

広島市工業技術センター年報

第6巻

ANNUAL REPORTS

of

HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

VOL. 6

1992

平成4年度

広島市工業技術センター

はじめに

本市の中小企業は、バブル崩壊後の不況が回復の見込みの立たないままに推移し一部に底入れ宣言はあったものの相変わらず先行きに予断を許さない経済状況の中に置かれています。これは個人消費や設備投資など最終需要の落込みが続いており、全体としては依然調整局面にあるためと考えられます。他面、地球環境問題の一環として特定フロンなどの特定物質規制への対処が急がれること、若手技術者の確保と育成についても若干の緩和はみられるものの、抜本的な解決には程遠いことなど、中小企業を取り巻く環境は容易ならざるものとなっています。

世界に誇れるわが国の産業を支えてきたのは中小企業の力であり、これはどんなことがあっても発展し続けなければなりません。それには正しい情報と的確な判断のもとに、現有技術の向上、新技術の導入と定着、人材育成、現製品の機能とコストバランスの追求、新製品開発と新分野開拓などの展開が必要です。

広島市工業技術センターは本市中小企業の技術拠点として、微力ながらもこれら技術課題解決のために出来る限りのお手伝いをしてまいりました。即ち、技術指導・相談、依頼試験の実施、人材育成と新技術普及のための講習会・研修会の開催、産・官・学の連携による研究会の実施、特定技術診断事業、企業との共同研究や委託研究、異業種交流事業などがそれであります。この他、企業ニーズに基づいた新技術・新分野の研究開発を行い、その成果を日常業務を通じて各企業に技術転移を行うと共に、中小企業では導入困難なものを含め多くの設備を一般利用のために開放しております。

本報は平成4年度で実施したこれらの事業についての概要と、センター職員の実施した研究内容を紹介するものです。研究の内容は、中小企業からのニーズに密着したものが中心になっているため、技術ノートのものも多く含まれていますが、ご一読の上各位からのご助言が頂ければ幸いです。

平成4年度から、中小企業のご要望に柔軟に対処すべく、(財)広島市産業振興センターが発足しましたが、これらの事業の大部分は工業技術センターから委託されてこの技術振興部が実施しています。今後も、両者は車の両輪のごとく一体となって諸々の事業を推進していくことになりますので、工業技術センター及び(財)広島市産業振興センターの技術振興部をお気軽にご利用下さるようお願いいたします。

平成5年7月

広島市工業技術センター
所長 山 本 慧 實

目 次

1 概 要

(1) 沿 革	1
(2) 施設規模	2
(3) 組織及び業務	3
(4) 予 算	4
(5) 主要設備機器	5

2 事 業

(1) 依頼試験	13
(2) 設備利用	13
(3) 指導相談	14
(4) 施設見学	14
(5) 講習会・研修会・研究会の開催	15
(6) 現地指導	19
(7) 技術交流事業	20
(8) 講師・委員等の派遣	21
(9) 発明・考案の奨励	24

3 研究報告

(1) アルミナセラミックスの機械的特性と研削性について (その1) 隠岐 貴史、四辻 博文、山田 洋	29
(2) HIP処理を施したアルミナセラミックスの機械的特性と研削性について (その2) 隠岐 貴史、四辻 博文、山田 洋	37
(3) サリチリデンアミノ-2-チオフェノールを用いるインジウムの吸光光度 定量 山口 研二、奥村 逸男、佐藤 文彦、出口 正一	42
(4) ワイヤカット放電加工機の加工性向上の評価 岡田 邦彦	47
(5) セラミックス溶射皮膜の摩擦特性 市後 博造、浅野 直弘	56
(6) 画像処理の高機能化による検査工程自動化の研究 —第3報、三次元曲面上の文字の計測評価技術— 西山 修二、尾崎 清、上杉 憲雄	64

(7) パルスフィールド電気泳動コントローラの開発 尾崎 清、長沼 和夫、吉田 和夫	71
(8) 方向パターンマッチング法による文字認識実験 ー第1報、地形図よりの文字認識事例ー 上杉 憲雄	75
(9) ファジイ制御用メンバシップ関数設計支援システムの開発 古谷 薫	83
(10) 作業者グループの導入による作業負荷の平準化 ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その1ー 小島 一洋、横山 武房、近藤 浩樹、中村 信人、森川 克己、 田中 隆太郎、佐々木 一彦、梅田 昌貴	88
(11) 生産日程計画作成支援システムの構築 ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その2ー 小島 一洋、横山 武房、大谷 博文、中村 信人、森川 克己、 植田 和美、河本 二郎、島内 豊宏	93
(12) 必要パレット数予測シミュレーションシステムの構築 ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その3ー 小島 一洋、横山 武房、天藤 伸也、中村 信人、森川 克己、 河田 博夫、山田 浩一、平田 庄三郎、古庵 弘之、新見 誠司	98
(13) 社内情報システムと社内業務の再見直し ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その4ー 小島 一洋、横山武房、福原 英幸、楨本 浩二、伊達 孝和、 岡田 健	103
(14) 生産計画作成支援システムの開発 ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その5ー 小島 一洋、横山武房、柏木 敬、中村 信人、森川 克己、 沖 常登、亀岡 満治、森永 清治、清水 忠雄	109

1 概 要

- (1) 沿 革
- (2) 施設規模
- (3) 組織及び業務
- (4) 予 算
- (5) 主要設備機器

1 概 要

(1) 沿 革

- 昭和13年 8 月 市議会の決議を経て工業指導所の創設に着手
- 昭和13年10月 「機械工訓育所」が、大手町七丁目 4 番広島電気学校内仮校舎で開所したのちに併せ、工業指導所創設事務を開始
- 昭和14年12月 東雲町671番地に工業指導所及び機械工訓育所用建物が完成し、広島電気学校より移転
- 昭和15年10月 「工業指導所」を開設
- 昭和17年11月 「機械工訓育所」を「機械工養成所」に改称
- 昭和18年 4 月 工業指導所に木工部設置
- 昭和21年 3 月 機械工養成所の閉鎖
- 昭和27年 4 月 「工業指導所」を「工芸指導所」に改称
(組織：庶務係・木工係・金属 1 係・金属 2 係)
- 昭和34年11月 組織改正 (庶務係・意匠係・塗装係・金属係)
- 昭和37年 6 月 加工技術係を設置
(敷地内に、(財)広島地方発明技術センター及び広島県理科教育センターが開設)
- 昭和39年 4 月 分析科を設置 (庶務係・デザイン科・加工技術科・塗装科・金属科・分析科)
- 昭和42年 4 月 金属材料開放試験室の開設
- 8 月 本館落成
(財)広島地方発明技術センターが(財)広島地方工業技術センターに改称)
- 昭和44年 3 月 木工試作試験室の開設
- 昭和55年 8 月 (財)広島地方工業技術センターの解散に伴い、建物 (別館及び金属試作試験室) 及び各種機器の譲受
- 昭和59年 4 月 電子技術担当部門新設
- 昭和62年 5 月 広島市工業技術センターの落成にともない「広島市工芸指導所」を「広島市工業技術センター」に改称
(組織：庶務係・材料係・加工技術科・生産技術科)
所在地を中区千田町三丁目 8 番24号へ移転
- 平成元年 4 月 技術振興科を設置 (庶務係・技術振興科・材料科・加工技術科・生産技術科)
- 平成 4 年 4 月 (財)広島市産業振興センター技術振興部を新設
(広島市工業技術センターから一部分離創設)

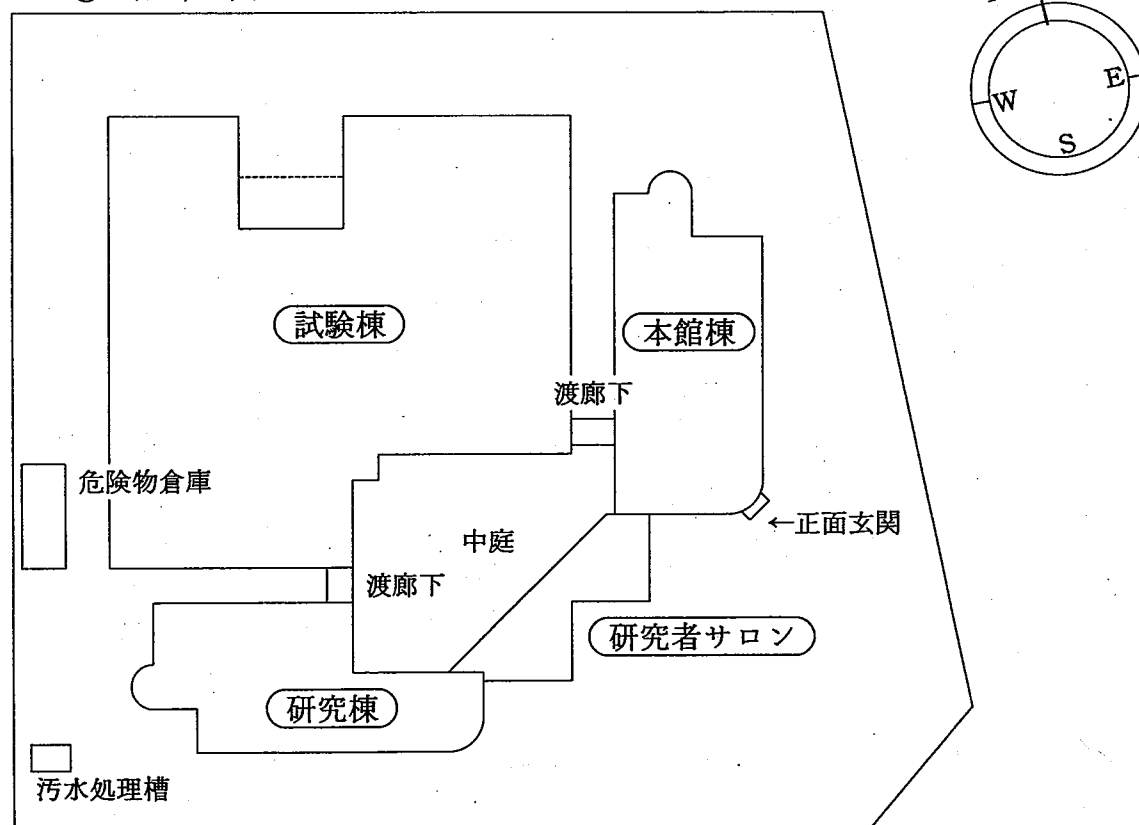
(2) 土 地・建 物

① 建設規模

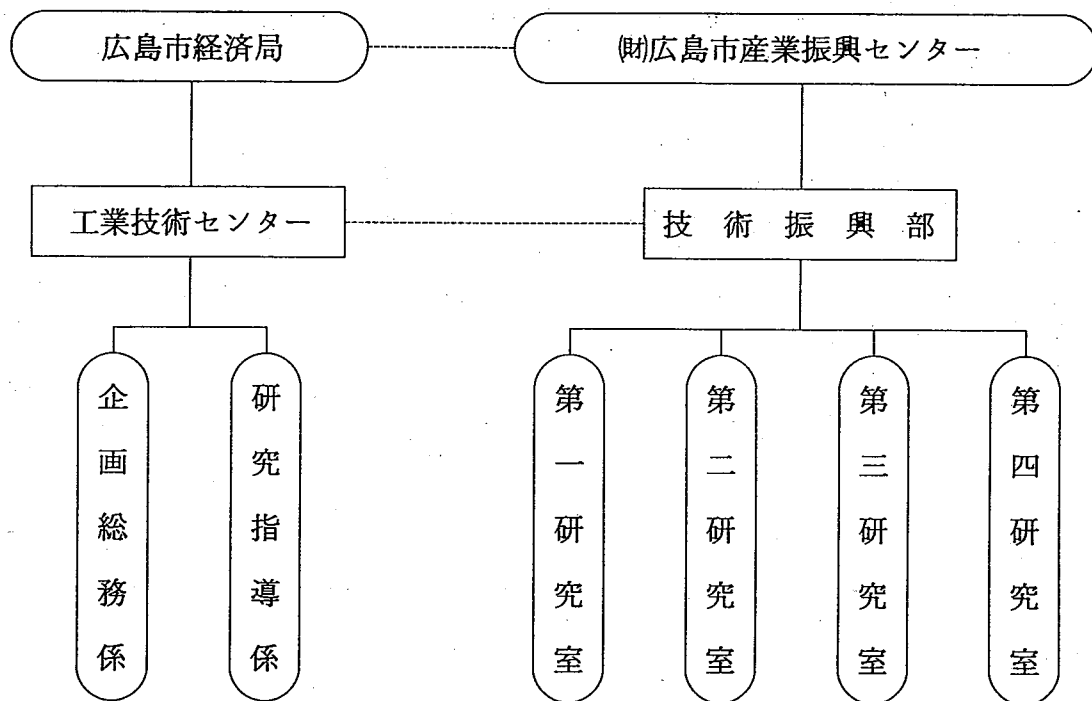
(単位：㎡)

敷地面積	10,117.20							
建築面積	総 建 築 面 積			3,816.55				
	総 延 床 面 積			6,789.86				
建物概要	鉄筋コンクリート造							
	本館棟	研究者 サロン棟	研究棟	試験棟	渡廊下	危険物 倉庫棟	汚 水 処 理 槽	計
地 階				45.82				45.82
1 階	587.49	180.66	451.03	2,404.20		60.00	13.86	3,787.24
2 階	459.21	65.66	541.03	440.31	19.16			1,525.24
3 階	562.34		535.26					1,097.60
4 階	134.26		146.26					280.52
P H 階	52.55							52.55
計	1,795.85	246.32	1,763.58	2,890.33	19.16	60.00	14.62	6,789.86

② 配置図



(3) 組織および業務



依頼試験・設備使用の受付及び手数料・使用料の収納。

試験成績書の発行。

発明考案に関する奨励事業。

公設試験研究機関との共同研究及び研究成果の普及。

産業デザインに関する研究及び技術指導。

各種工業材料の利用技術に関する研究及び技術指導。

成形加工技術及び機械加工技術に関する研究及び技術指導。

表面処理・改質技術に関する研究及び技術指導。

生産管理技術に関する研究及び技術指導。

電気・電子応用技術に関する研究及び技術指導。

コンピュータ支援技術・情報処理技術に関する研究及び技術指導。

各種工業材料の機械試験・物性試験及び化学分析。

各種工業製品の試験・測定・検査。

中小企業からの受託研究及び企業との共同研究。

講習会・研修会・研究会の開催及び人材育成事業。

技術交流事業の支援。

技術情報の収集・加工・提供。

定期刊行物等の企画・発行。

(4) 予 算

① 歳 入

(単位：千円)

科 目	平成3年度当初予算額	平成4年度当初予算額	増 減
商 工 使 用 料	1,268	1,031	△ 237
商 工 手 数 料	27,878	31,846	3,968
商工費国庫補助金	30,910	25,510	△ 5,400
雑 入	27,748	23,969	△ 3,779
商工費受託事業収入	—	330	330
計	87,804	82,686	△ 5,118

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成3年度当初予算額	平成4年度当初予算額	増 減
報 償 費	4,188	304	△ 3,884
普 通 旅 費	5,776	4,117	△ 1,659
特 別 旅 費	287	256	△ 31
消 耗 品 費 等	12,455	6,609	△ 5,846
燃 料 費	215	114	△ 101
食 糧 費	855	802	△ 53
光 熱 水 費	18,897	—	△ 18,897
修 繕 費	4,910	78	△ 4,832
通 信 運 搬 費	1,083	91	△ 992
手 数 料 等	46	54	8
保 険 料	42	18	△ 24
委 託 料	51,165	104,316	53,151
使用料及び賃貸料	11,033	925	△ 10,108
備 品 購 入 費	115,750	97,150	△ 18,600
負担金補助及び交付金	19,748	19,097	△ 651
公 課 費	18	9	△ 9
計	246,468	233,940	△ 12,528

(5) 主要設備機器

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
原子吸光分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュ AA-860型	※ S 57
原子吸光分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュ AA-1 EWT	S 49
炭素・硫黄分析装置	(株)レコ社 CS-244型	※ S 59
自記分光光度計	(株)島津製作所 UV-240型	※ S 56
高周波プラズマ分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュ ICAP-575型	※ S 62
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所 8705QH型	※ S 62
100kN万能試験機	(株)島津製作所 RH-10型	※ S 36
500kN万能試験機	(株)島津製作所 UH-500KNA型	※ H 3
1000kN万能試験機	(株)島津製作所 UMH 100T型	※ S 57
インストロン型万能試験機	インストロンジャパン(株) 1125型	※ S 56
低荷重精密万能試験機	(株)島津製作所 AGS-1000A型	* S 63
ショッパース式引張試験機	(株)島津製作所 SH-500型	* S 47
ツインロックウェル硬度計	松沢精機(株) DRT-FA300型	※ S 58
ロックウェル硬度計	(株)明石製作所 ORK型	S 41
ロックウェル・スーパーフィッシャル硬度計	(株)明石製作所 ARK-S型	S 51
マイクロビッカース硬度計	松沢精機(株) DMH-1型	※ S 58
ビッカース硬度計	(株)明石製作所 AVK型	S 41
5kN計装化シャルピー	(株)米倉製作所 CHARPAC-5C型	H 1
30kNシャルピー衝撃試験機	(株)東京衡機製造所 IC型	H 2
回転曲げ疲れ試験機	(株)東京衡機 25180型	S 41
金属摩耗試験機	(株)島津製作所 48447型	S 41
焼入試験機	(株)川崎製鉄	S 41
繰返し荷重試験機	サクラ工業(株) AB型	* S 47
走査型電子顕微鏡	(株)日立製作所 S-2400型	※ H 2
金属顕微鏡	ユニオン(株) 6318型	S 54
実体顕微鏡	ニコン(株) AFX型	※ S 56
顕微鏡	ニコン(株) AFM型	※ S 47
工具顕微測定器	(株)ツガミ製作所	S 30
接着耐久性試験機	東洋精機(株) NO-537型	H 1

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
低温型示差走査熱量計	セイコー電子工業(株) DSC-220C型	※ H 3
熱機械分析装置	セイコー電子工業(株) TMA-SS120C型	※ H 3
示差熱分析装置	真空理工(株) TA-1500型	※ S 5 9
渦電流式非破壊膜厚計	ダーミトロソ D-5型	* S 4 7
自記変歪測定装置	サクラ工業(株) SFH-20S型	S 6 2
荷重変位測定装置	(株)シンコ工業 6505型	* S 5 4
万能投影機	日本光学工業(株) V-20A型	※ S 5 6
レーザー測長機	和泉電気(株) MG-1000型	※ S 6 3
万能表面形状測定機	(株)小坂研究所 SE-3C-501806型	* S 4 7
切削動力計	日本キスラー(株) 9257B型	※ H 3
三次元座標測定機	日本光学(株) トライステーション600型	※ S 6 2
蛍光X線微小膜厚計	(株)セイコー電子工業 SFT-3200型	※ H 3
歪検出システム	(株)共和電業 E-SPIRAS8型	* H 3
試料埋込機	ビューラー SIMPLIMET II型	※ S 5 6
超音波探傷機	日本クラウトクレマーウェルターHIS-2	※ H 2
X線応力測定装置	(株)リガク MSF-2M型	※ S 6 3
プログラマブルコントローラ	立石電機(株) SYSMAC C-120型	※ S 5 9
画像処理システム	(株)ネクサス 7106型	*、H 2
ロジック開発装置	YHP(株) 64000型	S 6 2
CAD/CAMシステム	富士通(株) S-3300 ANVIL-4000	S 6 2
アナライジングレコーダ	横河電機(株) 3655E	S 6 2
デジタルパワーメータ	横河電機(株) 2533	S 6 2
AI開発システム	(株)東芝 AS4075GX型	* H 3
電子回路試験装置	ノイズ研究所 EMC-5000S他	※ H 1
デジタルストレージスコープ	松下通信(株) VP-5740A	S 6 2
精密電圧電流測定器	横河電機(株) 2723	S 6 2
標準電圧電流発生器	横河電機(株) 2558 2553 2563	S 6 2
周波数測定機	リオン(株) SA-57型	* S 4 7
マイクロロボット	三菱電機(株) RM-501型	S 5 9
カラーシュミレータ	日本色研事業(株) 678RC-SA-101型	* S 6 3

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
コンピュータグラフィックシステム	アップル社 マッキントッシュIIFXシステム	* H 2
デザインスコープ	(株)いずみや 3N型	S 62
写植機	(株)写研 SPICA-AH型	* S 63
スクリーン印刷機	新栄工業(株) SK--B600-V型	* S 63
デジタル変角光沢度計	スガ試験機(株) UGV-4D型	* S 54
デジタル自動測色色差計	スガ試験機(株) AUD-CH-2型	* S 54
多光源測色色差計	スガ試験機(株) MSC-IS-2B型	* S 63
接触角精密測定機	協和科学(株) CA-1型	* S 47
精密ハードネステスター	プロセス社 エコーチップC型	* S 63
摩耗試験機	テスター産業(株) AB101型	H 1
めっき処理装置	富士プラント工業(株) プライスター1型	* S 55
屋外暴露試験器	スガ試験機(株) OER-PG型	* S 62
表面性測定機	新東洋科学(株) ヘイドン-14型	* S 62
塩水噴霧試験機	東洋理化工業(株) ST-J-2型	* S 47
ガス・塩水腐食試験機	スガ試験機(株) HKC-12L型	S 62
複合サイクル試験機	スガ試験機(株) ISO-3CY型	* S 62
紫外線ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SH-2CH-B型	H 1
紫外線フェードメーター	スガ試験機(株) FAL-SP-H型	H 1
サンシャイン式ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SUN-HC型	* S 54
冷熱衝撃試験機	タバイエスペック(株) TSC-10型	* S 54
サーマルショック試験機	タバイエスペック(株) TSR-103型	* S 63
温湿度繰り返し試験機	タバイエスペック(株) PL-3E型	* S 54
湿潤試験機	スガ試験機(株) CT-3型	* S 62
高温熱風乾燥器	タバイエスペック(株) HPS-222型	* S 55
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスペック HLKS-3A型	H 1
塗料用退色試験機	スガ試験機(株) FM-1型	H 1
恒温恒湿低温槽	タバイエスペック(株) PL-4G型	* S 62
恒温恒湿槽	タバイエスペック	* S 47
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	* S 62
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーグゲマ EPE 700型	S 62

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ	* S 47
手吹静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ エレップ R-E-AN	H 1
スプレー式前処理装置	(株)日本パーソライジング KU-42型	* S 62
フローコーター塗装機	岩田塗装機工業(株) FL-W3F型	S 62
燃焼性試験機	スガ試験機(株) FL-45MC型	* S 55
冷間等方圧加圧装置 (CIP)	三菱重工業(株) MCT-100型	※ S 63
熱間等方圧加圧装置 (HIP)	三菱重工業(株) O2-Labo HIP型	※ H 1
プラズマ溶射装置	プラズマダイソ 40型	S 62
集塵装置	サンエス工業(株)バローズブース NB-2S型	H 2
ガス溶射装置	日本ユテク(株) テロダイソシステム2000型	H 2
プラズマ溶射ロボット	プラズマ技研工業(株) モトマンK6SB型	※ H 3
立形マシニングセンター	(株)遠州製作所 VMC530 II型	※ S 63
NCワイヤーカット放電加工機	三菱電機(株) DWC90H型	※ H 1
NC放電加工機	三菱電機(株) M35KC7型	※ H 2
放電精密型彫機	シャパレックス(株) D-15L型	※ S 36
真空加圧含浸装置	サンワエンジニアリング(株) VPI-2PW型	H 1
真空蒸着装置	(株)島津製作所 VPC-350型	S 51
切断機	島本鉄工(株) 603型	※ S 56
難削材料切断切削装置	(株)マルトー セラミクロン MX-833型	* H 3
炭酸ガスレーザ加工機	(株)日立製作所 HIL--500CSP型	※ S 60
直流アーク溶接機	大阪変圧器(株) CPXGT-350型	※ S 58
立形フライス盤	日立(株) 3M型	S 52
定荷重精密プレス	東洋テスター産業(株) SA-901型	H 1
木工用油圧プレス	(株)セイブ ONK-1000×2000型	S 62
木材真空乾燥機	北川鉄工(株) WVD-1-5型	* S 55
マッフル炉	(株)亀井製作所 3513型	※ S 58
高温真空炉	(株)島津製作所 DEGUSSA	※ S 58
雰囲気加熱炉	光洋リンドバーク G8-50, AC-145	S 51
高周波加熱装置	富士電波(株) FDY-320型	S 62
旋盤	森精機下部MS-650型	※ S 57

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
平面研削盤	日興機械(株) NSG-520H型	※ S 5 9
万能工具研削盤	(株)松沢製作所 MZ-8BG型	※ S 6 3
刃物研削ラップ盤	(株)丸仲鉄工所 GH-50型	H 1
ボーリングマシン	新前田工業(株) SAD-120B型	S 6 2
タブテールマシン	庄田鉄工(株) DV-131型	S 6 2
コーナーロックングマシン	庄田鉄工(株) CLA-132型	S 6 2
ルーターマシン	庄田鉄工(株) ROA-113型	S 6 2
超仕上かな盤	丸仲鉄工所 ロイヤル 3型	S 6 2
高速度手押しかんな盤	(株)桑原製作所 KP-300LDX型	S 6 3
自動一面かな盤	(株)大洋製作所 CP-500型	S 6 3
軸傾斜丸鋸盤	(株)桑原製作所 KS-TZ400型	H 1
軸傾斜横切丸鋸盤	東海製作(株) SFJ-1300型	S 6 2
走行丸鋸盤	田中機械工業(株)パネルソー 2500型	H 2
木工ロクロ	シンボ工業(株) WRA-075-AN型	S 6 3
木工旋盤	北産興業(株) WL-S1型	S 6 3
ベルトサンダー	桑原製作所 KBS-70型	* S 5 5

平成4年度・導入機器

疲労試験機	(株)島津製作所 EHF-UD100KN	※ H 4
ガスクロマトグラフ質量分析計	(株)島津製作所 TGA-GC/MSシステム	※ H 4
摩擦摩耗試験機	神鋼造機(株) ファレックス型	* H 4
デジタイザシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	* H 4

2 事業

- (1) 依頼試験
- (2) 設備利用
- (3) 技術指導相談
- (4) 施設見学
- (5) 講習会・研修会・研究会の開催
 - ① デザイン高度化推進事業
 - ② 生産工程合理化推進事業
 - ③ 新技術普及事業
 - ④ 新技術共同研究事業
- (6) 特定技術診断指導事業
- (7) 技術交流事業
- (8) 講師・委員等の派遣
- (9) 発明・考案の奨励

2 事 業

(1) 依頼試験

区 分	項 目	件 数	数 量	歳入額(円)
木 材・木 製 品	機 械 試 験	8	28	45,920
	物 理 試 験	2	5	7,700
	接 着 試 験	6	17	27,880
	製 品 性 能 試 験	7	590	306,290
	小 計	23	640	387,790
金 属・非 金 属	機 械 試 験	2,706	10,499	15,339,210
	物 理 試 験	137	617	1,899,870
	分 析 試 験	310	1,409	4,839,230
	小 計	3,153	12,525	22,078,310
表 面 処 理	塗 料 試 験	6	22	33,880
	皮 膜 試 験	167	21,407	8,052,440
	小 計	173	21,429	8,086,320
電 子・電 気	電子計算機による解析	1	1	4,530
	電 気 試 験	5	22	50,340
	小 計	6	23	54,870
試験用試料作成	木 材・木 製 品	1	6	9,240
	金 属・非 金 属	11	71	109,860
	表 面 処 理	4	4	15,640
	電 子・電 気	6	23	35,420
	小 計	22	104	170,160
意 匠 図 案 の 作 成		13	97	299,730
工 業 製 品 の 試 作		3	10	7,700
試 験・検 査 に 関 す る 証 明		8	9	3,240
合 計		3,401	34,837	31,088,120

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	収入額(円)
工 作 機 械	269	776	136,630
試 験 設 備	51	174	277,920
合 計	320	950	414,550

(3) 技術指導相談

分類	分野	業 務 内 容	技術指導	技術相談	計
A	機 械	加工機、原動機、精密機械、輸送機械、化学機械 流体機械、産業機械、電子機器、医療機器	58	84	142
B	電子・電気	電力機器、電気応用機器、電子応用機器	43	53	96
C	化 学	セラミックス、無機化学製品、有機化学製品、 高分子製品、燃料及び潤滑油、化学装置・設備	50	105	155
D	金 属	鉄・非鉄冶金、非鉄材料、鉄鋼材料、表面技術 加工技術、接合、熱処理	225	460	685
E	木材・木質材	材料、加工技術、表面技術、改質技術	69	168	237
F	情 報 処 理	情報管理、情報数理、コンピュータシステム	49	88	137
G	デ ザ イ ン	インテリアデザイン、クラフトデザイン、工業デ ザイン、視覚デザイン、環境デザイン	144	119	233
H	経 営 工 学	工場管理、生産管理、品質保証、作業管理、 包装及び物流、CIM、TPM	106	110	216
I	資 源	金属鉱業、石炭及び石油鉱業	11	20	31
J	建 設	鋼構造、コンクリート製品	11	10	21
K	衛 生	環境、公害防止技術、廃棄物有効利用技術	23	22	45
Z	そ の 他	その他	106	56	162
計			865	1,295	2,160

(4) 施設見学

見 学 団 体	見 学 者 数
中国重慶市自動車整備技術研修生他	34団体 186名

(5) 講習会・研修会・研究会の開催

① デザイン高度化推進事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
コンピュータグラフィックス デザイン講習会	① 1月21日	コンピューター画像の印刷への出力	紅屋スキャン㈱ 石 塚 晃	35名	谷 本
	② 1月22日	コンピューターによるデザイン の世界	㈱プロペラアートワークス 江 並 直 美	32名	
コンピュータグラフィックス デザイン研修会	① 8月26日	コンピュータグラフィックスの基 礎演習Ⅰ（デザイン・建築設計）	㈱ダイナパース 飯 牟 礼 由 美 子	20名	谷 本
	② 8月28日	コンピュータグラフィックスの基 礎演習Ⅱ（三次元デザイン作成）	㈱広 工 原 田 敬 至	19名	
	③ 9月2日	課題設定によるコンピュータグラ フィックスの基礎演習Ⅰ	㈱広 工 原 田 敬 至	20名	
	④ 9月4日	課題設定によるコンピュータグラ フィックスの基礎演習Ⅱ	㈱広 工 原 田 敬 至	20名	
	⑤ 9月9日	コンピュータグラフィックスによる 受講者の専攻するデザイン作成Ⅰ	㈱広 工 原 田 敬 至	19名	
	⑥ 9月11日	コンピュータグラフィックスによる 受講者の専攻するデザイン作成Ⅱ	㈱広 工 原 田 敬 至	20名	
インテリア基礎 デザイン技術研修会	① 2月5日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 代表 山 下 新 治	20名	西 原
	② 2月12日	〃	〃	18名	
	③ 2月19日	製図の基礎	当センター 主任技師 西 原 正 明	18名	
	④ 2月26日	スケッチ技法	当センター 主任技師 西 原 正 明	18名	
	⑤ 3月5日	パースと色づけ	建築アトリエk 代表 慶雲寺 誠	17名	
	⑥ 3月12日	〃	〃	18名	
	⑦ 3月19日	色と形のイメージ演習	当センター 主任技師 谷 本 義 則	18名	
	⑧ 3月26日	インテリアの計画	㈱アスラリア コーディネーター 河野房子	18名	
注文洋服縫製 技術講習会	7月16日	スーツの採寸、製図、仮縫い着付 け、補正について	全日本洋服㈱ 技術専門員 小川光夫	23名	岡 本
広島市デザイン講習会	11月12日	商品開発プロセスとデザインモデ ル製作	マツダ㈱デザイン本部 石井 誠	31名	岡 本
	11月13日	家具・インテリアの今後の方向	㈱家具産業出版社 社長 足立敏彦	33名	

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
製品デザイン開発セミナー	3月18日	企業と生活者を結ぶデザイン提案	児玉 逸夫 加藤 進 金堀 一郎	28名	谷 本

② 生産工程合理化推進事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
スクリーンプロセス技術講習会	3月16日	無害、無臭、無炎の各種「脱有機溶剤」スクリーンインクの現状と課題	(株)ミノグループ 化成品課 課長 牧ヶ野 祐司	56名	山 嵯
表面処理技術講習会	9月24・25日	熱処理テクニックの基礎と新しい熱処理技術	山本晋他 5名 大和久重雄他 4名	222名	市 後
金属塗装技術講習会	3月23日	フロン・塩素系有機溶剤を使用しないめっき・塗装の前後処理	大阪市立工業研究所 主幹研究員 榎本 英彦	72名	植 木
広島市生産技術講習会	3月3日	木材・木製品における木工機械の新しい動向	(株)平安コーポレーション 取締役技術部長 川島 正行	42名	山 田
	3月4日	木製品塗装の省力化	浜二ペイント(株) 営業部次長 寺田 敏雄	36名	

③ 新技術普及事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
金属系新素材講習会	2月25日	プラスチック金型用鋼の特性と最適利用について	日立金属(株)安来工場技術 部主管技師 中尾 敦輔	96名	山田洋 隠 岐
特殊加工技術講習会	3月8日	三次元測定機の現状と今後	(株)ニコン CAD/CAMセンター課 長 岡本 英明	37名	岡 田
高分子材料講習会	5月12日	花王に於ける研究開発について	(株)花王 中央研究所 所長 美濃 順亮	42名	奥 村 四 辻
	7月3日	生分解性プラスチックの開発動向とその応用分野	ダイセル工業(株) 企画開発部主席研究員 澤田 秀雄	40名	
	2月5日	塩素系溶剤の規制と対応	(社)日本情報科学技術協会 大島 輝夫	45名	
知識工学応用技術講習会	3月1日	製品開発における画像処理技術及びバーチャル・リアリティ(仮想現実感)	(株)新産業創造センター 副所長 高野 英彦	52名	上 杉 西 山
木質系新素材講習会	11月19日	木質系材料の化学加工とその応用	農林水産省 森林総合研 究所木材化工部 化学加工科 黒須 博司	54名	木 下
最適構造設計講習会	3月2日	CAD/CAM/CAEへの超高速CG・アニメーション技術の適用	富士通(株) オープンシステム事業部 担当部長 嶋田 俊雄	50名	西 山

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
CAD/CAM/CAE 技 術 講 習 会	9月3日	CAD/CAM/CAE技術の最新 動向	SDRC副社長 日本支社長 小平 紘	59名	古 谷
C I M技術講習会	1月28日	中小企業のパソコンLAN構築 とC/M化	(株)ボックス研究所 社長 木村 博光	45名	小 島
ロボット/メカトロ 技 術 講 習 会	10月20日	ロボット/メカトロニクス技術 の最新動向	機械技術研究所 主任研究官 山羽 和夫	61名	古 谷
硬 脆 材 料 加 工 技 術 講 習 会	3月19日	硬脆材料(難加工材料)の特性 とその加工方法について	工業技術院 中国工業技術試験所 主任研究官 大谷 敏昭	60名	山 田 隠 岐
難 削 材 料 加 工 技 術 研 修 会	① 8月28日	硬脆材料加工技術概論	群馬職業訓練短期大学 校長(セラミック加工学 会長)	43名	隠 岐 (山田)
	② 9月4日	ファインセラミックスの研削加 工について	名古屋工業技術試験所 材料加工課長 伊藤 正治	43名	
	③ 9月16日	ファインセラミックスの加工精 度とその評価について	(株)マルトー技術本部次長 山本 幸治	41名	
	④ 9月22日	特殊加工(Ⅰ) レーザ、電子ビームによるセラ ミックスの加工	三菱電気生産技術研究所 主事 森安 雅治	40名	
	⑤ 10月9日	特殊加工(Ⅱ) 超音波による硬脆材料の加工	職業訓練大学校 生産機械工学科 海野邦昭	41名	
	⑥ 10月16日	特殊加工(Ⅲ) 脆弱材料の放電加工	日本タングステン セラミック部 主査佐々木豊重	43名	
マイコン研修会	① 7月15日	マイコン応用概論	広島工業大学 助教授 玉野和保	12名	尾 崎
		パソコン用エディタ、BASIC の説明	広島市工業技術センター 技師 尾崎清		
	② 7月16日	CPU8052のアーキテクチャ及 び使い方	島根県工業試験場 研究 員 西本弘之	12名	
	③ 7月21日	計測制御実習① パラレル インターフェース	広島市工業技術センター 技師 尾崎 清	12名	
	④ 7月23日	計測制御実習② ステッピング モータ	同上	12名	
	⑤ 7月28日	計測制御実習③ A/D変換	同上	12名	
	⑥ 7月30日	計測制御実習④ GP-IB	同上	12名	

④新技術共同研究事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
C I M研究会	① 7月8日	「C I M化と生産工学的 アプローチの基礎的研究 について」 各企業の検討課題発表	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河 田博夫 エフ・エス・アイ 社長 福原英幸	13名	小 島 横 山
	② 7月22日	生産工学的アプローチ ディスカッション1	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 エフ・エス・アイ 社長 福	15名	
	③ 8月5日	生産工学的アプローチ ディスカッション2	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 エフ・エス・アイ 社長 福原英幸	15名	
	④ 8月26日	生産工学的アプローチ ディスカッション3	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 石田データサービス 顧問 河田	13名	
	⑤ 9月16日	生産工学的アプローチ ディスカッション4	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 エフ・エス・アイ 社長 福原英幸	13名	
	⑥ 9月30日	生産工学的アプローチ ディスカッション5	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 エフ・エス・アイ 社長 福原英幸	15名	
	⑦ 10月28日	成果発表会	広島大学工学部 教授 中村信人 広島大学工学部 助手 森川克己 石田データサービス 顧問 河田 博夫 エフ・エス・アイ 社長 福原英幸	12名	
	⑧ 11月25日	「富士ゼロックスにおけ る生産構造改善運動」 ー生産CIMプロジェクトー 講師を囲んでのディスカ ッション	特別講師 富士ゼロックス㈱生産管理部 CIMプロジェクト次長 鈴木貞雄 上記(NO.1～NO.7会合)の定例 会講師	13名	

(6) 特定技術診断指導事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	指 導 企 業 名	担当者
新 素 材 利 用 技 術 診 断 指 導	2月23日	新素材の利用技術	古河電気工業㈱ 横浜研究所 技術開発本部 取締役技師長 根岸 朗	・富士機械工業㈱ ・㈱シンコー	山 口 四 辻 横 山
	2月24日			・㈱ヒロテック ・東友会協同組合	
塗 装 技 術 診 断 指 導	2月25日	溶剤規制と高品位塗膜に対する塗装技術	東亜ペイント㈱ 大阪第2技術部 部長代理 内野 正勝	・中国工業㈱ ・㈱三豊製作所	植 木
	2月26日			・マツダ部品工業㈱ ・㈱ムラカワ	
表面処理技術 診 断 指 導 (熱処理技術 診 断 指 導)	10月8日	雰囲気炉の管理について	大阪府立産業技術総合研究所 材料技術部表面機能研究室 主任研究員 石神逸男	新中央工業㈱日本電子工業㈱広島工場、 呉金属熱練工業㈱黒瀬工場	市 後 浅 野
	10月9日			(有)神和熱処理本社工場 ㈱ナガト海田工場	
V A / V E 利 用 技 術 診 断 指 導	2月17日	V A / V E 技術による加工方法の改善	トヨタ車体㈱ 相談役 藤本 俊	(有)めいでん黒瀬工場/ 内海電機㈱熊野工場	岡 田 小 島
	2月18日			マロンスチール㈱本社工場 午後総括 合同11社	
鑄 造 技 術 診 断 指 導	10月22日	鑄物工場の生産性向上を図るための製造技術(現地指導)	(有)東京国際鑄造技術 コンサルタント 代 表取締役 滝 勇	二宮産業㈱本社 坂田重工㈱吉田	山田洋 尾 崎 隠 岐
	10月23日	〃	〃	友鉄工業安佐工場	
				大田鑄造所千代田	

(7) 技術交流事業

本事業は、異業種間の交流を深めるとともに、会員の保有する技術などを融合することにより、個々では解決できない新技術・新製品の開発、市場の開拓・販売面での相互協力を行い、会員企業の成長、地域産業の発展に貢献することを目的として、平成元年から三つの部会を開催している。その概要は下記のとおりである。

部 会 名	新素材技術交流部会	生活環境技術交流部会	生産技術研究会
代 表 者	山野 衛	金森 清	川上 豊彦
会 員 企 業	①三協プラスチック工業(株) ②山栄精密モールド(株) ③(株)やまの化成工業所* ④三興化学工業(株) ⑤(株)清水木工 ⑥杉原縫製工業(株) ⑦中国メタリコン(株) ⑧徳山世界長(株) ⑨(株)里吉製作所 ⑩東プレ(株) ⑪(株)モルテン ⑫(株)三和製造所 ⑬野口ゴム工業(株) ⑭(株)オート ⑮ピーエス技研 ⑯浜井建具工業(株) ⑰(株)栄進商会	①アソネルベッド(株) ②大西電機工業(株)* ③(株)熊平製作所 ④コニシ(株) ⑤(株)渋谷製作所 ⑥だいだ産業(株) ⑦田中家具工業(株) ⑧(株)仁井田商会 ⑨浜井建具工業(株) ⑩前田機工(株) ⑪(株)松田工業 ⑫宮本工芸(株) ⑬(有)めいでん ⑭(株)NTT-TTE 中国 ⑮(株)アステリア ⑯(株)アベイル	①チューリップ(株) ②三島食品(株) ③鯉城サッシュ工業 ④大西電機工業(株) ⑤(株)村上工芸 ⑥大東通商(株)* ⑦南 工 (株) ⑧内海電機(株) ⑨三玄精機(株) ⑩(株)仁井田商会 ⑪野口ゴム工業(株) ⑫広島アルミニウム工業(株) ⑬(株)ナガモト ⑭中国電機製造(株) ⑮(有)宮本家具工業所 ⑯前田機工(株) ⑰中国工業(株)特器工場 ⑱(株)システム技研 ⑲(株)プロト
部会の目的	市販されている新素材材料（形状記憶樹脂等）の活用方法を検討し、会員企業相互の技術力を駆使して、新製品の開発をめざす。	高齢化社会に役立つ「モノ」づくりをテーマに取り上げ、会員企業の保有する技術力を積み上げて商品の開発をめざす。	会員の保有する技術などを交換することにより、新技術・新製品の開発、市場の開拓等会員企業の成長、地域産業の発展に貢献することをめざす。
活 動 状 況	形状記憶樹脂（ポリノルボルネン樹脂）の低反発性を利用して下記の製品を開発した。 ①履物の底体に利用したハイテクシューズの開発（特許出願） ②低学年用学校教材の開発（特許出願）	高齢化社会に役立つ機能と製品の現況を把握するため、特別養護老人ホーム等の社会福祉施設の視察等を中心に活動し、開発する製品のアイディアの絞り込み作業を行った。	3つ分科会活動によって、下記の製品の開発を行った。 ①養豚作業用ブーツ ②家畜飼料供給システム ③融合高級棚板 ④視覚障害用点字ブロック音声誘導装置

*：交流部会長・所属企業

(8) 講師・委員等の派遣

派遣日	名 称	内 容	派遣場所	担当者	備考
4 / 9	中国地域住宅産業研究会 調査委員会	調査内容の検討	中国通産局	山 田	委 員
4 / 18	広島市発明クラブ発足式	発足式・式典	発明会館	野 村	委 員
4 / 24	平成3年度広島県技術市 場交流プラザ総会	平成3年度収支決算及び平成4年 度事業計画	広島ガーデンパ レス	小 島	助言者
5 / 8	中国地域住宅産業研究会 調査委員会	調査内容の検討	中国通産局	山田利	委 員
5 / 14	塗料・塗装技術研修会	塗料・塗膜の性能試験法	当センター	斎 藤	講 師
5 / 24	(株)日本経営工学会平成4 年度春季大会	地域中小企業工場内マテリアルフ ローのシミュレーション分析成果 発表	早稲田大学	小 島	講 師
5 / 24	(株)日本経営工学会平成4 年度春季大会	地域中小企業の活性化と異業種交 流について	早稲田大学	小 島	講 師
6 / 3	技能検定実技試験水準調 整会議	金属塗装作業 噴霧塗装作業	能力開発協会	野 村 山 崙	委 員
6 / 5	デザイン研修会	最近のデザイン情報に関する研修会	当センター	西 原	講 師
6 / 5	技能検定実技試験水準調 整会議	化学分析作業	能力開発協会	奥 村 山 口	委 員
6 / 12	(株)日本鋳物協会中国四国 支部理事会	平成4年度支部研究会の開催方法 について	弥生会館	山田洋	理 事
7 / 3	広島総合デザイン協会実 行委員会	協会作品展の実施計画について	広島県民文化セ ンター	岡本弘	委 員
7 / 12	平成4年度国家技能検定 実技試験	建築塗装作業	福山	斉 藤	委 員
7 / 26	平成4年度国家技能検定 実技試験	建築塗装作業	広島県技能開発 センター	斎 藤	委 員
8 / 7	中国地域住宅産業研究会 調査委員会	平成4年度調査事業進捗状況につ いて	中国通産局	山田利	委 員
8 / 7	国際技術交流研研究	技術交流について	広島県庁	山 崙	委 員
8 / 10	国際技術交流研究会	技術交流について	YMCA	野 村 山 崙	委 員
8 / 16	平成4年度国家技能検定 実技試験	超硬刃物研磨作業	廿日市市	山田利	委 員
8 / 27	塗装技術研修会	技能検定受験のための建築塗装研 修会	当センター	斉 藤	講 師
9 / 3	発明考案試作費補助事業 ヒアリング	説明会	発明会館	山 本 野 村	委 員

派遣日	名 称	内 容	派遣場所	担当者	備考
9 / 6	平成4年度国家技能検定 実技試験	化学分析作業	福山市	奥 村 山 口	委 員
9 / 25	経営工学特別講義	CIM基礎概論と異業種技術交流に ついて	近大工学部経営 工学科	小 島	講 師
9 / 30	広島市産業デザイン振興 基本計画検討委員会	広島市産業デザイン振興基本計画 について	広島市役所	谷 本	委 員
10 / 1 ～ 3	重慶市研修生の研修	CO2レーザー、マシニングセン ター、放電加工法の説明及び実習	当センター	岡 田	講 師
10 / 2	第13回広島県未来の科学 夢絵画展	審査	発明会館	西 原	委 員
10 / 7	広島市児童生徒発明くふ う展審査会	審査	発明会館	山 本 谷 本	委 員
10 / 14	平成4年度広島県児童生 徒発明くふう展審査会	審査	広島こども文化 科学館	斉 藤	委 員
10 / 14	㈱素形材センター中国支 部幹事会	平成4年度素形材センター中国支 部事業の推進について	坂本重工	山田洋	幹 事
10 / 20～22	平成4年度全国中小企業 診断研究会	生産システム・生産管理システム 改善成果報告	沖縄県	小 島	講 師
10 / 22	社員教育・金属加工技術 研修会	マシニングセンターによる金属加 工技術研修	当センター	岡 田	講 師
10 / 27	中国地域住宅産業研究会 調査委員会	平成4年度調査事業報告	中国通産局	山田利	委 員
11 / 2	マイクロエンジニアリン グ研究会	今後の取り組み方について	中国電力ホール	山田洋	委 員
11 / 7	広島市児童生徒発明くふ う展表彰式	表彰式	広島市こども文 化科学館	山 本 野 村 山 嵯	委 員
11 / 24	㈱日本鋳物協会中国四国 支部会	支部会報「こしき」編集会議	広島ターミナル ホテル	山田洋	理 事
11 / 25	針新製品開発委員会	製品開発の進捗状況	当センター	谷 本	委 員
11 / 26	広島仏壇新製品開発研究 会	製品開発について	当センター	野 村 谷 本	委 員
11 / 30	中小企業大学校広島校平 成4年度研究事業	中国地域等における企業の戦略的 事業展開・事例研究	アトム㈱ 竹原市	小 島	専 門 調査員
12 / 4	後期技能検定水準調整会 議	鋼橋塗装作業 樹脂注入工事作業	情報プラザ	斉 藤	委 員
12 / 5	木材加工用機械作業主任 者技術講習会	木工機械の安全作業全般	林業ビル	山田利	講 師

派遣日	名 称	内 容	派遣場所	担当者	備 考
12/ 8	広島市産業デザイン振興 基本計画検討委員会	基本計画の策定について	広島市役所	谷 本	委 員
12/ 9	㈱日本鋳物協会中国四国 支部若手技術者研究会	CAD/CAM及び鋳造工場のクリー ン化について	当センター	山田洋	委 員
12/ 9	㈱日本鋳物協会中国四国 支部理事会	平成4年度活動状況報告・平成5 年度事業報告	当センター	山田洋	理 事
12/ 9	㈱日本鋳物協会中国四国 支部研究会	CAD/CAM/CAE/CAT/CA P一体化システムについて	当センター	西 山	講 師
12/10	中小企業大学校広島校平 成4年度研究事業	中国地域等における企業の戦略的 事業展開にかかる事	マロンスチール ㈱	小 島	専 門 調査員
12/25	マイクロエンジニアリン グ研究会	平成4年度第2回討論会	メルパルク広島	西 山	委 員

(9) 発明・考案の奨励

発明考案奨励事業を通じ、新技術、新製品の開発を促進し、中小企業振興を側面から応援することにより、中小企業の技術水準の向上を図るとともに、産業教育により発明くふう意欲を啓発し、本市産業の振興、発展に寄与することを目的として、次の5つの事業を実施している。

1. 発明考案試作補助事業

(1) 内 容

有益な発明、または考案の試作研究を促進し、その実用化等を図ることにより、産業の振興と技術水準の向上に役立てるため、当該発明または考案の試作を行う者に対し、50万円を限度に補助金を交付する。

(2) 交付の対象

- | | |
|----------------------|---------|
| ア 「長時間連続点灯ストロボ管」の試作 | 平岡 正之 氏 |
| イ 「わきの下に貼る汗取りパッド」の試作 | 三木 和江 氏 |

2. (社)発明協会広島県支部発明奨励事業補助

(1) 内 容

当支部が実施する未来の科学の夢絵画展、発明・考案表彰事業、特許・実用新案等広報事業に対し、発明奨励事業補助金を交付する。

(2) 本年度補助金額

125,000円

3. 児童生徒発明くふう展事業及び広島県・広島市児童生徒発明くふう展展示会共催事業

(1) 児童生徒発明くふう展事業

ア 内容

児童生徒の創意くふう等、発明に対する意欲の高揚を図るため、科学的でアイデアに富んだ作品を募集し、審査して、入賞作品の表彰を行う。

イ 応募及び表彰結果

区 分	応募 状況	表 彰 結 果								
		広島市 長 賞	市教育 長 賞	発明協 会 賞	商工会 議所賞	中国新 聞 賞	市PTA 協 議 会 賞	増本賞 熊平賞 山本賞	優秀賞	学校賞
小学校の部	152点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	2点	15点	1校
中学校の部	113点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	15点	1校
高 校 の 部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(2) 広島県・広島市児童生徒発明くふう展展示会共催事業

ア 内 容

くふう展展示会をより効率的に運営するとともに、経費の効率的運営を図るため、広島市、広島県、(社)発明協会広島県支部、広島県商工会議所及び中国新聞社が展示会運営委員会を設置し展示会を開催する。

(3) 開催期間及び開催場所

① 開催期間 平成4年11月7日～同年11月15日

② 開催場所 広島市こども文化科学館

4 未来の科学の夢絵画展入賞者表彰事業

(1) 内 容

広島県未来の科学の夢絵画展を後援し、市長賞として賞状及び記念品を贈呈する。

(2) 応募及び表彰結果

単位：点数 上段は県全体（ ）内は広島市分

区 分	応募状況	表 彰 結 果					
		特別賞	金 賞	銀 賞	佳 作	努力賞	団体賞
小学校の部	945 (318)	20 (3)	19 (9)	33 (14)	58 (15)	29 (10)	3枚
中学校の部	698 (86)	17 (2)	13 (6)	26 (5)	41 (5)	22 (6)	2校

5 優良発明功績者表彰事業

(1) 内 容

優れた発明考案を創作し、その実用化により本市産業の発展に顕著な成績をあげた者を表彰することにより、優秀な発明考案を広く奨励するとともに、市民の発明考案の意欲の高揚と企業の技術開発の振興を図る。

(2) 被表彰者

(社)発明協会広島県支部の推薦により、本年度は次の者を表彰した。

ア 氏名 岡田 国男 氏 (株)コンセック代表取締役)

イ 功績 建設機器・工具に関する発明等による新製品開発と製造・施工・販売による事業の拡大。

(3) 表彰式 平成5年3月29日 (広島市長出席)

3 研究報告

- (1) アルミナセラミックスの機械的特性と研削性について (その1)
- (2) HIP 処理を施したアルミナセラミックスの機械的特性と研削性について
(その2)
- (3) サリチリデンアミノ-2-チオフェノールを用いるインジウムの吸光光度
定量
- (4) ワイヤカット放電加工機の加工性向上の評価
- (5) セラミックス溶射皮膜の摩擦特性
- (6) 画像処理の高機能化による検査工程自動化の研究
ー第3報、三次元曲面上の文字の計測評価技術ー
- (7) パルスフィールド電気泳動コントローラの開発
- (8) 方向パターンマッチング法による文字認識実験
ー第1報、地形図よりの文字認識事例ー
- (9) ファジイ制御用メンバシップ関数設計支援システムの開発
- (10) 作業者グループの導入による作業負荷の平準化
ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その1ー
- (11) 生産日程計画作成支援システムの構築
ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その2ー
- (12) 必要パレット数予測シミュレーションシステムの構築
ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その3ー
- (13) 社内情報システムと社内業務の再見直し
ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その4ー
- (14) 生産計画作成支援システムの開発
ー地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その5ー

アルミナセラミックスの機械的特性と研削加工性について（その1）

隠岐 貴史 四辻 博文 山田 洋

Grinding and Mechanical Properties of Al_2O_3 Ceramics (No.1)

Takashi OKI

Hirofumi YOTSUJI

Hiroshi YAMADA

標準的なアルミナ系セラミックスを用いて、ダイヤモンド砥石による研削加工に関する研究を行った。この材料の機械的特性と研削条件（研削速度、切込み量）の関係について研削実験を行った結果、研削断面積の増加にともない研削抵抗合成力が、ほぼ直線的に増加し、砥石周速度を速くすると研削抵抗合成力が低くなることが分かった。さらに、機械的特性が高くなるほど、研削抵抗合成力も高くなった。このことは、砥石周速度が遅いほど顕著に表れた。また、加工後の研削面粗さは、砥石周速度による影響よりも、材料の機械的特性に強く依存していることが分かった。

1. はじめに

セラミックスは、高硬度、耐熱性、耐食性など、他の材料では得にくい優れた特性を持つが、これを、一旦、機械部品などの用途に用いようとした時、研削などの加工を必要とする。しかも、他の材料と同程度の高精度が要求されることになる。しかし、この材料を加工する場合、その優れた特性が災いし、いわゆる代表的な難加工材料として、生産性の障害因子となり、加工コストを上昇させることになる。

そこで、セラミックスの加工に当たって、およそその形状までの加工を効率よく行うための条件決めの要因として加工時に発生する抵抗力に着目した。

研削加工は高速で回転する砥石を工具として加工する方法である。すなわち、被削物に対する切れ刃は砥粒でありランダムに多数存在している。

また、刃先は被削物に圧接され摺動する形で作用する。このため、研削は一般に切り屑は排出しにくく、発熱を伴うことになり切削などとは異なる力が発生する。

セラミックスに対するこの研削加工の特徴は研削抵抗の法線分力が接線分力より大きく、表面粗さは使用砥石の砥粒サイズ及び被削物の材質で限界が定まる。しかしながら、この研削力の測定に当り、特に、粗研削時に発生する法線分力と接線分力の波形を詳細に分析した例は少なく、さらに、研削条件と材料の機械的特性が研削加工後の粗さに及ぼす影響について調べた例はほとんど見受けられない。

そこで、本研究では、標準的なアルミナセラミックスの機械的特性と研削条件の関係を調べ、さらに、これらの関係と研削加工後の粗さについても調べることにした。

2. 実験方法

今回の研究の実験フローを図1に示す。

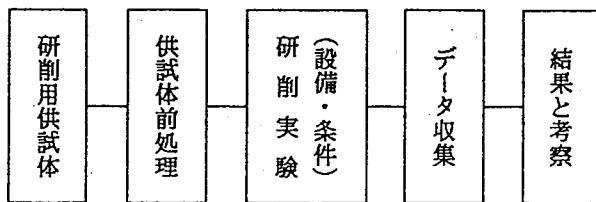


図1 実験フロー

また、実験には、密度、硬さ、曲げ強さなどの材料特性の異なった3種類のT社製アルミナ系セラミックスを研削実験用供試体（以下、試験片）として用いた。その材料特性を表1に示す。

表1 試験片の材料特性

	AL-1	AL-2	AL-3
外 観	白 色	白 色	淡黄色
アルミナ含有量 (%)	92	96	99.5
かさ密度 ($\times 10^3 \text{ kg/m}^3$)	3.56	3.67	3.90
曲 げ 強 さ (MPa)	280	290	450
ヤ ン グ 率 (GPa)	230	240	300
ビッカース硬さ (荷重10kg)	1000	1170	1600
破壊じん性値 ($K_{Ic} \text{ MN/m}^{3/2}$)	3.8	4.5	4.5

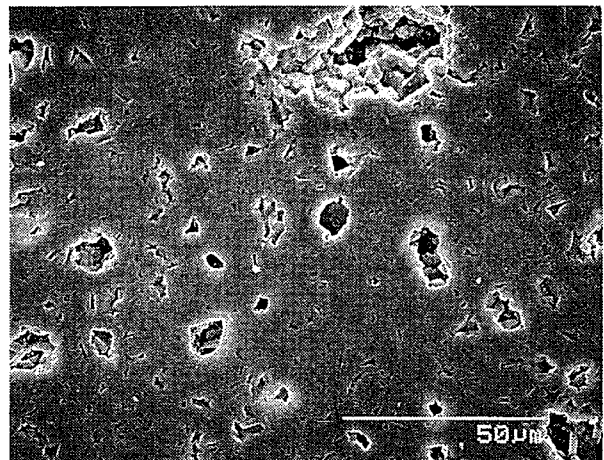
※アルミナ含有量、破壊じん性値はカタログ値を使用

試験片のかさ密度の測定は、アルキメデス法を用いた。

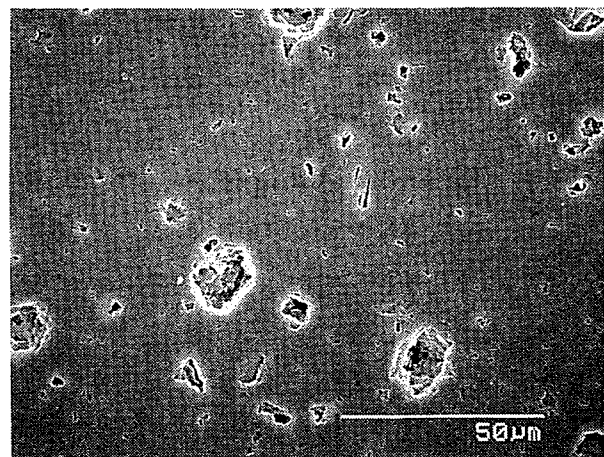
硬さの測定は、「ファインセラミックスのビッカース硬さ試験方法 JIS R 1610」に準じ、ビッカース硬度計（株式会社明石製作所 AVK 型）を用いた。

曲げ強さの測定は、「ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法 JIS R 1601」に準じ、インストロン 1125 型試験機によりクロスヘッドスピード 0.5mm/min で行った。同時に、曲げ弾性係数も求めた。

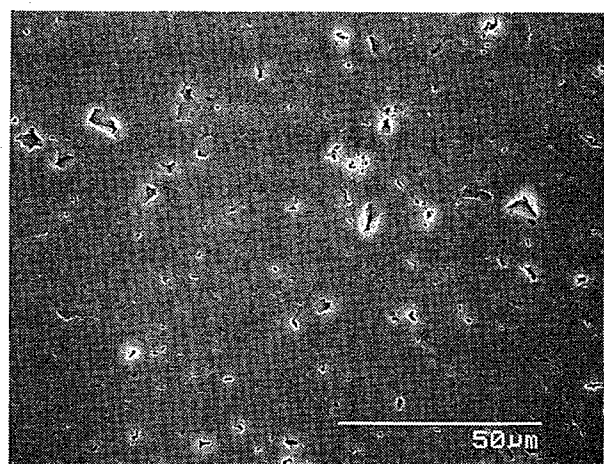
表面状態の SEM 写真及び試験片の形状を図2、図3に示す。



試験片：AL-1



試験片：AL-2



試験片：AL-3

図2 試験片の表面状態の SEM 写真

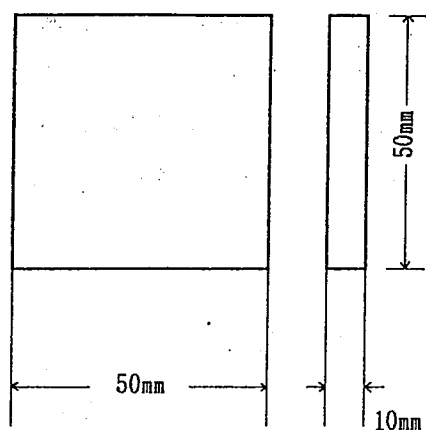


図3 試験片形状

(1) 試験片の前処理条件

研削実験と同様に、研削装置（㈱マルトー製セラミクロン MX833）に、使用するダイヤモンド研削砥石（㈱マルトー製ビトンストレートホイールダイヤモンド砥石 SD140N100V 以下、砥石）を取付けて表2の条件で行った。その時の砥石周速度は砥石の脱着による砥石の回転ズレを無くするため、各研削実験ごとにその条件の速度で行った。

表2 試験片の前処理条件

研削条件	研削砥石	㈱マルトー製ビトンストレートホイールダイヤモンド砥石 (SD140N100V)
	切込み量 (μm)	2
	研削砥石周速度 (m/min)	860, 1450, 1960
	研削用冷却水	㈱マルトー製冷却液C (JIS W2)
ツルージング砥石		㈱マルトー製ツルージング砥石 $\phi 75$ (C#100)
ドレッシング砥石		㈱マルトー製GCTレザ-S-1 13×13×150 ㈱マルトー製WATレザ-S-11 25×30×100 (#400)

さらに、砥石は各実験要素の試験片ごとにツルージング及びドレッシングを行い、圧電型センサで

同一の波形が得られることを確認後、各実験開始時の砥石表面を一定とし、実験に用いた。

なお、ツルージングには、ブレーキ制御付ツルージング装置（㈱マルトー製 MTS-10）を用いた。

(2) 研削実験

表3の条件で各試験片をアップカット研削及びダウンカット研削の1往復を1サイクルとして行った。一つの試験片で切込み5～80 μm までの加工を加え、各条件ごとに研削実験を実施した。この時、テーブルの送り速度は2 m/min で一定とした。研削液には、JIS W2の界面活性剤と水によるソリューションの冷却液を用いた。

表3 研削実験条件

研削装置	㈱マルトー製 セラミクロン MX-833
砥石周速度 (m/min)	860, 1450, 1960
テーブル送り速度 (m/min)	2
切込み量(設定値) (μm)	5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, (80)
研削液	㈱マルトー製 冷却液C (JIS W2)
被削材	T社製 アルミナセラミックス
砥石	㈱マルトー製 SD140N100V

この研削時の砥石と試験片の摺動面で動的に発生する研削抵抗（法線分力と接線分力）は、図4のように取り付けた圧電型センサ（切削動力計、キスラー社製 9257BUO74）により検出することで得た。

圧電型センサに電気的に取り込んだ法線分力と接線分力を、チャージアンプで増幅し、データレ

コーダ（㈱共和電業製 RTP-670A）に採取する。このテープ上のデータを A/D 変換（㈱エルメック製外部 DMA 型 A/D コンバータ EC-2390）したものをパーソナルコンピュータに転送し、波形解析、頻度分析などを行った。その結果得られた研削抵抗と各種研削条件下の研削性を検討した。図 5 にデータ収集システムを示し、図 6、図 7 に、研削実験システムと研削波形解析システムによる研削抵抗の測定、解析状況を示す。

なお、試験片は、ワックス系接着剤にて固定治具（溝切り平板形）に接着した後、この治具を切削動力計にボルトで固定し、研削実験を行った。

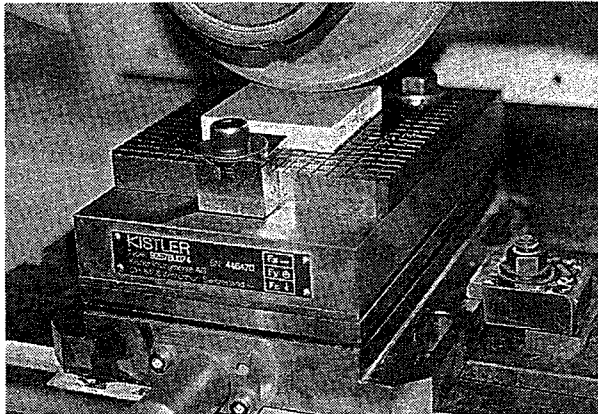


図 4 動力計による研削抵抗の測定状況

また、表面粗さ計（㈱小坂研究所製 SEF-30D）により、研削加工後の表面粗さを試験片加工方向に沿って測定し、さらに、研削機が実際に切り込んだ量（以下、切込み量）を測定した。

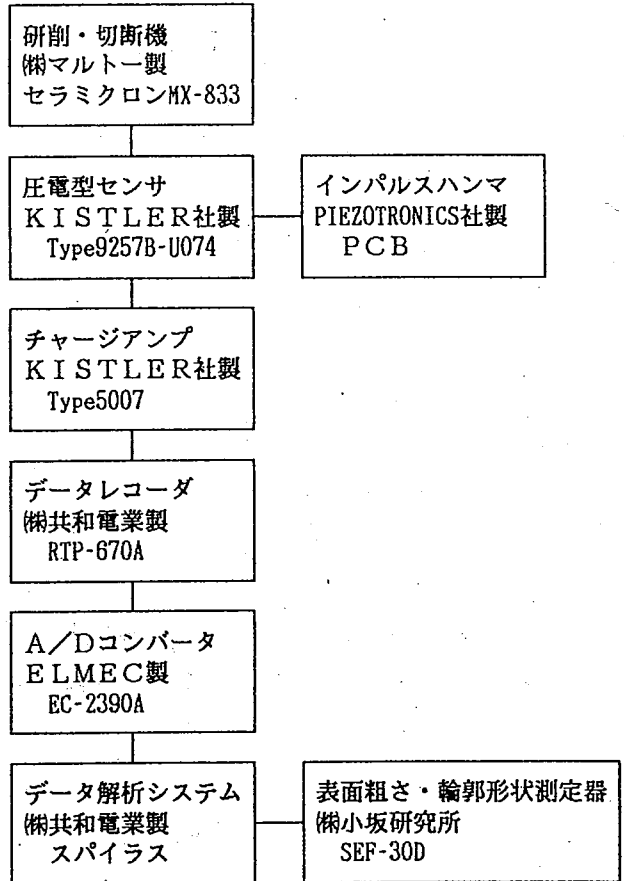


図 5 データ収集システム

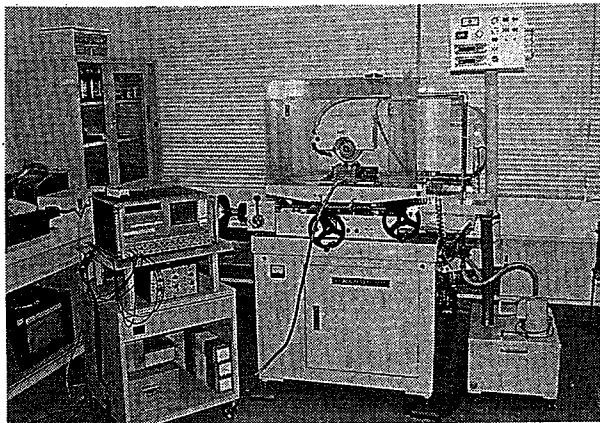


図 6 研削実験システム

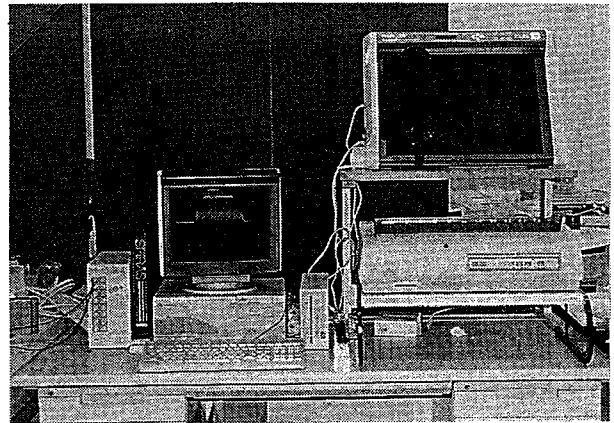


図 7 研削波形解析システム

3. 実験結果及び考察

3. 1 研削抵抗

圧電型のセンサから発信する振動波形はインパルスハンマにより、その力をキャリブレーションした。さらに、センサの固有振動数及び伝達関数を求めた。

この研削盤上に固定したセンサの固有振動は法線方向で1600Hz、接線方向で1400Hz近傍にあり、今回の研削実験上、発生する周波数の殆どが800Hz以下であることから、採取したデータに対して影響が少ないと考えられる。さらに、伝達関数を求め、実験値の振動波形より得られる強さを補正した。

図8に、研削砥石と被削物間に加工中発生した波形、すなわち法線研削抵抗 (F_n)、接線研削抵抗 (F_t) 及び研削装置の横振れまたは砥石の進行方向に対するセンサの取付誤差など、水平方向

(送り方向)の振動 (F_s) の一例を示す。

これら波形から、研削抵抗を求めた。ここで、 F_s にはほとんど強度がなく、本実験条件の範囲内において、 F_s 方向の力 (抵抗) は無視でき、 F_n 、 F_t により研削抵抗を取り扱うこととした。

さらに、波形データの解釈に人的な誤差要因を含まないために、これら波形データは一定の条件下で頻度分析を行った。すなわち、各抵抗を任意のレベル数でスライスし、この1レベルの中央値とレベル内の数量を求め、この総和より平均研削抵抗を算出した。波形の基準線 (砥石の回転、移動による振動で、負荷が加わっていない状態) も同様に求めて求めた。

また、切込み量を変えた時の波形 (研削抵抗) 変化を図9に示し、この時の頻度分析の一例を図10に示す。

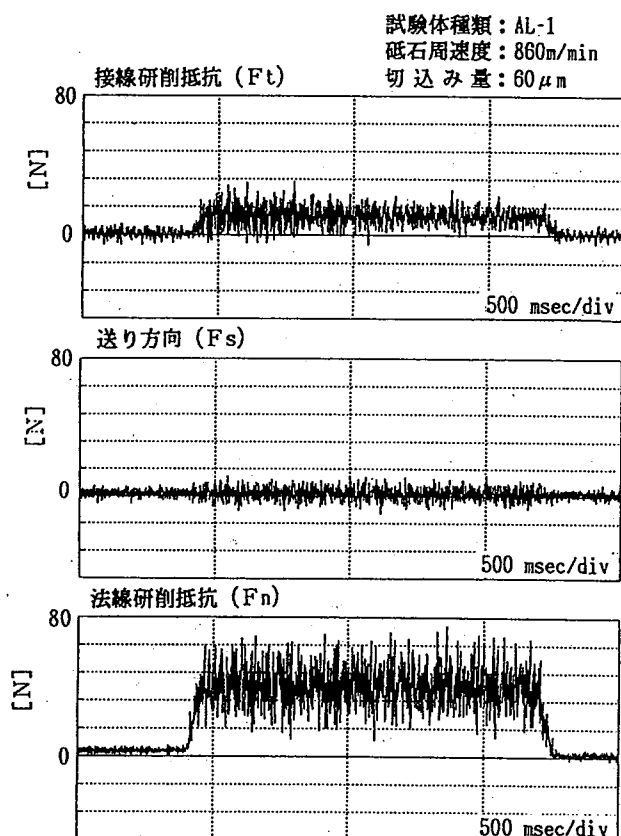


図8 3方向の研削波形

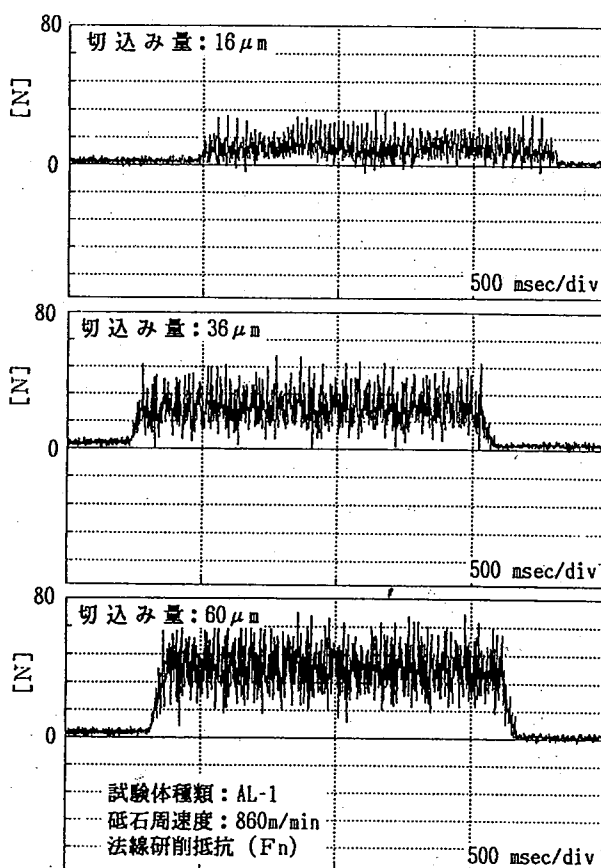


図9 切込み量変化時の研削波形

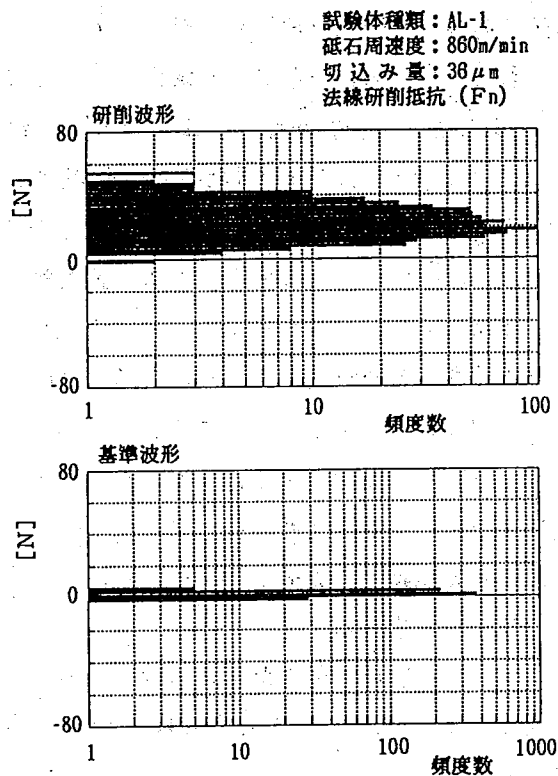


図10 研削抵抗の頻度分析例

試験片 (AL-1, AL-2, AL-3) の砥石周速度を、3段階 (860m/min, 1450m/min, 1960m/min) に変化させたものの研削断面上に発生する研削抵抗合成力 $F = (F_n^2 + F_t^2)^{1/2}$ と研削断面積 (切込み量) との関係を、図11、図12、図13に示した。

研削速度がアルミナセラミックスの研削に与える影響において、研削断面積の増加に伴い低速側 (860m/min) の方が高い研削抵抗合成力を発生した。また、研削断面積の増加 (切込み量の増加) に伴い研削抵抗合成力はほぼ直線的に増加した。

さらに、各試験片間では、試験片 AL-3 が試験片 AL-2 より、試験片 AL-2 が試験片 AL-1 より、同じ砥石周速度において高い研削抵抗合成力を示した。

また、試験片の機械的特性の内、弾性エネルギー係数と研削加工点に働く応力の関係を見ると、弾

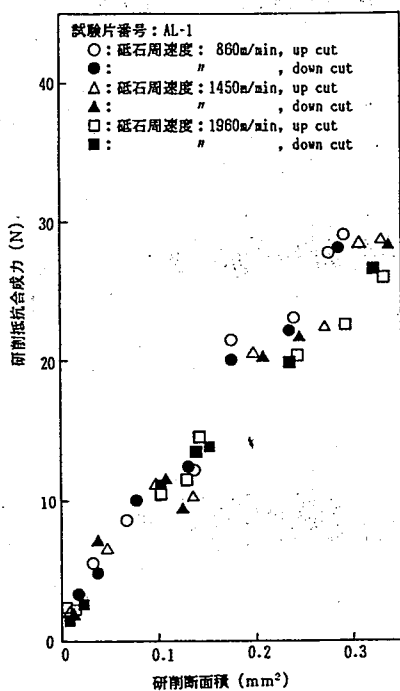


図11 研削抵抗合成力と研削断面積の関係 (AL-1)

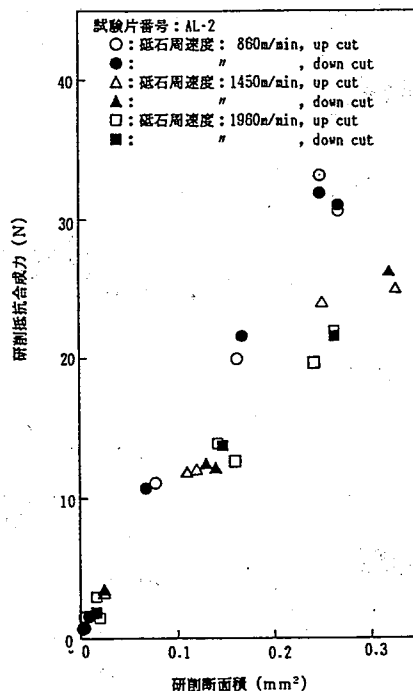


図12 研削抵抗合成力と研削断面積の関係 (AL-2)

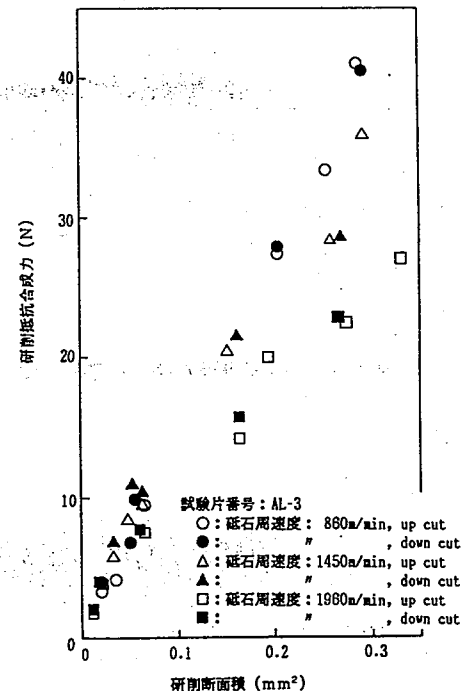


図13 研削抵抗合成力と研削断面積の関係 (AL-3)

性エネルギー係数が高くなると研削加工面に働く応力は高くなっており、しかも低速側の方がこの応力は時間単位当たりとして、高くなっているようである。図14に示す。

このことは、砥粒切れ刃と研削抵抗に大きく影響していると考えられ、アルミナ系セラミックスの加工特性を判断する上で重要な手掛かりとなることが伺える。これは、図8の例でも見られるように、このセラミックスの研削抵抗は F_t/F_n が小さく、法線研削抵抗 (F_n) が大きく影響していることに起因している。

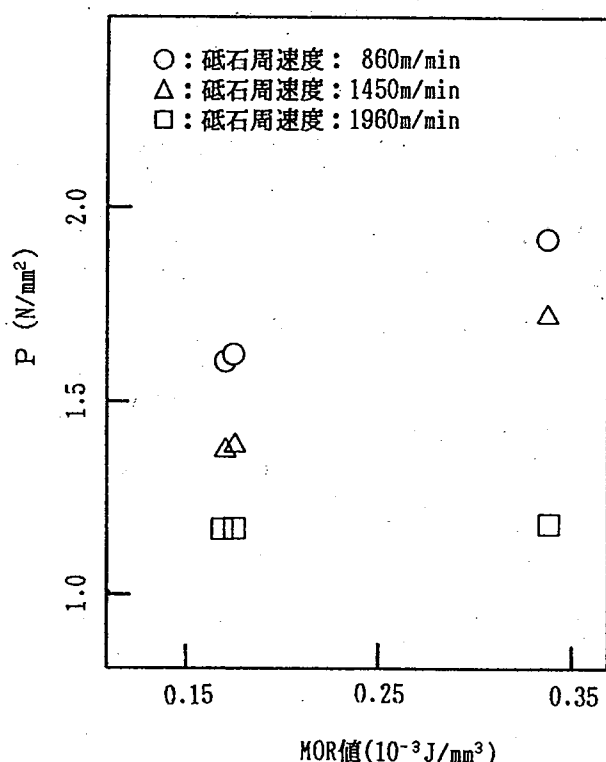


図14 弾性エネルギー係数と研削加工点に働く応力

弾性エネルギー係数 (MOR: Modulus of Resilience) は次式で定義される。

$$\text{MOR} = \sigma_t^2 / 2E$$

σ_t : 引張強さ (GPa)

(※本実験では曲げ強さを代用した)

E: 弾性率 (GPa)

$$P = F / A$$

P: 研削加工点に働く応力 (N/mm^2)

F: 研削抵抗合成力 (N)

A: 研削加工点における接触弧の面積 (mm^2)

弾性エネルギー係数や曲げ強さ、硬さなどの本実験に用いた試験片の機械的特性の範囲では材料特性の違いによる研削抵抗への影響の要因は明確にすることが出来なかった。

3. 2 研削加工面粗さ

研削加工後の研削面の粗さを、各条件の研削加工後、測定した。各砥石周速度ごとに図15、図16、図17に示す。

各試験片とも、その研削速度 (砥石周速度) の違いによる差は、明確に検出することは出来なかった。一方、機械的特性 (試験片) の差による粗さの違いが見られた。また、切込み量と研削面粗さは、切込み量が多くなるほど、多少粗さが小さくなっているようであるが、ほとんど差は見られず同じ粗さの状態であった。

研削加工時に機械的特性の高い試験片が研削抵抗合成力も高いことを前述したが、このことと研削面粗さの関係が現れているようである。

すなわち、研削抵抗は押し付けられた力 (F_n) と回転する時の周動抵抗 (切れ刃の状態で決まる) さらにテーブルの速度により影響を受け、材料の持つ素粒粗さ、研削砥石の粗さが一定であれば砥粒先端の食い込み量、すなわち切れ刃と試験片の接触面積に比例すると考えられる。しかし、切れ刃のダイヤモンド先端の食い込みの差は試験片の機械的特性である硬さ、弾性の高い材料の方が接触面積は少ないが、その研削抵抗は高くなる。

つまり、ダイヤモンド砥粒の先端切れ刃の接触面積の少ない高硬度・高弾性材料の研削後の粗さの精度は良く、研削抵抗は高くなっている。

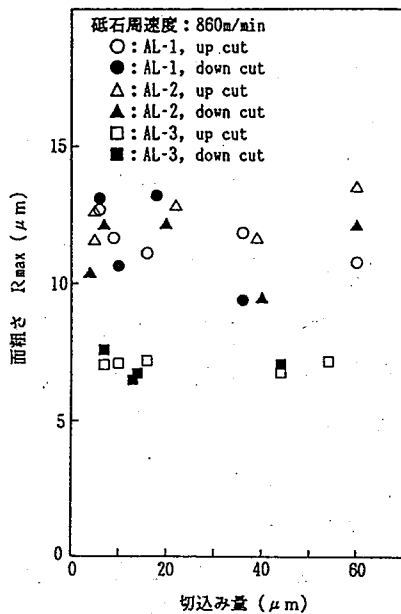


図15 試験片の加工面粗さ(1)

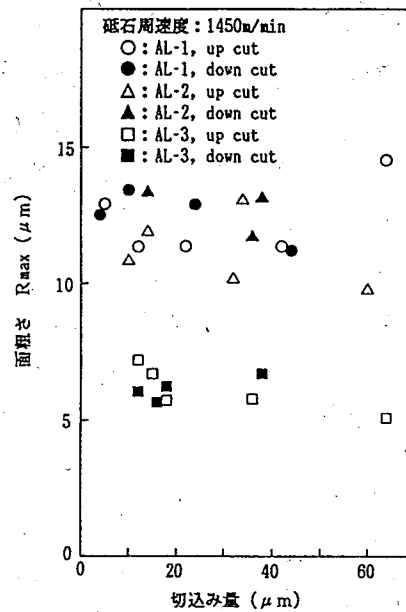


図16 試験片の加工面粗さ(2)

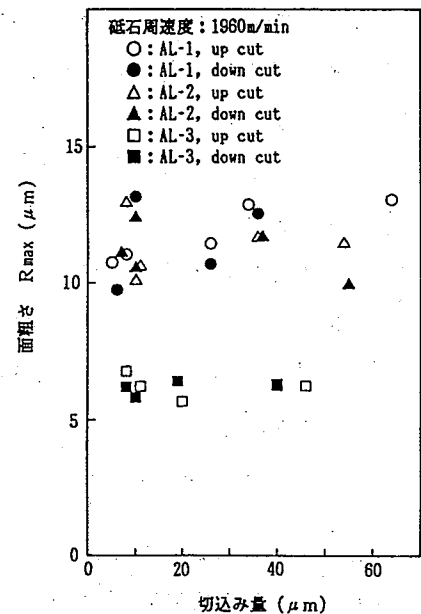


図17 試験片の加工面粗さ(3)

4. ま と め

標準的なアルミナセラミックスのダイヤモンド砥粒による研削加工実験を試みた結果、以下の知見を得た。

(1) 本実験条件下における3種類のアルミナ系セラミックスの研削抵抗合合力について

- ① 砥石周速度が同じ場合、機械的特性の高い方が研削抵抗合合力も高く、試験片AL-3が最高値を示した。
- ② 同一試験片では、研削面周速度を速くすると研削抵抗合合力は低くなった。
- ③ 研削断面積を増すと、研削抵抗合合力はほぼ直線的に増加し、良い相関性を示した。

(2) 研削加工面粗さ(接線方向)は研削面周速度並びに研削断面積(切込み量)の増加とも影響が見られなかった。しかし、アルミナセラミックス試験片の機械的特性の影響は大きく寄与していることが分かった。

5. 終わりに

この研削加工の研究は、平成3年度中小企業庁指導施設費補助による。

この研究に際し、工業技術院 中国工業技術試験所 主任研究官 大谷 敏昭 氏 には、終始本研究のご指導を賜りお礼申し上げます。

参考文献

セラミック加工ハンドブック 今中 治 日刊工業新聞社

HIP 処理を施したアルミナセラミックスの機械的特性と研削加工性について(その2)

隠岐 貴史 四辻 博文 山田 洋

Grinding and Mechanical Properties of Al_2O_3 Ceramics on HIP treatment (No.2)

Takashi OKI, Hirohumi YOTSUJI, Hiroshi YAMADA

標準的なアルミナ系セラミックス（前報、その1）に HIP (Hot Isostatic Pressing) 処理を施し、この高密度化による機械的特性の向上が研削性に及ぼす影響について HIP 処理を施していないものと比較検討したところ、HIP 処理を施した試験片（研削実験を行ったものを、以下、HIP 処理試験体）の研削抵抗は、HIP 処理を施していない試験片（研削実験を行ったものを、以下、未処理試験体）に比べ、砥石周速度の遅いときには、その差はほとんど見られないが、砥石周速度が速いほど大きいことが分かった。さらに、両試験体とも砥石周速度を遅くするほど研削抵抗は大きくなった。

また、加工後の研削面粗さは、砥石周速度が速いほど小さくなる。

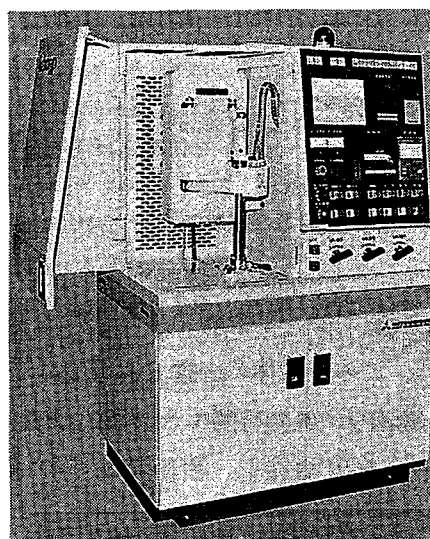
1. はじめに

セラミックスは、その優れた性質を生かして多くの分野で用いられている。最近では、高温加圧成形技術の利用により、内部の空孔を消滅させることで高密度化を図り、さらに機械的特性などを向上させることが一般的になりつつある。

しかし、この技術による機械的特性の向上について報告した例はあるものの、これによる研削特性への影響について調べた例、特に、研削抵抗に着目した報告はほとんど見あたらない。

そこで、本研究では、 O_2 -HIP 処理技術（酸素雰囲気下で HIP 処理を施しち密化を図る）を使い、標準的なアルミナ系セラミックスの機械的特性の向上を図り、この高密度化がもたらす研削特性への影響について、 O_2 -HIP 処理を施していないものと比較検討を行った。

HIP 装置を図1に示す。



使用ガス	$\text{Ar}+\text{O}_2$	Ar, N_2
最高温度 (K)	1,873	2,273
最高圧力 (MPa)	200	
酸素濃度 (%)	20(最高)	—
炉内有効容積	40mmφ×60mmφ	50mmφ×50mmφ
全体寸法	1,000mmW×700mmD×1,500mmH	

図1 HIP 装置の外観と主仕様

2. 実験方法

今回の研究の実験フローを図2に示す。

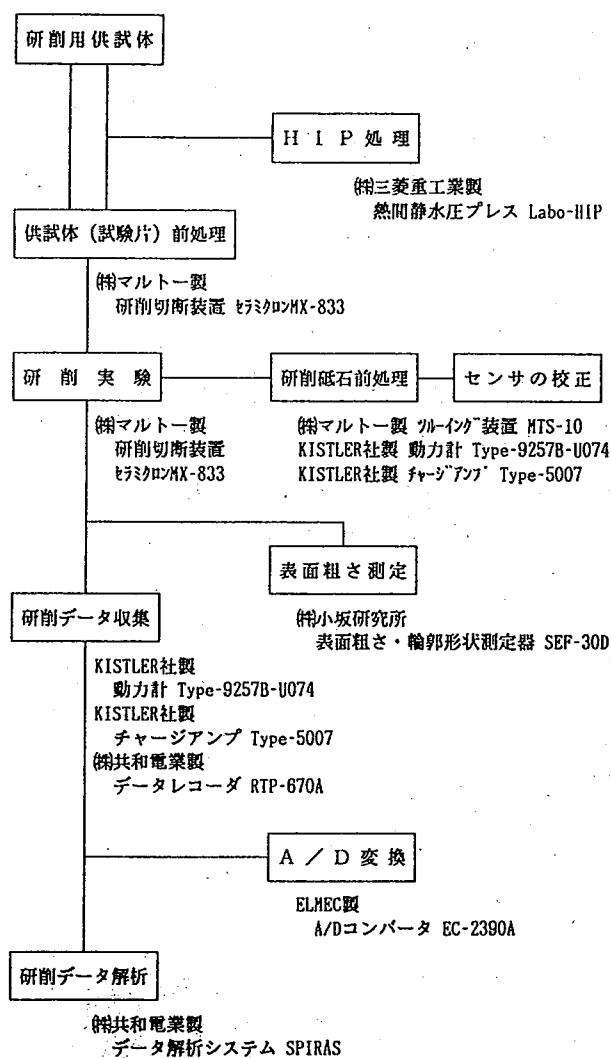


図2 実験フロー

また、実験には、T社製アルミナ系セラミックスを用い、この供試体の一部を、温度：1773K、圧力：200MPa、保持時間：3時間、酸素（5％）雰囲気下でHIP処理し、研削実験用供試体（以下、試験片）とした。この時のHIP処理パターンを図3に示す。

この材料特性を表1に示す。前報（その1）に従い、試験片のかさ密度、硬さ（JIS R 1610）、曲げ強さ（JIS R 1601）、弾性係数（JIS R 1602）の測定を行った。

また、表面状態のSEM写真を図4に示す。

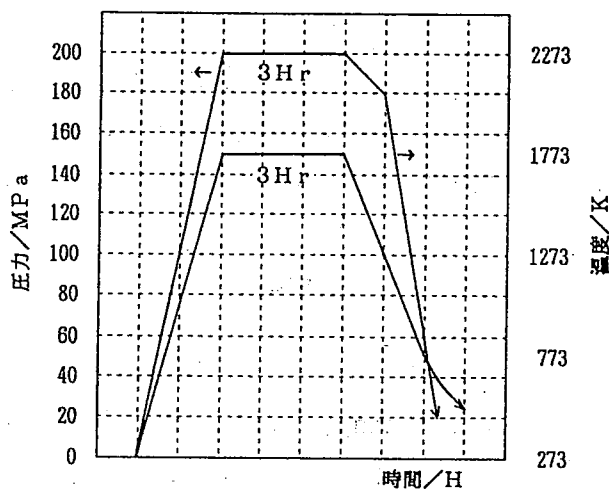
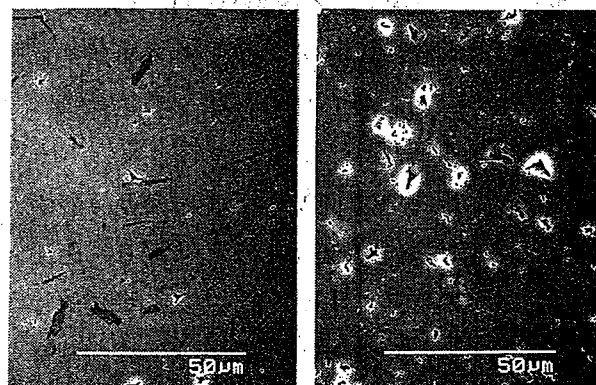


図3 HIP処理パターン

表1 試験片の材料特性

	HIP処理試験体	未処理試験体
外 観	淡橙色	淡黄色
アルミナ含有量 (%)	99.5	99.5
かさ密度 ($\times 10^3 \text{ kg/m}^3$)	3.97	3.90
曲 げ 強 さ (MPa)	560	450
ヤ ン グ 率 (GPa)	370	300
ビッカース硬さ (荷重10kg)	1770	1600



HIP 処理試験体

未処理試験体

図4 試験片の表面状態のSEM写真

試験片の前処理条件、研削実験及び解析についても機械的特性の測定同様、前報（その1）に従った。

試験片の前処理条件は、研削実験と同様に、研削装置（㈱マルトー製セラミクロン MX833）に、使用するダイヤモンド研削砥石（㈱マルトー製ビトンストレートホイールダイヤモンド砥石 SD140 N100V 以下、砥石）を取付けて表2の条件で行った。

さらに、砥石は各実験要素の試験片ごとにツルueing及びドレッシングを行い、圧電型センサで同一の波形が得られることを確認後、各実験開始時の砥石表面を一定とし、実験に用いた。

なお、ツルueingには、ブレーキ制御付ツルueing装置（㈱マルトー製 MTS-10）を用いた。

表2 試験片の前処理条件

研削条件	研削砥石	㈱マルトー製ビトンストレートホイールダイヤ (SD140N100V)
	切込み量 (μm)	2
	研削砥石周速度 (m/min)	860, 1450, 1960
	研削用冷却水	㈱マルトー製冷却液C (JIS W2)
ツルueing砥石		㈱マルトー製ツルueing砥石 $\phi 75$ (C#100)
ドレッシング砥石		㈱マルトー製GCTレザ-S-1 13×13×150 ㈱マルトー製WATレザ-S-11 25×30×100 (#400)

研削実験は、表3の条件で行った。研削機のテーブル送り速度は $2\text{m}/\text{min}$ とし、砥石周速度を3段階に変化させた。各々の砥石周速度に1つの試験片を用い、1試験片について、 $5\sim 70\mu\text{m}$ の切込み量で研削実験を行った。

この研削時の砥石と試験片の摺動面で動的に発生する研削抵抗（法線分力 (F_n) と接線分力 (F_t)) は、図5の様に取付けた圧電型センサ（切削動力計、キスラー社製 9257BUO74）により検出す

ることで得た。

なお、試験片は、ワックス系接着剤にて固定治具（溝切り平板形）に接着した後、この治具を切削動力計にボルトで固定し、研削実験を行った。

また、表面粗さ計（㈱小坂研究所製 SEF-30D）により、研削加工後の表面粗さを試験片加工方向に沿って測定し、さらに、研削機が実際に切り込んだ量（以下、切込み量）を測定した。

表3 研削実験条件

研削装置	㈱マルトー製 セラミクロン HX-833
砥石周速度 (m/min)	860, 1450, 1960
テーブル送り速度 (m/min)	2
切込み量(設定値) (μm)	5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, (80)
研削液	㈱マルトー製 冷却液C (JIS W2)
被削材	T社製 アルミナセラミックス
砥石	㈱マルトー製 SD140N100V

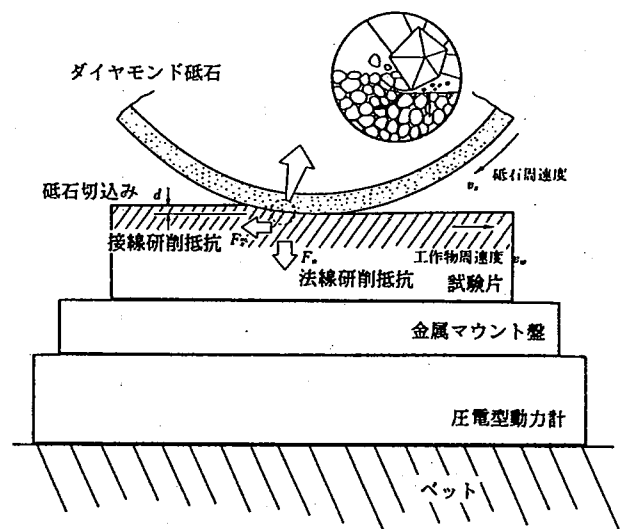


図5 動力計による研削抵抗の測定概略

3. 実験結果及び考察

各々の試験片に加える切込み量を変化させた時の研削抵抗を、図6、図7に示す。HIP 処理試験体、及び未処理試験体ともに砥石周速度が遅いほど研削抵抗は大きくなっている。

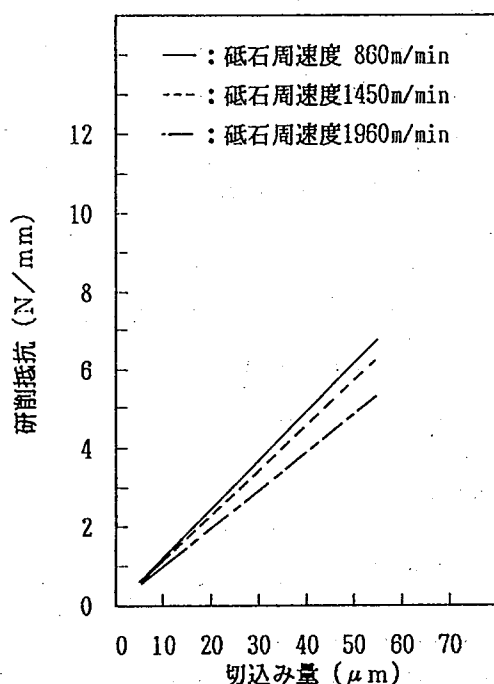


図6 HIP 処理試験体の研削抵抗

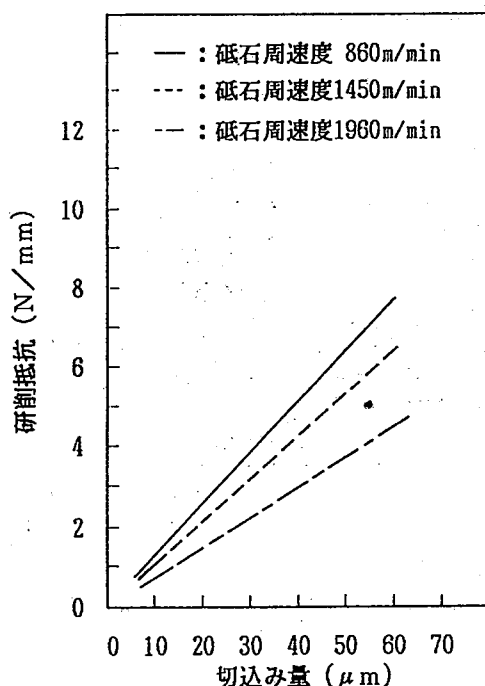


図7 未処理試験体の研削抵抗

また、表4は、図6、図7の切込み量 $50\mu\text{m}$ における研削抵抗を比較したものである。砥石周速度が 860m/min と比較的遅い時は HIP 処理試験体と未処理試験体の研削抵抗に差はほとんど見られず、砥石周速度が速くなるにつれ 1960m/min では HIP 処理試験体の方が約20%ほど大きくなっている。

表4 研削抵抗の砥石周速度による影響

砥石周速度 (m/min)	HIP 処理試験体 (N/mm)	未処理試験体 (N/mm)
860	6.25	6.25
1450	5.45	5.24
1960	4.83	3.80

さらに、各々の試験体の機械的特性と研削抵抗を図8に比較した。

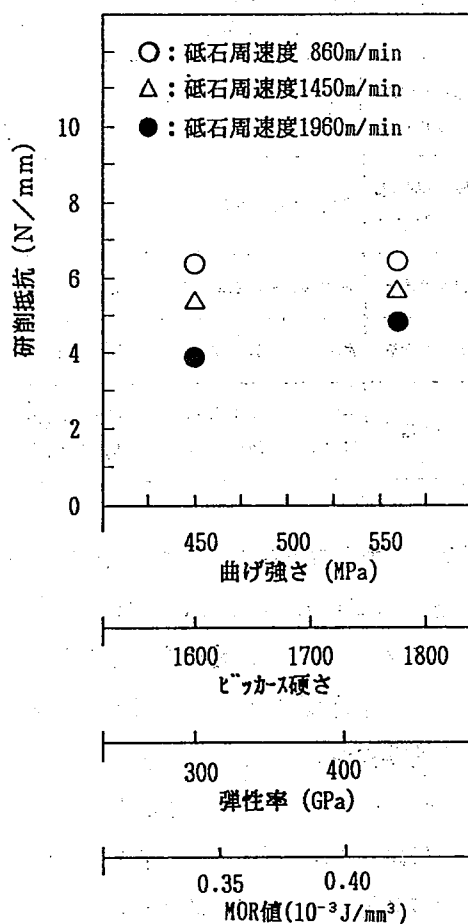


図8 各々の試験体の機械的特性と研削抵抗

HIP 処理の有無による各試験片の機械的特性と研削抵抗には、砥石周速度の違いにより差がみられた。砥石周速度が 860m/min（本実験条件下では低速）の時、研削抵抗には差がほとんど見られないが、砥石周速度が速くなるに従い未処理試験体では研削抵抗の減少が顕著に現れ HIP 処理試験体よりも小さくなることが分かった。

ファインセラミックスの被研削性を評価する一手法として、弾性エネルギー係数（MOR）を用いることがあるが、この MOR 値は材料が破壊するまでに要した消費エネルギーを意味しており、弾性率が大きいほど、また、引張り強さ（曲げ強さ）が小さいほど、MOR 値が小さく被加工性は良くなる。

また、砥石周速度の関係において、前報に対して多少異なった結果を得たことは、試験片の材料成分による影響が考えられる。

これらのことから、研削特性には各々の機械的特性のみならず材料成分の影響も大きいようである。

また、研削表面粗さについて比較してみると、砥石周速度が速く、切込み量が多いほど、粗さは比較的小さいようである。HIP 処理の影響は余り見られないが、HIP 処理を施したものの方が測定値のばらつきが小さいと思われる。図 9 に示す。

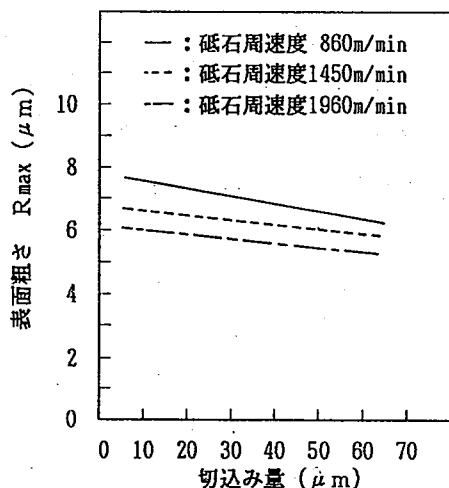


図 9 HIP 処理試験体の表面粗さ

4. まとめ

HIP 処理を施したアルミナセラミックスのダイヤモンド砥粒による研削加工実験を試みた結果、以下の知見を得た。

- (1) 研削抵抗は、HIP 処理を施したもののほうが大きく、同一試験片では、砥石周速度を速くする程小さかった。

また、HIP 処理の影響は砥石周速度が速いほど顕著に現れた。

- (2) 研削加工面粗さ（接線方向）は、砥石周速度が速く、切込み量が多いほど小さいようである。

また、HIP 処理による影響は少ないと思われる。

5. 終わりに

この研削加工の研究は、平成 3 年度中小企業庁指導施設費補助によるものである。

参考文献

セラミック加工ハンドブック 今中 治 日刊工業新聞社

サリチリデンアミノ-2-チオフェノールを用いる インジウムの吸光光度定量

山口 研二 奥村 逸男 佐藤 文彦* 出口 正一*

Spectrophotometric Determination of with Salicylideneamino-2-thiophenol

Kenji YAMAGUCHI

Itsuo OKUMURA

Fumihiko SATO

Masakazu DEGUCHI

pH7 付近で生成するインジウム-サリチリデンアミノ-2-チオフェノール (SATP) 二元錯体の呈色を利用するインジウムの吸光光度定量法を検討し、亜鉛及び酸化亜鉛に適用してその実用性を確かめた。

1. 緒 言

サリチリデンアミノ-2-チオフェノール (SATP と略記) は、サリチルアルデヒドと2-アミノチオフェノールとの縮合によってえられる三座配位子のシッフ塩基であり、銅¹⁾、ニッケル²⁾、スズ³⁾、モリブデン⁴⁾、白金⁵⁾、亜鉛⁶⁾、コバルト⁷⁾などの定量に利用されている。インジウムの定量試薬への適用もすでに、藤原⁸⁾により報告されており、インジウム-SATP-O-フェナントロリン三元錯体が抽出吸光光度定量法の分析化学種として利用されている。今回著者らは、N, N-ジメチルホルムアミド (DMF と略記) を含む水溶液系でのインジウム-SATP 二元錯体の生成条件について検討を行い、錯体の溶媒抽出操作を伴わないインジウムの吸光光度定量法を確立した。さらに、本法の実試料への適用も試みたのでこれらの結果について報告する。

2. 試薬及び装置

2-1 試 薬

インジウム標準溶液：金属インジウム (三津和化学薬品製, 純度 99.99%) の 0.25 g を精ひょうし、硝酸 5 ml を加え加熱溶解し、蒸発乾固する。続いて、塩酸 (1+1) 4 ml と水を加え 250 ml に希釈し、インジウム 1 mg/ml 溶液とした。使用の都度、さらに水で希釈し適当濃度の溶液とした。

SATP 溶液：同仁化学研究所製 SATP 0.05 g と L-アスコルビン酸 0.25 g を DMF に溶解して 100 ml とした。(0.05W/V% SATP 溶液)。なお、この溶液は、使用の都度、調整して用いた。

その他の試薬：市販特級品を用いて調整した。

2-2 装 置

吸光度の測定には日立 150-20 型分光光度計 (1 cm 石英セル) を使用した。溶液の pH 測定には東亜電波ガラス電極 pH メーター HM7-E 型を使用した。溶液の振り混ぜにはイワキ KM 式万能シェーカーを使用した。

*広島大学工学部

3. 標準操作

インジウム $150\mu\text{g}$ 以下を含む溶液を 25ml メスフラスコに採取し、水で約 15ml とする。0.05W/V% SATP 溶液 2ml 及び 10W/V% 酢酸アンモニウム溶液 1ml を加える。続いて、希アンモニア水又は希塩酸により最終溶液の pH が 7.0 ± 0.1 になるよう調整した後、水で標線まで希釈する。10分間室温で放置後、試薬ブランクを対照として 396nm で吸光度を測定し、検量線からインジウム量を求める。

4. 実験結果及び考察

4-1 吸収曲線

3の標準操作に準じ、測定したインジウム-SATP 錯体及び試薬ブランクの吸収曲線を図1に示す。錯体の吸収極大は、 396nm に認められた。一方、試薬ブランクの吸収極大は 306nm に認められ、錯体の吸収極大波長付近における吸光

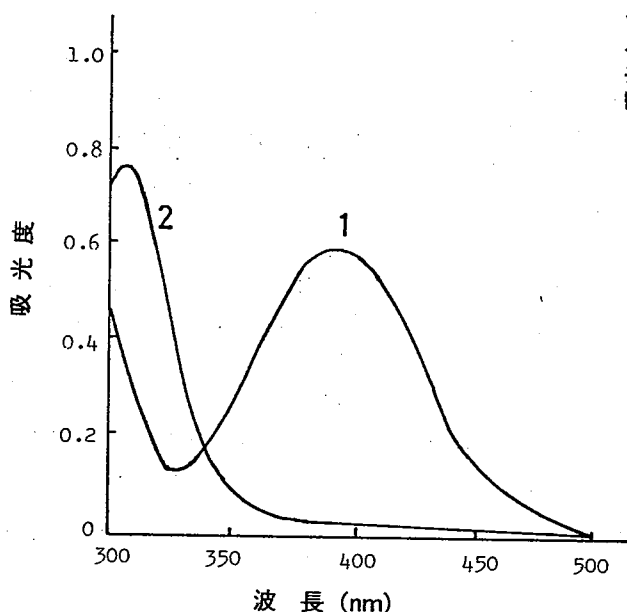


図1 吸収曲線

SATP (0.05W/V%): 2ml ; $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (10W/V%): 1ml ; 最終液量: 25ml ; 1: インジウム-SATP 錯体 (インジウム $100\mu\text{g}$, 試薬ブランク対照); 2: 試薬ブランク (水対照)

度は小さいことが分かった。従って、本実験での吸光度測定は 396nm において行うこととした。

4-2 pHの影響

錯体の生成に及ぼす pH の影響について検討を行った。図2に見られるように錯体の吸光度は pH の上昇と共に二段階の変化を示し、pH5.5 付近及び pH6.5~7.1 においてそれぞれ異なる化学種の錯体生成が示唆された。最大かつ一定の吸光度は pH6.5~7.1 において得られたことから、最終溶液の pH は 7.0 ± 0.1 に調整することとした。

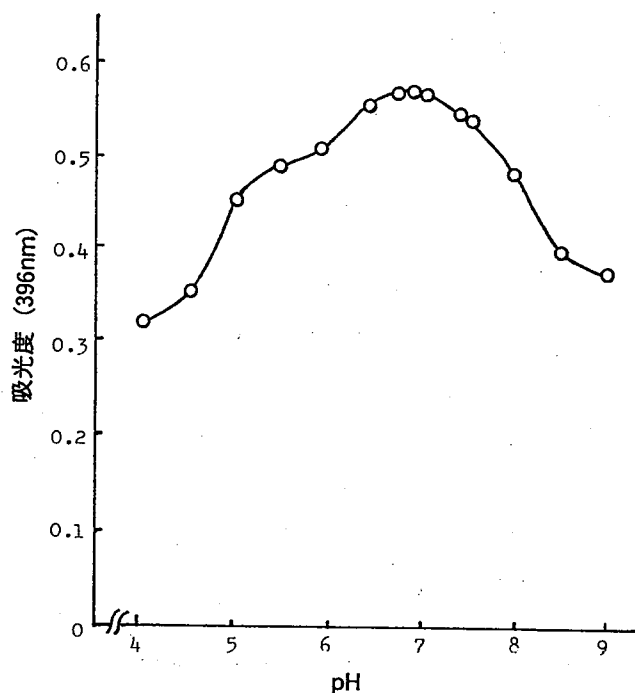


図2 pHの影響

インジウム: $100\mu\text{g}$; SATP (0.05W/V%): 2ml
 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (10W/V%): 1ml ; pH: 7.0; 最終液量: 25ml

4-3 試薬濃度の影響

添加する SATP 濃度の影響について検討した結果を図3に示す。最終溶液中の DMF 濃度を 8W/V% と一定に保つこととし、添加する SATP 溶液量を 2ml と定め、SATP 溶液濃度を種々変

化させたところ、その濃度が 0.025~0.1W/V% において最大かつ一定の吸光度が得られた。従って、本実験では、0.05W/V% SATP 溶液 2ml を添加することとした。これはインジウム 100 μ g に対し、モル比で 5 倍量に相当する。さらに緩衝塩として添加する酢酸アンモニウム濃度について検討したが、10W/V% 酢酸アンモニウム溶液 0.2~2ml の添加では一定の吸光度が得られた。従って、その添加量は 1ml とした。

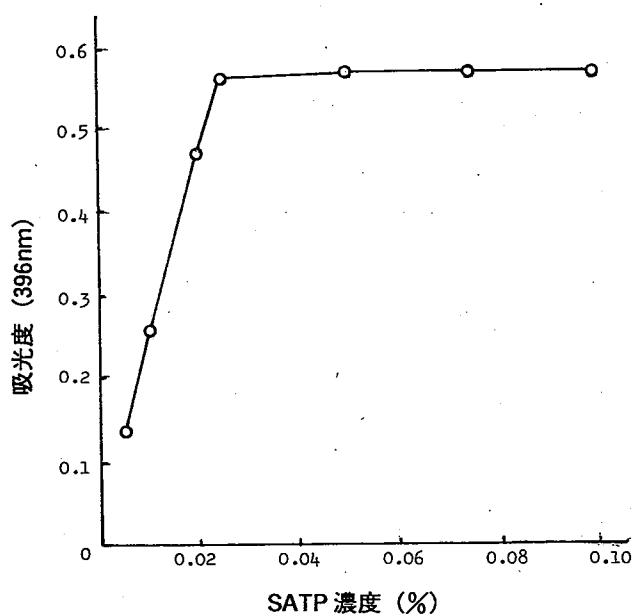


図3 SATP 濃度の影響

インジウム：100 μ g；SATP (W/V%)：2ml；CH₃COONH₄ (10W/V%)：1ml；pH 7.0；最終液量：25ml

4-4 呈色の安定性

3の操作で生成した錯体溶液の呈色は安定であり、2時間までの測定結果では吸光度の変化は認められなかった。

4-5 検量線及び感度

インジウムを 0~150 μ g の範囲内で段階的採

取し、3の操作に従い検量線を作成したところ、原点を通る直線が得られた。検量線より算出したモル吸光係数及び吸光度 0.001 に対する感度はそれぞれ $1.62 \times 10^4 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 及び $7.08 \times 10^{-3} \mu\text{g In/cm}^2$ であった。なお、インジウム 100 μ g における吸光度の相対標準偏差 (n=5) は、0.9% であった。本法の感度は従来法⁹⁾の一つであるジチゾン法 ($\epsilon = 4.7 \times 10^4 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) 及びシッフ塩基である 2-ヒドロキシ-5-スルホアニリソ-N-サリチリデンを用いる方法¹⁰⁾には及ばないが、SATP を用いる抽出吸光度法 ($\epsilon = 4.7 \times 10^4 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)⁹⁾に比べると高感度である。

4-6 錯体組成

pH7.0 において生成する錯体の組成を連続変化法及び傾斜比法により検討したところ、インジウムと SATP との結合比は 1:2 と推定される結果が得られた。

4-7 共存イオンの影響

種々のイオンがインジウムと単独で共存する場合の影響について検討した結果を表1に示す。インジウムの定量値に及ぼす影響が相対誤差で $\pm 5\%$ 以内であれば妨害しないものと見なした。インジウム 100 μ g に対し、10 μ g 若しくはそれ以下の量においても妨害を及ぼすイオンは亜鉛 (II)、ニッケル (II)、コバルト (II)、パラジウム (II)、鉄 (III)、ガリウム (III)、バナジウム (V)、クロム (VI) などであった。これら妨害イオンのうち、亜鉛 (II)、銅 (II)、ニッケル (II) については、1W/V% シアン化カリウム溶液 1ml の添加により、それぞれ 50 μ g、5 μ g 及び 5 μ g が共存可能となることが分かった。又、共存許容量 10 μ g 程度のスズ (II) は 0.1W/V% フッ化ナトリウム溶液 1ml の添加により、50 μ g が共存可能となった。従って、本法の実試料への適用に際しては、従来のインジウム定量法⁹⁾に見られるよう

にインジウムの前段分離操作が必要である。

4-8 実試料への適用

本法の実用性を確かめるため、亜鉛（JIS 試薬特級）及び酸化亜鉛（JIS 試薬1級）への適用を試みた。

4-8-1 実試料の分析操作

試料 0.5g（インジウム 150 μ g 以下を含む）に塩酸（1+1）15ml を加え分解した後、蒸発乾固する。残留物は L-アスコルビン酸 0.3g {鉄（III）が混在した場合、鉄（II）に還元して後述

表1 共存イオンの影響

共存イオン	共存イオン 添加量 (μ g)	妨害の有無 (+) (-)
Li ⁺	100	-
Tl ⁺	100	-
Be ²⁺	100	-
Mn ²⁺	100	-
Cd ²⁺	20	+
	10	-
Hg ²⁺	70	+
	50	-
Zn ²⁺	50	-
	10	+
Cu ²⁺	5	+
	5	-
Ni ²⁺	5	+
	5	-
Pd ²⁺	10	+
	5	-
Co ²⁺	4	+
	2	-
Pb ²⁺	30	+
	10	-
Sn ²⁺	50	-
	40	+
	10	-
Al ³⁺	100	-
Ga ³⁺	10	+
	5	-
Fe ³⁺	4	+
	2	-
Bi ³⁺	20	+
	10	-
Au ³⁺	100	+
	50	-
Cr ³⁺	100	-
As ³⁺	100	-
Sc ³⁺	100	-
Y ³⁺	100	-
La ³⁺	100	-
Ce ³⁺	100	-
Ge ⁴⁺	100	-
Ti ⁴⁺	100	-
Pt ⁴⁺	50	+
	30	-
V ⁵⁺	3	+
	1	-
Cr ⁶⁺	4	+
	2	-
Mo ⁶⁺	100	-
W ⁶⁺	100	-

インジウム採取量：100 μ g；*：1W/V%シアン化カリウム溶液1ml添加；**：0.1W/V%フッ化ナトリウム溶液1ml添加

のイソプロピルエーテルへの抽出を防ぐため} と共に 1.5M 硫酸 5ml に溶解した後、3M ヨウ化カリウム溶液 5ml と共に 25ml 分液漏斗に移す。イソプロピルエーテル（あらかじめ、0.75M 硫酸と振り混ぜ静置後、分離したもの）5ml ずつを用い 2 回抽出を行い（各回の振り混ぜは 1 分間）、有機相を合わせた後、0.75M 硫酸酸性 1.5M ヨウ化カリウム溶液 3ml ずつで 3 回洗浄（各回の振り混ぜは 30 秒間）する。静置後、有機相を採取して水浴上で蒸発乾固し、残留物を 0.1M 塩酸 1ml に溶解させ、続いて水で正しく 10ml に希釈する。本分離操作で得られた実試料溶液からインジウム含量に応じてその全量及び適量を採用し、3 の操作に従い（マトリックス元素である亜鉛の混在を考慮し、1W/V%シアン化カリウム 1ml を添加する）吸光度を測定してインジウム量を求める。なお、適用する検量線は実試料と同じ操作により得られた試薬ブランクに既知量のインジウム標準溶液を添加して作成することとした。なお、本操作により抽出分離されたインジウム中に混在する亜鉛量は 2 μ g 以下（ジコン法による）であり、その影響は無視できることが分かった。

4-8-2 実試料の分析例

実試料の分析例を表 2 に示す。今回用いた試料からはインジウムは検出されなかったが、各試料に添加したインジウムの回収量は定量的であった。従って、本法では亜鉛 0.5g を用いて 7 μ g/g

表2 実試料中のインジウムの定量

試料	試料採取量 (g)	In 添加量 (μ g)	In 実測値 (μ g)	In 回収率 (%)
亜鉛	0.4992	0	検出せず	
	0.4987	0	検出せず	
	0.4950	70	70.2	100.3
	0.5014	70	68.3	97.6
酸化亜鉛	0.4982	0	検出せず	
	0.5007	0	検出せず	
	0.5016	70	70.1	100.1
	0.5019	70	68.7	98.1

亜鉛：JIS 試薬特級；酸化亜鉛：JIS 試薬1級

以上のインジウムが定量可能（吸光度 0.02 を定量下限とした場合）と考えられる。

5. 結 語

DMF を含む pH7 付近の水溶液中で生成するインジウム-SATP 二元錯体の呈色を利用したインジウムの吸光度定量法を確立した。

本法は錯体の吸光度測定のための溶媒抽出を必要とせず、簡便な操作で $0 \sim 150 \mu\text{g} / 25\text{ml}$ のインジウムが定量可能であり、感度的にも従来試薬⁹⁾の範ちゅうにあるものと認められる。

本法はインジウムの前段抽出分離操作の併用により、種々の実試料に対しても適用可能と考えられる。

参考文献

- 1) 石井 一, 永長久彦: 日化, 91, 734 (1970)
- 2) 石井 一, 永長久彦: 日化, 91, 734 (1969)
- 3) G. R. E. C. Gregory, P. G. Jeffery: Analyst, 92, 293 (1967)
- 4) 関 治助, 大月 利: 日本化学会第22年会講演予稿集, II, p.987 (1969)
- 5) 関 治助, 浦野美奈子: 日本化学会第22年会講演予稿集, II, p.987 (1969)
- 6) 石井 一: 分析化学, 20, 1018 (1971)
- 7) 渡辺邦洋, 藤原昭雄, 酒井光政, 川垣恭三: 分析化学, 26, 844 (1977)
- 8) 藤原昭雄, 渡辺邦洋, 川垣恭三: 分析化学, 27, 645 (1978)
- 9) 無機応用比色分析編集委員会編: “無機応用比色分析”, 3 巻, p.66 (1974), (共立出版)
- 10) 出口正一, 戎屋典次, 森重清利: 分析化学: 33, 678 (1984)

ワイヤカット放電加工機の加工性向上の評価

岡田 邦彦

Evaluation of Workability Improvement by Wirecut Electrical Discharge Machining

Kunihiko OKADA

最近の放電加工機の成長はめざましいものがあり、売上高も約1,000億円の
大台に乗り、工作機械全体の売上高の9%強を占めるほどに至っている。そし
て、放電加工機の中で、ワイヤカット放電加工機は7割近くを占めている。

金型加工を行う上で、マシニングセンタと伴に主力機械となっている、ワイ
ヤカット放電加工機にスポットを当て、形状寸法精度と加工面あらさについて
検討を加えてみた。

1. 緒 言

金型製作工程は言うに及ばず、部品製造工程に
も使用されつつあるワイヤカット放電加工機は、
一般工作機械と違い、自在形状寸法を精密に作り
出すという特異性を有している。

最近では、ワイヤカット放電加工機を使っ
ての加工精度について、研究報告も目につくようになっ
てきた。それらは、加工条件と平均値についての
検討が多いようである。

本報告は材料SK3種を使って、各条件を変化
させ加工を行ない、その結果をもとに、形状寸法
精度と加工面あらさのそれぞれについて検討を加
えた。各条件は制御因子として L_{18} の内側直交表
に割り付けた。そして誤差因子として考えられる
試験材の板厚の違い、試験材の取付け位置の違い、
加工経路の行き、戻り等を外側の直交表 L_4 に割
り付け、内側と外側の直交表の直積とした。

それにより、72個のテストピースができて、形
状寸法精度については、三次元測定機にて各部の

寸法を測定した。加工面あらさについては、表面
粗さ・輪郭形状測定器にて中心線平均あらさを測
定し、それぞれ解析を行った。

2. 供 試 材

炭素工具鋼鋼材 SK3 種 硬度 HRC63

3. 加工機械と測定機

三菱電機(株)製ワイヤカット放電加工機
形式: DWC90H

(株)ニコン製三次元座標測定機
形式: TRISTATION 600

(株) 小坂研究所製表面粗さ・輪郭形状測定器
形式: SEF-30D

4. 実験条件の設定

ワイヤカット放電加工機の加工時には、13種の条件設定が必要であるが、加工の形状精度に影響を与えるだろうと考えられる8因子（ワイヤ張力、無負荷電圧、加工セッティング、休止時間、ワイヤ速度、加工液比抵抗、平均加工電圧、加工液流量）を選定し、制御因子としてL₁₈の内側直交表にそれぞれ割り付けた。（表・1 参照）

また、誤差因子をL₄の直交表に各水準と伴に割り付けた。（表・2 参照）

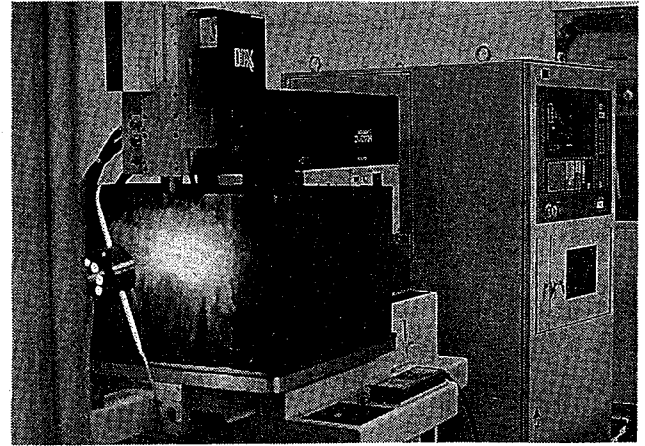
選定した因子以外の加工設定条件は以下の通りである。

- ・安定回路A：3ノッチ
- ・安定回路B：7ノッチ
- ・安定回路C：1ノッチ
- ・ワイヤのプリテンション：14ノッチ
- ・加工液流量は上側を4ℓ/minにセット（一定）し、下側を各水準ごとに変化させた。
- ・加工時ワイヤ径の1/2（0.1mm）を補正量として、オフセット加工を行った。

加工形状は図・1のように、最初にスタートホールよりオフセットを行いながら助走加工を行い、本走条件にて更に4mm進んだあと、2mm上方向に進み、そこから9mm、14mm、19mmと本試験加工を行ったのち、下向きに4mmと進み、戻り側として19mm、14mm、9mmの加工を行ったのち本試験加工を終了した。



図・1



加工機による実験状況

〈表・1〉 加工における制御因子とその水準

因子 \ 水準	1	2	3	単 位
A ワイヤ張力	7	8	—	ノッチNo.
B 無負荷電圧	3	4	5	ノッチNo.
C 加工セッティング	5	6	7	ノッチNo.
D 休 止 時 間	11	10	9	ノッチNo.
E ワイヤ速度	9	10	11	ノッチNo.
F 加工液比抵抗	15	17	19	ノッチNo.
G 平均加工電圧	49	44	39	V
H 加工液流量	4	5	6	ℓ/min

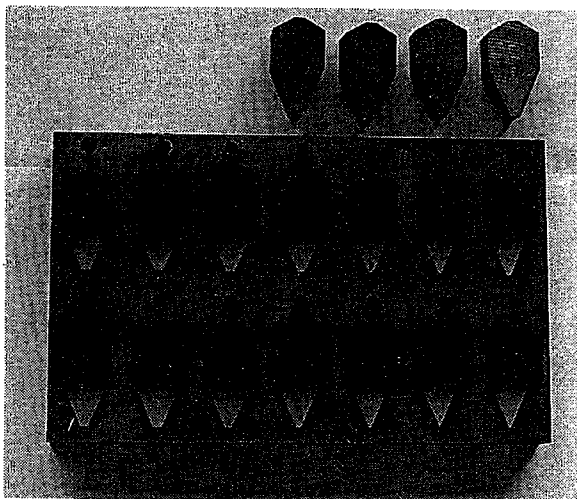
〈表・2〉 加工における誤差因子とその水準

因子 \ 水準	1	2	単 位
Q 試 験 材 板 厚	18	22	mm
R 試 験 材 取 付 け 位 置	中 央	端 部	—
S 加 工 経 路	行 き	戻 り	—

形状寸法精度を評価する目的特性を得るための
信号因子の水準を以下のように定めた。

〈表・3〉 信号因子とその水準

因子 \ 水準	1	2	3	単 位
加工指示寸法	9.0	14.0	19.0	mm



加工サンプル

5. 実験データの解析

5-1 形状寸法精度について

① SN比と分散分析

誤差因子を割り付けた直交表 L_4 のデータを用いて、制御因子を割り付けた L_{18} の行ごとにSN比 η を求めた。(表・4参照)

信号因子 M の値がゼロのとき、加工値 y はゼロであることから($y = \beta M$)ゼロ点比例式のSN

比として、次式より求めた。

信号因子 M_i ($i = 1, \dots, k$) 目的特性値 y_i
($i = 1, \dots, k$), 繰返し数 r_0 とすると

全変動 S_T =データの全二乗和

$$\text{感度係数 } \beta = \frac{\sum M_i y_i}{r_0 \cdot \sum M_i^2}$$

信号因子の1次効果の変動 S_β は

$$S_\beta = \frac{(\sum M_i y_i)^2}{r_0 \cdot \sum M_i^2}$$

誤差分散 V_e は

$$V_e = \frac{S_T - S_\beta}{(r_0 \cdot k) - 1}$$

従って、SN比を次式で求める。

$$\eta = \frac{\frac{1}{r} (S_\beta - V_e)}{V_e}$$

$$\text{SN比 (db)} = 10 \log \eta$$

1行目のSN比を代表例として計算を示すと。

$$y_1 \rightarrow 8.9674 + 8.9522 + \dots + 8.9666 = 71.7036$$

(データ数 y_1, y_2, y_3 各8個ずつ)

$$y_2 \rightarrow 13.9638 + 13.9694 + \dots + 13.9756 \\ = 111.7682$$

$$y_3 \rightarrow 18.9705 + 18.9744 + \dots + 18.9592 \\ = 151.6819$$

$$\beta = \frac{9 \times 71.7036 + 14 \times 111.7682 + 19 \times 151.6819}{8 (9^2 + 14^2 + 19^2)}$$

$$= 0.99766$$

$$S_\beta = \frac{(9 \times 71.7036 + 14 \times 111.7682 + 19 \times 151.6819)^2}{8 (9^2 + 14^2 + 19^2)}$$

$$= 5080.11461 \quad (f = 1)$$

$$S_T = 8.9674^2 + 8.9522^2 + \dots + 18.9592^2$$

$$= 5080.118978 \quad (f = 24)$$

水準別に SN 比を整理して表・5 に示す。

〈表・5〉 水準別 SN 比

(db)

$$V_e = \frac{5080.118978 - 5080.11461}{8 \times 3 - 1}$$

$$= 1.899130435 \times 10^{-4}$$

従って, SN 比は

$$\eta = \frac{\frac{1}{5104} (5080.11461 - 1.899130435 \times 10^{-4})}{1.899130435 \times 10^{-4}}$$

$$= 5240.818101$$

因子	水準 1	水準 2	水準 3	計
A	334.122	340.612		674.734
B	226.560	221.783	226.391	674.734
C	230.991	224.210	219.533	674.734
D	227.597	221.921	225.216	674.734
E	220.968	228.249	225.517	674.734
F	230.449	222.396	221.889	674.734
G	218.870	230.699	225.165	674.734
H	222.745	225.597	226.392	674.734

$$10 \log \eta = 37.194 \text{db}$$

次に, SN 比による分散分析を行ない, 表・6

にまとめた。

なお寄与率は次式により求めている。

以上のように, 18行目まで計算した結果をL₁₈の直交表と伴に表・4に示す。また, 後述する加工面あらさについての SN 比の計算結果も, 同時に示しておく。

$$\rho_{\text{要因}} = \frac{S_{\text{要因}} - f_{\text{要因}} \times V_e}{S_T} \times 100\%$$

〈表・4〉 L₁₈ の直交表と寸法精度と加工面あらさの SN 比

No.	A 1	B 2	C 3	D 4	E 5	F 6	G 7	H 8	寸法精度 SN 比 (db)	加工面あらさ SN 比 (db)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	37.194	-7.356
2	1	1	2	2	2	2	2	2	37.436	-7.634
3	1	1	3	3	3	3	3	3	35.876	-8.429
4	1	2	1	1	2	2	3	3	38.926	-7.554
5	1	2	2	2	3	3	1	1	34.653	-6.697
6	1	2	3	3	1	1	2	2	37.538	-9.068
7	1	3	1	2	1	3	2	3	38.065	-7.415
8	1	3	2	3	2	1	3	1	38.594	-9.092
9	1	3	3	1	3	2	1	2	35.840	-8.783
10	2	1	1	3	3	2	2	1	40.034	-7.229
11	2	1	2	1	1	3	3	2	38.011	-7.531
12	2	1	3	2	2	1	1	3	38.009	-8.976
13	2	2	1	2	3	1	3	2	38.584	-8.425
14	2	2	2	3	1	2	1	3	34.986	-7.809
15	2	2	3	1	2	3	2	1	37.096	-8.184
16	2	3	1	3	2	3	1	2	38.188	-6.236
17	2	3	2	1	3	1	2	3	40.530	-8.387
18	2	3	3	2	1	2	3	1	35.174	-9.180

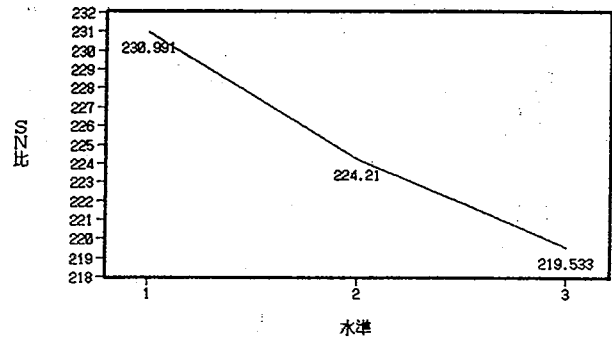
〈表・6〉 寸法精度の分散分析表

要 因	f	S	V	ρ (%)
A	1	2.3399967	2.3399967 *	—
B	2	2.4489967	1.22449835 *	—
C	2	11.0634467	5.53172335	18.0
D	2	2.7079467	1.35397335 *	—
E	2	4.5094467	2.25472335	4.0
F	2	7.6878467	3.84392335	10.8
G	2	11.6765167	5.83825835	19.3
H	2	1.2259167	0.61295835 *	—
交互作用A×B	2	3.1474031	1.57370155 *	—
誤差(・印プール)	9	11.8702599	1.31891777 *	47.9
T	17	46.8075167		100

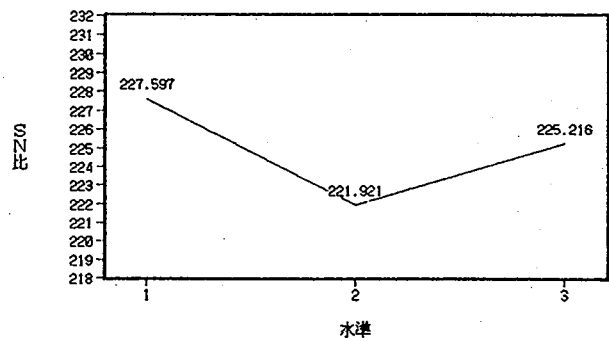
(db)²

② 寸法精度の最適加工条件の検討

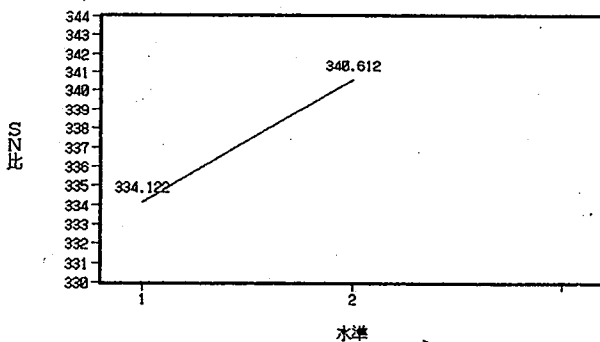
表・5をもとに、各因子の要因効果グラフを図・2から図・9まで示す。



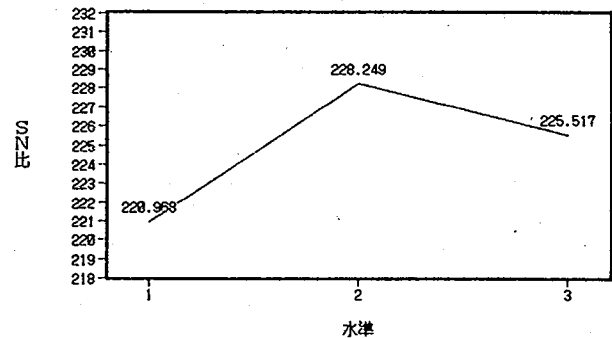
〈図・4〉 C：加工セッティング



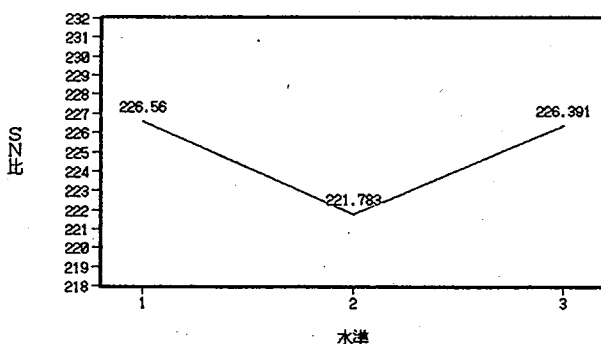
〈図・5〉 D：休 止 時 間



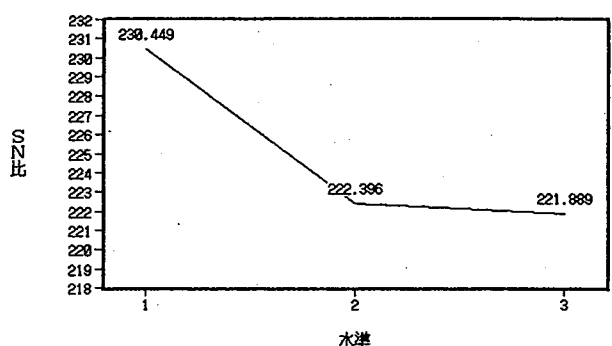
〈図・2〉 A：ワイヤ張力



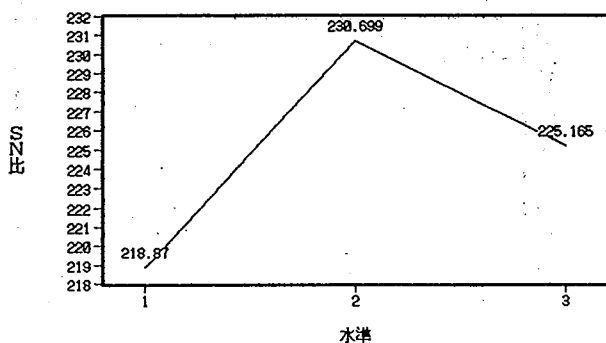
〈図・6〉 E：ワイヤ速度



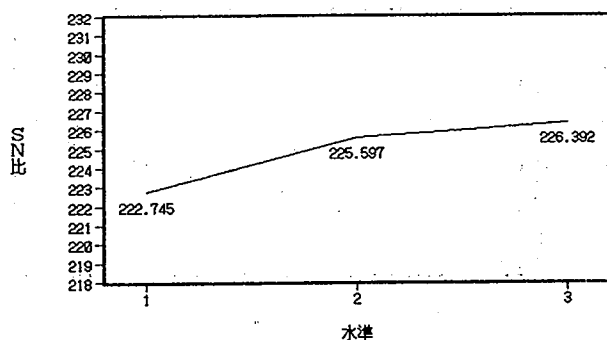
〈図・3〉 B：無負荷電圧



〈図・7〉 F：加工液比抵抗



〈図・8〉 G：平均加工電圧



〈図・9〉 H：加工液流量

要因効果グラフより最適条件を求めると

$A_2, B_1, C_1, D_1, E_2, F_1, G_2, H_3$ である。

③ 最適条件における工程平均と利得の推定

最適条件は効果の大きい因子(寄与率大) C, E, F, G の4因子を選定してSN比 η_1 を推定する。

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_1 &= \bar{C}_1 + \bar{E}_2 + \bar{F}_1 + \bar{G}_2 - 3\bar{T} \\ &= (230.991 + 228.249 + 230.449 + 230.699) / 6 \\ &\quad - 3 \times 674.734 / 18 = 40.94\text{db}\end{aligned}$$

現行のSN比(η_0)は次式で求まる。

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_0 &= \bar{C}_3 + \bar{E}_2 + \bar{F}_2 + \bar{G}_2 - 3\bar{T} \\ &= (219.533 + 228.249 + 222.396 + 230.699) / 6 \\ &\quad - 3 \times 674.734 / 18 = 37.69\text{db}\end{aligned}$$

従って、利得($\Delta\eta$)は

$$\Delta\eta = 40.94 - 37.69 = 3.25\text{db} \text{ である。}$$

この利得より、分散で0.47倍

標準偏差で0.69倍に改善される事が理解される。

また、見方を変えて

$$\text{工程能力指数 } C_p = \frac{\text{規格幅}}{6\sigma} \text{ で示せば}$$

C_p が1.45倍良くなる事が分かる。

④ 各因子の寸法精度へ与える影響

平均加工電圧G, 加工セッティングC, 加工液比抵抗F, ワイヤ速度Eの効果が認められ、バラツキを小さくする重要なファクターである事は前述したとおりである。

寄与率でみると、平均加工電圧が19.3%と大きく、続いて加工セッティングの18.0%, 加工液比抵抗10.8%と言う結果が得られた。平均加工電圧は44Vがよく、それより上がっても下がっても良くない事が理解できた。(図・8参照)

加工セッティングは5ノッチ(19.5A)がよく、ノッチ数を上げると、ノッチ数に比例して悪化する傾向にある事が分かった。この事はノッチ数を上げると電流値が上がり、除去量が大きくなる(必然的にバラツキも大きくなる)と言った事実とも一致する。(図・4参照)

加工液比抵抗については、第1水準の15ノッチが断然良く、17ノッチ19ノッチでは、ほぼ横這い状態となる。(図・7参照)

5-2 加工面あらさについて

① SN比と分散分析

加工面の表面あらさ(μmRa)は、加工目的からすれば、小さければ小さいほど望ましい訳であるから望小特性である。

従って、SN比は次の式により求め解析した。

〈表・8〉 加工面あらさの分散分析表

要 因	f	S	V	ρ (%)
A	1	0.000279	0.000279	—
B	2	0.329628	0.164814	—
C	2	6.065508	3.032754	46.6
D	2	0.027941	0.0139705	—
E	2	0.03938	0.019690	—
F	2	3.876354	1.938177	29.2
G	2	1.581297	0.7906485	11.0
H	2	0.082966	0.041483	—
交互作用A×B	2	0.586299	0.2931495	—
誤差(・印プール)	11	1.066493	0.0969539	13.2
T	17	12.589652		100

$$V_T = \frac{\sum y_i^2}{n}$$

SN 比 η は

$$\eta \text{ (db)} = -10 \log V_T$$

1 行目を SN 比の代表例として計算してみる。

$$V_T = \frac{1}{8}(2.366^2 + 1.906^2 + 2.145^2 + 2.260^2 + 2.551^2 + 2.544^2 + 2.456^2 + 2.359^2) = 5.4395$$

(但し、測定は 1 試料で 2 ヶ所測定)

$$\eta = -10 \log V_T = -7.356$$

算出結果は表・4 に示している。

加工面あらさに関する水準別 SN 比を整理して表・7 に示す。そして、求めた SN 比により、分散分析を行った結果を表・8 に示す。

〈表・7〉 水準別 SN 比

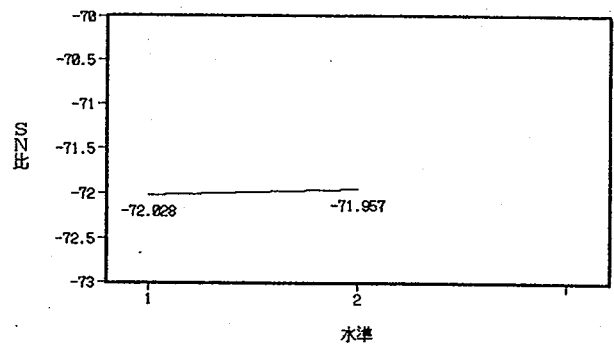
因子	水準 1	水準 2	水準 3	計
A	-72.028	-71.957		-143.985
B	-47.155	-47.737	-49.093	-143.985
C	-44.215	-47.150	-52.620	-143.985
D	-47.795	-48.327	-47.863	-143.985
E	-48.359	-47.676	-47.950	-143.985
F	-51.304	-48.189	-44.492	-143.985
G	-45.857	-47.917	-50.211	-143.985
H	-47.738	-47.677	-48.570	-143.985

② 加工面あらさの最適化条件の検討

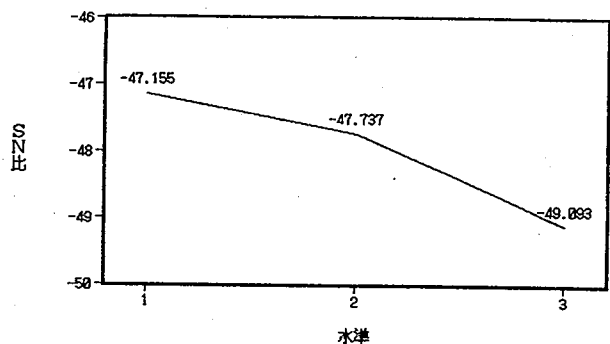
表・7 をもとに描いた要因効果グラフを図・10 から図・17 に示す。

要因効果グラフをもとに、各因子の最適条件を求めると、次のような結果が得られた。

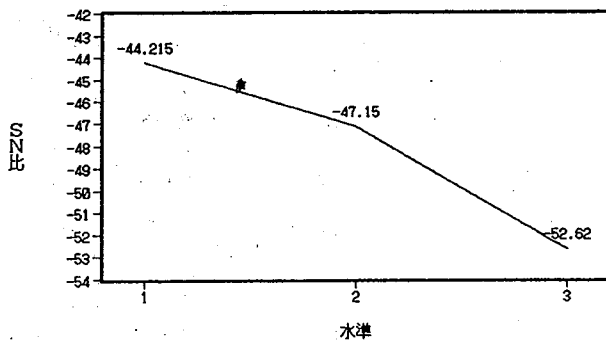
A₂, B₁, C₁, D₂, E₂, F₃, G₁, H₂



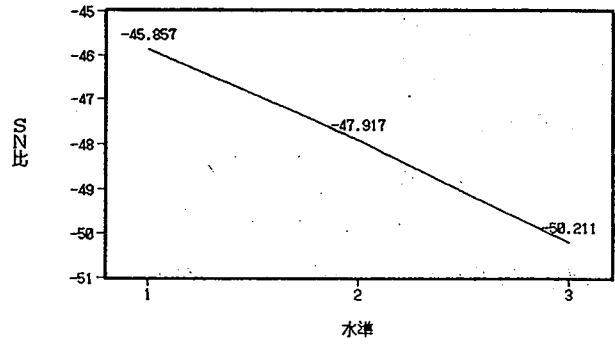
〈図・10〉 A : ワイヤ張力



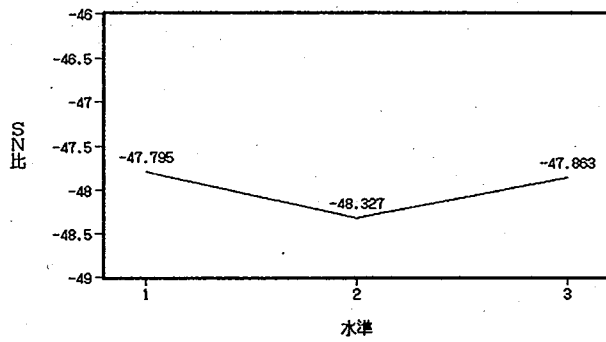
〈図・11〉 B : 無負荷電圧



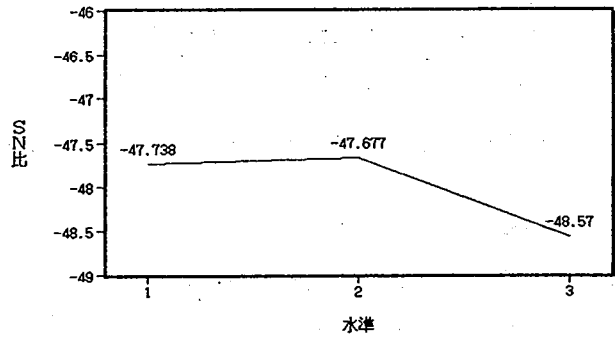
〈図・12〉 C: 加工セッティング



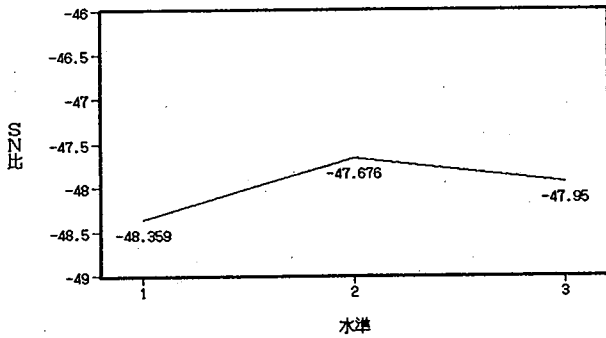
〈図・16〉 G: 平均加工電圧



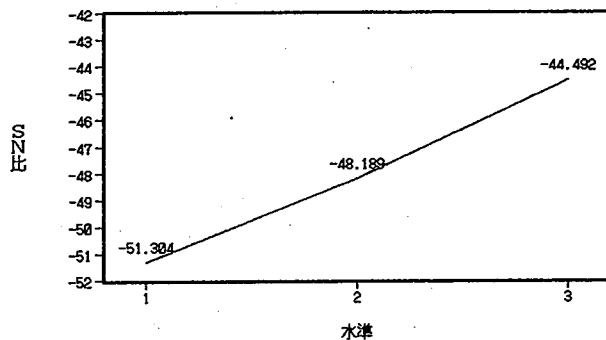
〈図・13〉 D: 休 止 時 間



〈図・17〉 H: 加工液流量



〈図・14〉 E: ワイヤ速度



〈図・15〉 F: 加工液比抵抗

③ 最適条件における工程平均と利得の推定
加工面あらさの最適条件は、寄与率の大きい因子のC, F, Gの3因子でSN比 η_1 の推定を行う。

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_1 &= \bar{C}_1 + \bar{F}_3 + \bar{G}_1 - 2\bar{T} \\ &= (-44.215) + (-44.492) + (-45.857)/6 \\ &\quad - 2 \times (-143.985)/18 \\ &= -6.429\text{db}\end{aligned}$$

これを真数に直すと $2.1\mu\text{m Ra}$ となる。

次に現行のSN比 η_0 を求めると

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_0 &= \bar{C}_3 + \bar{F}_2 + \bar{G}_2 - 2\bar{T} \\ &= (-52.620) + (-48.327) + (-47.917)/6 \\ &\quad - 2 \times (-143.985)/18 \\ &= -8.812\text{db}\end{aligned}$$

従って、利得 ($\Delta\eta$) は

$$\Delta\eta = -6.429 - (-8.812) = 2.38\text{db}\text{ となる。}$$

この利得より、現行 (σ_0) と最適条件 (σ_1) との
あらかのバラツキを比較すると

$$\sigma_0 = \sigma_1 \sqrt{10^{0.238}} = 1.315$$

$$\therefore \sigma_1 = \frac{\sigma_0}{1.315} = 0.76 \sigma_0$$

最適条件では現行でのバラツキの24%ほど小
さくなる。

④ 各因子のあらかへ与える影響

あらかのバラツキに最も影響を与えるのは寄与
率より、加工セッティングが最も大きく46.6%
で、その次に加工液比抵抗の29.2%、平均加工
電圧の11.0%である事が分かった。

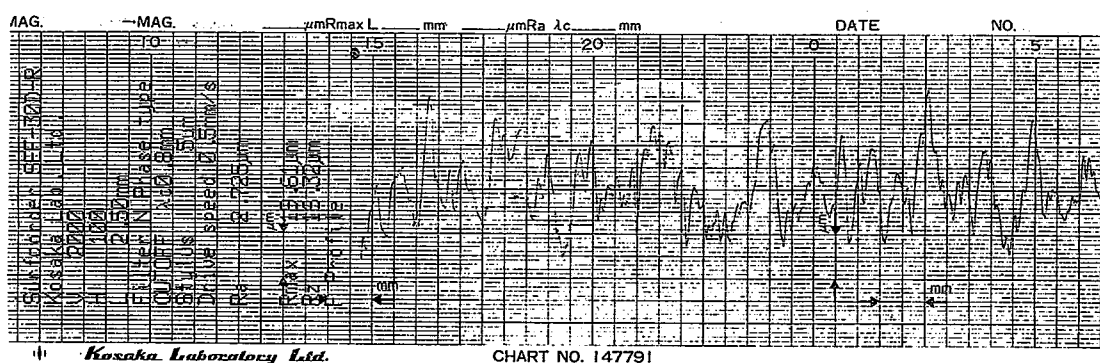
従って、特に5割近く影響を与える加工セッテ
ィングは、寸法精度にも影響を与えた重要因子で、
ワイヤカット放電加工を行う時の条件設定時、最
も注意を払うべき因子であると言える。

計測波型データの一例 (試料No.72) を下に示す。

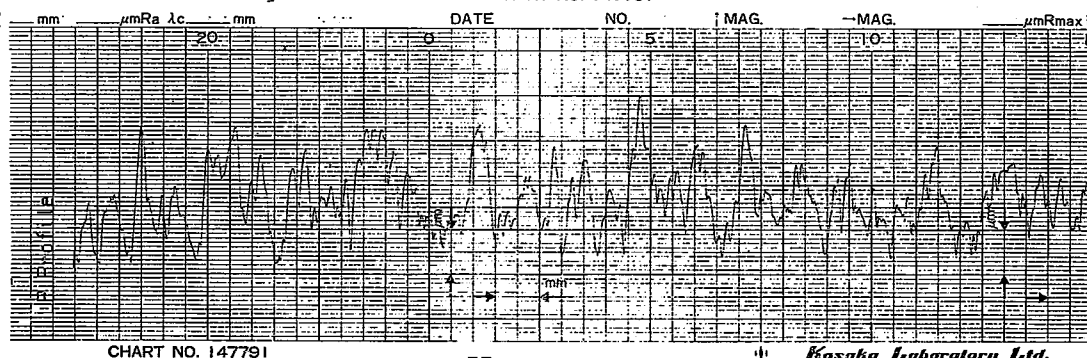
F Profile はアラサ曲線で

P Profile は断面曲線である。

波形データ 1



波形データ 2



加工液比抵抗については、ノッチが上がる (15
→17) に従って、即ち比抵抗が下がるに連れて、
直接的にあらかのバラツキが小さくなる事が理解
できる。(図・15参照)

平均加工電圧は、電圧が上がるほど、逆にバラ
ツキは小さくなる事が分かった。(図・16参照)

6. 結 言

形状寸法精度について

- 1) 寸法のバラツキに影響を与える因子は、平均
加工電圧、加工セッティング、加工液比抵抗、
ワイヤ速度の4因子である事が分かった。
- 2) 最適条件では、現行に較べて3.25dbの利得
が得られる。
- 3) 最適条件下では、工程能力指数が1.45倍良
くなる事が分かった。

加工面あらかについて

- 1) あらかのバラツキに影響する因子は加工セ
ッティング、加工液比抵抗、平均加工電圧の3因
子である事が理解された。
- 2) 最適条件の推定値は-6.429dbで、真数に直
すと2.10μm Raとなる。
- 3) 最適条件で加工すれば、現行でのバラツキの
24%ほど小さくなる。

*追記、確認実験にて寸法精度、あらかのそれぞ
れの利得の再現性が確認されている。

セラミックス溶射皮膜の摩擦特性

市後 博造 浅野 直弘

Friction Properties of Ceramics Sprayed Coatings.

Hirozou ICHIGO

Naohiro ASANO

近年、各種機械装置の多機能化、高機能化により、加工部品に対する高品質、高精度化の要望が強く求められている。このため、材料単独の使用では限界があり使用者のニーズに対応できなくなり2種類以上の材料を複合させ新しい機能を持たすことによりこれに対応している。精密機械、金属製品は過酷な条件下に於て機能を発揮することが求められ、金属同士が激しく接触するため、カジリ、焼付き現象が発生している。こうした箇所には、潤滑油またはグリスが使用されるのが一般であるが、使用箇所によっては油脂類が使用できないところもあり表面処理、複合材料を用いてこれに対応している。表面処理の中でもプラズマ溶射は、安価な材料の上に使用目的にかなった皮膜が短時間で生成でき、材料的には金属系からセラミックス系まで多岐に亘って選択できる特長を持っているので近年幅広く利用されている。

今回は、摺動部にセラミックス溶射皮膜と金属材料に各種の表面処理を行い各組合わせの適合性を検討したので報告する。

1. 緒言

セラミックス材料は一般に金属材料に比較して高硬度で耐摩耗性、耐熱性、耐食性に優れているので、機械部品でこれらの特性を必要とする箇所又は摺動面に数多く使用されている。しかし、セラミックス材料は高価であり、製品の作成に時間がかかり、形状、大きさに限度があるので適応範囲が限定されてくる。その点プラズマ溶射はセラミックスの持つ特性を有効に活かすことができる。

溶射皮膜の摺動面への適応について検討を行う場合、次のような特性が必要となってくる。

- (1) 使用条件下で焼付かないこと
- (2) 相手材を傷つけないこと

(3) 安定した摩擦係数が得られること

(4) 使用条件下で皮膜が剝離しないこと

以上の項目を確認するため、ファレックス摩擦摩耗試験機を用いて、テストピン材とテストブロック材の組合せを変えて、乾式法による押し付け荷重と摩擦係数の関係、テストピンの表面粗さ、テストブロックの摩耗量（へこみの深さ）及び湿式実験についても行ったのでその結果を報告する。

2. 実験装置

写真1に falex 試験機の駆動部、写真2に制御部を示す。この試験機は従来潤滑油の特性値を調査するために開発されたものであるが、現在では、金属、セラミックスの摩耗や摩擦特性を評価するために用いられている。

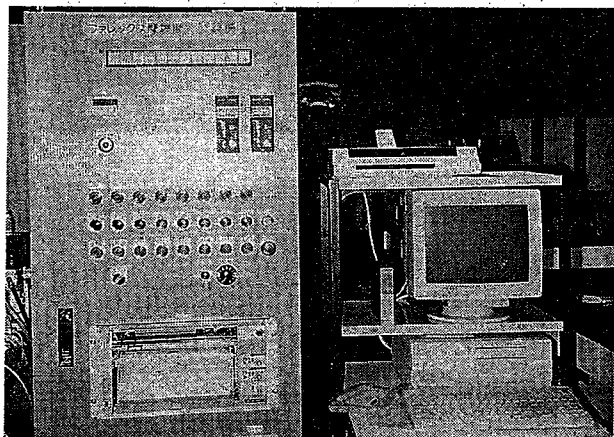


写真1 ファレックス型摩擦試験機（駆動部）

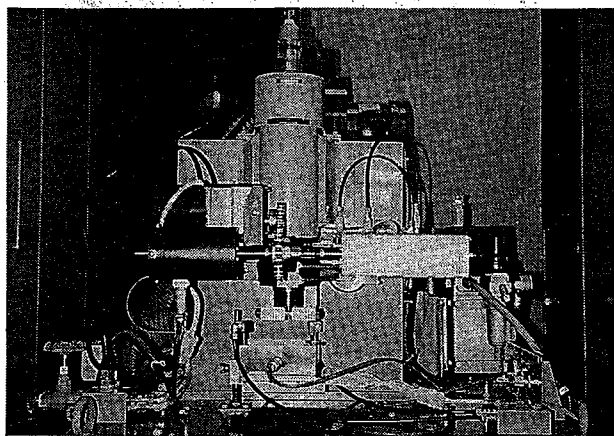


写真2 ファレックス型摩擦試験機（制御部）

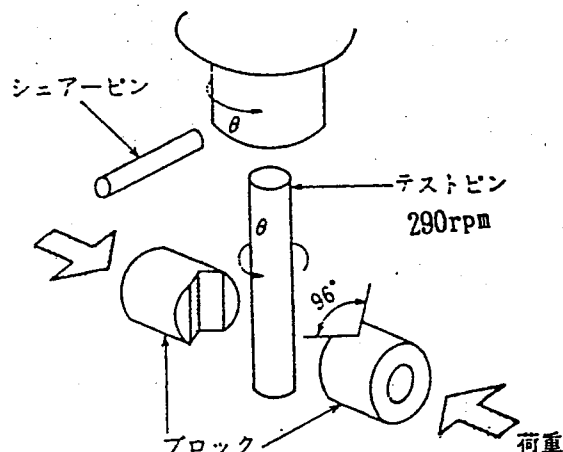


図1 テストピンとブロックのセット方法

図1にテストピン（6.30φ）Vブロック（96°）の組合せ方法を示す。テストピンが任意の回転体（50～2000rpm）となり固定された2個のVブロックから荷重（最大20000N）がかけられ、Vブロックへの負荷はコンピューターにより上部レバー先端に取り付けられた負荷荷重発生用バネの圧縮操作を減速機付リバーシブルモーターからチェーンでバネ取り付け軸を駆動してネジ機構によってかけられる。この試験によって、乾式、湿式（オイル循環、オイル噴霧）、加熱温度（0～500℃）が選択できる。

今回の実験では、乾式と湿式により押し付け荷重と摩擦係数の関係について測定を行い、テストピン、テストブロックの表面粗さ、摩擦量（へこみ深さ）を表面粗さ形状測定機（小坂研究所 SEF-30D）で測定を行った。

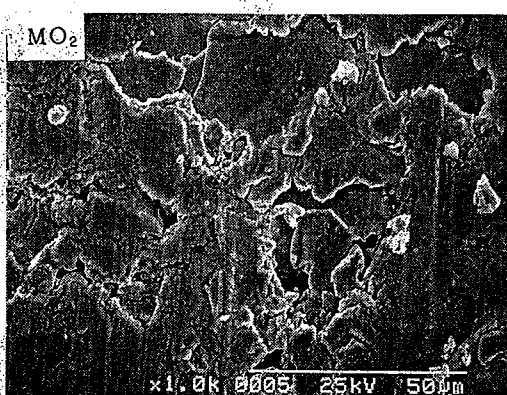
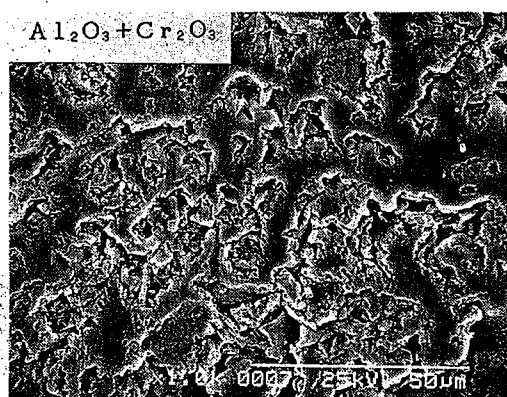
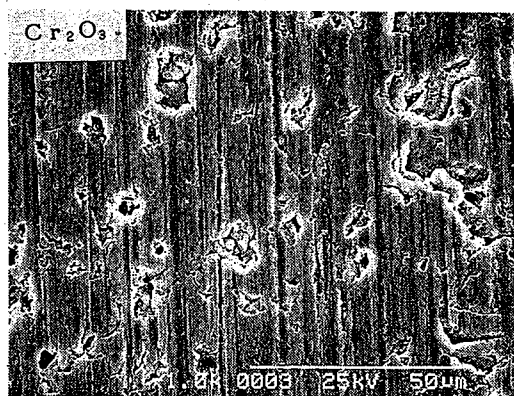
3. 試料及び実験条件

テストピン（6.30φ）は表1に示すような各種セラミックス材料の溶射を行い、その後にボラゾンで研磨を行った。写真3に研磨後の表面状態をSEM写真にて観察を行い、それらを試料に供した。次に表2にテストブロックに使用した材料、熱処理、表面処理、硬度を示した。また、写真4にこれら試料表面の組織を示す。実験は図1に示すようにテストピンを290rpmで回転させながら2個のテストブロックで荷重を徐々に増加させて行った。

乾式実験に於いては荷重の増加はステップ方式により1分間に100Nずつ10分間で1000Nまで増加させたときの押し付け荷重と摩擦係数の関係を計測した。

湿式実験では、テストピンとテストブロックを油槽（日石スパーハイランド）に浸漬し、押し付け荷重をステップ方式で1分間に1000Nずつ10分間で10000Nまで増加させたときの荷重と摩擦係数の関係、押し付け荷重の増加に伴う溶射皮膜

写真3 テストピンのSEM写真



の剝離性の評価を行った。

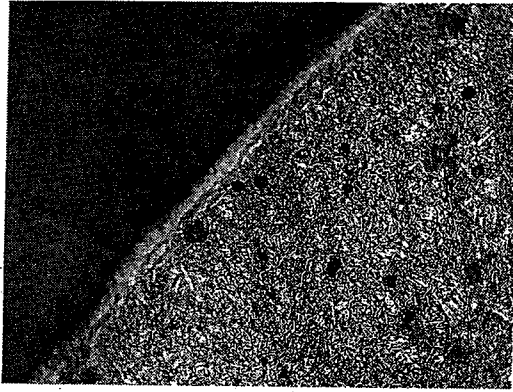
表1 テストピースの組成と皮膜特性

	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ -Cr ₂ O ₃	WC	MO
組成	TiO ₂ (2%) CrO ₃ (98%)	Al ₂ O ₃ -Cr ₂ O ₃ (50%) (50%)	WC (73%) Cr (20%) Ni (7%)	MO (100%)
皮膜硬度 Hv (0.5)	1061 1061 1094 1044	1133 1157 1195 1087	1157 1244 1234 1253	458 486 524 544
皮膜の膜厚 (μ)	165	400	115	70
皮膜の表面 粗さ (Rmax)	2.0	1.7	2.9	3.0

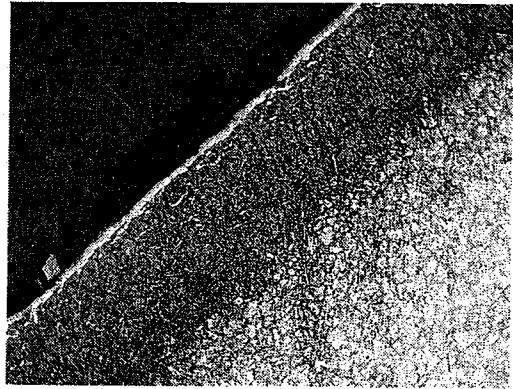
表2 テストブロックの処理及び硬度

材料	FDAC	FDAC	SKD11	SCM415	SCM415	FDAC
熱処理	イオン窒化	タフトライ F	V.C.	焼 戻	焼 戻	タフトライ F
表面処理	イオン窒化	タフトライ F	V.C.	—	リュアライト デブリック	デブリック
表面硬度 Hv (0.5)	1043	950	2450	730	730	850

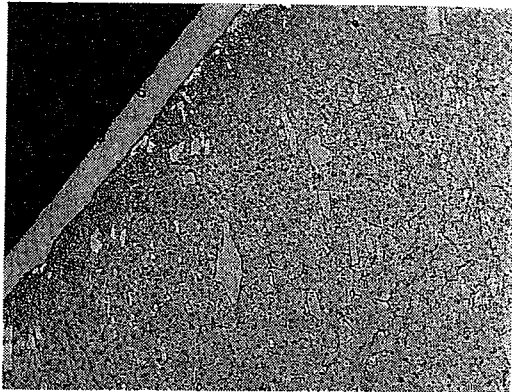
写真4 テストブロックの顕微鏡写真



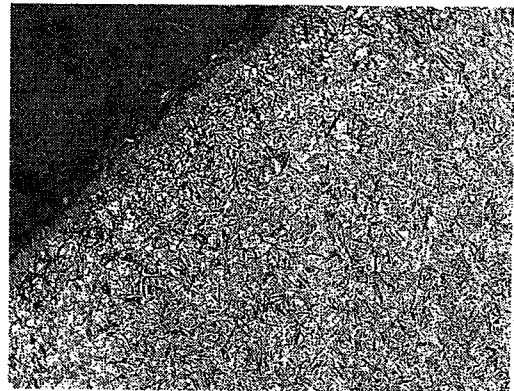
FDAC+イオン窒化



FDAC+タフトライド



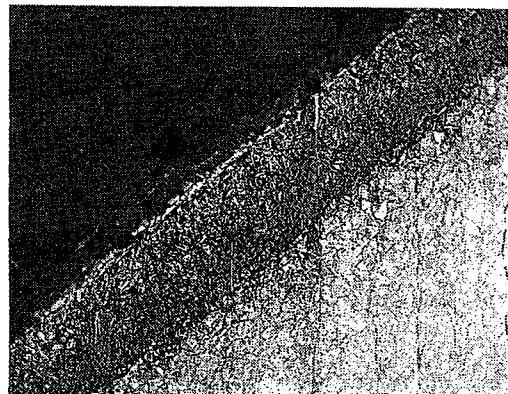
SKD11+VC



SCM415 浸炭



SCM415 浸炭
(リュブライト+デフリック)



FDAC+タフトデフリック

4. 結果

4-1 テストピン材に於ける押し付け荷重と摩擦係数

ピン側の材質を Cr_2O_3 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 、WC、Moの4種類を選定してブロック側は表2に示す材料と組合せ、摺動摩擦を行うことによる摩擦係数の変化を計測した。

この結果を図2～図7に示す。セラミックス皮

膜(Cr_2O_3 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$)は、FDAC+イオン窒化、タフトライド処理を行ったブロックとの組合せに於いては、ブロック側の表面硬度が高いために、摩擦係数の初期カーブの立ち上がりが大きくピーク値は低荷重側180～250Nに見られ(摩擦係数0.3～0.35)高荷重側になっても係数の変化はなかった。(図2、図3参照)

WC皮膜では、摩擦係数のピーク値が高荷重側(500～600N)に移行しその値も0.26～0.27と

$\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 Cr_2O_3 材に比較して低い値を示した。(図2、図3参照)

次に、SKD11+VC コーティング処理を行ったブロックとの組合せではVC層がHv2450と硬いために摩擦係数が荷重の増加に伴って高くなりピーク値が高荷重側(700N)で0.4と高い値を示した。(図4参照)

このようにWC皮膜はイオン窒化層Hv1100、タフトライド層Hv1000、VC層2450のブロック硬さの影響を受け摩擦係数値が変動し、その値も、硬度が高い試料ほど高くなる傾向にあることがわかった。

Mo皮膜は、皮膜硬度が今回の試料中ではHv500と軟らかく、硬いブロックとの組合せではピーク値が中荷重の500~600Nに見られる。(図2、図3参照) 潤滑性のある試料とでは、高荷重側にそれぞれ移行する傾向を示しており、ピーク値も明瞭に現れ、その値も0.38~0.42と今回の実験では一番高い値を示した。(図5、図6参照)

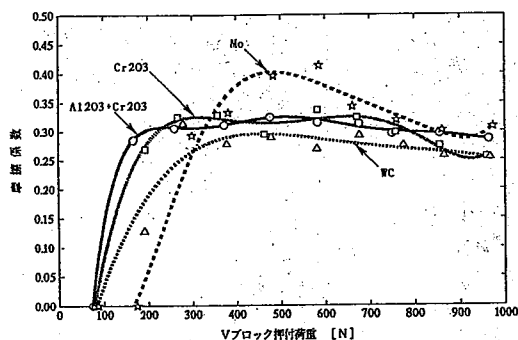


図2 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (FDAC+イオン窒化)

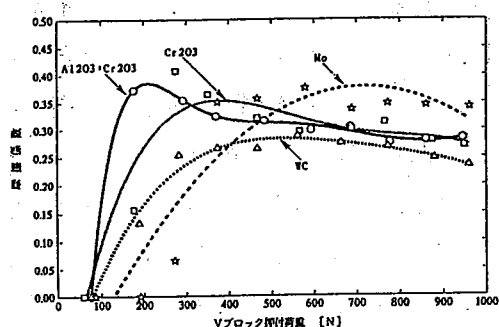


図3 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (FDAC+タフトライド)

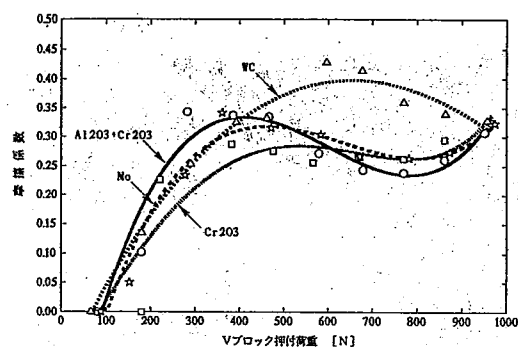


図4 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (SKD11焼入+VCコーティング)

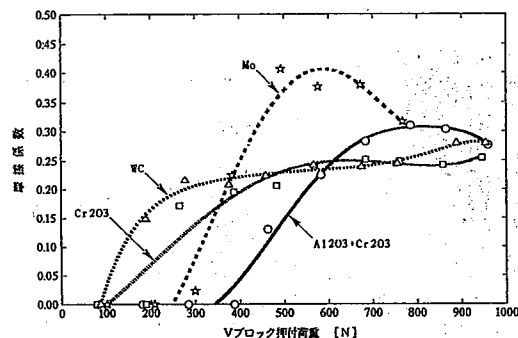


図5 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (SCM415+ガス浸炭焼入)

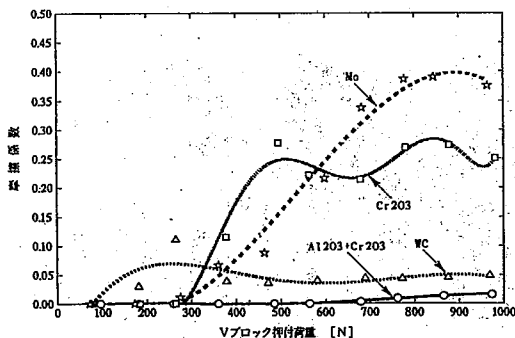


図6 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (SCM415浸炭焼入+リューブライト+デフリックコート)

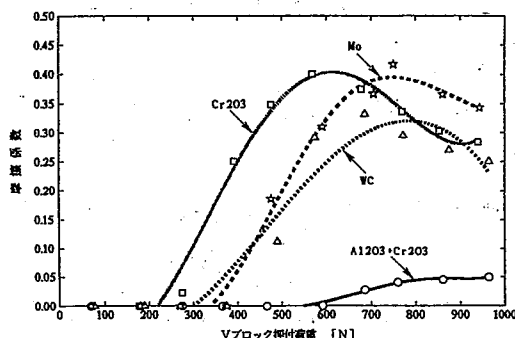


図7 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (FDAC+タフトライド+デフリックコート)

4-2 テストピンの表面粗さ

テストピンとテストブロックの組合せによる実験後のピン側の表面粗さ (Rmax) を測定することによって、ピンとブロックの馴染み性及び皮膜の剝離性の評価を行った。この結果を表3に示す。この表より、表面粗さに関する考察をすると次のようなことが言える。

Cr₂O₃、Al₂O₃-Cr₂O₃皮膜と FDAC + イオン窒化の組合せにみられるように、摩擦係数のピーク値が低荷重側で現れるほど表面粗さが大きくなっている。また、Mo 皮膜にみられるように皮膜硬度が低いとブロック側の処理の如何を問わず表面粗さが大きくなっている。

WC 皮膜のように摩擦係数値が高くても、皮膜自身の硬度が高いと皮膜にキズが付き難く表面状態が良好である。また、VC 層の硬いブロックとの組合せに於いても表面粗さが良好であることから WC 層は他のセラミックス材料に比較して皮膜そのものに相当の潤滑性があると思われる。

表3 乾式実験によるテストピンの表面粗さ (Rmax)

	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +Cr ₂ O ₃	W C	M O
FDAC イオン窒化	10.30	14.72	3.35	12.50
FDAC タフドライド	9.20	11.11	4.07	9.92
SKD11 V C	4.350	9.95	3.75	18.65
SCM415 浸炭	7.70	10.75	3.80	13.47
SCM415 浸炭 リュブライ デフリック	5.825	4.25	2.98	9.025
FDAC タフドライド デフリック	9.025	2.52	4.00	18.73

4-3 テストブロックの摩擦

摩擦摩擦によるブロックの摩擦をくぼみの深さによって計測した。この結果を表4に示す。この結果に示すように、ブロック側の組成による潤滑、

硬さの影響が明らかに現れている。すなわち、同じ窒化処理でもイオン窒化、タフドライド処理では写真2に示すように、イオン窒化処理した試料の方が化合物層 (白層) も深く硬度も僅かながら高くでているのでそれだけ全体的に摩擦量が少なくなっている。

SKD11+VC 試料は、VC 層の硬度が Hv2450 と超硬なみの硬度を有しているのでどのピンとの組合せに於いても摩擦量が少なかった。中でも WC 皮膜との組合せに於いて摩擦係数値が異常に高くでたにもかかわらず摩擦量が最小になっていた。一方 Mo 皮膜は次のような皮膜特性を有している。この皮膜は、相手材を損傷する作用が著しいので、相手剤が Mo 皮膜より軟らかいと相手を著しく摩擦させるが、VC 層のように硬いと摩擦量が反対に小さくなっている。ブロックにリュブライト (リン酸マンガン) + デフリックコート (二硫化モリブデン) 処理を行った試料はピン側との組合せによって摩擦量が大きく変動しているが今回の実験では、Al₂O₃-Cr₂O₃、WC 皮膜との組合せに於いて最良の結果を示した。また、デフリックコートは下地処理にタフドライド処理を行うよりは、リュブライト処理を行った方がよい結果を得た。

表4 乾式実験によるテストブロックのくぼみ深さ (mm)

	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +Cr ₂ O ₃	W C	M O
FDAC イオン窒化	74	80	48	49
FDAC タフドライド	72	96	60	56
SKD11 V C	24	26	10	11
SCM415 浸炭	71	49	66	66
SCM415 浸炭 リュブライ デフリック	71	12	7	56
FDAC タフドライド デフリック	83	10	54	60

4-4 湿式実験による摩擦係数及び皮膜の剝離性

乾式実験では押し付け荷重が最大 1000N であったが、湿式実験では最大 10000N まで上げることによって溶射皮膜及びオイルの潤滑性、溶射皮膜の剝離性についても観察した。

この結果を図 8 と図 9 に示す。ブロック側に SKD11+VC 処理、SCM415+リユーブライイト+デフリック処理を行った試料を乾式実験の結果より選定した。

SKD11+VC 処理材については荷重の増加に伴う摩擦係数の変動は Cr_2O_3 皮膜について僅かに見られたものの、他のピン材も初期時の摩擦係数 0.10、最大荷重 10000N で 0.12 と変化が見られなかった。このように安定した摩擦係数を得る理由として、VC コート皮膜が硬く、組成的にも安定しているため、セラミックス皮膜と VC 層の間に油膜による良好な潤滑効果が発揮されているものと思われる。

SCM415+リユーブライイト+デフリック処理を行った組合せは、WC 皮膜は摩擦係数が 2000N で僅かな上昇がみられる。これは、ピンとブロックの表面粗さによる馴染みの影響と思われる。

Mo 皮膜との組合せでは、5000N で 0.15 とピーク値が現れた。乾式実験に於いては摩擦係数が 0.15 を越えると摩擦が激しくなり、それに伴う温度上昇がみられるが湿式実験に於いてはこうした現象はみられなかった。VC コート材に比較して摩擦係数の変動が大きくみられた。

押し付け荷重を増加して行くことによって皮膜の剝離度を荷重によって評価した。図 9 に見られるように Mo 皮膜のように摩擦係数にピーク値が現れる皮膜はピーク値の現れない皮膜に比較して小さい荷重で剝離した。これは、ピーク値が現れることによって、摩擦摩耗現象が激しくなるため皮膜に傷が付き易くなるために剝離強度が低下するものと思われる。

ちなみに図 8 の剝離荷重は Cr_2O_3 で 8000N、 Al_2O_3 — Cr_2O_3 で 9000N、WC で 10000N、Mo で 8000N であった。

このように剝離強度は皮膜の組成、硬度はもちろんのこと相手側の組成も大きく影響してくるのでそれらの選択が重要となってくる。

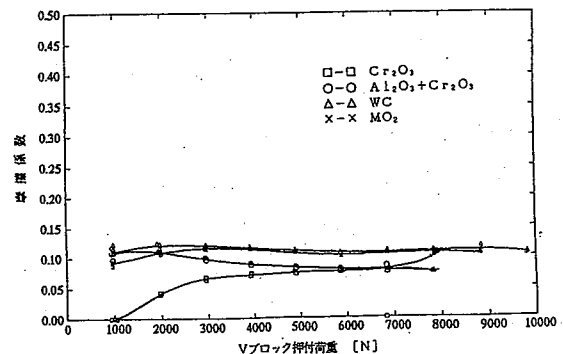


図 8 押し付け荷重と摩擦係数の関係湿式実験
ブロック (SKD11焼入+VCコーティング)

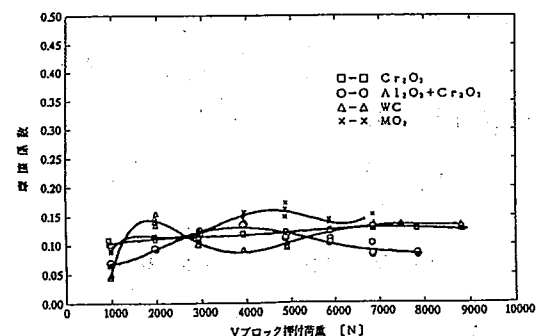


図 9 押し付け荷重と摩擦係数の関係乾式実験
ブロック (SCM415浸炭焼入+リユーブライイト+デフリックコート)

5 考 察

摺動摩擦面にセラミックス溶射皮膜を使用することの適合性の評価を押し付け荷重と摩擦係数との関係より求めた。

その結果、乾式実験に於いては次のことが判明した。皮膜とブロック硬度が同程度の場合には、試験初期の立ち上がりカーブが大きく、低荷重側にピーク値がみられる試料ほどテストピン、テストブロックの表面粗さが大きくなる傾向にあり、それに伴ってテストブロック表面の温度上昇も著しく最高で 350～360℃にも達した。

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$ 、WC皮膜はブロック側にFDAC+リユースライト+デフリック処理を行った試料と組み合わせることにより摩擦係数も0.10以内に保つことができた。これは、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$ 、WC皮膜自身が保有している潤滑性にデフリックコート潤滑性がプラスされたものと考えられることができる。反面、WC皮膜はVC層のように高いブロックとの組合せに於いては摩擦係数のピーク値が高荷重側により、その値も硬度に比例して高くなる傾向にあった。

Mo皮膜は皮膜自身の硬度は他のセラミックス材料に比較して低いものの、どのブロックとの組合せに於いても摩擦係数のピーク値が明瞭に現れ、その値も、0.33～0.43と高い値を示した。特にブロック側の硬度がMo皮膜より低いと相手材を著しく損傷する作用がみられるので、相手材の選択と使用条件の設定が重要となる。

摩擦係数とブロックの表面温度との関係は摩擦係数が0.20を越えるあたりより摩擦熱による温度変化が始まり、0.40付近になると温度上昇が著しくなり、ブロック表面が青色に変わって行く。この時の温度は350～360℃に達する。この時摩擦係数は0.43以上になった。

以上のことより摺動摩擦による良好な組合せは、乾式実験で摩擦係数を0.15以内に保つ試料の組合せが重要であることが判明した。

湿式実験に於いては、テストブロック側の処理としては、リユースライト+デフリック処理材よりもVC層のように硬く、組織的にも安定している方が摩擦係数も0.08～0.13と低く、変動も少ないことから良い処理材と言える。

皮膜の剝離荷重は皮膜の表面粗さと密接な関係があり、乾式実験に於いて表面粗さの良好なピンほど剝離荷重が高い傾向にあった。

6 結 論

溶射皮膜を摺動面に活用することの適否をファ

レックス摩擦摩耗試験機を用いて摩擦係数を主体にした実験結果から以下のことが判った。

乾式法では、

- (1) 全ての溶射皮膜とも相手材の硬度に比例して摩擦係数が高くなった。
- (2) $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$ 、WC皮膜はブロック側にリユースライト+デフリック処理を行ったものと組み合わせることによって摩擦係数を1000Nで0.05以内に保つことができた。
- (3) 摩擦係数が0.15を越えると表面粗さ、摩耗、温度に現れるので摩擦係数を0.15以内に保つための各種条件の設定が重要となることが判った。

乾式法では、

- (1) ブロック側にリユースライト+デフリック処理を行った軟質で潤滑性のある皮膜よりはVC層のように硬質な層の方が全ての皮膜との組合せに於いて摩擦係数も低く、変動も見られなかった。
- (2) 押し付け荷重を増加させることにより溶射皮膜の剝離荷重を評価した。その結果、 $\text{WC} > \text{Al}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3 > \text{Cr}_2\text{O}_3 > \text{Mo}$ であった。

参 考 文 献

1. 神谷秀博・高津 学・山口勝之
セラミックスの摺動摩耗特性に及ぼす材料の組み合わせの影響 (1989)
2. 神谷秀博・高津 学・久保田賢・児玉浩亨
 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--ZrO}_2$ 系複合焼結体の摺動摩耗特性 (1990)
3. 松永正久・津谷裕子
固体潤滑ハンドブック (幸書房)

画像処理の高機能化による検査工程自動化の研究

(第3報、三次元曲面上の文字の計測評価技術)

西山 修二 尾崎 清 上杉 憲雄

Research on Automatization of Inspection Process Using Image Processing Method
(3rd report, Measurement, Evaluation Technics of Characters on 3D surface Model)

Shuji NISHIYAMA

Kiyoshi OZAKI

Norio UESUGI

概 要

本研究は画像処理技術では不可能な複雑な三次元曲面を有する製品及び複雑な三次元曲面上の文字等の認識を非接触式・接触式両用可能な CAT システムを開発し、複雑な三次元形状の計測・評価と数値データ一元化による、CAD、CAM、CAE、CAT 各システムの統合化を図った。

1. 諸 言

製品検査の自動化・システム化における検査方式としては、非接触式・接触式が考えられる。第1報⁽¹⁾では特徴量抽出法による印刷文字の認識に関する研究を実施した。さらに、第2報では⁽²⁾AI開発ツールを用い、画像処理に学習機能を持たせるためのソフト開発を実施した。前報で報告した研究は画像センシング技術を用いた二次元的なラベル、刻印等の認識を目的とした技術開発である。

本研究は画像処理技術では不可能な複雑な三次元曲面を有する製品及び複雑な三次元曲面上の文字等の計測・評価を非接触式・接触式両用可能な CAT システムを開発し、複雑な三次元形状の計測・評価と数値データ一元化による、CAD、CAM、CAE、CAT 各システムの統合化を図る。

2. システム構成

2. 1 ハードウェア構成

本研究で開発・導入した CAT システムの外観を図1に示す。また本システムのハードウェア

構成を図2に示す。

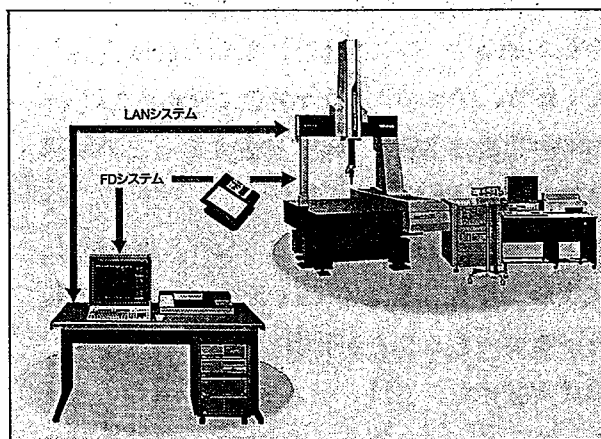


図1 CATシステムの外観

ハードウェアは、図2に示すとおり、CAT システム本体、専用データ処理装置 (MPK2900 システム) 及びプリンタ、リモートボックス、エンジニアリングワークステーション HP9000 (モデル 425t) 等で構成されている。CAT システム本体は CNC 三次元測定機 BHN710 であり、測定範囲は X : 700 Y : 1000 Z : 600(mm) である。

形状計測用プローブは非接触式プローブ装置 (OP5M) 及び接触式プローブ装置 (PH10M) である。本研究は、画像処理の高機能化による研究が主であるので、主に非接触式プローブによる計測を行う。非接触式プローブの性能は表1に示すとおりである。図3はレーザプローブを示す。

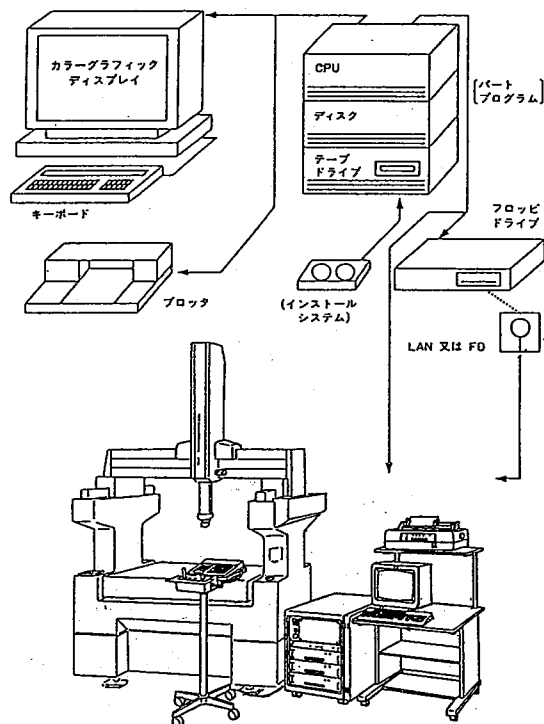


図2 CATシステムのハードウェア構成

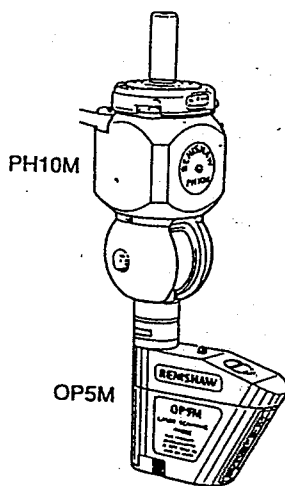


図3 レーザプローブ

2.2 ソフトウェア構成 本システムを構成する主なソフトウェア⁽⁴⁾⁽⁵⁾を列記すると次のとおり

である。

汎用測定プログラム Geopak 2900
輪郭形状測定プログラム Scanpak
設計値自動作成プログラム G-Scan 2800

その他

計測支援システム MCAT
自由曲面計測評価システム MSURF
形状評価支援システム MSHAPE
検査図面自動生成システム MCHART

表1 非接触式レーザプローブ OP5 の仕様⁽³⁾

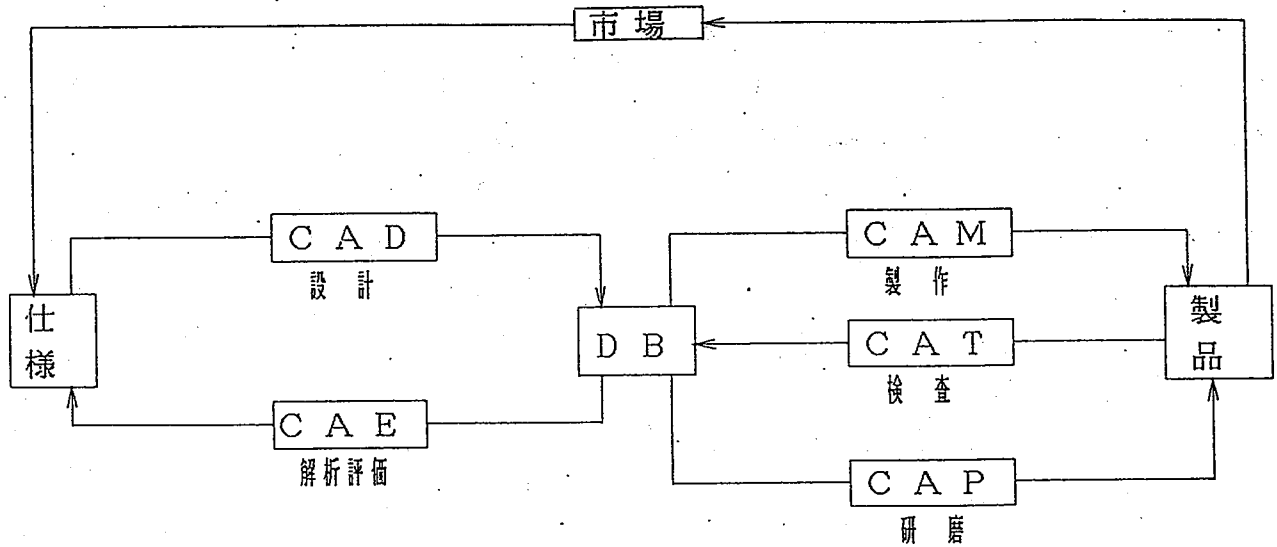
PROBE	
Laser wavelength	670 nm (visible)
Class	IIIa (3a)
Maximum output power	2mW
Approx. spot size of focus	60µm (0.002in)
Resolution	2.5µm (0.0001in)
Workpiece stand-off	50mm (1.968in)
Measuring range about focal point	±5mm (0.196in)
Position sensing range about focal point (on calibration target supplied)	-10/+14mm (-0.39/+0.55in)
Scanning Accuracy (2σ)	25µm (0.001in) - without data averaging
Optical trigger repeatability (2σ)	5µm (0.0002in)
Sampling Rate	200Hz single point data
Maximum recommended angle at surface	120° cone of operation

3. 技術開発の内容

本研究で実施した技術開発の内容は次のとおりである。

3.1 CATシステムの調査・開発・導入

本研究開発で必要とされる機能を満足するシステムは、調査する限り国内には見受けられない。形状計測を非接触式と接触式の両用が可能であり、さらに既存CAD/CATシステムとの連携を考慮して、最終的にCATシステム本体は(株)ミットヨ製CNC三次元測定機BHN710を採用し、導入した。非接触式プローブは、RENISHAW OP5Mを使って、接触式プローブの測定コマンドがそのまま使用出来るようなシステムとして開発した。BHN710にRENISHAW OP5M非接触式プローブを取り付けて、計測を行うシステムの開発は内外を含め前例がなく、画期的な技術開発と言えよう。



CAD: Computer Aided Design
 CAM: Computer Aided Manufacturing
 CAE: Computer Aided Engineering
 CAT: Computer Aided Testing
 CAP: Computer Aided Polishing

図4(a) 将来予測されるCAD/CAM/CAE/CAT/CAP一体化システム⁽⁶⁾

3. 2 CAD、CAM、CAE、CAT各システムの統合化

既存CAD/CAMシステムはANVIL-4000(米国SRC社)をFACOM S3300をホストコンピュータとして使用している。本システムは、本格的CAD/CAMシステムとして、CAM用データを外部出力することが主である。CADデータとして外部出力する機能を備えていない。CAEシステムは同ホストコンピュータでFEM IVを使用している。CAD/CAMシステムとCAEシステムは既にデータ互換が可能なシステムとして、今後予測される生産形態にフレキシブルに対応していくためには、計測評価まで含めたシステム構築が重要になる。このようなときに必要とされる技術は数値データ一元化によるCAD、CAM、CAE、CAT一体化システムの構築である。図4はこの概念を示したものである。本研究では、既存CAD/CAMシステムとCATシステムとのデータ互換を可能とするために各システムの統合

化を行った。統合化することにより設計データを形状計測評価に有効に活用することが可能となる。

3. 3 各システム間のデータ直接変換プログラムの開発

CAD/CAMシステムとCATシステムとのデータ互換を行うために、本研究において4つのシステムを研究・開発した。

ANVIL-4000
 1.SYSTEM MODALS
 2.BLANK/UNBLANK
 3.DELETE
 4.FILE/TERMINATE
 5.SPECIAL FUNCTIONS
 6.DATA BASE MGMT
 7.I/O & REGEN
 8.DISPLAY CONTROL
 9.POINT
 10.LINE
 11.ARC/CIRCLE
 12.OTHER CURVES
 13.MANIPULATION
 14.DATA VERIFY
 15.EXTENDED GEOMETRY
 16.DRAFTING
 17.MACHINING
 18.ANALYSIS
 19.ENTITY CONTROL

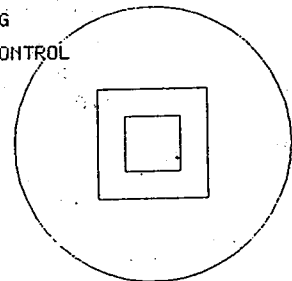


図4(b) 既存CAD/CAMで作成した図形

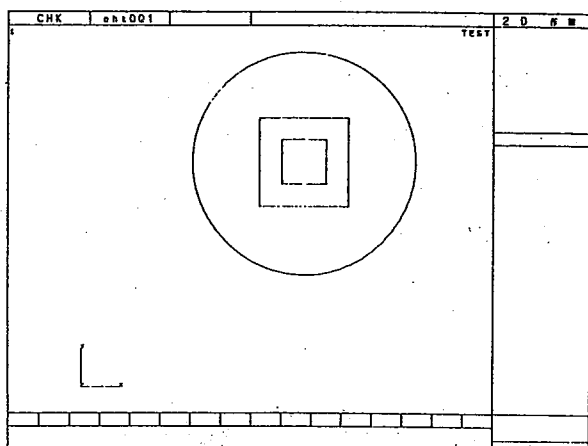


図 4(c) CATシステムへ変換した図形

既存CAD/CAM (ANVIL-4000) システムは、FACOM S3300 をホストコンピュータとして使用している。ホストコンピュータのOSはOVIS/Sである。既存CAD/CAMシステムのCADデータを外部出力するためには、データファイルの属性を変更する必要がある。従って、既存CAD/CAMシステムとCATシステムのデータ互換を可能とするために、数種のシステム開発を行った。これらのシステムの詳細については別報で報告する。

4. 形状計測事例

開発したCATシステムにより、複雑三次元曲面上の文字の計測・評価を行なった三種の事例を示す。図5(a)は曲面上にアルファベットのAと言う凸文字のある対象ワークを示す。本ワークは粘土で作成したものであり、粘土のように柔らかい物体に対しては非接触方式による計測が有効である。また文字の縦幅は13mmである。

図5(b)は非接触式レーザプローブで計測した計測点を示す。計測は $0.25 \times 0.25\text{mm}$ ピッチで行った。計測データは各測定点のx, y, zの座標値を有している。図5(c)は計測点データから一定断面内で滑らかな曲線を作成し、測定面を作成したものである。

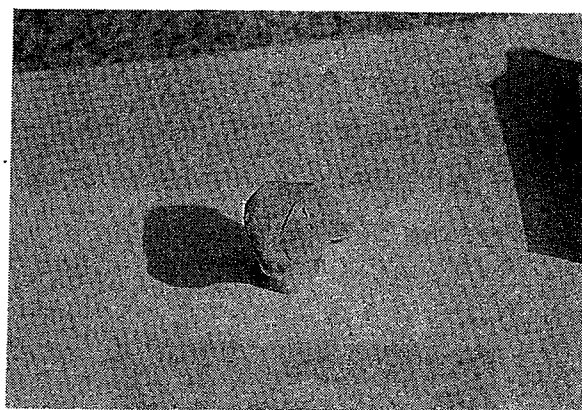


図 5(a) 曲面上のAと言う凸文字

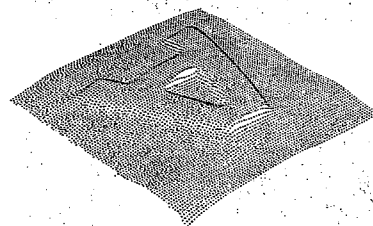


図 5(b) 計測点

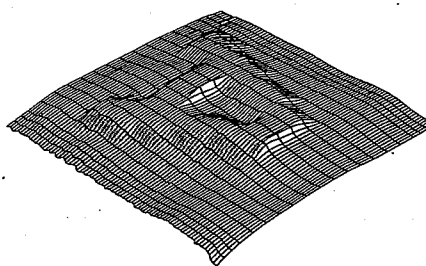


図 5(c) 測定面

図5(d)は測定曲面の高さを等高線表示したものである。高さレベルに応じたカラーリングでの線画表示であり、ブルーからレッドに色が変わるに

連れて高さが高くなっていることを示す。設計データと比較することにより、誤差表示も可能となる。

図5(e)は測定面を基に、隠線処理をほどこし三次元形状を作成したものを示す。表2は、本ワークを自動計測するための、CNCパートプログラムを示す。測定時間は $0.25 \times 0.25\text{mm}$ ピッチ、測定速度 5mm/sec で約10分要した。

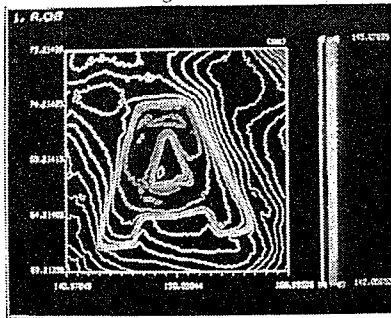


図5(d) 高さ等高線表示

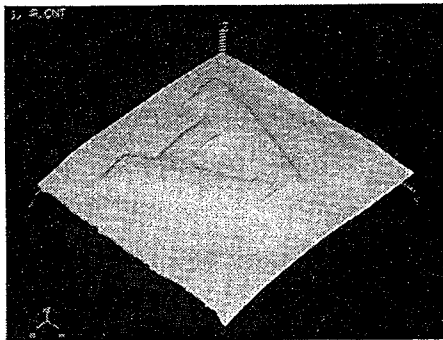


図5(e) 隠線処理した三次元形状

表2 CNC パートプログラム

#971	
G01 X0,Y0,Z50	#731
#LOOP	#419
U1	#418
0.80,1	'LA05'
#19	#422
0.%(0.25*U1),50	1
0,0,-1	---Y---
1	#972
0.25	#511
1,X,85	4
---#70---	#131
'NISSA,NU1,C3'	D3
Y	---#521R---
G01 X0,Y0,Z50	#111
#LEND	D
U1	#531
#911	R
	#511
	---XZ---

図6(a)は、複雑な曲面上にアルファベットの凸文字が6文字ある場合のクレイモデルを示す。文字の縦幅は 13mm である。

図6(b)はレーザプローブで計測した計測点を示す。計測は $0.25 \times 0.25\text{mm}$ ピッチで行った。測定時間は約60分である。

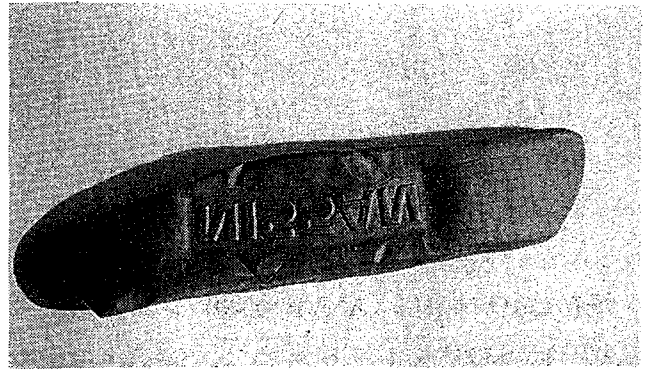


図6(a) アルファベットの凸文字

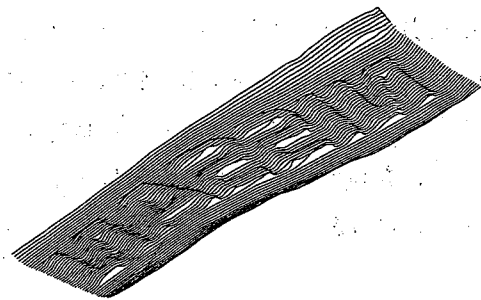


図6(b) 計測点

図6(c)は計測点から作成した測定面を示す。図6(d)は測定曲面の同一高さ位置を等高線表示した図である。図6(e)は測定面を基に三次元形状を作成したものです。

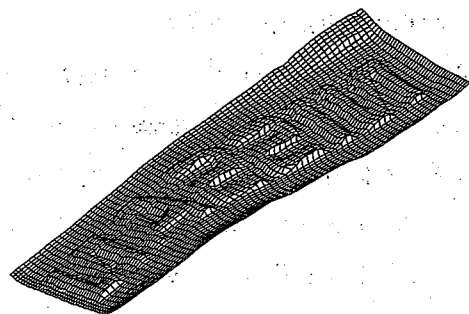


図6(c) 測定面

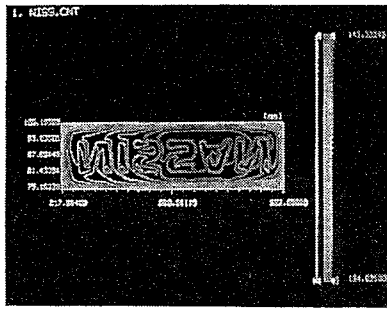


図 6(d) 高さの等高線表示

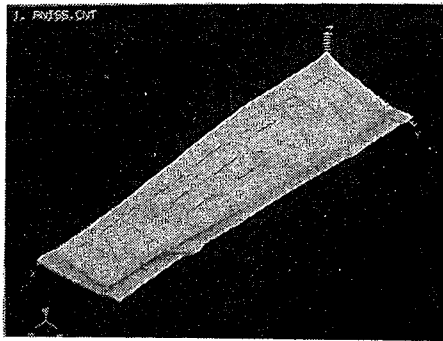


図 6(e) 隠線処理した三次元形状

図 7(a)は曲面上にアルファベットの凹文字がある場合の石鹸モデルを示す。文字の縦と横幅はそれぞれ 12mm と 31mm である。

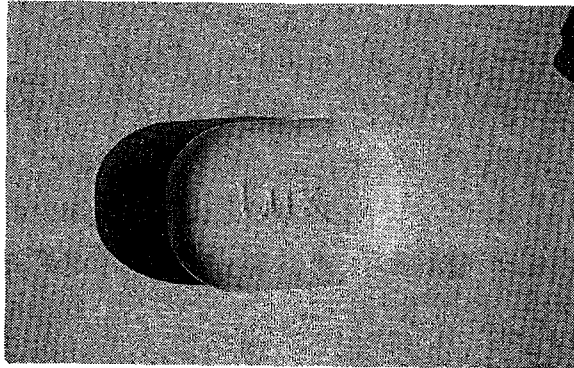


図 7(a) アルファベットの凹文字

図 7(b)はレーザプローブで計測した計測点を示す。計測は $0.25 \times 0.25\text{mm}$ ピッチで行った。測定時間は約 30 分である。

図 7(c)は計測点から作成した測定面を示す。図 7(d)は測定曲面の高さを等高線表示したものであ

る。同一線上は同じ高さを表わす。図 7(e)は測定面を基にして、三次元形状を作成したものを示す。

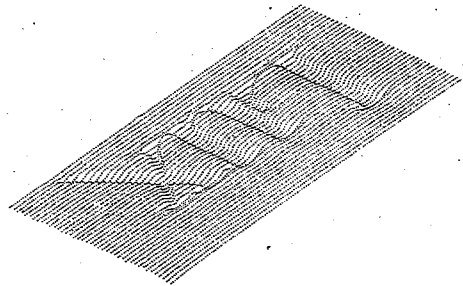


図 7(b) 計測点

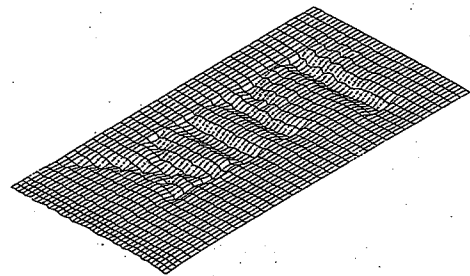


図 7(c) 測定面

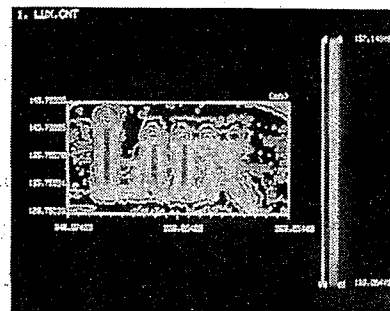


図 7(d) 等高線表示

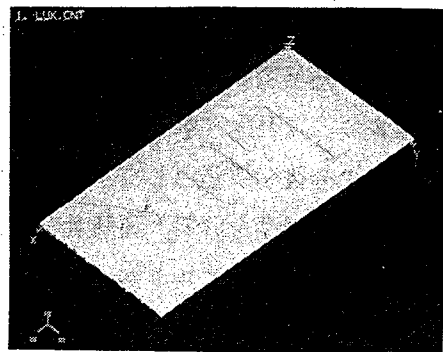


図 7(e) 隠線処理した三次元形状

5. 結 言

本研究で開発した技術を適用して、複雑三次元曲面上の文字からなる三例のモデルを実際に計測・評価した。本研究で開発した技術は、現状の画像処理技術では計測・評価することが困難である複雑な三次元形状を有する製品及び曲面上の文字等の計測・評価に対して適用可能である。さらに、実用的に十分な精度を有していることが確認できた。また、既存 CAD/CAM/CAE システムと CAT システムとのデータ互換を可能とすることにより、製品設計から型設計・製造・検査までのプロセスを数値データ一元化し、効率化することが可能となった。本研究で開発した技術は検査工程自動化を実現するために極めて必要性の高い技術である⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。本技術開発により、今後以下に示す効果が期待される。

- (1) 統合 CAD/CAM/CAE/CAT 一体化システムの構築により、製品企画から完成までのプロセスを高速化、高精度化、短工期化、無人化等を可能となる。
- (2) 自動化が難しい加工組立産業の発展に寄与するとともに高付加価値製品の設計製作も可能とするために、精密成形品を短工期、低価格で生産可能となる。
- (3) デザイン性と機能性を併せもつ、複雑形状の成形品を提供出来るようになり、高機能、高品質の製品開発が可能となって、地域企業の活性化と新分野への進出を図ることが可能となる。
- (4) 今後予想される、人手不足、熟練工の高齢化に対して、企業体質を強化するためには自動化、省力化により高品質の製品を安定供給することが必要であり、これを可能とする。

また本研究の今後の課題として、今回開発したシステムで種々の製品を計測・評価することを想定し、対応可能なパートプログラムの整備及び検査製品の搬送等を含めた完全自動化を目指した技術開発が必要であろう。

終わりに、本研究は、広域共同研究として実施した研究の一部である。研究を実施するに際し、工業技術院中国工業技術試験所生産技術部部長 横川 洪氏、システム工学研究室室長 岡田三郎氏、同室主任研究官 宮内秀和氏、には大変お世話になりました。ここに付記し、感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 尾崎・上杉、画像処理の高機能化による検査工程自動化の研究 (第1報)
広島市工業技術センター年報vol.4 (1991.4)
- (2) 尾崎、画像処理の高機能化による検査工程自動化の研究 (第2報)
広島市工業技術センター年報vol.5 (1992.4)
- (3) OP5 Laser Probe Installation and Programmers Guide 1991, Renishaw.
- (4) Geopak 2900 機能説明書上下巻、(株)ミットヨ
- (5) MSHAPE 使用手引書、(株)ミットヨ
- (6) 西山、工業技術センターニュース、1992.8 No.18、広島市工業技術センター
- (7) 三好、3次元デジタイジング用非接触センサの開発動向、応用機械工学、(1990.6)
- (8) 松本、三次元測定機のインライン化と CIM への展開、機械技術第38巻、第11号 (1990.10)
- (9) 林、インライン測定における三次元測定機の応用、機械技術、第38巻、第11号 (1990.10)

パルスフィールド電気泳動コントローラの開発

尾崎 清, 長沼和夫*, 吉田和夫**

Development of Pulsed Field Gel Electrophoresis Controller

Kiyoshi OZAKI

Kazuo NAGANUMA

Kazuo YOSHIDA

周期的に交互二方向電場を印加するパルスフィールド電気泳動法により、現在では 10 メガ塩基対近くの巨大 DNA の分離が可能となっており、このための種々の方法・装置が提唱されている。市販の装置もあるが、従来の電気泳動装置に比べれば高価である。ここでは、ポケットコンピュータを用い、発展中にあるさまざまな PFGE (Pulsed Field Gel Electrophoresis) 法に柔軟に対応できるコンパクトで経済的な簡易装置の開発を行った。

1. はじめに

最近、交互に直交する電場を周期的に印加するパルスフィールド電気泳動 (PFGE) と呼ばれる方法により酵母染色体クラスの巨大線状 DNA 分子の分離が可能となってきた。この方法の原理は線状 DNA がアガロースゲル中で加えられた電場方向に配向後、次の電場方向への再配向がその分子の大きさにほぼ比例するという経験に基づいている。

PFGE では、通常、泳動槽、直流電源、パルス電場コントローラ、循環冷却槽が必要であり泳動パターン、分離能の点から装置・方法にいろいろな改良が加えられ、種々の変法が提唱されている。今回、開発したコントローラはこれら主要な形式の PFGE を行うことができ、またコンピュータによってコントロールするため将来の泳動条件の変化にも充分対応可能である。

PFGE の例として FIGE (Field Inversion Gel

*岡オンワード **広島大学理学部

Electrophoresis) と SPFG (Secondary Pulsed Field Gel Electrophoresis) のシステム構成、及び泳動槽内の電極配置を図 1～図 4 に示す。

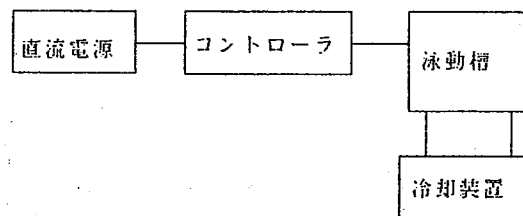


図1 システム構成 (FIGE)

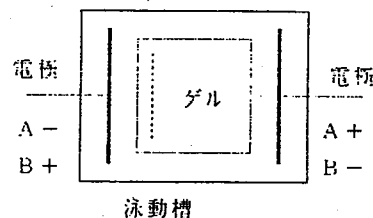


図2 泳動槽内の電極配置 (FIGE)

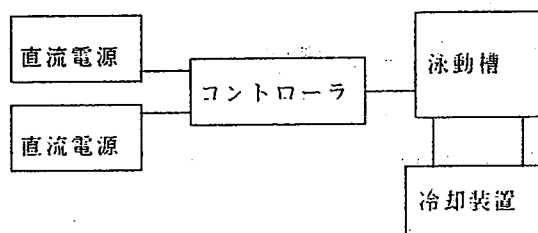


図3 システム構成 (SPFG)

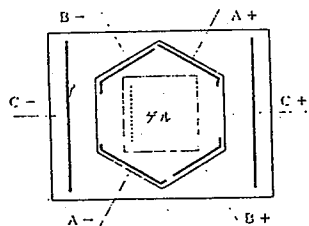


図4 泳動槽内の電極配置 (SPFG)

2. 開発コンセプト

既存の電気泳動装置は、数社から発売されているが、高価格であり、プログラミングの自由度に制限がある等の問題点がある。それらを踏まえ今回、開発したコントローラのコンセプトを以下のようにしている。

- ① コントローラ本体はコンパクトで安価なコンピュータを用いる。
- ② プログラムは操作性及びデータ保存性の良いパソコンで作成し通信でコントローラへ送る。

③ コントローラのスイッチング部分は寿命とスピードを考慮して半導体を用いる。

④ コントローラ本体のコンピュータ用電源は、外部電源と内部バッテリーの自動切替とし長時間稼働及び電源OFF時の一時的プログラム保存を可能とする。

3. 装置概要

上記コンセプトをもとに設計したコントローラのシステムブロックを図5に示す。

CPUにはポケットコンピュータ（シャープ製PC-E200）を採用した。このコンピュータはBASIC、及びマシン語が走りRS-232Cインターフェース、入出力ポートまで備わり定価が約2万円である。出力ポートはA、B、Cの3チャンネルでそのうちCチャンネルはRS-232Cの送信端子と共用してあるため出力先切替スイッチで切り替えを行う。システムバスを拡張すれば入出力点数は増やせるがコストを抑えるためと既存の3チャンネルあればとりあえず充分であるため拡張は行っていない。また、出力ポートのON、OFFはプログラムで行うがプログラムミスによるA、Bチャンネルの同時ONを禁止するためハードウェアで保護してある。禁止の理由はA、Bチャ

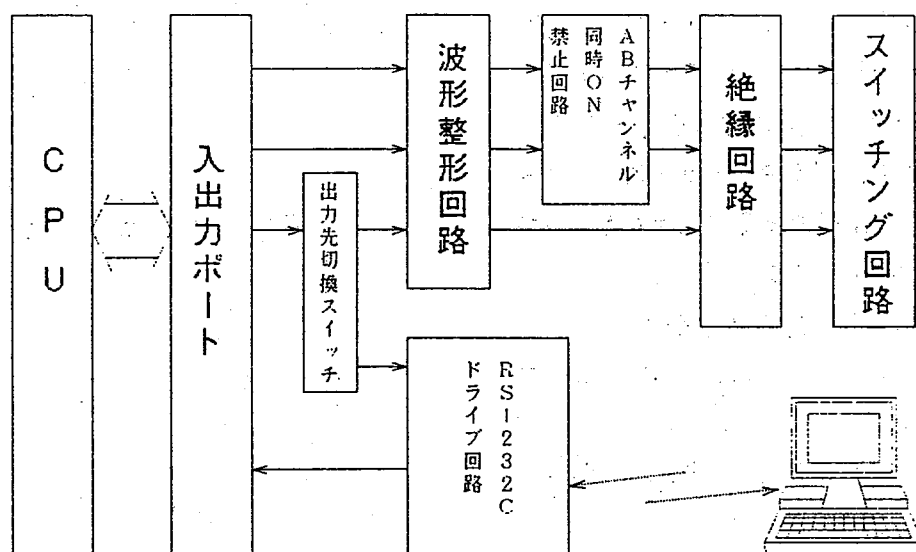


図5 コントローラのシステムブロック

ソネルを FIGE に対応させるためである。

スイッチング素子は駆動電力が少ない、高耐電圧商品が豊富である、スイッチング速度が速い等の理由から MOS-FET を採用した。また、高電圧の ON、OFF が頻繁に行われるスイッチング部と低電圧の制御部はフォトカプラにより絶縁してある。コントローラの仕様は以下のとおりである。

- ① スwitchingチャンネル数 3チャンネル
- ② 最大負荷電圧 DC500 V
- ③ 最大負荷電流 0.5 A
- ④ タイマ最小設定時間 10 ms

試作時のコントローラを図6、プリント基板化した回路を図7、完成品を図8に示す。

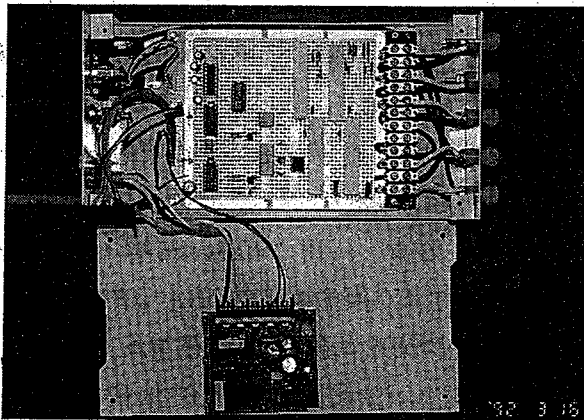


図6 コントローラ（試作時）

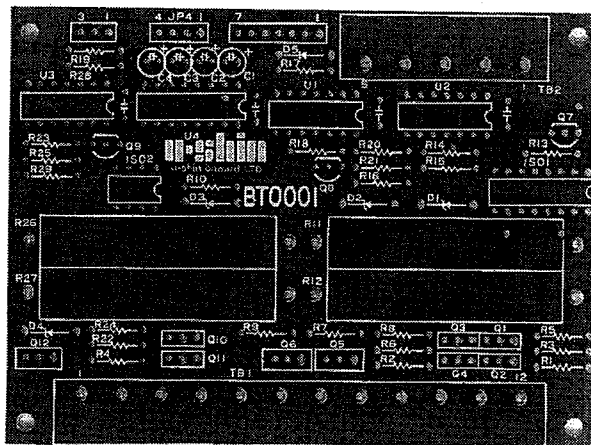


図7 プリント基板化した回路

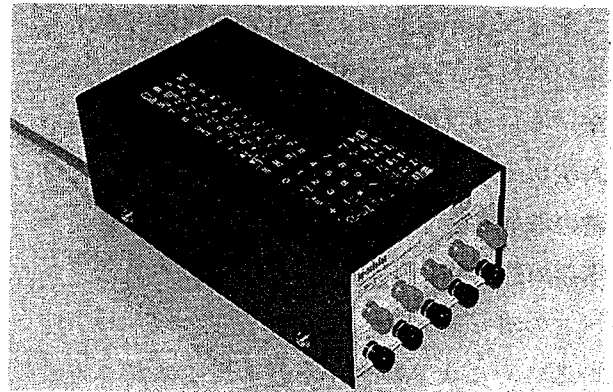


図8 コントローラ（完成品）

4. 実験

開発したコントローラを用い、図9に示す実験装置で酵母染色体 DNA の分離を行った。実験条件を以下に示す。

- ① 泳動方法 FIGEランピング法
- ② 泳動緩衝液 0.5倍TBE
- ③ 緩衝液温度 約25℃
- ④ ゲル 0.8%アガロースゲル
(124x140x3mm)
- ⑤ 電圧 DC100V（定電圧）
- ⑥ 電流 約35mA
- ⑦ ランピングパターン

ステップ	順方向(秒)	逆方向(秒)
1	50	20
2	45	18
3	40	16
4	35	14
5	30	12
6	25	10
7	20	8
8	15	6
9	10	4
10	5	2

ステップ1からステップ10を順次繰り返すランピングパターンを24時間行い、得られたDNA分離パターン(図10)は大型の泳動装置を用いた方法にも劣らない良好なものである。FIGEは通常の電気泳動では分離できない数十から数百キロ塩基対のDNAの分離法として用いられてきたが、このデータで示すようにランピングパルスを用いることにより数十から数メガ塩基対までのDNAの分離にも適用可能であることが確認できた。

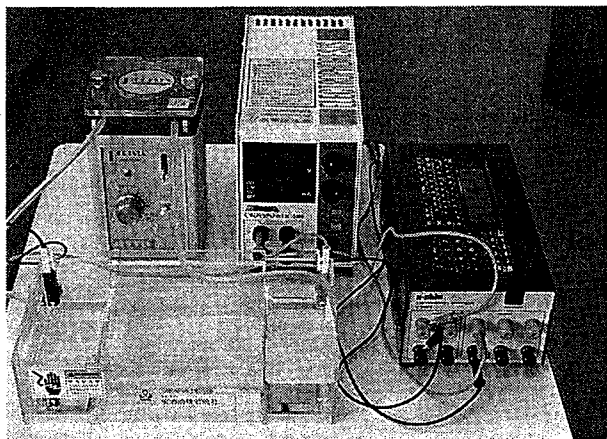


図9 実験装置

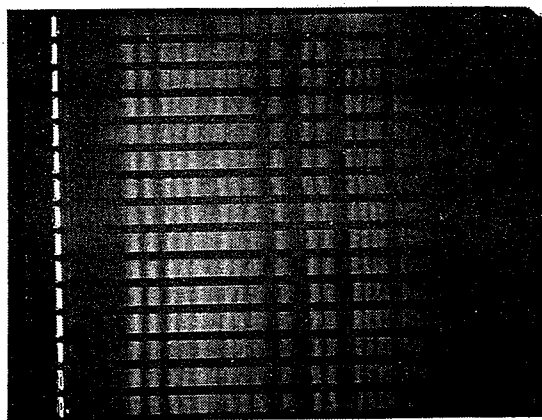


図10 酵母染色体DNAの分離パターン

5. おわりに

パルスフィールド電気泳動法は巨大DNAを分離するための最も簡便で有効な方法であり、種々の変法、装置が発表されている。今回、開発した

パルスフィールド電気泳動コントローラはFIGE、SPFG、CHEF等の主要な泳動法に適用可能であり、CPUとしてポケットコンピュータを用いているため非常にコンパクトで経済的である。また、パソコンとの通信機能を備えているため操作性、データ保存性にも優れている。このコントローラを用いて酵母染色体DNAの分離を行い良好な結果が得られることを確認した。なお、このコントローラは(株)オンワードで商品化が行われている。

DNA分離は遺伝子解読による難病の原因究明、治療、動植物の品種改良、鑑識等、さまざまな分野で必要とされており、そのための電気泳動技術は今後ますます重要になると思われる。

参考文献

- 1) 吉田, 山田, 山際, 近藤, 長沼, 尾崎: 多重電場対応ポケコンPFGEコントローラの作成と酵母染色体DNA分離, 生化学, Vol.65, 1993 (In Press)
- 2) 長沼, 吉田, 山田, 近藤, 尾崎: 多重電場PFGE装置の開発と巨大DNA分離への応用, 日本生物物理学会年会講演要旨集, 1992
- 3) ポケットコンピュータPC-E200取扱説明書, シャープ(株)

方向パターンマッチング法による文字認識実験

(第1報, 地形図よりの文字認識事例)

上杉 憲雄

Experiment of Character Recognition by Directional Matching Approach (1st Report, Example of Character Recognition from Topographical Map)

Norio UESUGI

画像処理技術の一手法である方向パターンマッチング法を用いて文字、記号、図形等が混在した地形図より文字を分離抽出・認識する実験を行ない、良好な文字認識結果が得られることを確認した。

1. はじめに

近年、生産性向上・人材確保をはかるにあたり人間が目と手を用いて行っている作業を自動化・無人化することは中小企業にとって重要な課題である。手の作業はロボット技術が不可欠であり、目視の作業の代替としては画像処理技術が不可欠である。画像処理技術の中でもパターン認識技術が重要であり特に文字認識はその実用性が高い。

文字認識の自動化を行う場合、文字の構造的特徴を抽出する構造解析法やパターンマッチング法等のさまざまな処理手法がある。

今回は、パターンマッチング法の一つである方向パターンマッチング法を用いて地形図より文字の分離・抽出、認識実験を行い、良好な結果が得られることを確認したので、本報において報告する。

2. 実験内容

文字・記号・図形等が混在した地形図を入力画像として、その入力画像から方向パターンマッチング法により文字を分離・抽出する文字認識実験

を行った。また、実験を行う際は、①入力画像全面に対して一画素ごとに文字一字分の大きさを切り出して入力画像全面にマッチングを行う場合と②方向特徴場と方向性並列演算によるMAP演算^{[1][2]}で抽出された文字候補領域のみにマッチングを行う場合の2種類の実験を行い、双方の文字認識性能の比較を行った。

3. 実験方法

3. 1 入力画像

国土地理院発行の地形図を対象にして文字認識実験を行った。具体的には、1:25000 筑波^[3]の地形図を、縦43mmx横53mm四方ごとに場所を変えて50箇所観測し（シャープカラスキャナ jx-450）これに色相排他性を用いた色分離^[4]を行って黒色だけ抽出された画像 640×512 点を入力画像とした。

図1に筑波^[3]の地形図で、居住地名称である上宿付近を観測して、これが黒色化されたものを示し、図2に図1の文字候補領域部分を示す。

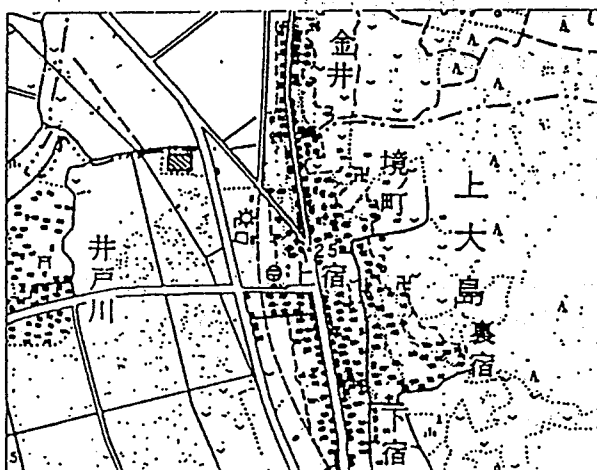


図1 筑波地形図「上宿」付近の黒画像

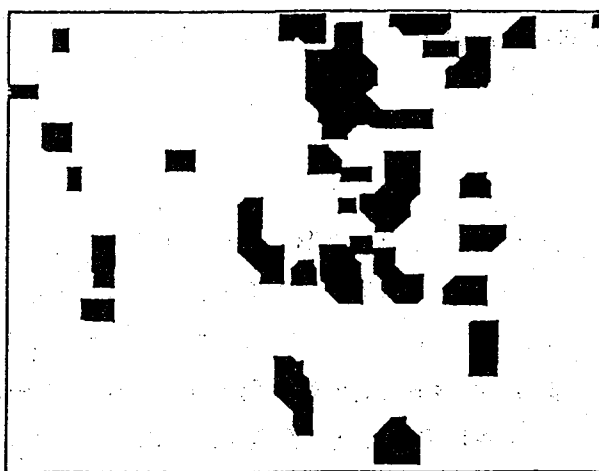


図2 図1の文字候補領域

3. 2 全面マッチング^[5]

以下に、全面マッチングによる文字認識について説明する。

文字、記号、図形等が混在している入力画像に対して文字であるか否かの区別を行わず、機械的に或る座標点を基準にした文字一字分が入る範囲を切り出す。この切り出したパターンに対して、通常のマッチングによる文字認識手法（本実験では方向パターンマッチング法を使用）を適用して認識結果（文字コードと文字らしさの尺度）と切り出した座標点を保存する。これを、1ないし数座標点ずつずらしながら入力画面全面について行う。この結果より、文字らしさがある程度以上の極大値をとる所が、文字認識結果となる。これを、

全面マッチングによる文字認識と呼ぶ。

3. 3 方向パターンマッチング法^{[6][7]}

文字の認識手法としては方向パターンマッチング法を用いた。入力画像の2値パターン $g(X) = g(x, y)$ の輪郭を追跡し、微小輪郭線の方角をその輪郭点 (x, y) の方向 (θ) とする。本実験では2つ前と2つ後の2輪郭点を結ぶ線分とした。

図3に示す様に方向 (θ) を縦、横、斜めの4方向に量子化し、対応する方向パターン面上に方向成分を割り当てる。ただし、2つの方向の中間に θ がきた場合は、隣合う2つの方向パターンに方向成分を $1/2$ ずつ振り分ける。

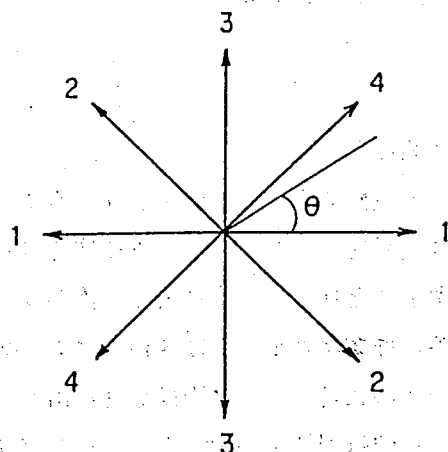


図3 方向 (θ) の量子化 (ν)

以上のことを、4方向パターン $G(U, \nu)$ とし、式で示すと次の様になる。

$$G(U, \nu) = G(u, v, \nu)$$

($\nu = 1 \sim 4$ 量子化された方向)

$$d = [8 \times \text{mod}(\theta, \pi) / \pi + 0.5]$$

$$\nu = [d/2] + 1$$

($[]$ はガウス記号)

2値パターンの座標 (x, y) に対応する方向パターンの座標 (U, ν) を求め d が偶数の場合 $G(U, \nu)$

に2を、 d が奇数の場合 $G(U, \nu)$ と $G(U, \text{mod}(\nu, 4)+1)$ にそれぞれ1を加える。これを全輪郭点について行うことにより、実験で使用する4方向パターン $G(U, \nu)$ ができる。

方向パターンマッチング法では、この4方向パターンから各座標点を中心とした1文字分の大きさの領域を抜き出し、認識対象とする文字それぞれについて同様に作成した辞書パターンとの相関により類似度を求める。座標 (U, ν) の各点で求められた認識結果のうち、類似度が指定した値以上で極大値をとる所を認識の最終結果とする。

3. 4 辞書の作成

〈字種〉

本実験で認識の対象とした字種は、3542字であるが、これは情報交換用漢文字符号系(JIS X0208 旧JIS番号 C 6226-1983[8])1区から8区、16区から47区(3760種)の中から地形図に使用される書体の文字を集めたものである。漢字は2965字の内、下記の13字を除く2952字が含まれる。

啞3022H, 悉3c3dH, 屢3c48H, 魯3d36H, 禱4578H, 漬4642H, 燃4732H, 潑482eH, 蔽4a43H, 萊4D69H, 漣4e7aH, 籠4f36H, 蠟4f39H

〈字体〉

表1の仕様によるゴシック体と明朝体

〈辞書パターン〉

各字種について、表1に示す仕様で印字の濃度等の印字条件を変えて印字された5サンプルを300 dpiで観測後2値化した 32×32 点(約2.7mm四方)のパターンから作った 16×16 点の4方向パターンを5サンプル加えて細分類辞書パターンを作成する。(式(1))

次に、細分類辞書を表2に示すボケ関数でボカした後(式(2))、これを 4×4 点にした4方向パター

ンを大分類用辞書とした。(式(3)) またゴシック体と明朝体それぞれについて細分類用と大分類用の辞書を作成した。

なお、 k_{gc} , k_{fc} は濃度正規化のための定数であり、 c は文字のカテゴリ番号である。

$$f_c(x, y, \nu) = k_{gc} \sum_{i=1}^5 f_{ic}(x, y, \nu) \quad (1)$$

$$f_c^b(x, y, z) = k_{fc} \sum_{|r|, |s| \leq 2} f_c^{-1}(x-r, y-s, \nu) \cdot W(r, s)$$

b : ボカす回数 (2)

$$g_c(u, v, \nu) = \sum_{i,j=1}^4 f_c^b(4u+i, 4v+j, \nu) \quad (3)$$

表1 対象字体の仕様[8]

対象字体	ゴシック体	明朝体
分類	居住地	居住地
表示対象	包括する名称	個々の名称
字形	直立体	直立体
書体	等線書体	明朝書体
字大	2.5mm 13級	2.0mm 11級

表2 ボケ関数 $W(r, s)$

$ s $	$ r $	0	1	2
0		15	12	6
1		12	9	4
2		6	4	2

r : ボカシを行う座標点よりの x 方向距離

s : ボカシを行う座標点よりの y 方向距離

3. 5 実験の手順

方向パターンマッチング法による全面マッチングを用いて文字・記号・図形等が混在した地形図より文字を分離抽出・認識する際の実験の手順を図4に沿って説明を行う。

まず、地形図(a)を300dpiで観測した後、色分離により黒色だけ抽出して横640点、縦512点(各点8ビット)の256レベルパターンを得る。(b)

この256レベルパターンを本実験では、しきい値を110として二値化する。(c)

次に、二値化パターンから輪郭点を抽出する。

(d)

その後、3. 4節で述べた方向パターンマッチング法により入力画像を次元数を320×256点に落とした4方向パターン $f(x, y, \nu)$ を作成する。ただし、 ν は方向を示す番号で1～4それぞれ「水平」、「右下がり」、「垂直」、「右上がり」の方向パターンを示す。(e)

次に3.2節の全面マッチングにより各320×256点を中心とした16×16点×4の4方向パターンを抜き出し、これを表1のボケ関数で1回ぼかし(式(4))、それを4×4点に次元数を落とした $g(u, v, \nu)$ ($u, v=1\sim4$)を(式(5))よりもとめ、3. 4節の大分類辞書パターン $g_c(u, v, \nu)$ との類似度 r_{gc} を(式(6))で求める。(f)

$$f^b(x, y, z) = \sum_{|r|, |s| \leq 2} f(x-r, y-s, \nu) \cdot W(r, s)$$

b : ボカす回数 (4)

$$g(u, v, \nu) = \sum_{i, j=1}^4 f^b(4u+i, 4v+j, \nu) \quad (5)$$

$$r_{gc} = \frac{\sum_{\nu, u, v=1}^4 g(u, v, \nu) \cdot g_c(u, v, \nu)}{\sqrt{\sum_{\nu, u, v=1}^4 g(u, v, \nu)^2} \cdot \sqrt{\sum_{\nu, u, v=1}^4 g_c(u, v, \nu)^2}} \quad (6)$$

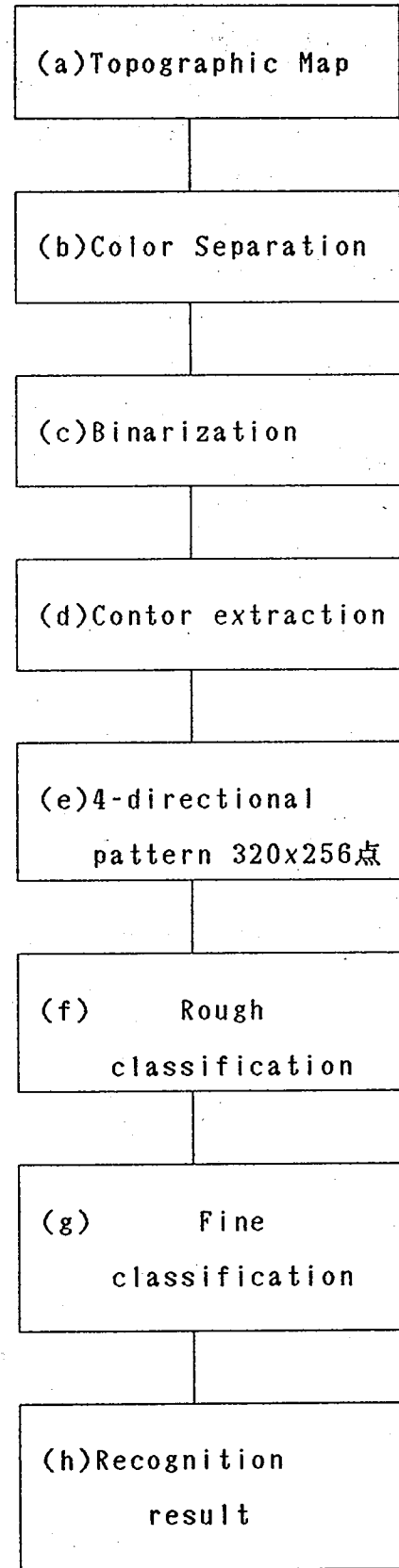


図4 実験手順

この内、上位30位までの類似度を得たカテゴリーについて、 $16 \times 16 \times 4$ 点の入力パターンを(式(4))により2回ばかしたものと3.4節の細分類辞書パターン $f_c(u, v, \nu)$ との類似度 r_{fc} を(式(7))で算出して最大の類似度を得るカテゴリーを求める。

(g)

$$r_{fc} = \frac{\sum_{\nu=1}^4 \sum_{x,y=1}^{16} f^{\nu}(x, y, \nu) \cdot f_c(x, y, \nu)}{\sqrt{\sum_{\nu=1}^4 \sum_{x,y=1}^{16} f^{\nu}(x, y, \nu)^2} \cdot \sqrt{\sum_{\nu=1}^4 \sum_{x,y=1}^{16} f_c(x, y, \nu)^2}} \quad (7)$$

大分類、細分類で文字一字分の大きさを切り出す際に基準とする座標点は、方向特徴場と方向性並列演算によるMAP演算^{[1][2]}より求めた文字候補領域にとり、指定した類似度以上で極大値をとる所を認識結果とする。(h)

4. 実験結果

4-1 しきい値となる類似度を0.8とした場合の認識結果

入力画像は、3.1節で述べた様に1:25000筑波の地形図より $43 \times 53\text{mm}$ 四方ごとに50箇所観測して黒色だけ抽出したものでありデータ名称はtsuku50～tsuku99としている。

入力データ tsuku88 (図5) に対して類似度0.8以上で極大値となる所を認識結果とし、文字候補領域(図6)のみにマッチングを行った結果を図7-1、入力画像全面に行った結果を図7-2に示す。

認識すべき文字は「平沢」と「筑波国際ゴルフ場」の10文字である。前者は2.5mm四方サイズのゴシック体であり、後者は2.0mm四方サイズの明朝体である。なお、「平沢官衛遺跡」はゴシック体であるがサイズが2.5mm四方でないので認識対象ではない。

以後、認識すべき文字が正しく読み取れている場合を正読、認識すべき文字が読み取れず認識結

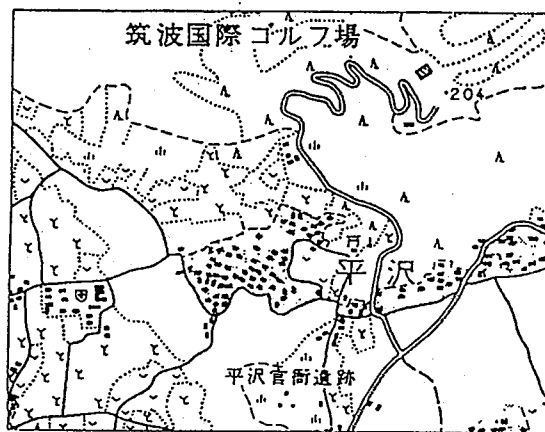


図5 入力データ tsuku88 筑波地形図「平沢」付近の黒画像

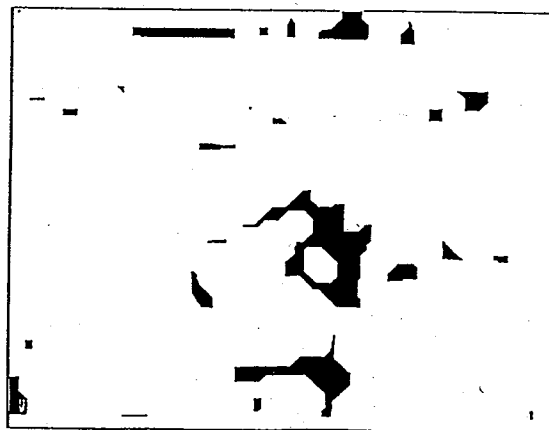


図6 図5の文字候補領域

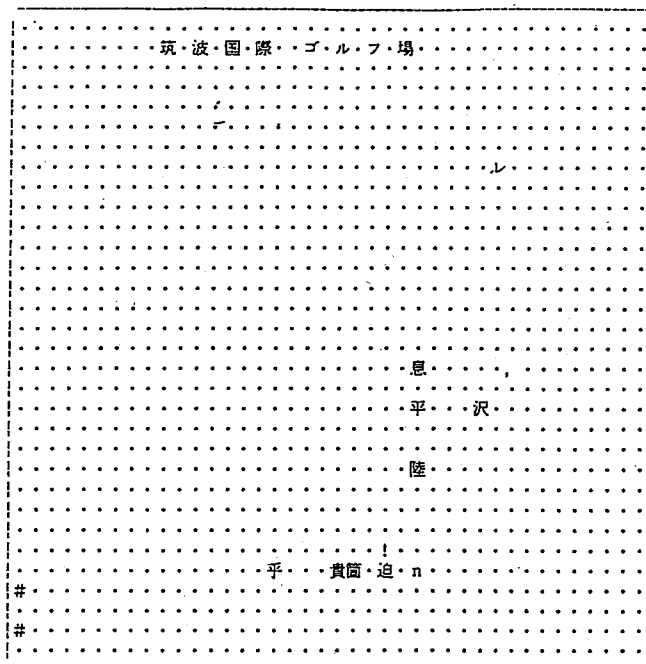


図7-1 しきい値となる類似度を0.8とした場合の図5の認識結果 (文字候補領域のみ)

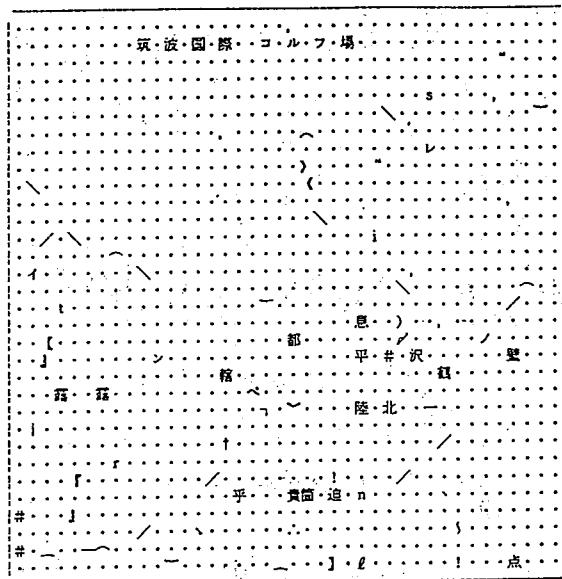


図7-2 しきい値となる類似度を0.8とした場合の図5の認識結果（入力画像全面）

果が空白になった場合を不読、認識すべき文字を誤って別の文字に認識した場合は誤読、認識すべき文字がないのに文字が認識された場合は過読とする。

文字候補領域のみにマッチングを行った場合、認識すべき文字は全て正読されている。正読すべき文字で最大の類似度は「国」の0.964で最小は「平」の0.893である。過読された文字は12文字で類似度は0.805～0.906までの範囲にある。

次に、入力画像全面に対して認識を行った場合では、「ゴ」が「コ」に誤読された。

誤読した「コ」の類似度は0.944であり、文字候補領域のみにマッチングを行った場合に正読した「ゴ」の類似度は0.921であり誤読した場合より低い。かつ、文字が認識された座標が文字候補領域のみにマッチングを行った場合と入力画像全面に対して行った場合では異なる。この2つの事実より入力画像全面に対してマッチングを行う場合は、辞書データ「ゴ」の類似度が低いために誤読となり、文字候補領域のみにマッチングを行う場合は、「ゴ」の文字候補領域から、辞書データ「コ」との類似度0.944をとる座標点がはずれて

いるため正読できたと思われる。今後、認識対象とする文字と辞書データとの類似度を高める必要がある。

他の認識すべき文字は全て正読されており最大の類似度は「国」の0.996で最小は「平」の0.893であり、文字候補領域のみマッチングを行った結果とほぼ一致している。

過読された文字は79文字で類似度は0.8～0.984の範囲にある。なお、この認識に要する処理時間は文字候補領域のみマッチングする場合に対して18倍程度余分にかかる。

以上より、方向パターンマッチング法により全面マッチングを行う方法では、入力画像全面の場合も、文字候補領域の場合も、実際に文字が存在する位置で複雑な背景の影響をほとんど受けずに認識が行われると言える。

4. 2 しきい値となる類似度を変化させた場合の認識結果

入力データ tsuku53, tsuku77, tsuku84, tsuku88 に対して、しきい値となる類似度を0.8～0.975まで変化させた場合の正読、誤読、不読となる文字それぞれの合計数（文字候補領域にマッチングを行った場合）と過読となる文字の合計数（文字候補領域のみと入力画像全面にマッチングを行う場合の2種類）の推移を図8に示す。

また、全入力データ tsuku50～tsuku99 に対してしきい値となる類似度を0.8～0.975まで変化させて文字候補領域のみにマッチングを行った場合の正読、誤読、不読、過読となる文字それぞれの合計数の推移を図9に示す。

しきい値となる類似度を高めていくと正読、誤読、過読される文字数は減少し逆に不読となる文字数は増加する。過読する文字数は文字候補領域のみにマッチングを行った場合の方がかなり少なくなる。

図8では、類似度0.85で不読数が0となるが図

9では、類似度0.85付近より不読数は一定となり0とならない。これは認識すべき文字があるにもかかわらず、その場所が文字候補領域となっていないためであり、4-1節と同様に文字候補領域を求める方向特徴場と方向性並列演算によるMAP演算の精度をより高めることで解決する。

4. 3 文字認識に要する処理時間の短縮

本実験では、方向特徴場と方向性並列演算によるMAP演算により文字候補領域を抽出すること

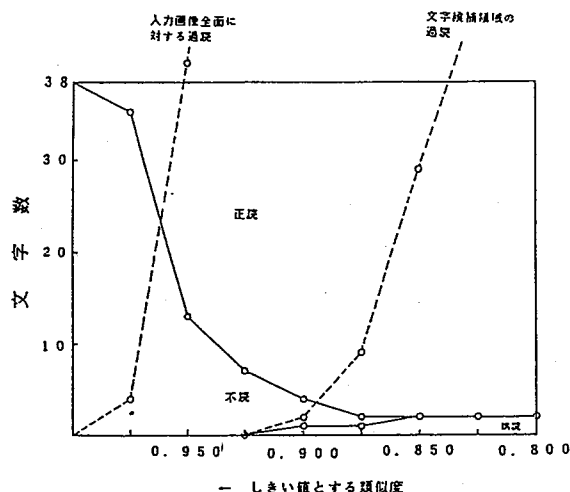


図8 tsuku53, 77, 84, 88の文字候補領域における正読、誤読、不読、過読の合計及び入力画像全面に対する過読の合計(認識対象となる文字の総数は38)

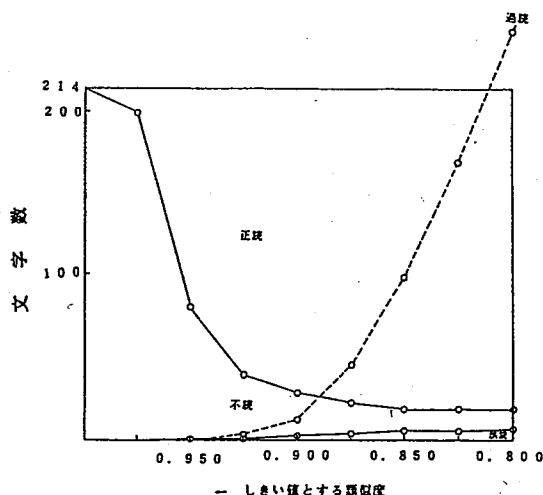


図9 tsuku50~tsuku99の文字候補領域における正読、誤読、不読、過読の合計(認識対象となる文字の総数は214)

でマッチングを行う箇所を絞り込み文字認識に要する処理時間が低減できることを確認した。

入力データ tsuku88 (図5) に対しMAP演算で計算した文字候補領域(図6)の面積は入力画像の3.6%であり、文字候補領域のみにマッチングを行う場合は入力画像全面に対してマッチングを行う場合の1/18の処理時間で文字認識が行える。

5. まとめ

本実験では、まず方向パターンマッチング法による全面マッチングにより文字認識を行うシステム^[5]を使用して、地形図より文字を分離抽出・認識する実験を行い、良好な結果が得られることを確認した。

続いて、方向特徴場と方向性並列演算によるMAP演算^{[1][2]}により文字候補領域を抽出するシステム^[5]を使用してマッチングを行う箇所を絞り込むことが文字認識に要する処理時間短縮に有効であることを確認した。

今回使用したシステムの今後の課題としては、認識対象とする文字と辞書パターンとの類似度の向上及び文字候補領域を求める際の精度向上が挙げられる。

6. 謝 辞

本実験は、中小企業技術指導員養成課程 6 ヵ月コースの一環として行ったものである。

実験を進めていく上で、ご指導頂いた電子技術総合研究所 知能情報部 画像研究室長 山本 和彦氏、主任研究官 山田 博三氏、主任研究官 斉藤 泰一氏に感謝致します。また、実験を進めて行く上でご支援頂いた他の画像研究室の皆様に感謝致します。

【参考文献】

- [1] 山田博三、山本和彦：“方向特徴場における2値画像並列演算——8近傍による任意方向

- 電播のためのツイスト型演算——”，「信学論」，Vol. J72-D-II，No.5，pp. 678～685（1989-05）。
- [2] 山田博三、山本和彦、齊藤泰一、松井伸二：
“方向特徴場の方向性並列演算(MAP)法による地形図の特徴抽出”，「情報論」，Vol.31，No.6(1990-06)。
- [3] 国土地理院：「昭和61年2万5千分1地形図図式」 昭和61年3月31日
- [4] 松井伸二、山田博三、村木茂、齊藤泰一、山本和彦：“色相の排他性による地図の色分離手法”，「情報処理学会第37回(昭和63年後期)全国大会」(Ⅲ)，3V-4，pp. 1545～1546（1988-09）。
- [5] 齊藤泰一、山田博三、山本和彦：“全面マッチングによる複雑背景中の文字の分離抽出・認識”，「電子情報通信学会技術研究報告」，AI90-43，PRU90-37（1990-07，12）
- [6] 齊藤泰一、山田博三、山本和彦：“手書文字データベースの解析(Ⅳ)——方向パターン・マッチング法によるJIS第一水準手書漢字データベース ETL9 の評価——”，「電子技術総合研究所彙報 第49巻 第7号（1985）別冊」昭和60年7月
- [7] 齊藤泰一、山田博三、山本和彦：“手書文字データ・ベースの解析(Ⅴ)——方向パターン・マッチング法による教育漢字の解析——”，「電子技術総合研究所彙報 第46巻 第12号（1982）別冊」昭和57年12月
- [8] 日本規格協会：「情報交換漢字符号系 JIS C 6226-1983」昭和57年12月

ファジィ制御用メンバシップ関数設計支援システムの開発

古谷 薫

Development of Membership Function Design System for Fuzzy Control.

Kaoru FURUTANI

本研究では、現在適用例が多くみられるようになってきたファジィ制御技術の利用において重要なポイントとなるメンバシップ関数の設計を効率的に行うために、パソコンを使用した設計支援システムを開発した。

メンバシップ関数の形状、ファジィ推論の過程、結果のグラフィック表示により、メンバシップ関数・ファジィ関係の定義、修正を効率的に行うことが可能となった。さらに、本システムの推論部分の利用によりソフトウェアから、また、推論ボード等への定義データの活用、推論結果のROM化によりハードウェアからのファジィ制御の実現が可能になった。

1. 諸 言

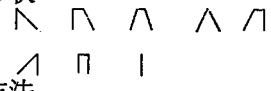
今日の機器の自動化の進展に伴い、制御技術の向上がより重要となってきた。この背景の1つには熟練技術者不足の問題があり、これに対する早急な対策が迫られていることが挙げられる。

この種の問題に対して現在ではファジィ理論、ニューラルネットワーク、エキスパートシステム等知識工学の技術を適用することにより、熟練技術者、経験者の持っている技術的なノウハウをコンピュータに取り入れようとする動きが、盛んになってきた。このなかでファジィ理論を適用した制御システムも数多くみられるようになっている。ノウハウは言語的に表現されることが多く、このような場合には言葉のあいまいさを扱うことのできるファジィ理論の適用が大変有力な手段となる。

ファジィ理論を用いて適切な制御を行うためには、言葉のあいまいさを表現するためのメンバシップ関数を適切に定めることが必要である。このた

めにはメンバシップ関数のチューニング技術が大変重要である。そこで本研究では、このチューニングを効率良く行うための設計支援システムを開発した。

2. システム仕様

- (1) 入力数 最大3
- (2) 出力数 1
- (3) 1入力あたりのメンバシップ関数の数
最大7 (追加可能)
- (4) ルール数 最大40 (追加可能)
- (5) メンバシップ関数の形状
8種類 
- (6) 非ファジィ化処理の方法
min-max 合成・重心法
- (7) レスポンスタイム
平均 約0.05秒
- (8) 使用機器 NEC PC-9801VX

(9) 使用言語 C言語 (TurboC)

3. 機能

本研究で開発したシステムの機能の概要は、以下のとおりである。

(1) 条件設定

入出力数、ルール数、
メンバシップ関数の数、
メンバシップ関数の形状、
ルール

等、変数の定義

(2) メンバシップ関数の変更

(3) ルールの変更

(4) メンバシップ関数のグラフィックス表示

(5) ファジィ演算結果の数表テーブル表示

(6) ファジィ演算結果のグラフィックス表示

(7) ファジィ演算過程のグラフィックス表示

(8) 定義変数のディスク入出力

4. システムの概要

(1) 設計の手順

本システムを利用してファジィ制御システムを設計する場合の操作の流れを図1に示す。

(2) メンバシップ関数の定義

処理速度等の面から使用できる関数の形状は基本的には三角形の正規化された要素とした。図2

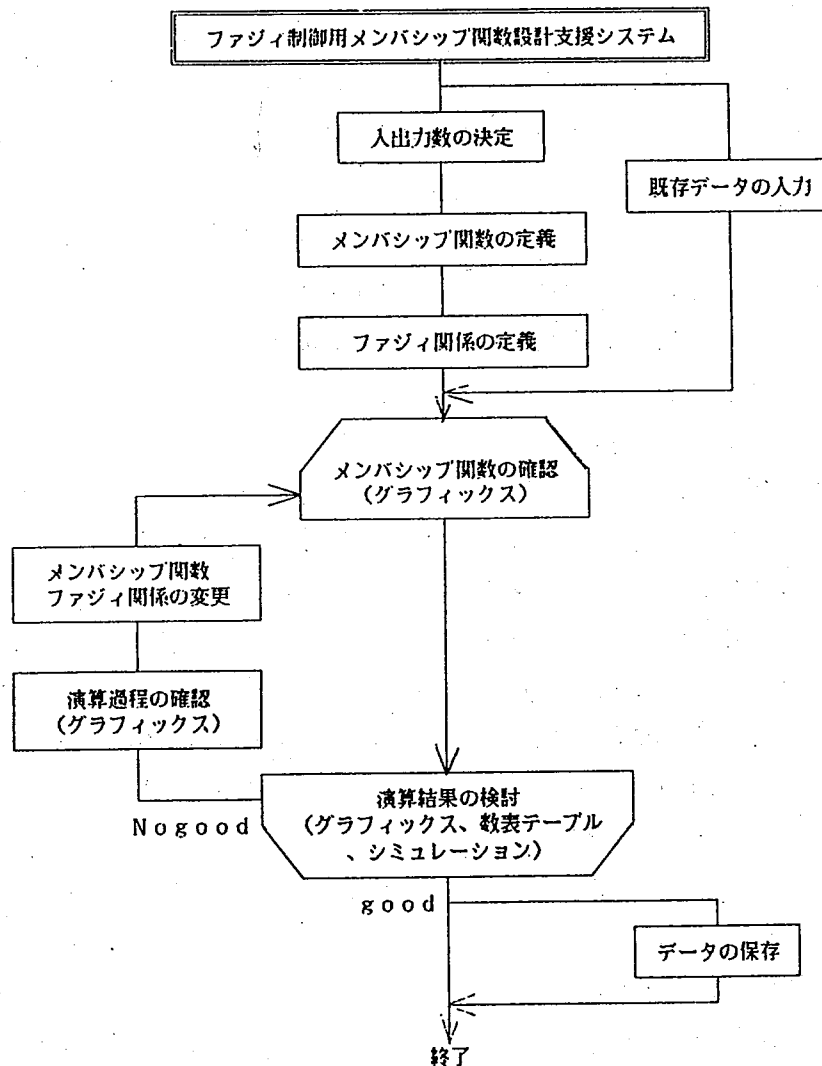


図1 設計の流れ

に示すように三角形の左右の斜辺について、左側の辺の下端を $l\ b$ 、上端を $l\ t$ 、右側の辺の上端を $r\ t$ 、下端を $r\ b$ とし、1つのメンバシップ関数について4点の x （入出力軸）座標の値を定義することで表現している。この表現方法では、2.(5)に示すように8種類の形状の定義が可能である。 $l\ t = r\ t$ とすれば三角形、 $l\ t \neq r\ t$ とすれば台形となる。各メンバシップ関数は、定義された順に付けられる0から始まる番号（ラベル）により識別される。

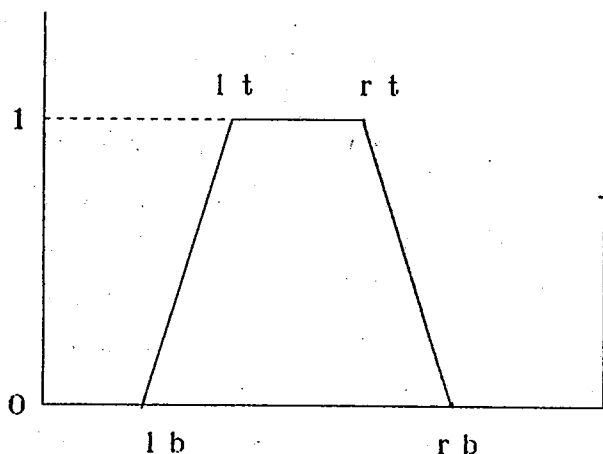


図2 メンバシップ関数の定義変数

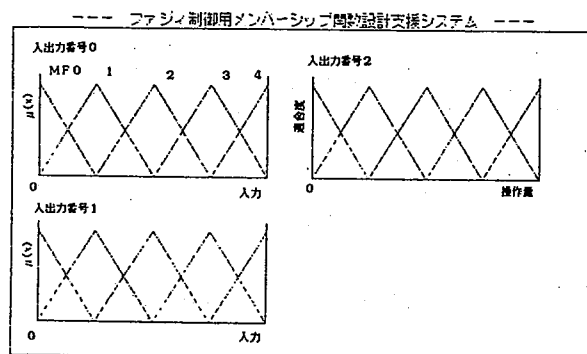


図3 メンバシップ関数の定義例

本システムを利用して、メンバシップ関数を定義し、グラフィックス表示した例を図3に示す。この場合、変数の定義は図4のようになる。

- 1: MF の数の変更 2: MF の形状の変更
9. End 番号選択

MF の数	mn[0]	mn[1]	mn[2]
	5	5	5
入出力番号 0			
	lb(0)	lt(1)	rt(2)
MF 0	0.00	0.00	0.00
1	0.00	2.50	2.50
2	2.50	5.00	5.00
3	5.00	7.50	7.50
4	7.50	10.00	10.00
入出力番号 1			
	lb(0)	lt(1)	rt(2)
MF 0	0.00	0.00	0.00
1	0.00	2.50	2.50
2	2.50	5.00	5.00
3	5.00	7.50	7.50
4	7.50	10.00	10.00
入出力番号 2			
	lb(0)	lt(1)	rt(2)
MF 0	0.00	0.00	0.00
1	0.00	2.50	2.50
2	2.50	5.00	5.00
3	5.00	7.50	7.50
4	7.50	10.00	10.00

図4 メンバシップ関数の定義

(3) ファジィ関係（ルール）の定義

ファジィ関係（ルール）の定義は各メンバシップ関数に付けられる番号（ラベル）を用いて行う。入力数2、出力数1の場合、入力番号0の a 番目の条件と入力番号1の b 番目の条件から出力側の c 番目の条件を適合させるというファジィ関係を、 $a\ b\ c$ といった番号の並びで定義する。これは「 a かつ b ならば c 」というファジィ関係を表現している。

実際の定義例を図5の画面表示例に示す。

--- ファジィルールの変更

1. ルール数の変更 2. ルールの変更
9. End 番号選択

ルール数	5
入出力番号	0 1 2
ルール番号	0 0 0
	1 1 1
	2 2 2
	3 3 3
	4 4 4

図5 ファジィ関係定義画面

5. 実 験

本システムの効果を確認するために図6に示す1次遅れ要素による制御モデルについて、シミュレーションを行った。目標値は値が1のステップ入力とした。

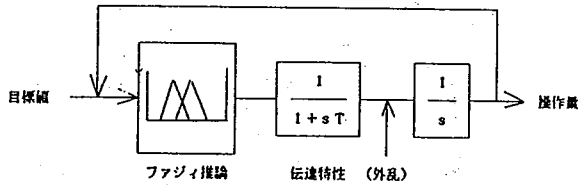


図6 1次遅れ制御モデル

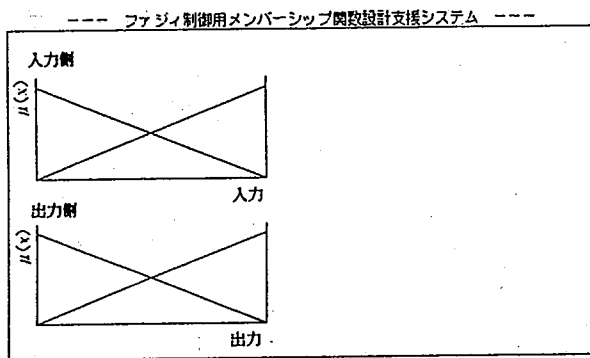


図7 メンバシップ関数(1)

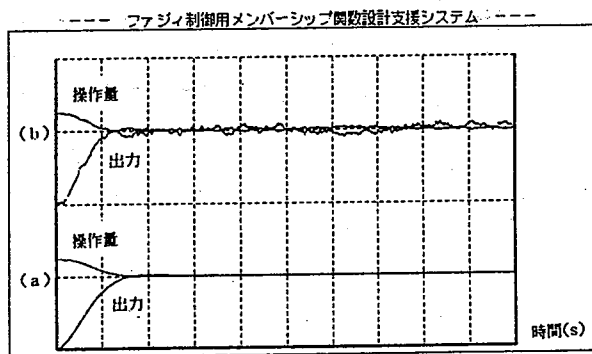


図8 シミュレーション結果(1)

図8(a)は図7に示すメンバシップ関数を用いた場合のシミュレーションの結果で良好な結果が得られている。図8(b)は外乱として正規分布(平均0、標準偏差0.3)の乱数を与えたものでありこれについても良好な制御結果が得られている。ここで改良点としては、立ち上がりの早さの向上が

考えられる。図9の演算結果を見ると立ち上がりの早さには目標値との差が大きい領域での操作量の大きさ、変化量が影響していると考えられる。

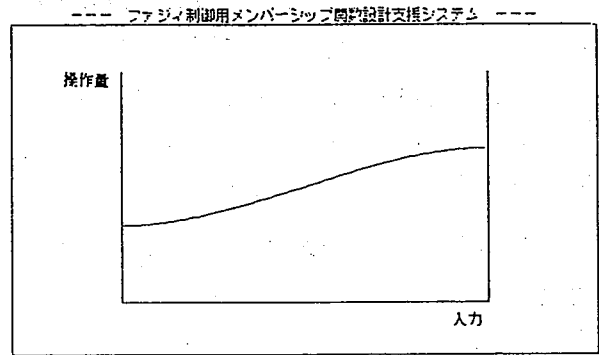


図9 ファジィ演算の結果(1)

そこでこの点を考慮してメンバシップ関数を図10のように変更した。この変更により得られる演算結果を図11に示す。この場合のシミュレーションの結果は図12に示すとおりである。これを見ると立ち上がりが早くなっており、前例と比較してより良い制御となっていることが分かる。

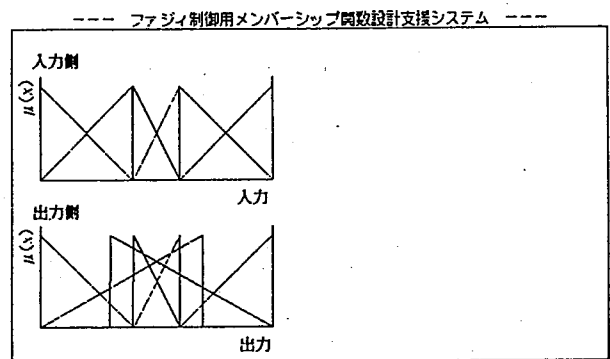


図10 メンバシップ関数(2)

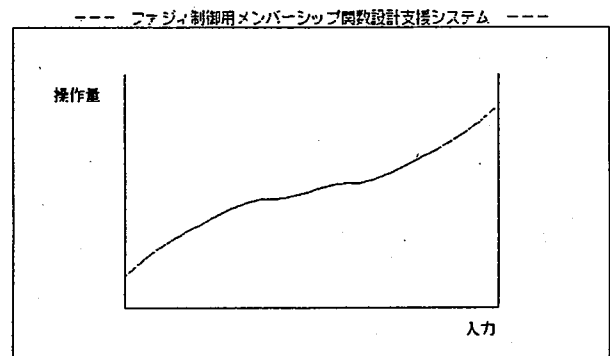


図11 ファジィ演算の結果(2)

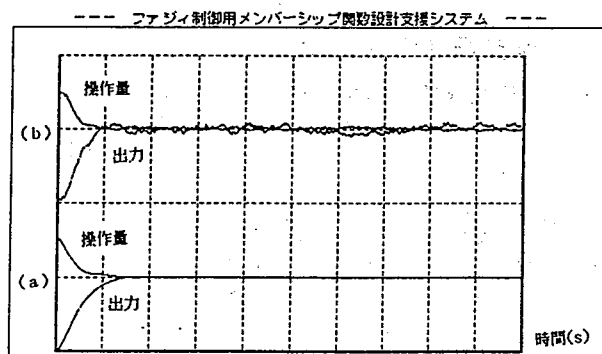


図12 シミュレーション結果(2)

5. 結 言

本システムの開発により得られる効果は以下のとおりである。

- (1) 本システムを用いることで、メンバーシップ関数の形状とファジィ演算の結果を対比して見ることが可能となる。この結果、ファジィ制御を行うために必要な諸条件の検討を容易に行うことができる。
- (2) 実際の制御において、ファジィ演算をソフトウェアで実現する場合には、本システムのファジィ演算の処理部分がそのまま利用できる。
- (3) ハードウェアで実現する場合には、数表テーブルのROM化、推論ボードにおけるメンバーシップ関数の定義等に利用が可能である。

・今後の課題

今回は処理速度の面からメンバーシップ関数の型を三角形の要素に限ったが、他の種類の型の関数も使用できるようにし、関数の型の違いによる影響も容易に分かるようにする。

メンバーシップ関数の形状、ファジィ関係等の定義変数の設定にニューラルネットワークを適用し最適化を図る。

参考文献

- 1) 電気学会編、あいまいとファジィーその計測と制御一、オーム社、1991年6月

2) 菅野道夫、ファジィ制御 日刊工業新聞社
1989年。

3) 連続系シミュレーション 小池慎一
CQ出版

作業者グループの導入による作業負荷の平準化

—地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その1—

小島 一洋 横山 武房 近藤 浩樹* 中村 信人*
森川 克己* 田中隆太郎** 佐々木一彦** 梅田 昌貴**

Workload Leveling by Introducing Worker-Groups

Research on examples of Production Engineering Approach in regional small & medium enterprise—Result of a society for scientific research of CIM system in Hiroshima City Industrial Promotion Center (part 1)

Kazuhiro OJIMA Takefusa YOKOYAMA
Hiroki KONDO Nobuto NAKAMURA
Katsumi MORIKAWA Ryutaro TANAKA
Kazuhiko SASAKI Masaki UMEDA

1990年代の戦略的生産システムとして、世界各国で近年 CIM (Computer Integrated Manufacturing) の構築が検討されている。これは、企業環境が急速に変化し、この変化への対応を的確に行っていくことが極めて肝要であり、その具体的企業活動として CIM 化が検討されている。広島地域の中小企業でも、このような動きは軌を一にしている。

（財）広島市産業振興センターでは、このような背景を踏まえて、平成元年度に生産管理・技術研究会（CIM 構築についての基礎的研究）対象15社、平成2年度に CIM 研究会（モデル企業2社に対する CIM 化への第一歩を目指したシステムエンジニアリング能力の向上）対象12社、平成3年度 CIM 研究会（シミュレーション技術の基礎的研究）対象6社を実施してきた。

平成4年度事業では、これら研究活動の実績を踏まえ、更にシステムエンジニア能力の向上を目

指すこととし、具体的には、CIM 化のために必要な「生産工学的アプローチからの基礎的研究」のメインテーマのもとに、会員企業の CIM 化へのレベルに応じて、会員企業のニーズにダイレクトに対応したより会員企業密着の特定テーマ（5テーマ）について、5分科会方式による深耕研究を実施したのでその成果の一端を紹介する。内容的には、会員企業5社の各々が、自社の研究テーマに向かって、講師陣（講師＋講師アシスタント）と共に積み重ねた産・学・官交流の具体的な成果である。

最後に、本研究会のリーダーをつとめて頂いた広島大学工学部中村信人教授と計数管理工学教室のメンバーの方々並びに、終始様々な場での協力を惜しまなかった講師陣と会員企業の方々に対して深く感謝の意を表する次第である。

*広島大学工学部

**田中家具工業㈱

1. はじめに

T社では、工場内の機械配置の変更と同時に、次のような物の流し方と作業応援形態の導入を検討している。

まず工場を大きく三つの区域に整理し、その間に一日分の仕掛り在庫を保有するスペースを設ける。各工程区域では翌日に次工程区域がこなす作業分のみを処理し、それらを次工程の前に在庫として保有する。もし、当日こなすべき作業がすべて終わったならば、当該工程区域内ではそれ以上の作業は行わない。このように各工程区域で行う仕事を、“次工程の一日分”に制限することで、物の流れを正しく把握することができる。たとえば今日部品を投入した場合、原則として三日後に完成することになるため、顧客からの完成日問い合わせに的確に回答できるという利点がある。

次に、部品の投入パターンを変更するといった新しい物の流し方を導入する。これを試みる背景は、各製品タイプごとにネック工程が異なるはずなので、日によって異なる製品用部品を投入することによってネック工程が変わり、作業の負荷を平準化できると考えられるからである。

また、各作業域内において、各作業者に特定の作業のみを担当させるのではなく、自分のすべき作業が終了した時点で、他の作業を行うという応援形態の導入を考える。この応援形態の導入により工場全体の生産性が向上するものと期待される。

そこで、本研究では、新しい物の流し方の導入や応援形態の導入がどの程度工場の生産性を高める可能性を持っているかをコンピュータ・シミュレーションによって、検討する。

2. 実験の設定

2. 1 対象製品

工場では多種の製品が生産されているが、ここでは最も生産量の多い以下の4タイプの製品をシミュレーションの対象とする。

- ・タイプa：クロゼット（フラットタイプ）

- ・タイプb：クロゼット（ルーバータイプ）
- ・タイプc：間仕切（フラットタイプ）
- ・タイプd：間仕切（ガラスタイプ）

タイプdはさらに3品種（d1, d2, d3）に分けられる。

それぞれの製品の加工経路は同一であるが、各品種ごとに必要部品が異なるため区別が必要である。

2. 2 生産工程

図1は対象工程を図的にまとめたものである。工程は全部で23あり、製品タイプごとにその経路や加工時間が異なる。作業者は全部で20人おり、各工程にそれぞれ1人から3人の作業者を割り当てる。また、作業には機械作業と手作業がある。機械作業については複数の作業者を割り当てても処理量は増えないが、手作業については待ちの作業があれば作業者の数だけ並列的に作業を行うことができる。

2. 3 部品投入パターン

ここでは、表1に示す3つの部品投入パターンを検討する。シミュレーションは工程内に仕掛りのない状態から始めるため、シミュレーション開始時点から統計量を取り始めると、後工程が実際より低い稼働率を示す可能性がある。そこで統計量は3日目から取り始めることとし、14日の終わりの時点でシミュレーションを終えるものとする。したがって統計量を取る間に1日目から12日目に投入した部品が完成品としてでき上がることになる。なお、3つの投入パターンにおいて、当該期間中に完成する製品数は各タイプとも同数である。3つのパターンを試みる背景は、各製品タイプごとにネック工程が異なるはずなので、日によって異なる製品用部品を投入することによってどのような影響がみられるか検討したいことにある。現在の部品投入量は表1のパターン1で、これまでの実績をもとにした経験的な上限数である。

表1 部品投入パターン設定

日	パターン1	パターン2	パターン3
1	a 100	a 100	a 100
2	a 100	a 100	a 100
3	a 100	a 100	d 1 30
4	a 100	b 50	a 100
5	a 100	a 100	d 2 30
6	a 100	c 50	a 100
7	a 100	a 100	d 3 30
8	b 50	d 1 30	a 100
9	c 50	a 100	b 50
10	d 1 30	d 2 30	a 100
11	d 2 30	a 100	c 50
12	d 3 30	d 3 30	a 100
13	a 100	a 100	a 100
14	b 50	b 50	b 50

2. 4 シミュレーション・モデル

シミュレーション・モデルは、分析するシステムに最も適するモデル化機能を選択できる SLAMII ([1][2]) というシミュレーション用パッケージを用いて構築する。個々の作業者を区別し、必要に応じて他の作業を応援するという状況をモデル化しようとした場合、ネットワーク図のみでは表現できないので、FORTRAN 副プログラムを追加する。

ネットワーク図で、使われる記号には次のようなものがある。

- ・ENTER ノード：製品を投入する
- ・AWAIT ノード：作業者や機械を確保する

まで製品を待たせる

- ・FREE ノード：確保した人や作業者を解放する
- ・COLCT ノード：統計を収集する
- ・EVENT ノード：ネットワークとユーザープログラムを融合させる
- ・QUEUE ノード：サーバーが空くまで製品を待機させる
- ・MATCH ノード：製品間の同期をとる
- ・ACCUMULATE ノード：複数の製品を一つにまとめる
- ・アクティビティ：時間遅延や製品の行き先を指定する。

3. 実行例

シミュレーションは、1日8時間で、14日間(統計の計算は最初の2日を除いている)である。

表2 作業者、機械の稼働率

	パターン1	2	3
RES1	1	0.06	0.07
RES2	1	0.24	0.26
RES3	1	0.14	0.15
RES4	1	0.03	0.03
RES5	1	0.55	0.58
RES6	1	0.30	0.32
RES7	1	0.39	0.41
RES8	1	0.04	0.04
RES9	1	0.19	0.20
RES10	1	0.23	0.24
RES11	3	0.62	0.65
RES13	2	0.62	0.65
RES15	1	0.12	0.13
RES16	1	0.14	0.15
RES17	1	0.37	0.39
RES18	1	0.25	0.26
RES19	2	0.46	0.49
RES21	1	0.06	0.07
RES22	1	0.33	0.40
RES23	1	0.32	0.34
RES24	1	0.51	0.54
RES25	1	0.21	0.22
RES26	1	0.14	0.15
RES27	1	0.04	0.04
RES28	1	0.03	0.03
RES29	1	0.39	0.41
RES30	1	0.05	0.06
RES31	1	0.02	0.02
RES32	1	0.18	0.08
RES33	1	0.17	0.12
RES34	1	0.26	0.28
RES35	1	0.23	0.24

部品の投入パターンの検討において最も注意する点は作業者が実質的にどれだけ作業に従事しているかであるが、その結果を表2にまとめている。なお、表2のRES1からRES19は、それぞれ作業員AからTを表しており、RES11には3人、RES13、19にはそれぞれ2人の作業員を割り振っている。RES21からRES35は、機械作業の工程を表している。

この結果からわかることは、パターンの変化による違いがほとんどないことと、作業員の作業負荷が低いことである。また、各機械ごとの稼働率を調べると、最も高いのが、クロスカット(51%)、NC1(39%)、ギャングリッパー(38%)であり、ほとんどのものは、20%以下であり稼働率があまりよくないことがわかる。これは、工程に流す部品の数が少なかったことや、このシミュレーションが現実の生産システムを十分に表現できていないことが理由として考えられる。

また、各工程に配置している作業員の割り振りを変えてシミュレーションしたが、作業負荷には、ほとんど変化がみられなかった。

4. おわりに

現在、一人一人の作業員を区別した応援形態の導入を行っている。このとき、専任者と応援者の作業能率の差異や、各作業員ごとの対象製品に従事できる割合を考慮し、できるだけ現状に近いレベルのプログラムにしたいと考えている。各工程での作業員や機械の稼働率のほか、この応援形態の導入によって、より多くの製品を作ることができると思われるので、その上限値も見つけたいと考えている。

参考文献

- [1] A. Alan B. Pritsker, "Introduction to Simulation and SLAM II", Systems publishing Corporation, 1986.

- [2] 森戸晋, 相沢りえ子, 「SLAMIIによるシステム・シミュレーション入門」, 構造計画研究所, 1986.

生産日程計画作成支援システムの構築

—地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その2—

小島 一洋 横山 武房 大谷 博文* 中村 信人*
森川 克己* 植田 和美** 河本 二郎** 島内 豊宏**

The Building of A Day's Production Schedule Planning-aided System

Research on examples of Production Engineering Approach in regional small & medium enterprise—Result of a society for scientific research of CIM system in Hiroshima City Industrial Promotion Center (part 2)

Kazuhiro OJIMA Takefusa YOKOYAMA
Hirofumi OHTANI Nobuto NAKAMURA
Katsumi MORIKAWA Kazumi UEDA
Jiro KAWAMOTO Toyohiro SHIMAUCHI

前報（その1）の研究背景のもとに、柱上変圧器生産日程計画作成支援システムの構築について述べる。

1. 序 論

C社では、柱上変圧器（トランス）の見込み生産を行っており、それらの製品は、5kVA, 10kVA, 20kVA, 30kVA, 50kVAの5機種に分けられる。製造工程は、大きく分けて巻線、鉄心、組立工程に分けられ、どの製品も、巻線工程で作られたコイルと鉄心工程で作られた鉄心を組立工程で組み合わせて完成品となる。これらの製品の生産計画は一ヶ月の需要予測を行い、その需要情報を基にして組立工程の日程計画作成し、それを基にして巻線、鉄心工程の日程計画を作成している。巻線、鉄心工程ではロット生産を組立工程では混合ライン生産を行っており、鉄心工程の生産能力が一番小さい。組立工程の生産能力が一番小さければ、組立工程の日程計画に前工程の日程計画を合わせる事が容易であるが、現状では、組立工程

の日程計画を最初に作成しても、鉄心工程の生産能力では間に合わない場合があり、その時には組立工程の日程計画を変更しなければならず、日程計画作成が非常に複雑なものとなっている。また、それらの日程計画に関わる様々な条件（各機種のロットサイズや循環サイクルなど）は、生産計画者のこれまでの経験に基づいて設定されている。これらの理由によって、工程間在庫量が多くなっている。

そこで本研究では、一ヶ月当たりの各機種の生産台数が与えられた場合、瞬時に各工程の日程計画を作成し、種々の条件変更にしたがって、その計画を変更できるシステムの構築をめざし、それによって生産計画者の日程計画作成業務を支援することを目的としている。

*広島大学工学部, **中国電機製造株式会社

2. 研究対象

巻線工程

- ・この工程では、複数機械（約10台）が稼働しており、それらのほとんどが専用機（生産する機種が決まっている）として使われている。しかし機械の段取替えを行うことによって生産機種の変更が可能である。またその時には段取時間が必要であり、それらは機械によって異なる。
- ・製品数（5機種）に対して機械台数が多く、また一ヶ月の生産台数に対して生産能力に余裕があるため一日5機種までの生産が可能である。

鉄心工程

- ・この工程では、自動機と手動機の2台の機械が稼働している。手動機は、すべての機種を生産することができるが、自動機は5, 10kVAの2機種しか生産できないので、基本的には、半自動機は残りの3機種を生産している。
- ・自動機よりも半自動機の方が生産能力が大きいので、5, 10kVAの一ヶ月の生産台数が自動機だけでは処理しきれないときは、半自動機も5, 10kVAを生産する。
- ・製品数（5機種）に対して機械台数が少なく（2台）、段取時間も製品一つにかかる処理時間に対してかなり長いので、現在は一日2機種生産を行っており、自動機は約10日間、半自動機は約一週間毎に生産機種を変更している。
- ・一ヶ月の生産台数に対して生産能力に余裕がないため、機械の機種変更をあまり多くできない（総段取時間が長くなるため）。

組立工程

- ・この工程は混合ライン生産を行っており、製品はコンベアー上で処理される。
- ・現在、この工程では部品の都合上、一日3機

種を生産するようにしており、その組合せは約一週間毎に変更している。

3. システムの構築

3.1 ロット生産

ある工程で多数の製品を生産するとき、一度段取り替えを行った後に同一製品を連続的に生産し、また段取り替えを行って別の製品を連続的に生産していく方式をロット生産方式といい、その連続的に生産を行う期間を製品の製造連、その時に生産される製品数をロットサイズという。そして、1つの製品が生産されてから、次にまたその製品の生産が開始されるまでの間隔をその製品の製造サイクルという。

また、生産される製品が、ある一定の順序で繰り返されることがある。この繰り返しを循環サイクルという。例えば、ある工程で製品A, B, Cが次のような順序で生産されているとき、

(i) $\overline{ABC} \overline{ABC} \dots$,

(ii) $\overline{ABABC} \overline{ABABC} \dots$,

(i) ではABCが、(ii) ではABABCが1循環サイクルであり、(i) を基本循環サイクル、(ii) を変則循環サイクルという。そしてある循環サイクルを繰り返して生産を行う方式をサイクリックスケジューリング方式[1]といい、基本循環サイクルを用いたものを基本サイクリックスケジューリング方式、変則循環サイクルを用いたものを変則サイクリックスケジューリング方式という。

また、各製品のロットサイズに注目すると、各製造連を通じてロットサイズが一定なものを固定ロットサイズ、必ずしも一定でないものを可変ロットサイズという。

本研究ではロット生産を行っている鉄心、巻線工程に対して、次のような方法で日程計画を作成する。

〈鉄心工程〉

稼働している各機械（2台）に対して、サイクリックスケジューリング方式をベースに、可変ロットサイズ、変則循環サイクルを適用し、それらを変更することによって日程計画を修正する。

〈巻線工程〉

各機械に対してサイクリックスケジューリング方式を適用すると、稼働している機械が多く（約10台）、ほとんどが専用機として使われているため、日程計画作成が非常に複雑になってしまう。従って、組立工程の日程計画からリードタイム分だけさかのぼって各機械に割り当てていく方式を適用する。〔2〕

3. 2 システムのモデル化

図1にシステムの概要を示す。

I 初期データ及び日程計画作成条件の入力

(i) 初期データ

計画期間（日数）、一ヶ月の各機種種の総生産台数

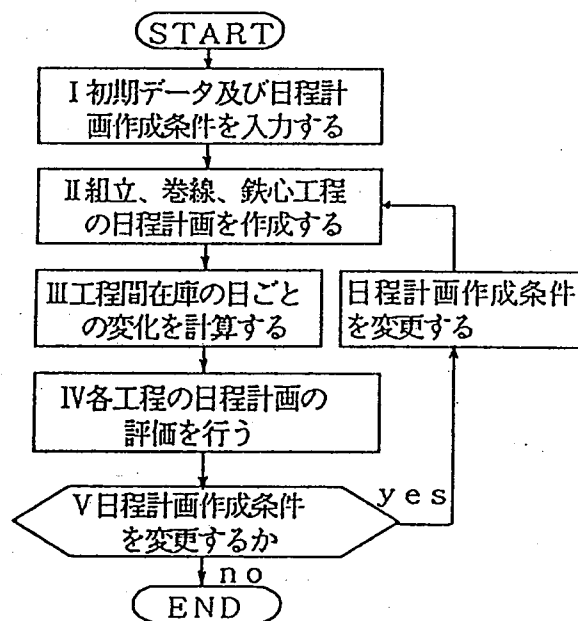


図1 システムの概要

(ii) 日程計画作成条件

組立工程に対して、

組合せ、循環サイクル

鉄心工程に対して、

各機械の生産能力、各機械に対する循環サイクル、ロットサイズ、リードタイム

巻線工程に対して、

各機械の生産能力、機械の仕様、リードタイムをそれぞれ入力する。

II 組立、巻線、鉄心工程の日程計画の作成

Iの日程計画作成条件にしたがって各工程の日程計画を作成する。

III 工程間在庫の計算

IIで作成した日程計画に従ったときの、巻線、組立工程間、及び鉄心、組立工程間の在庫量を日ごとに計算し、グラフ表示する。

IV V 各工程の日程計画の評価及び、日程計画、作成条件の変更

IIIで作成した工程間在庫のグラフを基に計画者が今の日程計画の評価を行い、日程計画作成条件を変更し、手続きを繰り返す。

4. 実行例

4. 1 入力データ

初期データ

計画期間 … 22日間

機種	5kVA	10kVA	20kVA	30kVA	50kVA
総生産台数	500	500	600	400	200

(台)

組立工程

組み合わせ1.	…	5kVA	20kVA	50kVA	3日間
組み合わせ2.	…	10kVA	30kVA	50kVA	3日間

巻線工程

巻線機の1日の生産能力

機種	機種	5kVA	10kVA	20kVA	30kVA	50kVA
自動機		25	25	0	0	0
手動機		0	25	18	8	8

(台)

割り振り方 … 平均的

リードタイム … 4日

機械	段取り時間
自動機	120
手動機	30

(分)

巻線機の仕様

機械1	自	5kVA	機械5	手	20kVA	30kVA
機械2	自	5kVA	機械6	手	30kVA	
機械3	自	10kVA	機械7	手	30kVA	50kVA
機械4	手	20kVA	機械8	手	50kVA	

鉄心工程

鉄心機の1日の生産能力

機械\機種	5kVA	10kVA	20kVA	30kVA	50kVA
自動機	60	40	0	0	0
手動機	100	100	70	55	45

機 械	段取り時間	リードタイム ... 4日
自動機	30	
手動機	60	(分)

何回に分けて生産するか

機 種	5kVA	10kVA	20kVA	30kVA	50kVA
回 数	3	3	4	4	3

生産開始日(組立工程に対して) ... 7日前

循環サイクル

機械1	5kVA	10kVA
機械2	20kVA	30kVA
	50kVA	

4. 2 出力結果

上記のデータを入力したときの出力結果を以下に示す。

組立工程の日程計画	機種\日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
5kVA	41	41	41	0	0	41	41	41	0	0	41	41	41	0	0	41	41	41	0	0	41	41	41
10kVA	0	0	0	50	50	50	0	0	50	50	50	0	0	50	50	50	50	50	0	0	50	50	50
20kVA	50	50	50	0	0	50	50	50	0	0	50	50	50	0	0	50	50	50	0	0	50	50	50
30kVA	0	0	0	40	40	40	0	0	40	40	40	0	0	40	40	40	40	40	0	0	40	40	40
50kVA	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

図2 組立工程の日程計画

巻線1 機種	日	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5kVA	21	23	24	0	0	0	21	23	24	0	0	0	21	23	24	0	0	0	21	21	25	0	

巻線2 機種	日	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5kVA	20	22	13	0	0	20	22	13	0	0	0	20	22	13	0	0	0	20	20	16	0		
10kVA	0	0	5	25	4	18	0	5	25	24	18	0	0	5	25	24	19	0	0	1	24		

巻線3 機種	日	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10kVA	0	0	5	25	24	24	0	0	5	25	24	24	0	0	5	25	24	24	0	0	1	24	
Hit any key !!																							

図3 各巻線機の日程計画の一例

機線工程の日程計画		機種\日	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
5kVA	0	0	41	45	37	0	0	0	41	45	37	0	0	0	41	45	37	0	0	41	45	37	0	0	41	45	37	
10kVA	0	0	0	10	50	48	42	0	0	10	50	48	42	0	0	10	50	48	42	0	0	10	50	48	42	0		
20kVA	6	36	36	36	36	0	0	6	36	36	36	36	0	0	6	36	36	36	36	0	0	6	36	36	36	36		
30kVA	0	0	0	0	40	44	36	0	0	0	40	44	36	0	0	0	40	44	36	0	0	40	44	36	0	0		
50kVA	0	0	9	9	9	11	8	8	9	9	9	11	8	8	9	9	9	11	8	8	9	9	9	9	9	9		
Hit. ans!																												

図4 巻線工程の日程計画

巻線工程の在庫		機種\日	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5kVA	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10kVA	0	0	0	0	0	0	0	10	10	8	0	0	0	0	10	10	8	0	0	10	10	8	0	0	0	0
20kVA	0	0	0	6	42	28	14	0	0	0	6	42	28	14	0	0	6	42	28	14	0	0	6	42	28	14
30kVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50kVA	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0

巻線工程の在庫		機種\日	21	22
5kVA	0	0		
10kVA	2	0		
20kVA	0	0		
30kVA	0	0		
50kVA	0	0		

5kVA	12
10kVA	28
20kVA	380
30kVA	12
50kVA	96
Hit any key !!	

図5 巻線工程の在庫量(数値表示)

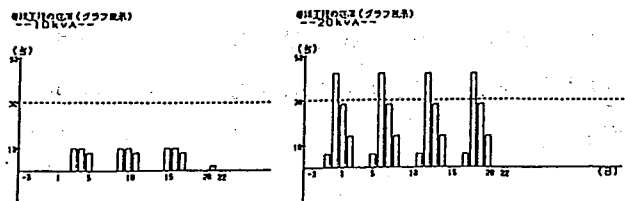


図6 巻線工程の在庫量(グラフ表示)

鉄心工程の日程計画		機種\日																									
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
5kVA	56	60	50	0	0	0	0	53	60	53	0	0	0	0	50	60	50	0	0	0	0	0	0	0	0		
10kVA	0	0	4	40	40	40	2	0	2	40	40	40	40	4	0	37	40	40	40	11	0	0	0	0	0		
20kVA	61	70	19	0	0	3	70	70	7	0	9	14	70	66	0	0	18	70	64	0	0	0	0	0	0		
30kVA	0	0	33	55	12	0	0	0	42	55	3	0	0	0	48	52	0	0	0	0	48	52	0	0	0		
50kVA	0	0	0	0	23	37	0	0	0	0	36	30	0	0	0	39	29	0	0	0	0	0	0	0	0		
原価\日		18	19	20	21	22																			残り		
5kVA	0	0	0	0	0																			5kVA	0		
10kVA	0	0	0	0	0																			10kVA	0		
20kVA	0	0	0	0	0																			20kVA	0		
30kVA	0	0	0	0	0																			30kVA	0		
50kVA	0	0	0	0	0																			50kVA	0		
Hit any key!!																											

図7 鉄心工程の日程計画

鉄心工程の在庫																			
機種\日	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
5kVA	56	116	166	125	84	43	43	96	156	168	127	65	65	65	136	155	172	131	
10kVA	0	0	4	44	84	124	114	65	16	18	58	98	88	78	32	32	32	69	
20kVA	61	131	150	100	50	3	73	143	150	100	50	14	84	150	150	100	50	16	
30kVA	0	0	33	68	100	100	60	20	22	77	80	40	0	0	0	60	60	60	
50kVA	0	0	0	9	11	39	30	21	12	3	30	51	42	33	24	15	45	65	

鉄心在庫数																					
機種\日	16	17	18	19	20	21	22												23	24	25
5kVA	131	131	131	90	49	8	8												2780	台	
10kVA	59	49	39	58	50	50	0												1254	台	
20kVA	66	150	150	100	50	0	0												2111	台	
30kVA	20	20	12	40	40	0	0												996	台	
50kVA	56	47	38	29	20	11	2												665	台	

Hil anu kev !!

図8 鉄心工程の在庫量(数値表示)

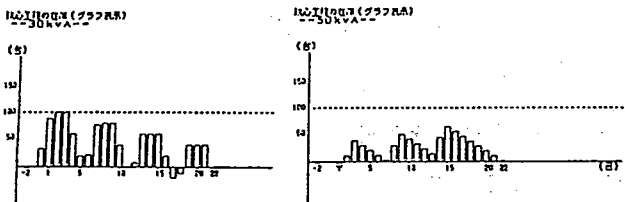


図9 鉄心工程の在庫量(グラフ表示)

組立、巻線、鉄心工程の日程計画は、図2、4、7のように表され、各工程間の在庫は、図. 5、8のような数値表示と、図. 6、9のようなグラフ表示で表される。

今、鉄心工程の1日目、50kVA、17、18日目、30kVAで、在庫の不足が生じている。ロットサイズかサイクルパターンを変更して在庫不足を解消しなくてはならない。ここでは、図. 7の下線を引いたところの生産順序の入れ替えを行った。その結果、日程計画が図. 10に、また在庫が図. 11、12のようにになった。これによって在庫不足が解消されていることがわかる。

鉄心工程の日程計画

日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5kVA	56	60	50	0	0	0	0	53	60	53	0	0	0	50	60	50	0	0
10kVA	0	0	4	40	40	40	40	2	0	2	40	40	40	40	4	0	37	40
20kVA	61	70	19	0	0	4	70	70	0	0	16	70	64	0	0	0	19	70
30kVA	0	0	0	0	55	45	0	0	43	55	2	0	0	0	48	52	0	12
50kVA	0	0	27	39	0	0	0	0	0	0	37	29	0	0	0	39	29	0

日	18	19	20	21	22
5kVA	0	0	0	0	0
10kVA	0	0	0	0	0
20kVA	0	0	0	0	0
30kVA	0	0	0	0	0
50kVA	0	0	0	0	0

残り
5kVA-- 0
10kVA-- 0
20kVA-- 0
30kVA-- 0
50kVA-- 0

Hit any key!!

図10 変更後の鉄心工程の日程計画

鉄心工程の在庫

日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5kVA	56	116	166	125	84	43	43	96	156	168	127	86	86	136	155	172
10kVA	0	0	4	44	84	124	114	66	16	18	58	98	88	78	32	32
20kVA	61	131	150	100	58	4	74	144	150	100	50	16	86	150	150	50
30kVA	0	0	0	0	55	100	60	20	23	78	80	80	40	0	8	60
50kVA	0	0	27	57	48	39	30	21	12	3	31	51	42	33	24	15

日	16	17	18	19	20	21	22
5kVA	131	131	131	90	49	8	0
10kVA	59	49	39	58	50	50	0
20kVA	0	19	89	100	50	0	0
30kVA	87	80	40	40	40	40	0
50kVA	56	47	38	29	20	11	2

在庫不足
5kVA-- 2789台
10kVA-- 1254台
20kVA-- 1824台
30kVA-- 1863台
50kVA-- 796台

Hit any key !!

図11 変更後の鉄心工程の在庫量 (数値表示)

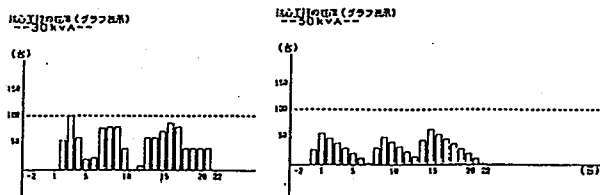


図12 変更後の鉄心工程の在庫量 (グラフ表示)

このように、種々の条件変更によって、生産計画者が望みとする日程計画の作成が可能である。

5. 結 論

日程計画に関する様々な条件を設定したときの各工程の日程計画を作成し、在庫を出力するプログラムは完成したが、条件の入力、及び変更方法が複雑であるので、それらをより使いやすくすることが今後必要であろうと思われる。

参考文献

- [1] 村松林太郎, 「経営工学講座 3 生産管理」, 朝倉書店, (1977). pp.71-119.
- [2] Buffa, E.S. and Sarin, R.K., "Simulation: A Methodological Overview, "Modern Production / Operations Management. Wiley, pp.137-174, 1987.

必要パレット数予測シミュレーションシステムの構築

—地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その3—

(The Building of A Simulation System for Prediction of The Number of Necessary Pallets)

小島 一洋 横山 武房 天藤 伸也* 中村 信人* 森川 克己*
河田 博夫** 山田 浩一*** 平田 庄三郎*** 住谷 一義*** 古庵 弘之*** 新見 誠司***

Research on examples of Production Engineering Approach in regional
small & medium enterprise——Result of a society for scientific research
of CIM system in Hiroshima City Industrial Promotion Center (part 3)

Kazuhiro OJIMA Takefusa YOKOYAMA Shinya TENDO
Nobuto NAKAMURA Katsumi MORIKAWA Hiroo KAWATA
Koichi YAMADA Shozaburo HIRATA Kazuyoshi SUMITANI
Hiroyuki FURUAN Seiji NIIMI

前報（その1）の研究背景をもとに、H社自動車ドア輸送用パレット必要数
予測シミュレーションシステムの構築について述べる。

1. 序 論

H社では自動車用ドアを製造しており、JIT生産を行っているM社他へ納品している。納品されるドアはパレットに積まれ、納品指示表に基づいて指定された時刻に指定された枚数だけトラックに積まれ、納品先へ発送される。納品先から帰ってくるトラックは空パレットを積んで帰ってくる。パレットは社内と納品先を循環しており、現在H社では社内は実パレットと空パレットを必要以上に多く抱えており、空パレットが山積みされている。空パレットが社内に多く山積みされることにより、その分のスペースに無駄が生じている。その無駄をできるだけ減らすには、パレットの必要数を把握し、余ったパレットは倉庫に保管してお

き、必要なときにそこから取り出すようにすべきである。

そこで、本研究ではこの必要パレット数を把握するためのシミュレーションシステムを構築し、それを用いてパレットの使用状況を把握することによって、必要パレット数を予測することを目的としている。

2. 研究対象

2. 1 生産形態

納品先のM社の生産形態はJIT生産方式で、顧客の要求に合わせて必要な時に、必要な種類、必要な量の製品を製造している。M社の生産ラインは混流のものと単流のものがあり、稼動時間は

*広島大学工学部, **石田データサービス(株), ***ヒロテック(株)

DN（昼夜勤）のところとD（昼勤（8:00～17:00）のみ）のところがある。H社の生産形態はM社の納品指示表に合わせた生産方式で、納品指示表には部品番号、時間、行先部品庫の指定があり、その順序に合わせて生産計画を立てている。H社の生産ラインはほとんど混流であり、稼動時間は、DN, D, N（夜勤（20:00～5:00）のみ）のところがある。

2. 2 搬入形態

納品先は大きく3つのタイプに分けられる。

・CBU（量産用）

納品の大部分はここへ送られ、その量はほぼ安定しており、ならされている。

・CKD（輸出用）

車種は比較的少なく、納品回数も少ない。

・SP（サービスパーツ用）

車種は多いがそれぞれの納品数は少ない。

各納品先には部品庫があり、部品庫間での部品の移動は少ない。

2. 3 トラック輸送

パレットは納品指示表に従って、トラックに積み込まれて各部品庫に運ばれる。トラック内の部品は同一部品庫へ納品される（トラックは2か所以上の部品庫を訪問することはない）。トラック1台当たりパレット積載数は最大14～16台である。またパレット1台当たり10～12枚のドアが積み込まれる。納品先から社内へ帰ってくるときは、積み込んだ車種と同数の空パレットが積み込まれている。トラックの輸送時間（パレットの積み降ろし時間を含む）は納品先で異なる。

3. シミュレーションシステム

3. 1 システム・フロー

システムは大きく4つに分けられ、図1のようなフローとなる。

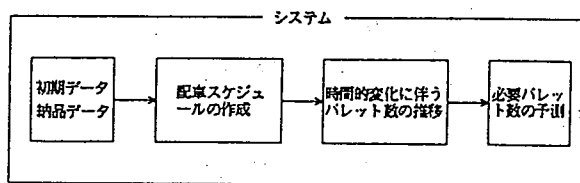


図1 システム・フロー

3. 2 対象システムのモデル

図2は、パレットが社内から4ヶ所の部品庫（W, X, Y, Z）を訪問し、再び社内へ戻ってくるまでのパレットの流れを示している。車種A～1の生産タクトは部品庫によって異なり、トラックの輸送時間や輸送頻度も部品庫によって異なる。

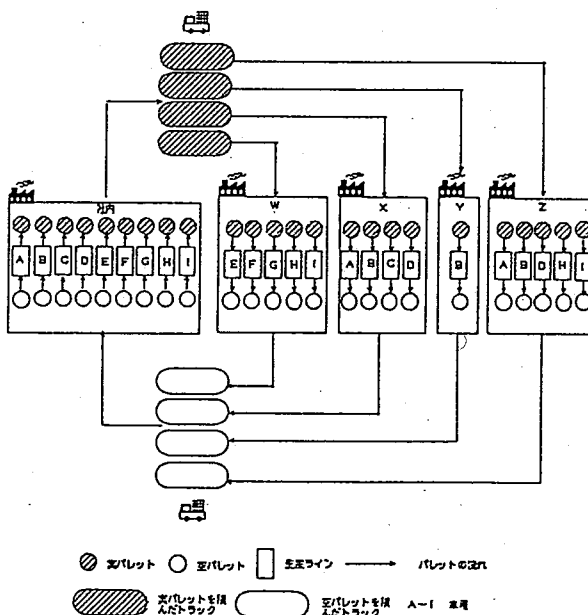


図2 対象システムのモデル

3. 3 時間変化に伴うパレット数の推移

3. 3. 1 配車スケジュールの作成

M社への納品方法は順序指定納品と多回納品がある。

(I) 順序指定納品

各部品庫で分単位に納品すべき車種、数が決められている。（複数車種）

(II) 多回納品

1日のうちで1時間単位で数回（7～8回程度）納品すべき車種、数が決められてい

る。(単一車種)

次に配車スケジュールの作成手順を示す。

【前提条件】

- ・トラック台数は原則として決められている。
- ・トラックが足りない場合に限り、予備のトラックを使用できる。
- ・納品時刻は30分前まで先行できる。

【手順】

【STEP 1】

納期が早い順にパレット14台までを1つのグループとする。

【STEP 2】

そのグループの中で、納品時刻が1番早い時刻から(その部品庫への輸送時間+30分)を引いた時刻をそのグループの出発時刻とする。

【STEP 3】

納品時刻、帰着時刻を計算する。

【STEP 4】

出発時刻にトラックが存在するかを調べる。

(I) 存在する場合

出発、納品、帰着時刻はそのままとする。

(II) 存在しない場合

- (a) (出発時刻+30)分後までにトラックが存在する場合。

そのトラック帰着時刻をそのグループの出発時刻に改める。納品時刻、帰着時刻を改める。

- (b) (出発時刻+30)分後までにトラックが存在しない場合。

予備のトラックを使用し、出発、納品、帰着時刻はそのままとする。

【STEP 5】

【STEP 1】～【STEP 4】の手順を繰り返す。

3. 3. 2 パレット数の推移

図3は時間変化にともなうパレット数の推移のフローであり、実行時間を入力すると指定時刻の

各部品庫のパレット数を知ることができる。

【入力データの例】

1. 生産タクト、初期パレット数(実、空)、生産形態に関するもの
2. 配車スケジュール(トラック出発、納品、帰着時刻、積み込まれる車種、数)に関するもの

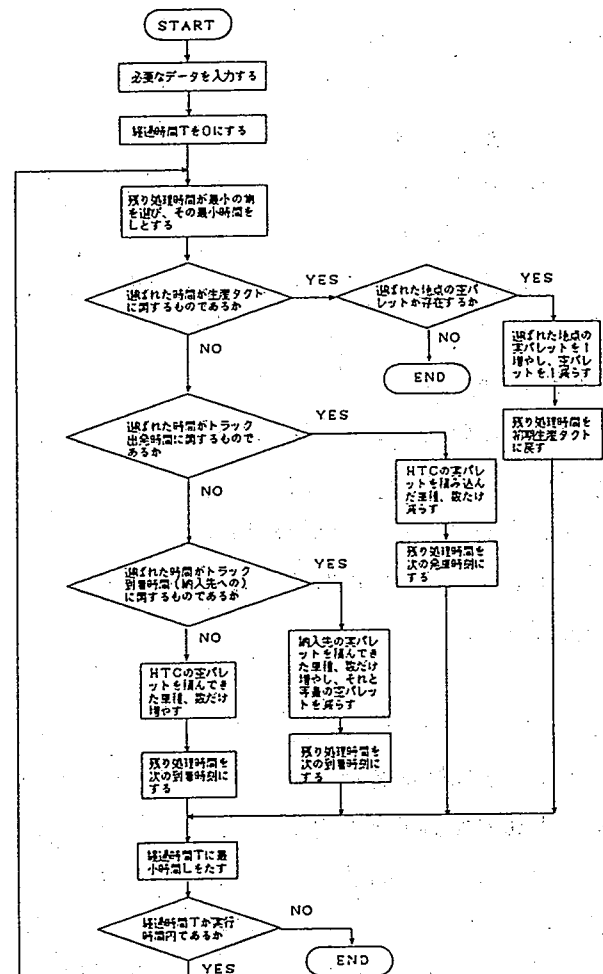


図3 パレット数の推移フロー

3. 4 必要パレット数の予測

3. 4. 1 予想必要パレット数の計算

1日を通してパレット数の推移を見ることによって、どの地点で実パレットが多いか、空パレットが多いかなどの特性を知ることができる。

必要パレット数を予測するとき、最少数が最適解になるべきだが、生産ラインでパレットが不足

するとラインが停止してしまう可能性がある。その対策として、安全在庫を加味した必要パレット数を予測する必要がある。そこで、正味必要パレット数を次のように求める。

正味必要パレット数

$$= \text{初期パレット数} - \text{最少パレット数} \quad (1)$$

最少パレット数とは、パレット数が推移する中でパレット数が最も少ない時刻のパレット数のことをいう、(1)式で求められた数に安全在庫を加味すると、(2)式で予想必要パレット数が求められる。

予想必要パレット数

$$= K \times (\text{初期パレット数} - \text{最少パレット数}) \quad (2)$$

K: 1.0~1.5程度

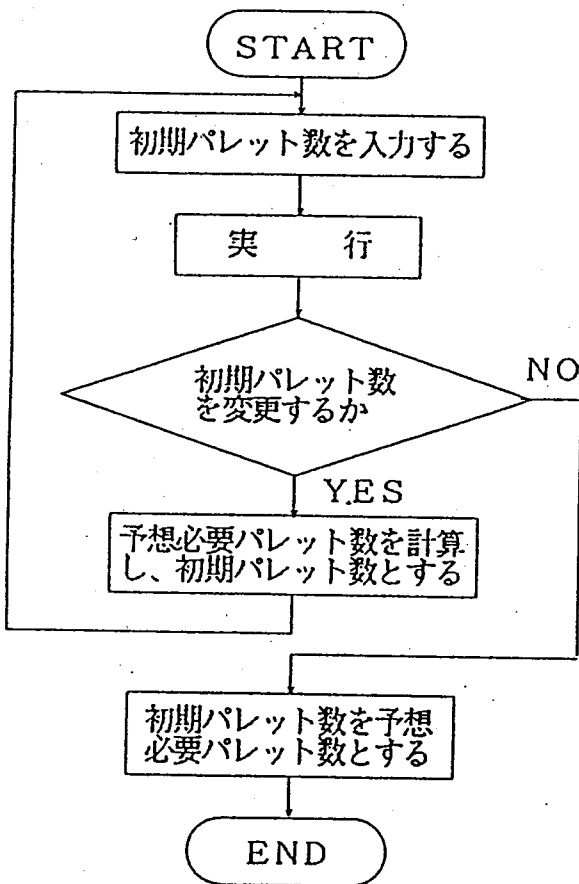


図4 必要パレット数予測のフロー

3. 5 トラブル発生による配車スケジュールの変更

トラブルの1つとして、ドア生産ラインの故障

による停止を取り上げ、故障発生は乱数によって求める。[1][2]故障が発生すると発生時刻後の配車スケジュールが変更される。

4. 実行例

ここで本シミュレーションシステムに、例として図4のデータを入力したときの実行結果を示す。

4. 1 入力データ

車種	ドア数	生産 タクト	社内 在庫	社内 在庫	生産タクト(上) ① W	生産タクト(下) ② Y	初期 在庫	配車 数
A	2D	4.29	D.N	K.H	3.32	5.00	5.4	12
B	4D	0.24	D.N	K.H	0.23	3.00	3.00	12
C	2D	1.43	D	K.H	0.23	32	123	12
D	4D	1.00	D	K.H	1.91	24.00	13	10
E	2D	2.01	D.N	K.H	1.55	2.44	13	10
F	2D	6.00	D	K.H	13.53	4.4		10
G	2D	4.22	N	K.H	6.73	8.00		10
H	4D	1.17	D	K.H	2.9	1.71	223	12
I	4D	1.29	D.N	K.H	1.19	24.00	13	10

図5 生産タクト、初期パレット数に関するデータ

納品先部品庫…X, Yの2種類
稼動時間…N動

4. 2 実行結果

図6は実行時にパレット数(社内、車種E)がマイナスになり、システムが停止した例である。この状態を避けるために初期パレット数を予想必要パレット数に変更して実行してみる。その結果が図7でパレット数(社内、車種C)がマイナスになり、システムが停止している。そこで、また初期パレット数を予想必要パレット数に変更して実行してみる。これを繰り返してシステムが停止しなければ、そのときの初期パレット数が必要パレット数となる。

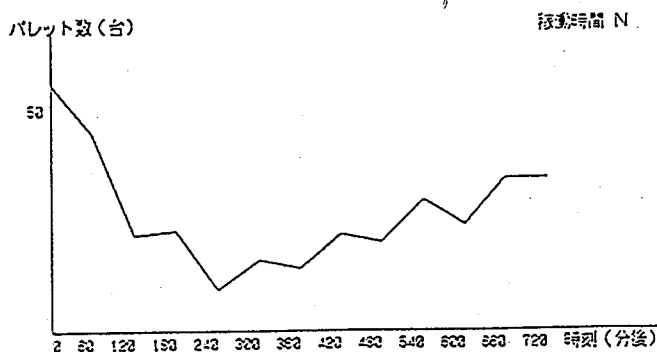
図8に必要パレット数を初期パレット数としたときのパレット数の推移グラフ表示の一例を示す。

社内 車種A 初期パレット数 = 12	最少パレット数 = 3	予想必要パレット数 = 5
社内 車種B 初期パレット数 = 128	最少パレット数 = 144	予想必要パレット数 = 29
社内 車種C 初期パレット数 = 36	最少パレット数 = 36	予想必要パレット数 = 3
社内 車種D 初期パレット数 = 43	最少パレット数 = 43	予想必要パレット数 = 3
社内 車種E 初期パレット数 = 20	最少パレット数 = -1	予想必要パレット数 = 25
社内 車種F 初期パレット数 = 3	最少パレット数 = 4	予想必要パレット数 = 5
社内 車種G 初期パレット数 = 12	最少パレット数 = 3	予想必要パレット数 = 15
社内 車種H 初期パレット数 = 25	最少パレット数 = 22	予想必要パレット数 = 5

図6 システム停止の例1

社内 車種A 初期パレット数 = 5	最少パレット数 = 5	予想必要パレット数 = 5
社内 車種B 初期パレット数 = 29	最少パレット数 = 25	予想必要パレット数 = 29
社内 車種C 初期パレット数 = 2	最少パレット数 = -1	予想必要パレット数 = 2
社内 車種D 初期パレット数 = 3	最少パレット数 = 2	予想必要パレット数 = 3
社内 車種E 初期パレット数 = 25	最少パレット数 = 25	予想必要パレット数 = 25
社内 車種F 初期パレット数 = 5	最少パレット数 = 5	予想必要パレット数 = 5
社内 車種G 初期パレット数 = 15	最少パレット数 = 15	予想必要パレット数 = 15
社内 車種H 初期パレット数 = 5	最少パレット数 = 4	予想必要パレット数 = 5

図7 システム停止の例2



必要パレット数 = 50

社内 車種B 実

図8 パレット数の推移(社内, 車種B, 実)

5. 結 論

本シミュレータの開発においては, 主要な4つの部品庫を対象として必要パレット数の計算を行うことができた。今後の課題としては, ユーザーにとってもっと使用しやすいシミュレータに改善される必要があると思われる。

参考文献

[1] Buffa, E.S. and Sarin, R.K., "Simulation:

A Methodological Overview," Modern Production / Operations Management, Wiley, pp.257-284, 1987.

[2] 藤政智郎, 「FMS コントロール支援システムの開発に関する研究」, 広島大学大学院工学研究科修士論文, (1992).

社内情報システムと社内業務の再見直し

—地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その4—

小島 一洋 横山 武房 福山 英幸* 中村 信人**
榎本 浩二*** 伊達 孝和*** 岡田 健***

A Study of Improvement on Intelligent System and Managment

Research on examples of Production Engineering Approach in regional small & medium enterprise — Result of a society for scientific research of CIM system in Hiroshima City Industrial Promotion Center (part 4)

Kazuhiro OJIMA Takefusa YOKOYAMA
Hideyuki FUKUHARA Nobuto NAKAMURA Koji MAKIMOTO
Takakazu DATE Ken OKADA

前報（その1）の研究背景をもとに、HO社で行った社内情報システムと社内業務の再見直しについて述べる。

1. 目 的

過去にCIM化の前提として行った社内の業務分析について、現在の社会情勢とコンピューターの状況から再度検討し、現状のコンピューターシステムの見直しと、新しくコンピューター化できそうな事柄について考察する。

要約すると、次の2点になる。

- ① 社内情報の移動の見直し
- ② 社内システムの再検討とコンピューター化の可能性

2. 意 義

現在、社内CIM化の一環として行っている事柄について冷静な目で見直し、新しい時代のCIMについての参考となり得る様目指す。

3. アプローチ

1) 現状調査

社内の現在の状況を把握するために、調査用紙を作成した。（図-1参照）

内容は以下のとおりである。

○調査対象

- ・本社
- ・広島営業所
- ・八本松工場（事務所員のみ）

○調査内容

① 業務内容及び書類についての調査

項目内容

1. 部署名
2. 役職
3. 男女区分
4. 業務内容

*有限会社エフ・エス・アイ, **広島大学 工学部, ***豊国重機株式会社

5. 使用する又は必要な書類名
(業務内容を実行する上で)
6. 配布元部署、配布先部署
7. 印の有無
8. 平均作業時間
9. 頻度

② 作業時間分布についての調査

一日の勤務時間における作業時間分布を、役職別、男女別、作業分担別に3日間程度のサンプリング日数にて調査を行った。

この調査用紙を対象となる部署の社員全員に配布し、直接用紙に書き込んでもらい、後日回収するという方法をとった。

また回収した物の内容について不明確な点は、書き込んだ本人に直接聞いて明らかにした。

2) 調査結果の集計

前述のとおり、回収した用紙を元にいくつかの方法によりデータを整理することをこころみた。

① 流れ図

文字どおり、今回の研究テーマの目的の一つである社内情報の移動を見直す意味で、書類の移動を表現した流れ図を作成することとした。

最初に行った方法は、受注、施工、工作などある程度大きなイベント別に、B4の用紙一枚ごとに、そのイベント内での書類の流れ図を手書きで表現した。(図-2参照)

この表現では、イベント一つについては流れをつかむことができるものの、全体の流れをつかむことはむずかしいことから、次の方法としてA1の用紙に対して各部門を配置したのち、部門間の書類の移動を線で表現した。これには、社内にあるCADを用い、

- ・書類の始点と終点
- ・書類の作成頻度
(月単位、週単位、日単位)
- ・部門間の区別

例) 営業所 -----

工場 -----

などがわかるということを重点において作図した。

② アンケート集計

現在行われている社内業務の内容と、それにかかるH数をみるために、イベント別の日当たり延べ作業H数とその割合について集計を行った。

これは全体を対象としたものと、課別ごとにわけて集計したものの二種類にわけて作成

①

部署		役職		男子社員・女子社員		
業務内容	使用する又は必要な書類名	配布元部署	配布先部署	印の有無	平均作業時間	頻度

- 配布元部署 配布元がある場合
- 配布先部署 配布先がある場合(複数時は全て)
- 印の有無 この書類に印が必要ならば印を押す人間を記す
- 頻度 例: 月1回
週1回
一日何回

②

一日の作業時間分布(作業内容、時間又は割合)		
部署	役職	男子社員・女子社員
8:30		
9:00		
16:00		
17:00		

図1

作成部署	書類名	書類サイズ	作成手段	DB利用	作成時間(H)	作成頻度	印数	書類平均枚数	八本松				本社				社外						
									製造	設計	管理	検査	技術開発	営業管理	施工計画	経理	営業	管理	業者	ゼネコン	設計事務所	その他	
製造	物理検査書	B5	A			m1	2	3									1		1				
	合算書	T	A		0.5	m1	1	3			1						1		1				
	修理依頼書	B5	A			m1	5	4									1		1				
	注釈書	A4	B	DB	6	w2	2	1			1												
	生産TON数表	A4	C		1	m1	1	1			1												
	精算書	B5	A		6	m5	3	3									1						
	精算書	B5	A				2	1			1												
	精算書	A4	A		0.5	m1	1	1			1												
	精算書	B4	C		0.5	m1	1	1															
	精算書	15	C		2	d1		3															
	精算書	A4	C		1	d1		2															
	精算書	15	B	DB	0.2	m1		6															
	精算書	T	C		0.1	d1		1															
	精算書	15	B	DB	0.5	w1		6															
	精算書	B4	C		1	m1		2															
	精算書	15	C		1	m1		2															
	精算書	B4	C		8	w1		1															
	精算書	T	C	DB	0.1	d1		1															
	精算書	15	C	DB	0.5	m1		1															
	精算書	15	B	DB	0.5	m2		3															
	精算書	15	C	DB	0.5	m1		1															
	精算書	B4, A4	A		2	w2		1															
	精算書	15	B	DB	0.2	m1		6															
	精算書	15	B	DB	0.2	m1		3															
精算書	B4	C		10	m3																		
精算書	A4	C		3	w1		1																
設計	物理検査書	A4	A		2	m1	1	12		1		1				1							
	合算書	A0	A2, B8		3	w4	1	25		1		1				1						1	
	修理依頼書	A0	B8, C2		3	w4	2	20		1		1				1						1	
	注釈書	B5	A				2	3									1						
	生産TON数表	T	B		3	w1		1		1		1											
	精算書	A4	A		5	w1	1	2								1							
	精算書	15	A2, B8		1	w1		2				1											
	精算書	A4	A		5	w3	2	1		1													
	精算書	A4	A		5	w3	4	1		1		1											
	精算書	15	B	DB	0.5	w4	1	3		1													
	精算書	B5	A				2	1															
	精算書	A4	A		7.5	w3	1	10															
	精算書	B4	C				1	1															
	精算書	A4	A		1	w3	1	3															
	精算書	T	A		0.1	d1		1		1													
	精算書	B4	A		0.5	w1		1		1													
	精算書	15	C	DB	1	m1		2		2													
	精算書	15	C	DB	1	m1		2		2													
	精算書	B5	A					2									1						
	精算書	A4	A					1															

図4 社内書類一覧表

した。

注意点としては、イベント内容の表現は、それがあきらかに同じ内容である事がわかる場合を除いて、調査用紙に記述してある表現をそのまま生かした。

(図-3 参照)

③ 書類別一覧表

書類作成部署別に各書類について以下の項目についてまとめた。

(図-4 参照)

・作成手段

手書き、ホストコンピューター、パソコ

ン又はワープロの3種類。

・作成時間

単位は時間単位とする。

・作成頻度

単位は月単位、週単位、日単位とする。

例：月一回、週二回など

・書類平均枚数

・原紙を除いた各部署に存在する部数

4. 考 察

1) 社内情報の移動の見直し

過去に行われた業務分析の時点でのコンピュー

ターの利用状況に比べ、パーソナルコンピュータの普及にともない、会社内においても、各種にそれぞれ数台保有しているのが現状である。

この結果、書類作成手段として以前は1つの書類が完成するまでそのすべてが手書き（書類のフォーマットも）であったものがパソコンを利用したものが増加している。

しかし、作成手段が変化してきているのにくらべ、情報の移動に関しては過去においてのそれと大差はなく、結果として出力された紙という目で見える媒体がコピー又はFAXを通して同じく目で見える形のまま相手に伝わっているものが多い。パソコンで書類を作るメリットの一つとして、紙で出力せずに、情報を伝達できることがあげられる。

社内情報の移動の見直しという観点から、今回の調査によって得られた情報を元に、現時点で考えられるポイントは次のとおりである。

① 情報伝達媒体の見直し

データ通信網の発達によって、パソコンを利用した情報伝達が容易になった現在では、パソコンを利用して作成された書類を直接相手側に送る（データとして）ことが可能となっている。

これにより、情報を送られた相手側は、自分に必要な部分のみを取り出すことも可能になり余分な情報がかかえこんでおく必要もなくなる。また、書類保管場所の縮小、情報伝達の確実性（書類紛失などの危険性の減少）などの観点からみても、情報伝達媒体の見直しは必要である。

② 情報抽出手段の見直し

①のポイントにも通じるが、現在社内ではコンピュータにより出力されている帳票のうち、必ずしも紙に出力する必要のないものが存在する。情報を直接画面などで確認することで、無駄な書類を作成しなくて済むことが可能と

なる。

③ 社内文書書式の統一化

パソコンの普及により、パソコンによる書類作成が増えていることは前述のとおりであるが逆に書類作成者それぞれが各自の観点から書類のフォーマットを決定しているため、本来同一の情報を含む書類のはずのものが、書式が統一されていないために、データ通信を利用したにもかかわらず、情報を受けとる側の書式にマッチしない場合がある。このような状態をまねかないためにも、書式の統一化は必要である。

2) 社内システムの再検討とコンピューター化の可能性

現在、社内において利用されている書類のうち、定形用紙（フォーマットが決まっているもの）に直接書き込むものがあるが（例えば請求書など）、書き込まれた情報がその用紙で完結せず、他の目的で利用される場合、特にコンピューターの入力データとして利用される場合は、それぞれ別の部署で同じデータが二回入力されることになる。

このことは、データの食い違いを発生させる原因ともなり、かつ、無駄な労働力の投入にもつながっている。そこで、これらの書類をコンピューター化することにより、データの入力は一つの部署ですみ、またデータの食い違い（他の部署で入力される際の入力ミス）も解消される。

5. 展 望

以上、いくつかの点についての考察をもとに、CIM化の前提としての社内業務の見直し、新しいコンピュータシステムの立案を検討している段階である。

前述のアンケート集計についても業務ごとに細分化し、また書類一覧表に関しては書類の項目名

を横に、書類名を縦にした頻度表を作成し、さらに細かく分析を行ってみた。

今後はその時々に応じたコンピュータ化の可能性を見出し、C I M化に向けての改善を続けていく予定である。

最後に、本研究会のリーダーである中村先生をはじめ、全体のディスカッションにおける他の講師の方々の助言に対し感謝の意を表したい。

生産計画作成支援システムの開発

—地域中小企業生産工学的アプローチの事例研究・その5—

小島 一洋 横山 武房 柏木 敬* 中村 信人* 森川 克己*
沖 常登** 亀岡 満治** 森永 清治** 清水 忠雄**

The Development of A Production Planning-aided System

Research on examples of Production Engineering Approach in regional small & medium enterprise—Result of a society for scientific research of CIM system in Hiroshima City Industrial Promotion Center (part 5)

Kazuhiro OJIMA Takefusa YOKOYAMA Takashi KASHIWAGI
Nobuto NAKAMURA Katsumi MORIKAWA Tsuneto OKI
Mitsuharu KAMEOKA Seiji MORINAGA Tadao SHIMIZU

前報（その1）の研究背景のもとに、サッシ製造の生産計画作成支援システムの開発について述べる。

1. 序 論

サッシの製造を行っているR社は、ユーザーからの注文に基づいて生産を行う典型的な受注生産形態をとっている。一つの製品、例えばドアの場合を例にとっても、ユーザーの要求によって様々な仕様（サイズや材質、ガラスの有無や位置）がある。そのために注文によって作業方法が異なり、したがって作業時間も変化する。また組立作業は、熟練工による手作業で行われる割合が高く、標準作業が確立されていないために作業時間にばらつきがある。これらの要因のために、R社では納期管理並びに生産計画が十分に行われていない。そのうえ新規注文や特急品の注文を受けたりすると、どのような生産状況になるかが分からないのが現状である。

よって本研究では、典型的な受注生産形態をとるR社を研究対象とし、そのような企業に対して生産計画作成を支援するためのシステム、すなわち生産計画作成支援システムの構築を目的とする。

2. 研究対象

2. 1 生産方法

まず、R社の作業内容について述べる。

1) バラ図（工作図）

バラ図とは、構成部品を個々の部材に分解して記述した物をいい、この図を用いて、部材の切断寸法、切り欠け、孔（アナ）明け、折曲げ寸法などを工場に指示する。

2) シアー

バラ図に基づいて切断する。

*広島大学工学部, **鯉城サッシュ工業株式会社

3) タレットパンチ

切断加工された部材を、バラ図指示寸法に基づいて切り欠け・孔明け加工する。

4) ベンダー

バラ図指示寸法に基づいて、折り曲げ加工する。

5) 組立 (枠組立、ドア組立)

機械加工された各部材を承認図面にもとづいて組立てる。

6) 塗装

組立の工程で亜鉛メッキが損傷した場合は補修を行い、ペーパーで仕上げて錆止め塗装を行う。

現在R社では、工番単位の流し方で生産を行っている。工番単位の生産とは、ある注文を受けて工事先（例えば、広島大学工学部西条キャンパス建設現場）で必要な複数の製品を製造するために、それらをまとめて行うということであり、この生産方法であると、‘シアー’では複数の製品についてひとまとめで切断をするので、個々の製品についての作業時間を計測することが非常に困難であり、‘タレットパンチ’や‘ベンダー’でも同様のことがいえる。また、‘枠組立’や‘ドア組立’などは、熟練工によって手作業で行われているが、作業員ごとに作業手順が異なるため、標準時間を決定することが出来ない。そこで本研究では製品の一個流しを行って時間を計測し、それをもとに作業時間を類推することにしたが、将来的にはこの対象企業においても標準作業の設定から必要である。[1]

2. 2 製品の流れのモデル化

まず、機械加工での製品の流れをそれぞれ長尺物、短尺物にまとめて一本化している。さらにベンダーでは、短い部材については機械が2台あるため、流し方は、製品単位で交互に流すようにし

ている。この方法は、塗装加工の2人の作業員についても同様である。枠、およびドア組立部門でも複数の作業員が同時に作業を行うが、この部門では、能力の差をつけず、枠、ドア工程それぞれの作業員が1日に行うことができる作業時間を一定にしている。

3. 生産計画支援システムの開発

3. 1 システムの概要

本システムでは、生産計画者が、将来の生産計画を立案する際に、生産計画や負荷状況を棒グラフやガントチャートにコンピューターの画面上に表示することによって生産計画者を支援することができるシステムである。更に新規注文や特急品の注文を受け、その影響で負荷状況が変化したときに、過負荷が発生していれば、画面上でそれを修正し、改善できる。

本システムの過負荷処理フローは、図1のように表される。

なお、本研究のシステム構成は、基本的には文献[2]を踏襲している。

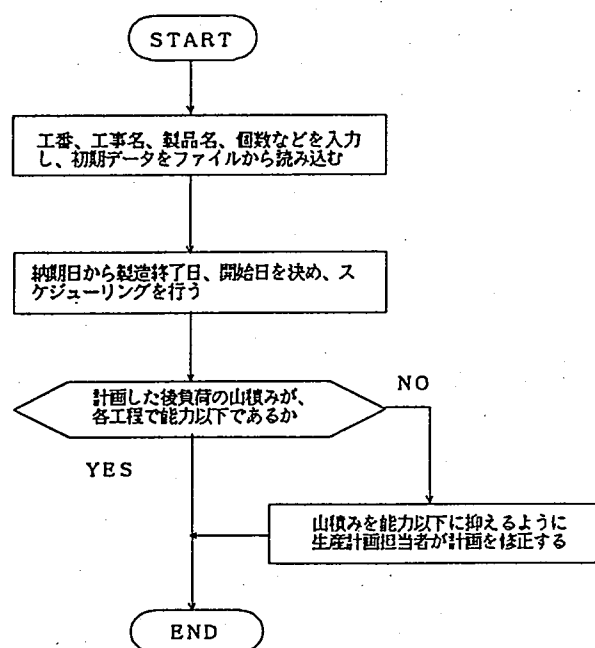


図1 システムの処理フロー

3. 2 入力データ

R社は製品の種類も多く、サイズや板の厚さ、材質などが異なるものが多い。しかも同じ製品でも開きの向きや、片開きや両開きなどといった開きの違い、またドアにもエアータイト（防音）や中抜き、ガラリなどを施すようなもの、さらにはその中抜き、ガラリを一つのドアに組み入れたものもあり、それらを合わせるとかなりの種類になる。

よって本研究ではできるだけR社の標準的な製品（各々に枠およびドアがある）の機械及び作業員ごとの時間、作業能力を初期データとして入力することにする。

その他の入力データとして、納期日、工事番号、工事名、製品名、製品ごとの個数、枠組立かドア組立かどうか、がある。これらは、ユーザーと対話しながら入力する形式にする。

3. 3 システムの機能

3. 3. 1 受注表示

工番、工事名、製品開始日と終了日、納期日を

工番	製品	枠/ドア	個数	納期日	開始日	終了日	余裕
614523	1	0	40	1993/1/11	1993/1/4	1993/1/8	3
614523	1	1	40	1993/1/14	1993/1/8	1993/1/12	2
614523	2	0	60	1993/1/11	1993/1/4	1993/1/8	3
614523	2	1	60	1993/1/14	1993/1/8	1993/1/12	2
614523	6	0	35	1993/1/11	1993/1/4	1993/1/9	2
614523	6	1	35	1993/1/14	1993/1/7	1993/1/12	2
287793	1	0	20	1993/1/17	1993/1/11	1993/1/14	3
287793	1	1	20	1993/1/19	1993/1/13	1993/1/16	3
287793	3	0	25	1993/1/17	1993/1/11	1993/1/14	3
287793	3	1	25	1993/1/19	1993/1/13	1993/1/16	3
287793	7	0	5	1993/1/17	1993/1/10	1993/1/14	3
287793	7	1	5	1993/1/19	1993/1/12	1993/1/16	3
287793	4	0	13	1993/1/17	1993/1/10	1993/1/14	3
287793	4	1	13	1993/1/19	1993/1/12	1993/1/16	3
876911	0	0	6	1993/1/22	1993/1/15	1993/1/19	3
876911	0	1	6	1993/1/25	1993/1/18	1993/1/23	2
876911	2	0	14	1993/1/22	1993/1/16	1993/1/19	3
876911	2	1	14	1993/1/25	1993/1/18	1993/1/23	2
876911	5	0	26	1993/1/22	1993/1/16	1993/1/19	3
876911	5	1	26	1993/1/25	1993/1/19	1993/1/23	2

図2 製品単位受注表（一例）

受注表示（工番）						
工番	工事名	納期日	開始日	終了日	余裕	
614523	A	1993/1/14	1993/1/4	1993/1/12	2	
287793	B	1993/1/19	1993/1/11	1993/1/16	3	
876911	C	1993/1/25	1993/1/14	1993/1/23	2	

図3 工番単位受注表（一例）

表示し、製造もれを防ぐ。また別の画面で、工番の内容（製品の種類、個数）を表示させる。

3. 3. 2 日程計画表示

この企業では、工番単位流しの生産方式をとっているため、長期計画を行う場合は、工番を基準としたガントチャートを表示し、短期計画を行う場合は、時刻における各機械、及び作業員の作業をガントチャートで表示する。

(1) 長期日程計画

この長期日程計画では、作業員の計画を見るのではなく、一つの工番全体についての計画状況を認識するのに好都合である。画面表示は、図4のごとく現われている。

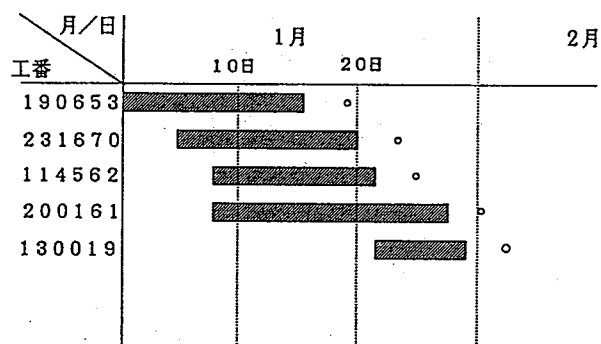


図4 工番単位ガントチャート

この図からも分かるように、納期日のところに印をつけ、納期日を認識させ、納入もれを防ぐようにする。枠とドアで納期日が異なる場合が多々あるが、その場合は、その工番での最終の納期に印をつけるようにしている。

(2) 短期（1日）日程計画

この短期日程計画では、1日当たりの各作業員が何時から何時までどの工番のどの製品を加工するかということを計画するものである。

図5で表すように、短期日程計画では、大体の部分で、バックワード形式でスケジューリングを行っている。また長期日程計画の方は、短期日程計画で製品ごとに製造開始日、終了日を決定し、

その値を用いて一番はやい製造開始日をその工番の製造開始日に設定する。それとは逆に、終了日は手続きを反対にして工番の開始日、終了日が求められる。[3]

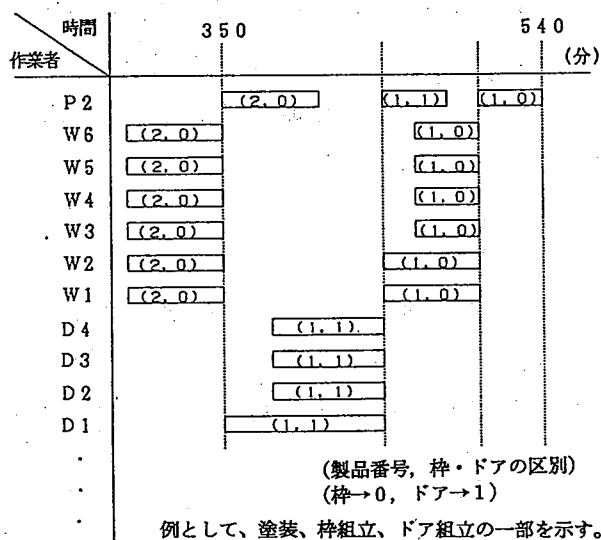


図5 製品単位のカントチャート

3. 3. 3 負荷計画表示

各機械、作業員の日ごとの負荷を積み上げ、それをヒストグラム形式で表示する。もし負荷が能力以上に積み上がっていれば、生産計画担当者がガントチャート上で計画を変更して負荷ならしを行い、能力以下に抑えるようにする。またこれとは反対に、ヒストグラム上で負荷計画を変更し、日程計画を修正するようにする。

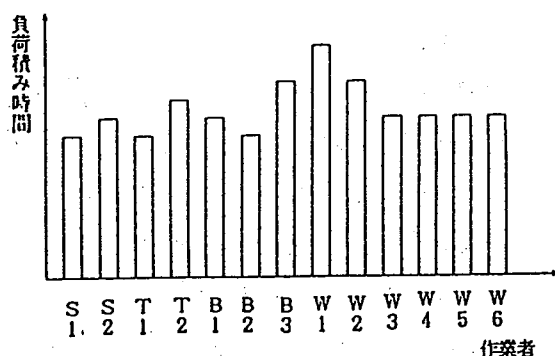


図6 作業員負荷山積み

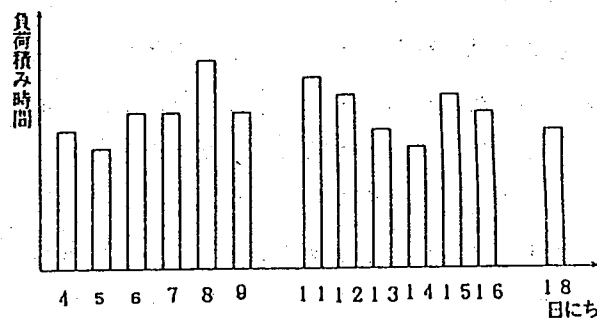


図7 日単位負荷山積み

3. 3. 4 追加機能

初期データとして保存されていない種類の製品や特急品の注文を受けたとき、それらの注文に關しての時間データは保存されていないので、注文別に加工順や加工にかかる時間を入力する。

4. 結 論

本研究では、受注生産形態をとるR社を対象に、生産計画者の生産計画立案を支援するためのシステムを構築した。

今後の課題として、生産計画者がより使いやすいような画面表示の工夫、データの入力方式の改善などが挙げられる。

[参考文献]

- [1]池永謹一, 「現代経営工学全書 2 作業研究」, 森北出版, pp142~146, 1977
- [2]間 有司, 「受注生産における生産計画作成支援システムの構築」, 広島大学工学部卒業論文, (1992).
- [3]Buffa, E.S. and Sarin, R.K., Modern Production / Operation Management, Wiley, pp285-328, pp329-364, 1987.