ISSN　0918-0192
CODEN:HKSHEQ

兵庫県立工業技術センター研究報告書

第１７号

平成２０年版

兵庫県立工業技術センター

Hyogo Prefectural Institute of Technology

兵庫県立工業技術センター研究報告書　第１７号

目　次

無機材料系

1	エコマテリアル技術を活用した高機能建材の開発 （経常研究）	河合　進、泉　宏和、石原嗣生、古川亜弥子	1
2	酸化物系多強性物質の作製とエレクトロニクスデバイスへの応用　（経常研究）	泉　宏和	2
3	アパタイト型イオン伝導体を用いた中温用ＳＯＦＣの開発　（経常研究）	吉岡秀樹、兼吉高宏	3
4	特性Ｘ線・蛍光Ｘ線スペクトルによる材料評価 （経常研究）	山下　満	4

金属材料系

5	ラピッドプロトタイピング（RP）技術を活用した鋳造製品製造技術の開発　（経常研究）	兼吉高宏、柏井茂雄、後藤泰徳、平田一郎	5
6	環境調和型新規合金めっき皮膜の作製に関する研究 （経常研究）	福住正文、泉　宏和、園田　司	6
7	固体活性剤を用いたガラス基板上への導電性パターン形成技術の開発　（産学研究発掘・育成事業）	山岸憲史、山下　満、河合　進、西羅正芳、髙橋輝男	7
8	タングステン含有廃棄物の再資源化 （兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	山下　満、髙橋輝男、山岸憲史	9

有機材料系

9	放置竹林の竹を用いた竹繊維強化グリーン複合材料の開発　（地域新生コンソーシアム研究開発事業）	長谷朝博、森　勝、平瀬龍二、佐伯光哉、富田友樹	11
10	キトサンを用いた新規生分解性材料の開発 （シーズ発掘試験事業）	平瀬龍二、富田友樹	14
11	デンプンを主原料とした生分解性包装材および袋材の開発　（兵庫県 COE プログラム推進事業）	平瀬龍二、石原マリ、森　勝、中川和治	16
12	高分子材料の力学的特性と触感評価方法に関する研究 （経常研究）	佐伯光哉、長谷朝博、平瀬龍二	18
13	触感評価と衝撃吸収機能評価を考慮に入れた工具用グリップ材料の開発 （兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	佐伯光哉、平瀬龍二、長谷朝博、森　勝、山中啓市	19

14	高分子複合体の発泡技術と靴内微気候の測定技術を活用した機能性シューズの開発　（経常研究）	鷲家洋彦、森　勝	21
15	材料表面に吸着したタンパク質の評価に関する検討（経常研究）	森　勝、泉　宏和	22
16	無機ー有機複合材料の書き換え可能型光記録素子への応用に関する研究　（経常研究）	石原マリ、平瀬龍二、森　勝	23
17	非破壊読み出し可能な有機材料系光機能性素子の開発（経常研究）	石原マリ、平瀬龍二	24

生産技術系

18	高速走査型非接触オンマシン計測技術の開発研究（技術改善研究）	阿部　剛、有年雅敏	25
19	バレル研磨特性のデータベース化に関する研究（経常研究）	山本章裕	27
20	電子デバイス材料の高能率高精度加工　（経常研究）	柴原正文	28
21	自発溶浸法によるＳＵＳ４２０鋼とマグネシウム複合材料作製　（技術改善研究）	山口　篤、礒野禎三、後藤浩二、有年雅敏	29
22	微小化学分析システムのための表面弾性波混合器の開発　（産学研究発掘・育成事業）	才木常正	31

ロボット系

23	関節駆動型マネキンの開発（技術改善研究，兵庫県 COE プログラム推進事業等）	後藤泰徳、平田一郎、安東隆志、中本裕之、後藤浩二、礒野禎三、有年雅敏	33
24	磁気抵抗素子を用いた高精度触覚センサの開発（産学研究発掘・育成事業）	武縄　悟、中本裕之、北川洋一	37
25	磁気抵抗素子を用いた柔軟凸形状の３軸触覚センサの開発　（兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	中本裕之、武縄　悟、北川洋一	39
26	遺伝的アルゴリズムを用いた触覚センシングの高速化手法　（経常研究）	中本裕之、武縄　悟、北川洋一	41
27	ロボットビジョン応用のためのロボット制御に関する研究　（経常研究）	中里一茂	42

情報技術系

28	ユビキタス環境を実現するためのウェアラブル視線モニタリングシステムの開発（兵庫県 COE プログラム推進事業）	北川洋一、周　敏妞、松本哲也、瀧澤由佳子	43
29	津波等災害時緊急通報システムの研究開発（兵庫県 COE プログラム推進事業）	北川洋一、武縄　悟、三浦久典	45
30	2.4GHz 帯センサネットワークのためのビーム可変アンテナの開発　（兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	武縄　悟、北川洋一、松本哲也	47
31	生体認証のための光学的複合センシング技術の研究（経常研究）	松本哲也、北川洋一	49
32	交通事故現場見取図作成システムの開発（技術改善研究）	金谷典武、瀧澤由佳子、北川洋一	50

プロダクトデザイン系

33	インタラクションデザインのためのプロトタイプ作製に関する調査研究　　（経常研究）	平田一郎、後藤泰徳、礒野禎三	52
34	次世代インタラクションデザイン研究会（兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	平田一郎、後藤泰徳、礒野禎三,有年雅敏	53
35	ユニバーサルデザイン技術の集積による業界の新製品開発支援　　（重点領域研究）	稲葉輝彦、西羅正芳、永本正義	54

バイオ技術系

36	亜臨界水を利用したヒバ有用成分抽出機の開発（兵庫県 COE プログラム推進事業）	原田　修、大橋智子、桑田　実	56
37	食品素材の機能性に着目した新規食品開発手法の構築（技術改善研究）	井上守正、原田　修、吉田和利、大橋智子、浅川大地、吉岡秀樹、桑田　実	58
38	培養細胞を用いた動物実験代替法に関する調査研究（経常研究）	吉田和利、井上守正、桑田　実	60
39	再現性の高い小仕込試験方法に関する調査研究（経常研究）	井上守正、吉田和利、吉岡秀樹	61

繊維技術系

40	オリジナル織物の新商品開発　　（技術改善研究）	佐伯　靖、古谷　稔、藤田浩行、原田知左子、中野恵之、瀬川芳孝近藤みはる、上月秀徳	62

41	加工技術と素材を組み合わせた織物開発 （経常研究）	古谷　稔、佐伯　靖、藤田浩行、近藤みはる	64
42	先染織物の多品種小ロット対応支援システムの開発に関する研究 （経常研究）	藤田浩行、古谷　稔、上月秀徳	65
43	無機蛍光体を用いた織物開発 （経常研究）	瀬川芳孝、佐伯　靖、古谷　稔、近藤みはる	66
44	糊剤分解酵素の開発 （経常研究）	原田知左子、佐伯　靖、瀬川芳孝	67
45	電界紡糸法による糸製造技術の開発 （重点領域研究）	中野恵之、佐伯　靖、藤田浩行、原田知左子、瀬川芳孝、古谷　稔、上月秀徳	68
46	エレクトロスピニング法を用いた紡績糸製造技術の開発 （経常研究）	中野恵之、原田知左子、瀬川芳孝	70
47	マイクロ波による多孔質織物複合材料の作製に関する研究 （技術改善研究）	藤田浩行、佐伯　靖、竹内茂樹、瀬川芳孝	71
48	マイクロ波による繊維分野への応用技術開発に関する研究 （経常研究）	藤田浩行、中野恵之、古谷　稔	73

皮革技術系

49	軽量化した新しいタンニン革の開発 （兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業）	杉本　太、岸本　正、松本　誠、西森昭人、中川和治、安藤博美	74
50	動的粘弾性法によるエコレザーの耐久性評価技術の開発 （経常研究）	岸部正行、岸本　正	76
51	濃色エコレザーの溶出成分の評価技術に関する研究 （経常研究）	杉本　太、岸本　正	77
52	皮革の多品種小ロット染色技術の開発 （重点領域研究）	松本　誠、杉本　太、西森昭人、岸本　正、中川和治、安藤博美、礒野禎三	78
53	刺激応答型樹脂を用いる皮革の塗装技術に関する研究 （経常研究）	西森昭人、中川和治、安藤博美	80
54	革製品用金具類に関する調査研究 （重点領域研究）	西森昭人、杉本　太、松本　誠、岸本　正、中川和治、安藤博美、山岸憲史、山下　満、永本正義、西羅正芳、髙橋輝男	81

〔経常研究〕

1　エコマテリアル技術を活用した高機能建材の開発

河合　進，泉　宏和，石原嗣生，古川亜弥子

1　目　　的

淡路粘土瓦業界では、長引く景気の低迷に加え、阪神・淡路大震災によるダメージにより、需要の低迷が続いている。そこで、淡路瓦の品質向上等による産地競争力の強化を目的に、新原料開発、原土処理工場建設、新製品開発などを目指しているが、とりわけ新原料による建設用粘土製品の開発が重要課題となっており、そのための研究開発支援が必要になっている。

本研究では、淡路瓦用原料粘土として使用されている配合粘土について、ウェザリング（さらし）効果による原料粘土の改質と品質向上について検討した。

2　実験方法

使用した配合粘土は、南あわじ市松帆慶野の粘土配合所で、青粘土、赤粘土及び砂質粘土を約 5mm 程度に粉砕・混合したものである。

ウェザリング試験条件としては、配合粘土を約 2m の高さに積み上げ、屋外に 6 ヶ月間の試験期間中移動せずに放置したものをＡ及び試験期間中毎月 1 回放置場所を移動して撹拌したものをＢとし、試験にはそれぞれ表面から 100mm、500mm の深さで採取したものを使用した。また、蓋付容器中に入れ、屋内で保管したものＣは 6 ヶ月後に取り出して使用した。

採取した試料は、自然乾燥後の重量を測定して含水率を算出し、0.420mm 以下に粉砕した。可溶性成分は、粘土 50ｇに蒸留水 250ml を加え、よく撹拌して 24 時間静置したのち、上澄液 5ml を採取して濾過し、濾液を乾燥して蛍光Ｘ線分析法によりＮａ、Ｋ、Ｍｇ、Ｃａ、Ｓを定量した。

3　結果と考察

図１に採取試料の含水率の変化を示す。含水率は３ヶ月目には表面及び内部とも５～10%増加したが、その後表面近くでは大幅に減少し、内部では大きな変化は認められなかった。このことは、多雨時期には含水率が増加し、小雨時期には表面付近で含水率が大幅に減少し、内部では変動が小さく、屋外で行われるウェザリング後の原料使用に際しては含水率の管理が重要であると考えられる。また、蓋付容器中に保管したＣでは、含水率の変化は少なく、約２%の減少が認められた。

図２にＢの表面付近（B-100ｍｍ）の可溶性成分の変化を示す。Ｋ、Ｍｇ、Ｃａはほとんど溶出が認められず、

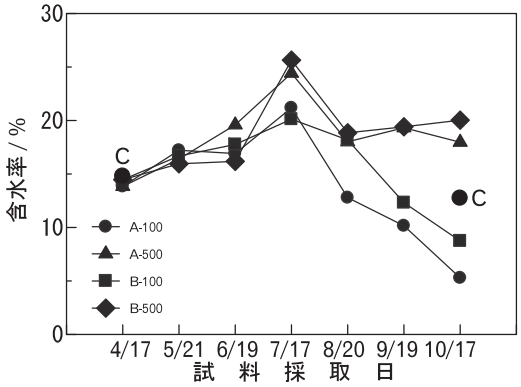


図１　採取試料の含水率の変化

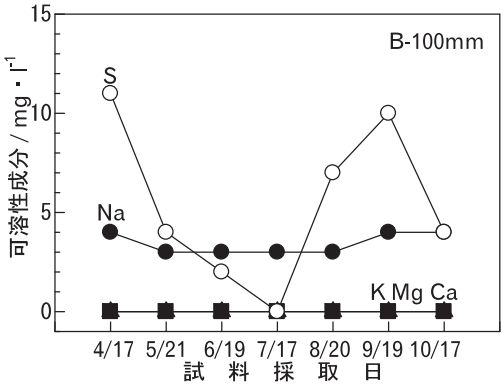


図２　採取試料の可溶性成分の変化

１mg/l以下であり、Ｎａも３～４mg/lと変化が見られなかった。一方、Ｓは３ヶ月目までは減少傾向を示し、１mg/l以下となり、ほとんど除去されている。その後は増加傾向に転じているが、初期濃度以下での変動であり、場所移動の撹拌によるものと考えられる。また、Ｂの内部では可溶性成分の変化はほとんどなかった。このように白華現象の主な原因になるＳは、表面層ではウェザリングにより減少することが明らかになった。

4　結　　論

配合粘土のウェザリング効果を明らかにするため、屋外で６ヶ月間放置した結果、多雨時期の３ヶ月間ウェザリングすることにより白華現象の原因であると考えられるＳが大幅に除去されることが明らかになるとともに、ウェザリングによる除去効果は表面層のみであり、500mm 以下の厚さにする必要が認められた。

（文責　河合　進）（校閲　石原嗣生）

〔経常研究〕

2　酸化物系多強性物質の作製とエレクトロニクスデバイスへの応用

泉　宏和

1　目　　的

強磁性と強誘電性のような、複数の“強い”性質が同一結晶内で共存する「多強性（マルチフェロイック）物質」は、複数自由度の交差相関現象により、既成デバイスの高性能化や新概念デバイスの創製を実現する材料になりうるとして注目されている。$BiFeO_3$は菱面体晶系のペロブスカイト型構造を有し、反強磁性Néel温度(T_N)が約640K、強誘電性Curie温度(T_C)が約1100Kの多強性物質である。一般に強誘電体では相転移境界近傍で特異な物性を示すことが多いことから、$BiFeO_3$に対してもさまざまな元素置換や固溶体形成が試みられ、結晶構造や磁気特性、誘電特性が評価されてきた。特に、$LaAlO_3$との固溶体では、$LaAlO_3$量の増加にともないT_Nは上昇しT_Cは低下する[1]との報告がなされており、T_NとT_Cが一致する組成領域では、大きな磁性-誘電性交差相関現象が期待できる。

本研究では、$BiFeO_3$-$LaAlO_3$系バルク体の作製とその薄膜化を試み、結晶構造および誘電特性について評価を行った。

2　実験方法

Bi_2O_3、Fe_2O_3、La_2O_3およびAl_2O_3を表１に示すモル比となるように秤量、混合し、仮焼後焼結した。得られた焼結体について、Ｘ線回折による生成物相の同定と蛍光Ｘ線分析による組成の決定を行った。

表１　$BiFeO_3$-$LaAlO_3$系バルク体の原料組成比

	Bi_2O_3	Fe_2O_3	La_2O_3	Al_2O_3
BLFAO-00	1.05	1.00	0	0
BLFAO-10	0.945	0.900	0.100	0.100
BLFAO-20	0.840	0.800	0.200	0.200
BLFAO-30	0.735	0.700	0.300	0.300

薄膜化は、得られた焼結体をターゲットに用いるパルスレーザー蒸着（PLD）法により行った。基板には、室温に保持したPt/SiO_x/Si (100)を用い、1.3Paの酸素雰囲気中、ArFエキシマレーザー（λ=193nm）を繰り返し周波数10Hzで20000ショット照射することにより成膜した。得られた薄膜について、Ｘ線回折により結晶相の同定を行うとともに、誘電特性の評価を行った。

3　結果と考察

La_2O_3およびAl_2O_3を添加した系では、目的とするペロブスカイト相以外に$Bi_2(Fe,Al)_4O_9$相や$Bi_{24}Al_2O_{39}$相が存在した。しかし、ペロブスカイト相に帰属されるピークは図１に示すように、La_2O_3およびAl_2O_3の添加量が増えるにしたがって高角度側へ移動し、晶系も菱面体晶から斜方晶（あるいは単斜晶）、立方晶へと変化する傾向が見られた。これまでの報告[1]では、$BiFeO_3$-$LaAlO_3$系における晶系の変化については触れられていないが、本研究の結果では、LaおよびAlが$BiFeO_3$へ固溶することで晶系の変化することが示唆された。

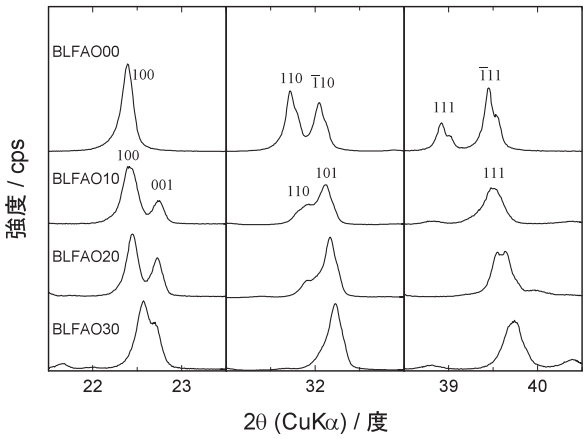


図１　得られたバルク体のＸ線回折パターン
（ペロブスカイト相ピークのみを拡大）

室温で得られた薄膜はすべて非晶質であったが、所定の温度で５分間熱処理したところ、BLFAO-00および10は600℃で、BLFAO-20および30は700℃で、いずれもペロブスカイト相に結晶化し、バルク体で見られた異相は確認されなかった。結晶化した薄膜の比誘電率はLaおよびAl量の増加に伴い増大した。これは、$LaAlO_3$が固溶することでT_Cが低下し、測定温度である室温に近づいたためと考えられる。

1) S.A.Fedulov, P.B.Ladyzhenskii and Yu.N.Venevtsev, Soviet Phys. Crystal., 9, 428 (1965).

（文責　泉　宏和）
（校閲　石原嗣生）

〔経常研究〕

3　アパタイト型イオン伝導体を用いた中温用ＳＯＦＣの開発

吉岡秀樹，兼吉高宏

1　目　　的

酸化物イオン伝導体を用いた固体酸化物形燃料電池(SOFC)は、効率が高く貴金属触媒が不要という特長を持つ。特に500～800℃の中温域で運転するSOFCは、起動時間、耐久性、構成材料の選択性に優れており、中温域で高いイオン伝導度を示す電解質材料の開発が精力的に行われている。

アパタイト型構造のランタンシリケートは、イオン伝導性を示し、電解質材料の候補と考えられる。当所では組成や作製方法の検討により伝導度を高めたアパタイト型イオン伝導体を開発し、その発電特性について世界で初めて報告した[1)]。しかし白金電極を用いた最大電力密度は40 $mWcm^{-2}$（測定温度800℃）と小さく、実用化レベルには達していなかった。本研究では、（独）産業技術総合研究所関西センターと共同でアパタイト型イオン伝導体を用いたSOFCの発電特性の向上について検討した[2)]。また、兵庫県立大学と共同で各種雰囲気中でのイオン伝導度の安定性を評価した[3)]。

2　実験方法

試料は原料酸化物の固相反応法で作製し、ディスク状にプレス成型後、1700～1750℃で焼結した。電極材料として焼結体の両面に$NiO\text{-}CeO_2$サーメット粉末と$(LaSr)CoO_3$粉末を塗布し、それぞれをアノード極及びカソード極として加湿水素及び空気を供給し、測定温度700及び800℃で燃料電池発電による電流－電圧曲線を測定した。一方、各種雰囲気中でのイオン伝導度測定は、直流四端子法により600及び800℃で実施した。

3　結果と考察

3.1　発電特性の向上

図１にSOFC発電特性を示す。最大電力密度は130 $mWcm^{-2}$ (800℃)及び40 $mWcm^{-2}$ (700℃)であり、白金電極を用いた前報[1)]から顕著な向上が見られた。電極材料の最適化により、今後さらに改善が見込まれる。

3.2　イオン伝導度の安定性

加湿水素および加湿CO_2中でのイオン伝導度の長時間測定の結果を図２に示す。加湿水素中では800℃において50時間、加湿CO_2中でも800℃及び600℃において伝導度はほとんど変化しなかった。このことからアパタイト型イオン伝導体は、これらの雰囲気中で安定なSOFC用電解質材料であることがわかった。

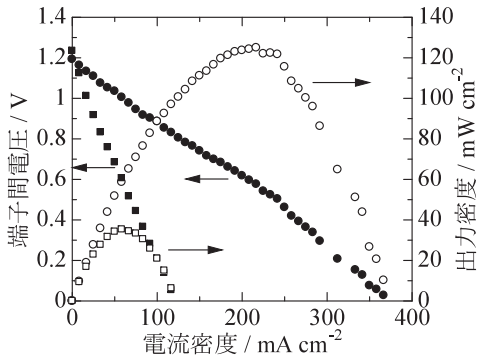


図１　アパタイト型イオン伝導体を用いたSOFCの発電特性：測定温度800℃（●,○）および700℃（■,□）

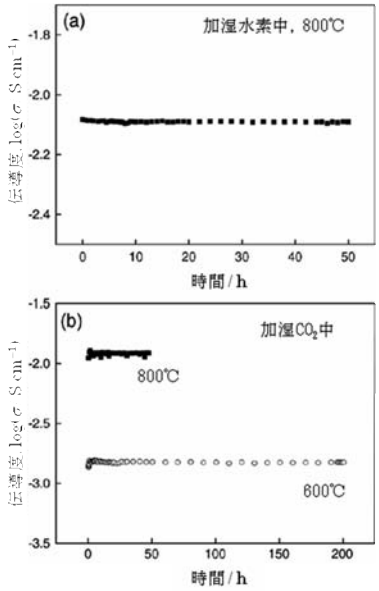


図２　種々の雰囲気中でのアパタイト型イオン伝導体の伝導度：(a)加湿水素中、(b)加湿 CO_2 中

参 考 文 献

1) H.Yoshioka and S.Tanase, Solid State Ionics, 176, 2395 (2005)

2) H.Yoshioka, Y.Nojiri and S.Tanase, Solid State Ionics,179,1567 (2008)

3) T.Nakao, A.Mineshige, M.Kobune, T.Yazawa and H.Yoshioka, Solid State Ionics（印刷中）

（文責　吉岡秀樹）

（校閲　石原嗣生）

〔経常研究〕

4　特性X線・蛍光X線スペクトルによる材料評価

山下　満

1　目　　的

材料の変更や新たな材料の導入に際し、それらの諸物性を組成や結晶構造などから評価するだけではなく、同一試料内の成分組成のゆらぎや価数の変化のような、より詳細な物性情報が重要となる場合も多い。

本研究では、元素分析手法として広く使われている蛍光・特性X線が、組成の情報だけでなく元素が置かれている環境、すなわち原子周辺のごく近傍の局所的構造を強く反映した情報（化学結合状態）も含んでいる点に着目し、高分解能２結晶型蛍光X線分光分析装置による金属鉄・酸化鉄のX線スペクトルについて測定を行った結果を報告する。

2　実験と測定

試料は金属鉄(Fe)、ウスタイト(FeO)、およびヘマタイト(Fe_2O_3)とした。なお、ウスタイトは(独)物質・材料研究機構にて作製した約10mm角の小板片を用いた。測定には、Rhエンドウィンドウ型管球(40kV,70mA)を装備した２結晶型高分解能蛍光X線分光分析装置(リガク3580E3)を用い、FeのK_αおよびK_βを測定した。なお、分光結晶は第１結晶、第２結晶共にSi(220)（2d=0.3838nm）とした。試料室・分光室は空気による減衰を避けるためロータリーポンプで約3Pa 程度に減圧し、検出器はAr:CH_4=9:1 のPR ガスをフローさせた比例計数管を用いた。測定条件は、FeK_αについては、0.001° のステップスキャンで、各ステップあたりの積分時間はFe，FeO，Fe_2O_3 の順に12，90，12秒とした。また、FeK_βは0.0005° のステップスキャンで、各ステップあたりの積分時間はFeO，Fe_2O_3の順に90，30秒として測定した。

3　実験結果

金属鉄、ウスタイト、およびヘマタイトのFe K_αスペクトルとウスタイト、および、ヘマタイトのFe K_βスペクトルの測定結果を図1に示す。Fe K_αについては、金属鉄と酸化鉄(FeO，Fe_2O_3)では、明瞭な化学シフトを確認する事ができたが、２価の鉄であるFeOと３価のFe_2O_3とでは、大きな差異は見られなかった。次に、Fe K_βを見ると、Fe $K_{\beta1}$の位置に違いは見られなかったが、Fe $K_{\beta2}$の位置がウスタイトとヘマタイトではやや異なっていた。

4　まとめと考察

最も基本的な金属材料である鉄を対象に、高分解能

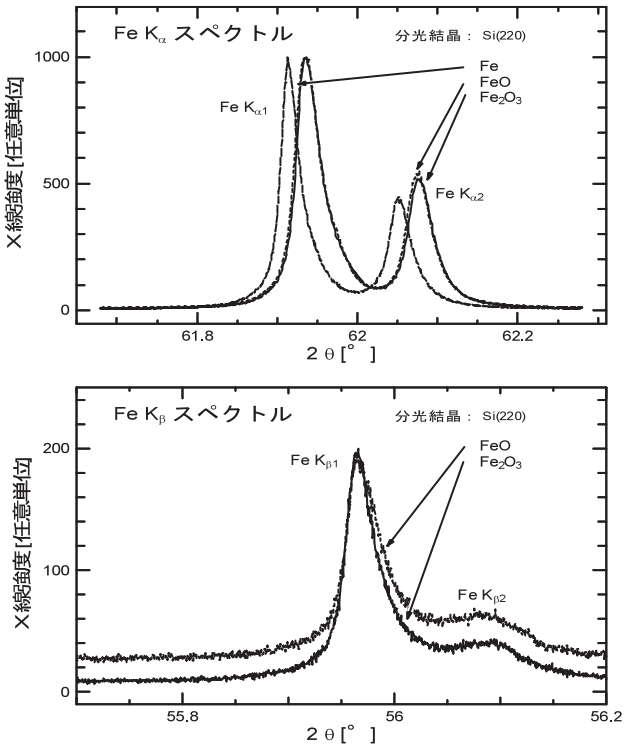


図１　鉄、ウスタイト、ヘマタイトのFe K_αスペクトルとウスタイト、ヘマタイトのFe K_βスペクトル

２結晶型蛍光X線分光分析装置を用いたスペトル解析を行った。金属状態の鉄と酸化状態にある鉄では、Fe K_αスペクトルに化学シフトが見られた。一方、鉄酸化物のウスタイトとヘマタイトは酸化数が異なっているが、Fe $K_{\alpha1}$、Fe $K_{\alpha2}$、Fe $K_{\beta1}$スペクトルには違いが見られず、Fe $K_{\beta2}$のピーク位置がわずかに異なっているのみであった。

一般に、酸化状態の異なる材料の化学状態を解析する手法として、高分解能２結晶型蛍光X線分光分析法は有効であるが、鉄系酸化物に関してはスペクトルの差異がわずかであるため有効な解析方法ではなかった。分光結晶を変更する、あるいは、電子線マイクロアナライザーを用いるなど、価電子の変化の影響をより強く受けるL殻の状態（Fe L_α）を解析・検討するのが有効である。

（文責　山下　満）
（校閲　西羅正芳）

〔経常研究〕

5　ラピッドプロトタイピング（ＲＰ）技術を活用した鋳造製品製造技術の開発

兼吉高宏，柏井茂雄，後藤泰徳，平田一郎

1　目　　的

近年、コンピュータ技術の発達により三次元ＣＡＤをはじめとしたデジタル化が進み、鋳造分野においても、三次元データから直接物体(モデル)を作製するラピッドプロトタイピング(ＲＰ)技術を試作、少ロット生産などの実用生産へ活用する試みが始まっている。本研究においても、粉末積層方式のＲＰモデル（以下粉末ＲＰモデル）を用い、これを焼失させて鋳型を作製するＲＰモデル焼失法の開発を行っている。

これまでに、粉末ＲＰモデル焼失法による石膏鋳型作製が可能であることを明らかにし、また、コーティング処理による粉末ＲＰモデルの寸法変化を評価してきた。今年度は、これまでの成果を踏まえ、粉末ＲＰモデルからセラミックシェル鋳型の作製および鋳鉄の鋳造試験を行った。

2　実験方法

粉末ＲＰモデルは､粉末に接着剤を塗布､固化する方式の粉末積層装置(ZPrinter310)を用い､粉末材料にデンプンを用いて積層造形することにより作製した。造形した粉末ＲＰモデルをシアノアクリレート系接着剤によりコーティング処理し、発泡ポリスチレンで作製した湯口系を付与した後、セラミックシェルスラリー（水ガラス、珪砂、溶融シリカ、オルト珪酸マグネシウム）に２回ディッピングし､バックアップ砂中で硬化処理を行った。

ＲＰモデルを埋没させたセラミックシェル鋳型を電気炉中で590℃まで加熱し､粉末ＲＰモデルおよび湯口系を焼失させ、鋳型を作製した。得られた鋳型を用いて鋳鉄の鋳造を行った。また、鋳型の強度は、3×10×60mmの試験片を作製し抗折試験により評価した。

3　結果と考察

初めに、破損しにくい高強度の鋳型を得るためのスラリー配合組成の最適化を行った。鋳型の抗折強さと水ガラスの配合比との関係を図１に示す。水ガラス量が9.5mass%の時に抗折強さが最高値を示した。これは、オルト珪酸マグネシウム(主成分:$MgO \cdot SiO_2 \cdot xH_2O$)中の$Mg^{2+}$が、水ガラス($Na_2SiO_3$)の$Na^+$と置換し、さらに脱水反応が起こることにより､シラノール基(Si-OH)同士の水素結合から強固なシロキサン結合 (Si-O-Si) に変化するため強度が向上したものと考えられた。以後、スラリーにおける水ガラスの配合組成を、9.5mass%として鋳型作製を行った。

鋳型のもととなる偏心リングの粉末ＲＰモデルと作製した鋳鉄鋳物の外観を図２に示す。粉末ＲＰモデルと鋳物の寸法差は、-0.02～0.06mm、真円度ほぼ1.0であり、外観形状、寸法ともに良好な鋳物が得られた。しかし、いくつかの鋳物では、バリあるいは砂の巻き込みなどの鋳造欠陥が認められた。これらの欠陥は、粉末ＲＰモデルの焼失処理過程および鋳鉄の注湯時に発生したセラミックシェル鋳型の割れが原因と考えられた。

以上のことから、粉末ＲＰモデルを焼失しセラミックシェル鋳型作製を行うことにより、高品位の鋳鉄鋳物の製造が可能であることが明らかとなった。

（文責　兼吉高宏）
（校閲　柏井茂雄）

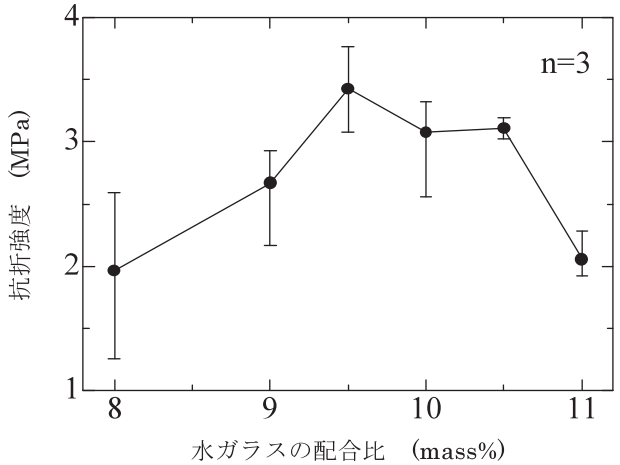


図１　バックアップ鋳型の抗折強さと水ガラスの配合比との関係

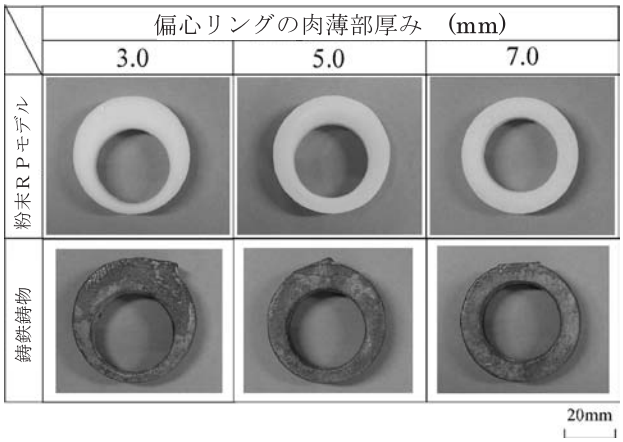


図２　ＲＰ法により作製した偏心リングのモデルと鋳鉄により作製した偏心リングの鋳物の外観

〔経常研究〕

6　環境調和型新規合金めっき皮膜の作製に関する研究

福住正文，泉　宏和，園田　司

1　目　　的

家電、自動車、機械部品等の耐食性改善のために安価で耐食性に優れた亜鉛めっきが広く使われているが、めっき上に6価クロムを含むクロメート処理が施されている。しかし欧州ではRoHS指令やELV指令において6価クロム使用の全廃が決定されており、代替となるめっきプロセスの開発が急務となっている。そこで、RoHS指令、ELV指令に関わる環境問題を解決するため、新たなめっきプロセスとしてSn-Fe合金めっきに取り組んできた。Sn-Fe合金めっきは環境に優しく高い耐食性を示す[1]が、電析時に発生するH_2ガスを取り込むことによって皮膜の内部応力が高くなる問題がある。一方、Ni-PやFeめっき皮膜は、Wを添加することにより皮膜の機械的特性が向上することが報告されている[2,3]。そこで、密着性向上を狙い新規Sn-Fe-W３元合金めっきを作製し、皮膜組成、表面状態、結晶構造、耐食性について検討した。

2　実験方法

硫酸第一スズ、硫酸第一鉄、タングステン酸ナトリウム、グルコン酸ナトリウム、界面活性剤（ポリエチレングリコール）を含むめっき浴を作製し、アノードにSn板、カソードにCu板を用いて液温308 K、総電流1 Aの条件でハルセル試験を行い、めっき外観を調べるとともに皮膜中のFeならびにW含有量におよぼす浴組成、pHの影響を検討した。作製しためっき浴組成はSn:Fe:Wが0.05M:0.05M:0.1M、0.1M:0.05M:0.05M、0.1M:0.05M:0.1Mの3種類で、pHを4、5、6の3種類で検討した。めっき皮膜の組成、膜厚測定には波長分散型蛍光X線分析装置、皮膜の結晶構造にはX線回折装置、表面・断面の微細構造にはX線マイクロアナライザーを用いて検討し、耐食性についてはアノード分極測定により検討した。

3　結果と考察

ハルセル試験によって皮膜外観を調べた結果、いずれの組成もpH5において光沢領域が広くなった。また、Sn濃度が低く、W濃度が高い方が広範囲で光沢を得ることができ、W濃度により皮膜の外観は影響を受けると考えられる。以上のことからめっき浴組成 Sn:Fe:W= 0.05M:0.05M:0.1M、pH5で実験を行った結果について述べる。図1に電析時の電流密度と皮膜組成との関係を示す。電流密度が低いとWはほとんど皮膜には含有されていない。電流密度の増加に伴い、W含有量およびFe含有量は増加し、Sn含有量は減少した。400 A/m^{2}においてWおよびFe含有量は最大値となり、さらに増加させると含有量は減少した。一方、皮膜の膜厚は電流密度の増加に伴い単調に減少した（図2）。X線回折結果から、W含有量によらずFe-Sn相に関連したピークが確認された。

断面観察の結果から、Sn、Fe、Wのいずれも皮膜内に均一に分布していることが分かった。また、アノード分極測定を行った結果、W濃度の増加に伴い耐食性は向上した。これにより皮膜中のW含有量をより増大することにより耐食性向上が期待される。

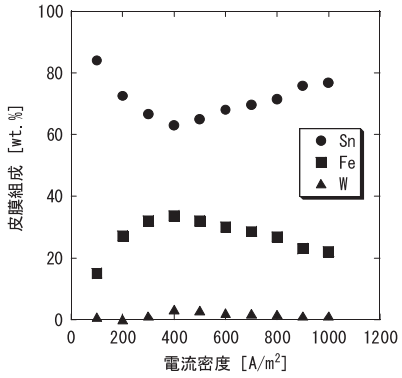


図1 電析時の電流密度に対する皮膜組成の変化

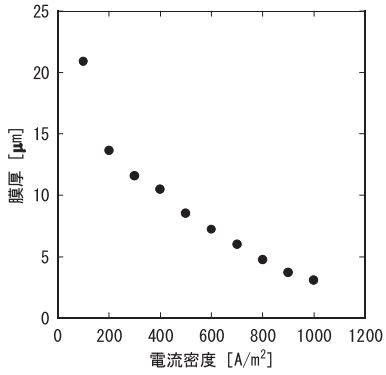


図2 電析時の電流密度に対する膜厚の変化

参 考 文 献

1) 園田司；表面技術第112回講演大会要旨集, 17 (2005).
2) 中出卓男；表面技術, 58, 136 (2007).
3) N.Atanassov et.al；Plat. and Surf. Fin., 84, (2), 67 (1997).

（文責　福住正文）（校閲　石原嗣生）

〔産学研究発掘・育成事業〕

7　固体活性剤を用いたガラス基板上への導電性パターン形成技術の開発

山岸憲史，山下　満，河合　進，西羅正芳，髙橋輝男

1　目　的

ガラスは、光学的透明性、化学的耐食性、電気的絶縁性などの優れた特性を有することから、家庭用品や建材、光学機器などに幅広く使用されている。また最近では、ガラス基板上に導電性パターンを形成し、電子配線基板として利用する技術開発が進められている。ガラス基板上に導電性パターンを形成する方法として、無電解めっきを用いる方法があり、生産性の高さから注目されている。一般的に、ガラス基板上への無電解めっきには、溶液中への浸漬処理である触媒活性化前処理が施される。これに対して我々は、固体の活性化剤を用いた新しい前処理法（固体接触法[1)]）を見いだしており、この方法を用いた導電性パターンの形成法を開発している。今回は、これまでに開発・検討してきた固体活性剤を装着したペンを用いる「活性化ペン法[2)]」の改善と利用方法の検討を進めると共に、固体活性剤の粉体を高圧空気で吹きつける「ブラスト法」についても併せて検討し、両手法を用いた新しいめっきパターンの形成方法について探究した。

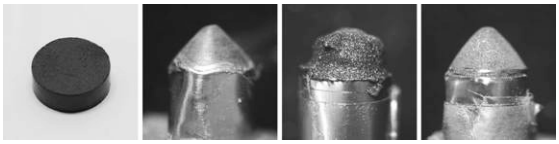
2　実験方法

試験片には、76×52mm の大判スライドガラスを用いた。活性化ペン法、ブラスト法それぞれについて、種々の条件で活性化を検討し、無電解めっきによる導電性パターンの形成を試みた。両法とも固体活性剤には、酸化第一すずを用いた。めっき処理は、コハク酸とリンゴ酸を錯化剤とした無電解 Ni-P めっき（めっき条件は既報[1)]と同様）により約 0.1μm析出させた。また、回路形成時には、その上に約１μmの銅めっきを施した。

3　結果と考察

3．1　活性化ペン法に関する検討

固体活性剤に用いた酸化第一すずの形状は、一辺が数十μmの正方形板状結晶の粉体であり、これを活性化ペンの芯材に用いるには、粉体を塊として成形する必要がある。そこで、プレス機を用いて圧粉体に成形する方法と水溶性バインダを用いてペースト状にしたものを加熱乾燥する２種類の方法を検討した。それぞれの方法で作製した成形体およびペン先を図１に示す。酸化第一すずの粉末は、約５wt%のステアリン酸を加えることで圧粉体に成形できた（図１（ａ））。この圧粉体を研削加工することで「ペンＡ」を作製した（図１（ｂ））。図１（ｃ）は、カルボキシメチルセルロース（ＣＭＣ）水溶液を加えてペースト状にした酸化第一すずをペン先に付けて 120℃で加熱乾燥したものである。これを研削して「ペンＢ」を作製した（図１（ｄ））。作製した活性化ペン（ペンＡおよびペンＢ）を用いてガラス基板上に手書きでパターン描画（活性化）し、めっきを行った結果、共に活性化したパターン形状にめっきが析出したことから、両手法とも活性化ペンとして利用できることが分かった。



(a)圧粉成形体　(b)ペンＡ　(c)ペースト乾燥　(d)ペンＢ

図１　作製した成形体および活性化ペン

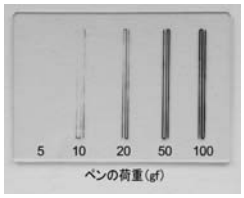


図２　活性度に及ぼすペン荷重の影響

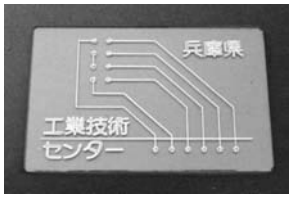


図３　プロッターを用いて作製しためっきパターン

活性化ペンを用いた固体接触法において、活性化に必要なガラス基板とペンの接触圧を検討した結果を次に示す。活性化ペンの押しつけ荷重（ペン荷重）とガラス表面の活性度について、めっきの析出状況より評価した。ペンＢを用いてペン荷重を 49～980mN（５～100gf）で変化させて活性化し、めっき処理したガラス基板の状況を図２に示す。ペン荷重：49mN ではめっき析出はほとんど起こらず、98mN 以上でめっき析出が見られた。ただし、連続線としてめっきができるようになる荷重は、490mN 以上必要であった。試験後のペン先形状より接触面積が約 0.1mm^2 であったことから算出すると、必要な接触圧は約５MPa 以上であることが分かった。

活性化ペンを用いたパターン描画を自動化するため、プロッターを用いた描画を試みた。これにより作製したサンプルを図３に示す。線図や文字をめっきでパターン化でき、プロッターを用いた活性化が可能であることが分かった。

３．２　ブラスト法に関する検討

ブラスト装置を用いて、固体活性剤をガラス基板に吹きつけて活性化する方法を試みた。図４に実験に用いたサクション方式ブラスト装置の概要を示す。スライドガラスの半分に紙製シールを貼ってマスクし、ブラスト法により露出したガラス面に固体活性剤を投射した。これを取り出して水洗すると、紙製シールは簡単にはく離した。続いて、活性化処理、水洗を施したのち無電解 Ni-P めっきを行うと、マスクのなかった部分にのみめっきが析出し、ブラスト法による部分めっきが簡単にできることが分かった。

次に、ブラスト法を用いた回路パターンの形成を試みた。ガラス基板上にパターン形状を切り抜いたシールを貼り付けてマスキングを施し(図５(ａ))、ブラスト装置により#100 のアルミナ研磨材を投射してパターン部分の粗化を行った。粗化は、めっき皮膜の密着性を向上させるためのものである。続いて固体活性剤を投射して活性化処理を施し、めっきを行った。無電解 Ni-P めっき約 0.1μｍ上に Cu めっき約１μｍを析出させてパターンを作製した。図５(ｂ)は、このパターンに発光ダイオードとスイッチをはんだ付けしたもので、電気回路として使用可能なものが作製できた。

３．３　工芸・ホビーへの活用

ガラス板上にプロッターを用いた活性化ペン法によって、様々なキャラクター画をめっきで描いたサンプルを作製した。その一例を図６(ａ)に示す。コンピュータ上で作成した図案をガラス基板上にプロッターで描かせるだけで、マスクを使用せず簡単にめっきパターンを得ることができる特徴を有しており、オリジナル製品の一品生産から量産まで対応が可能であると考えられる。また、ブラスト法により作製したサンプルを図６(ｂ)に示す。グラスに紙シールのパターンを貼った簡単なマスキングで、図案をめっきパターンとして得ることができた。ガラス工房等では、サンドブラストによるガラスエッチング(既存技術)を行っているところも多く、これにめっき処理を組み合わせた加工技術の開発が期待できる。素材についても、両手法ともガラスの他、陶器製品にも処理が可能であることを確認しており、様々な製品への展開も期待できる。

４　結　　論

今回、ガラス基板上にめっきパターンを形成する簡便な方法として期待される固体接触法の利用・活用方法について検討した結果、以下の研究成果が得られた。

① マスクレス処理を特徴とする活性化ペン法において、活性化ペンをプロッターにセットし、図案を描画させることでパターンめっきが可能なことが分かった。

② 固体活性剤粉体を投射して活性化するブラスト法を開発できた。この方法を用いることで、ガラス基板上にめっきパターンを容易に形成できた。

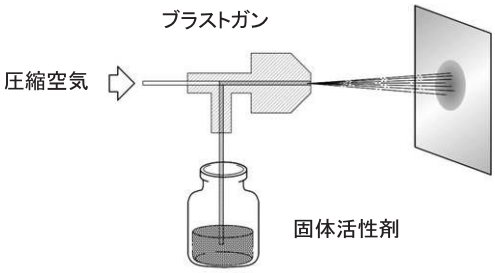
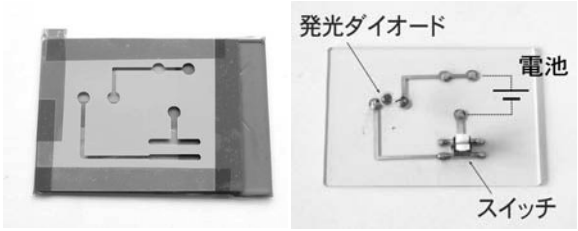


図４　ブラスト装置の概略図



(a)マスキング　　(b)試作回路

図５　シールでマスクした基板とパターンめっきにより作製した回路



(a)活性化ペン法　　(b)ブラスト法

図６　活性化ペン法およびブラスト法により作製しためっきサンプル

③ 固体接触法を利用しためっきデザインの描画が容易にできることを示すサンプルが作製できた。これにより、工芸・ホビーへの本技術の活用が期待できるようになった。

今後は、めっきパターンの高精度化や細線・微細化に関する検討を進めると共に、ガラス以外の素材としてセラミックスや高分子基板上への処理方法についても検討していく予定である。

参 考 文 献

1) 山岸憲史，西羅正芳，工業技術センター研究報告書，14，50 (2005).

2) 山岸憲史，西羅正芳，工業技術センター研究報告書，15，17 (2006).

（文責　山岸憲史）
（校閲　西羅正芳）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

8　タングステン含有廃棄物の再資源化

山下　満，髙橋輝男，山岸憲史

1　目　　的

タングステンは、産出地の偏在性や中国の急速な工業化による需要の急増などが要因となり、その価格の高騰とともに国際的な戦略物質と見なされるようになっており、超硬や特殊鋼の製造メーカーなどから廃棄されるタングステンを含有する廃棄物は、天然資源に乏しい我が国の貴重な資源としてその価値が再認識されはじめている。本研究では、精製に不向きなためこれまで廃棄されていた珪藻土に吸着された超硬粉末を含む廃棄物から、タングステンなどの希少金属を再資源化する事を目的とした。本研究で対象とする廃棄物は、超硬工具の研磨・加工工程で発生する超硬粉末を珪藻土を用いて吸着・共沈させて回収したスラリー状の廃棄物を焙焼（800℃）して油分を除いた図1のような粉末である。このため、タングステンの精製処理工程における不具合を避けるには、タングステンの高品位化よりもシリコンの排除が重要であると言われている。



図１　本研究で再資源化を検討した廃棄物粉末

2　実験と結果

2．1　原料廃棄物の調査

本研究で扱う廃棄物は、超硬の微粉末を珪藻土で吸着・共沈して回収したもので、超硬微粒子は図2のように珪藻土の組織に吸着された状態で存在している。図3は原料廃棄物の粉末Ｘ線回折の結果である。なお、測定はブルカー・エイエックスエスのM18X HFを用いCu管球（CuK_{α}，40kV，100mA）にて0.040 deg/step，4.00 deg/minの連続スキャンで測定を行なった。原料廃棄物には、超硬の成分であるWCの他に、珪藻土に由来するSiO_2および研磨の際に混入したと思われるSiCが含まれていた。

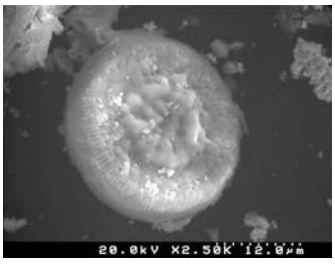


図２　原料廃棄物のＳＥＭ観察像（珪藻表面の白っぽい粒子がタングステンを含む超硬粉末）

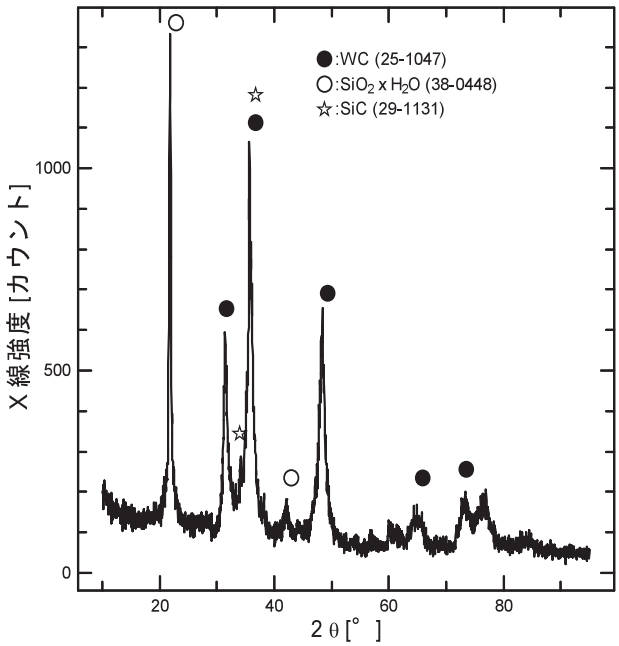


図３　原料廃棄物の粉末Ｘ線回折。WC の他に、SiO_2, SiC が確認された

2．2　機械的粉砕による選鉱処理

超硬粒子と珪藻土との結合は物理吸着であるため、機械的な外力を与えてこれを解きほぐす方法を試みた。外力として、ホモジナイザーおよび超音波による揺動・粉砕を行なった。原料廃棄物を1g計量し、これに水50～100mlを加え攪拌して試料とした。ホモジナイザーの回転数は、8000rpm～9500rpmとし、処理時間は5minに設定した。また、超音波処理は消費電力40Wの超音波洗浄機を用い、処理時間は15minとした。処理後の懸濁液は、およそ5min間静置してから上部の濁り水(UP)と沈殿物(Depo)とに分離し、乾燥した後に回収・分析した。回収された粉末は、SEM-EDSを用いて形状の観察と含まれる成分元素の割合を測定した。ホモジナイザーおよび超音波により処理された粉末のSEM像を図4、5に示す。SEM-EDSによる元素分析の結果は表1のとおりである。いずれの処理でも超硬成分の高品位化が確認できたが、回収割合は全量の２割以下であった。なお、沈殿物に含まれていたSiC成分は粒径が比較的大きく沈殿物からの分離が容易であったため、これを取り除いてから分析を行なっている。次に、超音波処理を行なって回収された沈殿物



図４　ホモジナイザーを用いて処理・回収した粉末(UP)のSEM像

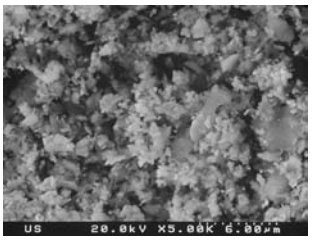


図５　超音波処理後に回収した粉末(UP)のSEM像

を、再び超音波で処理し得られた懸濁液を、再度、同様の手順で分離・回収する操作を数回繰り返し、得られた回収物(UP2,UP3, ．．．, UP(n),Depo(n))の組成をSEM-EDSを用いて測定した。調査したロットにおいては、超音波処理２回までは比較的高品位の超硬微粉末（タングステン）を回収できたが、それ以上繰り返すと、精製プロセスに有害な珪藻土（シリコン）成分が増加することが明らかになった。

表１　機械的粉砕・攪拌により分離・回収された粉末の組成と回収された重量比率

wt%	Al	Si	Ti	Co	W	その他	重量比率[%]
ホモジナイザー処理(UP)	2.4	19.5	15.6	6.0	54.3	2.2	7.9
ホモジナイザー処理(Depo)	1.6	52.1	4.7	4.5	36.8	0.3	92.1

wt%	Al	Si	Ti	Co	W	その他	重量比率[%]
超音波処理(UP)	2.3	17.7	15.4	6.3	54.8	3.5	18.0
超音波処理(Depo)	2.4	47.9	4.9	4.1	38.1	2.6	82.0

３　考　　察

精製の過程で発生するゲル状生成物のために再資源化に不向きとされ、これまで廃棄されていた珪藻土に吸着された超硬粉末を含む廃棄物から、タングステンなどの希少金属を抽出・回収する方法を検討した。再処理工場での聞き取り調査によると、本研究で再資源化を検討した原料廃棄物の収集可能な量は10t/月程度であり、ゲル状の生成物をコントロールして再処理工程を継続的に行なうためには、タングステンの高品位化よりも、むしろシリコンの排除が重要であることが明らかになった。再生処理を妨げないためには、シリコン含有量を10wt%程度以下にすることが望ましい。

本研究では、機械的な外力により珪藻土に吸着された超硬粒子を解きほぐす方法を検討した。ホモジナイザーを用いた処理、および、超音波を印加した処理のいずれの処理方法でも、シリコンの濃度を20wt%程度に下げることが可能で、タングステン濃度を50wt%程度にまで高品位化することができた。また、処理を繰り返すことでタングステン（超硬）の回収比率を上げることは可能であるが、品位の低下と不純物（シリコン）の増加を加味すると、繰り返し回数は２回程度に留めておいた方がよいことを確認した。

ロットの異なる原料廃棄物に対して超音波処理を行なったところ、処理後の懸濁液は速やかに沈降してしまい分離が困難であることが判明した。このロットに含まれる超硬粒子をSEMで観察したものが図6である。先に検討を行なっていた廃棄物粉末（図１）に比べて珪藻土に吸着している超硬の粒子が大きいため、本研究で検討した沈降速度の差異を利用した分離方法では分離が困難であると推察される。本研究で処理の対象としている原料廃棄物は、さまざまな超硬チップ・工具の研磨工場から廃棄・回収された集積物のため、含まれる超硬の粒子サイズも千差万別であると考えられる。沈降速度に影響する粘性や比重の異なる溶媒を用いた検討が今後の課題である。

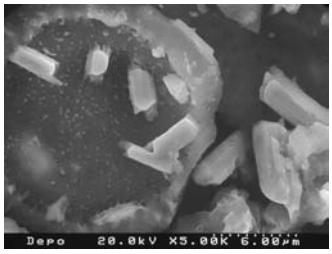


図６　異なるロットの廃棄物粉末のSEM像（珪藻土に吸着された超硬の粒径が大きい

参 考 文 献

1) 山崎仲道, “超硬合金の再生方法”, 特開平10-030130 (1998)

2) 山崎仲道, “超硬合金の再生処理方法”, 特開平11-060227 (1999)

3) 笹井　亮, 稲垣文人, 高　寧峰, 伊藤秀章, “亜臨界水熱処理による超硬合金からのWO3 の回収”, Journal of The Society of Materials Science (2006), **55**, pp254-257.

4) M. Nanko, H. Ando, K. Matsumaru and K. Ishizaki, “Evaporation of Tungsten Oxides from Cemented Carbides by High-Temperature Oxidation”, Adv. Tech. Mater. Mater Proc. J., **6**, 166

（文責　山下　満）
（校閲　髙橋輝男）

〔地域新生コンソーシアム研究開発事業〕

9　放置竹林の竹を用いた竹繊維強化グリーン複合材料の開発

長谷朝博，森　　勝，平瀬龍二，佐伯光哉，富田友樹

1　目　　的

近年、CO_2の排出量増大等による地球温暖化問題がクローズアップされてきている。また、人々が生活の利便性を追求してきた中で、プラスチック製品を大量に生産してきた結果、その原料である石油等の化石資源の枯渇が問題となってきている。同時に、それらを大量消費してきたことに起因する廃棄物処理が大きな課題となっている。このような問題を解決するための方策の一つとして、化石資源から持続的再生産が可能な天然資源への転換が試みられている。

繊維強化プラスチック（FRP）は、高強度、軽量、耐久性、耐衝撃性等に優れているため、幅広い分野で使用されているが、使用量増大にともなってその廃棄物の量が大幅に増加し、最終処分が喫緊の課題となっている。なかでも、ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）はその焼却処理時に焼却炉を傷める等の問題を抱えているために埋立処理が行われてきたが、処分場不足により埋立も困難になってきている。そのような背景から、天然繊維（NF）を強化材として使用する試みが進みつつあり、GFRP の代替材料としての天然繊維強化プラスチック（NFRP）に関する研究開発が精力的に行われてきている[1，2]。

竹は日本国内に自生する持続的再生産が可能な天然資源の一つであり、木材と比較して著しく生育速度が速い、生息範囲が広い、人工的栽培が容易等の特長がある。一方で、竹は生育速度が速いがゆえに放置しておくと周囲の森林や耕地に侵入・拡大していくことにより、様々な問題を引き起こす。これらのことから、竹の工業的有効利用が望まれており、その一つとして竹から竹繊維（BF）を取り出し、その有効利用についての様々な検討がなされている。

BF 高含有グリーン複合材料（BF-GC）を製造する際に、ニーダーによる混練を行うと繊維折損が激しく、また局所的に高温となって繊維の熱劣化も起こる。また、バッチ式のため生産性も悪く、かつ繊維物性の低下のために GFRP の代替材料としての応用は困難である。そこで、本事業ではニーダーによる混練に比べて竹繊維の折損が少ないと考えられる二軸押出機による連続混練により複合材料を製造する方法に取り組んだ。しかし、二軸押出機による混練においても繊維の折損は少なからず起こる。また、射出成形で製品を成形する際にも、高圧高速で材料を射出するために、ゲート形状などを十分に考慮しなければ繊維の折損が起こる可能性がある。一方、成形品の物性は、強化材の繊維形状（アスペクト比）に大きく影響される。このことから、繊維の折損状況や形状を把握することは非常に重要である。

本研究では、低繊維折損混練押出・ペレット化技術を確立することを目的として、BF-PP を原料としたペレット及び各種条件で射出した成形品から BF を取り出してその形状を観察するとともに、複合材料の引張強度や BF/PP 界面の接着性について評価した。

2　実験方法

2．1　材料

BF は、神鋼造機㈱で作製した竹繊維（孟宗竹、1mm～2mm 網目のふるい機にかけて採取したもの）を使用した。ポリプロピレン（PP）は、日本ポリプロ㈱製のノバテック PP（BC05GS）を使用した。また、BF と PP との界面接着性改善のため、変性剤としてマレイン酸変性 PP（三洋化成工業㈱製、ユーメックス 1001；以下 MAH-PP と略記）を用いた。さらに、BF と PP との界面接着性を評価するために、酸変性量の多いマレイン酸変性 PP（三洋化成工業㈱製、ユーメックス 1010；以下、MAH-PP2 と略記）を使用した。

2．2　複合材料の作製及び成形

PP と BF との連続式混練機による複合化は、同志社大学 D-egg に設置の二軸押出機（㈱神戸製鋼所製、スクリュ径 30mm、L/D=36）を用い、スクリュ回転速度 300rpm、混練温度 180℃で行った。なお、BF は繊維供給装置を使用してサイドフィードで供給し、各材料が重量比で PP：MAH-PP：BF＝45：5：50 で混合されるように条件調整した。ダイスプレートは丸ダイスを用い、ストランド状に排出された試料をメッシュコンベア上で水冷及び空冷した後、ペレタイザを用いてペレット化した。なお、作製したペレットは射出成形する前に熱風乾燥機で 80℃、12 時間以上乾燥させた。

二軸押出機で作製したペレットを用い、引張試験用 JIS 1 号形状試験片（図 1）及び外装ケース（図 2）を成形した。引張試験片については、同志社大学設置の縦型射出成形機（東洋機械金属㈱製、PLASTAR ET-40v）を用いて成形した。成形の際に金型の温度調整は行わず、成形温度は180℃、射出圧力（一次圧）は150MPa に固定した。成形時のせん断力が繊維折損に及ぼす影響について確認することを目的として、射出速度を30，

100，150，200，250mm/sの５水準に変化させて成形を行った。一方、外装ケースについては、大和合成㈱設置の180t成形機（住友重機械工業）を用いて成形した。金型の温度は30℃に調整し、成形温度は180℃に設定した。射出速度は20，40，80，160mm/sの4水準で成形を行った。

BFとPPとの界面接着性について評価するための試料は、所定量のMAH-PP2及びBF（MAH-PP2：BF＝80：20）を密閉式混練機（(株)東洋精機製作所製、ラボプラストミル、25-150F、容量100mL）を用いて混練温度180℃，回転数50rpmで10分間混練することにより作製した。



図１　引張試験用試験片

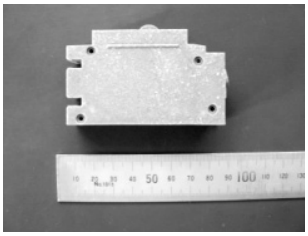


図２　外装ケース

２．３　BFの取り出し及び形状についての評価

BF-PPペレットあるいは同ペレットを用いて成形した試験片の一部（0.5g）を十分な量（200g）のキシレン（沸点：約140℃）中に入れ、３時間還流させることにより母材であるPPを溶解し、BFを取り出した。取り出したBFは24時間風乾し、形状評価用の試料とした。

混練・成形などの工程毎での繊維折損状況については画像処理による評価を行った。画像処理による測定は、走査型電子顕微鏡（(株)日立製作所製S-800、以下SEMと略記）を用いて竹繊維の拡大画像を撮影し、二値化処理した画像から繊維の領域にあたる部分を楕円近似し、楕円の長軸と短軸より、繊維長及びアスペクト比を算出した。

２．４　BF-PP 複合材料の引張強度測定

(株)島津製作所㈱製 AUTOGRAPH AG-1000D 型材料試験機を用いて JIS K 7113 に準じて室温にて測定を行い、引張強度を求めた。(試験速度：2 mm/min、試験片：JIS 1 号形試験片)

２．５　BF と PP との界面接着性についての評価

MAH-PP2とBFとの混練物からBFのみを取り出し、フーリエ変換赤外分光分析装置(FT-IR、日本分光(株)製FT/IR-660 Plus)によりその表面を分析した。

３　結果と考察

３．１　繊維折損への成形条件の影響

射出速度30mm/s及び250mm/sで成形した試験片から取り出した竹繊維のSEM像を図３に示す。SEM像からも明らかなように、成形品中の竹繊維は混練時及び射出成形時のせん断力の影響により折損し、繊維長が数百μmのものから100μm以下のものまで幅広い分布を示すことがわかる。

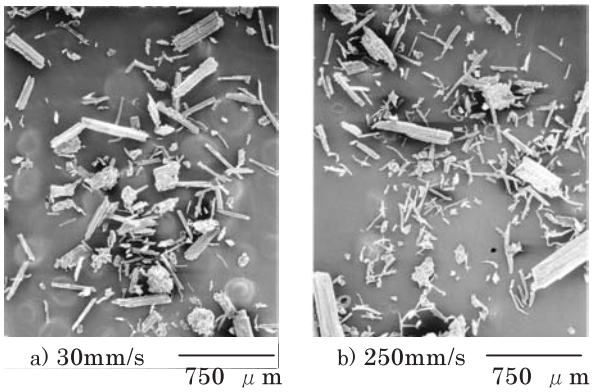
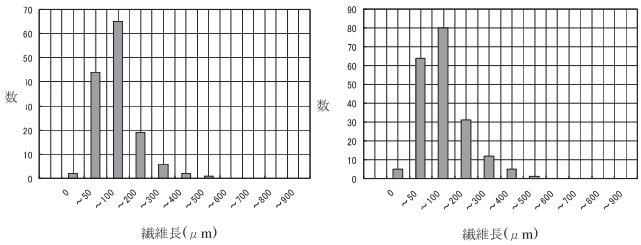
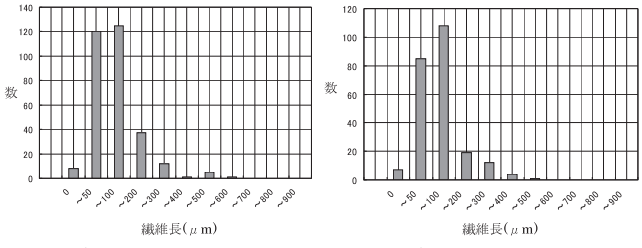


図３　各射出速度で成形した試験片から取り出した竹繊維の SEM 像

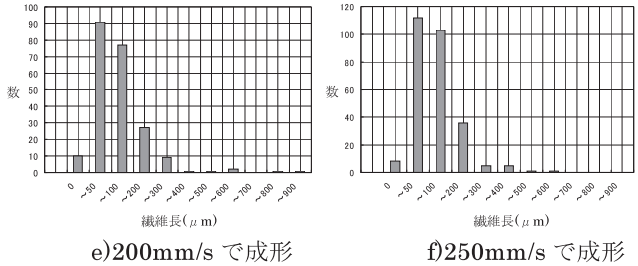
二軸押出機で混練したストランド及び得られたペレットを射出速度 30mm/s～250mm/s で成形した試験片から取り出した竹繊維の繊維長分布を図４に示す。ストランド及びいずれの成形条件で成形した試験片ともに繊維



a)ストランド　　b)30mm/s で成形



c)100mm/s で成形　　d)150mm/s で成形



e)200mm/s で成形　　f)250mm/s で成形

図４　各条件で成形した試験片から取り出した竹繊維の繊維長ヒストグラム

長は主に50～200μmの間に分布していることがわかった。また、表1に示したように、平均繊維長は射出速度が速くなるほど短くなる傾向が認められた。

表1　射出成形条件の平均繊維長への影響

射出速度(mm/s)	ストランド	30	100	150	200	250
平均繊維長(μm)	159	155	144	141	154	135

次に、アスペクト比について調べたところ、ストランド及びいずれの成形条件で成形した試験片ともに 2～4 の間のものが最も多く、次いで 4～6 のものが多く見られた。平均アスペクト比を表2に示すが、成形条件の顕著な影響は認められなかった。

表2　射出成形条件の平均アスペクト比への影響

射出速度(mm/s)	ストランド	30	100	150	200	250
平均アスペクト比	6.3	5.2	5.8	7.7	5.9	5.7

以上のことから、成形品中に残存する BF の繊維長は射出成形時の射出速度を 30～250mm/s の間で変えて成形を行っても、ストランドから取り出した繊維の形状と大きな相違は認められないことが明らかになった。元の竹繊維は1mm～2mm網目のふるい機にかけて採取したものであることから、その形状は二軸押出機による混練の段階で大きく変化しているものと考えられる。

3．2　引張強度

各射出速度で成形した場合の引張強度を表3に示す。射出速度が速くなるほど引張強度が低下する傾向は認められたが、それほど顕著な低下ではなかった。強度の低下が少ないのは、射出速度を変えて成形を行っても成形品中の竹繊維の繊維長がそれほど大きく変化しなかったためと考えられる。

表3　射出成形条件の引張強度への影響

射出速度(mm/s)	30	100	150	200	250
引張強度(MPa)	35.3	35.2	34.1	34.1	34.0

3．2　繊維折損へのゲート形状の影響

サイドゲート仕様の金型で試験片を成形した場合、射出速度の繊維折損への影響は小さく、成形品中の残存繊維の形状がほとんど変化しなかった。しかしながら、繊維折損に影響を及ぼす因子としてゲート形状が考えられる。そこで、ゲート径 1mm のトンネルゲート仕様の実製品（外装ケース）成形用金型を用いて成形を行い、ゲート形状の繊維折損への影響について検討した。その結果、いずれの成形条件で成形した試験片ともに繊維長は主に 50～200μm の間に分布しており、またアスペクト比は 2～4 の間に分布していることがわかった。20mm/s で成形した成形品から取り出した竹繊維の平均繊維長は 145μm、平均アスペクト比は 5.5 であり、一方 160mm/s で成形した成形品から取り出した竹繊維の平均繊維長は 134μm、平均アスペクト比は 5.5 であった。射出速度が速くなるほど繊維長は短くなる傾向が認められた。しかし、繊維形状はサイドゲート仕様の金型で成形した場合と大きな相違は認められず、ゲート形状の影響は少ないと考えられた。

3．3　BF と PP との界面接着性

未処理の混練前の BF、アルカリ処理した混練前の BF、及び MAH-PP2 と BF との混練物から取り出した BF 表面の IR チャートをそれぞれ図5に示す。

BF 中の水酸基と MAH-PP2 の酸無水物の間でエステル結合が形成されると 1730cm^{-1} 付近に吸収ピークが現れるが、BF 中のリグニンに由来する吸収ピークも同じ位置に現れる。未処理の BF では、1730cm^{-1} 付近にリグニンに由来する吸収ピークが認められた。しかし、アルカリ処理した BF では、1730cm^{-1} 付近に吸収ピークが認められなかった。これは、アルカリ処理により繊維中のリグニンが除去されたことを示している。一方、アルカリ処理した BF と MAH-PP2 との混練物から取り出した BF 表面については、1730cm^{-1} 付近に吸収ピークが認められなかった。したがって、BF と MAH-PP2 との界面においてエステル結合は形成されていない、もしくは IR では検出できないくらい僅かであると考えられる。

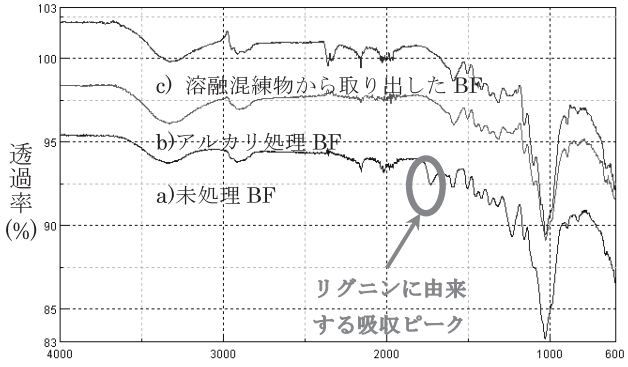


図5　BF 表面の IR チャート

謝　辞

本研究は、平成18及び19年度地域新生コンソーシアム研究開発事業の一環として実施しました。関係各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

1)Y. Borja, G. Riess and K. Lederer, J. Appl. Polym. Sci., 101, 364 (2006).

2)J. Andersons and E. Sparnins, Polym. Compos., 27, 221 (2006).

（文責　長谷朝博）

（校閲　柏井茂雄）

〔シーズ発掘試験事業〕

10　キトサンを用いた新規生分解性材料の開発

平瀬龍二，富田友樹

1　目　　的

最近、我々はバイオマス資源（デンプン、ゼラチンなど）が結晶水を持った無機塩または有機金属塩により可塑化する現象を見い出し、材料物性と組成の関連および材料の実用化について検討してきた。その中で、アルミニウムおよび鉄系の塩水溶液にキトサンが溶解することを発見した。

キトサンはカニやエビ等の殻（廃棄物）から得られる天然物質で、抗菌性や様々な生理活性を有することより注目されている材料である。一般的に酢酸や塩酸のような酸水溶液に溶解する。本シーズのようにキトサンが塩水溶液に溶解するという事例は特異であり、さらに、その塩が水和物の場合は可塑剤としても機能し、十分な強度を保持しつつ柔軟性を付与することができるという特徴がある。このような独創的なシーズを活用して、本研究では、キトサン－塩複合物の実用化を最終目的として、組成と物性の関連を把握し、適用できる分野の探索を行った。

2　実験方法

キトサンは東京化成工業製を乾燥して用いた。各種塩およびグリセリンは和光純薬工業製の特級試薬をそのまま使用した。

所定量の塩を溶解した水に、濃度が1%になるようにキトサンを加え、約50℃に加熱しながら撹拌して溶解した。得られたキトサン溶液をアクリル板にキャストし、室温で乾燥してキトサンフィルムを得た。

得られたフィルムは23℃、50%RHで約24時間調製した後、試験片に打ち抜き、引張特性、ヒステリシス、応力緩和の物性測定（井元製作所製小型材料試験機を使用）を行った。抗菌性試験はJIS Z 2801に準じた方法で、ユニチカガーメンテック(株)に依頼して行った。

3　結果と考察

3．1　キトサン－塩複合フィルムの力学的特性

表１にキトサン－塩複合フィルムの物性を示す。塩の添加量の増大に伴い、引張最大応力は低下し、破断伸びは増大した。この結果から、塩の添加量により物性調整が可能であることがわかる。塩化アルミニウムは他の塩と比較して可塑効果が大きく、例えば、72MPa、36%というセロハンに匹敵するような優れた物性を示す材料も得られた。乳酸アルミニウムを用いた場合、他のフィルムが半透明であったのに対し、図１に示すように透明性の高いフィルムが得られた。しかし、乳酸アルミニウムは水和物を形成しないため、キトサンは可塑化されなかった。

キトサン－乳酸アルミニウム複合物の透明性を活かし、材料として利用可能なものにするために、グリセリンによる可塑化を検討した結果を図２に示す。

表１　キトサン－塩複合フィルムの物性

塩量 (mol／gキトサン)	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$		$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$		$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	
	最大応力 (MPa)	破断伸び (%)	最大応力 (MPa)	破断伸び (%)	最大応力 (MPa)	破断伸び (%)
0.00000	63.3	3.7	63.3	3.7	63.3	3.7
0.00310	46.3	2.3	70.0	4.1	71.9	36
0.00465	36.3	34.8	21.7	95.3	14.1	275
0.00620	26.3	71.2	14.6	117	10.7	199

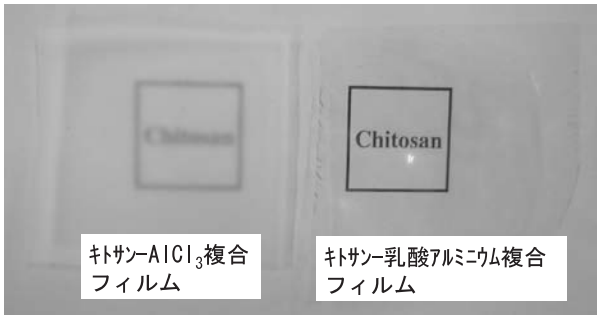


図１　キトサン－塩複合フィルムの透明性

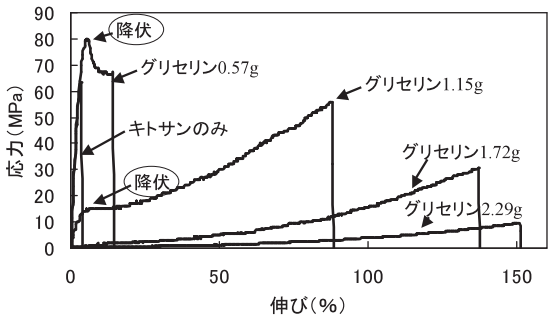


図２　ｷﾄｻﾝ－塩－ｸﾞﾘｾﾘﾝ複合ﾌｨﾙﾑの引張特性

（キトサン：1.0gおよび乳酸アルミニウム0.9gを含有）

キトサン－乳酸アルミニウム系へのグリセリンの添加に伴い複合フィルムの可塑化（応力は減少し、伸びは増大）が促進されていることがわかる。応力－伸び曲線の形状に着目すると、グリセリンを少量添加した系では降伏を示すが、グリセリンの添加量を増加すると降伏は消失する。この結果はグリセリンの添加に伴い、永久変形から弾性変形へと変化していることを示唆している。すなわち、この材料がエラストマーとして機能する可能性がある。

エラストマーとしての性能を評価する手法である応力緩和および荷重－伸び曲線のヒステリシス測定を行った結果を図３および４に示す。

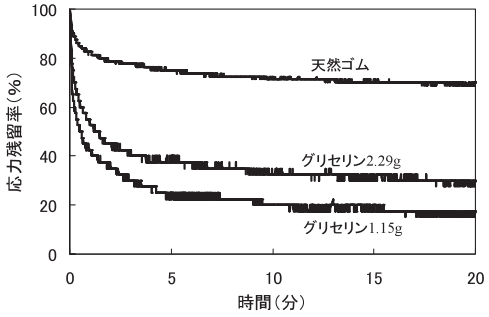


図３　ｷﾄｻﾝ-塩-ｸﾞﾘｾﾘﾝ複合ﾌｨﾙﾑの応力緩和(伸びは50%)
（キトサン：1.0gおよび乳酸アルミニウム0.9gを含有）

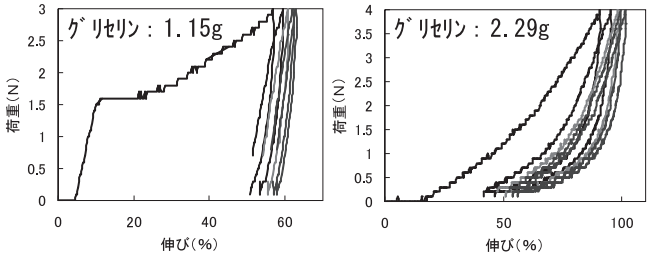


図４　ｷﾄｻﾝ-塩-ｸﾞﾘｾﾘﾝ複合ﾌｨﾙﾑのヒステリシス
（キトサン：1.0gおよび乳酸アルミニウム0.9gを含有）

図３より、加硫ゴム（天然ゴム）には及ばないが、グリセリンの添加量の増大に伴い伸張した際の応力残留率が増加し、グリセリンを2.29g添加した試料では応力残留率は約30%であった。図４に示すようにグリセリンの添加量が低い系では材料が伸張されるとほとんど変形が回復しないのに対し、グリセリンの添加量が高い系ではある程度変形が回復する。これらの結果より、キトサン－乳酸アルミニウム複合物へのグリセリンの添加は材料を可塑化するだけでなく、エラストマー化することがわかった。グリセリンの添加によるエラストマー化の機構については今後検討する予定である。

３．２　キトサン－塩複合フィルムの抗菌性

キトサンの大きな特徴の１つは抗菌性を有していることである。今回の検討で作製した複合フィルムは塩を添加しているため塩による抗菌性の増大が期待される。キトサン－塩複合フィルムの抗菌性の評価結果を表２に示す。

表２　キトサン－塩複合フィルムの抗菌活性値

菌種	キトサン　:1.0g 乳酸ｱﾙﾐﾆｳﾑ:0.9g グリセリン　:1.72g	キトサン　:1.0g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$:0.84g	キトサンのみ
大腸菌	6.5以上	5.9以上	－
肺炎桿菌	3.8	5.8以上	－
黄色ぶどう球菌	4.6	5.0以上	－
MRSA	2.2	5.2以上	2.0

抗菌活性値 2.0 以上で抗菌性あり

この結果から、塩の添加により抗菌性が向上することがわかった。特に、塩化鉄（Ⅲ）を添加したフィルムはいずれの菌に対しても抗菌性が著しく増大した。この抗菌性の向上は、キトサンと塩が持つ抗菌性の相乗効果であると考えている。

４　結　　論

キトサン－塩複合フィルムの組成と物性の関連を把握することができた。その中で、キトサン－乳酸アルミニウム系にグリセリンを添加して得られた複合フィルムは透明性に優れ、グリセリンの添加量によりその物性がプラスチック的なものからエラストマー的なものへと変化することがわかった。また、これらの複合フィルムの抗菌活性はキトサンのみの場合より大きく上昇した。得られた材料の用途としては、力学的な特性を活かした衝撃吸収剤や粘着性を活かした粘着材も考えられるが、特に、高い抗菌活性を活かした用途、例えば抗菌性フィルターや抗菌性塗料への展開が有望であると考えている。

謝　　辞

本研究を行うにあたり、ご協力頂きました神戸女子大学の山根千弘准教授ならびに赤穂化成株式会社の関係者の方々に感謝致します。

（文責　平瀬龍二）
（校閲　柏井茂雄）

〔兵庫県ＣＯＥプログラム推進事業〕

11　デンプンを主原料とした生分解性包装材および袋材の開発

平瀬龍二，石原マリ，森　　勝，中川和治

1　目　　的

分解性の乏しい高分子材料系の廃棄物による環境汚染問題から生分解性プラスチックが注目され、さらに最近の原油価格高騰によりデンプン、セルロース、キトサン等のバイオマス資源を利用した材料への関心が急速に高まっている。これらの社会的なニーズを踏まえ、我々は昨年度より、デンプンを主原料とした生分解性包装材および袋材の開発を目標に研究を行っている。結晶水を持った無機塩または有機金属塩をデンプンに添加すると結晶性が低下し、可塑性が向上するというシーズを利用したものである。

本研究は、赤穂化成株式会社および京都大学化学研究所金谷研究室と共同で行い、工業技術センターは「優れた物性を示すフィルム組成の探索」を分担した。開発しようとする材料を包装材料として利用する場合に必要な力学的物性を、フィルム強度として引張応力30MPa、破断伸び200%と設定し、フィルム物性を目標値に近づけるため、最適な組成の探索を行った。

2　実験方法

コーンスターチ等の各種デンプンは松谷化学製、$MgCl_2・6H_2O$はキシダ化学製、グルタルアルデヒドは和光純薬工業製、ポリビニルアルコール（PVA）は日本酢ビ・ポバール製の重合度1700のものを使用した。PVAおよび塩は加熱下、減圧で乾燥したものを使用した。デンプンは加熱により変質(分子量低下等)の可能性があるので、未乾燥のものを使用した。正味量は別途測定した水分量（絶乾重量法）から算出した。

これまでの検討では、デンプンおよびPVAから糊液を作成する温度は約95℃（沸騰水浴上）であった。この温度では、デンプンが十分に糊化せず、PVA（特に高重合度のもの）が完全に溶解していない可能性があった。今回は、ガラス製の耐圧容器を導入し、加圧下、100℃以上での糊液調整についても検討した。

デンプン、PVAおよび塩（必要に応じてグルタルアルデヒドを添加）に水を加え、110℃のポリエチレングリコール（PEG）浴で加熱しながら２時間攪拌して糊液を調整する方法をＡ法とした。

PVAおよび塩のみに水を加え、110℃のPEG浴で加熱しながら２時間攪拌し、浴温度を95℃まで降下してからデンプン（必要に応じてグルタルアルデヒドを添加）を添加してさらに２時間攪拌し糊液を調整する方法をＢ法とした。

糊液の濃度がおよそ４％になるように水量を調整した。得られた糊液をガラス板にキャストし、室温にて乾燥した。得られたキャストフィルムをダンベルに打ち抜き、23℃、50%RHの条件で約24時間調製した後、JIS K6251に基づく引張最大応力及び破断伸びを測定した。

3　結果と考察

これまでの結果から、デンプンと塩からなる組成物にPVAを添加することにより、フィルム物性が改善されることがわかっている。目標物性を達成するためにはPVAの添加は不可欠であると考えた。まず、各種デンプンとPVAからなる組成物（デンプン60%、PVA40%）を作製し、目視によるフィルムの均一性評価を行った。

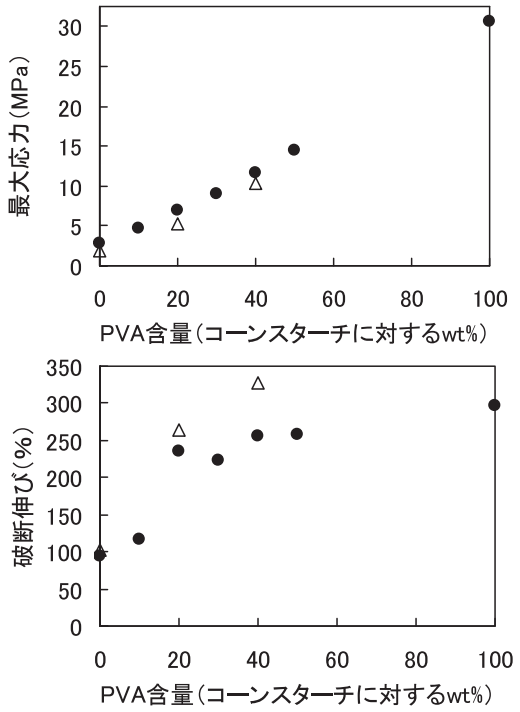


図１　ｺｰﾝｽﾀｰﾁ－PVAﾌｨﾙﾑの組成および糊液調整方法（△：A法、●：B法）による物性変化（$MgCl_2・6H_2O$：30wt%添加）

その結果、コーンスターチ、かんしょデンプンおよびワキシーコーンスターチの均一性が優れていた。バレイショデンプンおよび小麦デンプンは不均一なフィルムとなった。従って、コーンスターチ、かんしょデンプンおよびワキシーコーンスターチを用いて組成とフィルム物性の関連を検討することにした。

まず、コーンスターチを用いてPVAの添加量の影響および糊液調整方法（A法とB法）の影響について検討した。結果を図１に示す。PVA含量の増加に伴い、フィルムの最大応力および破断伸びは増加した。B法により調整した糊液から作製したフィルムはA法ものより最大応力は優れ、破断伸びは劣る傾向にあった。目標物性（30MPa、200%）を考えた場合、破断伸びに比べて最大応力の不足が大きい。従って、最大応力に優れるフィルムを得ることが出来るB法が好ましいと判断した。A法では完全に糊化するが、高温のためデンプンの分子量低下が起こっている可能性がある。デンプンを主原料とした材料とするため、PVA含量は40%で検討することにした。フィルムの均一性については、A法によるものの方が若干優れており、また、含量の増加により悪化してゆく傾向にあった。PVA含量が50%を超えるフィルムは不均一となったため、物性測定を実施することができなかった。

次に、デンプンの種類および添加剤がフィルム物性に与える影響を調べた。添加剤としては、架橋剤であるグルタルアルデヒドを用いた。結果を表１に示す。

表１　ﾃﾞﾝﾌﾟﾝの種類、ｸﾞﾙﾀﾙｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ添加による物性変化

デンプン	糊液調整方法	ｸﾞﾙﾀﾙｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ(g)	最大応力(MPa)	破断伸び(%)
コーンスターチ	B法	0	11.7	255
	B法	0.04	14.5	244
	B法	0.08	12.1	247
	B法	0.12	15.6	234
かんしょデンプン	B法	0	12.6	244
	B法	0.04	10.7	229
ﾜｷｼｰｺｰﾝｽﾀｰﾁ	A法	0	10.1	186

PVAは40wt%添加（デンプンに対して）
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$は30wt%添加（デンプン＋PVAに対して）

糊液調整方法としては、基本的にB法を用いたが、ワキシーコーンスターチについては糊液粘度が高かったため、A法により調整した。グルタルアルデヒドを添加しない系では、かんしょデンプンフィルムの物性が優れていた。また、ワキシーコーンスターチフィルムは目視では均一であるが、引張試験を行うと応力－歪み曲線はギザギザで安定せず、層状の薄膜が順番に切断されていると考えられた。この結果から、ワキシーコーンスターチとPVAとの相溶性は悪いと推定される。ワキシーコーンスターチはアミロペクチンがほぼ100%と言われており、アミロペクチンとPVAの相溶性は悪いと推測できる。

グルタルアルデヒドの添加効果を見てみると、コーンスターチにおいて添加による最大応力の上昇が確認できた。添加量の増加による物性改善は少なく、少量の添加で良いことがわかった。破断伸びはほぼ維持されており物性改善剤として機能することを見い出すができた。

コーンスターチ60%、PVA40%に$MgCl_2 \cdot 6H_2O$を30%添加し、グルタルアルデヒドで物性改善したフィルムの物性は表１に示すように、最大応力14.5MPa、破断伸び244%と目標物性には及ばない。破断伸びは目標値以上であるので、塩の添加量を減少させて最大応力を改善しようと考えた。グルタルアルデヒドを添加しない系で最適な塩の添加量を調べた結果を図２に示す。

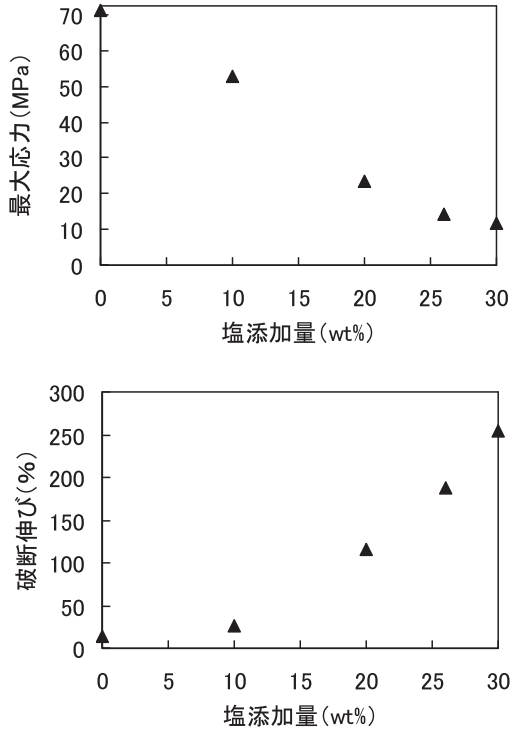


図２　ｺｰﾝｽﾀｰﾁ－PVAﾌｨﾙﾑへの塩（$MgCl_2 \cdot 6H_2O$）の添加による物性変化
（ｺｰﾝｽﾀｰﾁ：60%、PVA：40%、糊液調整方法：B法）

コーンスターチ－PVAフィルムへ塩を添加することにより、最大応力は減少し、破断伸びは増加した。塩を26wt%添加した系は、最大応力14.2MPa、破断伸び188%と応力・伸びのバランスに優れるフィルムであった。この系にグルタルアルデヒドを0.04g添加して作製したフィルムの物性は、最大応力17.1MPa、破断伸び195%とこれまでで最も目標物性に近いものであった。

以上の結果により、デンプン－PVA－塩からなる生分解性可塑化フィルムは、グルタルアルデヒドの添加により物性が改善されることがわかった。目標物性には及ばなかったが、最適な組成を見い出すことができた。

（文責　平瀬龍二）
（校閲　柏井茂雄）

［経常研究］

12　高分子材料の力学的特性と触感評価方法に関する研究

佐伯光哉，長谷朝博，平瀬龍二

1　目　的

神戸大学の研究シーズである「触感の測定技術」について、県内企業の製品開発に結びつけるため、ゴムの触感を計測する技術を開発する目的でグリップに使われるゴム材料を例に研究を実施した。最近、ハンドカートは人気のある道具として、幅広い年代の人に使われるようになった。ハンドカートのグリップは、カートの使いやすさに関して最も重要な部品であると考えられる。工業生産においては、グリップのサイズ、形状、表面の特性に注意を払わねばならないと考えられる。そこで、グリップに使われるゴムを中心とした材料の種類による「握り心地」への影響について研究した。

2　実験方法

2．1　試料とグリップの試作

グリップ材に使用する材料として、ゴム、プラスチック系の軟質の高分子材料から22種類の試料を選んだ。試料の組成は汎用ゴム素材を中心に12種類、構造はソリッド、スポンジ、積層の３種類、厚さは、３㎜、５㎜の２種類にそれぞれ分類できる。参考試料としてコルク、皮革材も加えた。

試料は25㎜幅の短冊状にカットして26㎜φの鉄製パイプに螺旋状に貼り付けたものをグリップとした。試作したグリップは、市販のハンドカート（２輪）に取り付けられたアダプターにネジにより固定または交換可能なハンドルグリップとして後述する評価に用いた。

表１　測定した特性値

物　性	特性値（パラメータ）
圧 縮	直線性、エネルギー、反発性
表 面	粗さの平均偏差 摩擦係数および係数の平均偏差
せん断 （厚み方向）	せん断剛性 0.5度のヒステリシス 2.0度のヒステリシス
曲 げ	曲げ剛性 ヒステリシス
粘 着 （乾、湿）	粘着有効距離 最大粘着力 粘着力による仕事エネルギー
その他	ゴム硬度、厚さ

2．2 触感に関する物性評価と「握り心地」の評価方法

グリップの「握り心地」に関係があると考えられる物性について表1に示した物性測定を行った。せん断、曲げ、粘着、硬度はゴムの触感評価のために新たに設定もしくは改良を加えたものである。

「握り心地」の主観評価は、ハンドカートに15kgの段ボール箱を仮想の荷物として搭載して距離約25ｍのコースをカートを引いて歩いた、前と後での「握り心地」について７段階で評価した。被験者は、19名で実施した。

3　結　果

3．1　物性評価、主観評価の結果

物性の差は、組成よりも構造（ソリッド、スポンジ、積層）による違いが、特に曲げ、表面、せん断の物性において、顕著に表れていた。また、粘着性は、ある場合とない場合の差が大きく現れていた。

参考試料であるコルクと皮革材は、評価した合計24種類の材料の中で、いずれの物性においても平均値近くの物性値に位置することがわかり、ほかの試料の物性値は、グリップに要求される平均的な物性を中心にばらついていることが分った。評価用語として用いたフィット感、握り心地感は、今回の評価結果では、ほとんど同じ評価値に評価されており、同じ触感にとらえられた結果と考えられる。また、重さ感、操舵感の評価は絶対値が小さくこれらの触感をとらえることが困難であったと考えられる。

表２　物性と主観評価の結果との関係

	使用前の評価		使用後の評価	
	フィット	握り心地	フィット	握り心地
圧 縮	**0.60**	**0.65**	**0.54**	**0.58**
表 面	**0.74**	**0.68**	**0.64**	**0.66**
せん断	**0.71**	**0.79**	**0.70**	**0.70**
曲 げ	**0.76**	**0.68**	**0.71**	**0.64**
粘着性（乾）	**0.60**	**0.65**	**0.54**	**0.58**
粘着性（湿）	**0.36**	**0.42**	**0.42**	**0.31**
硬 度	**0.66**	**0.62**	**0.59**	**0.59**

3．2　主観評価の結果と物性値との相関

主観評価と特性値との相関係数は、フィット感、握り心地感に関して、カートの使用前後の評価結果と、摩擦係数（表面）、せん断ヒステリシス、曲げ剛性の影響が大きいことが分った。

また、「握り心地」の評価が高く評価された材料と低く評価された材料は、曲げ、表面、せん断のパラメータが大きく異なっていた。

謝　辞

本研究実施にあたって、KES法による客観評価に関して、神戸大学　井上 真理 准教授のご指導をいただいております。

（文責　佐伯光哉）（校閲　森　　勝）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

13　触感評価と衝撃吸収機能評価を考慮に入れた工具用グリップ材料の開発

佐伯光哉，平瀬龍二，長谷朝博，森　　勝，山中啓市

1　目　　的

神戸大学の研究シーズである「触感の測定技術」を県内企業の製品開発に結びつけるため、ゴム材料を例に研究を実施してきた。その応用として作業現場で多く使用されている電動工具のグリップを対象にゴム材料の触感評価を試みた。

手持ち式動力機器使用時の手腕振動（HAV：Hand Arm Vibration）は、労働衛生の面から対策が急がれている課題の一つである。欧州では、低振動でも作業時間により身体への影響があるとして振動加速度の基準値が厳しいものとなっている。市場に出回っている多くの電動工具のグリップは、重量、製造コストなどの面から十分な防振対策が施されているとはいえない。

本研究では、長時間に及ぶ作業の場合、防振グリップの握り心地に及ぼす影響が大きいものと考えられる。そこで、ゴム材料の違いによる握り心地と防振について、材料物性評価と使用時の主観評価との相関関係を調べ、グリップの改善可能性について研究した。

2　実　　験

2．1　グリップの試作と材料について



図１ 振動ドリル

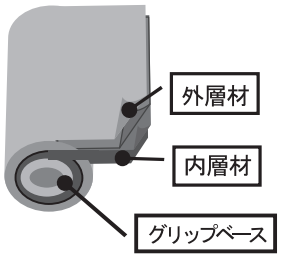


図２ 試作グリップの構造

図１に実験に用いた振動ドリルを示す。このドリルは、連続的な打撃を加えることで、コンクリートなどの穴あけを効率的におこなうために用いるもので、付属する補助ハンドルは連続的な衝撃を受けながらも穴あけ位置を固定保持するための役割をする。図２に試作したグリップの構造を示す。グリップベースは金属製のパイプで、ドリル本体とボルトにより固定されている。グリップ材は内層と外層の２層構造とした。外層材は振動絶縁性と触感に関する物性で選択範囲の広いスポンジゴムを中心に選択した。一方、内層材はグリップベースの共振振動を減衰させるために制振効果のあるソリッドゴムを選択した。グリップ材に使用した内層材、外層材の組み合わせを表１に示した。

表１　試作したグリップ材料と組み合わせ

内層材＼外層材	スポンジ a	スポンジ b	スポンジ c	スポンジ d	ソリッドゴム A
ソリッドゴムA	A-a	A-b	A-c	A-d	A-A
ソリッドゴムB	B-a	B-b	B-c	B-d	
スポンジゴム a～d	a-a	b-b	c-c	d-d	

グリップ材は幅 25㎜ 幅の短冊状に切断したものを、金属製の外径 25㎜ のグリップベースにらせん状に巻きつけ、接着剤で固定した。

2．2　物性評価の方法

表２は、触感に関する物性評価のために測定した物性とその結果より得られる特性値を示している。圧縮と表面に関する特性値は、KES法[1)]で標準に用いられている物性である。このほか振動に関する特性として振動透過率VTと損失係数 η を測定した。振動透過率は、ゴムの厚み方向の100Hzの振動の透過率（振動加速度の比率）を示したものである。損失係数は、振動エネルギーを熱に変換する性能を示す値で、100Hz付近の共振点より求められる損失係数を用いた。

表２　測定した特性値

物 性	特 性 値	
圧 縮	LC WC RC	直線性 エネルギー 反撥性
表 面	SMD MIU MMD	粗さ平均偏差 平均摩擦係数 摩擦係数の平均偏差
振 動	VT η	振動透過率 損失係数
その他	Hd	ゴム硬度

2．3　主観評価の振動計測の方法

表３　主観評価実施方法

評価したグリップ	試作グリップ　　１２種類 標準で付属するグリップ　　１種類 （ABS 樹脂製）
被験者	５名
工　具	振動ドリル 6.5㎜φ ドリル使用
作　業	静的評価：未作動で握った時 動的評価：木材の穴あけ作業時

握り心地評価のために実施した主観評価の条件を表３に示した。この時、評価に用いたアンケート用紙を図３に示す。

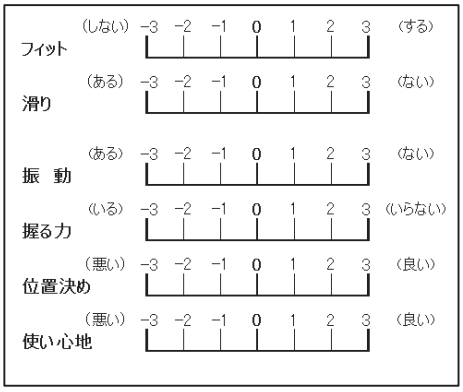


図３　主観評価に使用したアンケート用紙

２.４　手腕振動の測定

試作したグリップによるドリル作業時の振動計測を実施した。手腕振動計測に対応した３軸振動計を使用して振動加速度を測定した。

３　結果と考察

３.１　グリップ材料の物性評価結果

物性測定の内、圧縮に関する特性値を図４に示した。圧縮ネルギーを示す WC について見ると、比較的柔らかい材料（c,d）は、硬い材料（a,b）に比べて WC が大きい。これは所定の圧力（グリップを握った時の実測値を測定した値：49kPa）まで、圧縮するのに柔らかい材料ほど圧縮量が大きくなるためである。反撥性 RC を見ると、外層材 a, b は約 70%、c , d は約 80%であり、後者 c,d の反撥性があることが分かる。

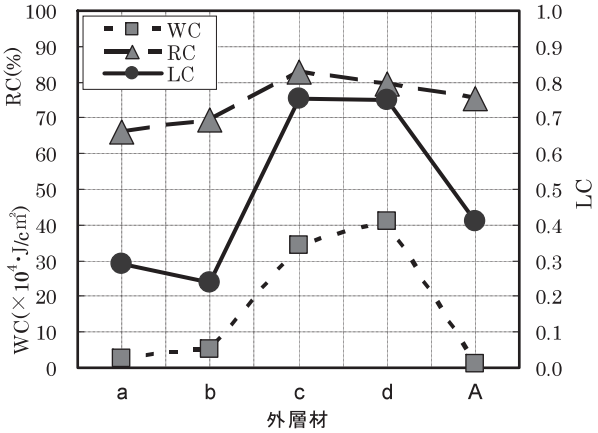


図４　圧縮特性の測定結果

表面物性について MIU は柔らかい材料ほど大きな値を示した。これには柔らかい材料では、測定用接触子が重みで沈み込むことが摩擦係数の増加に影響しているものと考えられた。また、柔らかい材料である d は MMD が大きく、摩擦係数の場所による変動が大きいことがわかった。一方、SMD は硬い材料の方が大きな値になっていた。

３.２　振動に関する特性の測定結果

スポンジゴム材の c,d のみの場合、振動透過率 VT は小さく、振動絶縁性に優れていた。スポンジゴムとソリッドゴムを複合した材料では、ソリッドゴム B より A を複合した材料の透過率 VT が小さい。損失係数 η は、スポンジゴムのみの試料よりもソリッドゴムを複合した材料の方が大きかった。

３.３　主観評価と物性値との関係

主観評価を行った結果では、スポンジ材cを使用したグリップは、フィット感、滑り感、使いやすい感において高い値が得られた。なお位置決め感については評価結果が狭い範囲におさまっており、被験者が十分に位置決め感の評価をできなかったものと考えられる。

主観評価と物性値との相関関係について相関係数が大きかった主観評価の例を表４に示した。特にフィット感、滑り感は、圧縮特性(WC)、表面特性（MIU）との相関が大きいことが分かった。振動感、位置決め感、握り易さ感について物性との明確な相関は認められなかった。

表４　主観評価と主な特性値との相関関係

主観評価＼特性値	WC	RC	MIU	MMD	VT	η
フィット	0.77	0.73	0.80	0.29	0.68	0.55
滑　る	0.80	0.67	0.86	0.22	0.47	0.29
握る力	0.44	0.68	0.47	0.70	0.46	0.25

３.４　手腕振動の測定結果

振動加速度の最大値は、ドリルに標準で付属するグリップに比較して、約 2/3～1/2 程度の値になっていたが、振動レベルが一番小さく抑えられていた材料と「使い易さ感」が高く評価された材料は、一致していなかった。

４　結　　論

試作したグリップの内、握り心地に関する評価では、外層材 c（クロロプレン系スポンジゴム）を使用したグリップの評価が高いことがわかった。

今回試したいずれの複合条件でも握り心地と防振性の両方の機能が最大にはならなかった。さらに材料の複合方法も検討に加えた実験を行い、機能バランスを取ることができれば、長時間の使用に使えるようなグリップの開発につながると考えられた。

謝　　辞

本研究実施にあたり、KES法による物性および主観評価に関して神戸大学 井上真理 准教授、スポンジゴム試料の作製に関して宮原ゴム工業(株)の宮原信良社長のご協力をいただいております。厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

1) 川端季雄；「風合い評価の標準化と解析」,日本繊維機械学会(1980)

（文責　佐伯光哉）
（校閲　柏井茂雄）

〔経常研究〕

14　高分子複合体の発泡技術と靴内微気候の測定技術を活用した機能性シューズの開発

鷲家洋彦，森　　勝

1　目　　的

シューズの中敷にはクッション性、軽さなどの特性が要求されるため、発泡技術が活用されている。これらの素材は、発泡セルがそれぞれ独立した単独気泡体である。吸水性・通気性を有するスポンジのような連続気泡体と異なり、シューズ着用時はシューズ内部の蒸れ・臭い等の靴内微気候が問題となる。

本研究では、看護師用の靴タイプナースシューズの開発を支援することを目的とし、メッシュの有無による吸湿量の変化について検討した。

2　実験方法

2．1　ナースシューズの試作

図１に示すメッシュタイプと従来タイプの２種類のナースシューズを試作した。



図１　ナースシューズ（甲の部分）

2．2　ナースシューズの着用方法

５名の一般女性の中から、モニター（靴のサイズ24.0cm）１名を選抜し、左足にメッシュタイプ、右足に従来タイプのシューズをそれぞれ着用した。左右のシューズタイプは、測定日毎に変更した。

2．3　吸湿量の測定

ろ紙（№３、70φ）を中敷の上に敷き、シューズを着用した。１日に２回（午前９時から午後１時、午後１時から５時）４時間着用した後、ろ紙を回収、電子天秤で0.1mgまで測定し、着用前後の重量変化量を算出した。

次に、重量変化量をろ紙１ｇあたりの吸湿量に換算、さらに、従来タイプの吸湿量に対するメッシュタイプの吸湿量を吸湿比とした。

3　結果と考察

モニターがナースシューズを10日間着用した結果を図２に示した。

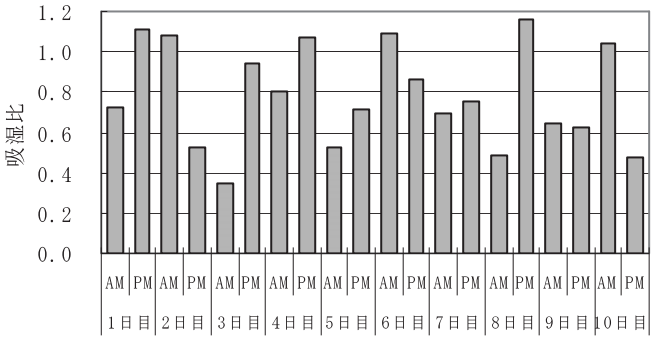


図２　従来タイプに対するメッシュタイプの吸湿比の変化

吸湿比が1.0未満であれば、メッシュタイプの方が従来タイプより吸湿量が少ないことを示し、通気性の向上に対し、甲に設けたメッシュの効果があると考えられる。

10日間で20回の実験を行ったところ、1.0未満は14回であった。また、全20回の結果を平均すると吸湿比は0.8である。よって、メッシュタイプは従来タイプと比較すると、概ね20％の吸湿量の低下が認められる。

看護師は長時間シューズを履いて勤務するため、蒸れの問題は切実である。今回の検討に用いたナースシューズはつま先部が閉じた靴タイプであり、甲に僅かなメッシュ部を設けることで蒸れの改善につながると考えられる。

4　結　　論

ろ紙を用いた簡便な手法により、シューズ内の吸湿量を比較できることが明らかになった。

メッシュタイプの吸湿量は従来タイプより約**20**％少ない傾向が認められたため、蒸れ性の改善に一定の効果があると推察した。

5　謝　　辞

本研究にあたり、ナースシューズを提供いただいた被災地労働者企業組合に感謝いたします。

（文責　鷲家洋彦）
（校閲　森　　勝）

[経常研究]

15　材料表面に吸着したタンパク質の評価に関する検討

森　　勝，泉　宏和

1　目　　的

バイオマテリアル開発において固体表面へのタンパク質の吸着は重要である。吸着したタンパク質の定量はエリプソメトリー、フーリエ変換赤外分光分析、原子間力顕微鏡、表面プラズモンなどの様々な方法で研究されている。これらの研究では、自己組織化単分子膜上へ吸着したタンパク質の定量[1)]が多い。筆者らは企業と共同でプラズマ重合膜へのタンパク質の吸着抑制などの研究を行っている。本研究ではIRAS（高感度反射赤外分光法）による吸着タンパク質の定量化について、プラズマ重合膜に代わり、高分子のキャスト膜を用いて検討した。

2　実験方法

2．1　試料

高分子はEPDM（エチレンープロピレンゴム）（JSR㈱製EP24)およびBR（ポリブタジエンゴム）（JSR㈱製BR01)を用いた。タンパク質は牛血清アルブミン(BSA)(SIGMA社)を用いた。IRAS用基板は日本分光㈱製赤外RASリファレンスミラーを用いた。BSAは1/15Mリン酸緩衝液を用いて1mg/mlに調製した。IRAS用基板は所定の方法[1)]で洗浄した。

2．2　BSAの吸着

EPDMおよびBRの0.1mg/mlトルエン溶液を作成し、10μlをIRAS用基板に滴下し直径約1cmのキャスト膜を作成した。これをBSAのリン酸緩衝液に室温で２時間浸漬後、リン酸緩衝液、続いて、蒸留水で洗浄した。

2．3　IRAS測定

フーリエ変換赤外分光光度計は日本分光㈱製FT/IR660Plusを用い、日本分光㈱製高感度反射測定装置RAS-400/Hを取り付けた。入射角は80°で、偏光子を用いてp偏光でBSA吸着前後のIRASスペクトルを測定した。

3　結果と考察

図１にBSAを吸着前(a)、後(b)のEPDMのIRASスペクトルを示す。(a)では、EPDMの吸収が1461,1376および1182cm^{-1}に観測された。(b)ではこれら以外にBSAに基づくアミドI（C=O伸縮）およびアミドII（N-H面内変角とC-N伸縮の結合)吸収がそれぞれ1655および1545cm^{-1}に観測された。図２にBSAを吸着前(a)、後(b)のBRのIRASスペクトルを示す。(a)では、BRの吸収が1652,1455,1408および1310cm^{-1}に観測された。(b)ではこれら以外にアミドIIの吸収が観測された。アミドIの吸収はBRの吸収と重なっている。

以上のことからアミドIまたはアミドIIの吸光度からタンパク質の吸着量を求めることが可能であると考えられる。ただし、BRのように高分子薄膜の吸収がアミドIまたはアミドIIの吸収と重なっている場合は差スペクトルをとることが必要である。

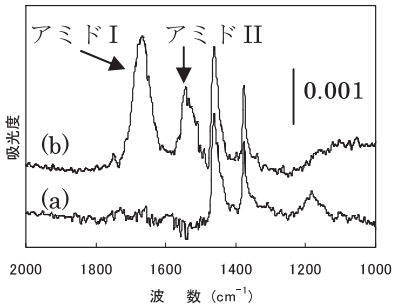


図１　BSAを吸着前後のEPDMのIRASスペクトル
(a)BSA吸着前、(b)BSA吸着後

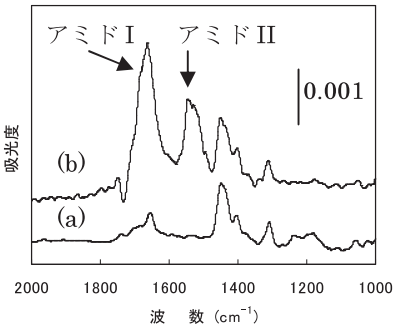


図２　BSAを吸着前後のBRのIRASスペクトル
(a)BSA吸着前、(b)BSA吸着後

4　結　　論

高分子キャスト膜表面に吸着したタンパク質の定量化へのIRAS法の検討を行った。今回は、IRASスペクトルの測定だけで定量までは行わなかったが、今後、BSAの吸光係数の測定、あるいはBCA（ビシンコニン酸）法などの分光光度計を用いた測定法による定量分析結果と比較することにより、吸着量に換算する予定である。

参 考 文 献

1)M.Lestelius,B.Liedberg,and P.Tengvall, *Langmuir*, 13, 5900 (1997).

（文責　森　　勝）（校閲　柏井茂雄）

〔経常研究：光記録材料用有機薄膜の特性改善に関する開発〕

16　無機ー有機複合材料の書き換え可能型光記録素子への応用に関する研究

石原マリ，平瀬龍二，森　　勝

1　目　　的

有機材料系書き換え可能型光記録素子開発のため、非破壊読み出し性能の向上を目指し可逆的に光に応答する有機化合物（フォトクロミック化合物）の新規合成等が検討されている[1)]。これまで、一種類の有機材料を用いて"書込み・消去・読出し"が行われているのに対し、"書込み”および"消去"の際に用いる光と異なる波長の光で"読出し"を行うことができれば非破壊読み出し性能が向上すると考えられる。

われわれは、有機材料系書き換え可能型光記録素子における非破壊読み出し性能向上に寄与する技術の確立を目的として、"書込み・消去"用と"読出し"用の二種類の有機材料を含む薄膜を書き換え可能型光記録素子用材料として提案し[2)]、その作製を行ってきた。その結果、二種類の有機色素および無機層状化合物からなる薄膜において、フォトクロミズムを通常示さない有機色素の電子吸収スペクトルを光照射によりわずかながら変化させることができた。本研究では、フォトクロミズムを通常示さない有機色素の電子吸収スペクルが光照射により著しく変化する薄膜の作製を目的として、二種類の有機材料と無機層状化合物を含む薄膜を作製し、その光応答性を調べた。

2　実験方法

無機層状化合物(SWN)をイオン交換水中で超音波分散後、ジアリールエテン系フォトクロミック化合物(D1)、シアニン色素(NK3175)のエタノール溶液を加え撹拌することにより、少し粘性のある青色液体を得た。得られた液体を石英基板上に滴下、乾燥させて試料とした。試料への紫外光照射前後の電子吸収スペクトルを測定した。

3　結果と考察

図１に、作製した試料の紫外光照射前および紫外光照射後の電子吸収スペクトルを示す。

光照射前のスペクトルa)においては、NK3175に基づく655および605 nmに吸収バンドが観測された。

これに紫外光照射すると、スペクトルb)は、D1のみならず通常は光応答性を示さないNK3175に基づくスペクトル変化を観測することができた。NK3175に基づく655および605 nmの吸収バンド強度は大きく減少した。

この吸収バンド強度変化は、これまでに検討した系の中で最大であった。また、340～560 nm付近のブロードな吸収とともに530 および410 nmに吸収極大を示す吸収バンドが現れた。340～560 nm付近の吸収バンドは、紫外光照射により生成するD1閉環体とよく一致している。また、530 および410 nmの吸収バンドは、NK3175の凝集体に基づくと考えられる。

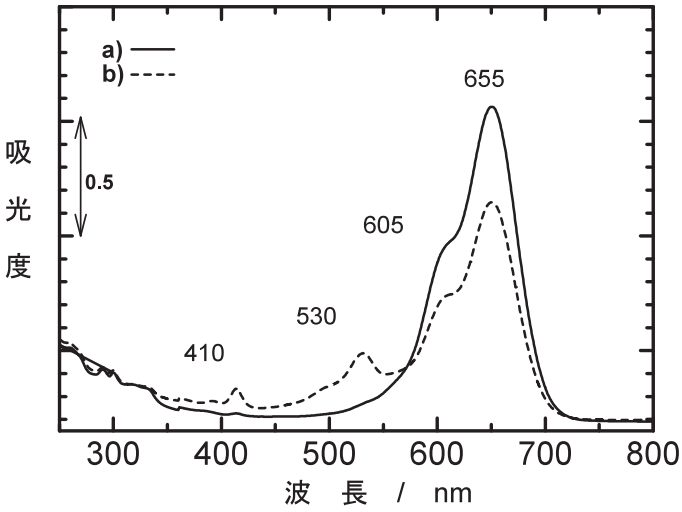


図１　D1, NK3175 および SWN を含む薄膜の電子吸収スペクトル　a) 紫外光照射前、b) 紫外光 5 分間照射後

4　結　　論

ジアリールエテン系フォトクロミック化合物 D1、シアニン色素 NK3175および無機層状化合物 SWNを含む薄膜を作製し、その光照射前後の電子吸収スペクトルを測定した。紫外光照射により、フォトクロミズムを通常示さないNK3175の著しいスペクトル変化を観測した。

参 考 文 献

1) たとえば、M.Irie, Chem.Rev., 100, 1685(2000).
2) 石原マリ，科学と工業，78(11), 570(2004).

（文責　石原マリ）
（校閲　森　　勝）

〔経常研究〕

17　非破壊読み出し可能な有機材料系光機能性素子の開発

石原マリ，平瀬龍二

1　目　　的

光機能性有機薄膜は、光スイッチング素子や光メモリ素子などへの応用の観点から注目されている。有機材料系光メモリ素子は、再生専用型および追記型としてCDやCD-R等が実用化されているが、書き換え可能型としては無機材料系のみが実用化されている。有機材料系素子は、無機材料系素子と比較して、低コスト化が可能、高速・高密度記録が可能などの点で優位であり、その書き換え可能型素子の実用化が期待されている[1)]。有機材料系書き換え可能型光記録素子の開発のために、可逆的に光に応答する有機化合物（フォトクロミック化合物）の新規合成等が検討されているが、非破壊読み出し（書き込んだ情報を変化させることなく読み出すこと）性能等に問題がある。

われわれは、有機材料系書き換え可能型光記録素子の非破壊読み出し性能向上に寄与する技術開発を目的として、″書込み・消去″用と″読出し″用の二種類の有機材料を含む素子構造を提案し[2)]、これらの有効な有機材料の組み合わせに関する知見を得るとともに、これを用いる素子の作製を行ってきた[3)]。本研究では、二種類の有機材料および無機層状化合物を含む薄膜の作製ならびに光応答性を調べた。

2　実験方法

有機材料として、フォトクロミック化合物(SP98)およびシアニン色素(NK3175)、および無機層状化合物(SWN)を用いた。

SWNをイオン交換水中60分間超音波分散後、室温、暗所でSP98のエタノール溶液を加えて70時間撹拌し、白色溶液および白色の細かい粒子を得た。これを吸引ろ過して得たろ液に、NK3175のエタノール溶液を加え室温、暗所で20日間静置して、青色溶液を得た。得られた溶液を石英基板上に滴下、乾燥させて試料とした。試料への紫外光照射前後の電子吸収スペクトルを測定した。

3　結果と考察

作製した薄膜について、紫外光照射前(a)、紫外光照射後(b)の電子吸収スペクトルを測定した（図１）。その結果、薄膜に光照射することにより、SP98およびNK3175に基づく吸収スペクトル変化を観測した。

紫外光照射前のスペクトル(a)においては、NK3175に基づく吸収バンドが605および655 nmに観測された。これに紫外光を照射した後のスペクトル(b)において、530 nmに吸収バンドが現れ、NK3175に基づく605および655 nmの吸収バンド強度はわずかに減少した。530 nmの吸収バンドは、SP98のフォトクロミック反応により生成した化学種に基づくものと考えられる。

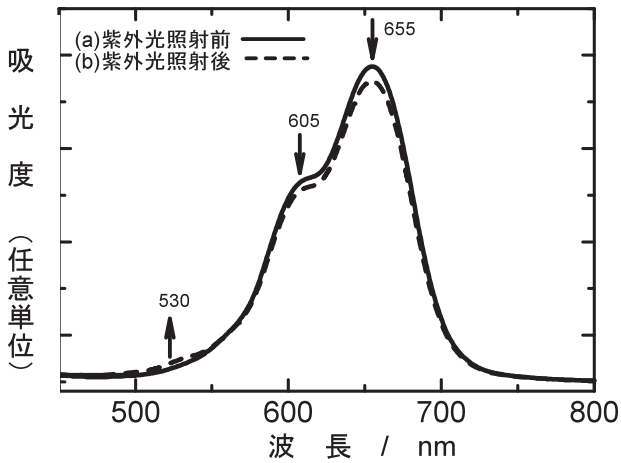


図１　SP98, NK3175 および SWN を含む薄膜の電子吸収スペクトル

4　結　　論

二種類の有機材料（SP98およびNK3175）および無機層状化合物を含む薄膜の作製およびその光応答性を検討した。その結果、作製した薄膜への光照射によりSP98およびNK3175に基づくスペクトル変化を観測した。通常は光照射により変化しない有機色素の電子吸収スペクトルを光照射により変化させることができた。

参 考 文 献

1) たとえば、市村國宏　監修：クロミック材料の開発, ㈱シーエムシー, p.3(2000).
2) 石原マリ, 科学と工業, 78(11), 570(2004).
3) 石原マリ, 森　勝, 平瀬龍二, 志方　徹, 柏井茂雄, 元山宗之, 平成16年度兵庫県イノベーション・インキュベートF/S事業報告書.

（文責　石原マリ）
（校閲　森　　勝）

〔技術改善研究〕

18　高速走査型非接触オンマシン計測技術の開発研究

阿部　剛，有年雅敏

1　目　　的

最近、複雑形状の金型、精密機械部品などに対しては、厳しい寸法・形状精度が要求されている。機械加工時に発生する様々な要因によって、所定の寸法・形状精度を満たさない場合がある。加工誤差が大きい場合は、加工物を工作機械から取り外して、三次元測定機で測定後、熟練と技能を要する手作業による修正加工を行う。あるいは修正用のNCプログラムを用意して再度工作機械に取り付けて機械加工を行う。このような修正加工に関して、金型業界、精密機械加工業界から、以下の問題点が指摘されている。

①修正加工は多くの時間を要するため、納期の短縮化が困難
②煩雑な修正加工は、コスト高になる
③加工物を工作機械から取り外して三次元測定機で測定後、再度工作機械に取り付けた場合、位置決め精度の再現が困難

このため、金型、精密機械加工業界では、高能率で形状・寸法精度を高精度で測定可能な、オンマシン計測技術の開発を要望している。

本研究は、上記問題点を解決するため、加工物をNC工作機に取り付けたまま、NC工作機上で非接触式により高速で測定する、新しい計測技術の開発を目的とする。本報告では、測定方法、試作した実験装置および実験結果について述べる。

2　測定原理および実験装置

2．1　高速走査型非接触オンマシン計測技術の原理

NC工作機械上で高精度かつ高能率に三次元測定を行うためには、以下の項目が必要である。

①多点測定が可能なこと
②傾斜や曲面の連続測定が可能なこと
③高速で測定可能なこと

そこで、本研究ではセンサー部分に、非接触のレーザ変位計を採用し、工作機械の主軸に取り付ける。主軸の動作制御は、仮想倣い加工システムを使用した。レーザ変位計は測定距離を基準に、測定可能な範囲が限定されている。そのため、加工物の形状が常に、レーザ変位計の測定範囲に入るように、主軸の走査を仮想倣い加工システムを用いて制御する（図１参照）。

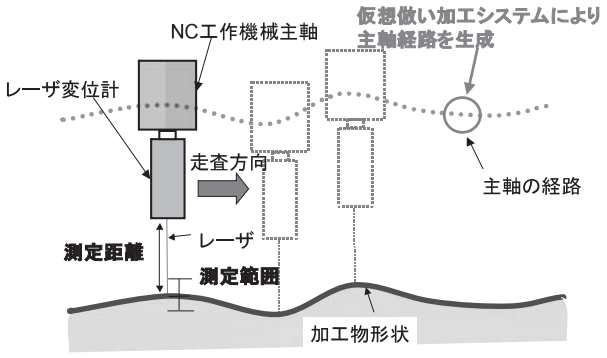


図１　高速走査型非接触オンマシン計測の原理

2．2　仮想倣い加工システム

本研究で用いる仮想倣い加工システム[1)]は、実際の倣い加工の制御方法を計算機上にモデル化するという方法である。

倣い加工は、マスタモデルの表面上にトレーサヘッドのプローブを接触させることで行われる。トレーサヘッドをマスタモデル表面に接触させると、先端のプローブはモデル表面の法線方向に変位する。倣い制御の特徴は、変位量の大きさと方向を利用して送り速度を計算できることである。

仮想倣い制御においては、図２に示すように、３次元CADで設計された仮想マスタモデルと仮想プローブの幾何学的干渉から、その時の最大干渉量を実際の倣い制御で検出される変位量とし、方向と送り速度を決定する。

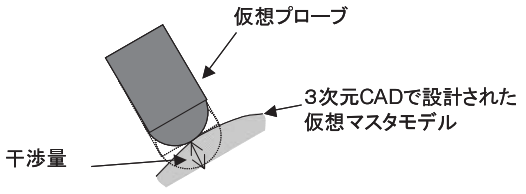


図２　仮想倣い加工システムの原理

2．3　実験装置

本研究で開発した実験装置の構成を図３に示す。本計測システムの主な機能は、レーザ変位計の測定値と工作機械主軸の機械座標を同期させ、測定結果として出力することである。本計測システムで用いたレーザ変位計（KEYENCE LK-G30）の仕様は、測定距離30mm、測定範囲±5mm、繰り返し精度は0.05μmである。工作機械の位置決め精度は各軸とも±2.5μm、繰り返し精度1.5μmである。

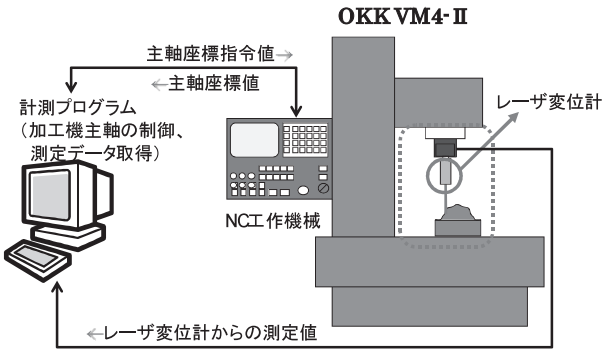


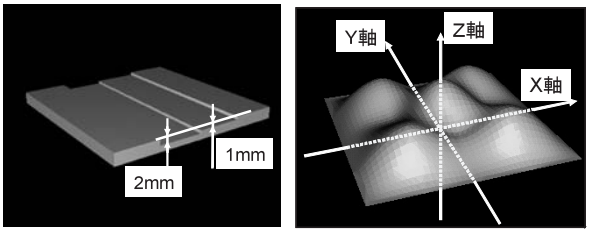
図３　オンマシン計測システム構成図

３　結果と考察

本実験に用いた2つのモデルを図４に示す。主な測定条件は以下のとおりである。

・指令送り速度：200mm/min

・サンプリング間隔：16ms



(a)段差形状モデル　　(b)自由曲面モデル

図４　実験用モデル

３．１　再現性実験

まず、図４(a)に示す段差形状モデルを用いて、本計測システムの再現性実験を行った。同経路を５回測定し、設計データとの差を比較した。図５に測定データと設計データを比較した結果を示す。５回分の測定データを比較し、差を計算することにより本計測システムの再現性を評価した。その結果、繰り返し動作精度は30μm以内であった。

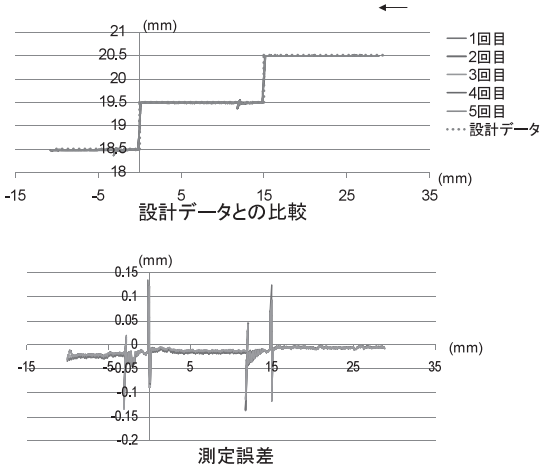


図５　再現性実験の結果

３．２　形状測定実験

図４(b)に示す自由曲面モデルを用いて、本計測システムの形状測定実験を行った。測定精度に対する評価は、同じ箇所を三次元測定機（Carl Zeiss社製 PRISMO5型）で測定したデータとの比較で行った。

図６に形状測定実験の結果を示す。測定誤差は30μm～100μmであることが明らかになった。

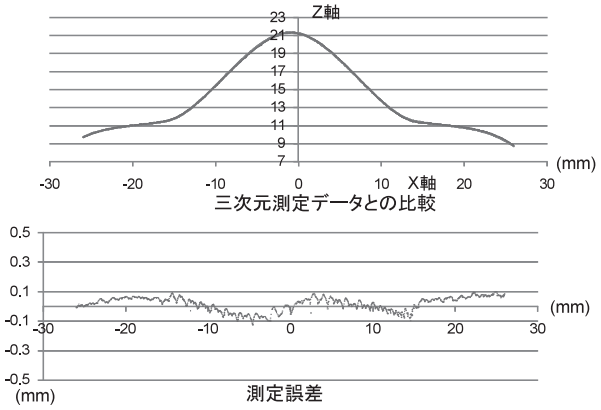


図６　形状測定実験の結果

以上より、毎秒約60測定点、約3mm/sで測定が可能なことから、オンマシンでの高速かつ多点での測定できることが確認できた。しかし、繰り返し動作精度と測定誤差が、工作機械の動作精度に比べて大きくなった。原因の一つは、加工機本体の持つ固有の空間座標誤差であると考えられる。工作機械の位置決め精度の仕様は、各軸について保証するものであり、空間移動時の誤差はより大きくなる。空間座標誤差を補正することによって、測定精度を改善できると考えられる。

４　結　　論

高速走査型非接触オンマシン計測システムを試作し、測定実験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

１）オンマシン計測システムの再現性実験

　繰り返し動作精度：約30μm以内

２）形状測定実験

　データ取り込み：毎秒約60測定点

　測定スピード：約3mm／s

　測定誤差：30μm～100μm

傾斜角度の大きい形状や、垂直な壁部分で大きな誤差が発生することが確認できた。

参 考 文 献

1) 白瀬敬一他：NCプログラムを必要としない機械加工のための仮想倣い加工システムの開発（第1報），日本機械学会論文集（C），66-644，(2000)，1368-1373.

（文責　阿部　剛）

（校閲　有年雅敏）

〔経常研究〕

19　バレル研磨特性のデータベース化に関する研究

山本章裕

1　目　　的

バレル研磨法は非常に応用範囲の広い加工法であり、工程の合理化・省力化ならびに品質の安定化のために、多くの工場で利用されている。しかし、応用範囲が広いだけに、その研磨条件の選定は難しく、経験と勘による試行錯誤で行われている。そこで、本研究では研磨条件を合理的に選定するため、バレル研磨特性のデータベース化について検討する。

2　データベースと検索法

2．1 データシート

バレル研磨特性のデータベースは、研磨条件毎に研磨結果が記入されたデータシートで構成される。

本研究では、研磨時間以外の研磨条件を固定し、研磨時間を変化させたときの仕上げ面粗さを一連のデータとして一枚のデータシートとした。すなわち、これが検索用ソフトのエクセルにおけるシートになる。

一枚のデータシートには、①工作物材種（材質、材種、硬さ）、②研磨方法（研磨装置、バレル容量、回転数、メーカ、型番）、③コンパウンド（種類、量、メーカ）、④メディア（研磨石）（形状、寸法、量、メーカ、型番）および⑤工作物材種毎に研磨時間と仕上げ面粗さ（実験データ）が記入されている。

2．2　研磨条件の選定方法

バレル研磨条件の選定においては、研磨方法（装置）、工作物材種、目的とする仕上げ面粗さが前提条件として存在すると考えられる。

そこで、これらの検索条件を入力することにより、検索条件と一致するデータシートの中から最短時間で目的とする仕上げ面粗さに到達できるデータシートを選び出し、そのデータシートの必要な部分を表示することが、バレル研磨条件の選定ということになる。

図１は、検索用ソフトのプログラムの流れを示す。

図２は、検索結果、すなわちバレル研磨条件の選定結果を表示する画面で、目的とする仕上げ面粗さに最も近いデータの部分の色が変わるようになっている。

3　結　　論

バレル研磨特性のデータベース化と研磨条件を合理的に選定するためのプログラムを試作した。今後、工作物の形状を追加するなどデータシートの充実を図り、それに対応するプログラムの改良を行う予定である。

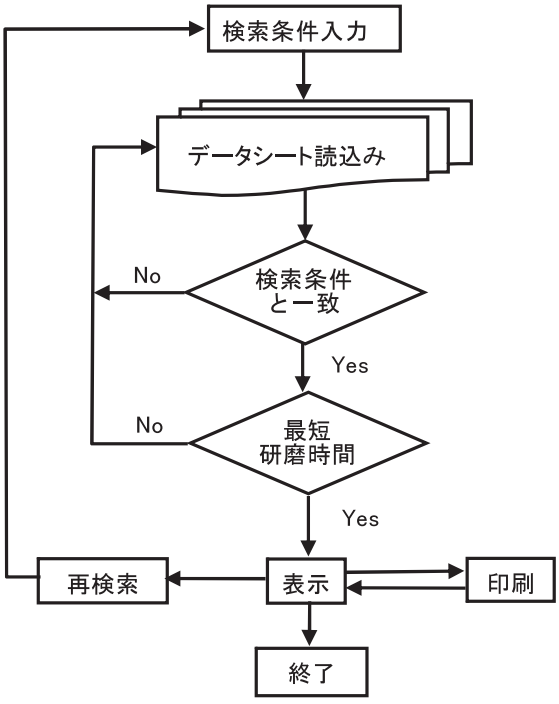


図１　プログラムの流れ

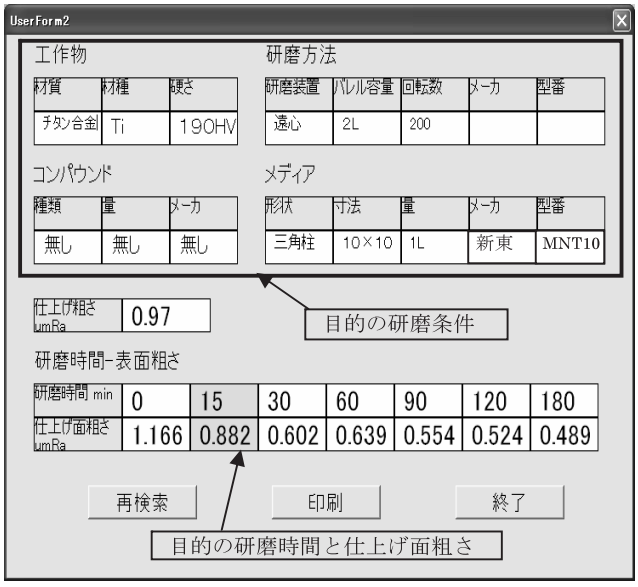


図２　検索結果画面

（文責　山本章裕）
（校閲　石原嗣生）

〔経常研究〕

20　電子デバイス材料の高能率高精度加工

柴原正文

1　緒　　言

水晶振動子は、携帯電話、光通信、デジタル家電、OA機器などあらゆる情報通信機器に内蔵されている。これら情報通信機器の扱うデータ量はますます増加しており、機器の処理速度の向上は一層求められている。そのためには、水晶振動子の発する基本周波数を上げる必要があり、より一層の水晶振動子の高周波化、高精度化が求められている。しかし、従来の両面機械研磨による水晶ウエハの薄片化は、水晶ウエハならびにウエハの保持ジグの機械的強度の観点から、30μm 程度で限界に達している。また、研磨中の面圧ムラに起因して研磨後の水晶ウエハに厚さムラが生じてしまう等、加工精度でも問題を抱えている[1)]。

そこで、水晶ウエハの厚さムラを解消するとともに機械研磨の限界を超えて薄片化することができる手法として、大気圧プラズマを利用した超精密加工法である Plasma Chemical Vaporization Machining 法（以下、PCVM と称す）を用いて、水晶ウエハの厚さムラを高能率・高精度に除去する数値制御加工プロセスを提案してきた。PCVM は、大気圧プラズマで生成した中性ラジカルを利用する化学的な非接触加工法であり、局所的に発生させたプラズマに対して被加工物の滞留時間を制御することにより、無歪み高精度な形状創成を行うことができる。

当所では、水晶ウエハ加工用装置の製作と性能評価を行い、PCVM 数値制御加工による水晶ウエハの薄片化が安定して行えることを示してきた[2)]。しかし、これまでの PCVM は加工雰囲気をすべてプロセスガスで置換するために、真空チャンバーや高価な排気ポンプ等を必要とし、また、ガス排気・充填ならびに被加工材のセッティングに長時間を要するため、汎用的な超精密加工法として実用化する上では障害となっていた。本研究では、構成機器の簡素化による加工コスト低減化を実現するために、完全に大気開放型の PCVM 加工装置の開発とすることを目的とした。

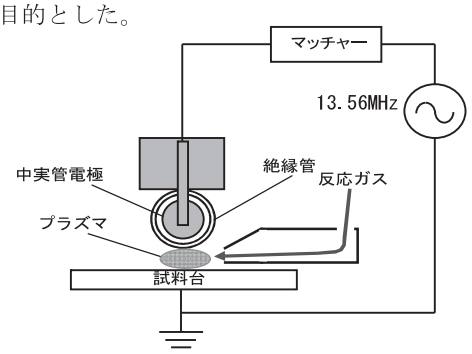


図１　大気開放型 PCVM 装置の概念図

2　実験方法

真空チャンバーや高価な排気ポンプ等の構成機器を簡素化するために、図 1 に示す完全に大気開放型の PCVM 装置を開発した。加工プロセスを被加工材に対して長尺状の加工領域を 1 次元に数値制御走査する方式を採用することで、水晶ウエハの厚さムラを高能率に除去することができる。本装置を用いて、水晶ウエハの高い加工速度が得られるように、最適な外部パラメータ条件を見出した。



図２　長尺状大気圧プラズマの発生状況

3　結果と考察

本研究では、図 2 に示すように大気開放下においても安定かつ高効率にプラズマの発生・維持が可能となる完全大気開放型の PCVM 加工装置を開発することができた。以下に得られた研究成果を示す。

(1) PCVM では、電極の表面状態が反応ガスによるフッ化、酸化などにより変化し加工再現性が低下してしまう。アルミ合金製の電極では、これらの現象を防止するために耐食性の絶縁体材料で電極表面をコーティングすることが最良な対応策であるが、今回、電極外周面にセラミック製パイプを被せるという簡易的な対応策を考案した。

(2) 大気開放型のプラズマプロセスにおいて、大気環境からの不純物（水分、有機物、窒素等）の混入は被加工材の表面粗さを劣化させると考えられた。そこで、大気環境からの不純物を巻き込まず、プロセスガスの組成を一定にプラズマ発生領域に供給することが可能なガス吹出ノズルを考案した。

(3) PCVM による水晶ウエハの加工速度を制御する最適な外部パラメータとして、電極に印加する高周波電力(200W)、電極と被処理材とのギャップ(500μm)、ガス流量(3L/min)、ガス組成(He:98.04%,CF_4:1.63%,O_2:0.33%)を求めて、水晶ウエハの加工速度(1μm/ min)を得た。今後とも、さらに外部パラメータを最適化して、加工速度の向上に努める。

参 考 文 献

1) 佐藤佐千雄, 砥粒加工学会誌, 41, 655 (2005)
2) 柴原正文ら, 精密工学会誌, 71, 655 (2005)

（文責　柴原正文）
（校閲　三浦久典）

21　自発溶浸法によるSUS420鋼とマグネシウムの複合材料作製

山口　篤，礒野禎三，後藤浩二，有年雅敏

1　目　　的

近年、「ものづくり」にデザインや設計段階でデジタル情報を共有する3次元デジタルシステムが導入されるとともに、造形過程においても迅速試作（RP：Rapid Prototyping)技術が使用されている。一般にその造形手法は光造形法、粒子堆積法、シート堆積法、粉末結合法などがある[1)]。造形可能な材料は樹脂や紙などに限られてきたが、最近では金属での造形も可能となってきている。

金属製品の造形を可能とする、いわゆる金属 RP 法は金属粉末の選択的レーザ焼結（SLS：Selective Laser Sintering）と積層の繰り返しによって行われ、SLS 直接法および SLS 間接法の二つの方法がある。前者は、金属粉末を強力なレーザで直接溶融凝固させて積層造形を行う手法である。後者は、樹脂を複合化した金属粉末を弱いレーザで樹脂のみを溶融・固着させて内部に多量の空孔を有するポーラスな造形体（以下、グリーン体）を作製し、後に高温・不活性雰囲気の炉内で「樹脂の熱分解（脱脂）」→「焼結」→「比較的融点の低い金属の溶浸」といった一連の過程を経て、金属粉末焼結体と溶浸金属の緻密な複合体（以下、溶浸体）を得る方法である。SLS 直接法では、炭素鋼[2)]やチタン[3)]等の金属粉末を用いた報告があり、一部は実用化されている。しかしながら、SLS 直接法は金属を溶融させる性質上、寸法精度や中空部分を含む複雑形状の造形には課題を残している。

一方、SLS 間接法は、モーターポンプインペラ、配管部品など、中空形状を含む金属部品を短納期・省コストで精度良く作製できる手法として有効である。積層造形用金属粉末は、市販の樹脂複合化 SUS420 鋼粉末が用いられ、Cu-Sn 合金[4)]や Cu-Al 合金[5)]を溶浸させた報告がされている。

今後、自動車部品や航空機部品等に金属 RP 技術を適応するためには、溶浸体の軽量化が必要とされている。そこで、本研究では、従来の銅系よりも軽量な溶浸体の作製を目的とし、マグネシウムの溶浸実験を行ったので報告する。

2　実験方法

積層造形粉末は、樹脂を複合化した SUS420 鋼粉末”Laser Form ST-200”（3D システムズ社製）を用いた。

脱脂後の粉末の化学組成を表1に示す。積層造形は、粉末積層焼結装置“SLS SinterStation HiQ”（3D システムズ社製）を使用して行い、レーザ出力を 17～23W、積層厚を 50μm/層とした。間接法では、目的とする造形物に溶融金属を毛管現象によって溶浸させるため、タブとよばれる台座が必要となる。本実験では、断面組織観察や機械的性質測定に用いる引張試験型造形体と平板型タブを一体として設計し、積層造形を行った（図１）。

溶浸金属は、表２に示す化学組成の工業用純マグネシウム(以降、Mg)および高強度の Zn-Zr 系マグネシウム合金(以降、ZK60A)を用いた。熱処理は、タブの両端に溶浸金属を設置し、図２の温度制御プログラムを適用して行った。樹脂成分の熱分解のために 500℃で 30 分保持し、その後、溶浸金属の液相線温度よりも約 50 ℃高い 700 ℃で溶浸を行った。炉内には、毎分 0.8 L で 5 ％水素-アルゴン混合ガスを流し続けた。昇温に伴って溶浸金属が溶解し、毛管現象によってグリーン体内部に浸透することで SUS420 鋼粒子とマグネシウム合金が複合した溶浸体が完成する。溶浸後は、溶浸体を切断して、断面組織観察、引張試験、硬さ試験を行った。また、密度測定にはアルキメデス法を用いた。

表１ 積層造形に用いた金属粉末の化学組成(mass%)

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Fe
SUS420	0.42	0.50	0.26	13.2	0.41	0.78	Bal.

表２ 溶浸金属の化学組成（mass%）

	Zn	Mn	Zr	Mg
Mg	0.02	0.03	—	Bal.
ZK60A	4.80	—	0.67	Bal.

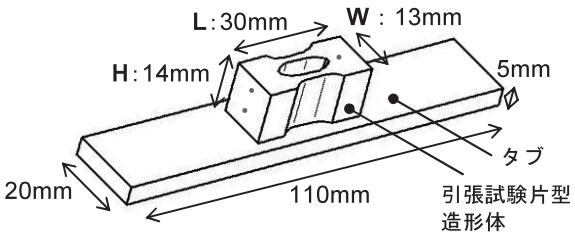


図１　試験片の寸法（設計値）

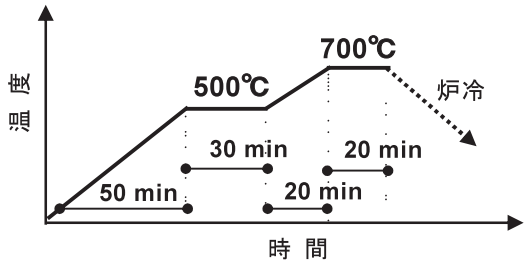


図２　温度制御

３　結果と考察

図３は、Mg 溶浸実験後の外観写真である。タブの両端に設置していた Mg は、熱処理によって溶解し、溶浸前の外観を留めていない。引張試験片型造形体の表面は、光沢のある金属色で覆われ、溶解した Mg は毛管現象によってタブを通じて引張試験片型造形体へ到達したと考えられる。ZK60A の場合においても、同様の結果を示した。Mg 溶浸体の寸法は L：29.99mm、W：12.96mm、H：13.98mm で、図１の設計値にほぼ等しい。また、溶浸体の形状の崩れや、反りは見られなかった。図４は、Mg 溶浸体を図１の破線位置で切断、研磨して撮影した断面組織写真である。この写真では、SUS420 鋼粒子の空隙を Mg が満たしている様子を観察できる。Mg は、引張試験型造形体の端部まで満たし、緻密な SUS420 鋼と Mg の複合組織を形成していた。

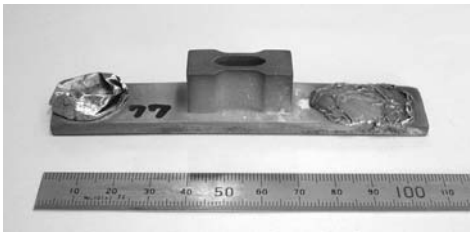


図３　溶浸後の外観

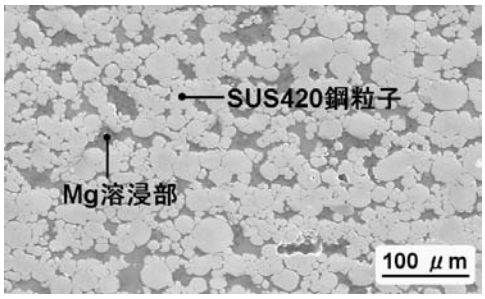


図４　Mg 溶浸体の断面組織

表３に、Mg 溶浸体、ZK60A 溶浸体および比較値として Cu-Sn 溶浸体の密度、硬さ、引張強さ、破断伸びをまとめた。Mg 溶浸体および ZK60A 溶浸体の密度はともに 4.9 Mg/m^3 であり、Cu-Sn 合金溶浸体のそれに比べて約 36 % 軽量となった。ZK60A 溶浸体の硬さおよび引張強さは、Mg 溶浸体に比べて高い値を示した。これは、ZK60A が Mg 中に Zn を固溶させて強化された合金で、溶浸後もその組成を保った結果、Mg 溶浸体よりも高強度を示したと考えられる。

Mg および ZK60A は積層造形で作製した SUS420 鋼製グリーン体へ自発溶浸可能な金属であることが明らかとなった。これにより、複雑形状を有する SUS420 鋼とマグネシウムの複合材料の作製が可能となった（図５）。

表３　マグネシウム溶浸体の諸性質

溶浸金属	Mg	ZK60A	Cu-Sn※
密　度 / Mg/m^3	4.9	4.9	7.7
硬　さ / HRB	65	72	90
引張強さ / MPa	281	311	543
破断伸び / % （ｸﾛｽﾍｯﾄﾞ移動量換算）	6.4	6.9	10.7

※比較参考

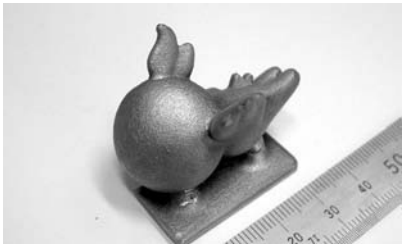


図５　Mg 溶浸体の例

４　結　　論

SLS 間接法を用いた金属 RP 造形体の軽量化を目的として、積層造形した SUS420 鋼粉末製グリーン体へ、Mg および ZK60A の溶浸実験を行った。その結果を以下にまとめる。

・Mg および ZK60A は自発溶浸可能で、SUS420 鋼粒子と Mg の緻密な複合組織を形成することが明らかとなった。

・Mg 溶浸体の密度は約 4.9 Mg/m^3 であり、従来法の Cu-Sn 合金溶浸体よりも約 36%の軽量である。

参 考 文 献

1) 丸谷洋二,早野誠治,今中暎：積層造形技術資料,オプトニクス社(2002)

2) 中本貴之, 白川信彦, 木下俊行, 宮田良雄：塑性加工連合講演会講演論文集,56,**427**(2005)

3) 三浦秀士, 長田稔子, 永田優, 石橋秀基, 上村誠：材料とプロセス,20,**1014**(2007)

4) L.L.Seng,M.Umeda,K.Maekawa,S.Iida,T.Suzuki：粉体および粉末冶金,49,**1098**(2002)

5) 山口篤, 後藤浩二, 富田友樹ら：日本金属学会講演概要,140,**464**(2007)

（文責　山口　篤）
（校閲　有年雅敏）

〔産学研究発掘・育成事業〕

22　微小化学分析システムのための表面弾性波混合器の開発

才木常正

1　目　　的

近年、医療や環境測定の分野において、微小化学分析システム（Micro Total Analysis System：μTAS）が注目されている。この理由として、①少量のサンプルで測定が可能 、②反応時間の短縮、③前処理を含めた測定の自動化などの利点が挙げられる。μTASでは、チップ上にポンプ、混合器、センサ等の複数の小型デバイスを集積化するため、各デバイスの製作プロセスが簡単であることが望まれる。特に、多く用いられているダイヤフラムポンプの構造は複雑であり、ポンプ製作に多くのプロセスが必要となる。

そこで、著者らはリソグラフィとエッチングにより簡単に作製できる弾性表面波（Surface Acoustic Wave: SAW）デバイスのポンプへの適応について検討した。SAWを用いた液体駆動アクチュエータとしては、水滴駆動に関するもの[1)]が殆どであり、チップ上での連続流体駆動に関する報告はない。以前、著者らはSAWを用いた新規の流体駆動アクチュエータを提案し、連続流体の駆動に成功した[2)]。本報告では、この流体駆動アクチュエータのμTASへの適応例として混合器を挙げ、SAWを用いた微小液体ローターを提案し、得られた回転特性について述べる。

2　SAWを用いた微小液体ローター

2．1　原　　理

提案するSAW微小液体ローターの概略を図１に示す。圧電基板上の櫛歯トランスデューサー(Interdigital Transducer：IDT)に高周波電圧を供給すると、SAWが発生する。このSAWは基板表面を伝播し、側壁下部を通って円形の液溜の底面に到達する。そして、液溜中の液体はSAWからの縦放射によるエネルギーを得て、SAWの進行方法に移動する。このとき、SAWは円形の液溜の中心軸に対して平行でずらして入射されるため、液溜中の液は回転する。この液体ローターでは、IDTを2つ用いることで液体の回転効率を上げる構造とした。また、この液体ローターでは、液溜の側壁によってIDTと液体が直接触れない構造としており、対応液体の多様性も考慮している。なお、SAWの減衰や液の回転の妨げになると考えられるために、IDT及び液溜の上部は開放している。

2．2　製　　作

製作した微小液体ローターの写真を図２に示す。この液体ローターはIDTや外部電極端子などの回路部と側壁

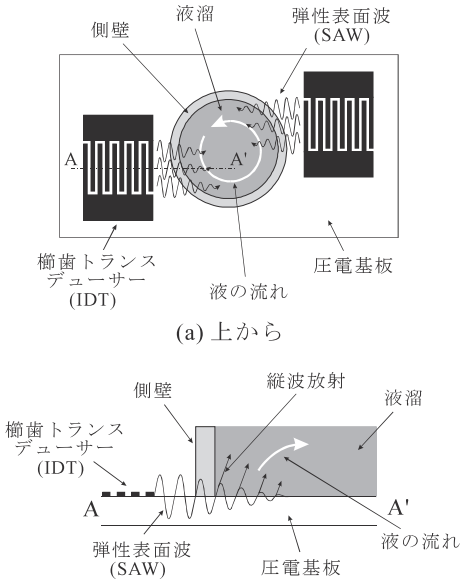


図１　提案するSAW微小液体ローターの概略

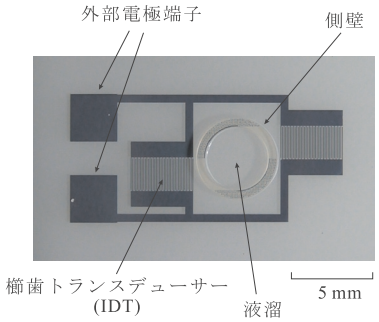


図２　製作した微小液体ローターの写真

による液溜部で構成される。IDT等は圧電基板($LiNbO_3$、128度回転Y板X伝搬)上にAl/Crをパターンニングすることで作製し、液溜の側壁は同基板上にネガ型厚膜レジスト（MicroChem製 SU-8 100）にて作製した。ちなみに、SAW入射部以外の側壁下部には、微細パターンを設けており、アンカー効果により側壁の剥離を防ぐ工夫をしている。

3　実験方法

SAW微小液体ローターの液の回転特性として、液溜中の液の回転角速度について検討した。この液の回転角速

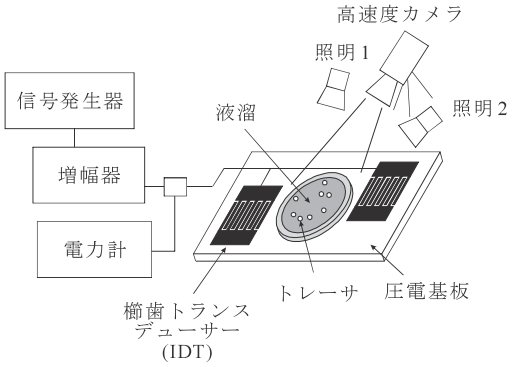


図３　液の回転角速度を計測する実験の概略

度を計測する実験の概略を図３に示す。実験前に、液溜(直径：4mm、深さ：200μm)に5μlの液体を満たした。液の流れの可視化のために、純水に有機色素（オレンジⅡ）を200対1で混ぜ、更にトレーサ（微量のアルミニューム粉）を混入した液体を使用した。実験では、信号発生器でバースト状の高周波電圧を発生させ、増幅器で増幅した。ここでは、高周波電圧として、2000周期の19.2MHzの正弦波で構成される1kHzのバースト波形を用いた。このようなバースト波形を用いることでデューティ比を約10%とし、熱による圧電基板の損傷を防いでいる。

そして、この増幅された電圧を2つのIDT(ピッチ：200μm、対数：20、開口幅：2mm)に印加することによりSAWを発生させた。ここで、IDTへの印加電圧を測定するのではなく、電力計によって供給電力Pを測定した。液の回転の様子は高速度カメラで撮影した。高速度カメラに必要な光量を得るため、2つのタングステン・ハロゲン照明で被写体を照らした。高速度カメラから得られた動画像のトレーサの位置により、液体の回転角速度ωを測定した。

4　実験結果

IDTに電力を供給（350mW）した時の液溜部の高速度連続写真を図４に示す。SAWは写真の左上から下の方向、及び右下から上の方向に液溜に入射している。○印のトレーサの位置を見ると、時間tの経過と伴に反時計回りに円運動をしている。他のトレーサの位置を含めて総合的に観測することにより、液全体が回転していることがわかった。

高速連続写真から求めた液体の回転角速度と供給電力の関係を図５に示す。この図は、IDTへ電力を供給し始めてから3秒後の結果である。横軸はIDTへの供給電力Pを、縦軸は液体の回転角速度ωを表す。また、点線は最小二乗法により求めた直線である。図より、供給電力の増加に伴い回転角速度がほぼ比例して増加し、供給電力2030mWで回転角速度330rad/sec(3,100rpm)が得られることがわかった。これ以上の供給電力になると液が噴霧化するようになった。これらのことより、SAW微小液体ローターの液の回転には適した供給電力範囲があることがわかった。

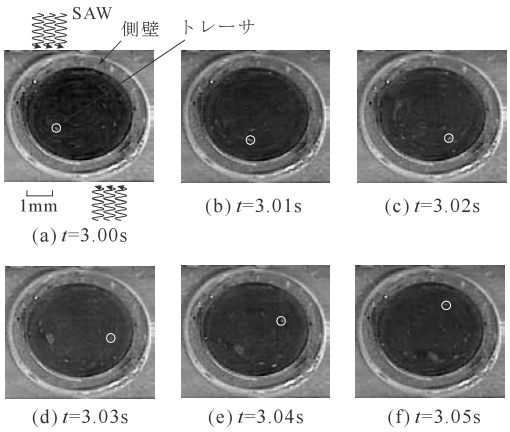


図４　IDTに電力を供給（350mW）している時の液溜部の高速度連続写真

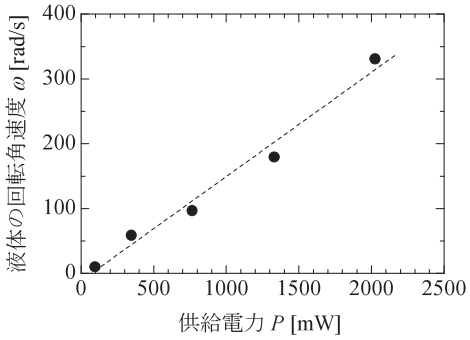


図５　供給電力と液体の回転角速度との関係

4　結　　論

μTASのための回転型混合器を念頭に置き、SAWを用いた新規の微小液体ローターを提案し、製作した。この微小液体ローターは供給電力の増加に伴い、液体の回転角速度が比例して増加することがわかった。また、2030Wを越える電力を供給すると液の噴霧化が起こり、微小液体ローターには適切な供給電力範囲があることがわかった。この微小液体ローターで得られた最高の回転数は、供給電力2030W、5μlの液体の場合、3,100rpmであった。

今後，本微小液体ローターを用いて，実際に液の混合を行い，混合効率等について調べる予定である。

参 考 文 献

1) A. Wixforth: Superlattices Microstruct., 33, 389 (2003).
2) K. Okada, D. Fukuoka, T. Saiki, and Y. Utsumi: Proc. HARMST 2007, 151 (2007).

（文責　才木常正）
（校閲　石原嗣生）

〔技術改善研究、兵庫県ＣＯＥプログラム推進事業等〕

23　関節駆動型マネキンの開発

後藤泰徳，平田一郎，安藤隆志，中本裕之，後藤浩二，礒野禎三，有年雅敏

１　目　　的

神戸はファッション産業が集積し、ロボットベンチャー企業も多い。神戸特有の産業資源を活かすため、ファッション産業向けに新たな衣服の表現手段となり、ロボットベンチャー企業が取り組むことのできる新たな製品像として「関節駆動型マネキン」の研究開発に取り組んだ。

本研究開発では衣服の視覚的効果を高めるため、マネキンをロボット化してファッションモデルのように美しい動きを持たせ、各関節をアクチュエータにより駆動制御することで、魅力的なポーズの表現が可能なマネキン型ロボットの開発を行った。

２　魅力的な動きの考察

本研究開発では、実機製作の前に実際のファッションモデルによる動作観察を行った。観察の結果、ファッションモデルの動きは２つに大別されることがわかった。一つは、「ウォーキング＝舞台上の歩行」で、もう一つは「ポージング＝静止状態での決めの姿勢」である。ウォーキング時においては、胸部と腰部をねじると同時に、体側における肩と股関節の距離が左右交互に開く動きにより、胴体の躍動的な動きを表現していた。

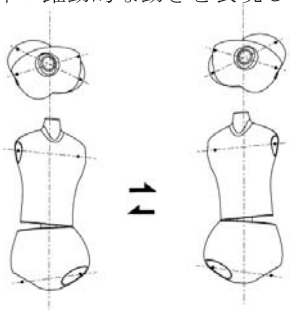
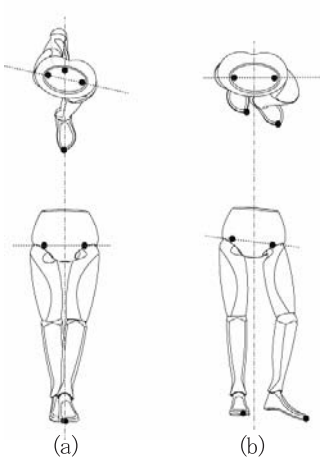


図１　ウォーキング時のモデルの動き

ポージングにおいては、女性の身体の美しさを強調するため、バストからウェスト、ウェストからヒップにかけての曲面を強調するような姿勢をとることが多かった。例えば、図２(a)のように左右脚足先を交差したり、図２(b)のように片脚を軸脚にしてもう片脚を股関節から外側に開くことで、ヒップラインを強調するような姿勢をとる。そこで、トルソータイプマネキンでは、ウォーキング時の動きを表現、全身タイプマネキンでは、ポージング時の姿勢表現に重点を置き、機構設計を行った。



(a)　　(b)

図２　ポージング時のモデルの姿勢
～ヒップラインを強調するポージング



(a)　　(b)　　(c)

図３　制作したトルソータイプマネキン

３　トルソータイプマネキンの開発

トルソータイプマネキンでは、図１のように体側における肩と股関節の距離が左右交互に開く動きと腰のねじれとの連動を実現するため、図３(a)の骨格機構に、薄肉化した胸部と腰部の胴体外装を取り付ける機構にした（図３(b),(c)）。図４(a)は図３(a)の正面図である。アルミ製横木①と③に堅結した２つの滑車間にベルト③が８の字状に架けることで、アルミ製横木①の回転運動がアルミ製横木③に逆回転に伝達する機構を考案した結果、体側における肩と股関節の距離が左右交互に開く動きを表現することができた。

図４(b)は図４(a)④部分の斜視拡大図である。背骨にあたる支柱は図４(b)⑤と⑥に分離し、各々が４つの滑車に架けたベルトによって反対方向に回転する機構を考案した。この機構により腰のねじれを表現することができた。以上の上下揺動とねじれを連動することで、図５のようなファッションモデルのウォーキング時の動きを表現することができた。

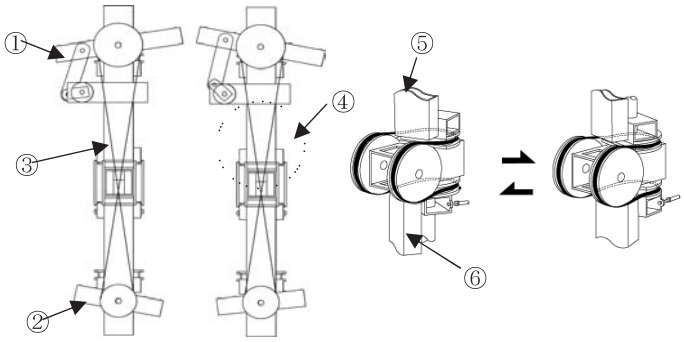


図４　トルソーマネキンの内部機構

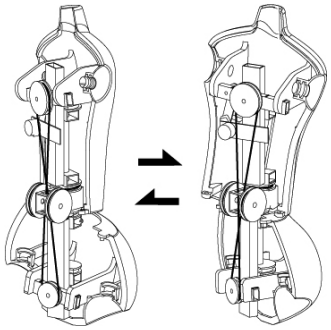


図５　トルソーマネキンの動作例

４　全身タイプマネキンの開発

全身タイプマネキンは、図６に示すように着脱性を確保するため、各部位ごとのモジュールに分割した。左脚を台座に固定立脚とし、右脚を遊脚とした。

全身タイプマネキンでは、図２に示すようなポーズを表現するため、腰と脚モジュールの連動に重点を置き、設計を進めた。この機構設計により、図７(a)のように左右脚足先を交差しながら、前方に出す脚側の股関節も追随して前方に移動する動作を可能にした。また、図７(b)のように片脚を軸脚にしてもう一方の脚を股関節から外側に開き、軸脚側の骨盤を上目に傾けるような動きを可能にした。

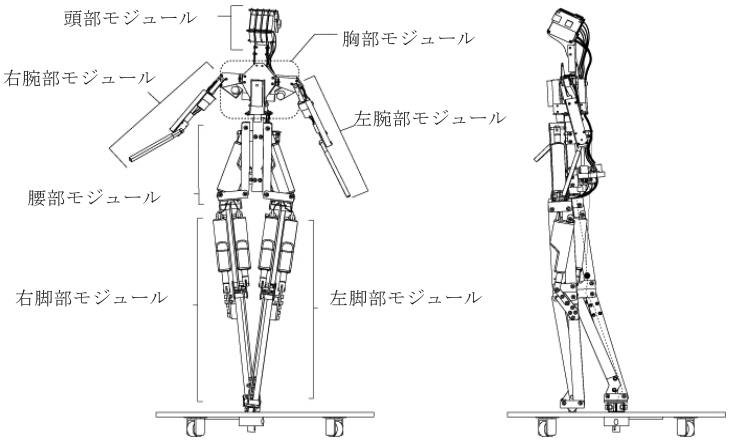


図６　全身のモジュール構成

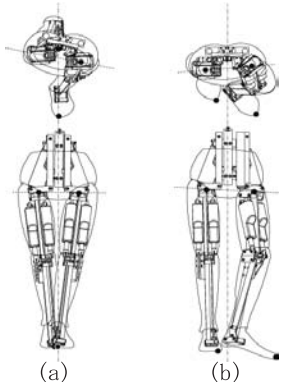


図７　腰・脚モジュール連動によるポーズ例

図８は腰部モジュールの上面図と斜視図である。図８①は電動シリンダーで、その両端に図８②、③のアルミ製フレームがＬ字状に連結している。図８①の電動シリンダーが伸縮することで図８②、③のＬ字型リンクの内角度が変わる機構を考案した。

図８①の電動シリンダーを伸びると図８③が内側に回転する。この機構によって、図７(a)のように左右脚足先を交差する動きを表現可能にした。

図８④はギア付きモータで、そのシャフトが図７⑤のアルミ製リンク棒によって図８②の背面に連結している。この一連のリンク機構により、モータの回転によって図８①、②、③全体が回転する機構を考案した。図８(a)は左脚を外旋したときの状態を表し、図８(b)は左脚を内旋したときの状態を表している。この機構により、図７(b)のように、片脚を軸脚にして、もう一方の脚を股関節から外側に開く動きを可能にした。

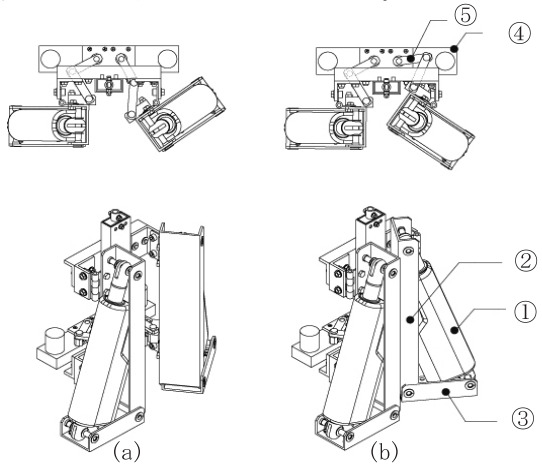


図８　腰モジュールの機構

図９は、右脚部モジュールを示すものであり、図９(b)が斜上前方より見た場合、図９(c)が斜下後方より見た場合である。右脚部モジュールのアクチュエータは腰部モジュールで用いている電動シリンダーと同型のもので、大腿に２台組み込んである。２台の電動シリンダーはそれぞれ機能分担することにした。図９①の電動シリンダーは、膝の屈伸を担い、図９②の電動シリンダーは股関節を支点に脚全体を前後に動かすためである。

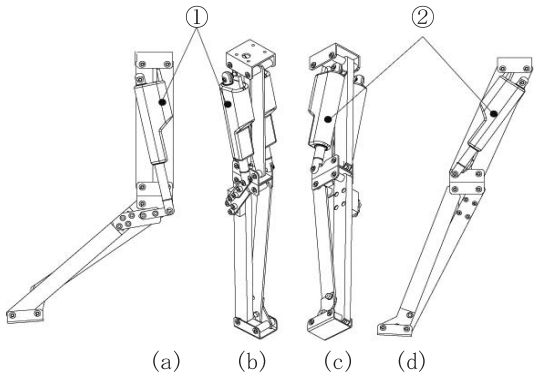


図９　脚モジュールの機構

大腿・下腿とも前後２本の骨材から構成されており、後部骨材（ステンレス角形パイプ）と前部骨材（アルミ押出材）からなり、その上部と下部にあるアルミ押出チャンネル材の部材と平行リンクを構成し、各々をステンレスパイプ製シャフトで連結している。

図９①の電動シリンダーは、ステンレスパイプ製シャフトによって、大腿後部骨材と下腿後部骨材からの延長材（アルミ押出フラットバー）に連結されている。図９（a）はその様子を表した側面図で、電動シリンダーが伸びることで下腿を後ろに曲げる。図９②の電動シリンダーは、大腿後部骨材と、膝のアルミ押出チャンネル材に連結されている。図９（d）はその様子を表した側面図で、電動シリンダーが伸びることで脚を前に振り出す。以上の機構を考案し、脚の振り上げ・下げ動作および膝屈伸動作の動作性能とスリムな形態を両立することができた。上半身についてはトルソータイプマネキンと同様、左右肩の交互の揺動や胴体の捻りといったに重要な動作が表現できるよう機構設計した。

また、肩を支点とした上腕の前後の降りや側面からの挙げ下げ、上腕の回旋、肘を支点とした前腕の振り上げ・下げも、腰に手をあてるポーズを決めるために必要な動作なので、表現できるよう機構設計した。各部位の詳細は以下のとおりである。

胸部モジュールは腰部モジュールと図１０①のシャフトによって連結しており、このシャフトはギア付きモータシャフトと直結している。モータ駆動により胸部モジュールが回旋する。この機構により、図１０(b)のような胴体の捻り動作を表現することができた。

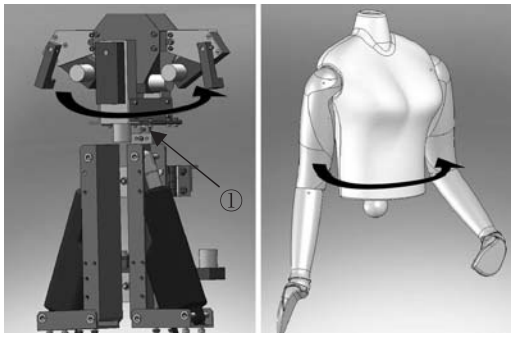


図１０　胴体捻り機構とポーズ例

図１１(a)では①のシャフトを中心に、①に直結したモータの駆動により、左右肩が回転する。この機構により、図１１(b)のような肩の揺動動作を表現することができた。図１２(a)では①のシャフトを中心に、①に直結したモータの駆動により、左右肩が前後に回転する。この機構により、図１２(b)のような上腕の振り上げ・下げ動作を表現することができた。

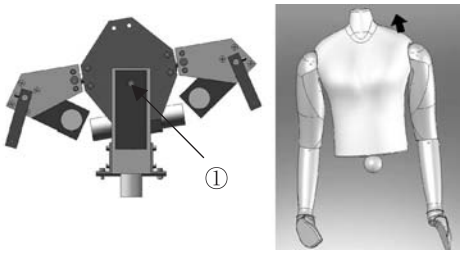


図１１　肩上下揺動機構とポーズ例

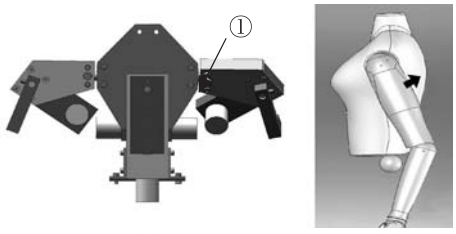


図１２　上腕振り上げ・下げ機構とポーズ例

図１３(a)では①のシャフトを中心に、①に直結したモータの駆動により、上腕が旋回運動する。この機構により、図１３(b)のような腕の外旋動作を表現することができた。図１４(a)では①のシャフトを中心に、①に直結したモータの駆動により、前腕が回転運動する。この機構により、図１４(b)のような前腕振り上げ・下げ動作を表現することができた。

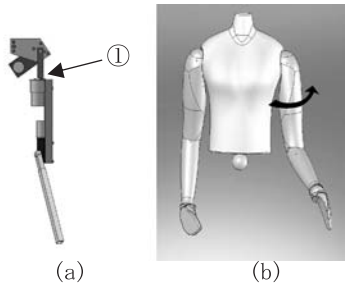


図１３　上腕旋回機構とポーズ例

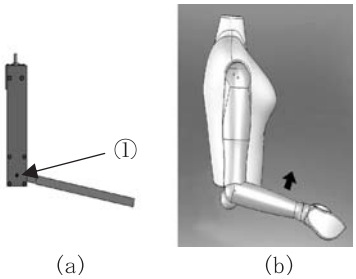
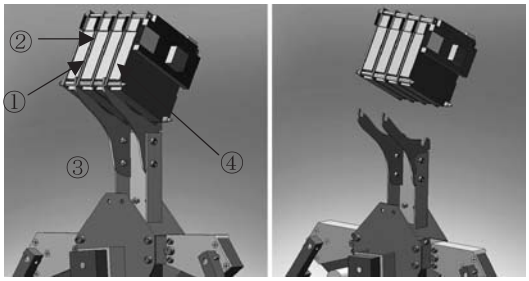


図１４　前腕振り上げ・下げ機構とポーズ

図１５(a)は頭部モジュールの外観図である。頭部モジュールは全身にある１８のアクチュエータを一括制御するシステムで、４枚の制御板から構成される。また、このモジュールは一体のまま、ボディと分離することができる（図１５(b)）。



(a)　　(b)

図１５　頭部モジュールと着脱例

複数の制御板を RS485 通信で同期することで、アクチュエータの同時制御による各関節の連動を実現した。また、SD カードスロットを搭載し、SD カードに記録した動作データファイルを読み込む方式と、DTMF 通信通信機能（携帯電話からのプッシュ音に反応）を組み合わせることで、パソコンレスで携帯電話からポーズ選択できるようにした。各制御板の機能は下記のとおりである。

(1) 脚・腰部モジュール制御板：図１５①。DC24V の電動シリンダー（(株)THK 社製、商品名：CRES ポテンショメータ内蔵加工）６台と、DC 24V ギア付きモータ（ツカサ電工(株)社製、商品型番：TG-47-VG-500-D965 ポテンショメータ設置用穴加工）減速比 1/500）2 台を制御。DC 24V の電動シリンダー制御のため、高出力対応の回路改良を行った。

(2) 胸部モジュール制御板：図１５②。DC 24V ギア付きモータ（ツカサ電工(株)社製、商品型番：TG-47-VG-500-D965 ポテンショメータ設置用穴加工済み、減速比 1/500）を 6 台制御可能にした。

(3) 腕部モジュール制御板：図１５③。DC 24V ギア付きモータ（ツカサ電工(株)社製、商品型番：TG-47A-SG-250-CA、減速比 1/250）を 6 台制御可能にした。



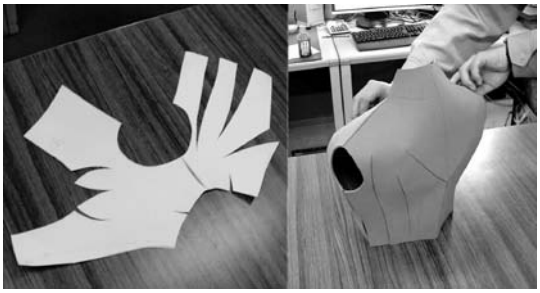
図１６　ポーズをとる全身タイプマネキンの骨格機構

(4) 表情表現 LED 制御板：図１５④。目や口の部分を表情表現するために、LED 照明点滅を制御可能にした。

以上の制御システムを用い、専用アプリケーションで制作した動きのデータを全身タイプマネキン実機の頭部モジュールに送信した結果、問題なく駆動し、図１６のようなポーズをとることができた。

また動作データを SD カードに読み込んだ後、DTMF を利用して携帯電話から指定の番号を押して作動する機能を試験した結果、問題なく駆動できた。

外装は安全性や製造コストを考え、ポリエチレン発泡体シートを立体裁断し（図１５(a)）、ボディ製作（図１５(b)）した。通常のマネキンはFRP簡易金型を用い製作するが、機構に外装を装着するためには、半割りせざるを得ない。半割りしたマネキンは切り口付近が割れやすく、金属製の内部機構と堅く割れやすいFRP素材の組み合わせは、転倒時や人との接触時での不安が残る。立体裁断したポリエチレン発泡体シートはそれ自体が緩衝材の役目を果たすばかりでなく、洋服と同じで、カッティングのパターンさえ作れば多品種少量生産可能である。



(a)　　(b)

図１７　胸部外装型紙と胸部外装

５　結　　論

(1)関節駆動型マネキンのコンセプト立案から仕様策定、機構設計、実機完成に至ることができた。

(2)この関節駆動型マネキンの開発により、ファッション業界での店頭ディスプレイ等において、従来の静的マネキンに比べて視覚的効果の高い展示が可能になった。また、県内のロボットベンチャー企業に対し、「マネキン型ロボット」という新たな製品カテゴリーを提供することができた。

(3)今後はこのプロトタイプに更なる改良を加え、工業製品としてデザイン性の優れたプロダクトデザインにしていきたい。

謝　　辞

関節駆動型マネキン開発に多大なご協力を賜りました(財)新産業創造研究機構、(有)ピノキオ、神戸芸術工科大学、大阪芸術大学に謝意を表します。

(文責　後藤泰徳)
(校閲　有年雅敏)

〔産学研究発掘・育成事業〕

24　磁気抵抗素子を用いた高精度触覚センサの開発

武縄　悟，中本裕之，北川洋一

1　はじめに

ロボットが人間の手のように物体を安定に把持し高度な作業を行うためには、把持物体から受ける接触力の大きさのみならず、物体との接触状態を知ることが重要であり、ロボットハンドの表面や指腹部に触覚センサが必要である。

従来から、さまざまな原理に基づく触覚センサが開発されているが、これらは接触力の計測のみを追求したものがほとんどであり、接触力計測に加えて接触状態を効率よく検出することができるセンサは実現されていない。

本研究では、接触状態を高感度に検出するセンサとして、永久磁石と一般的な受動部品の１つであるインダクタで構成した触覚センサを提案し、物体から受ける３方向の力ベクトル計測について検証した。

2　３方向ベクトル計測のための定式化

触覚センサの構造を図１に示す。永久磁石を内部に持つ弾性体とインダクタ（コイル）からなる。物体によって外部から加えられた力を知るには、インダクタが発する電圧信号から力ベクトルへ変換する必要がある。そのためには３方向の力と内部磁石の変位の関係および磁石変位による直流磁界の変動を知ることが必須である。

2.1　力ベクトルと変位の関係

力ベクトル－変位の関係を有限要素解析によって調べた。有限要素モデルを図２に示す。磁石は円柱型とし、寸法はφ10×1 mm とした。弾性体の寸法は 19×12×6 mm とし縦弾性率は 36.5 KPa とした。初期状態の磁石の位置は、磁石底面が z = 3 mm の位置にくるようにした。これらの数字は試作実験で用いたものと同じである。剛体の平板を z 方向に下ろすことによって垂直力を印加し、さらにその状態から平板を横にずらすことでせん断力を与える。解析の結果、磁石変位（Δx, Δy）と印加力（Fx, Fz）の関係は

$$\Delta x = 1.24\ Fx \qquad (Fz\text{に無関係}) \qquad (1)$$

$$\Delta z = 0.74\ Fz \qquad (Fx\text{に無関係}) \qquad (2)$$

であることがわかった。

次に、円柱磁石の下の直流磁界分布を次の式で計算した。

$$\mathbf{B} = \frac{1}{4\pi}\int \frac{q}{\left|r^3\right|}\mathbf{r}\,dS \qquad (3)$$

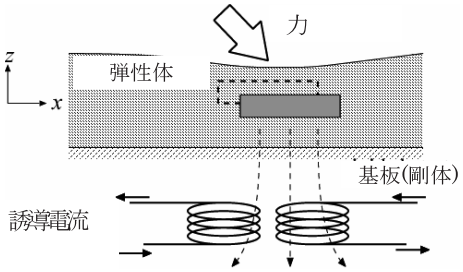


図１　触覚センサの構造

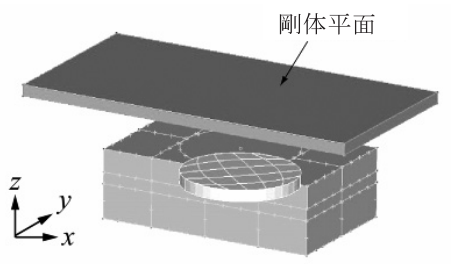


図２　力－変位解析の有限要素モデル

$\boldsymbol{B}$ の内、Bz はコイルを貫く垂直成分、S は磁石の表面である。解析結果から、力ベクトルと変位の関係および磁界分布を直線とみなし、４つのインダクタで力ベクトル計測することを考える。その結果、以下の関係が得られた。時間変化するインダクタの電圧信号 V_{out} から磁界へ変換すると

$$B_z = -\frac{1}{NS}\int V_{out}\,dt \qquad (4)$$

であり、４個のインダクタにおける Bz を使うと変位とその係数は

$$\Delta x = \frac{B_{z1}^2 - B_{z2}^2 - 2b\left(B_{z1} - B_{z2}\right)}{4a^2 h} \qquad (5)$$

$$\Delta y = \frac{B_{z1}^2 - B_{z3}^2 - 2b\left(B_{z1} - B_{z3}\right)}{4a^2 h} \qquad (6)$$

$$\Delta z = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4b_2\left(b_0 - b\right)}}{2b_2} \qquad (7)$$

$$a = a_2 \cdot \Delta z^2 + a_1 \cdot \Delta z + a_0 \tag{8}$$

$$b = \frac{B_{z1}^2 - B_{z2}^2 - B_{z3}^2 - B_{z4}^2}{2\left(B_{z1} - B_{z2} - B_{z3} + B_{z4}\right)} \tag{9}$$

により求められる。定数 h は同一水平面上に置かれたインダクタ間の距離であり、a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2 はそれぞれ解析で求まった定数である。式(1)～(9)により外部から加わる力ベクトルを算出することができる。

3　実験と考察

解析の寸法をもとにして触覚センサを試作した。試作したセンサを真上から見た写真を図３に示す。中央の円形が磁石であり、その下の四角の影がインダクタである。

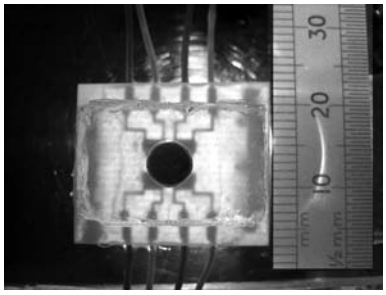


図３　試作した触覚センサ

試作したセンサの出力から求めた力ベクトルと参照用の 6 軸力センサの出力を比較した。横軸に時間をとった結果を図４に示す。グラフ上方に示したのは、垂直方向の力の印加と開放を 2 度繰り返した時のインダクタの出力電圧である。またグラフの下方は、インダクタ電圧から

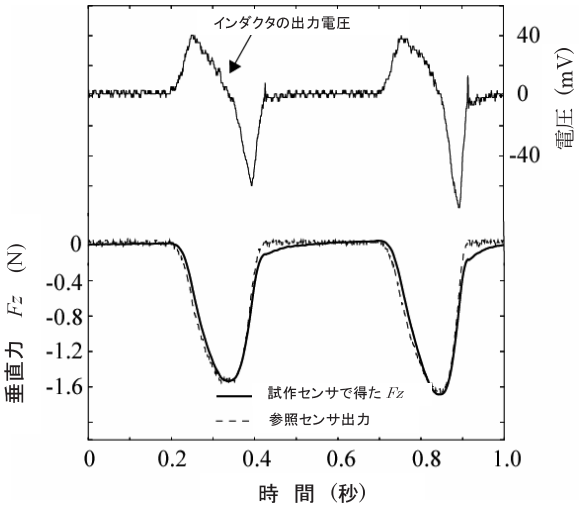


図４　実験結果（垂直方向のみ）

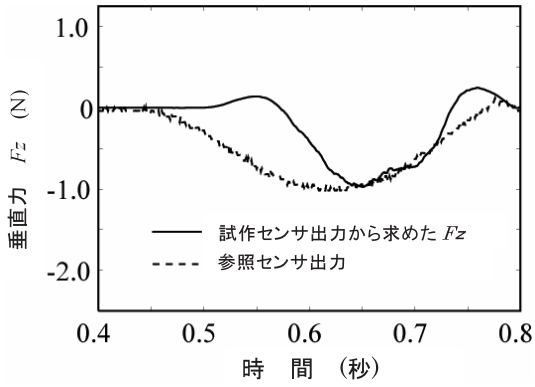


図５　実験結果（垂直力とせん断力を同時に印加）

算出された垂直力 Fz と参照センサの比較である。この実験では垂直力のみを印加した場合、試作デバイスと参照センサが良く一致しており、試作デバイスによって力計測ができていることがわかる。次に垂直力とせん断力を同時に印加した場合について実験を行った。結果を図５に示す。結果から分かるとおり、試作デバイスと参照センサを比較するとあまり良い一致が得られていない。一致しなかった原因としては、インダクタに含まれる磁性の影響が考えられる。実験に用いたインダクタは自己インダクタンス（L）を大きくするために芯材料にフェライトを用いているため、磁石が近傍に存在することによってフェライトが磁化されてしまい、実際の磁界分布が計算値とやや異なっていることが考えられる。精度良いデバイス実現のためにはフェライトのような磁性体を含まないインダクタを選ぶことが望ましい。ただし、L 値が小さくなり磁界変化に対する感度が低下するので、実際のシステムではゲインの大きな増幅器とフィルタを組み込む必要がある。

もう一つ考えられる原因は、インダクタ配置のずれである。試作したセンサの４つのインダクタ位置を測定した結果、設計値から最大で 0.3 mm のずれがあることを確認した。この位置ずれによって、磁界の設計値から 21%の違いが生じる。製作精度を向上させるためには自動チップマウンタを用いれば良く、配置誤差を 0.05 mm 以下とすることができるため、設計値との差を 3.5%以下に抑えることが可能である。

4　まとめ

提案した触覚センサによって、物体との接触情報やすべり検出に有効な情報が得られることに加えて、３方向の力ベクトルが計測可能であることが分かった。この触覚センサは受動素子で構成されているので低消費電力である。大面積化することも可能であり、これによりロボットハンドだけではなくロボットの全身に装着するセンサとしての応用も期待できる。

（文責　北川洋一）
（校閲　松本哲也）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

25　磁気抵抗素子を用いた柔軟凸形状の３軸触覚センサの開発

中本裕之，武縄　悟，北川洋一

１　目　　的

人間型ロボットの本格的な実用化や産業用ロボットの用途拡大などのために、それらロボットに触覚を与える触覚センサのニーズが高まっている[1)]。触覚センサに必要な要素として、垂直力だけでなくせん断力が計測でき柔軟でメンテナンス性が高いことが挙げられる。そこで本研究では、３軸(接触面に垂直方向１軸とせん断方向２軸)触覚センサの研究開発を行う。検出原理には磁界強度の変化を利用する。磁気を利用する利点は、磁石と検出素子の間に配線が不要であり、変位の際に配線によって拘束されない点や省線化ができる点である。また、視覚センサや聴覚センサにはない触覚センサに固有の特性として、対象物と直接接触する必要がある点が挙げられる。対象物と接触する際、衝撃を和らげ、対象物と馴染みの良い接触を実現するため、接触面に柔軟層が設けられており、現在大学などで行われている研究では必須の条件となっている。これまで、柔軟層はシリコンゴムやウレタンゲルなどの柔軟で平板な素材で構成されてきたが、特になじみの良い接触が実現できれば、応力が触覚センサに伝わりやすくなり、触覚センサの感度が高められることが期待できる。そこで、本研究では触覚センサを高感度とするための柔軟層の設計も併せて行った。

２　構造と基礎実験

本研究で開発する触覚センサの構造を図１に示す。接触面に柔軟層を設け、その中に永久磁石を埋め込む。柔軟層の下に磁気抵抗素子を配置し、その磁界強度を計測する。磁気抵抗素子は、巨大磁気抵抗効果（GMR:Giant Magneto Resistive effect）を応用した素子であり、GMRセンサとも呼ばれる。対象物が接触し柔軟層が変形すると、磁石が変位し磁界強度も変化する。この変化をGMR素子で計測する。このとき、永久磁石とGMR素子の相対距離に応じて出力電圧が変化することが予想される。この距離と電圧間の関係を定式化できれば、GMR素子の出力電圧から磁石の変位を求めることができる。さらには、磁石の変位と柔軟層の力学的特性から、柔軟層の変形の状態や触覚センサに加えられる力ベクトルを求めることも可能と考えられる。ここではまず、磁石とGMR素子間の３次元距離とGMR素子の出力の関係を検証するための基礎実験を行った。

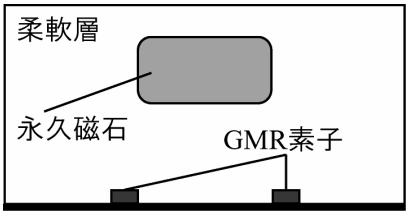


図１　触覚センサの構造

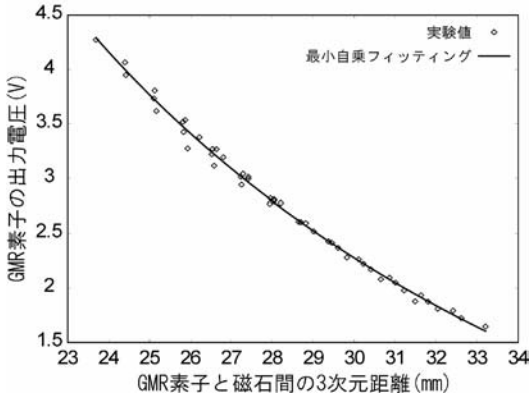


図２　GMR素子と磁石間の距離とGMRの出力との関係

図２に実験で得たGMR素子の出力電圧とGMR素子と磁石間の距離との関係を示す。使用したGMR素子はNVE社のGMR素子(AA003-02)であり、永久磁石はネオジム磁石を用いた。図２からGMR素子と磁石間の距離に応じてGMR素子の出力電圧が変化していることがわかる。このことから、GMR素子の出力電圧を計測することで、磁石との３次元距離を求めることができることがわかった。

３　柔軟層の設計

提案する触覚センサの柔軟層の最も簡単な形状は、図１に示したような平板な形状であるが、柔軟層の形状を適切に設計することで、接触時の安定性や感度などを向上させることができる。そこで、触覚センサの柔軟層に必要な条件を挙げ、それらを満たす形状を有限要素解析で決定した。

柔軟層に必要な条件として、以下が挙げられる。

・対象物との接触時のなじみを良くし安定性向上
　→　接触力分布が一定に近い
・触覚センサの高感度化
　→　磁石の変位を大きくする
・触覚センサの高精度化
　→　誤差の要因となる磁石の回転による磁界強度の変化を抑えるため、磁石の回転を小さくする

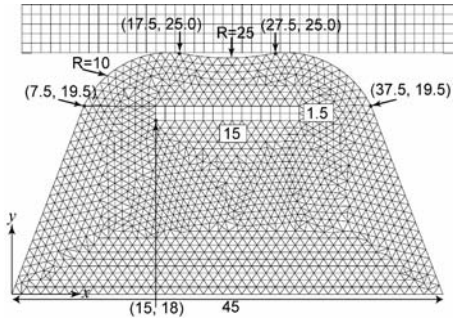


図３　決定した形状

以上、３つの条件を満たす柔軟層の形状と埋め込まれる磁石の設計を行った。解析には非線形の構造解析が可能なADINA R&D Inc.のADINAを用いた。解析の結果、決定した柔軟層の形状を図３に示す。図３中の数値の単位はmmである。柔軟層の角を丸くし中央をくぼませた。このことにより、剛体の平面が３Nの垂直力で接触した際の接触力分布がほぼ一定になった。また、磁石の形状を平板にすることで磁石の変位を大きくし回転を小さくした。

４　試作と実験

ADINAを用いて設計した柔軟層を製作し、１つの触覚センサを構成して実験を行った。製作した柔軟層を図４に示す。材料にはASKER-C硬度が１５のウレタンゲルを用い、金型を使って硬化させた。このウレタンゲルは白色のため、埋め込んである磁石を確認することはできない。一方、GMR素子を使った回路も製作した。今回は柔軟層を設置するユニバーサル基板の背面位置(図４の基板の裏側)に３つのGMR素子をはんだ付けした。図４の柔軟層の左側にあるのはアンプ回路であり、GMR素子の出力電圧を１５倍に増幅する差動増幅回路である。

次に図５に示すように、柔軟層の上から剛体を基板に平行に押し付け、そのときのGMR素子の出力電圧を計測した。剛体は、z軸方向に１、２、３mmの３通り、各z軸変位に対してx軸方向に－５から＋５まで１mm刻みで変位させた。

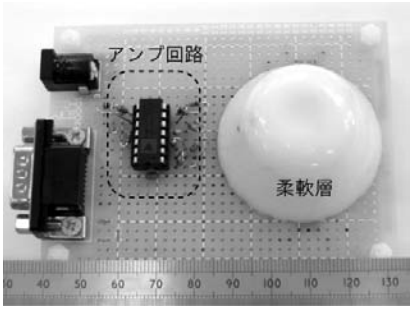


図４　試作回路

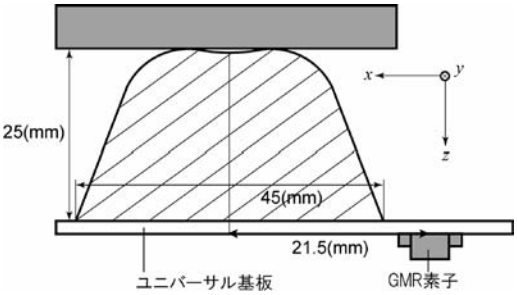


図５　実験方法

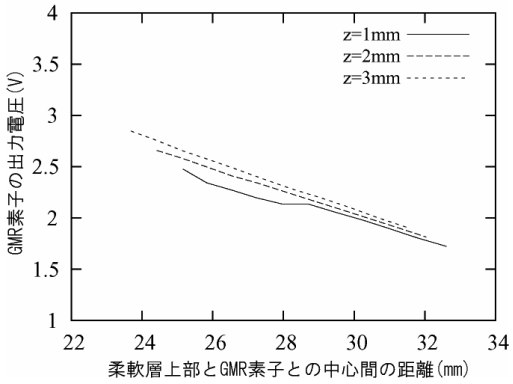


図６　センサに加えた変位とGMR出力の関係

実験の結果を図６に示す。図６の横軸は柔軟層上部の中心とGMR素子の中心との距離を示し、縦軸はGMR素子の出力電圧を示す。結果としてはz軸変位に関わらず、図２で示した結果と同様に、GMR素子の出力電圧は柔軟層上部とGMR素子中心間の距離に依存していることが分かる。一方、剛体の変位に対する磁石の変位は柔軟層で減衰されているが、この減衰の割合はADINAを使ったシミュレーション結果と同程度であった。これらの結果は、柔軟層に内包されている磁石の変位が柔軟層の変形にほぼ線形に対応していること、すなわち磁石の変位をGMR素子の出力から得ることで、柔軟層全体の変位や力ベクトルを推定できることを示している。

５　結　　論

本研究では、GMR素子を用いた３軸触覚センサの可能性の検証を行った。GMR素子により柔軟層に内包した磁石との３次元距離が計測できた。今後は、GMR素子の出力に基づいて柔軟層に加えられている力ベクトルを求める推定式とそのパラメータを決定する方法を確立する。

参 考 文 献

1)　篠田，“器用な手の皮膚と触覚”、日本ロボット学会誌，Vol. 18，No. 6，pp.767～771(2000)

（文責　中本裕之）
（校閲　北川洋一）

〔経常研究:触覚機能を有する高機能ロボットハンドの開発〕

26　遺伝的アルゴリズムを用いた触覚センシングの高速化手法

中本裕之，武縄　悟，北川洋一

１　目　　的

昨今，主にロボットハンドやロボットの外装に適用できる分布型触覚センサの実用化が期待されている。しかし、分布型触覚センサは多くの計測点をもつため、計測周期が長くなるという問題がある。本研究では、アプリケーションに応じて必要な計測点だけを計測することで、計測周期を短縮する計測高速化手法を提案する。

２　提案手法

本研究で用いる触覚センサは、１０２点の計測点をもち、圧力分布を計測できる[1)]。この計測点全てを走査した場合、１回の計測周期は２０msとなるが、ロボットに瞬時の判断をさせるにはこの周期は長い。そこで計測点の数を約１０分の１の１０点に減らし遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた計測選択を行うことで、計測周期も１０分の１の２msでの計測を実現する。

触覚センサの１計測点をGAにおける遺伝子１個体とする。触覚センサの各計測点の座標、計測値を、それぞれ各個体の遺伝子座と適応度とする。計測1周期をGAの１世代として、一定の世代数選択、交叉、突然変異の操作を行う。この手法に期待する計測点の選択は以下の通りであり、図１にその流れを表す。図中の太い黒枠が1計測点であり、色が濃いほど計測値が大きいことを示す。

1. センサ出力がない場合、10個の計測点はランダムにセンサ上を動き回り物体が接触するのを待つ。
2. センサに物体が接触した場合、計測点は接触点周辺に集合し接触点とその周辺を計測する。
3. 物体がセンサから離れた場合、計測点はまたランダムにセンサ上を動き回る。

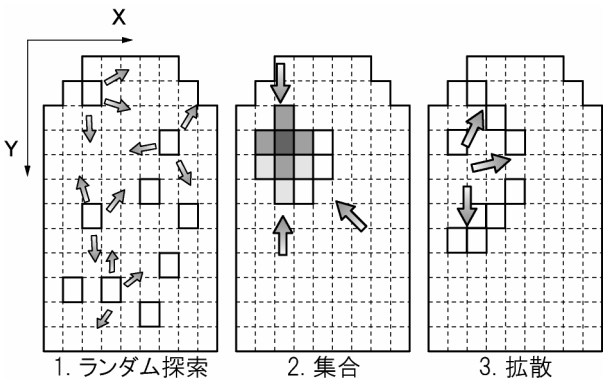


図１　GAを用いた計測点選択の流れ

３　実　　験

提案手法の評価実験を行った。触覚センサの全点計測で得た圧力分布をGAに与え、１０個の計測点で圧力値のある計測点を追従できるかを検証した。元となる全点計測の圧力分布は、直径２０mmの球体を触覚センサ上、図１で上下方向に往復させて取得した。

実験の結果を図２に示す。横軸はGAの世代数、つまり触覚センサにおける計測の経過時間を表わし、周期２msで動作する場合、図２は計測開始から終了まで２秒経過したことを表す。縦軸は図１における計測点のＹ座標を表す。図２の破線は全点計測により取得した圧力分布における最大値のＹ座標であり、黒点が提案した手法により得られた１０点の計測点の最大値のＹ座標である。初期の１００世代は接触がなく適応度が低いため、GAがランダムに探索を行っていることがわかる。接触した後は２つの最大値が一致するように推移し、提案した手法で接触を追従できていることがわかる。このシミュレーションの結果の元データとGAのY座標の一致率は６９．４％であり、一致していない場合の座標も元データでの座標の隣に位置しており、計測点が少ない場合においても高い精度で接触位置の追従が可能であった。

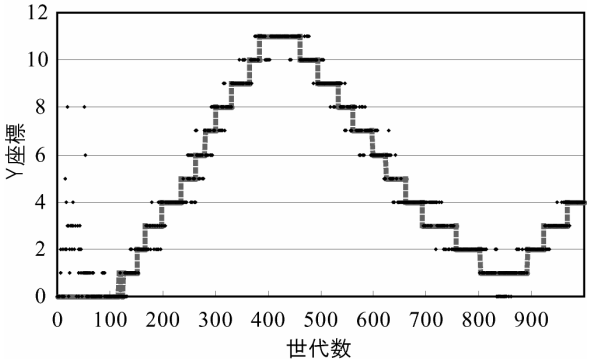


図２　世代数とY座標の関係

４　結　　論

提案手法の有効性を検証できた。今後は、実際にロボットに搭載して検証を進める。

参 考 文 献

1) 中本ほか ″ユニバーサルロボットハンドのための分布型圧力センサの開発″, 日本機械学会論文集(C編), Vol.73, No.733, pp.2561-2567.

（文責　中本裕之）
（校閲　松本哲也）

〔経常研究〕

27　ロボットビジョン応用のためのロボット制御に関する研究

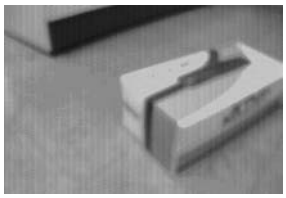
中里一茂

1　目　　的

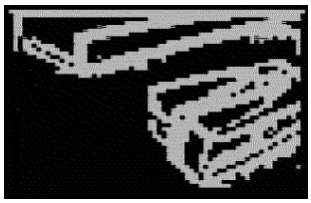
生産の自動化・省力化、また福祉・介護や監視を行う分野においてロボットが注目されつつある。今回、搬送ロボットの高機能化を目的としたロボットビジョンにこれまで行ってきた画像認識の研究を応用するため、障害物のエッジ情報から得られるロボットとの距離情報[1),2),3)]をロボット制御にフィードバックさせるための検討を行った。

2　画像認識による障害物感知手法

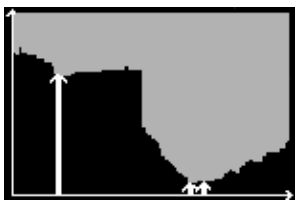
今回の障害物感知手法について図１に示す。ここでは、ロボットに搭載されたカメラの画像（図１(a)）からそのエッジ画像（図１(b)）を求め、この画像の下部から最初のエッジまでを黒、それより上の部分を白とした二値画像（図１(c)）を求めた。図１(c)で、画像下部から上方向に最初のエッジまでの長さ（矢印部分）が障害物までの距離に関連する量（距離相当量と呼ぶ）と考え、図１(c)の矢印に示すように、画像の左 1/3 領域、中央 1/3 領域、右 1/3 領域における障害物までの距離相当量の最小値を求めた。この場合、中央から右側にかけて近くに障害物があるため、中央領域、右領域の矢印に比べ左領域の矢印が長くなっている。このように、進行路の状況で三本線の長さやそれぞれの間隔が違うパターンが発生し、障害物がどこにあるかの状況をつかむことができる。



(a)入力画像



(b)エッジ画像



(c)障害物への距離相当量の検出

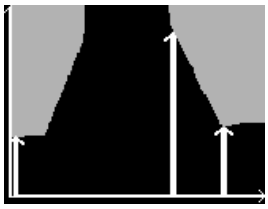
図１　障害物感知手法の説明図

3　実験方法と結果

まずカメラからの画像をパソコンに入力し、そのパソコンで演算を行い、障害物までの距離に相当する情報を求めた。その後、その距離相当量を元にロボット制御を行う信号を送出するようにした。

今回は直進路について検討を行った。入力画像および障害物の距離相当量検出結果を図２に示す。





(a)入力画像　　(b) 障害物への距離

図２　障害物への距離相当量の検出結果

この場合、前面側に空間があり、ロボットを直進させられるという判断ができる。今回、３つの領域の距離相当量の最小値の違いを利用してロボットを動かす信号を送出するアルゴリズムを作成し、直進路について状況にあったロボット制御を行う信号を送出することができた。

4　結　　論

画像データを用いて周辺環境認識を行い、障害物－ロボット間の距離情報から状況にあったロボット制御を行う信号を送出することができた。

今後は、画像処理・通信処理等の改良により、ロボットの制御信号を含めた通信を連続的に行えるようなシステム開発が課題となる。

参 考 文 献

1) 中里一茂，北川洋一，小坂宣之，兵庫県立工業技術センター研究報告書, 12, 57（2003）
2) 中里一茂，中本裕之，幸田憲明，小坂宣之，兵庫県立工業技術センター研究報告書, 13, 61（2004）
3) 中里一茂，中本裕之，幸田憲明，兵庫県立工業技術センター研究報告書, 14, 89（2005）

（文責　中里一茂）
（校閲　松本哲也）

〔兵庫県 COE プログラム推進事業〕

28　ユビキタス環境を実現するための ウェアラブル視線モニタリングシステムの開発

北川洋一，周　敏妞，松本哲也，瀧澤由佳子

1　はじめに

体に装着して利用するウェアラブルコンピュータは、従来のデスクトップコンピュータを導入しづらかった作業現場等にも導入できる利点があり、利用の拡大が期待されている。本事業では、ウェアラブルコンピュータ用の新たな入力デバイスとして、目と視界の画像を同時に取得することにより視線がとらえている対象を特定する軽量・小型な視線モニタリングシステムを実現するための要素技術開発を行った。

2　視線モニタリングシステムの構成

開発しようとしている視線モニタリングシステムの構成を図１に示す。

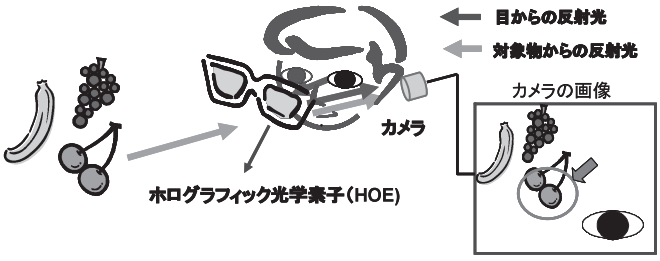


図１　視線モニタリングシステムの構成

眼からの光と視線の対象からの光をメガネレンズの位置に取り付けたホログラフィック光学素子（HOE）により光路を変えてカメラに導く。HOE は光の回折を利用した素子で、反射、屈折、結像などの機能を集積することができる。また、この構成により、眼と視界画像の両方を１台のカメラで取得することができる。このように、１台のカメラと HOE の利用により視線モニタリングシステムの小型・軽量化を実現する。

3　集積型 HOE の作製

視線モニタリングシステムを開発する本事業の中で、工業技術センターは集積型 HOE の開発を担当した。

視線検出システム用 HOE を製作するため、実際の眼、画像入力用カメラ、視線の対象となる物体、HOE の位置関係に基づいて構築した HOE 作製用光学系の構成を図１に示す。実環境下で使用できる視線検出システムとするためには、外乱光の影響を除去する必要があり、このためカメラにレンズを装着する必要がある。この構成で、全く距離が異なる眼と視線対象の物体にフォーカスを合わせる必要がある。そこで、ここでは無限遠系の構成（点光源から射出した光が HOE により平行光となる構成）を採ることとした。これにより、カメラに装着するレンズのフォーカスを無限大としておけば、HOE との距離に関係なく目と視界の物体の両方にフォーカスを合わせることが可能となる。

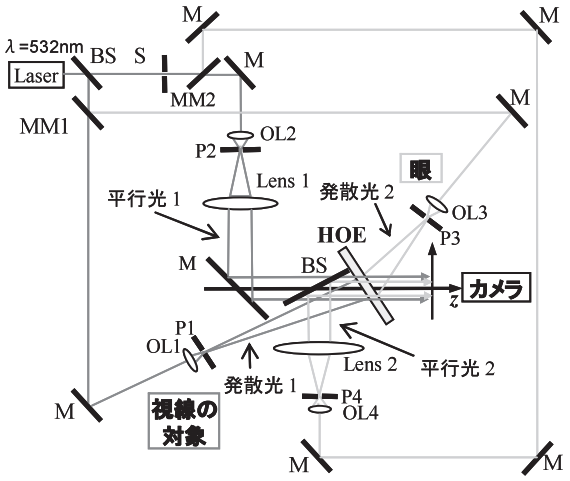
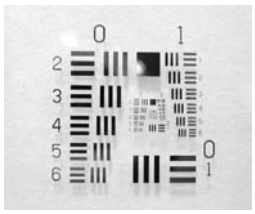


図２　HOE 作製用光学系

4　HOE の性能評価

HOE の透過光スペクトルを測定することにより、回折効率の評価を行った。透過型 HOE、反射型 HOE 共に入射角度により回折光の波長が変化するが、作製時に用いたレーザーの波長と同じ波長（λ＝532nm）であれば、透過型 HOE の回折効率は入射角度 12° において約 85％、反射型 HOE のそれは入射角度 0° において約 90％という結果が得られた。

また、HOE の結像性能を評価するため、点光源から射出した光が１点に収束する HOE を作製し、振幅伝達関数（MTF）を測定した。測定対象には、USAF テストターゲットを用いた。カメラで撮像した画像の例を図３に、反射型 HOE の MTF を測定した結果を図４に示す。MTF 値が 0.5 に低下する周波数をカットオフ周波数とすると、この図に示すように、反射型 HOE では約 2.5 line pairs/mm であり、視線検出に適用できる性能を有しているという結果が得られた。



(a)テストターゲット



(b)HOEによる結像

図４　テストターゲットと HOE による画像(2line/mm)

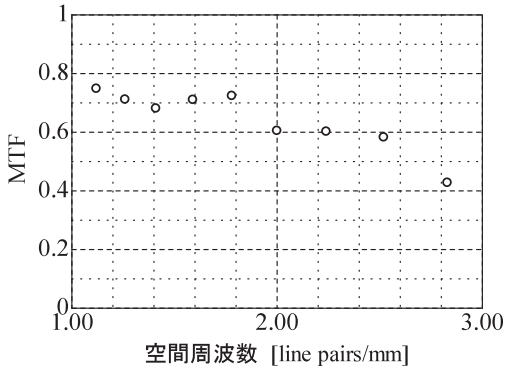


図５　透過型 HOE の MTF 測定結果

5　撮像実験

作製した集積型 HOE の実験室外における性能を評価するため、人間の眼の代わりにガラス製の義眼を用いた可搬型の撮像光学系を作製し、この光学系を屋外に持ち出して撮像実験を行った。

実験の様子を図６に、実験に用いた義眼と視線の対象として用いた馬の模型を図７に示す。

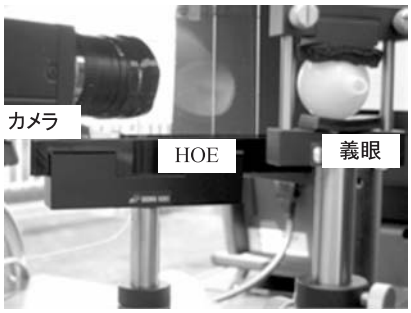
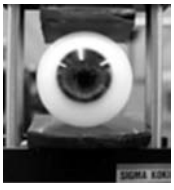


図６　可搬型撮像光学系を用いた実験の様子



(a)義眼



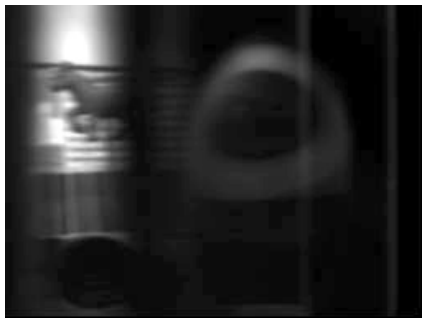
(b)馬の模型

図７　実験に用いた義眼と馬の模型

図８(a)に視線の対象とした風景を示す。図８(b)は図８(a)の風景に図７(b)に示す馬の模型を重ねて撮像光学系により取得した画像である。遠くのビル、手前の模型と義眼が１つの画像の中に写っており、本研究の目標である視線モニタリングシステムに用いる光学系が実現できることを確認できた。



(a)視線の対象とした風景



(b)カメラの出力画像

図８　屋外における撮像実験の結果

6　まとめ

ウェアラブル視線モニタリングシステムの開発におけるキーデバイスであるホログラフィック光学素子を開発し、設計通りに動作することを確認した。

本共同研究ではこの他にも、温度変化により特性が変化しない HOE 材料の作製法と回折効率が 90%以上となる新たな組成の HOE 材料を開発した。また、頭部装着型の視線検出メガネを開発し、これにより取得した画像を利用して視線検出画像処理アルゴリズムの開発を行った。これにより、約１～1.6mの範囲における一定距離の面内で、12.5cm の位置の変化に対応する視線移動を検出することができた。さらに、この処理プログラムを画像処理ハードウエアに搭載することにより、ほぼリアルタイムで視線検出を行うことができるようになった。

このように、本研究において、視線モニタリングシステムの実現に向けた要素技術を開発することができた。次のステップでは、フィールドテストが実施できるレベルの試作品を開発する計画である。

謝　辞

本研究は、㈱共和電子製作所、ダイソー㈱、神戸大学、(財)新産業創造研究機構との共同研究により実施した。関係各位に深く感謝します。

（文責　北川洋一）（校閲　松本哲也）

〔兵庫県 COE プログラム推進事業〕

29　津波等災害時緊急通報システムの研究開発

北川洋一，武縄　悟，三浦久典

1　はじめに

大災害発生時等に、第一報を即時に、かつ広範囲に伝達し、被害を最小に抑制することが防災減災の最大の課題である。現在、安全・安心の観点から種々の緊急時即時連絡システムの取り組み・導入が推進されているが、テレビ、ラジオ、携帯電話などを用いた緊急連絡システムでは、いずれも機器を常時オンすることが難しく、また伝達に時間遅れが生じるなど問題点も多い。

本研究は、災害発生時またその恐れがある際に、いち早く緊急連絡第一報を、特定の地域あるいは広域一斉に送信するシステムの開発を目的として、中波（AM ラジオ放送）を用いる緊急通報システムの開発に取り組んだ。

2　緊急通報システムの概要

本研究で開発した緊急通報システムの概要を図１に示す。送信システムでは、専用の受信端末を動作させる特定のコードを含む音声信号を用いて中波ラジオの電波を変調する。受信端末では中波ラジオ放送を受信して特定コードを含む音声信号を復調し、復調信号内の特定コードを解析してその結果に基づく動作を行う。

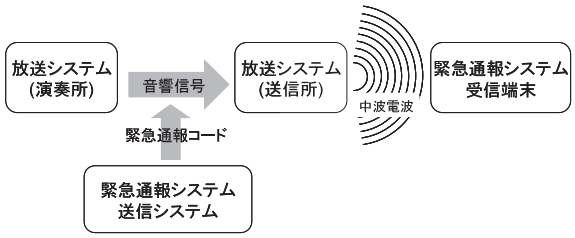


図１　緊急通報システムの概要

本研究では特定コードとして、プッシュ方式の電話機などでトーン信号と呼ばれている DTMF(Dual-Tone Multi-Frequency)を用いた。DTMF では、2 種類の高さの音を組み合わせて１つのコードを表現するようになっており、電話機ではこの信号音を元に電話番号の割り出しを行っている。高音系 4 種類と低音系 4 種類からそれぞれ 1 音ずつを組み合わせるため、「0」から「9」までの数字と「*」「#」、「A」から「D」までのアルファベットを表現することができる。図１の中で放送システム(演奏所)と放送システム(送信所)は既存の放送システムであり、本研究で開発した緊急通報システム送信システムは災害発生時に既存放送システムに割り込む形で動作し、緊急通報システム受信端末を動作させる信号を送出する。

3　送信システムの構成

送信システムの構成を図２に示す。パソコンにより DTMF 信号を生成してオーディオ出力として取り出し、通常放送における音声信号の１つとして送信する方法をとっている。

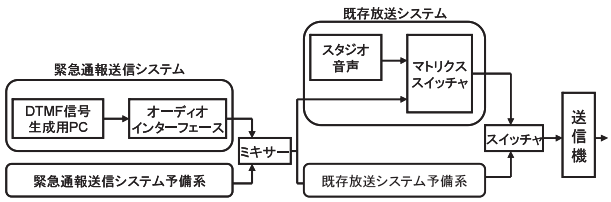


図２　送信システムの構成

送信する情報としては、緊急連絡の対象地域と災害の種類とした。これにより、広範囲に及ぶ兵庫県のどの地域にも必要な情報を届けると同時に、急を要しない情報による混乱を回避出来る。また、悪意や悪戯へ対処するため、送信データには暗号化を施した。

4　受信端末の構成

試作した受信端末の構成を図３に､外観を図４に示す。受信端末は、緊急放送システムの送信コードを受信し、そのコードを解読し正否を判断して適正な警報を発するシステムである。警報の種類は、外部に接続される機器により選択される。

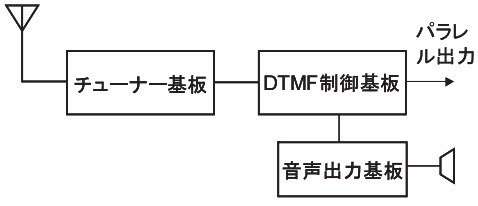


図３　受信端末の構成

5　実証実験

5．1 フィールド試験

弱電界地域における混信の影響や都市雑音の影響を評価するため、試作した受信端末のフィールドテストを



図４　受信端末の外観

行った。まず、2007 年 10 月に南あわじ市福良地区と南芦屋浜にて１次テストを実施し、この結果を基にして受信端末に改良を加え、2008 年１月～2 月に赤穂市、沼島、南あわじ市、神戸市内にて２次テストを実施した。2007 年 10 月 28 日の実験は、国土交通省と兵庫県が主催した総合防災訓練に参加して実施したものである。南あわじ市にて実施した総合防災訓練の様子を、図５に示す。



（ａ）ラジオ関西のブース



（ｂ）模擬放送塔

図５　フィールドテストの様子

５．２実験結果

昼間の動作実験では、受信端末で緊急通報コードを正常に受信してパトライト、表示灯等の外部機器を動作させたり、音声による警告を発することができ、中波ラジオの電波を利用した緊急通報システムの動作に成功した。現状の試作端末でも都市雑音の影響や電界強度の強さなどを考慮して設置場所を選べば、運用に耐えることがわかった。同時に、県内各地で行ったフィールドテストの結果から、以下に示す課題のあることが分かった。

①都市部（神戸市内）は放送電波の強電界地域であるが、受信テストを行った結果、鉄道線路付近や高圧線付近のように都市雑音の大きい場所では、受信端末の動作が影響を受ける場合がある。

②電界強度が低い沼島、南あわじ市における夜間は混信の影響を受けるため、チューナーの改良が必要である。

６　まとめ

緊急通報の送信システムと緊急通報受信端末を開発し、県内各地におけるフィールドテストを実施して動作を評価した。その結果、昼間においては、電界強度の弱い地域においても中波ラジオが混信なく聴こえる状態であれば、緊急通報の受信が可能なことを確認した。中波ラジオによる広域送信、輻輳のない即時性は信号送信後、即座に端末の動作が確認されたことから、災害時における効率性は十分確認されたと考えられる。一方、弱電界地域の夜間では、混信の影響を受けることが分かった。この影響を避けるため、チューナー部の更なる高性能化などの改良が今後の重要な課題である。

本研究で開発した緊急通報システムは、インターネットや携帯電話を利用して構築されている既存システムが抱える“即時性の保証”という問題を解決するうえで有効なシステムである。非常用情報伝達手段として既に多くのシステムが開発されて供用に付されているが、非常時における完全な情報伝達手段モデルは未だ確立されていない。現状では、互いの欠点を補完し合う複数のシステムが共存することが有効と言われている。このような状況において、広域性、即時性という従来の伝達システムが抱える問題を解決し得る能力を持った本システムは近い将来ほぼ確実に起こるであろうと言われている東南海・南海地震への対応手段の一つとして、重要と考えられる。

謝　辞

本研究は、㈱ラジオ関西、ヤノ電器㈱、（財）新産業創造研究機構と兵庫県立工業技術センターが共同で実施した。関係各位に、深く感謝し致します。

（文責　北川洋一）
（校閲　松本哲也）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

30　2.4GHz 帯センサネットワークのためのビーム可変アンテナの開発

武縄　悟，北川洋一，松本哲也

1　はじめに

近距離無線の 1 つである無線 LAN や Bluetooth、ZigBee などによるセンサネットワークが普及している。近年、これらを利用した施設の人員管理や物流管理、また複数の移動ロボットのコントロールなど新たな応用が期待されており、そのための課題として、人や物・ロボットの位置情報を検出するシステムの必要性が挙げられている。また、エリア内の人員管理、作業現場における自律ロボットの環境認識、防災やセキュリティなどのサービス向上のためにはユーザーの正確な位置情報が必要である。これらの要求に応えるため GPS がよく用いられているが、建物内での利用に問題がある。

そこで、本研究ではビーム角を電子制御するビーム可変アンテナをネットワークの各ノードに備え、これらの通信よって位置情報を検出する方法を提案する。ここでは壁など平面への設置を容易とする平面回路形のビーム可変アンテナの開発を行った。

2　電子走査アンテナの設計

通常、アレーアンテナは隣接するアンテナ素子との干渉を防ぐため、垂直に立てた棒状のアンテナがよく用いられる。一方、最近では誘電体チップアンテナが近距離通信用に用いられている。そこで、本研究では、低コストかつローブプロファイル（平面形であること）を実現するため、図 1 に示すように、誘電体チップアンテナを使用した 4 素子アレーアンテナの構成とした。ここではブランチラインカプラとバラクタダイオードを用いた可変リアクタンス回路により反射型移相器を構成している。可変リアクタンス回路で各素子の移相量を変えることによってアレーアンテナから放射するビームの角度を変化させる。周波数は 2.425GHz として回路設計を行った。

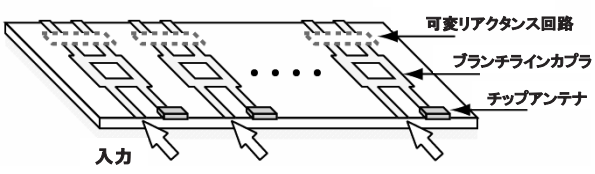


図 1　平面回路型電子走査アンテナ

2.1　ブランチラインカプラの設計

ブランチラインカプラは、4 つの伝送線路で構成された 4 ポート回路である。今回このブランチラインカプラを使用するのは、アンテナを装荷した素子を 4 つ同一直線状に置いたまま、そこで位相変化と等振幅を得られるようにするためと、位相変化を得る前の信号と、得た後の信号を別々の線路に分離する必要があるためである。

50Ωマイクロストリップにおける回路の構成を図 2 に示す。基板の厚さ 1.6mm、比誘電率 4.5、導体の厚さ 18 μm として計算した結果、図 2 に示す各部の寸法は、W=2.99mm、L=15.05mm、W_1＝2.96mm、W_2＝4.87mm となった。

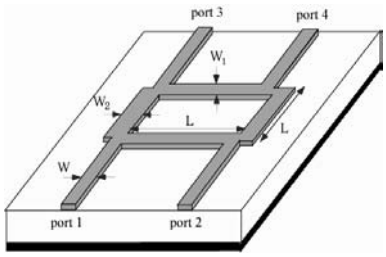


図 2　ブランチラインカプラ

2.2　可変リアクタンス回路

バラクタダイオードを用いた可変リアクタンス回路を図 3 に示す。ここで直列インダクタ L_S はリアクタンスの可変範囲を平行移動させ、並列インダクタ L_P は可変範囲を拡大させる効果がある。また、ここではバラクタの後段に短絡スタブを直列に接続している。長さ l_2 を適切に設定することにより、バラクタの寄生インダクタ L_V を打ち消し、バラクタの持つリアクタンスを基準にして全体の設計を行うことができる。実際の回路では、図 4 に示すように、直列インダクタの代わりに長さ l_1 の伝送線路を、並列インダクタの代わりに誘導性の開放スタブを用いた。開放スタブを用いることは、直流電圧を印加したときにスタブを通して電源から電流がグランド面へ流れ込むのを防ぐ意味でも都合が良い。図 4 に示した回路について、l_1、l_{stub}、l_2 を変えながら移相量を計算した結果、l_1=31.8 mm、l_{stub}=19.6 mm、l_2= 28mm のとき、

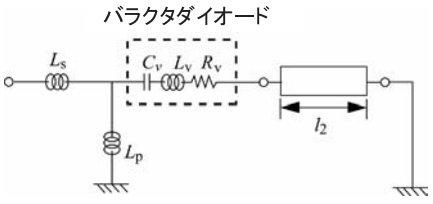


図 3　可変リアクタンス回路

位相変化の範囲が最大となった。各制御電圧における計算結果を図５に示す。この図からわかるように、０Ｖから10Ｖまでの電圧範囲で±147°の反射移相が得られた。

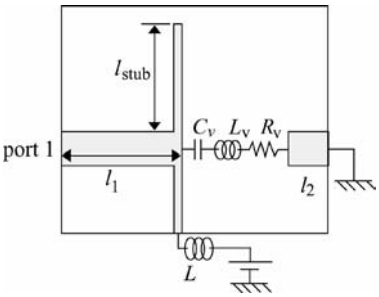


図４　伝送線路に接続された可変リアクタンス回路

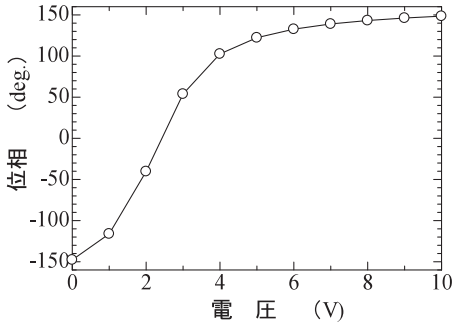


図５　可変リアクタンス回路の位相計算結果

２.３　素子間隔

ビーム方向変化の要素として、インピーダンス変化のほかに素子間隔 d がある。この値を決定するために、d とビーム角度の関係を検討した。d の候補として、2.425GHz より算出した波長λの 1/4、1/2、3/4、単波長を挙げて計算を行った。その結果を図６に示す。

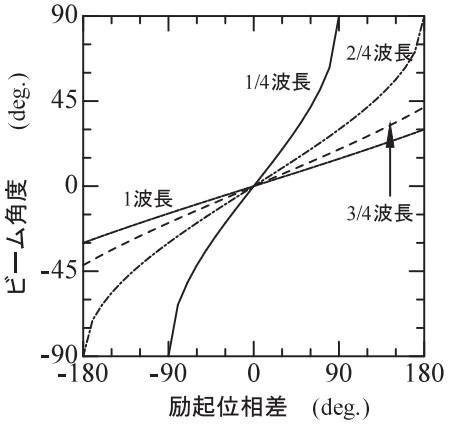


図６　素子間隔ｄと励起位相差によるビーム角度の変化

今回の製作では、ビーム走査の微調整よりビーム角度の変化が大きいことに重点に置くこととし、素子間隔を1/4λにすることにした。この素子間隔で、4 素子でビーム角度を±90°走査できることになる。

３　実　　験

以上の検討結果を元に、4 素子の電子走査アンテナを試作した。試作したアンテナの写真を図７に、このアンテナの指向特性を測定した結果を図８に示す。この図の横軸はメインローブが 10 度、20 度、…、60 度となる電圧値、縦軸は測定されたメインローブの角度である。

結果は、20 度に対応する電圧(V_{20})ではビーム放射角度の変化が確認できたが、それ以上電圧を変化させてもビーム放射角度に変化が見られなかった。原因として、ブランチラインカプラの接合部を含めた設計が不十分であったこと、並列開放スタブを折り曲げたことによって、スタブの実効的な長さが変わってしまったことの２つが考えられる。ネットワークアナライザで位相特性を測定したところ、設計した周波数よりも並列共振周波数が高域にシフトしており、位相の変化が 90 度程度までしか得られていないことを確認した。並列開放スタブを長くすることで共振周波数のずれを解消し、設計に近い位相特性を得ることができると考えられる。

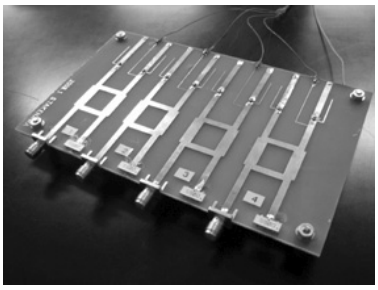


図７　試作した４素子電子走査アンテナ

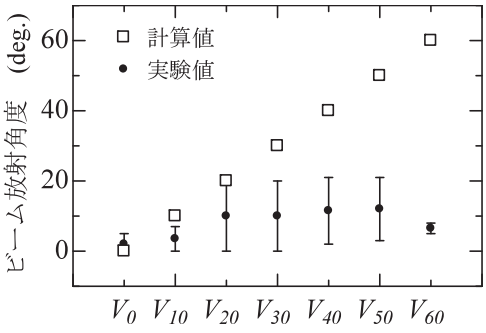


図８　指向特性の測定結果

４　まとめ

ブランチラインカプラとチップアンテナおよびリアクタンス可変回路によって、平面型の電子走査アンテナを開発した。実験により 20 度のビーム変化が得られ、提案する電子走査アンテナの原理確認ができた。実用化のためにはビーム角をさらに広げる、すなわち移相器においてより大きなリアクタンス変化が得られることが必要であり、このためには、スタブを曲げたときの実効長とその最適な長さを検討する必要がある。

（文責　北川洋一）（校閲　松本哲也）

〔経常研究〕

31　生体認証のための光学的複合センシング技術の研究

松本哲也，北川洋一

1　目　　的

近年、情報化社会が進展するにつれ、顔画像、指紋等の生体特徴を利用した個人認証技術の必要性が声高に叫ばれている。しかしながら現状では、これらの認証技術は、「なりすまし」と呼ばれる他人による偽装に必ずしも強くないことが指摘されている。

今回、指紋認証時の生体検知手法として、指の押す力による脈波形状の変化を用いる手法を検討する。

2　生体検知機能

指紋認証装置は通常、指を乗せる構造であり、脈波測定機能を付加した場合、指を強く押しつけると血流が遮断され、脈波が観測されないことが考えられる。これによって、指紋認証装置にかけた指が生体か否かを判断できる。そこで、脈波測定ヘッドと力測定部からなる装置により、指種と姿勢を変えて指の押下力と加速度脈波の振幅の関係を調べた。

3　結果と考察

測定装置の構成を図１に示す。平成 18 年度に作製した、中心波長 940nm の LED 光源とフォトダイオードからなる脈波測定ヘッドを、Ｌ字型治具を介してロードセル(エー・アンド・デイ社 LC-4101)に固定し、指先の脈波と押下力を同時に観測する機構である。この装置を高さ 700mm の机上に置き、以下の実験を行った。

実験ではまず、１人の被験者の右手親指、人差指、中指について、座った状態で前腕がほぼ水平になっている姿勢で、指の押下力を０～５Ｎまで変化させて容積脈波を観測した。それぞれ４秒間の容積脈波信号を２回微分して加速度脈波を求め、その振幅の平均値を求めた結果を図２に示す。３本の指共に、2.5Ｎ以上の力を加えた時の加速度脈波の振幅が非常に似通った変化をしていることが分かる。また、立った状態で前腕が斜めになっている姿勢で、同様の実験を行った結果を図３に示す。３本指とも、押下力の増大に伴って加速度脈波の振幅は減少しているが、座った場合と異なり顕著な傾向は現れなかった。

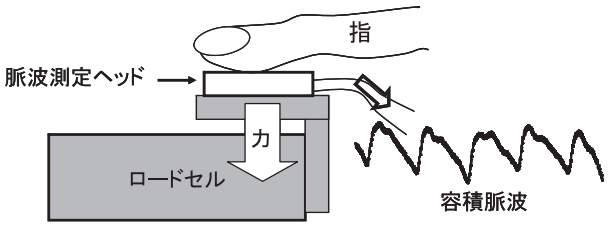


図１　測定装置の構成

立った状態では、座った状態と比較して指と測定ヘッドの接触面積が小さいため、LED 光が一部遮断されていない血流に当っていたことが考えられる。

4　結　　論

個人認証時の姿勢と指種による、指の押下力－加速度脈波の振幅特性を実験的に求めた。その結果、前腕が水平になる姿勢を取った場合には、指種にかかわらず、加速度脈波振幅の減少を捉えられることがわかった。

今後、工業技術センターで開発を進めている触覚センサを組み込んで３方向の力を検出することで、より確実な生体検知法を確立させてゆきたい。

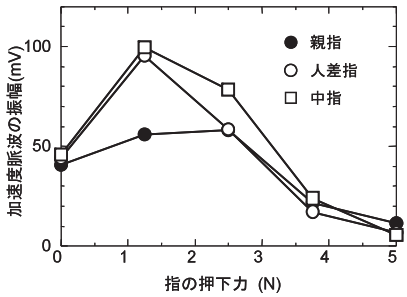


図２　指の押下力による加速度脈波の振幅の変化(座った姿勢)

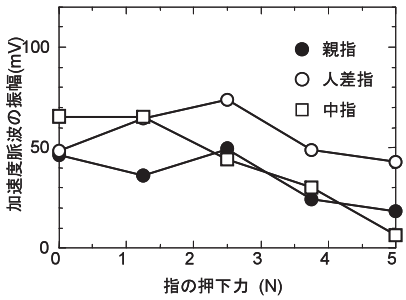


図３　指の押下力による加速度脈波の振幅の変化(立った姿勢)

参　考　文　献

1)　生体検知方法，特開 2005-46234.

(文責　松本哲也)
(校閲　北川洋一)

〔技術改善研究〕

32　交通事故現場見取図作成システムの開発

金谷典武，瀧澤由佳子，北川洋一

1　目　　的

交通事故が発生した場合に、その後の処理として、個々の事故ごとに報告書が作成されている。その報告書には交通事故現場見取図と呼ばれる図面が含まれており、事故が起こった場所の道路状況や事故車両の位置関係等が鉛直方向の上から見た平面図として記載されている。この見取図を作成するときに、道幅や事故車両の位置関係を明確にするため、必要に応じて、実際に巻き尺等を利用して距離計測が行われている。視覚センサや画像処理技術等を利用して、この作業を省力化することができれば、事故現場での計測作業や事故処理のスピード化を進めることができる。そこで、本研究では、計測および作図作業の省力化を目的として、計測システムの検討を行った[1)]。本報告では、全方位視覚センサを利用した計測方法と、その方法を利用して計測を行った結果について報告する。

2　計測方法

交通事故現場の見取図を作成する場合、道路の形状だけでなく、建物等の周囲状況も重要な情報になる。少ない撮影回数で、より広範囲な状況を撮影するために、双曲面ミラーを利用した全方位視覚センサ[2)]を利用することにした。実験に利用した全方位視覚センサを図１に示す。この視覚センサは、双曲面ミラーとデジタルカメラで構成されており、デジタルカメラの画素数は720万画素（横3072×縦2304画素）である。１枚の画像だけでは距離情報を得ることができないので、図２のような装置を利用して、距離情報を得ることにした。この装置は三脚、レール、全方位視覚センサで構成されており、三脚の上にはレールが、レールの上には全方位視覚センサが設置されている。レールは水平に調整することが可能であり、視覚センサは垂直に設置することができる。また、視覚センサはレール上を平行移動させることができ、異なる位置で全方位画像を得ることができる。視覚センサの移動可能な距離は１ｍである。

本実験で利用した計測方法は、全方位視覚センサを水平方向に平行に移動させることにより得られる２枚の全方位画像から、ステレオ視を行うことにより、広範囲の３次元情報を取得する方法[3)]であり、見取図の作成は得られた３次元情報を鉛直方向の上から見た平面図として表示することにより行う。２枚の全方位画像から３次元情報を得るために、次のような画像処理を行った。まず、一方の全方位画像に対してソーベル処理を行い、輝度変化の大きい画素を抽出する。抽出された各画素に対して、もう一方の全方位画像から対応する画素を順次探索する。ただし、対応点の探索には、抽出した点を含む周囲数画素の領域を考え、対応する領域内における「各画素の輝度値の差の２乗の総和」を評価式として利用した。また、全方位視覚センサの光学的な特性や、２つの視覚センサを配置した位置情報も利用した。

3　実験結果

工業技術センターの敷地内や一般道路において、全方位画像を撮影し計測実験を行った。計測場所はＴ字路や



図１　全方位視覚センサ



図２　計測装置



図３　全方位画像（Ｔ字路）

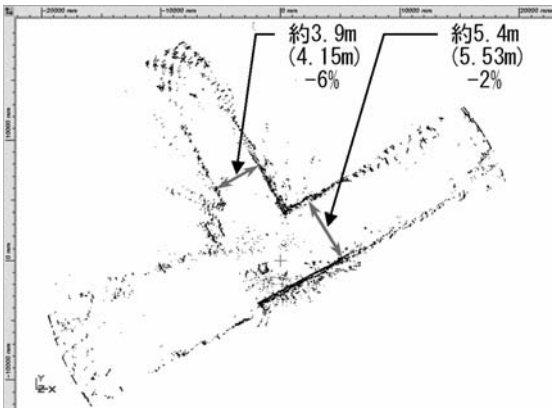


図４　測定結果（Ｔ字路）

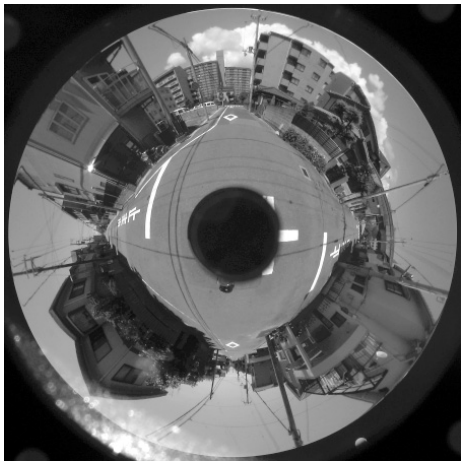


図５　全方位画像（十字路）

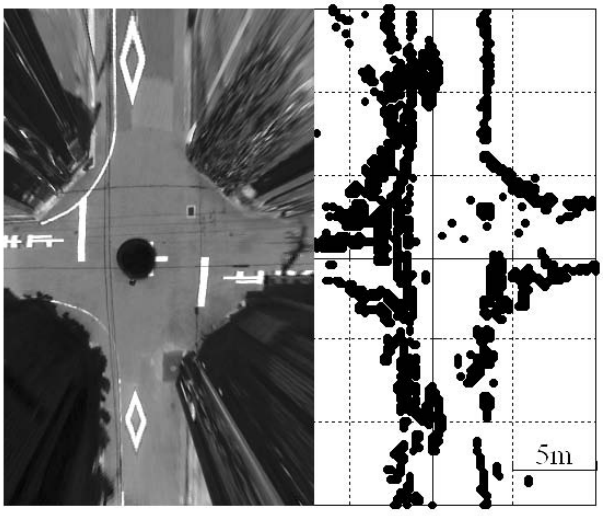


図６　水平面投影結果　　図７　測定結果（十字路）

十字路などの交差点で行い、視覚センサは交差点のほぼ中央に設置して撮影を行った。

Ｔ字路において撮影した全方位画像を図３に示す。このとき、全方位視覚センサは道路面から約140cmの高さに設置した。全方位視覚センサを水平方向に、96cm平行移動させて、もう一枚の全方位画像を撮影し、この２枚の全方位画像から３次元情報を求めた。ただし、視覚センサから得られる全方位画像は、カラー画像であるので、ＲＧＢの各画素の輝度値を利用して、ソーベル処理や対応点の探索を行った。２枚の全方位画像から３次元情報を求めた後、視覚センサを設置した道路面を基準として、高さ -10cmから40cmまでの範囲の３次元情報を抽出した。このようにして得られた３次元情報を、鉛直方向の上から見た平面図として求めた結果を図４に示す。視覚センサは図中の＋印の位置に設置してあり、半径20ｍ範囲の位置情報を計算で求めている。この結果から、Ｔ字路をうまく抽出できていることを確認することができる。また、道幅の計測を行った結果、視覚センサの位置から半径10ｍの範囲において、測定精度±６％以下の計測結果を得ることができた。

次に、十字路において撮影した全方位画像を図５に示す。このとき、全方位視覚センサは、約127cmの高さに設置し、水平方向の移動量は100cmとした。道路面が水平であると仮定して、１枚の全方位画像を水平面に投影した結果を図６に示す。また、図４と同様の手法で、２枚の全方位画像から平面図を求めた結果を図７に示す。図７の結果より、十字路の形状が抽出できていることが確認できる。図６の結果を見ると、本来、同じ大きさであるべき菱形の路面標示が、上下で大きさが異なっていることがわかる。撮影した十字路には上下方向に緩やかな傾斜があり、この道路面を水平面と仮定して計算したために、高さ方向の位置のずれが路面標示の大きさの変化として表れたものである。図７の平面図では、３次元情報を求めてから平面図に変換しているので、このような影響を受けることなく、同程度の大きさの路面標示として計測されている。

４　結　　論

交通事故現場見取図を作成するシステムの検討を行った。全方位視覚センサを利用したシステムにより、計測と平面図作成を行い、本手法が、交通事故現場のような広範囲の図示に有効であることが確認できた。今後は、測定精度の向上について検討を行い、システムを改良していく予定である。

参 考 文 献

1)　金谷典武，森下順治，電子情報通信学会2008総合大会 D-12-92 (2008).
2)　山澤一誠，八木康史，谷内田正彦，信学論D-II，J79-D-II，pp.698-707 (1999).
3)　金谷典武，白井良明，信学技報 PRMU2000-69 (2000).

（文責　金谷典武）
（校閲　北川洋一）

〔経常研究〕

33　インタラクションデザインのためのプロトタイプ作製に関する調査研究

平田一郎，後藤泰徳，礒野禎三

1　目　　的

家電製品や、作業現場における機器の誤操作を防止するため、人間と協調できるインタフェースの開発が必要とされている。誤操作の主な原因は、操作方法が複雑なことや、ユーザーが所望する操作手順との不整合性などが考えられる。

これまで、操作する人間が理解しやすい画面表示や操作手順に関する評価と評価結果を反映させたデザイン改善を行い[1)]、それらのプロセスを迅速に行うための操作評価システムを開発した[2)]。本研究では、これまで開発した評価システムを応用したプロトタイプ開発ツールを調査し、今後のインタラクションデザイン開発に有効なツールを用いた試作を行った。

2　外部入力装置と連動したプロトタイプ

これまでに開発した評価システムは、アニメーションソフトで作製したシミュレーションモデルをタッチパネル上で疑似操作するもので、従来の簡易評価手法であるペーパープロトタイピング手法[3)]に比べ、描写能力が高いことから、使用者に操作を促すための応答方法（画像の動き、音声）についても評価できる点が特長である。しかし、機器の操作性を評価・検証していくためには、ロータリスイッチやシーソースイッチ等、タッチパネルでは評価・検証が難しい操作入力方法も多く存在するため、物理的な入力装置と連動したプロトタイプの作製方法が必要である。さらに、現実世界の物体をインタフェースとして利用することで、人間の挙動に基づいた操作を可能とさせるタンジブルインタフェース[4)]が注目されており、今後のインタラクションデザインを行う上で、外部入力装置やセンサ等と連動して作動可能なプロトタイプの作製が必要となる。

上記開発手法を容易に実現可能とするためのツールを調査した結果、MITメディアラボで開発された教育用の小型コンピュータ「クリケット」[5)]と物理的な現象に反応する作品を簡単に試作するためのツールキット「Gainer」[5)]が、今後のプロトタイプ作製に適していることがわかった。本研究では、これまでに開発した評価システムとの親和性が高いことからGainerを採用し、外部の入力装置（ボタン、スイッチ等）と連動したプロトタイプを作製した。

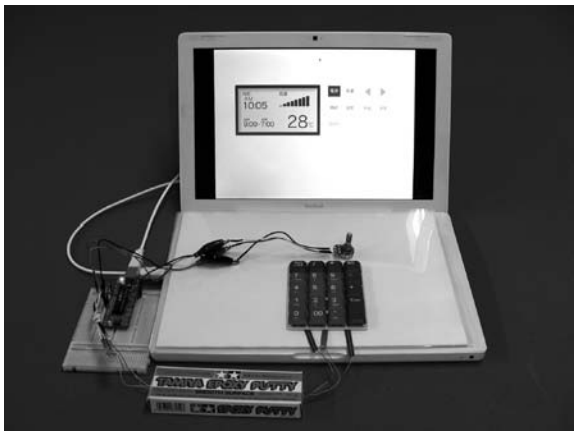


図１　試作機の概略図

3　まとめ

感圧導電性エラストマーセンサを搭載したボタンと可変抵抗器を接続し、それぞれの入力情報に対応したアニメーションとの動作確認を行った。外部センサの取り替えも容易に行え、インタラクションの評価システムとして有効なツールであることを確認できた。

今後は、種々のセンサと連動したプロトタイプを試作し、効果的な応答方法や操作方法等インタラクションデザイン構築方法について検討していく予定である。

参 考 文 献

1) 平田一郎，岡田衛，熊田俊昭，下野文弘，吉川嘉修，山岡俊樹，産総研ジェロンテクノロジー研究フォーラム2005，25(2005)
2) 平田一郎，後藤泰徳，中本裕之，後藤浩二，富田友樹，兵庫県立工業技術センター研究報告16，44(2006)
3) 樽本徹也，ユーザビリティエンジニアリング，オーム社(2005)
4) 瀬戸原弘通，加藤博一，橘 啓八郎，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.103，No.351，1-4(2003)
5) 森秀樹，北川美宏，ヒューマンインタフェース学会誌，Vol.5 No.2 ，137-138 (2003)
6) GainerBook Labo，+GAINER，九天社(2007)

（文責　平田一郎）（校閲　礒野禎三）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

34　次世代インタラクションデザイン研究会

平田一郎，後藤泰徳，礒野禎三，有年雅敏

1　目　　的

最近の電子機器は、多くの機能を搭載するため操作が複雑になっている。このため、使用者の戸惑いや誤操作を防ぎ、確実に操作できる製品の開発が急務となっている。また、デジタル家電業界など多くの市場からの要求として、これまでの単に多機能・高性能一辺倒のデザインから、使い勝手の良さや新たなユーザインタフェースの搭載が要求されている。県内企業においても同様に、操作する人間が所望する操作手順と合致させた操作手法や、効果的な機器の応答方法に関する関心が高まっており、それらの技術を包含した「インタラクションデザイン技術」の開発が求められている。

本事業は、産学官参加による研究会を設立し、インタラクションデザインに関する開発技術の研鑽を深めるとともに、県内企業に新しい又はユニークな操作方法を提供し、製品の次世代インタラクションデザイン技術の研究を行うことを目的とする。

2　事業内容

本事業では、インタラクションデザインを「プロダクトデザイン」と「人間工学」から分析し、両分野で行われている研究・事例発表（評価手法、表現方法）と、企業における現状のインタラクションデザインの取り組み、今後の技術課題などについての意見交換など、以下の研究会活動を行った。

（１）　研究会の開催
（２）　デザイン実習の開催
（３）　見学会の開催
（４）　インハウスデザイナー、大学との意見交換

本事業の特長は、参加メンバーのほとんどが企業内のデザイナーであることから、デザイン実習も開催し、技術情報の共有を図った。

3　体　　制

本研究会では、和歌山大学システム工学部デザイン情報学科山岡俊樹教授を委員長として、「次世代インタラクションデザイン研究会」を立ち上げ、上記の内容を実施した。

委員には、神戸芸術工科大学、(財)新産業創造研究機構、(株)アコオ機工、グローリー(株)、(株)ケイテック、(株)ノーリツ、古野電気(株)が参画した。

4　活動結果

当該研究会は、活動として３回の研究・検討会を実施した。

第1回　研究会
開催日時：平成19年度12月18日（火）14:00～17:00
開催場所：県立神戸学習プラザ
開催内容：趣旨説明、事業内容の説明、委員会メンバーの紹介、和歌山大学山岡教授による研究発表「インタラクションデザインの構築・評価方法」と、神戸芸術工科大学曽和講師による事例発表「小型ロボットを使用したデザイン」（神戸芸術工科大学）等

第2回　研究会
開催日時：平成20年度1月28日（月）15:00～17:30
開催場所：兵庫県立工業技術センター
開催内容：和歌山大学山岡教授による「観察工学の考え方、方法」についての研究事例発表と、発表内容に関する意見交換等。

第3回　研究会
開催日時：平成20年度2月21日（木）13:00～17:30
開催場所：神戸芸術工科大学
開催内容：小型ロボットを使用したインタラクションデザイン表現に関する実習、神戸芸術工科大学の見学等。

5　結　　果

本研究会は、次世代のインタラクションデザインに関する技術開発手法について知見を得るとともに、現状の課題に関する意見交換を行い、今後望まれる開発手法について検討した。その結果、インタラクションデザインの重要な要素となる機器の反応（動き）を容易に作製するための技術（モーションプロトタイピング）と、人と人工物とのインタラクションにおける評価手法が企業から望まれていることが明らかとなった。

（文責　平田一郎）
（校閲　礒野禎三）

〔重点領域研究〕

35　ユニバーサルデザイン技術の集積による業界の新製品開発支援

稲葉輝彦，西羅正芳，永本正義

1　目　　的

平成 17 年度、兵庫県は県内製造業 3000 社に対してユニバーサルデザイン（以下ＵＤと表現）によるものづくりに関するアンケート調査 [1)]を実施した。その結果、県内中小企業の約１割がＵＤによるものづくりを開始しており、今後約２割の企業が開始する予定であることが判明した。そして、本調査からＵＤ製品を開発する上での企業ニーズや行政への要望が種々明らかになった。そこで、本研究では、行政への要望に応えるとともに企業の新製品開発をより一層的確に支援することを目的にＵＤによるものづくりに関する種々の技術情報を収集し情報のデータベース化を図った。

2　実験方法

2.1　収集した技術情報

先に述べた調査では、行政への要望の一つとして製品開発に必要な技術基盤整備が明示された。技術基盤とは、具体的には下記①～④の項目の内容であり、これらの４項目は、ＵＤによるものづくりを開始する企業のそれぞれ 46%、37%、25%、37%がもつ企業ニーズでもある。

①開発する技術や知識が不足している。

②開発のためのガイドライン、参考資料がない。

③人間特性に関する情報がない。

④ニーズ把握方法が不明である。

これらの４項目は製品開発に直結することから、本研究ではこれら４項目の技術情報を収集することにした。

2.2　技術情報の収集方法

①～④に該当する技術情報は、書籍やデータ集、DVD ビデオなどのメディア類、公的機関の報告書、JIS など各種規格、ユーザー登録後あるいは同意後に利用可能な WEB 上のデータおよび一般の WEB 公開データなどから収集した。

2.3　情報の分類およびデータベース化

収集した技術情報は、情報管理の観点からＦ分野（普及・概念）、Ｊ分野（JIS などの規格）、Ｎ分野（ニーズ）およびＳ分野（シーズ）の４分野に分類した。そして、それぞれの情報に対しては検索ができるように、各情報に対して複数のキーワードを割り振った。データベースは、AND および OR の検索が可能なフリーウェアソフト「何でもデータベース」バージョン 3.00（著作権者：古河　勝氏）を用いて構築した。

3　結果と考察

3.1　収集した情報とデータベースの構築

表１に、収集した分野別情報の数および分野別キーワード総数の一覧を示す。構築したデータベースは、データベース本体のファイルの他にキーワードを収録したファイル（キーワード集）の二つからなる。

表１　収集した分野別情報数とキーワード数

分　野	情報数	キーワード数
Ｆ（普及・概念）	３４	１１２
Ｊ（JIS規格など）	３３	２１５
Ｎ（ニーズなど）	９	３７
Ｓ（シーズなど）	３９	３１７

図１に、構築したデータベースの表示画面の一部を示す。キーワード集から関心のある単語や語句を任意に選び AND もしくは OR で検索することにより該当する情報の所在となる情報源が表示される。



図１　構築したデータベースの表示画面の一部

3.2　技術基盤整備①への寄与

開発する技術や知識が不足しているということに対しては、まずはＵＤの基本的な概念、歴史、ものづくりに限らないＵＤの取り組み、そしてＵＤの理解を深めるための教材類を種々収集した。次いでＵＤによるものづくりが必要となった時代背景および企業が UD によるものづくりを行うための社員教育、ニーズ分析、UD を具体化する設計、誤使用防止の安全設計およびモニター評価方法など開発プロセスに関する情報を種々収集した。この開発プロセスは ISO13407（人間中心設計）といわれるものであり、これによる製品化事例も併せて収集した。これらの情報は、今後ＵＤによるものづくりを開始しようとする企業にとって最初に理解し認識しておくべき基礎的知見であると思われる。

３.３　技術基盤整備②への寄与

開発のためのガイドラインや参考資料に関しては、まずは近年 JIS による規格化が急速に推進されている高齢者・障害者配慮設計指針を中心に JIS 情報を収集した。これらには、開発製品への凸記号や点字、切り欠きといった触覚識別表示の付け方や警告表示の方法、製品を操作する上での報知音の周波数、識別しやすい色の組み合わせ、スイッチ類の配置などＵＤ製品開発における幅広い配慮指針が示されている。例えば、JIS S0032 には誤りのない視覚情報を伝達するために、人の最小可読文字サイズの計算方法が示されている。図２は、一例として 20 歳と 70 歳の人が輝度 10cd/m^2 および 100cd/m^2 のもとで２m離れた 11～15 画のゴシック体文字（図中の「**視**」の文字）を見た時の読み取れる最小文字サイズを計算し、それを模式的に表したものである。高齢者の視力は若年者よりも低く、視力は輝度値が下がると当然低下する。その結果、若年者に比べて高齢者はいずれの輝度においても大きなポイント数の文字でないと可読できない。したがって、ＵＤによるものづくりでは、高齢者にとって読みやすい文字サイズへの配慮が不可欠である一方、JIS S0012 においては、文字は背景に対して明度差がマンセル値で４以上が望ましいとされており、ＵＤによるものづくりでは文字に関してだけでも多面的な配慮が必要であることが理解できる。

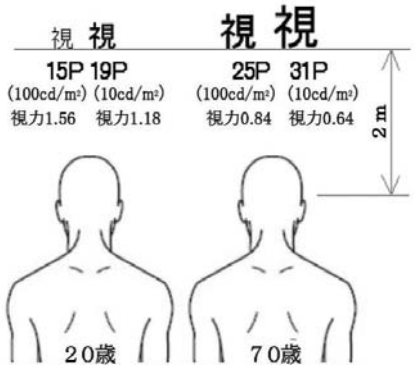


図２　年齢と可読文字との関係

その他、重要なガイドラインとして ISO ガイド 71 を入手した。これは、横軸に 13 項目の心身機能の項目があり縦軸には複数の配慮すべき項目が示された７種類の表からなる。縦軸と横軸との交点が配慮すべき事項となる。すべての製品やサービスにおける配慮事項は、この７種類の表の中に必ず存在している。しかし、各配慮事項に対しては回答が用意されていない。そのため、人間特性に関する情報や JIS による配慮設計指針を基に具体的に配慮すべきことを自ら導き出し対策を講ずる必要がある。いずれにしても、ISO ガイド 71 を用いると、配慮すべき事項を漏れることなくチェックすることが可能であり、当ガイドは UD によるものづくりにおいて極めて重要な規格といえる。

３.４　技術基盤整備③への寄与

人間特性に関する情報に関しては、人体各部の寸法、視覚、聴覚といった感覚、知性、認知、行動、筋力、運動機能などを幅広く収集した。特に、社団法人人間生活工学研究センターから有料あるいは一部無料で公開されている人体寸法データ集は、製品のサイズを設計する上で重要な情報となる。例えば、某大手事務機器メーカーでは、年齢と手の大きさや指の太さなどとの関係に基づいて３種類のグリップサイズのハサミを開発し好評を得た。また、当センターからは同意に基づき利用可能な人間特性に関する多数の統計データが公開されている。例えば、楽に持てる重量や握りやすい棒の太さ、負担に感じない段差の高さ、適切な椅子の高さ、食卓など机の高さの目安、収納棚の高さ、スイッチ類の適切な位置と高さなど種々の値が公開されており具体的なＵＤによるものづくりにおいて非常に役に立つ。

一方、独立行政法人製品評価技術基盤機構からは、ユーザー登録をすることにより、20 歳から 85 歳までの男女約 1000 人の身長、体重、血圧、肺活量、体脂肪、動体視力、日々の運動の有無、各関節可動域、瞬発力など 380 項目以上にわたる特性データを入手することができる。この人間特性データを活用すると、例えばドアノブをひねったり、ドアを押し引きする時の力を求めたり、各指でそれぞれボタンを押す時の力を求めることができ UD 製品の細部の設計に役立てることができる。当機構では、より使いやすい製品の開発に寄与することを目的に、これらのデータを基に人体各所の最大発揮力と身体寸法との間の単回帰式、重回帰式、相関係数などを算出し提示している。

３.５　基盤技術整備④への寄与

ニーズ把握に関しては、生活上で困っていることの事例報告集などの他に財団法人共用品推進機構が公開する不便さ調査データも収集した。当データには、身体状況の違いや生活場面、使用する各種電化製品などに対して 3572 件の不便さが収録されている。これらの情報を有効に活用すれば、製品開発のための新たなニーズ調査はほぼ必要ないものと思われる。

４　結　　論

業界ニーズに基づき、ＵＤによるものづくりに関する一連の情報を収集しデータベース化した。これらの情報は、今後、企業のＵＤ製品開発や製品評価を行う上で大きく貢献するものと思われる。

参 考 文 献

1）高齢者・障害者をはじめ誰もが使いやすいように配慮した製品の開発に関する調査研究報告書：兵庫県，（財）21 世紀ヒューマンケア研究機構，（2006）

（文責　稲葉輝彦）

（校閲　西羅正芳）

〔兵庫県ＣＯＥプログラム推進事業〕

36　亜臨界水を利用したヒバ有用成分抽出機の開発

原田　修，大橋智子，桑田　実

１　目　　的

ヒノキチオールは、抗菌剤・消臭剤などの成分として用いられる有用な化学物質である。工業的にはヒバ科の樹木から水蒸気蒸留によって抽出され、必要に応じてエタノールで希釈して利用される。

一方、亜臨界水はその特異的な性質から種々の分野で研究されており、特にバイオマスの加水分解、水熱合成、抽出等の研究に利用されている。抽出に関しては、亜臨界水の誘電率が有機溶剤並みに下がる特長を生かして、有機溶剤フリーな水だけを利用した抽出が可能となる。

本研究では、ヒバからヒノキチオールを連続的に亜臨界水抽出が可能な装置の開発が目的である。

２　亜臨界水抽出装置の開発

２．１　装置設計

亜臨界水は高温であるため、抽出中に試料や抽出物が熱分解してしまう副反応が起こる場合がある。この副反応のコントロールには正確な温度制御が不可欠となる。

本装置に付属するステンレス製の内容積２L抽出管は、耐圧設計のため肉厚になることから熱容量が大きくなり、これまで利用されてきた電気炉での加熱では厳密な温度コントロールができない。そのため、本装置では電磁誘導により予熱水および抽出管の加熱を行えるように亜臨界水抽出装置の設計を行った（図１）。これまでに、電磁誘導加熱を利用した亜臨界水抽出装置の報告は見あたらない。

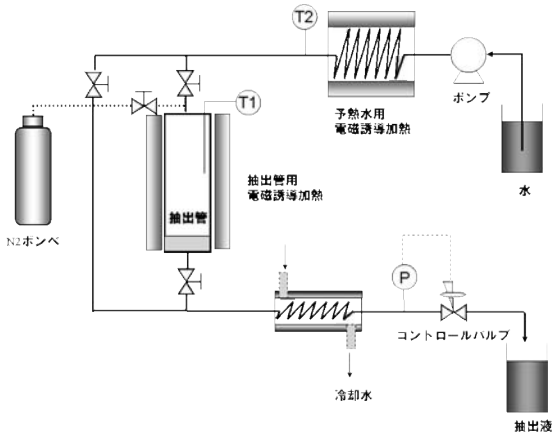


図１　亜臨界水抽出装置の概略図

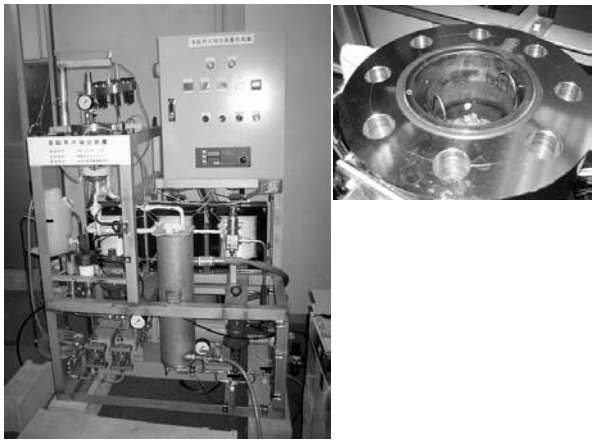


図２　亜臨界水抽出装置　全体（左）、抽出管（右）

本装置では以下に示した３通りの実験が可能である。

①抽出管に水と試料を予め入れて加熱するバッチ法

②抽出管に予熱水を流しながら抽出を行う連続抽出法

③抽出管に予熱水を入れた後抽出管を加熱する半バッチ法

また、本装置の仕様は温度＜270℃、圧力＜10MPa、および流速＜500mL/minである。

２．２　ヒバ材

ヒノキチオールを含有している樹木は国内ではヒバ、海外では台湾ヒノキである。国内で調達可能なヒバ材は青森産および輪島産に限られ、調査の結果、輪島市森林組合で排出される廃材が利用できることが分かった。

ヒバには0.05～0.1%のヒノキチオールが含まれているが、水に僅かしか溶けないため水蒸気蒸留により抽出されている。水蒸気蒸留に供される試料はおが屑等の微粉砕物であり、特殊な粉砕装置による微粉砕工程が必要となる。一方、亜臨界水は水蒸気に比べて試料への浸透力が大きいので試料を微粉砕する必要はない。本研究では、1×1×22cmのヒバ材を抽出試料として用いた。

また、200℃の亜臨界水はエタノールに近い誘電率を持ち、ヒノキチオールは容易に溶解する。

３　結果と考察

３．１　亜臨界水抽出装置

完成した亜臨界水抽出装置を図２に示す。大きさは

1.2×1.0×1.5mと非常にコンパクトになった。

本装置の性能確認試験を行っている中で以下に示す種々の不具合が認められた。

① 誘導加熱コイル(リッツ線)が熱により焼き付いた。

② 抽出管の蓋を閉めるボルトが溶着して開閉が不能になった。

そのため以下の対処を施した。

① 輻射熱による焼き付けを防ぐためにミオレックス製の円筒管で抽出管を覆い、その上からリッツ線を巻いた（図３左)。

② ボルトの溶着は､ボルトの溝の先端に生じたスパークによるものと考えられた。そこで図３右に示したようにボルトに誘導電流が発生しないようフェライトコアをボルト下に設置した。



図３　不具合の対処　左図：ミオレックス製円筒管、右図：フェライトコア（矢印）

３．２　ヒノキチオールの亜臨界水抽出実験

不具合が解消された本装置において、抽出管内部の温度上昇変化を図４に示す。図から分かるように150℃で3分、200℃で6分、250℃10分と非常に昇温速度が速い。従来の電気炉で同規模の抽出管を加熱すると250℃まで昇温させるのに2時間以上を必要とする。所定温度まで長時間を要すると熱分解等で抽出物が減少して非常に効率が悪くなる。

抽出試験は、300ｇの輪島産ヒバと蒸留水１Ｌを抽出管に投入し、密閉した後所定温度まで加熱した。内部圧力は飽和水蒸気圧である。所定温度まで達した後、冷却管の下流に設置したバルブを開放して徐々に抽出液を大気圧下へ開放した。抽出液は抽出温度の上昇とともに黄

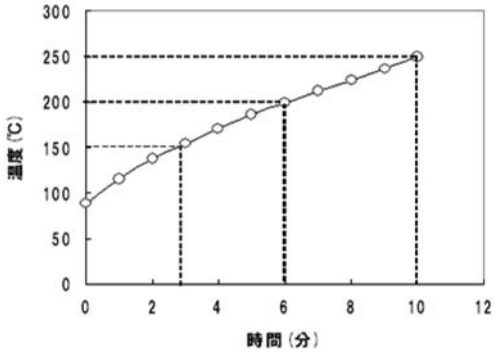


図４　抽出管内部温度の変化

褐色が強くなり、230℃を超えると焦げ臭も認められた。

図５に抽出液中のヒノキチオール濃度を示す。ヒノキチオールは水にわずかに溶解し、230℃で最大値153mg/Lを示した。ヒバ中のヒノキチオール濃度は部位により大きく違うため正確な値は分からないが、この値は試料中のヒノキチオールのほぼ全量から50%に相当する。250℃で減少したのはヒノキチオールの熱分解のためである。

抽出温度200℃の抽出液について黄色ブドウ球菌に対する抗菌試験を行った。試験方法は、培地に黄色ブドウ球菌を均一に塗布し、種々の倍率で希釈した抽出液を培地に滴下することにより行った。抗菌試験の結果、抽出液の希釈率が1/128まで抗菌活性があることが分かった。200℃の抽出液は乳黄色で濁っているが、1/128まで希釈すると透明で濁りのない溶液となるため消臭スプレー等の利用には支障がないと考えられる。

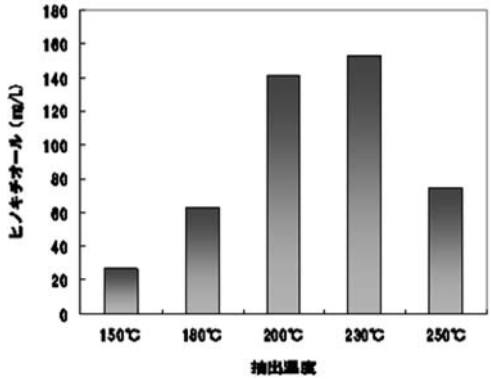


図５　抽出液中のヒノキチオール濃度

４　結　　論

以上まとめると以下の通りである。

①　コイルの焼き付き等の種々の不具合を解消することができ、昇温速度が速く温度コントロールに優れた亜臨界水抽出装置を開発することができた。

②　抽出温度230℃でヒノキチオール抽出量の最大値153mg/Lを示した。250℃ではヒノキチオールの熱分解のため減少した。

③　抽出液は抗菌活性を示し、200℃10分の抽出液では1/128に希釈した溶液でも活性を示した。この溶液は無色透明で抗菌スプレーとしての利用が可能である。

なお、本報告は兵庫県COEプログラム推進事業により、明興産業(株)、新産業創造研究機構と共同で行った研究の成果である。

（文責　原田　修）
（校閲　吉岡秀樹）

〔技術改善研究〕

37　食品素材の機能性に着目した新規食品開発手法の構築

井上守正，原田　修，吉田和利，大橋智子，浅川大地，吉岡秀樹，桑田　実

1　目　　的

機能性食品素材を用いた新商品開発案件は多いが、これらの取り組みは機能性を期待される成分の含有量を増やす検討がほとんどである。これらの成分は化学的修飾方法によって吸収性、機能の発揮、体外排出性が大きく変化する。製品化の各段階で機能性成分の化学修飾のされ方を確認し、生体により利用されやすい形態での機能性成分の摂取方法を検討することで、素材の機能性に着目した新規食品開発の手法を構築した。

昨年度は神戸大学農学部金沢研究室で構築されたポリフェノール類の一斉分析手法を技術導入した。また近年ささやま市が特産品として振興に力を入れる黒豆「丹波黒大豆」を用いて試料調整手法の確認を行い、固体試料の前処理方法を確認した。

今年度は以上の成果を踏まえ、兵庫県の特産物のポリフェノール類を分析し、これに着目した新規食品開発案を策定した。

2　実験方法

2．1　試料および前処理方法

ポリフェノール類を豊富にふくむ農産物として、県下で栽培された黒豆、イチジク、ナス、ヨモギ、市販のシソ、レタスを選んだ。またポリフェノール類を豊富に含む野生菊科植物（野菊、マリーゴールド、ジャーマンカモミール、ローマンカモミール、アザミ）についてもポリフェノール類の一斉分析を行った。

野菊以外の試料は、常法に従ってメタノール抽出した。すなわち、50mgの乾燥粉末試料に内部標準として10mMのFlavoneを5μL添加し、0.5%酢酸を含む90%メタノール2mLで3回抽出を行った。遠心分離にて得られた上清を併せて、遠心エバポレーターで濃縮乾固した。この抽出物に500μLのジメチルスルホキシド(DMSO)を添加、溶解、ろ過したのちに高速液体クロマトグラフィー(HPLC)分析に供した。

また、ポリフェノール配糖体のアグリコンを同定するために、上記試料を加水分解抽出した。すなわち、50mgの乾燥粉末試料に 0.2%TBHQ を含む 62.5%メタノール 4mL を添加し、さらに 2M HCl 1mL を添加した。この溶液を 90℃で 2 時間加熱し、加水分解反応を行った。試料を放冷後、2.5mL の酢酸エチルを添加して激しく攪拌し、酢酸エチル層を回収した。酢酸エチル層を遠心エバポレーターで乾固してしたものを上記と同様の前処理の後 HPLC 分析に供した。野菊については熱水抽出物を用いて分析した。

表１　各試料中のポリフェノール成分

	成分	乾物含量 (μmol / 100g)	新鮮物含量 (μmol / 100g)
黒豆	Cyanidin Glu	44.8	–
	Daizein	10.7	–
	Daidzin	35.4	–
	Daizein-Glu	61.2	–
	Genistein	13.1	–
	Genistin	44.4	–
	Genistein-Glu	127.3	–
	Glycitin	10	–
イチジク（全果）	Cyanidin Glu	29.9	4.8
イチジク（可食部）	Cyanidin Glu	25	3.6
イチジク（皮）	Rutin	199	35.5
	Chlorogenic acid	29.8	5.3
	Cyanidin Glu	138	24.7
ナス	Chlorogenic acid	5280	388
	Anthocyanins	34.3	2.5
ヨモギ	Quercetin-Glu	59.4	19.7
	Chlorogenic acid	2750	912
	Caffeoyl ester 類	3710	1230
	Epicatechin 様	83.1	27.6
シソ	Apigenin-Glu	29.6	3.9
	Baicalein 様-Glu	51.5	6.8
	Luteolin-Glu	65.3	8.7
	Chiorogenic acid	52.2	6.9
	Caffeoyl ester 類	504	67
	Catechin	336	44.7
	Epicatechin	127	16.9
レタス	Rutin	172	6
	Quercetin-Glu 他	58.9	2.1
	Luteolin-Glu	53.4	1.9
	Chiorogenic acid	225	7.8
	Caffeoyl ester 類	680	23.7
	Catechin 類	79.5	2.8
アザミ（葉）	Apigenin-Glu	11800	1050
	Chiorogenic acid	1390	182
アザミ（根）	Chiorogenic acid	99	17.2
	Catechin 類	55.9	9.7
	Catechin 類	320	55.7

2．2　HPLC 分析条件

HPLC 条件は、前報 [1)]に同じ。ただし、Anthocyanidin は同分析法では検出感度が低いため、次の条件で分析した。つまり、カラムは Capcell pak C18 UG120、5μm、Φ 4.6x250 mm、shiseido Co. LTD、検出は PDA 検出器（510　nm）、移動相は（溶離液 A）0.2%酢酸：メタノール＝90：10、（溶離液 B）メタノール。A%/B%：100/0 →（15 分）50/50→（20 分）0/100 のリニアグラジエント。流速：1mL/min、温度：35℃、注入量：10μL。

各試料を分析後、現在 34 種類のポリフェノールを登

録しているライブラリを用いて Waters 社製 PDA 解析ソフトウェアにより、ライブラリ情報との照合による化合物の同定と定量を行った。

3　結果と考察

各試料中のポリフェノール含量の測定結果を表１に示した。表から、農産物によって含まれるポリフェノール類が偏っていることがわかる。ただし、黒豆を除く試料には Chlorogenic acid が含まれ、Chlorogenic acid の広汎な分布が認められた。

黒豆には Anthocyanins が含まれることは知られているが本実験によっても Cyanidin glucoside が検出された。またイソ Flavones も多種含まれることが確認された。

イチジク試料は、可食部と皮に分けた試料も分析した。イチジク全果、可食部のみ、皮のみの全てにCyanidin glucosideが検出された。また、イチジクの皮からは199 μmol/100g dryのRutinが検出されたが、イチジクの皮は可食部に比べて量が少ないため、Rutinの全果に対する寄与は低かったと考えられる。イチジク試料中には、ライブラリから同定できない複数のピークが見られ、特徴的な機能性が確認できれば新規食品用素材としての可能性が示された。

ナスにはナスニンと思われるAnthocyaninsが見られ5280 μmol/100g dryもの高含量でChlorogenic acidを含むことが特徴であった。また、ヨモギもChlorogenic acidを2750 μmol/100g dryと多量に含み、Chlorogenic acid類似化合物(Caffeoyl ester類)も3710 μmol/100g dryと豊富に含んでいた。ヨモギは他にも、FlavonolsのQuercetin glucosideとCatechinsを含んでいた。

Catechinsはヨモギと同じ菊科のシソ、レタスにも検出された。またシソ、レタスにはLuteolin glucosideやApigenin glucosideといったFlavonesが含まれており、菊科試料はFlavonesやCaffeoyl ester類、Catechins、Flavonolsを含むのが共通の特徴に思われた。

図１に菊花植物のポリフェノール類をまとめた結果を示す。特徴的なポリフェノール5種類について、レーダーチャート表示とし、中央上部から時計周りにFlavonols、Flavone、Cinnamic acid、Catechin、Flavanoneを示した。各ポイントの大きさと数で濃度を示している。

図から明らかなように、菊科植物の種類によって含まれるポリフェノール類が大きく異なっていた。つまりマリーゴールドはFlavonols類を多く含んでおり、ローマンカモミールはFlavones、アザミの葉はCinnamic acidを多く含んでいた。とりわけ野菊類は、これまで報告されていないFlavanone類を含むことが分かり、野菊に注目した新規食品開発の可能性が示された。

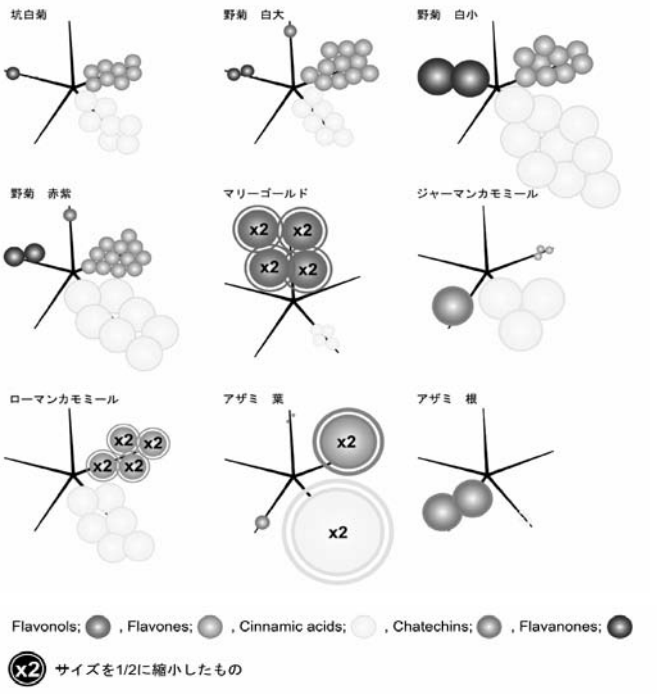


図１　菊科植物が含有するポリフェノール類

4　結　　論

平成18年度に神戸大学から技術導入したポリフェノール一斉分析手法を用いて、兵庫県産農産物の黒豆、イチジク、ナス、ヨモギ、シソ、レタスを分析した。また合せて、菊科植物である野菊、マリーゴールド、ジャーマンカモミール、ローマンカモミール、アザミについても分析、評価した。

その結果、①Chlorogenic acid類は比較的広範な農産物に含まれていた。②その他のポリフェノール類は、農産物の種類によって種類も量も偏っていることが分かった。③イチジクについては現在のライブラリで同定出来ない多種類のポリフェノールを含んでおり、新規食品の素材として可能性が示唆された。④菊科植物の中で野菊類については、これまで報告の無いFlavanone類を含むことが分かり、新規食品の素材として可能性が示唆された。

以上の結論を踏まえて、ポリフェノール類をバランス良く含む菊科植物茶の開発案を考案した。

参 考 文 献

1)　井上守正,原田　修,吉田和利,大橋智子,浅川大地,吉岡秀樹,桑田　実,兵庫県立工業技術センター研究報告書,16,50(2007)

（文責　井上守正）
（校閲　吉岡秀樹）

〔経常研究〕

38　培養細胞を用いた動物実験代替法に関する調査研究

吉田和利，井上守正，桑田　実

1　目　　的

機能性食品や機能性化粧品などヒトに対して健康増進作用や美容作用といった生体調整機能を有する機能性素材（食品、植物などの天然物由来成分）の探索に関する研究が食品や化粧品メーカーなどで積極的に行われている。その探索手法は、これまでは生体調整機能に関わる生体内酵素の酵素反応などを指標とした試験管内でできる簡便な方法が主として行われきた。しかし、実際の生体反応は大変複雑な経路で進行することからこれら簡便な方法では探索できる範囲が限定されてしまう。さらに最近は安全安心志向の高まりにより、機能性素材に関してはこれまで以上に科学的根拠が必要とされることからさらに高度な生体反応を表現できる培養細胞を用いたインビトロ試験法や実験動物を用いた動物試験法が一般的になっている。特に動物試験法においては、実験動物に対して機能性素材を直接摂取あるいは塗布することで生体反応を確かめることが可能であるためきわめて有効な評価方法であるが、動物愛護の観点から動物実験と遜色ない結果が得られる「動物実験代替法」へ切り替える傾向にある。本研究では、化粧品業界に普及しつつある動物実験代替法の現状と機能性食品の開発における動物実験代替法の可能性について調査を行った。

2　化粧品開発における動物実験代替法の普及

「動物実験代替法」は、現在化粧品業界において積極的に取り入れられている。化粧品は全身の皮膚に対して毎日使用されるものであることから、その安全性評価はきわめて重要である。特に皮膚に対する刺激性や目に万が一入った場合の影響、反復して塗布することからそれらの安全性は必ず検討しなければならない。これまではそのほとんどが動物実験（ウサギやモルモット）により評価を行うことが必要であり、化粧品業界のガイドラインにより明確に示されている。しかし、欧米を中心とする動物愛護の関心の高まりに加えて、ヨーロッパにおいては2009年までに化粧品原料の動物実験の禁止、動物実験を行った製品及び原料を含む製品の販売禁止などが法律によって定められるなど動物を用いない試験法が世界的に求められている。日本国内の化粧品メーカーは大学や国の研究機関と共同で学会活動を中心として動物実験代替法の研究と普及、代替法のバリデーション（妥当性の確認）を行うなど迅速な取り組みが要求されている。

3　動物実験代替法の概念

動物実験代替法の基本理念として３Rsの概念がある（図１）。現在は、３Rsの中でも動物を用いない試験法(Replacement)の研究開発を中心に、その代替すべき生体反応に関する基礎情報の収集を中心に研究が進められている[1)]。すでに皮膚刺激性評価法、目刺激性評価などいずれも毒性（安全性）に関する試験法の構築が進んでいる。動物実験代替法の利点としては動物実験と比較して少量で多数の被験物質を迅速に探索できるメリットがある。

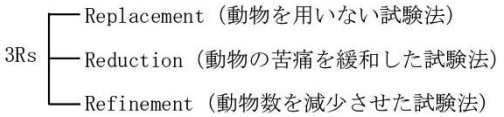


図１　動物実験代替法の基本概念　3Rs

4　機能性食品開発における動物実験代替法の可能性

これまで構築された動物実験代替法はいずれも皮膚細胞を用いた手法がほとんどであった。機能性食品の開発では、培養細胞を用いたインビトロ試験法が数多く利用されてきたが、一方で動物実験でしか評価できない機能性（生活習慣病予防など）もありラットやマウスの摂取試験が行われている。また、薬理学研究においても新たに代替法の取り組みとしてニワトリ胚の心血管系作動薬の代替法開発が行われている[2)]。しかし、食品や医薬品といった口からの摂取を中心とするものに関しては、皮膚などと比べるといずれも生体内での作用がかなり複雑で未だ未解明の部分が多く代替法の開発がかなり困難なのが現状である。また、現在の特定保健用食品制度（トクホ制度）などでも申請には動物実験が求められることから、現時点では機能性食品の開発への動物実験は必要と認められるが、動物実験代替法の基本概念３Rsを遵守した適切な実験計画が必要とされる。

参 考 文 献

1) 芋川玄爾：機能性化粧品素材開発のための実験法，CMC出版（2007）
2) 吉山友二，宮崎博之，杉山隆，日本薬理学雑誌,125, 358-364（2005）

（文責　吉田和利）
（校閲　吉岡秀樹）

〔経常研究〕

39　再現性の高い小仕込試験方法に関する調査研究

井上守正，吉田和利，吉岡秀樹

1　目　　的

吟醸酵母は温度変化に弱く、急激な温度低下は発酵不良の原因となる。このようなトラブルの原因を究明するためには、再現性の高い試験をする必要がある。

本研究では、協会 701 号酵母（以下 7 号系酵母）と工技センター保存吟醸用酵母（以下吟醸酵母）を用いた小仕込試験を行い、もろみの温度変化による影響を再現し、その不具合の内容を把握する目的で実施した。

2　実験方法

7号系酵母と吟醸酵母を用いて定法により小仕込のもろみを作製し、発酵途中で温度変化を与えた場合の発酵経過の違いを観察した。また温度変化前後の、各もろみの香気成分を匂いセンサ[1)]を用いて測定し、比較した。酵母はYPD培地で前培養し、所定の酵母数になるよう添仕込の水麹時に添加した。発酵温度は、7号系酵母については15℃一定とし、一部のもろみは288時間発酵した時点で2.5℃、5℃温度を下げ、それぞれ12.5℃、10℃で504時間まで発酵を継続させた。吟醸酵母については11℃一定とし、同じく288時間発酵した時点で一部のもろみは2.5℃、5℃温度を下げ、それぞれ8.5℃、6℃として発酵を継続させた。発酵経過はもろみの重量変化を測定してモニターした。また発酵時間288時間及び504時間時点で、各もろみの吟醸系香気成分であるエステル類とアルコール類について匂いセンサ測定[1)]を行った。

3　結果と考察

発酵経過を図１に示す。7号系酵母、吟醸酵母とも温度変化を与えるまではほぼ直線状の発酵経過を示した。７号系酵母については、通常のもろみでは発酵時間が400時間を越えた頃から発酵が緩慢になったのに対して、温度変化を与えたもろみは、一旦発酵速度が遅くなり、その後回復して発酵が継続した。

吟醸酵母については、通常のもろみは504時間時点で依然発酵を継続していたのに対して温度変化を与えたもろみは何れも著しく発酵速度を落とし、以後回復することは無かった。7号系酵母は温度変化に耐性の高い酵母であることに合わせて、一時的に酵母の代謝が抑えられた結果、もろみ中に酵母の基質である糖が蓄積したためと考えられる。吟醸酵母の発酵が停止した原因については、2.5℃でわずかな重量減少が観察されたことから、多くの酵母が休眠状態に至ったためと考えられる。

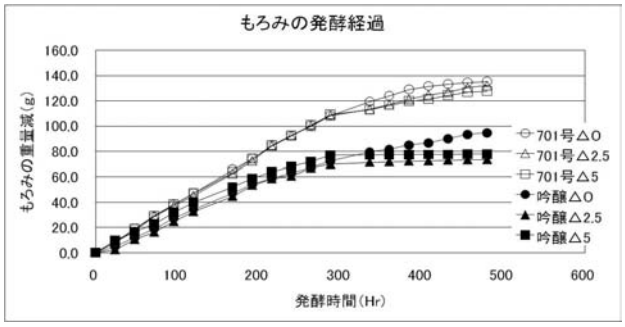


図１　もろみの発酵経過

匂いセンサによるエステル類測定結果を図２に示す。７号系酵母は全てのもろみ期間でほぼ同様にエステル類が増加していたが、吟醸酵母については温度変化させたもろみについては生成が停止した。吟醸酵母はエステル類をもろみの後半に生成するため、その時点での急激な温度変化は吟醸香の生成に重大な影響を及ぼすことが分かった。

図は示さないが、匂いセンサで測定したアルコール類については、７号系酵母は温度変化有り無しとも微増していたのに対し、吟醸酵母は温度変化を与えると生成が停止した。アルコール類は主にもろみの前半で生成されると言われているが、もろみ後半にも相当量生成されており、急激な温度低下はアルコール系香気成分バランスにも重大な影響を及ぼすことが推測された。

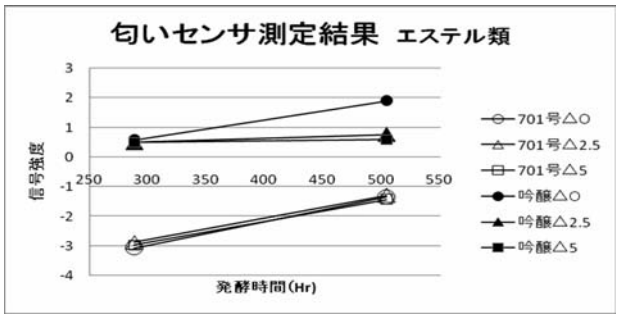


図２　匂いセンサ測定結果（エステル類）

参 考 文 献

1) 井上守正,桑田　実,一森和之,兵庫県立工業技術センター研究報告書,14,81(2005)

（文責　井上守正）
（校閲　吉岡秀樹）

〔技術改善研究〕

40　オリジナル織物の新商品開発

佐伯　靖，古谷　稔，藤田浩行，原田知左子，中野恵之，瀬川芳孝，近藤みはる，上月秀徳

１　目　　的

国内繊維産業の共通の課題である“提案できる織物産地の形成“は、播州織産地でも重要な課題であり、「ものづくり開発」つまり諸外国に負けない新しいオリジナル織物の開発が求められている。“提案できる織物産地”とは、情報発信が可能な自立した繊維産地の形成を意味する。高付加価値織物や新商品など産地独自のオリジナル織物を開発できる産地形成を目的として、綿素材でタテ糸の張力変化を利用した織物の開発を中心にオリジナル織物の開発を行った。

２　織物試作実験

２．１　タテ糸の送り込み

２．１．１　送り糸の位置

別立てにしたタテ糸(ここではコーン糸と記述する)を通常のタテ糸に沿って送り込む方法について、コーン糸の位置をＡ、Ｂ、Ｃの３ヶ所にして、それぞれの違いを検討した。

Ａ法：通常のタテ糸と同じ経路となるように、コーン糸を置く位置からビームに１回巻きつけて、織り位置へコーン糸を導いた。コーン糸の挿入の位置から織り位置までの距離は210cm（ビームのサイズによって変化する）である（図１）。

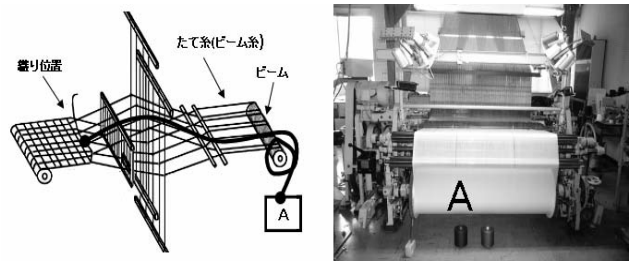


図１　Ａ法のコーン糸挿入位置と糸の経路

Ｂ法：Ａ法と同じ位置に置くが、ビームに巻きつけずに、タテ糸に沿って織り位置へコーン糸を導いた。コーン糸の挿入位置から織り位置までの距離は150cmである（図２）。

Ｃ法：織機上で織り位置に一番近い場所にコーン糸を置き、そのまま通常のタテ糸に沿って織り位置へコーン糸を導いた。コーン糸の挿入位置から織り位置までの距離は90cmである（図３）。

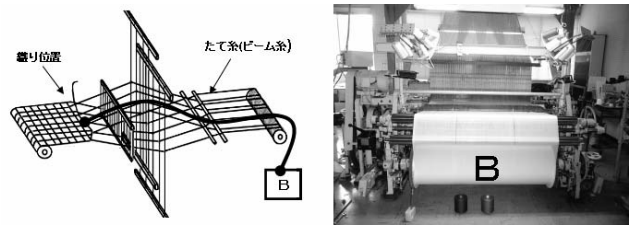


図２　Ｂ法のコーン糸挿入位置と糸の経路

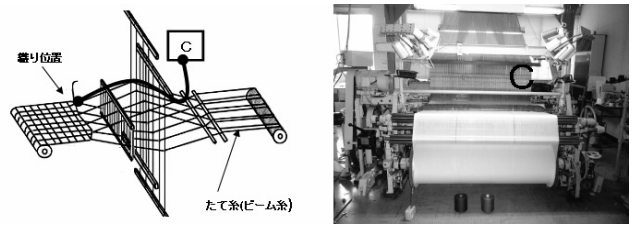


図３　Ｃ法のコーン糸挿入位置と糸の経路

２．１．２　複合素材の作成

アレンジワインダーの特殊機能を使って、1本の糸に別の糸を繋ぐ方法を試みた。図４に示すように、1本の糸に短糸を片方のみ結ぶ糸（ここではフラッグ糸と記述する）を作製し、コーン糸として用いた。

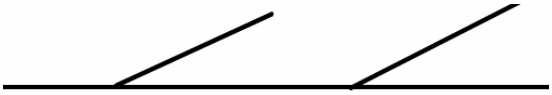


図４　作製した糸の概念図

２．１．３　製織実験

別立て方法Ａ、Ｂ、Ｃの条件下において、コーン糸として通常使用するレギュラーな糸と２．１．２で作成したフラッグ糸を用いた製織実験を行った。

２．２　解撚現象を活用した織物

１回の開口で３本のヨコ糸を同時に打ち込む時に、ヨコ糸が解撚する現象（撚られた糸が元へ戻る現象）は知られているが、この現象を積極的に活用して新しい紋様を織物に付与することを試みた（図５）。

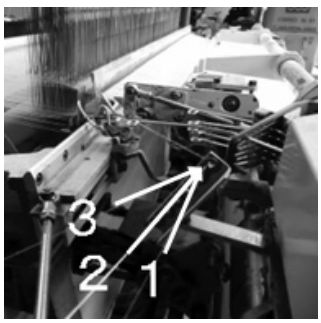


図５　３本ヨコ糸同時打ち込み

3　結果と考察

3．1　タテ糸送り込みの試作織物

別立てのタテ糸を送り込み、織物表面に視覚的な柄を生み出す方法について、A法はコーン糸をビームに巻きつけるため、コーン糸と通常のタテ糸には、ほぼ同じ張力がかかり変化のある織物にはならなかった（図６）。B法はコーン糸と通常のタテ糸の間に張力差が生ずるために、コーン糸が多く送り込まれ、織物表面に微妙に糸が浮き出るような糸挙動を示して、見た目の面白さと、触感の面白さを兼ね合わせた織物が得られた（図７）。C法は面白いデザインの織物ができたが、糸の送り込みの量が非常に不安定で、コーン糸が通常のタテ糸と交錯し組織崩れや糸切れを起こしやすく、安定的に織物を作ることができなかった（図８）。次に、フラッグ糸を使った実験では、糸が直角に曲がり、今までにない織物ができるが、図９に見られるように予測した織物が得られる時とそうでない時があり、安定した織物を得るまでには至らなかった。

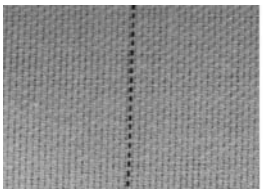


図６　A法で試作した織物

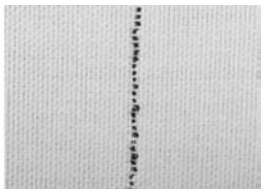


図７　B法で試作した織物

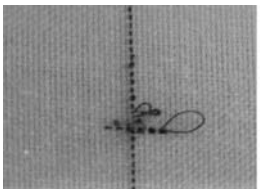


図８　C法で試作した織物

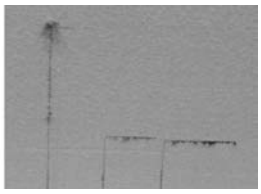


図９　ﾌﾗｯｸﾞ糸使用の織物

3．2　解撚現象を活用した織物

１回の開口に、異なる色糸を同時に織り込むことで、織物の両端と中央部分で糸挙動が異なり、組み合わせた色糸の絡み合い方で、色の見え方が変化する織物が得られた(図10)。織物の均質性を阻害するとされていた解撚現象を柄創りに取り入れることができた。この織物は両端と中央部とで特徴に差異が見られるため、ボーダー柄のスカートやジーンズなどへの用途が期待できる。また、ヨコ糸を３本同時に挿入するため、製織速度が速く、生産性を高めることができる。

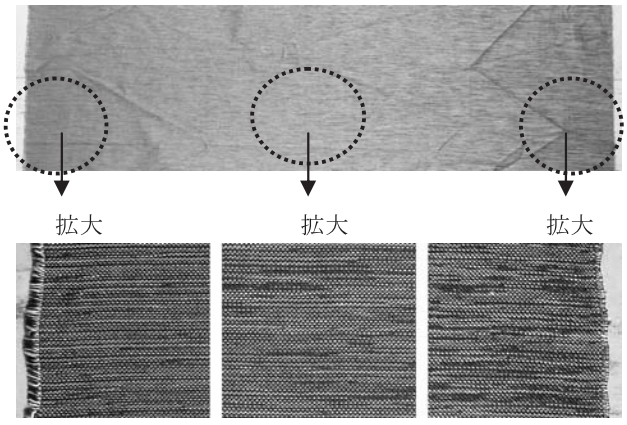


図10　解撚現象を生かした織物の拡大
（上：織物全体、下：拡大）

3．3　創作織物のＰＲ

試作したオリジナル織物については、“提案できる織物産地の形成“の支援を行うために積極的に市場や外部の評価が得られる展示会やファッションショーでの発表と情報発信を行った。主なものとして、播州織総合素材展(東京エビス：北播磨地場産業開発機構主催)（図11）と当センターで開催したオリジナル織物展示会（海外の著名デザイナー来所)（図12）等に出展した。



図11　播州織総合素材展



図12 オリジナル織物展示会

4　結　　論

播州織産地独自のオリジナル織物を開発するため、タテ糸を別立てにして送り込む技術やヨコ糸の解撚現象を活用した織物について検討し、以下のことが判明した。

①　B法による別立てのタテ糸送り込み法が最良で、タテ糸の張力変化により微妙に糸が浮き上がる独特の紋様をもつ織物が得られる。

②　アレンジワインダーで一端のみを繋いだフラッグ糸を別立てのタテ糸として用いた場合、糸が直角に曲がるなど独特の紋様が得られるが、予測した紋様を得ることが困難であり、今後の課題である。

③　ヨコ糸３本同時打ち込みによる解撚現象を利用した場合は、中央部と両端部で紋様が変化する織物が得られ、ボーダ柄のスカートやジーンズなどへの商品展開が可能である。

開発した織物を各種展示会、ファッションショー等に出展し、産地の情報発信基地としての役目を務めた。

謝　　辞

一連の試作において、仕上加工で協力をいただいた播州織工業協同組合、電子ジャカードデータの作成で協力をいただいた㈱ブレインにお礼を申し上げます。

（文責　佐伯　靖）
（校閲　古谷　稔）

〔経常研究〕

41　加工技術と素材を組み合わせた織物開発

古谷　稔，佐伯　靖，藤田浩行，近藤みはる

１　目　　的

播州織産地では、用途・素材・機能性・デザイン等の様々な角度から、高度化や差別化が模索されている。しかも、市場ニーズの多様化に対応するためには、今までにない創作織物の開発を必要としている。そこで今年度は、加工技術と素材および織物組織の組み合わせについて検討し、数々の斬新な織物を開発した。

２　織物の試作

加工技術として織物表面に変化を付ける方法や、クラッシュ加工をさらに発展させた織物の開発について検討を行った。

２．１　ナチュラルなしわが発生する織物

織物組織、ここでは３重組織と平組織に対してアルカリ処理の組合せにより、自然なシワが発生するリップル織物を開発した。（図１）

２．２　糸切り織物

意図的に糸を浮かせる組織とし、仕上げ加工でよこ糸を切り裂いた斬新な織物を開発した。（図２）

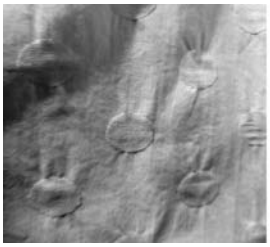


図１　リップル織物

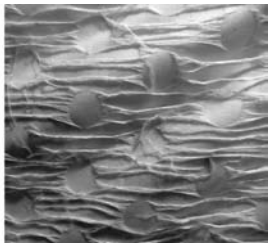


図２　糸切り織物

２．３　クラッシュ加工の発展（＋起毛、＋プリント）

クラッシュ加工織物の高い保温性をさらに有効に活かすため、クラッシュ加工後に起毛加工を施した織物（図３）や、プリントとの組合せ技術による斬新なデザイン表現の織物を開発した。（図４）



図３　ｸﾗｯｼｭ＆起毛

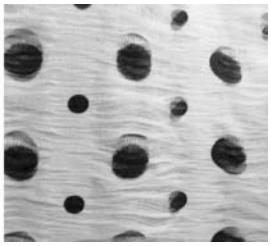
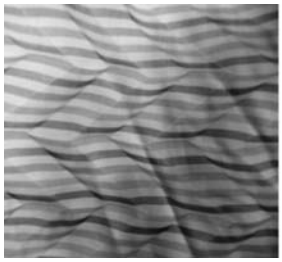


図４　ｸﾗｯｼｭ＆ﾌﾟﾘﾝﾄ

２．４　その他特殊織物

よこ糸が曲がった織物（図５）や伸縮機能性のある織物（図６）など様々な織物の開発を行った。



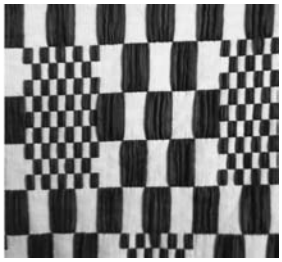


図５　よこ糸が曲がった織物　図６　伸縮性凸凹織物

３　結果と考察

試作した織物は、しわ織物が約40点、糸切り織物約20点、クラッシュ＆起毛織物約10点、クラッシュ＆プリント織物約50点、よこ糸が曲がった織物約20点、伸縮性凸凹織物約10点、その他特殊織物を含め約200点を試織した。

織物としての製品化の可能性を調べるため、開発した非常にレピートの大きな織物を神戸ファッションデザインコンテストに出展した（図７）。また、クラッシュ加工織物を使ったカーテンを試作し（図８）、実際の使用条件に近い状態で耐光性試験を進めている。開発した織物について地元および他産地の企業、大学、服飾専門学校等で、製品化を目指して、デザイン性や縫製他の試験を進めている。

今後とも継続的に織物開発を実施し、自立した産地形成を推進する。



図７　出展作品



図８　ｸﾗｯｼｭのｶｰﾃﾝ

（文責　古谷　稔）
（校閲　瀬川芳孝）

〔経常研究〕

42　先染織物の多品種小ロット対応支援システムの開発に関する研究

藤田浩行，古谷　稔，上月秀徳

1　目　　的

これまで、多品種小ロット対応織物生産システムであるアレンジワインダーの高度化を目的に、部分整経のバンド数やバンド間のつなぎ糸、次回の織物を整経するためのクリール用残し糸など織物規格および生産現場に対応したデータ作成システムの開発を行った。また、アレンジワインダーは、従来にない独自の織物開発にも威力を発揮することができるため、つなぐ糸の長さを乱数や数式で作成できるシステムの開発を実施した。しかし、一層デザイン性豊かな糸づくりや様々な織物開発には、多様で複雑なデータを作成する技術が必要である。例えば、絣風織物の開発では乱数と指定長さを複雑に組み合わせるデータ作成システムが必要である。そこで、本研究は、独自の糸づくりを効率良く作成できる新たなアレンジワインダー用データ作成システムの開発を行った。

2　システム開発と結果

アレンジワインダーは、図１のように 18 種類の糸を指定長さ・指定順につないで１本の糸を作成する。つなぎ回数（=n）は最大 3070 回である。



図１　糸つなぎ順のイメージ

開発したデータ作成システムは、各糸長を、①指定長のみ、②乱数のみ、③指定長と乱数の組合せの３パターンでデータ作成できる。また、乱数は、一様乱数、正規乱数、フラクタルの３種類である。一様乱数は、平均糸長の２倍を最大値として発生させ、正規乱数は、糸長のばらつきを変化させるために標準偏差を変数として入力する。糸長のばらつきは、織物デザインに変化を与える。フラクタルは、フラクタル次元（1.0～2.0）を変数として入力することにより、糸長の変動分布を大きく変化させることができる。図２にフラクタル次元を 1.0、1.5、2.0 と変化させて生成した糸長データの一例を示す。なお、平均糸長 30m、最小糸長 0.1m、つなぎ回数 1,000 回として生成した。フラクタル次元が大きいほど変動の複雑さが増加していることがわかる。開発テーブル（図３）により、これらの乱数と指定長の組合せを容易にできる。一例として、一様乱数（平均 30m、最小 0.1m）と指定長(=1.5m)が交互となる糸長データを図４に示す。

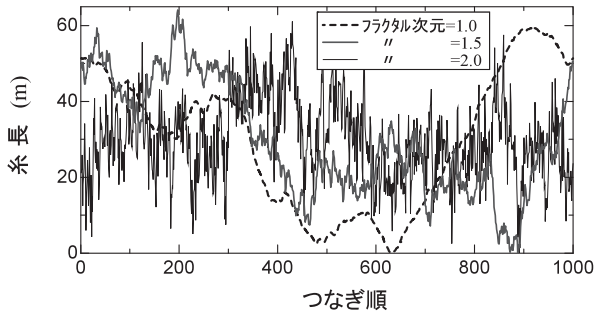


図２　フラクタル次元と糸長変化

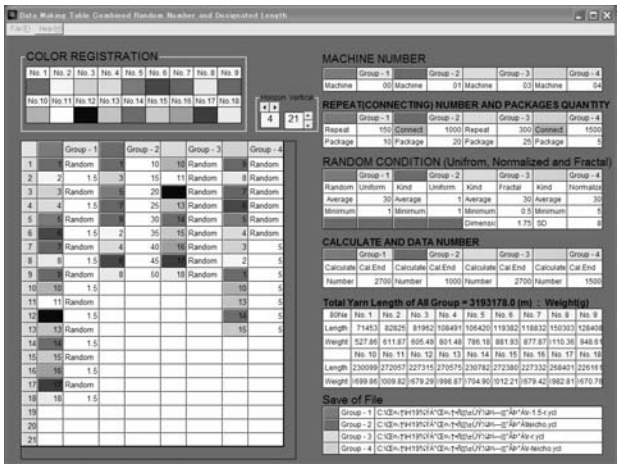


図３　開発したデータ作成テーブル

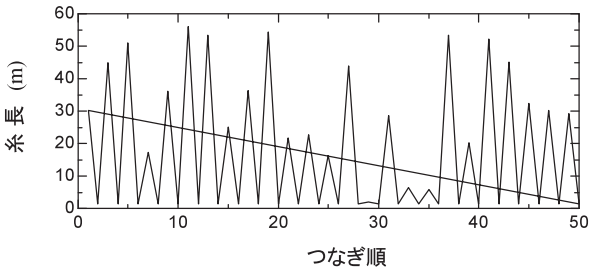


図４　指定長と乱数の組合せ糸長

複雑な組合せデータも容易に作成でき、乱数の種類や装置番号およびつなぎ回数など異なる条件のデータを１画面上で４種類平行して作成できる。同時に糸量の計算も行う。開発したシステムは、既に企業の生産現場で活用されている。

（文責　藤田浩行）
（校閲　瀬川芳孝）

〔経常研究〕

43　無機蛍光体を用いた織物開発

瀬川芳孝，佐伯　靖，古谷　稔，近藤みはる

１　目　　的

無機蛍光体には、紫外線照射によって赤や青など有色に発色する発光物質や、蛍光灯などの照射によって光を蓄積し一定時間発光する蓄光物質がある。これらの物質を先染め綿糸にコーティング加工して新しい繊維素材を作製し、その新繊維素材を用いて織物開発を試みた。

２　実験方法

２．１　無機蛍光体

紫外線照射で赤、青、緑に発色する発光物質３種類および暗闇で青、緑に光る蓄光物質２種類について、走査型電子顕微鏡で観察し併せて含有元素の分析を行った。

粒子のサイズは、赤色発光物質が７μm 以下、青色が５μm以下、緑色が３μm以下、青･緑色蓄光物質は20μm以下であった。本実験に使用した綿糸(80番手双糸)の太さが約200μmであることから、未処理の無機蛍光体を使用してもサイズ的には問題がないと思われる。

また、元素分析により赤色発光物質は、イットリウム(Ｙ)が多く含まれ、青色はストロンチウム(Ｓr)、緑色と蓄光物質はアルミニウム(Ａl)が主成分であった。例として図１に赤色発光物質の写真を示す。

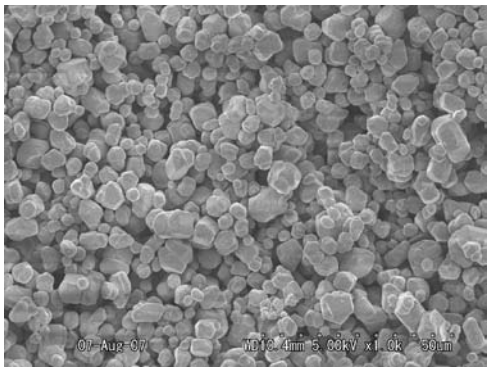


図１　無機蛍光体(紫外線照射で赤色発光)

２．２　糸加工

衣料用として無機蛍光体を付着させた繊維素材は、柔軟性があって耐洗濯性に強いことが求められるため、バインダーの種類が重要になる。そこで、アクリル、ウレタン、シリコン等、樹脂の種類と濃度について検討した結果、最も良好なアクリル樹脂で糸加工を行った。

糸加工は、一本糊付機を用いてアクリル樹脂10wt%、無機蛍光体10wt%に調合し、調合液をスターラーで撹拌しながら加工速度80m／minで行った。その後、150℃で２分間熱処理し樹脂を固着させた。

３　結果と考察

５種類の無機蛍光体で加工した糸は、10 回の洗濯においても性能の低下がなく、また柔軟性も保持していた。走査型電子顕微鏡による観察の結果、無機蛍光体粉末が樹脂で包まれ強固に付着していた。一方、この粉末をボールミル粉砕器による超微粒子化の試験を行ったところ、微粒子化はするものの発光および蓄光の輝度が極端に減衰することがわかった。また、この３色の無機蛍光体を組み合わせて混ぜ合わせると色が変化するため、デザイン的にも様々なバリエーションが考えられた。

今回は、黒に染色した綿糸に紫外線照射によって赤、青、緑色に発色する３種類の無機蛍光体を加工した糸をよこ糸に、未加工の黒色綿糸をたて糸に用いてジャカード織物を試織した。更に図２に示すような斬新なデザインのドレスを縫製し、平成 19 年度全国繊維技術交流プラザ(福岡)に出展するとともにオリジナル織物展示発表会(当センター)等で紹介し、播州織物のオンリーワン商品として普及啓蒙に努めた。このドレスは、通常時は黒で紫外線が当たると赤、青、緑色の柄が浮き上がるもので興味深い織物となった。



（発光前）　　（発光後）

図２　試作した紫外線発光ドレス

（文責　瀬川芳孝）

（校閲　古谷　稔）

〔経常研究〕

44　糊剤分解酵素の開発

原田知左子，佐伯　靖，瀬川芳孝

1　目　　的

繊維工業において、製織を行う際の経（たて）糸への糊付は必要不可欠な工程であるが、製織後は仕上加工に悪影響を及ぼすため完全に除去されることが望ましい。

現在、糊剤には主に澱粉とポリビニルアルコール（PVA）等を混合した配合糊が使用されており、播州織のような先染織物の糊抜き工程では熱水処理、澱粉分解酵素処理が行われている。しかし、これらの処理のみではPVAを完全除去できないという課題がある。このため、変色等の品質劣化を起こす可能性のある酸化剤等を使用せず、穏和な条件でPVAを完全除去するPVA分解酵素による糊抜技術の開発が望まれている。

一昨年より、播州織産地のサイジング工場からPVA分解菌の探索を行い、PVA分解菌を得た[1)2)]。今年度は、PVA分解菌の分解能について検討した。

2　実験方法

PVA分解菌として、一昨年に分離した黄色のコロニーを作る菌（C株とする）を用いた。

PVAを単一炭素源としたM9最小培地［0.1%PVA（重合度500）、0.6%リン酸水素二ナトリウム、0.03%リン酸二水素カリウム、0.05%塩化ナトリウム、0.1%塩化アンモニウム、1ppmチアミン塩酸塩、1mM硫酸マグネシウム、0.1mM塩化カルシウム］5mlにPVA分解菌を接種し、30℃にて2日間静置培養後、20mlのM9最小培地に1%量を植え継いだ。数日間30℃にて静置培養した。

PVA分解菌の菌体濃度は、分光光度計（㈱日立製U-2000A）にて600nmの吸光度（OD600）を測定した。

また、PVA濃度は、Finleyの方法[3)]に準じて測定した。

3　結果と考察

PVAを単一炭素源とした最小培地にて生育し、透明なハローを形成したPVA分解菌の中から、黄色のコロニーを作るC株を用い、PVAの分解挙動について調べた。

図1にC株の生育挙動を、図2にC株のPVA分解挙動を示した。菌体濃度が最大になるまでに約10日かかり、この条件での生育速度はあまり速くなかった。

また、PVAを50%分解するのに10日、ほぼ全て分解するのに20日必要としたが、これはC株の生育速度が反映された結果と考えられる。

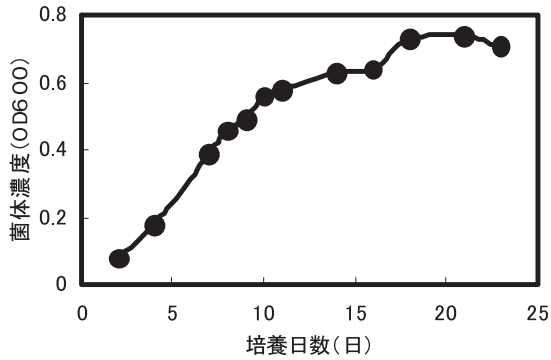


図1　PVA含有培地でのC株の生育挙動

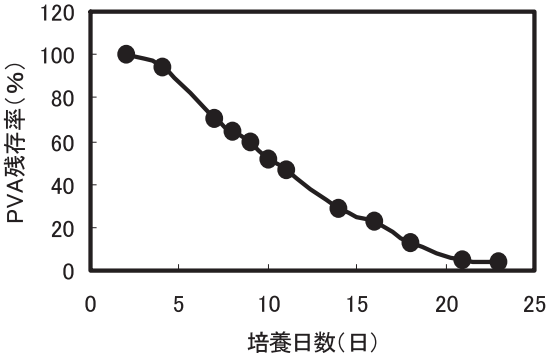


図2　C株によるPVA分解挙動

4　結　　論

取得したPVA分解菌の分解効率について検討した結果、30℃で生育し黄色のコロニーを作るC株をPVA含有培地で培養したところ、10日で50%、20日でほぼ全てのPVAが分解された。

参 考 文 献

1)　原田知左子，兵庫県立工業技術センター研究報告書，15，82（2006）
2)　原田知左子，兵庫県立工業技術センター研究報告書，16，72（2007）
3)　Finley, J. H.,　Anal. Chem., 33, 1925 (1961)

（文責　原田知左子）
（校閲　瀬川　芳孝）

〔重点領域研究〕

45　電界紡糸法による糸製造技術の開発

中野恵之，佐伯　靖，藤田浩行，原田知左子，瀬川芳孝，古谷　稔，上月秀徳

1　目　　的

通常の電界紡糸法では、対電極上に微細繊維がランダムに集積するためフェルト状の構造物になり、用途も限られてしまう。そこで用途拡大を図るため、電界紡糸法によって生成する微細繊維を一方向に引き揃えて集積・延伸し、強度に優れた紡績糸（ﾏﾙﾁﾌｨﾗﾒﾝﾄ）を連続的に製造できる装置を試作開発した[1,2]。この方法では、従来技術では困難な材料においても微小繊維が容易に製造できる電界紡糸の特徴を生かした機能性繊物開発に利用できる可能性がある。また、この紡績糸は、皮膚刺激の少ない衣料用インナー材料や産業用途等、広い用途に利用可能である。本研究では糸の生産性向上を目的として装置改良を中心に技術開発を行った。

2　実験方法

図１に今までの電界紡糸装置に改良を加えた糸製造装置の概略図を示す。紡績速度向上のため、ノズルを対面に２本設置した。また、噴出される微小繊維の飛散を防止し、効率良く紡績できるようにリング状のノズル支持台を設け、ノズルと同一の高電圧を印加した。

実験に供した溶液はポリ乳酸（㈱島津製作所製：ラクティ）をジクロロメタンに溶解し、濃度を 0.15mg/ml に調整した。調整した高分子溶液を内径 0.3mm のノズルから 0.05MPa の圧力で押出した。ノズル及びリング状支持台に 20ｋＶを印加し、ロート形状の集積部に向けて繊維を吐出した。吐出された繊維に撚りをかけるため、繊維集積部を回転させながら繊維束を巻き取った。ロート状繊維集積部上側の直径は 9cm とし、回転数 192rpm を与えた。延伸試験は、適切な撚り角度を得るため、延伸温度と倍率の条件を変えて行った。

3　結果と考察

図２に糸製造装置による紡糸状態の写真を示す。２本のノズルは、相互に干渉すること無く、各々が中央の回転集積部に向かって微小繊維を噴出した。また、ノズルと同じ高電圧を印加したリング状支持体を設置したことにより、噴出した微小繊維は中央部に集中して集積した。これは、ノズルと同じ高電圧がリング状支持体に印可されているため、噴出した微小繊維が支持体からの電気的反発を受け、アースされた繊維集積部中央に向かって集中的に集積したと考えられる。その結果、原料の周囲への飛散防止ができ、製造ロスを小さくすることができた。

１本のノズルによる試作試験[1,2]では、糸の製造速度は63mm/minであったが、今回の２本ノズル使用による試作では約1.7倍にあたる107mm/minの製造速度を得ることができた。この結果から今後、ノズル本数を増設したり、集積装置の改良を行えば、さらに製造速度の高速化は可能と思われる。

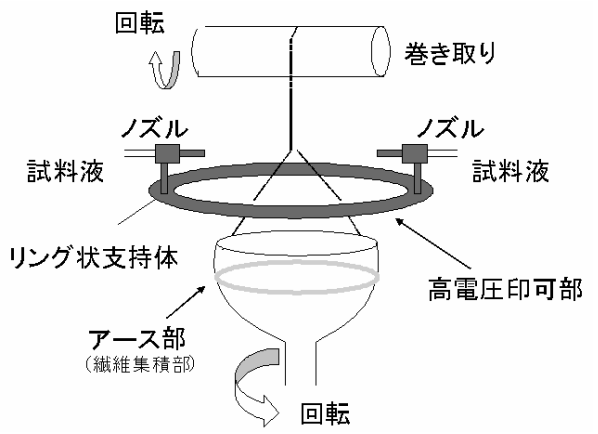


図１　糸製造装置の概略図

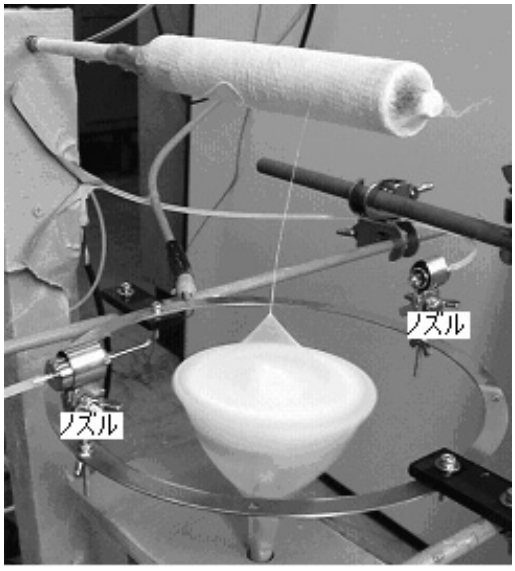


図２　開発した糸製造装置による紡糸状態

図３に試作した紡績糸の走査型電子顕微鏡写真を示す。この紡績時の撚り状態から、撚りの糸の長さ方向に対する撚り角度を測定するとほぼ55°であった。この撚り角度は糸の物性を示す指標である。すなわち、撚り角度が大きいと強度は強くなるが固い糸となり、小さいと柔らかくなるが強度は弱くなる[3]。開発した電界紡糸法による糸製造方法では、製造時により撚り数が多くかかるため試作糸が固くなる傾向がある。そこで、延伸処理により、この撚り角度の調整が可能か確認した。図４に播州織産地で一般的に利用されている綿40番手単糸の走査型電子顕微鏡写真を示す。この写真からわかるように、織物に使用されている綿単糸の撚り角度は23°程度であることがわかる。そこで、試作した紡績糸を50℃にて10%延伸処理を行った結果、図５に示すように撚り角度を24°に調整することができた。以上のことから、電解紡糸法においても一般的に利用されている紡績糸と同程度の品質を持つ紡績糸の製造が可能である。

4　まとめ

電界紡糸法によって生成する微細繊維を集積しながら一方向に引き揃えると同時に撚りをかけ、その後の延伸処理により、紡績糸を製造できる装置の生産性向上を目的として装置改良を中心に検討し、以下の結果を得た。

① １本のノズルの装置では、糸の製造速度は63mm/minであったが、２本のノズル使用で約1.7倍にあたる107mm/minの製造速度が得られた。
② ノズル固定のリング状支持体にノズルと同一の高電圧を印加することにより、噴出した微小繊維を中央に集中して効率良く集積できた。
③ 紡糸後に延伸処理を行うことで、電解紡糸においても一般的に利用されている紡績糸と同程度の品質を持つ紡績糸の製造が可能である。

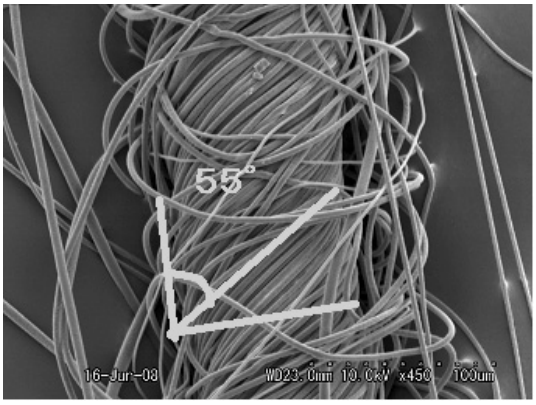


図３　試作した紡績糸の走査型電子顕微鏡写真

これらの結果から、実用化に向けての様々な知見を得ることができた。特に、ノズル本数が複数になっても影響がほとんど無く生産速度向上に繋がったことは、さらに生産速度向上や効率改良の検討を進めていく上で大きな要因である。今後、さらにノズル本数を増設したり装置構造の改良を検討していく予定である。

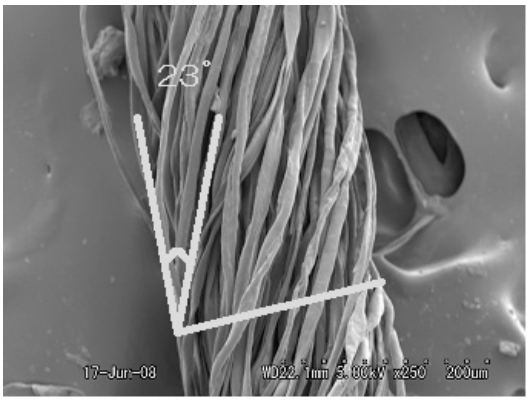


図４　綿40番手単糸の走査型電子顕微鏡写真

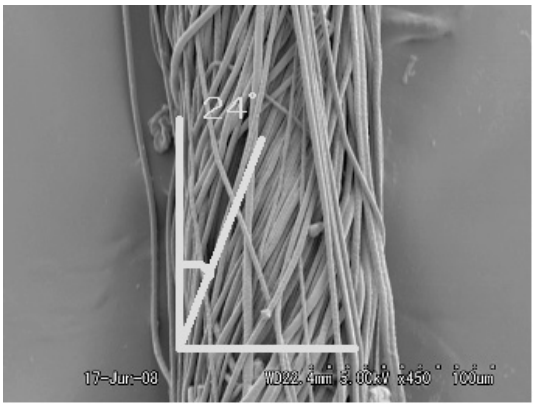


図５　試作した紡績糸を10%延伸処理した走査型電子顕微鏡写真

参 考 文 献

1) 中野恵之,アマリナ･M･Afifi,山根秀樹,木村良晴 繊維学会予稿集 2007（秋季研究発表会）,62,3,P123 (2007)
2) Shigeyuki Nakano, Amalina M・Afifi,Hideki Yamane,Yoshiharu Kimura, Asia and Africa Science Platform Program, Seminar Series 2,p92(2007)
3) 繊維便覧 ,繊維学会編 ,第２版 ,p281(1994)

（文責　中野恵之）
（校閲　古谷　稔）

〔経常研究〕

46　エレクトロスピニング法を用いた紡績糸製造技術の開発

中野恵之，原田知左子，瀬川芳孝

1　目　　的

通常の電界紡糸法では、対電極上に微細繊維がランダムに集積するためフェルト状の構造物になり易く、用途も限られてしまう。そこで、電界紡糸法によって生成するナノ繊維を一方向に引き揃えて集積・延伸し、強度に優れた紡績糸（ﾏﾙﾁﾌｨﾗﾒﾝﾄ）を連続的に製造できる装置を試作開発した[1,2]。この方法で作製した繊維束は撚りがかかっているため延伸を行うことが可能となり、それによって生じる分子配向により、優れた強度向上が期待できる。そこで、エレクトロスピニング法で作製した紡績糸の延伸強化の可能性を検討した。

2　実験方法

エレクトロスピニング法による糸製造装置の概略図を図１に示す。ポリ乳酸（㈱島津製作所製：ラクティ）をジクロロメタンに溶解し、濃度を0.15mg/mlに調整した。調整した高分子溶液を内径 0.3mm のノズルから 0.1MPa の圧力で押出した。ノズルに 15ｋＶを印加し、ロート形状の集積部に向けて繊維を吐出した。集積部を回転させることにより、集積した繊維束を撚りながら糸状にまとめて巻き取る。ロート上部の直径は 9cm で回転数 230rpm とし、糸の生成速度は、63mm/min である。延伸試験は、60℃にて４倍延伸を行い、結晶の配向性を広角Ｘ線回折法で調べた。

3　結果と考察

糸製造装置で得られたままの紡績糸と、４倍延伸を行った糸の電子顕微鏡写真を図２に示す。巻き取ったままの試料（未延伸繊維）では、繊維に撚りがかけられているが、糸周囲に撚られていない繊維も認められる。、この原因は装置周辺に浮遊している繊維が絡んだためと考えられ、今後の課題である。４倍延伸を行った試料は繊維が縦方向に引き延ばされた状態で集合し、撚りも均一な状態に変化している。繊維径も細くなり、繊維方向への延伸状態が確認できた。繊維の広角Ｘ線回折パターンを撮影した結果、未延伸繊維は非晶質状態であったが、延伸後は結晶化し結晶配向していることが確認できた。

謝　　辞

広角Ｘ線分析の測定および解析について京都工芸繊維大学繊維科学センター木村良晴所長、山根秀樹教授、アマリナ氏に感謝の意を表します。

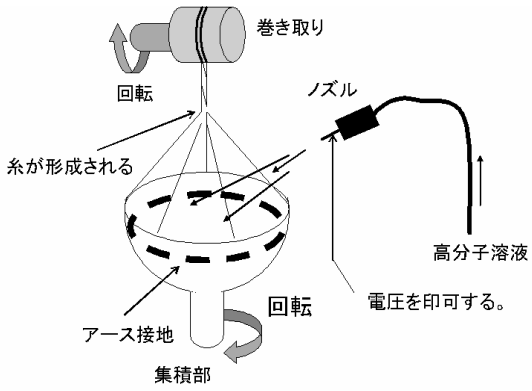


図１　糸製造装置の概略図

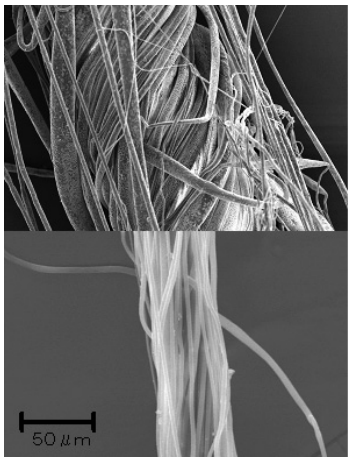


図２　試料の走査型電子顕微鏡写真
上：糸製造装置による試料
下：４倍延伸した試料

参 考 文 献

1) 中野恵之，アマリナ･M･Afifi，山根秀樹，木村良晴
繊維学会予稿集2007（秋季研究発表会），62，3，P123（2007）

2) Shigeyuki Nakano, Amalina M･Afifi, Hideki Yamane, Yoshiharu Kimura, Asia and Africa Science Platform Program, Seminar Series 2, p92(2007)

（文責　中野恵之）
（校閲　瀬川芳孝）

〔技術改善研究〕

47　マイクロ波による多孔質繊物複合材料の作製に関する研究

藤田浩行，佐伯　靖，竹内茂樹，瀬川芳孝

1　目　　的

播州織の用途はほとんどが衣料用であり、衣料以外の様々な用途展開が求められている。その１つに繊維強化複合材料の強化材としての織物の活用が考えられる。例えば、インテリア関連の内装材と播州織物の複合化ができれば、意匠性を高めるだけでなく、断熱性や防音性などの機能性の向上が期待でき、播州織の用途も大きく拡がる。

フェノール樹脂は優れた耐熱性と高い強度を持ち、車両用部材や建材など様々な用途に使用され、その需要は増加しているが、強化材であるガラス繊維や発泡剤の使用および硬化方法など多くの課題がある。

本研究では、成形時にマイクロ波を照射することで、フェノール樹脂の発泡（多孔質化）と同時に、織物やニットなどのシート材料を成型品表面に接着する一体成形方法の開発を試みた。この開発により、これまでの接着工程が不要になるだけでなく、織物や皮革材料などのデザイン性や触感を生かした複合材料の製造が可能となる。

2　実験方法

2.1　成形手順

本研究で開発した多孔質フェノール複合材料の発泡・硬化および成形と同時に織物などのシート材料を材料表面へ均一かつ強固に一体接着可能な成形手順の概略を以下に示す。用いたフェノール樹脂は、液状樹脂であるレゾール型で、昭和高分子(株)製の BRL-191 である。竹粉などの有機フィラーやフライアッシュなどの無機系充填材を樹脂に混入し、機械攪拌する。これらの材料はマイクロ波の吸収性が良く、発泡効率や強度向上が期待できる。また、界面活性剤の一種である整泡剤を添加することにより安定した気泡の生成が可能となる。その後、硬化剤を混入し、再度、機械攪拌する。

調整したフェノール樹脂は、ＦＲＰ製の成形型内へ流し込み、図１に示すように、フェノール樹脂の表面を覆うようにホットメルト型の樹脂シートを置き、その外側を織物などのシート材料で覆う。さらにその外側には、必要に応じてシリコーンゴム製の型を置く。最後に、成形型を型締めし、マイクロ波を照射することにより成形する。なお、本研究で用いたホットメルト樹脂は、EVA(酢酸ビニル)、ポリウレタンおよびポリアミドの三種類を用い、織物との接着性を検討した。厚みは全て 100 μm で、それぞれの融点は順に 80、100、120℃である。

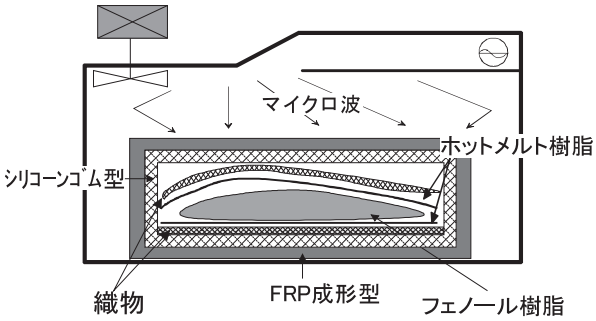


図１　一体成形方法

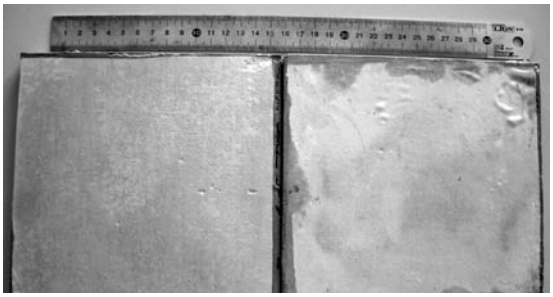
2.2　曲げ強度試験

成形試料の強度試験は、三点曲げ試験法で行った。試験片サイズは、長さ 175mm、幅 25mm、厚み 8～12mm とした。曲げ試験の条件は、たわみ速度 5mm/min、支点間距離 100mm である。

3　結果と考察

3.1　綿織物との一体接着

図２に綿織物の材料表面接着状況の外観を示す。EVA を使用した場合、表面周辺からフェノール樹脂の浸み出しが見られる。ポリウレタン使用の場合は浸み出しもなく、強固に接着していた。ポリアミドも優れた接着性を示した。ポリウレタンの樹脂シートを使用して綿織物を表面に接着した材料の断面を図３に示す。織物とフェノール発泡体の間にある薄い層（矢印部）が、樹脂シートである。樹脂シートは、織物のうねりに追随して変形している。これは、樹脂シートが成形時の高い内部圧力と熱による溶融に伴い、織物の曲面に沿って変形するため、強く接着すると考えられる。なお、樹脂の浸み出しがな



(a) ポリウレタン　　(b) EVA

図２　ホットメルト樹脂による綿織物接着

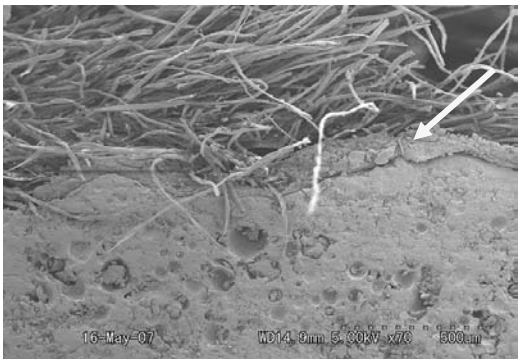


図３　綿繊物を一体接着した成形材料の断面

いのは、孔が開くなど完全に溶融しないためと考えられる。繊物のような間隙の多い材料を表面へ接着する場合、ホットメルト樹脂に要求される特性は、繊物との接着力だけでなく、フェノール樹脂の表面への浸み出し防止も必要であり、成形時の内部の温度と圧力のバランスが重要である。

そこで、マイクロ波照射時の成形材料の内部温度を推測するため、ポリカップに入れた配合樹脂にマイクロ波照射し、装置から取り出した直後の樹脂温度を、熱電対により計測した。また、材料の発泡倍率の計測も行った。なお、マイクロ波出力は、200W である。図４にマイクロ波照射による成形材料の温度変化を、図５にそのときの発泡倍率の変化を示す。その結果、成形材料の温度は照射時間の経過により上昇するが、成形に要する時間（５分）では、100～110℃程度である。また発泡倍率の変化

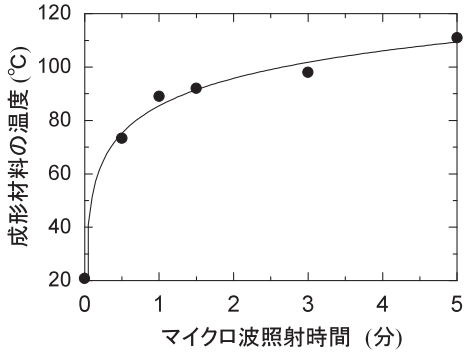


図４　マイクロ波照射による成形材料の温度変化

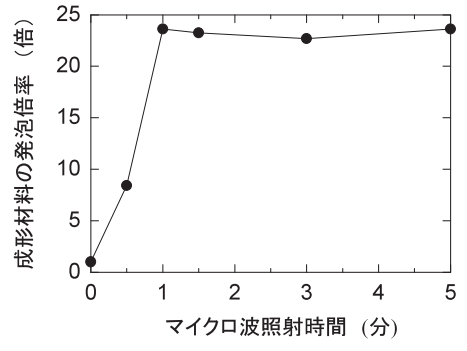


図５　マイクロ波照射による発泡倍率の変化

から、発泡は照射１分でほぼ終了することを示している。今回用いた EVA は、融点が 80℃であるために完全に樹脂が溶融して孔が開き、そのため樹脂が表面へ表れたと考えられる。一方、融点が 100℃以上のポリウレタンおよびポリアミドは溶融するが孔は開くことなく、接着したと考えられる。

３.２　無機フィラーの複合効果

フライアッシュ（(株）関電パワーテック製）（図６）を樹脂に対して 20wt%添加した多孔質材料の曲げ強度、かさ比重および曲げ比強度を表１に示す。その結果、曲げ強度および曲げ比強度とも大幅に向上した。これはフライアッシュの粒径が数μm～30μm程度と小さいため樹脂との接着面積が大きくなり、破壊における亀裂進展を防止するためと考えられる。

表１　フライアッシュの複合による補強効果

	曲げ強度 (MPa)	かさ比重 (kg/m^3)	曲げ比強度 (m)
フライアッシュ複合	7.15	319	2286
複合なし	4.37	368	1211

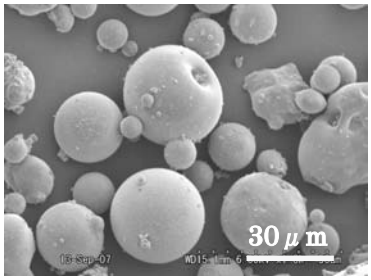
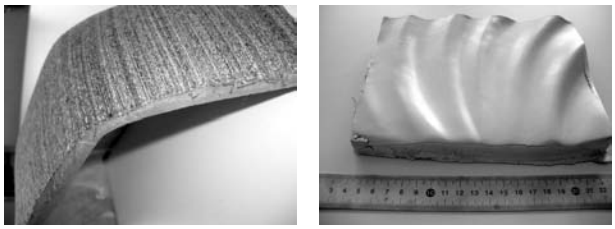


図６　複合したフライアッシュ

３.３　先染繊物および皮革材料との一体成形

図７に、立体形状を有する型を用いて先染繊物および皮革材料を一体接着した成形品を示す。なお、ポリウレタンのホットメルト樹脂シートを用いた。両者とも立体形状に沿って強固に張り付いた状態に成形することができた。



(a)先染繊物　　(b)皮革材料

図７　立体形状の成形と各材料を一体接着した成形品

謝　　辞

本研究を実施するにあたり、(株) エフタックルの関係者にご協力いただきましたことを深く感謝いたします。

（文責　藤田浩行）

（校閲　上月秀徳）

〔経常研究〕

48　マイクロ波による繊維分野への応用技術開発に関する研究

藤田浩行，中野恵之，古谷　稔

1　目　　的

マイクロ波照射による加熱は、熱風や電熱などを用いた外部加熱による加熱方法とは異なり、内部から加熱できる特長がある。しかし、高い加熱効率を有するが、電力半減深度が浅いため均一な加熱は難しい。一方、高周波加熱は、糸の乾燥にも多く利用されているが、試料を挟む電極の必要性や装置が大型化すること、マイクロ波と比較して加熱効率が低いなどの欠点がある。

本研究は、マイクロ波照射により綿糸の乾燥や熱処理工程を短時間かつ低コストで実施することを目的に行った。マイクロ波の照射による乾燥効率および温度変化に及ぼす糸重量や雰囲気温度の影響を検討した。

2　実験方法

2.1　実験試料

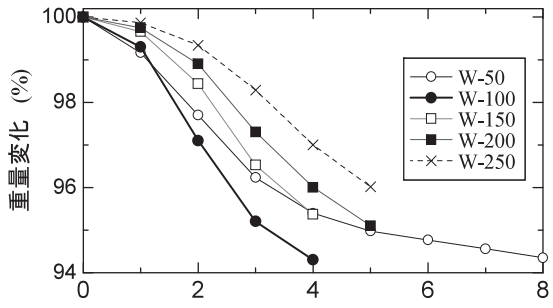
マイクロ波照射に用いた糸は、綿糸：30^{s} の原糸である。カム式ワインダー（(株) 神津製作所製）でプラスチック管（素材：ポリプロピレン）に巻き取り、実験試料とした。糸重量は 50～250g 範囲でほぼ 50g 刻みに試料を調整した。なお、どの試料の巻密度も約 0.45g/cm^3 である。

2.2　マイクロ波照射

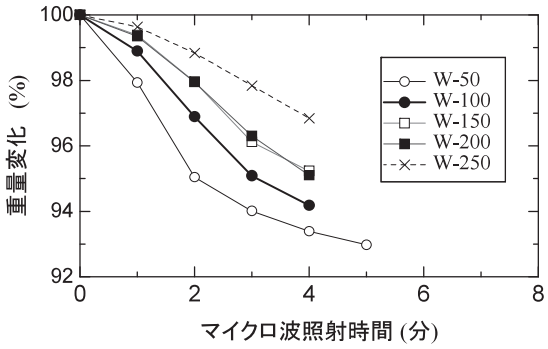
マイクロ波の出力は、500W 一定とし、回転するターンテーブル上に試料を置いてマイクロ波照射した。なお、雰囲気温度の加熱効果への影響を検討するため、室温 10℃時と槽内を熱風により 35℃および 55℃となるように調整した。乾燥状態は糸重量の変化で調べた。

3　結果と考察

図１に、雰囲気温度が 10℃および 55℃のマイクロ波の照射時間と試料の重量変化の関係を示す。また、４分間マイクロ波照射した直後の糸重量の変化を表１に、内部温度を表２に示す。なお、試料名 W に続く数値は糸重量である。マイクロ波照射時間が長くなるにつれ、重量の低下は大きくなり乾燥が進んでいることがわかる。４分間のマイクロ波照射による糸重量の低下は、糸重量が大きいほど小さくなる傾向となるが、雰囲気温度による影響は少ない。しかし、内部温度は雰囲気温度に大きな影響を受け、雰囲気温度が高いほど内部温度も大きく上昇している。以上の結果から、綿糸へのマイクロ波照射は、試料の重量や雰囲気温度を調整することにより、乾燥だけでなく、熱処理にも有効な手法になると考えられる。



(a)雰囲気温度 10℃



(b) 雰囲気温度 55℃

図１　マイクロ波の照射時間と重量変化

表１　マイクロ波 4 分間照射直後の糸重量の変化

試料名	雰囲気温度		
	10℃	35℃	55℃
W-50	95.4	95.8	93.4
W-100	94.3	94.6	94.2
W-150	95.4	96.2	95.2
W-200	96.0	96.8	95.1
W-250	97.0	97.9	96.8

※　照射前重量を 100 とする。

表２　マイクロ波 4 分間照射直後の内部温度（℃）

試料名	雰囲気温度		
	10℃	35℃	55℃
W-50	99	101	131
W-100	142	157	160
W-150	144	154	未計測
W-200	129	155	166
W-250	108	114	129

（文責　藤田浩行）
（校閲　瀬川芳孝）

〔兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業〕

49　軽量化した新しいタンニン革の開発

杉本　太，岸本　正，松本　誠，西森昭人，中川和治，安藤博美

1　目　　的

ランドセルには、現在ではクロム革や人工皮革のクラリーノが利用されているが、最近の自然志向と高級感嗜好に伴い、タンニン革の活用が注目されている。しかし、タンニン革は、重い、茶褐色である、伸びや柔軟性がクロム革に比べて劣る、製造に長時間を要するなどの欠点がある。

本研究では、これらの欠点を解決するために、従来の槽漬法では、10日以上の期間が必要であった鞣しを、時間の短縮化を図るため、ドラムを用いて、タンニン剤と他の鞣し剤(アクリル系樹脂鞣し剤)との新しい複合鞣しの開発を行った。具体的には、従来のランドセル用クロム革の物性試験を行い、この結果を基にランドセル用革に要求される軽量化、柔軟性などの目標値を設定した。

次に、上記欠点の改善に影響を与える可能性の大きい因子として、タンニン剤と加脂剤について添加量を変化させて革を作製し、物性等の機械的性質の比較試験を行い、ランドセル用革の要求性能を満たすこれら薬剤の最適組み合わせを検討した。

2　実　　験

2．1　前鞣し革の調製

オランダ産塩蔵中牛皮を、通常の脱毛石灰漬けを行った後、3.8㎜に分割した石灰裸皮を試料皮とした。裸皮重量当たり3%のグルタルアルデヒド及び合成タンニン剤3%を使用したウエットホワイトを調製した。

2．2　本鞣し実験

2.1で調製した革を、水絞り後1.5㎜にシェービングして本鞣し試験に供した。前鞣し革は回転ドラムを用いて水洗、中和を行った。中和後の浴のpHは5.0－5.1であった。

中和後、水(25℃)80%と分散剤4%を加えて処理後、アクリル系樹脂鞣し剤を2%加えた。30分間回転後、タンニン剤を所定量加えて60分間回転させた。水洗後、ドラムに水(50℃)120%と加脂剤を所定量加えて45分間回転させて加脂を行った後、ギ酸を加えて最終浴のpHを3.5－3.6とした。加脂を終えた革は水切り後、セッター、真空乾燥(45℃,2分間)、つり下げ乾燥、真空乾燥(45℃,2分間)して下地革とした。

2．3　試験革の分析

試験革は、1.5㎜でシェービング後、2.2の鞣し処理を施した革と、ランドセルの縫製時に革を薄く漉く(約1.2㎜)必要があるため、下地革を1.2㎜に漉いた革の2種類を用いた。

機械的性質は、JIS K6550に準じて厚さ、引張強さ、伸び、引裂強さを求め、見かけ比重はJIS L1096に準じて10×10cm^2の革を用いて測定した。

脂肪分及び結合タンニンは、JIS K6550に準じて測定した。

2．4　対照クロム革の分析

市販ランドセル用の対照クロム革(S社製)の分析結果を表１に示す。

表１　市販ランドセル用クロム下地革の分析結果

項　　目	特　　性　　値	
	下地革 (厚さ:1.7㎜)	1.2㎜に漉いた革
引張強さ (MPa)	28	24
伸び (%)	40	39
引裂強さ (N/mm)	34	30
見かけ比重 (g/cm^3)	0.78	0.76
脂肪分 (%)	0.8	－
結合タンニン (%)	19	－

3　結果と考察

3．1　タンニン剤の添加量の影響

タンニン剤添加による下地革の厚さの変化について調べた。結果を図１に示すように、1.5㎜の厚さにシェービングした革は、タンニン剤の添加量の増加とともに革の厚さは20%のタンニン剤添加で約1.9㎜となり、逆にタンニン剤を加えない場合では、1.2㎜とシェービング時の厚さよりも薄くなった。同様の革を用いて革中の結合タンニンを測定した。その結果、図１に示すように革の厚さの増加とともに結合タンニンも増加し、タンニン剤による革の膨潤効果を確認した。

同様の革を用い、革の引張強さの試験を行った。その結果、タンニン剤の添加量とともに引張強さは低下するものの、対照クロム革の引張強さ(表 1)に比べ高い値を示した。また、製品革の厚さを1.2㎜に漉いた革は、対照革よりも高い引張強さが得られ、強度は市販革以上であった。革の伸びについても、タンニン剤の添加により60%前後の伸び率を示し、対照革の伸び(約 40%)に比べ柔らかな革となった。

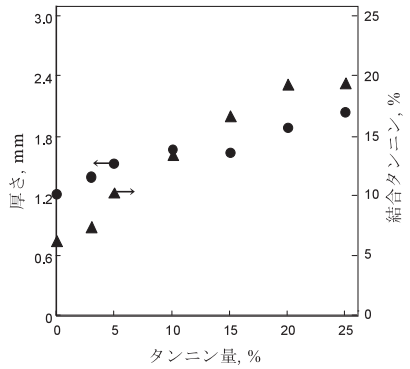


図１　下地革の厚さ,結合タンニンに及ぼすタンニン剤の添加量の影響

●：厚さ　▲：結合タンニン

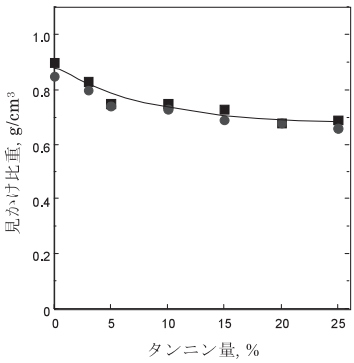


図２　下地革の見かけ比重に及ぼすタンニン剤の添加量の影響

■：シェービング(1.5mm)のみ

●：革を 1.2mm に漉いたもの

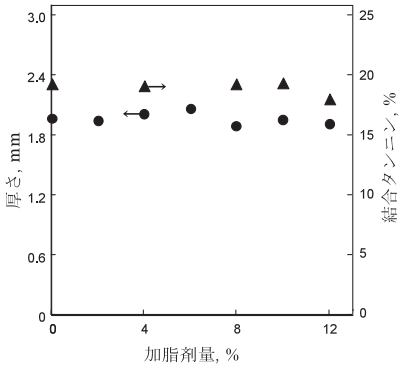


図３　下地革の厚さ,結合タンニンに及ぼす加脂剤の添加量の影響

●：厚さ　▲：結合タンニン

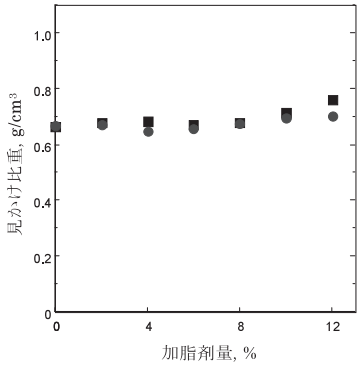


図４　下地革の見かけ比重に及ぼす加脂剤の添加量の影響

■：シェービング(1.5mm)のみ

●：革を 1.2mm に漉いたもの

革の軽量化に直接関係する因子として、試験革の見かけ比重を測定した。結果を図２に示す。革を漉いていない場合、タンニン剤 0%の試験革の見かけ比重は 0.90g/cm^3 であり、タンニン剤の添加量の増加とともに見かけ比重は低下し、タンニン剤 20%の添加で 0.68g/cm^3 となり、見かけ比重は約 20%低くなった。また、対照革の見かけ比重(0.78g/cm^3)と比べても約 15%の軽量化が図れた。この結果は革を 1.2㎜に漉いた場合も同様の傾向が得られた。この見かけ比重の低下する原因はタンニンの添加量を増加させることにより、革の膨潤の度合いが増すためと思われる。

３．２ 加脂剤の添加量の影響

タンニン剤の添加量を 20%一定とし､加脂剤を 0～12%加え､加脂剤による下地革の厚さの変化について調べた。結果を図３に示す。添加した加脂剤の範囲でほぼ一定の厚さ(約 2.0㎜)となり、革中の結合タンニン量も加脂剤の添加量に影響なく一定値を示し、革の厚さは加脂剤よりもタンニン剤の添加に影響されることが理解できる。革の引張強さに及ぼす加脂剤量の影響について調べた。その結果、両者の革は加脂剤添加量の増加とともに引張強さは増加した。また、革を 1.2㎜に漉くことにより強度は 15～20%低下するものの、加脂剤を 8%程度添加することにより、対照クロム革以上の強度が得られることがわかった。革の伸びは、加脂剤の添加量の増加とともに大きくなり、下地革や 1.2㎜に漉いた革においても対照革と比べ 50%の伸び率が向上した。

革の見かけ比重の変化を図４に示す。加脂剤の添加量が 8%程度までは下地革、1.2㎜に漉いた革ともに大きな変化は見られないが、それ以上の添加において僅かではあるが増加傾向にあり、その変化は小さかった。今回用いた加脂剤は、アニオン性の硫酸化油と脂肪族系の合成油との混合物であり、これら油剤は革の重量変化に余り影響を与えないことがわかった。

４　結　　論

本研究により得られた結果をまとめると、

1) 前鞣し剤にグルタルアルデヒド、合成タンニンを用い、本鞣しにアクリル系樹脂鞣し剤とタンニン剤による複合鞣しを行うことにより、得られたタンニン革は対照クロム革に比べ、約 15%軽量化された。
2) 回転式ドラムを用いた鞣しにより、従来の槽漬法に比べ、製造期間を 3 日に短縮できた。

（文責　杉本　太）
（校閲　安藤博美）

〔経常研究〕

50　動的粘弾性法によるエコレザーの耐久性評価技術の開発

岸部正行，岸本　正

1　目　　的

近年、消費者の中で“環境にやさしい”、“ひとにやさしい”という観点から商品を選択する傾向が顕著になってきている。皮革の分野においても環境と人に優しいエコレザー（非クロム・非ホルマリン鞣し革）へのニーズが高まっている。しかし、現在開発されている多くのエコレザーはクロム鞣し革と比較して物性面、特に耐熱性、耐老化性等の耐久性において劣っており、クロム革に取って代るまでに至っていないのが現状である。

本研究では、種々の鞣製法（植物タンニン鞣し、クロム鞣し、クロムーホルムアルデヒド混合鞣し）により得られた革試料を用いてジャングルテストによる耐久性試験を行い、ジャングルテスト前後の機械的性質及び動的粘弾性挙動から革の耐久性評価を行った結果を報告する。

2　実験方法

2．1　試料革と評価項目

試料革は、鞣剤として植物タンニン鞣剤（ノンクロム革１）、植物タンニンと合成鞣剤を併用（ノンクロム革２）、クロム鞣剤単独（フルクロム革）、クロム鞣剤とホルムアルデヒド系鞣剤との併用（セミクロム革）を用いた。最初に、これらの試料革を用い、ジャングルテストによる引張強さ(TS)の変動と貯蔵弾性率の変動との関係を調べた。

次に、これらの試料革を用い、ジャングルテストによる機械的性質及び動的粘弾性挙動の経時変動を調べた。

2．2　動的粘弾性測定の方法

動的粘弾性測定は、固体粘弾性測定装置（レオロジ社製　DEV Ⅳ型）を用いて圧縮モードで行った。測定条件は試料形状：円盤状試料(直径10mm）、動的歪み：2μm、測定温度範囲：20～50℃、周波数：100Hzである。動的粘弾性測定から貯蔵圧縮弾性率（E’）、損失圧縮弾性率（E”）及び力学的損失（Tanδ）を求めた。

2．3　ジャングルテストの方法

試料革のJIS部位（50×30cm）から採取した50本の試料片に対しランダムサンプリングして５組に分けた。１組（10本）をコントロール試料とし、残りの４組(40本)をジャングルテスト（温度50℃、相対湿度95％、48～320hr）用試料に用いた。コントロール試料革およびジャングルテスト後の試料革について動的粘弾性測定及び引張強さおよび伸び測定（JIS K 6550）を行った。

3　結果と考察

ジャングルテストの結果を図１に示す。試料革のほとんどがジャングルテスト後TS およびE’は低下した。ここで、ΔTS 、ΔlogE’はそれぞれジャングルテスト前後におけるTS 、logE’の変動を表す。図から鞣製条件が変動して､用いた鞣剤が共通するとΔTSとΔlogE’は、一定に収束することがわかった。即ち、フルクロム革系列は、ΔlogE’が大きく変動してもTSは僅かにしか低下しないが、セミクロム革系列は小さなΔlogE’の変動であってもTSの低下は大きかった。

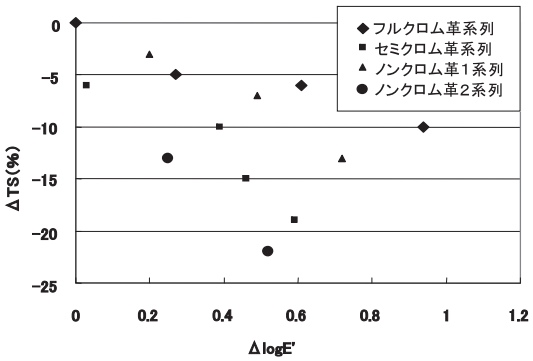


図１　ΔTS とΔlogE’との関係

ジャングルテストによるTS及びE’の経時変動は革種によって特徴的な傾向を示した。革種：(時間，ΔTS，ΔlogE’)で表すと、ノンクロム革１：（48hr，＋8%，0.32)、(116hr，-4%，0.48)、(186hr，-8%，0.60)、(320hr，-4%，0.52)、フルクロム革：（48hr，±0%，0.41)、(116hr，±0%，0.08)、(186hr，-9%，0.04)、(320hr，-13%，0.18)、セミクロム革：（48hr，-15%，0.49)、(116hr，-20%，0.47)、(186hr，-10%，0.46)、(320hr，-24%，0.58)と推移した。これらの結果から、ジャングルテストによる物性の変化は単にTSばかりでなくE’の変動(風合いの変動)についても考慮する必要があることが示唆された。

4　結　　論

ジャングルテストによる革の機械的性質と粘弾性指標を調べることにより、耐久性に優れたエコレザーの製造の活用に期待できる。

（文責　岸部正行）
（校閲　中川和治）

〔経常研究〕

51　濃色エコレザーの溶出成分の評価技術に関する研究

杉本　太, 岸本　正

1　目　　的

エコレザー製品が開発される中で、エコ規格を満足する必要があり、それらを評価する技術が必要となる。たとえば、平成17年度に日本版JSG基準値(有害物質検定済み)の策定が行われ、遊離ホルムアルデヒド、溶出重金属やクロム(VI)などの項目が上げられている。

これらエコレザーからの溶出成分の分析測定が要求されており、特に、遊離ホルムアルデヒドの場合と同様に革中のクロム(VI)も比色測定である。濃色系有色革の場合、革からの染料等の溶出のために正確な分析が困難となり、有色革に関する評価技術の検討が必要となる。平成18年度は遊離ホルムアルデヒドの分析を妨害する溶出染料の影響を抑制する手法を明らかにした。本年度は溶出クロム(VI)の評価技術について検討を行い、濃色エコレザーの品質規格の向上を図ることを目的とした。

2　カラムおよび試薬の調製

固相抽出カラムには、Waters社製のOasis HLBカートリッジカラム(500mg,容量12mL)を用い、溶出染料等の吸着処理に利用した。

クロム(VI)の分析はIUC18に従い、ジフェニルカルバジド(DPC)法による分光光度測定により求めた。

染料は、酸性染料のチモノールブラックTNを用い、水で希釈して1000mg/Lの溶液を調製し、希釈して用いた。

クロム(VI)標準液は、ナカライテスク製原子吸光分析用標準溶液(1000mgCr/L)を使用し、適宜、蒸留水で希釈して実験に用いた。

3　結果と考察

3．1　クロム(VI)の検量線の直線性

クロム(VI)濃度を0,3,5,8,10,30,50,80μg/50mLと採り、ジフェニルカルバジド法により各濃度域で検量線を作成し、その際の検量線の勾配より、直線性を調べた。その結果、クロム(VI)0～3μg/50mLの濃度域で作成した検量線の勾配は0.0126であった。また、クロム(VI)の吸光度が1.0を越える80μg/50mLにおける検量線の勾配は0.0129であり、吸光度が1.0を越える場合においてもクロム(VI)の検量線の直線性は良好なことがわかった。

3．2　クロム吸光度に及ぼす染料濃度の影響

染料濃度を変化させた試料溶液を調製し、クロム(VI)の吸収波長(540nm)における吸光度を測定し、染料濃度と吸光度の関係を最小2乗法により求めた。

その結果、染料濃度0～20mg/Lの場合、染料と吸光度の関係から求めた直線の勾配は0.0136であった。染料濃度0～50mg/Lの範囲の場合、その勾配は0.0131で、約3%の誤差となった。しかし、染料濃度が0～70mg/Lの範囲で直線の勾配を求めた場合、0.0129となり、5%以上の誤差を生じた。染料濃度70mg/Lの吸光度は0.905であり、吸光度が1.0前後で、染料濃度と吸光度の直線性は低下することがわかった。このことから、染料などの着色成分の溶出が大きな試料については、溶出液から着色成分を除去する必要性のあることが明らかとなった。

3．3　カラム処理の有無によるクロム(VI)濃度に及ぼす染料濃度の影響

Cr(VI)10μg/50mL, 染料濃度を40,70mg/Lとして調製した試料溶液を用い、固相カラムの抽出の有無によるクロム(VI)濃度の影響を調べた結果を表1に示す。

表1　染料のカラム処理によるクロム(VI)濃度への影響

	1	2	3	4	5
Cr,μg/50mL	10	0	10	0	10
染料,mg/L	0	40	40	70	70
Cr+染料※	0.131	-	-	-	-
Cr+染料+DPC※(カラム処理)	-	0.001	0.135	0.003	0.122
Cr+染料+DPC※(カラム未処理)	-	0.528	0.657	0.905	1.009

※:吸光度

表より、染料濃度40mg/Lの場合、クロム(VI)濃度0,10μg/50mLから算出したクロム回収率は、カラム処理で102%、未処理で98%であった。カラム処理の有無に関係なくクロム(VI)濃度は測定できたが、染料濃度70mg/Lの場合、同様に求めたクロム回収率はカラム処理で91%、未処理で79%となり、固相抽出を用いない場合の染料濃度によるクロム濃度の影響が見られた。

4　結　　論

吸光度1.0程度の染液を含む試料でも、固相カラムによる染料成分を抽出除去すれば、クロム(VI)濃度を精度良く分析できることがわかった。

(文責　杉本　太)
(校閲　中川和治)

〔重点領域研究〕

52　皮革の多品種小ロット染色技術の開発

松本　誠，杉本　太，西森昭人，岸本　正，中川和治，安藤博美，礒野禎三

１　目　　的

近年、兵庫県の皮革産業においては、１ロット数百枚、数千枚といった大量注文が激減している。１ロット当たり１０枚以下の小ロットで多品種(色、厚さ、風合いなど)の製造を受注する場合が多くなってきた。しかし、従来の皮革用小型ドラムを用いて多品種小ロットの皮革製造を行う場合、生産効率が非常に悪く、ランニングコストが高くなる。また、皮革用小型ドラムを数多く設置する必要があり、設備費用が高くなる。

しかし、静置するだけで芯通し染色(静置染色)が行えれば、従来の皮革用小型ドラムを使用せずに、製造コストを抑制させることができる。

そこで、昨年度は様々な染料を用いて、染料溶液中にクラストレザー（再鞣～加脂を行った革）を静置するだけでの芯通し染色を試みた[1)]。その結果、「液体の含金染料」を除いて、芯通し染色を行うことが可能であることがわかった。

本年度は、芯通し染色が行えなかった「液体の含金染料（上がけ用染料)」を用い、染色温度、染料濃度などを調整することによる、芯通し染色の検討を行った。

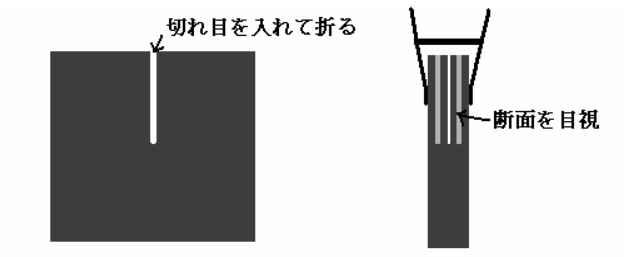
２　実験方法

２.１　静置による染色

「液体の含金染料」を用いて所定濃度に調製した溶液に厚さ１.５㎜ のクラストレザーを浸漬し、所定温度(４℃，３０℃，６０℃)で所定時間静置することにより染色を行った。

２.２　浸透度測定

静置染色を行った革を切断し、断面を目視して、１０段階評価(１:浸透していない～１０:浸透している)で判定を行った。



染色革と断面(模式図)

３　結果と考察

３.１　染料濃度２％における染料の浸透性

染料濃度２％における浸透度に及ぼす染色時間、染色温度の影響を図１に示す。

各染色温度ともに染色時間を長くすることによって、浸透度が高くなり、温度が低いほど、浸透度が高くなった。

染料の拡散速度は理論的には染色温度が高くなれば速くなるので、染料の革への浸透は速くなると考えられる。しかし、革のように厚い場合、その逆となった。これは、染色温度が上がると革に対する染料の親和力が高くなり、染料が革表面のみに吸着し、吸着と脱着の繰り返しによる内部への浸透度が低くなったものと考えられる。また、染色温度の上昇によって銀面が硬化し、繊維密度が高まるため、染料の浸透が遅れることも影響すると考えられる[2)]。以上の観点から、通常のドラム染色では最初は温度を低くして、後に温度を上げる。

今回の静置染色においても、ドラム染色と同じ傾向であった。

染料濃度２％では、染色温度４℃で２４時間染色においても完全な芯通し染色はできなかった。

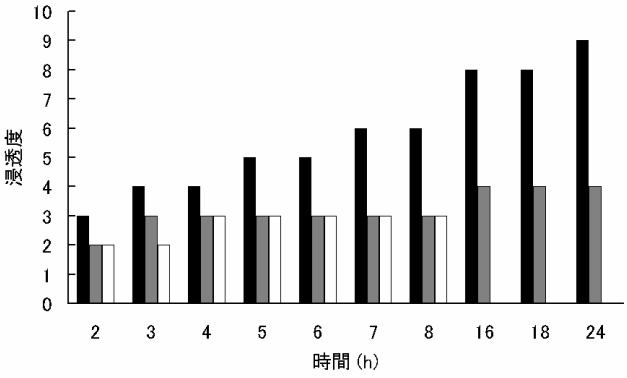


図１　染料濃度２％における染色浸透性
■：４℃　■：３０℃　□：６０℃

３.２　染料濃度３％における染料の浸透性

染料濃度３％における浸透度に及ぼす染色時間、染色温度の影響を図２に示す。

染料濃度２％での染色と比較して、全体的に浸透度が高くなった。染色温度が低く、染色時間が長くなれば、浸透度が高くなり、染料濃度２％での染色と同じ傾向で

あった。しかし、染料濃度３％では完全な芯通し染色はできなかった。

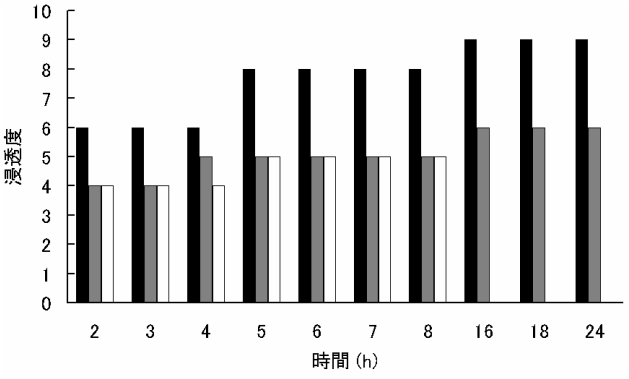


図２　染料濃度３％における染色浸透性
■：４℃ ■：３０℃ □：６０℃

３．３　染料濃度４％における染料の浸透性

染料濃度４％における浸透度に及ぼす染色時間、染色温度の影響を図３に示す。

染料濃度２％や３％での染色と比較して、全体的に浸透度が高くなった。染色温度が低く、染色時間が長くなれば、浸透度が高くなり、染料濃度２％や３％での染色と同じ傾向であった。

染色温度４℃で、６時間染色することによって、完全な芯通し染色ができた。染色温度３０℃、６０℃では染色時間を４時間から延長しても浸透度の向上は見られず、芯通し染色は行えなかった。革表面に染料が吸着するために、染料の浸透が阻害されたことによるものと考えられた。

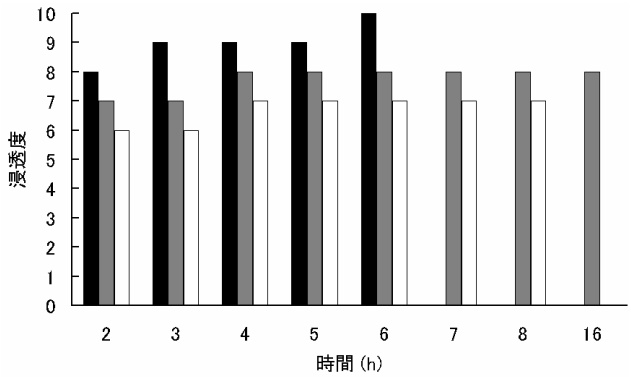


図３　染料濃度４％における染色浸透性
■：４℃ ■：３０℃ □：６０℃

３．４　染料濃度５％における染料の浸透性

染料濃度５％における浸透度に及ぼす染色時間、染色温度の影響を図４に示す。

染料濃度２％～４％での染色と比較して、全体的に浸透度が高くなり、同じ傾向が見られた。

染色温度４℃で、４時間染色することによって、完全な芯通し染色が行えた。しかし、染色温度３０℃、６０℃では染料濃度４％と同様に完全な芯通し染色は行えなかった。

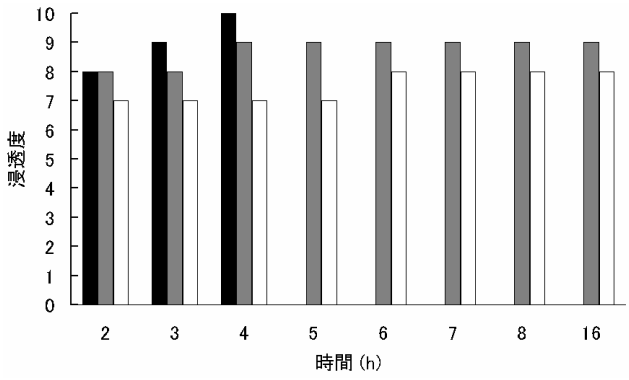


図４　染料濃度５％における染色浸透性
■：４℃ ■：３０℃ □：６０℃

３．５　染色温度４℃における染料の浸透性

以上の結果より、低温が染料の芯通しに効果があることから、染色温度４℃における浸透度に及ぼす染色時間、染料濃度の影響を図５に示す。

染料濃度５％では４時間、染料濃度６％～８％では２時間で完全な芯通し染色が行えた。

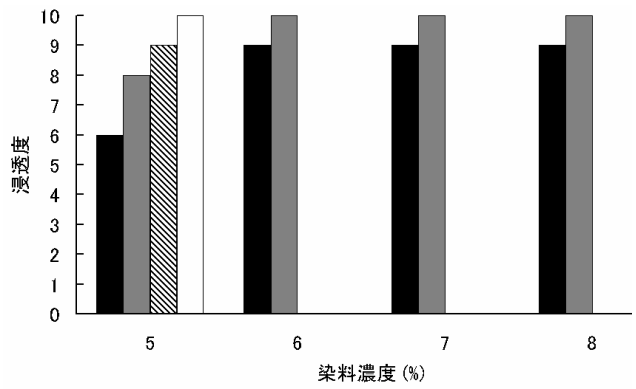


図５　染色温度４℃における染色浸透性
■：１ｈ ■：２ｈ ▨：３ｈ □：４ｈ

４　結　　論

染色温度を４℃まで低下した場合、完全な芯通し染色が行えた。今後は、半裁革の芯通し染色を検討して、現場における実用化を進める。

参 考 文 献

1) 松本　誠，杉本　太，礒野禎三；兵庫県立工業技術センター研究報告書, 16, 75(2007)
2) 総合皮革科学：日本皮革技術協会，(1998)

（文責　松本　誠）
（校閲　安藤博美）

〔経常研究〕

53　刺激応答型樹脂を用いる皮革の塗装技術に関する研究

西森昭人，中川和治，安藤博美

1　目　　的

エコレザー開発への関心が高まっている。しかし、革仕上げ工程の最終段階である上塗り塗装においては有機溶剤を使用することが多く、揮発性有機溶剤による環境負荷が発生するので非有機溶剤仕上げへ移行する必要がある。昨年度は、水性仕上げ剤に架橋剤を添加することによって強固なネットワークを形成し、充分な強度の塗膜ができたことを報告した[1)]。しかし、水性仕上げには、乾燥に長時間かかる欠点がある。そこで今年度は、短時間で硬化し、有機溶剤を含まない紫外線硬化樹脂（以下UV樹脂と略記）を用いて塗膜物性向上を図った。UV樹脂は、光重合性オリゴマー、光重合性モノマー、光重合開始剤を主成分とし、モノマーが通常の塗料での溶剤の役割をしている。紫外線照射により光重合開始剤が反応し、更にオリゴマー・モノマーが反応してポリマーとなり、強固な塗膜を形成する[2)]。耐光性、耐薬品性、耐水性などが良好で、紫外線照射量に応じて短時間で硬化反応が終了し、揮発性物質を含まない環境に優しい素材である。

今回は、UV樹脂を用いて、①上塗りに使用、②染色摩擦堅ろう度の劣る革の修正の二用途を試み、良好な結果を得たので報告する。

2　実験方法

2．1　UV樹脂

硬化後も弾性があり、革よりも伸びの良いUV樹脂を選択し、粘度の異なる㈱スリーボンド製の２種類のUV樹脂（TB3075：700mPa･s，TB3014C：10000mPa･s）を使用した。

2．2　塗布と照射

ガラス棒を用いて表面に薄く均一に塗布した後に、紫外線照射により硬化させた。照射光源には様々なものが使用されるが、今回は照射出力は低いが、安価で入手しやすいブラックライト蛍光ランプ20Wを２本使用した。硬化時間には15分以上必要であった。

2．3　上塗りに使用した場合

クロム鞣しと非クロム鞣しの２種類の下地革に共通の工程で、銀染め、目止め、下塗り、中塗りを施し、その上にUV樹脂による上塗りを施した。通常の水性アクリル、水性ポリウレタン塗装も行い比較した。

2．4　修正に使用した場合

染色摩擦堅ろう度の劣る仕上げ済みクロム革に対して、仕上げ塗膜の上にUV樹脂を直接塗布することによる修正処理を施した。

2．5　仕上げ塗膜の評価

JIS K 6547に従って摩擦試験機Ⅰ形を使用し、乾燥状態で試験し、綿布への汚染を５級（良い）から１級（悪い）の間で評価した。

3　結　　果

3．1　上塗りに使用した場合

低粘度のTB3075では革内部へ浸透し、光が届かないために硬化できずに残ったUV樹脂が、その後に表面に析出することによるタックが残るため染色摩擦堅ろう度試験は行えなかった。結果を表１に示す。特にクロム革においてUV樹脂の効果が大きかった。

表１　上塗りに使用した場合の染色摩擦堅ろう度

上塗りの種類	クロム革	非クロム革
水性アクリル	3	3
水性ポリウレタン	2－3	4－5
TB3014C	4－5	4－5

3．2　修正に使用した場合

仕上げ塗装を施してあるのでTB3075も内部に浸透することなく、完全に硬化した。試験結果を表２に示す。いずれのUV樹脂も染色摩擦堅ろう度を大きく改善していた。

表２　修正に使用した場合の染色摩擦堅ろう度

UV樹脂	クロム革
加工なし	2－3
TB3075	4－5
TB3014C	5

4　結　　論

VOC対策として有機溶剤を含まないUV樹脂を用いて塗膜の物性強化を図り、その染色摩擦堅ろう度を調べた。その結果、①上塗りに使用、②修正加工に使用のいずれの場合も大きく改善することができた。

参 考 文 献

1) 西森昭人，松本誠，中川和治，安藤博美，兵庫県立工業技術センター研究報告，16，73，(2007)
2) 川瀬豊，白山琢持、埼玉県工業技術研究所研究報告16，62，(1995)

（文責　西森昭人）
（校閲　中川和治）

〔重点領域研究〕

54　革製品用金具類に関する調査研究

西森昭人，杉本　太，松本　誠，岸本　正，中川和治，安藤博美
山岸憲史，山下　満，永本正義，西羅正芳，高橋輝男

1　目　　的

最近、姫路市の支援を受けて革製品製造工房など二次加工を展開する動きがあり、製品に使用する金具類の入手や品質等が課題となっている。その活動を当センターが支援するためにも、商品付加価値を向上し、購買者の注目を集める役目を担う金具類についての現状調査と分析を行い、加工業者に情報を提供することが必要である。そのため、小規模業者からの少量注文に対応可能な金具取扱業者を調査し、カタログ、パンフレット、実物等の収集を行い、金具類についての現状を調査することを目的とした。また、同時に今回収集した金具類のめっきや表面コーティングの種類[1)]、革に対する耐食性[2,3)]等についても検討した。

2　調　査

姫路市・たつの市を中心とする中・西播磨地域は全国一の皮革素材産地であるが、そこで生産された革素材を利用しての鞄やバッグなどの二次加工製品生産では東京などの大都市圏の企業が中心となっている。二次加工に必要な革製品用金具類も、県内ではほとんど製造されていない。金具類は、多種多様なものがあり、二次加工製品生産地の企業が取扱い、その集積地は東京である。また、他の産業と同様に高級品はヨーロッパ、安価な普及品はアジアで生産されて、国内へ輸入されている。

今回、東京（６店）、大阪（３店）、名古屋（１店）の革製品用金具取扱業者を訪問して調査した。いずれも商品の種類は多いが、単品に大量に注文を受けることはないとのことであった。そのため制作費用のかかるカタログやパンフレット類を新規に作成することはほとんど無く、金具類を必要とする加工業者は古いカタログを参考に注文するか、実際に店頭で、実物を見て購入する方法を採っていた。カタログ類に掲載されている金具は、ほとんどが金色であった。これは作成された10年以上前の当時流行していた色である。その後に新しく作成されていないためで、現在の流行色には合っていない。インターネット上でホームページに写真を掲載して受注しているところもあった。

革製品用金具類には、金属を無垢のまま使用することは少なく、素材のデザイン・ファッション性を高め、耐摩耗・耐食性等の機械的特性の向上を図り、コスト削減を考慮して、めっき処理されている場合がほとんどであった。それも一層だけのめっきではなく二層以上の多層めっきにより色・光沢・耐食性等の向上を図っているとのことであった。

3　実験方法

3．1　分析

革製品の中心にあり、目立つ錠前を対象とした。収集した26種類の中から７個を選択して、素地となる金属、めっき組成と膜厚、表面コーティングなどを分析した。めっき組成は、エネルギー分散型X線分析装置（EDAX PV9900：日本フィリップス㈱）で分析した。めっき膜厚は、蛍光X線膜厚計（SFT9200：セイコーインスツル㈱）で分析した。表面コーティングは、赤外吸収スペクトルにより分析した。

3．2　耐食性試験

革中残留成分で金具の腐食に関与するものとしては、各種の酸、塩、水分、硫黄化合物などが考えられるが、その中でもギ酸が大きく関係している[2)]。そこで、ガラス製の密閉容器に、金具とギ酸を入れて室温で放置し、24時間ごとに金具の腐食の様子を観察した。装置の模式図を図１に示す。

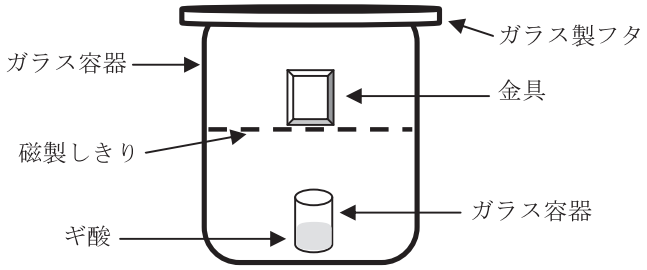


図１　耐食性実験装置

4　結果と考察

4．1　めっきと表面処理

金具をエポキシ樹脂に包埋し、切断研磨により組織を顕出させ、それぞれの組成を調べた。供試体の断面および外観写真とめっきを図２に、組成分析と膜厚を表１に示す。表面コーティングは、赤外吸収スペクトルよりポリウレタンと推測された。表１から分かるように、めっきに使用されている金属の組成や膜厚には様々なものがあった。また、単層のめっき被膜では、光沢や色調に変

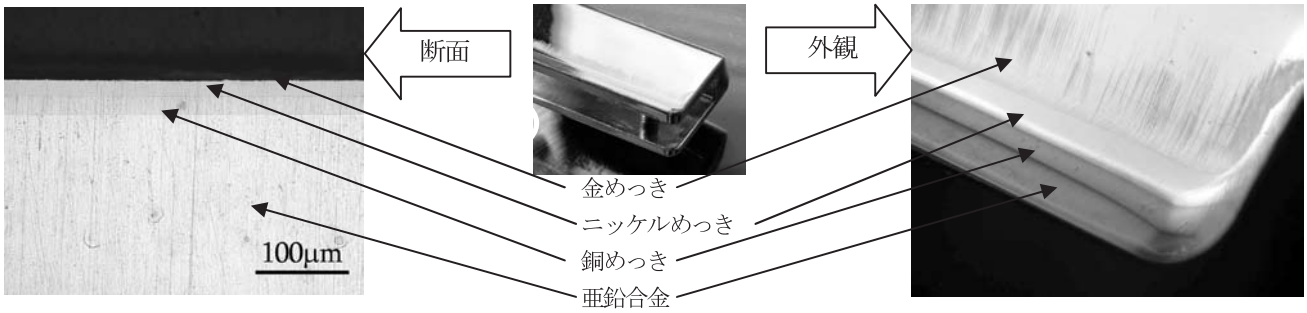


図２　金具の断面および外観観測とめっき

表１　各種金具の組成分析結果

金具	表面層	第二層	第三層	素地	表面コーティング	表面層の厚さ（μm）
A	Au	Ni	Cu	ZDC2	○	0.024
B	Ni	Cu	－	ZDC2	○	
C	Au	Ni	Cu	ZDC2	○	0.025
E	Ni	－	－	鋼板	－	2.120
F	Cu-Zn	－	－	鋼板	○	
G	Cu-Zn	Cu	－	鋼板	○	

ZDC2：亜鉛合金ダイカスト　　○：有り　　－：無し

表２　ギ酸による金具の変化

金具	24時間	48時間	72時間	96時間
A	○	○	△	△
B	△	△	×	×
C	○	○	△	△
D	△	△	×	×
E	×	×	×	×
F	○	△	×	×
G	△	×	×	×

○：変化無し　△：部分的に変色　×：全体に変色

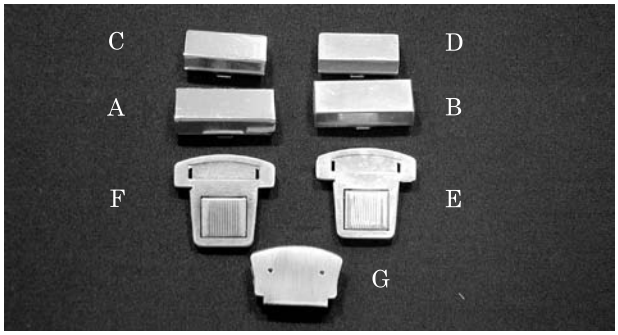


図３　96時間後の金具変色の様子

化が少ないため二層、三層と重ねてめっきし、目的の表面を得ていることが分かった。高価な金具には、金色として金めっきを行っていた。

４．２　耐食性

金具にギ酸蒸気が作用することによる変色により、腐食の進行度合いを観察した。その結果を表２に、96時間後の金具の様子を図３に示す。

腐食と、表面コーティングおよびめっき種類との関係では、表面コーティングの無いものが最も早く腐食し、金でめっきしたものが最も腐食しにくかった。

５　結　　論

中小革製品製造業者が購入可能な金具販売店を10店訪問調査し、カタログや金具類を収集分析した結果、以下のことが分かった。

①多品種少量注文が多いので、高価なカラーカタログからホームページへと移行しているところもあった。

②金具類のめっきには、種々の金属が様々な厚さで施され、高価な金具には、金めっきが使用されていた。

③革製品用金具類の腐食原因となるギ酸に対する耐食性向上には、表面にポリマーコーティングを施し、表面層には金めっきが効果的である。

謝　　辞

本研究を実施するにあたり、貴重な助言をして下さった神戸ファッション専門学校の田仲留美子先生に感謝いたします。

参 考 文 献

1) 園田司，鞄関連技術情報（兵庫県立工業技術センター），No.2，3，(1997)
2) 高谷泰之，防錆管理，2，64，(1996)
3) 稲次俊敬，皮革科学，Vol.51，No.2，53，(2005)

（文責　西森昭人）
（校閲　安藤博美）

所在地

（工業技術センター　センター神戸）

〒654-0037　神戸市須磨区行平町3丁目1-12　TEL(078) 731-4033　FAX (078) 735-7845

（機械金属工業技術支援センター）

〒673-0405　三木市平田240-1　TEL(0794) 82-0026　FAX (0794) 83-6230

（繊維工業技術支援センター）

〒677-0054　西脇市野村町1790-496　TEL (0795) 22-2041　FAX (0795) 22-3671

（皮革工業技術支援センター）

〒670-0811　姫路市野里3　TEL (079) 282-2290　FAX (079) 222-9043

兵庫県立工業技術センター研究報告　第17号

（平成２０年版）

平成２０年１１月１日　発行

発行所　兵庫県立工業技術センター

〒654-0037　神戸市須磨区行平町３丁目１－１２