

熊本県工業技術センター

研 究 報 告

第38号 平成11年度

REPORTS OF
KUMAMOTO INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
No.38 2000

平成12年10月

熊本県工業技術センター

〒862-0901 熊本市東町3-11-38

Published by

Kumamoto Industrial Research Institute

3-11-38, Higashi-machi, Kumamoto-shi 862-0901 Japan

熊本県工業技術センター研究報告

第38号 (平成11年度) 平成12年10月

目 次

【報文】

ゾル・ゲル法によるPZTセラミックスの低温下 (1)	末永知子	1
—有機・無機ハイブリッド薄膜に関する研究—	永田正典	
醤油粕等の有効利用に関する研究 (3)	松田茂樹	4
—醤油粕食物繊維の製造法とその性質—	湯之上雅子	
機能性食品素材を応用した老化制御食品の開発	湯之上雅子	10
	松田茂樹	
高速画像認識システムに関する研究	重森清史	17
IC検査装置の開発	重森清史	23
	志水克規	
小型で低コストを特長とする機器組み込み用Webサーバの開発	城戸浩一	28
	河北隆生	
雨センサに関する研究		
—一次産業の自動化に寄与する電子回路技術の研究—	石松賢治	35
	城戸浩一	
	宮川隆二	
加工部品の品質保証を行う加工支援技術の開発	高橋孝誠	38
—3次元モデルを用いたモノづくりの効率化、高品質化に 関する研究 (第1報) —	上村 誠 森山芳生 河北隆生	
チクソモールディング法における成形条件の最適化	上村 誠	44
—マグネシウム合金半溶融射出成形技術の実用化に おける要素技術の開発研究 (第1報) —	高橋孝誠 森山芳生 平澤純一 武田龍象 三浦秀士	

中小企業における商品開発に関する研究 -----	原口隆一 ----- 52
ーデザインプランニングシステムによる商品開発デザイン研究 ー	佐藤達哉
	山村真一
	小野祐幸
	永井昌子
	堀 宗行
電子メールによるwwwサーバへの情報登録と登録者認証システム -----	河北隆生 ----- 58
建築用複合内装材の床衝撃音特性 -----	中村哲男 ----- 63
ー居住性を考慮した建築用複合材の開発ー	上田直行

REPORT OF
KUMAMOTO INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
Vol.38(1999.4-2000.3)oct.2000
CONTENTS

【Original Papers】

Low Temperature Baking for PZT Ceramics by Sol-gel Method -Study on Organic-Inorganic Hybrid Thin Films- ----- Tomoko SUENAGA and Masanori NAGATA-----	1
Studies on Utilization of Soy SauceL Lee(3) -Extraction of Dietary Fiber from Soy Sauce Cake and its Property- ----- Shigeki MATHUDA and Masako YUNOUE -----	4
Development of Foods for the Control of Aging using Functional Food Materials ----- Masako YUNOUE and Shigeki MATSUDA -----	10
Study on the High Speed Image Recognition System ----- Kiyoshi SHIGEMORI -----	17
Development of Inspection System ----- Kiyoshi SHIGEMORI and Katsuki SHIMIZU -----	23
Development of Small and Low-Cost Embedded Web Server. ----- Koichi KIDO and Takao KAWAKITA -----	28
Study on Precipitation Sensor -Study on Electronic Circuit for Labor Saving on Primary Industry - ----- Kennji ISHIMATSU , Koichi KIDO and Ryuji MIYAGAWA -----	35
Development on Assistant Processing Technique for Quality Assurance of Parts - Study on Promote Efficiency and Promote Higher Quality for 「Monotukuri」 with 3D Model (1st report)- ----- Kosei TAKAHASHI, Makoto UEMURA and Takao KAWAKITA -----	38
Approach to Optimize on Thixomolding -Research and Development on Element Technique for Practical Use in Magnesium Alloy Thixomolding (1st report) ----- Makoto UEMURA, Kosei TAKAHASHI, Yoshio MORIYAMA, Junichi HIRASAWA, Ryusho TAKEDA and Hideshi MIURA -----	44

Study on Product Development for Medium and Small Sized Enterprises.

----- Ryuichi HARAGUCHI, Tatsuya SATOU, Shiinichi YAMAMURA, Hiroyuki ONO,
Shouko NAGAI and Muneyuki HORI · ----- 52

The System for Maintenance of Content on www Server by E-mail and Confirmation of E-mail Address.

----- Takao KAWAKITA ----- 58

Characterization of Impact Sound of Wooden Composite Materials

-Development on Wooden Composite Materials with Dwelling Ability.-

----- Tetsuo NAKAMURA and Naoyuki UEDA ----- 63

ゾル・ゲル法によるPZTセラミックスの低温合成 (1) —有機・無機ハイブリット薄膜に関する研究—

末永 知子*・永田 正典*

Low Temperature Baking for PZT Ceramics by Sol-gel Method

Study on Organic-Inorganic Hybrid Thin Films

Tomoko SUENAGA and Masanori NAGATA*

ゾル・ゲル法によるPZTセラミックスの低温化について検討した。材料として四酢酸鉛、ジルコニウムプロポキシド、チタンテトラプロポキシドを用い、溶媒の2-メトキシエタノールに溶解し、還流して水をPZT濃度の10倍量を添加してゾル液を作製した。ゾル液のゲル化温度を30~110℃まで変化させたときの350℃、550℃の焼成を行った結果、60℃のゲル化温度において、350℃でペロプスカイト構造を主要構造としたPZTが得られた。550℃の焼成ではペロプスカイト構造を主要構造としてパイロクロア構造も見られた。またTG-DTAの結果から、ゲル化温度は低温化を検討する際に、溶媒の沸点との関わりで非常に重要であることが分かった。

1. 緒言

液晶に代わる次世代表示材として有機エレクトロニクス (以下有機ELと略) が注目されており、小型ながら製品が市場にでるようになってきている。この材料は応答速度が速く、自発光であるために視野角がなく、輝度が非常に高いという特徴を持ち、更に、素子構造が非常にシンプルであるという利点がある。

前々報で筆者らは有機と無機 ($\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ 以下PZTと略記)の積層膜の発光素子について耐熱性、耐水性とともに発光効率向上を目的に検討した。¹⁾その結果、He-Cdレーザーによるフォトルミネッセンスについては発光を確認し、PZTを積層した場合有機-有機材料の積層膜より高い発光強度が得られた。しかし、電界発光ではPZTを製膜する過程で650℃の高い温度で加熱するため、下部電極であるインジウム-スズ酸化物のインジウムがPZT膜中に拡散するため上部と下部電極が短絡し電界発光を実現できなかった。そこで、PZT生成温度の低温化を図る目的でゾル・ゲル法について検討を行い、低温化を実現したので報告する。

2. 実験方法

2.1 表面抵抗と加熱温度

下部電極として使うインジウム-スズ酸化物 (以下ITOと略)の抵抗値は加熱温度と共に高くなる。そこで、膜作製においての低温化の最適温度を見積もるため、4端子法抵抗測定装置で表面抵抗を測定した。

*材料開発部

2.2 ソル液作製

まず無水四酢酸鉛 ((株)和光純薬)を溶媒の無水2-メトキシエタノールに超音波装置を用いて溶解し、その後チタンテトライソプロポキシド ((株)和光純薬)、ジルコニウムイソプロポキシド ((株)和光純薬)をそれぞれ秤量し、酢酸鉛溶液とともに窒素を流しながら70℃で還流を24時間行った。得られたゾル液に濃度の10倍量の水を添加した。図1にゾル液作製のフローチャートを示す。ゾル濃度は0.05~0.2Mとした。

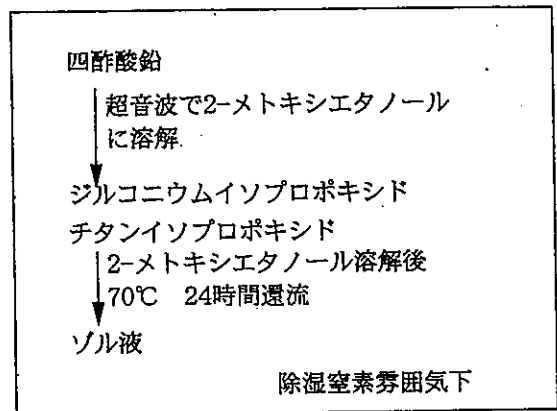


図1 ソル液調整

2.3 ゲル化工程

結晶化温度の低温化を図るためには、ゾル状態から加水分解過程で重縮合反応により網目構造のゲル状態になることが必要である。本研究では3種類の材料を用いているため3種類の元素が同時に網目構造になる必要があり、ゾル状態から湿潤ゲルに至る過程は低温化のためには非常に重要なポイントとなる。²⁾そこで、ゾル状態からゲル状態に至る乾燥過程について乾燥温度及び乾燥

時の雰囲気について検討した。図2に示すように、乾燥温度を30~110℃、雰囲気を水蒸気と2-メトキシエタノール雰囲気中でゲル化させた。

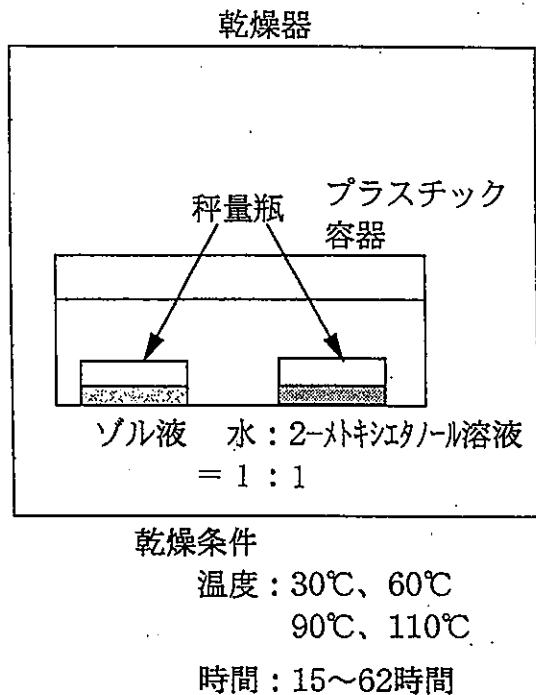


図2 ゲル化過程

2.4 酸化物粉体作製

得られたゲルを水の中を通した酸素30ml/minを流しながら、5℃/minで昇温させ焼成した。得られた粉体はX線回折法で結晶構造を調べ、またゲルの分解過程を示差熱分析(TG-DTA)で調べた。

3. 結果及び考察

3.1 表面抵抗

図3に4端子法で測定した結果を示す。室温で表面抵抗が7Ω/□のITO基板は加熱温度とともに上昇し、500℃では4倍にも達した。加熱温度はできる限り低温が望ましいが、PZTの結晶化温度を考慮すると300~400℃での設定を考える必要がある。

3.2 ゲル化温度と示差熱分析

図4及び図5、図6ににゲル化温度と示差熱分析結果及びX線回折パターンを示す。図4から30~60℃のゲル化温度では68℃で吸熱ピークが見られる。これは加水分解による重縮合反応が起こり、脱アルコールによる吸熱反応と考えられる。また、30~110℃の各温度において300℃付近で発熱ピークが見られる。これはTGが減少しているため有機物の熱分解に伴うピークと考えられるが、ゲル化温度によって重量の減少及び発熱ピークの形が異なる。そこで、350℃加熱時での生成物についてX線回折パターンを調べた。その結果が図5である。図からゲル

化温度が60℃において350℃の加熱温度でPZTのペロブスカイト構造と低温相であるパイロクロア構造及び若干の鉛の相が混在していることが分かる。しかし他のゲル化温度では鉛の生成のみが見られた。これは加水分解によって脱アルコール反応が急激に起こり鉛、チタン、ジルコニウムの3元素の縮合反応が網目構造を採り得なかったためではないかと考えられる。さらに昇温速度が5℃/minとゆっくりであるため鉛の折出がおこったと考えられる。60℃では脱アルコール反応が15時間の長い時間と、アルコールを供給する溶媒雰囲気下であったため、構造的に網目構造ができたためではないかと考えられる。

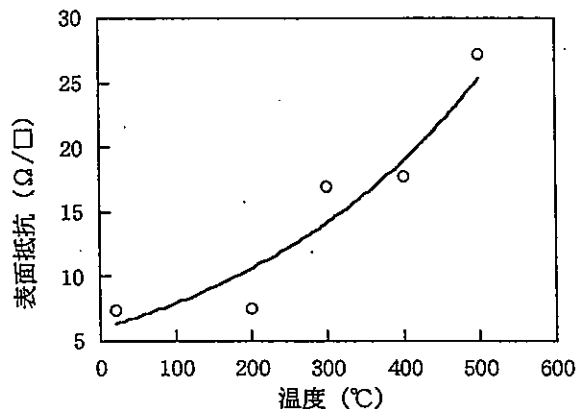


図3 ITO基板の加熱温度と表面抵抗

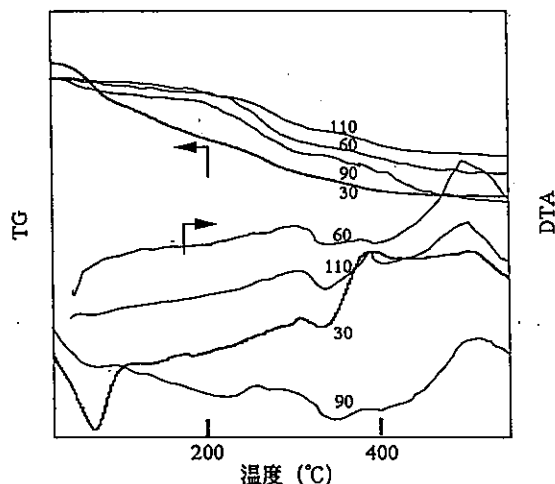


図4 ゲル化温度とTG-DTA曲線

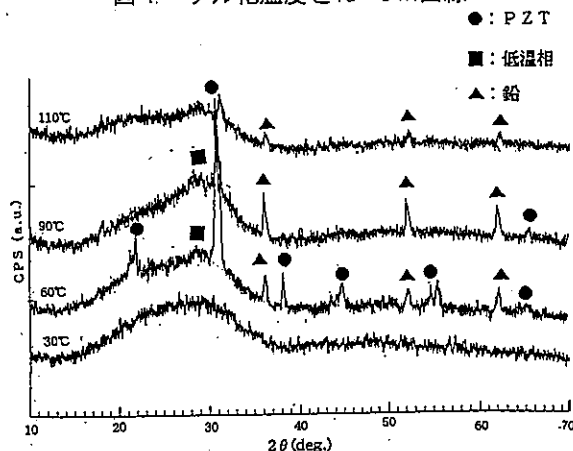


図5 ゲル化温度変化と焼成セラミックスのXRD(350℃)

更に図4のTG-DTA曲線において、500℃付近で同じように発熱ピークが見られる。この時の重量減少はほとんど見られないため、結晶化に伴うピークと考えられる。図6に550℃でのX線パターンを示す。図から350℃でメインピークとして存在した鉛のピークからペロブスカイト構造と若干の低温相のパイロクロア構造が混合した結晶となった。鉛の析出が結晶化過程にどう関わるのか、現在のところ把握していない。今後の検討が必要である。

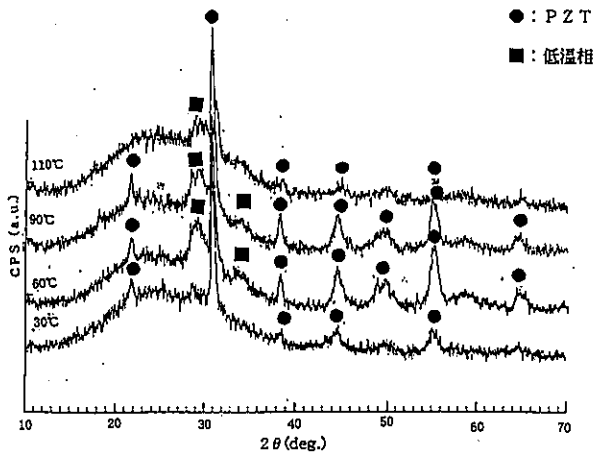


図6 ゲル化温度変化と焼成セラミックスのXRD(550℃)

4. 結語

ゾル・ゲル法による強誘電体セラミックス (PZT) の低

温合成化について検討した結果、次のことが確認された。

- (1) 60℃、15時間のゲル化過程を経た試料は焼成温度350℃、0時間保持では若干の鉛とペロブスカイト構造が得られた。550℃では若干のパイロクロアとペロブスカイト構造となった。
- (2) ゲル化温度が60℃以外の湿潤ゲルを焼成温度350℃加熱した試料は、すべての鉛のみが生成した。これは2-メトキシエタノールが重縮合反応で脱アルコールが急激におこった為と考えられる。
- (3) すべての湿潤ゲル温度の試料を550℃で焼成した試料はパイロクロア相とペロブスカイト相となった。本研究は粉体での実験結果であるため、薄膜では表面積が大きいため焼成温度は更に低温化できると考えられる。

5. 文献

- 1) 末永知子, 永田正典, 上田峰朗. “電界発光型有機発光素子に関する研究”. 本誌, No. 36, p 66-71 (1998)
- 2) 作花清夫. “ゾル-ゲル法の科学”. アグネ承風社, (1988)

醤油粕などの有効利用に関する研究 (3) 醤油粕食物繊維の製造法とその性質

松田茂樹, 湯之上雅子

(熊本県工業技術センター 微生物応用部)

(平成11年11月17日受理)

Studies on Utilization of Soy Sauce Lee (3)

Extraction of Dietary Fiber from Soy Sauce Cake and its Property

Shigeki Matsuda and Masako Yunoue

(Kumamoto Industrial Research Institute)

醤油粕を用いて食物繊維の製造方法を検討したところ、アルカリ加熱による一次処理の後、さらにアルカリ存在下での過酸化水素による二次処理を行い、水洗して乾燥することにより、白色で無味無臭の食物繊維を製造する方法を開発した。食物繊維の抽出率は醤油粕に対して約20%であり、乾物の約80%が不溶性の食物繊維であることに加え、約4%のN-アセチルグルコサミンを含有するものである。また、この食物繊維は水に溶解した場合、良好な膨潤性を示し、保水性を有することが明らかになった。このことにより、醤油粕の食物繊維は種々の加工食品の副資材として活用できるものと考えられた。

緒 言

醤油粕については、近年も多くの活用法が研究されている¹⁻³⁾が、著者らも醤油粕を未利用の資源として考え、有用物質生産の研究を行っている。これまで、醤油粕についてはその中に含まれる抗酸化物質について検討し、イソフラボンの存在と抗酸化活性について報告するとともに⁴⁾、アミノ酸液分解粕については、光合成細菌を培養することにより、低毒性除草作用などの種々の生理活性を有する物質である5-アミノレブリン酸を生産できることを報告した⁵⁾。

醤油粕を構成する成分としては、既に多くの報告が

あるように⁶⁾、原材料や微生物菌体に由来する未消化の炭水化物や窒素化合物のほか、食塩を主体とする灰分などが含まれている(表1)。これらは総じて発酵残渣であり、セルロース、リグニンなどの高分子物質と考えられる。また、醤油粕はそれ自体の着色が著しく、脱色が困難なため他の用途への利用が制限されている。一方、食物繊維は第六の栄養素として、その意義が認識されるようになってきており、人間の消化酵素で消化されない食物中の難消化性成分として理解され、消化系酵素に対する抵抗性を持つ物質の総体として定義されている⁷⁾。食物繊維は、人にとって非栄養素と考

表1 醤油粕の成分組成

試料名	蛋白質 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	糖質 (%)	食物繊維 (%)	
					水溶性	不溶性
醤油粕	32	13	16	8	3	28

えられてきたが、近年では腸内発酵によるエネルギー物質として見直されるとともに、腸内において、ぜん動運動の促進や有害物質の吸着・排出作用、コレステロール低下⁹⁾や血圧低下作用および腸内乳酸菌の増殖作用などの有益な役割を果たしていることが明らかになっている⁹⁾。このようなことから、消費者の健康への関心が高まるとともに、食物繊維や低カロリー食品への期待が大きくなり、食物繊維を多く含む食品素材や加工食品が開発されている。

現在、食物繊維としては植物系のセルロース、海藻系のアルギン酸、テンブシ系のデキストリン、動物系のキチン、合成・修飾系のポリデキストロース等の各種の食物繊維が製品化されている。しかしながら、食品工場から排出される加工廃棄物を原料とする食物繊維は見受けられない。また、キチン質はN-アセチルグルコサミンが結合した高分子多糖で甲殻類あるいは菌類の細胞壁構成成分として存在し、セルロースに類似の構造をしており、より低分子のキチンオリゴ糖は腸内細菌の増殖を促進する働きがあるとされている¹⁰⁾。これまでキチン質の主な供給源としてエビ、カニ等の甲殻類を中心とする開発がなされている¹¹⁾が、加工廃棄物に含まれる微生物菌体の構成成分であるキチン質についてはほとんど利用がなされていない。

このようなことから、本研究では醤油粕から食物繊維を抽出する条件を検討したところ、N-アセチルグルコサミンを含有し、保水性を有するなどの特徴ある食物繊維を製造する方法を見出したので、その結果を報告する。

実験方法

1. 試料および前処理

醤油粕は、熊本県内の醤油工場から提供されたものを供試した。醤油粕は粉碎したものを食物繊維の抽出原料とした。

2. 醤油粕および食物繊維の成分分析

醤油粕および食物繊維の一般成分はしょうゆ試験法により分析した¹²⁾。食物繊維はProskey法¹³⁾を用いて、水溶性食物繊維と不溶性食物繊維に分けて測定した。

3. N-アセチルグルコサミンの定量

食物繊維に含まれるN-アセチルグルコサミンは、細

胞壁溶解酵素を作用させて定量する麴菌量測定キット¹⁴⁾(キッコマン(株)製)を用いて測定した¹⁴⁾。即ち、試料0.1gに溶菌緩衝液4 mlおよび溶菌酵素1 mlを加え、37°Cで3時間反応させ、遠心分離後の上清に定量用酵素液1 ml、定量用発色液2 mlを加え、37°C 25分反応させて515nmの吸光度を測定することにより求めた。

4. 食物繊維の製造方法

醤油粕から食物繊維を抽出する場合の一次加熱処理が食物繊維の収率と色調に及ぼす影響を調べるためにアルカリ濃度(0.1~20%)および加熱時間(10~60分)の条件で処理し、食物繊維を製造した。この場合、醤油粕10gを500ml容三角フラスコに入れ、各濃度に調製した水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ200ml加え、冷却管を装着して85°Cの恒温槽に浸漬して加熱処理を行った。加熱処理終了後、遠心分離器(日立製作所(株)製:SCR20BA)を用いて毎分3000回転で15分間遠心分離を行い、上澄み液を捨て、残留固形物を回収した。この残留固形物に100mlの水を加え、1%の濃度になるように過酸化水素を加えた後、一次加熱処理と同様に冷却管を装着して60°Cで60分間二次加熱処理を行った。次いで、この加熱処理液について毎分3000回転で15分間の遠心分離を行い、上澄み液を捨て、残留固形物を回収した(表2)。これに200mlの水を加えて洗浄後、遠心分離を行い、残留固形物を回収した。以後この洗浄を

表2 一次加熱処理における食物繊維の抽出率と明度

試験区	アルカリ濃度* (%)	加熱時間 (分)	抽出率 (%)	明度 (Y%)
1	0.1	10	57.8	9.5
2	0.1	30	57.7	9.4
3	0.1	60	56.6	7.4
4	0.5	10	29.7	31.5
5	0.5	30	29.4	32.7
6	0.5	60	27.4	30.2
7	1	10	18.2	34.5
8	1	30	16.1	35.1
9	1	60	14.7	36.1
10	5	10	14.1	55.8
11	5	30	13.2	60.7
12	5	60	12.2	62.5
13	20	10	11.2	65.3
14	20	30	10.6	67.5
15	20	60	10.5	68.2

二次処理: 過酸化水素濃度1.5%, 60°Cで30分間加熱
*: 水酸化ナトリウム

繰り返す、ほぼ中性の残留固形物を得た。この残留固形物を真空凍結乾燥機(東京理化機製:FD-5)を用いて一夜乾燥し、食物繊維を得た。この抽出乾燥物の元の醤油粕に対する割合を抽出率として表した(表3)。

さらに、二次加熱処理における影響を調べるために過酸化水素濃度(0.1~2%)の処理条件を検討し、食物繊維を製造した。この場合、一次加熱処理は上記同様に行い、醤油粕10gを500ml容三角フラスコに入れ、5%水酸化ナトリウム水溶液200mlを加えた後、冷却管を装着して85℃の恒温槽で30分間加熱処理を行った。残留固形物に100mlの水を加え、それぞれ所定の濃度になるように過酸化水素を加えた後、冷却管を装着して二次加熱処理を行った。この加熱処理液の遠心分離を行い、ほぼ中性の残留固形物を得るまで洗浄した。この残留固形物を真空凍結乾燥し、粉碎して食物繊維を得た(表4)。

5. 食物繊維の保水力および色調の測定

保水性の測定は食物繊維又は醤油粕2gを200ml容ビーカーに入れ、100mlの水で分散させた後、ホモジナイ

ザー(ポリトロン社製)で2分間攪拌し、100mlメスシリンダーに移した。これを14時間放置後、沈降した食物繊維の容積を比率で表した。

色調の明るさを示すY%は測色色差計(ミノルタ製:CR-300)を用いて測定した。

6. 食物繊維の構成糖の分析

食物繊維の構成糖はShiibaらの方法¹⁵⁾により測定した(表5)。即ち、試料20mgをスクリー管に入れ、2Nトリフルオロ酢酸5mlを加え、窒素ガスで空気をパージして密栓した後、105℃で2時間加水分解を行った。冷却後、遠心分離を行い、上清の2mlをロータリーエバポレーターで濃縮し、乾固物に水0.8mlを加えて再溶解した。この溶液をHPLCを用いて糖分析を行った。その測定条件を以下に示す。

装置: Waters LC 600E
(日本ウォーターズ(株)製)
検出器: RI(Waters 410)
カラム: Shodex Sugar SP 0810
(I.D 8×300mm)

表3 二次加熱処理における食物繊維の抽出率と明度

試験区	過酸化水素濃度 (%)	加熱時間 (分)	抽出率 (%)	明度 (Y%)
1	0.1	30	34.4	35.1
2	0.5	30	30.1	51.0
3	1.0	30	25.4	57.8
4	1.5	30	23.8	60.7
5	2.0	30	24.6	61.3

一次処理: 水酸化ナトリウム5%, 85℃で30分間加熱

表4 抽出した食物繊維の成分組成 乾物重量

試料	蛋白質 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	糖質 (%)	食物繊維 (%)	
					水溶性	不溶性
食物繊維	5	0	5	8	1	81

表5 醤油粕食物繊維の構成糖 乾物重量

試料名	糖組成 (g/100g)				
	アラビノース	ガラクトース	グルコース	キシロース	N-アセチルグルコサミン
食物繊維	4.1 (0.97)	1.6 (0.38)	8.8 (2.1)	4.2 (1)	3.6

()はキシロースを1とした組成比率

移動相：水
流速：1.0ml/min
カラム温度：70°C
注入量：20 μ l

7. 電子顕微鏡観察

乾燥した醤油粕および食物繊維はオスミウム酸の蒸気による蒸着装置(日本レーザー電子(株)製：オスミウム・プラズマコーター)を用いて蒸着を行い、得られた試料を電子顕微鏡(日立製作所(株)製：S4000S)を用いて観察した。

結果および考察

1. 醤油粕の成分分析結果

試料として用いた醤油粕の成分分析結果を表1に示す。醤油粕には未分解の蛋白質や脂肪などが含まれるものの、食物繊維もかなり存在し、水溶性の食物繊維が3%、不溶性の食物繊維が28%含まれている。したがって、醤油粕は食物繊維の供給源として利用できると考えられる。

2. 食物繊維の抽出率と品質に及ぼす一次加熱処理条件の影響

一次加熱処理におけるアルカリ濃度及び加熱時間の影響について、製造した食物繊維の抽出率と明度(Y%)を測定した結果を表2に示す。アルカリ濃度は0.1%から20%まで、処理時間は10~60分間まで広い範囲にわたって食物繊維の抽出が可能であったが、試験区1、試験区4、試験区7、試験区10および試験区13を比較した場合、アルカリ濃度が高濃度になるにしたがって、食物繊維の抽出率は低下する傾向が認められた。また、試験区1、試験区2および試験区3を比較した場合、同じアルカリ濃度でも加熱時間が長くなるにしたがって、抽出率は低下した。さらに、食物繊維の明度(Y%)については、試験区1から試験区9までの低濃度アルカリと試験区10から試験区15までの高濃度アルカリを比較した場合、試験区10から試験区15のものはY%が55以上を示し、色が白く良好な品質を有すると判断された。これらのことから、食物繊維の歩留まりや品質を考慮すると、アルカリ濃度は5%で、30分間程度の加熱処理が望ましいと考えられた。

3. 食物繊維の抽出率と品質に及ぼす二次加熱処理条

件の影響

二次加熱処理における過酸化水素濃度の影響について、製造した食物繊維の抽出率とY%を測定した結果を表3に示す。二次加熱処理における過酸化水素濃度は0.1%から2%まで、広い範囲にわたって食物繊維の抽出と脱色が可能であったが、食物繊維の抽出率については過酸化水素濃度によって大きな差は認められなかった。しかしながら、試験区1から試験区2のように過酸化水素が低濃度ではY%が低く、漂白効果が少ないと判断された。一方、試験区3から試験区5の場合はY%が55以上で良好な品質と判断された。以上のことから、食物繊維の品質を考慮すると、過酸化水素濃度は1~1.5%が望ましいと考えられた。

食物繊維の抽出方法としては、通常アルカリ加熱処理や酸加熱処理などが単独または併用して行われるが¹⁶⁾、着色の激しいものは脱色が困難である。しかしながら、本法によれば醤油粕の着色成分を除去し、かつ不溶性の食物繊維に富む食物繊維の抽出が可能であることが明らかになった。

4. 食物繊維の成分組成および構成糖の分析

抽出された食物繊維の成分分析結果を表4に示す。約80%は不溶性の食物繊維であり、可溶性の食物繊維は1%であった。

食物繊維の構成糖を分析した結果を表5に示す。グルコースが最も多く、キシロースとアラビノースはグルコースの約半量で、ほぼ等量含まれ、ガラクトースが少ない値を示した。また、キシロースに対するそれぞれの糖の比率からみると、この食物繊維は醤油の原料である小麦または大豆のいずれの糖組成にも相当しないことから¹⁷⁾、この食物繊維は原料の配合あるいは発酵熟成の過程を反映した発酵残滓の混合体と考えられた。また、N-アセチルグルコサミンが4%程度含まれており、これは発酵過程で残存した微生物菌体由来するものと考えられるが、この含有量は通常の酒やみそ用の麴に含まれる量の約10倍であり¹⁸⁾、この食物繊維の特性であると考えられた。

5. 食物繊維の保水性

一次加熱処理の条件により抽出された、それぞれの食物繊維の14時間静置後の沈降容積を図1および図2に示す。一次加熱処理条件ではアルカリ濃度、抽出温

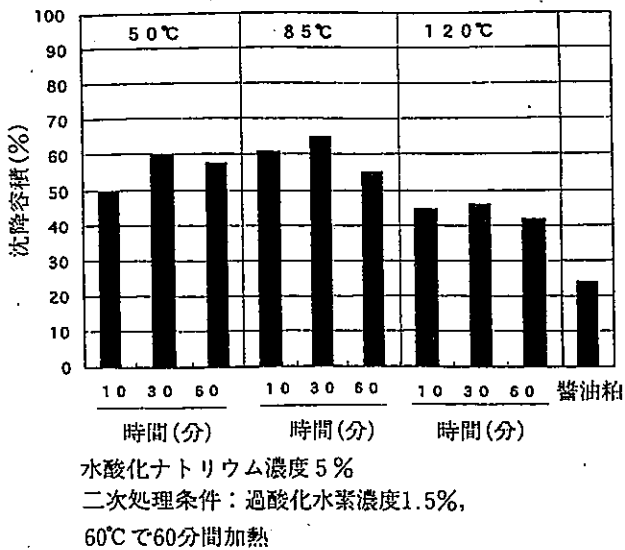


図 1 一次加熱処理の温度と時間が保水性に及ぼす影響

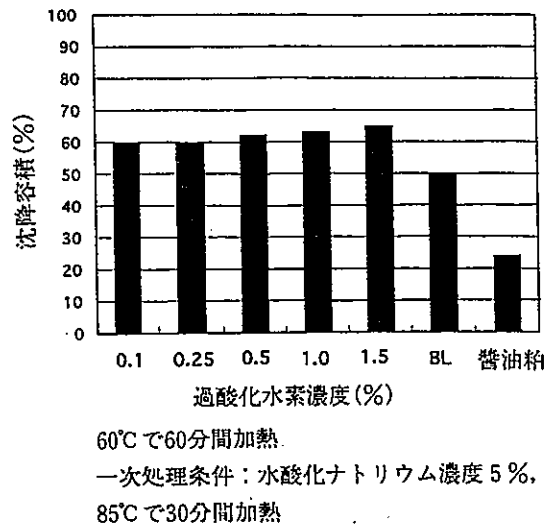


図 3 二次加熱処理が保水性に及ぼす影響

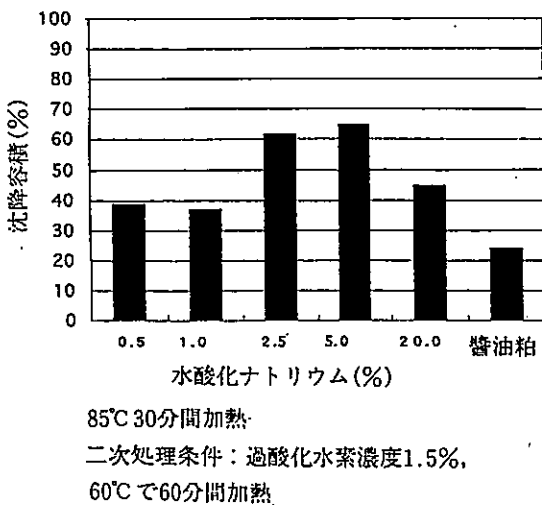


図 2 一次加熱処理のアルカリ濃度が保水性に及ぼす影響

度および抽出時間いずれも得られた食物繊維の保水性に影響を与えることが明らかとなった。この場合、アルカリ濃度 5%，加熱温度 85°C，加熱時間 30 分の条件では沈降率は 65% を示し、最大の保水性が認められた。

さらに、二次加熱処理におけるそれぞれの過酸化水素濃度の沈降容積を図 3 に示す。過酸化水素処理区は無処理に比べて保水性は向上したものの、濃度による差はほとんど認められないことから、過酸化水素は保

水性に影響を及ぼさないことが分かった。醬油粕食物繊維の保水性はいずれも原料の醬油粕 23% より向上していることが確認された。以上のことから醬油粕の食物繊維は素材の膨潤性や保水性を要するドレッシングなどの加工食品の素材として利用できるものと考えられる¹⁹⁾。

6. 醬油粕および食物繊維の電子顕微鏡観察

醬油粕および食物繊維の電子顕微鏡写真を図 4 に示す。醬油粕には発酵による未消化の醬油原料や菌体組織と思われる質量感のある物質の存在が確認できるが、食物繊維ではこれらのものは消失しており、繊維組織と思われる網目構造体が観察された。また、菌体組織と思われるものも存在しており、N-アセチルグルコサミンの分析結果を考慮すると、醬油粕から抽出されたこの食物繊維は発酵未消化の醬油原料と微生物菌体の混合物と考えられる。

要 約

醬油粕を原料としてアルカリ加熱処理による食物繊維を抽出する方法を検討するとともに、得られた食物繊維の性質を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1 醬油粕には発酵残渣である蛋白質や脂肪などが含まれるものの繊維分も多く存在し、アルカリによる

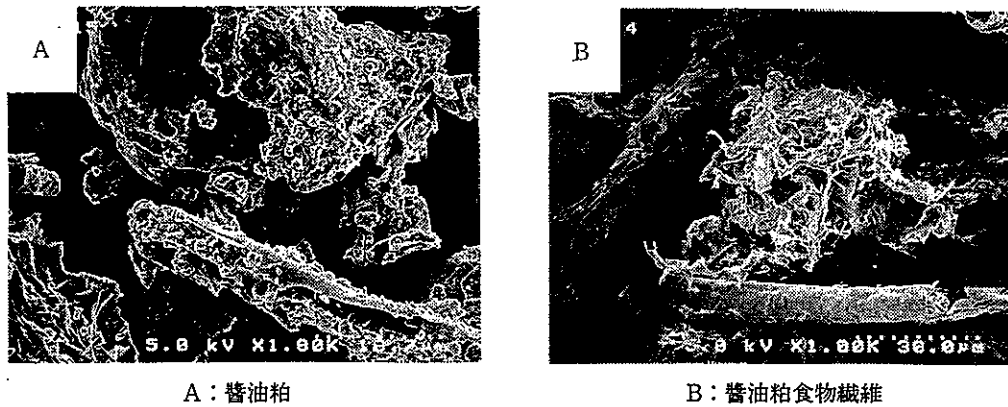


図4 醤油粕および食物繊維の電子顕微鏡写真

一次処理および過酸化水素を併用した二次加熱処理により、無臭かつ白色で不溶性食物繊維に富む食物繊維を抽出することができた。この食物繊維にはN-アセチルグルコサミンが含まれることが特徴的であった。

2 食物繊維の抽出方法としては一次加熱処理において5%水酸化ナトリウムを用いて、85°Cで30分間処理し、さらに二次加熱処理においてアルカリ存在下で1.5%過酸化水素で処理することにより、良好な食物繊維が得られた。食物繊維の構成糖比率を分析した結果、グルコースが最も多く、キシロースとアラビノースはほぼ等量含まれ、ガラクトースはやや低い値を示した。

3 抽出された食物繊維は醤油粕に比べて水に良く膨潤し、保水性が増すことが確認された。

4 食物繊維の電子顕微鏡観察を行ったところ、繊維と思われる網目構造体と菌体組織と思われるものが存在することから、この食物繊維は発酵未消化の醤油原料と微生物菌体の混合物と考えられた。

最後に、食物繊維の電子顕微鏡観察にご協力いただきました当センター材料開発部の末永知子主任技師、実験にご協力いただいた微生物応用部の前田美智子技師に感謝します。

本研究は、平成11年10月16日に開催された日本醤油研究所第50回研究発表会(秋田市)において発表したものである。

文 献

- 1) 遠藤勝之：醸協，90，512 (1995)
- 2) 河原秀久，高橋宏幸，木幡 斉，岡村英喜，片岡二郎：本誌，22，116 (1996)
- 3) 白井文夫，園井勝之，蓮井重徳，中山重徳：醸協，92，529 (1997)
- 4) 松田茂樹，湯之上雅子：本誌，23，263 (1997)
- 5) 松田茂樹，湯之上雅子：本誌，24，197 (1998)
- 6) 柄倉辰六郎編：醤油の科学と技術，日本醸造協会 (1987)
- 7) 印南 敏，桐山修八編：食物繊維，第一出版 (1982)
- 8) 辻 啓介：New Food Industry，31，9 (1989)
- 9) 海老原 清，桐山修八：日食工誌，37，916 (1990)
- 10) 徳安 健：日食工誌，46，356 (1999)
- 11) 又平芳春：New Food Industry，40，8 (1998)
- 12) 日本醤油研究所編：しょうゆ試験法 (1985)
- 13) 日本食品科学工学会編：新・食品分析法，光琳 (1996)
- 14) 春日正史，今井泰彦，竹沢啓介，堀内達雄，藤井三治：本誌，24，29 (1998)
- 15) K.Shiiba, T.Ijitsu, H.Hara and K.Okada : Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 39, 1147 (1992)
- 16) 山口文秀，清水典子，川田正美，高木義和，前田進：日食工誌，39，625 (1992)
- 17) 五味勝也，岡崎直人，田中利雄，熊谷知栄子，井上 博，飯村 穰，原 昌道：醸協，82，130 (1987)
- 18) H.Graham, M.B.G Rydberg and P.Aman : J. Agric. Food Chem., 36, 494 (1988)
- 19) 間部洋美：New Food Industry, 40, 27 (1998)

機能性食品素材を応用した老化制御食品の開発

湯之上雅子* ・松田茂樹*

Development of Foods for the Control of Aging using Functional Food Materials

Masako YUNOUE* and Shigeki MATSUDA*

高齢社会を目前にした現在、健全な長寿社会を迎えることが重要であるが、病気にかからないことを老化制御ととらえ、食品の役割としての病気の予防に着目し、種々の機能性食品素材を用いた食品の開発について検討した。

未利用資源の茎ワカメについて、含有するアルギン酸の利用について、カルシウム含有量の多いゴマとの組み合わせでゴマ豆腐を試作し、物性測定、成分分析を行った。物性面では、茎ワカメとキサントガム：グルコマンナン：ローカストビーンガム (1:1:1) を加えると、離水、凝集性の低下が抑制され、成分面では、カルシウムと食物繊維が増加した。

アントシアンを豊富に含むブルーベリーをサツマイモと組み合わせたゼリーを試作したが、ブルーベリーを10%加えると、全フェノール物質、食物繊維が増加し、抗酸化能が高くなった。サツマイモを甘酒麴や麦芽で糖化した物を用いると、消化性の良い物が得られた。

鉄分を多く含むプルーンに酢の機能性を付与するために、ワイン酵母でアルコール発酵を行い、酢酸菌 (IFO3281) を用いて酢酸発酵試験を行った結果、プルーン酢は市販の黒酢やリンゴ酢と同等の抗酸化能を有していた。

1. はじめに

現在、日本では、高齢化が急速に進み、医療費の増大が国の財政に影響し、介護保険の導入など、国民の生活にも影響が及んでいる。このような問題を解決するには、国民一人一人が健康に留意し、病気にかからないように気をつけることが必要である。

老化に関して様々な分野で研究が進められ、老化のメカニズムが解明されつつあるが¹⁾、本研究では、老化制御を病気にかからないことととらえ、食品に含まれる種々の機能性成分を摂取することにより、病気を予防し、結果的には老化を抑制することができるような食品の開発を目指した。

個々の食品に含まれる種々の機能性成分を抽出して利用するのではなく、機能性成分を含む食品素材を組み合わせることにより、増強しあって、機能性の高い食品が調製できると考え、いくつか試作を行い、成分分析や物性測定をして試作した食品の評価を行い、老化制御に役立つ食品の開発について検討したので、その結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 組み合わせ食品の試作及び成分分析

機能性を有するとされている食品素材 (ゴマ、茎ワカメ、きなこ、サツマイモ、ブルーベリー、アロエ、プルーン、甘酒麴、麦芽) について一般成分、食物繊維、全フェノール物質、抗酸化能を測定した。

一般成分は、食品分析法によって行った。

食物繊維は、Prosky法²⁾、全フェノール物質はFolin-Denis法³⁾で測定した。

抗酸化能は、DPPHラジカル消去能⁴⁾をBHTまたはBHA相当量として測定した。

2.1.1 茎ワカメを配合したゴマ豆腐

未利用資源である茎ワカメに含まれるアルギン酸の利用について、カルシウムを豊富に含むゴマとの組み合わせでゴマ豆腐を試作した。表1に配合割合について示した。5とおりの配合で試作したゴマ豆腐の食物繊維、カルシウム、全フェノール物質、抗酸化能、物性を測定した。

物性測定は、レオメーター (NRM-2010J-CW、不動工業 (株) 製) でそしゃく試験を行った。

表1 ゴマ豆腐配合表

	ゴマ豆腐1	ゴマ豆腐2	ゴマ豆腐3	ゴマ豆腐4	ゴマ豆腐5
ねりごま (g)	50	50	50	50	50
くず粉 (g)	50	45	40	40	40
茎ワカメ (g)		5	5	5	5
カドリン (g)			5		2.5
XGL (g)				5	2.5
薄口しょうゆ (ml)	5	5	5	5	5
みりん (ml)	5	5	5	5	5
塩 (g)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
だし汁 (ml)	500	500	500	500	500

*微生物応用部

そしゃく試験の結果、基本配合のゴマ豆腐1に似たパターンを示した配合のゴマ豆腐4を作り、保存試験を行い、物性の変化について測定した。

2.1.2 ブルーベリーを加えたサツマイモゼリー

サツマイモを甘酒麹や麦芽で糖化し、糖化による成分の変化について全糖、直糖、糖組成、糊化度、ブルーバリューを測定した。

糖化は、甘酒麹の場合サツマイモ1部に甘酒麹1部と水2部を加えて60℃で5時間行った。麦芽では、サツマイモ1部に麦芽5%と水1部を加えて同様に糖化した。

糖組成は高速液体クロマトグラフで測定した。

測定条件：カラム：Asahipak NH₂P-50
 移動相：H₂O/CH₃CN (25/75)
 流速：1.0ml/min
 検出器：RI
 Cell temp：40℃
 Column temp：40℃

糊化度は酵素 (glucoamylase) 法⁵⁾、ブルーバリューはA. Suzukiらの方法⁶⁾で測定した。

また、ブルーベリーを10%加えてゼリーを調製し、食物繊維、全フェノール物質、抗酸化能を測定した。

2.1.3 プルーン酢

プルーンを使ったジュースやワインは市販されているが、酢は市販されていないので、プルーンの機能性と酢の機能性を併せ持つプルーン酢の試作を行った。

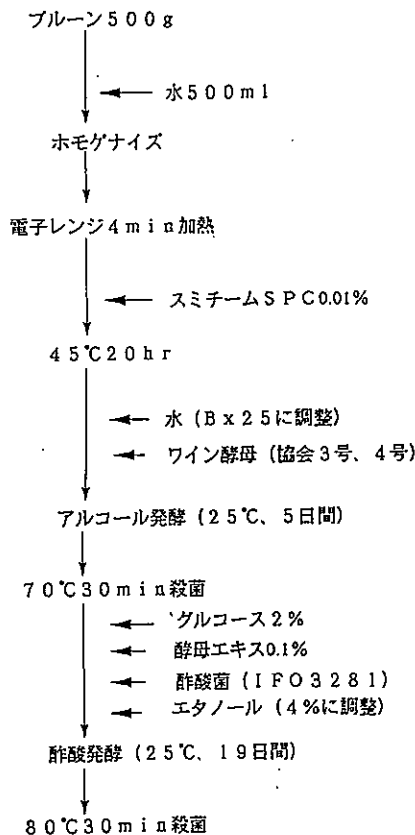


図1 プルーン酢酸発酵フシート

プルーン酢酸発酵フシートを図1に示した。

ワイン酵母は、協会3号と協会4号を使用し、酢酸菌は *Acetobacter aceti* (IFO3281) を使用した。

また、米酢と麦芽酢の機能性を付与するために、甘酒麹と麦芽でプルーンを糖化し、同様にアルコール発酵と酢酸発酵を行った。

プルーンの酢酸発酵をA3 (ワイン酵母3号使用)、A4 (ワイン酵母4号使用)、甘酒麹糖化プルーンの酢酸発酵をB3、B4、麦芽糖化プルーンの酢酸発酵をC3、C4で示した。

アルコール発酵の経日変化については、Bxとエタノールの分析を行い、酢酸発酵の経日変化について、グルコース、ソルビトール、酢酸、エタノールの分析を高速液体クロマトグラフで行った。測定条件は、

カラム：Aminex HPX-87H 300×7.8mm
 移動相：300μ H₂SO₄/H₂O 1
 流速：0.6ml/min
 検出器：RI
 temp：65℃

また、試作したプルーン酢と比較するために、市販の黒酢、リンゴ酢、穀物酢についても全フェノール物質、抗酸化能を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 茎ワカメを配合したゴマ豆腐

図2にゴマ豆腐の配合による成分の違いを示した。基本配合のゴマ豆腐1と比べて、茎ワカメや増粘多糖類を配合したゴマ豆腐2、3、4、5は、食物繊維が5.71%に対して8.67~12.64%、カルシウムが56mg%に対して131.21~144.05mg%、全フェノール物質が65.71mg%に対して69.54~98.19mg%、抗酸化能の値がBHTg相当量として3.09gに対して3.51~5.12gといずれも高くなった。これらのことから、茎ワカメや増粘多糖類を配合すると、成分面での強化だけでなく、抗酸化能も強化できることが分かった。また、日本人の食生活で不足しているとされている食物繊維とカルシウムが強化できる。

図3にそしゃく試験の結果をパターン図にして示した。茎ワカメやカードランを配合したゴマ豆腐2、3、5は、ゴマ豆腐1と比べて、付着性、脆さ、粘着力、凝集性、そしゃく性、ガム性の値が高く、パターンがかなり違ったが、茎ワカメとXGL (キサンタンガム：グルコマンナン：ローカストビーンガム=1:1:1) を配合したゴマ豆腐4は、ゴマ豆腐1に似たパターンを示した。そしゃく試験のパターンが似ているということは、食感やテクスチャーが似ているということで、消費者にも受け入れられ

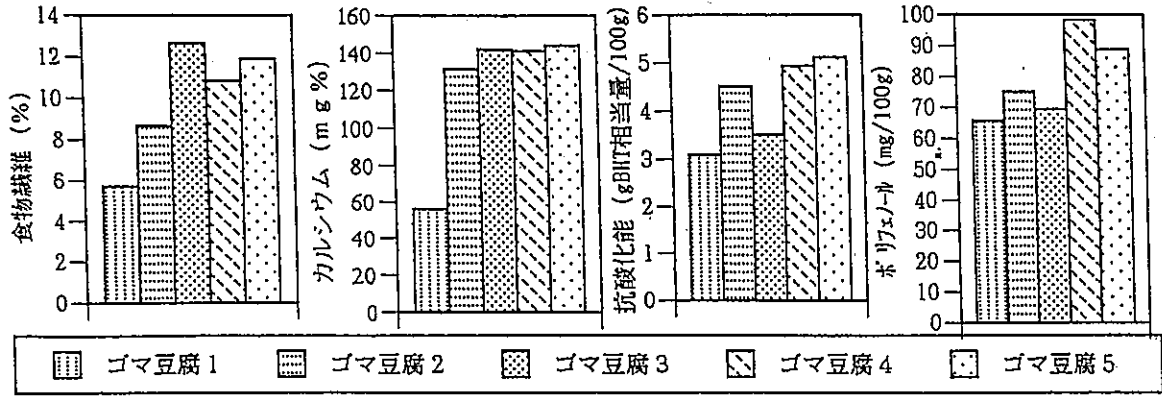


図2 ゴマ豆腐の配合による成分の違い

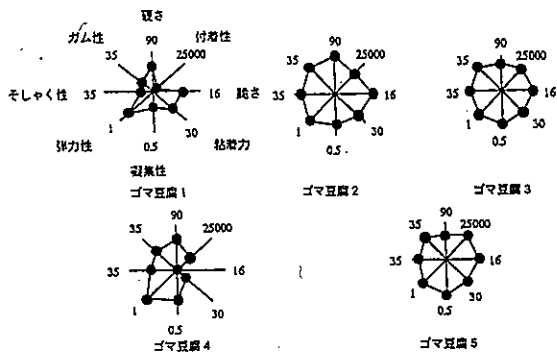


図3 ゴマ豆腐の配合による物性の違い

した。ゴマ豆腐1は4日目に凝集性が急激に低下し、脆さが増しており、現象面では離水がかなり多かったのに比べて、ゴマ豆腐4では凝集性の低下、離水が少なかった。これは茎ワカメとXGLを添加すれば物性面の変化にも遅延効果のあることを示している。

これらの結果から、ゴマ豆腐に茎ワカメとXGLを配合すれば、成分や機能性の向上効果だけでなく、物性面での効果も得られ、未利用資源の茎ワカメの利用も促進することができる。

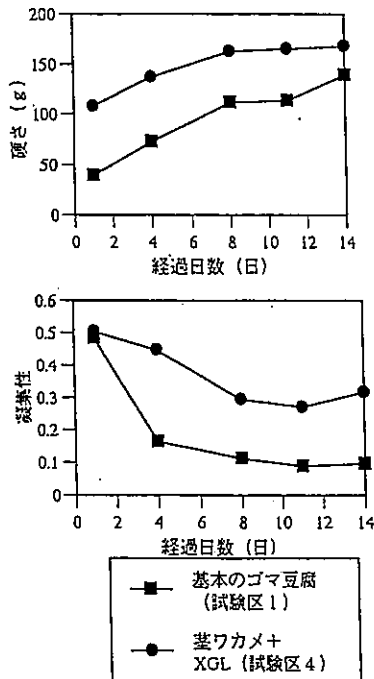


図4 ゴマ豆腐の物性の経日変化

やすいのではないかと考えられた。

さらに、茎ワカメとXGLを配合した場合の利点として保存性の向上が考えられたので、ゴマ豆腐4について、ゴマ豆腐1と同時に保存試験を行い、その結果を図4に示

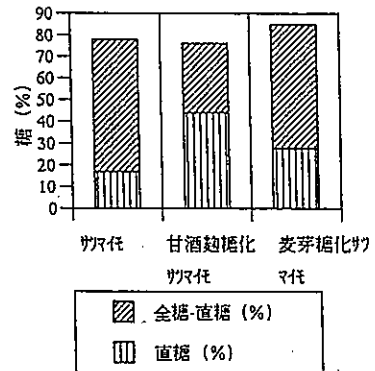


図5 全糖に占める直糖の割合

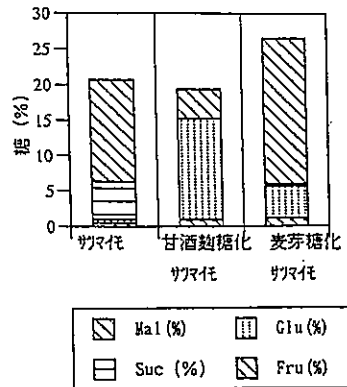


図6 糖化による糖組成の違い

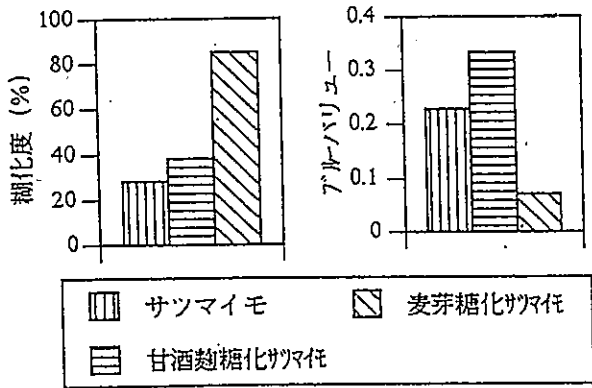


図7 糖化による糊化度とブルーバリューの違い

3.2 ブルーベリーを加えたサツマイモゼリー

サツマイモはそれ自体に食物繊維、ポリフェノール類を豊富に含み、抗酸化能も強く、抗酸化性、抗変異原性、抗腫瘍性、抗高血圧性、抗菌活性、抗炎症作用、整腸作用などの機能を有し、近年機能性食品として脚光を浴びている⁷⁾。

サツマイモを甘酒麴や麦芽で糖化することにより、さらに機能性を高めることを目的に糖化を行った。その結果を図5~7に示した。図5を見ると、全糖に占める直糖の割合が21.8%から甘酒麴で57.9%、麦芽で32.7%に高くなり、図6では、シユクロースが減少し、グルコース、フラクトースが増加したことが分かる。図7を見ると、糊化度は28.4%から甘酒麴で38.3%、麦芽で85.2%と増加の傾向、ブルーバリューは0.228から甘酒麴で0.333に高くなったが、麦芽では0.072と低くなった。糊化度の上昇はデンプンの α 化が進んだこと、ブルーバリューの減少はアミロースが短くなったことを示し、デンプンの分解が進んだことを示しており、消化性がよくなったとい

える。

ブルーベリーを添加して調製したサツマイモゼリーにおけるブルーベリーの添加効果について図8に示した。ブルーベリーを添加すると、全フェノール物質は56.9~125.5mg%から263.5~318mg%に増加し、食物繊維が2.2~3.1%から7.5~10.6%に増加し、抗酸化能が3.8~5.5gBHT相当量から6~7.6gBHT相当量に高くなった。

ブルーベリーの添加量は10%であるが、全フェノール物質と食物繊維は3倍程度に増加した。

ブルーベリーの機能性として、目の働きをよくする、抗酸化作用、整腸作用、抗腫瘍活性、抗炎症作用などが挙げられており⁸⁾、サツマイモの機能性と併せた効果が期待できる。

3.3 プルーン酢

プルーンにはカルシウム、カリウム、鉄などのミネラルや食物繊維、ビタミンA、B群が豊富に含まれ、貧血予防、疲労回復、整腸効果などの機能性がある⁹⁾といわれている。

一方、酢については、消化液の分泌促進効果、疲労回復効果、糖尿病や肥満防止効果、血圧上昇防止効果、老化防止効果、血中エタノール濃度上昇遅延効果、抗腫瘍物質である、栄養補給効果などさまざまな機能性がうたわれている¹⁰⁾。

この2つの素材の機能性を併せ持つプルーン酢の試作を行った。アルコール発酵経過を図9に示した。エタノール濃度は2日目にピークに達し、Bxの低下も2日目以降変化がなく、2日でアルコール発酵が終了したことが分かった。また、Bxが13位から低下しなかったため、糖組成について測定し、その結果を図10に示した。

フラクトース、グルコースは2日目以降ほとんどなくなったが、ソルビトールはほとんどその濃度に変化がな

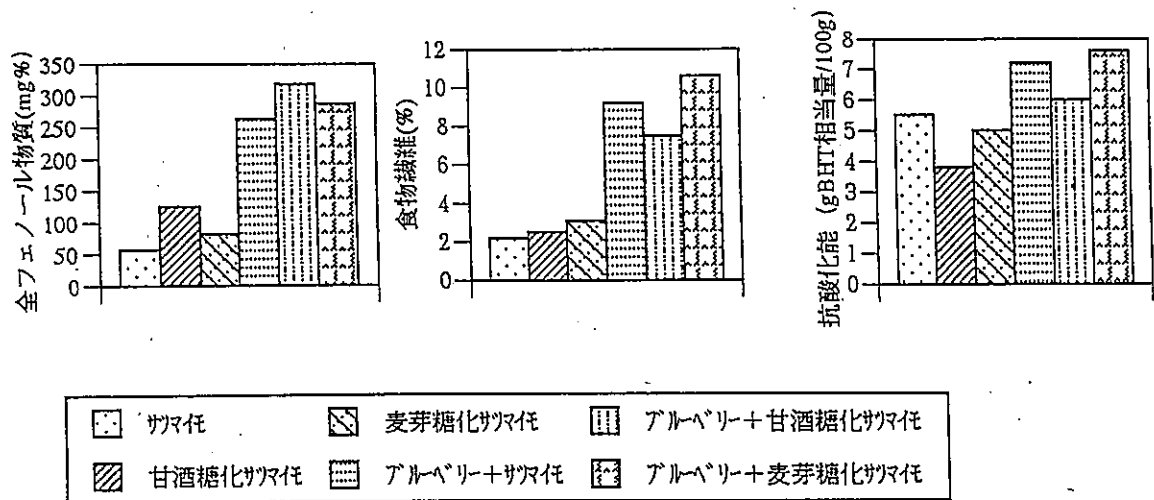


図8 ブルーベリーの添加効果

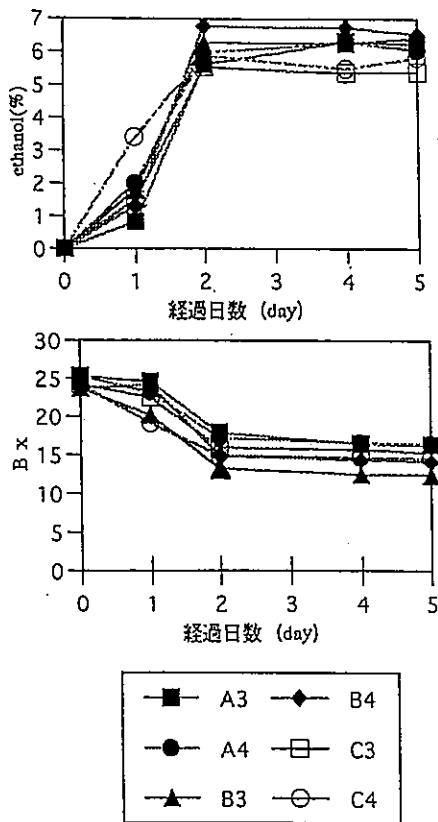


図9 プルーンのアルコール発酵経過

かった。Bxが低下しなかった理由のひとつにソルビトールの存在が挙げられると考えた。ソルビトールは、天然に存在し、果実類にも多く含まれており、甘味度は砂糖の50~70%、還元性反応基を有しないため、化学的に安定でメイラード反応も起こさず、加熱しても着色しない、難発酵性、う蝕性が低い、カロリーは砂糖と同等であるが、血糖値は上昇しないなどの性質を有している¹¹⁾。ソルビトールが残存すれば、その機能性も残存する。

次に、酢酸発酵の結果を図11に示した。プルーンの中に酢酸発酵を阻害する物質が含まれているらしく、アルコール発酵後、そのまま酢酸菌を植菌しても、発

酵しなかった。10倍希釈液と5倍希釈液で発酵を行った結果、5倍希釈液では順調な発酵が行われず、10倍希釈液で漸く順調に発酵した。発酵は8~10日で終了した。その後も発酵を続けると、酢酸が減少する試験区もあり、8~10日で終了した方がよいことが分かった。

米酢や麦芽酢を想定し、甘酒麹や麦芽で糖化したプルーンも同様に発酵試験を行ったが、酢酸の生成がプルーンのみのもより低かった。酢酸の生成量は約3%で少し低かったが、条件設定でもう少し上がるのではないかと考えた。

酢酸発酵前後のグルコース、ソルビトール、酢酸、エタノールについて図12に示した。エタノールが減少して酢酸が生成されたことが分かる。グルコースは増加し、ソルビトールは少し減少した。グルコースは酢酸発酵には使われず、酢酸菌の栄養源として添加する必要があると考えられた。

調製したプルーン酢と市販の黒酢、リンゴ酢、穀物酢の比較を図13、14に示した。プルーン酢のクエン酸が0.15、0.14%で黒酢の0.13%、リンゴ酢の0.09%、穀物酢の0.085%と比較して若干高いが、酢酸は市販酢の4.3~4.7%に比べて3.4%と低かった。市販品の酸濃度程度まで高める必要がある。全フェノール物質は黒酢の73mg%に比べて23~50mg%とかなり低かったが、リンゴ酢の25.3mg%と同等で、穀物酢の10mg%より高かった。抗酸化能は15.26~0.16mg%BHA相当量で、市販品の中で最も高いリンゴ酢の19.74mg%BHA相当量と同等で、黒酢の15.71mg%BHA相当量より高く、穀物酢の3.54mg%BHA相当量の4倍程度の値を示した。

これらの結果から、プルーン酢は発酵日数が短く、製品としては機能性、成分が市販品と同等で、機能性食品として有望である。

3種類の組み合わせ食品の試作を行ったが、病気の予防に役立つには、摂取し続けることが必要であり、そのためには、摂取しやすい形態にすることが必要で、ゼリーや飲料のポーションタイプが有望である。

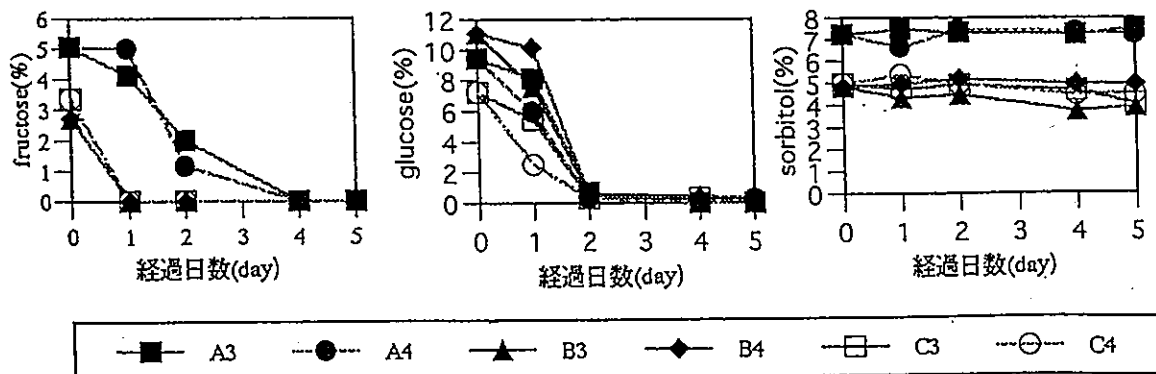


図10 プルーンのアルコール発酵経過中の糖の消長

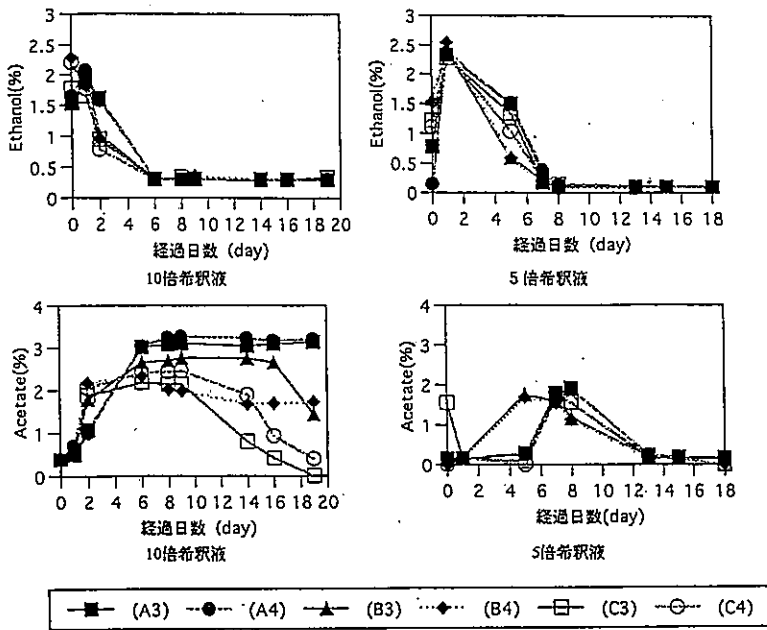


図11 ブルーンの酢酸発酵経過

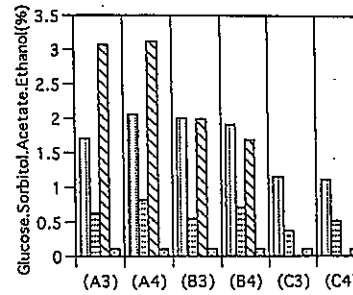
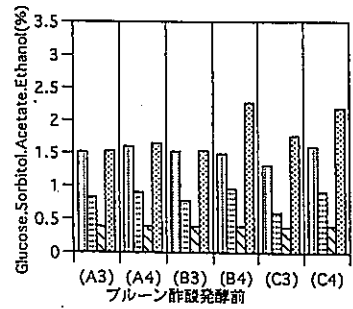


図12 酢酸発酵結果

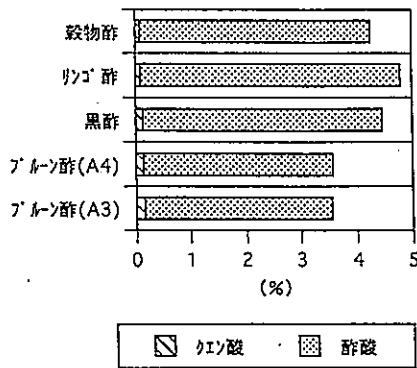


図13 ブルーン酢と市販酢の酸濃度

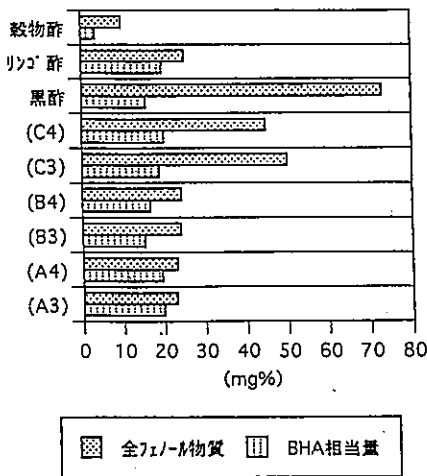


図14 ブルーン酢と市販酢の比較 (抗酸化能と全フェノール物質)

4. おわりに

病気を予防することが老化制御につながると考え、機能性成分を含む食品素材を組み合わせた食品を試作した。

茎ワカメや増粘多糖類を配合して試作したゴマ豆腐は、基本の配合のゴマ豆腐より、食物繊維、カルシウム、全フェノール物質の含有量が増加し、抗酸化能の値も高くなった。また、茎ワカメとキサンタンガム：グルコマンナン：ローカストビーンガム (1:1:1) を配合して調製したゴマ豆腐の保存試験の結果、離水、凝集性の低下が抑制され、物性面の変化にも遅延効果のあることが分かった。

機能性食品として脚光を浴びているサツマイモにブルーベリーを組み合わせたゼリーを試作した。ブルーベリーの添加により、全フェノール物質、食物繊維が増加し、抗酸化能が高くなった。また、サツマイモを甘酒麴や麦芽で糖化し消化性を高めることができた。

ブルーベリーに酢の機能性をプラスすることを目的に酢酸発酵試験を行った。ブルーベリーには酢酸発酵を阻害する成分が含まれているようで酢酸発酵が進まなかったため、希釈率を上げて行った結果、酢酸を生成することができた。市販酢と比較すると、抗酸化能はリンゴ酢と同等で、穀物酢の4倍程度であった。発酵日数が短いため製品化が容易であることも利点である。

最後に、この研究において分析を手伝っていただきました前田美智子技師に感謝いたします。

文 献

- 1) 越智宏倫. “老化制御食品の開発” 東京, 光琳, 303 p (1995).
- 2) 日本食品科学工学会, 新・食品分析法編集委員会編. “食物繊維”. 新・食品分析法. 東京, 光琳, p. 65-73 (1996).
- 3) Folin, O. et. al. J. Biol. Chem. 22, p305 (1915)
- 4) 須田郁夫. “分光光度計によるDPPHラジカル消去能の測定”. 食品の機能性評価マニュアル集. つくば. 農林水産省, 農林水産技術会議事務局, 食品総合研究所, p. 16-18 (1999).
- 5) 竹田千重乃, 檜作進. “各種でんぷんの熱糊化の特徴”. 日本農芸化学会誌, vol. 48, No. 12, p. 663-669 (1974).
- 6) A. Suzuki, S. Hizukuri and Y. Takeda. “Physicochemical studies kuzu starch”. Cereal Chem. 58 (1981).
- 7) 須田郁夫, 古田収, 西場洋一, 山川理, 松ヶ野一郷, 杉田浩一. “紫甘しょジュース飲用ラットにおける四塩化炭素誘起肝障害の軽減”. 食科工. vol. 44, No. 4, p. 315-318 (1997).
- 8) 日本ブルーベリー協会編. “ブルーベリーの成分と機能特性”. ブルーベリー—栽培から利用加工まで—. 東京, 創森社, p. 130-137 (1997).
- 9) 望月賢二・青葉高・田中金太郎監修. “ブルーベリー”. 海の幸・山の幸大百科第Ⅲ巻. 東京, (株)ぎょうせい, p. 70 (1990).
- 10) 柳田藤治. “酢の機能性について”. 醸協. vol. 85, No. 3, p. 134-141 (1990).
- 11) 吉積智司・伊藤汎・国分哲郎. “ソルビット：ソルビトール”. 甘味の系譜とその科学. 東京, 光琳, p. 253-254 (1986).

高速画像認識システムに関する研究

重森清史*

Study on the High Speed Image Recognition System

Kiyoshi Shigemori*

本誌第35号で筆者が提案した階層型自己組織化モデルの処理時間を短縮するために有効な高速画像認識システムを提案した。提案していた階層型自己組織化モデルでは、Kohonenの自己組織化特徴マップの処理に時間がかかり過ぎることが問題となっていたが、本報告では、その高速化を行うために、プロセッサファーム方式を用いた分散処理を行った。その際、通常のプロセッサファームで見られるような処理の制御を行うControllerと実際に処理を行うWorker間の通信だけでなく、Worker間でも通信を行うようにして処理の高速化を図った。また、自己組織化を実行する際に、通常は1回の自己組織化において1個のサンプルデータを用いるが、今回、複数のサンプルデータを用いる方式を提案し高速化を行った。そして、これらの高速処理の実現のため、トランスピュータを用いた並列処理システムを提案し、画像の領域分割実験によりその有効性を確認した。

1 はじめに

外観検査やロボットビジョンの画像認識において、濃度やテクスチャ等の画像特徴量により、対象物とそれ以外の領域を区別する領域分割¹⁾は画像認識の基本処理であり、その結果がその後の認識処理に大きく影響する。

その際、問題となるのが領域分割のための基準であるが、照明条件等の外部環境に影響される場合が多く、画像毎に決定する必要がある。そこで、著者は平成8年度にニューラルネットワークの一つであるKohonenの自己組織化特徴マップ²⁾を応用して画像の領域分割基準を自動的に決定する方法を提案した³⁾。この手法は、入力画像に応じて領域分割のためのしきい値を自動決定するため、融通性のある認識を行うことができるという特徴を持っているが、その反面、繰り返し計算を数多く行う必要があり、処理時間がかかりすぎている。そこで、今回、処理時間の短縮を図るため、Kohonenの自己組織化特徴マップ並列処理アルゴリズムの検討及び並列処理用CPUであるトランスピュータを用いた高速画像認識システムの構築を行った。

Kohonenの自己組織化特徴マップの並列処理アルゴリズムについては、Chwan-Hwa Wu⁴⁾あるいはS.A.Wilde⁵⁾によって提案されているが、1回の重み更新におけるサンプルデータ数は1つであり、そのサンプルデータに対して重み更新を行う近傍ニューロンの範囲が計算の過程で小さくなると、並列化の効率が悪くなるという問題点があった。そこで本研究では、自己組織化を効率的に行

うため、プロセッサファーム⁶⁾による分散処理、自己組織化サンプルデータのマルチ化による並列処理アルゴリズムの提案及びそれを実現する対象物認識並列処理システムの構築を行った。なお、並列処理化に際しては、トランスピュータの能力を最大限に出すために並列処理用プログラミング言語Occam²⁾を用いており、その結果、平成8年度にパソコン(PC9801FA)と汎用画像処理装置(nexus6800)の組み合わせで約1時間かかっていた処理時間が約40秒まで短縮することができた。

2 Kohonenの自己組織化特徴マップ

本研究では、領域分割のためにニューラルネットワークを用いているが、まず、その基本となるKohonenの自己組織化特徴マップについて述べる。Kohonenの自己組織化特徴マップは、図1に示すように1層のニューラルネットワークから成り、各ニューロンは、格子状に隣接ニューロンとのみ結合している。そして、入力ユニットを通じて入力信号がインプットされると、各ニューロンはその入力信号との間の距離(例:ユークリッド距離等)を計算し、入力信号に最も近いものが最適一致ニューロンとして選択される。そして、近傍ニューロンと共にその入力信号に近づくように重みの更新が行われる。例えば、 n 次元の重みベクトルを持つ $K (=k \times k)$ 個のニューロンで構成されるニューラルネットワークを考え、その中のニューロン m_i が(1)式で表されるとする。

$$m_i = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}) \quad (1)$$

$$x = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) \quad (2)$$

そして、このネットワークに入力信号((2)式)が与え

* 電子部

られると、ユークリッド距離等の一致基準を用いた(3)式により、最適一致ニューロン m_c が選択され、(4)式により、 $N_c(t)$ で示される位相的近傍ニューロンと共に利得係数 $\alpha(t)$ ($0 < \alpha(t) < 1$)により、その重みベクトルが更新される。

$$\|x - m_c\| = \min_i \|x - m_i\| \quad (3)$$

$$m_i(t+1) = \begin{cases} m_i(t) + \alpha(t) \cdot (x(t) - m_i(t)) & (i \in N_c(t) \text{ の場合}) \\ m_i(t) & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (4)$$

以上のアルゴリズムにより、入力空間上から任意に選択した信号 $x(t)$ を繰り返し入力し、重みベクトルの更新を行うと、ニューラルネットワークは次第に入力信号が属する空間を表すように自己組織化される。

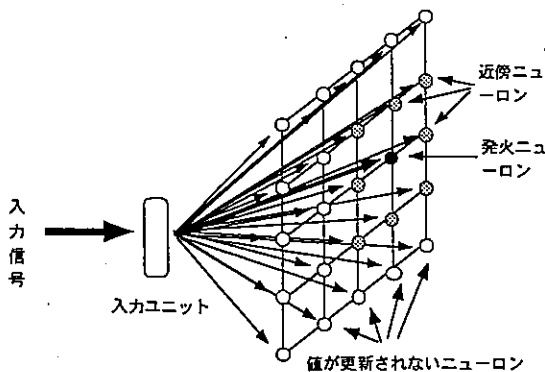


図1 Kohonenの自己組織化特徴マップ

3 対象物認識システム

平成8年度に提案した対象物認識システムは、図2に示すような4層の自己組織化層からなる階層型自己組織化モデルであり、各層はそれぞれ自己組織化ニューラルネットワークで構成され、最下位層では画像データをもとに、その他の層ではそれぞれすぐ下の層の重みデータを

もとに自己組織化を行う。具体的には、与えられた対象画像の中から繰り返し任意の点を選択し、その画像濃度、色等の画像特徴量を最下位層に自己組織化用サンプルデータとして入力して、(5)式により最適一致ニューロンの選択及び(4)式によりニューロンの重み更新を行い、最下位層を自己組織化する(第1層の自己組織化)。

$$\|\Gamma \cdot (x - m_c)\| = \min_i \|\Gamma \cdot (x - m_i)\| \quad (5)$$

ここで、 Γ は入力信号 x のベクトル成分の自己組織化への重要度を決定する対角行列であり、各層毎に決定される。以上のようにして第1層の自己組織化が終了すると、第1層の重みデータを用いて(5)、(4)式によりその一つ上の層の重み更新を行い、最上位層まで自己組織化を行う(第2、3、4層の自己組織化)。これにより、領域分割のためのしきい値が自動的に決定され、最上位層(第4層)のニューロン数に応じて、対象画像が領域分割される。しかし、自己組織化のため、多くの繰り返し計算が必要であり、パソコンと汎用画像処理装置の組み合わせでは処理時間がかかり過ぎていた(約1時間)。

4 並列自己組織化

実用的な対象物認識を行うためには、その認識性能と共に処理時間も重要である。そこで並列処理による高速化を行ったが、平成8年度に提案した方法は、3章に示した対象物認識処理を逐次処理により行っていた。即ち、一つの入力信号に対して順番に全てのニューロンのユークリッド距離を計算し、(5)式により最適一致ニューロンを選択し、その最適一致ニューロンと(4)式の $N_c(t)$ で示される近傍ニューロンの重みの更新を順番に行い、それが終了した後に次のデータを入力する方法を取っている。そのため、逐次処理では、入力信号と全てニューロンとの距離計算を順番に行わなければならないが、また、重み更新時に図1の黒色の最適一致ニューロンと灰色の近傍ニューロン以外は遊んでいる状態となるので非効率になってしまう。そこで、自己組織化の並列化に当たり、

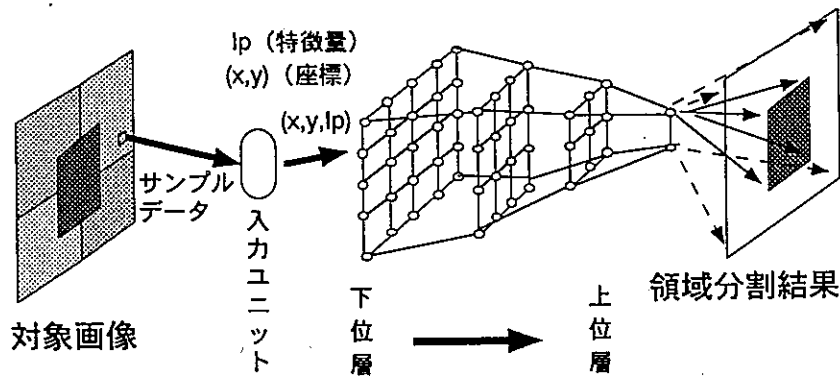


図2 階層型自己組織化モデル

2つの側面から並列化を行った。一つは、処理の分散化であり、もう一つはサンプルデータのマルチ化である。以下にその概要を示す。

4.1 処理の分散化

処理の分散化に当たり、プロセッサファームと言われる分散化を行った。これは、図3(a)に示すように全体を管理するControl Processor (以下Controller) と分散化されたデータをControllerの指示により実際の処理をするWorker Node (以下Worker) からなり、WorkerはControllerからデータと命令を受け取り、処理結果を通信Channelを通じてControllerへ返す。Controllerは、全体的な処理の管理とWorkerへ処理の指示を出す。今回の並列処理化では、並列化の有効性の点から第1層(12×12のニューロン)の自己組織化のみ並列処理化を行ったが、第1層については図4に示すように9つのエリアに分け、それぞれにWorkerを割り当て処理の分散化を行った。但し、今回のシステムではControllerの負担を軽減するため、図3(b)のようにWorker同士も通信Channelを持つシステムとした。

Controller とWorkerの処理内容を図5に示す。図5において、Controllerは処理の流れに従いデータをWorkerへ分散し、結果を受け取り処理を進める。先ず、第1層の自己組織化について述べると、①で初期値の設定及び

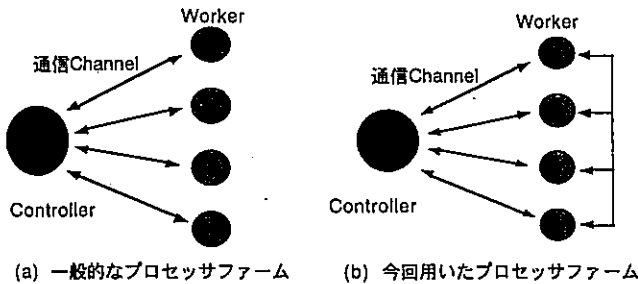


図3 プロセッサファーム

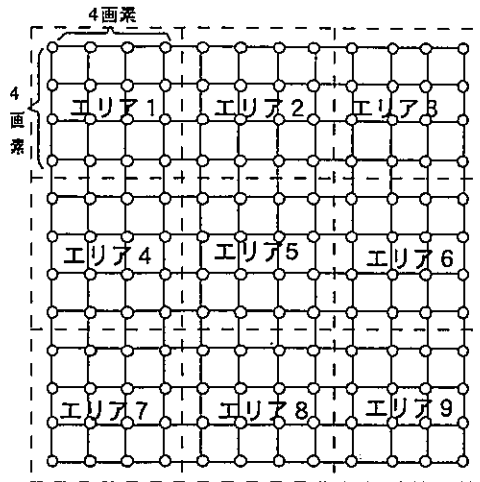


図4 ニューロンの分散処理

処理内容	Controller	通信Channel	Worker (1~10) (分散処理部分)
第1層の自己組織化	①初期値の設定	初期値データ	(1)初期値受信
	②サンプルデータの決定		
	③サンプルデータの出力	サンプルデータ	
	④グローバル最適一致ニューロンの選択	ローカル最適一致ニューロンデータ	(2)エリア内のローカル最適一致ニューロン選択 (4×4ニューロン)
	⑤重み更新指令	重み更新データ	(3)エリア内重み更新
	⑥次のステージのサンプルデータ決定	次期データ受け入れ可	(4)他のエリアへの重み更新指令
第2,3,4層の自己組織化	⑦第2層自己組織化		(5)他のエリアからの指令による重み更新
	⑧第3層自己組織化		
	⑨第4層自己組織化		
	⑩画像データのWorkerへの分散	画像データ、学習データ	(6)画像データの分類
画像データの抽出	抽出エリアの表示	画像の分類結果	

図5 並列自己組織化の処理内容

②でサンプルデータの獲得を行った後、③④の処理過程で最適一致ニューロンの選択を行うが、③でControllerはサンプルデータを各Workerへ出力し、各Workerは(2)でエリア内(4×4ニューロン)の中における最適一致ニューロン、即ち、ローカル最適一致ニューロンを選択し、そのローカル最適一致ニューロンの情報をControllerへ返す。Controllerでは、送信されてきたローカル最適一致ニューロンの中から、グローバルな最適一致ニューロン(グローバル最適一致ニューロン)を選択する。次に、Controllerから選択されたグローバル最適一致ニューロンが属するエリアを受け持つWorkerに対し、重み更新データ(近傍ニューロン範囲、利得係数等)が送信されエリア内の最適一致ニューロン及びその近傍ニューロンの重み更新が行われる。その際、そのエリア外にも近傍ニューロンが存在する場合は、近傍ニューロンが属するWorkerへWorker間の通信Channelを通じて重み更新データを送信する(処理(a))。その一方でControllerは、Workerで重み更新を行う間に次のステージに必要なサンプルデータを獲得する。この作業を指定の計算回数まで繰り返し計算し、第1層の自己組織化を終了する。

次に、第2、3、4層の自己組織化は、逐次処理により自己組織化を行うこととした。これは、第2、3、4層のニューロン数が少なく(第2層:36個,第3層:9個,第4層:2個)、分散処理による効果があまり得られないためである。

そして、最後に自己組織化された認識モデルにより画

像の分類を行うが、画像をいくつかの部分に分割して Worker で分散処理を行い、返されてきた処理結果を表示するようにした。

4.2 サンプルデータのマルチ化

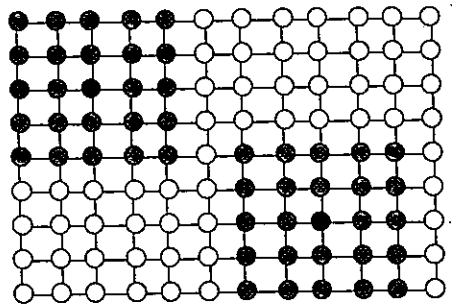
逐次処理による自己組織化では、図1から分かるように重み更新時に最適一致ニューロンとその近傍ニューロン以外は何もしない状態になり非効率となる。そこで今回、サンプルデータをマルチ化する方法を試みた。これには次の効果が期待される。即ち、

- 1) 重み更新時に遊んだニューロンを減らすことができる。(→処理の効率化)
- 2) 複数のサンプルデータを一度に送信することにより通信回数を減らし、通信の効率化を図ることができる。

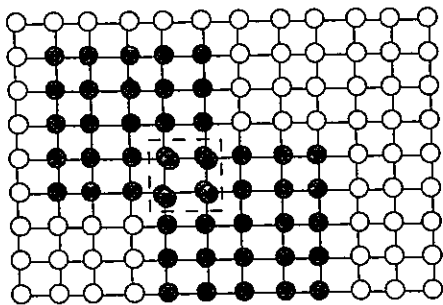
しかし、サンプルデータのマルチ化を行った場合、最適一致ニューロン同士の干渉の問題がある。例えば、同じ重み更新のステージで2個のサンプルデータ $x_1(t)$ 及び $x_2(t)$ に対する最適一致ニューロンとして、 $m_{c1}(t)$ と $m_{c2}(t)$ がそれぞれ選択され、これらが互いの近傍領域内

に存在する場合、仮に $m_{c1}(t)$ の重み更新が先に行われたとすると、 $m_{c2}(t)$ の重みも変化するため、 $m_{c2}(t)$ は入力信号 $x_2(t)$ に対する最適一致ニューロンでなくなる可能性があり、そのまま $m_{c2}(t)$ を $x_2(t)$ の最適一致ニューロンとして採用すると正しく自己組織化が行われない可能性がある。そこで、図6に示す3つのケースを考え、以下のルールで重み更新を行うこととする。

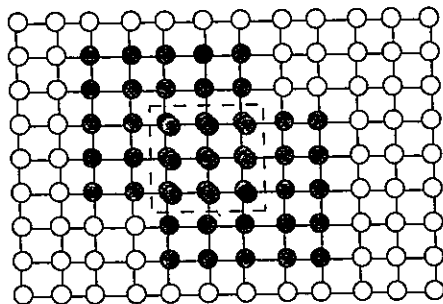
- 1) 最適一致ニューロン同士の干渉がない場合(図6(a))、並列に重み更新を行う。
- 2) 最適一致ニューロンとして、選択されていないニューロンが2つ以上の最適一致ニューロンの近傍領域に属する場合(図6(b))、任意に決定した順番によりその重みを更新する。
- 3) 2つ以上の最適一致ニューロンが互いの近傍領域に属する場合(図6(c))、任意に選択した1つのデータだけを採用する。最適一致ニューロンが重なった場合も同様とする。以上のルールにより、複数サンプルデータによる並列自己組織化を行った。



(a) 干渉がない場合



(b) 干渉するケース(1)



(c) 干渉するケース(2)

● 最適一致ニューロン ● 近傍ニューロン

図6 複数のサンプルデータの干渉

5 対象物認識並列処理システム

4章で示した並列自己組織化を実現するシステムとして、図7に示す対象物認識並列処理システムを構築した。図7は、4.1節で述べたプロセッサファームを実現するシステムであり、一つのController及び10個のWorkerからなり、1~9までの各Workerには図4に示したニューロンの分割エリアの1から9までがそれぞれ割り当てられ、Worker(10)は、主にParallel Image Processing Boardの制御用に用いられる。ここで、Controller及びWorkerとして、並列処理用CPUであるトランスペータ T9000を用いており、Routing SwitchにはPacket Routing Switch C104をControllerとWorker間及びWorker同士の通信Channelとして用いている。

今回使用したトランスペータ(T9000)の性能は表1に示した通りであり、1台でも高速処理を実現することができるが、これを並列化することにより更に高速化を図ることができる。また、C104は100MBPSの高速通信が

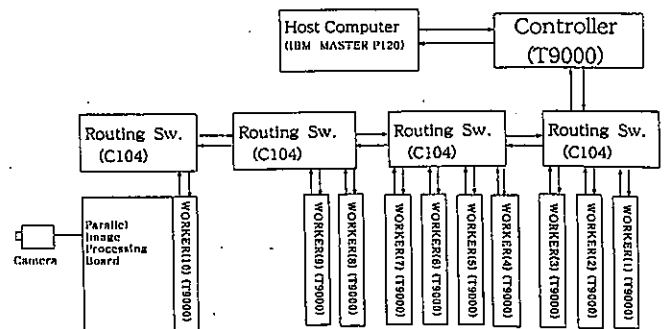


図7 並列処理システム

表1 トランスピュータ(T9000)

並列処理方式	スーパースカラ 4命令同時実行
動作クロック	20MHz
ピーク性能	80MIPS,10MFLOPS
メモリ	16MB (Worker(1)~(9))
	32MB(Worker(10))
外部通信機能	最大100MBPS

可能であり、T9000間の高速通信を実現する。なお、Parallel Image Processing BoardはT9000用に開発された画像処理ボードであり、高速画像処理を行うことができる。以上のように構成した対象物認識並列処理システムにより、4章で述べた対象物認識の並列処理を以下のように実行することとした。

まず、図5の第1層の並列自己組織化の処理ではController及びWorker(1)~(9)を使用し、Controllerの指示によりWorker(1)~(9)へタスクが割り当てられ、並列処理による自己組織化が行われる。第2、3、4層の自己組織化処理は、Workerは用いずにControllerで行われる。また、最後の画像分類過程では、Worker(10)にもタスクが割り当てられ、図7に示すように512×480画素の画像データ512×48画素を単位とする10個の部分に分割され、Worker(1)~(10)により並列自己組織化結果に基づく画像データの分類が行われる。

なお、本システムのプログラミング言語はトランスピュータの性能を十分発揮するため、並列処理用プログラミング言語Occam2を用いた。

6 実験結果及び考察

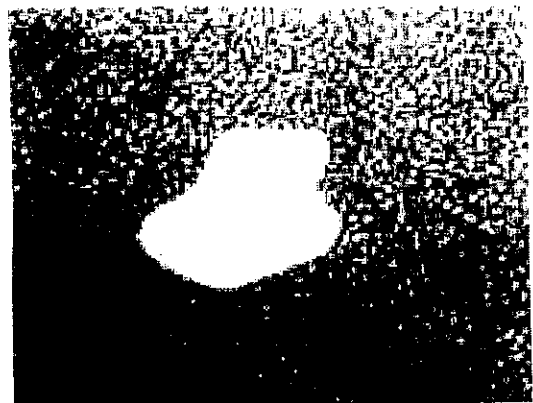
本研究で提案した方法により、領域分割実験を行った。階層型自己組織化モデルの実験条件は表2に示す通りであり、学習回数は第1層から、25,000回、5,000回、

2,000回、1000回とした。表2中の重みづけは、3章で述べた自己組織化を行う際の位置情報と画像特徴量の重要度の比率を決定する値(Γ)である。

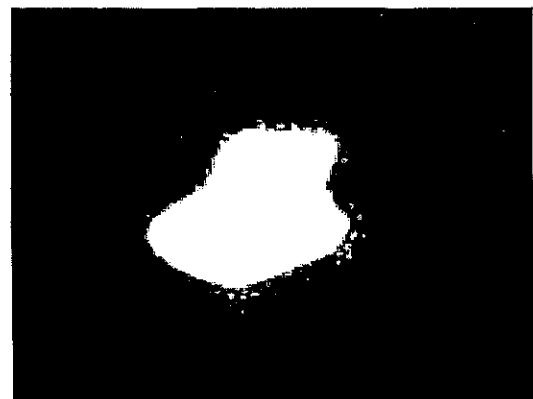
処理結果を図9(b)に示す。対象画像(図9(a))は、鉄製の台の上に任意に切った紙を置いたものであり、画像サイズは512×480画素でノイズが多く画像中で濃度のムラがあるが、図9(b)に示すように自動的にしきい値が決定され領域分割がなされている。なお、対象物周辺部の白い点は、近傍のノイズを拾ったものであり、今後の検討課題である。

表2 自己組織化条件

階層	ニューロン数	計算回数	重みづけ
第1層	144個 (=12×12)	25,000回	位置データ: 1.0
			画像特徴量: 0.4
第2層	36個 (=6×6)	5,000回	位置データ: 1.0
			画像特徴量: 0.6
第3層	9個 (=3×3)	2,000回	位置データ: 1.0
			画像特徴量: 0.8
第4層	2個 (=2×1)	1,000回	位置データ: 0.0
			画像特徴量: 1.0



(a) 原画像



(b) 処理結果

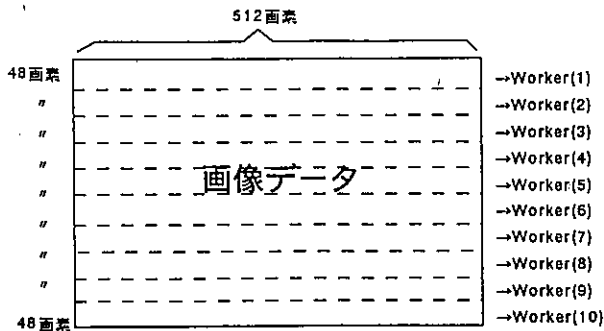


図8 画像データのWorkerへの分散処理

図9 領域分割実験

表3 処理時間

処理内容	計算時間(Sec.)
第1層自己組織化	16.20
第2層自己組織化	3.20
第3層自己組織化	0.60
第4層自己組織化	0.04
画像データの分割	24.00
合計	44.04

次に表3に計算時間の結果を示す。処理時間は、第1層の自己組織化で16.2秒、第2層、3層、4層の自己組織化にそれぞれ3.2秒、0.6秒、0.04秒、そして、画像データの分類に24.0秒かっており、合計で44.04秒であった。各処理の内、第1層の自己組織化と画像データの分類に特に時間がかかっているが、第1層の自己組織化は、512×480画素の画像データを12×12のニューロン上にデータを圧縮するために必然的に時間がかかり、また、画像データの分類に関しては自己組織化したデータを基に全画素を分類しているため時間がかかっており、今後、更に短縮化を検討する必要がある。

7 まとめ

平成8年度に構築した階層型自己組織化モデルの処理の高速化を行う高速画像認識システムを提案した。高速化の方法として、

- (1) プロセッサファームを用いた分散処理による処理の高速化を行った。
- (2) 自己組織化の際に複数のサンプルデータを用いることにより、自己組織化の効率化を行った。
- (3) トランスペュータを用いた対象物認識並列処理システムを構築した。
- (4) 画像データの分類過程において、処理の分散化による高速化を行った。

(5) その結果、平成8年度にパソコン(PC9801FA)と汎用画像処理装置(nexus6800)の組み合わせにより約1時間かかっていた処理が44.04秒まで短縮することができた。

今後の課題として、更に処理時間の短縮を行う必要がある、特に第1層の自己組織化及び画像データ分類の効率化による処理時間の短縮を図る必要がある。また、効果的な対象物認識のため、領域分割の際の境界付近のノイズの処理とともに、認識に有効な画像特徴量の検討も行う必要がある。

文献

- 1) 安居院猛, 長尾智晴. "9. 画像の領域分割, 画像の処理と認識". 東京, 昭晃堂, p128-139(1992)
- 2) T.Kohonen."TheSelf-organizing Map".Proceeding of THE IEEE.Vol.78,No.9, p.1464- 1480(1990)
- 3) 重森清史."自己組織化ニューラルネットワークを用いた画像の領域分割".熊本県工業技術センター研究報告,No.35,p28-33(1997)
- 4) Chwan-HwaWu, Russel,E. Hodges, Chia-Jiu Wang. "Parallelizing the Self-Organizing Feature Map on multi processor systems",Parallel Computing 17, p.821-32(1991)
- 5) S.A.Wilde,K.M.Curtis."A TRANSPUTER BASED SELF-ORGANIZING NEURAL NETWORK FOR SPEECH SYNTHESIS PARAMETER ARBITRATION".Tranputer Applications and Systems'93,p.1242-1253(1993)
- 6) Ronald S.Cok著, 梅尾 博司監訳, 松田 稔, 丸山 公雄, 山本正樹訳."3.プロセッサファーム"Transputer / occamによる並列プログラミング.東京, 共立出版社, p61-89(1993)
- 7) John Galletly著, 山本 正樹 監訳, 丸山 公雄/他/訳."並列処理言語Occam2.東京, 日刊工業新聞社, 294p(1991)

IC検査装置の開発

重森清史*・志水克規**

Development of IC Inspection System

Kiyoshi Shigemori* and Katsunori Shimizu**

IC成型品寸法の精密測定を行うIC検査装置を当センター及び原精機産業株式会社の共同研究により開発した。開発した検査装置は、検査員がICを所定の場所にセットすると自動的に所定の場所にステージが移動し寸法検査を行う。寸法検査を行う際、傷があったりピンの変形等の不確定要素が発生する可能性があるが、本検査装置は検査員が行うのと同じように、これらの不確定要素にも対応して正確な寸法測定をすることができる。また、本検査装置の性能を検査員と比較した結果、繰り返し制度精度及び検査時間においても検査員よりも優れていることが分かった。

1 はじめに

原精機産業株式会社（以下、原精機）は、ウェハの切断からパッケージング、成形までのIC製造における一連の後工程を行い、完成したIC製品を出荷している。IC製造工程の中では、各段階で電気試験、各種の信頼性試験等様々な検査が行われるが、原精機では製造工程の最終段階で、抜き取り方式による完成品の精密寸法測定を教育を受けた検査員が目視検査で行っていた。しかし、

- (1) 個人差による測定結果のばらつきが生じる。
- (2) 同じ検査員でも体調等により検査結果にばらつきが生じる。
- (3) 検査時間がかかる。(初心者の場合、数十分かかる場合もある。)
- (4) 一人前の検査員とするには研修期間が必要である。
- (5) 検査員の肉体的負担がかかる。

等の問題があり自動化に取り組んだが、画像処理による計測技術が必要であったので、当センターと共同で半自動によるIC検査装置の開発を行った（平成10年度）。これにより、測定結果のばらつき、検査時間の短縮及び検査員の肉体的負担等が改善された。開発は、主にステージ移動、照明の制御及び測定ICのデータ設定を原精機側で行い、また、画像処理アルゴリズム及び画像処理プログラム開発を熊本県工業技術センターで行った。本報告では、画像処理アルゴリズムを中心に述べる。

2 システム構成

IC検査装置の概要を図1に示す。その構成は、XYステ

ージ、リング照明、CCDカメラ、パソコン(NEC製PC-9821Xa13)及び画像処理装置(FAST製CSC901b)等からなっており、XYステージ上に検査員がICをセットすると、パソコンからの指示によりXYステージが順次測定個所に移動して、CCDカメラから画像データを画像処理装置に取り込み自動計測を行う。パソコンでは、XYステージと照明の制御及び品種等のデータ設定及び品種データの画像処理装置への通信等を行っている。画像処理装置は、入力された画像及びパソコンから送られてきた品種データ等をもとに、ピンの測定間隔等の検査に必要なパラメータを決定し、自動測定を行う。

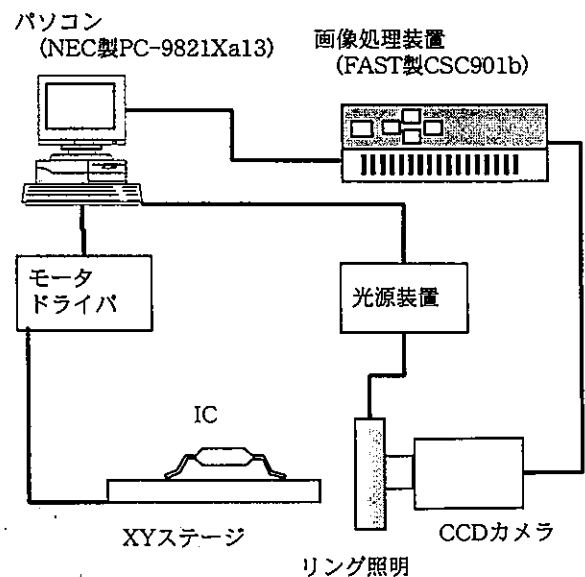


図1 IC検査装置システム構成

* 電子部

** 原精機産業株式会社

3 本システムの特徴

図2に、今回自動化した測定箇所を示す。測定箇所は、

- (1) ピン先端と水平面間の距離 (コプラナリティ)
- (2) ピン曲がり角度 (フットアングル)
- (3) ピン平坦部分 (平坦長)
- (4) パッケージの下面の高さ (スタンドオフ)
- (5) ピンの先端間幅 (全幅)
- (6) ICの反り (反り)

の計6カ所である。

今回の開発における主なポイントは、

- (1) それまで検査員による目視検査を行ってきており、測定場所の設定等をできるだけ検査員のやり方に合わせる必要がある。
- (2) 測定対象は、不良品も含まれており、まれに極端な曲がりや傷等があるため、色々なケースに対応可能とし、測定失敗を少なくする必要がある。

という2点であった。このうち、(1)項に関しては、図2に示した各測定箇所において、検査員が具体的にどの部分を測定しているか、また、何を基準に測定箇所を決定しているかを聞き取りにより調べ、それを画像処理に反映させるようにした。また、(2)項に関しては、様々な状態のICが測定される可能性があり、これについても対応できるアルゴリズムを検討した。

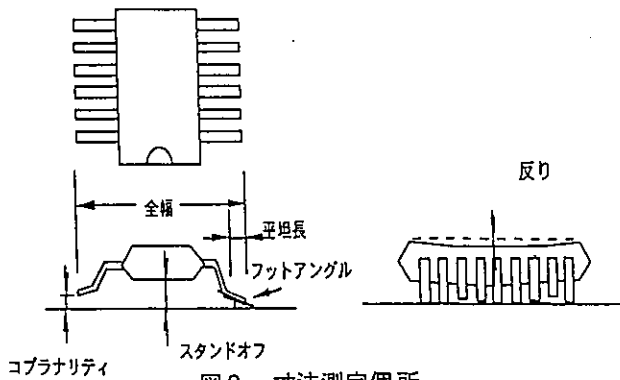


図2 寸法測定箇所

4 自動化前の検査方法

今回、開発したIC検査装置を適応する以前は、マニュアルで計測する装置が用いられており、図3に示すように検査員が顕微鏡をのぞき込み、顕微鏡のXYステージを動かして測定点を決定することにより、寸法及び角度が計算されるマニュアル方式で計測が行われていた。しかし、検査員の個人差が出る可能性が大きく、同じ検査員でも測定結果にばらつきが出る場合があった。

また、検査は検査箇所が数十カ所以上となる場合が多く、検査員が初心者の場合、30分近くかかることもまれではなく、熟練の検査員でも数分かかっていた。また、検査時間を短縮させようとすると、検査精度が落ちる傾向にあった。



図3 自動化前の検査状況

5 外観検査アルゴリズム

ここでは、測定例の代表として、図2のフットアングル及びコプラナリティの検査方法について説明する。

5.1 フットアングルの計測

フットアングルの測定に際しては、ICの端にあるピンのみを計測するが、まれにピンの向こう側のピンが見えている場合があり、画像の中から手前のピンのエッジを検出する必要があった。このような場合、検査員は、手前のピンのみを認識しているが、画像処理においては単純なエッジ情報だけでは誤認識してしまうため、エッジの立ち上がり情報 (濃度が暗から明に変化する箇所) とその強さの情報 (変化の度合い) の組合せにより、測定ピンの検出を行うようにした。また、ピンには、傷が入っている場合があり、検査員はそれらの傷を適当に除きながら測定している。本システムでは、この検査員の行っている方法を画像処理で実現するため、既知のピン幅のデータ及び直線検出に有効なハフ変換¹⁾と最小自乗法の組み合わせにより解決した。ハフ変換の詳細説明は省略するが、その基本原理は、XY座標上の直線が、原点から直線へ引いた垂線の長さ(ρ)とその垂線のX軸とのなす角度(θ)で表せることを利用して、 $\rho-\theta$ 平面 (極座標空間) からXY座標上の直線成分を検出する方法である。ハフ変換は、ノイズの多い点の中から、直線成分を抽出するのに優れているが、直線上に並ぶ点列だけを抽出するので、人の感覚と多少ずれたところがある。これに対し、検査員は、点列の中から平均を取りながら直線を決定するので、今回は、ハフ変換と最小自乗法を組み合わせることにより、ピン中央に直線を引くようにした。以

下にフットアングルの計測方法を示す(図4)。

- (1) 与えられた画像(図4(a))の中から、パターンマッチングの一種である正規化相関法²⁾により、ピンの先端部分を抽出する(図4(b))。
- (2) ピンの上面と下面に関して数画素毎にエッジ検出を行い、エッジの最も強い部分をピンの両端とする(図4(c))。

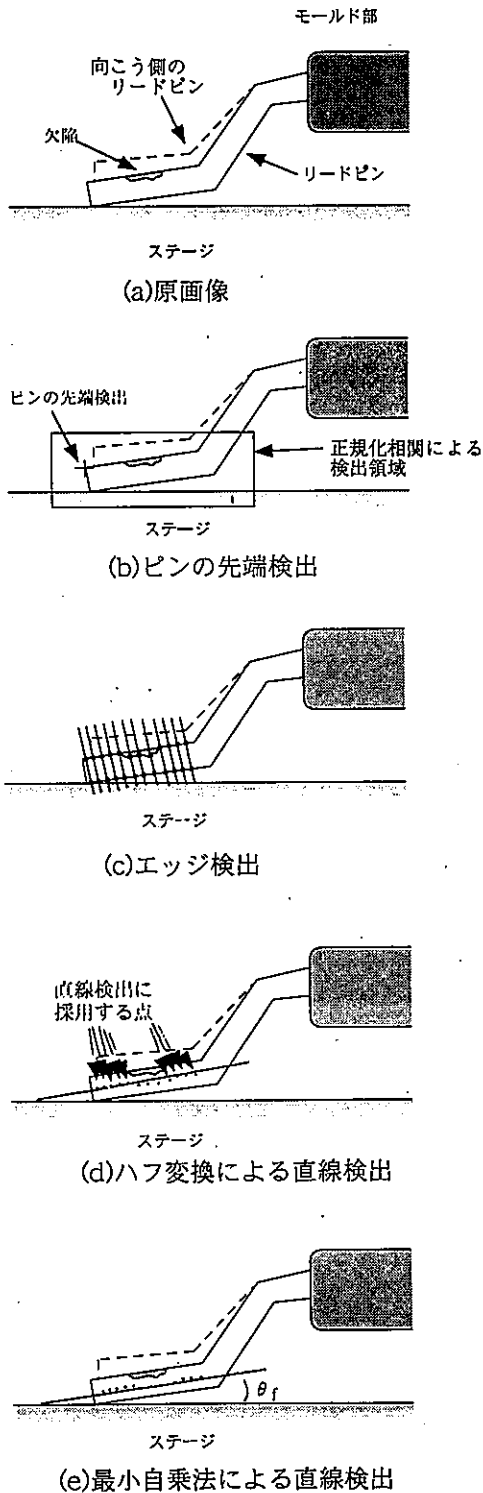


図4 フットアングルの測定方法

- (3) 得られた上面と下面のエッジの対の中から、あらかじめ分かっているピン幅に近いものだけを選択し、ピンの両端のエッジから計算された中央点群のデータを基にハーフ変換を用いて直線成分を求める(図4(d))。
- (4) (3)項で得られた直線の周辺に存在する、直線までの距離がn画素以内の点だけを選択し、最小自乗法により再度直線を求め、それをピンの中心線とし、これとステージ面からフットアングル(θ_f)を求める(図4(e))。

図5にフットアングル及び平坦長の測定結果例を示す。平坦長は、その測定方法の詳細の説明は省くが、フットアングルの測定の場合と同様にして、リードピンの立ち上がり部の中央線を出し、それとフットアングルの際に求めたリードピンの水平部の中央線との交点を求め、その交点とリードピンの先端を測定することにより求める。ここで、リードピンの先端は、一番出ている部分を調べて、ピンの先端としている。

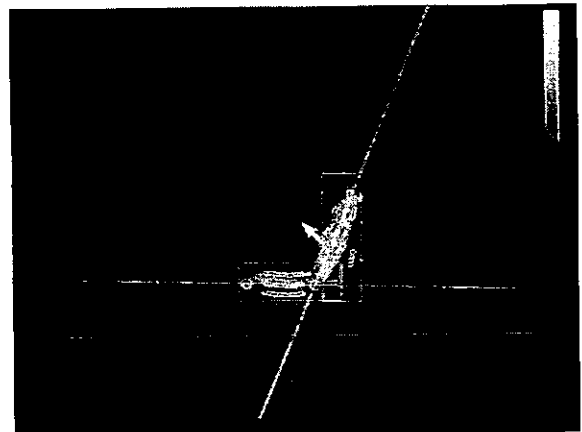


図5 フットアングルの測定例

5.2 コプラナリティの計測

コプラナリティは、ICピンの先端と水平面間の距離を測定するが、検査員はピンの先端の一番上がっている部分を測定しており、検査装置にも同様の機能を持たせる必要があった。また、ICピンは、まれにパッケージ下面より上方まで曲がっている場合があるため、エッジ情報によりピンの状態を判定し、それぞれの場合について測定方法を変えるようにした。以下にコプラナリティ測定例を示す(図6)。

- (1) 図6(a)に示す原画像に対し、エッジの存在の有無により、パッケージの下端及びピンの付け根付近でその位置を確認する(図6(b))。
- (2) 次に、パッケージの下端より少し下側の部分にエッジが存在するかどうかにより、ピン先端がパッケージの下側にあるか上側にあるか調べる(図6(c))。
- (3) ピンの先端がパッケージの下側にある場合(図6(d))、ステージとピン先端間において数カ所でエッジ検出を行い、その距離が最大のものをコプラナリティとする。

6 実験及び考察

(4) ピンの先端がパッケージの上側にある場合(図6(e))、パッケージ下側面とピン先端間において数カ所でエッジ検出を行い、その距離が最大のものにパッケージ下面とステージ間の距離を足して、コプラナリティとする。図7にコプラナリティの測定結果例を示す。

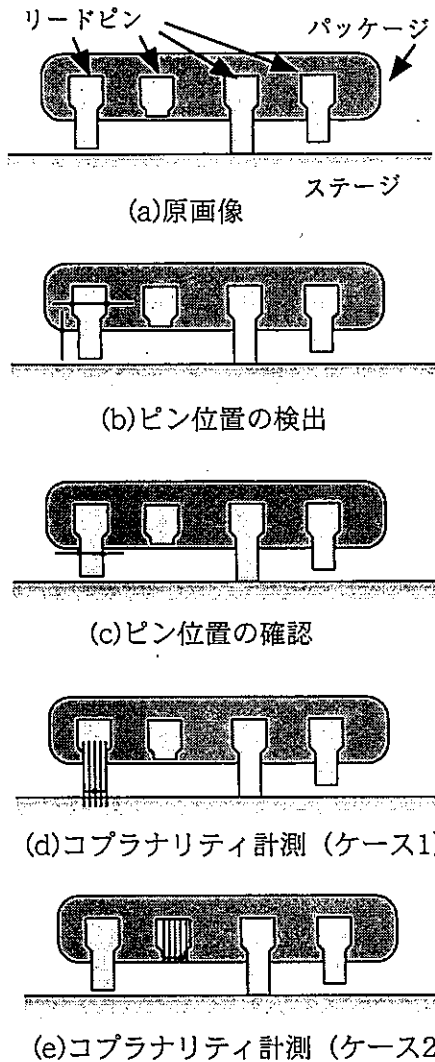


図6 コプラナリティ測定方法

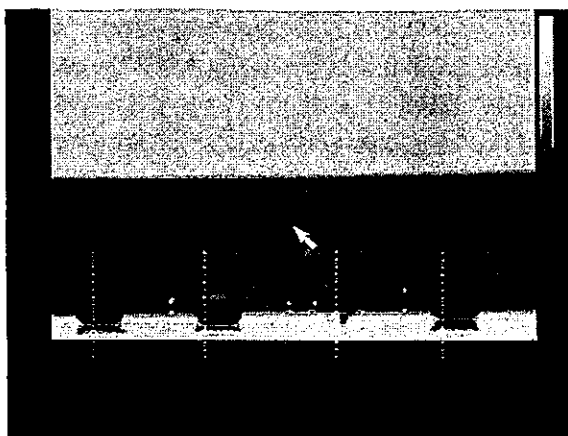


図7 コプラナリティ測定例

今回開発したIC検査装置の性能を評価するために、検査員との検査結果の比較を行った。まず、5名の検査員を選定し、5個の54ピンICについて各検査員に5回ずつ検査をしてもらった。同様に、IC検査装置についても同じICについて5回ずつ検査を行い、測定データがその平均値から最大どれくらいの振幅があるかを調べた。その結果を表1に示す。IC検査装置と検査員による測定値の平均はほぼ同じであったが、測定値のばらつきについては、表1から分かるように角度、寸法ともに開発したIC検査装置は、検査員よりも優れた検査結果を得ることができた。また、測定時間もIC検査装置の方が検査員の平均測定時間よりも約1分以上も短く、また、測定結果も検査員よりも誤差が小さく安定した結果を得ることができた。

表1 測定結果の比較

測定データ	IC自動検査装置	検査員(5名)
角度 (最大誤差)	±1度	±5度
寸法 (最大誤差)	±10μm	±20μm
測定時間(平均)	1分20秒	2分30秒

また、自動化後の検査風景を図8に示す。検査員は、パソコン上で検査するICの種類を選択し、検査対象ICをステージ上の所定の位置にセットし、スイッチを押すだけで良い。後は、ステージが測定場所まで移動し、自動的に検査が行われる。測定場所を変更する時のみ、検査員がICの向きを変える必要があるが、それ以外の操作は不要であり、顕微鏡をのぞく必要もなく、肉体的にも楽に検査ができるようになった。

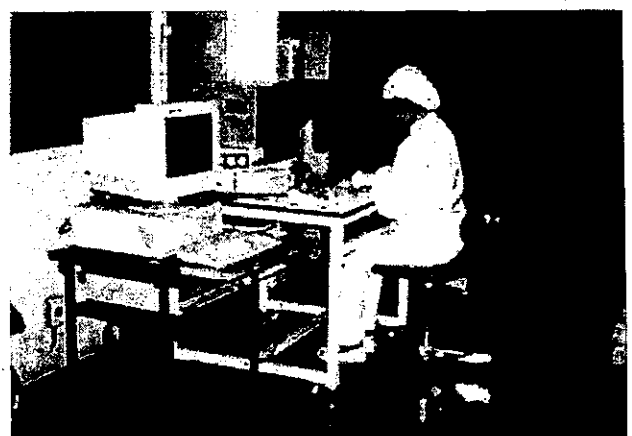


図8 コプラナリティ測定例

7 まとめ

文 献

今回、原精機産業（株）との共同研究によりIC自動検査装置の開発を行った。本装置の開発に当たっては、検査員のノウハウを製造装置に生かすようにし、ピンの異常な曲がりにも対応できるようにした。そのため、かなりピンが変形した状態でも検出不可となる場合はほとんど無く、検査員にも負担が少なく、検査時間も短くなり、しかも精度良く測定できる検査装置を開発することができた。本システムは、原精機産業（株）にて、実際に使用されている。

- 1) 森俊二, 坂倉梅子."11章 Hough変換". 画像認識の基礎〔Ⅱ〕. 東京, オーム社, p.3-19(1990).
- 2) 田村秀行."第3章 グレースケール・パターンマッチングを用いたFA用画像処理装置". コンピュータ画像処理: 応用実践編[3]. 東京, 総研出版, p.57-78(1992).

小型で低コストを特徴とする機器組み込み用Webサーバの開発

城戸浩一*・河北隆生**

Development of Small and Low-Cost Embedded Web Server

Koichi KIDO*, Takao KAWAKITA**

WWW(World-Wide Web)のホームページを閲覧する要領でWebブラウザからネットワークを介して工場や研究室、屋外等に設置された各種の電子機器や機械装置に対して遠隔操作や遠隔監視、遠隔計測等を簡単に行うことができる機器組み込み用のWebサーバ(以下「組み込みWebサーバ」と呼ぶ)を開発した。

この組み込みWebサーバの特徴は、小型(約10cm×10cm)、低コスト(パソコンよりも安価)、壊れにくい(ハードディスク等の機械部品を使用しない)ことである。開発した組み込みWebサーバを用いることにより、遠隔操作や遠隔監視、遠隔計測等を低コストで実現できる。

本稿では、開発した組み込みWebサーバ、組み込みWebサーバの動作確認及び評価のために構築した遠隔操作実験システム、及び、Webブラウザでは組み込みWebサーバから自動的にデータを収集したりハードディスク等に直接保存することができないといった欠点を解決するためにJavaを用いて作成した組み込みWebサーバ用の自動データ収集ソフトウェア(データ・ロガー)について報告する。

1 はじめに

WWW(World-Wide Web)では、Webブラウザ(文書を閲覧するソフトウェア)を用いてインターネット上のWebサーバ(文書を提供するコンピュータ)に接続し、Webブラウザ上で簡単な操作を行うことによって、容易に必要な情報を取り出したり、逆に、情報を送り出したりすることができる。そのため、WWWは、世界中に爆発的な勢いで普及するとともに、企業内の情報システム(イントラネット)や企業グループ間の情報システム(エクストラネット)としても盛んに利用されるようになってきている。

ところで、WWWで用いられるWebサーバを工場や研究室、屋外等に設置された各種の電子機器や機械装置に接続すると、Webブラウザを用いて離れた場所からこれらの電子機器や機械装置に対して設定や操作、監視、計測等を行うことが可能となる。

その結果、次のような利点が得られる。

- (1) 一般に普及しているインターネットのツール(WebブラウザやEthernet等)を利用することで、遠隔操作や遠隔監視、遠隔計測等の応用システムを低コストで実現できる。
- (2) 画面上に表示された文字やアイコン等をマウスでクリックするだけで簡単に操作できるWebブラウザを用いることで遠隔システムの操作方法が簡単で分かりやすくなる。
- (3) ハードウェアやOSの種類に関係なく、Webブラウザ

さえ動作すれば、ネットワーク上のどこからでもWebサーバに接続された電子機器や機械装置にアクセスすることができる。

- (4) WebブラウザとHTML(Hyper Text Markup Language)を利用することで、利用者とパソコンとの間のインターフェイスのためのプログラムの開発作業を削減できる。

さて、Webサーバのハードウェアとしては、通常パソコンやワークステーションが使われている。しかしながら、パソコンやワークステーションは、設置スペースを取り、ハードディスク等の機械部品を使用しているため壊れやすく、価格も高いことなどから、電子機器や機械装置に接続するためのWebサーバのハードウェアとしては適当でない。

そこで、本研究では、こうした問題を解決するため、小型(電子機器や機械装置の内部に組み込み可能)、低コスト(パソコンよりも安価)、壊れにくい(ハードディスク等の機械部品を使用しない)といった特徴を備えたWebサーバ(以下「組み込みWebサーバ」と呼ぶ)を開発する。

本稿では、第2章において開発する組み込みWebサーバ、第3章において組み込みWebサーバの動作確認と評価のために構築した簡単な遠隔操作実験システム、及び、第4章においてWebブラウザでは組み込みWebサーバから自動的にデータを収集したりハードディスク等に直接保存することができないといった欠点を解決するためにJavaを用いて作成した組み込みWebサーバ用の自動データ収集ソフトウェア(データ・ロガー)について報告する

* 電子部

** 情報デザイン部

2 組み込みWebサーバ

2.1 組み込みWebサーバの仕様と実装

開発する組み込みWebサーバの仕様を表1に示す。

表1 組み込みWebサーバの仕様

項目	範囲・値
プロトコル(アプリケーション層)	HTTP/1.0
リクエスト・メソッド	GET、POST、HEAD
Web画面データ・サイズ	最大1024バイト
入出カインターフェイス	RS-232C(1ポート)
CGI	相当機能を実装
サーバ・タイプ	繰り返し型
セキュリティ対策	無

(1) プロトコル

WebブラウザとWebサーバとの間でのメッセージ交換のための通信規約となるプロトコル(アプリケーション層)は、HTTP/1.0¹⁾に従う。

(2) リクエスト・メソッド

HTTP/1.0では7種類のリクエスト・メソッド(WebブラウザからWebサーバに対して送られる要求の種類を表す)が定義されているが、組み込みWebサーバではその中のGET、POST及びHEADの3種類を実装する。

(3) Web画面データ

電子機器や機械装置に対する操作、設定、監視及び計測等のためのHTMLによって記述されたWeb画面データは、組み込みWebサーバのC言語ソース・プログラム内に文字列定数として記述する。

また、ハードウェアとして使用する製品に搭載されたBIOS(基本入出力システム)のネットワーク送信バッファのサイズが1024(バイト)であることから、Web画面データのサイズも最大1024(バイト)とする。

(4) 機器入出力インターフェイス

組み込みWebサーバと電子機器や機械装置との間は、RS-232Cシリアル・インターフェイスによって接続する。

(5) CGI

WWWで使用されるWebサーバでは、一般にCGI(Common Gateway Interface)と呼ばれる、Webサーバから別の処理プログラム(「CGIスクリプト」と呼ぶ)を実行する仕組みを備えている。組み込みWebサーバにおいても、CGIに相当する仕組みを持たせる。具体的には、組み込みWebサーバにおいて実行させたいCGIスクリプトを組み込みWebサーバ・プログラム内の関数(「CGIスクリプト関数」と呼ぶ)として実装し、その関数をWebサーバ本体から呼び出すことによってCGIに相当する仕組みを実現する。

組み込みWebサーバからそれに接続されている電子機器や機械装置に対して行う操作は、CGIスクリプト関数の中に記述する。また、CGIスクリプト関数の中でWebブラウザ側へ送り返すレスポンス・メッセージも生成する。さらに、組み込みWebサーバでは、CGIスクリプトと単なるデータ・ファイルを区別するために、Webブラウザ側でCGIスクリプト名の前に/cgi-bin/というディレクトリ名を付加する。

(6) Webサーバのタイプ

繰り返し型とする。すなわち、Webブラウザからのリクエストは、一度に一つしか処理されない。

(7) 安全(セキュリティ)対策

組み込みWebサーバは、閉じたネットワークでの利用を想定しているため、セキュリティ対策は行わない。

2.2 組み込みWebサーバの構成

組み込みWebサーバのシステム構成を図1に示す。

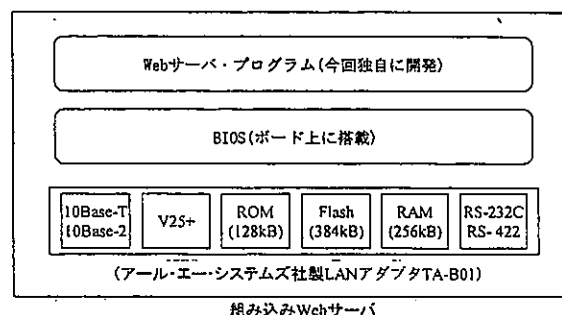


図1 組み込みWebサーバのシステム構成

(1) ハードウェア

ハードウェアとして、LANアダプタ²⁾と呼ばれる市販のマイコン・ボードを使用する。このボードは、元々EthernetとRS-232Cとの間でデータを単純に交換するためのものとして開発・販売されているものである。このボードを採用する理由は、価格が安いこと、このボードに搭載されているBIOS³⁾のAPI(Application Program Interface)関数の仕様が公開されているためユーザ独自のプロトコル(アプリケーション層のネットワーク通信プログラム)を作成できること等の利点があるためである。

なお、このボードに対するIPアドレスやポート番号の設定、ユーザが独自に開発したプログラムのダウンロード等は、ボード上のRS-232Cインターフェイスを介してボードに付属する設定ソフトを用いて行う。

(2) ソフトウェア

組み込みWebサーバのプログラムは、Webブラウザから送られてくるリクエスト・メッセージを解析する関数、リクエスト・メッセージの内容に対応したCGIスクリプト関数を選択する関数、Webサーバに接続され

ている電子機器や機械装置を実際に操作あるいは制御するとともにWebブラウザ側に送り返されるレスポンス・メッセージを生成するCGIスクリプト関数、及び、生成されたレスポンス・メッセージをWebブラウザ側へ送り返す関数等から構成する。

2.3 組み込みWebサーバの動作

組み込みWebサーバは、次のように動作する。

まず、Webブラウザから送られてきたリクエスト・メッセージからリクエストの種類を意味するリクエスト・メソッド文字列、リクエストされた資源を意味するURI(Uniform Resource Identifier)文字列、及び、CGIスクリプト関数に引数(パラメータ)として渡されるクエリー(Query)文字列をそれぞれ取り出す。

次に、取り出したURI文字列に対応したCGIスクリプト関数を選択する。なお、リクエスト・メッセージが単なるHTMLドキュメントの取得の場合にも、HTMLドキュメントを含むレスポンス・メッセージを作成するためのCGIスクリプト関数を選択する。

次に、選択されたCGIスクリプト関数を実行する。ここで、リクエスト・メッセージが単なるHTMLドキュメント(例えば初期画面メニュー等)の取得の場合、選択されたCGIスクリプト関数は、HTMLドキュメントにヘッダ情報を付加しリクエスト・メソッドに対応した形式でレスポンス・メッセージを作成する。一方、リクエスト・メッセージがCGIスクリプトの実行(例えば機器操作画面等)の場合には、選択されたCGIスクリプト関数は、組み込みWebサーバに接続されている電子機器や機械装置に対して制御コマンドを送信し、その処理結果を受信するとともに、受信した処理結果に画面表示のためのHTMLドキュメントやヘッダ情報を付加してリクエスト・メソッドに対応した形式でレスポンス・メッセージを生成する。

最後に、生成したレスポンス・メッセージをWebブラウザ側へ送り返す。

3 遠隔操作実験システム

組み込みWebサーバの動作確認と評価を行うために簡単な遠隔操作実験システムを構築した。

3.1 システムの構成

遠隔操作実験システムの構成を図2に示す。このシステムは、組み込みWebサーバに接続される電子機器や機械装置を模擬したマイコン・ボード、組み込みWebサーバ、及び、Webブラウザ等によって構成する。組み込みWebサーバとマイコン・ボードとの間はRS-232Cケーブルで、また、Webブラウザと組み込みWebサーバとの間はEthernet(10Base-T)ケーブルでそれぞれ接続する。

マイコン・ボードにはLED(3個)、ON/OFFスイッチ(4個)、4 bitのロータリ・スイッチ(1個)及びワンチッ

プ・マイコン(1個)等を搭載する。

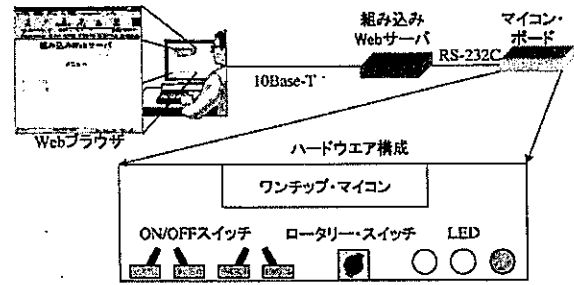


図2 遠隔操作実験システムの構成

マイコン・ボード上のワンチップ・マイコンには、組み込みWebサーバ側からRS-232Cインターフェイスを介して制御コマンドが与えられると、LEDを点灯あるいは消灯させたり、ON/OFFスイッチの状態やロータリ・スイッチの設定値を読み出して組み込みWebサーバ側へ送り返したりするような機能を持つプログラムを実装する。

組み込みWebサーバには、マイコン・ボードを操作(制御)するとともにメニュー画面、LED設定画面及びスイッチ状態表示画面を表示させるためのレスポンス・メッセージを生成する3種類のCGIスクリプト関数を実装する。

メニュー画面用のCGIスクリプト関数は、メニュー画面のHTMLドキュメントが含まれたレスポンス・メッセージを生成する機能を持つ。

LED設定画面用のCGIスクリプト関数は、マイコン・ボード上のLEDを点灯または消灯させる機能と、Webブラウザの画面にマイコン・ボード上のLEDの状態(ON/OFF)を表示させたり、画面上でLEDを点灯あるいは消灯させたりするためのHTMLドキュメントが含まれたレスポンス・メッセージを生成する機能を持つ。

スイッチ状態表示画面用のCGIスクリプト関数は、マイコン・ボード上のON/OFFスイッチの状態やロータリ・スイッチの設定値を読み出す機能と、自動的に一定時間毎にON/OFFスイッチの状態やロータリ・スイッチの設定値をWebブラウザの画面に表示させるためのHTMLドキュメントが含まれたレスポンス・メッセージを生成する機能を持つ。

3.2 システムの動作

Webブラウザ上で組み込みWebサーバへアクセスするためのURL(Uniform Resource Locator)を入力すると、Webブラウザから組み込みWebサーバに対してメニュー画面のHTMLデータを要求するリクエスト・メッセージが送られる。

組み込みWebサーバは、このリクエスト・メッセージを受け取ると、それに対応したCGIスクリプト関数を選択実行し、メニュー画面のHTMLドキュメントが含まれた

レスポンス・メッセージを生成する。その後、組み込みWebサーバは、生成したレスポンス・メッセージをWebブラウザへ送り返す。

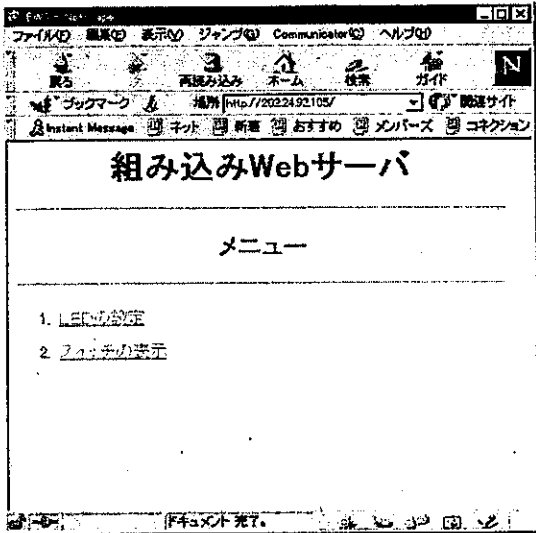


図3 メニュー画面

その結果、Webブラウザには図3に示すようなメニュー画面が表示される。このメニュー画面内の「1. LEDの設定」をマウスでクリックすると、メニュー画面の場合と同様の手順で、図4に示すようなLEDの設定を行うための画面が表示される。この画面内で点灯あるいは消灯させたいLEDのラジオ・ボタンをクリックした後「設定」ボタンをクリックすると、LEDを点灯あるいは消灯させることを要求するリクエスト・メッセージが組み込みWebサーバへ送られる。

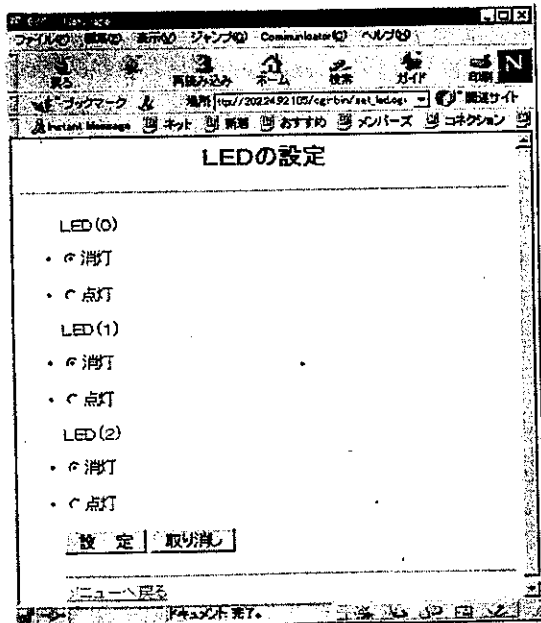


図4 LED設定画面

組み込みWebサーバは、このリクエスト・メッセージを受け取ると、それに対応したCGIスクリプト関数を選択し実行する。選択されたCGIスクリプト関数は、LEDを点灯あるいは消灯させるための制御コマンドをマイコン・ボード上のワンチップ・マイコンへ送る。ワンチップ・マイコンは、LEDを点灯あるいは消灯させた後で、LEDの状態(ON/OFF値)を組み込みWebサーバへ送り返す。組み込みWebサーバは、この送り返されてきたLEDの状態とLED操作のためのHTMLドキュメントからレスポンス・メッセージを生成した後、生成したレスポンス・メッセージをWebブラウザ側へ送り返す。

次に、図4の画面下部に表示された「メニューへ戻る」をクリックすると、メニュー画面(図3)が表示される。メニュー画面の「2. スイッチの状態表示」をクリックすると、メニュー画面の場合と同様の手順で、マイコン・ボード上のON/OFFスイッチの状態とロータリ・スイッチの設定値を表示する画面(図5)が表示される。なお、この画面を表示するHTMLドキュメントの中に一定時間毎に画面を再表示させる機能を持つ特殊なタグ(Webブラウザに対する表示方法の指示)が含まれているため、この画面には自動的に一定時間(ここでは10秒に設定している)毎に最新のON/OFFスイッチの状態やロータリ・スイッチの設定値が表示される。ここで、画面下部に表示された「メニューへ戻る」をクリックすると、図3のメニュー画面が表示される。

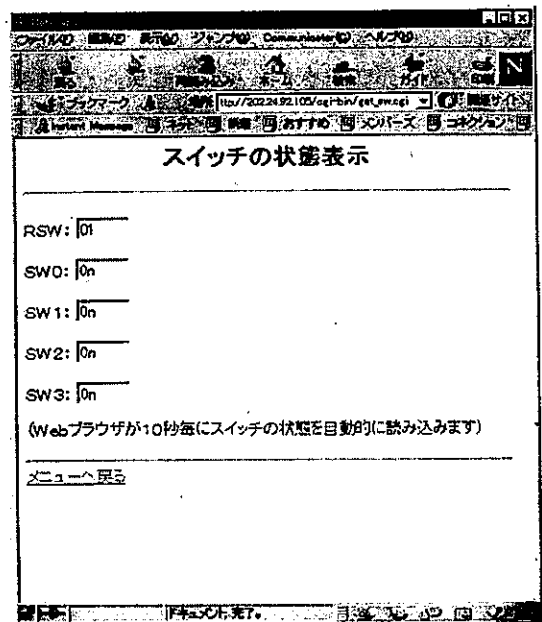


図5 スイッチ状態表示画面

3.3 実験と評価

Netscape社のNetscape CommunicatorとMicrosoft社のInternet Explorerを用いて、組み込みWebサーバに接続されたマイコン・ボード上のLEDを点灯あるいは消灯さ

せたり、ON/OFFスイッチの状態やロータリスイッチの設定値を読み出ししたりすることができることを確認した。

遠隔操作実験を行った結果、次のような知見が得られた。

- (1) 組み込みWebサーバの仕様においてリクエスト・メソッドとしてGET、POST及びHEADの3種類を用意したが、組み込みWebサーバのような応用では実用上GETメソッドだけで十分である。理由は、次のとおりである。POSTメソッドとGETメソッドは、情報を送るという点では同じであるが、前者がクエリ長に制限があるのに対して後者はそのような制限がない点で異なる。しかし、組み込みWebサーバのような応用では、一般にクエリ長は短いため、GETメソッドだけで十分対応可能である。一方、HEADメソッドについても次のような理由で特に実装する必要はない。HEADメソッドは、通常ハイパーテキストのリンクを調べるために使用されるものである。GETメソッドとHEADメソッドは、Webサーバがレスポンス・メッセージとして情報を送り返すという点では同じであるが、前者の場合にはレスポンス・メッセージの中にヘッダ情報と本体情報が含まれているのに対し、後者の場合にはレスポンス・メッセージにヘッダ情報しか含まれていない点で異なる。したがって、組み込みWebサーバに対してリンクを調べたい場合には、GETで代用することが可能となる。よって、HEADメソッドについても特に実装する必要はない。

- (2) Webに基づいた遠隔システムの開発方法は、Webに基づかない従来の開発方法と比較して、ソフトウェアの作成及び修正が行いやすい。具体的な例としては、一定時間毎にスイッチの状態やセンサーの出力値を読み出し、画面に表示させることが必要な遠隔監視や遠隔計測等の応用システムでは、HTMLドキュメントの中に、<META HTTP-EQUIV="Refresh" CONTENT="field value">タグを追加し、その中の"field value"に設定したい時間(間隔)を指定するだけで、組み込みWebサーバのプログラムを修正・変更することなく容易に実現できる。

- (3) Webブラウザは、安全対策上、取得したコンテンツをハードディスク等へ自動的に保存できないようになっている。そのため、Webブラウザによって自動的に収集された組み込みWebサーバ上のデータを直接ハードディスク等へ保存することはできない。したがって、自動的に一定時間毎にデータを収集しハードディスクに保存する必要がある場合には、専用の自動データ収集プログラムを開発する必要がある。

4 データ・ロガー

3.3で述べたように、Webブラウザでは組み込みWebサ

ーバから自動収集したデータを直接ハードディスク等に保存することができない。そのため、例えば、長時間にわたって組み込みWebサーバからデータを自動的に収集し、収集したデータをファイルに保存したい場合には、非常に不便である。

そこで、本研究では、こうした問題を解決するために、組み込みWebサーバからネットワークを介して自動的にデータを収集し、収集したデータをハードディスク等へ保存することができるソフトウェア(データ・ロガー)を作成する。

4.1 データ・ロガーの仕様

作成するデータ・ロガーの仕様を表2に示す。今回作成するデータ・ロガーには、自動的に組み込みWebサーバからネットワークを介してデータを収集し保存するために必要な最低限の機能だけを持たせる。

項目	範囲・値
主要機能	定期収集、ファイル保存、画面表示
同時収集可能Webサーバの数	1
収集対象Webサーバの指定方法	URL入力
最短収集間隔	10秒
収集間隔の指定方法	日・時・分・秒の各単位で指定
保存場所の指定方法	フォルダ名とファイル名を指定
画面表示項目	収集対象URL、 保存ファイル名、 収集間隔(日、時、分、秒)、 最新収集回数、最新収集データ、 操作ボタン(収集開始、収集停止、 一時中断、収集再開)
操作方法	操作ボタンをクリック

表2 データ・ロガーの仕様

4.2 ソフトウェア開発ツール

プログラミング言語には、最近ネットワーク用プログラミング言語として注目されているJavaを用いた。開発ツールには、インプライズ社製のJBuilder2[®]を使用した。使用したJDK(Java Development Kit)のバージョンは1.1.6である。

4.3 データ・ロガーの構成

Javaでは、オブジェクト(Object)によってシステムをモデル化する。オブジェクトとは、情報(変数)とそれに対する操作あるいは手続きを備えたソフトウェア上の処理実体のことである。オブジェクトの中で、変数に特定の値が設定されていないものをクラス(Class)と呼び、

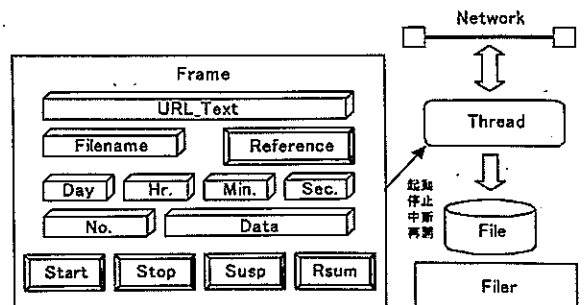


図6 データ・ロガーのオブジェクト構成

変数に特定の値が設定されているものをインスタンス (Instance)と呼ぶ。インスタンスは、クラスから生成される。Javaでは、標準で多数のクラスが用意されている。

データ・ロガーは、次のようなオブジェクトによって構成する (図6)。

- (1) 収集対象の組み込みWebサーバのURL を入力・表示するためのJTextFieldクラスのインスタンスであるURL_Textオブジェクト。
- (2) 保存ファイル名を入力・表示するためのJTextFieldクラスのインスタンスであるFilenameオブジェクト。
- (3) Filerオブジェクトを起動するJButtonクラスのインスタンスであるReferenceオブジェクト。
- (4) 収集間隔の日・時・分・秒をそれぞれ入力・表示するためのJTextFieldクラスのインスタンスであるDay、Hr、Min、Secの各オブジェクト。
- (5) 現在までの収集回数を表示するためのJTextFieldクラスのインスタンスであるNoオブジェクト。
- (6) 最後に収集したデータの内容を表示するためのTextAreaControlクラスのインスタンスであるDataオブジェクト。
- (7) 定期データ収集処理の開始、停止、中断及び再開を行うためのJButtonクラスのインスタンスであるStart、Stop、Susp及びRsumの各オブジェクト。
- (8) (1)から(7)までのオブジェクトを画面上に配置するためのJFrameクラスのインスタンスであるFrameオブジェクト。
- (9) 保存ファイルを参照・選択するためのFilerクラスのインスタンスであるFilerオブジェクト。
- (10) 定期的に収集対象の組み込みWebサーバからデータを収集し、収集したデータをモニター画面に表示するとともにファイルへ保存するためのThreadクラスのインスタンスであるThreadオブジェクト。なお、スレッド(Thread)とは、ソフトウェア上の一連の処理の流れあるいは単一の実行単位のことである。

4.4 データ・ロガーの動作

データ・ロガーを起動すると図7に示すような画面が

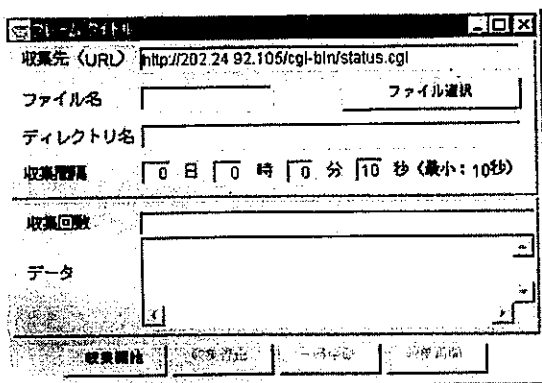


図7 データ・ロガーの起動時画面

表示され、データ・ロガーは収集先URLや保存ファイル名、収集間隔等の入力待ちの状態になる。これらに対する入力がすべて終了すると、定期データ収集処理を実行できる状態になる。定期データ収集処理の開始ボタンをクリックすると、定期データ収集スレッドが起動される。定期データ収集スレッドが起動された後は、定期データ収集スレッドに対する停止と中断が指示できる。また、定期データ収集スレッドが中断された場合には、再開と停止が指示できる。

定期データ収集スレッドが起動されると、次の(1)から(7)までの処理が繰り返される。

- (1) 収集回数を一つだけカウントアップする。
- (2) データ収集の対象となる組み込みWebサーバに対して入力ストリーム (Stream)を生成する。具体的にはURL_Textオブジェクトから収集先のURL文字列を取り込み、それをを用いてURLオブジェクトを作成し、これから入力ストリーム・オブジェクトを生成し、さらにこれを用いてBufferedReaderオブジェクトを生成する。
- (3) データを保存するファイルに対して出力ストリームを生成する。具体的には、Filenameオブジェクトから保存ファイル名を取り込み、それをを用いてFileオブジェクトを生成し、これからFileWriterオブジェクトを生成し、さらにこれを用いてBufferedWriterオブジェクトを生成する。
- (4) 収集先の組み込みWebサーバからデータを収集する。具体的には、BufferedReaderオブジェクトからデータを読み込む。
- (5) 収集したデータを保存ファイルに書き込む。具体的には、BufferedWriterオブジェクトに対して収集したデータの書き込みを行う。
- (6) 収集したデータをモニター画面上へ表示する。具体的には、Noオブジェクトに対して現在までの収集回数を文字列に変換したものを、また、Dataオブジェクトに対して最後に収集したデータをそれぞれ書き込む。
- (7) 次の収集時刻までスリープ (Sleep)する。具体的には、収集間隔の日・時・分・秒の文字列をDay、Hr、Min、Secの各オブジェクトから取り込み、それぞれを数値に変換した後、さらにミリ秒単位の時間 (収集間隔) に変換した結果を引数としてSleep関数を呼び出す。

4.5 実験と評価

作成したデータ・ロガーを用いて、第3章の遠隔操作実験システムにおいて使用した組み込みWebサーバからネットワークを介して一定時間毎にデータを収集しファイルに書き込むシステムを構築し、実験してみたところ、データ・ロガーは正常に動作することを確認した。動作中のデータ・ロガーの画面を図8に示す。

また、データ・ロガーの実行中にWebブラウザを起動

5. おわりに

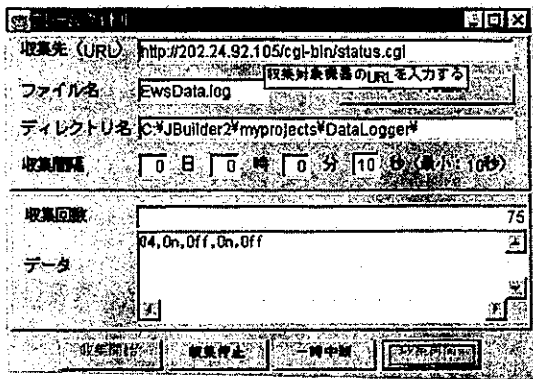


図8 データ・ロガーの動作画

小型で、壊れにくく、低コストで実現可能な機器組み込み用のWebサーバを開発した。また、それを用いて簡単な遠隔操作のための実験システムを構築し、動作確認と評価を行った。さらに、Webブラウザでは組み込みWebサーバから自動的にデータを収集したりハードディスク等に直接保存することができないといった欠点を解決するために組み込みWebサーバ用の自動データ収集ソフトウェアをJavaを用いて作成した。

今後の課題は、ハードウェアの低コスト化とWebサーバ・プログラムの機能の向上を図ることである。

文 献

させて、組み込みWebサーバにアクセスしてみたところ、システムは正常に動作し、データ収集を行いながら平行してWebブラウザからも遠隔操作を行えることを確認した。

今回作成したデータ・ロガーには、ネットワークを介してデータを自動的に収集し保存するために必要な最低限の機能しか持たせなかったが、自動的にデータを収集保存することができないWebブラウザの欠点を十分補うことができた。

- 1) Burners-Lee, et al.. "Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0(RFC1945)" USA, IETF, 60p(1996)
- 2) (株)アール・エー・システムズ, "組み込みボード型LANアダプタTA-B01取扱説明書" 東京, (株)アール・エー・システムズ, 39p(1997)
- 3) (株)アール・エー・システムズ, "組み込みボード型LANアダプタ BIOSリファレンス"東京, (株)アール・エー・システムズ, 56p(1997)
- 4) INPRISE Corporation. "Borland JBuilder 2 クイックスタート" 東京, インプライズ (株), 311p(1998)

雨センサに関する研究

— 一次産業の自動化に寄与する電子回路技術の研究 —

石松賢治*、城戸浩一*、宮川隆二*

Study on Precipitation Sensor

- Study on an Electronic Circuit for Labor Saving on Primary Industry -

Kenji ISHIMATSU*, Kouichi KIDO*, Ryuji MIYAGAWA*

基板にくし形の電極を2つ配置した雨センサ基板は、比較的動作原理が簡単であり、耐候性にも優れていることから県内ではビニールハウスの開閉のための降雨検知に利用されている。この雨センサ基板は、雨が降っていても、雨が降っていないと誤った判定をすることが年間数件発生し、農作物に被害を与えていた。この誤動作の原因は、雨センサ基板電極間のはっ水性が高いためではないかと予想された。そこで、電極間の親水性の異なる雨センサ基板を製作し、比較実験を行なった。その結果、電極間の親水性が高い雨センサ基板は、降雨時の誤動作判定がほとんどなく、雨センサ基板の感度が高くなり、降雨終了判定時間を8分の1に短縮することができる等の改善ができた。

1 はじめに

雨センサは、身近なところでは、自動車やビニールハウスの降雨判定等に使用されている。その原理は、圧電振動子を用いて雨滴の強さと量を測定するもの、電極間のインピーダンスの変化により雨量を検知するもの、光が雨滴により散乱する原理を使った光の強さの減衰から雨滴を検出するもの等がある¹⁾。図1に、基板上に2つ

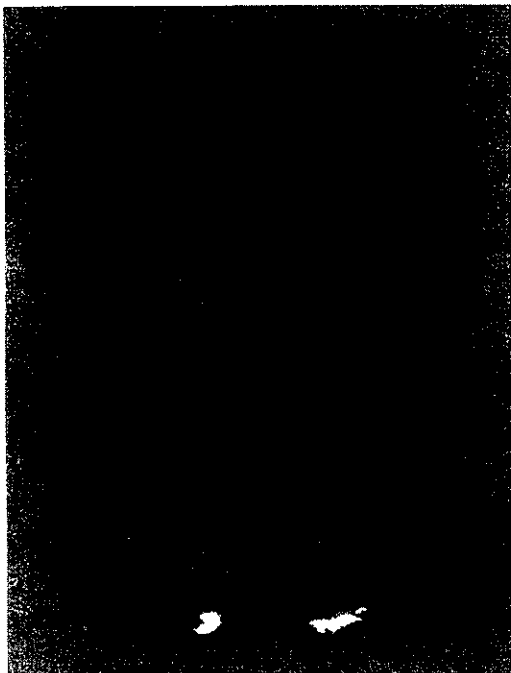


図1. 雨センサ基板

のくし形の電極を配置した雨センサ基板を示す。この雨センサ基板は、電極間が雨で濡れることで抵抗値が減少することを検知して降雨判定を行うものである。この雨センサ基板は、抵抗値が200~500k Ω 以下に減少したとき降雨開始と判定し、降雨終了の判定は降雨開始抵抗値より100~200k Ω 高い抵抗値になったとき降雨終了と判定する。この雨センサ基板は、原理が簡単であるため電子回路が簡単であり、比較的安いコストで製造でき、耐候性も高いので、広い分野で使用されている。県内ではビニールハウスの開閉のための降雨の検知用によく使用されている。

しかし、この雨センサは、雨が降っていても、降雨がないと誤った検知をすることが県内で年間に2,3件発生し、農作物に被害を与えている。雨センサ基板の誤動作の原因を調査をしている中で、梅雨などの長期間雨が降った後半は、比較的風の強い場所において誤動作が多い傾向があることが分かった。

梅雨の時期などの雨は、含まれる不純物が非常に少なく、蒸留水に近い非常に低い導電率を示すことがある。実際に、熊本県内の7月に降った雨の導電率は、ほとんどの地域で20 μ S/cm以下の低い値を示し、最も低い値は3.15 μ S/cmの地域もある²⁾。また、雨センサの電極間のはっ水性が高いと、落下した雨滴が大粒の水滴となり、強風時にはこの水滴が吹き飛ばされる。雨の非常に低い導電率と風によるセンサ基板上の水滴が飛ばされる2つの相乗効果により、雨センサの誤動作が発生するのではないかと予想される。

この雨センサ基板のもう一つの課題が、降雨終了時間の判定を速くすることである。降雨終了は、雨センサ基板上の水滴が蒸発し、電極間の抵抗値が降水終了抵抗値

より高くなることで判定する。電極間のはっ水性が高いと、基板の上に大粒の水滴が発生し、降水終了の判定が遅くなっている。つまり基板と水の熱接触が不十分のため蒸発しにくくなり。以上の課題を解決するためには、雨センサ基板の電極間の親水性を高めることである。本研究では、従来の雨センサ基板と親水性の高い基板を用いて、各基板の感度及び降水終了応答時間の実験を行った。

2 実験方法

2.1 センサ基板

実験に使用した基板(図1)は、ガラスエポキシ基板上にくし形の厚みが $35\mu\text{m}$ の銅電極を配置したもので、その電極部分は腐食防止のため金めっきを施している。電極幅は 1mm 、電極間隔は 2mm 、電極の長さは 30mm である。これをセンサ基板Aとする。センサ基板Bは、センサ基板Aの電極間にてん着剤(ラビゾール、A-80)を塗布したものである。センサ基板Aの接触角 θ は 72° 、センサ基板Bの接触角は 3.2° であった。

2.2 センサ基板電極間抵抗の測定

霧吹きを用いて雨センサ基板に蒸留水を付着させ、電極間の抵抗値を測定した。一回の霧吹きでは、約 $4\text{mg}/\text{cm}^2$ の水を吹き付けることができる。抵抗値測定は、LCRメータ(HP(株), 4284A)を使用し、測定周波数 100Hz 、測定電圧 1V で行った。

3 結果及び考察

3.1 実測結果

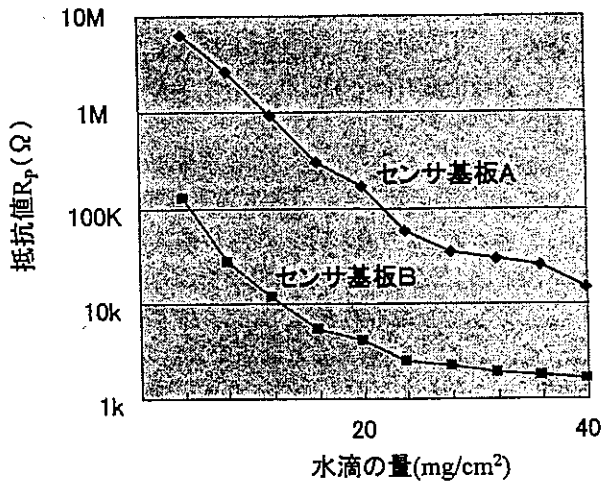


図2 水滴の量対抵抗値

図2に吹き付けた水の量に対する電極間抵抗値を示す。吹き付ける水の量を増やすと電極間の抵抗値は低く

なる。センサ基板Aに比べて親水性を高めたセンサ基板Bは、 $4\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下の微量の水量で、雨センサの降雨開始抵抗値を下回る値を示し、非常に感度が高い。これは、センサ基板Bの親水性が高いため、水滴が薄く広がり、電極間を水で満たし、基板電極間の抵抗値が減少するためである。一方センサ基板Aは、 $20\text{mg}/\text{cm}^2$ で降水開始抵抗値を下回る。これは、水滴が大粒になり、電極間が水を介して接続されにくいためである。雨センサの感度が高くなることは、一方で、朝霧などでの誤動作を引き起こすおそれがある。そのため、雨センサ基板の裏面に取り付けるヒータの適切な温度設定及び降雨開始抵抗を下げる必要がある。

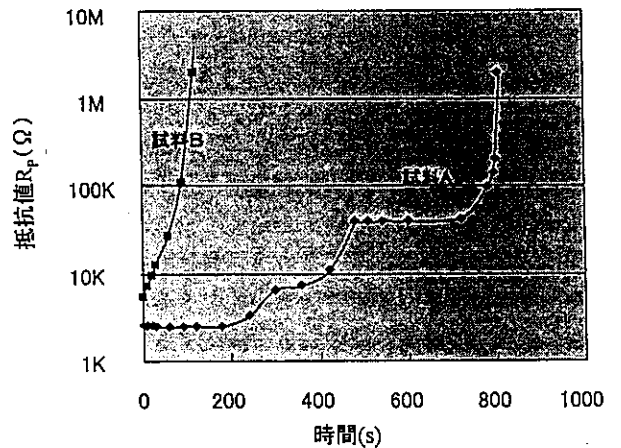


図3 降雨終了応答時間測定

図3に、各センサ基板に $24.6\text{mg}/\text{cm}^2$ の水滴を加えて、基板裏面からヒータにより 39°C の温度で加熱したときの、電極間抵抗値の時間変化を示す。センサ基板Bは、時間とともに急激に抵抗値が増加し、105秒後に降雨終了判定抵抗値に到達し、降雨終了と判定する。この基板は、水が薄く広がっているため、熱接触が大きくなり、降雨終了の判定が速くなる。一方、センサ基板Aは、時間とともに抵抗値は増加するが、その傾きは小さく、805秒後に降雨終了判定抵抗値に到達する。これは、はっ水性が高い基板Aでは、水が大粒の水滴になり基板上に付着し、熱接触が小さくなり、なかなか水滴が蒸発しないからである。センサ基板Aは、300秒、450秒、800秒後の近くで急激に抵抗値が高くなった。これは、基板上に大小3粒の水滴となり、この水滴が蒸発して消滅したときに、抵抗値が急激に上昇したからである。このことは、センサ基板Aは、水滴の大きさにより、降雨終了の判定時間が変動することを示している。

図4は、センサ基板Aに 25.6mg 水滴を加えたときの基板表面の写真である。水滴が基板上で大粒の水滴になっていることが分かる。このセンサ基板Aにヘアドライアで

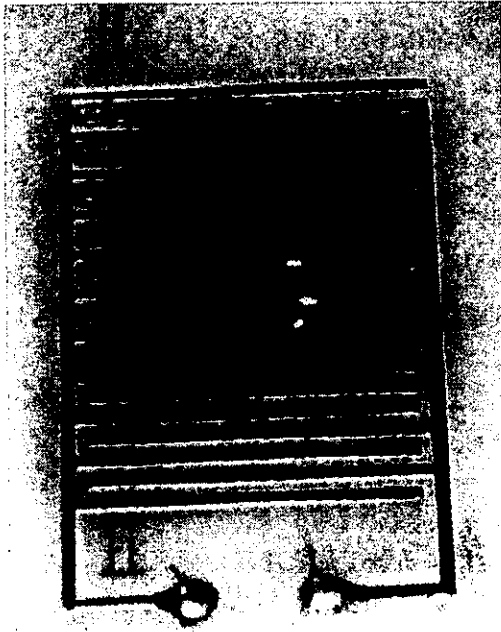


図4 雨センサ基板上的水滴

風速10m/secの風を送ると、大粒の水滴は、風によって基板上を移動し、基板から落下した。特に、基板に対して水平方向に風を送るとき、水滴が移動することを確認した。

センサ基板B上では、水滴は薄く広がり、風をあてても全く移動しない。このことは、この雨センサ基板Bは、降水時の誤動作がほとんどないと予想される。

4 おわりに

雨センサ基板の電極間の親水性を高めた場合の効果について検討した。その結果、親水性が高いと落下した水滴が電極間に薄く広がることから、以下の効果がある。

- 1) 水滴と基板間の結合力も大きくなり、強風が吹いても水滴が吹き飛ばされない。降雨時の誤動作がない雨センサになる。
 - 2) 微量の水(4mg/cm²)でも電極間抵抗が130KΩと低い。このことは、雨センサの感度が高く、降雨開始にかかる判定時間を短縮できる。
 - 3) 基板と水滴の熱接触が大きくなる。水分の蒸発が速くなり、降水終了の判定時間が約8分の1に短縮できる。
- 雨センサ基板の電極間の親水性を高める方法として、界面活性剤や接着材を電極間に塗布する方法が考えられる。しかし、これらの塗布された材料は時間とともに劣化・流出し、長期間の親水性を保つことが困難である。また、親水性の比較的高い材料であるセラミック等を基板として使った雨センサは、初期の電極間の親水性が高い。しかしながら、徐々に、疎水性分子(汚れ)が付着し、親水性の性能は劣化する。今後、電極間の親水性の性能が保持される雨センサ基板を開発することが課題である。

謝 辞

この研究を行うに当たり、ご指導およびご助言を賜りました熊本県技術アドバイザー伊藤浩次郎氏ならびにテイラーズ熊本株式会社中川博文氏に感謝致します。

文 献

- 1) 宇佐見晶. “センサー応用技術” 東京, CQ出版, 93p(1990).
- 2) 熊本県環境生活部; “大気・騒音調査報告書”. 熊本, 熊本県環境生活部, 第33報, 1999.
- 3) 小野周. “表面張力” 東京, 共立出版, 71p(1980). 1/6

加工部品の品質保証を行う加工支援技術の開発

— 3次元モデルを用いたモノ作りの効率化、高品質化に関する研究 (第1報) —

高橋孝誠*・上村誠**・森山芳生***・河北隆生****

Development on Assistant Processing Technique for Quality Assurance of parts

— Study on Promote Efficiency and Promote Higher Quality for 「Monotukuri」
with 3D Model (1st Report) —

Kousei TAKAHASHI*・Makoto UEMURA**・Yoshio MORIYAMA*** and Takao KAWAKITA*

本研究では、CAD/CAMでのコンピュータモデル作成、加工、計測、修正の工程で問題となる測定を主眼にして、コンピュータモデルと加工部品との計測・照合システムと修正システムの開発を行い、品質保証技術を確立することを目的とする。

1. コンピュータモデルと加工・計測システムの構築

コンピュータモデルから加工された3次元モデルを高速測定による加工形状精度の計測を行い曲面形状によるCADデータとの比較・照合システムの構築を行い各種のモデルで検証した結果、加工精度が0.1mm以下の適用については問題のあることが分かった。

2. オンマシン計測と修正・補正システムの構築

オンマシン計測装置による3次元モデルの形状取得と加工データの出力、CADデータ変換について検証した結果、機械精度、測定精度を含めた総合精度では0.05mm程度が得られることが分かった。

また、機上のタッチセンサーを利用したマクロプログラムによる工具長補正システムの開発を行い、機械の熱変位や工具摩耗による変位の補正を0.02mm以下で対応することができた。

1. はじめに

三次元形状製品は、自動車、家電品等を中心として用いられているが、実際の製造現場においては、その金型や部品を加工することが必要になってくる。加工モデルの作成から加工用NCデータの出力は、三次元CAD/CAMシステムが主流であり、EWS(Engineering Work Station)を使用した高性能システムからパソコンを使用した安価なシステムまで多種多様の用途に応じたシステムが開発されている。

近年、中小企業においても、三次元CAD/CAMシステムを導入し、三次元形状モデルの設計と各種の加工への取り組みが行われている。しかし、設計(CAE含む)→データ出力→加工→計測の流れの中で加工された製品や金型の品質保証に関しては、個々の工程の中で取り組みがなされているものの、一貫したシステムで行われているものはない。また、設計から製作するモノだけでなく、製品や意匠品からのデータ計測をもとにしたデジタルデータ変換へのニーズ(リバースエンジニアリング)も高まっている。

さらに、コンピュータネットワークシステムによる

CADデータ変換技術や、データ転送、機械管理、リモート計測・加工、動画データ利用までの総合的なシステムの構築が要望されている。

今回の研究は、これらのシステムでCAD/CAMでのモデル作成、加工、計測の工程で問題となる計測を主眼にし、コンピュータモデルと加工・計測での照合、修正に関するシステムの開発とネットワークを用いたリモート計測・加工システムの構築を行った。

2. コンピュータモデルと加工・計測システム

2.1 システム構成 (オフライン計測)

図1にシステムの構成を示す。CAD/CAMシステムは、ソリッドモデラーのU-GRAPH(セイコーインスツルメント(株))、加工機は縦型のマシニングセンター(三井精機工業(株))、計測システムはMercuryJ⁻¹((株)マツオ)でレーザを用いた非接触の計測を行っている。測定精度は±10μm、読み取り分解能は1μmである。また、測定した点群データからの編集と面生成、面照合は曲面生成ソフトのSurfacerV7.1(東京貿易テクノシステム(株))を用いた。

2.2 加工モデルの計測・照合 (半球の加工・計測)

上記のシステムで、直径が50mmの半球と直径50mmで高さ10mmの円柱を重ねたモデルを、スカラップハイトが

* 生産技術部 (現情報デザイン部)
** 生産技術部
*** 生産技術部 (現熊本県企業局)
**** 情報デザイン部

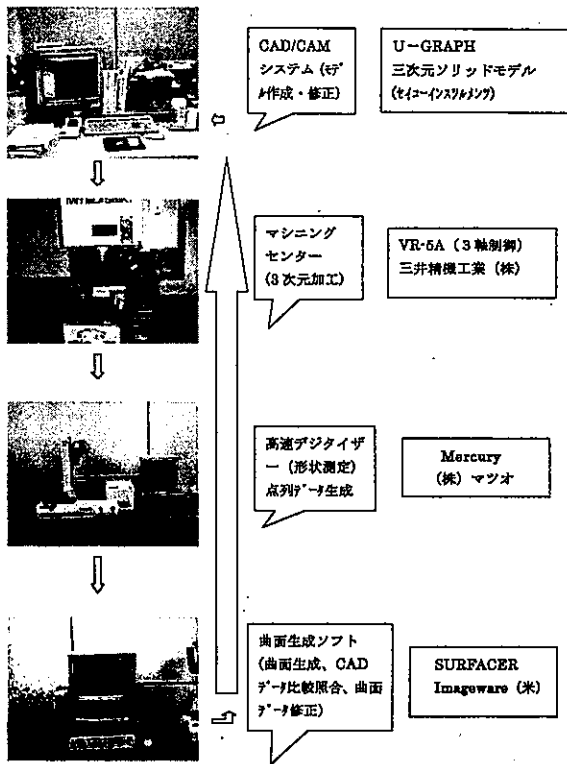


図1 システムの構成

1/100mmになるようにパスを算出し、マシニングセンターでφ10mmのボールエンドミルで切削（荒、仕上げ）を行い、デジタイザで計測を行う。この計測データ（点列データ）を、曲面生成ソフト(Surfacar)に送り曲面生成を行う。この曲面とCADモデリングしたデータとの比較照合を行い、その結果を基に修正データの作成を行い、実際のモデルに反映させる。

図2のaに計測の点列データ、bにCADデータ、cにCADデータと測定データの誤差を示す。

図2aに示すように、立ち壁の部分がレーザーの乱反射により測定が不安定になっているのが分かる。測定機の保証角度は最大85°となっている。また図2cに示すように、半球の頂点を中心に十字状に誤差の凹凸が分布しているのが分かる。この図では誤差の大きさを色彩によって表現しているが、赤に近い方が誤差が大きいことを示している。これはおそらく頂点付近ではZ軸の動きが+から-（あるいは-から+）へと変化することによるボールネジのバックラッシュのためと思われる。また、CADデータと計測データを照合させる時、一致させるべき明確な部分がはっきりとしていないため照合が正確でないと思われる。この例では、CADデータ中の球の中心と、計測データの球の部分から算出された中心部とが一致するように照合している。面照合結果は、最大誤差が0.1mm以上となっているが、この誤差についてはマシニングセンターでの加工誤差とは考えにくい。三次元測定機での計測結果は0.02mm以下であり、デジタイザの測定誤差による曲面生成の誤差に起因したものと考えられ

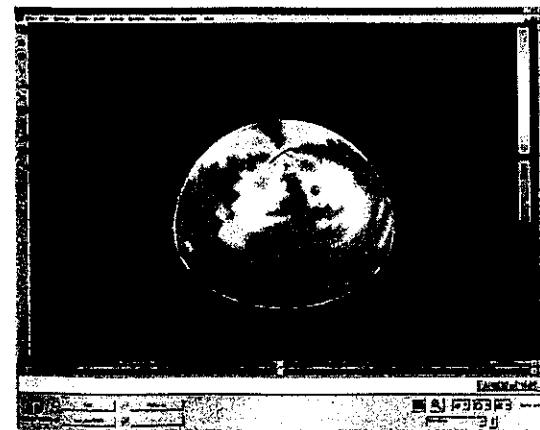
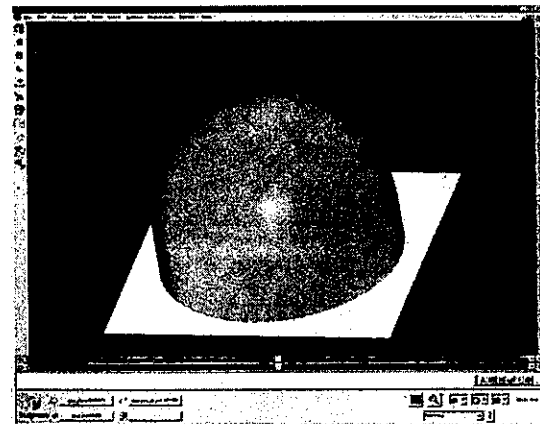
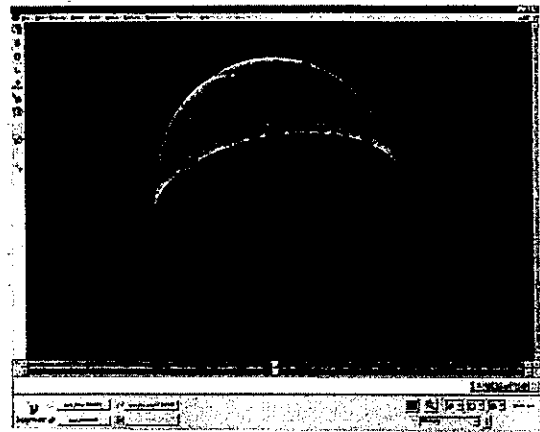


図2 半球形状におけるCADデータと計測値との誤差。金型等の実加工においては少なくとも0.05mm以下の精度が求められるものでは実用的ではないと思われる。

2.3 適用事例（広域共同研究における設備の相互利用）

2.3.1 プロペラのCADモデル作成（例1）

上記システムを用いたCADデータ作成の実例として共同研究機関より依頼されたプロペラのCADデータの作成について述べる。静岡県静岡工業技術センターより送られたプロペラをMercury J-1で計測し、曲面のCADデータを作成している。面の作成は、点群の凹凸に布をかぶせるようなイメージで曲面を作成している。図3aに計測データを、b、cに作成した曲面のCADデータを、dに計測デ

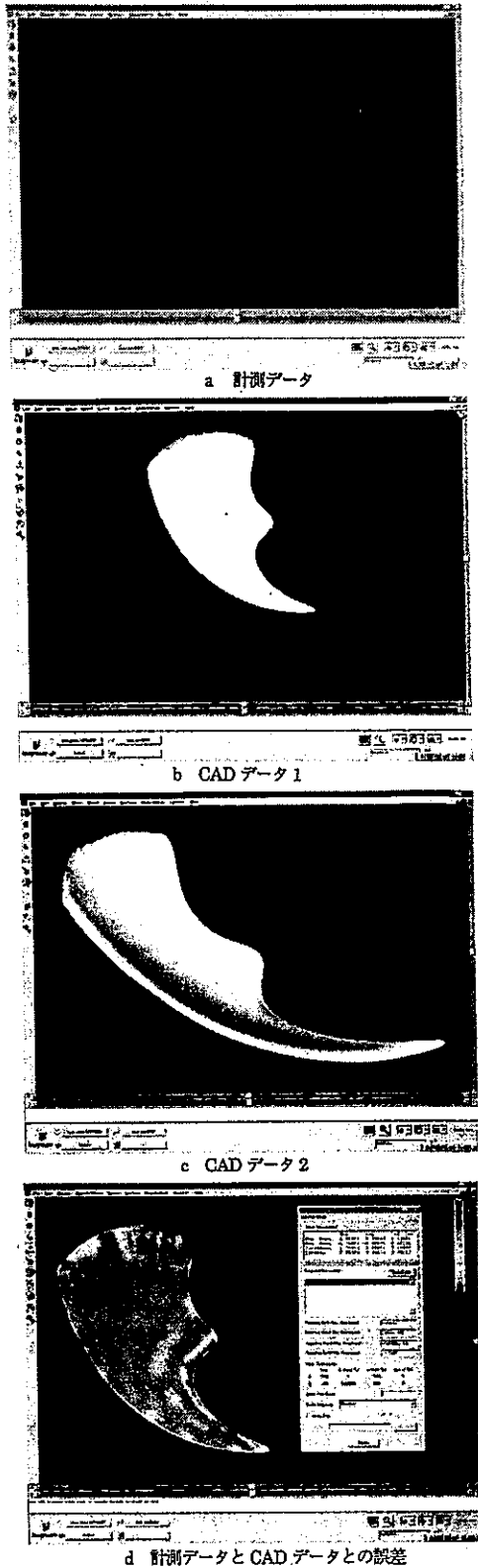


図3 プロペラ形状の計測及びCADデータ作成図

ータと得られた曲面のCADデータとの誤差をそれぞれ示す。図3-dに示すように中央部の曲率の大きい曲面部においては比較的CADデータとの誤差は小さいが、周辺部の曲率が小さい部分においては誤差が大きくなっている。これも前項で述べた曲率の変化が大きい部分においては計測誤差の発生が考えられる。

2.3.2 ゴルフヘッドのCADモデル作成 (例2)

共同研究機関より依頼のあったゴルフヘッドのCADデータ作成について述べる。計測データは依頼機関より提出されたものであり、上述のMercury J-1は用いていない。図4aに計測データ、bに計測された点群から得られた線データ、cに線データから得られた曲面データ、dに計測データと面データとの誤差をそれぞれ示す。曲面

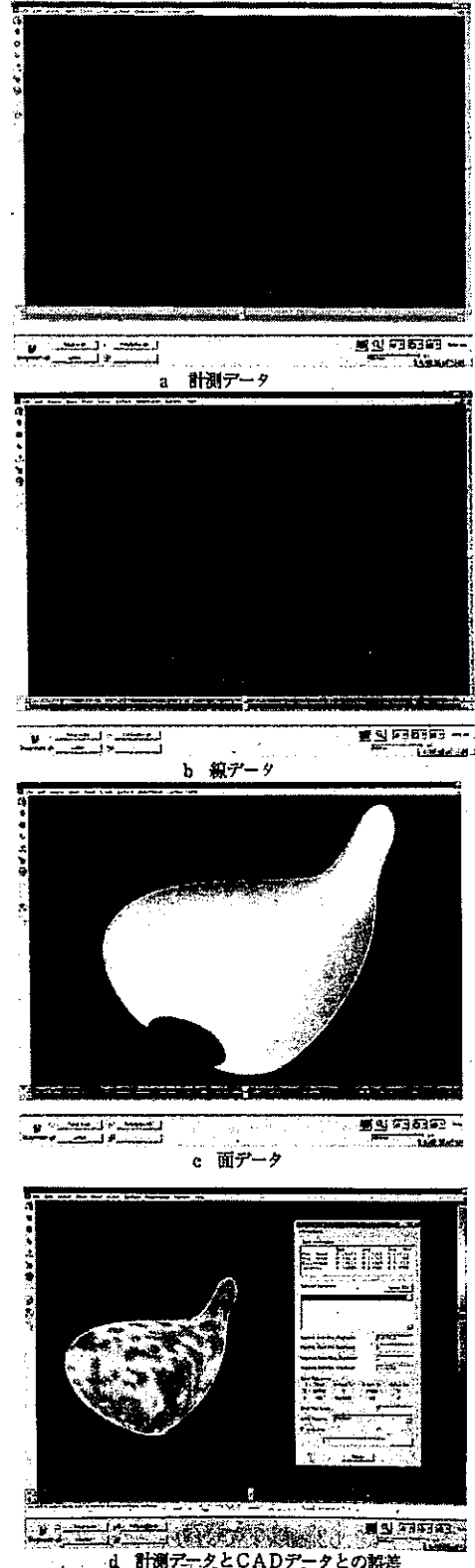


図4 ゴルフクラブ形状の計測およびCADデータ作成図

の作成方法はいくつかあるが、本形状においては図4aからも分かるように提出された計測データが一定間隔で輪切りにされた輪郭のデータであるので、まず、全体の点群より輪切りの点群を一つずつ抽出し、それぞれの輪切りデータからラインを作り(図4b)、各ラインを滑らかに通る局面(図4c)を用いて生成した。滑らかな曲面で構成されている部分が多く、計測データとCADデータもかなり一致している。シャフトにつながる部分は曲率半径が小さく、シャフトの軸に斜めに交差する輪切りのデータのため、得られた曲面はやや段差が生じており若干の修正が必要である。

また、本システムで得られるCADデータは面データであるため、3次元CADで編集する場合はソリッド化の操作も必要となる。

2.3.3 マスコット人形のCADモデル作成(例3)

前例と同様に広島県西部工業技術センターより提出された人形頭部の計測データについて述べる。図5aに計測データ、bに計測された点群から得られた線データ、cに線データから得られた曲面データ、dに計測データと面データとの誤差をそれぞれ示す。

曲面の作成は前述と同様に、輪切りの点群を抽出し、そ

2.4 結果および考察

以上の結果より、本システムを用いてのCADデータ作成はかなり有効であるが、レーザ光を用いた計測システムでは、光の乱反射、特に立ち壁部分での誤差が生じ易い。また、曲面の作成においても、曲率の小さい部分では修正が必要となる。よって、すべてを自動化したオンラインでの計測・CADデータ作成においては対象となる物体の形状に最適の計測と曲面データの作成方法が必要である。三次元形状の精度が $\pm 0.05\text{mm}$ 以上であれば、特に曲率が大きく変化する場所での適応は厳しい。

3. オンライン計測と修正システム

レーザ等による非接触測定においては、高精度の測定は厳しい状態であること。また、オフラインの計測となるので、加工用マシンから取り外す必要が出てくる。これらのことから、機上での測定及び修正方法について検討を加えた。

3.1 機上計測システムの構築

このシステムは、マシニングセンター等のNC工作機械をデジタイザーとして使用できるもので、図6に機上計

測システムの概要を示す。工作機械はファナック(株)のCNCドリルセンター、計測システムはレニショー(株)のレンスキャン200である。

このシステムでは、通常のNCコード指令による測定の指令が行え、点列データの取得とNCデータへの変換、CADデータ変換(IGES, DXF)等が可能である。計測スピードは最大 $1\text{m}/\text{min}$ (80ポイント/sec)である。

このシステムにより、自然岩石の転写金型制作への応用を試みた。岩

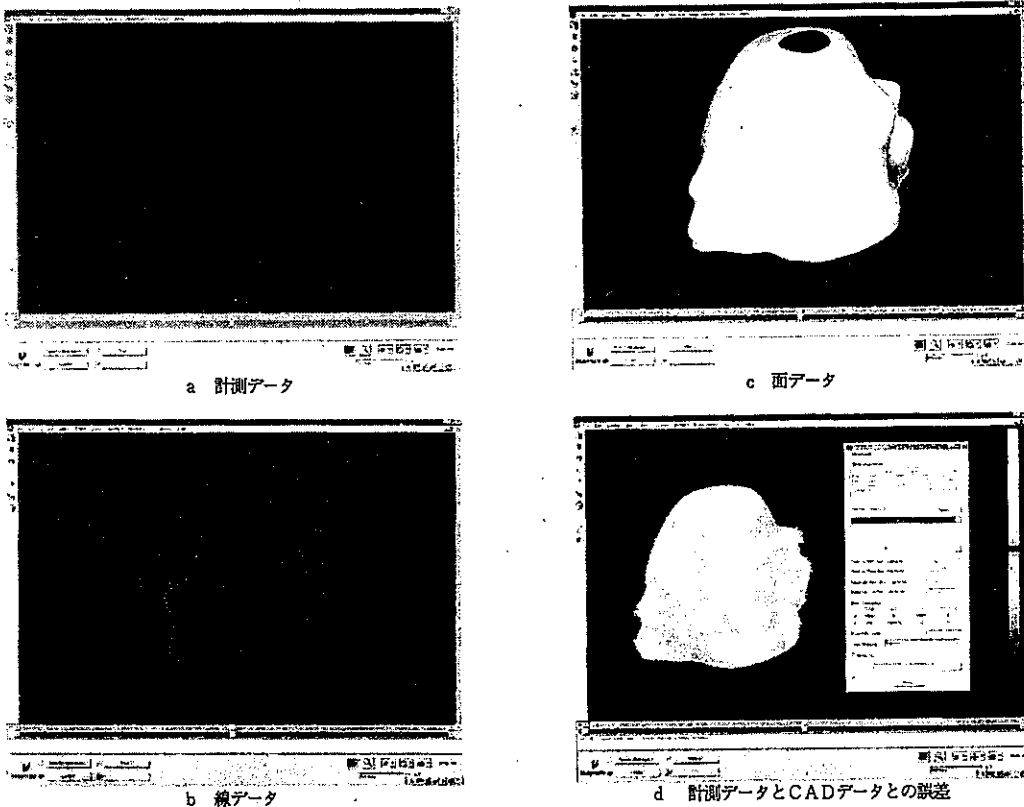


図5 人形頭部形状の計測およびCADデータ作成図

それぞれの点群から得られる曲線を滑らかにつなぐことで曲面を生成している。dから分かるように、耳の部分では曲率の小さい曲面で構成されているためかなり誤差が大きくなっている。

石の転写型を計測し、点列データを取得してCAD変換を行う。このデータからNCのツールパスを発生し、アクリルへの切削を行った。点列データを図7に、加工したモデルを図8に示す。



図6 機上計測システム

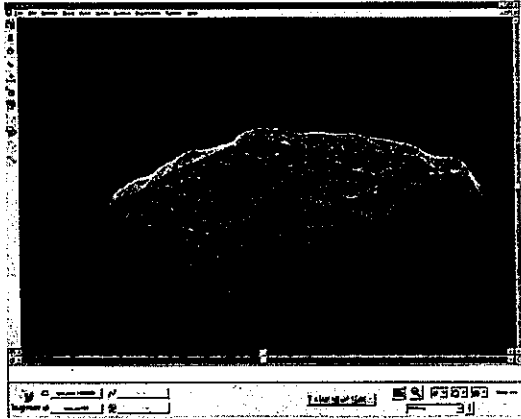


図7 機上計測の点列データ

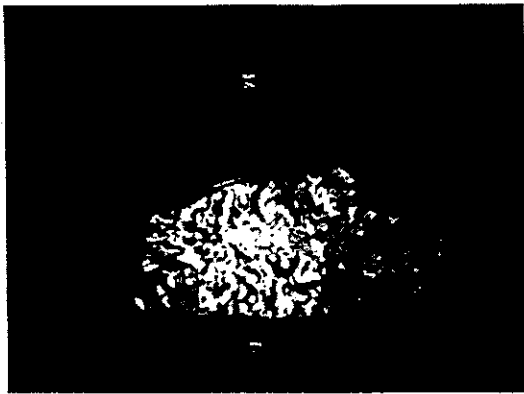


図8 加工モデル

プローブ径は6mmを用いた。加工後の照合は行っていないが、加工されたモデルを再測定し照合を行うことによって機上での修正が可能となる。

3.2 工具補正システムの開発

加工された製品や部品を加工後に計測修正するシステムと機上での補正システムは前項に述べたとおりである。しかし、実際の加工中の機械精度や工具摩耗を計測・修正することが、品質保証を行うためには必要とされる。この目的で、割り込み自動補正機能をマクロプログラムすることで適用できるかについて検討を行った。

システムは、テーブル上にタッチセンサー（精度±

0.01mm)を設置し、加工開始の工具先端位置を測定する。測定後、工具補正量をオフセットとして設定し、加工位置とモデル情報を読み取り、Z軸原点復帰を行い、工具長補正をキャンセルする。その後、検出位置での工具測定を行い、オフセット量を変更する。変更されたデータは、マクロ変数レジスタに登録を行い、以後計測データとの差を計算し登録していく。オフセット設定後は、測定位置へ工具補正を利用しながら戻り、加工を継続していく流れとなっている。測定の割り込みは、加工プログラムの途中の任意の位置で挿入可能である。実際の計測状態を図9に示す。このマクロプログラムによる計測値の確認を行ったが、一時間以上の運転状態で測定精度



図9 工具補正システム計測状態

は0.01mm以下であることを確認した。

そこで、実際の加工モデルに適用した。傾斜角 2° に設定した100×100のブロックを10mmのボールエンドミルで往復の切削を行った。測定のマクロ挿入は、切削幅30mm間隔で実行した。初期領域ではさほど変化は少ないものの、切削長が長くなると0.02mmから0.05mm程度の形状変化に対応可能である。但し、ボールエンドミルの先端のみの計測であるので、コーナ部の形状変化においては対応できない。したがって、比較的平面状態の形状においてはある程度の効果が発揮できるが、傾斜が大きくなり、ボールエンドミルのコーナ部での切削状態では対応できない。

しかし、機械主軸・工具の熱変位対策においては有効な手段であると思われる。

3.3 結果及び考察

機上での計測システムとタッチセンサーを用いた工具補正システムを構築し、三次元モデルへの適応について検討した。

機上計測システムによる計測・データ修正においては、面での照合にCADシステムや曲面生成ソフトが必要になってくるが、リバースエンジニアリング等への対応は十分可能である。

また、工具補正システムでは、工具先端の計測であるのでボールエンドミル等のコーナ切削では一部対応でき

ない場合も考えられるが、仕上げ切削及び機械や工具の熱変位対策においては十分利用可能と考えられる。

4 おわりに

「加工部品の品質保証を行う加工支援技術の開発」の課題で、オフラインでの計測とCADデータの照合、オンマシンでの計測と照合、簡易工具補正システム、ネットワークを利用した加工支援システムの開発について研究を行った。

この中で、加工された3次元モデルの形状精度の保証については、高速計測を行う目的でレーザ方式の測定器

を用いたが、 $\pm 0.05\text{mm}$ 以下の保証では非常に厳しいと思われた。

また、オンマシンの計測においても機械精度、測定精度、測定圧の関連で同様の精度であった。

高精度の品質保証を行うためには、接触式、光学式の併用も含めた検討が必要になる。

最後に、研究実施にあたって補助をいただいた中小企業庁、指導機関として研究遂行の助言をいただいた中国工業技術研究所生産基礎技術部知能制御研究室の岡田三郎室長、共同研究機関（静岡県静岡工業技術センター、鳥取県産業技術センター、広島県西部工業技術センター、愛媛県工業技術センター）の皆様に感謝申し上げます。

チクソモールディング法における成形条件の最適化

- マグネシウム合金半溶融射出成形技術の実用化における要素技術の開発研究 (第1報) -

上村 誠*・高橋孝誠**・森山芳生***・平澤純一****

武田龍象****・三浦秀士*****

Approach to Optimize on Thixomolding

- Research and Development on Element Technique for practical use
in Magnesium Alloy Thixomolding(1st Report)-Makoto UEMURA*, Kousei TAKAHASHI**, Yoshio MORIYAMA***,
Junichi HIRAZAWA****, Ryusho TAKEDA****, Hideshi MIURA*****

マグネシウム合金AZ91D(ASTM)を用いたチクソモールディング法による射出成形(板厚1.0mm以下)において、成形板厚を1.0mm、0.8mm、0.6mm、0.4mmの平板をキャビティに持つ金型と成形板厚が1.0mmから0.1mm毎に0.5mmまでの多段板厚の平板をキャビティに持つ金型を用い、金型冷却温度・マグネシウム金属スラリー射出温度・射出速度を変動因子として、成形条件の最適化を行った。

現在、一般に用いられている金型冷却温度190℃～220℃の温度範囲では、金型冷却温度の高低はマグネシウム金属スラリーの流れ及び型開きには影響を及ぼさないことが分かった。

マグネシウム金属スラリー射出温度及び射出速度ともに大きい方がマグネシウム金属スラリーの流れは良いが型開きに対しては、溶湯温度が高く射出速度が小さい方が優位性が高いことが分かった。

板厚可変金型では板厚が小さいほど目標板厚に対する誤差は増大した。しかし、流れ方向での板厚の差は、板厚が小さい方が小さくなった。

流れ性が良い成形条件では、成形体のマクロ比重分布がほぼ均一で内部欠陥の少ない成形が達成される。

1. 緒言

チクソモールディング法(Thixomolding)とは、チクソトロピー(Thixotropy)とインジェクションモールディング(Injection Molding)を組み合わせた造語であり、ある程度の固相率を有する金属スラリーでも、樹脂のように射出成形が可能であるという技術である^{1,2,3)}。チクソモールディング法では、固液共存の温度域においても、固相が比較的球形に近い微粒子として存在するため、固液共存スラリーの粘性が低く流動性に優れているといわれている^{3,4)}。また、この粘性はせん断速度依存性を有しており、チクソトロピー現象を利用したプロセスに外ならない。

チクソモールディング法は、他の半溶融状態を利用したプロセスに比べ次のような特長を持つ。第1に溶解炉を持たない。このことにより、作業者の安全や工場の保全が容易に確保できる。第2に、溶湯温度が低い。このことにより、省エネルギー的製法であり、金型や他の設

備の寿命も長くなる。また、成形品の品質についても凝固欠陥が少なくそり変形も少なくなるといわれている¹⁾。

しかし、A4サイズ以上の投影面積で1mm以下の薄肉成形品を得ようとする場合、流動長が大きくなることからさまざまな欠陥が発生し、良好な成形品比率は約80%程度である。樹脂の射出成形は、ほぼ完成された技術で極めて高い生産性を有するが⁵⁾、本研究で取り扱うチクソモールディング法は1990年代にわが国に導入された極めて新しい技術であり¹⁾、さまざまな要素技術の不足から未だ実用化されたとは言い難い状況にある。

本研究では、成形欠陥が少ないか、または極めて少ない成形品を製造することを目的として、成形欠陥の発現機構の解明と成形条件の最適化を行ったので報告する。

2.1 実験方法

2.1 供試材料

射出成形実験並びに射出成形原料の特性評価ともにマグネシウム合金チップは日本サーモケミカル(株)社製、AZ91D相当品を用いた。その化学組成を表1に示す。チップAは2.8mm以下の粒径のもので、チップBは1.7mm以下の粒径で化学組成はほぼ同一のものである。また、両チップ

* 生産技術部
** 生産技術部(現、情報デザイン部)
*** 生産技術部(現、熊本県企業局)
**** ネクスス(株)
***** 熊本大学工学部

表1 供試材料の化学組成 (AZ91D担当)

元素	化学組成 (mass%)							
	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Ba
規格値	8.5 ~9.5	0.45 ~0.9	0.17 0.25	0.08 0.15	0.004 0.01	0.015 0.02	0.001 0.001	-
実際A	9.0	0.75	0.24	0.01	0.002	0.001	0.001	0.001
実際B	9.0	0.55	0.30	0.02	0.002	0.001	0.000	0.001

の光学顕微鏡写真を図1に示す⁶⁾。切削によりチップ化されていることから粒界割れを起こしていることが分かる。

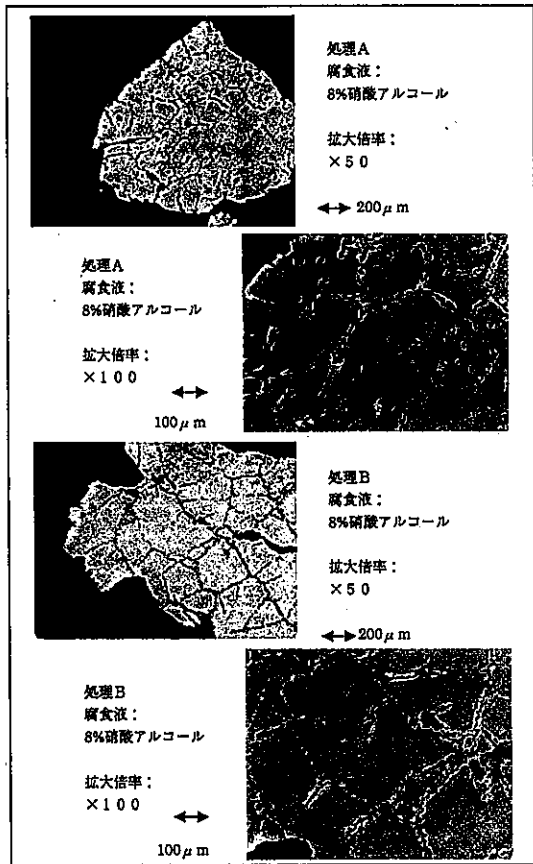


図1 チクソチップの金属顕微鏡観察結果

2.2 装置及び金型

射出成形実験は、(株)日本製鋼所社製JLM650を用いた。その主な特徴は、型締め力650ton、シングルスクリーン、ダブルトルク型締め方式、高性能サーボ弁方式の高速射出成形機である⁷⁾。また、成形に用いた金型は2種類であり、一方を板厚可変式金型、他方を板厚多段式金型と呼んでいる。今回作成した金型の製品部分の投影面積はA4サイズであり、板厚多段式金型ではその厚みを、ゲート側より1.0mmから0.5mmまで0.1mm刻みで6段階に変化させたものを用い、板厚可変式金型では厚さを1.0、0.8、0.6、0.4mmとし、現在製品に应用されている厚みよりも薄肉の形状とした。また、エアイベント口は、厚さ0.1mmのものを3箇所配置した。

2.3 射出成形実験

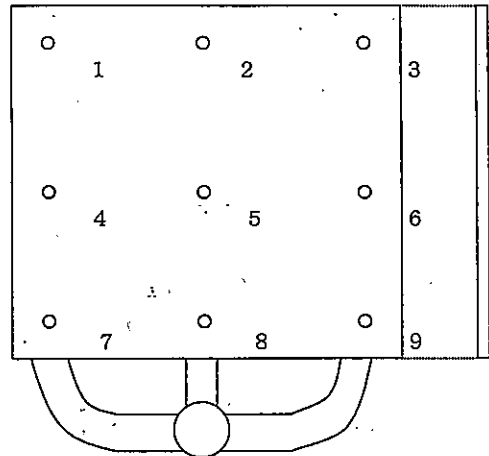
射出成形実験では、金型冷却温度・マグネシウムスラリー射出温度・射出速度を変動因子としてL9(3³)の直行表に割り付け実施した^{8,9)}。その成形条件設定を表2に示

表2 因子と水準値 (実験条件)

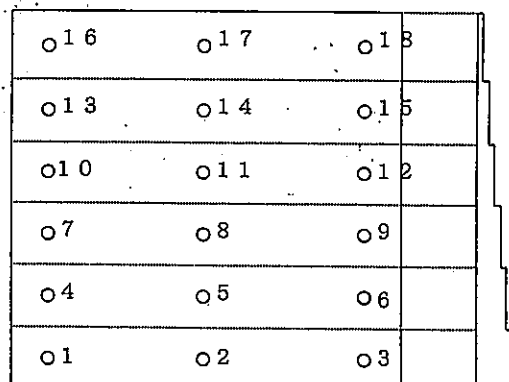
因子の種別	因子名	水準			
		1	2	3	4
制御因子	金型冷却(°C)	190	205	220	
	Mg湯温(°C)	580	595	610	
	射出速度(%)	40	50	60	
表示因子	板厚(mm)	1.0	0.8	0.6	0.4

す。金型の温度調節には、湯せん方式と電熱ヒータ方式の混合方式を採用し金型全体を温度調節し、成形直前にキャビティ表面を接触式のR熱電対で測定し、その測定値が実験条件と等しくなるようにした。マグネシウムスラリー射出温度は、常温からシリンダー内で熔融させる温度をすべての実験条件で同一としたうえで、射出ノズルの温度のみを実験設定温度とした。なお、実験での上限温度610°Cは、ノズル先端の凝固プラグと呼ばれるノズル栓の熔融限界温度で、ノズルをそれ以上の温度に加熱すると、射出成形後の型開きの時に、熔融スラリーが噴出してしまふことを防ぐ、安全上の上限値である。射出速度については、成形機の射出最大速度(4m/sec.)を100%とした相対速度で制御した。なお、射出速度コントロールは、全射出工程において射出速度は1速2速ともに同じ速度を用いた。

2.4 寸法形状測定



板厚可変型の測定箇所



板厚多段型の測定箇所

図2 製品厚み測定箇所

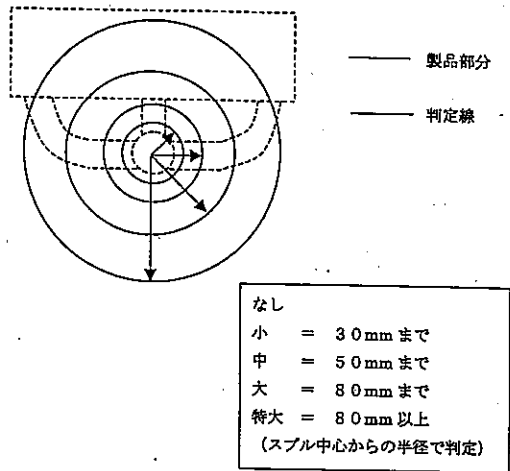


図3 バリ状況評価方法

寸法形状測定は、A4製品部分の板厚、フロー長さ、バリの大きさについて行った。成形体板厚測定箇所を図2に示す。板厚可変式金型で成形した成形品については、ゲート側3箇所、中央部3箇所、エアベント側3箇所の合計9箇所について測定した。また、板厚多段式金型で成形した成形体については、それぞれの板厚部分について3箇所、合計18箇所測定した。

また、発生したバリの大きさについての評価方法を図3に示す。スプルの中心軸から同心円上にバリなしのものを含め5種類に分類した。

2.5 流動解析

成形体の湯流れを解析するために、凝固後のフローマークについて観察した。成形品を常温まで冷却した後、脂肪酸エステル系の染色浸透探傷剤を塗布し、数分放置した後、余剰剤をふき取り乾燥した。ゲート付近からの一連の直線的な流動線を初期フロー長さ（溶湯の最終凝固時まで直線的に流動が起こった位置）として、成形実験に用いた各条件ごとに10ショット成形し、その平均値を求めた。また、各成形条件で発現するさまざまフローマークについて観察を行い、鑄造欠陥（凝固欠陥）や成形欠陥について分類を行った^{10,11,12)}。さらに、コンピュータ解析を用い、金型キャビティ内における湯流れ解析を行った。キャビティのモデリング及び湯流れ解析はそれぞれ（株）SII社製U-Graph（三次元CAD）及びサイバネットシステム（株）社製ANSYS5.4を用いた。

2.6 比重測定

成形品を縦横方向ともに6等分に切断し、欠陥や切断時の不純物の測定値への影響を最小限にするために質量測定後、超音波洗浄を施し、島津製作所製比重測定装置（SGM-300P）を用いて比重測定を行った。

成形実験で用いた各条件ごとに、成形品の2次元でのマクロ比重分布を求めた。なお、研究期間の制約上、板厚可変金型、板厚1.0mmを用いた成形品のみについて測定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 成形実験

射出成形実験により作成した成形品の金型固定側外観の代表的観察結果を図4に、成形時のスクリュウ速度及び射出圧力とスクリュウ位置との関係を図5に示す。図4の①はエアベント口までマグネシウム金属スラリーが流入しているところである。②が、A4サイズの平板の製品部分である。③及び④は、スプルとランナーであるがそ

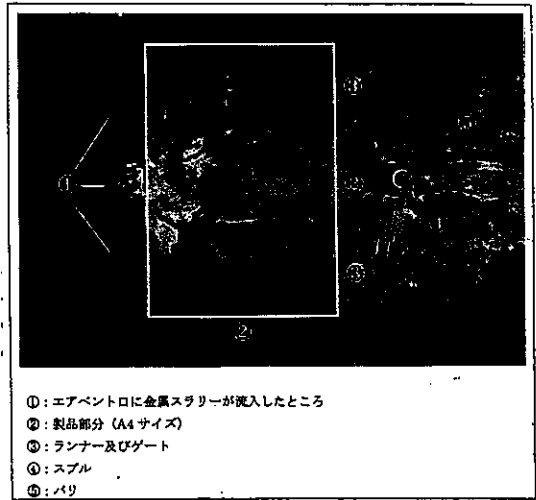


図4 成形品の外観（固定金型側より観察）

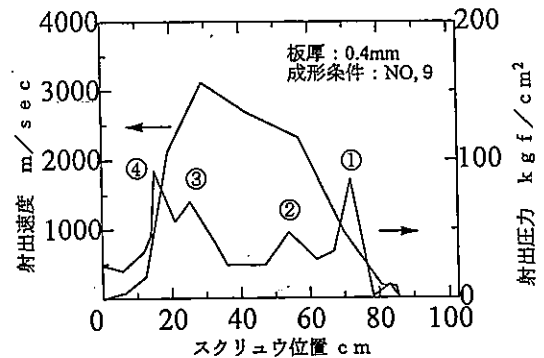


図5 波形モニタと成形プロセス

のまわりに成形時の金型の開きによって生じたバリが大きく形成されていることが分かる。図5に示した成形モニターによる射出速度及び射出圧力は、成形機シリンダ内スクリュウ位置のそれぞれの値を射出ストローク中モニターしたもので、全工程の所要時間は1/100秒以内で終了している。図5の位置①の射出圧力の増加は、凝固プラグを押し流すために、溶融スラリーの内部圧力が増加したもので、その圧力の低下とともに射出速度が増加し

ていくのがわかる。位置②は熔融スラリーがゲート位置に到達し、流動断面積が極端に小さくなるために起こる熔融スラリーの内部圧上昇である。その後金型キャビティ内は熔融スラリーにより充填されていくことにより位置③で再び熔融スラリーの内部圧力は上昇する。この段階で成形プロセスは終了すると思われるが、実際の波形モニターは位置③以降再び圧力が低下するこれは金型が圧力にまけ、型開きを起こすため、本来発生してはならない圧力低下である。最終的には位置④で圧力の上昇と速度低下を迎え成形プロセスが終了する。したがって、湯流れが良好で、成形欠陥の無い製品を製造するためには先述のように、ゲート位置での熔融スラリーの飛散が無く、位置②での圧力上昇が少なく、位置③以降での圧力低下のない成形環境を整える必要がある。そのためには、型開きしない高強度金型、並びに湯流れを良好にする成形条件をさらに検討していく必要がある。

各成形品の特徴としては、板厚可変金型では、各板厚に共通して、NO.4, NO.6の成形条件でバリが小さくなっている。このとき、共通して射出ストローク25mm付近の射出圧力が、他の成形条件に比べ低くなっていた。

したがって、このストローク位置での成形圧力が上昇する成形プロセスでは、バリの発生を回避できないと考えられる。

また、バリが大きな成形条件では、溶湯がガス抜きのスリット部まで流入しているのも共通に確認できた。板厚多段金型では、すべての成形条件で大きくバリが発生

表3 成形条件と欠陥の形態

板厚と成形条件	ショート	クラック	湯じわ	バリ	
多段式金型	1	○	○	○	○
	2	×	○	○	○
	3	×	○	○	○
	4	×	○	○	○
	5	×	○	○	○
	6	×	○	○	○
	7	×	○	○	○
	8	×	○	○	○
	9	×	○	○	○
板厚1.0mm	1	○	○	○	○
	2	×	○	○	○
	3	×	○	○	○
	4	×	○	○	○
	5	×	○	○	○
	6	×	○	○	○
	7	×	○	○	○
	8	×	○	○	○
	9	×	○	○	○
板厚0.8mm	1	○	○	○	○
	2	○	○	○	○
	3	○	○	○	○
	4	×	○	○	○
	5	×	○	○	○
	6	×	○	○	○
	7	×	○	○	○
	8	○	○	○	○
	9	×	○	○	○
板厚0.6mm	1	×	○	○	○
	2	×	○	○	○
	3	×	○	○	○
	4	×	○	○	○
	5	×	○	○	○
	6	×	○	○	○
	7	×	○	○	○
	8	○	○	○	○
	9	×	○	○	○
板厚0.4mm	1	○	○	○	○
	2	○	○	○	○
	3	○	○	○	○
	4	○	○	○	○
	5	○	○	○	○
	6	○	○	○	○
	7	○	○	○	○
	8	○	○	○	○
	9	○	○	○	○

していた。多段式金型による成形品と肉厚1.0mmの成形品とを比較してみると、1.0mmでは、もっともバリの発生が少ないNO.4やNO.6の条件でも、多段式金型では、バリが大きく発生しているのが分かる。多段式金型は、キャビティが徐々に薄くなる方案を採用していることから、肉厚が小さくなる部分でキャビティ内圧が急激に大きくなる箇所が多いので、その結果型開きが起りやすくなり、バリが肉厚一定のものに比べ大きくなったと考えている。

表3に成形品の各板厚ごとに発生した外観欠陥を示す。外観検査で容易に確認できるショート、クラック、湯じわ、バリについて発生しているものを○印、発生しなかったものを×印で表している。ショートについては湯周りが不十分で成形自体が完了していない欠陥であることから、ショートが発生した条件では、実験に使用した金型を用いては成形が不可能なことを意味している。さらにショートとバリの関係についてみてみると、バリの発生しなかった成形条件では、板厚に関係なくショートが発生している。したがって、今回の実験に使用した金型においてバリなしの成形は不可能だったことが分かる。

次に、L9直交表への割付とその結果を表4示す。特性

表4 直交表(L9)への割付と結果

要因 No	金型冷却温度 A	マグネシウム B	射出速度 C	フロー長さ: 望大特性 型開き: 望小特性							
				フロー長さ(Lmm)				型開き(mm)			
				1.0	0.8	0.6	0.4	1.0	0.8	0.6	0.4
1	1	1	1	107	80	80	40	0.14	0.14	0.24	0.32
2	1	2	2	130	102	120	42	0.33	0.29	0.35	0.33
3	1	3	3	130	100	139	103	0.24	0.46	0.51	0.43
4	2	1	2	112	80	106	59	0.35	0.22	0.35	0.31
5	2	2	3	140	60	110	60	0.33	0.46	0.38	0.32
6	2	3	1	120	62	102	47	0.20	0.23	0.28	0.14
7	3	1	3	131	65	116	73	0.36	0.38	0.41	0.29
8	3	2	1	126	66	87	49	0.18	0.27	0.39	0.18
9	3	3	2	135	64	90	82	0.34	0.36	0.28	0.30

値には、流動特性を評価するという目的からフロー長さ、型強度特性(耐久性)を評価するという目的から型開き量(成形品の肉厚測定値を型開き量とした。)を用いた。また、表4に基づいた各水準間のSN比を用いた比較を図6に示す。

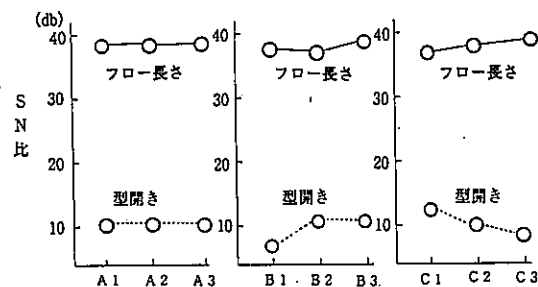


図6 SN比による水準間の比較

これより、要因A(金型冷却温度)は実験に用いた範囲内で湯流れについて影響は少ない結果を得た。現状、メーカ推奨データによれば、実験に用いた金型冷却温度

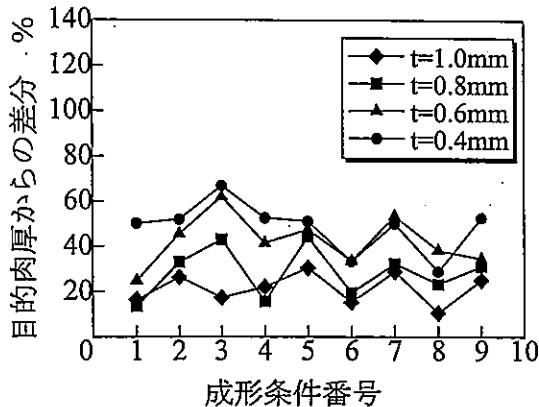


図7-a 成形条件と肉厚差の関係

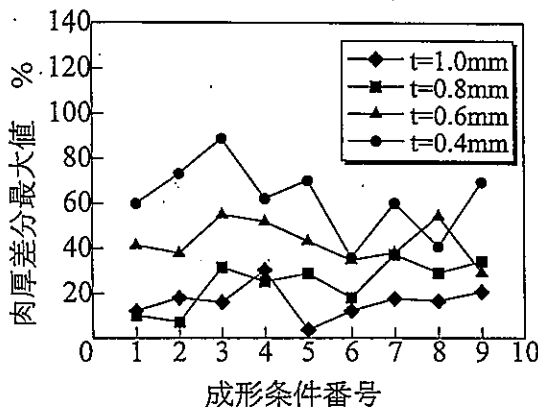


図7-b 成形条件と肉厚差の関係

は一般に用いられる範囲である。さらに、この温度域以上の金型冷却温度では、金型の耐久性が損なわれ、この温度域以下では湯流れが著しく悪化するとされている。今回の実験で、これまで一般的とされていた金型冷却温度の設定範囲が、その湯流れにさほど影響しないという結論を得た。したがって、著者らは、今後さらに金型冷却温度範囲を広げ、高温側での湯流れ改善の程度や低温側での湯流れ悪化の程度を検証し、金型冷却温度の湯流れに対する影響を調べる必要があると考えている。

要因B (マグネシウム溶湯温度) について、実験の範囲内では高温側がより流動性がよいことが分かった。その反面、型開き量が大きくなっていることも分かった。これは、湯流れ性が溶湯温度の上昇とともによくなり、その結果型内面に射出圧が長時間伝播し金型を押し開く効果が、流動性の悪い溶湯の型内への流入に比べ大きくなるからであると考えている。しかし、要因C (射出速度) について見てみると、溶湯を高速射出した方が比較的低速で射出したときに比べ流動性がよくなると容易に想像でき、実験においても予想通りの結果を得た。しかし、型開き量については、溶湯を高速射出した方が比

較的低速で射出するときに比べ小さくなっていることが分かる。これは、より高速で射出した方が、射出時のスクリュウのストローク後半まで射出圧の上昇なしに到達できるので、金型内面に射出圧がかからずに成形を完了することができるからであると考えている。これは、各成形条件での波形モニタの結果にも反映され、射出速度の高い射出が行われた条件では射出速度ピークがスクリュウのストローク後半に現れ、さらに他の条件と比べ射出圧力が同じストローク位置では相対的に低くなっていることが分かる。この点についてはさらに実験回数を増やし、設定条件と波形モニタの再現性等を含め今後さらに考察を進める予定である。

3.2 寸法形状測定

図7に、肉厚可変式金型を用いて射出成形したときの肉厚測定の結果を示す。ここで、図7-aは成形条件と目的肉厚からのずれ量 (差分) の関係を示し、図7-bは流れ方向での肉厚の差分の最大値を示している。多段式金型で成形した成形品の肉厚測定の結果を、図8に肉厚可変式金型で成形した成形品の肉厚測定の結果を示す。

それぞれのグラフの高さ軸 (Z軸) は、目的厚さからのずれ量を百分率で表した。

肉厚可変式金型の板厚1.0mmのもので成形条件番号1, 4, 8については目的厚さよりも薄くなっている部分が成形品の観察から確認され、図7-aにおいても他の成形条件に比べ肉厚が薄くなっていることが分かる。この条件番号では、板厚のばらつきも他の条件と比べると少なく、全体として板厚の絶対値が小さくなっている。外観観察結果からみると湯じわやヒケ巣が多く存在していることから、この部分はさほど射出圧自体が作用しておらず、他の部分の型開きに引きずられる形で、型開きしたのではないかと考えている。

肉厚可変式金型の板厚0.8mmのもので、条件番号1, 4, 6, 8が他のものと比べて、板厚の絶対値が小さく、全体のばらつきも小さくなっていることが観察された。他の条件では、センターゲート以降付近が50%近くも厚くなっている部分もあること分かる。また、板厚1.0mmのものとはゲート側とエアイベント側との厚さの差が大きくなっていた。

肉厚可変式金型の板厚0.6mmのもので、条件番号1, 8で目的板厚より薄くなっている部分があった。また、目的板厚からのずれ量が板厚0.8mmの時より大きくなっている。さらに、板厚0.6mmのものはゲート側から中心部に向かって厚がそろっている。また、観察結果より0.8mmの時よりバリが大きくなっていた。

肉厚可変式金型の板厚0.4mmのもので、目的板厚より小さくなっている部分が多く、観察結果より充てんが多くなっているのが分かった。

図8より、すべての成形条件において目的厚さとのずれ量は最大で60%程度あることが分かる。また、条件番

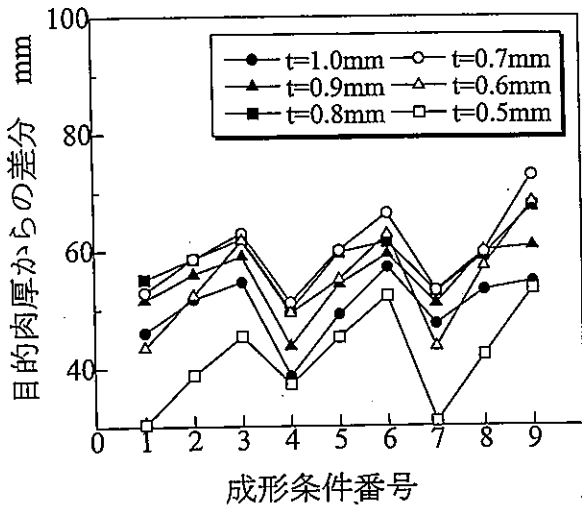


図8 成形条件と肉厚差の関係

号1, 2, 4, 8についてはゲート側からエアイベント側に向かって目的厚さとのずれ量が小さくなっている。逆に、他の条件ではゲート側からエアイベント側に向かって目的厚さとのずれ量が均一であることが分かる。これは、板厚可変金型での成形時と異なる点で、流動距離が同じでも多段に厚みを変え射出した方が、ゲートから遠距離まで均一に射出成形できることを意味している。

しかし、どの金型についても中央ゲートからエアイベントに向かう中心部分の厚みが外側に比べて大きくなっていることから、成形圧力がもっともかかる中心部分が型開きしているのが分かった。この現象は、金型自体の強度不足からくるものとも考えられるので、今後さらに検討を加える必要がある。

3.3 流動解析

染色浸透探傷剤で欠陥を強調した成形体について製品特性を著しく損なうと思われる項目について観察した。

表5 主な成形欠陥の種類

欠陥の種類	内容
ショート	湯周りが不良く、製品形状に対してマグネシウム合金材料が不足している状態。
転写不良	成形品の段差などの表面形状が再現されていない状態。
クラック (割れ)	微小なクラックはのぞき、肉眼でも確認できる製品部分での亀裂のこと。
そり変形	溝口・バリ等の製品部分以外を切除除去した際に残存する曲がりやねじりなどの変形のこと。
ヒケ	保持圧力が作用しなかったか、弱かったなどの原因により、凝固収縮時に製品表面で陥没などが発生すること。
曇じわ	初期に凝固した金型境界の材料を湯流れにより巻き込み製品表面にしわ状に模様ができる現象。
湯流	複数のランナー・ゲートをもうけた方案の金型において、製品部分のキャビティ内で半溶融金属が合流し、固化時に融合不良を起してしまう現象。
ボイド	製品内部に、ガス巻き込みやガス発生により空隙が残ってしまう現象。
フクレ	射出成形時に半溶融液体が金型内のガスを多量に巻き込み、成形終了後型開き時にその部分が膨らんで製品表面から凸部分ができる現象。
バリ	射出成形時に溶湯が金型キャビティ内に流れ込むとき、金型が射出圧力に負けて開いてしまうことによりキャビティ以外の部分が成形されてしまう現象。

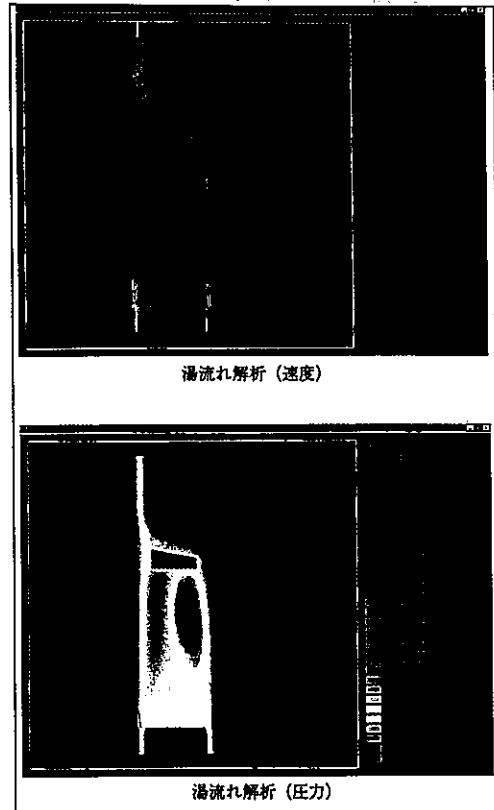


図9 コンピュータ解析結果

その分類結果を表5に示す。また、湯流れをゲート位置からガスベント方向への連続流体と考えたときの、2次元でのコンピュータ解析の結果を図9に示す。

チクソモールド法は、超高速・超高压の鋳造と位置付けることができるが、インジェクションモールド法の特性も合わせて持っていることから、ダイカストなどの高压鋳造に出現する欠陥と形態が異なる。つまり、急冷凝固である鋳造であることと溶湯温度が低いことから湯流れ不良を起こすために、金型キャビティの角部には溶湯が充てんされない空けきが残る、これがショート（製品がショートした状態）と呼ぶ現象である。さらに、溶湯が高速で金型内を移動するので、溶湯進行方向から死角となる部分には溶湯が充てんされず、微小な湯周り不良を起こす現象が発現する。これを、転写不良と呼ぶ。これは、溶湯が急冷凝固されるので保持圧も作用することなく製品の表面が再現されない欠陥である。次に、湯流れが不良なときに、微小な割れが発生している。これは、必要以上の高速射出を行った時に、成形体内部で位置によってマクロ的な凝固時間のずれが生じているためではないかと推測している。また、その原因については、解明していないが、今後マクロ的な組織観察や成分分析によって解析する予定である。

湯流れをよくするために金型温度や溶湯温度を上げる対策がなされているが、今回の実験で先述のように一般

的な金型冷却温度は湯流れに対する影響は小さかった。しかし、金型冷却温度を上げると成形体を金型から取り出した時に大きく変形することがある。この変形をそり変形と呼んでいる。したがって、そり変形に対しては、溶湯温度を低くすることが重要であることが今回の実験で分かった。

湯じわ・湯境と呼ばれる鑄造欠陥は、チクソモーディング法ではダイキャスト法に比べ出現頻度が高く、2つ以上の方向から溶湯が到達する部位ではほぼ発生すると考えてよく、このような金型方案をとらない設計に心がけるべきである。さらに、コンピュータ解析の結果では、流動・昇圧ともにガスベント位置に近い位置で発生している。これは、今回実験で成形した成形品の欠陥の発生場所と類似している。しかし、解析の仮定である連続流体と違いチクソモーディング法では凝固を、今回実験に使用した金型は、不良の発現形態明確化のために、より単純なものとしたため不良の発現機構が比較的容易に推察できた。

ボイド・フクレと呼ばれるガス欠陥は、通常金型内のガスを巻き込むことにより発生すると思われてきた。しかし、チクソモーディング法では金型内を減圧しても、この欠陥は減少しないことがこの実験により明らかになった。そこで、後述する熱分析により不活性ガス中で原材料に熱減量があったことから、著者らは材料内に存在するガス成分が溶融金属内から高圧下でガス化しこのようなガス欠陥を引き起こすのではないかという推測に達し、現在その機構の解明方法について検討している。

このように、チクソモーディング法では、鑄造欠陥と成形欠陥が同時に、しかも複雑な絡み合いの中で発現している。このような欠陥の発現機構解明し、成形体品質の向上を早期に実現しなければならない。

3.4 比重測定

図10に成形体の比重測定の結果を示す。今回の実験では測定は板厚1.0mmのものについてのみ行った。

一般に、マグネシウム合金AZ91Dの密度は約1.82Mg/m³といわれている。したがって、図中の赤色側が多い方が真比重に近く高比重で成形されている。また、単色に近い方が均一な比重分布ということになる。

結果より、条件番号5, 9は比較的均一で高比重の成形が実現できていることが分かる。この結果は、成形品の外観検査や直交表を用いたフロー長さによる流動性特性評価の結果と一致しており、初期フロー長さを評価することによって、比重分布をも近似的に判断することができることを示している。

しかし、観察結果で異常を発見できなかった部分でも、比重値が低下していることから、この部分では何らかの内部欠陥が存在していることが予想できる。したがって、今後、外観上問題が無く内部欠陥が存在する部分と成形条件の関係を調査する必要があることを付け加える。

4. 結言

L9直行表に割り付けた成形条件を用い、A4サイズの多段式金型及び板厚可変金型に、AZ91D合金をチクソモーリングした。その結果、以下のような結論を得た。

- (1) 現在のチクソモーリング法で用いられる金型冷却温度190℃～220℃の温度範囲では、金型冷却温度の高低は溶湯金属の流れ及び型開きには影響が少ない。
- (2) 溶湯金属温度・射出速度ともに大きい方が溶湯金属の流れはよいが型開きに対しては、溶湯温度が高く射出速度が小さい方が優位性が高い。
- (3) 板厚可変金型で板厚1.0mmから小さくしていくと目

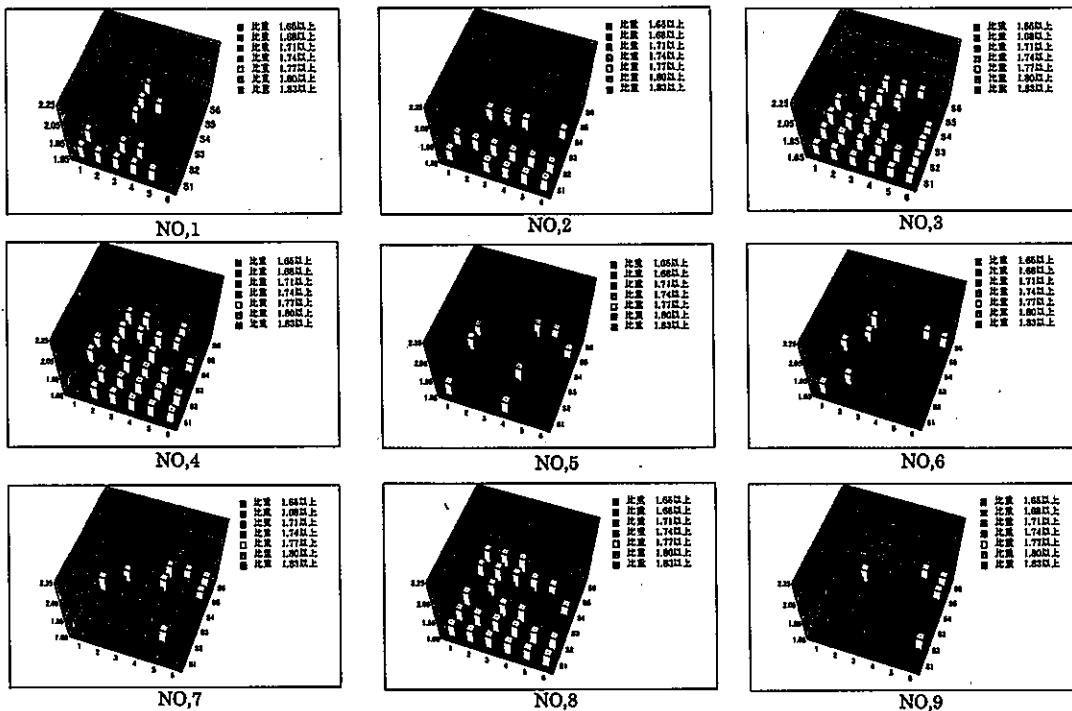


図10 成形品の比重測定結果 (t=1.0)

的板厚に対するずれ量は増大した。しかし、流れ方向での板厚の差は、板厚が小さい方が小さくなった。

- (4) 流れ性が良い成形条件では、成形体のマクロ比重分布がほぼ均一で内部欠陥の少ない成形がなされている。

文 献

- 1) 附田之欣. "マグネシウム合金のチクソモールディング". 第39回全国公設試験研究機関素形材技術担当者会議資料, 工業技術連絡会議機械金属連合部会素形材技術分科会, 技術研究所・素形材センター. p.67-79(1998).
- 2) 大津英彦. "マグネシウム合金の射出成形". 産技研 月例セミナーテキスト, 大阪府立産業技術総合研究所. p23-28 (1998).
- 3) 日本製鋼所. "マグネシウム合金射出成形機の開発と事業展開 (チクソモールディング法について)". 広島, (1997).
- 4) 井藤忠男. "ダイカスト・チクソ成形によるマグネシウム部品の現状". 東京, 素形材セミナーテキスト, 素形材センター, p121-147 (1998).
- 5) 成形技術講座成形コーステキスト. "三菱射出成形機成形技術講座". 名古屋, 三菱重工(株), p19-36 (1994).
- 6) ギュンター・ペツォー. "金属エッチング技術". 東京, アグネ, p.78 - 80 (1977).
- 7) 日本製鋼所広島製作所, "JLM650-MG (IU450) 型射出成形機製作仕様書". 広島 (1998).
- 8) 上条賢一. "パソコンによる実験計画法入門". 東京, 工学図書株式会社, p.51-53 (1983).
- 9) 伊藤富士雄, 波多朝. "初心者のための品質管理". 東京, 理工学社, p.2-1~3-13 (1965).
- 10) 中江秀雄, "凝固工学". 東京, アグネ, p.18-30 (1987).
- 11) 素形材技術フォーラムテキスト. "アルミニウム合金鋳物・ダイカストにおける品質向上と欠陥対策". 東京, 素形材センター, p.1-p7, p19-25, p29-30 (1999).
- 12) 鷹城一夫. "マグネシウムのダイカスト". 東京, 素形材セミナーテキスト, 素形材センター, p.81-101 (1998).

中小企業における商品開発に関する研究

ーデザインプランニングシステムによる商品開発デザイン研究ー

原口隆一*・佐藤達哉*・山村真一**・小野裕幸***・永井晶子****・堀 宗行*****

Study on Products Development for Medium and Small-sized Enterprises

Ryuichi HARAGUTCHI*, Tatsuya SATOU*, Shinichi YAMAMURA**,
Hiroyuki ONO***, Shouko NAGAI**** and Muneyuki HORI*****

中小企業においては、下請け生産、受注生産、素材生産体制から脱却し、自立型企業を目標とする自社で製品開発から販路開拓まで含む商品開発体制を確立することが重要な課題になっている。限られた時間、予算、人材で取り組みを行わなければならない中小企業にとっては、豊富な研究費と人材を有する大企業よりも厳しい状況での商品開発を求められる。本報では、具体的な開発事例を対象に製品企画から製品設計について、そのデザイン作業の内容、デザインプロセスデータ、商品デザイン等の概要を報告する。

開発の中核的企業となったN社は、ひのき材専門の製材を主要事業としているが、ひのき材を建築用構造材だけでなく、内装材、家具、住宅設備などインテリア用品からエクステリア用品など新分野への有効利用を図るために、新商品開発の課題として取り組みを進めていた。開発テーマを「アウトドア型の生活」を対象とし、屋外でのリビングルームの機能を有するアウトドアリビング空間を創出する「ひのきブランド」の基盤的商品開発を行った。

1. はじめに

中小企業においては、下請け生産、受注生産、素材生産体制から脱却し、自立型企業を目標とする自社で製品開発から販路開拓まで含む商品開発体制を確立することが重要な課題になっている。商品開発については、デザイン先端企業が個々に保有する企業秘密に関わるノウハウとして占有技術となっている。県内中小企業においては、技術開発には長年の蓄積と経験をもっている企業が多くみられるが、商品開発に関しては、新しい課題であり、県内に技術的ノウハウや専門的な人材が極めて少なく、デザイン先端企業と比較して大きく遅れていると言える。

一般に商品開発は、時間、経費がかかり、しかもリスクを伴う事業であり、勘や経験だけに頼った、思いつきの発想程度では、競争の激しい市場では成功が難しい。限られた時間、予算、人材で取り組みを行わなければならない中小企業にとっては、豊富な研究開発費と専門的な人材を有する大企業よりも厳しい状況での商品開発を求められる。

商品開発は、いくつかのデザイン作業の積み重ねであり、その手順と内容であるデザインプロセスに大きく依存する。そこで、商品開発を、開発計画、商品企画、商品デザイン、生産計画、販売計画、商品評価の6段階に分類し、各プロセス間での情報の整合性を維持しながら、効率的、短期間に実施する商品開発デザインプロセスの

計画的な構築が必要である。^{1) 2)}

本報では、具体的な開発事例について、商品企画から商品設計のデザイン作業の内容、デザインプロセスデータ、商品デザイン等の概要を報告する。

2. 商品開発の背景

開発の中核的企業となったN社は、ひのき材専門の製材を主要事業としているが、県産の杉、ひのき材は、安価な外材の輸入、住宅着工件数の低下、さらに木造率の低下などにより需要が大きく低迷している。N社は、製材業だけでは将来的に危機感を持っており、ひのき材を建築用構造材だけでなく、内装材、家具、住宅設備などインテリア用品からエクステリア用品など新分野への有効利用を図るために新商品開発の課題として取り組みを進めていた。

ひのき材は、軽い割には材質が緻密で強く、加工性に優れ、耐久性に優れており、伝統的に住宅や神社仏閣などの建築用材として利用され、香りも好まれている。ひのき材の特性である加工性、耐久性などの活用からN社の事業計画に基づき、エクステリア事業を確立するための商品開発の第1弾として開発を行った。自社単独では、商品開発は困難なため、県外工業デザイナー、県内インテリアデザイナー、木材加工、アルミ鋳物メーカーなどプロジェクトチームを編成し、実施した。

3. 開発テーマ形成プロセス

3.1 開発テーマの定義

商品開発において、具体的な商品アイテムに絞り込む

*情報デザイン部
** (株) コボデザイン
***日進木材工業 (株)
**** (有) ノルドデザイン
***** P P クエスト

前に開発領域を決定する開発テーマ形成を行うが、開発テーマは、その開発の方向性を与える重要なプロセスである。しかし、重要性の割には、その決定方法は、恣意的な判断で決定されている。特に開発経験の少ない中小企業が取り組む場合、どのような方法で開発テーマを決定してよいかかわからないことが、最初の大きな難関となっている。

開発テーマのアイデア出しから評価、選定を行うが、漠然とアイデアを出すのではなく、開発テーマの構成を開発対象探索、目標設定、目標達成の方法、問題点抽出、市場ニーズ分析の5項目についてチームで検討しながらアイデア出しにより開発テーマ形成を行った。図1に開発テーマの構成要素について示す。

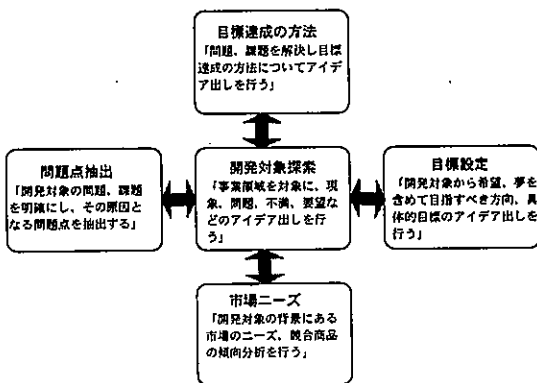


図1 開発テーマ構成要素

3.2 開発対象探索

開発対象探索は、エクステリア事業を推進する中で、開発テーマの発想の原点になるデータで、いくつかのアイデアの中から「アウトドア型の生活」を対象とした。アウトドアを野外キャンプ、RVブームなど単に一過性の現象でなく、今後の新しいファミリーレジャーの生活様式として定着するものととらえ、「アウトドア型の生活」を探索することがエクステリア商品の開発につながるものと考えた。

3.3 目標設定

次に、開発対象のデータをもとに開発の目指すべき方向である目標設定について検討、アイデア出しを行った。ここでは、日常生活に気軽に簡単にアウトドア型の生活を楽しむことができるような生活スタイルを創出するために必要な空間、設備、商品群を開発し、既製品にはない商品づくりを行うことを目標とした。

3.4 問題点抽出

開発課題や目標設定の背景となる問題、課題について検討した。アウトドア型の生活空間を志向する背景には、健康志向、ストレス解消、リラクゼーションなどの生活ニーズがあるが、屋外での空間利用の意識面の問題や環境設備に課題があると推定した。

3.5 目標達成の方法

目標達成の方法は、問題を解決し目標達成する方法に

ついてアイデアを出し、その中から効率的、効果的な方法を選択することになる。今回、屋外での腐食に比較的強いヒノキ材の特徴を生かし、住宅の屋外空間にアウトドア感覚の生活を楽しむ市場をターゲットとし、アウトドア型の生活空間を創出する商品群を検討した。基本的には、ひのき材を活用した「ひのきブランド」づくりによる商品開発となった。

以上の開発テーマの決定にそって、生活シーンのビジュアルイメージ、シーンシナリオ作成、想定されるユーザーイメージなどを明確にし、予想される商品アイテムのリストアップを行った。

4. 商品テーマ立案プロセス

4.1 商品テーマ概要形成

選定された開発テーマから開発対象の絞り込みを行い、商品テーマ概要形成を進めた。

商品テーマの形成は、商品概要、目標設定、問題点抽出のプロセスで作成した。

4.2 商品概要

リストアップされた商品アイテムの中から空間提案を行う基盤的な商品として、屋外空間での生活空間のシェルターや床面を作り、ひのき材を基材とするウッドデッキを対象商品とした。

4.3 商品目標

対象商品の基本機能は、屋外でのシェルター、床面を作る製品を完成させることにより、屋外でのリビングルームの機能を有するアウトドアリビング空間を創出する基盤的商品づくりを目標とした。

4.4 問題の原因は何か

対象商品の推定される問題点として以下のように検討した。

- ・屋外での耐久性に不安があること
 - ・維持管理がわずらわしいこと
 - ・固定式で変更ができないこと
 - ・注文設計注文施工で高価であること
 - ユーザー側の要求機能として、
 - ・自分で制作したいこと
 - ・後付けをしたい
 - ・簡単に設置できること
- などの推定を行った。

5. 商品分析プロセス

5.1 商品機能分析

商品テーマ概要が形成後、要求機能項目別に製品の問題点、ニーズを抽出し、ターゲットイメージ作りを行った。表1に機能分析表を示す。この分析から使用性、設置性、収納性、維持管理、耐久性、生産性などに問題があることが解かる。

表1 機能分析表

要求機能項目	製品の問題点、ニーズ	ターゲットイメージ
使用性	ケバ立ちがあり 満足では不安 人目が気になる 汚れやすい	⇒素足で使用できる
設置性	専門家でないで設置できない 設置したら変更ができない	⇒変更ができる
収納性	設置後、収納機能はない	⇒収納ができる
省空間性	特になし	
維持管理は	塗装の塗り替えが必要 劣化部材の補修	⇒塗り替え作業が簡単に ⇒部材の交換ができる
持ち運び	考えていない	
低騒音性	歩行の時、ミシミシ音がする	
輸送性	部材で梱包	
使用環境への配慮	周辺環境との調和性、動線	
耐強度	揺れ、たわみはないか	
耐久性	5年程度目標	⇒耐久性に不安
安定性	完成時点の品質が維持できるか	
衛生面、健康面	防霉材、塗料	
対荷重は十分か	規格は特になし	⇒必要限度内で
安全性	床面の割れはないか 床から落下しないか 構造上の変形	
外観造形	造形は機能に対応しているか	
生産性	受注設計、施工で生産性は悪い	⇒生産性の良い
ユニバーサル	高齢者、障害者への対応は	
環境問題への配慮	防霉材は安全か	

5.2 商品ポジション分析

次に、図2に商品ポジション分析を示す。横軸にデッキの広さ、縦軸を仕様性とし、開発のターゲットゾーンについて検討した。特別仕様で大面積が主体の注文設計施工型から、ぬれ縁、テーブルなどの小面積、小型の既製品設置型、中、小面積対応の自作型などに分類した。

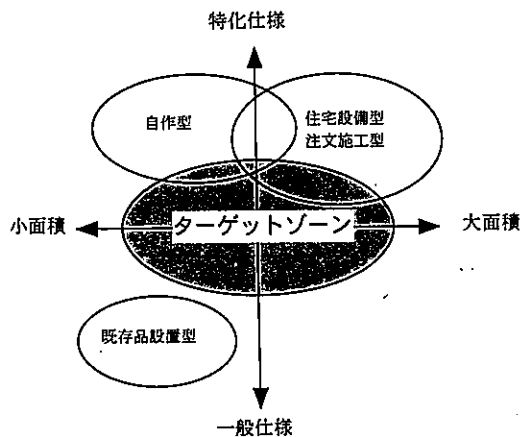


図2 商品ポジション分析

これから、標準的仕様で簡易施工のセミオーダー型をターゲットポジションと想定できる。

5.3 商品形成のためのコンセプトづくり

コンセプトは、商品づくりの方向性とユーザーイメージを明確にするプロセスになる。コンセプトづくりのために、開発商品を使用する生活シーンを想定し、いつ、どこで、だれが、なにを、どのように、なぜの5W1H法で、プロセスデータを作成した。想定例を表2に示す。

6. 商品デザイン

6.1 基本的な考え方

従来のウッドデッキは、専門的な技術や規格木材部材により現場施工、加工を主体で構築される方法が一般的である。しかし、この方法では、専門的な技術者が必要で、しかも施工時間がかかり、価格も高くなることと、屋外での耐久性に問題があることが、需要を押さえていたと考えられる。本製品は、工場生産方式で部材を加工し、現場ではユーザーが簡易に組み立てが可能で、構造材の一部に工夫を凝らした形状に設計されたアルミ成型鋳物部材を利用し、屋外環境下での安心感のある耐久性の高い、ウッドデッキの商品を目標とした。

6.2 商品の特徴

開発したウッドデッキの特徴は

- 1) ユーザーが簡単に組立可能な構造を有している。
- 2) ユニット式に必要なレイアウトを選択できる自由なデザインが可能である。
- 3) 床板はひのきムク材を使用し、素足感覚で歩行できる。
- 4) 構造の一部にアルミ成型鋳物部材を用い、屋外環境下で高い耐久性がある。
- 5) 設置後も床板は簡単に取り外しが可能で、定期的な維持管理の作業性がよい。

商品用途は、住宅用屋外ウッドデッキの他、室内用デッキ、ディスプレイ用デッキ、イベント用デッキ、オープンスペース用デッキなど多目的に利用できる簡易組立構造をもつユニット式ウッドデッキである。

6.3 基本ユニット

基本ユニットは、脚の心々間のモジュールが900mm×

部品名	材質	処理
床板	国産ヒノキ材 厚み30mm	屋外用耐候性塗料 クリアー仕上げ
脚	国産ヒノキ材 100×100×H400	合成樹脂注入
根太	アルミ成型鋳物 L800、H75×W L400	無処理 塗装はオプション
繫結金具	ステンレスネジ M6使用	無処理

900mmで、高さは床面から400mmとした。基本ユニットの外観写真を図3に示す。各部材の仕

表2 生活シーンの想定

生活シーン	誰が	どんなときに	どこで	なぜ	どのように
庭でバーベキューをする	お父さんが	休日の朝食に	住宅の庭で	雰囲気を変えたいから	ログハウスで
庭でビアガーデンをする	お母さんが	夕食時に	マンションのベランダで	自然を感じたいから	テントを張って
庭でコーヒーを飲む	子供が	休日にのんびりと	近くの公園で	室内では狭苦しいから	シェルターを
庭で本を読む	家族が	平日に	車の通らない通路で	空気がおいしいから	ウッドフロアーを作り
日曜大工をする	隣の家族と一緒に	暗くなって	畑で	汚れを気にしなくて	作業小屋を作って
染色作業をする	お祖父さんが	子供の誕生日に	広場で	庭でのんびりしたいから	テーブルと椅子を置いて
日光浴をする	お祖母さんが	暑くて寝られない時に			
新聞を読む	子供の友達が	雰囲気を変えて			
タバコを吸う	近所の奥さんが	屋外で食事をする時			
昼寝をする					

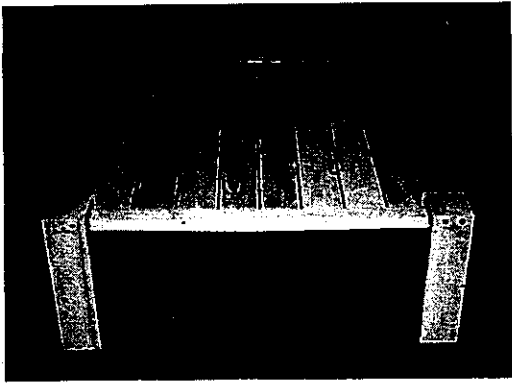


図3 基本ユニット外観

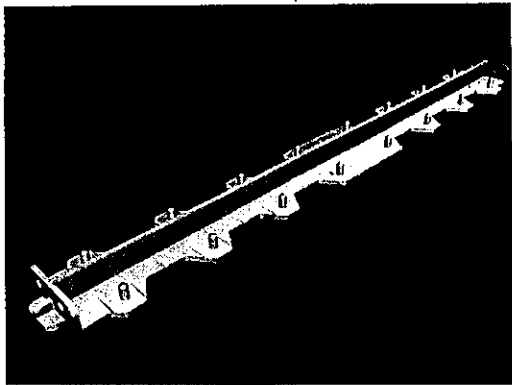


図4 アルミ鋳物部材CG図

様を表3に示す。アルミ鋳物部材（図4）は、床板をピン構造で簡単に設置できるようにピンを立て、水平面にはこう配をつけた水抜き溝を付けている。アルミ鋳物部材の一次試作では、強度的に問題があり、断面形状の改良により大幅な強度の改善が得られた。本ユニットはドライバーで簡単に組立ができる。

6.4 組立のバリエーション

ユーザーが基本ユニットを連結していくことにより、ユーザーの必要な広さ、形状を自由に組み立てることができる。基本的な組立を1畳型から6畳型までを示している例を図5に示す。図6は、4畳半型にオプション部材のハーフユニットを二ヶ所つけたものである。図7は、床板の取付け前の組立中の写真である。この4畳半型で、基礎平面の状態にもよるが、2人で1時間もあれば組上がる。さらに、基本型以外に凸凹型（図8）、演出型（図9）、回廊型（図10）、直列型（図11）などさまざまな組立の配置の変化ができる。

このような配置は、家庭用デッキよりも公共空間などのオープンスペースや店舗用のディスプレイデッキ、イベント用デッキなどに適用できるものと考えている。また、図12は、今後販促資料に使用する生活シーンをイラストで表現した。

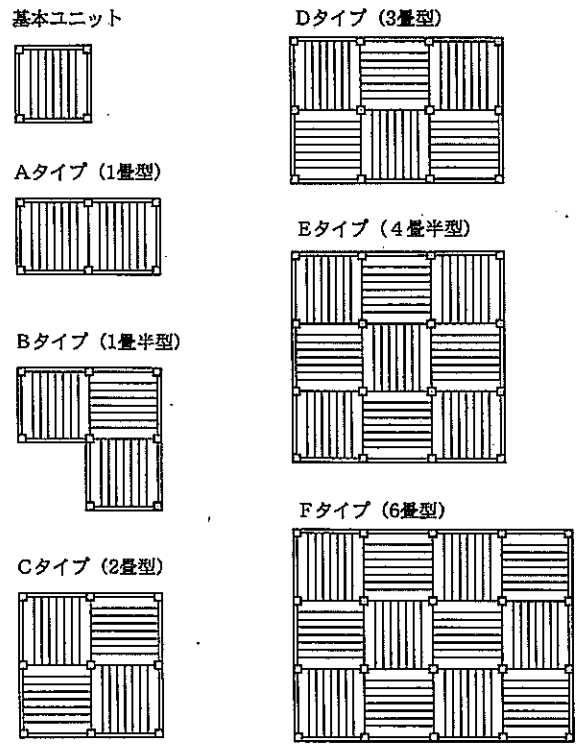


図5 基本組立配置図

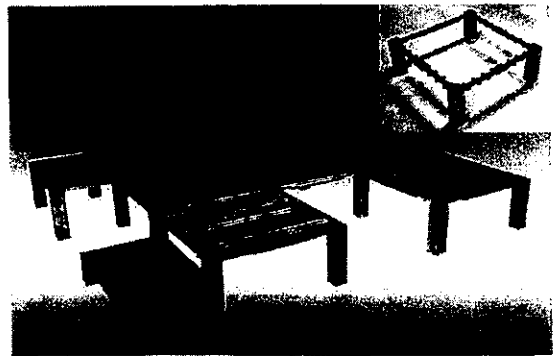


図6 4畳半型組立外観



図7 組立中の構想図

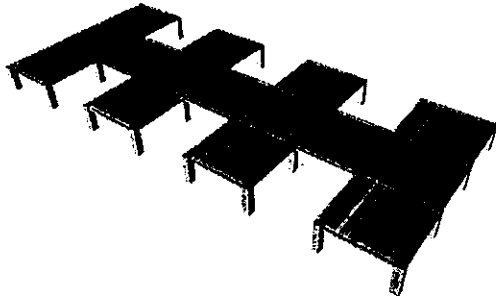


図8 凸凹CG図

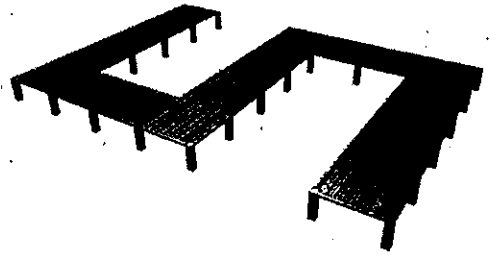


図10 回廊型CG図

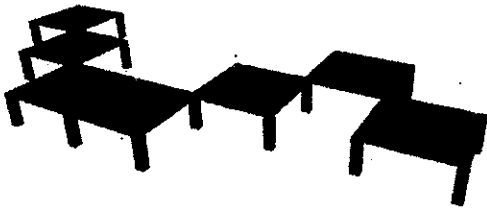


図9 演出型CG図

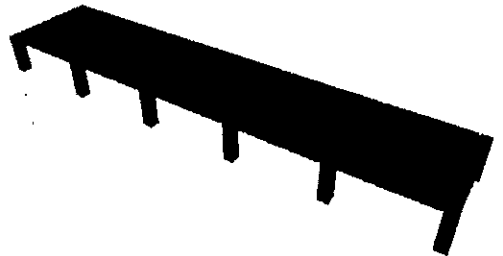


図11 直列型CG図

使い方がいろいろ、レイアウトは自由自在！

収納・移動も簡単デッキ 多目的に利用できるマルチウッドデッキです。

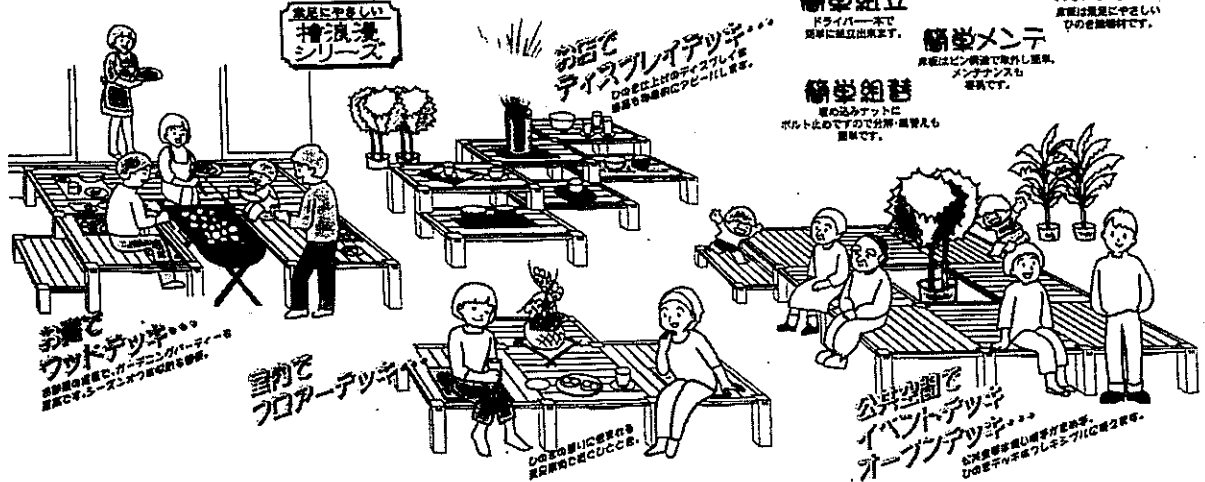


図12 生活シーンのイラスト

- 特長** ユニット式
設置の広さやレイアウトに
対応するユニット式です。
- 高耐久性**
丈夫なアルミ合金製。
木質は樹脂入りで
紫外線も耐えられます。
- 簡易組立**
ドライバー一本で
簡単に組み立てられます。
- 簡易メンテナンス**
高圧洗浄機で洗剤も
必要ありません。
- 簡易組替**
ビスのみで簡単に
ボルト止めでないので
分解・組替も簡単
です。
- 充足感**
床面は滑りにやさしい
ひのき調素材です。

7. おわりに

本商品は、本製品の製造方法に関して熊本県とN社が共同特許出願している。また、本商品は、平成10年度の日本産業デザイン振興会のスポーツ・レジャー用品部門で、グッドデザイン賞を受賞し、商品のデザイン面、機能面、品質面でも高い評価を受けた。

今後の流通と販売方法、住宅の屋外空間でのウッドデッキとしてだけでなく、公共空間、ホテルのロビーなどでのマルチデッキとして、また室内でのインテリアデッキ、店舗などでのディスプレイデッキなどの多目的に利用できるマルチウッドデッキとして使用されることが期待できる。販売流通については、ホームセンター、アウトドア用品、ガーデニング、官公庁、学校などへの販路開拓を進めている。

文 献

- 1) 原口隆一.“ネットワーク型の製品開発システムの構築”,熊本県工業技術センター研究報告, Vol. 34, p.1~4 (1996)
- 2) 原口, 佐藤, 山村, 小野, 永井.“中小企業における製品企画に関する研究”, 熊本県工業技術センター研究報告, Vol. 36, p. 6~10 (1998)

電子メールによるWWWサーバへの情報登録と登録者認証システム

河北隆生*

The System for Maintenance of Content on WWW server by
E-mail and Confirmation of E-mail address

Takao KAWAKITA*

WWW(World Wide Web)を利用した情報発信、情報共有を行う組織が、目覚ましい勢いで増加している。それに伴いWWWサーバの情報管理者への負担が増えてきた。これを回避する方法として、コンピュータに詳しくない人も含めた複数の担当者が、情報を分散管理することが考えられる。一方、電子メールは、最近誰でも利用できるようになっており、複数かつ大量のファイルを添付できるため、情報登録のインターフェースとして利用できる。しかし、電子メールは、発信者の電子メールアドレスを偽造できるという欠点がある。そこで、本研究では、一般的に利用される電子メールを用いてWWWサーバへ情報登録ができ、かつ登録時に許可された人であるかをPGP(Pretty Good Privacy)による公開鍵暗号を利用した電子署名などで認証するシステムを構築した。本システムを評価した結果、実用上問題のない処理時間であること、登録者認証で不正登録が防止できること、コンピュータに詳しくない入でも登録作業が容易なこと、複数人で情報を分散管理できることがわかった。

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、WWW(World Wide Web)による全世界規模での情報発信を行う組織が、目覚ましい勢いで増加している。また、企業など組織内においてもWWWによる情報共有化を行ない、業務の効率化・情報の有効利用などを図るようになってきた。

組織でWWWを利用した情報発信、情報共有を行なう場合、取りまとめを行なう管理担当者が内容確認を行ない、情報(コンテンツ)が見えるようにリンクを張り、WWWサーバへファイルを転送する作業を行っていることが多い。

しかし、管理担当者の多くは、兼務であり、情報更新が頻繁に行われる場合は担当者へ負荷がかかっているのが現状である。

これを回避する方法として、コンピュータに詳しくない人も含めて複数の担当者へ作業を分担することが考えられるが、情報へのリンクの整合性を取る 것이難しいこと、ファイル転送作業などの習得が必要であること、特に組織外へ情報提供するWWWサーバへファイルを転送する場合はユーザアカウント作成によるセキュリティの低下が発生することなどの問題がある。

一方、電子メールは、最近誰でも簡単に利用できるようになってきており、複数かつ大量のファイルを添付できるため、情報登録のインターフェースとして利用できる。また、WWWサーバには、ユーザアカウントを作成

する必要がないため、この原因によるセキュリティの低下が防げる。

しかし、情報登録者(特に、外部へ情報発信する場合)は、特定かつ明確になる必要があるが、電子メールでは発信者の電子メールアドレスを偽造できるという欠点がある。

そこで、本研究では、一般的に利用される電子メールを用いてWWWサーバへ情報登録ができ、かつ登録時に許可された人であるかをPGP(Pretty Good Privacy)^{1,2)}による公開鍵暗号を利用した電子署名などで認証するシステムを構築したので、報告する。

2. システム概要

本システムは、データベースへ情報登録を行う「情報登録プログラム」、ユーザへ情報を表示する「表示用プログラム」から構成される。(図1)

情報登録プログラムは、電子メールで送付された情報

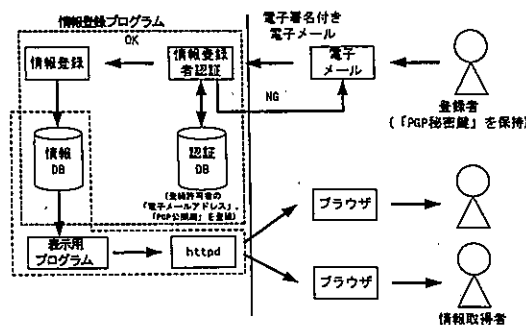


図1 システム概要

* 情報デザイン部

登録依頼が情報登録を許可された本人からのものであるかを認証する「情報登録者認証」と情報をデータベースへ登録する「情報登録」から構成される。

情報登録者認証には、PGPによる公開鍵暗号を利用した電子署名で本人であるかを認証する方法などを用いた。詳細は、「3. 情報登録者認証」で述べる。

情報登録は、情報蓄積型と情報更新型の2種類に対応している。詳細は、「4. WWWサーバへ登録される情報の種類と処理手順」で述べる。

表示用プログラムは、データベースに登録された情報をユーザのブラウザへ表示する。本プログラムは、WWWサーバのCGIスクリプトなどの機能を用いてそれぞれの状況に合わせて実装されることとなる。

3. 情報登録者認証

3.1 PGPによる公開鍵暗号を利用した電子署名認証

本システムの基本的な情報登録者認証方式は、PGPによる公開鍵暗号を利用した電子署名を用いたものである。(図2)

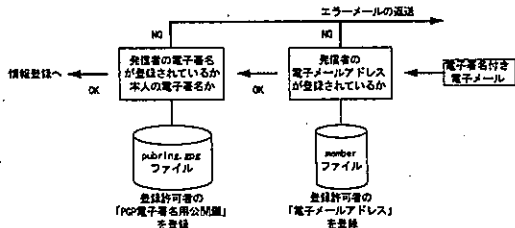


図2 PGPによる公開鍵暗号を利用した電子署名認証

memberファイルには、情報登録を許可された人の「電子メールアドレス」が登録される。pubring.gpgファイルには、情報登録を許可された人の「PGP電子署名用公開鍵」が登録される。

情報登録者認証手順は、以下のとおりである。

- (1) 情報登録者は、本人の「PGP電子署名用秘密鍵」で登録する情報(ファイル)へ電子署名を行い、電子メールの添付ファイルとして本システムの電子メールアドレスへ送付する。
- (2) 本システムでは、受けとった電子メールのFromヘッダに記載された電子メールアドレス(発信者電子メールアドレス)がmemberファイルに登録されているかを確認する。登録されていない場合は、エラーメールを返送する。
- (3) 添付ファイルに電子署名されている場合は、pubring.gpgファイルに登録された発信者の電子署名用公開鍵を使用して、本人の電子署名であるかを確認する。電子署名用公開鍵が登録されていない場合あるいは電子署名が本人のものでない場合は、エラーメールを返送する。本人の電子署名であれば、情報登録処

理を行う。

なお、本システムでは、登録する情報(添付ファイル)ではなく、電子メール本文に電子署名がされていれば、それによって本人の電子署名かを確認することもできる。電子署名の仕組みは、参考文献³⁾で参照できる。

3.2 電子署名がない場合の認証

本システムでは、添付ファイルあるいは本文に電子署名がされていない場合も考慮している。例えば、コンピュータの初心者、電子署名用PGPソフトウェアの操作に慣れていない場合などが考えられる。

この場合は、以下のような情報登録者認証手順となる。

(図3)

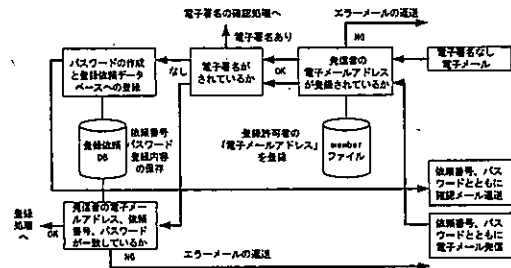


図3 電子署名がない場合の認証

- (1) 情報登録者は、登録する情報を電子メールの添付ファイルとして本システムの電子メールアドレスへ送付する。この場合、添付ファイルや本文には、電子署名がされていない。
- (2) 本システムでは、発信者電子メールアドレスがmemberファイルに登録されているかを確認する。登録されていない場合はエラーメールを返送する。
- (3) 添付ファイルあるいは本文に電子署名がされていない場合は、ランダム関数で作成された数字のパスワード(本システムでの実装は最大数字15桁)を作成し、依頼番号(管理するデータベース検索のキーとなる番号)、登録内容をデータベースへ格納するとともに、パスワードや依頼番号などを発信者電子メールアドレスへ送信する。送信される電子メール本文の例を図4

```

あなたから、以下の情報の 登録 依頼を受けました。
From : Takao Kawakita <tkawakit@kmt-iri.go.jp>
Subject : 熊本県工業技術センター一般公開のお知らせ [1999/11/13]
Expire Date : 1999年11月13日
Delete Date : 設定なし
ファイル名
(1) koukai.html
(2) 19991113-02.html
(3) annai.html
(4) b_bg.gif
(5) bg.gif
(6) jusyo.html
(7) kouen.html
(8) mokuji.html
(9) naiyou.html
(10) taiken.html
(11) top.html

もし、あなたからの 登録 依頼であれば、以下の1行を返信して下さい。
# auth add 210513357834518 963642177

From WWW 自動管理プログラム
    
```

図4 確認メールの本文の例

に示す。

- (4) 情報登録者は、(3)で返送されたパスワードと依頼番号を本システムの電子メールアドレスへ送信する。
- (5) 本システムでは、返送された電子メールの発信者電子メールアドレスとパスワード、依頼番号をデータベースで確認し、全てが一致している場合は、情報登録処理を行う。

この方法は、本システムが電子メールの発信者電子メールアドレスへ確認のメールを送ること、登録者がパスワードと依頼番号を返送することで情報登録者を認証している。

4. WWWサーバへ登録される情報の種類と処理手順

WWWサーバへ登録される情報の種類は、情報蓄積型と情報更新型の2つの方式として、システムの実装を行った。

4.1 情報蓄積型

多くの組織では、イベントなどの情報をWWWサーバで紹介している。例えば、当センターでは、講演会、講習会、発表会などの案内を「お知らせ」のページで紹介している。これらの案内は、情報が蓄積されていくとともに「お知らせ」のページを更新する必要がある。

また、最新の情報は、各組織の「トップページ」に表示することで周知が図れる。

そこで、以下の機能が必要となる。

- (1) 「お知らせ」のページでは、登録された全ての情報を時系列に並べ表題を表示するとともに情報へリンクする機能
- (2) 「トップページ」では、最新の情報を選択し、時系列に並べ表題を表示するとともに情報へリンクする機能

これらの機能は、トップページに表示する日時(本システムでは、14日間をdefaultとした)をデータベースに登録し、表示用プログラムで自動処理を行うことで実現した。

4.2 情報更新型

例えば、当センターの「リンクページ」では、関係ある組織へリンクを張っている。このページでは、リンクする組織の変更追加が随時行われるため、「リンクページ」ファイルの更新が必要となる。

4.3 処理手順

ここでは、主に情報蓄積型について述べる。

情報蓄積型で登録される情報は、図5に示すディレクトリ構造で管理される。

var/mailディレクトリには、システムが受けた電子メールを個々のファイルとして保存する。var/dbディレクトリ以下には、登録処理された全ての情報が管理される。indexファイルには、登録された情報が現在有効かどうか

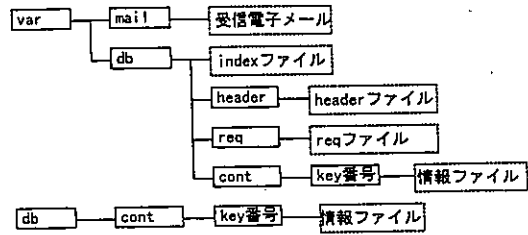


図5 ディレクトリ構造 (情報蓄積型)

かなどの状態が記録される (表1)。headerディレクトリには、登録された情報に関する管理情報が個々のファイルとして保存される (表2)。reqディレクトリには、確

表1 indexファイル構造 (情報蓄積型)

カラム	値 (内容)
key	headerファイルのkey
status	"AddAuth" : addAuth待ち "Valid" : 有効 "Delete" : 削除

表2 headerファイル構造

カラム	値 (内容)
Key	Key
File	登録ファイル名
Req Key	情報登録者認証時に電子署名がなかった場合、確認メールが到着するまで、依頼内容を保存するファイル名 (依頼番号)
Directory	
From	登録依頼者の電子メールアドレス
Subject	表題
Link	Link先 (情報ファイルの登録ではなく、Link先を登録する場合)
Create Date	データが作成された日付
Auth Date	データが登録確認された日付
Change Date	データが変更された日付
Expire Date	最新情報は「top page」などへ表示されるが、その表示されるまでの日付
Delete Date	データが削除される日付

認メール待ちの情報に関する管理情報が個々のファイルとして保存され (表3)、確認メール受信時にこのファイルを参照して処理を行う。contディレクトリには、情報毎にディレクトリを作成し、その中に情報をファイルとして保存する。

情報蓄積型の情報登録処理手順は、以下の通りとなる。

- (1) 情報登録プログラムは、var/headerディレクトリの下へkey (time関数で現在の時間を使用) をファイル名としてheaderファイル (表2) を作成し、保存する。情報 (ファイル) は、var/db/contディレクトリの下へ

表3 redファイル構造

カラム	値(内容)
Req Key	依頼番号 (Key)
Key	確認メールが反映されるheaderファイルのkey
From	依頼者の電子メールアドレス
Create Date	依頼があった日付
Auth	確認メールで依頼者から返送されるパスワードなどのデータ 例えば登録依頼の場合: add パスワード
Subject	表題 (変更の場合)
Link	Link先 (変更の場合)
Expire Date	最新情報として表示されるまでの日付 (変更の場合)
Delete Date	データが削除される日付 (変更、削除の場合)
Member	電子メールアドレス (ユーザあるいは管理者の登録、削除の場合)
PGP File	PGP電子署名用公開鍵 (登録の場合)

表4 indexファイル構造 (情報更新型)

カラム	値 (内容)
file	WWWサーバ上のファイル名 (Key)
key	headerファイルのkey

headerファイルのkeyをディレクトリ名としてその下へ保存される。

- (2) プログラムは、indexファイル(表1)へheaderファイルのkeyとstatusを追加する。情報登録者が認証された場合は、statusは"valid"となり、次へ処理を進める。

電子署名がない場合は、statusは"addauth"となり、var/reqディレクトリの下へreqファイル(表3)を保存し、発信者へ確認の電子メールを送付し、処理を終了する。これは、情報登録依頼者からの確認メール待ちの状態となる。

- (3) プログラムは、var/db/contディレクトリの下にあるheaderファイルのkeyと同じディレクトリ名以下をdb/contへコピーする。

dbディレクトリ以下の情報は、indexファイルやheaderファイルの管理情報とともにWWWサーバのCGIスクリプトなどで処理をされ、ユーザのブラウザへ表示されることとなる。

なお、本システムでは、headerファイル、indexファイルはデータベースソフトウェア利用へ置きかえることも可能とした。

情報更新型は、登録依頼があったWWWサーバ上の該当するファイルのみを置き換える処理を行うため、表4に示すようにファイル名をkeyとするindexファイル構造とした。

5. システムの実装

本システムは、当センターが運用するWWWサーバを対象として、OSにはFreeBSD3.4⁴⁾、開発言語にはCおよびPerl、PGPにはGNUプロジェクトのGnuPG⁵⁾、データベースソフトウェアにはPostgreSQL⁶⁾を利用して構築した。

情報登録プログラムは、sendmailなどの電子メール配送プログラムから起動される。

本システムでは、ユーザが情報の削除、変更などを行える情報管理機能、管理者がユーザの登録、削除などを行えるユーザ管理機能を備えた。これらの機能は、コマンドとして電子メールの本文に記載して送信することで実行できる。

6. 評価

6.1 処理時間

本システムの処理に要する実時間を電子署名あり、電子署名なし、確認メールの場合で計測した。計測に使用した情報は、当センターのWWWサーバへ登録された22件、使用したコンピュータは、Compaq Deskpro EP6500 (CPU:PentiumIII, Memory:256Mbytes)である。図6には、計測結果のグラフを示す。

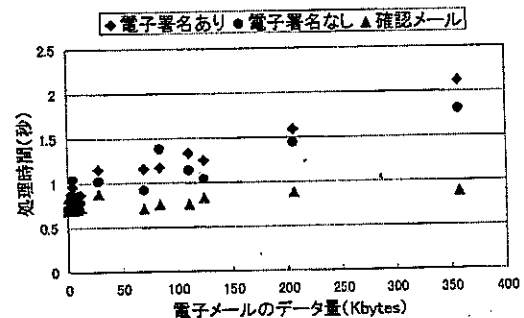


図6 処理に要した実時間

処理時間は、電子署名ありの場合は最大2.12秒(データ量:357.6Kbytes)、最小0.70秒(516bytes)、平均1.01秒(47.3Kbytes)、電子署名なしの場合は確認メール処理まで合せて最大2.68秒、最小1.39秒、平均1.67秒であった。

情報登録件数が、仮に1日10件とした場合最大21.2秒、仮に1日100件とした場合最大3分32秒の処理時間が必要となる。通常、1日あたりの情報登録件数は、数件程度と予想されるため、実用上十分耐えうる処理時間であると考えられる。

6.2 認証方法

6.2.1 PGPによる公開鍵暗号を利用した電子署名認証

情報登録者が、電子署名認証を最初に利用する時は電子署名用秘密鍵と公開鍵を作成しなければならない。

秘密鍵は、パソコン上に保管され、通常パスフレーズ

(長いパスワードのことで)保護される。ユーザは、他人に見破られないようなパスフレーズにすることが必要である。

また、管理者が公開鍵を登録する場合は、本人のものを確認する必要がある。例えば、管理者が、直接本人から公開鍵を受け取り、登録するなどの方法が必要である。

さらに、電子署名したファイルの取扱にも注意する必要がある。もし、他人が電子署名されたファイルを取得し、発信者を偽るとともにそのファイルを添付ファイルで送信した場合、情報登録が可能となってしまう。ユーザは、電子メールなどで一般的に使用する「秘密鍵と公開鍵」と情報登録に利用する「秘密鍵と公開鍵」を別にすること、情報登録用秘密鍵で電子署名したファイルを他人に渡さないことが必要である。

以上のように自宅の鍵と同じような鍵管理が、行われることで、不正登録が防止できる。

6.2.2 電子署名がない場合の認証

他人が、発信者を偽り、情報登録を試みた場合を考える。

電子メールアドレスは、インターネット上で一意であり、電子メールシステムが管理されていれば、偽られた発信者(つまり、電子メールアドレスの正当な所有者)に確認の電子メールが届くこととなり、発信者を偽られたことが発覚する。この場合は、まだ情報が登録されていないので、削除などの対策をとることで、不正登録が防止できる。

また、確認の電子メールには、パスワードや依頼番号が記載されており、これらの情報をシステムへ返信することで情報登録される。これらの情報は、登録依頼者しか知ることができない情報であることを考えれば、2重のチェックとなり、さらに不正登録を難しくしているといえる。

6.3 ユーザインターフェースと分散管理

本人認証に電子署名を使用する場合には、PGP電子署名用公開鍵の提出や情報登録時に情報(ファイル)などへの電子署名が必要となる。しかし、コンピュータに詳しくない人は、電子署名用PGPソフトウェアに慣れてい

ないことがある。そこで、本システムでは、電子署名をしなくても、通常利用している電子メールだけで情報登録ができるため、登録作業は容易であると考えられる。

また、情報(ファイル)は、自動処理でデータベースへ登録され、データベースからプログラムで表示されるため、情報へのリンクの不整合が発生しない。このことは、複数の担当者がWWWサーバの情報を分散管理できることとなる。

7. おわりに

本稿では、一般的に利用される電子メールを用いてWWWサーバへ情報登録ができ、かつ登録時に許可された人であるか認証するシステムの構築について報告した。また、本システムを評価した結果、実用上問題のない処理時間であること、登録者認証で不正登録が防止できること、コンピュータに詳しくない人でも登録作業が容易なこと、複数人でWWWサーバの情報を分散管理できることがわかった。

今後、組織での情報発信や情報共有は、ますます増大することが予想される。そのためには、コンピュータに詳しくない人も含めた情報の分散管理や登録者認証が重要になってくると考えられる。

今後の課題は、X.509を利用した認証局への対応などがあげられる。

文献

- 1) Simson Garfinkel, 山本和彦監訳, PGP暗号化メールと電子署名, 東京, オライリー・ジャパン, 394p(1996)
- 2) J. Callas, L. Donnerhacker, H. Finney and R. Thayer, OpenPGP Message Format, RFC2440, IETF, 62p(1998)
- 3) Bruce Schneier, 力武健次監訳, 第4章本人認証, E-mailセキュリティ, 東京, オーム社, p59-73(1995)
- 4) <http://www.jp.freebsd.org/>
- 5) <http://www.gnupg.org/>
- 6) <http://www.postgresql.org/>

建築用複合内装材の床衝撃音特性 —居住性を考慮した建築用複合材の開発—

中村哲男*・上田直行**

—Characterization of Impact Sound of Wooden Composite Materials—

Development on Wooden Composite Materials with Dwelling Ability

Tetsuo NAKAMURA* and Naoyuki UEDA**

衝撃緩衝（吸収）性、遮音性に優れた集合住宅用床材の開発を目的に、実際に施工される条件を考慮して、県下の企業で製造販売されているヒノキ床材に、直接あるいは合板を貼り合わせた上に弾性率、厚さの異なるゴムを作製し、貼り合わせた。

これらの床材にタッピングマシン、タイヤ落下による衝撃を加え、軽量、重量衝撃音特性について検討した。

弾性率の異なるゴムを用いた場合、軽量衝撃音については硬さの違いによる衝撃音減少の効果がみられたが、重量衝撃音については明確な差が見られなかった。

厚さの効果についても重量衝撃音・軽量衝撃音による音源の違いの差が見られ、軽量衝撃音特性では厚さ3mmのものに効果が見られた。

1. 緒言

現代社会には、多くの騒音が存在しているが、その騒音防止対策は、基本的には音源での対策と、音の伝搬経路での対策に分けられる。

音源での対策としては、可能な限り音の発生を小さくすることが重要であり、共鳴を避けることが重要となる。また、消音装置の設置も有効であるし、音源を囲み、外部に音が出ないようにすることも考えられる。

音の伝搬経路での対策では、音のエネルギーを消散させるため、音源と受音点の距離を離すこと、音源の向きを変えることが考えられ、塀や建物などによる減音効果を考えることができる。

筆者らは、木質材料を用いた住宅の居住性、性能等に関する一連の研究を行っている¹⁾。さらにこれらのデータを基礎とした建築用複合材料の開発について検討している。

ところで、建築用木質材料による床材料は、木造住宅はもちろんのこと、RC(鉄筋コンクリート)造集合住宅においてもその使用は増加している。しかし、木質材料を使用した場合、居住性の観点から上階から下階への騒音、いわゆる床騒音が問題となっている。この点に関しては、既に種々の研究が行われているが、まだ未解決の問題が多い²⁾。

筆者らは、これらの問題を解決すべき材料開発の基礎

として床騒音について検討を加えてきた³⁾。

また、従来より県産の材料や廃材等のリサイクル材料をベースとした多機能を有する材料の開発を目的とした研究も行っており、ゴムを床材の一部として設計することで床衝撃音を減衰させる効果があることが明らかとなっている⁴⁾。しかし、ゴムのどのような種類や寸法のもののが最も床材として適しているのかは、まだ明らかにされていない。

そこで、本研究ではこれらの研究の一環として、従来から検討してきた県産木材の有効利用の延長としてヒノキ材、合板及び弾性率、厚さの異なるゴムの積層複合床材の開発を行い、床衝撃音特性について検討した。今回は、これらから得られた結果について報告する。

2. 測定及び測定方法

2.1 測定用材料

表1に示すように、県下の企業で製造販売されている

表1 試験材料の構成

材料名	厚さ(mm)	重さ(Kg)	構 成 内 容
SL	150	—	建物構造体
CO	12	7.22	コシヤトヒバ ⁵⁾
FL	12	4.74	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック
CF	24	11.94	コシヤトヒバ ⁵⁾ + ヒノキフローリング ⁶⁾ オック
G340	3	3.26	ゴム(硬度40)
G380	3	3.28	ゴム(硬度80)
F340	15	8.00	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度40
F360	15	8.02	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度60
F380	15	8.02	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度80
F540	17	9.69	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度40
F560	17	10.20	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度60
F580	17	9.80	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度80
K340	27	15.06	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度40
K360	27	15.80	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度60
K380	27	14.89	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 3mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度80
K540	29	16.86	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度40
K560	29	17.27	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度60
K580	29	16.78	ヒノキフローリング ⁶⁾ オック + コシヤトヒバ ⁵⁾ + 5mm厚ゴム ⁷⁾ A、硬度80

*情報デザイン部

**電子部

ヒノキフローリングブロック、コンクリートパネル及びこの実験用に製作した厚さ、弾性率の異なるゴムそれぞれの単体と構成を変えて積層した複合材料を測定の対象とした。

この場合ゴムは、以下のような性質を持っている。

- ①長期間使用することが明確であるため、長期間使用しても弾性が変化しないこと（耐久性があること）。
- ②使用する場所がRC造集合住宅でもあるためにアルカリ性に強い性質であること。
- ③衝撃に対し強いこと。

上記の特性を有するゴムであるということからエチレン-プロピレンゴム (EPDM) を選定した。

本試験ではコンクリート床 (SL) に前述したヒノキフローリングブロックとゴムを複合した材料を直貼りした場合、及びコンクリートパネルをヒノキフローリングブロックとゴムの間に挟んで複合した材料を直貼りした場合での測定を行った。以下本文中では、ヒノキフローリングブロックとゴムを複合した材料を直貼り材、コンクリートパネルをヒノキフローリングブロックとゴムの間に挟んで複合した材料を略称して、捨て貼り材とする。

2. 2測定方法

測定対象とした各床材は、寸法を910×910mmに統一した。

当センターの残響試験室2階の中央部のコンクリート

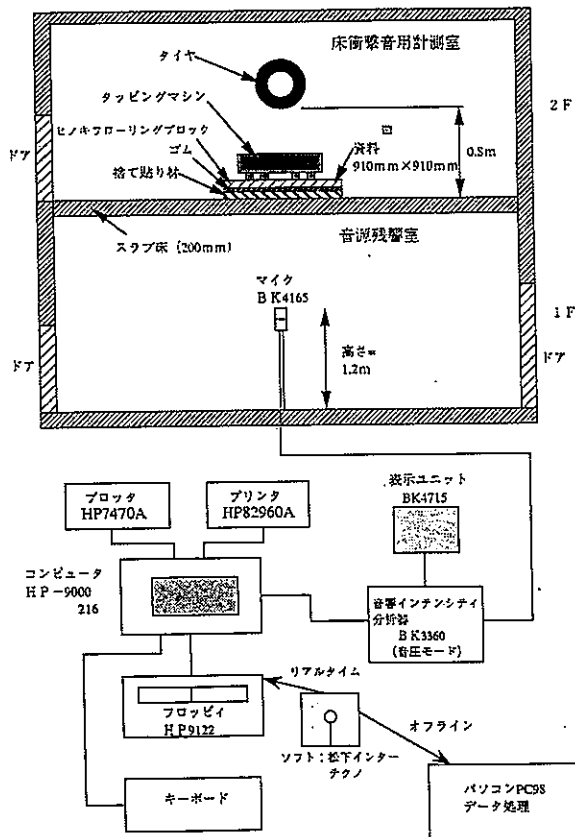


図1 床衝撃音試験システム構成

床に各床材を十分に密着するよう設置して、タッピングマシン（軽量衝撃音源：リオン(株)製FI-01型）及びタイヤ落下（重量衝撃音源）によって衝撃を与えた。ここで発生した衝撃音を1階に設置したマイクロホン (B&K社製4165型) で受信し、音響測定装置 (B&K社製3366型) を通してコンピュータ (H.P社製HP-9000-216型) に取り入れ、そのデータを1/3オクターブで周波数分析を行った。この場合、衝撃を与えた場所は、資料の中央部とした。この場合の床衝撃音試験システムを図1に、タイヤ、タッピングマシン、スピーカ、マイク計測位置を図2に示す。そ

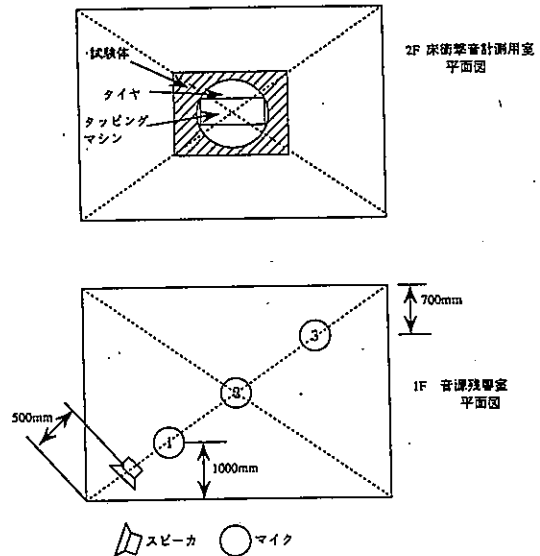


図2 タイヤ・タッピングマシン・スピーカ・マイク計測位置
 の他、測定方法は、JIS-A-1418 (建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法) に準拠して行った。

3. 実験結果及び考察

本報告では、試料を直接コンクリート床面にはりつけた (直貼り) 場合、及びコンクリートパネルをフローリングブロックとゴムとの間に挟み込んだ (捨て貼り) 場合について、床衝撃音試験を実施した結果について述べる。衝撃点は、設置した材料の中央部とし、受音部は、部屋の中心を通る対角線上の3点とした。これらの衝撃点に軽量衝撃、重量衝撃を加えて発生した床衝撃音の衝撃音特性について検討を行った。

3.1 軽量衝撃源の場合の床衝撃音

3.1.1 直貼り材の場合

コンクリート面に直貼りした各素材、床材料の軽量衝撃音源 (タッピング) による衝撃音を、部屋内部の対角線上の3箇所で受信したものの平均音圧と周波数の関係を図3、4、5に示す。なお、軽量衝撃音源として使用するタッピングマシンは、毎秒等間隔で同じトーンで床をたたくために、あらかじめ測定時間を特定した時間 (1.980

表2 軽量衝撃音源に対する直貼りした各種材料の床衝撃音圧レベル (dB)

資料区分	SL	CO	FL	CF	G340	G380	F340	F360	F380	F540	F560	F580
O.A	89.38	84.82	81.06	83.44	88.52	85.70	83.10	83.54	80.58	82.08	81.40	82.52
O.A _{A-W}	87.88	78.58	75.18	76.74	85.98	81.72	77.28	77.16	73.84	75.74	75.16	75.92

秒時)での周波数分析を行った。この場合のオーバーオール値(O.A)及びそのA補正值(O.A、A-W)を表2に示す。

図3、4、5から床材料を設置しない状態(SL)での衝撃

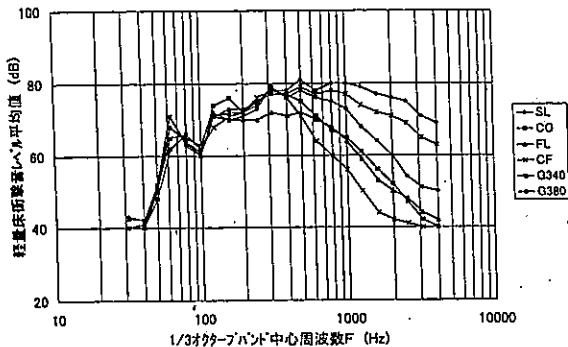


図3 軽量衝撃音源に対する直貼りした各種素材の床衝撃音圧レベルと周波数

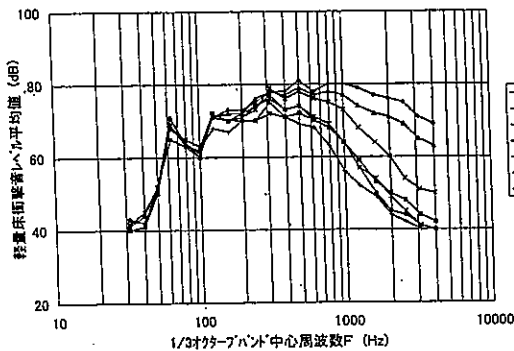


図4 軽量衝撃音源に対する直貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

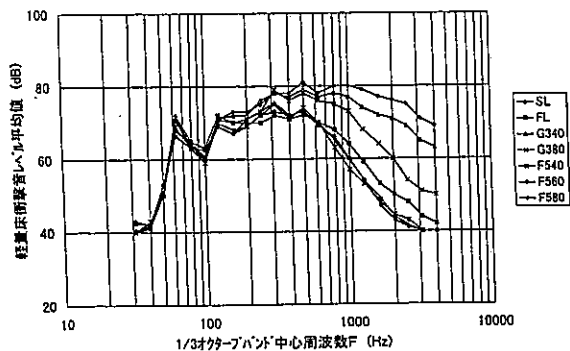


図5 軽量衝撃音源に対する直貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

音圧レベルの値は、周波数全域で高い値を示した。特に500Hz以上の周波数帯では、床材を設置した場合と比べ

著しく高い値を示している。このことはコンクリートのままの床では、軽量衝撃音に対して問題があることを示している。すなわち、階上において発生する高い周波数帯での音圧レベル、例えばハイヒールでの歩行音、机・椅子を移動するときに発生する音など軽量衝撃音がコンクリートを伝わって階下に響き易いことを示している。

表2および図3から、コンクリート面上に床材料(素材)を設置することによる、500Hz以上の周波数での衝撃音圧レベルの減少効果があることが分かる。特にフローリングブロック及びフローリングブロックとコンパネとを積層複合したものに、10dB程度の大きな減衰効果があることが分かる。ゴム素材では、硬いG380が6.16dBの減衰効果を示した。3dB減衰が、実際の音圧では半減効果であることを考慮すると大きな効果といえよう。なお、柔らかい方のG340では、1.9dBの減衰に留まった。

図4はフローリングブロック、ゴム及びフローリングブロックに3mm厚ゴムを複合化したもの、図5はフローリングブロック、ゴム及びフローリングブロックに5mm厚ゴムを複合化したものについての床衝撃音圧レベルと周波数の関係を示す。

表2及び図4、5から、図3と同様にコンクリート面上に床材料を設置することによる、500Hz以上の周波数での衝撃音圧レベルの減少効果があることが分かる。

ここでは、ゴムとフローリングブロックを複合化することで、ゴムを単体で使用する時よりも減衰効果が顕著であることも分かる。さらに、フローリングブロックのみでも十分減衰効果があることが分かるが、図3で判明した。G380を複合することで、さらに効果が上がることが分かった。

フローリングブロックとゴムを複合した材料でのゴムの厚み及び硬さの減衰に及ぼす効果では、厚みについては5mmのものが3mmのものに比べ、若干の減衰効果の傾向が見られたが、その差は小さいものであった。また、硬さの効果についても、5mm厚のものについては音圧差1dB以下でその差は小さいものであった。しかし、3mm厚のゴムを複合化したものでは、硬さ80のゴムを複合したF380については、減衰効果が特化しており、14.00dBと直貼り用複合材として最も優れた効果を示した。

3.1.2 捨て貼り加工をした材の場合

コンクリート床にコンクリートパネルを捨て貼り加工した試料を設置し、軽量衝撃音(タッピング)を、部屋内部の対角線上の3箇所を受音したデータの平均音圧レベルと周波数の関係を図6、7に示す。この場合のオーバー

表3 軽量衝撃音源に対する捨て貼りした各種材料の床衝撃音圧レベル (dB)

資料区分	SL	CO	FL	CF	G340	G380	K340	K360	K380	K540	K560	K580
O.A	89.38	84.82	81.06	83.44	88.52	85.7	85.64	82.70	85.36	85.62	86.36	85.38
O.A,A-W	87.88	78.58	75.18	76.74	85.98	81.72	79.66	76.34	80.06	80.10	80.90	79.90

オール値(O.A)及びそのA補正值(O.A、A-W)を表3に示す。

図6、7から直貼り材と同様に500Hz以上の周波数帯では、床材を設置した場合に著しく高い減衰効果があるこ

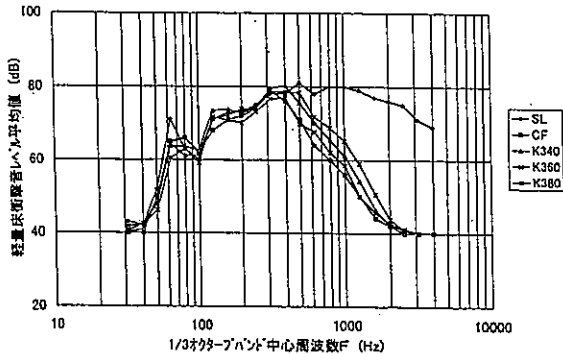


図6 軽量衝撃音源に対する捨て貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

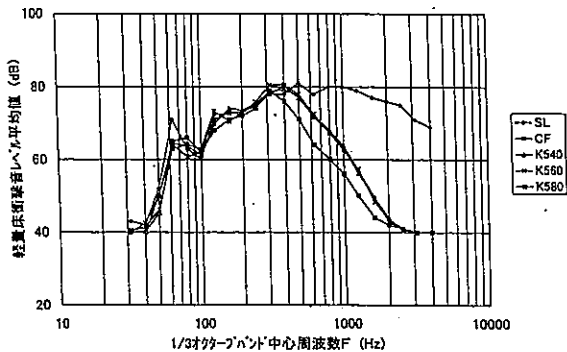


図7 軽量衝撃音源に対する捨て貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

とを示している。

また、表3から明らかなようにコンクリートスラブを直接タッピングで打撃したSLに比べ、捨て貼り材のコンクリートパネル(CO)とヒノキフローリングブロック(FL)を複合した(CF)は、床衝撃音レベルが約10dBと大きく低下することを示しており、軽量衝撃音に対して捨て貼りによる減衰効果があることが明らかとなっている。しかし、コンクリートパネル+ヒノキフローリングブロック+ゴムの構成になるとコンクリートスラブを直接タッピングで打撃したSLに比べれば大きな減衰効果は見られるが、CFと比較すればK360のみ減衰効果が見られるだけでそれ以外についてはかえって衝撃音レベルが上がる傾向が見られた。

ゴムの厚み効果及び硬さの効果については、前述の

K360の構成のみ良い結果が得られたが、他についての明確な差は出なかった。

3.2 重量衝撃源の場合による床衝撃音

3.2.1 直貼り材の場合

重量衝撃源(タイヤ)によって発生する音は瞬間的であるため、その音の分析は、フーリエ変換理論でも明らかなように様々な周波数帯での音圧を有しており、どの落下時間での音圧を特定するのは困難が伴う。そこで、衝撃音レベルが、最高の値を示した時間を特定して、その時点での周波数分析と音圧分布の測定を行った。その結果を図8、9、10に、この場合のオーバーオール値(O.A)及びそのA補正值(O.A、A-W)を表4に示す。

表4から床材料を設置しないコンクリート面(SL)における音圧レベルは、床材料を設置したときの値よりも低い値を示した。ただし、ゴム材料を使用した場合の材料間における音圧レベルは、ほとんど差が見られなかった。また、ゴムの硬さの違いによる差もほとんど見られなかった。

このことは、重量衝撃に対しては床材を設置しないほうが衝撃に対する減衰効果が高いことを表している。

ところで、重量衝撃音は床材料の性質と関係する軽量衝撃音と異なり、建築物の構造体の剛性と質量によって、その伝搬特性が決定されるといわれている⁵⁾。今回の試験の場合、全ての床材は、両面テープでコンクリートに固定したが、床への固定、密着性は不完全である。したがって、いずれの床材も、コンクリートの剛性と質量には及ばないことから本結果となったものと考えられる。

図8からコンクリート面上に床材料(素材)を設置することによって、125Hz以上の周波数でゴムとそれ外の素材の衝撃音圧レベルに変化があることが分かる。すなわちゴム素材では、減少効果が見られるのに対し、フローリングブロック、コンパネ、及びフローリングブロックとコンパネとを積層複合したものは、増幅することを示している。また、ゴム素材では、衝撃音レベル、周波数分析いずれでもほとんど差が見られない。

ところで、表4では、フローリングブロックを直貼りしたFLに比べ、F540、F560の5mm厚のゴムを複合した2種類で床衝撃音レベルが上がる(減衰効果が下がる)ことを表し、それは図10から315Hz以上から減衰効果が落ちていることでも確認できる。しかしながら、それ以外のフローリングブロックにゴムを複合した材では、減衰効果が有ることを示している。

表4 重量衝撃音源に対する直貼りした各種材料の床衝撃音圧レベル (dB)

資料区分	SL	CO	FL	CF	G340	G380	F340	F360	F380	F540	F560	F580
O.A	70.90	85.60	85.4	85.40	85.40	85.90	85.80	86.50	85.10	85.00	85.70	86.00
O.A,A-W	63.20	69.40	70.40	70.60	62.50	62.80	63.50	66.80	65.80	73.80	71.80	68.60

また、ゴム厚の効果では、表4から3mmの薄いものについての効果が見られ、図9からも315Hz以上から効果が、出ていることが確認される。しかし、硬さの効果につい

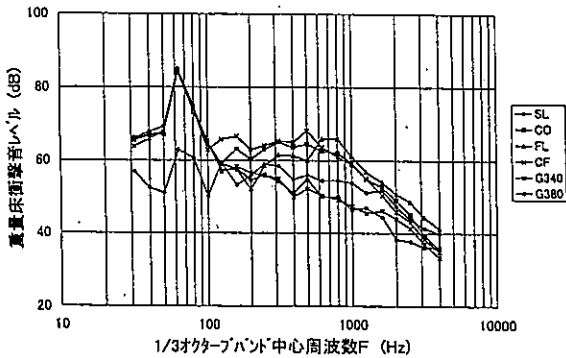


図8 重量衝撃音源に対する直貼りした各種素材の床衝撃音圧レベルと周波数

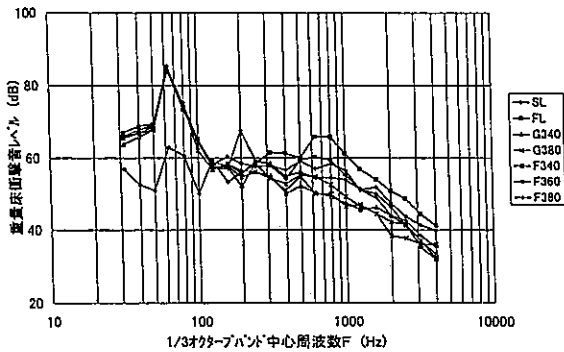


図9 重量衝撃音源に対する直貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

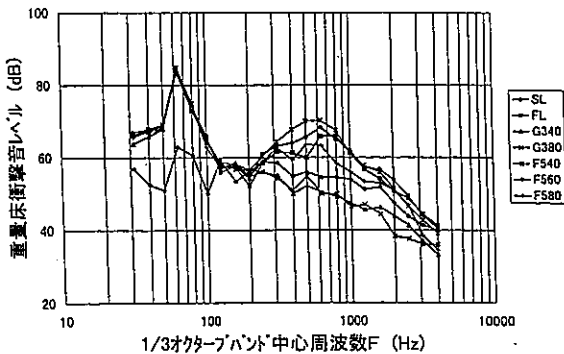


図10 重量衝撃音源に対する直貼りした各種素材の床衝撃音圧レベルと周波数

ては、3mm厚では柔らかいもの、5mmについては硬いものに効果があるという全く反対の結果となった。

以上の結果は、RC造住宅においてフローリングブロックを直貼りすれば重量衝撃音は増大するが、3mm厚ゴムを複合することでかなりの騒音減少を図ることができることを意味する。

3.2.2 捨て貼り加工をした材の場合

コンクリート床にフローリングブロックとゴムの間に

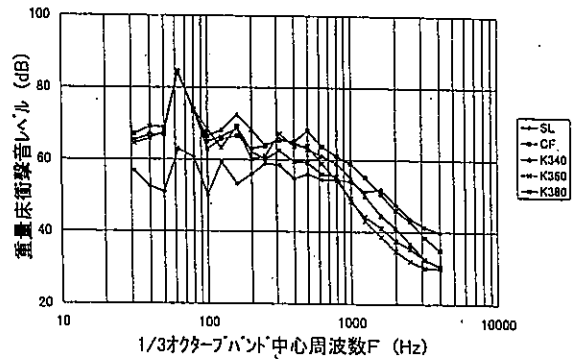


図11 重量衝撃音源に対する捨て貼りした各種材料の床衝撃音圧レベルと周波数

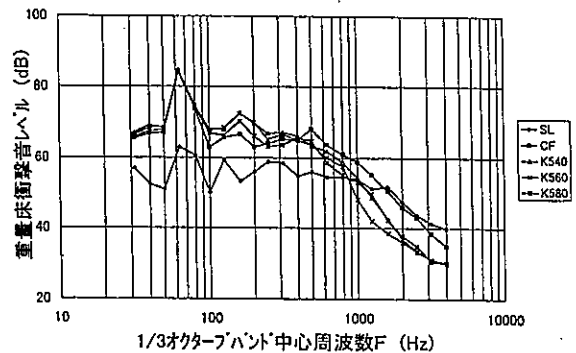


図12 重量衝撃音源に対する捨て貼りした各種素材の床衝撃音圧レベルと周波数

コンパネを複合化した直貼り材を設置し、重量衝撃音(タイヤ)を部屋内部の対角線上の3箇所で受音したデータの平均音圧レベルと周波数の関係を図11、12に示す。この場合のオーバーオール値(O.A)及びそのA補正值(O.A、A-W)を表5に示す。

表5から、フローリングブロック(FL)とフローリングブロックとゴムの間にコンパネを複合化した直貼り材(CF)について比較した場合、コンパネの捨て貼り効果はほとんど見られなかった。また、フローリングブロックとゴムの間にコンパネを複合化した直貼り材について減衰効果のあるものから順位化すると、K380、K360、K580、

表5 重量衝撃音源に対する捨て貼りした各種材料の床衝撃音圧レベル (dB)

資料区分	SL	CO	FL	CF	G340	G380	K340	K360	K380	K540	K560	K580
O.A	70.90	85.60	85.4	85.40	85.40	85.90	86.00	87.60	85.70	86.50	86.10	85.80
O.A.A-W	63.20	69.40	70.40	70.60	62.50	62.80	69.00	67.80	65.80	70.00	69.10	68.30

K340、K560、K560となり、いずれもフローリングブロックとコンパネを複合化した材(CF)よりゴム複合による減衰効果があることが分かる。ただ、K380と比較した場合には4.8dBの減衰効果が見られたが、その他の材料では差は小さいものであった。

以上のことから、重量衝撃音に対するフローリングブロックへのゴム複合効果については、捨て貼りより直貼りの方が良い結果を得ることができた。ただ、重量衝撃試験においてゴムの違いによる床衝撃音レベルの差は、それほど大きいものではなかった。このことは前述したように、重量衝撃音に対しては、建築物の構造体そのものの影響が大きいといえる。

4. 結言

本研究では、筆者らが従来から検討してきた県産木材の有効利用の延長として、ヒノキ材、合板、弾性率、厚さの異なるゴムを用いた積層複合床材料の開発を行い、床衝撃音特性について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 軽量衝撃音試験の結果、フローリングブロックに厚さ3mm硬さ80のゴムを複合化したものなどフローリングブロックとゴムとの複合材に減衰効果があることが、判明した。
- 2) ゴムの厚さを3mmと5mmと変えて複合させた場合、3mm厚のゴムを使用した方が減衰効果が高いことが、分かった。
- 3) ゴム硬さを40、60、80に分けた結果、最も硬いものに減衰効果が、見られた。
- 4) 軽量衝撃音に対しては、捨て貼りによる減衰効果は小

さく、むしろフローリングブロックのみとゴムとを複合させた方が、効果が高い結果となった。

- 5) 重量衝撃音に対しては、複合材料を貼ることによってかえって床騒音がひどくなることが明らかとなった。しかし、ほとんどの複合材料でフローリングブロックのみよりも低い床衝撃音を示し、ゴム複合による減衰効果が確認できた。
- 6) この場合も軽量衝撃音の場合と同じくゴム厚3mmのものが減衰効果がみられた。
- 7) また、ここでも軽量衝撃音の場合と同じように捨て貼り効果は見られなかった。

最後に、本研究を実施するにあたり、御指導をいただいた熊本大学教育学部大迫靖雄学部長、実験協力をいただいた熊本大学教育学部家入修氏並びに、製品提供、試験体の制作など御協力をいただいたつちやゴム(株)に対し心より感謝の意を表します。

文献

- 1) 例えば、大迫靖雄ほか。“熊本大学教育学部紀要, 自然科学”, vol. 39, p. 125-148(1190).
- 2) 例えば、高橋徹。“木材の科学と利用技術(3. 居住性)”, 日本木材学会研究分科会報告, p. 267-281
- 3) 大迫靖雄ほか。“第40回日本木材学会大会研究発表要旨集”, p. 28(1990).
- 4) 例えば、中村哲男, 大迫靖雄, 浅野明秀。“複合材料の設計と開発に関する研究”, 熊本県工業技術センター研究報告, vol. 29, p. 1-6(1991).
- 5) 木村翔。“建築音響と騒音防止計画” 東京, 彰国社, p. 116(1977).

編集委員会

委員長	木村幹男	副委員長	富重定三
	河北隆生		井戸泰男
	重森清史		中川 優
	永岡昭二		

熊本県工業技術センター研究報告 第38号, 2000

編集・発行 熊本県工業技術センター
熊本県工業技術振興会
〒862-0901 熊本市東町3丁目11-38
TEL 096-368-2101(代表)
FAX 096-369-1938

印刷所 (有)米田印刷
TEL 096-345-0150(代表)
FAX 096-345-2628
