ
・コンテンツ保護・アクセス制御

5-5　モバキャスの今後の展開シナリオ

2012 年　東名阪 60%の世帯カバー、3 年目で全国主要都市、5 年目で日本全国をカバーしていく構想がある。

6. 音声メディアのラジコ、ラジルラジル

中波ラジオ放送の夜間混信や強雑音地域でのラジオ聴取のために電波サービスに加えてインターネットによる音声メディアの発信である。民放による「ラジコ」、NHK による「ラジルラジル」が既に始まっている[5]。東日本大震災を経験してこの手のラジオは地域放送と併用して多くの情報発信に寄与した。地域免許という放送制度の中で、時代ニーズによる全世界への発信という狭間を体験してインターネットラジオが今後どのように展開するか興味深い。

「ラジコ」、「ラジルラジル」は IP ラジオとかインターネットラジオのことでケイタイやスマホ、タブレットがあれば聴取できる。

ラジオ（らじ男）に対して（らじ子）と捩って表現することもある。インターネット放送だから、外来電波の雑音の影響を受けないクリアの音質が聴取出来る。特に東日本震災の時には東北 3 県の情報を全国に発信するために地元以外の各地方からも聴取ができた。基本的には無線局の免許は地域に割り当てられるからインターネットでも全国への配信は出来ない。日本国内では特定の地方局の放送を聴取することは出来ない仕組みになっている。日本の放送免許がその様に規定されているためである。

私の居る鹿児島では MBC（南日本放送）が 2011 年 10 月 3 日にラジコを始めた。地域限定サービスが基本である。地域免許という放送の基本の中でインターネットラジオが今後どのように展開するか注視して行きたい。

7. 放送とソーシャルメディアの展開

7-1　ソーシャルメディアの実態

Twitter は 140 語程度でコメントを述べることができる。放送に連動したリアルタイム集計:Social Guide Yap.TV, ツイテレ、テレビジンがある。また視聴している番組､映画にチェックインする getglue, intonow, miso, sanppyTV、VOD としての Youtube, ニコニコ動画、Ustream, teleda がある。ちょっとしたコメントや囁きがビジネスのシーズとして簡単に取り込まれる時代でもある。

8. 災害で発揮したソーシャルメディア

8-1 震災時ツイッター活用の事例

茨城県つくば市の公民館に退避していた被災者のために必要になった物資をツイッターで呼びかけた

This document is provided by JAXA.

ら２時間後に必要数を上回る数が集まったとのこと。

8-2 フェイスブック

人との交流・繋がりが強いメディア。ツイッターでの情報収集が 84%、フェイスブックが友人知人の状況確認 56%とインターネット調査結果例が出ている。

8-3 ユーストリーム・ニコニコ動画

3 月 11 日午後 6 時には NHK が総合で災害報道をユーストリームに配信した。ニコニコ動画、ヤフーにも配信。在京民放局も一部を除きユーストリーム、ニコニコ動画を配信した。これらのメディアの視聴推移をみるとユーストリームが 54 万人から 140 万人、ニコニコ動画が 497 万人から 563 万人に増加していると報告されている。

8-4 スカイプ

スカイプは P2P 技術を利用したコミュニケーション・ソフトウェアであり、比較的低速な回線でも高音質の安定した通話を実現できることが特徴。一般の電話との相互通話を実現する機能（国によって制限がある）や、Windows、Mac、Linux 版ではビデオ通話機能も備えている。震災時インターネット回線を用いて通話規制などの影響をうけずに繋がり易い状況であった。スカイプへの訪問者は 50 万人増えたと報告されている。

8-5 ソーシャルメディアへのユーザの要求

地震発生後、家族や友人の安否、交通情報、計画停電、原発情報など。情報への要求がパーソナル化からローカル化してきている。また被災地ユーザは、居住地近辺の情報、避難場所、ライフラインの復旧状況、食糧、水などを求めていた。

8-6 ソーシャルメディアの価値と効用

マスメディアの限界もある。ソーシャルメディアによる地域の補間情報発信の期待、娯楽メディアから即転身して緊急情報発信に役立つ、メディアの流動性も期待されている。

8-7 テレビや情報に対するユーザの意識

現代の情報の取得については、受動的な情報収集から能動的な情報収集へと変化してきた。ソーシャルメディアの情報の信頼性と正確性をテレビ情報と比較しながらテレビの活用へ目覚めが見える。自分のお気に入りの情報源が信頼おけるものかどうかは常に吟味しなければならない。

9. まとめ

いつの時代でも新しいメディアに関心を示すのは若者であるが近年の高齢化社会の中では高齢者もメディア端末を操作する機会が増えている。高齢者も壮年期に会社で PC などを操作してきた経験から新しいメディア端末に対する違和感は少ないようである。依然デジタルデバイドは存在するとは思うが多くの利用者がメディアを享受していく時代である。テレビメディアは操作性、利便性を拡張させてデータ・情報を発信している。

本論では放送のハイブリッド化とソーシャルメディアの台頭が著しい中で、これからのメディアの実態と活用の視点からリスクマネジメントを議論してきた。ソーシャルメディアの課題を考えるとき、情報の発信とデマの拡散と混乱、発展途上の未熟なメディアの脆弱性がある。ちょっとした情報発信が人の人生を狂わせる可能性も多分に含んでいる[3]。だからと言ってメディアにアクセスせずには生きていけない時代になってしまった。NHK, 民放による非常災害報道の他メディアとの同時配信（ユーストリームなど）は、相互補完のメディア連携活用の可能性を発見したように思う。但し多くのパーソナルの情報発信の信ぴょう性にも注意しなければならない。常日頃から情報にどのように対峙していくかが重要である。放送とソーシャルメディアの利活用によって恩恵を受けながら、視聴者は自らの思考変革によって情報リスクを回避することが求められる時代である。

文　献

[1] 総務省におけるホワイトスペース活用関連セ作動向;九州総合通信局資料 平成 24 年 4 月

[2] 放送とソーシャルソーシャルメディア;映像情報メディア学会誌 Vol.66No.4, 2012 年.

[3] Richard Torrenzano, Mark Cavis; Digital Assassination(サーバー社会に殺される(栗木さつき訳)、ヴィレッジブックス、2012 年 5 月

[4] 井上伸雄;スマートフォンの仕組み、PHP サイエンス・ワールド新書、2012 年. 4 月

[5] NHK ネットラジオ;放送技術、2012 VOL.65 NO2.pp.93-100, 2012 年

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.25-32

中波帯アイソレータの基礎研究とシステム評価
(2012 年度放送文化基金研究)

若 井 一 顕†

†第一工業大学　情報電子システム工学科 〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2
E-mail:　†k-wakai@daiichi-koudai.ac.jp

Basic study of medium wave Isolator design and system evaluation

Kazuaki WAKAI†

(Hoso Bunka Foundation's study in 2012)

† Department of information and electronic system engineering Daiichi institute of technology

1-10-2 Kokubu-chuoh.Kirishima-city.Kagoshima-pre.899-4395 Japan
E-mail:　†k-wakai@daiichi-koudai.ac.jp

Abstract　Medium wave isolator has not been used on the broadcasting transmitting system as compared to the VHF, UHF and SHF frequency Band. Medium wave isolator will be used to improve the antenna characteristics degradation and fluctuation of the impedance. The isolator can be used to the blast furnace on high-frequency heating system which avoids load impedance fluctuations. This paper discusses the basic design of medium wave isolator. The isolator is using 3dB coupler and the quasi gyrator, which are phase adjustor, attenuator, series resonator and super saturation reactor. The Isolator is prospective device has an effect of suppress the antenna impedance fluctuations effectively.

1. はじめに

一般的に中波送信アンテナ鉄塔は電波の周波数に合わせた高さで建設される。特に大電力の送信アンテナは 0.53λ（λ：波長）という高さで設計されることが多いが、小電力局ではアンテナ高が予め 35m、40m、60m そして 100m 程度に制限されることが多い。また非常災害時のアンテナ設置では 10m～30m 程度のアンテナ長の確保が限界であり、帯域内伝送特性が悪くアンテナ基部インピーダンスもリアルパートが数Ω、リアクタンス・パートは-j150～-j200Ω以上とキャパシタンス給電となる。アイソレータを用いることでアンテナ特性を改善して、これらの条件下でも電波発射を可能とする。また地震、台風、火山噴火、ゲリラ豪雨時等の緊急災害時の放送電波の確保も可能とし国民の生命、財産を守る一助になると考えている。

2. 中波帯アイソレータを必要する理由

現在アイソレータは、VHF、UHF、及び SHF 帯に関するものは実用化されている。残念ながら中波帯、短波帯でのアイソレータの活用例は無く新たなニーズが期待される。非常災害時設置する小型中波アンテナの実数部のインピーダンスは低く、アイソレータは小型中波アンテナ特性劣化の緩衝を目的としている。アンテナの劣化要因とアイソレータの効果を次にあげる。

This document is provided by JAXA.

2.1 小型アンテナの特性劣化、帯域内特性の劣化、気象条件によるインピーダンス変動と応用

・降雪、風雨、強風、塩害のインピーダンス変動
・非常災害時の中波アンテナ建設の容易化
・小型アンテナ建設時の伝送特性の確保
・高周波溶融装置の負荷安定化
・半導体溶融時のインピーダンス変動緩衝

図１は本研究がターゲットとする中波帯アイソレータの位置づけである。

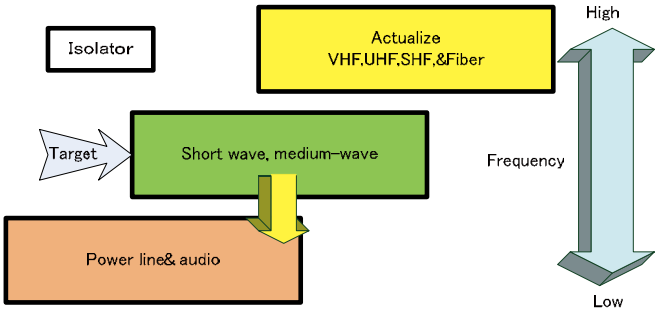


図１ 中波アイソレータの研究ターゲット

3.　中波帯アイソレータの実現と課題

中波帯のアイソレータの実現に向けた従来技術との隔壁は次のような部分が挙げられる。

・使用周波数が既存に比べて低い
・通過ロスが大きい
・回路の Q が低い
・ドライビング・インピーダンスが低い（1Ω程度）
・フェライト等の焼結が難しい
・材料の強磁性共鳴特性＋μ，－μの差が小さい

参考文献にも記載したが、筆者等が以前実施した磁歪素子と電歪素子を機械的に接合した装置を用いた研究では機械振動系を利用することから適用周波数を高めることは難しかった[1]。基本構成を図２に示す。また増幅器を巴（ともえ）に組んだ広帯域アクティブサーキュレータ等はマイクロ波領域で研究されているが使用電力を上げることが難しい[2]。

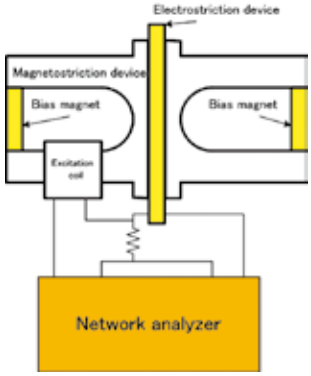


図２　電歪・磁歪素子を組み合わせたアイソレータ

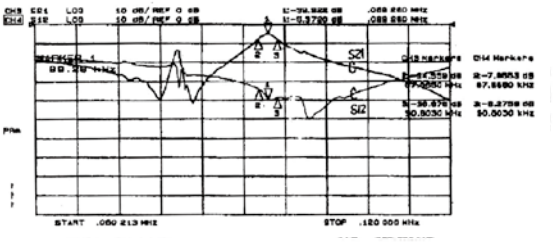


図３　試作アイソレータの伝送特性

表１　電歪・磁歪素子の諸元

Specifications	
○Magneto-striction device	
	Vibrating surface: 21mm×10mm
	Leg:20mm
	Resonance frequency:100kHz
○Electro-striction device	
	Vibrating surface: 23mm×10mm
	thickness:20mm
	Resonance frequency:99.95kHz
	Capacitance:130pF

今回は従来の動作原理を検証すると同時に、3dB カップラと位相器やジャイレータで構成するアイソレータの実用化検討を行う。

4.　中波アンテナの特性

図４は中波小型アンテナの設置構成の例である。

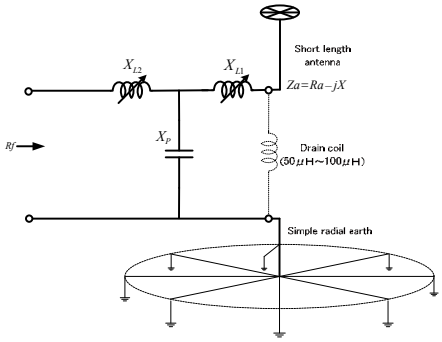


図４　中波アンテナの設置構成

図５は、中波帯短小アンテナのインピーダンスの周波数特性の軌跡イメージある。

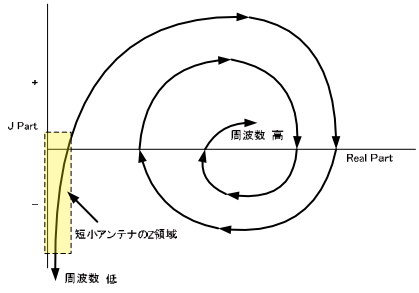


図５　中波アンテナの基部インピーダンス軌跡

This document is provided by JAXA.

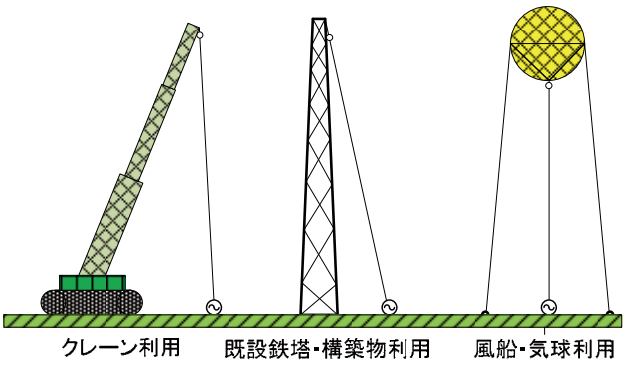


図 6　中波小型アンテナの設置例

図 6 は緊急時を想定した小型アンテナの設置例である。図 7、図 8 は小型アンテナの代表的な「かご型」と「折返し型」アンテナの基部インピーダンスの周波数特性の軌跡である。図中の記号は kL=2πL/λ，L:length(m)，λ:c/freq(m)である。

kl	R	JX
0.1	12	50
0.15	15	100
0.2	21	170
0.25	40	300
0.3	800	1000
0.35	800	−1000
0.4	18	−350
0.45	7	−240
0.5	5	−180
0.55	4	−130
0.6	4	−110
0.65	4	−90
0.7	4.5	−80
0.75	5	−70
0.8	6	−60
0.1	12	50

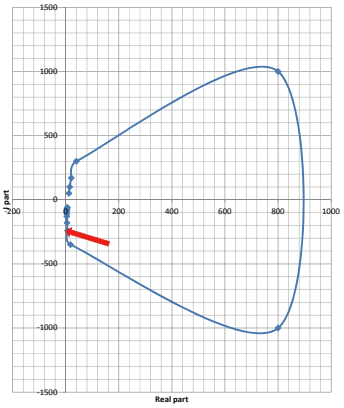


図 7　かご型アンテナ高さ 20m のインピーダンス特性
（使用周波数 1026kHz）

kl	R	jX
0.1	10	40
0.15	11	65
0.2	12	90
0.25	13	120
0.3	17	160
0.35	23	220
0.4	33	310
0.45	65	500
0.5	1000	1000
0.55	2000	2000
0.6	95	−1000
0.65	50	−500
0.7	23	−350
0.75	16	−260
0.8	13	−200

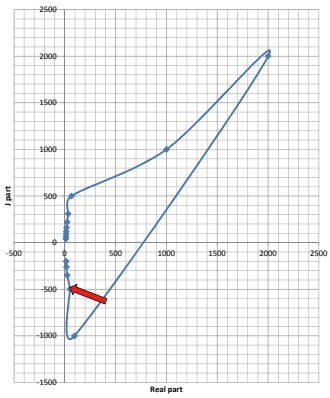


図 8　折返しアンテナ高さ 20m のインピーダンス特性
（使用周波数 1557kHz）

5.　アイソレータの基礎実験

5.1　3dB カップラ用ブリッジド T 型回路

図 9 は中波帯で使用する 3dB カップラである。各アームは LCR の集中定数素子で構成した。写真 1 に外観を示す。図の中で表現している R は、所要周波数 1MHz で 50Ω と設定した。

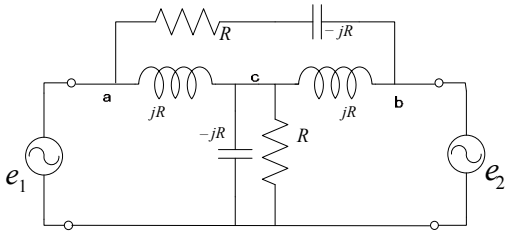


図 9　ブリジッド T 型 3dB 出力合成回路



写真 1　製作した 3dB カップラ外観（100W 対応）

5.2 ブリッジド T 型回路の特性評価

ブリッジド T 型回路を使った出力の合成・分配回路を製作した。100W 程度の通過電力を考慮した。適正な定数を選択していれば、e_1, e_2 の電源間のアイソレーションは 30dB 以上確保できる。図 10 は製作した 3dB カップラの特性を確認するための open-short 測定法である。図 10 の SW を on-off しても入力インピーダンスは 1MHz で 50Ω と安定していることを確認する。

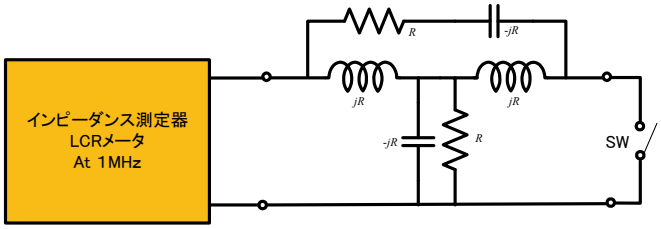


図 10　3dB 回路の特性評価

図 11 は双方の入力間でのアイソレーションを観測する伝送測定である。掃引発振器の出力周波数範囲を 200kHz～2MHz 程度に設定して片方への信号の漏れが抑圧されることを確認する。3dB カップラの構成素子が 1MHz で 50Ω に規制されていれば伝送特性上にノッチ特性が観測される。

This document is provided by JAXA.

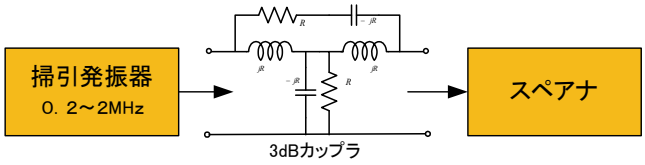


図 11　簡易ノッチ特性測定評価

図 12 はノッチ特性の簡易測定の結果である。ノッチ量は 1MHz で 35dB 程度である。

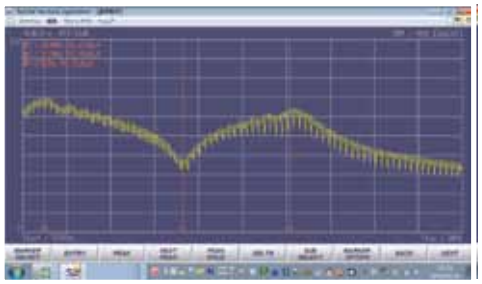


図 12　3dB カップラノッチ特性

6.　ジャイレータの挿入とアイソレータ

中波帯大電力送信機・中電力送信機では、出力合成にブリッジド T 型回路を用いることが多い。今回は 3dB カップラをブリッジド T 型回路で構成した。

急激なインピーダンス変動に対しては、自動整合方式では負荷変動を吸収することは困難である。中波帯のアイソレータやサーキュレータに拘る理由はそこにある。電歪素子と磁歪素子を使った微少電力での中波アイソレータを試作し学会発表したが、100W, 1kW を実現するにはブレークスルーが必要である[1]。筆者が継続して取組んでいるテーマの一つである。

3dB カップラを用いた方式の基本原理を図 13 に示した。ジャイレータには片方向性の通過デバイスを求める必要がある。最初に位相器、フェライトデバイス、共振回路、及び半導体等の応用を検討した。本研究では位相を効果的に制御してアイソレーション効果を実現する方法を解説する。

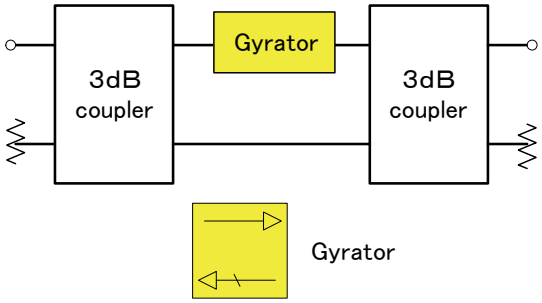


図 13　アイソレータの原理的な構成の例

6.1 アイソレータの基本回路

図 14 はアイソレータの基本回路である。位相器は特性インピーダンスを 50Ω として設計した。この回路を簡易化して表現したのが図 15 である。一部のアームにマイナス抵抗成分が含まれている。回路計算では位相器の取り扱いが難しいが電源回路の位相を変化させる方法での解析が簡便と思われる。

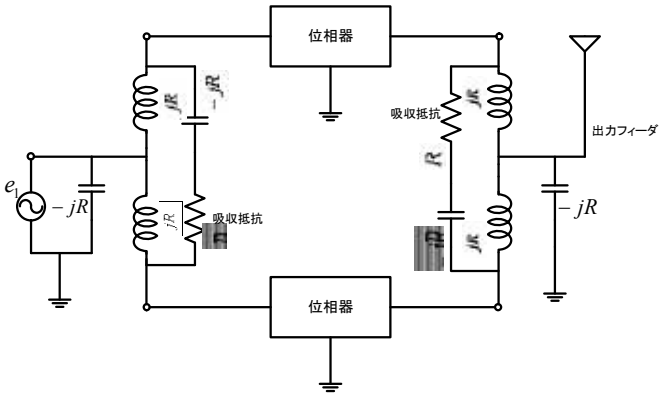


図 14　アイソレータの基本回路

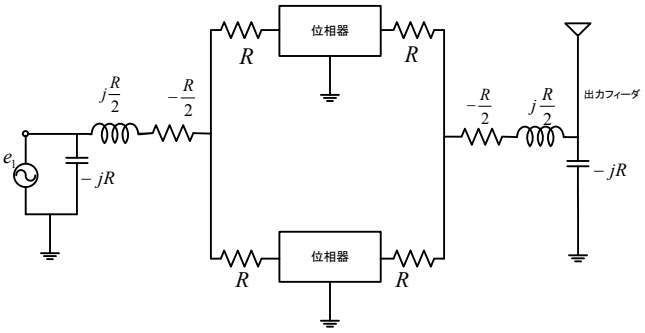


図 15　アイソレータの簡易化回路図

6.2　位相器がスルーの場合

位相器が無い状態の回路は、図 16、図 17 に示すシンプルなπ型λ/4 回路となることが分かった。この場合はインピーダンスの抑圧効果は期待できない。

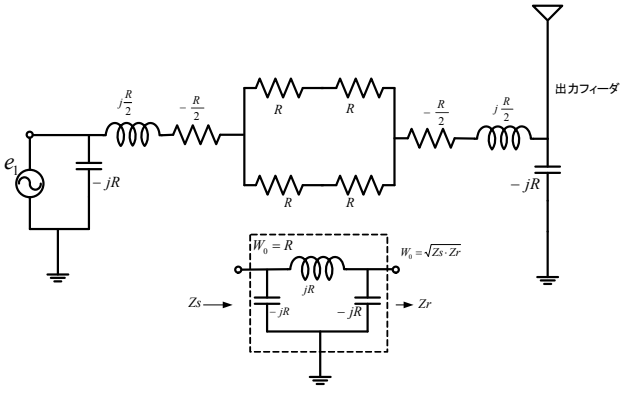


図 16　位相器をスルーとした場合の回路

This document is provided by JAXA.

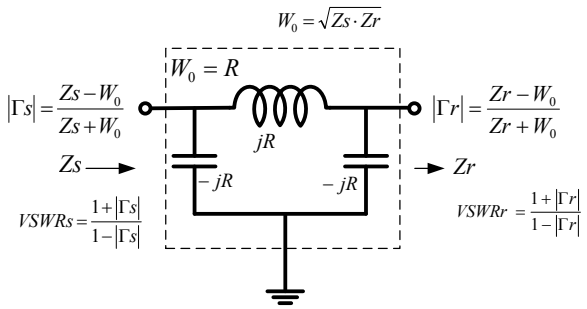


図 17　位相器スルー時の等価回路（π型のλ/4 回路）

図 17 は、位相器がスルーのときの等価回路である。負荷の Zr が入力のインピーダンス Zs に変換されることを示したが、この回路では VSWR の抑圧効果は無く、負荷端の VSWR が入力端の VSWR に保存されたままである。

6.3　位相器を挿入した場合の等価回路

図 18 は 3dB カップラの接続間に位相器を挿入した場合を示す。

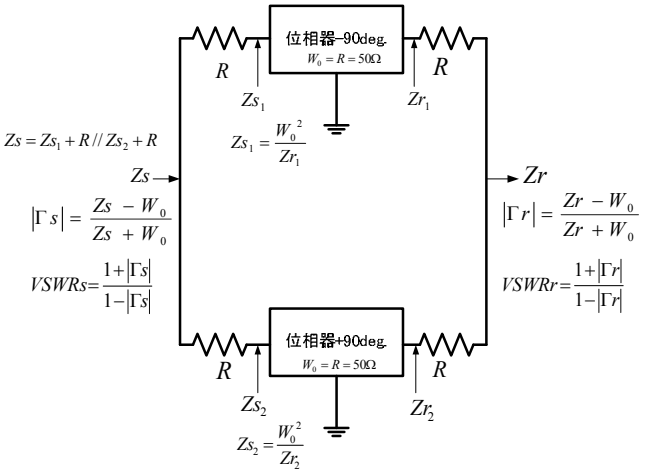


図 18　位相器を挿入した場合のインピーダンス変換過程

この場合、位相器の位相設定より負荷インピーダンス Zr に負荷電流が流れる場合と、全く流れない状況をつくり出すことができる。電流をノルマルモード成分とコモンモード成分に分けて考えることでも解析が可能である。

相対的な位相が 180 度の場合の等価回路を図 19 に示した。この場合、Zr には各電源からの電流がキャンセルされて、3dB カップラの入力端のインピーダンスは、負荷インピーダンスには関係しない。本実験では入力インピーダンスは 50Ω で一定となる。

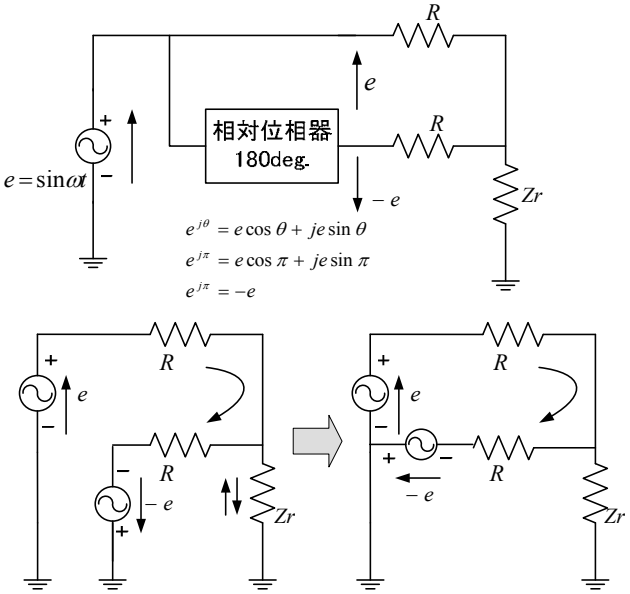


図 19　相対位相が 180 度の等価回路

また相対位相が 90 度の場合を図 20 に示した。インピーダンスは電圧 je によって Zr に流れる電流成分と、電圧 e によって R 回路に流れるループ電流成分の合成ベクトルによって解析することができる。

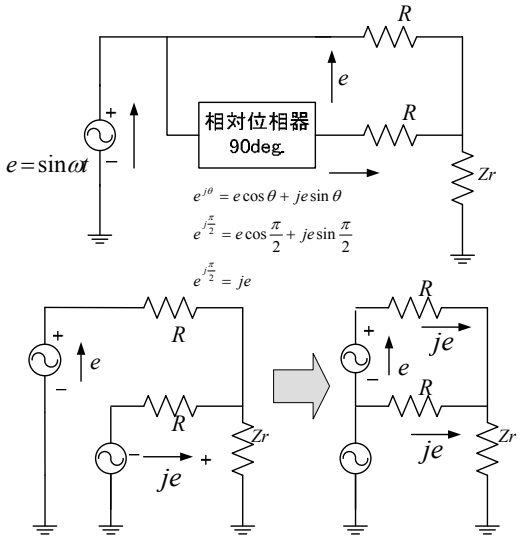


図 20　相対位相が 90 度の等価回路

6.4　ジャイレータを挿入した場合の回路構成

基礎実験では位相器を、+90 度、-90 度そして 180 度にして計算と実測を進めた。負荷の VSWR や反射係数に応じて位相量をフィードバック制御する方法を実験中である。他に位相を可変する方法としては共振点付近の急峻な位相特性の利用、フェライトコアの過飽和特性の利用がある。その他、半導体デバイスを用いた検証も図 21 に示す回路を用いて検証していく。

This document is provided by JAXA.

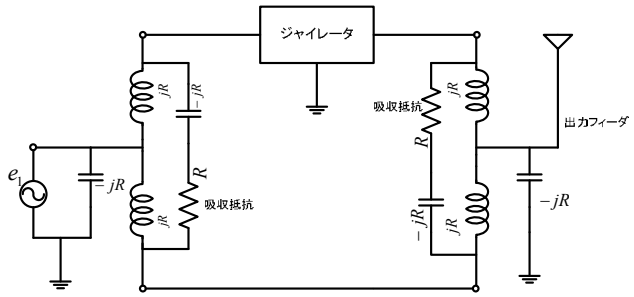


図 21 ジャイレータを挿入する回路構成

7. 疑似ジャイレータの基本性能

7.1 中波帯アイソレータの実現と課題について

筆者が以前から興味を持って研究している緩衝整合がある。自動整合を使って負荷変動による VSWR の劣化を改善して VSWR を 1 付近に設定するという概念である。負荷の変動に対する整合調整を VSWR が完全に 1 となるような制御を求めるのではなく、VSWR が 1 付近で止める方が有利な場合がある。

有利とは、①制御素子の数が減る、②制御動作の安定化、③信頼性が向上するといったことが挙げられる。降雪等の環境変動によってはインピーダンスの変動が一方向の場合もあるし変動過程が非対称となることも想定される。変動という一過性の現象を扱うために、また未知の負荷変動に対処するための自動整合回路を常設することは一般的にはしない。変動が季節的に発生する場合や周辺環境の影響を受ける場合などを想定した応用展開を考えるのが通常である。参考文献にも記載したが、筆者等が以前実施した磁歪素子と電歪素子を機械的に接合した装置を用いた研究では機械振動系を利用することから適用周波数を高めることは難しかった[1]。マイクロ波系では、微小電力用 PA をリンク上に配置したアクティブサーキュレータの研究もある[2]。今回は 3dB カップラと位相器、疑似ジャイレータで構成するアイソレータの検討を行った。そのためにジャイレータとなるデバイスの選定が重要であり、位相器による方式、過飽和リアクトルよる方式、また負荷の反射係数を検出し位相制御による等価ジャイレータの製作も進めた。

7.2 ジャイレータを挿入した場合の回路構成

基礎実験では位相器を、+90 度、-90 度そして 180 度にして計算値と実測値を求めた。疑似アイソレータとして動作させるためには、負荷の VSWR に応じて位相を可変する方法を検討している[3]。位相を可変する方法としては、固定位相器の切替え、共振点付近の急峻な位相特性の利用、またフェライトコアの過飽和リアクトル特性の利用等がある。

7.3 位相器の応用

位相器を用いて 3dB カップラへの入力相対位相を変化させる。図 22 は位相可変型アイソレータの原理図である。位相器は LC 回路で構成される。位相の可変には可動インダクタンスを用いてもよいが、時間遅れが発生するために得策ではない。負荷インピーダンスが緩やかに変動する系であれば応用は可能である。本実験は位相制御による負荷インピーダンスの緩衝を確認する基礎実験と位置付けている。

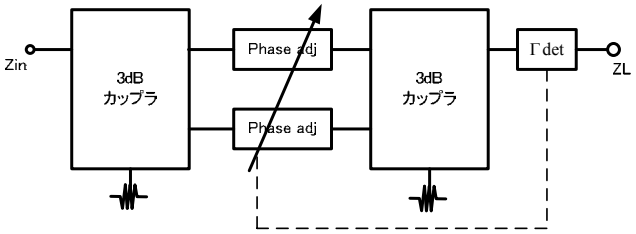


図 22 位相可変型アイソレータ

図 23 は、位相回路がスルー、90 度、-90 度、そして 180 度として、負荷インピーダンス Zl が 0Ω から 200Ω に変化した場合の入力インピーダンス Zi の値を示した。図中の「Unbalance」とは 3dB カップラの接続部の両位相器が「through」のときにアームの片方を開放する方法である。これによるインピーダンスの抑圧効果も認められる。

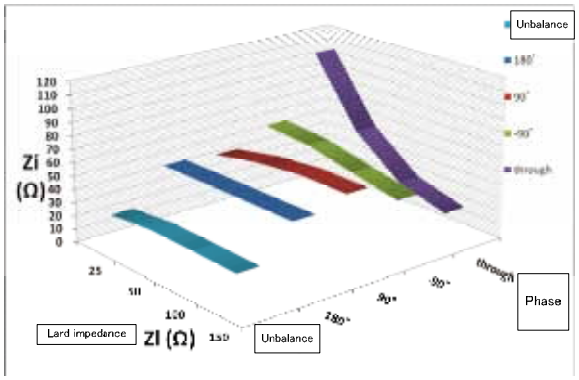


図 23 負荷インピーダンスと VSWR

7.4 過飽和リアクトル

インダクタンスの可変を、フェライトを用いた過飽和リアクトルに直流を重畳することで連続的に可変する方法を確認した。

図 24 は今回試作した直流電流によるインダクタンス可変回路である。伝送容量は 100W 程度の通過電力に耐える設計構造とした。

This document is provided by JAXA.

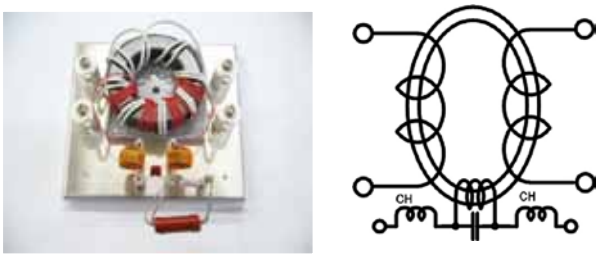


図 24　多目的過飽和リアクトル

1 次、2 次の巻き数は 7T～14T として製作した。直流重畳用の巻き線も設けて、高周波が直流回路と干渉しないようにチョークコイルとバイパスコンデンサを設置した。図 25 は、巻き数が 14T、10T における直流重畳電流に対するインダクタンス可変特性の一例である。

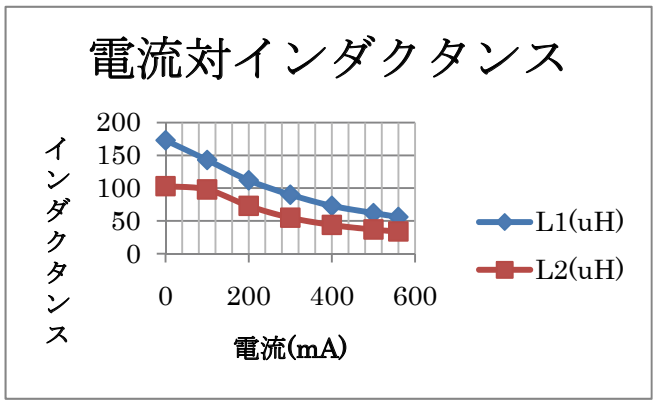


図 25　過飽和リアクトルの電流特性

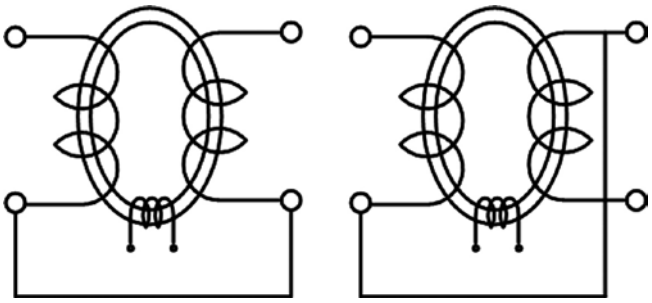


図 26　インダクタンス増加のための結線

図 26 に示すようにインダクタンスを増加させるために 1 次巻き線と 2 次巻き線を直列に接続した。結線方法によってはインダクタンスが激減する条件もある。それはフェライト内の磁束が加算される場合と、キャンセルする場合とがあるためと考えられる。インダクタンスの増加とともに等価抵抗 Rs も増加する傾向にある。理想的なインダクタンスだけではなく、磁気回路に tanδ が存在するためと考えられる。等価抵抗は回路の損失として評価する必要がある。図 27 は、可変インダクタンスを 3dB カップラの接続点に挿入した例である。重畳した直流電流は可変電源で行った。設計目標としては、負荷の反射係数電流をリアクトルにフィードバックする方法を採用する[4]。

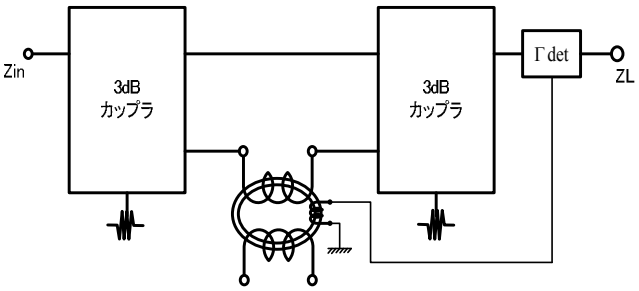


図 27　過飽和リアクトルによるアイソレータ

7.5　過飽和トランスのスイッチ制御

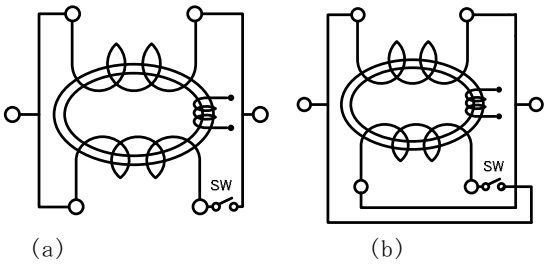


図 28　リアクトルのスイッチ制御

図 28 の結線は磁気回路的に考察できる。磁束密度の状況によってインダクタンスが数 nH のときと数μH が実現できる。両方の回路とも SW が開いた瞬間 2 次回路開放のときのインダクタンス特性となる。SW はダイオード SW などの半導体が応用できる。

7.6　直列共振素子による位相制御方式

過飽和リアクトルを用いた可変インダクタンスについてはインダクタンスの他に Rs という実数値を持ち、これがリアクタンスに加わることによる動作解析が要求される。これらの Rs 値を包含したかたちでアイソレータを考えることが必要である。図 29 は、純粋に可変インダクタンス素子を直列共振回路の一部に用いた方法である。

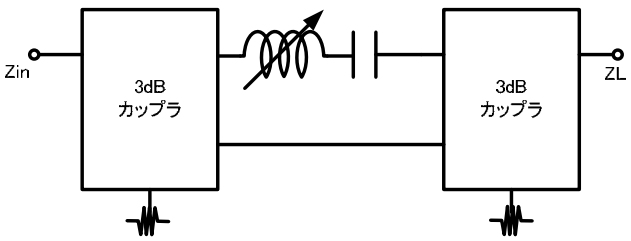


図 29　直列共振回路による位相可変

This document is provided by JAXA.

図 30 は可動型の約 30μH のインダクタンスである。当然、高速動作は望めない。基本動作を検証した。



図 30 可変インダクタンス素子とドライブ回路

図 31 は 3dB カップラの両接続アームに直列共振回路を 2 基設置して可変インダクタンスが逆方向に動くことで共振点の左右を用いることになる。それによる 3dB カップラの入力部への相対位相を広げることを可能とした。

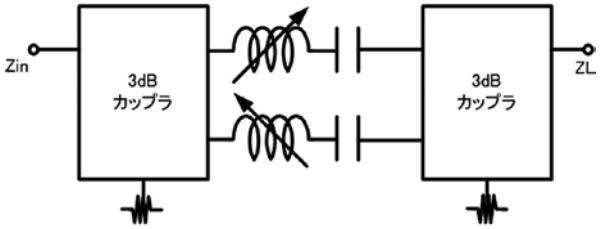


図 31 直列共振回路とアイソレータ

7.7 アンテナと整合維持

アンテナインピーダンスが悪化した場合の VSWR 及び帯域特性の劣化と問題点を整理した。

① 整合回路、送信機内の異常電圧、異常電流の発生
② 伝送フィーダの耐圧マージンの低下
③ 高域音声の特性劣化（被変調波形の谷側の劣化、IPM: Incidental phase modulation 特性劣化）
④ 送信機（増幅器）の効率低下
⑤ 増幅器デバイスの許容電圧、電流、及び損失電力の規格越えと破壊

等が挙げられる。

8. まとめ

現在アイソレータは、VHF、UHF、及び SHF 帯に関するものは実用化されている。残念ながら中波帯、短波帯でのアイソレータの活用例は無く新たなニーズが期待される。非常災害時等に設置する小型中波アンテナの実数部のインピーダンスは低く帯域内伝送特性も劣悪である。また風雨、降雪、及び塩分付着によるアンテナのインピーダンスの変動も発生する。本研究はこれらの分野への応用展開を目標に進めている。効果的なジャイレータ素子を見つけて中波帯アイソレータの実現を目指しているが、今回はブリッジド T 型回路を用いた中波 3dB カップラと、疑似ジャイレータを用いた中波帯アイソレータの基礎実験を行った。3dB カップラの接続アームに位相器、減衰器、共振回路及び過飽和リアクトル等を挿入して負荷インピーダンスの抑圧効果を検証した。可動部分を極力少なくすると共に、動作遅れの改善、運用時の通過損失の低減を目標に更なる研究を進めている。本研究は 23 年度、24 年度の卒業研究の一部であることを紹介しておく。今後の更なる研究の継続を推進して行くことを誓って報告を終える。

文 献

[1] 若井、鳥畑、山添，“中波帯域用アイソレータの開発” 2004 年電子情報通信学会総合大会 C-6-1.
[2] 豊田,“0.5～2.4 および 5~18GHz 帯アクティブサーキュレータ” 電子情報通信学会誌 Vol.j72-C- Ⅰ No.3 pp.204-207,(1989 年 3 月)
[3] 若井、“中波帯アイソレータの開発” 信学技報 IEICE Technical Report R2012-54,pp.1-6.(2012 年 10 月)
[4] 若井、“疑似ジャイレータを用いた中波帯アイソレータの研究” 信学技報 IEICE Technical Report R2012-76, EMD2012-107, pp.23-28.(2013 年 2 月)

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.33-40

トレッドミル歩行訓練のための支援システムの開発

山田　猛矢[1]・田中　利昭[2]・比嘉　築[3]

[1] 第一工業大学　情報電子システム工学科
[2] 鹿児島第一医療リハビリ専門学校　理学療法学科
[3] E Cube Factory

Development of a System for Treadmill Gait Training Assistance

Takeshi YAMADA, Toshiaki TANAKA, Kizuku HIGA

The aim of this work is to develop an assistance system which can train a patient with stride constant and facing forward in gait training using a treadmill. Additionally, the aim is also to provide the system as inexpensive as possible. For the aims, OpenCV that is an open source library of image processing, and commercial webcam are used for the system. In this paper, the development of the system for treadmill gait training assistance is described. Further, the survey results and analysis of the experimental data by the system is shown.

Keywords *: treadmill gait training, image analysis, OpenCV*

1. はじめに

超高齢社会となった現在，病気や怪我で足が不自由になった患者が歩行訓練（リハビリテーション）を行う機会が増加している。歩行訓練には，下肢装具を装着するものから歩行補助具（杖，クラッチ，歩行器）を使うものまで様々である。また歩行訓練を行う場所についても，屋外で行う場合もあれば屋内で行う場合もある。

場所については，患者の生活圏内で行うのが最も望ましいが，施設スタッフの数は限られており患者一人一人に対応することは難しい。また屋外での歩行訓練においては，健常者が普段意識しないような小さな傾斜や段差においても転倒の恐れがあり多くの危険と隣り合わせである。そのためほぼ全ての施設で屋内での歩行訓練が行われている。

屋内での歩行訓練には，平行棒を用いた訓練やトレッドミル（図1.1）を用いた訓練がある。平行棒を用いた訓練の場合，平行棒を置くための広いスペース（幅1m×長さ5m程度）が必要であるため，小規模施設では設置数に限界がある。また，長距離の歩行を行うには限られた長さの平行棒を何回も往復しなければならず，一定の速度で長く練習することは困難である。一方，トレッドミルは狭いスペースでも設置でき，一定の速度で長く練習することが可能である。しかしながら単純なその場歩行のため患者のモチベーション維持が難しく，設置されてはいるが十分には活用されていないという問題がある。



図1.1: トレッドミル

足の悪い患者は訓練の際，足元を見がちで歩幅も小

This document is provided by JAXA.

さくなりがちである。実際に行われている訓練においても理学療法士が患者につき添い,「前を向くように」や「歩幅を大きく取るように」との指導が入りながらの訓練となる。また一般の医療機関や施設ではデータを取得するための測定環境がほとんどなく，回復具合は理学療法士それぞれの主観となる。そのため回復具合の判定は人によりまちまちであり曖昧になりやすい。

そこで，理学療法士の指導がなくても自然と前を向き，歩幅も小さくならないような歩行訓練支援システムの開発を目的として本研究を行った。また回復具合においても客観的に捉えられるような歩行データが取得でき，患者が楽しく歩行訓練を行える支援システムの開発を目指した。さらに小規模施設でも利用可能なようにできる限り安価で提供できるよう工夫した。

本論文では，開発した「歩行訓練支援システム」の概要，鹿児島第一医療リハビリ専門学校の学生による実験データの解析およびアンケート調査の結果について報告する。

2. 類似する既存製品

本研究における開発コンセプトと同様の製品にフォースリンク社（オランダ）[2] が開発した歩行評価訓練用トレッドミル（図 2.1）がある。これは通常のトレッドミルより走行部が長く，その部分に光を投射し足の踏み出す位置を明示するというものである。これにより患者は足元だけでなく少し前方を見るようになり，歩幅も小さくなりにくくなる。また歩幅や歩調（ピッチ）も測定できるというものである。



図 2.1: 歩行評価訓練用トレッドミル
（フォーリンクス社 Web サイト [2] より）

しかしながら，少し前方を見るようにはなるものの足元を見ることには変わりなく，通常のトレッドミルより長くなる分，広い設置スペースが必要となる。また通常のトレッドミルに比べて高価（1 千万円以上）であり，小規模施設では導入が困難と考えられる。

3. 歩行訓練支援システム

我々は今回，Web カメラを用いてトレッドミル走行部を撮影し，画像処理を行うことで足の位置を検出し，理想的な足の踏み出し位置をトレッドミル前面のモニタに出力する歩行訓練支援システムを開発した。これにより，前を向いた状態でしかも歩幅が小さくなりにくい歩行訓練が可能となる。また市販の機材・資材，オープンソースの画像処理ライブラリを用いることで安価な開発・提供を可能にした。

3.1 ハードウェア部

まずハードウェア部について説明する。使用機器は，トレッドミル，Web カメラ，ノートパソコン（PC），訓練者用画面出力モニタ，モニタスタンド，Web カメラ接続アームである。まず図 3.1 のように，トレッドミルの前に訓練者用画面出力モニタを取り付けたモニタースタンドを置く。次に図 3.2 のように，モニタスタンドに Web カメラ接続アームを取り付け，その先に Web カメラを取り付ける。図 3.2 において赤丸で囲んだ部分が Web カメラである。Web カメラおよび訓練者用画面出力モニタは PC に接続する。これで機器の設置は完了である。できる限り安価に抑えるため，一般に手に入りやすい機材・資材のみを使用している。トレッドミル（小規模施設でも必ず所有している）とノート PC（これもまた多くの施設で所有している）を除けば以下の通りである。

- Web カメラ（300 万画素: 3,000 円程度）
- 訓練者用画面出力モニタ
  （19 インチ: 20,000 円程度）
- モニタスタンド（市販品: 40,000 円程度）
- Web カメラ接続アーム
  （ L 型マルチアングル等: 5,000 円程度）

よって既存の機器に対して，全体で 7 万円以内の追加投資で本システムが導入可能であり，この価格は他の医療機器と比較すると小規模施設でも導入を検討できる価格である。

3.2 ソフトウェア部

次にソフトウェア部について説明する。機器を設置し歩行訓練を行うと，Web カメラから図 3.3 のような画像が取り込める。この画像を前面の出力モニタに出力する。その際，単に Web カメラからの取得画像を出力するだけではなく，画像解析によって足（白の靴）の位置検出を行い，一般に言われている理想的な歩幅「身長 ×0.37」の位置に長方形のガイドをリアルタイムで

This document is provided by JAXA.



図 3.1: 歩行訓練支援システム



図 3.2: Web カメラ設置部分拡大図

表示する。これが，患者がどこに足を踏み出せばよいかの目安となる。

図 3.4 に今回作成したソフトウェアの出力モニタ用画面（訓練者用画面）を示す。図 3.4 において，中央左下付近に見える白い部分が患者の左足である。その上に見えるガイド（緑色の長方形）が足を踏み出す理想的な位置であり，このガイドが画面上部から下部へ下りてくる。そのガイド内に足を入れるように意識しながら訓練を行うことで理想的な歩幅での歩行が可能となる。

このように，前面のモニタに理想的な歩幅の位置を表示することで，足元を見ながら歩行訓練を行ってしまう多くの患者に対し前を向くように促すことができ，また足を踏み出す位置が明確になることで，歩幅が小さくなることを防ぐ。



図 3.3: Web カメラから取り込んだ画像

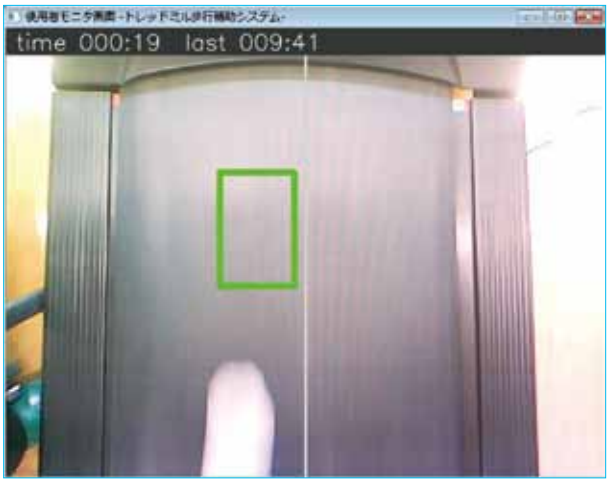


図 3.4: 前面のモニタへ出力する画像

画像処理については，intel 社が開発・公開したオープンソースの画像処理ライブラリ OpenCV[3] を用いる。これにより Web カメラからの画像を解析するプログラムが簡単に制作できる。また OpenCV は BSD ライセンスで配布され商用利用も可能である。このライブラリを用いて画像処理プログラムを作成した。

作成したソフトウェアの検出手法や機能について簡単に説明する。

- 足の位置検出

  まず Web カメラからの取得画像（図 3.3）を 8bit でグレースケール化する（図 3.5）。グレースケール化された画像に対し閾値 250 により二値化を施す（図 3.6）。二値画像に対し，トレッドミルの走行部上で白い部分の画素数が閾値 3000 ピクセル（以降，px）以上であれば足と判定する。ただし訓練者は白い靴を履いて訓練を行うという前提である。また閾値 3000px 以上を設けるのは，2 値化の際に通常は黒くなるトレッドミルの走行部が光の反射により白く

This document is provided by JAXA.

なり，足と誤判定される可能性があるからである。



図 3.5: グレースケール化された画像



図 3.6: 二値化された画像

- 足の接地判断

理想的な歩幅の位置にガイドを表示するタイミングは，「足が走行部に接地した時」である。足がトレッドミルの走行部に接地したとき，次の足を出すべき理想的な位置にガイドを表示する。同時にそれまで表示されていたガイドは消す。

足が接地したことの判断については，検出した足の位置が画面中で下がることに着目した。走行部から足が離れ足を前に出すとき，画面中において足は画面上方へ移動する。一方，踏み込んだ後は走行部とともに画面下方へ移動する。そこで，一つ前のフレームの足の位置とを比較し，画面中で上がり続けていた足の位置が最初に下がった時点を「足の接地」とした。

- スケールの自動測定

画像処理の際，画面中の 1px が実際の何 cm に相当するかが必要となる。通常，基準となる長さを準備し，それを Web カメラで取り込み解析することで 1px 当たりの長さを決定する（キャリブレーション）。それに対し，本システムでは設定をできるだけ簡単にするために，訓練前に入力してもらうトレッドミルの速度（訓練前に入力する内容については後述する）を利用する方法で 1px 当たりの長さを求めた。

その方法は，訓練開始直後に設けられた解析時間を利用し，まず走行部に接地している足が 1 フレーム当たり何 px 移動したかを測定する。次に入力されたトレッドミルの速度から 1 フレーム当たり何 cm 移動するかを計算する。その計算結果と測定した 1 フレーム当たりの移動距離〔px〕から 1px 当たりの長さを決定する。ただし，解析時間における 1 フレーム当たりの移動距離測定は 10 回行いその平均値を取り，訓練開始後も常時平均を取り続ける。

- 理想的な歩幅の位置へのガイド表示

理想的な歩幅の位置へのガイド表示については，訓練前に入力する身長から算出する値を利用する。すなわち，足が走行部に接地したとき，足のつま先から「身長 ×0.37」の位置（0.37 の値は変更可能）に，次の足のガイドの上辺がくるように表示する。なお歩隔およびガイドの横幅については，個人差が小さいことから固定値とし，縦幅は訓練前入力値（ガイドの長さ）で決める。一度表示したガイドは，トレッドミルと同じ速度で下方へ移動させる。

ソフトを起動すると，訓練者用画面（図 3.4）がトレッドミル前面のモニタに出力され，ノート PC には訓練補助者用画面（図 3.7）が出力される。訓練補助者用画面において初期設定等を行い訓練を開始する。



図 3.7: 訓練補助者用画面

訓練補助者用画面において「身長」,「歩行速度」は必ず入力しなければならない項目である。ここに入力

This document is provided by JAXA.

された数値を基に理想的な歩幅の位置や実距離〔cm〕と画面上での距離〔px〕の関係を計算する。

- その他，追加した機能

訓練補助者用画面右側にある各コントロールの機能について簡単に説明する。

– 目標時間

訓練時間を設定する。経過時間および残り時間が画面上部に出力される。

– 理想歩幅

健常者の理想歩幅「身長 ×0.37」について，患者および高齢者に合わせた訓練を可能とするため変更できる。

– 音を鳴らす

理想歩幅の位置に表示されるガイドの上辺 +5cm と下辺 −5cm の間の領域につま先が入ったときに，音を鳴らして訓練者に伝えるフィードバック機能である。

– 中心線の表示

Web カメラを設置する際，目印となる中心線の表示，非表示を選択する。

– ガイドを表示する

ガイドの表示，非表示を選択する。

– ガイドの長さ

ガイドの長さを変更できる。目標となるガイドの長さを適切に調整することで，患者および高齢者に合わせた訓練を可能とする。

– グラフ表示（各種測定機能）

いずれも訓練の結果を定量的に示すものである。

＊ 前後のずれ

ガイドの上辺とつま先とのずれ〔cm〕を 1 ステップ間隔でグラフ表示する機能である（図 3.8）。なお 1 ステップとは，左（右）足が踏み込んでから，次また左（右）足が踏み込むまで（踏み込み周期）である。



図 3.8: 前後のずれ

＊ 左右のずれ

ガイドの横方向の中心座標と検出した足の横幅の中心座標とのずれ〔cm〕を 1 ステップ間隔でグラフ表示する機能である（図 3.9）。

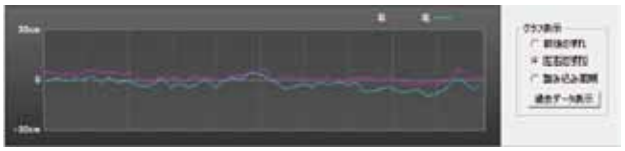


図 3.9: 左右のずれ

＊ 踏み込み周期

踏み込み周期を 1 ステップごとに秒単位でグラフ表示する機能である（図 3.10）。



図 3.10: 踏み込み周期

– 過去データ表示

訓練補助者用画面上部の「使用者選択」から登録を行うと，訓練日時およびその時のデータ（各種設定，前後のずれ，左右のずれ，踏み込み周期）が記録され，必要なときに呼び出すことができる（図 3.11）。また過去データ表示画面では，2 つのデータ（例えば 1 週間前と今日）を同時に表示できるので，回復具合の比較が可能となる。さらにデータを CSV 形式のファイルで出力することができるので，Excel 等を用いて自由にデータの加工を行うことができる。

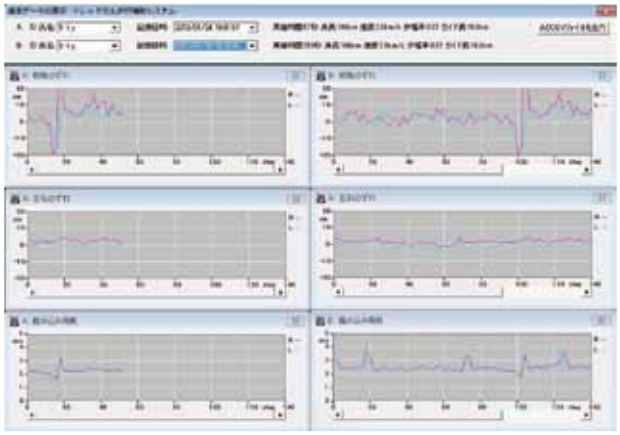


図 3.11: 過去データ表示画面

これらの機能を追加することで，本システムでは単に前を向いて歩行訓練を行うための機能だけでなく，歩行データの取得，解析が可能となる機能も提供する。このデータや解析結果が，訓練者や理学療法士の主観に頼らず客観的に回復具合の判定を行う評価量となる。

This document is provided by JAXA.

4. 取得データ解析およびアンケート結果

今回開発した「歩行訓練支援システム」を用いて，鹿児島第一医療リハビリ専門学校生の協力のもと，歩行訓練の実験およびアンケートを実施した。





図 4.1: データ取得時の様子

4.1 歩行訓練の実験

- 被験者

  被験者は，整形外科的疾患および神経学的疾患のない若年健常者 20 名とし，口頭にて本研究の主旨について説明し同意を得て実験を実施した。

- 実験方法

  理想歩幅（ガイドの表示位置）は，通常歩行による一般的な歩幅である「身長 × 0.37」とし，歩行速度は有疾患者を想定し (a) 1.5km/h，(b) 2.0km/h の 2 条件で行った。被験者 20 名を 10 名ずつの 2 組に分け，1 組には (a) を，もう 1 組には (b) の条件で実験を行った。なお (b) の組においては，スケールの自動測定が機能せず，異常な値を記録した 1 名分を除いた 9 名分でデータ処理を行った。またデータ取得に対しては，治療効果判定でよく用いられる A-B-A（有-無-有）方式 [4] を採用し，

  I ガイド表示「有」　→　II ガイド表示「無」→　III ガイド表示「有」

  の順序にそれぞれ 1 分間のデータ取得を行った。なお本システムにおける取得可能データは，理想的な歩幅の位置からの「前後のずれ〔cm〕」,「左右のずれ〔cm〕」および「踏み込み周期〔s〕」の 3 種類であるが，データ取得中に振動による横方向への小さなずれが一部生じたため「前後のずれ」,「踏み込み周期」の 2 種類のデータのみ解析を行う。

  以下に取得データの統計量を示す。

(a) 歩行速度 1.5km/h

表 4.1: 左足前後のずれ

	平均値	標準偏差
I	−5.99	1.89
II	−5.02	7.04
III	−4.49	2.19

表 4.2: 右足前後のずれ

	平均値	標準偏差
I	−6.32	1.99
II	−7.01	8.22
III	−6.09	1.86

表 4.3: 左足踏み込み周期

	平均値	標準偏差
I	2.77	0.210
II	2.75	0.358
III	2.82	0.184

表 4.4: 右足踏み込み周期

	平均値	標準偏差
I	2.77	0.209
II	2.75	0.358
III	2.82	0.184

(b) 歩行速度 2.0km/h

表 4.5: 左足前後のずれ

	平均値	標準偏差
I	−3.50	2.74
II	−4.39	7.05
III	−4.21	2.73

表 4.6: 右足前後のずれ

	平均値	標準偏差
I	−3.28	4.44
II	−6.68	9.86
III	−3.86	3.08

表 4.7: 左足踏み込み周期

	平均値	標準偏差
I	2.17	0.146
II	2.16	0.276
III	2.23	0.101

表 4.8: 右足踏み込み周期

	平均値	標準偏差
I	2.16	0.146
II	2.16	0.276
III	2.23	0.0985

「前後のずれ」については，理想的な位置を越えて足を踏み出したとき正の値，届かなかったとき負の値となる。「前後のずれ」に負の値が多いのは，前に足を出そうとする時と踏み込む時とで足の高さが変わることと Web カメラの設置角度によるもので，モニタを見ながら理想的な位置に足を踏み込もうとすると，踏み込んだときに足が届いていない状態となるためである。

このことについては，真上から映した映像のように画像補正することで解決すると考えており，今後改良する予定である。

- 取得データ解析

  表 4.1〜4.8 において，それぞれの測定項目におけるガイド表示「無」（ II ）の標準偏差がガイド表示「有」（ I，III ）に比べ大きな値を取っている。標準偏差の大小は，一定の歩幅，歩調で歩行できているかの判定材料となる。そこで，ガイド表示の有無で分散が等しいか否かを F 検定（等分散の検定）[5] により調べる。

This document is provided by JAXA.

I，II，III の分散を σ_{I}^2, σ_{II}^2, σ_{III}^2 とおき，帰無仮説 H_0，対立仮説 H_1 を以下のように設定し，それぞれ「I と II」,「II と III」について F 検定を行う。

$$\mathrm{H}_0 \ : \ \sigma_{\mathrm{II}}^2 = \sigma_i^2 \qquad (i = \mathrm{I},\ \mathrm{III})$$
$$\mathrm{H}_1 \ : \ \sigma_{\mathrm{II}}^2 > \sigma_i^2 \qquad (i = \mathrm{I},\ \mathrm{III})$$

表 4.9: 1.5km/h におけるそれぞれの F 値（p 値）

	I と II	II と III
左足前後のずれ	13.9 (2.83×10^{-4})	10.3 (9.16×10^{-4})
右足前後のずれ	17.0 (1.27×10^{-4})	19.5 (7.19×10^{-5})
左足踏み込み周期	2.90 (6.41×10^{-2})	3.76 (3.07×10^{-2})
右足踏み込み周期	2.94 (6.18×10^{-2})	3.81 (2.96×10^{-2})

表 4.10: 2.0km/h におけるそれぞれの F 値（p 値）

	I と II	II と III
左足前後のずれ	6.60 (7.53×10^{-3})	6.67 (7.27×10^{-3})
右足前後のずれ	4.94 (1.83×10^{-2})	10.3 (1.74×10^{-3})
左足踏み込み周期	3.59 (4.45×10^{-2})	7.41 (5.18×10^{-3})
右足踏み込み周期	3.57 (4.53×10^{-2})	7.86 (4.28×10^{-3})

表 4.9，4.10 にそれぞれの F 値と p 値を示す。有意水準を 1%とすると，1.5km/h における「I と II」,「II と III」の左・右足前後のずれ，2.0km/h における「I と II」左足前後のずれ,「II と III」の全項目で帰無仮説は棄却される。つまりガイド表示「有」に比べガイド表示「無」の方が分散が大きいと言える。

前後のずれにおいては，8 つの F 値のうち 7 つが棄却域に入っており，残りの 1 つ (2.0km/h の右足における「I と II」) も p 値が 1.83×10^{-2} と小さな値を取っている。このことは，ガイド表示「有」で訓練を行った方が一定の歩幅で訓練できることを意味し，本システムが有効であることを示している。

また踏み込み周期においては，2.0km/h の「II と III」の比較において分散が大きくなるという結果が得られた。それ以外については，仮説が採択されたわけだが，これは健常者によるデータに起因するものと考えられる。

4.2 アンケート結果

次に，訓練後被験者に行ったアンケートの内容および結果を示す。

a. 画面の見やすさはどうですか？
- 見やすい 19
- 見にくい 1

b. 実際の動きと比較して，画面表示の遅れが気になりますか？
- 気になる 9
- 気にならない 11

c. 画面を見て歩行している場合と足元を見て歩行している場合とで違いがありますか？
- 違いはない 8
- 違いがある 12

d. 前問で違いがあると答えた人に質問です。画面を見た方が歩行しやすいですか？
- 歩行しやすい 9
- 歩行しにくい 3

e. ガイドを表示した方が歩幅の調整がしやすいですか？
- 調整しやすい 17
- 調整しにくい 3

「a. 画面の見やすさ」に関しては，19 名が「見やすい」と回答している。このことにより「可能な限り安価な機材」で一定の視認性を実現できたと言える。

「b. 画面表示の遅れが気になるか」の問いに対しては 9 名が「気になる」と回答している。これは本システムでは，Web カメラで映像を取得し解析，表示を行うため，表示を行うまでにある程度の処理時間がかかる。そのため画面表示の遅れをわずかながら感じさせると考えられる。これについては処理を軽くするなどの対策が必要である。

「c. 画面を見ての歩行と足元を見ての歩行とで違いがあるか」との質問に対して,「違いはない」8 名,「違いがある」12 名となった。また「違いがある」と答えた人のうち 9 名が「歩行しやすい」と回答している。このことから，ガイド表示による訓練は妥当であったと言える。また「歩行しにくい」と回答した 3 名は「e. ガイド表示した方が歩幅の調整がしやすいか」の質問に対しても「調整しにくい」と回答している。3 名に理由を聞くと「ガイドに合わせようとするあまり歩きに

This document is provided by JAXA.

くかった。」とのことであった。しかしながら「e. ガイド表示した方が歩幅の調整がしやすいか」の質問に対し 17 名が「調整しやすい」という回答していることから，施設で利用する価値は十分あるといえる。

5. まとめ

本研究では，トレッドミルで歩行訓練を行う際の支援システムの開発を行い，健常者 20 名に対し歩行データ取得およびアンケート調査を実施した。ソフトウェア部においては，動作を軽くする，理想的な歩幅の位置へ踏み込んだときに現れるずれ等の問題点はあるものの，歩行データの取得，解析，利用が可能なことがわかった。またガイド表示「有」で訓練を行うことで一定の歩幅で訓練できることが確認でき，本システムの有効性を示すことができた。また利用した学生のアンケート結果や意見では,「ぜひ多くの施設で利用した方がよい」という意見を多く頂いた。今後は施設で実際に利用してもらい，そこで得た意見をシステムに反映させたいと考えている。そうすることで早期回復，歩行障害予防などに役立つ支援システムを安価に提供できると期待される。

謝辞

本研究は，第一工業大学研究開発助成金の支援により実施された。本研究を遂行するにあたり御助言をいただいた第一工業大学情報電子システム工学科内村俊二准教授，また実験に参加した鹿児島第一医療リハビリ専門学校生に謝意を表する。

参考文献

[1] 内山裕一，前田嵩幸，“ OpenCV による画像処理を用いた歩行訓練補助システムの開発・研究”，第一工業大学 卒業論文，2011.

[2] ForceLink B.V.
http://www.forcelink.nl/ (2013 年 4 月 27 日閲覧)

[3] OpenCV — OpenCV
http://opencv.org/ (2013 年 4 月 27 日閲覧)

[4] 岩本隆茂，川俣甲子夫，“シングル・ケース研究法－新しい実験計画法とその応用”，勁草書房，1990.

[5] 竹内啓他，“統計学辞典”，東洋経済新報社，1989.

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.41-47

Recalculation of air turborocket performance

Koichi SUZUKI*

The turborocket engine has been proposed for use in very-high-speed vehicles, such as Earth-to-orbit launchers. The pure ramjet engine can't work at low Mach numbers, while the turbojet engine has poor performance at high Mach numbers because of the limitation of turbine inlet temperature. The turborocket engine improves weak points of both engines, it has one or two stage fans which work at low Mach numbers and turbines which use independent gas from free stream air. The turborocket engine has been introduced in the standard textbook of Dr. Jack L. Kerrebrock's "Aircraft Engines and Gas Turbines" , but unfortunately there are some misunderstandings and miscalculation of the engine performance. The engine performance of his book is too high. The text book is not revised though it used worldwide, so this paper is one of the proposal of correction of chapter 10.8 of the book.

1. The Air Turborocket

There are two type of the air turborocket , one version uses two liquid propellants, a fuel and an oxidizer, which are pumped to high pressure and burned in a gas generator , as indicated in the upper half of figure 10.26 (this figure are adopted from his book) . The fuel-rich combustion gas is expanded through a turbine, which drives the air compressor, and then combusted with the compressed air.

In another version, shown in the lower half of figure 10.26, liquid hydrogen is pumped to high pressure, vaporized and heated by heat exchanger, and then expanded through a turbine, which drives the air compressor, and then combusted with the compressed air.

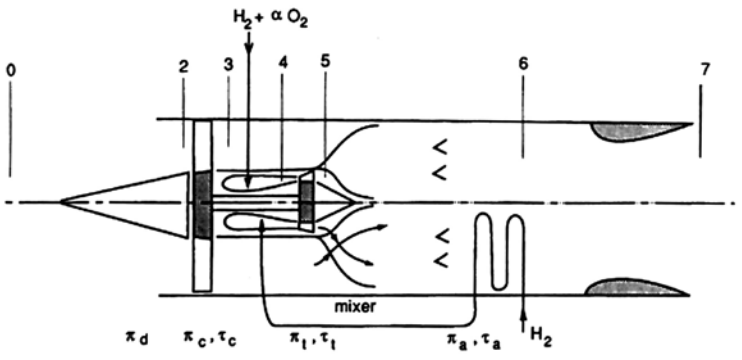


Figure 10.26
Air turborocket-bipropellant gas generator cycle (upper half of figure) and H_2 expander cycle (lower half of figure).

*Visiting professor, Daiichi Institute of Technology, Ueno-campus, Tokyo

This document is provided by JAXA.

The analysis of either version of the air turborocket proceeds similarly to that of the turbojet (refer to previous section of the book), but some qualitative differences arise from the separation of the compressor and turbine flows. Thus、the nozzle pressure and temperature ratios are given by

$$\frac{p_{t7}}{p_7} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_7^2\right)^{\gamma/(\gamma-1)} = \delta_0 \pi_d \pi_c \pi_a \frac{p_0}{p_7} \qquad (1)(10.34)$$

Where p ; pressure, M ; Mach number, γ ; specific heat ratio, $\delta_0 = p_{t0}/p_0$, $\pi_d = p_{t2}/p_{t0}$ diffuser pressure loss, $\pi_c = p_{t3}/p_{t2}$ compressor pressure ratio, $\pi_a = p_{t6}/p_{t5}$ afterburner pressure loss. Suffix t means total condition, 7 means point number. The equation number (10.34) is original equation number of his book.

And

$$\frac{T_{t7}}{T_7} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_7^2\right) = \theta_a \frac{T_0}{T_7} \qquad (2)(10.35)$$

Where $\theta_a = T_{t6}/T_0$ is afterburner exit temperature ratio.

So that for an ideally expanded nozzle

$$M_7^2 = \frac{2}{\gamma-1}\left[(\delta_0 \pi_d \pi_c \pi_a)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1\right] \qquad (3)(10.36)$$

And

$$\frac{T_7}{T_0} = \frac{\theta_0 \tau_c \tau_a}{1+[(\gamma-1)/2]M_7^2} = \frac{\theta_a}{(\delta_0 \pi_d \pi_c \pi_a)^{(\gamma-1)/\gamma}} = \frac{\theta_a}{\theta_0 \tau_c}$$

Where $\theta_0 = T_{t0}/T_0$ is inlet temperature ratio.The last equality applies only for the ideal cycle, without diffuser or combustor pressure losses.

The thrust per unit of airflow is given by

$$\frac{F}{\dot{m}_a a_0} = M_0\left(\frac{M_7}{M_0}\sqrt{\frac{T_7}{T_0}} - 1\right) = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}\frac{(\theta_0\tau_c - 1)\theta_a}{\theta_0 \tau_c}} - M_0 \qquad (4)(10.37)$$

The specific impulse is

$$\frac{I}{a_0/g} = \frac{F/\dot{m}_a a_0}{\dot{m}_p/\dot{m}_a} \qquad (5)(10.38)$$

Where F ; thrust, I ; specific impulse, $\dot{m}_a$; air mass flow rate, $\dot{m}_p$; propellant mass flow rate, a_0 ; free stream sound velocity.

To compute the thrust and the specific impulse we must then determine the afterburner exit temperature ratio θ_a, the compressor temperature rise τ_c, and the ratio of propellant to air mass flows. The interrelationship of these is different for the bipropellant and H_2 expander versions, but they have some features in common.

In most cases, the performance of the turborocket will be limited by the pressure

This document is provided by JAXA.

ratio available from the compressor, which is set by the available turbine power, so it will be desirable to operate the turbine at as high an inlet pressure as is practical. The limit will be set by stresses and temperatures in the turbine and in the combustion chamber. Thus, we regard p_{t4} and T_{t4} as design parameters of the turborockets, in the same sense that T_{t4} is a design parameter for the turbine engines.

The available compressor temperature rise is then determined by the turbine –compressor work balance:

$$\dot{m}_p \frac{p_{t4}-p_0}{\rho_p} + \dot{m}_a c_{pa}(T_{t3} - T_{t0}) = \dot{m}_p c_{pp}(T_{t4} - T_{t5}) \ , \tag{6}$$

Where c_{pa},c_{pp} being specific heat ratio of compressor and turbine gases. The first term on the left is the power required to pump the propellants, ρ_p being a mean density for the propellant mixture. Normally this term is small in relation to the compressor work, but it will be retained for now. Solving for the available compressor temperature rise, we get

$$\frac{p_0}{\rho_p}\left(\frac{p_{t4}}{p_0} - 1\right) + \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_p} c_{pa} T_{t0}(\tau_c - 1) = c_{pp} T_0 \left(\frac{T_{t4}}{T_0} - \frac{T_{t5}}{T_0}\right)$$

$$\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_p} c_{pa} T_{t0}(\tau_c - 1) = c_{pp} T_0(\theta_t - \theta_5) - \frac{p_0}{\rho_p}\left(\frac{p_{t4}}{p_0} - 1\right) \tag{7}$$

Introducing the perfect gas law; $p_0 = \rho_0 R_a T_o$, $R_a = c_{pa}(\gamma - 1)/\gamma$,

$$\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_p} c_{pa} T_{t0}(\tau_c - 1) = c_{pp} T_0(\theta_t - \theta_5) - \frac{\rho_0}{\rho_p}\frac{\gamma - 1}{\gamma} c_{pa} T_0 \left(\frac{p_{t4}}{p_0} - 1\right) \tag{8}$$

$$\tau_c - 1 = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left[\frac{c_{pp}}{c_{pa}}\frac{\theta_t}{\theta_0} - \frac{c_{pp}}{c_{pa}}\tau_c \theta_t \left(\frac{p_0}{p_{t4}}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} - \frac{\rho_0}{\rho_p}\frac{\gamma-1}{\gamma}\frac{1}{\theta_0}\left(\frac{p_{t4}}{p_0} - 1\right)\right]$$

$$\tau_c = \frac{1 + \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left[\frac{c_{pp}}{c_{pa}}\frac{\theta_t}{\theta_0} - \frac{\rho_0}{\rho_p}\frac{\gamma-1}{\gamma}\frac{1}{\theta_0}\left(\frac{p_{t4}}{p_0} - 1\right)\right]}{1 + \frac{\dot{m}_p c_{pp}}{\dot{m}_a c_{pa}}\theta_t \left(\frac{p_0}{p_{t4}}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}} \tag{9}$$

which can be simplified considerably by noting that the second term in the denominator will normally be much less than unity, and that p_{t4}/p_0 is much greater than unity. Thus,

$$\tau_c = 1 + \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left(\frac{c_{pp}}{c_{pa}}\frac{\theta_t}{\theta_0} - \frac{\gamma-1}{\gamma}\frac{p_{t4}}{\rho_p R_a T_{t0}}\right) \tag{10}(10.39)$$

Above analysis is induced by Dr. J.K.Kerrebrock, but unfortunately we can't use the perfect gas law, because p_0 in equation (6) is the inlet pressure of propellant, not of air. Let p_p is the inlet pressure of propellant, equation (6) becomes

$$\dot{m}_p \frac{p_{t4}-p_p}{\rho_p} + \dot{m}_a c_{pa}(T_{t3} - T_{t0}) = \dot{m}_p c_{pp}(T_{t4} - T_{t5}) \tag{6}'$$

This document is provided by JAXA.

$$\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_p} c_{pa} T_{t0}(\tau_c - 1) = c_{pp} T_0(\theta_t - \theta_5) - \frac{p_p}{\rho_p}\left(\frac{p_{t4}}{p_p} - 1\right) \quad (7)'$$

$$\tau_c = \frac{1+\frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left[\frac{c_{pp}\theta_t}{c_{pa}\theta_0} - \frac{1}{c_{pa}T_{t0}}\frac{p_p}{\rho_p}\left(\frac{p_{t4}}{p_p}-1\right)\right]}{1+\frac{\dot{m}_p c_{pp}}{\dot{m}_a c_{pa}}\theta_t\left(\frac{p_0}{p_{t4}}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}} \quad (9)'$$

Which can be simplified considerably by noting that the second term in the denominator will normally be much less than unity, and that p_{t4}/p_p is much greater than unity. Thus,

$$\tau_c = 1 + \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left[\frac{c_{pp}}{c_{pa}}\frac{\theta_t}{\theta_0} - \frac{1}{c_{pa}T_{t0}}\frac{p_p}{\rho_p}\frac{p_{t4}}{p_p}\right] = 1 + \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a}\left[\frac{c_{pp}}{c_{pa}}\frac{\theta_t}{\theta_0} - \frac{1}{c_{pa}T_{t0}}\frac{p_{t4}}{\rho_p}\right] \quad (10)'$$

Equation (10) and (10)' seems to be the same, but it's occasional case caused by neglecting unity. Equation (9)' is correct and equation (9) is false.

2. H_2-Expander ATR

There is a release of chemical energy only in the afterburner in H_2-expander ATR, only an overall heat balance is required, in the form

$$\dot{m}_a c_{pa}(T_{t6} - T_{t0}) = \dot{m}_p h_{H2}$$

$$\frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_a} = (\theta_a - \theta_0)\frac{c_{pa}T_0}{h_{H2}} \quad (11)(10.43)$$

Where h_{H2} is heat release of hydrogen. This relation may be regarded as determining $\dot{m}_p/\dot{m}_a$ if θ_a is prescribed. The afterburner temperature sets the hydrogen fuel flow, and then the temperature and pressure in the compressor drive turbine determine the compressor pressure ratio. Thus, the thrust per unit of air flow can be determine and also specific impulse. We determine some values of parameters as follows.

$c_{pa} = 1.004$ kJ/kgK , $c_{pp} = 14.2$ kJ/kgK , $\gamma = 1.4$, $T_0 = 226.5$K (assumed height of 30000m), $a_0 = 301.5$ m/s (assumed height of 30000m), h_{H2}=141947.2kJ/kg

$\theta_a = 10.0$, $\theta_t = 5.0$, $p_{t4} = 100$atm(10.13MPa)

The calculated values are described in the Table -1, and plotted in figure 1 and 2.

Table 1 Performance of Air Turborocket

M	1	2	3	4	5	6
θ_0	1.2	1.8	2.8	4.2	6	8.2
$\dot{m}_p/\dot{m}_a$	0.014	0.0131	0.0115	0.00929	0.0064	0.00288
τ_c	1.817	1.51	1.287	1.155	1.074	1.024
$F/\dot{m}_a a_0$	8.453	6.488	4.73	3.276	1.98	0.7959
$F'/\dot{m}_a a_0$	4.202	3.621	3.01	2.3	1.499	0.6366
I_{sp}	18575.6	15237	12653.9	10848.9	9518	8502.1
I'_{sp}	9233.9	8503.9	8052.4	7616.8	7205.8	6800.4

This document is provided by JAXA.

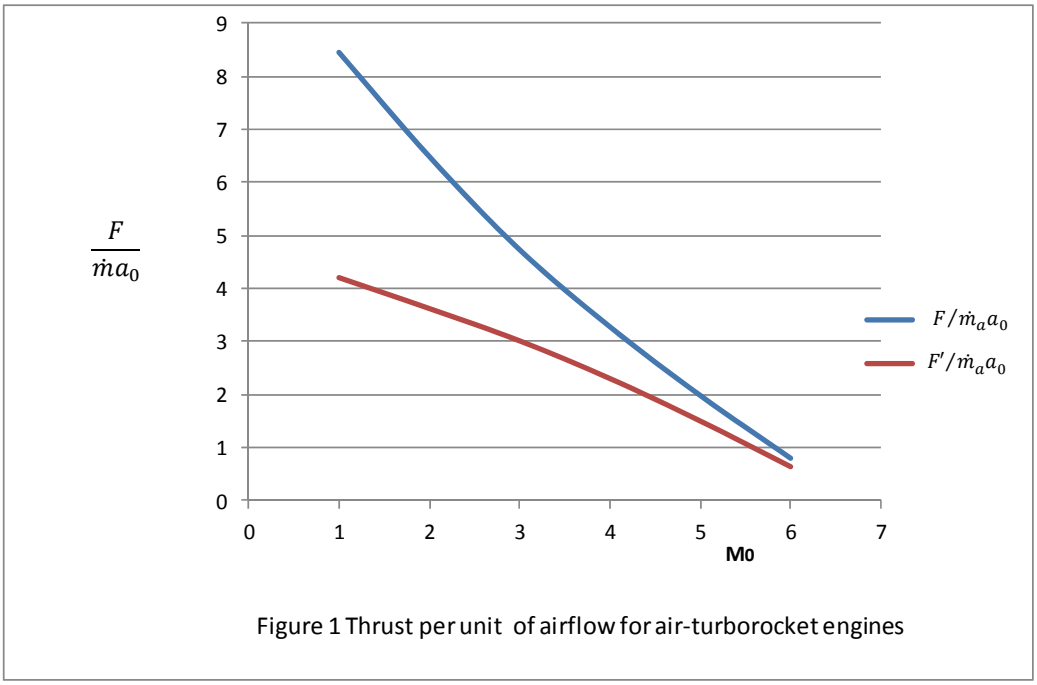


Figure 1 Thrust per unit of airflow for air-turborocket engines

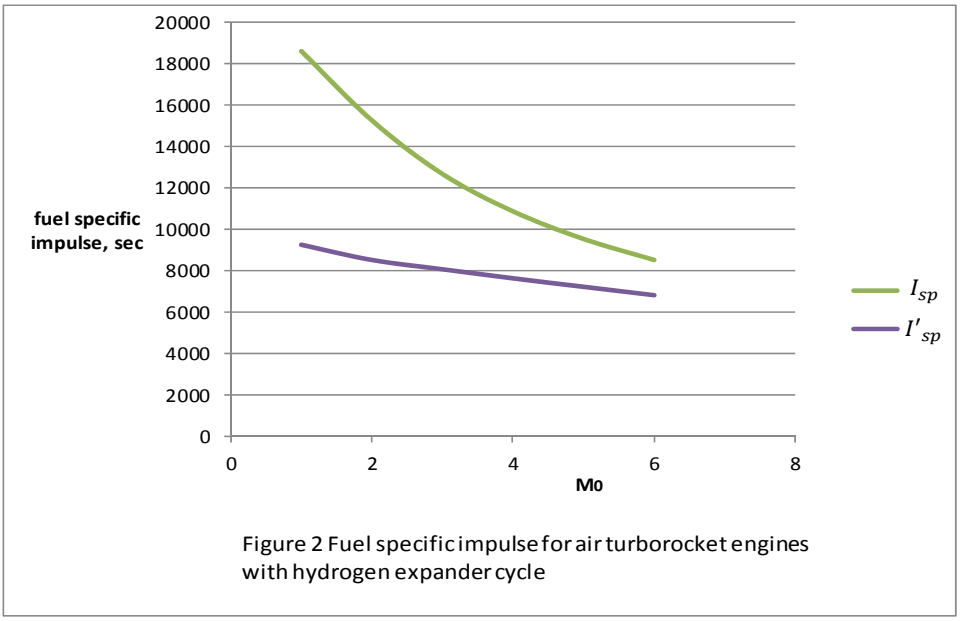


Figure 2 Fuel specific impulse for air turborocket engines with hydrogen expander cycle

Here $F/(\dot{m}_a a_0)$ is calculate by

$$\frac{F}{\dot{m}_a a_0} = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}\frac{(\theta_0\tau_c-1)\theta_a}{\theta_0/\tau_c}} - M_0 \qquad (12)$$

This document is provided by JAXA.

Dr. J.L.Kerrebrock might have made mistake, equation (12) is wrong, because denominator inside of the root should be $\theta_0\tau_c$, not θ_0/τ_c.
Correct thrust per unit of air flow $F'/(\dot{m}_a a_0)$ should be calculated by equation (4), namely

$$\frac{F'}{\dot{m}_a a_0} = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}\frac{(\theta_0\tau_c-1)\theta_a}{\theta_0\tau_c}} - M_0 \tag{13}$$

Using these F and F', specific impulse are calculated by

$$I_{sp} = \frac{F/\dot{m}_a a_0}{\dot{m}_p/\dot{m}_a}\frac{a_0}{g} \tag{14}$$

$$I'_{sp} = \frac{F'/\dot{m}_a a_0}{\dot{m}_p/\dot{m}_a}\frac{a_0}{g} \tag{15}$$

Obviously F and I_{sp} are too high comparing with F' and I'_{sp}. Figure 10.27 ($F/\dot{m}_a a_0$) and figure 10.28(fuel specific impulse, sec) of his book are presented for comparison .

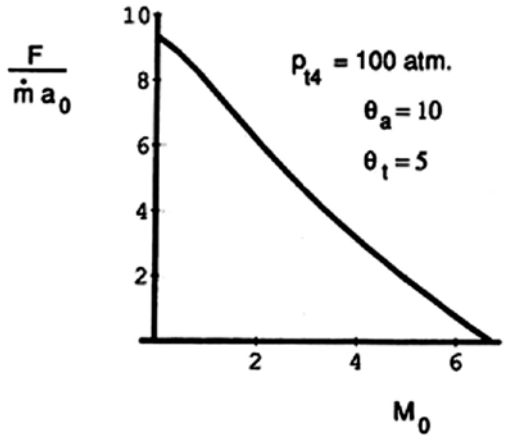


Figure 10.27
Thrust per unit of airflow for air-turborocket engines.

The values of thrust per unit of airflow, $F/\dot{m}_a a_0$, of figure 10.27 and figure 1 are almost same, so values of parameters used for the calculation, described in page 44, seems to be better selection. We also calculate the gas-generator cycle engine performance using same parameters. Thrust per unit of airflow of the gas-generator cycle engine is almost the same as H_2-expander cycle ATR, namely it is same miscalculation using the equation (12).

This document is provided by JAXA.

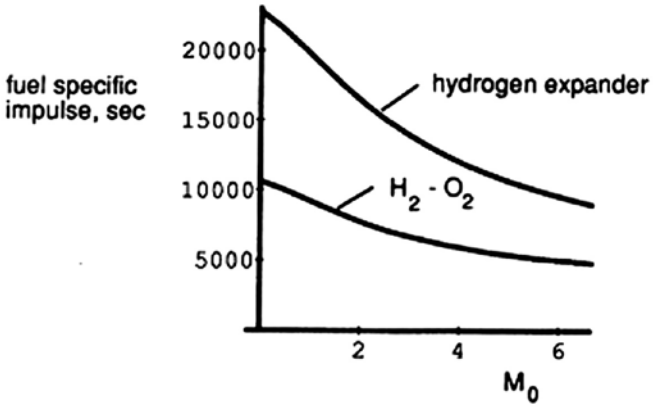


Figure 10.28
Fuel specific impulse for air-turborocket engines with hydrogen expander and H_2-O_2 gas generator cycles.

The fuel specific impulse of both cycle ATR of this figure are very high to use wrong $F/\dot{m}_a a_0$. The values of both engines should be almost half.

If we adopt $c_{pa} = 1.468\,\mathrm{kJ/kgK}$, h_{H2}=128165.0 kJ/kg in the equation (11), specific impulse will become smaller as described in reference book[1]. It almost 4000sec at low speed, reasonable value with comparison the other air breathing engines like as a ramjet engine and a scramjet engine. The value of specific heat $c_{pa} = 1.468\,\mathrm{kJ/kgK}$ is at high temperature condition, heat release of hydrogen h_{H2} =128165.0kJ/kg is the net calorific values, not the gross calorific value. These values are better to use for the combustion calculation.

3. Conclusion

Miscalculation of the air turborocket performance of Dr.J.L.Kerrebrock is pointed out. His book “Aircraft Engines and Gas Turbines” is very high grade text book for all students and engineers. The chapter 10.8 should be revised to avoid the misunderstanding the performance of air turborocket.

4. References

(1) Koichi Suzuki “Jet Engines” written by Japanese, Morikita co. Tokyo, Japan, 2004

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.49-57

Effect of grain size on crack growth resistance and notch sensitivity in fatigue of carbon steel

Norio KAWAGOISHI and Kohji KARIYA

Abstract The effect of grain size on the crack growth resistance and the notch sensitivity in fatigue of commercial carbon steels with grain sizes of 6.5 and 20 μm was investigated using smooth specimen and V-groove notched specimens with various notch radii under rotating bending. A crack initiated at the early stage of stress repetitions and most of fatigue life was occupied by the growth life of a crack smaller than 1~2 mm. The crack growth rate was determined by the term $\sigma_a{}^n\ell$, uniquely in both steels, where σ_a and ℓ are the stress amplitude and the crack length and n is constant. The fine-grained steel has an excellent resistance to crack growth in comparison with many annealed carbon steels. This was explained by the barrier effect of grain boundary. Consequently, the notch sensitivity is higher in the fine-grained steel than in coarse-grained one not only for crack initiation but also crack propagation.

Keywords Fatigue, Carbon steel, Grain size, Crack growth resistance, Small crack growth law, Notch sensitivity, Linear notch mechanics

1. Introduction

In general, the fatigue limit of a smooth specimen in carbon steel is increased by refining the grain size similar to the case of static strength, though the one for crack propagation in a sharply notched specimen is hardly influenced [1]. This is related to the phenomenon that there is no or little influence of grain size on the crack growth rate [2]. These results were obtained by steels with conventional grain size larger than about 10 μm. Recently, ultra-fine-grained steels with grain size smaller than a few μm have been developed and their mechanical properties were investigated. It was reported that the steels have not only higher fatigue strength but also an excellent crack growth resistance [3]. However, the mechanism of the increase in crack growth resistance is not fully clarified. Therefore, it is important to know the limiting grain size for getting an excellent crack growth resistance similarly the clarification of the mechanism of the increase in crack growth resistance.

In this study, in order to investigate the propagation behavior of a fatigue crack and the evaluation method of a fatigue crack growth rate for commercial carbon steels with different grain sizes, fatigue damage due to stress repetitions was observed at the specimen surface successively under rotating bending. In addition, notch sensitivities of the steels were investigated based on the results of smooth specimen through the linear notch mechanics.

2. Material and experimental procedures

Material used was a commercial rolled carbon steel with a mean grain size of 6.5 μm. The chemical composition is shown in Table 1. The material was annealed at 950˚C for 2 h in order to get a different grain size of 20 μm.

Figure 1 shows microstructures of the as received steel and the annealed one. In the following, these materials are called as fine-grained steel and coarse-grained steel, respectively.

Table 2 shows their mechanical properties.

Figure 2 shows shape and dimensions of specimens. Fatigue tests were carried out using smooth specimens and V-groove notched specimens. In addition, specimens with a partial notch at the center of specimen were used to localize the crack initiation site and make easier the successive observation of surface damage. The fatigue strength reduction factor in a partially notched specimen

This document is provided by JAXA.

was smaller than 1.1. Therefore this specimen can be regarded as a smooth specimen. After machining, all of the specimens were annealed at 600˚C for 1 h in N_2 gas to release the residual stress and then electro-polished about 20μm from the specimen surface to remove the work affected layer. Crack initiation and propagation behavior was measured by using plastic replication method. The crack length ℓ was defined as the length of the circumferential direction along the specimen surface. Testing machine used was a rotating bending machine operated at 50 Hz in ambient air.

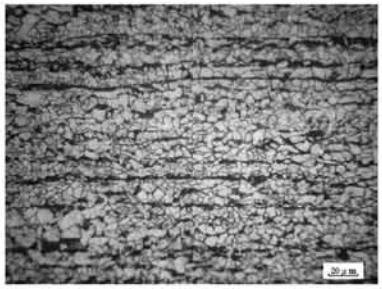
Table 1. Chemical composition

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.16	0.35	1.4	0.014	0.002	0.02	0.01	0.02

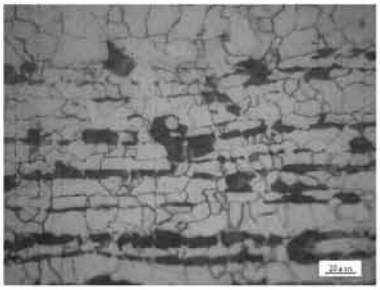
Sn	T.Al	Ti	B	Nb	V	Mo
0.001	0.018	0.002	1E-04	0.001	0.055	0.002

Table 2. Mechanical properties

	σ_y (MPa)	σ_B (MPa)	ϕ (%)
Fine-grained steel	451	603	69.2
Coarse-grained steel	321	515	65.1

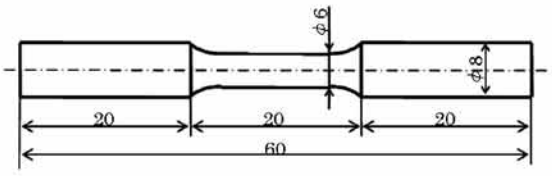


(a) Fine-grained steel

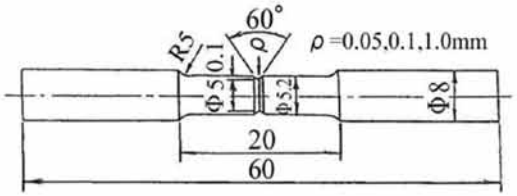


(b) Coarse-grained steel

Figure 1. Microstructures



(a) Smooth specimen



(b) V-groove notched specimen



(c) Detail of partial notch

Figure 2. Shape and dimensions of specimens

3. Experimental results and discussion

3.1 Crack initiation and propagation properties

Figure 3 shows *S-N* curves for partially notched specimens. In the figure, $N_{0.05}$ and N_f mean 0.05 mm crack initiation life and fatigue life, respectively. The fatigue strength and the resistance to crack initiation were increased by refining grain size. Endurance ratios σ_{w0}/σ_B (σ_{w0}: fatigue limit for the smooth specimen) were 0.51 for the fine-grained steel and 0.47 for the coarse-grained one, respectively.

This document is provided by JAXA.

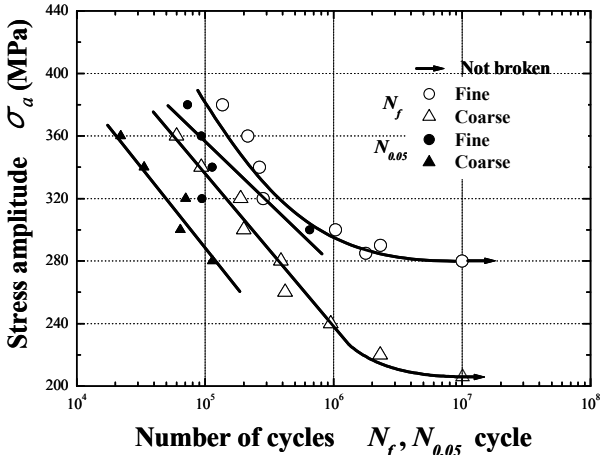


Figure 3. *S-N* curves of partially notched specimen

Figure 4 shows change in surface state of partially notched specimens at high stress level in both steels. The initiation size of a crack is nearly the same as grain size in both steels.

Figure 5 shows change in surface state of specimen in both steels at the fatigue limit. A crack initiates at the early stage of stress repetitions, and then the crack arrests finally. That is, the fatigue limit in each steel is also determined by the limit for crack propagation similar to many carbon steels.

Figure 6 shows crack growth curves in which the axis of abscissas is normalized by the number of cycles to failure. In the figure, arrow marks mean crack coalescence. In both steels, a crack initiated at the early stage of stress repetitions and most of fatigue life was occupied by the growth life of a crack smaller than 1~2 mm. Moreover, the relation between the logarithm of a crack length, $\log \ell$, and relative number of cycles, N/N_f, can be approximated by a straight line in wide range of crack growth process, meaning that the crack growth rate is proportional to the crack length.

In general, the stress for crack initiation in a smooth specimen becomes high; consequently the condition of small scale yielding is breakdown, especially in low strength steels. The stresses at fatigue limit σ_{w0} in the present steels were over $0.60\sigma_y$ (σ_y : yield stress), therefore the condition of small scale yielding is not satisfied, and stress intensity factor is not valid as a mechanical parameter controlling the crack growth. The following small crack growth law was proposed by H. Nisitani as the parameter evaluating crack growth rate under high stress levels [4, 5] and the validity of this law was confirmed in many ductile metals [6]:

$$\mathrm{d}\ell/\mathrm{d}N=C_1\sigma_a^{\,n}\ell, \tag{1}$$

where C_1 and n are constants.

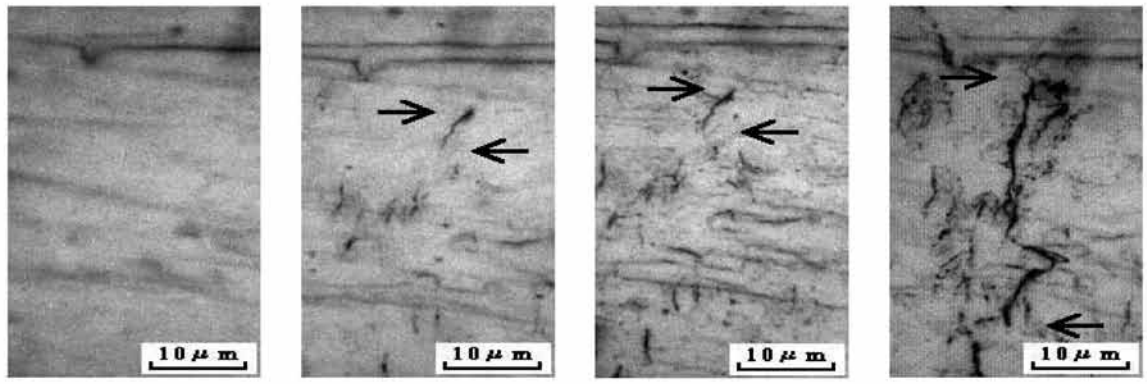
Figure 7 is the results obtained by applying the above growth law to the present results. In both steels, the crack growth rates are determined by the term $\sigma_a^{\,n}\ell$, uniquely. This means that fatigue life can be estimated by the growth law, because most of fatigue life is occupied by the growth life of a small crack.

In comparing the resistance to crack growth among steels, following transformed small crack growth law in which is partially considered material properties is convenient, because constants C_1 and n are different depending on the strength and cyclic properties of the material:

$$\mathrm{d}\ell/\mathrm{d}N=C_1\sigma_a^{\,n}\ell=C_2(\sigma_a/\sigma_{SC})^n\ell=C_3(\sigma_a/\sigma_B)^n\ell, \tag{2}$$

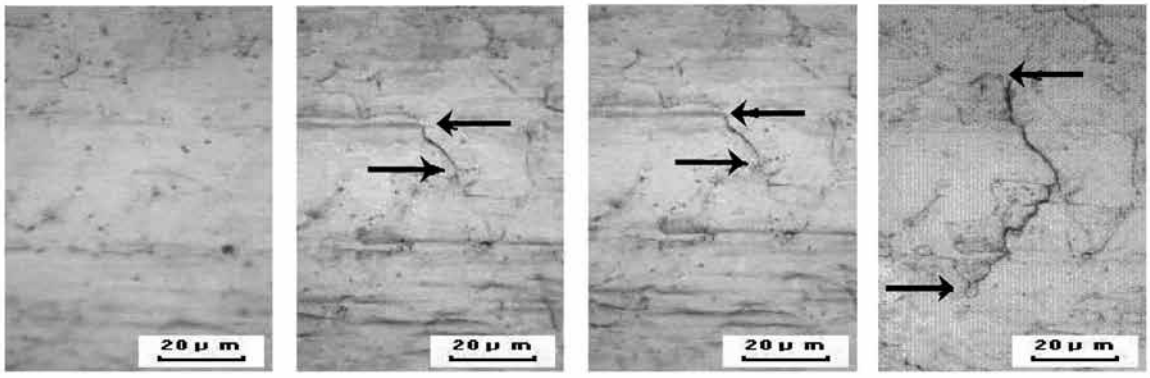
where C_2 and C_3 are constants and σ_{SC} is cyclic yield stress which has a good correlation with tensile strength (i.e. $\sigma_{SC} \propto \sigma_B$). In this equation, a reciprocal of C_3 represents the resistance to crack growth, because the constant C_3 is the crack growth rate when $\sigma_a=\sigma_B$, $\ell=1$. Moreover, $(\sigma_a/\sigma_B)^n\ \ell$ corresponds to the crack tip opening displacement *ΔCTOD*, because crack growth rate is nearly proportional to *ΔCTOD* [7]. However, tensile strength is used to consider the mechanical properties in Eq.(1) for convenience. Therefore, it is difficult to evaluate the microstructural or environmental

This document is provided by JAXA.



$N = 0$ (cycle) $N = 5.0\times10^{3}$ $N = 4.0\times10^{4}$ $N = 1.0\times10^{5}$

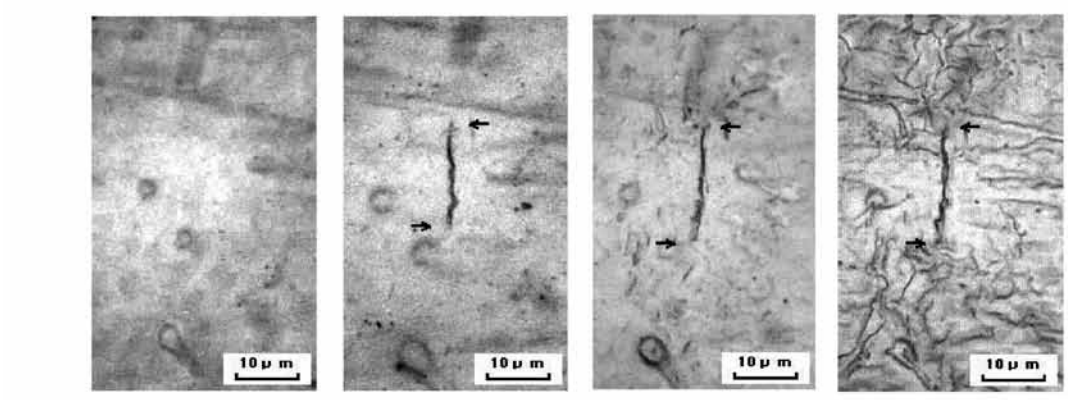
(a) Fine-grained steel (σ_a=360MPa, N_f=2.15×10^{5}cycles)



$N = 0$ (cycle) $N = 2.0\times10^{4}$ $N = 6.5\times10^{4}$ $N = 2.5\times10^{5}$

(b) Coarse-grained steel (σ_a=280MPa, N_f=3.91×10^{5}cycles)

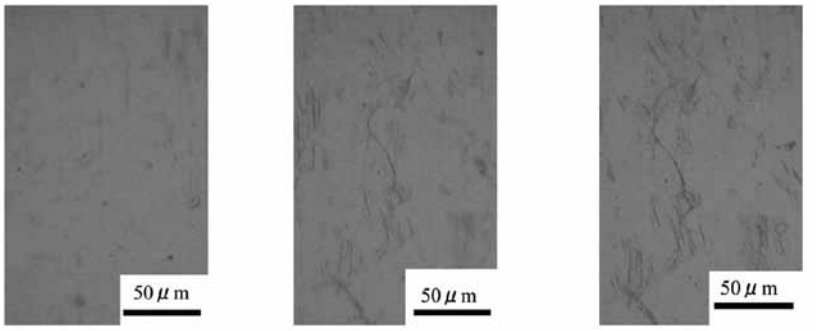
Figure 4. Change in surface state of partially notched specimen due to stress repetitions at high stress (⟶: crack tip)



$N = 0$ (cycle) $N = 6.0\times10^{4}$ $N = 1.0\times10^{6}$ $N = 1.0\times10^{7}$

(a) Fine-grained steel (σ_w=280MPa)

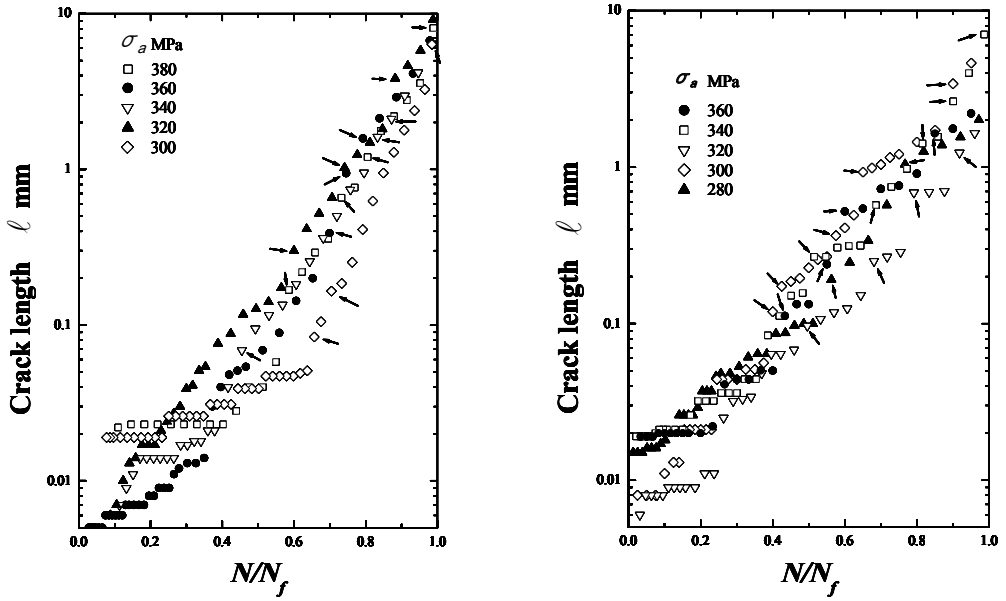
This document is provided by JAXA.



$N = 0$ (cycle) $N = 1.0\times10^{6}$ $N = 1.0\times10^{7}$

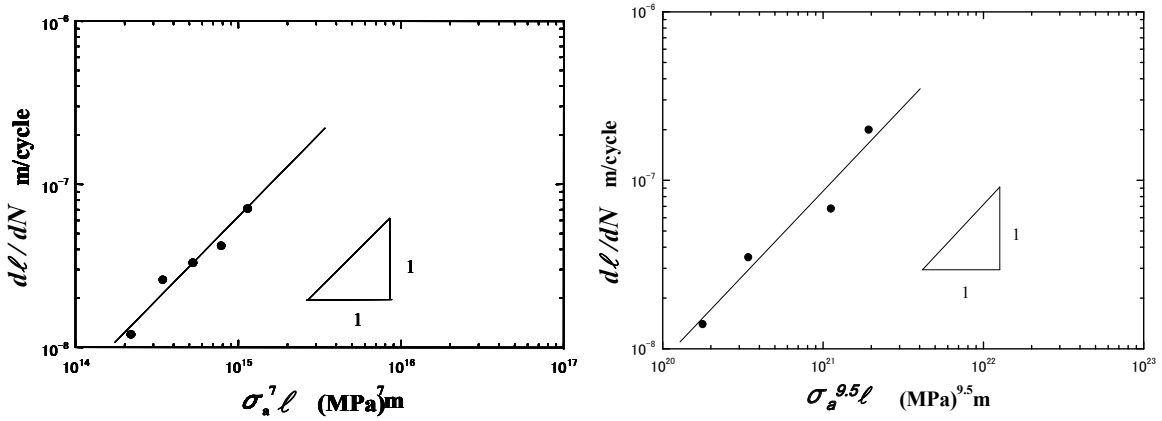
(b) Coarse-grained steel (σ_w=210MPa)

Figure 5. Change in surface state of partially notched specimen due to stress repetitions at fatigue limit



(a) Fine-grained steel (b) Coarse-grained steel

Figure 6. Crack growth curves (⟶ : crack coalescence)



(a) Fine-grained steel (b) Coarse-grained steel

Figure 7. Relation between crack growth rate and $\sigma_a^n \ell$

This document is provided by JAXA.

effect like an effect of roughness or oxide induced crack closure by this equation.

Figure 8 shows relation between $d\ell/dN$ and $(\sigma_a/\sigma_B)^n\ell$. At the same mechanical severity, the crack growth rate in the fine-grained steel is lower than in the coarse-grained steel.

Figure 9 shows relation between C_3 and σ_B. In the figure, the results in many carbon steels were also plotted [6]. As seen from the figure, the fine-grained steel has an excellent resistance to the crack growth, though the growth resistance in the coarse-grained steel is equivalent to the ones in many steels.

It is reported that ultra-fine grained materials have an excellent resistance to crack growth and it is explained from the points of view of bifurcating or branching of crack and the roughness induced crack closure effect [3, 8].

Figures 10 and 11 show morphology of cracks in both steels observed on specimen surface by an optical microscope and SEM, respectively. Crack propagates straightly in the fine-grained steel and zigzag manner in the coarse-grained one reflecting the grain size and mainly propagates as a transgranular crack in both steels.

Figure 12 shows fracture surfaces. We can observe striations and the plateau size is larger in the coarse-grained steel than in the fine-grained steel corresponding to the grain size.

From the results mentioned above (see Figs. 10, 11, 12), it is difficult to explain the reason for the excellent resistance to crack growth of the fine-grained steel by the roughness induced crack closure effect, because the roughness corresponds to the grain size.

Figure 13 shows relation crack growth rate and crack length in which the deviation of crack growth rate in the growth process is indicated in detail. In both steels, marked decrease in the crack growth rate is confirmed. It was confirmed that cracks arrested at grain boundaries, meaning that the arresting was caused by a barrier effect of grain boundary. The decrease is very often in the fine-grained steel and the affected region is wide till longer crack length, meaning that the barrier effect of grain boundary is larger in the fine-grained steel than in the coarse-grained one. This may be a main reason for the high resistance to crack growth of the fine-grained steel.

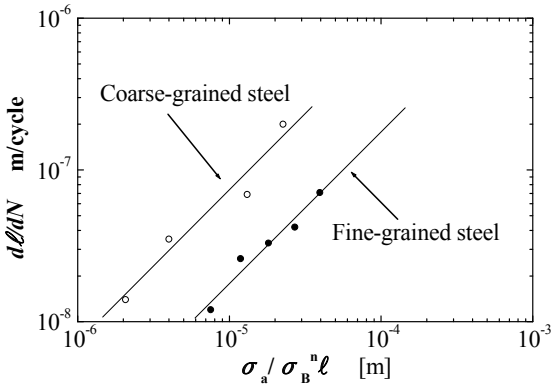


Figure 8. Relation between crack growth rate and $(\sigma_a/\sigma_B)^n\ell$

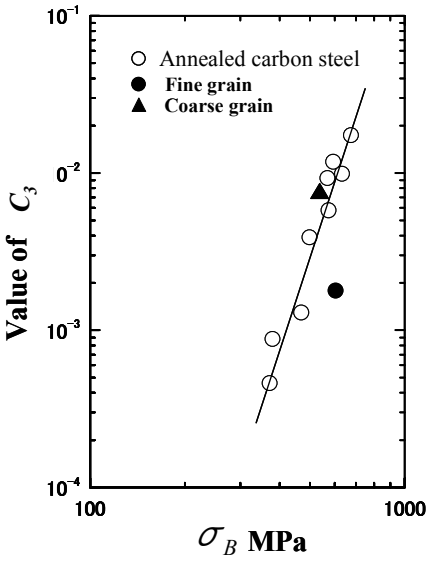


Figure 9. Relation between constant C_3 and tensile strength σ_B

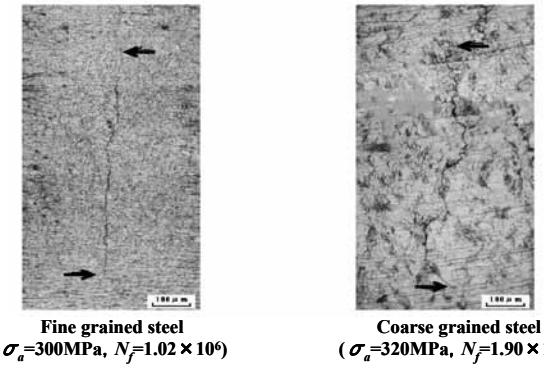
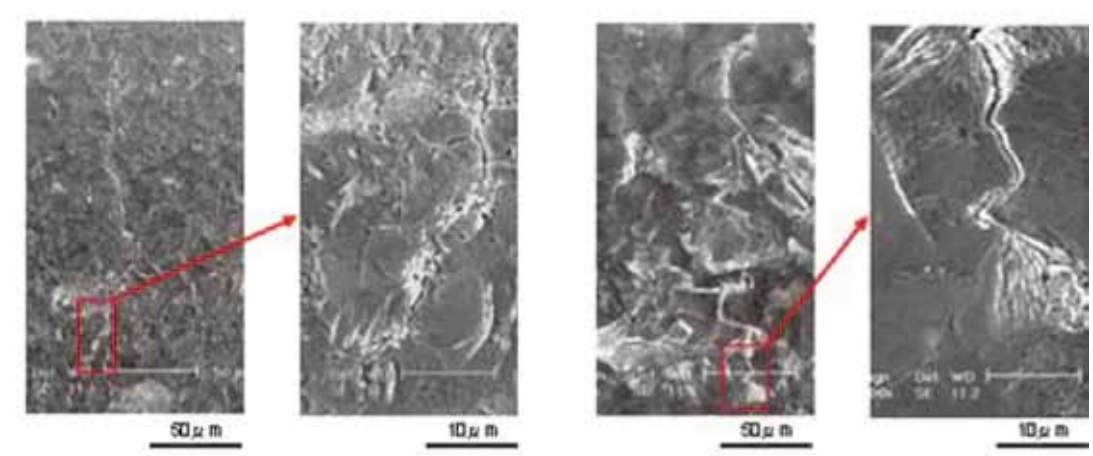


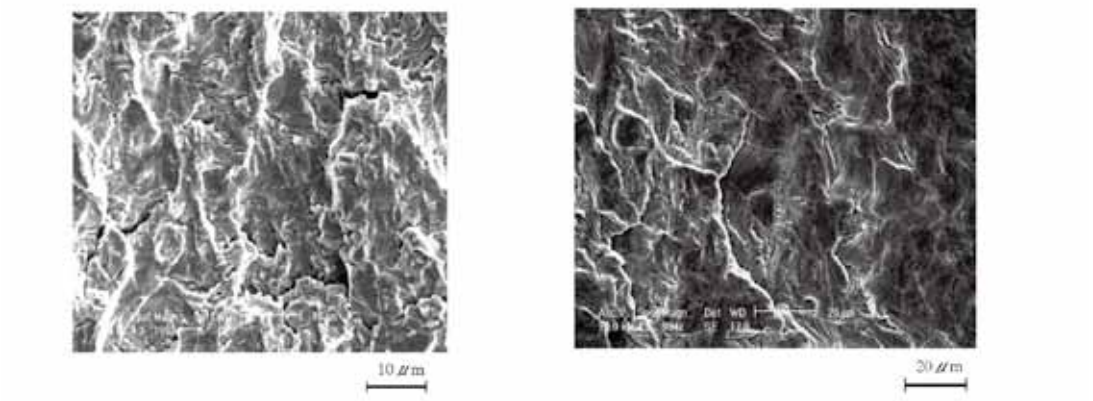
Figure 10. Morphologies of cracks observed by optical microscope

This document is provided by JAXA.



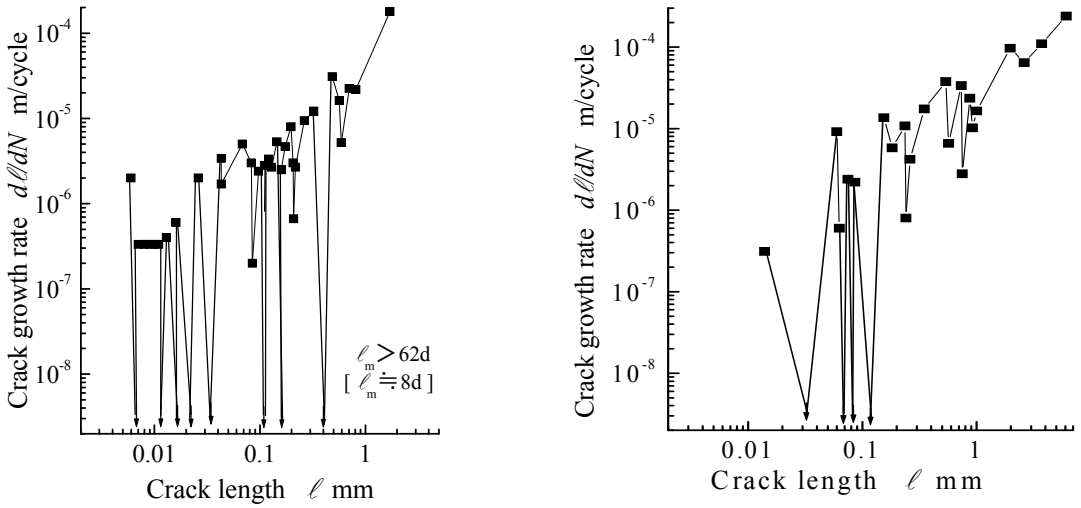
(a) Fine-grained steel (b) Coarse-grained steel

Figure 11. Feature of crack tip observed by SEM



(a) Fine-grained steel (b) Coarse-grained steel

Figure 12. Fracture surfaces



(a) Fine-grained steel (b) Coarse-grained steel

Figure 13. Relation between crack growth rate and crack length

This document is provided by JAXA.

3.2 Notch sensitivity

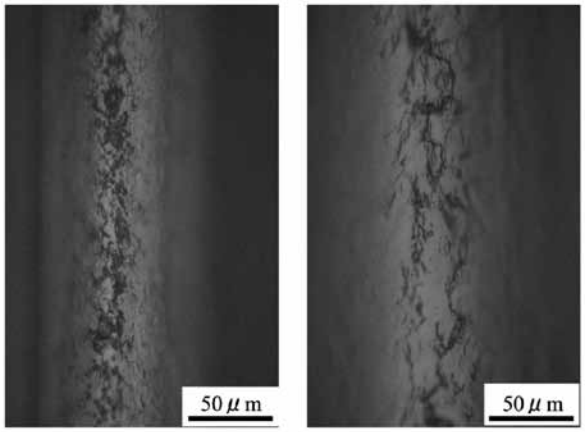
Table 3 shows fatigue limits defined as fatigue strength at 10^7 cycles in smooth specimens and notched ones. Figure 14 shows examples of non-propagating cracks in sharply notched specimens in both steels. Figure 15 shows relation between fatigue limit and stress concentration factor. Fatigue limits in the fine-grained steel are higher not only for crack initiation but also for crack propagation than those in the coarse-grained one. Higher fatigue limit for crack initiation may be explained from that the area related to crack initiation is narrower in the fine-grained steel. Moreover, the reason for higher fatigue limit for crack propagation is due to the excellent resistance to crack propagation as mentioned before.

Figure 16 shows relation between the maximum stress at the notch root normalized by the fatigue limit of the smooth specimen and a reciprocal of notch radius based on linear notch mechanics [9]. As seen from Fig.16, notch sensitivities are increased for both of crack initiation and its propagation by refining grain size. Branch points are about 0.1 mm and 0.2 mm in the fine-grained steel and the coarse-grained one, respectively.

Table 3. Fatigue limits for crack initiation and its propagation

Material	dg (μm)	ρ (mm)	K_t	σ_{w0} (MPa)	σ_{w1} (MPa)	σ_{w2} (MPa)
Fine-grained steel	6.5	∞	1	320	-	-
		1	1.41	-	270	-
		0.1	2.72	-	165	180
		0.05	3.54	-	130	180
Coarse-grained steel	20	∞	1	240	-	-
		1	1.41	-	200	-
		0.1	2.72	-	135	165
		0.05	3.54	-	110	165

dg: grain size, ρ: notch radius, K_t: stress concentration factor, σ_{w0}: fatigue limit of smooth specimen,
σ_{w1}: fatigue limit for crack initiation of notched specimen, σ_{w2}: fatigue limit for crack propagation of notched specimen



(a) Fine-grained steel (σ_{w2}=130MPa) (b) Coarse-grained steel (σ_{w2}=110MPa)

Figure 14. Non-propagating cracks at fatigue limits (ρ=0.05mm)

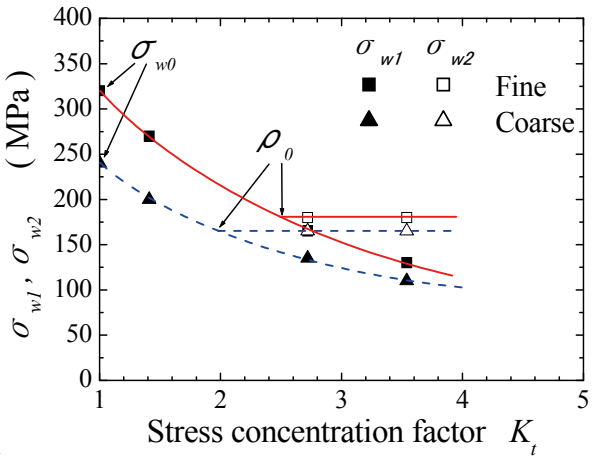


Figure 15. Relation between fatigue limit and stress concentration factor

This document is provided by JAXA.

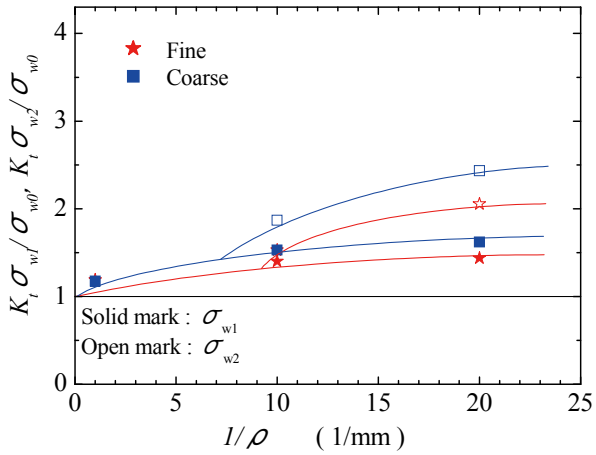


Figure 16. Relation between $K_t\sigma_{w1}/\sigma_{w0}$, $K_t\sigma_{w2}/\sigma_{w0}$ and $1/\rho$

4. Conclusions

The resistance to crack growth and the notch sensitivity for commercial carbon steels with grain sizes of about 6.5 and 20 μm were evaluated based on the small crack growth law considering the static strength and linear notch mechanics. Main results were summarized as follows:

(1) Most of fatigue life was occupied by the growth life of a crack smaller than 1-2 mm.
(2) Crack growth rate was determined by the term $\sigma_a^n\ell$, uniquely.
(3) The steel with a grain size of 6.5 μm showed an excellent crack growth resistance, though the one with 20 μm showed nearly the same as the one for many commercial carbon steels. This was caused by the barrier effect of grain boundary.
(4) Notch sensitivities are increased by refining grain size for both of crack initiation and its propagation.

Acknowledgement
The authors express their sincere thanks to Nakayama Steel Works, Ltd. for supplying the material.

REFERENCES

[1] H. Nakazawa, H. Kobayashi, A. Morita, S. Iikura, K. Miyauchi and Y. Ishii, Transaction of the Journal of Society of Mechanical Engineers, Japan, 40-329 (1974), pp. 9-22.
[2] M. Kage and H. Nisitani, Transaction of the Journal of Society of Mechanical Engineers, Japan, 51-461 (1985), pp. 3-9.
[3] H. Kimura, Y. Akiniwa, K. Tanaka, J. Kondo and T. Ishikawa, Journal of Society of Material Science, Japan, 51-7 (2002), pp. 795-800.
[4] H. Nisitani, Mechanics of Fatigue, ASME AMD (edited by T. Mura), 47(1981), pp.151-166.
[5] H. Nisitani and N. Kawagoishi, Transaction of the Journal of Society of Mechanical Engineers, Japan, 50-450 (1984), pp. 277-282.
[6] H. Nisitani, N. Kawagoishi and M. Goto, Handbook of fatigue crack propagation in metallic structure, Elsevier Science Ltd. (1994), pp.733-778.
[7] P. Neumann, Acta Metallurgica, 22(1974), pp.1155-1162.
[8] A. Sugeta, Y. Uematsu, T. Kumegawa and M. Jono, Journal of Society of Material Science, Japan, 54-7 (2005), pp. 754-760.
[9] H. Nisitani, Transaction of the Journal of Society of Mechanical Engineers, Japan, 48-447 (1983), pp. 1353-1359.

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.59-67

Effect of humidity on initiation and propagation properties of a fatigue crack of maraging steel

Kohji KARIYA and Norio KAWAGOISHI

Abstract Effect of humidity on fatigue properties of 18% Ni maraging steels was investigated using the steels with different hardness and aging structure under rotating bending by varying the relative humidity (RH) from 25% to 95%. Both of a crack initiation and its propagation in the early stage of fatigue process were accelerated by high humidity, causing the large decrease in fatigue strength. The fatigue strength at 10^7 cycles in RH85% decreased to less than 50% of the one in RH25%. By successive observation of the specimen surface at fatigue process and fracotgraphic analysis, it was concluded that the promotion of crack initiation was due to anodic dissolution and the acceleration of crack propagation was caused by the propagation of a brittle crack which was assisted by hydrogen atom generated in accompany of cathode reaction. The acceleration of crack propagation was suppressed by formation of reverted austenite.

Keywords Fatigue, Maraging steel, Humidity, Crack initiation, Crack propagation

1. Introduction

Maraging steel is an ultra high strength steel which is strengthened by means of many strengthening mechanisms such as precipitation strengthening, solution hardening, grain refinement strengthening and so on [1]. However, the fatigue strength is very lower than expected from its static strength similar to other high strength steels. One of the reasons for low resistance to fatigue is due to its high susceptibility for humidity [2]. Moreover, the effect of humidity on fatigue strength largely depends on hardness, microstructure and so on. While, studies on effect of humidity on fatigue properties of maraging steel were very limited in comparison with those on the resistance to stress corrosion cracking of the steel [3].

In the present study, in order to investigate the effect of humidity on crack initiation and its propagation behavior of 18%Ni maraging steels with different hardness and aging structure, fatigue tests were carried out in various relative humidity under rotating bending.

2. Experimental procedures

The materials used were a 300-grade and a 350-grade of 18% Ni maraging steels. The chemical compositions in mass % of the steels were shown in Table 1.
The steels were solution treated for 5.4ks at 1123K in vacuum, followed by air cooling and age hardened at different conditions in a salt bath. Mean grain sizes of a prior austenite were about 20 μm in both steels.

Figure 1 shows aging curves. Aging conditions examined were under-aging and over-one which showed nearly the same hardness of 550HV in 300-grade steel and peak-aging of HV705 in350-grade as indicated by circles in Fig. 1. These aging conditions were selected to investigate the effects of hardness and reverted austenite on fatigue properties in high humidity. That is, it was confirmed that the over-aged steel contained 10% of reverted austenite but no reverted austenite

This document is provided by JAXA.

Table 1. Chemical composition (mass %)

Grade	C	Si	Mn	Ni	Mo	Co	Ti	Al	Fe
300G	0.005	0.05	0.01	18.47	5.14	9.09	0.89	0.11	Bal.
350G	0.001	0.01	0.01	17.89	4.27	12.36	1.3	0.08	Bal.

was in other steels by using X ray diffraction. In the following, these steels will be denoted as Steel A, Steel B and Steel C, respectively as shown in Fig. 1 and Table 2.

Table 2 shows mechanical properties of the steels.

Figure 2 shows shape and dimensions of specimens. Fatigue strength was investigated by using plain specimens, and successive observation of specimen surface was carried out by using partially notched specimens which was localized the crack initiation site. Specimens were machined after solution treatment, and then aged at the conditions shown in Fig. 1. Prior to fatigue testing, all of the specimens were paper and electro polished to remove the work affected layer and make the observation easier. Fatigue tests were carried out using a rotating bending fatigue testing machine with a capacity of 15 N·m operating at about 50Hz in relative humidity (RH) of 25%, 45%, 65%, 85% and 95%. The accuracy of humidity was RH±5%. The temperature in atmosphere was not

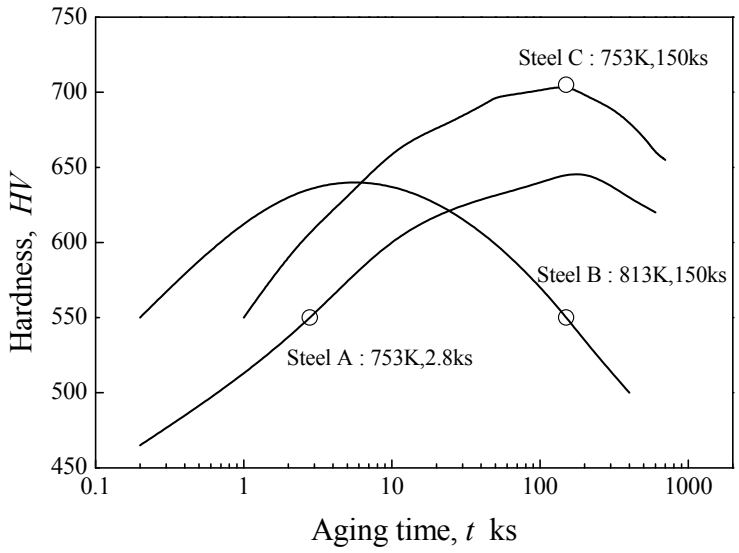
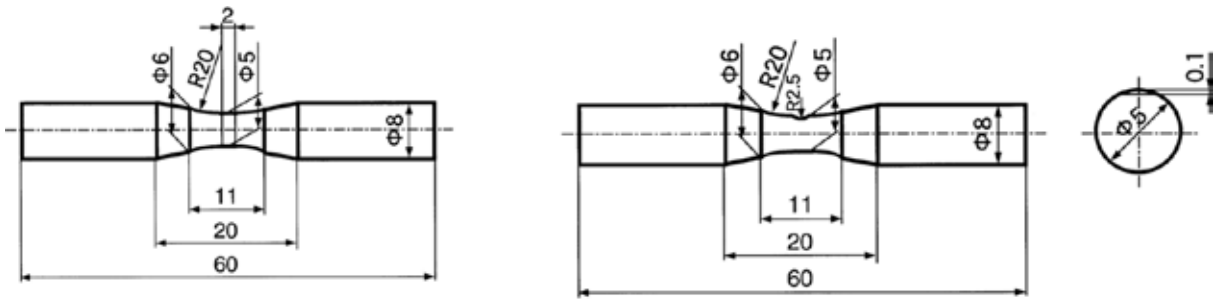


Figure 1. Aging curves

Table 2. Mechanical properties

Steel	Aging condition	Vickers hardness *HV*	0.2% proof stress $\sigma_{0.2}$ (MPa)	Tensile strength σ_B (MPa)	Reverted austenite γ (%)
A	753K,2.8ks	550	1730	1833	0
B	813K,150ks	550	1634	1798	10
C	753K,150ks	705	2300	2370	0

This document is provided by JAXA.



(a) Plain specimen (b) Partially notched specimen

Figure 2. Shape and dimensions of specimens

controlled, but the temperature range was 298±3K. Observation and measurement of the changes in the surface state of a specimen and crack length due to stress repetitions were carried out by plastic replication technique. Crack length *a* was defined as the surface length along to the circumferential direction on the specimen surface. Fracture surfaces were observed by using scanning electron microscope (SEM).

3. Result and discussion

3.1 Effect of humidity on fatigue properties

Figure 3 shows *S-N* curves of Steel A and Steel C in various environments showing the effect of hardness on humidity dependence of fatigue strength. All of the fracture occurred from the specimen surface in both humidity. Moreover, in low humidity, any surface cracks were not observed in non-fractured specimen at the fatigue limit σ_w defined as fatigue strength at 10^7 cycles, meaning that fatigue limit was mainly controlled by the resistance to a crack initiation.

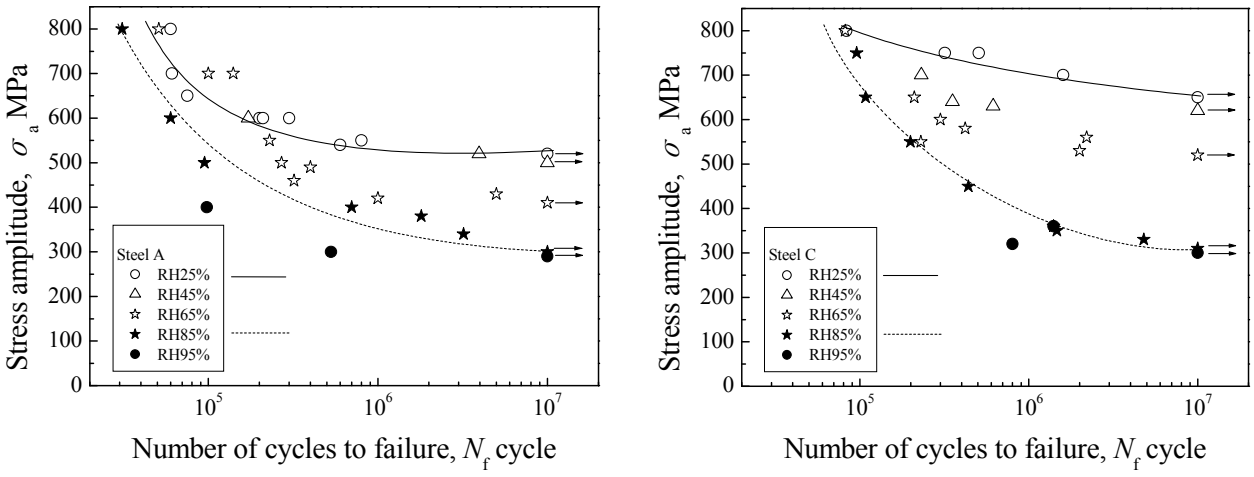


Figure 3. *S-N* curves of Steel A and Steel C in various humidity

Figure 4 shows humidity dependence on fatigue limit. Effect of humidity on fatigue strength was very small below about humidity of RH50%, and over the humidity, fatigue strength was largely decreased with increasing in humidity. The decrease in fatigue strength was larger in high strength steel. For example, fatigue limit of Steel C in RH85% was decreased to below a half of the

This document is provided by JAXA.

one in RH25%. Such humidity conditions are not special cases in daily service of machines and structures. Therefore, the marked decrease in fatigue strength is very important result to be considered in practical application.

Figure 5 shows crack growth curves and the crack length against to relative number of cycles to failure N/N_f in RH25% and RH85%. Figure 6 shows relation between crack growth rate and stress intensity factor range. As seen from these figures, the initiation of a crack and its early propagation are accelerated by high humidity and most of fatigue life is occupied by the growth life of a crack in high humidity. On the other hand, the growth rate of crack longer than about a few of grain sizes of a prior austenite are not influenced by humidity in both steels. In addition, the difference in the

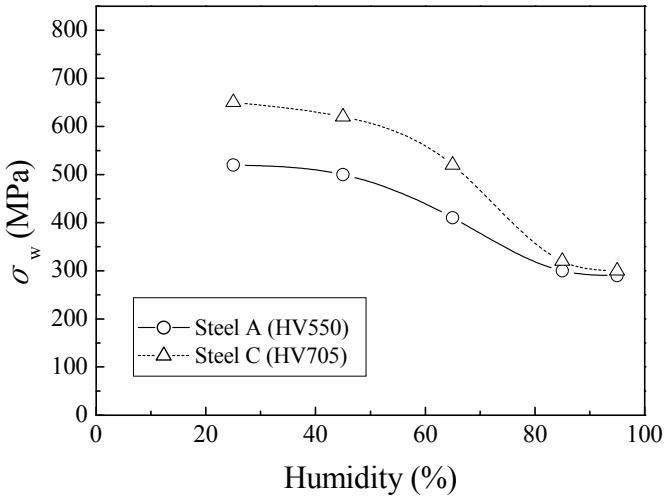
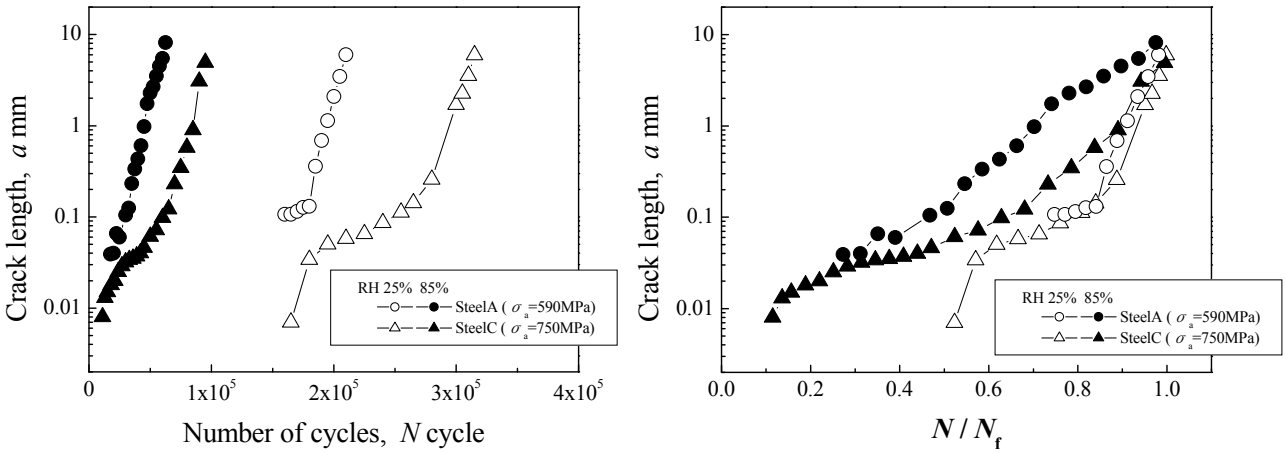


Figure 4. Humidity dependence of fatigue limit in Steel A and Steel C



(a) a-N curves (b) a-N/N_f curves

Figure 5. Crack growth curves of Steel A and Steel C

This document is provided by JAXA.

crack propagation rate by hardness is very small. These results indicate that the decrease in fatigue strength was mainly caused by the accelerations of the initiation of a crack and the crack propagation in the early stage of fatigue process in both steels.

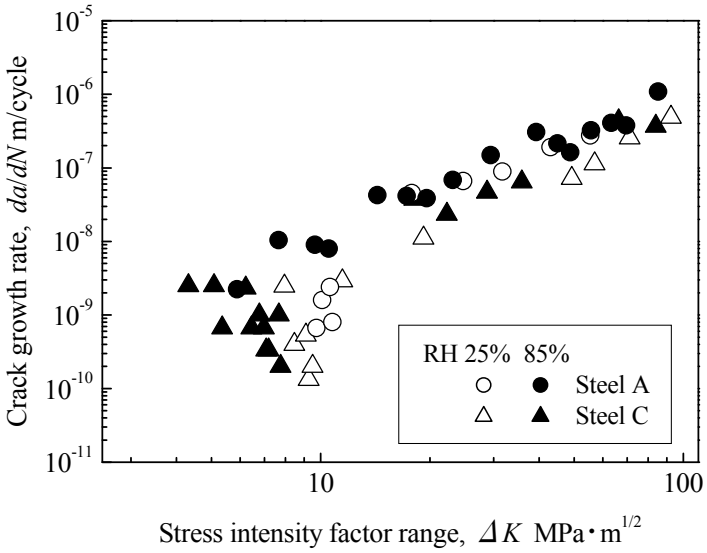


Figure 6. Crack growth rate against to stress intensity factor range in Steel A and Steel C

Figure 7 shows examples of cracks in the early propagation process of specimen of Steel C in RH25% and RH85%. A pit at crack initiation site in RH25% was generated by electro-polishing before fatigue test. A crack in RH85% is relatively wide in comparison with the one in RH25%, suggesting that a crack initiation was promoted by humidity through anodic dissolution. This may be a main reason for the promotion of a crack initiation by high humidity.



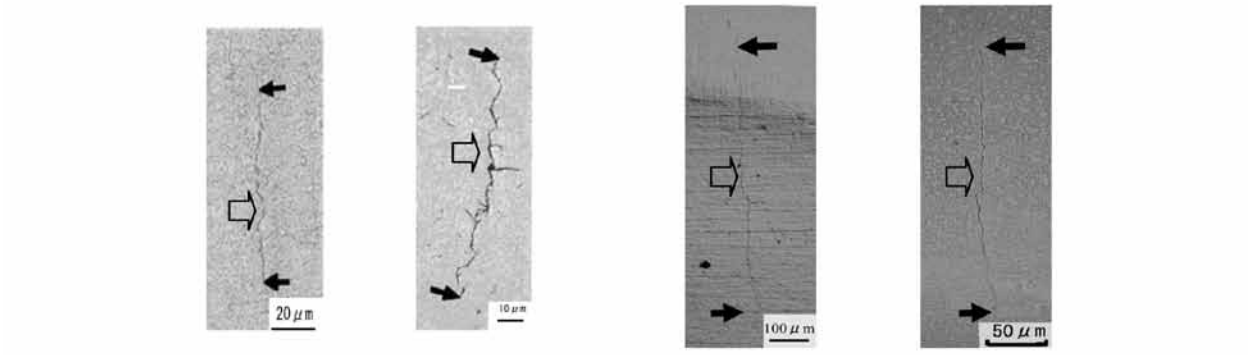
(a) RH25% (b) RH85%

Figure 7. Feature of crack of Steel C (⟷ Axial direction)

Figure 8 shows crack morphologies of Steel A and Steel C in both humidity. In Steel A, a crack propagates in zigzag manner along grain boundaries in high humidity, though it is a straight crack in low humidity. That is, the growth in high humidity was caused by an intergranular crack and that in low humidity was a transgranular crack. On the other hand, in case of Steel C, it is not confirmed

This document is provided by JAXA.

the influence of humidity on crack morphologies in so far as the surface observation. However, even in Steel C as seen from Fig. 9, brittle facets are also observed near the crack initiation site in RH85% as shown by mark ⇒, though they are not in RH25%. Therefore, the acceleration of crack propagation was caused by hydrogen embrittlement in both steels.

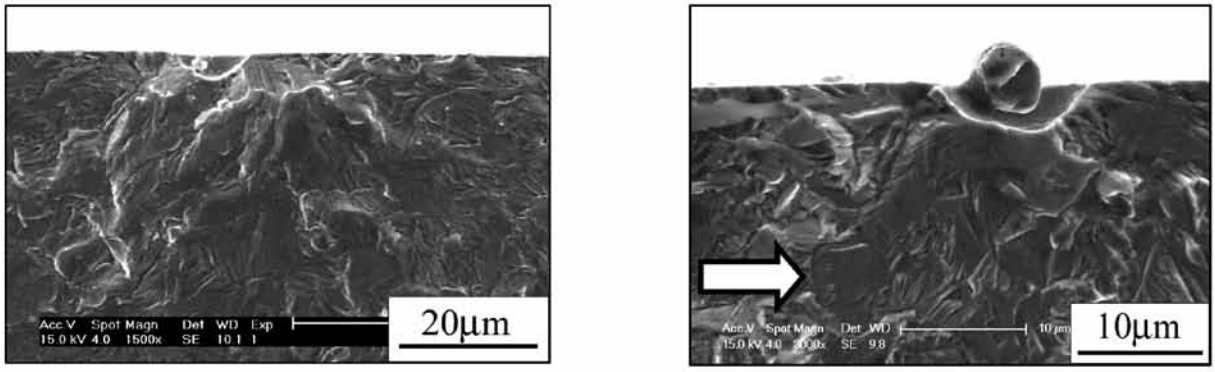


(a-1) RH25% (a-2) RH85% (b-1) RH25% (b-2) RH85%

(a) Steel A (b) Steel C

(⇨ : Crack initiation site, ➡ : Crack tip)

Figure 8. Crack morphologies of Steel A and Steel C (←→ axial direction)



(a) RH25% (b) RH85%

Figure 9. Fracture surface of Steel C

3.2 Effect of reverted austenite on fatigue properties in high humidity

Figure 10 shows *S*-*N* curves of Steel B with reverted austenite in RH25%, RH65% and RH85%. In the figure, results of Steel A which contains no reverted austenite shown in Figure 3 are also indicated by lines only. The effect of humidity is very small in the Steel B in comparison with Steel A, though these steels have the same hardness.

Figures 11 and 12 show crack growth curves and relation between crack growth rate and stress intensity factor range of Steel B in humidity of RH25% and RH85%. In Fig. 12, the results of Steel A are also indicated. As seen from these figures, the acceleration of the propagation of a small crack is hardly observed in Steel B, though the crack initiation is promoted by high humidity.

This document is provided by JAXA.

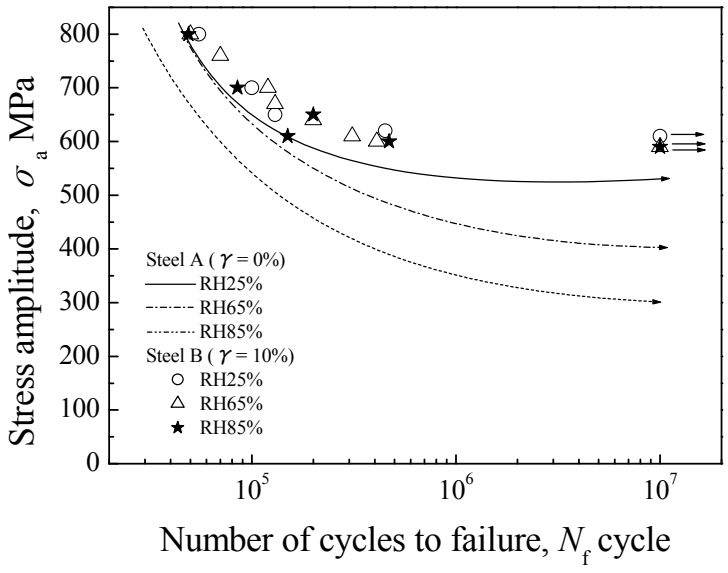


Figure 10. *S-N* curves of Steel B

Moreover, not only the effect of humidity but also the one of aging structure on the crack growth rates are not observed.

Figure 13 shows crack morphology of the Steel B in humidity of RH25% and RH85%. There is no or little difference in the morphologies in both humidity and also in comparison with Steel A in 25% similar to crack growth rate mentioned above. This may be explained from that reverted austenite widely distributed in the matrix [4] becomes trap sites of hydrogen [5, 6] and suppresses the acceleration of crack propagation assisted by hydrogen yielded in Steel A stated above.

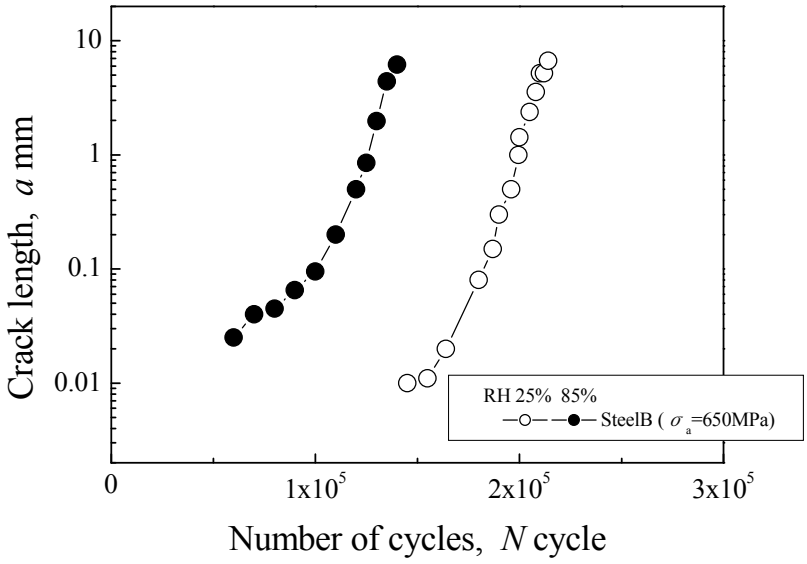


Figure 11. Crack growth curves of Steel B

This document is provided by JAXA.

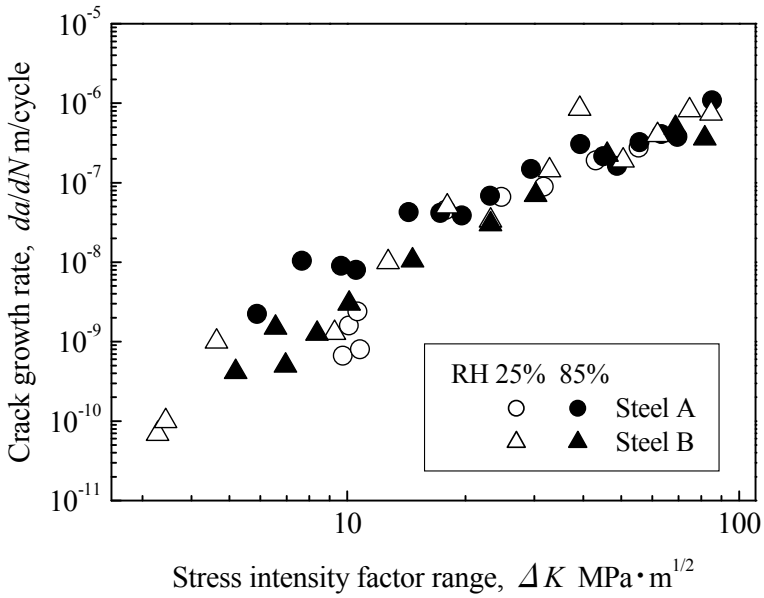
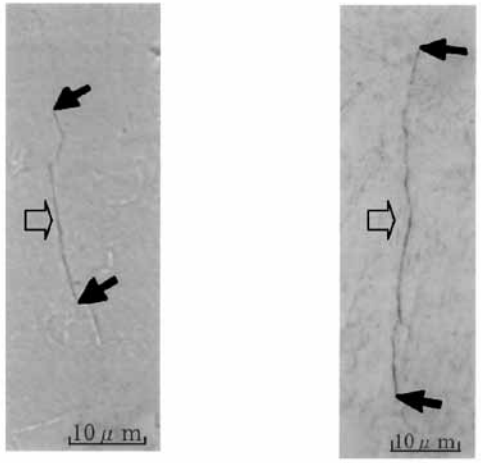


Figure 12. Crack growth rate against to stress intensity factor range in Steel B



(a) RH25% (b) RH85%

(⇨ :Crack initiation site, ➡ :Crack tip)

Figure 13. Crack morphology of Steel B (⟷ axial direction)

4. Conclusions

The effects of humidity and aging structure on initiation and propagation of a fatigue crack of maraging steels were investigated in various relative humidity (RH). Fatigue strength was largely decreased by high humidity, though the decrease in fatigue strength was very small below humidity of RH50%. The main reason for the decrease in fatigue strength was accelerations of both of a crack initiation and its propagation in the early stage of fatigue process. The propagation of a larger crack was not influenced by humidity. By successive observation of fatigue process and fracotgraphic analysis, the promotion of crack initiation was due to anodic dissolution and the acceleration of crack propagation was embrittlement due to hydrogen generated in cathode reaction. The acceleration of crack propagation was suppressed by formation of reverted austenite.

This document is provided by JAXA.

References

[1] R.F. Decker, C.J. Novak, T.W. Londig, Developments and projected trends in maraging steels, Journal of Metals, (1967)60-66.

[2] K. Komai, S. Kita, K. Endo, Corrosion-fatigue crack growth of a high-tension steel in 1% NaCl, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A, 49 (1983)1029-1035.

[3] Y. Kawabe, M. Fukamachi, S. Muneki, J. Takahashi, Increased susceptibility of 13Ni-15Co-10 Mo maraging steel to hydrogen embrittlement by aging at lower temperatures, Tetsu to Hagane, 70 (1984) 896-903.

[4] M. Moriyama, S. Takaki, N. Kawagoishi, Influence of reversion austenite on fatigue property of 350 ksi grade 18% Ni maraging steel, Heat Treatment, 41(2001)266-271.

[5] P.J. Ferreira, I.M. Robertson, H.K. Birnbaum, Hydrogen effects on the interaction between dislocations, Acta Materialia, 46 (1998) 1749-1757.

[6] R.O. Ritchie, M.H. Cantro Cedemo, V. H. Zackey, E.R. Parker, Effects of Silicon additions and retained austenite on stress corrosion cracking in ultra strength steels, Metallurgical Transaction, 9A(1978) 35-40.

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.69-74

焼酎廃液の有効利用に関する研究

椛山　卓弥[1)]・日高　泰基[1)]・平野　大地[1)]・吉徳　謙佑[1)]
吉田　清司[2)]・羽野　暁[2)]

[1)] 第一工業大学　学科学生　自然環境工学科
[2)] 第一工業大学　指導教官　自然環境工学科

Study on Effective Utilization of Shochu Waste Fluid

Takuya KABAYAMA[1)], Taiki HIDAKA[1)], Daichi HIRANO[1)], Kensuke YOSHITOKU[1)]
Seiji YOSHIDA[2)], Satoshi HANO[2)]

Abstract

***Keywords*:** *shochu waste fluid,　cation-based macromolecule flocculant,　dehydration,　compost*

The water included in shochu waste fluid was dewatered effectively by using cation-based macromolecule flocculant. We tried the dehydration from shochu waste fluid by pressurization dehydration, but only because raising pressure, about the dehydration effect, a good result was not provided. About the composting, shochu waste fluid solid content was biodegraded in a short time. Therefore it seemed that the temperature of the compost became the high temperature early.　We mixed compost with soil and sowed a seed of a Japanese radish and the spinach. As a result, a Japanese radish and the spinach grew up greatly in comparison with a case without the compost .

1. はじめに

鹿児島県は焼酎の出荷量が全国１位であると同時に、焼酎廃液の排出量も年間 20 万トンと多く[1)]、これに掛かる処理費用は年間 14～16 億円と見込まれている。このような状況から、焼酎廃液は安価に処理されることが望まれている。焼酎廃液の処理方法としては、一般に、堆肥化や飼料化が行われ、堆肥は田畑へ施肥され、また、飼料は家畜の餌として有効利用されている。この他、特殊な利用方法としては、コンクリートに焼酎廃液を練り混ぜたコンクリート製の漁礁あるいは化粧液等への応用が挙げられる。

筆者らは、イモ焼酎廃液の有効利用法として、堆肥化に再着目し、堆肥化時に使用する水分調整材の使用量を減らすために、焼酎廃液から出来るだけ水分を除去した焼酎廃液の濃縮固形分を用いて堆肥化を行った。

2. 実験方法

2－1 焼酎廃液の物理性状の測定

物理性状として、密度、pH、含水率、粘度、BOD および COD を測定した。

2－1－1　密度

焼酎廃液 500 mℓを正確に秤取り、重量を測定して求めた。

2－1－2　pH

pH 計にて直接測定を行った。

2－1－3　含水率

焼酎廃液を 105℃で 24 時間乾燥して、重量変化から求求めた。

2－1－4　粘度

粘度はオストワルド粘度計を用いて測定した。

2－1－5　BOD および COD

BOD の測定は JIS K0102 21 の方法に準じて行い、溶存酸素濃度の測定には DO 計を用いた。COD の測定は JIS K0102 17 の方法に従った。



図－１DO 計による溶存酸素の測定

2－2 焼酎廃液の脱水実験

This document is provided by JAXA.

焼酎廃液の 90%以上は水分であるため、オガ粉を水分調整材として堆肥化する場合、オガ粉の量が過剰になり、また、オガ粉基材に対する焼酎廃液固形分の取込量が少なくなるので有効な堆肥としての調製が困難となる。したがって、焼酎廃液を堆肥化する場合、できるだけ水分を除去し、固形分濃度を増大させることが求められる。そこで、焼酎廃液を高分子凝集剤によって凝集させ、脱水性の効率を高めることを試みた。凝集剤は有機系排水に効果があるとされるMTアクアポリマー(株)製のカチオン系凝集剤 C-508、C-508L、C-508LL、C-508UL の 4 種類を使用し、焼酎廃液の脱水に効果があるものを選定した。

2−2−1 脱水効果のある凝集剤の選定

焼酎廃液 100 g に凝集剤 C-508、C-508L、C-508LL、C-508UL の 0.2%液を添加したものを 1ℓのポリ容器に入れ、10 秒間往復撹拌し、三角漏斗にろ紙を装填して自然ろ過で 5 分間測定したろ水量を計測した。実験では凝集剤の添加量を 20 mℓ、30 mℓ、40 mℓ、50 mℓ、60 mℓと設定した。また、ろ水量から凝集剤添加溶液量を差し引いたものを「有効脱水量」とした。

2−2−2 加圧による脱水性

焼酎廃液を凝集して、加圧脱水すれば、自然脱水に比べて脱水性が上昇するかどうか確かめた。

実験は加圧脱水装置内の圧力を 0.2MPa、0.5MPa、0.8MPa の 3 水準に設定し、測定を以下の方法で行った。

(1) 500 mℓのビーカーに焼酎廃液 300 g 入れ、ガラス棒で攪拌しながら、pH を測定し、消石灰を数回に分けて添加し、焼酎廃液を中和（pH=7）させる。
(2) 中和させた焼酎廃液に凝集剤 C-508 を 150ml 添加して 1ℓの容器に入れ、10 秒間往復撹拌させる。
(3) 凝集剤 C-508 を添加した焼酎廃液を加圧脱水機に入れ、1 分毎にろ水量を測定し、連続して 45 分間測定する。
(4) 45 分後の脱水ケーキをトレーに移し、含水率を測定する。

2−2−3 焼酎廃液の堆肥化

焼酎廃液の堆肥化には、凝集剤（C-508）で脱水した濃縮焼酎廃液 8300g、オガ粉 6000g、微生物原（腐葉土）500g を混合攪拌させてから堆肥箱に入れ、25 日間かけて堆肥化させた。堆肥化の状況を把握するために温度、pH および含水率を測定した。

2−2−3−1 温度の測定

温度は堆肥箱の表面、表面から 1/4、2/4、3/4、底面の計５ヶ所の位置に温度計を差し込み、測定した。

2−2−3−2 pH 測定

ビーカーに堆肥 20g を取り、蒸留水 100mℓを加え、よく撹拌した後、計測した。

2−2−3−3 含水率測定

含水率は堆肥化の初期および最後の 2 回行った。試料は堆肥を上下よく攪拌したものを用いた。

2−2−3−4 微生物による有機物分解量

堆肥化の初期と 25 日目の堆肥の重量と含水率から焼酎廃液の固形分の重さをそれぞれ求め、それを差し引いた値を有機物分解量として計算した。ただし、堆肥化期間中オガ粉と微生物原の腐葉土は分解しないものとして計算した。

2−2−4 堆肥化物による植物生育実験

植物の生育実験は焼酎廃液の堆肥が肥料としての効果があるのかどうかを確かめるために行った。堆肥区画と対照区にそれぞれ植物を植えて、成長の変化を見た。区画は実験室前の空きスペースを耕して畑地（縦 1.2m×横 2.2m）に見立てた。堆肥区画に堆肥を深さ 15cm、１m^2 当たり堆肥 6.4kg を施肥した。それぞれの区画に 2 種類の種（ホウレンソウ、大根）を蒔き、11 月 8 日～1 月 8 日までの２ヶ月間、生育過程を観察した。

3. 結果及び考察

3−1 焼酎廃液の物理的性状の測定

3−1−1 密度

測定の結果は 1.01g/cm^3 であった。

3−1−2 pH

実験に使用した焼酎廃液は芋焼酎製造後の廃液で、廃液の中にはフェノールやクエン酸などの酸性物質を含むために、pH 測定の結果は 4.3 を示した。

3−1−3 含水率

芋焼酎廃液の一般的な含水率の平均は、95%程度である。今回の芋焼酎廃液の測定結果は 93.5%であった。焼酎廃液は水分を多く含んでいる為、堆肥化時には水分調整材のオガ粉の量をできるだけ少量に抑えるために、脱水して固形分濃度を高めて処理する必要がある。

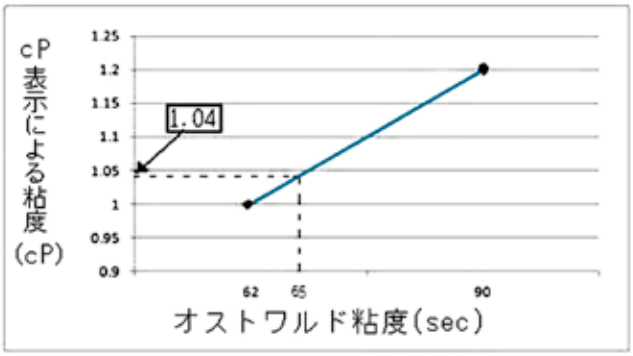
3−1−4 粘度

焼酎廃液を脱水する場合、粘度が高いと効率良く脱水させることができないものと考えられるので、使用した焼酎廃液の粘度がどの程度なのか測定を行った。焼酎廃液ろ液の粘度測定結果を表−1 に示す。比較のために水及びエチルアルコールの粘度を表－１に併示した。一方、20℃における水及びエチルアルコールの粘度（cP）の値はそれぞれ 1.01cP、1.20cP であり、オストワルド粘度(sec)と cP で表す粘度を図にプロットすると、図−2 に示すような直線関係が得られる。この直線から、焼酎廃液ろ液の粘度（cP）を求めると、1.04cP であった。このことから、焼酎廃液ろ液はほとんど水と変わらない粘度であることが分かった。

This document is provided by JAXA.

表－1 焼酎廃液、水およびエチルアルコールのオストワルド粘度（温度 20℃、単位 sec）

測定回数	焼酎廃液ろ液	水	エチルアルコール
1	65	62	90
2	65	62	91
3	65	63	89
平均	65	62	90



図－2　焼酎廃液の cP 表示粘度とオストワルド粘度(sec)との関係

3－1－5　BOD・COD

焼酎廃液の有機物量を BOD・COD によって、間接的に測定した。結果を表―2、3 に示した。表―2 は、焼酎廃液の BOD 試験の結果を示したものである。BOD 試験における酸素消費量は初期酸素量の 40～70%の範囲にあることが、望ましいとされているが、今回の試験ではいずれもこの範囲に入る結果は得られなかった。そこで、40%～70%の下限値 40%に近い 34%及び 32%の値の平均値 20,490ppm を BOD 値として採用した。長崎県衛生公害研究所のデータ[3]では 22,000～42,000ppm という値が公表されているが、今回の実験では、この値より小さい値となった。

希釈倍率	初期の DO（A）	5 日後の DO（B）	（A－B）/A	BOD（ppm）
×5000	8.13	6.42	21%	8550
×6000	7.66	5.00	34%	15960
×7000	7.78	5.43	30%	16450
×8000	8.20	5.79	29%	19280
×9000	8.50	5.72	32%	25020
×10000	7.88	5.80	25%	20800

表－2　焼酎廃液の BOD 測定

表－3 は、焼酎廃液の COD 試験の結果を示したものである。今回の実験では、COD の測定値にバラつきが有ったので、算定値は次の方法に依った。測定値を順番に並べ、中央 2 つの値の平均値、すなわち、17,100 および 20,400 の平均値 18,700ppm を COD の値とした。この値は、長崎県衛生公害研究所のデータ[2]による 45800～85100 という値からすると、低い数値となった。

また、水質汚濁防止法[2]によると河川・海への排出基準として BOD･COD ともに 160mg/l 以下であることから、焼酎廃液は水質を悪化させるということが分かる。

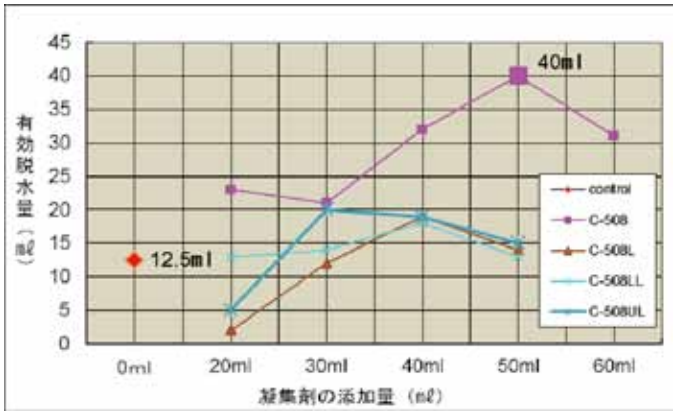
表－3　焼酎廃液の COD 測定

希釈倍数	a（ml）	b（ml）	COD（ppm）	判定
5000	1.6	0.6	10000	×
6000	2.3	0.6	20400	○
7000	2.3	0.6	23800	×
8000	2.1	0.6	24000	×
9000	1.55	0.6	17100	○
10000	0.8	0.6	4000	×
BL		0.6		

3－2 焼酎廃液の脱水実験

3－2－1 凝集剤の選定

C-508、C-508L、C-508LL、C-508UL の 4 種類の凝集剤を焼酎廃液に添加した後、5 分間自然ろ過で脱水した結果を図－3 に示した。図から、脱水量が一番多かった凝集剤は C-508 ということが分かる。凝集剤の 4 種類それぞれの分子量が、C-508 は 800 万、C-508L は 350 万、C-508LL は 300 万、C-508UL は 500 万であり、この結果から分子量の大きな C-508 が焼酎廃液の凝集に適しているということがわかった。以後の実験には、「C-508」を使用した。



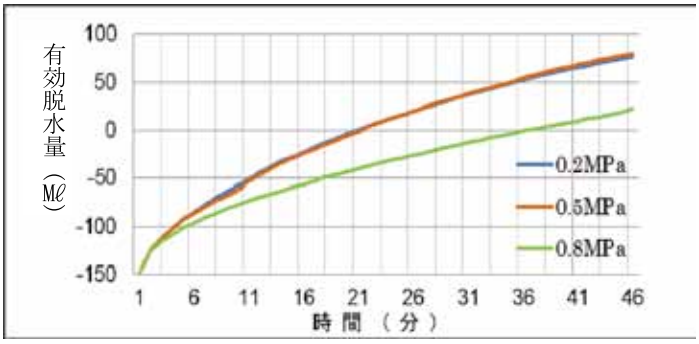
図－3　凝集剤添加量と脱水量との関係

3－2－2　脱水性

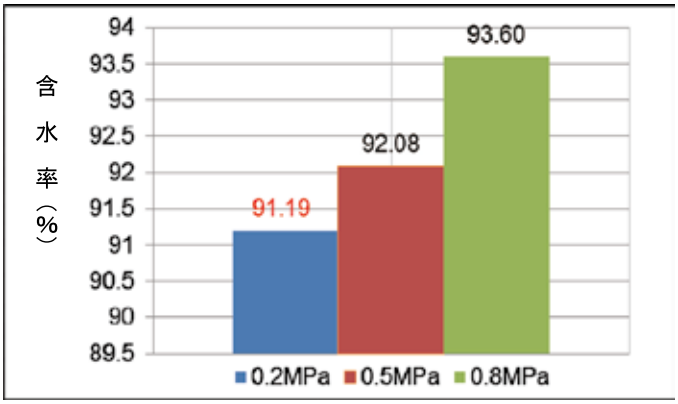
凝集剤 C-508 を添加した焼酎廃液を 45 分間加圧脱水したときの脱水量を図－4 に、脱水後のケーキ含水率を図－

This document is provided by JAXA.

5 に示した。図－4 おいて、脱水量を焼酎廃液と凝集剤添加量との差とし、正の値を「有効脱水量」として示した。図－4 および 5 から、0.2MPa と 0.5MPa と 0.8MPa の脱水量が 76ml、79ml および 23ml、含水率が 91.19%、92.08%および 93.60%という結果が得られた。このことから、圧力を高くしても脱水量が増加するとは限らないということがわかった。原因としては、空気圧により押し込まれた焼酎廃液のフロックが装置内のろ紙に詰まってしまう為、間隙路が塞がれ、排水されず脱水量に影響したと思われる。また、ろ過水量から計算によって求めた 0.2MPa、0.5MPa および 0.8MPa 時の含水率は、それぞれ、94.78%、94.74%および 95.43%であった。実験値とろ水量計算から求めた含水率を比べると、計算によって求めた値の方が大きかったが、それほど違いのないことがわかった。



図－4　圧力を変化させたときの凝集剤添加量と脱水量との関係



図－5　加圧脱水終了直後の脱水ケーキの含水率

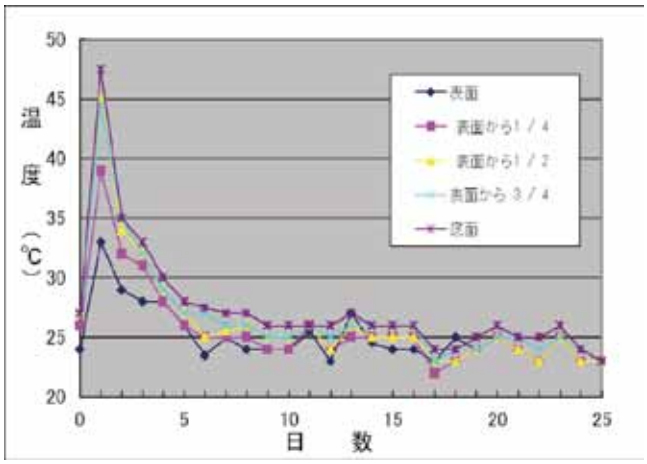
3－3 焼酎廃液の堆肥化

堆肥化を行っている間、堆肥箱内の温度、pH、含水率がどのように変化したのか、また、25 日間で微生物が焼酎廃液をどの程度分解したのかを調べた。

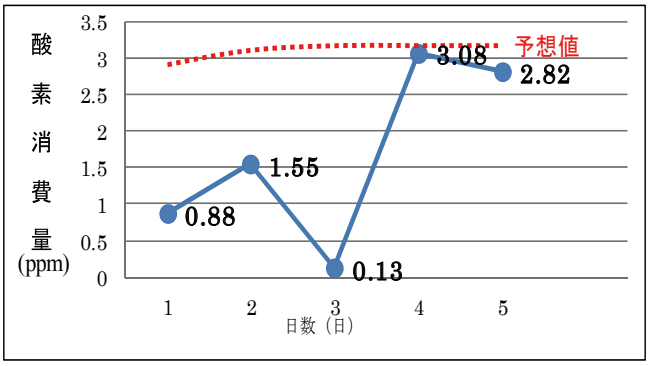
3－3－1　温度変化

図－6 は焼酎廃液の堆肥化時の温度変化を示したものである。堆肥開始 1 日目に温度が 47℃まで上昇、その急激に低下した。この変化は、過去に行われた生ごみの堆肥化の研究 [4] の温度変化と酷似している。これは焼酎廃液の易微生物分解有機固形分と細菌との接触面積が大きく、短時間のうちに有機物分解が起こった結果、酸化熱による急激な温度上昇を引き起したものと考えられる。7 日目以降から温度の大きな変化はなく、徐々に低下していった。堆肥箱の温度変化は 1 日目で一番高くなっていることから、焼酎廃液の微生物による分解が 1 日目でピークに達すると予想し、その時の酸素消費量が最も大きくなるのではないかと考え、確認するための実験を行った。実験は BOD 測定時に使うフラン瓶に焼酎廃液を 7、000 倍に薄めたもの 5 本用意し、フラン瓶の溶存酸素を 5 日間に渡って測定した。初期酸素濃度値を DO_1、各日数毎の酸素濃度値を DO_2 として、各日数毎の酸素消費量（DO_1-DO_2）を求めた。その結果を図－7 に示した。

実験では、消費される酸素量も 1 日目が 1 番多いと思われたが、実際は 4 日目、5 日目が多い結果となり、堆肥時の 1 日目の急激な温度　上昇を支持するデータとしての酸素消費量の検出までには至らなかった。図の中に、予想された酸素消費量を点線で示した。



図－6　堆肥日数と温度との関係



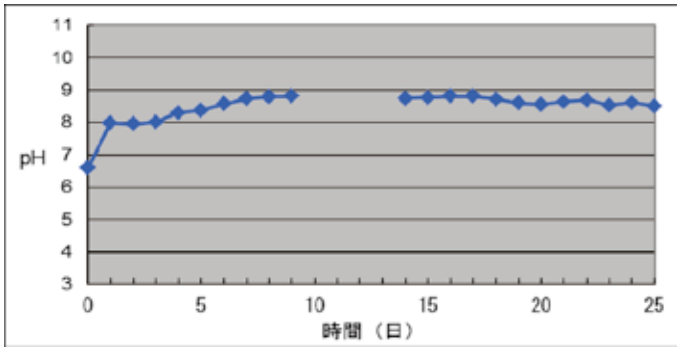
図－7　培養日数と酸素消費量との関係

3－3－2　pH

図－8 に pH の変化を示した。1 日後の値が pH＝6.6 から 8 まで上昇、その後は pH＝8～9 を示し、最終 25 日には

This document is provided by JAXA.

pH＝8.5 であった。焼酎廃液は事前に pH を中性に調節したはずなのに 0 日目は pH＝6.6 とやや酸性に変化していた。これは、一緒に加えたオガ粉が杉で作られており、杉には酸性のタンニンやフェノールが含まれているので、堆肥を作った際に pH の値が下がってしまったと考えられる。その後、焼酎廃液に含まれるアミノ酸および有機物等が微生物によって分解されアンモニアの生成によって、堆肥がアルカリ性に変化したものと思われた。なお、生成したアンモニアは微生物によって亜硝酸、硝酸に変化するため、pH は徐々に低下するものと思われる。図中、グラフの途切れている個所は pH 計の故障のため、測定ができなかったところである。



図－8　堆肥日数と pH との関係

3－3－3　含水率

初期の含水率は 72.28%であったが、25 日目には 67.62%と低下した。初期の状態は軽く力を入れただけで、手に水分が付く程度だったが、実験終了時には、堆肥の表面は白っぽく乾燥し、スコップで中を掘り返してみると黒く湿っていた。

3－3－4　微生物による有機物分解量

初期のオガ粉、焼酎廃液、微生物原のそれぞれの含水率および 25 日目の含水率から、それぞれの固形分・水分量を求めた結果を表－4 に示した。堆肥に含まれるオガ粉、微生物原は分解を受けず、変化しないものと仮定した。

表－4　堆肥の初期重量と 25 日後の重量

	オガ粉	焼酎廃液	微生物原	0 日目	25 日目
重量（g）	6000	8300	500	14800	11520
含水率（%）	49.2	90.7	43.27	72.28	67.6
固形分（g）	3050.4	768.5	283.6	4102.6	3730.1
水分（g）	2949.6	7531.4	216.3	10697.3	7789.8

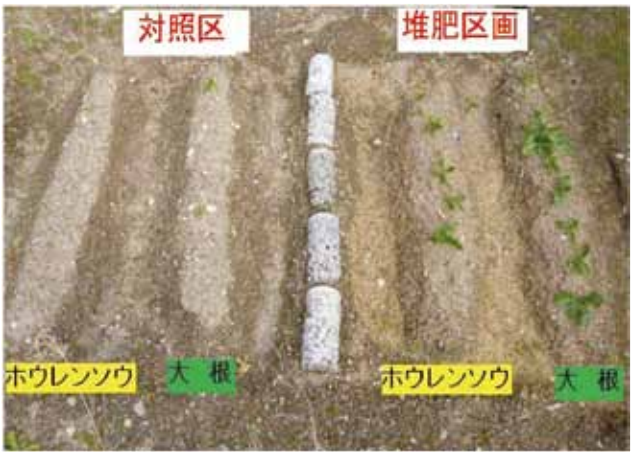
表－4 より、初期の焼酎廃液の固形分量は 768.5g であり、25 日目の焼酎廃液の固形分量は全体の固形分量（3730.1g）からオガ粉の固形分量（3050.4g）および微生物原の固形分量（283.6g）を差し引いた量で、396.1g であった。したがって、25 日間に焼酎廃液固形分が分解された量＝768.5-396.1＝372.4g となる。

以上の結果から、25 日間で焼酎廃液固形分が微生物によって分解された割合は（372.4/768.5）×100 = 48.45%となった。

3－4　植物の生育実験

焼酎廃液堆肥が実際に堆肥として効果があるかどうかを確かめるために、図－9 に示す堆肥区画に堆肥を混ぜ、対照区には何も加えずに種を蒔き、観察した。

図 - 9 は播種 2 ヶ月後のホウレンソウと大根の生育状態を示したものである。堆肥区画の大根およびホウレンソウはいずれも対照区に比べ、成長が見られるのに対し、対照区ではほとんど成長が見られない結果となった。対照区の大根から本葉が生えたのは 35 日目で、その後は大きな成長もなく、2 ヶ月が経過しても成長は伸び悩み生育が見られなかった。一方、堆肥区画の大根から本葉が生えたのは、21 日目であった。これにより焼酎廃液で作った堆肥は、明らかに肥料としての効果のあることが分かった。



図－9　播種 2 ヶ月後の大根およびほうれん草の生育状況

5、おわりに

本研究では、焼酎廃液の有効利用法として堆肥化をテーマに研究を行った。研究するにあたって、焼酎廃液に関する文献調査や焼酎製造現場を見学し、焼酎廃液についての知見を深めた。堆肥化にあたって、堆肥基材と堆肥含水率の調製が重要と考え、焼酎廃液からの水分除去方法に時間を費やした。焼酎廃液からの水分除去法としては、カチオン系の高分子凝集剤を使用することによって、効果的に脱水することができた。脱水に関して、加圧脱水法によって、脱水を試みたが、加圧圧力を大きくしても脱水効果は上がらないことがわかった。堆肥化については、焼酎廃液固形分と微生物との接触が良好なため、固形分が短時間のうちに微生物によって、酸化分解され、これに伴って温度の上昇が見られた。25 日間の堆肥化試料を堆肥として、大根およびホウレンソウに施肥した結果、対照区に比べて成長が良好で、肥料としての効果が確かめられた。

実験に関しては、室内の温度変化、実験時の個人誤差

This document is provided by JAXA.

等があり、実験値にバラつきがでて、安定した結果が得られなかった。これを解消するために、何回か同じ実験を繰り返すことで、正確な結果を得ることができた。

本研究を通して、１つの結果に至るまでには、何回もの実験を行い時間と根気が必要であることが少しは理解できた。その中で、焼酎廃液の様々な有効利用法や堆肥化としての効果を知ることができた。

参考文献

1)新村孝善、松永一彦、西　和枝、木田建次：焼酎蒸留粕の処理に関する研究、鹿児島工業技術センター研究報告、1998
2)長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン：　未利用資源堆肥化解説書　ー焼酎粕編―　長崎県衛生公害研究所　平成 14 年 3 月発行
3)水質汚濁防止法：第三条第一項
4)吉田清司：赤松の生ごみ処理基材への有効利用に関する研究，第一工業大学研究報告　pp. 35～40，第 23 号（2011）

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.75-81

高減衰ゴムを用いた木造戸建て住宅用パッシブダンパーの開発

古　田　智　基[1]

[1]第一工業大学教授　建築デザイン学科（〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）
E-mail:t-furuta@daiichi-koudai.ac.jp

DEVELOPMENET OF PASSIVE DAMPER USING HIGH DAMPING RUBBER FOR WOODEN HOUSES

Tomoki FURUTA
[1]Professor, Dept. of Architecture and Design, Daiichi Univ. Institute of Technology
(Kokubu-Chuo 1-10-2, Kirishima-shi, Kagoshima-ken 899-4395, Japan)
E-mail: t-furuta@daiichi-koudai.ac.jp

Abstract: New passive damper device with high damping rubber was developed. Static shear loading test and shaking table test of a wood frame which the damper device was installed were conducted. The initial shear stiffness was higher than the one of conventional shear resisting element, such as plywood or wood brace. The hysteresis loop of the wood frame with the damper device was stable even under cyclic load. Moreover, a structural model of a wood frame with the damper device for earthquake response analysis was constructed. It was found that the simulated response motion of the wood frames with the dampers was in good agreement with the measured response of them obtained from the shaking table test. In the analysis of various combinations of conventional shear resisting element and the damper device, it was also found that the more damper is installed, the less response displacement become. This result is based on the feature of the high damping rubber used for this damper.

Keywords: Passive damper, High damping rubber, Wooden house, Shaking table test, Earthquake response analysis

1. はじめに

近年，数百年に一度といったごく稀な大地震に対しても，建物の損傷を最小限にとどめ，建物の使用を継続できるよう，高い耐震性能の住宅が求められるようになってきている。そこで，木造戸建住宅の大多数を占める在来軸組工法を対象とし，高減衰ゴムを使用したパッシブダンパーを開発した。この装置は，免震の積層ゴム支承のために開発され，用いられてきた高減衰ゴムを，外径 48.6mm，厚さ 4.5mm の鋼製シリンダーとその内部に挿入された直径 27.2mm の鋼製ロッドとの間のスペースに充填した筒型のダンパーである。これを筋かい材として軸組の内側に取り付けることで，水平力に抵抗させようとするものである。既存のダンパーでは流体が用いられるが，その代わりに変位依存型の高減衰ゴムを用いることで，ダンパーの構造が単純かつ軽量になり，低コストとメンテナンスフリーを実現することができる。

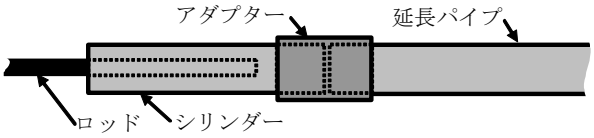
本ダンパーは変位依存型の高減衰ゴムを用いているために速度依存性は低く，荷重変形曲線が紡錘型で靭性が高いなど，木造の復元力特性に似た特性を持っている。このため，木造に取り付けることを前提に，本ダンパーを「高剛性で靭性の高い耐力部材」として評価することを試みた。本ダンパーの性能を検証する方法として，このダンパーおよびダンパーを取り付けた軸組の静的加力実験を実施し，これらのデータを用いた地震応答解析により，振動台実験の結果を推定できるかを検討した。さらに，在来軸組工法の木造住宅に本ダンパーと既存の耐力壁を併用する場合の最適な組み合わせについて地震応答解析による検討を行った。なお本報告では，振動台の加振能力の制限により，変形角 1/120rad 程度までの

This document is provided by JAXA.

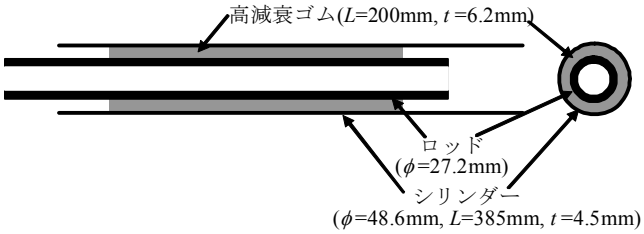
性能の検証を目的としており，それより大きな変形領域での性能については，別の機会に報告する。

2. 高減衰ゴムを用いた新ダンパーの基本性能と軸組へ設置方法

図 1 に高減衰ゴムを用いた本ダンパーの概要を示す。鋼製シリンダー（外径 48.6mm，内径 39.6mm，長さ 385mm）の内部には鋼製ロッド（直径 27.2mm）が挿入されており，このシリンダーとロッドとの間の円筒状のスペース（6.2mm）にせん断弾性係数（せん断ひずみ 100%時のせん断応力度）が 0.8N/mm2 の高減衰ゴムが充填されている。高減衰ゴムの基本特性を**表 1** に，各特性値の温度依存性を**表 2** 示す。静的加力実験により得られた，ダンパー軸力とシリンダーーロッド間の相対変位（以下，ダンパー変位と表記する）の関係を**図 2** に示す。これは，ダンパー単体を対象に約 15℃の室内で行った，軸方向加力実験の結果の一例である。1 回目のループでは耐力がやや高く，その後の繰り返し加力に対しては，若干耐力が低下するが，安定した履歴特性を示す。



(a) ダンパーの概観



(b) ダンパー部分の断面

図 1　新開発の高減衰ゴムを用い筒型パッシブダンパー

表 1　高減衰ゴムの基本特性（20℃時）

せん断弾性係数 G(N/mm2)	等価粘性減衰定数 H_{eq}(%)	破断伸び率 E_b(%)
0.80	22.9	600 以上

表 2　高減衰ゴムの温度依存性（20℃±20℃）

せん断弾性係数 G の変化率	等価減衰定数 H_{eq} の変化率
±20%以内	+20%～－5%以内

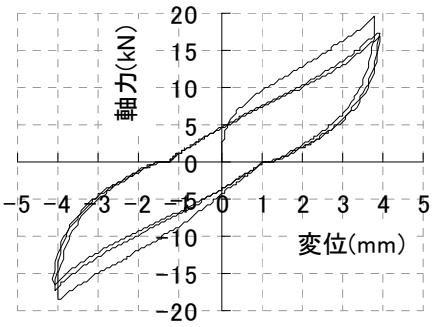


図 2　ダンパーの軸力とシリンダーーロッド間の相対変位関係

このダンパーは，軸組に設置する際，2 本のダンパーのシリンダー部を延長し，**図 3** のように，K 型に配置する。延長したシリンダーの先端部やロッドの後端部は，**図 4** のように，羽子板状の金物を介して，柱端部や柱中間にビス留めした筋かい金物に M20 の高力ボルトで摩擦接合される。さらに，このダンパーの効果を最大限に発揮させるため，柱と土台および横架材の仕口には，ほぞを貫通させる穴を有する鋼製のめり込み防止プレートを設置して，柱や筋かい金物が土台等にめり込むことを抑制している。また，柱や桁の浮上りを防止するタイロッドとして，土台や横架材を貫通し，柱に沿って M16 の全ネジ棒を設置している。このタイロッドは，柱端部や柱中間の筋かい金物の鉛直方向の挙動も拘束する。

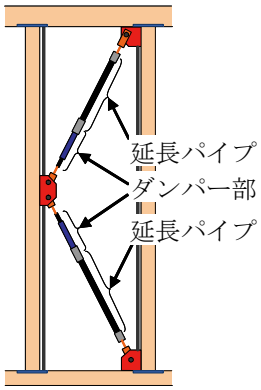


図 3　軸組へのダンパーの設置方法

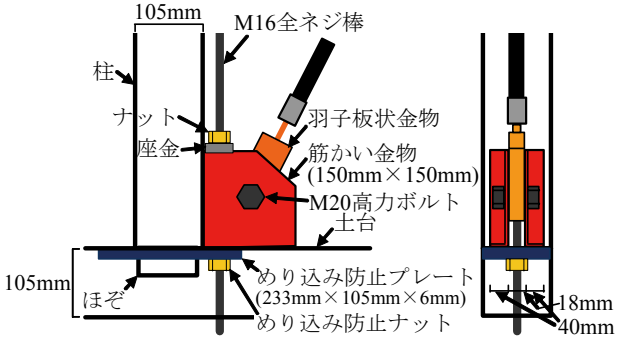


図 4　軸組への取り付け方法詳細

This document is provided by JAXA.

3. 静的せん断加力実験

静的せん断加力実験用の軸組の壁長は 2P（1820mm）であり，1P（910mm）間隔で柱を 3 本有している。柱と土台は 105mm 角のツガ，桁は 180mm×105mm のベイマツで，土台と桁の芯々間距離は 2792.5mm である。仕口については短ほぞ差しとした。この軸組に対し，2 本のダンパーを K 型に設置して，みかけの層間変形角 1/300rad，1/200rad，1/150rad において，正負 2 回ずつ桁に繰り返し水平力を載荷した。なお，この試験体の 2 本の外柱直上には 4kN ずつ，中柱の直上には 8kN の錘を載荷している。これは，後述する振動台実験の試験体における，柱 1 本あたりの負担鉛直荷重と同じにするためである。

この軸組にダンパーを設置するに先立ち，軸組の水平耐力を把握するため，軸組のみでの加力を行った。鉛直荷重を載荷した状態での軸組のみの水平剛性は 80kN/rad（0.029kN/mm）程度であった。また，ダンパー端部を軸組と接続するための筋かい金物を，軸組の仕口部に取り付けると，土台や横架材に対する柱の回転剛性を高める効果があり，筋かい金物 1 個につき，30kN/rad（0.011kN/mm）程度の水平剛性の増加が認められた。

図 5 にダンパーを設置した軸組の水平耐力と層間変位の関係を，**図** 6 にダンパーに作用する軸力と変位の関係を示す。ダンパーに作用する軸力は，ダンパーのロッドに貼付したひずみゲージの計測値から計算によって求めた。また，**図** 7 は，ダンパーの軸力とダンパー端部の接合部における変位との関係である。ダンパー端部の接合部における変位は，ダンパーの両端が取り付く軸組上の 2 点間の変位からダンパーの変位を差し引いて求めた。

加力を行った 1/150rad までの間には，若干の剛性低下が認められるものの，繰り返し加力による水平剛性の低下は顕著ではなかった。1/200rad 時の水平耐力は，正側と負側の平均で 7.6kN であり，このときの層の割線剛性は 0.55kN/mm である。上下 2 本のダンパーには平均 1.6mm（ゴム厚の 25%）の変位と 13.1kN の軸力が生じていた。ダンパーに生じた変位は，高減衰ゴムの厚さ（6.2mm）に対して小さく，この程度の変形角に対しては，ダンパーは安定した挙動であるといえる。ダンパーの軸力に対する水平耐力の比は 0.58 であり，ダンパーが発生した力のおよそ 60%を水平耐力として有効に利用できていることが分かる。なお，ダンパー端部の接合部の剛性は，ダンパーの両端 2 箇所あたり，15kN/mm 程度である。

ダンパーを K 型に配置した場合，上下ダンパーの軸力の絶対値に大きな差が生じると，ダンパーが取り付く柱の中央に水平せん断力が作用して，柱が折損する危険性があるが，このダンパーの上下ダンパーの軸力の水平方向成分力はほぼ釣り合っており，柱への負担は限定的である。

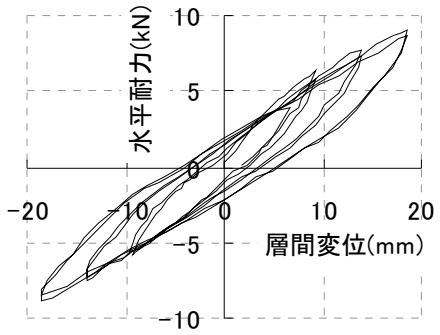
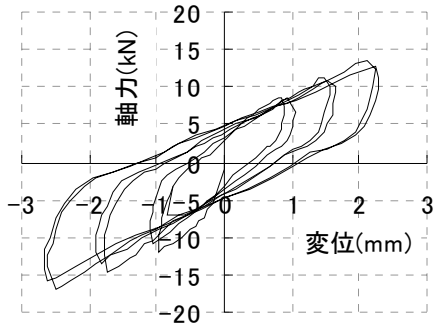
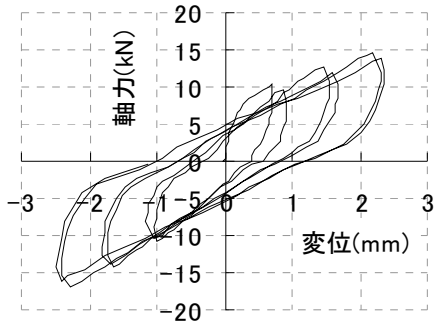


図 5　ダンパーを設置した軸組の水平耐力－層間変位関係

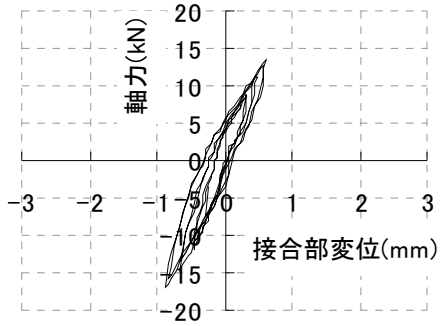


(a) **上側ダンパー**



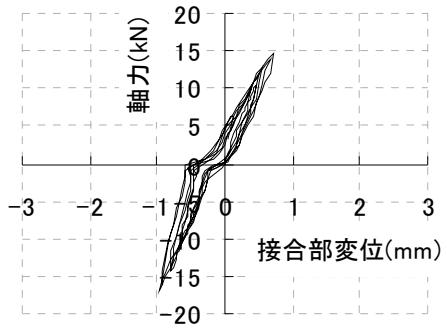
(b) **下側ダンパー**

図 6　ダンパーの軸力－変位関係



(a) **上側ダンパー**

This document is provided by JAXA.



(b) 下側ダンパー

図 7 ダンパーの軸力－接合部変位関係

4. 振動台実験

図 8 に示す軸組に本ダンパーを設置し，振動台実験を実施した。加振方向に 3 構面からなるが，水平抵抗要素を設置するのは，錘の荷重を主として負担する中央の構面のみである。柱および土台は 105mm 角のツガ，桁は 180mm×105mm のベイマツであり，仕口は短ほぞ差しである。錘および試験体の上側 1/2 の重量の合計は 24.5kN である。加振は 1 方向のみであり，入力波としては，パルス波の 1mm，2mm および 3mm，建築基準法告示に示された応答スペクトルを有する人工地震波（1968HachinoheNS 位相，以降告示波と記す）の最大加速度の 10%，20%および 40%，1995 年兵庫県南部地震における神戸海洋気象台で観測された南北方向の地震波（以降 JMA Kobe 波と記す）の最大加速度の 10%，20%および 40%を順次入力した。告示波と JMA Kobe 波での最大の入力倍率を 40%としたのは，振動台の容量制限による。試験体頂部での加速度や層間変位，ダンパーの変位等を計測した。

ダンパーを設置した軸組の粘性減衰定数と固有周期を，パルス 3mm 波入力時の応答変位の時刻歴から計算すると，減衰定数は 4.4%であり，固有周期については 0.28 秒であることが分った。なお，このときの最大の層間変位は，2.7mm(1/1000rad)であり，これより大きな層間変位においては，減衰定数，固有周期ともにこれより大きな値になると考えられる。

図 9 に JMA Kobe40%波入力時における，応答加速度－層間変位関係を示す。加速度は，試験体の頂部で計測されたものである。振動台上で計測された最大加速度は 239gal であり，最大層間変位は 20mm（およそ 1/140rad）であった。若干の剛性低下はみられるが，比較的安定した履歴ループであるといえる。応答加速度に試験体重量を乗じて得られた最大層せん断力は 10.9kN であり，最大層間変位時の割線剛性は 0.54kN/mm となる。構造用合板（ラワン JAS 特類 1 級，9mm 厚，3×9 版，N50@150mm）を張った場合についても同様の加振を行ったが，JMA Kobe40%波の入力時で最大層間変位は 47mm（およそ 1/60rad），最大層せん断力は 9.8kN，割線剛性は 0.21kN/mm であることを考慮すると，耐力要素としての本ダンパーの性能は，構造用合板に比べて 2 倍以上の剛性があり，JMA Kobe40%波入力時の応答変位は 1/2 以下となっている。

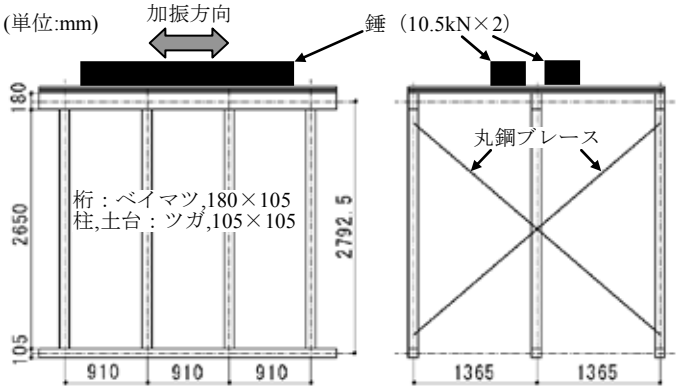


図 8 振動台実験試験体の軸組

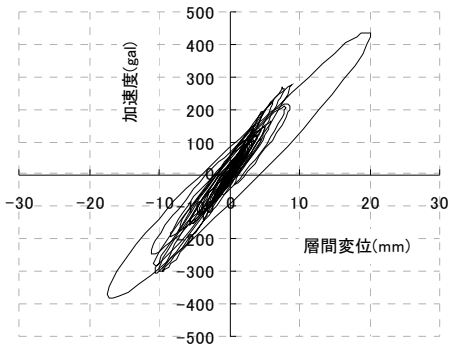


図 9 応答加速度－層間変位関係（振動台実験）

5. 地震応答解析

これまで，本ダンパーを設置した軸組について，静的せん断加力実験と振動台実験によって，その性能の検証を行ってきた。ここでは，このダンパーを設置した軸組と，構造用合板耐力壁や筋かい耐力壁といった既存の耐力壁の解析モデルを作成し，既存耐力壁とこのダンパーを併用した場合の地震時の応答変位と応答加速度について検討する。

5.1 解析モデルとその検証

(1) ダンパーの解析モデル

図 10 に解析モデルを示す。**図 10** 中のダンパーの復元力特性を表す非線形バネは最大点指向型のトリリニアとし，解析モデルの各パラメータは，**図 6** に示した静的加力実験時のダンパーの軸力－変位関係をもとに決定した。静的せん断加力実験時のダンパーの軸力―変位関係と解析モデルとの対応を**図 11** に示す。なお，本ダンパーで用いた高減衰ゴムの剛性は，振動数に対する依存性が小さく，1Hz を基準に 0.2Hz～3Hz における変化率は最大 6%であることを別途行った素材試験により確認している。従って，静的実験をもとに決定したダンパーの解析モデルを

This document is provided by JAXA.

そのまま地震応答解析に適用することとする。**図 10** のダンパー端部と軸組との間に設けた線形の接合部バネは，ダンパー端部と軸組との間の接合部の剛性を表現するためのもので，**図 7** を参考に，ダンパーの両端それぞれ 30kN/mm とした。さらに，軸組の剛性を表すバネは，静的せん断加力実験から得られた，「軸組のみの水平剛性 80kN/rad（0.029kN/mm）」と，「ダンパー端部を軸組と接続するための筋かい金物による，柱端部の回転拘束による剛性（1 個につき 30kN/rad（0.011kN/mm））」の和としている。**図 12** にダンパーを設置した軸組の層の増分解析結果を示す。**図 10** の解析モデルに対して，振動台実験時と同じ重量(24.5kN)を設定し，モデル全体の粘性減衰として瞬間剛性比例型で 5%を与えて地震応答解析を行い，振動台実験の結果と比較したところ，**図 13** のように，応答変位や応答加速度は良好な対応であり，静的実験結果をもとに設定した各部の復元力特性モデルは概ね適切と考えられる。

(2) 既存耐力壁の解析モデル

既存耐力壁として，構造用合板耐力壁と筋かい耐力壁に対して，木造用の 4 折れ線 NCL モデルを用い，静的せん断加力実験の結果にフィッティングさせるように復元力特性のパラメータを決定した。実験に用いた試験体の仕様は標準的なものであり，**表 3** にその仕様を示す。**図 14** と**図 15** に構造用合板耐力壁および筋かい耐力壁の実験から得られた復元力と作成した解析モデルを示す。解析モデルは，特に初期剛性と最大耐力を実験結果に近似させるように設定した。

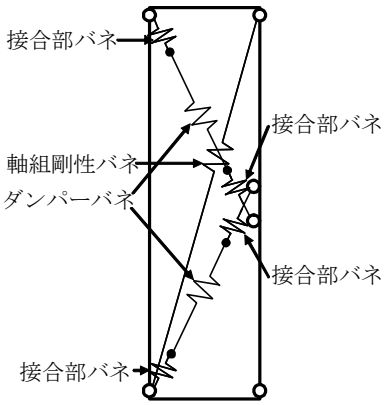
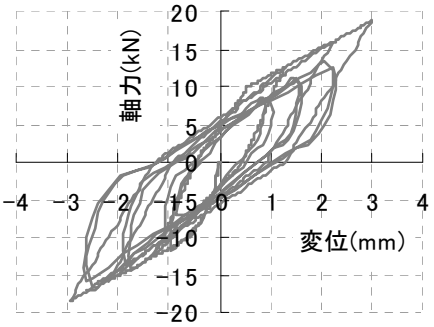
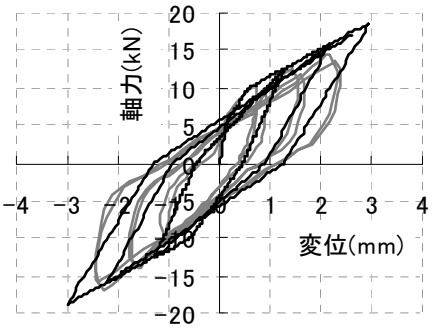


図 10　ダンパーを設置した軸組の解析モデル



(a) 上側ダンパー



(b) 下側ダンパー

図 11　ダンパーの復元力特性モデル
（灰色線：実験結果，黒線：解析モデル）

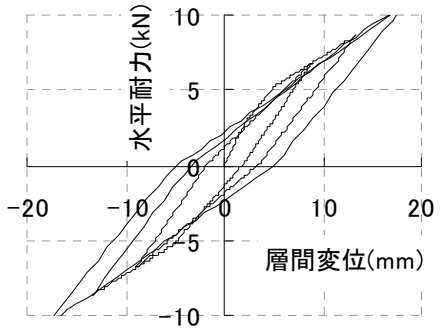
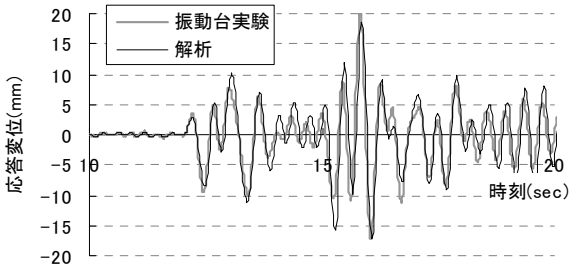
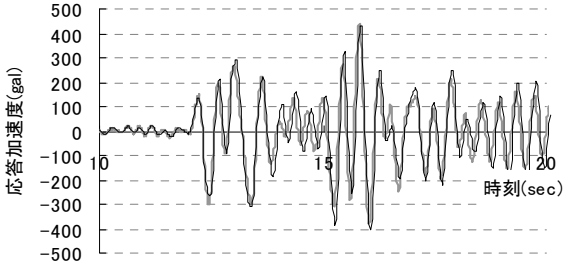


図 12　増分解析による水平耐力－層間変位関係



(a) 応答変位の時刻歴



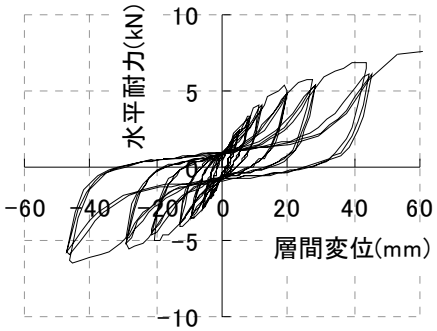
(b) 応答加速度の時刻歴

図 13　振動台実験結果と解析結果との比較

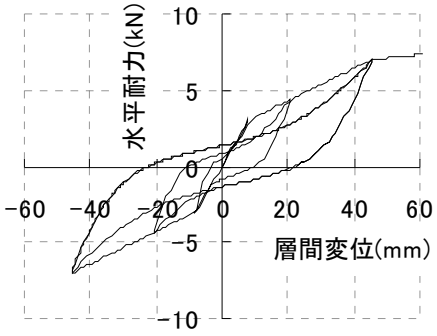
表 3　既存耐力壁の試験体仕様

種類	壁長	使用材料,接合具
構造用合板耐力壁	910mm	合板：12mm 厚,2 級,ヒノキ構造用合板 接合具：N50@150mm
筋かい耐力壁 （片筋かい）	910mm	筋かい材：ツガ,90mm×45mm 接合金物：ボックス型 2 倍用筋かい金物

This document is provided by JAXA.

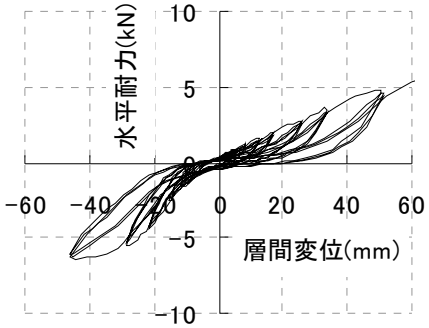


(a) 実験結果

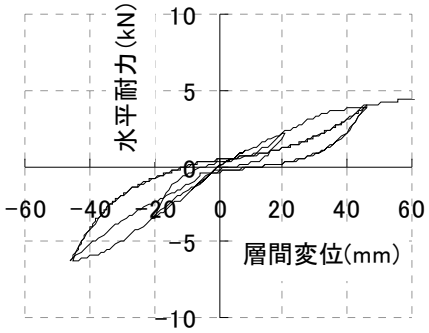


(b) 解析モデル

図 14 構造用合板耐力壁の復元力



(a) 実験結果



(b) 解析モデル

図 15 筋かい耐力壁の復元力

5.2 ダンパーと既存耐力壁の組合せに関する検討

5.1 節に示した解析モデルを用いて，様々な壁長比で「ダンパーを設置した軸組」と「既存耐力壁（合板もしくは筋かい)」を組み合わせたモデルを対象に，地震応答解析を行った。

(1) 重量設定

「ダンパーを設置した軸組」と「既存耐力壁」とを組み合わせる場合，解析モデルの壁長 1P（0.91m）あたりに適用する重量については，既存耐力壁の壁倍率を基準とした。すなわち，構造用合板（壁倍率 2.5 で壁長 1P）の場合は式(1)，筋かい（壁倍率 4.0（たすきがけ）で壁長 1P）の場合は式(2)で求めた。

- 2.5×1.96kN/m×0.91m/0.2=22.295kN (1)
- 4.0×1.96kN/m×0.91m/0.2=35.672kN (2)

この重量を，「既存耐力壁」の壁長と「ダンパーを設置した軸組」の壁長とを足し合わせた全壁長に比例させるように割り増し，解析モデルに適用した。

(2) 入力波

解析モデルへの入力波は，観測地震波として JMA Kobe 波，人工地震波として日本建築センターBCJ L2 波を用い，既存耐力壁のみの場合において，弾性時の層せん断力係数が 0.2 になるように，入力倍率を決定した。**表** 4 に入力倍率の一覧を示す。

(3) 解析結果

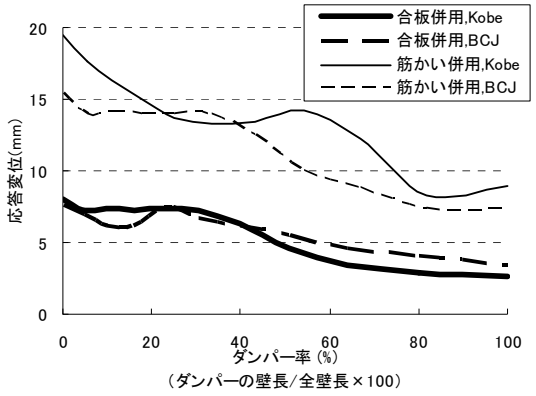
図 16 は，全壁長にしめる「ダンパーを設置した軸組」の壁長の割合（以下，ダンパー率と表記する）と最大応答変位および最大応答加速度との関係である。最大応答変位については，いずれのケースにおいても，ダンパーの割合が多くなるに従って，低減する傾向が認められ，最大応答加速度については，ダンパーの割合によらず，概ね一定の応答である。このような結果になる理由は，次の**図** 17 および**図** 18 で説明することができる。**図** 17 および**図** 18 は，ダンパー率が 0%（既存耐力壁のみ），50%（既存耐力壁とダンパーを設置した軸組の壁長比が 1:1)および 100%（ダンパーを設置した軸組のみ）の加速度－層間変位関係である。**表** 5 には，各解析モデルにおける 1P あたりの重量と剛性から計算した固有周期の一覧を示す。ダンパー率が 0%の場合は応答変位が比較的大きいが，ダンパーが 100%の場合は，剛性が高く，塑性化が抑制されるため，応答変位が小さい。「ダンパーを設置した軸組」と「既存耐力壁」が組み合わされた場合は，以上の２つの性状が複合した状態と考えられる。

速度依存型のダンパーは，バネ要素と並列して「ダッシュポット」として設置して使用する。これに対して，高減衰ゴムを用いる本パッシブダンパーは，**図** 6 に示したように，変位依存型の性状を示し，初期剛性が高いなどの耐力要素としての性能も併せ持っている。このために，本パッシブダンパーはダンパーの割合が多くなるに従って，水平剛性も増加し，建物の地震応答変位が低減したと考えられる。

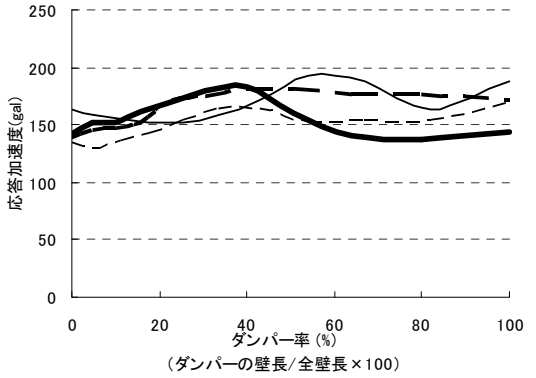
This document is provided by JAXA.

表 4　解析における入力倍率の一覧

既存耐力壁	JMA Kobe 入力倍率	BCJ L2 入力倍率
構造用合板耐力壁	0.086	0.197
筋かい耐力壁	0.114	0.204



(a) 応答変位



(b) 応答加速度

図 16　ダンパーを設置した軸組と既存耐力壁とを併用した場合の地震応答

表 5　1P あたりの重量 W と剛性 K から計算した固有周期 T

(a) 第一剛性とそれに対する固有周期

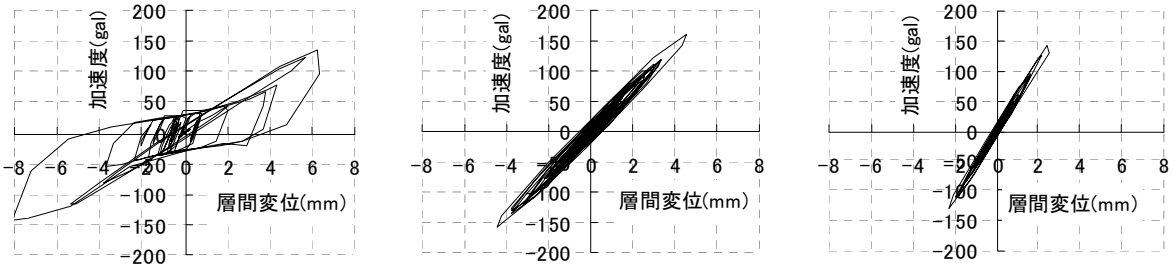
		ダンパー率		
		0%	50%	100%
合板耐力壁と併用した場合	W (kN)	22.3		
	K_1 (kN/mm)	0.50	0.91	1.33
	T_1 (秒)	0.43	0.31	0.26
筋かい耐力壁と併用した場合	W (kN)	35.7		
	K_1 (kN/mm)	0.35	0.84	1.33
	T_1 (秒)	0.64	0.41	0.33

(b) 1/200rad 時の割線剛性とそれに対する固有周期

		ダンパー率		
		0%	50%	100%
合板耐力壁と併用した場合	W (kN)	22.3		
	$K_{(1/200)}$ (kN/mm)	0.29	0.47	0.65
	$T_{(1/200)}$ (秒)	0.56	0.44	0.37
筋かい耐力壁と併用した場合	W (kN)	35.7		
	$K_{(1/200)}$ (kN/mm)	0.33	0.49	0.65
	$T_{(1/200)}$ (秒)	0.66	0.54	0.47

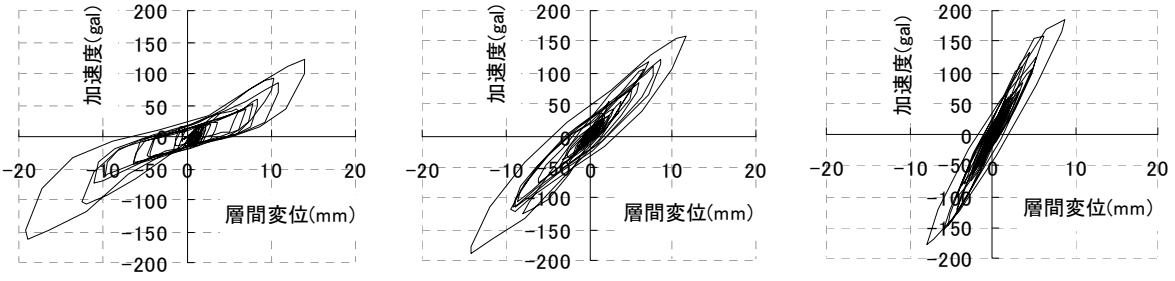
6. まとめ

在来軸組工法の戸建て住宅を対象として，高減衰ゴムを用いた，パッシブダンパーを開発した。本ダンパーは，高い初期剛性を有し，繰り返し加力に対しても剛性低下が小さいという特徴を活かし，静的加力実験の結果を用いた地震応答解析によって振動台実験の応答を予測できることを確認した。本報告では，概ね 1/120rad 程度までの性能の検証を目的としたが，ダンパー内の高減衰ゴムは，繰り返し加力に対しても顕著な剛性低下はみられず，安定した挙動を示した。また，地震応答解析の結果，本ダンパーを用いることで，既存耐力壁より大きく地震応答変位を低減できることが分った。小規模な木造住宅等に対しては，地震応答解析に代わる簡便な設計法が望ましく，今後は，本ダンパーのこれらの特徴を考慮したより簡便な設計法の検討が必要である。



(a) ダンパー率=0%　(b) ダンパー率=50%　(c) ダンパー率=100%

図 17　合板耐力壁と併用した全壁長に占めるダンパーの割合毎の加速度－層間変位関係(Kobe 波)



(a) ダンパー率=0%　(b) ダンパー率=50%　(c) ダンパー率=100%

図 18　筋かい耐力壁と併用した全壁長に占めるダンパーの割合毎の加速度－層間変位関係(Kobe 波)

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.83-90

ＲＣ柱の圧縮靱性に関する実験的研究

位 田 達 哉 ・ 福 島 順 一

第一工業大学　建築デザイン学科
（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）
E-mail:t-inden@daiichi-koudai.ac.jp

Experimental study about the compression toughness of the RC columns

Dept. of Architecture and Design,Daiichi Institute of Technology
Tatsuya Inden,Jun-ichi Fukushima

Abstract

This study inspects the compression toughness of the supporting columns which I prevent layer collapse and installed with the goal of securing of human life and relations with the wide shear reinforcement quantity experimentally for old RC structure buildings. As a result of this study, the increase of the quantity of wide shear reinforcement raised compressive strength, but I did not participate in compression toughness (standard to express the lenience and severity of the strength decline) after the biggest strength and rather understood that I influenced big things and small things of the axis distortion quantity at the time of the shear reinforcement break. I pointed out that the shear reinforcement quantity more than 1.5% was almost necessary to show a restriction effect in the state that axis volume of deformation did not become excessive based on these results.

Key Words : *RC column,Seismic strengthening,Confainndo effect,Protection of the human life*

１．研究の目的

我が国の耐震補強施策は、現行の建築基準法で定める耐震性能（強度と粘り）が基準であり、この基準を満たすように補強部材を追加する方法が基本となっている。従って、学校建築の長手方向の様にもともと耐震壁が少ない建物の場合には、補強壁（鉄骨ブレース壁）を多数配置することになり、多額の費用を要するために耐震補強に至らないケースも多い。南海地震や東海地震等の巨大地震の発生が懸念されている今、経済的な理由のみで無補強の建物が放置されていることは誠に忍び難い。

本研究はこの様な状況を背景に提案した耐震補強(補修)技術であり、ローコスト補強を実現するために被災建物の再使用は期待せずに、もっぱら人命保護に特化した点に特徴がある。

諸外国に多い構造形式（フラットプレート構造）は上下階のＲＣスラブが柱崩壊により密着（図-1 パンケーキクラッシュ）して圧死することが多いが、幸いに我が国のＲＣ造建物は柱・梁からなるラーメン構造が大半でありパンケーキクラッシュの様な崩壊形式が生ずることは少ない。要は、建物が崩壊したとしても人間が潜り込める避難シェルターが出現すれば、人命は保護される。この様な特徴を積極的に活かせば、安価な補修対策で避難空間（シェルター）を出現させることは十分に可能である。以上の観点から、本研究では補修対策として柱の軸補強に着目し、ローコスト、かつ、短工期で簡易な施工が可能な技術の開発を目的とした。



図-1　パンケーキクラッシュの例
（1985 年メキシコ地震）（1）

This document is provided by JAXA.

２．新設添柱による既存ＲＣ柱の軸補強策

避難シェルターを確実に出現させるためには、既存ＲＣ柱の鉛直荷重支持能力を高め、軸崩壊を防ぐことが第一である。軸崩壊の主因はせん断破壊であるから、様々な補強工法でせん断破壊を防止することが多い。例えば、図-2 は炭素繊維シートによるせん断補強の例であるが、この様に既存柱の表面をシートや補強鉄筋で包む「ジャケット構法」が一般的である。



図-2　炭素繊維シートによる補強（2）

しかし、本研究では「ジャケット構法」によるせん断補強を行うのではなく、既存柱に添わせて新たな柱（添柱）を構築し、この「添柱」によって軸力を保持させ、シェルターを実現しようとするものである。この様な方針を採用したもう一つの理由は、補修に伴うその他の修理（内外装材仕上げ，既存開口部・サッシとの納まり，雨仕舞など）が生じないように、耐震補修以外に要するコストの削減を考慮したからである。

３．現場打設コンクリート円柱による添柱

既存建物の補強工事は新築工事とは異なり様々な施工制限を受けるため、クレーン等の重機を用いることは難しく、軽い資材・小分けできる資材で補強部材を構成し、既存の屋内階段を使って人力で運び上げるのが一般的である。従って、H 形鋼や鋼管などの鋼材は極めて優秀な構造性能を有する材料ではあるが、添柱 1 本当たり 200kg～300kg の鋼材を人力で運搬することは不可能であり、必然的に現場打設のコンクリート系の添柱にならざるを得ない。同工法であれば「紙管(ボイド)を用いた軽量型枠・ポンプ車によるコンクリート圧送」を用いるので資材運搬は容易であり、施工手間もかからない。

但し、無筋の添柱では、圧縮ひび割れの発生と同時に急激に軸耐力を喪失する恐れがあるため、鉄筋による補強が必要である。この場合、通常の柱が曲げ応力・軸応力・せん断応力の三種類の力を負担するのに対して、本研究対象の添柱は圧縮軸力のみが対象であるから、スパイラル筋を用いた拘束補強のみで良い。施工場所で複雑な鉄筋組み立てを行う必要は無く、あらかじめ加工されたスパイラル筋をボイド型枠に挿入するだけで良いから簡便である。

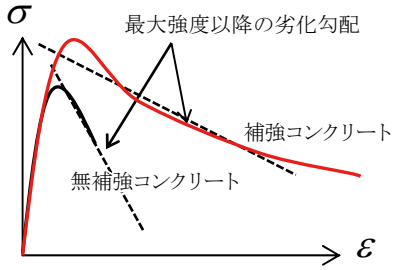


図-3　拘束効果による靭性改善

図-3 はスパイラル筋による拘束効果（コンファインド効果）の概念を示したもので、無補強コンリート柱（円柱）の応力度－歪み度関係を表したものである。この様に、無補強柱は最大耐力以降急激に支持耐力を喪失する傾向にあり、万が一、添柱の軸力支持能力を越える軸力が作用した場合には建物は崩壊に至り、避難シェルターが実現されずに人命に損傷を及ぼすこともある。一方、スパイラル筋を十分に配した補強コンクリート柱は最大耐力以降も耐力劣化は緩慢であり、万が一の過荷重に対しても急激な崩壊は生じない。

最大強度に及ぼす補強効果（横補強筋量）に関する既往の研究は多いが、最大耐力以降の劣化勾配との関係を定量的に示す研究は少ない。そこで、本研究では小径模型（φ100×200mm）を用いて、補強筋量と劣化勾配の関係を実験的に調べることにした。

４．添柱の必要断面サイズ

本学１号館を例に添柱の断面を推定する。図-4 は略平面を表し、9m スパンの架構を 4.5m ピッチで一方向に配置した 4 階建ての、典型的な学校建築である。

建物形状は平面的にも立面的にも整形であり、各柱が負担する軸力は概ね均等であり、特定の柱が過大な軸力を負担している事は無い。

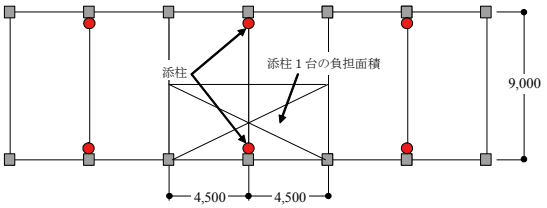


図-4　モデル建物の平面形状

よって、コスト削減のために図-4 に示す様に添柱を１スパン飛ばしに均等に配置し、万が一、既存柱が崩壊したとしても当該柱と隣接柱の合計２本分の軸力負担に耐えられるように、添柱の強度を確保しておけばよい。この様に、均等間隔で添柱配置が可能になるのは、各柱の長期軸力がほぼ等しいからである。

This document is provided by JAXA.

以下に、１スパン飛ばしに配置した添柱の必要断面サイズを試算してみる。

（ａ）添柱１台の支配面積

$$A = 2 \times 4.5 \times 9/2 = 40.5m^2$$

（ｂ）平均床重量 $w = 13.0kN/m^2 \left(1.3t/m^2\right)$

（ｃ）１階添柱の負担軸力：

$$N = 4 \times 13.0 \times 40.5 = 2100kN$$

（ｄ）$F_c 40$ として、円柱断面の直径：

$$\phi = 2\sqrt{\frac{N}{\pi F_c}} = 2\sqrt{\frac{2100 \times 10^3}{3.14 \times 40}} = 258.6$$

$$\rightarrow 300mm$$

５．横拘束コンクリートに関する既往の研究

軸方向に圧縮力を受けるとこれと直交方向に膨らみが生ずる。荷重が小さい時にはこの横歪み量は小さいが、荷重が大きくなるにしたがって加速度的に増加する。これは、コンクリート内部に生じたひび割れによるものであるから、この横方向への膨らみを何らかの方法で制御してやれば、コンクリートは破壊しにくくなるはずである。この様な原理は古くからの研究対象であり、代表的な研究[3]として横方向の静水圧を受けるコンクリートシリンダーの破壊試験結果に基づき、(1)式が提案されている。横拘束筋が均一な拘束圧力をシリンダーに与えると仮した場合、図-5 に示す様に横拘束圧は(2)式で与えられ、これを(1)式に代入して(3)式を得る。

$$f_{cc} = f_c' + 4.1 f_l \quad \cdots\cdot(1)式$$

f_{cc}：拘束された試験体の圧縮強度

f_c'：無拘束試験体の圧縮強度

$$f_l = \frac{2 f_s A_{sp}}{D \times s} \quad \cdots\cdot(2)式$$

f_l：横方向からの圧力

f_s：横拘束筋の応力

A_{sp}：横拘束筋の断面積

D：スパイラル筋の巻直径

s：スパイラル筋ピッチ

(ⅰ)横補強筋降伏前：$\varepsilon_s < f_y / E_s$

$$f_{cc} = f_c' + 8.2 \frac{E_s \varepsilon_s A_{sp}}{D \times s}$$

(ⅱ)横補強筋降伏後：$\varepsilon_s > f_y / E_s$

$$f_{cc} = f_c' + 8.2 \frac{f_y A_{sp}}{D \times s}$$

$\cdots$(3)式

この様に、既往の研究によって横拘束コンクリートの圧縮強度は(3)式によって概ね推定することは可能である。しかし、最大強度以降の劣化勾配（図-3 参照）と補強筋量の関係は不明である。また、高強度コンクリート・超高強度コンクリートなど、調合によってコンクリート自体の強度を上昇させる技術も確立されつつあるが、一方で、図-6 に示す様に圧縮強度の上昇に伴って、最大強度以降の耐力劣化は著しくなることも報告[4]されている。即ち、高強度コンクリート使用の添柱では、万が一、終局支持耐力を越えた場合に当該柱は急激な崩壊を招くことも十分に予想される。

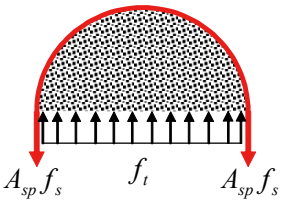


図-5　拘束効果の基本原理

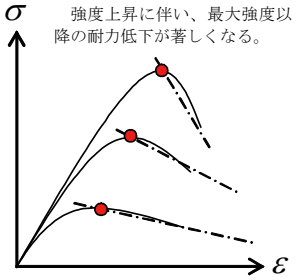


図-6　圧縮強度と劣化勾配

そこで、本研究では急激な耐力劣化のおそれがある高強度コンクリートは対象とせず、一般的によく使用される Fc40 程度のコンクリート強度を比較対象のプレーンコンクリート強度とし、横補筋量を変化させて、主に最大強度以降の「劣化勾配」の変化と横補強量との関係を実験的に検証してみることにした。次項に本構法で考える添柱の性能評価法を示す。

６．添柱の性能評価項目

せん断破壊によって軸崩壊した柱の軸力を瞬時に支え層崩壊を防ぐことが、本構法で考える添柱の役目である。従って、当該柱が支えている長期軸力ならびに隣接柱からの移行軸力を安全に支えられるように、圧縮強度に十分な余裕を持った添柱を設置することが第一条件である。しかし、上下地震動による軸力の増大やその他の想定軸力を超える状態を考慮すれば、添柱には何らかの対策（フェイルセーフ）を施しておくことが必要である。しかし、添柱の断面サイズアップによる余裕度の確保方法は、重量増加を招いて基礎補強が必要になることや、廊下側に設けた添柱によって廊下の有効幅が不足するなど、構造耐力上や建築基準法上に新たな問題が生ずる恐れもある。

そこで、本構法では、添柱にスパイラルによる横補強筋を挿入し、万が一、想定軸力を超えた場合であっても急激な軸強度の劣化を防ぐことを考えた。この考えはコンファインドコンクリート（拘束コンクリート）と呼ばれる技術と同じではあるが、既往の研究の多くは圧縮強度の増大を目的としたものであり、最大強度以降

This document is provided by JAXA.

の強度低下率と補強筋量の関係を考察した研究は少ない。

本研究におけるコンファインドコンクリートの性能評価項目を、実験結果の一例を用いて説明する。図-7 は「最大圧縮強度に対する強度低下率（α）」と「最大強度時の歪み量に対する歪み増大率（β）」との関係を示す。

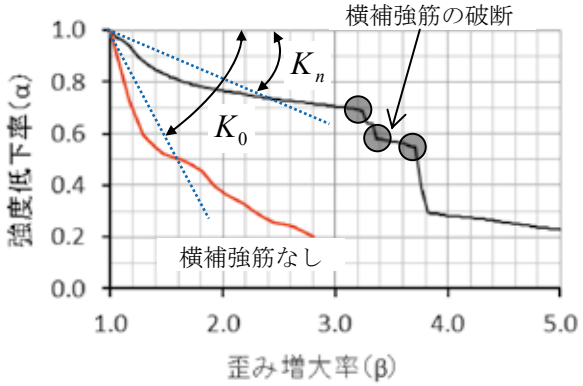


図-7　最大圧縮強度以降の
強度低下率（α）と歪み増大率（β）の例

（a）補強補強筋破断時の歪み増大率（β）

図-7 によれば、横補強筋のある試験体は無補強試験体と比較して強度低下率は緩やかではあるが、歪み増大率が概ね 3 倍を超えると横補強筋が破断し強度は急激に低下する。過大な軸変形（図-7 の横軸の数値βが大きくなる状態）が生じてようやく横補強筋の効果が表れるのでは合理的とは言えない。補強筋破断時の歪み増が大きい場合には、補強筋量を増やして早期に横補強筋効果を生ぜしめることが必要と思われる。よって、本研究では横補強筋破断時の歪み増大率（β）を性能評価項目の一つとした。

（b）横補強筋量と剛性Kの関係

最大強度以降の強度劣化程度の緩急も性能評価をする上での重要な尺度である。最大強度以降、歪み量の増大に伴って強度は低下するが、低下の度合いが緩やかな方が性能は良い。そこで、その度合いを表す数値を(4)式で定義（これを剛性Kと呼ぶ。図−7 参照）し、補強筋量と剛性Kの関係を性能評価項目にした。

$$K=(1-\alpha)/\beta\times 100(\%) \quad \cdots\cdot(4)式$$

以上示した（a）（b）の性能評価項目と横補強筋量の関係を、実験的に検証することを本研究の目的とした。

7．拘束コンクリートの圧縮試験計画

7-1　試験体形状他

試験体形状は標準タイプ(Φ100×200)のシリンダーを用い、プレーンコンクリートの強度を *Fc40* とした。また、測定方法は図-8 に示す様に、荷重と軸変形の関係を、ロードセル・電気式ダイアルゲージを用いて、軸応力度－軸歪み度の関係を記録した。

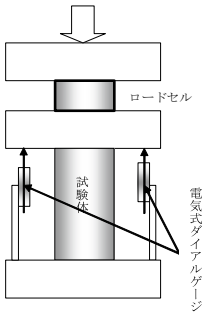


図-8　測定方法

7-2　横補強筋量の設定

実柱に挿入する横補強筋量は、コンクリートの充填性を考慮した最小間隔(50mm 程度)から定まる補強筋量、および、建築築基準法で定める最大間隔(@100mm）の制限から定まる補強筋量によって、上限・下限の配筋量が定まる。本研究ではこれを条件に D13 筋を用いた下記 3 タイプを実柱の補強量とし、この補強筋量にほぼ等しい等価な補強筋量を試験体に設定した。

実柱の補強筋
$$\begin{cases} D13-@50 \rightarrow p_w=1.69\% \\ D13-@75 \rightarrow p_w=1.13\% \\ D13-@100 \rightarrow p_w=0.85\% \end{cases}$$

⇩

試験体の補強筋
$$\begin{cases} \phi 3-@8 \rightarrow p_w=1.77\% \\ \phi 3-@12 \rightarrow p_w=1.18\% \\ \phi 3-@16 \rightarrow p_w=0.88\% \end{cases}$$

即ち、実柱では D13 スパイラルを最小間隔の@50 とし、これを基準にして@75(1.5 倍間隔)と@100(2 倍間隔)の三種類の補強筋量を設定した。そして、実柱の補強筋間隔 D13－@50 の補強筋量にほぼ近似する試験体は「φ3-@8」であるから、これを基準にして、補強筋間隔が@12(1.5 倍)と@16(2 倍)の試験体を製作することにした。また、試験体数はプレーンコンクリート 6 体を含め、補強筋間隔 3 種類×3 体の計 15 体とした。

8．圧縮試験結果

圧縮試験結果の一覧を表-1 に示す。表中①欄は最大圧縮強度を、②欄は最大圧縮強度時の歪み度を示す。歪み度は、試験体高さ 200mm 間の二か所の軸変形を電気式ダイアルゲージで測定した値の平均値を用いて、(5)式で算出した。③欄は補強筋破断時の強度低下率（α）、④欄は同じく歪み増大率（β）を示す。

$$\varepsilon=\frac{{}_{av}\Delta}{h}\times 100(\%) \quad \cdots\cdot(5)式$$

${}_{av}\Delta$：左右の軸縮み量の平均値(mm)
h：試験体の高さ(200mm)

図-9(a)に 6 体のプレーンコンクリート試験体の試験結果を示す。同図から、2 体の試験体

This document is provided by JAXA.

（No.0-4，0-6）の応力度－歪み度関係は他の試験体と比較して異質であることからこの 2 体の結果を除外し、残る 4 体の圧縮強度の平均値（f_c'）をプレーンコンクリートの基準値とすることにした。

$$f_c' = 34.74\left(N/mm^2\right)$$

表-1　圧縮試験結果一覧

配筋補強量(%)	試験体No.	最大強度時		補強筋破断時	
		①	②	③	④
		圧縮強度(N/mm^2)	歪み度(%)	低下率（α）	増大率（β）
無し	0-1	35.14	0.47	－	－
	0-2	36.31	0.48	－	－
	0-3	36.11	0.38	－	－
	0-4	28.27	0.77	－	－
	0-5	31.39	0.47	－	－
	0-6	24.63	0.62	－	－
φ3-@8 (1.77)	8-1	48.55	1.02	0.73	3.87
	8-2	47.99	1.28	0.69	3.18
	8-3	52.14	1.54	0.68	4.37
φ3-@12 (1.18)	12-1	47.43	0.79	0.61	6.89
	12-2	46.82	1.08	0.57	5.95
	12-3	41.93	1.46	0.67	3.54
φ3-@16 (0.88)	16-1	45.26	0.90	0.53	5.81
	16-2	44.46	0.76	0.53	5.09
	16-3	45.43	0.91	0.55	5.37
③＝補強筋破断時応力度／①＝強度低下率（α） ④＝補強筋破断時歪み度／②＝歪み増大率（β）					

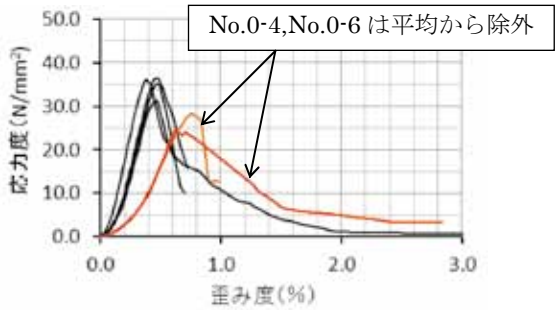


図-9(a)　プレーンコンクリートの圧縮試験結果

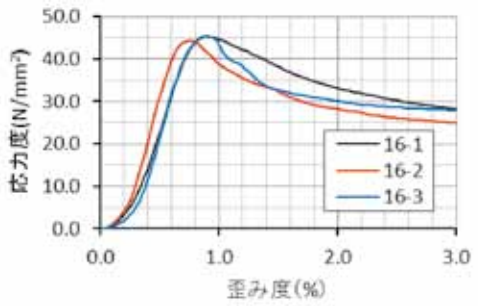


図-9(b)　　補強試験体の結果(例)
（φ3-@16(p_w=0.88%)

図-9(a)(b)に圧縮試験結果の例を示す。図-9(a)は補強なし試験体、図 9-(b)は補強あり試験体の結果であるが、何れも初期剛性が非線形であり歪み度が大きくなっている。これは、加圧板と試験体の接触面の密着度が加圧当初に不十分であったために生じた現象であり、厳密にはこの影響を除去した歪み度で評価する必要がある。

但し、本研究では歪み度の絶対値は必要ではなく、最大強度以降の歪み度の増大率(β)と圧縮強度の低下率(α)との関係が分かれば良い。よって、図-7 で例示した様に、補正せずにこの両者を用いて試験結果を評価することにした。

図-10 に各試験体の最終破壊状況を示す。補強試験体の破壊状況に明確な差異は見られないが、最も補強筋量の多い試験体(φ3-@8)は、全体に渡ってかぶりコンクリートが剥落し、補強筋の拘束効果が良く表れている様子が伺える。



図-10　各試験体の破壊状況

９．実験結果の考察

9-1　最大圧縮強度の計算値との比較

最大圧縮強度の計算値と実験値との比較を、表-2 および図-11 に示す。

最大強度時に横補強筋(SUS304A)は降伏強度に達していると仮定し、規格降伏点強度(0.1%耐力)の 1.1 倍を実降伏点強度として(3)式を用いた。表-2 の②欄に計算結果を示す。

横補強筋強度 $f_y = 235 \times 1.1 = 258.5\left(N/mm^2\right)$

横補強筋 φ3 の断面積： $A_{sp} = 7.06\left(mm^2\right)$

試験体直径： $D = 100\left(mm\right)$

試験体 No.8 シリーズの計算値を例示する。

$$f_{cc} = f_c' + 8.2\frac{f_y A_{sp}}{D \times s}$$

$$= 34.74 + 8.2\frac{258.5 \times 7.06}{100 \times 8} = 53.45\left(N/mm^2\right)$$

This document is provided by JAXA.

図-11 に最大圧縮強度の計算値と実験値との比較を示す。横補強筋比が多くなるに従って「実験値／計算値」がやや小さくなる傾向にあるが、これは、最大圧縮強度時の実際の横補強筋応力度が増加していると考えられ、より効率の良い拘束効果が表れているからと思われる。

表-2　最大強度の計算値との比較

試験体 No.	① f_c' (N/mm^2)	② f_{cc} (N/mm^2)	③ 実験値 (N/mm^2)	④ 実験/計算
8-1	34.74	53.45	48.55	0.91
8-2			47.99	0.90
8-3			52.14	0.98
12-1		47.21	47.43	1.00
12-2			46.82	0.99
12-3			41.93	0.89
16-1		44.09	45.26	1.03
16-2			44.46	1.01
16-3			45.43	1.03

①プレーンコンクリートの平均圧縮強度
②(3)式による最大圧縮強度の計算値

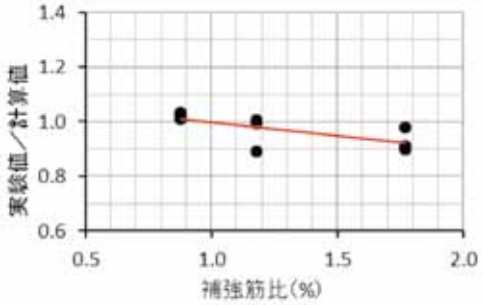


図-11　圧縮強度の計算値との比較

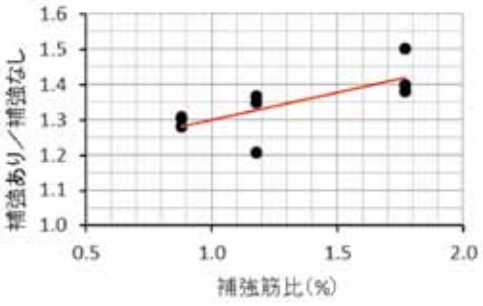


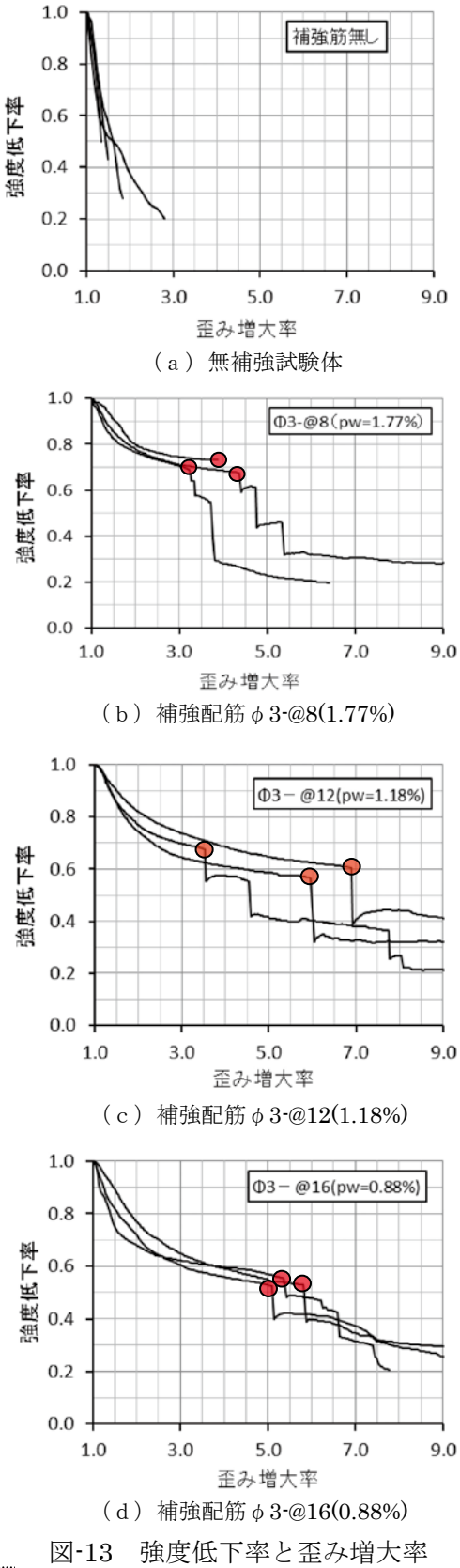
図-12　圧縮強度に及ぼす
横補強筋比の影響

また、図-12 は最大圧縮強度に及ぼす横補強筋比の影響を示し、無補強試験体の最大圧縮強度の平均値(f_c')との比を示す。同図から、補強筋比の増大に伴って圧縮強度も概ね比例して上昇する傾向が伺える。

9-2　最大強度以降の強度低下率と歪み増大率

表-1 に示す最大圧縮強度以降の強度低下率(α)と歪み増大率(β)の関係を図-13 に、また、横補強筋破断時の位置を ● 印で同図に併記した。

図-13 の(a)無補強試験体に比べて(b)～(d)補強



（a）無補強試験体

（b）補強配筋 φ3-@8(1.77%)

（c）補強配筋 φ3-@12(1.18%)

（d）補強配筋 φ3-@16(0.88%)

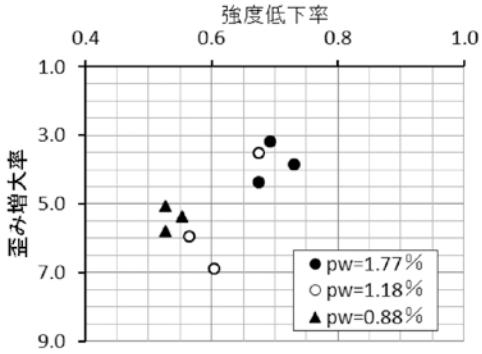
図-13　強度低下率と歪み増大率
（● 印は横補強筋の破断時を示す。）

試験体の最大強度以降の強度低下率は緩慢であることから、横補強筋による拘束効果が確認される。但し、同図からでは横補強筋効果の明らかな差異は見られなかった。

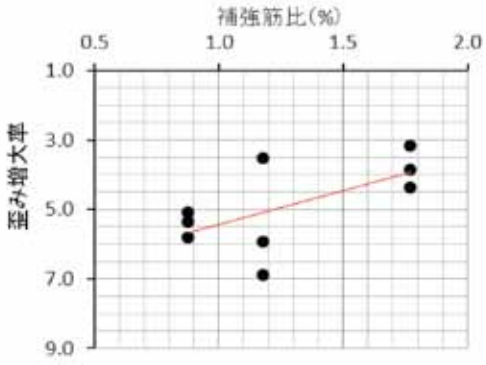
This document is provided by JAXA.

一方、本構法によって設置された添柱に設計値以上の過軸力が作用した時、軸耐力の低下はやむを得ないとしても、横補強筋効果が十分に発揮される前に過大な軸変形が生ずることは望ましくない。この様な観点から最も補強筋量の多い(b)試験体の横補強筋破断時の歪み増大率(β)に着目すると、その値は他の試験体と比べて小さく、傾向として補強筋量が多いほど歪み増大率は小さくなる様子が伺える。

即ち、補強筋量が多いと、軸変形があまり大きくならない状態で補強効果が発揮される望ましい状態になることが伺える。そこで、次に横補強筋破断時の歪み増大率と横補強筋比の関係を調べてみた。



（ａ）強度低下率－歪み増大率



（ｂ）歪み増大率と補強筋比

図-14　横補強筋破断時の
強度低下率・歪み増大率

図-14(a)は、強度低下率と歪み増大率の関係を横補強筋比をパラメータに示したもので、明らかに横補強筋比の大きい試験体(●印)の諸元（強度低下率と歪み増大率）は共に小さく、良好な性能であることが分かる。

また、図-14(b)は、横補強筋比と歪み増大率との関係を示したもので、横補強筋量の増大に伴って概ね比例的に歪み増大率が小さくなることが分かる。即ち、横補強筋比 1.0%以下のモデルでは、最大強度時軸歪み量の約 5 倍の軸変形が生ずる一方で、1.5%を超えるモデルでは約 3 倍程度の軸変形（歪み増大率）に納まっている。なお、中間の補強筋量 ϕ 3-@12(pw=1.18%)試験体の歪み増大率がバラツキが大きく定量的な考察は難しいが、単純平均で 5 倍を上回る軸変形が生じていることが分かった。

今回の実験では横補強筋量の刻み幅を細かく設定していないので、良好な軸靭性を発揮させるための最小補強筋比を実験結果から示すことはできないが、限定された試験範囲で推定すれば、概ね 1.5%程度が最小の補強筋量になるものと思われる。

9･3　最大強度以降の剛性 K の変化

最大強度以降の耐力劣化の緩急状態を評価する剛性 K を、図-7 および(4)式で定義したが、剛性 K を計算するにあたっての勾配ルールは定めていなかった。そこで、本節では図-15 に示す原点 A と横補強筋破断位置 B 点を結ぶ直線 AB の勾配を剛性 K と定義し、B 点におけるの強度低下率と歪み増大率をそれぞれ α，β として、(4)式によって剛性 K を計算した。

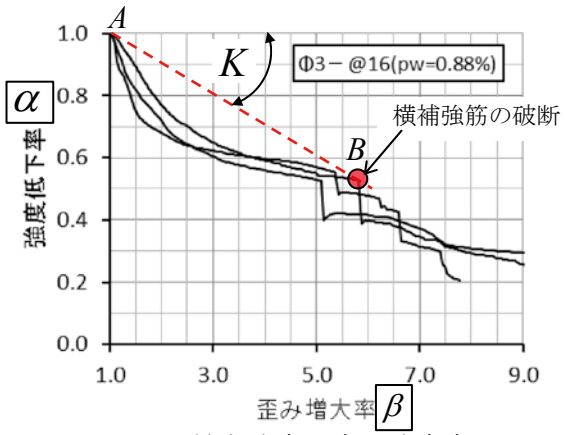


図-15　最大強度以降の強度劣化
（剛性 K の定義）

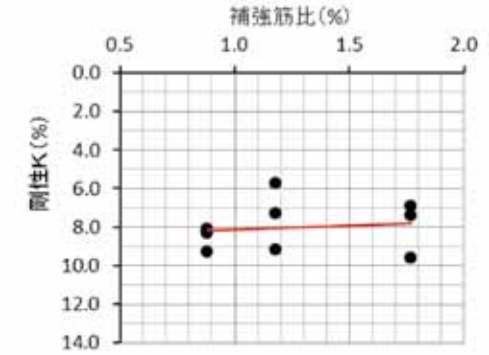


図-16　剛性 K と横補強筋比

実験で得られた α 値 β 値を(4)式に代入し、求められた剛性 K と補強筋比の関係を図-16 に示す。同図の縦軸（剛性 K）は、その値が大きいほど急激な強度低下であることを示し、その値がゼロの場合は強度低下が無い理想の状態を示す。同図から、剛性 K は補強筋比に係らずほぼ同一

This document is provided by JAXA.

の値を示し 8%程度の値であることが分かった。このことは、少なくとも本実験の最小補強筋量0.88%程度以上の横補強筋量があれば、これ以上横補強筋量を増加させても、強度劣化の緩急程度に大きな差異は生じないことを示している。

即ち、図-14(a)の実験結果が示す様に、歪み増大率があまり大きくならないうちに横補強筋の拘束効果を発揮せしめることは可能であるが、当初予想していた最大圧縮強度以降の強度劣化程度（剛性K）を改良することは、あまり期待できないことを示す。

ここで、図-17 に各試験体の圧縮応力度－歪み度関係を示す。「(a)補強なし試験体」と比較して「(b)～(d)補強あり試験体」は明らかに圧縮靭性は改良されており、横補強筋による拘束効果は有効な補強策であることが分かる。なお、最も横補強筋量の少ない(d)試験体は、建築基準法で定める補強筋間隔の上限値(100mm)を満たす最低限の補強量であり、一般のＲＣ柱の下限性能を表していると考えて良いであろう。

１０．まとめ

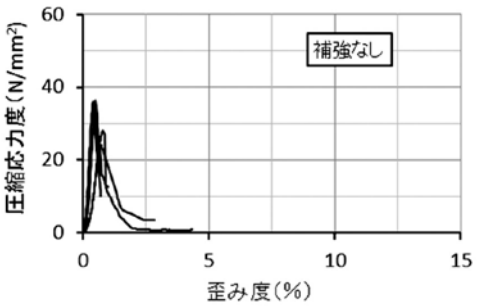
横補強筋による圧縮靭性の向上を目的として、横補強筋量と強度低下率・歪み増大率および剛性Kとの関係を実験によって検証した。その結果、ほぼ以下のことが分かった。

（１） 横補強筋の拘束によって圧縮強度は上昇し、その値は既往の提案式に良く一致することが分かった。（図-11,12）

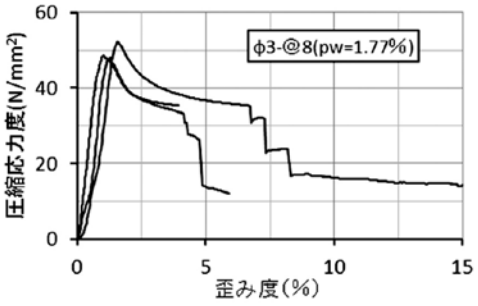
（２） 横補強筋破断時の強度低下率（α）と歪み増大率（β）は、両者共に横補強筋量が多いほど小さく、横補強筋量が概ね1.5%程度を超えると拘束効果が効果的に表れることが分かった。（図-14）

（３） 最大圧縮強度以降の強度劣化の緩急程度を示す剛性Kと横補強筋量との関係は、概ねK≒8%程度の値であり、横補強筋量との相関は認められなかった。即ち、法で定める最小補強筋量を施した柱であれば、最大強度以降の強度劣化の緩急に差異は無いことを示す。（図-16）

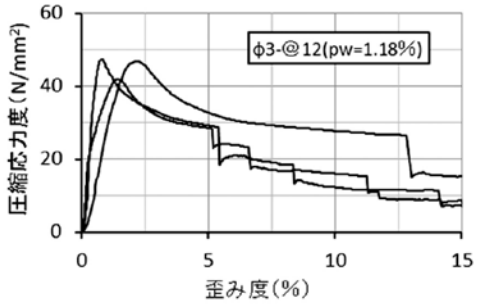
（４） 本構法を用いた添柱耐震対策は、建物の層崩壊を防ぎシェルターを確保する有効な技術であることを確認した。



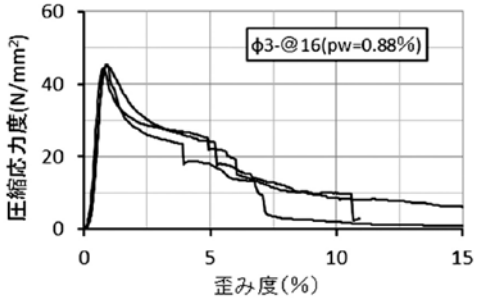
（ａ）補強なし



(b) φ3-@8（pw=1.77%）



(c) φ3-@12（pw=1.18%）



(d) φ3-@16（pw=0.88%）

図-17　各試験体の圧縮応力度－歪み度関係

【謝辞】
本研究は第一工業大学研究助成制度によって実施したものであり、関係各位に御礼を申し上げる。

【引用・参考文献】

(1)日本建築学会，1985 年メキシコ地震災害調査報告書，1987 年 10 月，日本建築学会メキシコ地震災害調査団
(2)SR-CF 工法研究会，SR-CF 工法にょる鉄筋コンクリート柱の設計施工指針，平成 10 年 7 月
(3)Park 等の研究，Ductility of Square Confined Concrete Columns Proceedings,ASCE,Vol.108
(4)日本建築学会，高強度コンクリート技術の現状（２００９），2009 年 10 月
(5)日本建築学会，鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，1999 年 11 月

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.91-94

武家屋敷門の耐震性能評価

森　　大地[1]・古田智基[2]

[1]第一工業大学　学部学生　建築デザイン学科
[2]第一工業大学　指導教授　建築デザイン学科
（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）
E-mail : t-furuta@daiichi-koudai.ac.jp

Seismic Performance Evaluation on Samurai's Premises Gate

Daichi MORI[1], Tomoki FURUTA[2]

本研究は、現存している歴史的建造物の中で武家屋敷門（蒲生御仮屋門：鹿児島県姶良市蒲生町）に着目し、その耐震性能の評価を行った。対象建物の固有値解析、静的弾塑性解析、地震応答解析を行い、その結果から保有水平耐力、応答変位等を算出し、今後存在し続ける可能性を定量的に評価した。

Key Words : *Seismic Performance Evaluation, Samurai's Premises Gate, Seismic Response Analysis*

1. 研究目的

東日本大震災等大地震が多発する日本では、近年特に耐震性が求められるようになった。そこで、古くに建造され、かつ今も過去の良さを形として残している歴史的建造物の骨組みの納まり、仕口工法等を現代の建築物に応用できないかと考え、**写真 1** に示す武家屋敷門の構造詳細を調査し、その耐震性能を評価した。



写真 1　蒲生御仮屋門

2. 研究方法

図 1 に研究フローを示す。まず、調査対象とした蒲生御仮屋門（鹿児島県姶良市蒲生町）の現地調査（**写真 2**）と資料収集により、詳細な各部材寸法を調べ、図面を作成し（**図 2**）、各部材の重量を算出した。次に、各部材・接合部のモデル化を行い、解析に必要なデータをまとめた。そして、対象建物の固有値解析、静的弾塑性解析（増分解析）、地震応答解析を実施し、耐震性能を総合的に評価した。

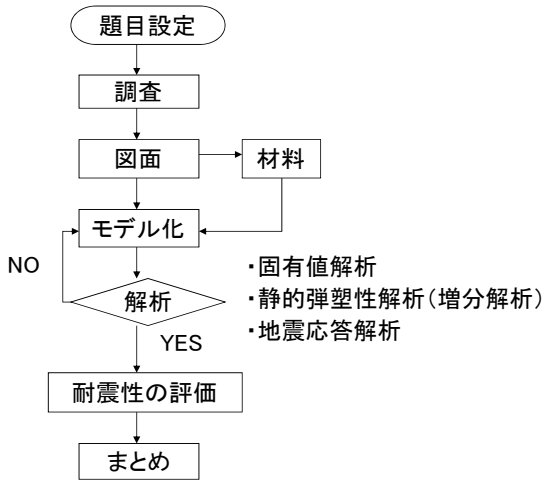


図 1　研究フロー

This document is provided by JAXA.



写真 2　現地調査の様子

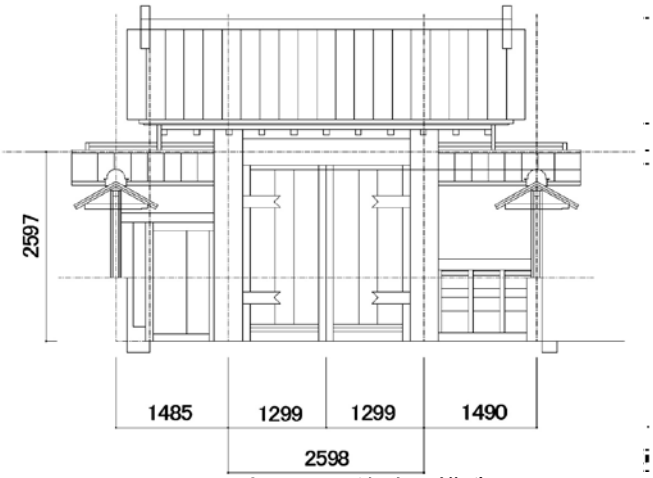


図 2　正面立面図（差鴨居構造）

3. モデル化

蒲生御仮屋門は差鴨居構造であったため、**文献** 1)で行われた差鴨居架構の静的加力実験のデータを参照した。

本実験は、**図** 3 に示す試験体で実施されており、スパン長は一間（1,820mm ）で、柱と土台及び桁の接合部は長ほぞ仕様、横架材両端部は**図** 4 に示す差鴨居仕様となっている。

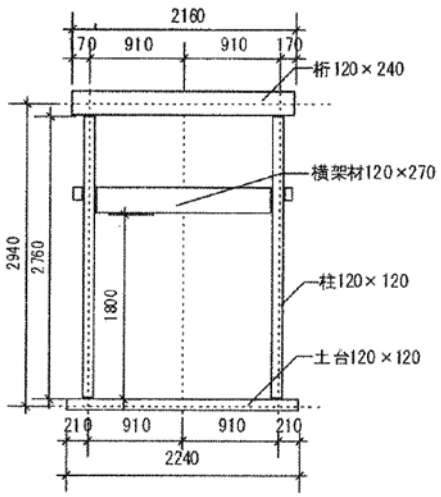


図 3　試験体（文献 1）

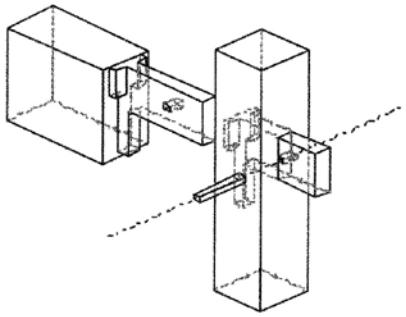


図 4　差鴨居仕様

蒲生御仮屋門に使用されている木材はスギで、材料特性を**表** 1 に示す。差鴨居の構造特性のモデル化は、**文献** 1)で実施された**図** 5 に示す実験データを適用し、**図** 6 に示す荷重（層せん断力）－層間変形角を仮定した。**文献** 1)より、層間変形角が R=1/10 に達しても耐力を維持し、荷重低下が発生していないことが分かった。

ここで、**図** 2 に示した対象建物にこの荷重－層間変形角の特性を適用するために、**図** 7 に示すように柱頭・柱脚はピン接合とし、差鴨居部分で荷重（層せん断力）を負担するとして、差鴨居の回転剛性（バネ）を求めた。

表 1　材料特性

材種	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	せん断弾性係数 (N/mm^2)
スギ	7,000	0.3	2,692

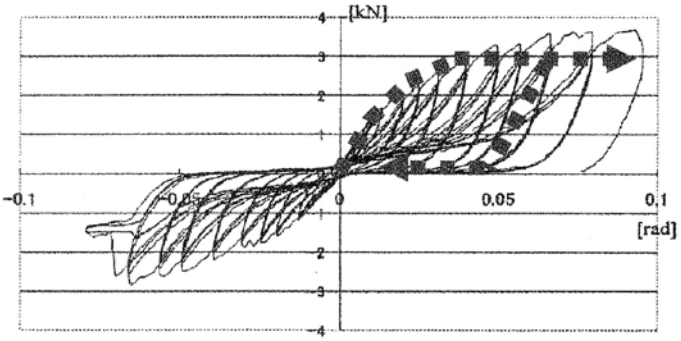


図 5　文献 1)の実験結果（荷重－層間変形角）

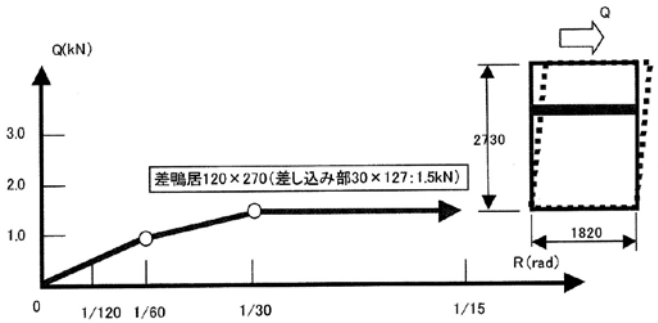


図 6　荷重（層せん断力）－層間変形角関係

This document is provided by JAXA.

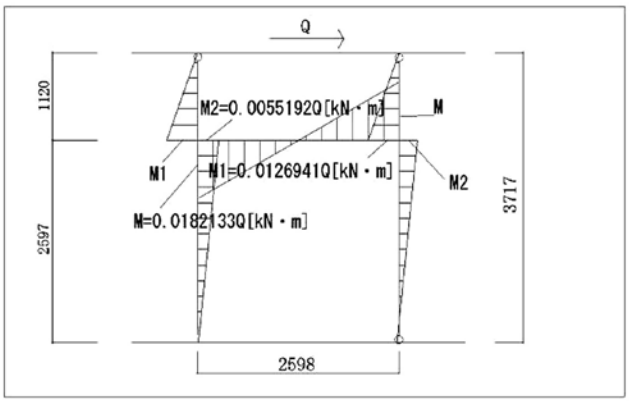


図 7　モデル図

4. 復元力特性

差鴨居の復元力特性の履歴法則は、**図** 8 に示すバイリニアスリップ型（降伏後剛性低下率 β =0.001）を適用する。

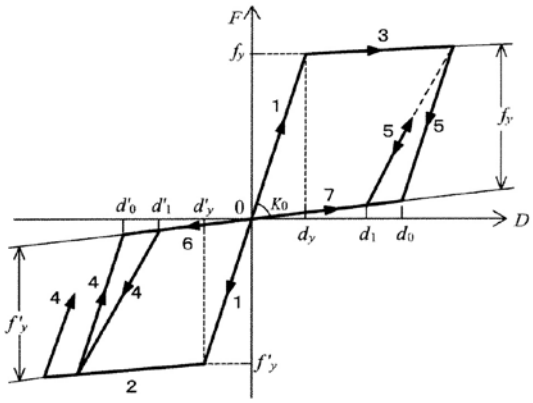


図 8　バイリニアスリップ型

5. 固有値解析

固有値解析にはギブンス・ハウスホルダー法を用い、解析用ソフト「SNAP Ver.6」を使用した。以下の静的弾塑性解析（増分解析）及び地震応答解析においても同ソフトを使用した。

表 2 より、本構造物の固有周期は 1 次モードが卓越しており、T=1.82sec.であり、2 次及び 3 次モードは T=0.037sec.であることが確認できた。この結果から、本構造体は長周期で、S 造では約 90m、RC 造では約 60m の高層建築物と同等の固有周期であることが分かった。

表 2　固有周期

次数	周期 T(sec.)
1	1.821
2	0.037
3	0.037

6. 静的弾塑性解析（増分解析）

差鴨居は、剛塑性回転バネからなる材端剛塑性バネモデルとし、解法はニュートンラプソン法を用いた。

静的弾塑性解析（増分解析）結果（層せん断力－層間変形関係）を**図** 9 に示す。図中の層間変形角が R=1/30 に達した時の層せん断力を保有水平耐力とし、本構造物は保有水平耐力として Q_u=10kN 程度の耐力を有していることが確認できた。この保有水平耐力はベースシェア換算で約 C_0=0.11 となり、現行の耐震基準（C_0=0.2）からすると、約半分の耐力しか有していないことが分かった。

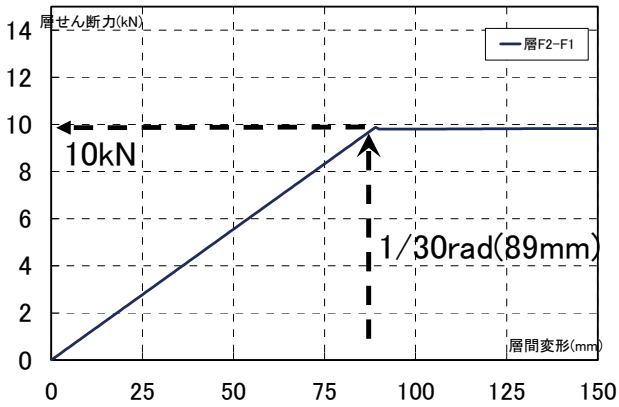


図 9　層せん断力－層間変形関係

7. 地震応答解析

地震応答解析は、数値積分法としてニューマーク β 法を用いた。

入力地震動は下記の 2 種類とし、KOBE NS に関しては源波を入力した。

・KOBE NS　：最大絶対加速度 818cm/s^2
・BCJ L2　　：最大絶対加速度 356cm/s^2

KOBE NS と BCJ L2 の変位応答スペクトルをそれぞれ**図** 10，**図** 11 に各々示す。

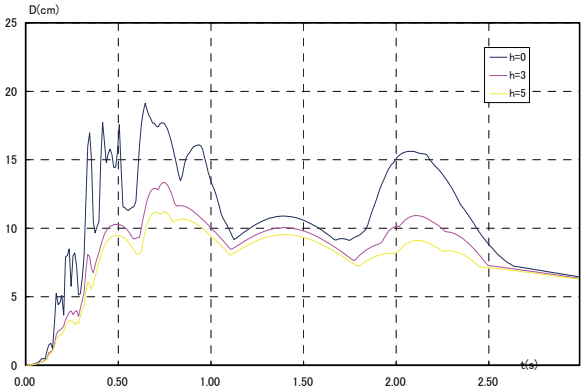


図 10　KOBE NS の変位応答スペクトル

This document is provided by JAXA.

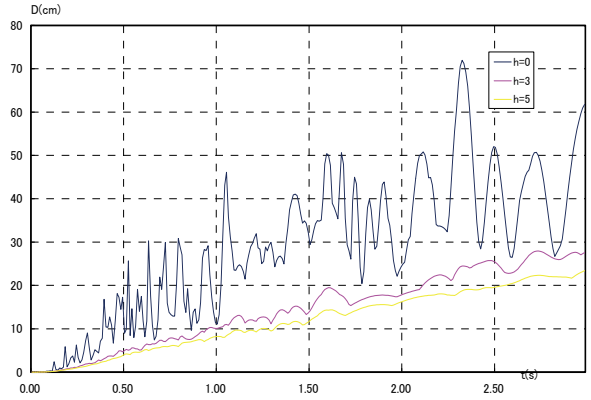


図 11　BCJ L2 の変位応答スペクトル

図 12 及び図 13 に応答変位の時刻歴を、表 3 に地震応答の最大値を各々示す。

これらの図表より、最大応答変位は 167mm で層間変形角にして R= 1/25 となるが、文献 1)の実験結果から、R=1/10 でも荷重（耐力）低下しないことが確認されているため、終局変形までには余裕のあることが確認できた。

本解析では扉の荷重は考慮したが、扉自体の変形に対する追従性は考慮していない。従って、最大応答変形（R=1/25）の時、構造体自体は倒壊しないが、扉は破壊されることが予想される。

残留変形に関しては、図 12 及び図 13 の地震応答解析の結果では、KOBE NS では約 10mm、BCJ L2 では約 35mm の残留変形が確認されたが、図 5 の文献 1)の実験結果から、KOBE NS の最大応答変位 75mm からからは約 37mm、BCJ L2 の最大応答変位 167mm からは約 74mm の残留変形となることも予想される。

柱の引張軸力に関しては、解析結果から約 15kN の引張軸力が発生していたが、柱脚をピン接合と仮定しているためであり、実際は束柱のため、束石と柱との摩擦を考慮した解析が必要となるが、摩擦係数等の未知数が多いため本研究では扱わなかった。実際には束石と柱の間で滑ることが予想される。

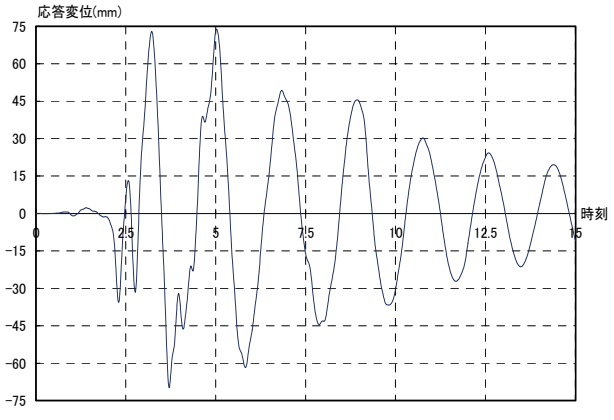


図 12　KOBE NS の時刻歴（応答変位）

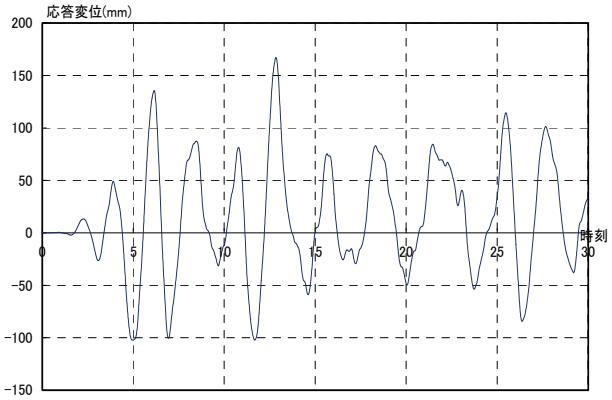


図 13　BCJ L2 の時刻歴（応答変位）

表 3　地震応答の最大値

入力波	最大相対変位（mm）	最大絶対加速度（mm/s^2）	最大相対速度（mm/s）
KOBE NS	75（R=1/50）	897	428
BCJ L2	167（R=1/25）	1130	448

8. 総括

蒲生御仮屋門を対象に静的弾塑性解析（増分解析）及び地震応答解析を行った結果、以下のことが確認できた。

① 本構造体は長周期で、S 造では約 90m、RC 造では約 60m の高層建築物と同等の固有周期であった。
② 層間変形角 R=1/30 程度で最大耐力に達する。
③ 最大耐力に達した後は、R=1/10 に達しても耐力を維持し、耐力低下が発生しない。
④ 層間変形角 R=1/30 を保有水平耐力とした場合、ベースシェア換算で約 C_0=0.11 となり、現行の耐震基準（C_0=0.2）からすると、約半分の耐力しか有していない。
⑤ 最大応答変位は 167mm で層間変形角にして R= 1/25 となるが、終局変形までには余裕がある。

以上の調査研究より、今後の大地震に対しても本武家屋敷門は補強することなく存在し続ける可能性が高いと結論付けるが、扉等の付帯部分の損傷は免れない。

文献 1)：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル（学芸出版社）

[謝辞]終始懇切丁寧に指導してくださった古田先生、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた研究室同期に心から深謝致します。

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.95-98

ＲＣ梁の曲げひび割れ幅に及ぼす主筋量の影響に関する研究

上　濱　優　貴[1]　・　福　島　順　一[2]

[1]第一工業大学　学部学生　建築デザイン学科
[2]第一工業大学　指導教授　建築デザイン学科
（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）
E-mail:j-fukushima@daiichi-koudai.ac.jp

Study on influence of the quantity of main reinforcement which I bend it,and gives it to cracking width of the RC beam

Yuuki Uehama[1],Jun-ichi Fukushima[2]
[1]Undergraduate,[2]Professor

本研究は、既提案の理論式に改良を加えた簡易式を用いて 180 ケースのパラメトリックスタディを行い、目標ひび割れ幅以下に抑えるための最小引張鉄筋比と使用鉄筋径など、諸元との関係を明らかにするものである。本研究の結果、鉄筋の長期存在応力度が 100N/mm² 程度を越え、かつ、D25 以上の鉄筋径を用いる場合には、学会ＲＣ規準で定める現行規定よりも引張鉄筋比を上昇させる必要があることが分かった。

Key Words : *RC beam,Main reinforcement, Cracking widthe,Reinforcing rod of a big diameter*

１．研究の目的

曲げひび割れ幅の増大は、たわみ量を増大させ耐久性をも低下させる。特に、太径鉄筋を使用した梁では、鉄筋の長期存在引張応力度をかなり低めに抑え、引張鉄筋比（主筋量）に余裕を持たせておかないと、曲げひび割れ発生と同時にひび割れ幅が急増すると言われている。

現在、学会 RC 規準[1)] ではひび割れ幅制御の間接的な手法として下記の対策が行われているが、これらの対策が太径鉄筋を用いた場合でも有効かどうかは不明である。

①主筋の長期許容応力度の頭打ち
②梁の引張鉄筋比下限値 0.4%の設定

本論文は、以上を背景に既往理論[2)] に一部簡易式[3)] を適用した「ひび割れ幅－引張鉄筋比」関係式を用いてパラメトリックスタディを行い、その結果から目標ひび割れ幅以下に抑えるための最小引張鉄筋比と鉄筋径の関係を、他の要因も含めて考察するものである。

２．ひび割れ幅算定の基本原理

ひび割れ幅算定の原理は極めて簡素で、有限長さの鉄筋を引張った時の伸び量が、即ち、ひび割れ幅であるとしている。図-1(a)はその原理を示したもので、l_{av} の長さを有する鉄筋を引張った時の歪み分布は一様であるから、ひび割れ幅 w は(1)式で表わされる。

$$\varepsilon = \sigma / E_s \, , w = l_{av} \times \varepsilon \quad \cdots\cdot(1)式$$

一方、コンクリートに拘束された鉄筋は、図-1(b)に示す様に歪み分布は一様ではなく、ひび割れ近傍では大きく中央部では小さな分布となる。

非線形の歪み分布を扱うのは煩雑であるから、文献 2)では、歪み分布を(2)式～(6)式で表される等価な均等分布形を提案している。

(2)式～(6)式の符号は文献 2)による。

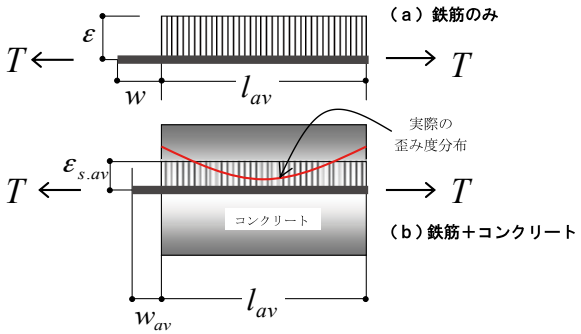


図-1　歪み度分布の仮定

This document is provided by JAXA.

$$\varepsilon_{s.av(1)} = \frac{2\times10^3\sigma_t - 0.8E_s + \sqrt{A}}{4\times10^3}\times\frac{1}{E_s} \quad \cdot\cdot(2)式$$

$$\varepsilon_{s.av(2)} = 0.4\sigma_t \times \frac{1}{E_s} \quad \cdots\cdot(3)式$$

$$\varepsilon_{s.av(3)} = (\sigma_t - 105)\times\frac{1}{E_s} \quad \cdots\cdot(4)式$$

$$\varepsilon_{s.av} = \max\left[\varepsilon_{s.av(1)}, \varepsilon_{s.av(2)}, \varepsilon_{s.av(3)}\right] \quad \cdots\cdot(5)式$$

ここで、

$$A = \left(2\times10^3\sigma_t - 0.8E_s\right) - 8\times10^3 E_s \times\left(F_t/p_e - 0.8\sigma_t\right) \quad \cdot\cdot(6)式$$

図-2 の条件

$E_s = 2.05\times10^5\ N/mm^2, F_t = 0.56\sqrt{F_c}$

$F_c 27, p_t = 0.5\times10^{-2}, p_e = 2.25, D29$

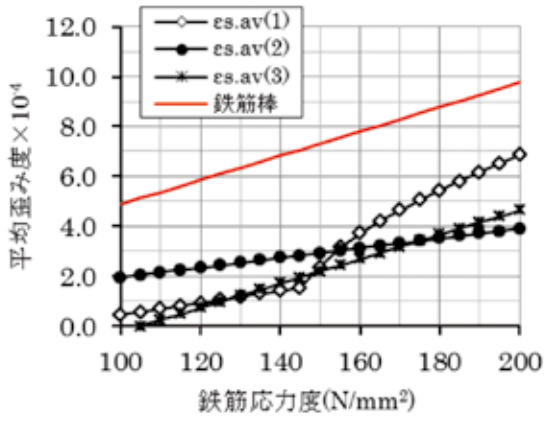


図-2　鉄筋応力度と平均歪み度の関係
（(2)式～(6)式による。）

図-2 に、均等分布と仮定した時の平均歪み度と鉄筋応力度の関係を、(2)式～(6)式を用いて試算した結果を示す。同図には鉄筋のみを引張った時の歪み度も併記したが、この様に、コンクリートで拘束されるために、鉄筋に生ずる平均歪み度はかなり小さいことが分かる。この様な関係式を用いて鉄筋応力度を与えれば、平均歪み度　　は(2)式～(6)式から定まり、よって、ひび割れ幅 w_{av} は(7)式で得られる。

$$w_{av} = l_{av} \times \varepsilon_{s.av} \quad \cdots\cdot(7)式$$

3．ひび割れ間隔と有効鉄筋比

ここで、l_{av} は図-1(b)に示す様に鉄筋の長さを表すが、ひび割れ幅計算ではこの長さはひび割れ間隔に相当する。文献 3)ではひび割れ間隔と鉄筋径 ϕ との比 l_{av}/ϕ を、有効鉄筋比を用いて略算的に(8)式で表せることを報告している。図-3 はその(8)式の傾向を表したもので、同図からひび割れ間隔は鉄筋径の概ね 5 倍～15 倍の範囲にあることが分かる。

本論文では、(8)式を用いてひび割れ間隔を求め、(7)式に代入することによりひび割れ幅を計算している。

なお、(7)式から求まるひび割れ幅は鉄筋位置の平均ひび割れ幅であるから(9)式によって最大ひび割れとし、かつ、(10)式によってコンクリート表面のひび割れ幅とし、この値をひび割れ制御の対象とした。

$$l_{av}/\phi = 16.7(p_e)^{-0.642} \quad \cdots\cdot(8)式$$

$$w_{\max} = 1.5w_{av} \quad \cdots\cdot(9)式$$

$$w_M = 1.2w_{\max} \quad \cdots\cdot(10)式$$

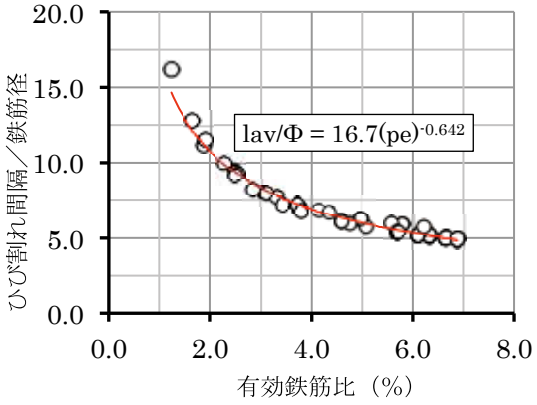


図-3　ひび割れ間隔比と有効鉄筋比 3)

表-1　計算例
（鉄筋応力度を与えてひび割れ幅を求める。）

入力項目・計算項目		計算結果
①入力項目	コンクリート強度（N/mm^2）	27
	主筋径（mm） ϕ	29
	鉄筋の存在引張応力度（N/mm^2） σ_t	150
	鉄筋のヤング率（N/mm^2） E_s	2.05×10^5
	ｺﾝｸﾘｰﾄの乾燥収縮歪み ε_{sh}	2×10^{-4}
	引張鉄筋比（%） p_t	1.0
②	コンクリート引張強度 $F_t = 0.56\sqrt{Fc}$ （N/mm^2）	2.91
③	有効鉄筋比 $p_e = 4.5\times p_t$ （%）	4.5
④	平均ひび割れ間隔比 $l_{av}/\phi = 16.7p_e^{-0.642}$	6.36
—	平均ひび割れ間隔 l_{av} =④× ϕ （mm）	184.4
⑤	平均鉄筋歪み算出係数　(6)式より	1.09×10^{11}
⑥	$\varepsilon_{s.av(1)}$ の計算	5.69×10^{-4}
	$\varepsilon_{s.av(2)}$ の計算	2.93×10^{-4}
	$\varepsilon_{s.av(3)}$ の計算	2.20×10^{-4}
⑦	最大平均鉄筋歪みの決定	5.69×10^{-4}
⑧	最大ひび割れ幅（mm）	0.26

This document is provided by JAXA.

４．例題による検証

曲げひび割れ幅を(2)式～(10)式で求める手順を例題で検証した。表-1 にその手順と結果を示す。モデルは表-1 の①入力項目に示す通りで、この時の最大ひび割れ幅は 0.26mm（引張鉄筋比 1.0%の時）となった。

図-5 は、表-1 と同一モデルで引張鉄筋比のみを漸増させて最大ひび割れ幅の変化を示したもので、引張鉄筋比が増大するに従ってひび割れ幅は急減し、概ね 0.5%以上の鉄筋比になるとひび割れ幅は微減状態になることが分かった。

本研究は、以上の計算過程を表計算ソフトに組み込み、最大ひび割れ幅に及ぼす諸元の影響を、パラメトリックスタディ結果から考察することにした。

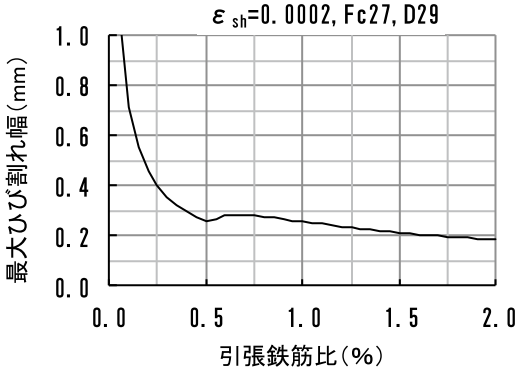


図-5　最大ひび割れ幅と
引張鉄筋比の関係(例題)

５．パラメトリックスタディと限界鉄筋比の読み取り

作成したプログラムを用いて諸元を変化させたスタディ（表-2）を行い、ひび割れ幅との関係を求めた。また、国内外の制御目標ひび割れ幅を調べた結果概ね 0.3mm 程度[4)] であることから、この値を本論文における制御目標ひび割れ幅とし、この目標値以下に制御するための最小の引張鉄筋比を本論文では【限界鉄筋比】と定義し、その値をスタディ結果から読み取った。

図-6 は限界鉄筋比読み取りの一例を示し、この様にして全ケースを読み取った結果をまとめたのが表-3 である。

表-2　パラメータ一覧

項　目	諸元の範囲	ｹｰｽ
コンクリート強度	20,30,40,50,60	5
鉄筋径(公称径)	22,25,32,35,38,41	6
鉄筋の存在応力度	100,150.200	3
乾燥収縮歪み量(注)	2×10^{-4},4×10^{-4}	2
引張鉄筋比	0.0～2.0 まで 0.1 刻み	－

(注)乾燥収縮歪み量 ε_{sh} は(7)式を基本とした(7')式による

$$w_{av} = l_{av} \times (\varepsilon_{s.av} + \varepsilon_{sh}) \cdots\cdots (7')式$$

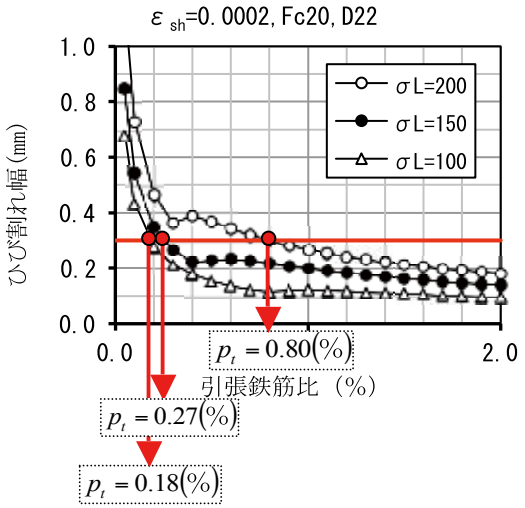


図-6　限界鉄筋比の読み取り(例)

表-3　長期存在応力度（σ_L）と限界鉄筋比
（乾燥収縮率：$\varepsilon_{sh} = 2.0\times10^{-4}$ の場合）

Fc	主筋径 D	0.3 ㎜時の限界鉄筋比		
		σ_L=100 (N/mm²)	σ_L=150 (N/mm²)	σ_L=200 (N/mm²)
20	22	0.18	0.28	0.80
	25	0.23	0.32	1.00
	32	0.30	0.90	1.60
	35	0.36	1.10	1.90
	38	0.40	1.30	2.00
	41	0.46	1.50	
30	22	0.20	0.28	0.80
	25	0.21	0.30	0.95
	32	0.30	0.45	1.55
	35	0.37	1.05	1.85
	38	0.42	1.27	
	41	0.48	1.47	
40	22	0.18	0.27	0.64
	25	0.22	0.21	0.92
	32	0.32	0.48	1.52
	35	0.37	0.80	1.79
	38	0.41	1.15	
	41	0.48	1.40	
50	22	0.18	0.26	0.41
	25	0.22	0.31	0.86
	32	0.32	0.46	1.48
	35	0.37	0.52	1.76
	38	0.41	1.01	
	41	0.48	1.30	
60	22	0.19	0.25	0.40
	25	0.23	0.31	0.81
	32	0.32	0.46	1.47
	35	0.37	0.52	1.75
	38	0.42	0.58	
	41	0.49	1.19	

表中の網掛け欄は、限界鉄筋比が 2.0%を超える場合をを示し、使用鉄筋径を細くする等の設計変更を要するケースを表す。

This document is provided by JAXA.

６．限界鉄筋比に及ぼす諸元の影響

表-3 の結果を整理して、限界鉄筋比と諸元との関係にまとめたのが図-7～図-9 である。これらの結果からほぼ次のことが言えよう。

（ａ）鉄筋径の影響は大きく、ほぼ比例して限界鉄筋比は増大する。（図-7）

（ｂ）コンクリート強度の上昇に伴い限界鉄筋比はやや減少するが、その影響は微小である。（図-8）

（ｃ）鉄筋の存在応力度の影響は大きく、その影響度は太径鉄筋ほど著しい。（図-9）

７．鉄筋径等を考慮した限界鉄筋比の提案

現在、学会 RC 規準では限界鉄筋比 0.4%を構造規定として定めているが、図-7～図-9 に示す様に、使用鉄筋径や存在応力度等の組み合わせによっては 0.4%を上回るケースもあることが分かった。そこで、本研究の成果を基に、主筋径・長期存在応力度・乾燥収縮率の組合せによって定まる限界鉄筋比を表-4 に提案した。

同表は、学会 RC 規準が定める最小鉄筋比を下限値とし、ひび割れ幅 0.3mm 以下に制御するための最小の鉄筋比を示している。図中のシャドー部分は、鉄筋径を細くする、鉄筋量を増加させて長期存在応力度を低下させる、あるいは、部材断面サイズを大きくする等などの設計変更が必要になるゾーンを示す。

８．まとめ

太径鉄筋の利用に伴い、過大幅のひび割れ発生が問題となっている。耐久性に支障を及ぼさない範囲のひび割れ幅以下（0.3mm）に制御するための限界鉄筋比(最小鉄筋比)を提案した。

（建築学会関連小委員会に本結果を提出予定である。）

表-4　ひび割れ幅制御のための限界鉄筋比(%)

主筋径	乾燥主縮率 $\varepsilon_{sh}=2.0\times10^{-4}$ 長期存在応力度 (N/mm²)			乾燥主縮率 $\varepsilon_{sh}=4.0\times10^{-4}$ 長期存在応力度 (N/mm²)		
	100	150	200	100	150	200
D22	0.40	0.40	0.65	0.40	0.40	1.05
D25	0.40	0.40	0.90	0.40	0.50	1.35
D32	0.40	0.50	1.50	0.60	1.35	不可
D35	0.40	0.80	1.80	0.70	1.60	不可
D38	0.40	1.15	不可	0.80	1.85	不可
D41	0.50	1.40	不可	0.90	不可	不可

(1)ひび割れ幅≦0.3mm に制御するための最小鉄筋比(限界鉄筋比)を示す。
(2)学会 RC 規準の構造規定を反映し、限界鉄筋比を 0.4%以上とした。

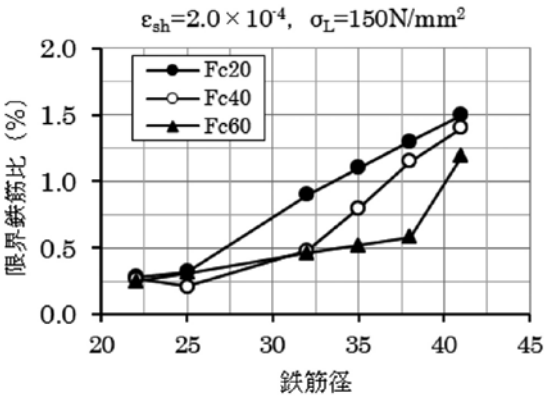


図-7　鉄筋径の影響

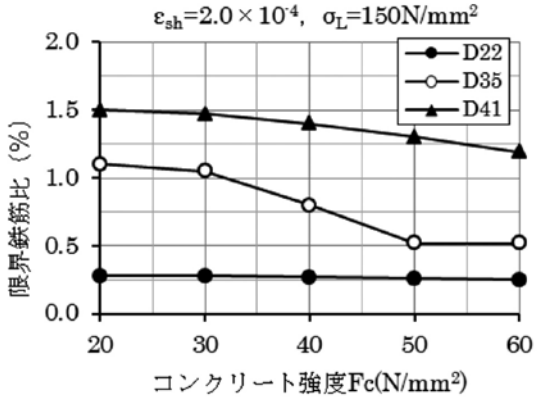


図-8　コンクリート強度の影響

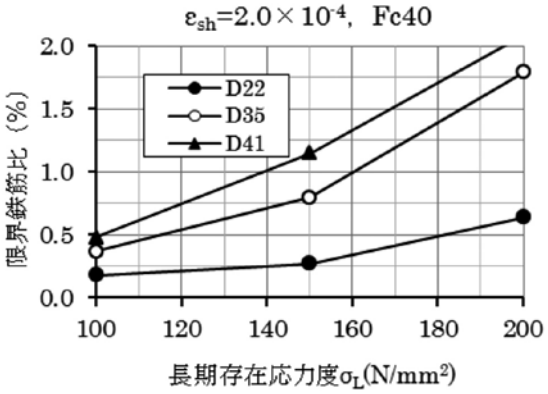


図-9　主筋の長期存在応力度の影響

【参考・引用文献】

1)日本建築学会，鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2010 年 2 月

2)鈴木計夫・大野義輝，プレストレス鉄筋コンクリート梁の曲げひび割れ幅に関する研究その７，日本建築学会論文報告集,第 305 号昭和 56 年 7 月

3)福島順一，使用限界状態における梁の曲げひび割れ幅の検証に関する提案，(社)日本建築構造技術者協会，structure No.88 2003.10

4)楠原文雄，各国のひび割れ幅に関する規定，建築学会大会構造部門 PD 資料，2009 年 9 月

This document is provided by JAXA.

第２部　共通教育系

（part2 Common education system）

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.99-106

日本におけるインターネットを活用した新しいビジネスチャレンジの仕組み研究

建　宮　　努

第一工業大学准教授　情報電子システム工学科

Study on New Business Challenge System on The Internet in Japan.

Tsutomu Tatemiya

Abstract

The Internet technologies have given great change to the Japanese business systems. Business Persons who have special business abilities can run plural business system automatically on the Internet during working on main business. This paper report 3patterns of new business challenge system on the Internet in Japan

Key words : Kindle DTP , Crowd Funding , Business Challenge, Internet Business, Synergy Effect

1. はじめに

日本におけるビジネス環境は、インターネットの発達とともに大きく変化している。中でも特に大きな変化は、情報技術を活用したビジネスの仕組みをつくり、インターネット上で自動化することによって複数の仕事を同時進行で行うことが非常に簡単にできるようになったことである。

一般的にビジネスというと特定の会社に従業員として雇用されて賃金をもらう形や、株式会社を作って自ら社長になる形をイメージするが、長い日本の歴史で考えてみると現在のようにひとつの仕事に専業で取り組むという仕事のスタイルが定着したのは戦後のほんの短い時間に過ぎない。特に第一次産業中心だった時代には一年を通して十分な収入を安定的に得られる仕事が少なかったため、例えば農業従事者が季節によってその季節ごとにできる出稼ぎをして合計金額で年収の合計額を稼いできたように、日本人はいくつかの仕事を掛け持ちで行うことのほうが主流だった。

ここで現在と以前との大きな違いは、以前は「仕事の場に本人がいないと成立しない仕事」が基本だったため、ひとつの時間にはひとつの仕事しかできなかったことである。

しかし、インターネットが普及したことにより、ネット上の仮想空間での仕組みを活用して仕事を時間および空間の面から分離・自動化し、複数のビジネスを同時進行することができるようになった。これは画期的なインフラストラクチャーであると言える。

特に非正規雇用者が労働者人口の30%以上になっている現在においては、インターネットを使って複数のビジネスの仕組みを同時進行し、それぞれの仕事の収入の合計額でそれなりの年収を自らの力で生み出していくことは自己防衛の面からも重要であり、可能な限りその努力や学習もしていくべきである。

なぜならごく一部の成長企業を除いて特定の会社に専業として人生を捧げても、ずっと年収が上がらないという状況がつづいてきているからである。現実的には多くの場合でひとつの企業に身をささげても人生が報われない状況になっているにも関わらず、学校教育の基本は「特定企業への就職と専業型就業スタイル」をゴールとしているため、雇用のミ

This document is provided by JAXA.

スマッチが拡大している面もある。

一方、せっかくよい会社に入社できても、伝統あるよい会社であるほど若年層の賃金は低く、仕事の幅も狭いため、優良な人材が１～３年の間に多く退職しているという事実もある。右肩上がりの成長が約束されない時代には、がんばれば先々きっと良くなるというロジックでは優秀な若い人材は引き留めておけないのにもかかわらず、企業の人事システムは中高年層の雇用と生活レベルを維持するために過去の年功序列型の賃金システムを維持しているため、ミスマッチが起きているのである。

このような問題を短時間で解決するためのひとつの方法としては、実力ある会社員はインターネット上の仕組みを活用しながら自らの知識、技術、ビジネス能力について現実の市場を通じて自らの市場価値を具体的に確認し、その市場価値を企業側も認識して人材の処遇を考えるようなシステムを検討することが重要と考える。

この新しい仕組みを試していくような人材は、各企業で全社員の 20%に満たないと思われるが、おそらくその層は、会社の全売上の 80%を生み出している実力ある層と重なっているため、この実力層の力をさらに伸ばし、社外に放出せずに継続活用していくことが企業の安定経営のためにも必要である。

そこで、本論では、元手がほとんどなくとも挑戦でき、ビジネス上の知性を活用することによって本業をもちながら、休日，余暇時間をつかって市場にチャレンジでき、具体的な結果が見える仕組みについて調査を行った。

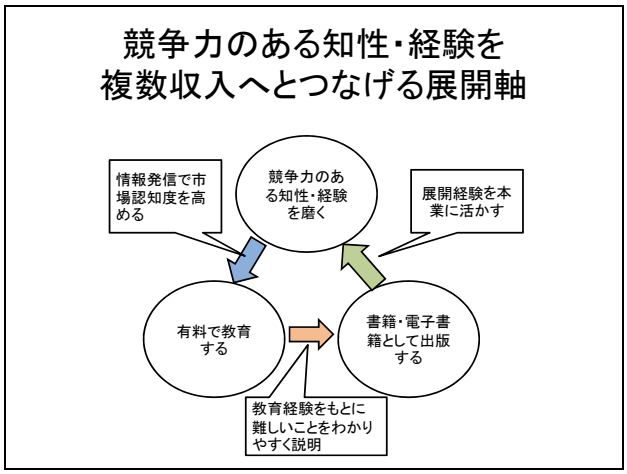
潤沢な元手資金があればトライできる仕組みとして、金融資産の購入による投資収益、不動産購入による賃貸収益、特許など発明による特許収益などがよく知られているが、いずれもそれなりの結果を出すためには潤沢な資金力が初期段階から必要である。

そこで、今回は元手が少額、またはほとんどいらないような新しいネット上のシステムで、正規社員として勤務を続けながら、仕事時間以外の時間だけの努力で挑戦できるものを中心に調査を行った。

ネットワークビジネスや、アフィリエイト収入なども本業以外の収入手段としては定着してきているが、いずれも日本人の長時間労働慣行の中で結果を継続的に出し続けるためには多大な負担が必要であり、現実的には奨励しにくい部分があるため本論では割愛した。

ここで競争力のあるビジネス上の知性・経験を活用して、複数の収入手段へとつなげるために多く活用されている展開軸を紹介しておく。これは何かひとつの専門性を極めて市場から高く評価されると、その専門性を学びたいという市場に対して教育を、その知識を体系的に読みたいという市場に対して書籍や電子書籍を商品化して販売することが可能になるという方法である。

具体例としてはこういうことである。例えばデジタル動画の作成に非常に長けた人材がいたとして、Youtube などで自作の動画をアップし、多くの閲覧数を獲得できるようになった場合、その優れた動画作成技術を知りたい顧客から、有料でもよいので教えて欲しいという反応がある場合がある。そこで有料で動画作成技術を仕事の空き時間を使ってネットのやりとりで教えていくと、だんだん難しいことをわかりやすく伝えるための方法が確立されてくる。そうするとそのわかりやすい内容を体系化して文章や図解で説明することにより書籍や電子書籍として出版するチャンスを得られる場合がある。このように展開していくと、ひとつの競争力のある専門性から、３つの収入を得ることができる。そしてとくに重要なのは、３つ目の書籍出版は印税収入としていわゆる不労所得になるということである。



図－１　競争力のある知性・経験を複数収入へつなげる展開軸

そしてこの展開軸を活用すると、本業以外でも収入を得やすくなるだけでなく、展開した結果よりブラッシュアップされた内容を再び本業に活かすことによって本業も、より競争力のあるものになる。そこで企業にも能力ある専門性の高い人材のこのような展開を規制するのではなく許容し、さらに奨励して欲しい。なぜなら本業に大きな相乗効果があるからである。また、これからの仕事のスタイルには、

This document is provided by JAXA.

このような柔軟な考え方もあり、ほとんどリスクなくチャレンジできるものが多くあるのだということを多くの学生にも知ってもらいたいと願う。

2．インターネット上のビジネスチャレンジの仕組み

2−1　メールマガジンを発行し収入へとつなげる仕組み

メールマガジンとは、インターネット上で定期的に発行される専門的な情報で、個人や企業、公益団体などが著者となり、その内容に魅力を感じた個人がメールアドレスを登録することにより読むことができる電子雑誌である。SNS(ソーシャルネットワークシステム）のように

読者相互間でのやり取りはできず、発信者からのプッシュ型ダイレクトマーケティングが可能なインフラとしても活用されている。

有料型と無料型があり、個人がメールマガジンを効率的に発行するためには、自分で一から読者を募るよりも、メールマガジンスタンドを活用するほうが有利である。

メールマガジンスタンドとは、メールマガジンを発行するシステムを持ち、複数の発行者を集めることによって魅力を高め、読者の集客を容易にしているインフラシステムで、内容のクオリティを維持するために、新規発行希望者に対して内容の審査を行ったり、読者募集の一部をサポートしたりしている。

メールマガジンスタンドの収益は、無料で発行されているメールマガジンの上部の空き部分（ヘッダーという）や、下部の空き部分（フッターという）への他者からの広告掲載料、有料型メルマガで読者から得られる購読料の 50%および、各種広告掲載料が主である。

日本の代表的なメールマガジンスタンドは、「まぐまぐ」「melma!（メルマ！）」などで、最大規模をもつ「まぐまぐ」では、発行メルマガ 38,000 誌（581 カテゴリー）合計読者 1,000 万人（2013 年 3 月現在）となっており、例えば週刊誌で最も部数が多い週刊文春（2012 年 10 月～ 12 月の発行部数 715,693）を合計発行部数で大きく凌いでいる。

中には個人で発行するメールマガジンで発行部数 30 万部を超えるものもあり、出版社が発行する大半の雑誌よりもたくさんの読者を個人が獲得しているという現実がある。

このメールマガジンをどのように収益につなげていくかという部分では、大きく分けて 3 つの方法がある。

⑴　有料メールマガジンとして購読料を得る
⑵　メールマガジンへの広告掲載料を取る。
⑶　メールマガジンの読者に対するダイレクトマーケティングを行い、関連する商品、サービスを販売する

⑴　有料メールマガジンとして購読料を得るという場合、メールマガジンスタンドを使う場合は、購読料収益はメールマガジンスタンドに対して読者から支払われ、そこから印税という形で発行者に支払われる。最大手の「まぐまぐ」の印税率は 50%であり、仮に月刊のメルマガを発行し、購読料を 1,000 円として 1,000 名の読者が得られると、月間印税収入はその 50%である 50 万円となる。

通常の紙の書籍出版では印税率は 10%前後であることが多く、名の知れた出版社から流通書籍として出版するためには編集会議での検討を経て、損益分岐点を超える販売部数が見込める必要があり、簡単なものではなかったが、メールマガジンであれば内容がよければ有料読者がつく可能性があるため、手軽にチャレンジすることができる。

⑵　メールマガジンの広告掲載料を取る場合は、発行部数の多さや、読者の質によって広告媒体としての魅力度が変わり、現実的に要求できる広告掲載料も変わる。30 万部を超えるメールマガジンでは、号外として広告そのものを著者推薦で流す場合は、一日掲載で 15 万円以上の広告料金を取るものもある。

また、非常にニッチな分野で質の高い読者を抱えている場合は、部数は少なくとも、どうしてもそこに広告を流したいというニーズがあれば、高い広告掲載料を要求することも可能となる。

⑶　メールマガジンの読者に対するダイレクトマーケティングを行い、関連する商品、サービスを販売する場合は、メールマガジンでは商品への期待感を高めるような表現を用いて、文章内リンクから商品・サービス紹介のウエブページやブログ、

This document is provided by JAXA.

動画サイトのYoutubeなどに誘導し、最終的には商品購入・決済ページで申込みを受け付けたり、高額商品の場合はさらに個別の商品・サービスの対面説明への誘導を行って購入へとつなげるのが一般的である。

この方法ついては、筆者が年間受講料20万円の英文会計のＥラーニング講座について、発行部数1,200部程度のメールマガジンからの誘導により、５年間にわたって年間平均売上3,000万円以上をほぼ一人で継続的に達成していた実績があるため、インターネットからの顧客動線を熟慮して構築すれば、現実的なビジネスに活用できるシステムである。

日本最大のネット市場である楽天に出店している店の多くもこのようなやり方をそれぞれの店の特長を出しながら展開している。

このように、個人が専門性を活かしながら、大きな金銭的負担・労力的負担なく収益を得ていく仕組みとしてメールマガジンは有効なシステムのひとつとなっている。



図２　メールマガジンスタンド大手まぐまぐトップページ
http://www.mag2.com/

2−2　キンドル・ダイレクト・パブリッシングによる電子書籍出版

二つ目のインターネット上のビジネスチャレンジの仕組みは､「電子書籍出版」である。電子書籍とは、デジタル化された文字・図形情報を電子書籍ファイルまたはPDFで読むスタイルの書籍で、タブレット端末や電子書籍リーダーの普及によって、日本でも大きく注目されている分野である。

以前は電子書籍ファイルのスタイルも統一されておらず、特定の電子書籍リーダーでしか読めないという不便な部分があったため普及のスピードが遅かった。しかし、2012年にアマゾンが世界的な電子書籍リーダーKindleを日本でも発売したことにより、一気に市場が活性化しようとしている。

そして、アマゾンが世界的に展開している個人著者によるアマゾンでの電子書籍出版サービス「キンドル・ダイレクト・パブリッシング（Kindle DTP)」が日本でも開始されたため、個人が著者となって自分の専門性を活かした著書を出版することが容易になった。

このサービスは、アマゾンのアカウントを持つ個人が著者登録を行い、規定にそって執筆を行った上で審査に通ると、世界最大のネット書店であるアマゾンで自分の電子書籍を世界中に売ることができる仕組みである。

また基本の印税率は35%だが、アマゾンに協力する仕組みを使うと最大70%までの印税率が用意されている。

こちらも今までの紙の出版の現状としては、印税率は10%前後であることが多く、名の知れた出版社から流通書籍として出版するためには、編集会議での検討を経て、損益分岐点を超える販売部数が見込める必要があったことを考えれば、手軽にチャレンジできるインフラの出現によって、個人がチャレンジできる可能性が大きく広がったと言えるだろう。

特に語学力に長けている人材には、日本語、英語を含む７カ国語での出版が可能となっているため、グローバル市場で自分の力を試すことができるという面でも手軽に自己実現が図れる仕組みである。

電子書籍を出版する話になると、自分はとても本にかけることなどないというビジネスマンも多いのだが、ＧＤＰ世界第３位の日本で行われているビジネスのレベルはまだまだ世界的に通用する内容であるため、これまでにビジネスで培ってきた専門性をわかりやすく文字にすれば、誰でも本の１冊ぐらいは書くことができるはずである。本を書くという作業の中で、必然的に知識のない第三者に自分の仕事の内容をわかりやすく体系的に伝えるための整理を行うことが必要になるため、これまでのビジネス経験をまとめて見直すことや、作業の手順を見直すことにもつながり、多くの場合で本業の業務効率が向上することが確認されている。

This document is provided by JAXA.



図３　キンドル・ダイレクト・パブリッシング出版ガイドページ
https://kdp.amazon.co.jp/self-publishing/help?topicId=A2Z7EPGXGHEZZ4

2−3　３Ｄデザインソフトと３Ｄプリンターによるモノづくり

2012 年後半から、急速に日本でも注目されはじめたのが、今までは大規模製造施設を持つ大企業でないと作ることができなかった立体成型品を、個人が自宅で 3D スキャナー、3D デザインソフト、3D プリンターを活用して作ることができるようになったという「メイカーズムーブメント」で、これは急速に世界に広がっている新しいものづくりのムーブメントである。この流れの源流は、2002 年前後にマサチューセッツ工科大学のビット＆アトムズセンター所長ニール・ガーシェンフェルド教授がデジタル＆デスクトップファブリケーション技術を社会で活かすための研究として、ボストンの旧スラム街やインドの小さな村、ガーナ、ノルウェーなどに実験的なファブラボ（デジタル工作機械を備えた市民工房の国際的ネットワーク）をオープンしていったことにある。そこから自分で作れるものは自分で作ってしまおうというコンセプトに賛同した世界中の技術者やものづくりが好きな一般市民が情報交換をし合い、世界各国に拠点が拡大していったのである。

その後、この動きを自ら体験したワイアード誌の元編集長クリス・アンダーソンが「Makers—20 世紀の産業革命が始まる—」という書籍として出版したことにより、日本の大手マスメディアもこのムーブメントを大きく取り上げるようになり、ものづくりが好きな個人が自宅で自分のアイデアを形にして、小ロットの商品を主にインターネットを介して市場化するという新しいビジネスが日本でも急速に広がり始めたのである。

一足先にブームが始まったアメリカでは、再選を果たしたオバマ大統領がものづくり拠点としてのアメリカの再生を目指して学校 1000 校に 3D プリンターや 3D スキャナーなどを備えた工作室をつくることを決め、フォード社でも２万人前後の設計担当者全員に 3D プリンターを配布することを決めたそうである。[1] 実際に精度の高い立体成型品を作るためには３次元 CAD のモデリングの知識が必要であるが、3D スキャナーを使って立体情報をスキャンし、web 上のオープンプラットフォームで保管され・公開されている無料のモデリングデータをベースにすることで、一から立体情報を計算して入力する手間は大幅に軽減されている。日本の大手製造業でも 3D プリンターの開発販売に着手したところが出てきており、ものづくりに情熱があるエンジニアリング系の人材にとっては、これまで培ってきた知識や技術経験を活かして、直接市場に自分のアイデアを形にして問いかけ、販売という形で収益を得ることも可能になっているのである。



図４　ワイアード誌ホームページで紹介されたＭＩＴメディアラボで開発された小型３Ｄプリンターと３Ｄスキャナーの組み合わせによるデスクトップでのモノづくりイメージ
http://wired.jp/2012/10/09/3dprinter-3dscanner/

また、3D プリンターや 3D スキャナーを購入することなくものづくりが始められる仕組みも始まっている。これはファブラボという 3D プリンターや 3D スキャナー、カッティングマシン、3D モデリングソフトなどを備えた「３次元工作室」が機器をレンタルで貸してくれ、さらにセミナーなどを通じてその使い方を教えてくれるという仕組みで、すでに日本でも数箇所設置されている。

日本の草分け的存在であるファブラボジャパンが都内で展開する「ファブラボ渋谷」を取材したとこ

This document is provided by JAXA.

ろ、個人に機器を時間貸しするだけでなく、啓蒙活動として企業とのタイアップセミナー、個人向けセミナーなども行っており、「つくりたいものは自分でつくる。そのための公共的なインフラストラクチャーとしてのファブラボを目指す」というコンセプトで活動しているとのことである。



図５　３Dプリンターでつくったポテトチップスの袋の口を止めるクリップ（渋谷ファブラボ取材にて撮影）



図６　レーザーカッターで作成したオリジナルデザインのコースター（前）と、３Dプリンターで作成したオリジナルデザインのスマホカバー（後）（渋谷ファブラボ取材にて撮影）

このようなファブラボは既に世界的に広がっており、ファブラボ同士の世界的な交流も盛んである。また、本年の８月には、世界ファブラボ会議が日本で開催されるとのことで、これから日本でも個人によるモノづくり活動が本格化する可能性があるとともに、ほとんど初期投資のリスクを負うことなくものづくりによる自己実現を図れる環境が整いつつあるのである。



図７　ファブラボ渋谷のトップページ
http://www.fablabshibuya.org/

2−4　クラウドファンディングで市場化にチャレンジ

さらに、ものづくりに限らず、アイデアやサービス、アート作品などを個人が市場にダイレクトに提案し、先行注文や寄付の形でお金を集める仕組みも出来上がってきている。これはクラウドファンディングと呼ばれるもので、web もしくはインターネットを活用して不特定多数の個人または企業からスタートアップ資金や先行注文、寄付などを集める仕組みである。

先行しているアメリカでは、購入型クラウドファンディング大手の Kickstarter サイトを活用して、若いビジネスチームが「Pebble」というパソコン連動型の腕時計で１億円以上の先行注文を得て成功したことなどから、ベンチャー企業の資金調達に活用できると急速に注目を浴びるようになった。そして世界恐慌後に個人投資家を保護する目的で作られた1933 年証券法ならびに 1934 年証券取引法で規制されていた証券発行による資金調達を行う企業への情報開示義務を、一人当たり年間投資受入額 100 万ドルまでの範囲に限って大幅に緩和するというクラウドファンディング法が、すでに 2010 年 4 月に成立している。

日本でもこのような流れを受けて、2013 年から金融庁が日本版のクラウドファンディング法の検討に入っているため、スタートアップ資金を持たない日本のビジネスマンも、優れたアイデアとプレゼンテーション能力があればネットを通じて直接市場に問いかけ、具体的な自己実現ができるシステムが構築される可能性がある。

This document is provided by JAXA.



図８　アメリカのクラウドファンディング大手
　　キックスターターのトップページ
http://www.kickstarter.com/

日本でもすでに多くのクラウド・ファンディングサイトが立ち上がってきている。

現時点での２大大手となっている。キャンプ･ファイアー、レディフォーなどのクラウド・ファンディングサイトでは、連日新しいアイデアやサービスが主に動画を活用して提案され、魅力的な案件には実際にお金がついて成立している。



図９　日本のクラウドファンディング大手
　　キャンプ・ファイアーのトップページ
http://camp-fire.jp/

このようにまだまだ黎明期ではあるが、大企業に支配されてきたビジネスの仕組みがインターネットの活用によって個人に解放されてきているのである。

３．おわりに

本研究を通して、日本における日本におけるインターネットを活用した新しいビジネスチャレンジの仕組みには、個人が定職を持ちながら、専門性を活かして手軽にチャレンジできるものが多く出現していることがわかった。このようなビジネスシステムを活用して、個人として市場と向き合い、成果を出していくような人材を企業側も高く評価して柔軟に処遇することにより、高度な人材が流出するリスクも軽減されるはずである。また、新卒学生の中にも、学生時代から市場で成功を納めるものが多く出てくると考えられるため、そのような人材にも魅力ある人事システムを用意していくことが、これからの企業には必要となってくるだろう。

今後もこのような新しいビジネスの流れを調査するとともに、自らも実際にさまざまなビジネスチャレンジを行うことにより、この新しい流れを体感し、引き続き報告していきたいと考える。

注

[1] フォードが２００００人の設計者に3D プリンターを配布
http://gigaom.com/2012/12/21/ford-engineers-have-3d-printers-on-their-desks-when-will-you-get-one/
（2013 年 1 月 25 日アクセス）

参考文献

１）クリス・アンダーソン『ＭＡＫＥＲＳ　２１世紀の産業革命がはじまる』関美和訳、ＮＨＫ出版、2012年10月25日
２）フランク・モス　『ＭＩＴメディアラボ　魔法のイノベーションパワー』千葉敏夫訳、早川書房、2012年8月25日
３）田中浩也『ＦａｂＬｉｆｅ　デジタルファブリケーションから生まれる作り方の未来』オライリージャパン、2012年7月20日
４）慎泰俊『ソーシャルファイナンス革命　世界を変えるお金の集め方』技術評論社、2012年8月1日
５）倉沢美左ほか「メイカーズ革命」『週刊東洋経済』第6438号、2013年1月12日34-60頁
６）米良はるか、稲蔭正彦「クラウドファンディング：ウェブ上の新しいコミュニティの形」『人工知能学会誌』人工知能学会（2011）
http://www.ymatsuo.com/papers/jsai11crowdfunding.pdf（2012年1月10日アクセス）
７）野村敦子「米国で成立したクラウドファンディング法とわが国への示唆」『日本総研Research Focus』2013年3月28日
８）「JOBS法の成立で注目‼ クラウドファンディングの考え方と日本企業による利用法」『旬刊経

This document is provided by JAXA.

理情報』中央経済社（1320号）, 46-49, 2012年7月20 日、46-49頁
9）『日本経済新聞』2012 年 11 月 14 日、「一人で起こせる製造業」
10）『日本経済新聞』2013 年 3 月 23 日、「ネットで小口資金調達　ベンチャー育成新手法　金融庁検討」

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.107－115

マスメディアによる法律への影響（調査研究）
― 恩寵園事件とマスメディアにおける総合的検証 ―
～新聞、テレビ、インターネットはどのように児童福祉法を改正させたか～

森　川　晴　子

第一工業大学講師　共通教育

The mass media effects on the law.
How did the mass media revise the Child Welfare Law throughout Oncho-en case?

Haruko Morikawa

Abstract

The mass media have given great effects on people, administration and world and occasionally may trigger to revise the law. This study examines how the state compensation suit to a Chiba District court approved the child abuse in Oncho-en by the principal and the staff and cause to revise The Child Abuse Prevention Law and Child Welfare Law by the effects of the mass media .

Key words : mass media, Oncho-en case, child abuse, child welfare law, children's nursing home, journalism

１．はじめに

2009 年、国連の統計により日本では７人に１人の子供が貧しい生活を送る『子供の貧困世界一』という結果が出て、早急に改善するよう国連から勧告が出された。しかしながら、日本はこの問題に真剣に取り組むことなく、2013 年、厚生労働省の社会保障審議会児童部会、児童虐待等要保護事例の検証に関する専門委員会の統計により児童虐待通報は６万件を突破。同年、心中による児童の死亡も児童虐待であると位置づけたことにより、総日数で割ると３日に１人の割合で児童が虐待により命を落としていることが明らかになった。

厚生労働省が各都道府県と通じ、平成 22 年４月１日から平成 23 年３月 31 日までの間に、児童虐待による死亡事例 82 例（98 人）を分析したところ、心中以外の虐待死事例が 45 例（51 人）、心中による虐待死事例が 37 例（47 人）、生後間もない身元不明の遺棄事例が４例（４人）、死産児の遺棄事例が３例（５人）、虐待による死亡か否かの判断ができなかった不明の事例が１例（１人）あった。

これらの統計からも分るように、児童を取り巻く日本の環境はいまだかつてないほど由々しき事態にある。専門家は、虐待は最大の戦争。家族システム、援助システム、行政システムの崩壊は国を滅ぼすと警鐘を鳴らしている。『魂の殺人』と言われる児童虐待は、もはや家庭内だけの問題ではなく、地域社会、国の問題へと発展している。

そんな中、遅々として改善されない日本の児童福祉法を大きく改正させるに至った事件があった。

1996 年、千葉県船橋市にある児童養護施設『恩寵園』で起きた施設内虐待事件である。

児童養護施設とは児童福祉法に定められた児童福祉施設の一つで、災害や事故、親の離婚や病気、虐待や不適切な養育を受けるなどの事情により、家族による養育が困難な２歳から 18 歳の児童のための家庭に替わる家である。厚生労働省の統計によると、現在、児童養護施設に入所する児童の９割が両親による虐待となっている。行き場のなくなった児童を救う行政最後の砦、社会的養護下である『恩寵園』で入所児童が施設園長とその家族、職員によって長期にわたり、凄まじい虐待や性的暴行を加えられていた。児童養護施設とは社会的意義のある事業で、そこで何が起ころうと行政も国も口を出すことのない世界であり、密室で行われる虐待は訴えたとして

This document is provided by JAXA.

も実証できないため、立証されることがなく、被害者達は泣き寝入りするしかなかった。

それがマスメディアの影響により、『恩寵園』の園長と監護権のある千葉県を４つの刑事及び民事事件で告訴し、法廷で施設内虐待を認定させ、同園の虐待行為の事実を知りながら、園長に何の改善対策を打ち出さなかった千葉県にもその責任を認めさせた事件が起こった。恩寵園事件である。更に、この事件を受けて2008年11月26日に『児童養護施設内での虐待は禁止』という条例が日本の児童福祉法に初めて出され、2009年4月より施行された。施設職員等による虐待は児童本人からの届出や周囲の者からの通告を受けると、都道府県市等は調査し、公表する制度が法定した。この改正児童福祉法の施行により、今まで見過ごされてきた児童養護施設虐待が徐々に明るみに出るようになった。

本論では立証不可能といわれた児童養護施設内虐待を法廷の場で認めさせ、児童福祉法をも改正させた恩寵園事件におけるマスメディア――新聞報道、テレビ、インターネットを総合的に検証し、いかにマスメディアが恩寵園事件に影響を与えたか調査研究を行った。

２．恩寵園事件とマスメディアの総合的検証

２－１　恩寵園事件とマスメディア

児童養護施設内虐待が知られるようになったのは1982年、岡山市の児童養護施設『善隣館』で６歳女児が児童６人から集団暴行を受け死亡した事件からだ。その翌年には、東京都内の児童養護施設『錦華学園』に入った少年が施設内性暴力を受けて15歳で退所した３年後に女子大生強姦殺人事件を起こし、一審で無期懲役判決を受けたことにより、『児童養護施設』と『施設内虐待』という言葉が新聞で広く報道されるようになった。この２つの事件を受けて本格的にマスメディアが調査報道に動き出した。今まで国から入所児童の措置費が支給される社会的養護下であるはずの施設内での虐待は、不祥事や事故として隠蔽されてきた。マスメディアは、調査取材を続け、事態の深刻さや対策の必要性に気づいた矢先、発覚したのが恩寵園事件だ。

『恩寵園』は、1946年に戦災孤児のための施設として開設され、1952年に社会福祉法人の認可を受けた。その後、児童福祉法に基づく児童養護施設として、児童相談所を介し、様々な事情で保護者と暮らせない児童２歳から18歳までの児童70人が生活している。虐待で告訴された園長は、初代園長の次男であり、当事、社会福祉法人の理事長も務めていた。

1996年４月千葉県船橋市にある児童養護施設『恩寵園』で、入所していた児童13人が園長、園長の次男と職員からの死に至りかねない虐待を苦に施設から逃げ出し、県内にある児童相談所に保護を求めた。その際、市川児童相談所に赴いた人権弁護士が児童に聞き取り調査を行った所、凄まじい虐待が行われていたことが発覚。

その内容は、長時間の正座、男児の性器に鋏を当てる、乳幼児を麻袋に入れて木に吊るす、乾燥機に入れて回すなどだった。しかし、千葉県はその事実を否定し、児童たちを園に戻し、園長には口頭指導しただけだった。このため児童は児童相談所で事情を聞いてくれた女性弁護士を代理人として人権救済を申し立てたり、県知事に手紙を書いたが、千葉県は一切取り合わなかった。

事件当初は、地元新聞が恩寵園事件を伝えたが、事態の深刻さに、大手新聞社が取り上げたことにより施設内虐待事件を知った市民が、『恩寵園の子供を支える会』を立ち上げ、千葉県を相手取り住民起訴を起こすに至った。しかし、起訴は棄却され、園長も職員達も解職されることはなかった。その後、日本テレビ局特捜報道ドキュメントが、恩寵園卒園生や元園職員に取材調査した結果、1999年に同局にて放映すると、異例な反響が起こり、同番組を見た国会議員が千葉県へ勧告することになる。この報道を受けて千葉県警、行政、そして国も動き出し、2000年１月、千葉地裁はようやく園長の虐待を認定した。また、刑事告発を受けて警察官が施設内を家宅捜索し、園長は入所児童に対する傷害容疑で書類送検、更に同年８月には園長の次男で指導員が、入所児童に対する強制猥褻・婦女暴行容疑で逮捕された（懲役５年の実刑）こうした動きを受けた千葉県は園長の解職を含む改善勧告を出し、社会福祉法人の理事を一新する改善計画を提出させることに成功。その後、恩寵園を退所させられた卒園生11人が原告となり、損害賠償を請求する民事起訴を起こす。最高裁は一審同様に、千葉県の賠償責任は認めたが、園長個人の賠償責任は認めなかった。最終的に決着がついたのは2010年11月。損害賠償金が支払われたのは翌年。実に15年間かかっている。当事、中学生だった児童たちは30代になっていた。

This document is provided by JAXA.

恩寵園事件時系列と報道
（『施設内虐待を許さない会』よる）

1996年（平成8年）4月
入所児童13人が脱走し、児童相談所に逃げ込み、児童相談所職員に園長・妻・指導員で園長の次男・主任保母の虐待の事実を話し、辞めさせて欲しいと訴えた。しかし児童相談所及び千葉県児童家庭課は子どもたちの声に真剣に耳を傾けず、子どもたちを園に返した。

1996年（平成8年）4月
千葉県の子ども人権委員会の弁護士が子どもの権利侵害の問題を取り上げた。新聞報道で事件が明るみになる。

1996年（平成8年）6月
新聞報道を見た一般市民により、『恩寵園の子ども達を支える会』が発足され、児童と市民・弁護士が連絡をとり、改善に向けて動き始める。

1996年（平成8年）9月
恩寵園子ども自治会のメンバーが県庁に行き虐待の事実を訴える。千葉県は「園長を辞めさせることができない」と訴えを聞き入れず。

1996年（平成8年）10月
新聞報道に、『支える会』が千葉県に恩寵園問題解決を求めることを載せ、1049人分の署名が集まる。

1997年（平成9年）7月
『支える会』が、「虐待をやっていた園長に支出した人件費は違法」として、千葉県に対し措置費を返還するよう住民監査請求を起こしたが、9月に棄却。

1997年（平成9年）10月
新聞報道に『支える会』が、「虐待をやっていた園長に支出した人件費は違法」として、千葉県に対し措置費約590万円を返還することを求める訴訟を千葉地裁に提訴したと載る。

1999年（平成11年）9月
日本テレビ局特捜報道ドキュメントで恩寵園事件を大々的に取り上げ、異例の反響を呼ぶ。厚生省はテレビ報道された卒園生の虐待証言が、千葉県の報告以上のものであったことから、事実認定の再調査を指導。

1999年（平成11年）12月24日
日本テレビ局の番組よる、現在もなお児童が職員らに体罰を受けている証言を元に、『支える会』が暴行・傷害容疑で園長と職員を千葉県警に刑事告発。

2000年（平成12年）1月27日
園長への県の括置費支出をめぐる住民訴訟判決。千葉地裁は、支出の返還を求める原告の訴えを棄却したものの、17歳の退園女子児童が裁判で証言した17件の件罰及び虐待を認定。さらに「園長の解職を含む改善勧告を出さなかった県は違法である」と指摘。

2000年（平成12年）2月16日
テレビ報道：恩寵園において、児童に対する体罰が繰り返されていたとして、千葉県警捜査一課は、傷害容疑で恩寵園の実況見分を行うと共に、関係者から事楕聴取を行う。

2000年（平成12年）2月16日
テレビ・新聞報道：千葉県は恩寵園に対して、「園長の解職も含む施設運営の抜本的な改善を求める勧告」を行う。千葉県社会部長は「勧告を行わなかったことで、結果として体罰の再発を許してしまったことは本当に申し訳ない」と対応の誤りを認め謝罪。

2000年（平成12年）2月23日
厚生省は千葉県に対して園を運営する社会福祉法人の理事全員の辞職など、法人の抜本改革を促すよう指導。

2000年（平成12年）3月8日
日本テレビ特捜報道ドキュメントを見た国会議員より、千葉県警に強制捜査させ、恩寵園元園長の次男指導員を女子児童への強制猥褻容疑で逮捕。

2000年（平成12年）3月10日
恩寵園の卒園生が、虐待によるトラウマなど精神的後遺症に苦しんでいる」として園長、千葉県を相手に、総額1億1千万円の損害賠償を求めて、千葉地裁に提訴。

2000年（平成12年）3月22日
異例のテレビ局が衆議院会館にて「児童養護施設『恩寵園』の虐待児県について意見を聞く会」で児童の訴える姿を放映、多数の国会議員及び秘書が参加。

2000年（平成12年）3月29日
テレビ・新聞報道：千葉地検は、元園職員であり、園長の次男で元指導員を強制猥褻罪容疑で、千葉地裁に起訴。

2000年（平成12年）4月3日
元指導員で園長の次男が、他の児童にも猥褻行為をしていたとして、再逮捕。

2000年（平成12年）4月18日
法人恩寵園は、園長の退職を含む改善計画書を県に提出。園長は解雇となり、退職金は支払われないこととなる。

2000年（平成12年）4月25日
千葉地検、園長の次男で職員を強制猥褻容疑で追起訴。

2000年（平成12年）5月26日

This document is provided by JAXA.

新聞報道：元園長が、「在職中に園児をハサミで切るなどしてけがをさせた」として、障害の疑いで逮捕。

2000年（平成12年）6月6日

新聞報道：千葉地検は、元指導員、元園長の次男を婦女暴行の罪で追起訴。

2000年（平成12年）6月15日

テレビ・新聞報道：千葉地検、元園長を傷害罪の容疑で千葉地裁に起訴。

2000年（平成12年）7月12日

テレビ・新聞報道：元指導員で元園長の次男の初公判が千葉地裁で開かれ、起訴事実をほぼ認める。

2000年（平成12年）9月8日

新聞報道：元園長の初公判。「怪我は事故」と否認。

2000年（平成12年）10月25日

テレビ・新聞報道：千葉地裁は、元指導員に強姦と強制猥褻の罪で懲役４年の実刑判決を言い渡す。控訴せず。

2001年（平成13年）3月8日

テレビ・新聞報道：恩寵園卒園生 11 人の損害賠償請求裁判第１回公判。

2001年（平成13年）7月27日

園長に対し、千葉地裁は懲役８カ月の実刑判決を言い渡す。園長は控訴。

2002年（平成14年）10月9日

テレビ・新聞報道：園児への傷害罪で無罪を主張していた元園長に最高裁は９日までに、被告側の上告を退ける決定。懲役８月、執行猶予３年の有罪判決が確定。

2009年（平成20年）4月

テレビ・新聞報道：恩寵園事件を受け、施設内虐待は禁止であると児童福祉法改正し施行。

2011年（平成23年）11月

テレビ・新聞報道：上告棄却し、千葉県が損害賠償 460 万円を支払うことで決着。園長個人の責任は問われず。

恩寵園事件を受けて、2009 年４月に施行された児童福祉法改正の７節に「施設内虐待の防止、児童養護施設等における虐待を発見した者の通告義務、通告があった場合の都道府県や都道府県児童福祉審議会等が講ずべき措置等施設内虐待の防止のための規定を設ける」が盛り込まれたことにより、施設内虐待が表面化するようになった。

厚生労働省によると、「被措置児童等虐待」とは施設職員等が入所等している児童について、

① 身体に外傷が生じ、又は生じるおそれのある暴行を加えること
② 猥褻な行為をすること又は猥褻な行為をさせること
③ 心身の正常な発達を妨げるような著しい減食又は長時間の放置等を行うこと
④ 著しい心理的外傷を与えること

と定義されている。

また、改正児童福祉法が施行された 2009 年度に全国 47 都道府県、18 指定都市及び２児童相談所設置市を対象に通告・届出があった被措置児童等虐待に関する事例について、その届出・通告等の状況、それに関する調査等の状況についてとりまとめたところ、214 件の施設内虐待の通告・届出があり、59 件、120 人の児童の被害が確認された。虐待の事実が認められた施設等のうち多かった種別は、「児童養護施設」が 29 件（49.2％）、「児童自立支援施設」が９件（15.2％）であった。虐待の種別･類型は､「身体的虐待」が 41 件（69.5％）、「心理的虐待」が７件（11.9％）「性的虐待」が７件（11.9％）､「ネグレクト」が４件(6.7％)であった。虐待を受けた児童の性別は、「男」が 55.8％、「女」が 44.2％であり、就学等の状況は、「小学生」が 42 人（35.0％）、「中学生」が 42 人（35.0％）、「高校生」が 11 人（9.2％）、「未就学児童」が 14 人（11.6％）であった。

2010 年度は 176 件の通告・届出で、39 件、103 人の被害が判明した。虐待の内容は身体的虐待 64 件、65.3％、性的虐待 16 件、16.3％心理的虐待 11 件、11.2%、ネグレクト７件、7.1% となっている。加害職員は懲戒解雇されたり、自主退職したほか、児童福祉法違反や青少年健全育成条例違反容疑で逮捕されたケースもあった。

表１　平成21年度における被措置児童等虐待届出等制度の実施状況　②届出・通告者

	児童本人	児童本人以外の被措置児童	家族・親戚	当該施設・事業所等職員、受託里親	当該施設・事業所等元職員、元受託里親	学校	保育所	市町村	近隣・知人	医療機関	その他	不明（匿名を含む）	合計
人数	90	30	23	67	5	1	1	3	9	1	16	12	258
構成割合（%）	34.8	11.6	8.9	26.0	1.9	0.4	0.4	1.2	3.5	0.4	6.2	4.7	100.0

（厚生労働省による統計）

This document is provided by JAXA.

表２　平成21年度における被措置児童等虐待届出等制度の実施状況　③届出・通告先

	児童相談所	都道府県市の担当部署	都道府県市児童福祉審議会	都道府県市の福祉事務所	市町村	合計
件数	112	94	4	0	4	214
構成割合（%）	52.3	43.9	1.9	0.0	1.9	100.0

（厚生労働省による統計）

表３　平成21年度における被措置児童等虐待届出等制度の実施状況　③届出・通告先

	社会的養護関係施設				里親等	知的障害児施設	児童相談所一時保護所	合計
	乳児院	児童養護施設	情緒障害児短期治療施設	児童自立支援施設				
件数	2	29	2	9	9	4	4	59
構成割合（%）	3.4	49.2	3.4	15.2	15.2	6.8	6.8	100.0

（厚生労働省による統計）

２－２　恩寵園事件における『伝統メディア』の影響力

恩寵園事件が約15年間の司法の闘いの果てに、日本で初めて未成年の原告によって施設内虐待を法廷の場で認定させ、児童福祉法改正へと至るに及んだ経緯にマスメディアの力は大きい。事件が発覚したのが1996年であることから、当事のメディアは、『伝統メディア』と呼ばれる新聞、テレビ、ラジオ放送で主であった。瞬発力としては地元紙が一番であり、虐待を訴えるために脱走した13人の児童の事件は翌日に取り上げられた。しかし、それを受けて千葉県は施設内虐待をもみ消すために、「脱走した13人の児童たちは、保母と園長の喧嘩を見て不安になり児童相談所へ駆け込んだだけであり、虐待そのものはなかった」と、翌々日の新聞に載せて、脱走した児童全員を恩寵園へ送り返した。やがて地元紙だけでなく、大手新聞社が調査に入り、大々的になったことで、事実を知った千葉県の住民が、施設内虐待を隠蔽し、改善しようとしない千葉県に憤慨し、『恩寵園の子供達を支える会』を作り2000人分の署名を持って、県へ要請を提出した。民間支援団体と司法の強い関わりは新聞報道がなければ、事件発覚後の早い段階で生まれなかったのである。

民間支援団体は、その後、虐待を受けた児童に代わって県を相手取り住民起訴裁判を起こす。入所児童は未成年であることから、裁判を起こすには親権の委任状が必要だが、実親は事情を抱えて離れた場所におり、親権の代行者は当の園長自身なのだ。そこで、市民が児童に代わったのだ。起訴内容は、児童らに体罰を振るう園長の給料を県民の税金から払うのはおかしいというものだが9月に棄却。その結果を受けて翌月に「虐待をする園長に支出した人件費は違法」として千葉県に対して措置費約590万円を返還することを求める起訴を千葉地裁に提訴した。しかし翌月に住民監査請求は却下。

結果、法的に園長に罪はなく、虐待もなかったこととなり、恩寵園は改善勧告もされずに、園長も虐待した職員達も元の鞘に戻り、虐待は更に悪化の一途をたどった。新聞報道は裁判の経過を報告するだけに留まり、児童相談所へ逃げ込んだ児童13人がその後、どうなったのか報道することはなかった。新聞報道も途絶え、民間団体は次にどんな手を打つべきか、司法も児童を救出する良い案がなく途方に暮れていた。その間、虐待した園長は、脱走した13人の児童を教護院や養育意志のない両親の元へ送ることで措置解除し、園から追い出した。行政も国も虐待の温床になっている恩寵園をそのままにし、擁護されるべき児童を見放したのだ。

そんな中、『伝統メディア』のもう一つ、テレビ報道が動き出した。1999年、日本テレビ局の特捜報道ドキュメントの取材班により恩寵園事件を徹底取材し、卒園生や脱走した児童のうち4人に密着し、信頼できる情報を吟味し、実際にどのようなことが園内で起こっていたのか、園長や職員らによる虐待行為がいまだに続いていることなど関係者の証言を得ることに成功し、その一部始終を再現映像及び恩寵園卒園生の『生の声』で放映した。本番組は大反響を呼んだ。同番組のＤＶＤを国会議員全員に配布したことから、それを見た国会議員が千葉県を召還し、県警に捜査をさせるに至った。

千葉県警が恩寵園を捜索すると、園長の次男で指導員の部屋から大量の入所児童の猥褻写真やビデオなどが押収され、現行犯逮捕となった。恩寵園事件を担当する弁護団体は、世論が恩寵園事件に再び、関心を持つようになったことを受け、園長と千葉県を相手に賠償責任を問う民事裁判を起こした。

This document is provided by JAXA.

実に、テレビ番組報道後に行政や国が動き、恩寵園事件は4つの大きな裁判に発展する。一つの児童養護施設において、4つの裁判を起こされるのは日本の児童福祉史上、初めてのことである。

同番組のＤＶＤは、元卒園生ら原告による賠償請求裁判の際、証拠物件としても認められた。日本テレビ局の特捜報道ドキュメントが恩寵園事件を取り上げなければ、永遠に闇に葬られていたといっても過言ではない。

また、同番組は他施設の入所児童へも影響を及ぼした。岡山県にある児童養護施設『津山双葉園』の入所児童が、同番組における恩寵園の園長や職員による虐待報道を見たところ、「うちの施設でも同じことが起きている」と、警察に通報した。のちに『津山事件』として発展するこの施設内虐待事件は、4歳から18歳までの入所児童に、無賃金で早朝から深夜過ぎまで強制労働をさせていたもの。卒園生ら原告は2004年に施設を相手取り賠償請求の民事裁判を起こしている。同裁判で、未成年児童への不法労働内容として明るみに出たのは、東急ハンズの紙袋や園の近所のパン屋でパンを作らせていたという信じられない事実だった。

このように、テレビ放映によって今まで施設内での職員や園長よる虐待を虐待と思わずに耐えてきた児童たちに情報を与えるだけでなく、自分達の置かれた状況についても考えさせるようになったのである。新聞やテレビといった『伝統メディア』の一斉同胞機能が有効に作用した結果だといえる。

２－３　恩寵園事件における『新興メディア』の影響力

恩寵園事件が1996年に発覚してから決着をつけるまでの2011年の間に、マスメディアは大きな転換期を迎えた。それは、『新興メディア』と呼ばれるインターネットと携帯電話の到来である。『伝統メディア』と呼ばれる新聞報道やテレビ放映やラジオ放送が恩寵園事件を表面化させ行政をも動かすことに至った。しかし、それは新聞やテレビといった情報を得られる人にのみ限られている。恩寵園事件においては、被害者や被害者を支える民間団体、弁護団にとっては有効に機能していた。だが、恩寵園で働く職員にとって『伝統メディア』は手に届かない所にあった。

当事の恩寵園は、全職員の住居が同施設内にあり、自由に外出することも外と連絡を取ることも禁じられていた。虐待が発覚した多くの児童養護施設は恩寵園と同様に、園長の情報規制が厳しい。職員の証言によると、職員がテレビを視聴できるのは土日の昼一時間のみで主に幼児番組あり、ニュースなどの情報番組を見ることは禁止されていた。新聞の閲覧も禁止されており、職員室にある電話の使用も制限されていた。そのため職員達は、園長の言葉だけを信じていた。報道記者や卒園生の代理人となった弁護団が来園しても、園長が、「彼らは恩寵園を潰そうと企む人たち」といえば、その言葉を信じるしかなかった。多くの職員は短大や大学を卒業したばかりで、世間に疎く、洗脳されやすい。住み込みということで、職を失うことは住居も失うことになるため、園長の虐待行為がおかしいと感じた職員は、異を唱えたくても、唱えることが出来ず、次第に洗脳されて、一緒になって虐待したという職員も少なからずいた。

職員達が、恩寵園での『体罰』を『虐待』だと認識を改めるにいたったのには、『新興メディア』であるインターネットの情報と携帯電話による外部との連絡交換が大きい。

職員の一人が、事実を確認するべく、園長ら虐待を先導した職員がいない深夜にインターネットで恩寵園を検索し情報を得たことで、園長の言っていることが間違いであり、自分たちが洗脳されていることを知るに至った。また、インターネットの情報により恩寵園の卒園生達が園長と千葉県を相手に、損害賠償責任を問う民事裁判を起こしていることも知り、「園長らは間違っている」という決定的な認識が職員達の間に生まれたのである。インターネットのサイトには、民間団体のメールアドレスが記載されていた。職員たちはメールを通して、卒園生や弁護士たちと連絡や情報交換をし、現在の恩寵園の様子を逐一報告するようになった。また民間団体は、ネットを通じ裁判資金も募っており、その支援は瞬く間に全国に広まった。

『新興メディア』と呼ばれるインターネットの大きな利点は個人レベルでの情報収集である。個人の自由な時間と場所でアクセスできるということは、テレビや新聞報道などの『伝統メディア』を規制されている人々にとって唯一の情報源になる。またテレビや新聞と違い、場所や時間を選ばず、瞬時にネットやメールを通して全国、全世界へ訴えることが出来る。

現在、『新興メディア』は、『オンラインメディア』と呼ばれ、『伝統メディア』にとって変わる勢いで

This document is provided by JAXA.

ある。その原因の一つに、少子高齢化傾向で住居環境が単身・マンションの比率が高まっていることがあげられる。『伝統メディア』は単身ではなく世帯を対象にしたメディアとする人も多い。単身世帯での新聞購読者及びテレビ所有者は年々、減少している。時間や場所を選ばない『オンラインメディア』の方が単身世帯の生活においてニーズにあった情報源になっている。

1999年に恩寵園事件がテレビ特捜報道ドキュメントで放映されて以降は、『オンラインメディア』が恩寵園事件の解決に大きな足がかりをもたらした。民事裁判の原告になった恩寵園卒園生の多くは、単身世帯であり、『伝統メディア』の情報を得られない者たちだった。インターネットや携帯電話などの『オンラインメディア』がなければ、恩寵園が賠償責任を問う民事裁判を起こそうとしている事実を知ることもなく、その後の民事裁判の原告に加わることもなかったのである。

３．恩寵園事件の４件の裁判と児童福祉法改正

３－１　恩寵園事件の4件の裁判

『伝統メディア』と『新興メディア』、二つのマスメディアが有効に機能し、恩寵園は児童福祉史上初の同一施設の園長と行政を四つの裁判で起訴するに至った。下記がその四つの裁判と判決である。

（１）1997年（平成9年）1月27日措置費返還住民訴訟

1997年（平成９年）10月、恩寵園の子どもたちを支える会が、「虐待した園長に支出した人件費は違法」として、千葉県に対し措置費約590万円を返還することを求める訴訟を千葉地裁に提訴。

2000年（平成12年）1月27日、恩寵園長への県の括置費支出をめぐる住民訴訟判決。千葉地裁は支出の返還を求める原告の訴えを棄却したものの、17歳の卒園生が裁判で証言した17件の体罰及び虐待を認定。さらに「園長の解職を含む改善勧告を出さなかった県は違法である」と指摘したが、「園長の人件費相当分を減額しなかった支出にはあたらない」とした。

法廷の場で初めて虐待と認定された
恩寵園園長による17件の虐待
（『養護施設の児童虐待　立ち上がった子供達』
第一章ｐ39～ｐ43明石書店より）

① 子供が傷を押えていたティッシュに火をつけ、軽度の熱傷をおった。
② 男子児童の性器に鋏を入れた。その傷は未だに残っている。
③ いたずらをした児童に「そんなことをする手はいらない」と剪定バサミで切った。その傷は未だに残っている。
④ 男子児童に死んだ鶏を一晩中抱えて寝ろと命令した。
⑤ 児童の服の着方が気に入らなかったため服の袖を切った。
⑥ 児童の顔を裏拳で激しく殴り大量出血させた。
⑦ ポルノ雑誌を見た児童に正座をさせ、その状態のままで若い保母に写真撮影をさせた。
⑧ 朝鮮籍の児童に、差別的発言をした。
⑨ いたずらの罰として男子児童をモヒカンにした。
⑩ 度々、児童を24時間正座。不眠不休でトイレにも行かせなかった。
⑪ 幼児を業務用乾燥機に閉じ込め何度も回した。
⑫ 児童を火傷可能な熱い風呂に無理やり入れた。
⑬ 女子児童を丸坊主にして外出登校させた。
⑭ 高校生女子を下着一枚にして、一日中立たせた。
⑮ プロミスリングをつけた児童の足首を包丁で切った。
⑯ 児童を麻袋に入れ、木や国道沿いの塀に吊るした。
⑰ 服の着方がおかしいと注意され、服を鋏で切られた。

（２）卒園生による損害賠償請求訴訟

2000年（平成12年）３月10日、恩寵園の卒園生が、「施設の中で受けた虐待により、卒園後もトラウマなど精神的後遺症に苦しんでいる」として、恩寵園園長と千葉県を相手に、総額１億１千万円の損害賠償を求めて、千葉地裁に提訴。

2010年11月５日最高裁・第三審判決は卒園生の虐待認定し、損害賠償額計430万円を監護権のある千葉県に支払いを求めた。虐待認定はしたものの園長の責任は認めなかった。

2011年11月、損害賠償金が原告に支払われる。

（３）大浜浩元園長傷害暴行裁判

1999年（平成11年）12月24日『支える会』が、現在も児童が職員ら虐待を受けている証言を元に暴行・傷害容疑で園長と職員を千葉県警に刑事告発。

2002年（平成14年）10月９日、傷害罪に問われ、無罪を主張していた恩寵園園長に最高裁は被告側の上告を退け、懲役８月、執行猶予３年の有罪判決が確定する。

This document is provided by JAXA.

（４）恩寵園園長次男による小学生強姦・強制猥褻裁判

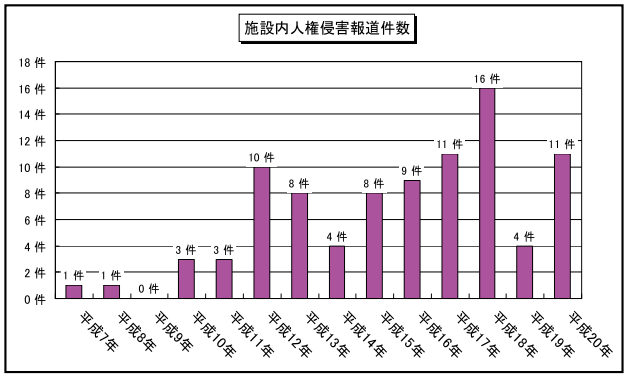
2000 年（平成 12 年）3 月 8 日、千葉県警は恩寵園園長の次男指導員を女子児童への強制猥褻容疑で逮捕。

2000 年（平成 12 年）10 月 25 日、千葉地裁は恩寵園長の次男指導員に強姦と強制猥褻の罪で懲役４年の実刑判決を言い渡す。控訴せず判決確定。

３－２児童福祉法改正と施設内人権報道

表面化しにくい児童養護施設内虐待に対してマスメディアは根気よく取材、調査、報道をしてきた。『施設内虐待を許さない会』によると平成７年から平成２０年の間に報道された施設内虐待等の人権侵害は、８９件である。新聞やテレビ放映などで施設内虐待を扱った番組を見た児童たちが人権に対する意識を高く持つことなり、報道件数も年々増加している。

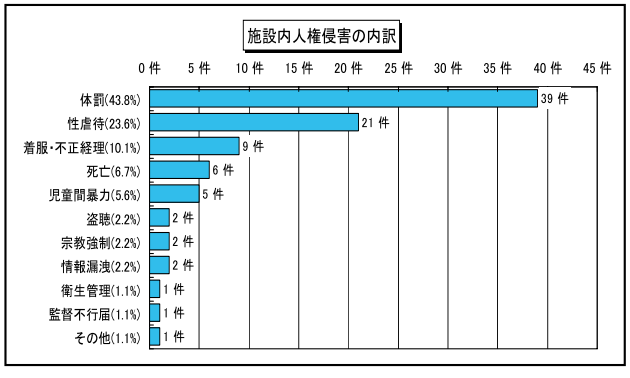
図４　施設内虐待の報道件数



（施設内虐待を許さない会）

施設内人権侵害報道の内訳は、体罰が 39 件（43.3%）性虐待関係が 21 件（23.6%）である。

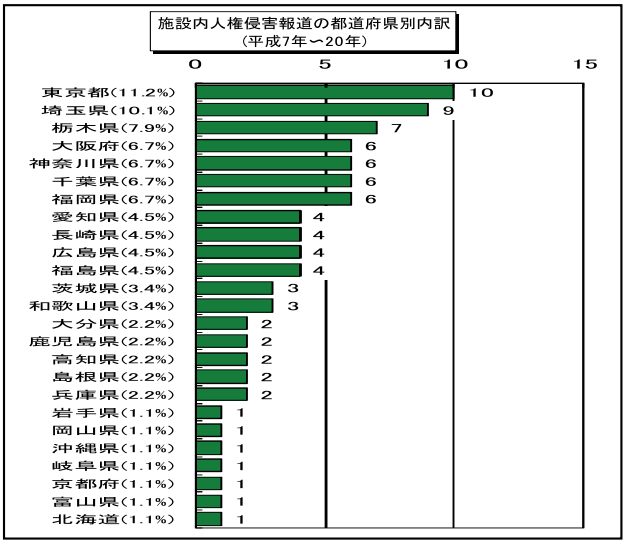
図５　施設内人権侵害の内訳



（施設内虐待を許さない会）

都道府県別に施設内虐待報道を見ると、東京都が最多である。今後、報道がより全国的に広がれば、まだ表面化されていない地方の施設内虐待が明るみに出る可能性がある。

図６　都道府県別の施設内人権侵害報道



（施設内虐待を許さない会）

弁護士らが訴え続けてきた「施設内虐待の禁止」はマスメディアの力により、市民や国会議員、厚生労働省へ強い関心を持たせ、2008 年 11 月 26 日に「改正児童福祉法」が全会一致で成立し、2009 年４月より施行された。

児童福祉法　第七節　被措置児童等虐待の防止等
第三十三条の十（児童福祉法より抜粋）

この法律で被措置児童等虐待とは、小規模住居型児童養育事業に従事する者、里親若しくはその同居人、乳児院、児童養護施設、障害児入所施設、情緒障害児短期治療施設若しくは児童自立支援施設の長、その職員その他の従業者、指定医療機関の管理者その他の従業者、第十二条の四に規定する児童を一時保護する施設を設けている児童相談所の所長、当該施設の職員その他の従業者又は第三十三条第一項若しくは第二項の委託を受けて児童に一時保護を加える業務に従事する者（以下「施設職員等」と総称する。）が、委託された児童、入所する児童又は一時保護を加え、若しくは加えることを委託された児童（以下「被措置児童等」という。）について行う次に掲げる行為をいう。

一、被措置児童等の身体に外傷が生じ、又は生じるおそれのある暴行を加えること。

This document is provided by JAXA.

二、被措置児童等に猥褻な行為をすること又は被措置児童等をしてわいせつな行為をさせること。
三、被措置児童等の心身の正常な発達を妨げるような著しい減食又は長時間の放置、同居人若しくは生活を共にする他の児童による前二号又は次号に掲げる行為の放置その他の施設職員等としての養育又は業務を著しく怠ること。
四、被措置児童等に対する著しい暴言又は著しく拒絶的な対応その他の被措置児童等に著しい心理的外傷を与える言動を行うこと。

４．おわりに

本論を通して、マスメディアの力がなければ恩寵園事件は児童福祉史上初となる施設内虐待を法廷の場で認定させ、児童福祉法をも改正させることは成しえなかった。このように、マスメディアによって与えられた情報は、市民の心を動かし、行政を動かし、国を動かし最終的には人命を救うことにつながる。2009 年に改正された児童福祉法は、その後も年々、改正を加えている。しかし、児童虐待は悪化の一途を辿っている。今後もマスメディアが社会の弱者や表面化しにくい事象に光を当て、問題の核まで掘り下げて情報発信することでより良い社会の助けになることを期待する。

参考文献

１）山田健太『言論の自由：拡大するメディアと縮むジャーナリズム』ミネルヴァ書房、2012年12月30日
２）川崎泰資、柴田鉄治『検証日本の組織ジャーナリズム NHKと朝日新聞』岩波新書、2004年12月21日
３）『児童福祉六法平成25年版』中央法規出版、2013年1月10日
４）恩寵園の子供達を支える会編『養護施設の児童虐待　たちあがった子どもたち』石書店、2001年7月31日39-43頁
５）内虐待を許さない会 http://gyakutai.yogo-shisetsu.info/speech/20081215hiroshima-speech.pdf
６）厚生労働省『成21年度度における被措置児童等虐待届出等制度の実施状況』 http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000000ybr9-att/2r9852000000ybzv.pdf
７）児童虐待防止法令編集委員会『児童虐待防止法令ハンドブック 平成21年版』央法規出版、2009年9月
８）恩賜財団母子愛育会日本子ども家庭総合研究所「子ども虐待対応の手引き―平成21年3月31日厚生労働省の改正通知」、有斐閣出版、2009年9月
９）津崎哲郎、橋本和明「最前線レポート　児童虐待はいまー連携システムの構築に向けて」ミネルヴァ書房、2008年10月
10）ピート・ハミル「新聞ジャーナリズム」武田徹訳、日経ＢＰ社、2002年4月
11）ジェームス・カラン「メディアと権力―情報学と社会環境の革変を求めて」渡辺武達訳、論創社 2007年4月
12）湯川鶴章「ブログがジャーナリズムを変える」NTT出版、2006年6月24日
13）日本マス･コミュニケーション学会「マス･コミュニケーション研究（第66号）」学文社、2005年2月4日
14）筑紫哲也、佐野真一、野中章弘、徳山喜雄「ジャーナリズムの可能性４」岩波書店2005年5月10日

謝辞

本調査研究に協力いただいた「恩寵園事件」の原告団である恩寵園卒園生、原告弁護団、「恩寵園の子供たちを支える会」の会員の皆様に感謝する。

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.117－119

Ｈ．Ｊ．ラスキの多元的国家論
―「主権三部作」を中心に―(2)

今　市　隆　一

第一工業大学　講師

Pluralistic Theory of the State of Harold J.Laski
― Study of His Earlier View on Sovereignty ―(2)

Ryuichi Imaichi

Instructor

Abstract

In this treatise upon political theory, I propose to discuss Laski's views on state and sovereignty from the point of view of the nature of the state and political power. Laski thought that the parts of the state are as real and as self-sufficient as the whole and that the state is distributive and not collective. The state,therefore,is one of the many associations,such as a cricket club.According to his early writings,he denies that it is inherently entitled to primacy over other groups.Therefore,the sovereignty of the state does not different from the power of a church or a trade union.

Key words : *state sovereignty　political pluralism　pluralistic theory of the state*

Ⅰ．略語・はじめに
Ⅱ．多元主義の哲学的基礎
Ⅲ．国家と社会の区別（前稿(1)は以上ここまで）
Ⅳ．主権の可分性＝多元性（本稿(2)は以下最後まで）
Ⅴ．国家の目的
Ⅵ．おわりに

※次の「英文略語」は本稿の「註」で用いたもの.

ＰＴＥ　○ Political Thought in England : from Locke to Bentham（1916）
【全訳】『イギリス政治思想Ⅱ』堀豊彦ほか訳（岩波書店）

ＳＰＳ　○ Studies in the Problem of Sovereignty（1917）

ＡＭＳ　○ Authority in the　Modern State（1918）

ＦＳ　○ The Foundations of Sovereignty and Other Essays（1921）
【部分訳】『主権の基礎』渡辺保男訳，世界の名著 60（中央公論社）

ＫＭ　○ Karl Marx（1922）
【全訳】『カール・マルクス』服部辨之助訳【角川文庫】（角川書店）

ＧＰ　○ A Grammar of Politics（1925）
【全訳】『政治学大綱』横越英一ほか訳, 上・下巻（法政大学出版局）

ＨＬＬ　○ Homes-Laski Letters,1916-1935.（1953）
【抄訳】『ホームズ－ラスキ往復書簡集』鵜飼信成訳（岩波書店）

Ⅳ．主権の可分性＝多元性

これまで国家の主権は最高不可分とされてきたが，ラスキはこれを否定し，全体社会内の教会や労働組合といった各種団体は，それぞれその目的達成上，主権を有すると主張する．ラスキの『近代国家における権威』によれば，国家は単に「多くの形態

This document is provided by JAXA.

における人間の団体のうちの一つ[1]」であるにすぎず，かかるものとして，個人の忠誠に対してなんら特に優越した要求権を有すべきものではなかった．

政治における集団の役割の増大[2]は，ヘーゲル的な国家論を否定して，国家もまた集団の一つであり，ただ他集団の異なった諸機能を調整する点で相対的優位性をもつにすぎないことを明かにした．

Ⅴ．国家の目的

ヘーゲル流の一元的国家論では，国家は単に国家たることが目的であったが，ラスキは国家の目的を明確に措定している．ラスキは，国家は無条件に存続しうるものではないと主張する．つまり国家は，その構成員の最大可能な範囲での幸福を実現することを目的とし，その構成員から存続への同意を不断に獲得しなければならないのである．すなわち「国家が成功する唯一の根拠は，国家の目的が反対者の目的よりも道徳的に勝っている場合である．個人が支持を国家に与えたり，国家から求められたりすることができる唯一の根拠は，国家の目ざしていることが，それぞれの特定の行動において善いという確信からである．すなわち我々は理想国家の一般的目的が，ある特別の国家の行動の政策を潤色するということを否定する．そしてこの否定には国家の各成員から絶えず国家の目的と方法について吟味されることがふくまれているのである．[3]」

Ⅵ．おわりに

現在，多元主義はイギリスの「政治的多元主義」，アメリカの「多元主義理論」，アジア・アフリカ諸国の「多元社会理論」という３つの多元主義がいわば３つ巴になって研究されている[4]．これに「価値多元主義[5]」を加え，いまや多元主義は時代をひも解く鍵となっているといっても過言ではない．

多元的国家論は，わが国でも高田保馬[6]，大石兵太郎，中島重[7]，戸沢鉄彦[8]，蠟山政道[9]，河合栄治郎[10]，市村今朝蔵[11]，堀豊彦[12]，原田鋼[13]，岩崎卯一[14]などによって唱道されたが，国家権力が強大だったわが国では十分な展開をみなかった．

ラスキは，後年「国家論の危機」と題する論稿（1937年）において，多元的国家論の中で《今でも正しかったと考えるもの》と，自らが主導した多元主義に対する自己批判ともいえる《今考える弱点》とに腑わけして，次のように述べている．

「多元論者の学説のなかで正しかったと今私の考えるものは，⑴純粋に法学的な国家論は決して適切な国家哲学の基礎を形成しないという知覚，⑵国家は実は倫理的権利や政治的英知という理由では服従を要求する資格は他の機能団体と同様にないという知覚，⑶国家の主権は根本的には，それ自身道徳的に中立の強制を行使することで有効にされた権力の概念であるという知覚，であった．複合的全一体としての社会は多元的である．主権とよばれる合一された国家権力，ボーダンが規定したように，すべての者に命令を下し誰からも命令されぬその法的権利は，国家がその意志の背後に，すべての正常な場合に，その意志に従わせる強制力をもつという事実によって（古典的法理論では）一元的であるとされている．

多元論の弱点，私がいま見る弱点は充分明らかだ．それは階級関係の表現としての国家の本質をよく理解しなかった．社会の法公準を限定し支配しうる他

---

[1] ＡＭＳ，p.65.

[2] 中野実『現代国家と集団の理論―政治的プルラリズムの諸相―』（早稲田大学出版部，1997年）を見よ．

[3] AMS，pp.45－46.

[4] D．ニコルス『政治的多元主義の諸相』日下喜一ほか訳（御茶の水書房，1981年），W．E．コノリー『プルーラリズム』杉田敦ほか訳（岩波書店，2008年）の「第５章　多元主義と主権」を参照．

[5] Ｊ．グレイ『自由主義の二つの顔―価値多元主義と共生の政治哲学―』松野弘監訳（ミネルヴァ書房，2006年）

[6] 高田保馬『社会と国家』（岩波書店，1922年）

[7] 中島重『多元的国家論』（内外出版，1922年）

[8] 戸沢鉄彦『政治学史講義』（有斐閣，1925年）の第３章「第３節　中世の政治思想」，および戸沢鉄彦『イギリス政治思想史』（日本評論社，1949年）139 － 141ページを参照．

[9] 蠟山政道『政治学の任務と対象』（中公文庫），（中央公論社，1979年）205 － 211ページ．

[10] 大塚桂『多元的国家論の展開―原田鋼・岩崎卯一をめぐって―』（法律文化社，1999年）の「第４章　河合栄治郎と多元的国家論」を見よ．

[11] 市村今朝蔵は，ラスキの『政治学大綱』を『政治学範典』（春秋社，1932年）という名称で翻訳している．ただしこの邦訳には，紙幅の都合のためか，最後の２章（「第10章　司法手続」・「第11章　国際組織」）が欠けている．

[12] 堀豊彦『政治学原論〔増補版〕』（東京大学出版会，1956年）152 － 154ページ．なお堀の言う「多元的な社会構成」については，同氏の『中世紀の政治学』（岩波書店，1942年）を参照．

[13] 原田鋼『〔増訂〕政治思想史概説（Ⅱ）』（有斐閣，1941年），『主権概念を中心としてみたる政治学説史』（研進社，1947年），『政治的自由の理念』（研進社，1947年），『近代政治思想史（下）』（創元社，1952年），『主権論―その展開とイデオロギー性―』（小峯書店，1954年），『新版西洋政治思想史』（有斐閣，1958年）を見よ．

This document is provided by JAXA.

の方法がなかつたため国家が不可分無責任の主権を要求せざるをえなかった事実を，それは充分に強調しなかつた．特定の階級関係体系の目的が実現されるのは，法公準の限定と支配とを通してであった．もし国家が主権的でなくるなら，自己の目的へ効果をあたえる地位にいなくなる．だからその優越はこの根拠に立つて要求されざるをえなかつたのである．ヘーゲルなどの哲学者が国家に帰属させた倫理的特性は，国家が特定の時または所における生産関係の表現として遂行せざるをえぬ目的のための，保護色にすぎなかった[15]．」

かくして多元的国家論は，1929年のウオール街の株価の大暴落に端を発した世界恐慌にともなう国家権力の異常なまでの強化，加うるに階級対立の激化に直面して「破綻」したのである．しかしながら，かかる国家の全能性・絶対性の主張に対して，ラスキが「個人と社会の多元性と自由を確保するために，主権国家の歴史的相対性と限界性を指摘[16]」して，国家の「リバイアサン化」を掣肘しようとしたことの政治思想史的意義は永久に失われることはないのである．

[15] ＧＰ，邦訳，13－14ページ．

[16] 名古忠行『イギリス人の国家観・自由観』（丸善，2005年）137ページ．

This document is provided by JAXA.

第一工業大学研究報告
第25号(2013)pp.121－128

Ｈ．Ｊ．ラスキ略年譜
― 1893年～1950年 ―

今　市　隆　一

第一工業大学　講師

An abbreviated chronological list of events in Harold J. Laski's life,1893-1950

Ryuichi Imaichi

Instructor

Abstract

Harold Ｊ．Laski（1893－1950），professor of political science at the London School of Economics, was perhaps the best known political scientist of his era. As a energetic writer("In less than thirty-five years he published about thirty books and over sixty pamphlets and chapters in books,as well as hundreds of articles for scholarly periodicals. "― Deane), inspiring teacher, prominent member of the Executive Committee of the British Labour Party.This chronological study carefully traces the footsteps of Laski. Therefore, this is a chronological list of his glory and failure.

Key words : *Harold J. Laski*

１．本年譜は，左側には年月日，中央にはラスキの個人史，右側には若干の世界史の事項を含むイギリス政治史を収めた.
２．年の区切りは，西暦を基準とした.
３．本年譜は，1953年まで収めた.
４．同一年の事項・著書・論文は，事項・著書・論文の順で配列した.

This document is provided by JAXA.

年 月 日	H.J.ラスキ個人史	イギリス政治史
1893. 6. 30	ハロルド・ジョセフ・ラスキ（Harold Joseph Laski）マンチェスターの富裕なユダヤ商人の家庭に次男として生まれる.	1894. 英仏協商
1909.	盲腸炎の手術をうけ,療養中にフリーダ･ケリー(Frida Kerry)を知る. フリーダの話に感動したラスキは優生学に興味をもつようになり，まずロンドンのマニヴァシティ・カレッジでその研究を始める.	1907. 英露協商. 英領ニュージーランド連邦成立. 大英帝国会議の初め
1910. 7.	優生学に関する論文 Scope of Eugenics. をウェストミンスター・レビューに発表.	1910. 英領南アフリカ連邦成立
	オックスフォード・ニュー・カレッジに入学，歴史と政治学を専攻. ジョージ五世の戴冠式があり，フリーダはその見学のためにロンドンにやってきて，ラスキと再会し，二人は激しい恋愛ののち婚約.	
11.	歴史の奨学金給費生の試験に合格.	
	在学中，ダイシー，フィッシャー，バーカー，メートランド等の学者から学問的教示を受け，他方，ランズベリー，ネヴィンソンらの労働党員によって社会主義思想や運動への目を開かれた.	
1911.	二人は，両親の反対にあったため，スコットランドに逃れて結婚式をあげる.	1911. 議会法制定（上院の否認権を制限）
1914.	近代史で最優秀の成績をもってオックスフォードを卒業し，ランズベリーの世話で，当時彼が編集に当たっていた労働党の機関紙「デーリー・ヘラルド」の論説記者を２ヶ月ほど勤める. 第一次世界大戦が勃発するや志願兵として出征しようと試みるが，心臓が悪いという理由で，兵役につくことを拒否される.	1914. 第１次世界大戦起る
	ハーバート・フィッシャー教授の紹介によりカナダに渡り，マックギル大学で近代史の講義（1914-16）を受け持つ.	1914. 9. アイルランド自治法成立
1915. 7.	Nation に論文 Personality of the State. を発表.	1915. 12. 連合国パリ軍事会議
1916.	フェリックス･フランクフルター教授の認めるところとなり，ハーバード大学に招かれ，近代史の講義（1916-20）をおこなう. 以後フランクフルター，ホームズ，リップマンらと親交を結ぶことになる.	1916. 5. ユトランド沖海戦
		1916 ～ 22. ロイド･ジョージ内閣
7.	New Republic に論文 Apotheosis of the State. を発表.	
1916. 8.	American Political Science Review に論文 Political Theory of the Disruption. を発表.	
10. 19	Dial〔シカゴ〕に論文 Two Candidates. を発表.	
11. 18	New Republic に論文 Disraelis Democracy. を発表.	
12. 16	New Republic に論文 Sovereignty and Centralization. を発表.	
30	New Republic に論文 Sociological Romance. を発表.	
1917.	『主権の問題の研究』（The Problem of Sovereignty）刊行.	1917. 大戦中，王室名を〔ウインザー家〕と改称
11. 17	New Republic に論文 Literature of Politics. を発表	1917. 11. ロシア革命
1918. 10.	Bookman に論文 Literature of Reconstruction. を発表.	1918. 11. ドイツ革命，独帝退位，ドイツ降伏，イギリス普選施行
12.	Bookman に論文 Background of Peace. を発表.	
28	New Republic に論文 Books and Things. を発表.	
1919.	ボストン市の警官ストライキが勃発するや，ラスキは警官の立場を援護する演説を行う.	1919. ヴェルサイユ条約，ドイツ，ワイマール憲法，第３インターナショナル結成
	『近代国家における権威』（Authority in the Mordern State）刊行.	
2.	Proceedings of the Academy of Political Science に論文 British Labor Reconstruction Proposals and the American Labor Attitude. を発表.	
5. 31	Dial に論文 Federal Suffrage Amendment. を発表.	
6.	Political Science Quarterly に論文 Political Ideas of James I. を発表.	
11. 1	School and Society に論文 Boston Police Strike and Harvard Tearchers；utterance of H.J.Laski. を発表.	

This document is provided by JAXA.

年　月　日	H.J.ラスキ個人史	イギリス政治史
1919. 12.	Philosophical Review に論文 Pluralistic State. を発表.	
1920.	ウォーラス教授の後をうけて，ロンドン政治経済大学（London School of Economics and Political Science）の政治学の講義を担当.	1920. 1. 国際連盟正式成立
	『イギリス政治思想－ロックからベンサムまで』（Political Thought in England from Locke to Bentham）を刊行.	
2. 18	New Republic に論文 Temper of the Present Time. を発表.	
7.	Yale Review に論文 Democracy at the Crossroads. を発表.	
9. 11	Nation に論文 British Labor and Direct Action を発表.	
10. 2	Sorvey に論文 Recent English Books on Social Science. を発表.	
10. 23	Sorvey に論文 British Coal Dispute. を発表.	
1921.	『主権の基礎』（The Foundations of Sovereignty and Other Essays）刊行.	
	『カール・マルクス』（Karl Marx；An Essay）刊行.	
1. 5	New Republic に論文 Lord Kitchner. を発表.	
8	Survey に論文 Prospects of the Fisher Act. を発表.	
22	Survey に論文 England out of Work. を発表.	
2. 9	Nation に論文 Alternative to Revolution in England. を発表.	
26	Survey に論文 British Labor's Future. を発表.	
4. 2	Survey に論文 More Unrest among British Miners. を発表.	
22	Nation に論文 British Coal Strike. を発表.	
5. 21	Nation〔ロンドン〕に論文 Radical Revival. を発表.	
28	Survey に論文 Six Weeks of Struggle. を発表.	
10. 1	Survey に論文 Cardiff Meeting. を発表.	
15	Survey に論文 England's Unemployed. を発表.	1921. 12. 四ヶ国条約
1922.	『バークの書簡』ラスキ編（Letters of Edmund Burke）	1922. 2. エジプト独立
3. 6	Nation（ロンドン）に論文 Little Tour in France. を発表.	
7. 15	Nation（ロンドン）に論文 Prime Minister's Honors lists. を発表.	
11. 25	Nation（ロンドン）に論文 New House of Commons. を発表.	
12.	Fabian Tract に論文 The State in the New Social Order. を発表.	
1923.	この年の選挙で労働党員として初の応援演説を行ない，以後労働党左派の理論的代表として，縦横の政治活動を展開.	
9.	Foreign Affairs に論文 Lenin and Mussolini. を発表.	
1924.	『ミル自伝』ラスキ編（Autobiography of J.S.Mill,with an Appendix of Hitherto Unpublished Speeches and a Preface by H.J.Laski）刊行.	1924. 1. 第1次マクドナルド労働党内閣（～8）
	『暴君に対する自由の擁護』（The Defence of Liberty against Tyrants）－ラスキによる翻訳と解説－を刊行.	
1. 16	Nation に論文 British Labor Faces Power. を発表.	
3. 12	Nation に論文 British Labor at Work. を発表.	
	Fabian Tract に論文 The Position of Parties and the Right of Dissolution. を発表.	
6.	World Tomorrow に論文 Appeal to America. を発表.	
10. 1	Nation に論文 Trade Union Congress. を発表.	
1925.	『政治学大綱』（A Grammar of Politics）刊行. 従来の研究は学説史的研究であり，他説の批判が主であったが，ここで積極的に自説を体系的に展開し，いわゆる，多元的国家論が述べられ，社会主義秩序へも言及している.	
2.	American Political Science Review に論文 Political Science in Great Britain and France. を発表.	
	Fabian Tract に論文 The Problem of Second Chamber. を発表.	
7. 8	New Republic に論文 English Politics of Today. を発表.	
	Fabian Tract に論文 Socialism and Freedom. を発表.	1925. 10.～12. ロカルノ会議
12. 16	New Republic に論文 Great Britain and the Communists. を発表.	

This document is provided by JAXA.

年 月 日	H.J.ラスキ個人史	イギリス政治史
1926.	グレアム・ウォーラスの跡を継いで政治学の正教授就任．さらにフェビアン協会員となり労働党に入党．また産業審判所委員も兼ねる．この年のゼネラル・ストライキに際しては，坑夫側を援助.	
3.	Harvard Law Review に論文 Judical Review of Social Policy in England. を発表.	
12.	World Tomorrow に論文 Geography of Occupation？を発表.	
1927.	『ヘンリー・テイラー』（Henry Taylor,The Statesman,with an Introductory Essay by H.J. Laski）刊行.	1927. 5. 対ソ断交
8. 20	China W.R. に論文 Present Tendencies in British Politics. を発表.	6. ジュネーブ軍縮会議不成功
1928. 1.	Fabian Tract に論文 The British Cabinet − A Study of its Personal 1801-1924. を発表.	
2.	American Political Science Review に論文 Personnel of the British Cabinet,1801-1924. を発表.	
6.	Harvard Law Review に論文 Procedure for Constructive Contempt in England. を発表.	
1929.	委任立法委員を兼ねる.	1929. 世界的経済大恐慌起こる
1930.	『近代国家における自由』（Liberty in the Modern State） 自由の抑圧に鋭い理論的検討を加え，権力と自由の矛盾を考察，自由と平等，平和の不可分性を指摘し主権国家の原理をも批判.	1930. 第1回英印円卓会議
	『フランス革命における社会主義の伝統』（Socialist Tradition in the French Revolution）刊行.	
	『服従の危険』（The Danger of Obediene and Other Essays）刊行.	
1931.	コール夫妻と共に新フェビアン調査局を組織し，また地方行政委員をも兼ねる. 「国民政府」への政変において，議会政治への期待を裏切られ，それだけマルクシズムの正しさに確信を深める. 『政治学入門』（An Introduction to Politics）刊行．これは一般の読者のために教科書風に書かれた平易なものである. The Decline of Parliamentary Government（Discussed by H.J. Laski and Dr.J. Redlich）. 刊行.	
1.	International Affairs に論文 Communism as A World Force. を発表.	1931. 8. マクドナルド挙国一致内閣成る（〜35）
10.	Political Quarterly に論文 Some Implications of the Crisis. を発表.	
	Political Quarterly に論文 Tomlin Report on the Civil Service. を発表.	12. ウエストミンスター憲章
11. 7	New Statesman & Nation に論文 Analysis of the New Parliament. を発表.	
12. 12	New Statesman & Nation に論文 Sedition. を発表.	
1932.	クリップスを首脳とする「社会主義連盟」に加入.	
4.	コーンウェイ・ホールの講演会において，ラスキは諸国家は主権を割愛して世界国家（Civitasmaxima）建設への道を歩むべきであると強調した．彼はかく一方に国家主義を批判すると共に，他方に従来のイギリス社会主義に対しても痛烈な批判の鉾先を向ける. 『法と政治の研究』（Studies in Law and Politics）刊行. マクドナルド挙国内閣に対する批判として『危機と憲法 − 1931年とそれ以後』（The Crisis and the Constitution：1931 and After）刊行. 『ナショナリズムと文明の将来』（Nationalism and the Future of Civilization, − London）刊行．この書では国家主義を批判し，主権の制限による戦争の防止，文明の救済を述べている.	1932. 7. オタワ会議
8.	American Political Science Reviw に論文 Present Position of Representative Democracy. を発表.	
20	New Statesman & Nation に論文 Graham Wallas. を発表.	
9. 10	New Statesman & Nation に論文 Labor and the Constitution. を発表.	
10.	Political Quarterly に論文 Lowes Dickinson and Graham Wallas. を発表.	

This document is provided by JAXA.

年　月　日	H.J.ラスキ個人史	イギリス政治史
1933.	『危機に立つ民主主義』（Democracy in Crisis, − London）刊行.	
	The Present Position of Representative Democracy.（Where stands Socialism Today?, − London）刊行.	
	The Economic Foundations of Peace.（The Intelligent Man's Way to Prevent War, − London）刊行.	
3. 4	New Statesman & Nation に論文 Some Notes on the House of Lords.（H.J. Laski & J. Crighton）を発表.	
3.	アメリカの雑誌 Current History の３月号に Marxism at ter Fifty Years. 発表.	
7. 1	New Statesman & Nation に論文 H.W. Nevinson. を発表.	
1934.	モスクワで講義する．この講義内容について，イギリスで物議を醸し，下院でも取り上げられ LSE にまで火がつくような様相を示した．同じころ LSE と左派学生との紛争において，ラスキは後者を援護したという疑惑を受け，学長のベヴァリッジ Beveridge の詰問をうける.	
1.	Political Quarterly に論文 Underlying Assumptions of the National Government. を発表.	
1935.	『国家－その理論と現実』（The State in Theory and Practice）刊行. この書では，ヘーゲルの系統に立つバーナード・ボザンケ等の理想主義国家論を詳細に批判し，階級国家論の立場から，従来の国家理論および現実の国家に分析を加えた.	
	ソヴェト・ロシアへの旅行をもとにして『ソヴェト・ロシアにおける法と裁判』（Law and Justice in Soviet Russia）刊行.	
3. 2	New Statesman & Nation に論文 Capitalism and War. を発表.	
4.	アメリカの雑誌 Modern Monthly の４月号に論文「何故，私はマルクス主義者であるか」（Why I am a Marxist）を発表.	1935. 4. ストレーザー会議
7.	Political Quarterly に論文 Mr.Justice Holmes. を発表.	
9.	Lib. Assen. Rec. に論文 Uses of Public Library. を発表.	
1936.	労働党の執行委員となる.	
	『ヨーロッパ自由主義の発達』（The Rise of European Liberalism；An Essay in Interpretation）刊行.	
	この書では唯物史観的方法で 17 世紀以後のヨーロッパ自由主義を叙述し，それが本質的には資本主義のイデオロギーであることを論ずる.	
	The Spirit of Co-operation 刊行.	
1.	Political Quarterly に論文 General Election,1935. を発表.	
3.	Labour Monthly に論文 Problems of Labour Policy. を発表.	
6. 20	New Statesman & Nation に論文 London Diary. を発表.	
10. 31	New Statesman & Nation に論文 After Edinburgh. を発表.	
10. 11～12	Labour Monthlyに論文Labour Party Conference at Edinburgh.を発表.	1936. 12. シンプソン事件
1937. 1.	Consumer's Coop に論文 Cooperative Education. を発表.	1937. 5～1940 チェンバレン内閣軍備大拡張
3.	Labour Monthly に論文 Unity and the Labour Party. を発表.	
1938.	『イギリスの議会政治』（Parliamentary Government in England）を刊行．この書では，イギリスの社会組織と政治との関係，政党と議会内閣と官吏及び君主の政治的権力が，さまざまな実例によって，極めて詳細に論じられている.	12. アイルランド，エール共和国と改称
1939.	Introduction to Contemporary Politics. 刊行.	
	The Prospects of Democratic Government. 刊行.	
7.12～19	New Republic に論文 America Revisited. を発表.	1939. 8. 英・仏・ソ，相互不可侵条約
9.	Liv. Age に論文 England,meet America!. を発表.	
30	Nation に論文 British Labour's War Aims. を発表.	9. 3. イギリス・フランス，ドイツに宣戦
10. 4	New Republic に論文 War Aims of British Labour. を発表.	
11. 11	Nation に論文 On Britain's Left and Right. を発表.	
12.	Harper に論文 Duty of the Intellectual Now. を発表.	

This document is provided by JAXA.

年 月 日	H．J．ラ ス キ 個 人 史	イギリス政治史
1940.	『われわれはこれからどこへ行くか』（Where do we go from here ? − The Viking Press）刊行. 『紳士たることの危険』（The Danger of being a Gentleman and other Essays）刊行. 『私は信ずる－欧米諸名家の人生観－』（I believe − The Personal Philosophies of Twenty-Three Eminent Men and Women of Our Time）刊行. 『アメリカの大統領制』（The American Presidency）刊行. これは1939年の春にインディアナ大学に招かれて，そこのパッドン奨学基金講座で行った一連の講義を基礎にして成ったものである．この書における彼の叙述は，形式的な憲法条文の解釈ではなく，豊富なインフォメーションと実際によって，この制度の本質を鮮明に浮彫りにしている.	
3.	Current History に論文 Qualifications for the Presidency. を発表.	
5. 25	Nation に論文 British Labour excepts. を発表.	1940. 5～1945 チャーチル戦時連立内閣
7.	Harper に論文 Conventions and the Presidency. を発表.	
8. 3	Nation に論文 Henry Adams；An Unpublished Letter. を発表.	
9. 2	New Republic に論文 Letter to MacLeish. を発表.	
10. 12	Nation に論文 London；Democracy in Action. を発表.	
1941. 2. 15	Nation に論文 British Communists help Hitler. を発表.	
3. 22	Nation に論文 Revolution by Consent. を発表.	
4.	Harper に論文 British Democracy and Mr.Kennedy. を発表.	1941. 5. ロンドン大空襲 12. 8. 対日宣戦
1942. 8. 24	New Republic に論文 Epitaph on a System. を発表.	1942. 5. 英空軍のドイツに対する空爆始まる
12.	Fornightly に論文 King's Secretary. を発表.	
1943.	『現代革命の考察』（Reflections on the Revolution of Our Times − Allen & Unwin）を刊行．この書において，一般的に現代世界の当面する諸問題を取扱い，戦後の世界の展望を与える. 『マルクスと現代』（Marx and Today）刊行.	
1. 24	ニューヨーク・タイムズに論文 Who are the real Rulers of Britain?. を発表.	
2.	リーダーズ・ダイジェストに論文 Lincoln as American. を発表.	
27	Nation に論文 Platform for the Left. を発表.	
4. 24	Saturday Review of Literature に論文 Temples of the Spirit. を発表.	1943. 5. コミンテルン解散
9. 18	Nation に論文 Russia and Labour Unity. を発表.	
12. 18	Nation に論文 Winston Churchill in War and Peace. を発表.	
1944.	『信仰・理性・文明』（Faith,Reason and Civilization − Allen & Unwin）刊行.	
2. 12	Nation に論文 American Myth and the Peace. を発表.	
6. 17	Nation に論文 London on D-day. を発表.	
1945.	労働党の中央執行委員長の要職につき，総選挙において労働党は大勝．しかし，この選挙戦があまりに激しかったので，ノッテンガムシャーの保守党系の新聞「アドヴィガー」は，ラスキを以て暴力革命をそそのかすものだと非難した．そこでラスキはこの新聞を相手どって誹毀罪の訴えを起こすが，敗訴.	1945. 2. ヤルタ会議
4. 21	Nation に論文 Note Science Lincoln. を発表.	

This document is provided by JAXA.

年　月　日	H. J. ラ ス キ 個 人 史	イギリス政治史
1945. 5. 1	Liberty Journal に論文 Liberty in the postwar World. を発表.	
6. 17	ニューヨーク・タイムズに論文 Tomorrow's World；is it going Left? を発表.	1945. 6. 国際連合成立
		7. ポツダム宣言
8. 4	Nation に論文 Great Britain goes Socialist. を発表.	8. ～1951 アトリー労働党内閣
8. 5	ニューヨーク・タイムズに論文 Labour Viewpoint. を発表.	
8. 26	ニューヨーク・タイムズに論文 It's Socialism,not Communism. を発表.	
9. 22	Collier's に論文 Socialism,British Brand. を発表.	
10. 6	Nation に論文 Diplomats in Conference. を発表.	
12.	Fortnightly に論文 French Election. を発表.	
15	Nation に論文 Plan or Perish. を発表.	
1946.	労働党の親善使節としてソヴェト・ロシアを訪問し，スターリンと会見する.	1946. 3. チャーチルのソ連非難演説
	『秘密部隊』（The Secret Battalion）刊行. このパンフレットにおいてイギリス共産党との統一の拒否を表明.	
4. 13	Nation に論文 If Roosevelt had lived. を発表.	
6. 15	Nation に論文 Information Please,Mr.Mo-lotov. を発表.	
10. 7	New Republic に論文 On getting through to the Russians. を発表.	
14	New Republic に論文 My Impression of Stalin. を発表.	
21	New Republic に論文 Civil Liberties in the Soviet Union. を発表.	
10. 28	New Republic に論文 What Democracy means in Russia. を発表.	
11. 4	New Republic に論文 Truman V. Attlee on Palestine. を発表.	
11.16～30	Nation に論文 American Political Scene. を発表.	
12. 21	Nation に論文 Students and Politics. を発表.	
1947. 3. 1	Nation に論文 Why does Russia act that way? を発表.	
8. 4	New Republic に論文 Socialist Europe vs.U.S. Capitalism. を発表.	1947. 8. インド独立
9. 6	New Statesman & Nation に論文 Mote and the Beam. を発表.	
10.	Foreign Affairs に論文 Crisis in our Civilization. に発表.	
4	Nation に論文 Power Politics spells War. を発表.	
27	New Republic に論文 Socialist Looks at the Cold War. を発表.	
11. 22	Nation に論文 Is Europe done for? を発表.	
29	New Statesman & Nation に論文 Cuckoocry. を発表.	
12. 2	U.N. Bul. に論文 Right of Man. を発表.	
13	Nation に論文 America,1947. を発表.	
1948.	『アメリカ民主主義』（The American Democracy－Allen & Unwin, London）刊行. これは多年にわたるアメリカへの関心と愛着をもとにしたアメリカ研究の総決算ともいうべきものであり，トクヴェルの『アメリカの民主主義』（Dela Democratie en Amerique），ブライスの『アメリカ共和国』（The American Commonwealth）にも比せられている.	
	Road to Recovery 刊行.	
	『共産党宣言への歴史的序説』（Communist Manifesto, Socialist Landmark）刊行. この書においては約 100 年前の西欧の状況を述べ現実のソ連を批判.	
1. 10	Nation に論文 Getting on with Russia. を発表.	
2. 15	ニューヨーク・タイムズに論文 Ever sincerely yours, O.W. Holmes；one of the greatest of Letter Writters. を発表.	1948. 3. 西ヨーロッパ五国連合条約
11. 27	Nation に論文 Let's start over. を発表.	11. エール連邦を離脱
12. 20	New Republic に論文 Truman's Task in Europe. を発表.	
1949.	シドニー・ヒルマン財団の招きでアメリカの諸大学への 5 週間の講演旅行をした時，ラスキは各地で赤色教授としての排撃を受ける.	
	『現代社会における労働組合』(Trade Union in the New Society)刊行. この書において，アメリカ労働運動が資本主義体制打破と結びつかないことを批判.	

This document is provided by JAXA.

年　月　日	H．J．ラ ス キ 個 人 史	イギリス政治史
1949. 2. 19	Nation に論文 Mr. Smythe goes to London. を発表.	
4. 25	Life に論文 Right to hear. を発表.	1949. 4. NATO 調印
7. 2	Nation に論文 America, good and bad. を発表.	
1950.	マンチェスター大学において憲法に関する講演を行なう. これが彼の最後の学術講演となる.	
2.	労働党政権下の戦後第２回目の総選挙が行なわれ，肺炎をおして労働党のために演説を行なう.	
11	New Statesman & Nation に論文 From Marshall to MacMahon. を発表.	
25	Nation に論文 First fiffy Years. を発表.	
3. 14	肺膿腫の破裂で逝去.（56 歳）	
4.	ワールド･ホライズン誌４月号に「第３次大戦は不可避か」を発表.（死の２週刊前に脱稿）	
1951.	『議会・内閣・公務員制』（Reflections on the Constitution, the Cabinet, the Civil Service）刊行. 下院･内閣･公務員制の現状を理論的，現実的に考察.	1951. 11～1955 第２次チャーチル内閣
1952.	『岐路に立つ現代』（The Dilemma of Our Times － Prepared for Press, by R.T. Clark,1952）	
1953.	『ホームズ・ラスキ書簡集』（ed. by Mark Dewolfe Howe, Holmes － Laski, Letters,1916-1935）	

This document is provided by JAXA.

平成24年度において学外に発表された論文及び講演

（2013年３月現在）

発表者	題　　目	雑誌名・講演会名	発表･開催年月
1　印刷論文・著書			
中　村　俊一郎 松　原　監　壮 高　雄　善　裕 汪　　文　学	接着修理したCFRP構造の破損モード	日本複合材料学会誌 Vol.39　No.2	2013年3月
若　井　一　顕	中波放送用アイソレータの開発	電子情報通信学会信頼性研究会 IEICE Technical Report R2012-54 pp.1-6,（2012-10）	2012年10月
若　井　一　顕	疑似ジャイレータを用いた中波アイソレータの研究	電子情報通信学会信頼性研究会 IEICE Technical Report R2012-76, EMD2012-107. pp.23-28,（2013-2）	2013年2月
若　井　一　顕	ソーシャルメディアとリスクマネジメント	鹿児島県共済論文優秀論文	2012年9月
棚　田　嘉　博 佐　藤　公　則	平方剰余から導かれるHuffman系列	第35回情報理論とその応用シンポジウム予稿集, 9.3.2, pp.671-676	2012年12月
建　宮　　努	予想問題とイラストで合格販売士２級　第三版	中央経済社刊　単著書籍	2012年5月
建　宮　　努	マンガで学ぼうマーケティング	中央経済社刊　監修書籍	2012年7月
湯　海　幸　太 （建宮　努）	国際会計検定BATIC Subject2完全攻略テキスト＆問題集	翔泳社刊　単著書籍	2012年10月
森　野　数　博 皮籠石　紀　雄 吉　見　祥　吾 山　根　健　作 深　田　一　徳	Alloy718の中高温における疲労き裂の発生に及ぼすラジカル窒化の影響	材料 第61巻　第４号 pp.385-391	2012年4月
Q. Chen, N. Kawagoishi, K. Kariya, N. Yan and M. Goto	Fatigue crack growth of age-hardened Al alloy under ultrasonic loading	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.275-281	2012年4月
H. Maeda, K. Kariya, N. Kawagoishi, N. Yan and M. Goto	Propagation behavior of a fatigue crack of high strength Al alloy	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.288-293	2012年4月
H. Matsusako, K. Kariya, N. Kawagoishi, QY. Wang and M. Goto	Effect of texture on fatigue properties of age-hardened Al alloys under ultrasonic loading	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.294-299	2012年4月
A. Higashi, K. Kariya, N. Kawagoishi, Q. Chen and M. Goto	Effect of microstructure on fatigue properties of Al alloys	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.300-305	2012年4月

This document is provided by JAXA.

発表者	題　　目	雑誌名・講演会名	発表･開催年月
K. Hayashi, T. Nagano, M. Moriyama, X. Wang and N. Kawagoishi	Effects of aging structure and humidity on fatigue properties of maraging steel	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.306-311	2012年4月
K. Kamil, M. Goto, SZ. Han, K. Euh, N. Kawagoishi S. Kim	Small crack growth behavior and evaluation of growth rate of copper processed by equal channel angular pressing	International Journal of Modern Physics Vol.6　pp.245-250	2012年4月
酒井、木村、 皮籠石 他，編	材料強度の確率モデル	材料強度の確率モデル　日本材料学会　pp.1-462	2012年5月
N. Yan, QY. Wang, XS. Wang, Q. Chen, N. Kawagoishi	Fatigue properties of age-hardened Al alloy 2017-T4 under ultrasonic loading	Theoretical & Applied Mechanics, Letter Vol.2 pp.031008-1～031008-4	2012年5月
皮籠石　紀　雄 東　　晃　弘 陳　　　強 中　村　祐　三 森　野　数　博	高湿度下におけるAl合金2017の疲労特性に及ぼす微視組織の影響	材料 第61巻　第６号 pp.556-563	2012年6月
S. Shimana, E. Kondo, H.Karashima, N.Kawagoishi	Fast detection of chatter in end-milling using pseudo auto-correlation function	International Journal of Automation Technology Vol.6　pp.728-735	2012年6月
仮　屋　孝　二 前　田　季　輝 皮籠石　紀　雄 陳　　　強 中　村　祐　三 森　野　数　博	AI合金7075-T6押出し材の疲労き裂伝ぱ挙動に及ぼす湿度の影響	材料　第61巻　第８号 pp.712-718	2012年8月
S. Shimana, E. Kondo, D. Shigemori, S. Yamashita, Y. Kawano, N. Kawagoishi	An Approach to Compensation of Machining Error Caused by Deflection of End Mill	Proc. 5th CIRP International Conference of High Performance Cutting　pp.766-767	2012年8月
皮籠石　紀　雄 林　　光　介 永　野　茂　憲 中　村　祐　三 森　山　三千彦 前　田　義　和	マルエージング鋼の疲労特性に及ぼす時効条件と湿度の影響	材料 第61巻　第９号 pp.787-794	2012年9月
皮籠石　紀　雄 仮　屋　孝　二 永　野　茂　憲 森　山　三千彦 中　村　祐　三 前　田　義　和	マルエージング鋼の疲労特性に及ぼす二段時効の影響	第31回疲労シンポジウム講演論文集　pp.119-123	2012年11月

This document is provided by JAXA.

発表者	題　　目	雑誌名・講演会名	発表･開催年月
皮籠石　紀　雄 前　田　義　和 木　下　英　二 林　　光　介 前　田　季　輝 仮　屋　孝　二	Al合金鋳物の疲労き裂伝ぱ挙動に及ぼすバイオディーゼル燃料の影響	日本機械学会論文集　A編 Vol.78 No.796　pp.1602-1609	2012年12月
X. Wang, M. Zhang, X. Song, S. Jia, Q. Chen, N. Kawagoishi	Fatigue failure analyses on Ti-45Al-8Nb-0.2W-0.2B-0.1Y at different temperatures	Materials Vol.5　pp.2280-2291	2012年11月
X. Wang, B. Wu, N. Kawagoishi	Effect of the loading type on the fatigue crack growth behavior of solder joints in electronic packages	Acta Mechanica Solida Sinica	2013年3月
原　田　治　行 岡　林　　巧	専門工学（融合複合）とED教育に対する卒業研究の適合性の問題点と対応策	工学教育（J.of JSEE）60-5、pp.75-76	2012年9月
古　田　智　基 中　尾　方　人	Evaluation Of Earthquake Response Of Wood Frame With Diagonal Brace Fastened By New Brace Fastener	12th World Conference on Timber Engineering	2012年6月
古　田　智　基 中　尾　方　人	Earthquake Resistant Performance of New Brace Fastener for Post-and-Beam Wooden Houses	15th World Conference on Earthquake Engineering, No.972	2012年9月
山　口　修　由 中　尾　方　人 古　田　智　基 御子柴　　正	Development of Cylindrical Passive Damper using High Damping Rubber	15th World Conference on Earthquake Engineering, No.967	2012年9月
古　田　智　基 中　尾　方　人 山　口　修　由 御子柴　　正	高減衰ゴムを用いた木造戸建て住宅用パッシブダンパーの開発	日本建築学会 技術報告集 第18巻 第39号	2012年10月
古　田　智　基 中　尾　方　人	Development of a passive damper device with high damping rubber for wooden houses	Fifth Kwang-Hua Forum on Innovations and Implementations in Earthquake Engineering Research	2012年12月

This document is provided by JAXA.

発表者	題　　目	雑誌名・講演会名	発表･開催年月
2　口頭発表			
若　井　一　顕	放送と通信のデジタル化とソーシャルメディアの応用展開（企業内技術士としての歩み）	鹿児島高等専門学校技術士特別講演	2013年1月
棚　田　嘉　博 佐　藤　公　則	Huffman系列のPAM符号化と被積分符号化	平成24年度電気関係学会九州支部連合大会講演論文集,05-1P-02, pp.221-222	2012年9月
髙　口　裕　芝 福　原　　稔 片野田　　洋 山　口　洋　和 矢　野　喬　寛	吹出し管を備えた吸込みノズルの混合比に及ぼす粒径の影響（第1報,粒径の範囲）	日本機械学会九州支部第66期講演会	2013年3月
山　田　孝　行 池　田　英　幸 岡　林　　巧	容器内に積層した粒子における底面荷重の挙動	粉体工学会　2012年度春期研究発表会講演論文集、pp.21-22	2012年5月
田　中　龍　児	海岸地形の簡便かつ効率的な測量手法の開発	土木学会西部支部研究発表会	2013年3月
古　田　智　基 中　尾　方　人 完　山　利　行	緩衝材入り筋かい金物を用いた筋かい耐力壁の耐震性能評価	日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012年9月
河　原　洋　子	鹿児島県入来麓伝建地区における高齢者居住環境調査－2011年アンケート調査より－	日本建築学会大会学術講演梗概集，F 9112，pp.223-224	2012年9月

This document is provided by JAXA.

平成25年3月印刷
平成25年3月発行

編集兼
発行者 第一工業大学
鹿児島県霧島市国分中央1丁目10番2号
電話（0995）45－0640

印刷所 有限会社 大和
鹿児島県霧島市国分中央3丁目15番17号
電話（0995）45－1020

This document is provided by JAXA.

This document is provided by JAXA.