

# 広島市工業技術センター年報

第9巻

**ANNUAL REPORTS**

of

**HIROSHIMA MUNICIPAL  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER**

**VOL. 9**

**1995**

平成7年度

広島市工業技術センター

## はじめに

わが国の産業は加工型産業を中心に大きく発展してきており、地方の公設試験研究機関は、地域の製造業の技術支援に向けて深く携わっています。

資源の少ないわが国は、優秀な加工技術により、優れた製品を世界に送りだし、冠たる製造技術を構築してまいりました。しかし、1990年代に入り国際化の進展の中、次第に低コスト国へとその生産システムを移行する一方で、国内では第3次産業が急速に広がり物造りの伴わない消費経済が加速し、高コスト社会をもたらしています。

このことによる長い不況の谷間を越えて、ようやく薄日が見え始めたとする報告がなされていますが、広島市は輸送用機械器具製造業が製造出荷高の50%以上であり、他の製造業も機械系の産業が大きな割合を占めているため、他都市に較べて景気の回復がいまだ見えないのが実状であります。

このような現状の中、地域経済が再び発展を成し得る産業施策を模索するとき、第3次産業への指向もありますが、その地域に集積した技術を応用して更に高度化・多角化して行くことこそが最善の道であると考えております。

経済立て直しの特効策としては、技術は一朝一夕になるものではありませんが、地道に研究開発を進めることこそが将来を見据えた重要な施策であり、このことは地方の公設試験研究機関が深く認識しなければならない事と思っております。とりわけ、中小の企業において日毎に発生する技術課題と、これらの企業が共通して進めなければならない先進的な技術への対応は地域のニーズであり、公設試験研究機関が果たすべき重要な業務であると強く感じております。

平成7年度におきましては、中小企業庁の技術指導施設設置事業により高分子材料の開放試験室の設置を、また日本自転車振興会からの補助を受けてX線回折装置など先進的機器を導入し、既存産業の技術の高度化・多角化・先進化に向けて企業との共同研究、技術指導、産学官共同、そして異業種交流事業などを実施しましたので、その結果を報告致します。

今後とも地域産業の発展のため、地場企業の実状に即した技術施策を地道に展開し、本市産業の発展のために職員一同誠心誠意努力して参りますので、関係各位の御助言、ご協力を尚一層宜しくお願い申し上げます。

広島市工業技術センター

所長 山 田 洋

# 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 .....	11
(2) 設備利用 .....	11
(3) 技術指導相談 .....	12
(4) 技術者研修事業 .....	13
(5) 先端技術移転研究事業 .....	14
(6) 新技術共同研究事業 .....	14
(7) 技術交流事業 .....	16
(8) 特定技術診断指導事業 .....	18
(9) 特定技術後継者育成事業 .....	18
(10) 地域産業活性化推進事業 .....	19
(11) 自動車関連新技術支援事業 .....	20
(12) 洗浄技術開発研究事業 .....	20
(13) 重慶市との技術交流事業 .....	21
(14) 広島市技術指導優良企業表彰事業 .....	21
(15) 発明考案奨励事業 .....	21
(16) 講師・委員等の派遣 .....	23
(17) 後援等による講習会、研修会、研究会 .....	24
(18) 発表 .....	25
(19) 受賞 .....	25

# 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

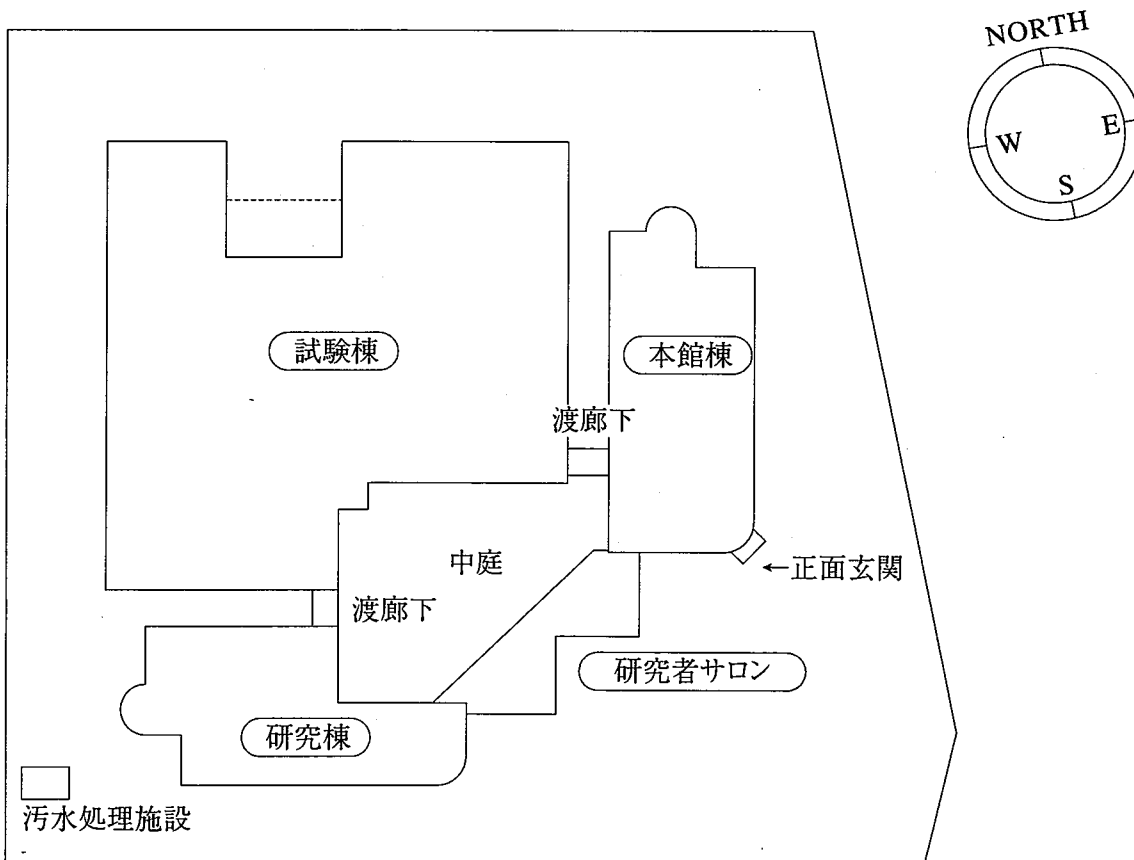
- 昭和13年 8月 市議会の決議を経て工業指導所の創設に着手
- 昭和13年10月 「機械工訓育所」が、大手町七丁目4番広島電気学校内仮校舎で開所したのちに併せ、工業指導所創設事務を開始
- 昭和14年12月 東雲町671番地に工業指導所及び機械工訓育所用建物が完成し、広島電気学校より移転
- 昭和15年10月 「工業指導所」を開設
- 昭和17年11月 「機械工訓育所」を「機械工養成所」に改称
- 昭和18年 4月 工業指導所に木工部設置
- 昭和21年 3月 機械工養成所の閉鎖
- 昭和27年 4月 「工業指導所」を「工芸指導所」に改称  
(組織：庶務係・木工係・金属1係・金属2係)
- 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・材料科・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) 施設規模

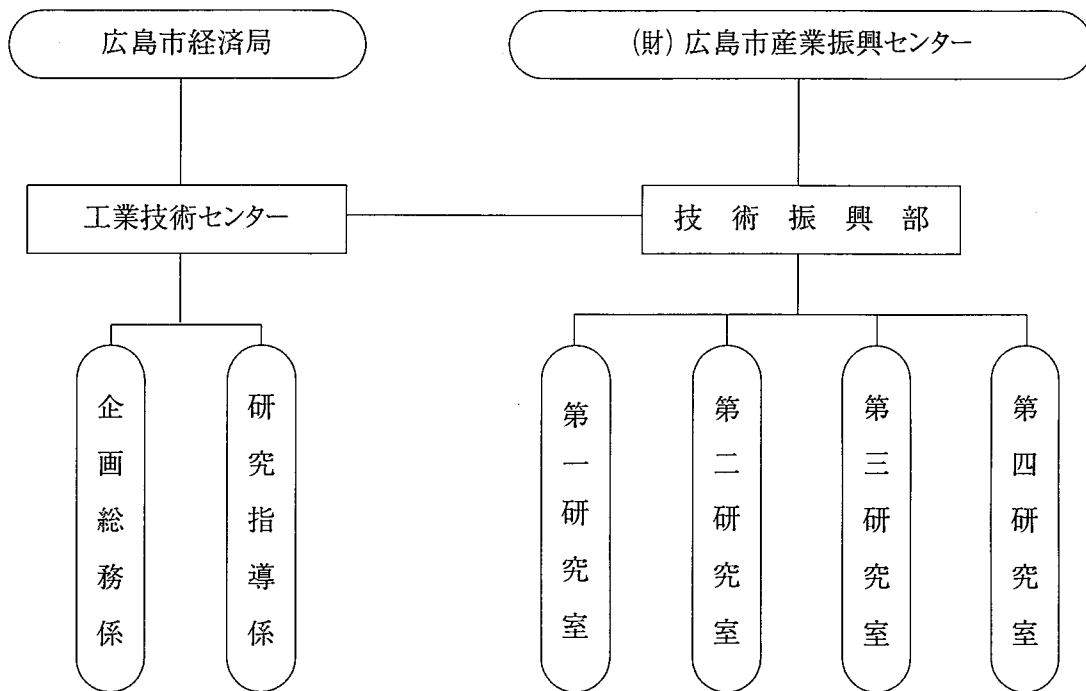
① 土地建物

敷地面積	10,117.20							
建築面積	総建築面積			3,816.55				
	総延床面積			6,789.10				
建物概要	鉄筋コンクリート造							
	本館棟	研究者サロン	研究棟	試験棟	渡廊下	倉庫その他	污水处理機械室	計
地階				45.82				45.82
1階	587.49	180.66	541.03	2,404.20		60.00	13.86	3,787.24
2階	459.21	65.66	541.03	440.31	19.16			1,525.37
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	13.86	6,789.10

② 配置図



(3) 組織及び業務



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6年度当初予算額	平成7年度当初予算額	増 減
商 工 使 用 料	614	367	△ 247
商 工 手 数 料	29,418	30,449	1,031
商工費国庫補助金	11,659	11,476	△ 183
雑 入	15,162	18,213	3,051
合 計	56,853	60,505	3,652

## ② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成6年度当初予算額	平成7年度当初予算額	増 減
報 償 費	120	120	±0
普 通 旅 費	1,202	1,063	△ 139
消 耗 品 費 等	5,349	3,868	△ 1,481
食 糧 費	278	192	△ 86
通 信 運 搬 費	101	93	△ 8
手 数 料 等	40	40	±0
委 託 料 等	155,027	165,842	10,815
使用料及び賃貸料	1,031	832	△ 199
備 品 購 入 費	52,150	57,053	4,903
負担金補助及び交付金	3,172	1,728	△ 1,444
合 計	218,470	230,831	12,361



## (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	※S57
加硫試験機	日合商事(株) キュラストメーター VD型	※H05
炭素・硫黄分析装置	(株)レコ社 CS-244型	※S59
自記分光光度計	(株)島津製作所 UV-240型	※S56
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	※S62
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所 8705QH型	※S62
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	※H04
100kN万能試験機	(株)島津製作所 RH-10型	※S36
500kN万能試験機	(株)島津製作所 UH-500KNA型	※H03
1000kN万能試験機	(株)島津製作所 UMH100型	※S57
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	※S56
低荷重精密万能試験機	(株)島津製作所 AGS-1000A型	★S63
ショッパー式引張試験機	(株)島津製作所 SH-500型	★S47
ツインロックウェル硬度計	松沢精機(株) DRT-FA300型	※S58
ロックウェル硬度計	(株)明石製作所 ORK型	S41
ロックウェル・スーパーフィシャル硬度計	(株)明石製作所 ARK-S型	S51
マイクロビッカース硬度計	松沢精機(株) DMH-1型	※S58
ビッカース硬度計	(株)明石製作所 AVK型	S41
5kN計装化シャルピー	(株)米倉製作所 CHRAPC-5C型	H01
30kNシャルピー衝撃試験機	(株)東京衡機製造所 IC型	H02
疲労試験機	(株)島津製作所 EHF-UD100KN	※H04
回転曲げ疲れ試験機	(株)東京衡機製造所 25180型	S41
金属摩耗試験機	(株)島津製作所 48447型	S41
摩擦摩耗試験機	神鋼造機(株) ファレックス型	★H04
焼入試験機	(株)川崎製鉄	S41
繰返し荷重試験機	さくら工業(株) AB型	★S47
走査型電子顕微鏡	(株)日立製作所 S-2400型	※H02
金属顕微鏡	ユニオン(株) 6318型	S54
実体顕微鏡システム	オリンパス(株) PMG3	※H05
顕微鏡	ニコン(株) AFM型	※S47
接着耐久性試験機	東洋精機(株) NO-537型	H01
低温型示差走査熱量計	セイコー電子工業(株) DSC-220C型	※H03
熱機械分析装置	セイコー電子工業(株) TMA-SS120C型	※H03
示差熱分析装置	真空理工(株) TA-1500型	※S59

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
過電流式非破壊膜厚計	ダーミトロン D-5型	★S47
自己変歪測定装置	さくら工業(株) SFH-20S型	S62
荷重変位測定装置	(株)シンコー工業 6505型	★S54
万能投影機	日本工学工業(株) V-20A型	※S56
レーザー測長機	和泉電気(株) MG-1000型	※S63
万能表面形状測定機	(株)小坂研究所 SE-3C-501806型	★S47
切削動力計	日本キスラー(株) 9257B型	※H03
三次元座標測定機	日本工学(株) トライステーション600型	※S62
蛍光X線微小膜厚計	(株)セイコー電子工業 SFT-3200型	※H03
歪検出システム	(株)共和電業 E-SPIRAS8型	★H03
試料埋め込み機	ビューラ SIMPLIMET 2型	※S56
超音波探傷機	日本クラウトクレマーウェルターHIS-2	※H02
X線応力測定機	(株)リガク MSF-2M型 C-120型	※S63
プログラマブルコントローラ	立石電気(株) SYSMAC C-120型	※S59
画像処理システム	(株)ネクサス 7106型	★H02
ロジック開発システム	YHP(株) 64000型	S62
デジタイザシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	★H04
CAD/CAMシステム	富士通(株)S-3300 ANVIL-4000	S62
メカニカルCAEシステム	ヒューレットパッカード社 モデル735	★H05
アナライジングレコーダ	横河電気(株) 3655E	S62
デジタルパワーメーター	横河電気(株) 2533	S62
AI開発システム	(株)東芝 AS4075GX型	★H03
電子回路試験装置	ノイズ研究所 EMC-5000S	※H01
デジタルストレージスコープ	松下通信工業(株) VP-5740A	S62
精密電圧電流測定器	横河電気(株) 2723	S62
標準電圧電流発生器	横河電気(株) 2258 2253 2563	S62
周波数測定器	リオン(株) SA-57型	★S47
マイクロロボット	三菱電気(株) RM-501型	S59
カラーシュミレーション	日本色研事業(株) 678RC-SA-101型	★S63
コンピューターグラフィックシステム	アップル社 マッキントッシュ FXシステム	★H02
デザインスコープ	(株)いずみや 3N型	S62
写植機	(株)写研 SPICA-AH型	★S63
デジタル変角光沢計	スガ試験機(株) UGV-4D型	★S54
デジタル自動測色色差計	スガ試験機(株) AUD-CH-2型	★S54
多光源測色色差計	スガ試験機(株) MSC-IS-2B型	★S63

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
接触角精密測定機	協和科学(株) CA-1型	★S47
精密ハードネステスター	プロセス社 エコーチップC型	★S63
騒音・振動データ処理装置	(株)小野測器	※H05
摩耗試験機	テスター産業(株) AB101型	H01
めっき処理装置	富士プラント工業(株) プライスター1型	★S55
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	★S62
表面性測定機	新東洋科学(株) ヘイドン-14型	★S62
塩水噴霧試験機	東洋理化工業(株) ST-J-2型	★S47
ガス・塩水腐食試験機	スガ試験機(株) HKC-12L型	S62
複合サイクル試験機	スガ試験機(株) ISO-3CY型	★S62
紫外線ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SH-2HCB型	H01
紫外線フェードメーター	スガ試験機(株) FAL-SP-H型	H01
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	★S54
冷熱衝撃試験機	タバイエスペック(株) TSC-10型	★S54
サーマルショック試験機	タバイエスペック(株) TSR-103型	★S63
温湿度繰り返し試験機	タバイエスペック(株) PL-3E型	★S54
湿潤試験機	スガ試験機(株) CT-3型	★S62
恒温熱風乾燥機	タバイエスペック(株) HPS-222型	★S55
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスペック(株) HLKS-3A型	H01
塗料用退色試験機	スガ試験機(株) FM-1型	H01
恒温恒湿低温槽	タバイエスペック(株) PL-4G型	★S62
恒温恒湿槽	タバイエスペック(株)	★S47
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	★S62
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーグゲマ EPE 700型	S62
静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ	★S47
手吹静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ エレッペR-E-AN	H01
スプレー式前処理装置	(株)日本パーカーライジング KU-42型	★S62
フローコーター塗装機	岩田塗装機工業(株) FL-W3F型	S62
燃焼性試験機	スガ試験機(株) FL-45MC型	★S55
冷間等方加圧装置 (CIP)	三菱重工業(株) MCT-100型	※S63
熱間等方加圧装置 (HIP)	三菱重工業(株) O2-Labo HIP型	※H01
プラズマ溶射装置	プラズマダイン 40型	S62
集塵装置	サンエス工業(株) バローズブース NB-2S型	H02
ガス溶射装置	日本ユテク(株) テロダインシステム2000型	H02
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	※H03

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
立型マシニングセンター	(株)遠州製作所 VMC530 型	※S63
NCワイヤカット放電加工機	三菱電機(株) DWC90H型	※H01
NC放電加工機	三菱電機(株) M35KC7型	※H02
放電精密型彫機	シャパレックス(株) D-15L型	※S36
真空加圧含浸装置	サンワエンジニアリング(株) VPI-2PW型	H01
真空蒸着装置	(株)島津製作所 VPC-350型	S51
切断機	島本鉄工(株) 603型	※S56
難削材料切断切削装置	(株)マルトー セラミクロン MX-833型	★H03
炭酸ガスレーザー加工機	(株)日立製作所 HIL-500CSP型	※S60
直流アーク溶接機	大阪変圧器(株) CPXGT-350型	★S58
立型フライス盤	日立(株) 3M型	※S52
定荷重精密プレス	東洋テスター産業(株) SA-901型	H01
木工用油圧プレス	(株)セイブ ONK-1000x2000型	S62
木材真空乾燥機	北川鉄工(株) WVD-1-5型	S55
マッフル炉	(株)亀井製作所 3513型	※S58
高温真空炉	(株)島津製作所 DEGUSSA	※S58
雰囲気加熱炉	光洋リンドバーク G8-50 AC-145	S51
高周波加熱装置	富士電波(株) FDY-320型	S62
試料作成装置 (混練装置)	(株)小平製作所 R -2-CC	※H05
旋盤	森精機(株) MS-650型	※S57
平面研削盤	日興機械(株) NSG-520型	※S59
万能工具研削盤	(株)松沢製作所 MZ-8BG型	※S63
刃物研削ラップ盤	(株)丸仲鉄工所 GH-50型	H01
ボーリングマシン	新前田工業(株) SAD-120B型	S62
ダブテールマシン	庄田鉄工(株) DV-131型	S62
コーナーロックングマシン	庄田鉄工(株) CLA-132型	S62
ルーターマシン	庄田鉄工(株) ROA-113型	S62
超仕上げかな盤	丸仲鉄工所(株) ロイヤル3型	S62
高速度手押しかんな盤	(株)桑原製作所 KP-300LDX型	S63
自動一面かな盤	(株)大洋製作所 CP-500型	S63
軸傾斜丸鋸盤	(株)桑原製作所 KS-TZ400型	H01
軸傾斜横切り丸鋸盤	東海製作(株) SFJ-1300型	S62
走行丸鋸盤	田中機械工業(株) パネルソー 2500型	H02
木工ロクロ	シンポ工業(株) WRA-075-AN型	S63
木工旋盤	北産興業(株) WL-S1型	S63

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
ベルトサンダー	桑原製作所 KSB-70型	★S55
カプセリング装置	三菱重工業(株) Laboカプセリング100型	H06
5kgシャルピー衝撃角度検出システム	(株)米倉製作所 CCP-60P型	※H06
横型バンドソー	(株)ニコテック SCH-33FA型	※H06
蛍光X線分析装置	セイコー電子工業(株) SEA2010L型	※H06
投影機用データー処理装置	(株)ニコン DP-302型	※H06

平成7年度導入機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
赤外分光光度計	日本分光(株) Herschel FT/IR-350	★H07
ギヤ式老化試験機	スガ試験機(株) TG-100	★H07
反ばつ弾性試験機	高分子計器(株) Lüpke方式	★H07
X線回折装置	(株)マック・サイエンス MXP3VA/DIP320 S	※H07

## 2 事 業

- (1) 依 頼 試 験
- (2) 設 備 利 用
- (3) 技 術 指 導 相 談
- (4) 技 術 者 研 修 事 業
- (5) 先 端 技 術 移 転 研 究 事 業
- (6) 新 技 術 共 同 研 究 事 業
- (7) 技 術 交 流 事 業
- (8) 特 定 技 術 診 断 指 導 事 業
- (9) 特 定 技 術 後 継 者 育 成 事 業
- (10) 地 域 産 業 活 性 化 推 進 事 業
- (11) 自 動 車 関 連 新 技 術 支 援 事 業
- (12) 洗 浄 技 術 開 発 研 究 事 業
- (13) 重 慶 市 と の 技 術 交 流 事 業
- (14) 広 島 市 技 術 指 導 優 良 企 業 表 彰 事 業
- (15) 発 明 考 案 奨 励 事 業
- (16) 講 師 ・ 委 員 等 の 派 遣
- (17) 後 援 等 に よ る 講 習 会 、 研 修 会 、 研 究 会
- (18) 発 表
- (19) 受 賞

## 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	22	56	91,840
	物 理 試 験	15	25	38,500
	接 着 試 験	4	12	9,740
	製 品 性 能 試 験	8	425	296,630
	小 計	49	518	436,710
金属・非金属	機 械 試 験	3,582	13,941	20,986,000
	物 理 試 験	169	707	2,214,970
	分 析 試 験	149	466	1,576,560
	小 計	3,900	15,114	24,777,530
表面処理	塗 料 試 験	3	8	12,320
	皮 膜 試 験	145	13,600	4,122,580
	小 計	148	13,608	4,134,900
電子・電気	電子計算機による解析	—	—	—
	電 気 試 験	10	22	20,880
	小 計	10	22	20,880
試験用試料作成	木 材 ・ 木 製 品	1	2	3,080
	金 属 ・ 非 金 属	29	101	155,540
	塗 装 ・ 塗 膜	2	2	7,820
	電 子 ・ 電 気	4	8	12,320
	小 計	36	113	178,760
意匠図案の作成		2	5	15,450
工業製品の試作		2	19	14,630
試験・検査に関する証明		18	24	8,640
合 計		4,165	29,423	29,587,500

### (2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	歳入額 (円)
工 作 機 械	49	134	122,410
試 験 設 備	100	230	321,830
合 計	149	364	444,240

## (3) 技術指導相談

分類	分野	業務内容	合計
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	100
B	電子・電気	電力機器、電気応用機器、電子応用機器	65
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	148
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	572
E	木材・木質材	材料、加工技術、表面技術、改質技術	273
F	情報処理	情報管理、情報数理、コンピュータシステム	45
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	268
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	103
I	資源	金属鉱業、石炭及び石油鉱業	20
J	建設	鋼構造、コンクリート製品	5
K	衛生	環境、公害防止技術、廃棄物有効利用技術	16
Z	その他	その他	93
合		計	1,708



#### (4) 技術者研修事業

デザイン技術、各種材料利用技術及び生産管理技術に関する研修を実施し、中小企業の技術力の向上を図る。

##### ① デザイン技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
インテリアデザイン技術 講座	① 10月3日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 山下 新治 氏	19名	西原
	② 10月9日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 山下 新治 氏	17名	
	③ 10月17日	製図法	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	18名	
	④ 10月24日	スケッチ技法	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	18名	
	⑤ 10月31日	パースと色づけ	(有)アトリエ・ケン 慶雲寺 誠 氏	17名	
	⑥ 11月7日	パースと色づけ	(有)アトリエ・ケン 慶雲寺 誠 氏	17名	
	⑦ 11月14日	インテリアの計画	(株)アステリア 河野 房子 氏	17名	
	⑧ 11月21日	開発の手法	(財)広島市産業振興センター 谷本 義則	15名	
注文洋服縫製技術 講習会	7月13日	洋服業界今後の展望並びにイーージーオー ダ技術	(株)ラン・クロージング 小林 勝二 氏	25名	岡本
広島市デザイン講習 会	11月1日	ここまで来た!Macintoshによる立体デザ インの魅力	ナカシマプロベラ(株) 久保 博尚 氏	36名	岡本
	11月2日	都市のエLEMENT ストリートファニチャー	(株)GK設計 西沢 健 氏	31名	

##### ② 生産工程合理化技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
工具鋼材料技術講習 会	3月27日	高速高能率加工の現状と切削工具の 開発動向について	日立ツール(株) 南野 修司 氏	86名	山本
高度加工技術講習会	11月14日	3次元自由曲面のみがき加工とその自動 化	大阪機工(株) 幸田 盛堂 氏	37名	岡田
木質系新素材講習会	12月14日	木材およびセルロースの高機能化	京都大学 白石 信夫 氏	52名	木下
バイオエンジニアリング 技術講習会	12月12日	製品開発における人間科学研究 (人に優しい製品・技術・産業体系)	(株)フコール 岸本 泰蔵 氏 松下電工(株) 小山 恵美 氏 広島工業技術センター 西山 修二	55名	西山
高分子材料講習会	① 4月28日	阪神大震災における免震建物の効果と 最近の免震建物について	(株)ブリヂストン 有田 興紀 氏	51名	四辻
	② 7月14日	ゴム加工のセンサー技術の応用	(株)キーエンス 佐々木 道夫 氏	50名	
	③ 3月8日	生分解プラスチックの開発動向と新展 開	京都工芸繊維大学 山下 岩男 氏	41名	

### ③ 材料・加工技術

事業名	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	1月26日	三次元多色印刷システム(水圧特殊転写法)について	大日本印刷(株) 宮下 治雄 氏	70名	山崎
熱処理技術講習会	9月21日	高強度鋼におけるショットピーニング効果	東洋精鋼(株) 渡辺 吉弘 氏	23名	市後
木工塗装技術講習会	12月 5日	最近の無溶剤UV塗料と木質システムについて	大谷塗料(株) 有川 淨辞 氏	47名	野村
CAD/CAM/CAE技術講習会	11月 8日	振動・音響解析について	(株)電通国際情報サービス 伊島 豊 氏	72名	古谷
ニューファクトリー講習会	2月15日	ニューファクトリーで活性化	(株)産業立地研究所 真野 博 氏	38名	小島
CIM技術講習会	12月19日	CALSの衝撃、その実体と展望	(株)ボックス研究所 木村 博光 氏	61名	小島

### (5) 先端技術移転研究事業

平成4年度より産学官の参画により、高分子材料分野についての研究会を設置して開発品EPDMを用いた防振ゴム(試験片)について試験を行った。その結果、この防振ゴムは機械的性質に優れ、熱老化に対しても安定しており、更に低周波の振動に対し大きな減衰性能を持っていることが確かめられた。このことから、耐熱性やダンピング性能が必要とされる場所では、コスト面を除けばNRの代替品として適用できるとの評価を得て、事業を完了した。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
パイオニア研究会	3月22日	自動車用防振ゴムの開発について 「防振ゴム試験結果の評価」		13名	上田 四辻

### (6) 新技術共同研究事業

外部講師指導のもと、企業と共同で技術的課題の研究を行い、企業の技術者の資質向上を図る。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
品質工学研究会	① 6月 8日	設計・技術開発の進め方及びその問題点の把握	電気通信大学 矢野 宏 氏	26名	浅野 市後 兼原
	② 7月21日	工程管理及びパラメーター設計の基本機能について	〃	22名	
	③ 8月25日	予備実験データの考察	〃	17名	
	④ 10月19日	実験を進める上での問題点・疑問点の検討	〃	16名	
	⑤ 11月 9日	SN比の検討	〃	14名	
	⑥ 1月18日	研究事例発表	〃	16名	
NC工作機械加工技術研究会	① 5月17日	今年度課題と今後の運営方針		19名	山本
	② 6月14日	段取り改善・切削条件に関する研究		10名	
	③ 7月12日	工場見学会		22名	
	④ 8月 9日	三菱重工業(株)広島工機工場の見学とNCプログラミング講習会	三菱重工業(株)広島テクニカルサービスセンター 横山 信悟 氏	22名	

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
NC工作機械加工技術研究会	⑤ 9月6日	段取り・切削条件に関する研究会		9名	山本
	⑥ 10月2日	多品種少量生産におけるマシニングセンターの使い方に関する講習会	豊橋技術科学大学 星 鐵太郎 氏	23名	
	⑦ 11月8日	実削テストによる深穴加工の研究		10名	
	⑧ 12月13日	実削テストによる研究 (SUS304)		8名	
	⑨ 2月7日	実削テストによる研究 (SUS304)		8名	
	⑩ 3月13日	研究活動報告及び反省と今後の課題について討議		7名	
CAE研究会	① 6月22日	「強度・剛性」解析に関する課題への対策法について	広島大学 藤谷 義信 氏 (株)マツダエンジニアリング 前川 一生 氏	22名	古谷
	② 7月27日	「強度・剛性」解析に関する課題への対策法について	〃 〃	18名	
	③ 9月28日	「振動・応答」解析に関する課題への対策法について	〃 〃	16名	
	④ 10月26日	「音響・熱伝導」解析に関する課題への対策法について	〃 〃	18名	
	⑤ 12月21日	最適化、CAEの有効活用について	〃 〃	14名	
マイクロプロセッサ利用技術研究会	① 9月13日	H8/300Hマイコンの特徴と応用事例	(株)日立製作所 武智 賢治 氏	5社	尾崎
	② 3月12日	H8/3048F CPUボードの設計コンセプト等の説明	(財)広島市産業振興センター 尾崎 清	5社	
	③ 3月14日	H8/3048F CPUボードとリモートモニターを用いた操作、プログラミング実習	〃	5社	
	④ 3月21日	リモートモニターの仕組み・コンセプト等説明 プログラミング実習	岡山県工業技術センター 平松 隆志 氏	5社	
	⑤ 3月22日	次年度研究テーマの検討	(財)広島市産業振興センター 尾崎 清	5社	
新製品デザイン開発研究会	① 6月6日	研究会の開催目的・年間計画の概要説明、参加会員の紹介、フリートーキング	広島市立大学 大井 健次 氏他	16名	谷本
	② 7月19日	自社製品のデザイン開発の手法について	(株)マツダ 寺戸 毅 氏 シャープ(株) 水野 博志 氏	11名	
	③ 8月9日	デザイン開発の手法について	シャープ(株) 水野 博志 氏他	11名	
	④ 9月6日	デザインマップ手法を活用した開発テーマの設定	(株)マツダ 岩田 州夫 氏他	10名	

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
新製品デザイン開発研究会	⑤ 10月18日	開発アイテムのチャート作成について 言葉と絵による開発チャートづくりのポイントと開発アイテムの設定作業の指導	広島市立大学 吉田 幸弘 氏他 (株)マツダ 寺戸 毅 氏他	5名	谷本
	⑥ 11月15日	グループによる開発アイテム策定の検討	(株)マツダ 寺戸 毅 氏他	11名	
	⑦ 12月20日	開発アイテムからの具体的モノづくり作成のための指導 製品アイテムのアイデア策定の方法とデザイン作業の指導	広島市立大学 大井 健次 氏他 シャープ(株) 水野 博志 氏他	12名	
	⑧ 1月23日	製品アイテムのアイデア策定の方法とデザイン作業の指導	シャープ(株) 水野 博志 氏他	11名	
	⑨ 2月20日	グループによる製品開発に向けたアイデア発想の創出とデザインスケッチによる具体的製品のイメージづくり	広島市立大学 吉田 幸弘 氏 シャープ(株) 水野 博志 氏	11名	
	⑩ 3月19日	グループによる製品開発に向けたアイデア発想の創出とデザインスケッチによる具体的製品のイメージづくりによる研究会のまとめ	広島市立大学 吉田 幸弘 氏 シャープ(株) 水野 博志 氏	11名	

#### (7) 技術交流事業

産・官の異業種交流部会を設置し、具体的テーマに基づいた実用的研究活動の実施により新製品・新技術の開発を行う。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
新素材技術交流部会	① 7月26日	平成7年度総会平成6年度事業・会計報告、平成7年度事業計画・役員人事		13名	上田
	② 9月27日	会員企業の紹介・廃棄物・リサイクルに対する取り組み		10名	
	③ 11月8日	廃棄物・リサイクル施設見学		19名	
	④ 1月24日	「オカラ等を利用した緩衝材」の開発		18名	
	⑤ 3月14日	「加硫ゴム(主として用済みタイヤ)のリサイクル」		17名	
資源高度利用技術交流部会	① 4月24日	平成6年度事業報告・平成7年度部会運営・先進地調査報告(高知県工業技術センター他)		14名	木下
	② 5月24日	平成7年度部会運営について		15名	
	③ 7月13日	液化木材に関する調査報告		13名	
	④ 8月23日	「京都大学木材研究関連施設」の見学会について		13名	
	⑤ 9月28日	先進地調査「京都大学木質科学研究所・京都大学農学部」		15名	
	⑥ 10月11日	先進地調査報告「圧密化木材・液化木材」		12名	
	⑦ 12月14日	「木材およびセルロースの高機能化」(木質系新素材講習会と併合)	京都大学 白石 信夫 氏	15名	
	⑧ 2月5・6日	液化木材の製造実習	京都大学 白石 信夫 氏	16名	

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
エコロジー交流部会	① 4月11日	平成7年度総会 規約一部改正、役員人事 7年度事業計画、6年度事業・会計報告		11名	小島 岡本 野村
	② 5月16日	事業計画に係わる会員アンケート結果 くすのき会が今後手がけるテーマについて		11名	
	③ 6月12日	中小企業ビジネスメッセ '95の内容報告 くすのき会が今後手がけるテーマについて		11名	
	④ 7月12日	EM技術について くすのき会が今後手がけるテーマについて		11名	
	⑤ 8月10日	くすのき会が今後手がけるテーマについて 会務報告		10名	
	⑥ 9月19日	会員企業現地研修会 「新機種開発と付加価値経営」について	トヨタ車体(株) 藤本 俊 氏	24名	
	⑦ 10月12日	異分野先進企業訪問 「不二輸送機工業(株)」 小野田市	(株)ファーストリテーリング 加藤 信義 氏	5名	
	⑧ 10月30日	横浜・広島地域間交流会 よこはま交流プラザ	三島食品(株) 三島 哲夫 氏 中外テクノス(株) 福馬 勝洋 氏	28名	
	⑨ 12月 4日	日立・広島地域間交流会 日立商工会議所異業種交流グループ	(株)歴清社 久永 洪 氏 (株)風船工房 西 直樹 氏	17名	
	⑩ 12月22日	私が取り組んで来た新製品開発の足取り	(株)樹脂コーティング 長安 臣 氏	9名	
	⑪ 1月18日	現地研修会 「新製品開発ニューファ クトリー化による経営刷新」	(株)坂戸工作所 坂戸 誠一 氏	20名	
	⑫ 2月21日	平成7年度技術市場交流プラザ全国大会 異業種交流先進地訪問他	(株)アイリスオオヤマ 大山 健太郎 氏他	3名	
	⑬ 3月15日	中堅中小企業勝ち残りの4つの方向	常葉学園浜松大学 坂本 光司 氏	11名	
生活環境技術交流部会	① 4月19日	起き上がり補助具の試作品についての検討 浴室段差解消機の試作品の改善案の検討他		9名	西原
	② 5月23日	起き上がり補助具の試作品のアイデア展開 浴室段差解消機の試作品の改善案の検討他		12名	
	③ 6月27日	起き上がり補助具の改良試作品の検討 浴室段差解消機の改良試作品の検討		9名	
	④ 7月25日	起き上がり補助具の改良試作品について (パンタグラフジャッキ活用した試作品)		7名	
	⑤ 8月22日	起き上がり補助具の改良試作品について (パンタグラフジャッキの改良 他)		8名	
	⑥ 9月28日	起き上がり補助具の改良試作品について (上下させる支持枠の二段階構造試作品他)		7名	
	⑦ 10月19日	起き上がり補助具の改良試作品について (上下させる支持枠の二段階構造試作品他)		8名	
	⑧ 11月28日	先進地調査報告	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	5名	
	⑨ 12月21日	製品作りとデザインの係わりについて	田中工業デザイン研究所 田中 宏樹 氏	7名	
	⑩ 1月13日	起き上がり補助具、歩行補助兼休息椅子 浴室段差解消機の改善について	マツダ産業(株) 岡田 正 氏	5名	

生活環境技術交流部会は平成4年4月、参加企業15社で発足し、延べ40回の会合を開催した。その間、高齢化社会に役立つ「モノ」づくりをテーマに活動を行い、介護者の労力を軽減するための起き上がり補助具、浴室段差解消機、歩行補助兼休息椅子の3点についてアイデアの展開を行い、試作の繰り返しを重ねて製品化を図り事業を完了した。

### (8) 特定技術診断指導事業

特定の技術分野について、外部専門家による生産現場における技術的課題の指導を実施し、生産性及び技術力の向上を図る。

事業名	テーマ・講師	開催月日	指導企業	担当者
鋳造技術診断指導	鋳物工場の生産性向上を図るための製造技術の指導 講師 名古屋工業技術研究所 太田 英明 氏	12月 5日	(株)ニノミヤメタル江津工場 (株)ニノミヤフェンドリ	中村
		12月 6日	(株)大田鋳造所 友鉄工業(株)	
新素材利用技術診断指導	木質新材料の利用と接着技術 講師 コニシ(株) 大阪研究所 谷口 和彦 氏	2月29日	(有)宮本家具工芸所 湯田木工(株)	木下 三宅
		3月 1日	日輝工業(株) (株)堀田木工所	
熱処理技術診断指導	特定フロン全廃による洗浄剤の代替え 講師 笹岡技術研究所 笹岡 次郎 氏	11月28日	新中央工業(株) 日本電子(株)	市後
		11月29日	神和熱処理(株) 呉金属熱練工業(株)	
塗装技術診断指導	利潤を確保するための金属塗装工程の改善 講師 マツダ(株) 平岡 康孝 氏	2月 8日	関西金属工業(株) (株)日本プレス製作所	山崎
		2月15日	三上産業(株)川内工場 (株)イカワ塗装	

### (9) 特定技術後継者育成事業

本地域のメッキ業界を対象に高付加価値製品の開発、技術の高度化、競争力の強化等により、後継者の育成を図る。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
表面処理技術研究会	① 4月17日	平成6年度事業報告・会計報告 平成7年度事業計画・予算案について	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	26名	植木
	② 5月17日	平成7年度表面処理技術研究会総会 役員会報告・助成金・融資制度等	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	20名	
	③ 7月26日	「産業廃棄物の海洋投棄全面禁止に伴う排水処理技術」	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏 日本表面化学(株)研究所 中村 友昭 氏	16名	
	④ 9月13日	企業見学 「アオハタ株式会社」 「アトム株式会社」	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	18名	
	⑤ 9月19日	役員会「研究会行事執行について」	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	4名	
	⑥ 10月25日	「防錆・防食技術について」 先進地視察について	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏 (社)日本防錆技術協会 田尻 勝紀 氏	19名	
	⑦ 10月30日	先進地調査「宮城県仙台地区・神奈川県横浜地区」 10/30～11/2	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	17名	
	⑧ 12月13日	「加飾技術について」	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏 (株)シミズ 服田 正雄 氏	24名	
	⑨ 2月14日	「機能メッキの動向と将来展望」	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏 大阪市立工業研究所 榎本 英彦 氏	22名	
	⑩ 3月15日	企業見学 [(株)中村製作所] [(有)富士金属化工]	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	19名	
	⑪ 3月21日	役員会「平成7年度事業・活動報告及び平成8年度事業活動計画」について	表面処理コンサルタント 竹内 信彦 氏	6名	

(10) 地域産業活性化推進事業

家具及び鋳物業界に対し、新製品開発及びデザイン開発の支援を行うとともに、既存技術の継承及び後継者の育成を図る。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
家具木製品産業活性化研究会	① 4月7日	家具製品におけるPL法について	(社) 全国家具工業会連合会 大久保 道治 氏	19名	野村 谷本
	② 4月14日	平成6年度開発製品と改良点等について	(株)テレビ 三木 恵 氏	8名	
	③ 5月9日	開発製品と展示会出品におけるディスプレイ等について	(財) 広島市産業振興センター 谷本 義則	9名	
	④ 5月25日	新製品開発における今後の取り組みについて	協和木工(株) 山口 義一 氏	6名	
	⑤ 5月30日	家具用輸入資材について	(株)大之木ダイモ 福光 省荘 氏	7名	
	⑥ 6月27日	第55回広島県家具産地別見本市における顧客動向、市場動向等について	広島家具工業会 石田 好男 氏	14名	
	⑦ 7月18日	機能性家具の問題点	(株)テレビ 三木 恵 氏	8名	
	⑧ 7月21日	製造物責任法(PL法)について	(財) 広島市産業振興センター 谷本 義則	14名	
	⑨ 8月8日	消費者ニーズと製品開発	広島県家具工業連合会 山中 光 氏	16名	
	⑩ 8月29日	第56回家具見本市への出展計画及び最近の家具動向について	(株)いまだ 今田 正敏 氏	15名	
	⑪ 9月19日	家具製品とPL対策	(財) 広島市産業振興センター 野村 孝雄	8名	
	⑫ 10月25日	家具用資材の動向	広島家具工業会 石田 好男 氏	8名	
	⑬ 11月30日	ダボ構造と強度について	(株)大之木ダイモ 福光 省荘 氏	7名	
	⑭ 12月22日	家電メーカーにおける電動家具の状況	(財) 広島市産業振興センター 野村 孝雄	7名	
	⑮ 2月9日	家具展示会におけるレイアウトとディスプレイについて	サブロー広告(株) 小谷 修司 氏	15名	
	⑯ 2月26日	福祉用機器について	(株)テレビ 三木 恵 氏	7名	
若手鋳造技術者研究会	① 5月12日	平成7年度活動方針・規約改正・見学他	近畿大学 塩田 俊雄 氏	13名	中村
	② 7月25日	広島県立西部工業技術センター及び研究紹介 研究用試験片仕様の協議	近畿大学 塩田 俊雄 氏	9名	
	③ 9月21日	「鋳鉄の浴湯処理と組織について」	近畿大学 塩田 俊雄 氏 (株)宇部スチール 糸藤 春喜 氏	10名	
	④ 11月17日	「品質管理における炉前試験の役割」	近畿大学 塩田 俊雄 氏 ヨシワ工業(株) 杉本 計三 氏	13名	
	⑤ 2月13日	機械試験結果中間報告他	近畿大学 塩田 俊雄 氏	11名	
	⑥ 3月26日	「鋳鉄の現場試験方法について」他	近畿大学 塩田 俊雄 氏 川口鋳物工業組合 山中 昇 氏	13名	

(11) 自動車関連新技術支援事業

自動車関連企業の技術力の向上を図るため、人間の動的特性評価による製品の最適設計法、金属塗装面の光輝染色法及びショットピーニング新加工技術による材料強化技術を確立する。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
バイオメカニカルエンジニアリング研究会	① 9月6日	事業計画の検討(課題提案・研究分担・日程計画)		5名	西山
	② 11月15日	調査報告	黒石鉄工(株) 研井 堅 氏 デルタ工業(株) 武田 史郎 氏他	6名	
	③ 12月20日	人間機械環境システム・感性和快適性	広島市工業技術センター 西山 修二	6名	
	④ 1月30日	人間の疲労とその計測法	広島大学 菊池 邦雄 氏	17名	
	⑤ 3月13日	ロッキングソファの開発	広島市工業技術センター 西山 修二	5名	
ショットピーニング加工技術研究会	① 5月29日	ショットピーニングの現状と展望	明治大学 飯田 喜介 氏	31名	市後 乗原
	② 6月28日	会員研修会 工場見学・福山熱煉工業(株)	福山熱練工業(株)テクノ工場 河田 格至 氏	28名	
	③ 7月26日	ショットピーニングの新しい展開	新東工業(株) 青木 洋二 氏	27名	
	④ 9月21日	ショットピーニングによる圧縮残留応力に関する一考察	東洋精鋼(株) 渡辺 吉弘 氏	23名	
	⑤ 12月6日	実技講習	(財)広島市産業振興センター 市後 博造 乗原 修	22名	
新加飾技術研究会	① 5月18日	役員選任、研究内容・年間スケジュールの協議		40名	山崎
	② 6月28日	研究テーマの決定、研究スケジュールの協議、重慶市の塗装事情報告		36名	
	③ 7月16日	金属塗装作業・噴霧塗装について		48名	
	④ 8月4日	塗装設備の効率的なメンテナンスについて		28名	
	⑤ 8月20日	金属塗装作業・噴霧塗装について		83名	

(12) 洗浄技術開発研究事業

平成7年末でトリクロロエタンの製造が中止されたことに伴い、金属製品製造業における代替洗浄についての技術研究を行い、新技術の開発と洗浄装置を開発する。

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
洗浄技術開発研究会	① 8月29日	熱処理工程における洗浄技術の最新情報	ミヨシ油脂(株) 戸田 稔 氏	27名	山崎
	② 12月1日	トリクロロエタン代替洗浄技術の最新情報と新溶剤の特性について	三菱化学(株) 川島 理一郎 氏	31名	



(13) 重慶市との技術交流事業

広島市は重慶市（中国・四川省）と友好都市として交流を行っており、技術交流の一環として平成6年度から金属表面の防錆、防食をテーマに共同研究を行っている。本年度、重慶市および広島市においてサンプル試片で金属表面の経時変化についてデータの収集中である。本市から2名の担当職員を重慶市に派遣し意見交換や情報収集を行うとともに、重慶市から2名の担当者を受け入れ、技術指導等の技術交流を行う。

(14) 広島市技術指導優良企業表彰事業

当センターの技術指導を受け、新製品開発・技術改善に著しい成果を上げた企業を表彰し、中小企業の技術開発の振興を図る。

表彰名	受賞者	成果の内容
広島市技術指導 優良企業表彰	(株)横田製作所 横田 博	プラズマ溶射装置による技術指導により、ポンプ用インペラー（羽根車）の表面にセラミックス溶射を行い、耐摩耗性の高い皮膜処理技術を開発した。
	(株)西井製作所 西井公男	防錆塗膜処理を施した仏壇金具の新開発、ナンバープレートの塗装工程の自動化、省力化をはかり、コストダウンと高品質化を図った。
	(株)三村庄一商店 三村義幸	デザイン、使用材料、塗装工程の改善、改良によりマンション等の限られた、住空間にも設置出来る仏壇の新製品開発を行った。

(15) 発明考案奨励事業

新技術、新製品の開発を促進し、技術力の向上を図り、もって中小企業の技術振興を側面から支援することを目的に発明考案奨励事業として、次の5事業を実施している。

1. 発明考案試作補助事業

- 有益な発明考案による試作に対し、50万円を限度に補助金を交付する。

交付者	発明考案の名称	発明考案の目的
(株)ケミカル山本 山本 正登	銀製品用電解式さび取り洗浄装置 “シルバークラウド”の試作	特許出願中の「銀製品の電解式さび取り法」に関する下記2件の技術を工業化して、その商品化を図る。 特願平3-132427「銀の変色除去方法」 特願平3-164096「銀の変色除去装置」

## 2. 優良発明功績者表彰事業

- 優れた発明考案を創作・実用化し、本市産業の振興に顕著な成果を挙げた人を表彰し、中小企業の技術開発の振興をはかる。

表彰名	受賞者	成果の内容
優良発明功績者表彰	(株)サンポール 山根 朗	都市景観を配慮した旗竿、車止め、街路用ポール等景観器具の質的、デザインの向上を図り、企業の発展と地域の環境美化に貢献した。

## 3. 児童生徒発明くふう展事業

- 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。

### (1) 広島市児童生徒発明くふう展応募及び表彰結果

単位:点

区分	応募状況	表彰結果									
		広島市長賞	市教育長賞	商工会議所賞	発明協会賞	中国新聞賞	市PTA協議会賞	木曾賞	増本賞 熊平賞 山本賞	優秀賞	学校賞
小学校の部	73	1	1	1	1	1	1	1	—	15	1
中学校の部	358	1	1	1	1	1	1	—	各1	15	1

### (2) 発表展示会の開催

- 広島県、広島市、(社)発明協会広島県支部、広島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、広島県下の入賞作品の展示会を開催する。

- ・開催期間 平成7年11月2日～11月12日
- ・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

- 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。

- ・開催期間 平成7年11月2日～11月12日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

### (1) 応募及び表彰結果

単位:点

区分	応募状況	表彰結果					
		特別賞	金賞	銀賞	佳作	努力賞	学校賞
小学校の部	807 (205)	14 (1)	15 (6)	31 (11)	53 (14)	28 (4)	3 (0)
中学校の部	733 (284)	9 (2)	15 (4)	29 (4)	47 (6)	23 (2)	2 (1)

上段は広島県全体 ( )内は広島市分

5. (社) 発明協会広島県支部発明奨励補助事業

● (社) 発明協会広島県支部が実施する未来の科学の夢絵画展、発明・考案表彰、特許・実用新案に関する事業に対し、発明奨励事業補助金を交付する。 本年度補助金額 125,000円

(16) 講師・委員等の派遣

事業名	名 称	内 容	開催場所	派遣者	備 考
4月21日	塗装技術マン養成講座	金属塗装概論、塗装設備 金属表面処理	東広島市地域職業訓練センター	山寄	講師
5月10日	インテリア協議会	建築塗装技術について	広島県情報プラザ	山寄	講師
5月20日	(社) 日本経営工学会 平成7年度春季大会	研究発表会「コスト最小化メタ スケジューリング」	東京工業大学	小島	座長
5月21日	(社) 日本経営工学会 平成7年度春季大会	事例研究発表「地域間交流 活動でヒット商品開発」	東京工業大学	小島	講師
5月25日	塗装技術研修会	塗料及び塗装技術の基礎知識	広島塗装高等職業訓練校	斉藤	講師
6月 2日	塗装技術マン養成講座	塗膜評価技術・塗膜欠陥対策	東広島市地域職業訓練センター	山寄	講師
6月 9日	社内教育講習会	CAEの概要について	(株)石崎本店	古谷	講師
6月15日	第29回全国建具展示会 広島大会	全国出品作品の審査会	広島市総合展示館	山田	委員
7月 2日	平成7年度技能検定建築塗装作業	実技試験	福山職業能力開発短期大学	斉藤	委員
7月16日	平成7年度技能検定建築塗装作業	実技試験	広島技能開発センター	斉藤	委員
7月23日	平成7年度技能検定金属塗装作業	実技試験	(株)マツダ 宇品工場	山寄	委員
7月26日	重慶市自動車整備技術研修生講習	日本の自動車産業	広島自動車整備団地	山寄	講師
8月18日	平成7年度技能検定超鋼刃物研磨作業	実技試験	(株)山崎精研	山本	委員
8月18日	日本機械学会VS研究会	人体を含む複雑系の連成振 動特性に関する研究	広島市工業技術センター	西山	講師
8月19日	塗装技術研修会	建築塗装技能検定学科試験 講習	ポリテクセンター広島	斉藤	講師
8月25日	塗装技術研修会	防水塗装技能検定学科試験 講習	広島市工業技術センター	斉藤	講師
2月 26/27日	重慶市自動車整備技術者研修	炭酸ガスレーザー・マシニングマシ ン・三次元測定器の座学、実習	広島市工業技術センター	岡田	講師

## (17) 後援等による講習会、研修会、研究会

事業名	開催月日	テーマ	主催団体	参加人員	担当者
増養殖事業講演会	5月19日	藻場の分布の制限要因を考慮した造成方法 ホンダワラ藻場の造成事例	(社)日本鋳物工業会鋳鉄漁 礁協議会	30名	山口
第24回溶接技術交流会	5月25日	溶接品質保証の確立および技術の構築 技術環境の変化に対応できる溶接技術	溶接技術交流会	60名	中村
日本特殊塗料研究会	6月6日	塗装技能士の教育訓練 屋上防水作業の実技	日本特殊塗料研究会	30名	斉藤
マルチメディア講習会	6月20日	マルチメディアについて テレビ会議について(実演)	広島家具工業会	70名	野村
塗装技術研修会	7月18日	ネット工法による外装塗装	(社)日本塗装工業会広島県 支部	40名	斉藤
平成7年度素形材技術実践講座	8月22日	鋳鉄の生産技術	(財)素形材センター	30名	中村
塗装技術研修会	8月25日	塗装技能士の教育訓練 屋上防水作業の実技	中国塗膜防水協会	14名	斉藤
ゴム技術講演会	9月22日	バイマック、パイソンの紹介 ゴム射出成型型とプロセスコントロール	ゴム技術委員会	40名	上田
平成7年度溶接学会 秋季全国大会	10月6日	未来生産技術を支える溶接・溶接工学 ウェルディングエキジビション	(社)溶接学会中国支部	100名	中村
デザインセミナー及び デザイン講習会	10月12日	マルチメディアは企業をどう変えるか 造形教育におけるCGとマルチメディア	(財)広島県産業振興センター 他	40名	谷本
プレス金型技術研修会	10月20日	プレス金型のコストダウンと鋳鋼の活用 鋳鋼への表面コーティングについて	広島金属プレス工業会	50名	市後
塗装セミナー	12月5日	'95人と地球に優しい塗装と塗装品質を考える	広島家具工業会	100名	野村
平成7年度溶接技術 講習会	12月7日	ステンレス鋼溶接施工技術の実際とその応用	(社)溶接学会中国支部	100名	中村
ゴム技術講演会	2月2日	ゴム技術の新しい展開	広島ゴム技術委員会 日本ゴム協会関西支部	40名	上田
塗装技術研修会	2月14日	塗装技能士の教育訓練 塗床塗装作業の実技	日本特殊塗料研究会	20名	斉藤
塗装技術研修会	3月14日	塗装技能士の教育訓練	(社)日本塗装工業会広島県 支部	6名	斉藤

(18) 発 表

1. 誌上発表

誌 名	時 期	テ ー マ	発 表 者
機械の研究 第47巻 第6号	平成7年 6月	人体を含む複雑系の振動特性の現状と動向	西山 修二
第3回西日本技術士研究・業績発表年次大会論文集	平成7年 7月	道路橋と人体に優しい車両系サスペンション	西山 修二
日本金属学会誌 第59巻 第7号(1995) 746-753	平成7年 7月	真空焼結後HIP処理した純チタン材の金属組織と引張性質	隠岐 貴史
Proceedings of International Conference on Computational Engineering Science, July 30-August 3, 1995, Hawaii, USA Volume 2, Springer	平成7年 8月	Computational Human Dynamics of Vehicle-Passenger Dynamic Interaction on a Highway Bridge	西山 修二
日本機械学会論文集 第61巻 第590号, C編	平成7年10月	着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響(実験的研究)	西山 修二
材料 第45巻第2号(別冊)	平成8年 2月	等2軸引張荷重を受けるぜい性コーティング皮膜における島状はく離型割れ形態の解析	市後 博造

2. 口頭発表

学 会	時 期	テ ー マ	場 所	発 表 者
日本金属学会 1995年春期(第116回)大会	平成7年 4月	真空焼結純チタン材のHIP処理過程	東京都 新宿区	隠岐 貴史
日本機械学会 VSTech '95振動新技術シンポジウム	平成7年 6月	道路橋と人体に優しい車両系サスペンション	広島市	西山 修二
日本鑄造工学会 山陽山陰地区合同YFE鑄造技術研究会	平成7年 8月	広島市若手鑄造技術者研究会(HICAT)活動事例	岡山県 高梁市	中村真知也
日本機化学会 中国四国支部 第66回講会	平成7年 11月	ショットピーニング条件の解析	広島市	乗原 修
軽金属学会 第89回秋期大会	平成7年 11月	真空焼結後HIP処理したTi-6Al-4V合金の引張	千葉県 習志野市	隠岐 貴史
日本鑄造工学会 中国四国支部研究発表会	平成7年 12月	リングプレートメソッドによる三次元測定機の評価技術	広島市	浅野 直弘
日本金属学会 1996年春期(第118回)大会	平成8年 3月	Ti-6Al-4V合金のHIPにおける焼結過程	千葉県 習志野市	隠岐 貴史

(19) 受 賞

中国地域公設試験研究機関功績者表彰

氏 名	受 賞 名	備 考
西山 修二	研究業績賞	(財)中国技術振興センター

# 研究報告

- (1) 真空焼結後HIP処理した純チタン材の金属組織と引張性質 ..... 27
- (2) EPDMの防振ゴムへの適応性について ..... 36
- (3) 鋳鉄の炉前試験と機械試験の関係 ..... 44
- (4) 塗膜染色による光輝金属面の新加飾方法 ..... 53
- (5) 品質工学によるショットピーニング条件の解析 ..... 58
- (6) レーザ加工（パルス出力）の精度評価に関する研究（第2報）..... 63
- (7) H8/3048F CPUボードの開発 ..... 70
- (8) CAE構造解析における解析精度の高精度化 ..... 75  
(はり要素の使用における解析精度の向上)
- (9) ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究（第2報）..... 91
- (10) 着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響 ..... 95

# 真空焼結後HIP処理した純チタン材の金属組織と引張性質\*

隠岐貴史 松木一弘\*\* 畑山東明\*\* 柳沢平\*\*

Microstructure and Tensile Properties of Vacuum Sintered/HIP'ed Pure Titanium

Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI\*\*

Tomei HATAYAMA\*\*, Osamu YANAGISAWA\*\*

The relationship between the microstructures and tensile properties was investigated for vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed titanium.

For the pure titanium sintered in vacuum at the temperatures below and above the critical temperature, 1400K, their microstructures consisted of equiaxed and irregularly shaped grains, respectively. The tensile ductility, measured as the reduction of area and as the elongation, increased with increasing sintering temperature in the temperature range below this critical temperature. However, the ductility decreased significantly until reaching a constant level with increasing sintering temperature above this temperature.

HIP of vacuum sintered titanium was carried out at the temperatures above 1400K to get the fully densified materials. The equiaxed grain was obtained, when HIP was carried out below the  $\alpha \leftrightarrow \beta$  transformation temperature. The irregularly shaped grain was observed in titanium HIP'ed above the transformation temperature. Furthermore, the substructures which aligned in one direction was observed in the large equiaxed grain in the HIP'ed materials at a higher temperature of 1373K. Higher proof stress, higher ultimate tensile stress and better tensile ductility were obtained with an equiaxed grain structure compared with the other type of microstructures. Particularly, a large reduction of area was observed in the specimens HIP'ed below the transformation temperature. It is concluded that the HIP process at low temperatures is effective for improvement of strength and ductility of vacuum sintered titanium.

**Keywords :** powder metallurgy, pure titanium, cold isostatic pressing, vacuum sintering, hot isostatic pressing, sintered structure, Kossel micro-diffraction, tensile properties

## I. 緒 言

チタンは比強度の高い材料として広く知られている。また近年、高純度のチタンあるいはチタン合金粉が容易に入手できるようになったため、これらを実用の機械部材として用いるためには、ニアネットシェイプ材を得るという点で焼結法を適用することが有効である。そのため、多成分系のチタン合金

の製造に焼結法を適用した報告<sup>(1) - (5)</sup>は見受けられるが、その基礎となる純チタン材の焼結に関する詳細な報告例<sup>(6)</sup>は少ない。

一般的に、焼結材の機械的性質は焼結組織の影響を強く受ける。一成分系材料の焼結組織要素として、空洞率と結晶粒組織の2つが考えられる。前者に関しては、従来からプロセス条件との関連で調べられた報告例<sup>(7)</sup>は多くあるが、後者に関しては皆無に等しい。そこで、本研究では、純チタン材の真空焼

\*日本金属学会誌 第59巻 第7号 (1995) 746-753より転載

\*\*広島大学工学部

結、あるいはこの後HIP（熱間静水圧プレス）処理を施した材料の焼結組織、特に結晶粒組織と引張性質を調べ、両者の関係を検討した。

## II. 実験方法

### 1. 試料の作成

供試粉末として、Fig.1に示すような住友シチックス(株)製の水素化脱水素法により製造された平均粒径約  $30\ \mu\text{m}$  のチタン粉末 ( $\text{Ti}>99.5\text{mass}\%$ 、 $\text{Fe}=0.016\text{mass}\%$ 、 $\text{Si}<0.010\text{mass}\%$ 、 $\text{Cl}<0.010\text{mass}\%$ 、 $\text{Mn}=0.001\text{mass}\%$ 、 $\text{Mg}<0.003\text{mass}\%$ 、 $\text{N}=0.005\text{mass}\%$ 、 $\text{C}=0.009\text{mass}\%$ 、 $\text{H}=0.015\text{mass}\%$ 、 $\text{O}=0.20\text{mass}\%$ ) を用いた。まず、CIP（冷間静水圧プレス）処理を行うためシリコンゴム製の成形型 ( $\phi\ 18\text{mm}\times 65\text{mm}$ ) の中に素粉末を充填し、成形圧力  $392\text{MPa}$  で  $240\text{s}$  間保持した後、減圧して圧粉体を取り出した。この圧粉体を  $8\times 10^{-3}\sim 2\times 10^{-1}\text{Pa}$  下で  $1173\sim 1673\text{K}$  の温度範囲で Fig.2 (a) に示した条件で  $10.8\text{ks}$  焼結した（真空焼結材）。この真空焼結材に、Fig.2 (b) に示すように、 $196\text{MPa}$  下で、 $1103\text{K}$ 、 $1223\text{K}$  および  $1373\text{K}$  の3温度において  $3.6\text{ks}$  間HIP処理を施した（HIP処理材）。なお、各焼結材の密度測定はJISに準拠したアルキメデス法によった。

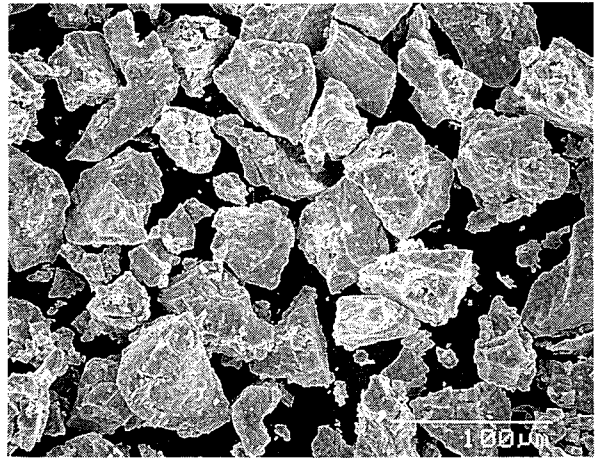


Fig.1 Shape of as-received titanium powder.

### 2. 試験方法

焼結組織の観察には、光学顕微鏡、および走査型電子顕微鏡を用いた。結晶粒界腐食にはクロール液、 $2\text{vol}\%\text{HF}+5\text{vol}\%\text{H}_2\text{O}_2$  水溶液を用いた。

結晶粒組織を解析するために、X線マイクロアナライザー（EPMA）を用いた透過コッセル回折法によって、約  $50\ \mu\text{m}$  厚さの研磨試料から特定の結晶粒の回折パターンを得た。ここで、コッセル回折法における試料とフィルム間の距離は  $33\text{mm}$  であり、加速電圧は  $20\text{kV}$ 、試料電流は  $0.2\ \mu\text{A}$ 、電子線照射時間は  $0.72\text{ks}$ 、X線フィルムの寸法は直径  $82\text{mm}$  である。このフィルム上に回折されたコッセル線の座標を測長器で読み取り、パーソナル・コンピュータに

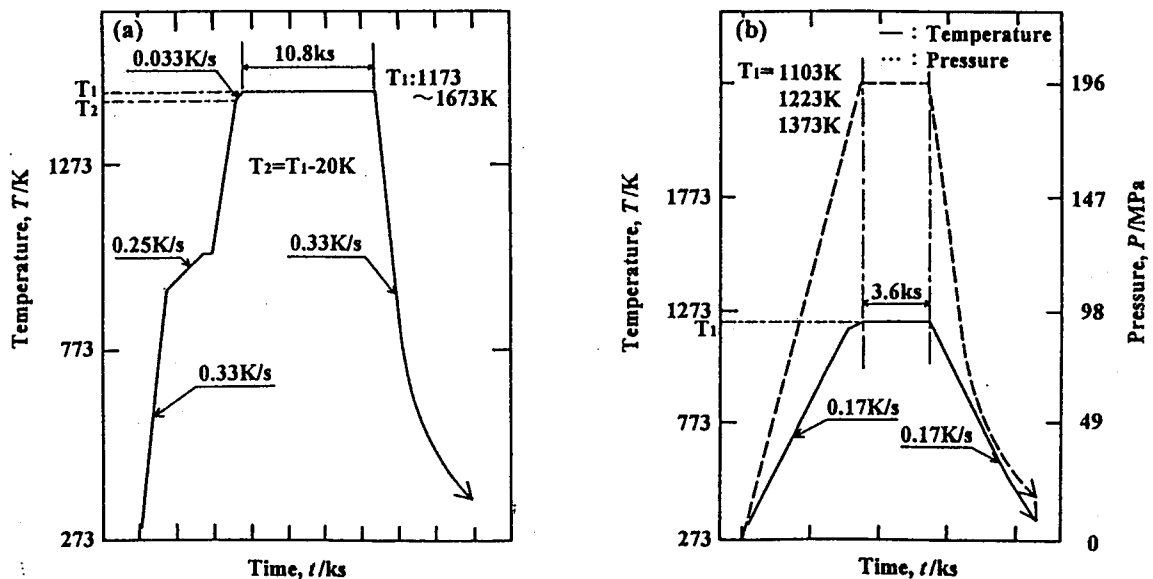


Fig.2 Process patterns of (a) vacuum sintering and (b) HIP treatment, where the abscissa is represented using an arbitrary scale.



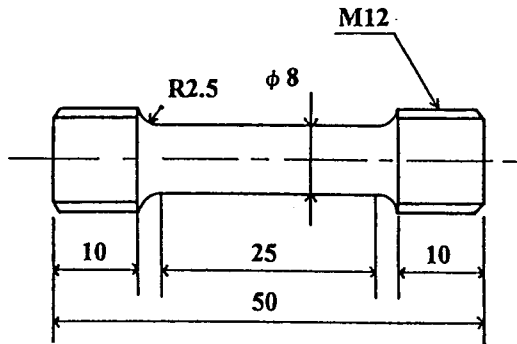


Fig.3 Shape of the tensile specimen (mm) .

よる処理によって楕円あるいは双曲線の式<sup>(8)</sup>にあてはめ、これを画面上に再生した<sup>(9)</sup>。

真空焼結材およびHIP処理材から直径が8mm、平行部長さ25mmの引張試験片 (Fig.3) を加工し、表面を1500番のエメリー紙で仕上げ、引張試験に供した。引張試験は、室温、大気中でインストロン・タイプの引張試験機を用いて、ひずみ速度 $4.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ の条件で行った。ひずみゲージ式の伸び計を用いて破壊に至るまでの全伸びを計測した。また、引張破面の観察には、走査型電子顕微鏡を用いた。

### III. 実験結果と考察

#### 1. 相対密度

Fig.4に各焼結材の相対密度 (純チタンの密度:  $4510 \text{ kg/m}^3$ <sup>(10)</sup>) を示す。本図からもわかるように、CIP成形体の相対密度は、本条件の真空焼結によって3~7%上昇した。真空焼結温度が1423Kまでは、温度上昇とともに相対密度が増加し、それ以上の温度ではほぼ一定となった。

これらの真空焼結材にHIP処理を施した場合、焼結温度が1373K以下の真空焼結材に対して、いずれのHIP温度においても相対密度の増加が認められなかったが、焼結温度が1400K以上の真空焼結材に対しては、HIP処理効果が認められ、99%以上の相対密度を得ることができた。これより、真空焼結によって約93%以上の相対密度を得ることができれば、貫通孔を防止できるものと考えられる。

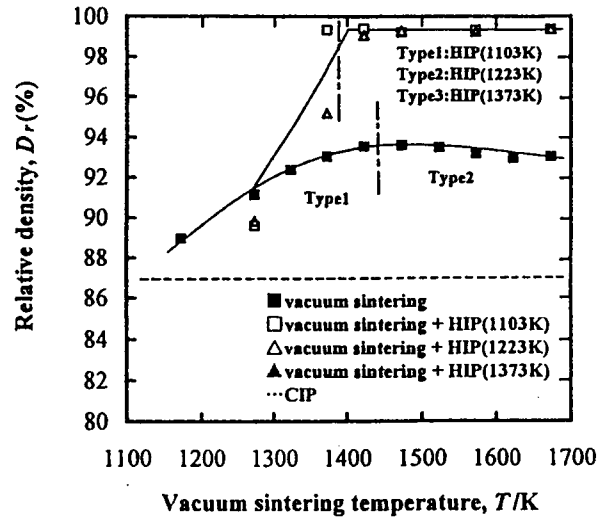


Fig.4 The effect of vacuum sintering temperature on relative densities of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed pure titanium. The dashed line represents the relative density of around 87% obtained from as-CIP'ed compacts.

#### 2. 焼結組織の分類

各種焼結材の光学顕微鏡組織をFig.5に示す。焼結温度が1273K以下の真空焼結材においては細長い形状の空洞が観察されるが、(Type 1, Fig.5 (a)) 焼結温度が1373Kを超えると、空洞の球状化が進行しはじめ、焼結温度の上昇にともなって、促進されることが認められた。これは、焼結温度が約1373K以上の真空焼結材の相対密度の変化に対してHIP処理効果が認められた前述の実験結果とよく符合している。

焼結温度が1273~1423Kの真空焼結材には等軸結晶粒組織 (Type 1, Fig.5 (b)) が観察された (後述Fig.4)。焼結温度が約1423Kを超える真空焼結材においては、特徴的な不規則形状組織 (Type 2, Fig.5 (c)) が現れる。

焼結温度が約1373K以下の真空焼結材のHIP処理材では、HIP効果が認められないことを反映して、真空焼結材の組織がそのまま残っている。焼結温度が約1400K以上の真空焼結材に対しては、HIP効果にともなって結晶粒組織の変化が認められる。 $\alpha \leftrightarrow \beta$ 変態点以下の1103KでHIP処理すると、真空焼結組織が等軸であろうと不規則形状であろうと等

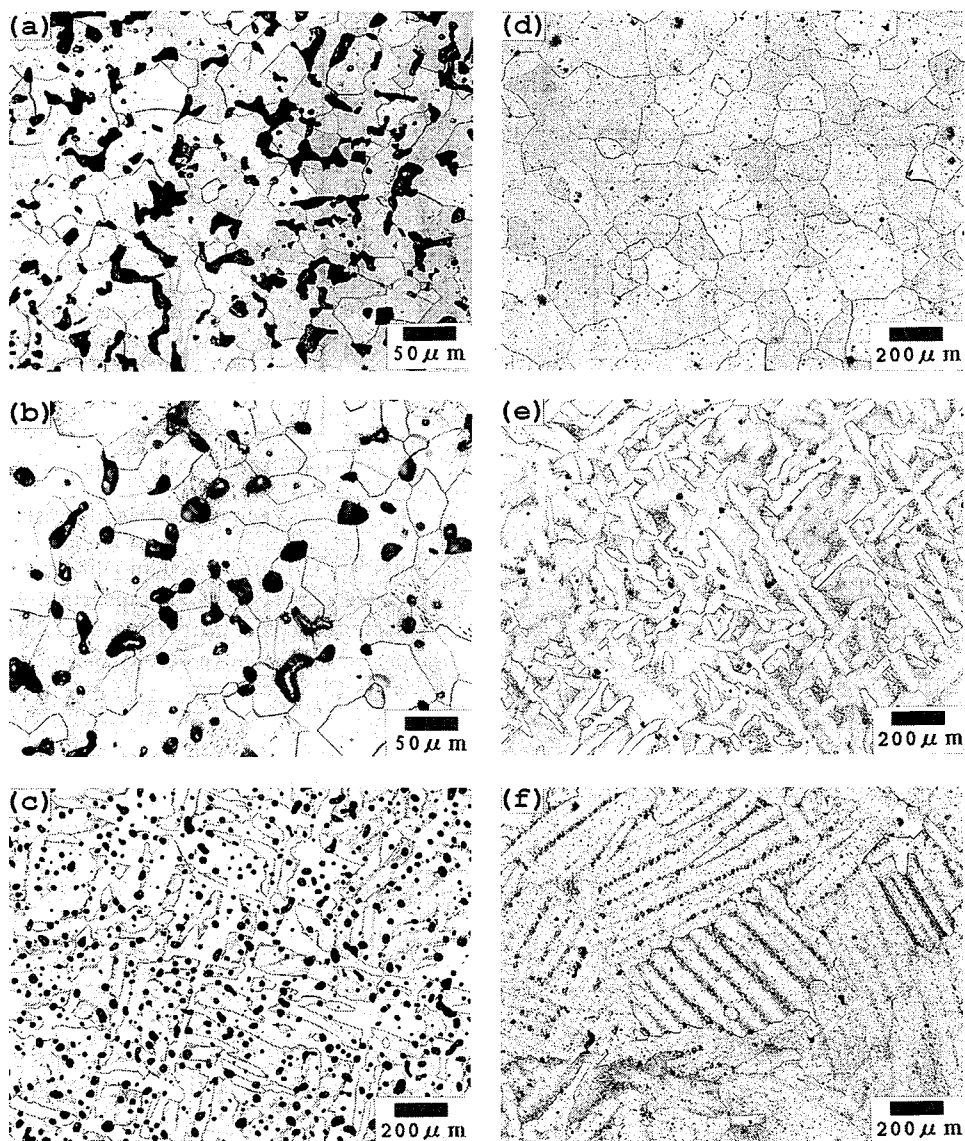


Fig.5 The typical optical micrographs of titanium compacts (a) vacuum sintered at 1173K, (b) vacuum sintered at 1373K, (c) vacuum sintered at 1673K, (d) vacuum sintered at 1423K+HIP'ed at 1103K, (e) vacuum sintered at 1573K+HIP'ed at 1223K and (f) vacuum sintered at 1573K+HIP'ed at 1373K.

軸結晶粒組織 (Type 1、Fig.5 (d)) に変わるが、変態点以上の 1223K の HIP 処理では不規則形状組織 (Type 2、Fig.5 (e))、さらに高温の 1373K の HIP 処理によって整列サブ組織を含んだ等軸結晶粒組織 (Type 3、Fig.5 (f)) が現れる。

### 3. コッセル回折

焼結組織の中に観察される Type 2 の不規則形状組織と Type 3 のサブ組織が結晶学的にどのような特徴

を持っているかを明かにすることは、機械的性質と組織の関係を検討する上で非常に重要である。そこで、不規則形状組織とサブ組織の結晶方位が基地結晶粒のそれと同一であるかどうか調べた。

Type 2 の組織 (1573K - 真空焼結) から得られたコッセル・パターンを Fig.6 に示す (ここで、微細組織中に付した番号とコッセル・パターンの左背に付した番号は対応する)。不規則形状を示す組織のうち、お互いに離れた 1、2 で得られたコッセル・

パターンは同じであることから、これらの結晶方位が同一であることがわかる。これら近傍の3、4、5および6の位置のパターンは前者1、2とは異なるが、それぞれが同じであることから、同一の結晶粒であると解釈することができる。同様にType 2の組織であるが空洞率が非常に少ないHIP処理材（1573K－真空焼結、1223K,196MPa－HIP処理）から得られたコッセル・パターンをFig.7に示す。この場合にも、不規則形状組織近傍の結晶粒（1、2、3）の方位は不規則形状組織（4、5、6）の方位とは異なるが、同一結晶方位を示している。

以上の結果より、いずれの条件の焼結材においても、不規則形状組織は粗大な結晶粒（以後、基地結晶粒と呼ぶ）の中にこれとは別個に核生成・成長して形成された組織であると考えられる。

Fig.8に示すType 3の組織<sup>†</sup>においては、1、2および3が同じ結晶方位を示し、これらと4、5はそれぞれ異なった結晶方位を示している。このことから、例えば1と2の間のぼやけて腐食された線は結晶粒界ではなく、1と5、2と4の間の明瞭な線が結晶粒界であると解釈される。

#### 4. 組織の大きさ

Fig.9に真空焼結材と2種類のHIP処理材について、組織の大きさを表す指標として、平均粒界間隔（組織中のある任意の線分の長さを、これを切る粒界数で割った値）を示す。低温の真空焼結で現れるType 1の組織の平均粒界間隔は小さく、高温の真空焼結で現れるType 2の組織においては、結晶粒の粗大化が起こり、平均粒界間隔は約140  $\mu\text{m}$ である。

Type 2の組織の高温真空焼結材に1223KのHIP処理を施すと、不規則形状組織はいくらか微細になり、1103Kの低温HIP処理による等軸結晶粒の平均粒径は180～200  $\mu\text{m}$ であり、いくらか粗大化している。

<sup>†</sup>この整列サブ組織はHIP処理材のType2の基地結晶粒組織内にも観察されることがある。

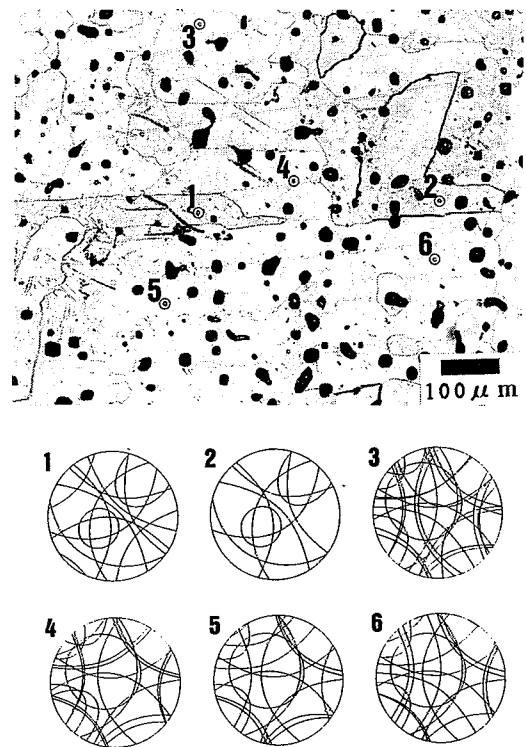


Fig.6 The optical micrograph of type2 microstructure and the Kossel microdiffraction patterns obtained from several grains,1,2,3,4,5,6,in pure titanium vacuum-sintered at 1573K.

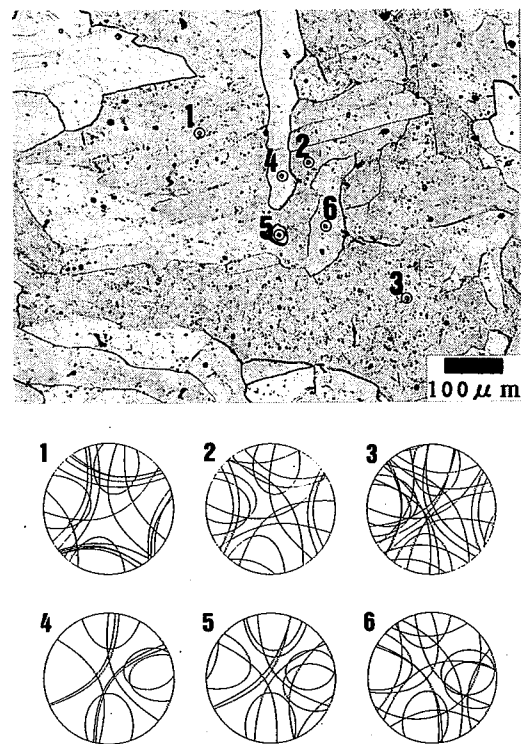


Fig.7 The optical micrograph of type2 microstructure and the Kossel microdiffraction patterns obtained from several grains,1,2,3,4,5,6,in pure titanium vacuum-sintered at 1573K+HIP'ed at 1223K.

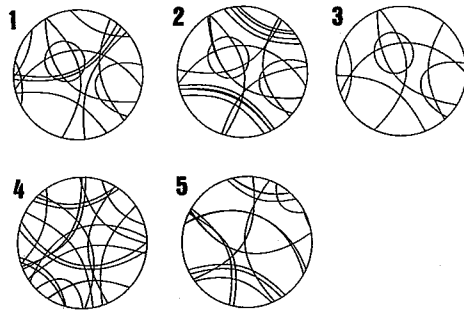
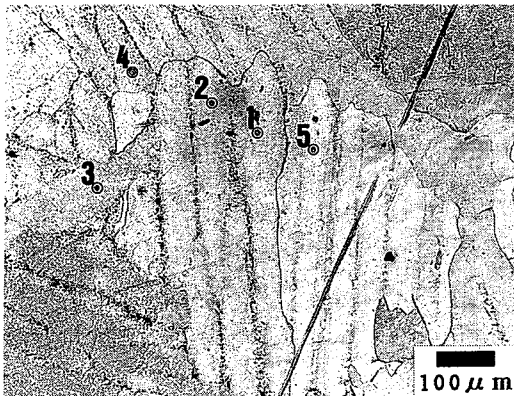


Fig.8 The optical micrograph of type3 microstructure and the Kossel microdiffraction patterns obtained from several grains,1,2,3,4,5,in pure titanium vacuum-sintered at 1573K+HIP'ed at 1373K.

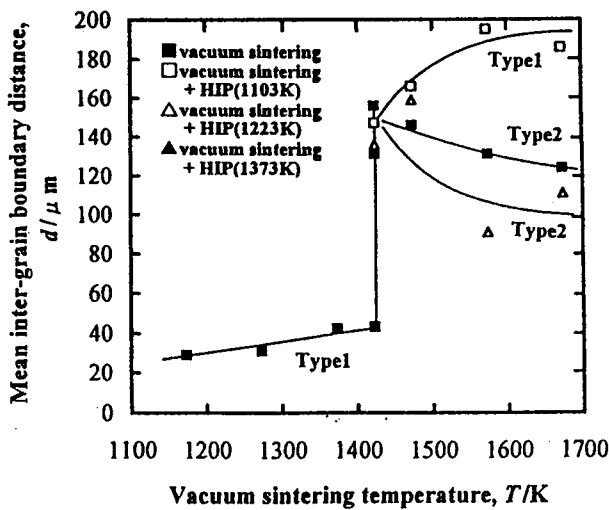


Fig.9 The effect of vacuum sintering temperature on mean inter-grain boundary distance of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed pure titanium.

これは、前者において、 $\beta$ 相の状態でのHIP処理された後、冷却過程で新たに不規則形状組織が形成され

るのに対して、後者においては、 $\alpha$ 相の状態でのHIP処理されるので、すでに真空焼結で生成されている不規則形状組織がHIP処理過程で成長して等軸結晶粒を作ったためと考えられる。

### 5. 0.2%耐力、引張強さおよび加工硬化

各焼結材の0.2%耐力をFig.10 (a) に示す。真空焼結材の耐力の変化は、相対密度の変化 (Fig.4) とほぼ対応している。HIP処理材においては、HIP処理効果の現れる真空焼結温度範囲で、変態点温度以下と以上のHIP処理で0.2%耐力の差が顕著に現れた。Fig.9に示す平均粒界間隔の値は、変態点以上のHIP処理材よりも変態点以下のHIP処理材で大きい値であるにもかかわらず、後者の耐力が大きい値を示していることは興味深い。Fig.9に示した平均粒界間隔の結果は、不規則形状組織を含んだ平均間隔であるが、コッセル・パターンによる結晶方位解析の結果から考察されたように、これらの不規則形状組織は、粗大な基地結晶粒の中に析出している組織と考えられるので、耐力に対しては、この粗大基地結晶粒径の影響が支配的であるとされる。

引張強さの大きさは、ほぼ0.2%耐力の変化と対応している。引張強さは耐力だけでなく、加工硬化や破断延性とも関係するので、これらの挙動と組織の関係を理解することが必要である。Fig.11に示すように、HIP処理効果が現れる真空焼結温度範囲内、高温 (変態点以上) HIP処理材の加工硬化指数は低温 (変態点以下) HIP処理材のそれよりも大きい。これは、高温HIP材の変形抵抗が、変形量の小さいときには粗大基地結晶粒径に依存するが、変形量が大きくなると粗大基地組織内に現れる平均粒界間隔が小さい不規則形状組織の影響が強くなり、加工硬化傾向が大きくなった (11) ためであろう。

### 6. 破断延性

各焼結材の全伸び、均一伸びおよび絞りをFig.12に示す。真空焼結材の伸びの結果が、焼結温度が

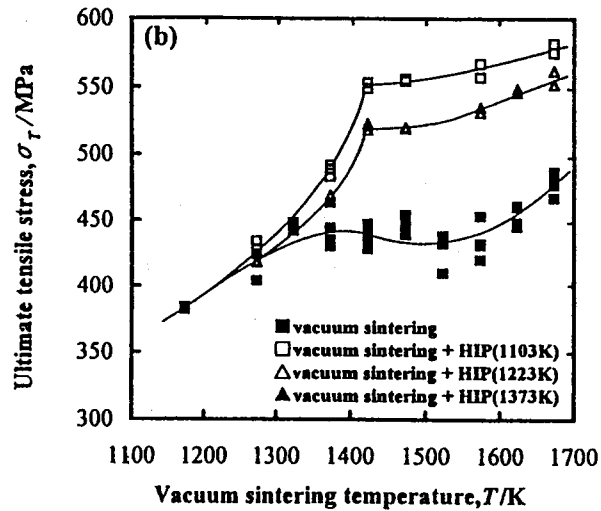
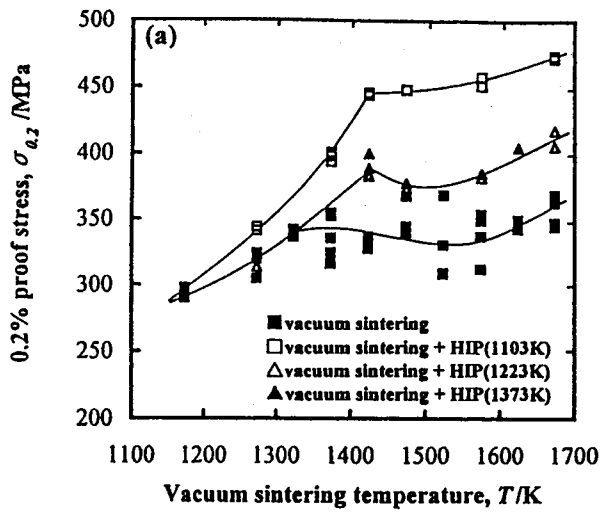


Fig.10 The effect of vacuum sintering temperature on (a) proof stress and (b) ultimate tensile stress at room temperature, of vacuum sintered+HIP'ed pure titanium.

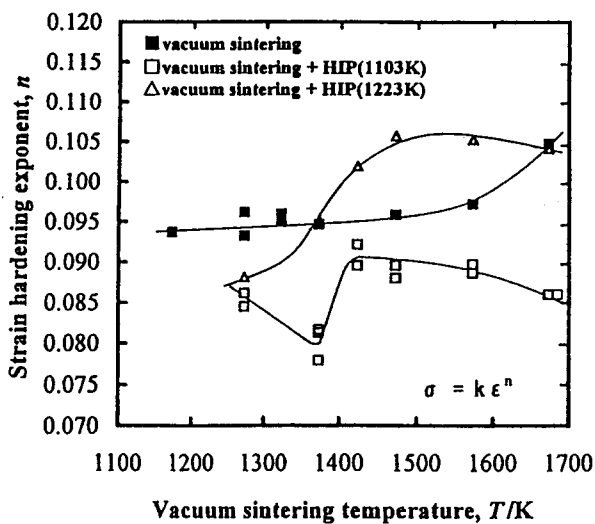


Fig.11 The effect of vacuum sintering temperature on strain hardening exponent,  $n$  value, of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed pure titanium, where  $\sigma$  and  $\epsilon$  are true stress and true strain, respectively.

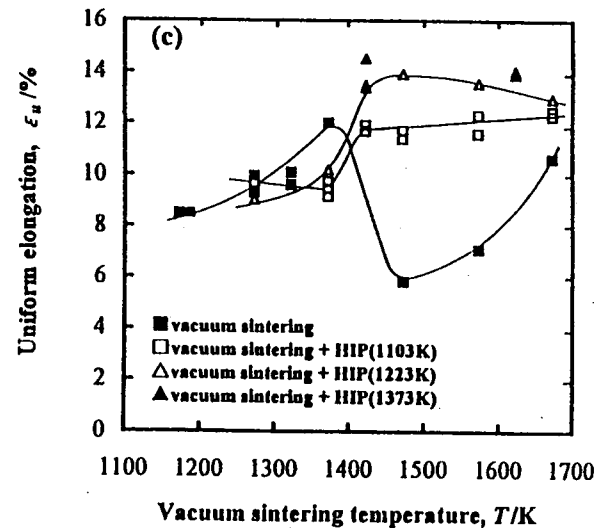
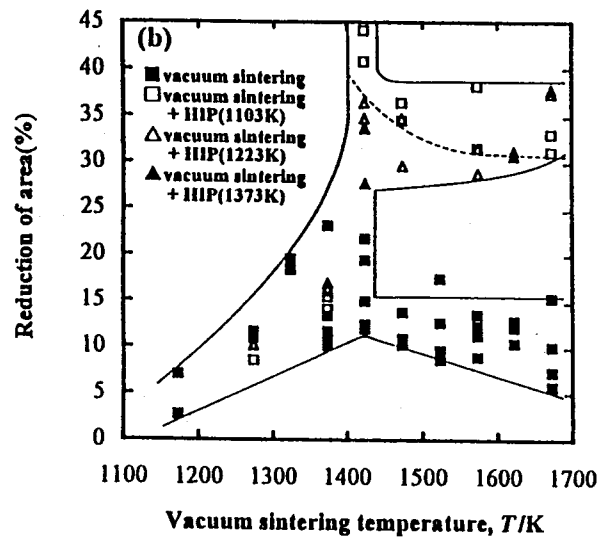
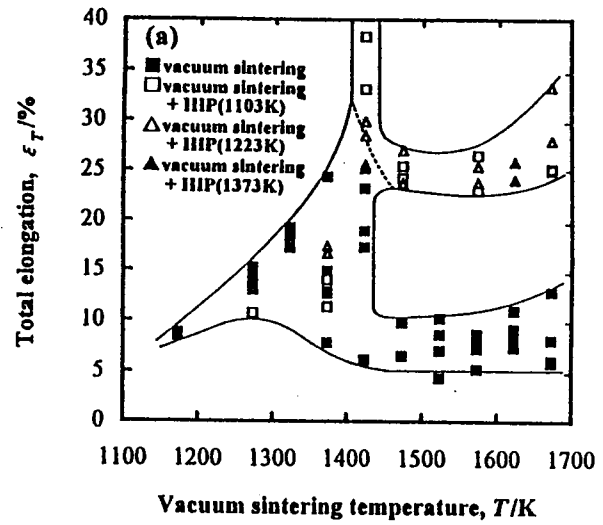


Fig.12 The effect of vacuum sintering temperature on (a) total elongation, (b) reduction of area and (c) uniform elongation of the vacuum sintered+HIP'ed pure titanium.

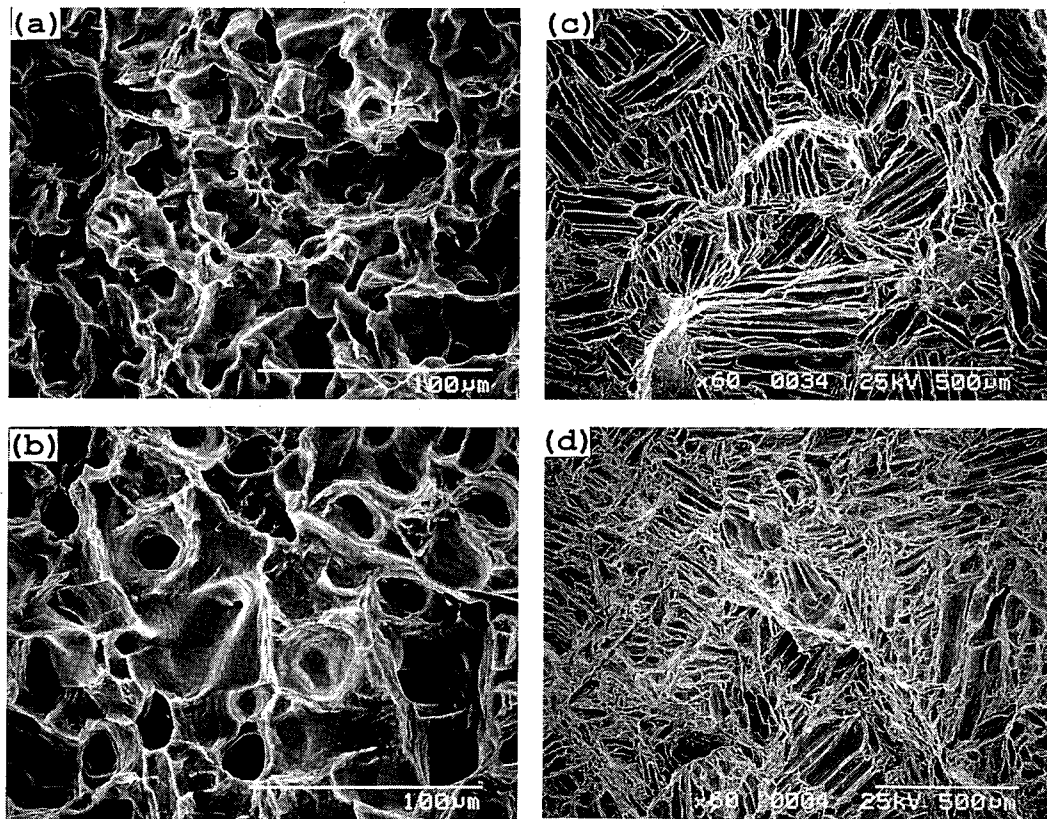


Fig.13 SEM fractographs of tensile test specimens, (a) vacuum sintered at 1273K, (b) vacuum sintered at 1573K, (c) vacuum sintered at 1673K+HIP'ed at 1103K, (d) vacuum sintered at 1573K+HIP'ed at 1223K.

1400K 近傍でばらついているのは、この温度がほぼ結晶粒組織が低温の等軸粒から不規則形状組織を伴う組織に遷移する温度であることと、同時に焼結が進行して、空洞の球状化が急激に促進される温度であるためである。不規則形状組織がもたらす加工硬化傾向の増加が空洞間に発生すると考えられる微視的な引張り静水圧応力の効果<sup>(12)</sup>と重なって延性を低下させていると考えれば、焼結温度を上昇させても相対密度が上昇しないばかりか、むしろ延性が急激に低下する理由がよく理解できる。

HIP 処理によって延性は著しく改善される。HIP 処理温度の影響は特に絞りに対して明瞭で、変態点以下の低温HIP 処理は絞り特性を著しく改善することがわかる。特に、全製造プロセス過程で不規則形状組織の生成を経験しない1423K - 真空焼結、1103K - HIP 処理材の非常にすぐれた絞り特性は注

目に値する。Fig.12 (c) からよくわかるように、低温HIP 処理材の均一伸びは、加工硬化指数の結果とよく符合して、高温HIP 処理材に比較して小さい。これより、等軸結晶粒組織は不規則形状組織を伴った組織に比べて、塑性変形が微視的に均一であるため、加工硬化傾向が小さく、そのために均一伸びは小さいが、くびれた後のポイドの発生と成長に対する抵抗が大きいため良好な絞り特性を示したものと考えられる。

Fig.13 に示した引張破面の観察結果は以上の考察とよく対応している。1273K の真空焼結材の破面 (a) を 1573K の真空焼結材の破面 (b) と比較すると、前者が粉体粒子間の接合が不完全であることを示唆している。また、Type 1 の結晶粒組織の破面 (c) が結晶粒内の均一な塑性変形の後、微視的せん断破壊を起こしたことを示しているのに対して、

Type 2の組織の破面では、不規則形状組織が基地結晶粒内の均一な変形を阻害していることがうかがえる。

#### IV. 結 論

水素化脱水素法による純チタン粉末を真空焼結およびHIP処理して、焼結組織と引張性質の関係を調べ以下のような結果を得た。

(1) 真空焼結材の組織は焼結温度が約1400K以下で等軸結晶粒であり、これより以上の温度で不規則形状組織が現れる。この温度以下では、焼結温度を上昇させると相対密度が上昇し、引張強さと延性は改善される傾向を示すが、この温度以上に焼結温度を上昇させても相対密度は変化せず、延性は急激に低下した。

(2) 焼結温度が約1400K以上の真空焼結材に対して、相対密度と引張性質にHIP処理効果が現れる。HIP処理温度が変態点以下の場合、等軸結晶粒組織が現れ、変態点以上で不規則形状組織が現れ、さらに高温になると整列サブ組織を含んだ等軸結晶粒組織が現れる。耐力、引張強さ、延性ともに等軸結晶粒組織のものが大きい。特に低温（変態点以下）HIP処理は良好な絞り特性をもたらす。

(3) 以上の結果から、高延性・高強度を得るためのHIP処理方法として低温（変態点以下）HIP処理が推奨される。

終わりに、実験で用いた引張試験片の加工にご協力頂いた、(財)広島市産業振興センター技術振興部第二研究室 尾本収氏に深く感謝致します。なお、本研究で使用しましたHIP等の装置は、日本自転車振興会の補助金により整備したものであることを記し謝意を表します。

#### 文 献

- (1) C.A.Kelto, B.A.Kosmal, D. Eylon and F.H.Froes : J.Met., 32 (1980) , 17
- (2) R.E.Garriott and E.L.Thellman : Modern Development in Powder Metallurgy, 11 (1977) , 63
- (3) J.P.Herteman, D.Eylon and F.H.Froes : Proc. of 5th world Conf. on titanium, Deutsche Gesellschaft für Metalkunde, (1984) , 303
- (4) S.Uehara, H.Sasano, Y.Kaieda and T.Suzuki : Proc. of 5th world Conf. on titanium, Deutsche Gesellschaft für Metalkunde, (1984) , 311
- (5) 萩原益夫、河部義邦：鉄と鋼、2 (1989) , 221
- (6) 真島一彦、平田武彦、庄司啓一郎：日本金属学会誌、12 (1987) , 1194
- (7) 例えば、S.Abkowitz : P/M of Titanium Alloys, (1980) , 291
- (8) W.G.Morris : Journal of Applied Physics, 39 (1968) 3, 1813
- (9) 向井正行、畑山東明、柳沢 平：日本金属学会中国四国支部講演大会概要 (1992) , 49
- (10) 例えば、(社)チタニウム協会：チタンの加工技術、日刊工業新聞社、(1992) , 9
- (11) J.D.Embury : Strengthening methods in crystals, ed. by A.Kelly, R.B.Nicholson, Elsevier Publishing Co.LTD, (1971) , 332
- (12) O.Yanagisawa and T.S.Lui : Metall.Trans., 16A (1985) , 668

# EPDMの防振ゴムへの適応性

四辻博文 片山正文 奥村逸男

## Prospect of Vibration-Isolating Rubber Uses for Modified EPDM

Hirofumi YOTSUJI Masahiro KATAYAMA Itsuo Okumura

エチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) の熱老化に対する機械的強度及び振動特性の変化を各種ゴムと比較したところ、広分子量分布のEPDMは、共振周波数の変化が少なく、動吸振ばねとしての利用の適応性が確認された。

### 1. 緒言

EPDMは、主鎖中に二重結合を含まないために酸化に対する抵抗性が高く、優れた耐熱性、耐オゾン性、耐候性を示すことから、工業用ゴム材料として幅広く使用されている。

しかし、EPDMは、防振ゴムとしての機能は天然ゴムより動的特性の安定性、減衰性で劣ると言われている。

防振ゴムは、生産量のうち9割以上を自動車用途で占めている。自動車を取り巻く環境は、排ガス規制対策、騒音規制対策、高級化による乗り心地改良等が要求されており、防振ゴムに対してもその高機能化が求められている。このような状況より、自動車の快適性、静寂性の向上及び高耐久化に対するニーズは大きく、特に、ラジエター、マフラー及びエンジンルーム内で用いられる防振ゴムは、耐熱性が必要とされており、動特性を改良したEPDM等の出現が期待される。

そこで、本研究では、耐熱性のあるEPDM (広分子量分布の改良品及び市販品)、塩素化エチレン・ $\alpha$ オレフィン共重合ゴム (CE) を用い、熱老化による、機械的強度及び振動特性の評価を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料の作成

試料ゴムとしては、三井石油化学工業 (株) 製のEPDM (開発A: 試料1, EPT3072E: 試料2)、同じ

くCE (CE2120: 試料3) 及び天然ゴム (試料4) を用いた。

各試料の配合を表1に示す。これらの配合に従って、ニーダーでカーボンマスターバッチを作成後、各種配合剤をロール混練した後、所定の温度と時間でプレス加硫した。

表1 配合表

試料番号	1	2	3	4
コンパウンド	155	140	100	140
ステアリン酸	1.0	1.0	1.0	—
亜鉛華	5.0	5.0	—	—
FEFカーボン	60.0	60.0	40.0	—
パラフィン系オイル	5.0	5.0	—	20.0
炭酸カルシウム	—	—	—	10.0
マグネシア	—	—	5.0	—
MBT	3.0	3.0	—	—
ZnBDC	1.5	1.5	—	—
TMTD	0.75	0.75	—	—
DOS	—	—	50.0	—
ジエチングリコール	—	—	2.0	—
ZISNET-DB	—	—	2.2	—
BAP	—	—	2.2	—
アンチングSL	—	—	2.2	—
CZ	—	—	—	0.7
TT	—	—	—	0.1
硫黄	0.5	0.5	—	2.0

加硫時間の決定は、キュラストメータV型 (日合商事(株)製) を使用し、振幅 $\pm 1^\circ$ 、100cpmで実施した。

#### 2.2 加硫ゴムの物性

##### 2.2.1 引張及び引裂試験

プレス加硫により、190×190×2mmの板を作成し、引張試験は、3号ダンベル試験片 (列理方向に平行) に、引裂試験は、B形試験片 (列理方向に直角) に打ち抜き、万能試験機 (株) 島津製作所 AGS-



1000) を用い、引張速度 500mm/sec で行った。

引張強さ ( $T_B$ )、破断時の伸び ( $E_B$ )、伸び 100% 及び 300% の引張応力 ( $M_{100}$ ,  $M_{300}$ )、引裂強さ ( $T_R$ ) を測定し、各測定は、5 試験片の平均とした。

### 2.2.2 硬さ試験

引張試験で作成したプレス加硫板を 4 枚積み重ねて、スプリング式硬さ試験機 A 形 (高分子計器(株)製) により、表面を 5 箇所測定し、その平均を試験硬さ ( $H_S$ ) とした。

### 2.2.3 反発弾性試験

プレス加硫により、29mm  $\phi$   $\times$  12.5mm の円柱を作成し、それを試験片として、反パツ弾性試験機 (高分子計器(株)製) により測定した。反発弾性率 ( $R_B$ ) は、5 試験片の平均値とした。

### 2.2.4 静的ばね定数試験

プレス加硫により、25mm  $\phi$   $\times$  25mm の円柱を作成し、それを試験片として、万能試験機を用いて測定した。試験速度は、5mm/sec で、荷重 0 ~ 250N まで、2 度予備的に加減荷 (0, 250N での荷重を 30 秒保持) した後、本測定を行った。

静的ばね定数は、荷重 50, 100, 150, 200, 250N 時における各変位との値より、最小二乗法により直線回帰し、4 試験片の平均値を静的ばね定数 ( $K_S$ ) とした。

### 2.2.5 動的性質試験

試験片は、静的ばね定数試験の試験片とし、油圧サーボ式試験機 ((株)島津製作所製 EHF-UD100KN-20 形) を用いて圧縮荷重の制御により測定した。

試験温度は、12  $^{\circ}$ C、試験振動数は、1, 5, 10, 20Hz の 4 種類、平均荷重は、50, 100, 200N の 3 種類、振幅は、20N とした。また、平均荷重 100N において、振幅を 10, 40N においても測定した。

測定は、規定の振動数及び振幅が得られた後 60 秒以内に計測し、1 周期間の荷重と変位の関係から動ばね定数 ( $K_d$ ) 及び損失係数 ( $\tan \delta$ ) を求めた。

### 2.2.6 打撃試験

静的ばね定数試験の試験片の両側に鉄板 (①):

30mm  $\phi$   $\times$  5mm, ②: 30mm  $\phi$   $\times$  15mm) を両面テープ (厚さ 0.1mm 以下) で接着し、柔らかい発泡スポンジの上に置き、インパルスハンマー (株)小野測器製 GK-3100) で打撃し、伝達側には、加速度センサー (株)小野測器製 NP-3210) を取付け測定した。FFTアナライザー (株)小野測器製 CF-350Z) により伝達関数 (XFER) から共振周波数を求め、インパルスレスポンス (IPR) の波形から対数減衰率を算出した。

測定は、インパルスハンマーをメディアムチッププラスチック、周波数レンジを 1KHz、周波数領域パワースペクトル加算平均を 8 回、ウインドウをレクタングュラとした。

測定概要を図 1 に示す。

## 2.3 加硫ゴムの熱老化

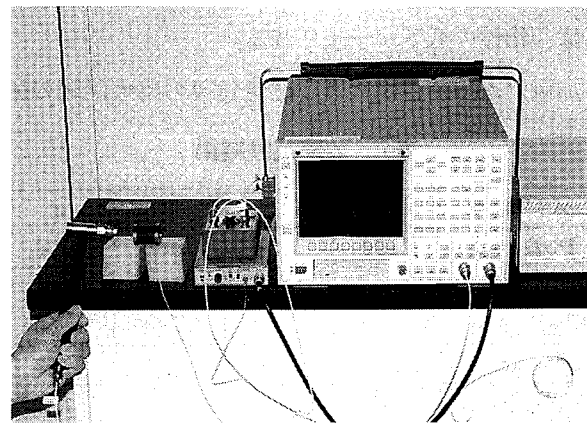


図 1 打撃試験装置

### 2.3.1 圧縮永久ひずみ試験

プレス加硫により、29mm  $\phi$   $\times$  12.5mm の円柱を作成し、試験片とした。試験片に圧縮ひずみ 25% 加え、圧縮状態で、ギャー式老化試験機 (スガ試験機(株)製 TG-100) にて、100  $^{\circ}$ C、72 時間加熱老化させ、取り出し 30 分後の厚さを測定した。圧縮永久ひずみ ( $C_S$ ) は、圧縮ひずみに対する厚さの変化の割合で、3 試験片の平均値とした。

### 2.3.2 熱老化後の物性試験

ギャー式老化試験機で、100  $^{\circ}$ C、72 時間加熱老化させた試験片を 2.2 加硫ゴムの物性試験により行った。打撃試験は、100  $^{\circ}$ C、144 時間加熱老化させた

た。打撃試験は、100℃、144時間加熱老化させた試験片で行った。

### 3. 実験結果

加硫試験の結果のうち、最大トルク (MH)、最小トルク (ML)、MHの90%に達する時間 (T90)、MHの10%に達する時間 (T10)の結果を表2に示す。加硫の立ち上がり時間 (T90 - T10)は、試料3 > 試料1及び試料2 > 試料4の順である。試料4が、加硫時間が一番短く、他の試料は、2倍以上の時間がかかっており、成形に時間を要する。試料3及び試料4のMLは、小さく、未加硫ゴムとしての加工が容易である。また、試料1、試料2及び試料3は、試験時間の45分がMTであるが、試料4は、MHに到達後トルクの低下を生じており、オーバー加硫時には、物性の低下が予想される。

加硫ゴムの物性試験及び熱老化後の物性試験の結果

表2 加硫試験結果

試料番号	1	2	3	4
試験温度	150	150	160	150
ML (N・m)	0.34	0.23	0.05	0.08
MH (N・m)	1.19	1.09	0.84	1.08
T10 (min)	3.5	3.9	1.5	4.7
T90 (min)	16.4	16.4	23.3	7.5

果を表3に示す。

各試料ともH<sub>S</sub>は、ほぼ同じであるが、試料1及び試料4は、T<sub>B</sub>、T<sub>R</sub>が高く、機械的強さが優れている。試料2は、E<sub>B</sub>が大きく、伸びの性質が非常によい。熱老化後の結果と比較すると、試料4は、T<sub>B</sub>及びE<sub>B</sub>の値が4割程度に減少し、H<sub>S</sub>2割程度上昇しており、劣化が進行しているが、試料1及び試料3は、熱老化に対して強い。

R<sub>B</sub>は、試料1が一番低く、熱老化に対しても安定しており、衝撃に対する吸収性能が優れている。

C<sub>S</sub>は、試料3が非常に優れており、試料1及び試料2の約半分、試料4の約1/3である。

打撃試験結果より、振動に対する減衰時間は、対数減衰率の小さい、試料4が一番短い。

熱老化試験前後の共振周波数は、試料1、試料2及び試料3は、殆ど変化がなく、安定しているが、試料4は、熱老化後は、高周波数側に移行している。打撃試験において、鉄板①及び鉄板②の場合を比較すると、付加する質量が大きくなると、共振周波数は、低周波数側へ移行し、質量の影響を受けている。老化前後の試料1、試料2及び試料3の試験片重量変化は、1%以下であるが、試料4は、約6%の重量減少があり、このことが、試料4の共振周波数の高周波数側への移行原因と思われる。

表3 加硫ゴムの物性試験結果

試料番号	1		2		3		4		
	前	後	前	後	前	後	前	後	
熱老化試験の区分									
引張強さ T <sub>B</sub> (MPa)	18.0	16.9	19.7	13.2	12.3	12.1	19.0	8.51	
引張応力 M <sub>100</sub> (MPa)	1.50	1.80	1.37	1.73	1.45	1.51	1.82	3.19	
引張応力 M <sub>300</sub> (MPa)	7.01	8.97	4.72	6.32	5.90	6.16	8.52	—	
伸び E <sub>B</sub> (%)	540	440	700	510	530	510	540	210	
引裂強さ T <sub>R</sub> (N/mm)	50.4		40.5		42.6		52.7		
硬さ H <sub>S</sub> (JIS A)	54	55	54	55	53	52	54	64	
反発弾性率 R <sub>B</sub> (%)	55	56	64	64	56	59	59	53	
静的ばね定数K <sub>S</sub> (N/mm)	89.9	91.9	95.6	96.5	72.1	69.4	64.8	73.0	
共振周波数 (Hz)	①	600	600	550	540	470	460	500	570
	②	340	340	310	310	270	270	270	330
対数減衰率 (-)	①	0.56	0.53	0.41	0.34	0.53	0.49	0.62	0.69
	②	0.57	0.57	0.42	0.38	0.55	0.52	0.60	0.67
圧縮永久ひずみC <sub>S</sub> (%)	39		46		23		64		

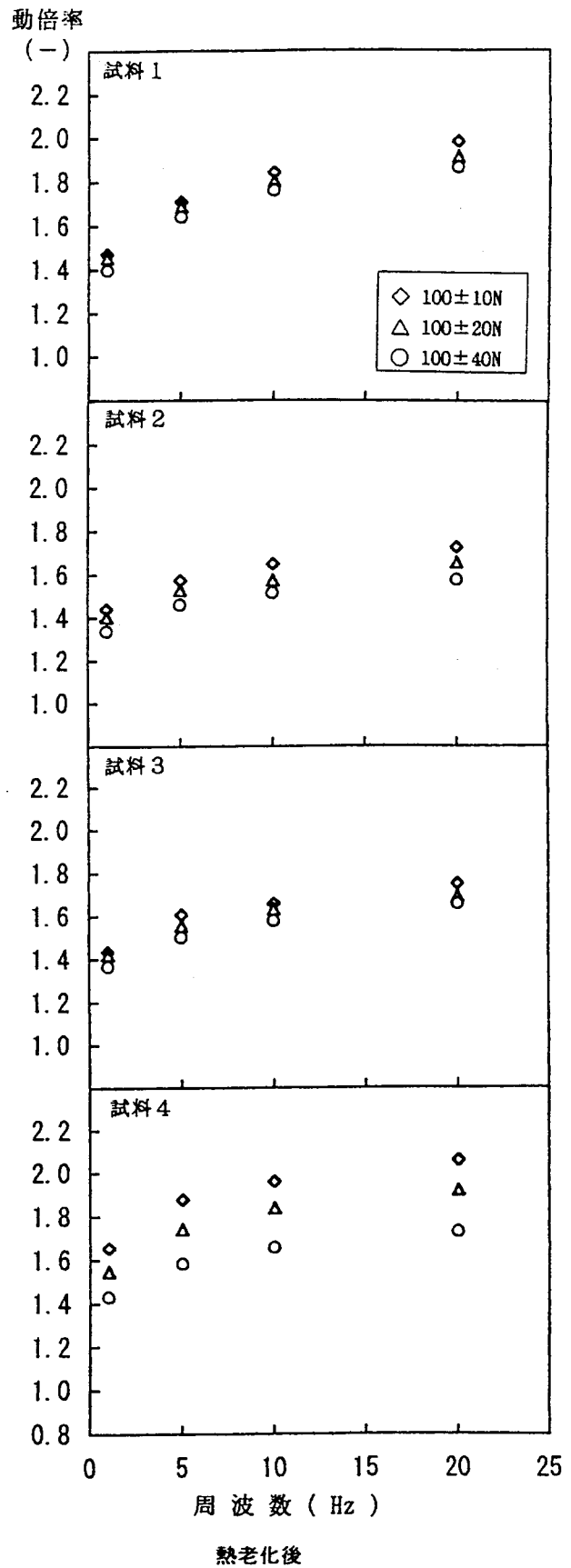
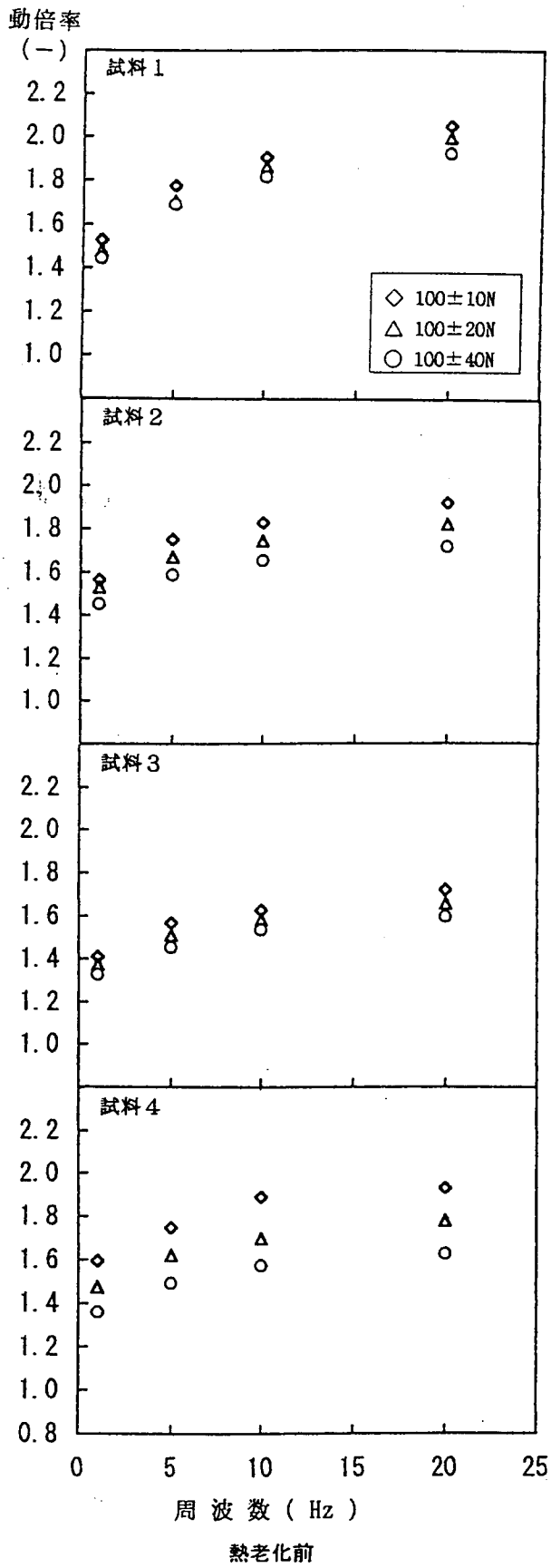


図2 tan δ、周波数及び平均荷重の関係

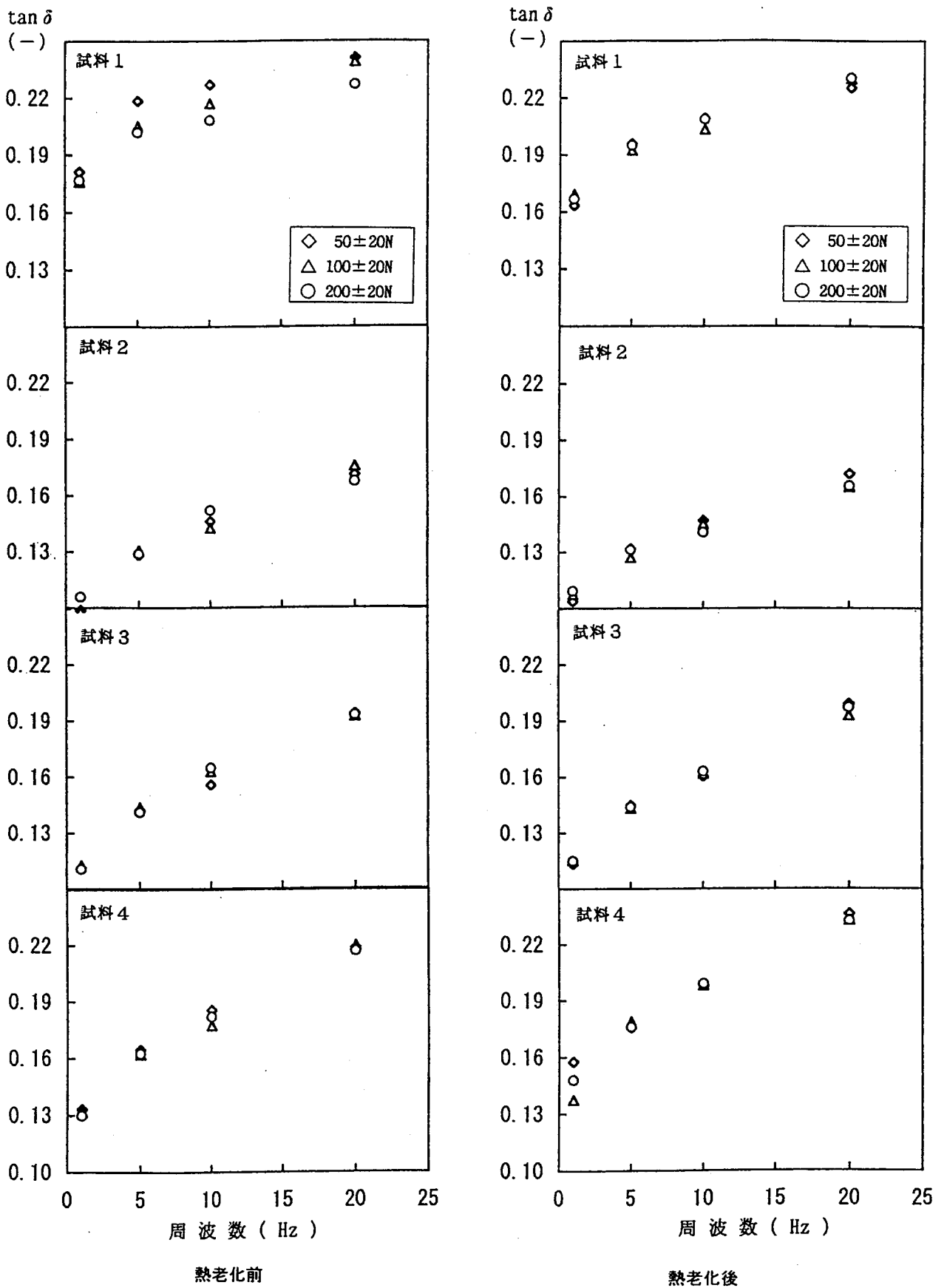


図3  $\tan \delta$ 、周波数及び振幅荷重の関係

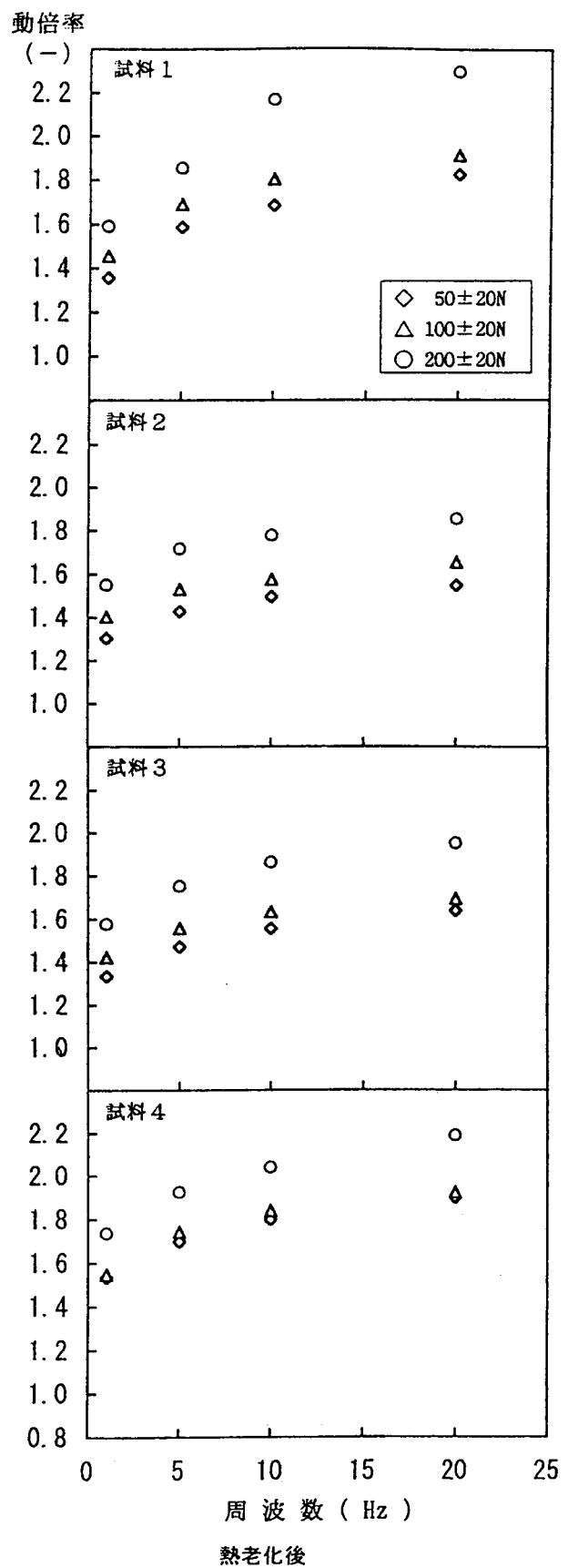
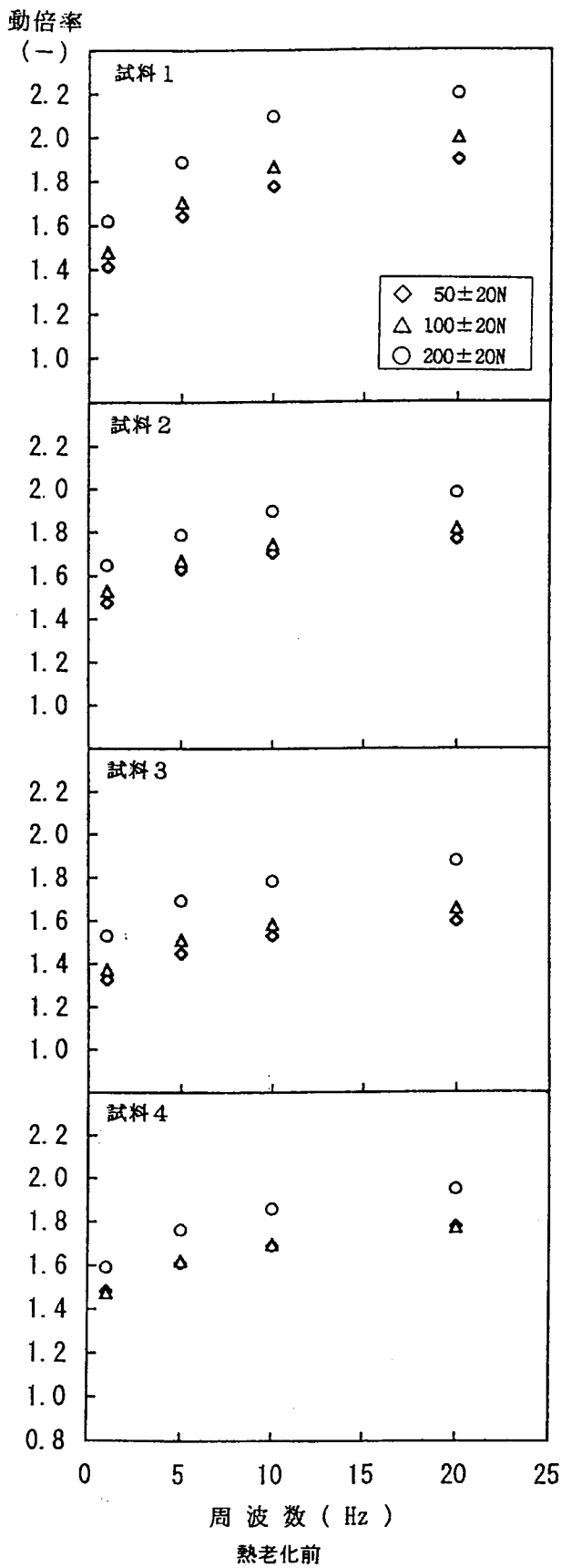


図4 動倍率、周波数及び平均荷重の関係

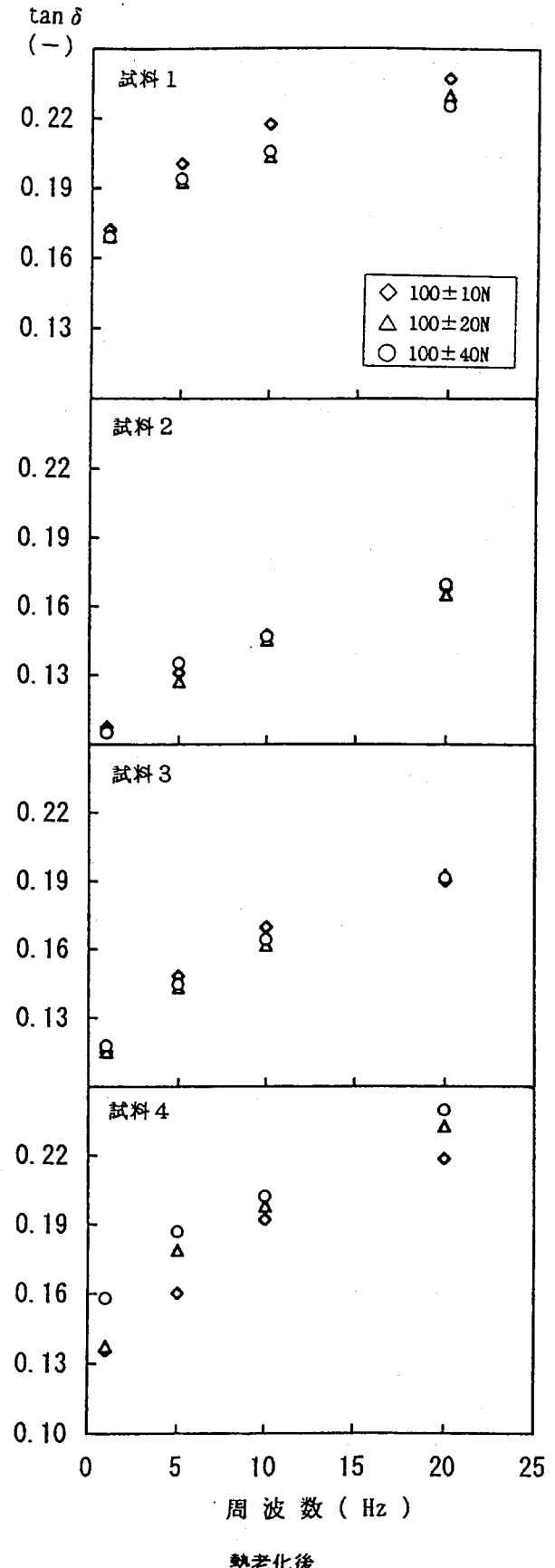
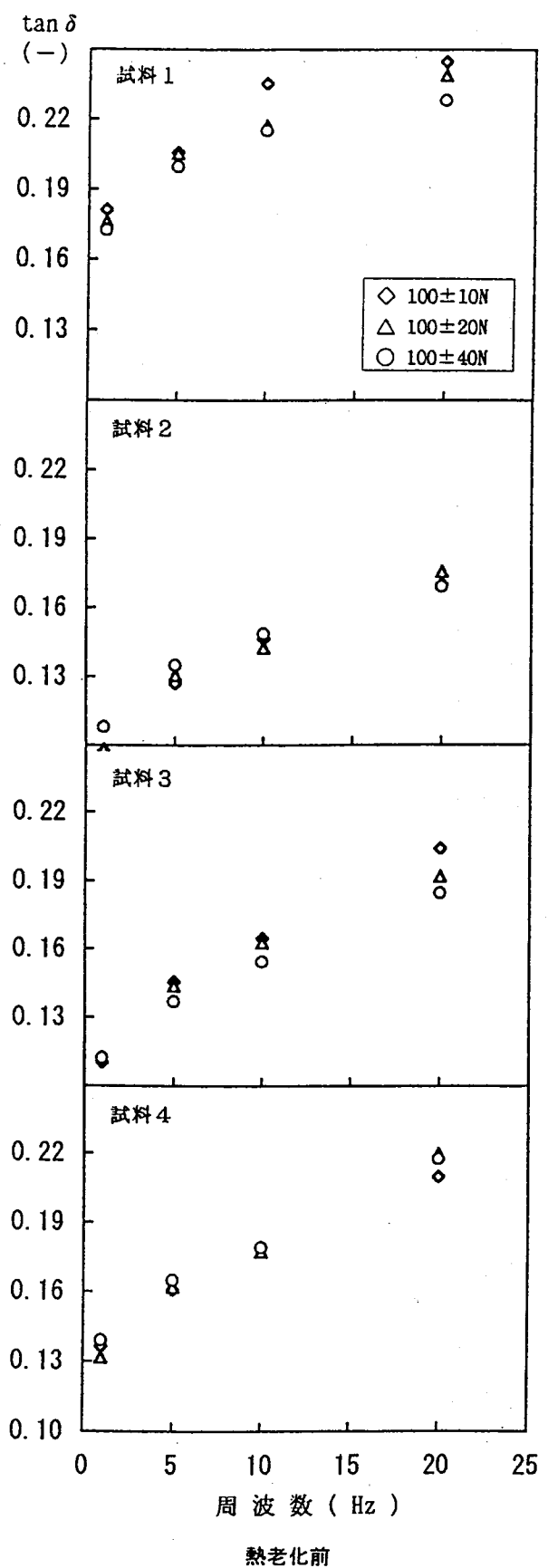


図5 動倍率、周波数及び振幅荷重の関係

動的性質試験の結果を図2～図5に示す。

図2及び図3より、 $\tan \delta$ と周波数及び振動時の平均荷重の関係は、各試料とも周波数が上がると $\tan \delta$ も上がり、 $\tan \delta$ に周波数依存性がある。

試料1は、平均荷重及び振幅荷重が小さいほど $\tan \delta$ が大きいが、熱老化後は、荷重に対する依存性が少なくなり、値も少し下がっている。

試料2は、 $\tan \delta$ の平均荷重及び振幅荷重に対して依存性が少なく、熱老化に対しても安定している。

試料3は、 $\tan \delta$ の平均荷重に対する依存性が少なく、熱老化に対して安定している。振幅荷重に対しては、周波数が高くなると変化するが、熱老化後は、その依存性が減少している。

試料4は、 $\tan \delta$ の平均荷重及び振幅荷重に対する依存性が少ないが、熱老化後は $\tan \delta$ が少し上がり、振幅荷重に対する依存性があり、振幅荷重が大きくなると $\tan \delta$ が上がっており、他の試料とは異なる傾向を示す。

図4及び図5より、動倍率と周波数及び振動時の振幅荷重の関係は、全体的に、周波数が高くなる、平均荷重が大きくなる及び振幅荷重が小さくなると、動倍率は大きくなるという依存性を示す。

試料1は、動倍率の平均荷重に対する依存性が大だが、振幅荷重に対しては、依存性が低く熱老化に対しても安定している。

試料2は、動倍率の周波数に対する依存性が少な

い。熱老化により動倍率が少し下がる。

試料3は、熱老化に対して動倍率は安定している。

試料4は、動倍率の振幅荷重に対する依存性が大

#### 4. 結論

防振特性に大きな影響があるとされている硬さを調整し、各種物性について試験を行った結果、熱老化に対する安定性では、CEが最も優れているが、広分子量分布の改良品EPDMは、機械的特性に優れ、熱老化に対しても比較的安定しており、5Hz以下の低周波数域での防振特性は特に優れている。この開発品EPDMは、防振ゴムとしては、動倍率の改良に課題があるが、損失係数 ( $\tan \delta$ ) が高く、打撃試験の特性に変化が少ないことより、動吸振ばねとしての利用には有効であると思われる。

最後に、本研究は、パイオニア技術研究会で行ったものである。この研究会を通じて、多くのご支援を賜りました関係各位に紙面をお借りして厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 長尾弘、岡野道治：振動工学 (1990) 理工図書
- 2) JISハンドブック ゴム，日本規格協会

# 鑄鉄の炉前試験と機械試験の関係

## Relation between Matter Inspection and Mechanical Properties in Cast Production Factory

中村真知也、広島市若手鑄造技術者研究会

Machiya NAKAMURA, HICAT

地域産業である鑄物産業の活性化を図るため、平成6年度より、地元鑄造業界の若手技術者を対象に、若手鑄造技術者研究会を開催している。平成7年度は、鑄鉄の炉前試験と機械試験の関係について、会員各社と実験をおこなった。その結果、CE値で各種性質を論議できることがわかった。

### 1. はじめに

鑄鉄生産現場において種々の簡易的な現場試験が行われ、また、技術の発達に伴い、新しい試験計測機器が開発され、特に溶湯性状を現場で解析するために多用されている。

しかし、現在、以前からの炉前試験法であるチル試験や湯流れ試験等は新機器の出現からあまり行われておらず、また、試験室で行う機械的・化学的分析結果との関係も検証されないまま今日に至っている。

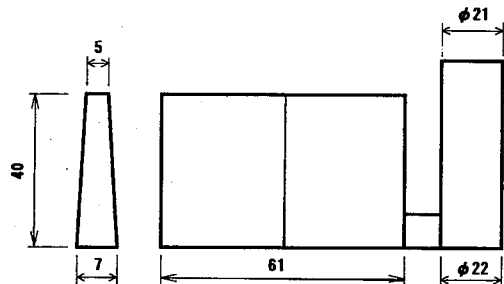
そこで、当センターと広島市及び周辺の企業14社からなる研究会（HICAT）でこの炉前試験と機械試験の関係について相関的な関係を調べることを試みた。

### 2. 実験方法

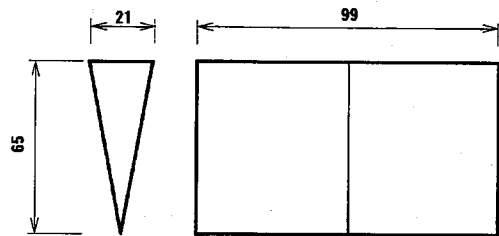
各社にて、鑄鉄溶湯のC.E.値及び各種成分をC.E.メータ及びカントバックにより分析し、その後、板チル、くさびチルの各炉前試験用シェル型及び抗折試験片を鑄込んだ。当センターにて、抗折試験、引張試験、硬さ試験を実施し、あわせてC、Si、S、Mn、Pの5成分の化学分析をおこなった。なお、実験に際し、各社間の条件を統一するため、表1のようなチャートを作成した。

### 3. 各試験片の形状

#### ① 板チル試験片



#### ② くさびチル試験片



#### ③ 抗折試験片

(JIS Z 2203 C号)

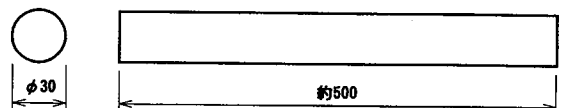




表1 データ採取用チャート

炉前試験及び抗折試験片採取データ  
会社名

試料採取日時	年 月 日	材質:	記号:
溶解炉の種類: ( ) トキョボラ ( ) ト (高・低) 周波炉 ( kW) 能力、特徴など詳しく ( ) 基本配合 (使用している銘柄も記入): 鉄鉄 ( ) 社 ( ) 鉄 鋼屑 (7°以上) 亜鉛鋼板 一般構造用圧延鋼 その他 ( ) 溶解温度: キュボラ機上の温度 ( ) °C (高・低) 周波炉最高溶解温度 ( ) °C 温度計の種類 ( ) 製品鑄込み温度 ( ) °C 製品名: ( ) 製品重量 ( ) kg			
CEメータ	C: %	Si: %	CE: % 初晶温度: °C
化学分析	C: %	Si: %	Mn: % P: % S: %
くさび形チル幅	mm	鑄込み温度 1,400°C (異なる場合は明記) °C	
板チル深さ	mm	冷やし金 厚み20mmの鋼板	
円筒金型 分類番号 スケッチ		円筒金型はアセチレンすずを塗布する。	
流動長	cm	鑄込み温度 1,300°C	
抗折試験片採取 (φ30×500L) 2本縦鑄込み			
製品の鑄造欠陥、 問題点などのチェック			
備考			

試験及び試料採取順序:

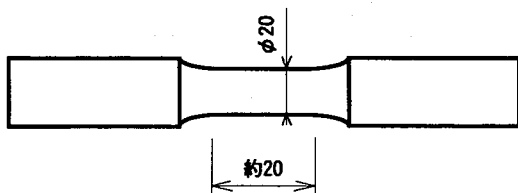
- 1) CEメータ
- 2) 溶湯分析 (カントバック)
- 3) 杓内温度測定 (目視可)
- 4) 板チル試験
- 5) くさびチル試験
- 6) 円筒金型試験
- 7) 流動性試験
- 8) 抗折試験片採取
- 9) 杓内温度測定 (目視可)

注意事項:

- 1) 注湯順に型を予め並べておく。
- 2) 溶湯の採取には、サンプリングの直前に使用する杓にて溶湯をすくい、10~15秒程度保持して温度低下のばらつきを少なくする。
- 3) チル試験は強制冷却をせずに1時間は放置しておく。破面は錆びないように注意する。
- 4) 流動性試験の注湯量は湯溜部の8分目とし、所定量を注ぎ終わったらストッパを外す。湯溜部及びストッパは十分暖めておく。

④ 引張試験片

(JIS Z 2201 8C号)



実験の統一性を持たせるため、①～②の試験用型は当センターにて準備し、各企業に分配した。また、引張試験片、硬さ試験片は抗折試験片から加工した。

4. 溶解条件

各社の保有する炉や、使用している原料は多岐にわたっている。以下にその表(表2、表3)を示す。

ここで、原料鉄は国内鉄と外国鉄にしか分類していないが、銘柄は各社違うものである。

表3 溶解条件

試料名	基本配合		溶解温度 ℃	铸込温度 (製品)℃
	銑鉄	鉄屑		
A-1	国内銑	プレス屑	1,460	1,360
A-2	〃	〃	1,480	1,360
A-3	〃	〃	1,500	1,360
A-4	〃	〃	1,470	1,360
A-5	〃	〃	1,460	1,360
B-1	〃	〃	1,460	1,360
B-2	〃	〃	1,460	1,325
B-3	〃	〃	1,460	1,339
B-4	〃	〃	1,460	1,360
B-5	〃	〃	1,460	1,375
C-1	〃	プレス屑・ドライコ	1,480	1,348
C-2	〃	〃	1,485	1,370
D-1	外国銑	亜鉛鋼板	1,510	1,370
E-1	〃	プレス屑	1,490	1,420
E-2	〃	〃	1,480	1,420
E-3	〃	〃	1,480	1,420
E-4	〃	〃	1,490	1,420
F	国内銑	鋼屑・ドライコ	1,530	1,420
G	〃	〃	〃	〃
H-1	〃	鉄屑・返故銑	1,540	1,368
H-2	〃	〃	1,527	1,339
H-3	〃	〃	1,550	1,370
H-4	〃	〃	1,530	1,370

注1:溶解温度はキューボラの場合は、キューボラ出銑樋上の温度を、電気炉の場合は、最高溶解温度を示す。

表2 溶解炉の種類

会社名	炉の種類	材質
A	5トン 高周波炉	FC300
B	3.5トン 低周波炉	FC250
C	5トン 低周波炉	FC250
D	8トン 低周波炉	FC250
E	1トン 高周波炉	FC200
F	8トン キュボラ	FC250
G	8トン キュボラ	FC200
H	10トン キュボラ	FC300

5. 結果及び考察

① C.E.値について

各社のC.E.メータによる測定値と当センターでの化学分析結果を用いた計算値を比較したのが図1である。ここで、C.E.値の計算には、鑄造技術データブックより、

$$CE=C+0.31Si+0.33P+0.40S-0.027Mn$$

を用いている。全般的に、C.E.メータによる測定値が小さめの数字となっている。原因として、C.E.メータではCとSiしか設定していないのに対して、計算では5成分を利用していることも考えられるため、計算に用いる成分数の影響もグラフにしてみた。図2がそのグラフである。横軸に5成分全てを用いた計算値を、縦軸に2成分のみ利用した計算値をとっている。この図を見ると、今回の実験では成分数はほとんど影響していないように見える。つまり、鑄造技術データブックのデータは、C.E.メータの条件と各溶湯の条件を極めて精密に用意した実験でない、その有意差は測定が困難である。しかし、一般的には、量的に多いCとSiをしっかり管理すれば、C.E.値は求められ、実用上、差し支えないものと思われる。

次に、各社のカントバックによる各成分の分析値と、当センターにおける分析結果を各成分毎に比較してみた。全般的に、CとMnは各社での分析値が若干低めであるが、Si、P、Sについては比較的よく管理されている。こうして見てくると、C.E.値の違

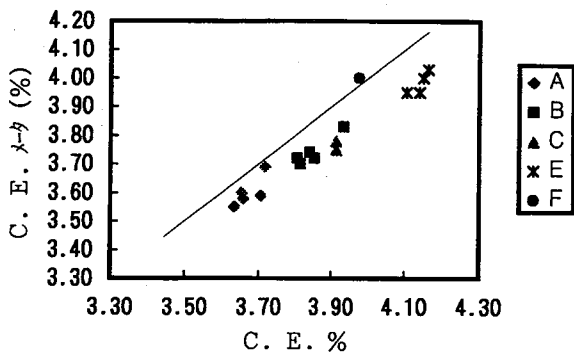


図1 CEメータ測定値と計算値の比較

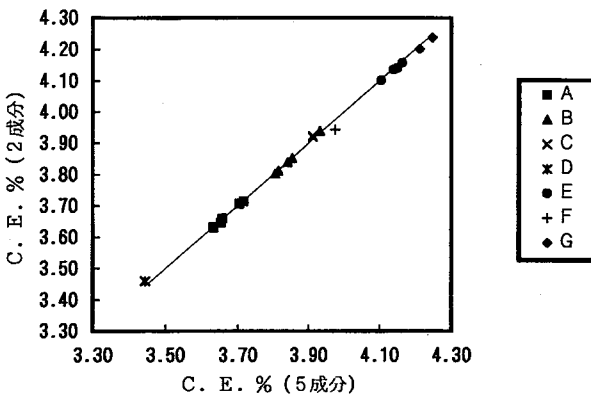


図2 CE値の計算に用いる成分数の影響

いはC%の違いに由来するようと思われるので、今後の検討課題とする。この報告書では5成分を用いて計算した値をC.E.%として示す。

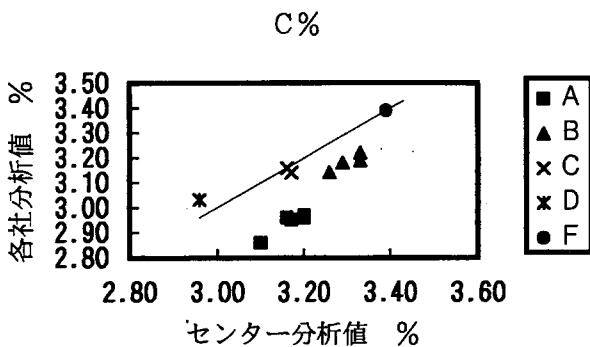


図3 カントバックと分析値の比較 (C%)

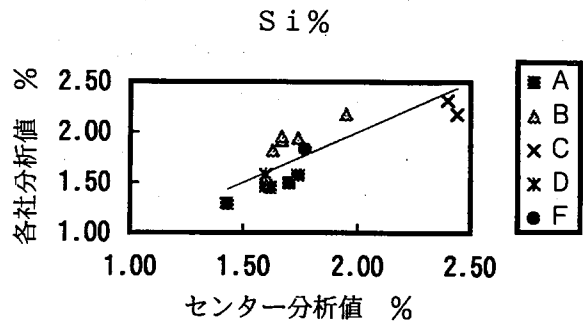


図4 カントバックと分析値の比較 (Si%)

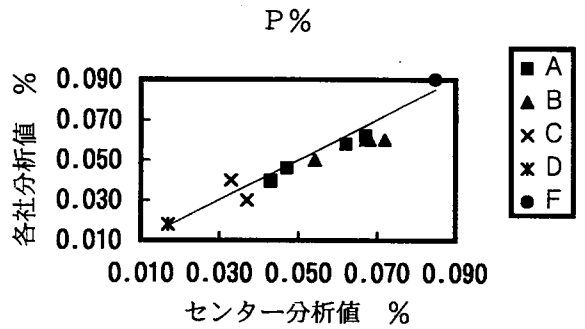


図5 カントバックと分析値の比較 (P%)

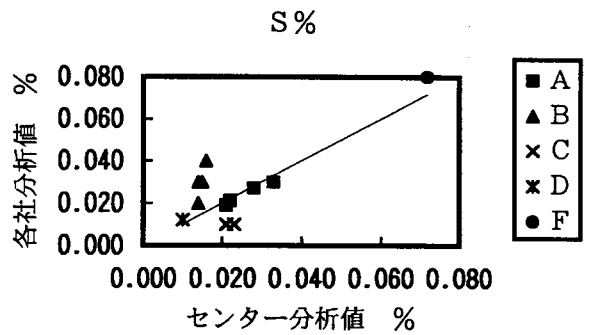


図6 カントバックと分析値の比較 (S%)

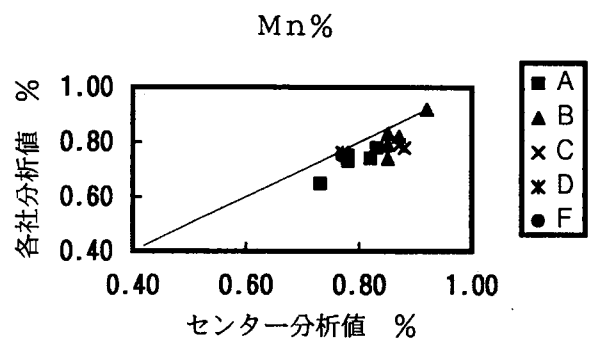


図7 カントバックと分析値の比較 (Mn%)

② チル深さとC.E.値との関係について

チル試験（板及びくさび）結果とC.E.値の関係についてグラフにしてみた。非常にばらついてはいるが、全体的にC.E.値が大きいほどチルの値は小さくなる傾向が見られる。ばらつきの原因としては、各社毎にチル試験を実施して結果のみ報告するようにしたため、測定者の完全チル部、まだら部の判定にかなりの誤差を生じているものと思われる。今後の実験においては、測定技術の統一化が必要と思われる。今回、協力いただいた各社の溶湯では、くさび形よりも板チル試験の方が、若干、傾向がはっきり現れているようである。

もとより、接種の条件を考慮する必要があるが、

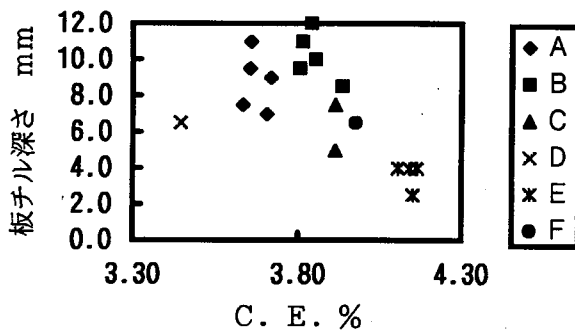


図8 板チル深さとCE値との関係

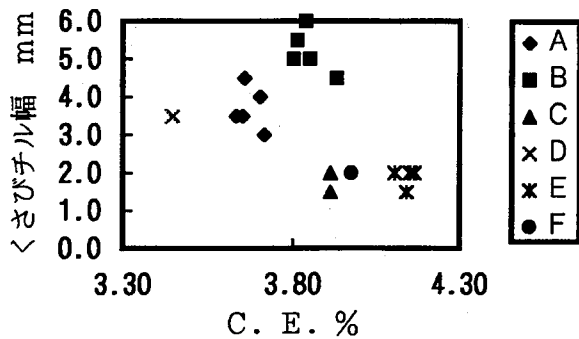


図9 くさびチル幅とCE値との関係

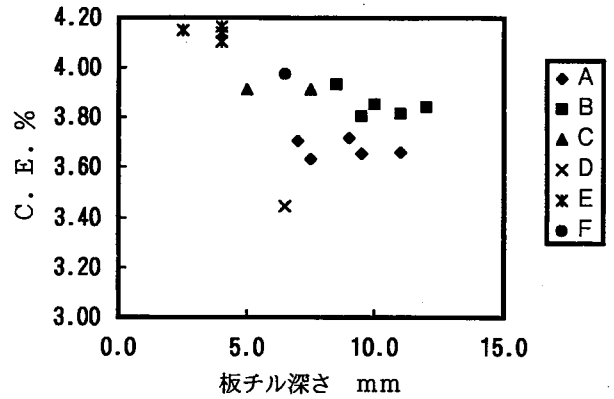


図10 板チル深さから見たCE値

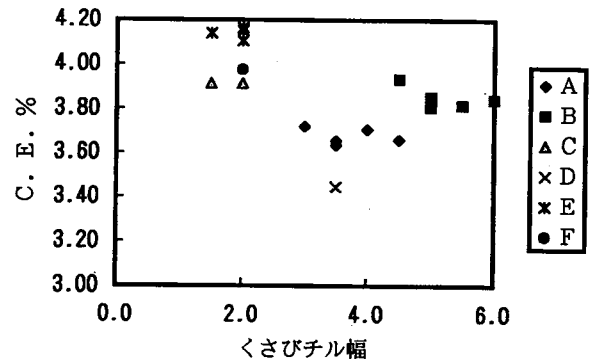


図11 くさびチル幅から見たCE値

各社でチル試験とC.E.値との関係をつかんでいれば、C.E.メータの値から肉厚いくらまではチルしないかの管理に利用可能であるし、逆に、次の図のように、縦軸と横軸を入れ替えれば、チル試験の結果からC.E.値の予測もつく。C.E.メータの数字だけに頼らずに、チル試験結果から、C.E.メータを疑ってみるのもおもしろい。

③ チル試験と機械的性質

板チル及びくさびチル試験結果と硬さ、引張り強さ、抗折の各機械的性質との関係を調べてみた。

まず、チルと硬さの関係であるが、硬さが増すにつれてチル幅、チル深さとも大きくなるようである。今回の実験結果からも、チルしやすい湯は、若干ではあるが、硬くなる傾向が見られる。但し、各社に

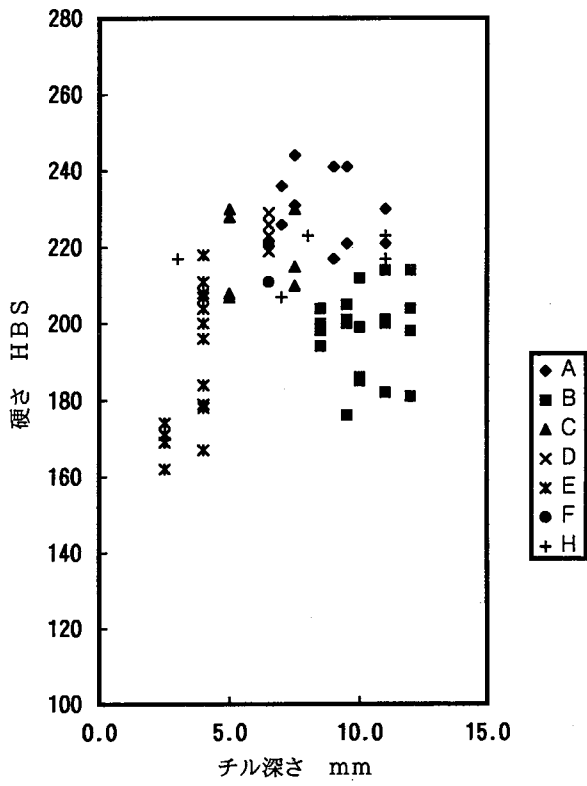


図12 板チル深さと硬さ

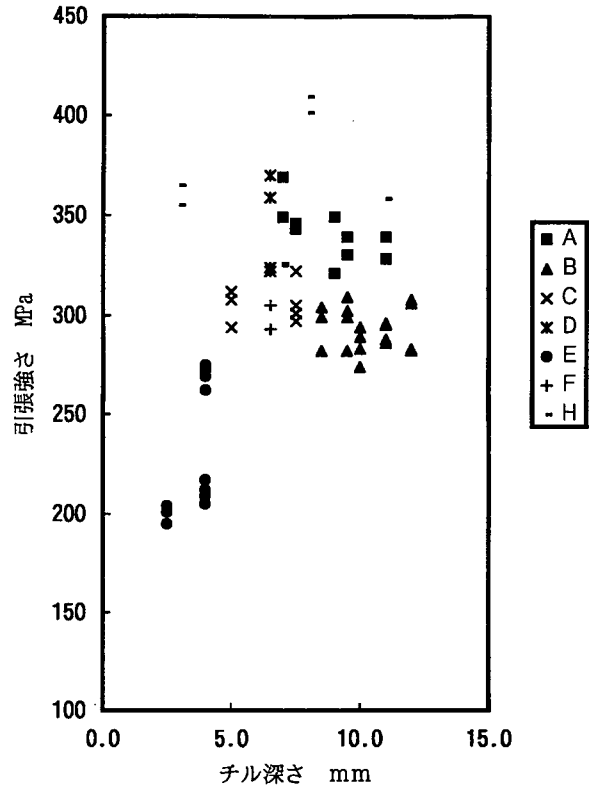


図14 板チル深さと引張強さ

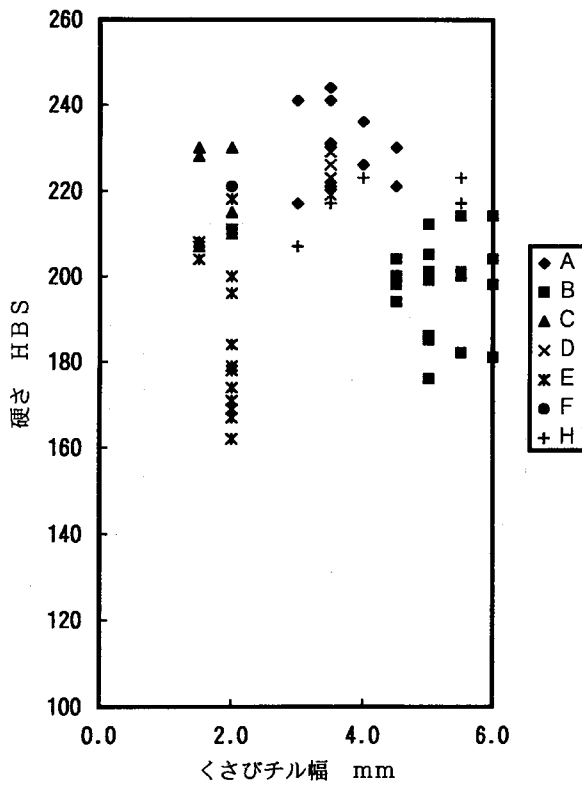


図13 くさびチル幅と硬さ

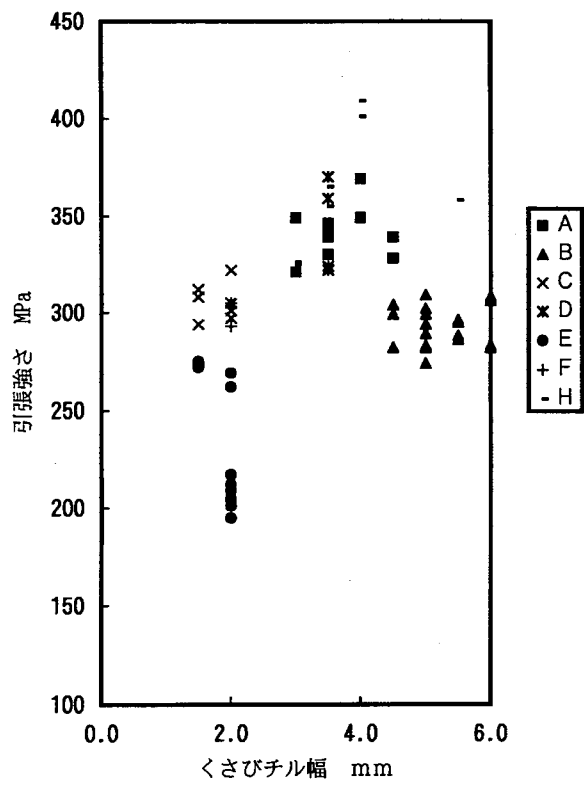


図15 くさびチル幅と引張強さ

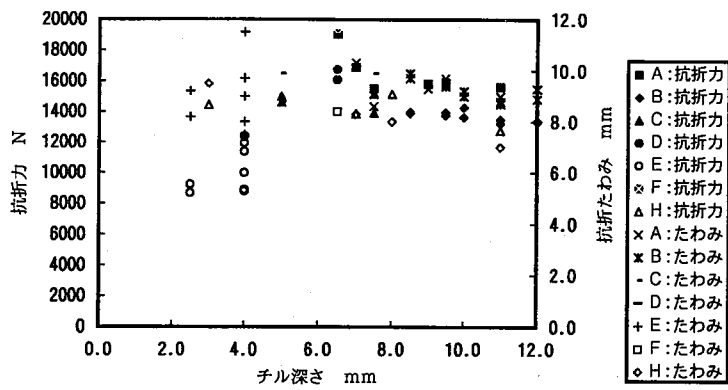


図16 板チル深さと抗折力・たわみ

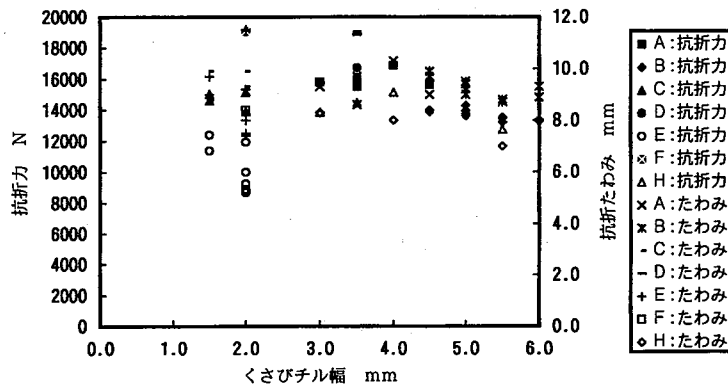


図17 くさびチル幅と抗折力・たわみ

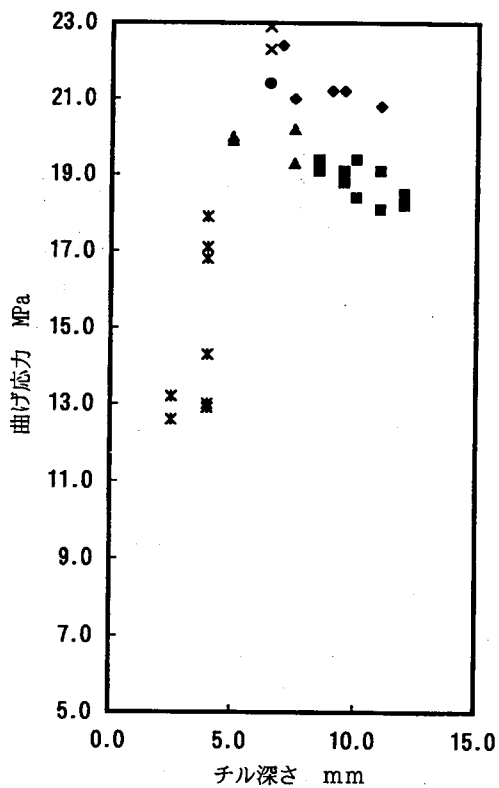


図18 板チル深さと曲げ応力

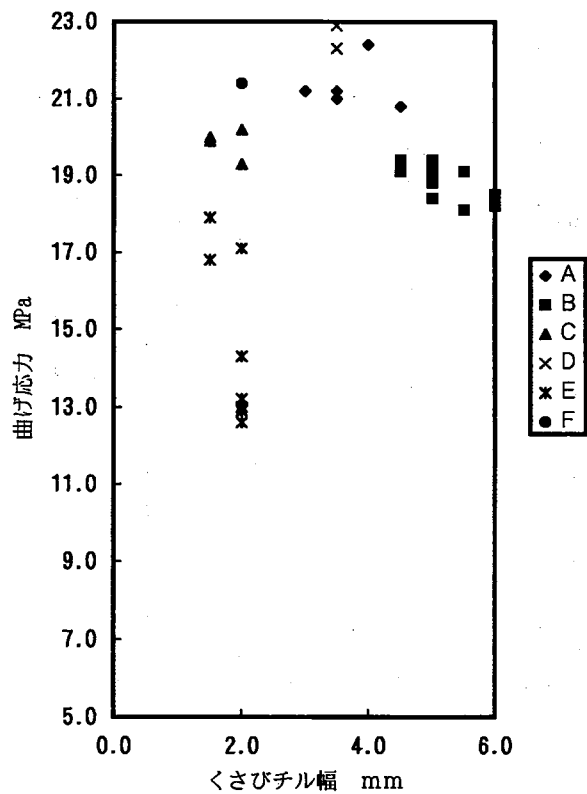


図19 くさびチル幅と曲げ応力

よりその程度は異なるし、くさびチル試験では、顕著な傾向は得られなかった。次に、引張強さとの関係では、チル深さ、チル幅が増すにつれて引張強さも増す傾向が見られる。この場合も、くさび形チル試験の結果は傾向が不明瞭なものが多い。また、板チル試験の結果から見たものでも、チル深さが深くなるにつれて引張り強さが増す傾向にはあるが、その増し方は徐々に緩やかとなり、チル深さ6mmのあたりで飽和しているような感じである。抗折力及び抗折たわみとの関係では、非常にデータがばらついて判断しにくいところではあるが、チルが増すにつれて、抗折力、たわみ共に下がっているように見受けられる。抗折試験の場合、鋳放しのため、試験片の径に若干差があり、チル試験の測定ばらつきと相まって、ばらつきが一層増したことも考えられるので、抗折力を曲げ応力に換算してグラフを作り直してみた。その結果、これも社

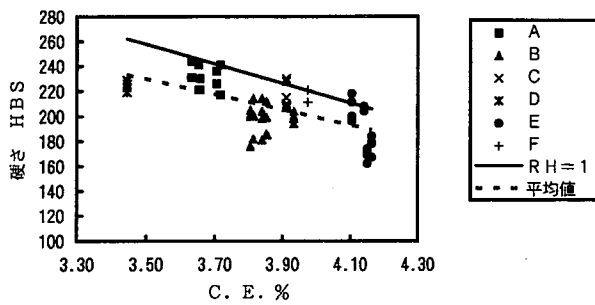


図20 CE値と硬さ

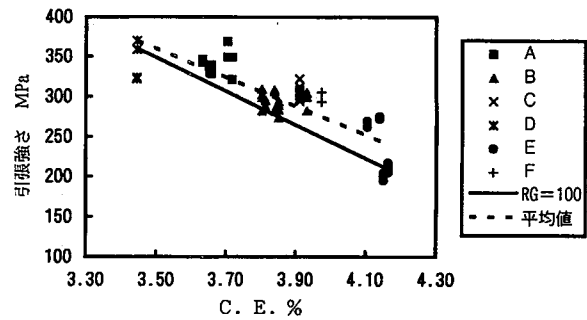


図21 CE値と引張強さ

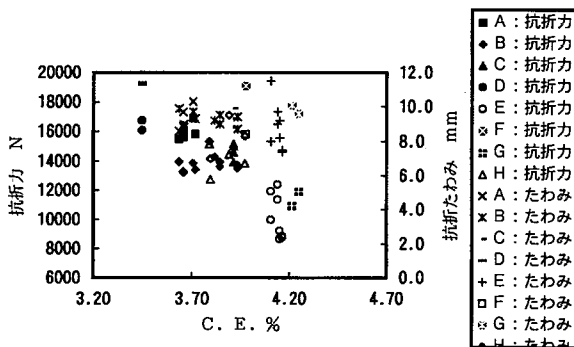


図22 CE値と抗折力・たわみ

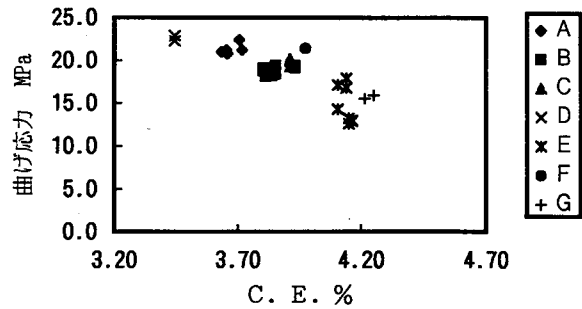


図23 CE値と曲げ応力

により相当ばらついてはいるが、チルが増すにつれて、曲げ応力が減少する傾向が伺えた。但し、板チル試験の結果を用いたグラフで、E社だけはチルが増すにつれて、曲げ応力が増す傾向が現れている。なお、このチルの値が一番低かった試料は引張強さも低めであった。

#### ④ CE値と機械的性質

CE値と硬さ、引張強さ、抗折力といった機械的性質について調査してみた。

まず、硬さとの関係を図20に示す。各社ばらつきはあるものの、CE値が増すと硬さは低くなる傾向であった。全社の平均をとったものが点線である。比較硬さRH=1の線を参考までに実線で記入してみたが、理論値よりやわらかく鋳込んでいる試料がほとんどであった。しかし、C、Eの2社の試料に少し硬めのものがあった。

次に、引張強さとの関係を図21に示す。これも硬さの場合と同様に、CE値が増すと引張強さが下

がる傾向が現れ、以前からいわれている理論を裏付ける結果となった。全社の平均値が点線で、成熟度(RG)100のラインが実線である。ここでも理論値以上の強度を出している試料がほとんどで優秀な結果となっている。図20のグラフと見比べてみると、硬めの試料が引張強さも高めではあるが、D、E社の試料に理論値より強さが弱いものが見られる。この2社では、表3より、原料銑に外国銑を使用されている。

一方、抗折力、抗折たわみとの関係をみると、CE値が増すと、抗折力、たわみ共に減少する傾向が現れた。抗折試験片の径の違いが影響していることを考えて、曲げ応力に書き換えたグラフからも、その傾向は変わらない。

#### ⑤ 硬さと引張、曲げ強さとの関係

1995年にJISが改訂となり、鋳鉄の規格(JIS G 5501)から抗折試験の規格値がなくなった。そこで、今後、製品の品質管理としては、硬さが重要となっ

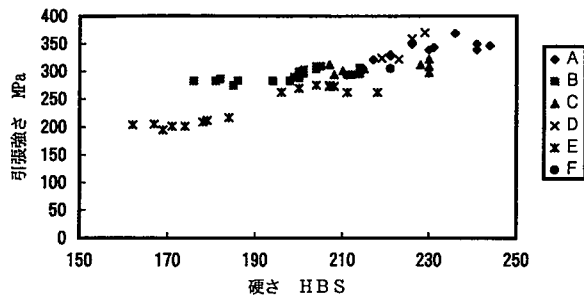


図24 硬さと引張強さ

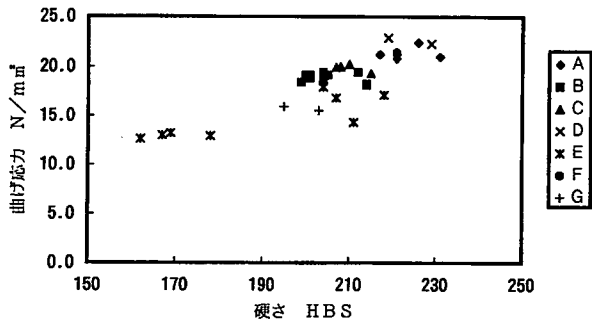


図25 硬さと曲げ応力

てくるのではないかと考えて、硬さと引張、曲げ強さとの関係をグラフにしてみた。全体的に、今回の実験に供された試料の中での傾向は、硬さが増せば引張強さ、曲げ強さ共に上昇する傾向が現れた。各社毎に見ていくと、それほど傾向がはっきりしないものもあるが、各社においてデータを積み重ねれば、役立つグラフになる。

## 6. まとめ

以上、現場試験結果と機械試験結果についてまとめてみたが、今回は各社からの試料は欠陥が少ないものだったため、これらの試験と鑄造欠陥などとの関係については明らかとすることができなかった。会員企業各社においては、十分にデータを蓄積されていることとは思うが、計測機器が高級になり、数字だけが一人歩きする事態がおきたときに、簡単な現場試験により問題解決が早まれば、非常に役立つことと思う。

なお、外国製の原料鉄の使用においては、国内鉄でのデータが役立たない可能性が今回の実験で伺えた。その原因は微量元素ではないかと思われるが、現段階では明らかでない。今後、コスト面から使用が増えると思われるだけに十分なデータの蓄積が必要と思われる。

最後に、今回の実験に当たり、ご助言、ご指導頂きました近畿大学工学部教授塩田俊雄氏、ヨシワ工業(株)常務取締役杉本計三氏、技術部次長越智正英氏、マツダ(株)PT技術部第1素材技術Grマネージャー徳吉稔氏、鑄造技術Gr主任魚原政見氏と、試料採取にご協力いただきました会員各社の皆様に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

「鑄鉄の生産技術」(財)素形材センター ほか



# 塗膜染色による光輝金属面の新加飾方法

山崎 勝弘 野村 孝雄 斉藤 文二

## Development of Dyeing Coated Film for Lustrous Irons

Katsuhiko Yamasaki Takao Nomura Bunji Saitoh

住宅・建築金物、家具・仏壇金物、メタルサイン、日用雑貨品等を対象として、ステンレス、真鍮、ニッケルメッキ等の高輝金属面に、熱硬化性アクリル樹脂クリヤーまたはメラミンアルキッド樹脂クリヤーを焼付け塗装後に、金属錯塩型染料へ浸漬し、最表面部の塗膜染色を行うことにより、色ムラの無い安価な加飾方法を確立した。

### 1. はじめに

ステンレス、銅合金、アルミニウム等で製造された日用雑貨品、家具・仏壇金具、建築・住宅部品、機械金属部品、自動車部品、メタルサイン（看板用箱文字等）の高輝金属面及びニッケルメッキ・亜鉛メッキ面には、装飾・防錆等の目的で、一般的な溶剤系塗料によるカラークリヤー塗装が施されている場合が多い。

また、クリップ等の事務用品やメガネフレーム等の日用小物品を対象として、アクリル系カチオンクリヤー等で電着塗装し、焼付乾燥後に、塗膜染色されている例もある。

この中で、カラークリヤー塗装方法は、手軽にできる方法ではあるが、クリヤーに染料を混入して塗装するため、塗膜厚さのムラが、そのまま色ムラとして表れ易く、色の溜りが出来易い欠点がある。

一方、電着塗装法は、整流器・加熱冷却器・電解槽等の特別な装置を必要とするところから、一般の塗装工場では手が出し難い。

このため、一般的な溶剤系焼付けクリヤー塗装と染料への常温浸漬による塗膜染色を組み合わせ、特別な設備を必要としないで、安価で色ムラの無い新加飾方法の開発を試み、染色した塗膜の物理性状及び耐光性を評価した。

### 2. 塗膜染色試験

#### 2.1 供試した光輝金属

表-1

素材	規格	表面仕上げ
B 黄銅	JIS H3100 C2801P	キリンス仕上げ
S ステンレス	JIS G4305 SUS304	磨き仕上げ

#### 2.2 上塗り塗料の種類

表-2

	クリヤーの種類	焼付け条件
a	熱硬化アクリル樹脂クリヤー	100℃×20分
m	メラミン樹脂焼付けクリヤー	100℃×20分

#### 2.3 塗装工程

黄銅及びステンレスの光輝金属面をキシレンにより溶剤脱脂する。乾燥後それぞれの光輝金属面に、熱硬化アクリル樹脂クリヤー及びメラミン樹脂焼付けクリヤーを20 $\mu$ 程度にスプレー塗装し、100℃で20分間焼き付ける。

#### 2.4 塗膜染色条件

表-3の組成の染色液に常温で20分浸漬する。

表-3

薬品名	組成
メチルアルコール	700 ml
ブチルアルコール	150 ml
エチルセロソルブ	150 ml
アニオン型界面活性剤	3 ml
金属錯塩型染料（各色）	10 g

#### 2.5 塗膜の焼締め

染色後、余分な染色液を水洗し、熱硬化アクリル樹脂クリヤーは、150℃、メラミン樹脂焼付けクリヤーは、130℃で各々20分間の再焼付乾燥を行う。

## 2.6 染着性の評価

判定基準 目視により、染色したクリアー塗膜の染着性、色ムラ、下地光輝金属の透明感等の仕上がり感を、3段階に評価する。

- ◎ …… 優れた仕上がり感
- …… カラークリアーと同等
- × …… 仕上がり感が悪い

試験結果 表-4のとおり

表-4

No.	素材	塗装	色調	染着性評価
染1	B	a	オレンジ系	○
染2	B	a	ブラウン系	○
染3	B	a	バイオレット系	○
染4	B	m	オレンジ系	◎
染5	B	m	ブラウン系	◎
染6	B	m	バイオレット系	◎
染7	S	a	オレンジ系	○
染8	S	a	ブラウン系	○
染9	S	a	バイオレット系	○
染10	S	m	オレンジ系	◎
染11	S	m	ブラウン系	◎
染12	S	m	バイオレット系	◎

## 3 塗膜物性試験

黄銅 (B) 及びステンレス (S) に、熱硬化アクリル樹脂クリアー (a) 及びメラミン樹脂焼付けクリアー (m) による、一般的なカラークリアー塗装と、今回実験を試みたクリアー塗膜の染色方法による試験片を作成し、下記の塗膜物性試験を行った。

### 3.1 基盤目試験

試験方法 JIS K-5400による。

カット幅 1mm 100/100

判定基準 促進耐光試験400時間の前後について0~10点の6段階に評価する。

試験結果 表-5のとおり

### 3.2 鉛筆引っかき試験

試験方法 JIS K-5400による。

荷重 1,000g

判定基準 塗膜の擦傷で評価する。

試験結果 表-5のとおり

表-5

試験片 No.		基盤目試験	鉛筆引っかき
染1	B-a	100/100 10点	2H
染1		100/100 10点	2H
染2	B-a	100/100 10点	2H
染2		100/100 10点	2H
染3	B-a	100/100 10点	2H
染3		100/100 10点	2H
染4	B-m	100/100 10点	H
染4		100/100 10点	H
染5	B-m	100/100 10点	H
染5		100/100 10点	H
染6	B-m	100/100 10点	H
染6		100/100 10点	H
染7	S-a	100/100 10点	2H
染7		100/100 10点	2H
染8	S-a	100/100 10点	2H
染8		100/100 10点	2H
染9	S-a	100/100 10点	2H
染9		100/100 10点	2H
染10	S-m	100/100 10点	H
染10		100/100 10点	H
染11	S-m	100/100 10点	H
染11		100/100 10点	H
染12	S-m	100/100 10点	H
染12		100/100 10点	H

### 3.3 光沢度の経時変化

試験方法 JIS K-5400による。

60° 鏡面光沢残存率の測定

判定基準 促進耐光試験400時間の経時変化を測定する。

試験結果 表-6のとおり

加飾方法、素材、塗料、色調のそれぞれの平均値は図-1~4のとおり

### 3.4 表面色の経時変化

試験方法 JIS K-0205による。

紫外線カーボンウェザーメーターによる。

判定基準 促進耐光試験400時間の経時変化を測定する。

試験結果 表-7のとおり

加飾方法、素材、塗料、色調のそれぞれの平均値は図-5~8のとおり

表-6

No.	素材 塗装	光沢残存率経時変化 (単位; %)			
		100H 後	200H 後	300H 後	400H 後
染 1	B-a	109.2	112.4	115.9	116.2
染 1		100.2	101.7	102.8	103.2
染 2	B-a	107.8	110.5	117.1	121.9
染 2		103.5	105.5	108.0	109.2
染 3	B-a	102.6	104.4	106.1	107.9
染 3		104.0	106.6	106.9	108.3
染 4	B-m	103.2	106.1	109.8	111.6
染 4		99.8	103.2	103.9	105.0
染 5	B-m	103.7	105.9	109.1	112.0
染 5		98.6	101.2	104.1	104.8
染 6	B-m	102.0	104.0	105.1	107.8
染 6		99.9	103.1	107.2	107.3
染 7	S-a	104.3	108.6	112.7	115.5
染 7		102.1	105.0	106.9	108.8
染 8	S-a	103.3	107.6	111.3	114.0
染 8		104.0	106.7	110.0	112.6
染 9	S-a	102.1	104.5	108.0	109.8
染 9		101.1	103.7	106.0	107.4
染 10	S-m	100.9	102.3	105.5	108.7
染 10		103.8	104.2	106.8	109.9
染 11	S-m	105.1	108.8	109.2	113.8
染 11		104.0	108.1	109.0	110.0
染 12	S-m	102.8	105.1	108.3	109.3
染 12		101.2	107.5	110.9	111.3

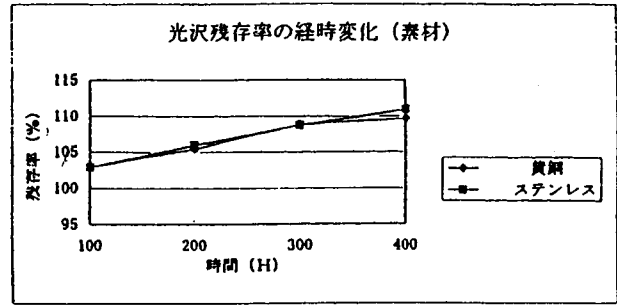


図-1

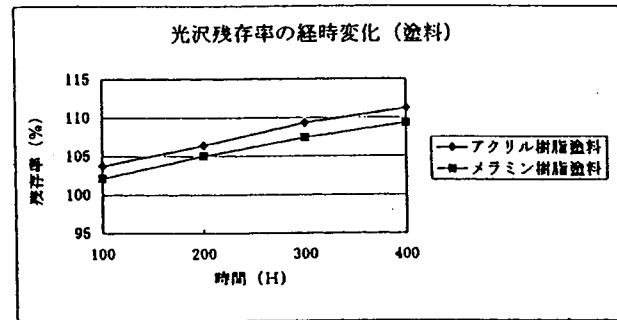


図-2

表-7

No.	素材 塗装	変色の経時変化 (単位; ΔE)			
		100H 後	200H 後	300H 後	400H 後
染 1	B-a	3.21	4.53	6.28	8.01
染 1		3.03	4.27	6.06	7.29
染 2	B-a	2.73	3.55	4.89	6.42
染 2		2.92	3.90	5.93	7.13
染 3	B-a	3.30	4.37	6.34	7.72
染 3		3.01	4.19	5.87	7.05
染 4	B-m	2.67	3.77	5.03	6.89
染 4		2.51	3.61	4.97	6.58
染 5	B-m	3.83	4.61	6.35	7.88
染 5		3.02	4.23	6.29	7.04
染 6	B-m	2.91	4.20	5.11	6.37
染 6		2.68	4.35	5.48	7.07
染 7	S-a	3.65	5.18	6.81	8.61
染 7		3.39	5.20	6.42	7.98
染 8	S-a	3.43	5.11	6.72	8.09
染 8		3.27	5.22	6.08	8.15
染 9	S-a	2.88	3.67	5.19	6.78
染 9		3.05	4.36	6.39	7.33
染 10	S-m	3.42	4.16	6.69	7.85
染 10		3.03	4.22	5.98	7.26
染 11	S-m	2.86	4.52	5.33	6.38
染 11		3.71	5.17	6.44	7.69
染 12	S-m	3.31	5.27	6.31	7.57
染 12		2.92	4.08	5.06	6.61

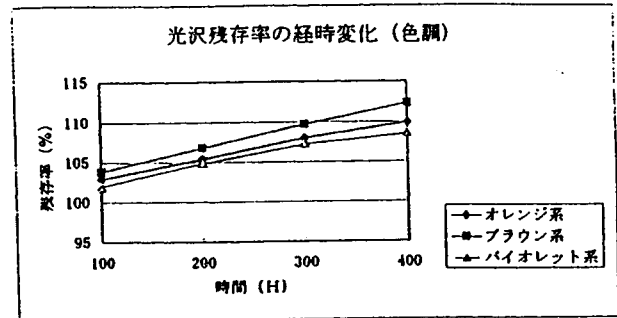


図-3

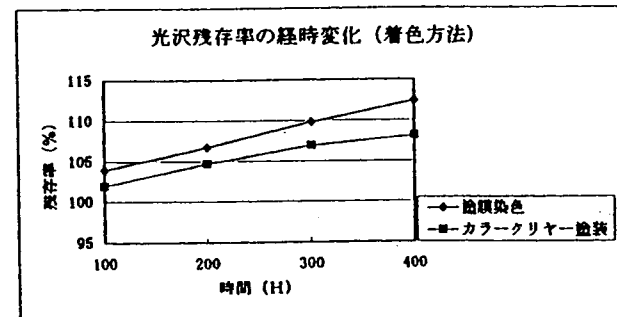


図-4

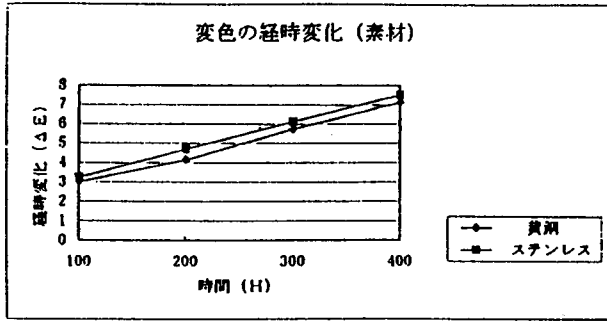


図-5

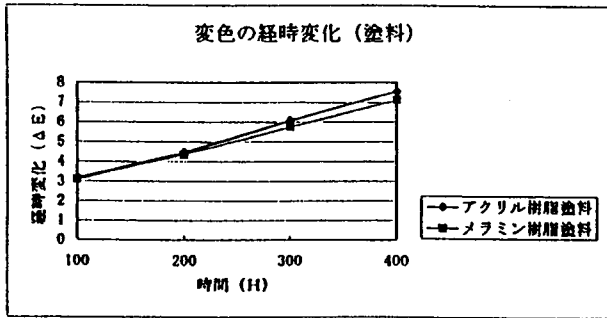


図-6

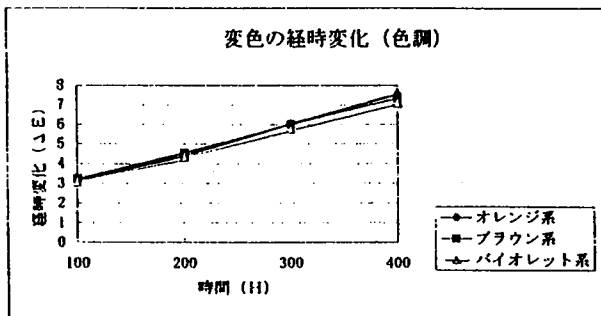


図-7

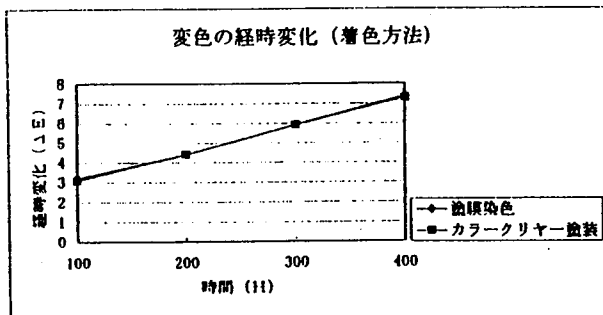
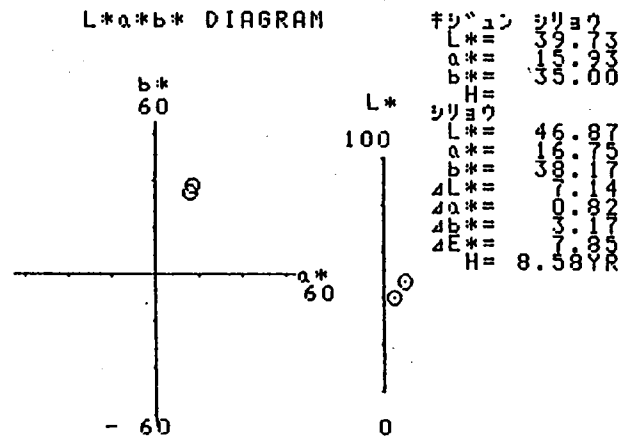


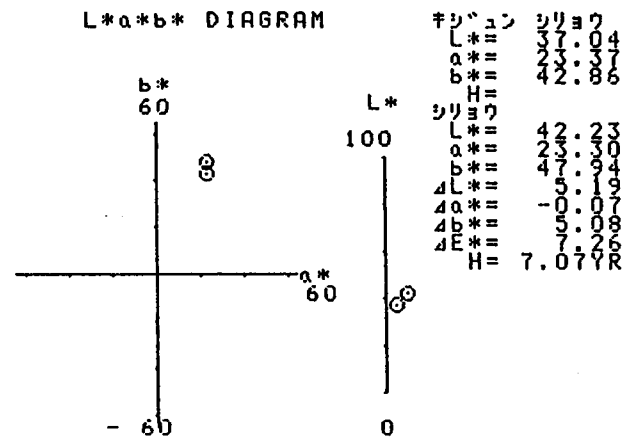
図-8

D65-10°Eイキシ: 0, ガイカ: 0 (フロンコーティング)



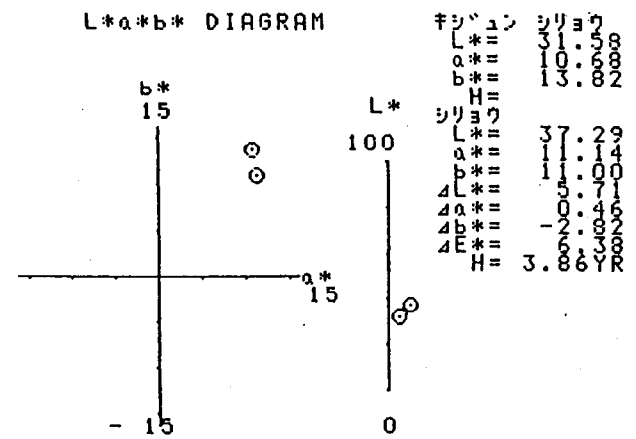
染10-S-m オレンジ系

D65-10°Eイキシ: 0, ガイカ: 0 (フロンコーティング)



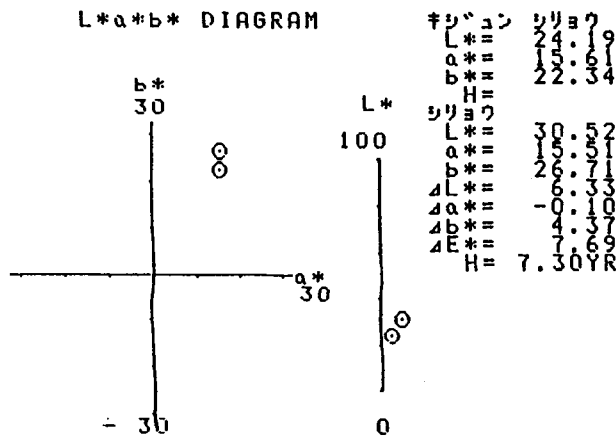
染10-S-m オレンジ系

D65-10°Eイキシ: 0, ガイカ: 0 (フロンコーティング)



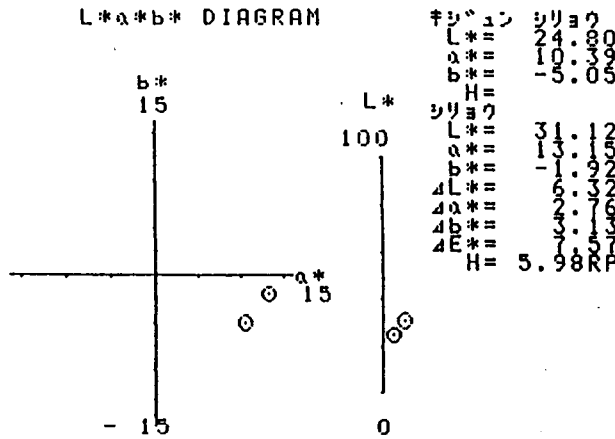
染11-S-m ブラウン系

D65-10°IN7キリ: 0, ガイカ: 0 ブラウン系

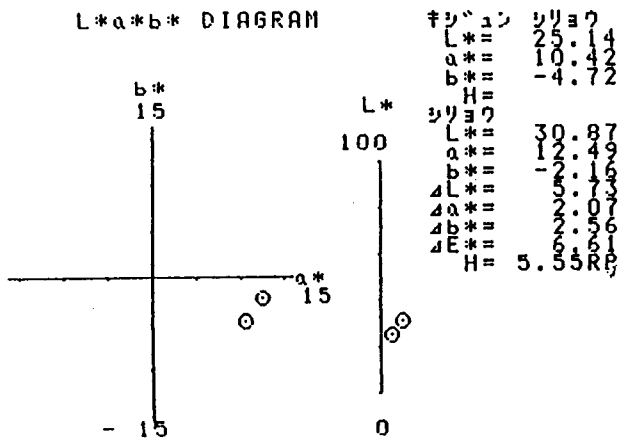


染11-S-m ブラウン系

D65-10°IN7キリ: 0, ガイカ: 0 ブラウン系



染12-S-m バイオレット系



染12-S-m バイオレット系

#### 4 まとめ

この新しい加飾方法の利点を挙げてみると

- (1) 染色した塗膜は、一般のカラークリヤー塗膜に比較して、エッジ部の色の溜りや点状の色別れが無いため、濃色でも透明感があり、光輝金属面が透けて見えることも加味されて、すっきりした仕上がり感である。
- (2) 塗膜の最表面層が染着するため、塗膜厚さによる色ムラがまったく無いところから、塗装技能が低くても、複雑な形状や凹凸模様のあるワークでも、均一な着色が可能である。
- (3) 同様の仕上げができる電着塗装は、数百万円以上の設備投資が必要であるが、この加飾法では、浸漬用のポリタンク程度の設備投資で済む。

- (4) 塗膜物性も、カラークリヤー塗装による着色方法と比較して、付着性、硬度、光沢残存率、退色性等に差異は認められない。

一方、欠点としては、

- (1) 焼甘にした塗膜を染色後、更に焼締めることが必要で、焼付け乾燥工程が2度手間になる。
  - (2) ワークを浸漬するだけの着色液の液量が必要であり、形状の大きなものには不向きである。
- 等がある。

これらの長所、短所を勘案しながら、この新加飾法を採用すれば、素地の光輝金属面から反射する光が加味された、特有の鮮明で美しい仕上げができるものと思われる。

#### 参 考 文 献

- (1) 三原一幸、解説塗科学、理工出版、1975, 3, 4, 1
- (2) 華園繁彌、概説金属塗装工学、理工出版、1980, 3, 2, 1
- (3) 田中丈之、コーティング膜の物性と評価法、理工出版、1986, 3, 6, 2

# 品質工学によるショットピーニング条件の解析

乗原 修、浅野直弘、市後博造

Analysis of Shot Peening Condition by Quality engineering

Osamu Kuwabara, Naohiro Asano, Hirozou Ichigo

ショットピーニングを施した金属は、ピーニング条件によって深さ方向の残留応力の分布状態が異なる。この残留応力の分布状態が金属の疲労強度に大きく関係するため、品質工学によりピーニング条件が深さ方向の残留応力に与える影響を解析した。

## 1. はじめに

現在自動車業界ではギヤ類の小型軽量化のため、金属の疲労強度向上が重要な課題となっている。金属の疲労強度を向上させる方法はいくつかあるが、金属の材質や形状を変えずに行う方法としてショットピーニングがある。この技術は、金属表面に圧縮残留応力を与えることにより疲労強度を向上させる表面処理法として古くからバネ等に用いられてきた。現在ではこの方法が歯車等へ応用され、安価である等のメリットが多いので注目されている。

ショットピーニングによる疲労強度の向上は圧縮残留応力によるキ裂の発生抑制であるが、必ずしもキ裂が発生する最表面の残留応力が高い場合が良いとは限らない。浸炭材料は表面のすぐ下の層に材料欠陥が生じやすく、最表面を強化しても下層の欠陥からキ裂が進展していくのでこの部分の残留応力強化が必要となる。また、圧縮残留応力の効果はキ裂の発生抑制だけでなくキ裂進展抑制も考えられるので、表面と内部両方の残留応力が高いのが理想とされる。

最近ではダブルショットピーニングにより、表面と内部それぞれの残留応力を高める条件で2回ショットピーニングを行い、表面から内部まで高い残留応力を得る研究も報告されている<sup>4)</sup>。

前報においては、表面から内部までの残留応力ができるだけ高く、均一になるピーニング条件を求め

る実験を行った。しかし、ダブルショットピーニングを行う事により内部の残留応力を高めた後、表面の残留応力を高めるという事ができるため、本実験では品質工学手法により、希望する深さ（表面や内部）の残留応力を高めるピーニング条件を得る実験を行った。

## 2. 基本機能

ショットピーニングの基本機能は、鋼球の投射エネルギーを残留応力として被加工物に転写すると考えると簡単である。残留応力は投射エネルギーに比例して高まるのが理想として、投射エネルギーと残留応力の間で基本機能を考えた。品質工学ではエネルギーは平方根として扱うので、 $\sqrt{\quad}$ （投射エネルギー）と残留応力の間で $Y = \beta M$ の直線を描いた。

## 3. 因子の選択

投射エネルギーとしてまず考えられるのは鋼球の運動エネルギー（質量とスピード）である。全体の

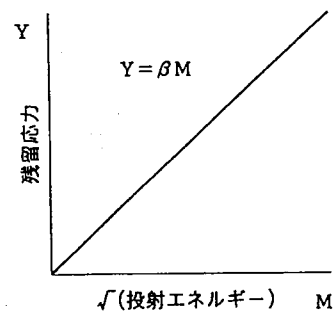


図1 基本機能

入力エネルギーを考えると、球一発の運動エネルギーに球数をかけたものとなる。

運動エネルギーは同じエネルギー量でも質量が大きくスピードが小さい場合と、質量が小さくスピードが大きい場合では、被加工物へのエネルギー伝達形態が異なると考えられる。そこで球一発の運動エネルギーを制御因子に、球数を信号因子に取り上げた。しかし、球数を信号とした場合、鋼球の直径差によって全体の投射エネルギーに大きく差が出てしまう。鋼球径による投射エネルギーの差を考慮して、信号因子を投射する鋼球の総質量とした。その他の制御因子は、実験装置の中で制御可能なものすべてを割り付けた。

誤差因子は、残留応力の測定深さとして、この水準別に結果を解析することにより、深さ方向への残留応力に対する制御因子の影響を見ることにした。

信号因子、制御因子、誤差因子及びその水準を表1～3に示す。

以上の因子をL<sub>18</sub>直交表に割り付け、実験を行った。

#### 4. 実験及び実験の再現性

実験に用いたショットピーニング装置は、サンド

ブラスト装置の研削砂とショット粒を入れ換えたものを使用した。試験片は、SPHC材 (20×25 t=4) に浸炭窒化処理をしたものを用い、残留応力をX線応力測定装置 (MSF-2M) で測定した。内部の残留応力の測定は、表層を削りその面の残留応力を測定する事により行った。この時、表層を削るのには電解研磨装置を用いた。

表1 信号因子

投射質量 (g)	M1	M2	M3
	100	200	300

表2 誤差因子

測定深さ (μm)	N1	N2	N3	N4
	0	20	40	60

表3 制御因子

因子	単位	1	2	3
A: 投射角度	°	60	90	—
B: エアー圧	MPa	0.3	0.4	0.5
C: ショット粒径	mm	0.3	0.5	0.6
D: ショット硬度	HRC	45	50	60
E: 投射距離	mm	110	130	150
F: ノズル径	mm	3	4	5
G: 混入絞り	mm	3.5	4	4.5

表4 測定結果 (MPa)

L 18直交表		M 1				M 2				M 3			
No	A B C D E F G e	N 1	N 2	N 3	N 4	N 1	N 2	N 3	N 4	N 1	N 2	N 3	N 4
1	1 1 1 1 1 1 1 1	610	589	549	482	688	613	604	408	711	654	595	501
2	1 1 2 2 2 2 2 2	502	560	545	341	566	674	630	488	618	676	743	470
3	1 1 3 3 3 3 3 3	511	636	595	574	624	727	825	701	651	802	796	706
4	1 2 1 1 2 2 3 3	660	627	630	488	735	706	751	589	753	794	822	639
5	1 2 2 2 3 3 1 1	531	682	566	478	572	555	674	601	654	766	688	561
6	1 2 3 3 1 1 2 2	522	610	712	735	618	881	1012	1033	664	884	972	980
7	1 3 1 2 1 3 2 3	782	770	645	391	896	630	533	437	974	791	813	766
8	1 3 2 3 2 1 3 1	688	817	1039	931	770	1015	1150	855	791	1129	1152	1040
9	1 3 3 1 3 2 1 2	759	710	592	601	753	712	707	555	711	749	735	642
10	2 1 1 3 3 2 2 1	878	1010	978	545	921	1076	987	796	943	1134	990	642
11	2 1 2 1 1 3 3 2	580	518	504	306	710	607	595	536	808	701	724	660
12	2 1 3 2 2 1 1 3	412	429	463	366	548	532	516	642	583	700	711	665
13	2 2 1 2 3 1 3 2	791	683	429	657	931	966	966	662	955	966	1013	855
14	2 2 2 3 1 2 1 3	1018	966	907	956	956	984	1007	990	962	1125	1166	1052
15	2 2 3 1 2 3 2 1	490	554	486	439	528	433	459	433	706	548	707	508
16	2 3 1 3 2 3 1 2	984	1045	931	680	919	992	933	630	960	1100	955	677
17	2 3 2 1 3 1 2 3	441	488	507	495	583	595	536	507	648	633	671	624
18	2 3 3 2 1 2 3 1	698	686	753	680	741	776	835	815	794	849	919	825

測定結果を表4に示す。一般的に圧縮応力は（-）で表示されるが、ここでは計算を簡略化するために圧縮方向を（+）として表示した。測定値はすべて圧縮方向である。

この結果からSN比を計算した<sup>2)</sup>。測定データの例と計算手法を示す。

《SN比、感度の計Z》

表5 測定データの例

	M1 √ (100)	M2 √ (200)	M3 √ (300)
N1	y <sub>11</sub>	y <sub>12</sub>	y <sub>13</sub>
N2	y <sub>21</sub>	y <sub>22</sub>	y <sub>23</sub>
N3	y <sub>31</sub>	y <sub>32</sub>	y <sub>33</sub>
N4	y <sub>41</sub>	y <sub>42</sub>	y <sub>43</sub>

有効除数

$$r = M_1^2 + M_2^2 + M_3^2$$

全2乗和

$$S_T = y_{11}^2 + y_{12}^2 + \dots + y_{42}^2 + y_{43}^2 \quad (f = 12)$$

線形式

$$L_1 = M_1 \times y_{11} + M_2 \times y_{12} + M_3 \times y_{13}$$

$$L_2 = M_1 \times y_{21} + M_2 \times y_{22} + M_3 \times y_{23}$$

$$L_3 = M_1 \times y_{31} + M_2 \times y_{32} + M_3 \times y_{33}$$

$$L_4 = M_1 \times y_{41} + M_2 \times y_{42} + M_3 \times y_{43}$$

比例項の変動

$$S_\beta = (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)^2 / 4r \quad (f = 1)$$

誤差因子による比例項の差の変動

$$S_{\beta \times N} = \frac{L_1^2 + L_2^2 + L_3^2 + L_4^2}{r} - S_\beta \quad (f = 3)$$

誤差変動

$$S_e = S_T - S_\beta - S_{\beta \times N} \quad (f = 8)$$

誤差分散

$$V_e = S_e / 8$$

調合誤差分散

$$V_N = (S_{\beta \times N} + S_e) / 11$$

SN比

$$\eta = 10 \log \frac{(S_\beta - V_e) / 4r}{V_N} \quad (\text{db})$$

感度

$$S = 10 \log \frac{(S_\beta - V_e)}{4r} \quad (\text{db})$$

以上の要領で実験No1～18を計算しSN比と感度を求めた。その結果を制御因子の水準別に抽出し<sup>3)</sup>

まとめた要因効果図を図2に示す。

この要因効果図からSN比が最も良くなる条件を求め、確認実験により再現性を確かめた。

SN比が最適となる条件はA2、B1、C3、D2、E2、

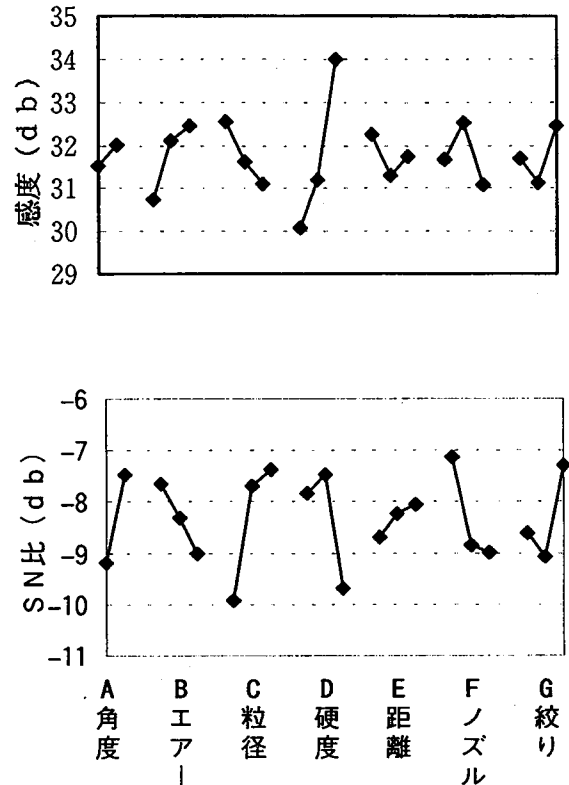


図2 SN比、感度の要因効果図

表6 表面がピークとなる条件

因子	単位	1	2	3
A: 投射角度	°	60	90	—
B: エアー圧	MPa	0.3	0.4	0.5
C: ショット粒径	mm	0.3	0.5	0.6
D: ショット硬度	HRC	45	50	60
E: 投射距離	mm	110	130	150
F: ノズル径	mm	3	4	5
G: 混入絞り	mm	3.5	4	4.5

表7 利得

	SN比		感度	
	推定比	実験値	推定比	実験値
最適	-4.46	-2.15	32.07	31.89
現行	-6.47	-8.37	34.25	34.69
利得	2.01	6.22	-2.18	-2.80



F1、G3であるが、この条件はNo12の実験条件と似ている。そこで、確認実験はNo12条件と現行条件との間で行った。なお現行条件はすべて第2水準とした。

SN比、感度の推定値は、SN比をA、C、D、F、感度をB、C、D、Fそれぞれの値から求め<sup>3)</sup>表7に確認実験の結果と示す。

結果は、感度の利得はほぼ同じ値になっているが、SN比の方が2.01と6.23で差のあるものとなった。

### 5. 深さ方向の残留応力の解析

深さ方向の残留応力と制御因子の関係を調べるために感度を誤差水準別それぞれで独立して求め、要因効果図として同一グラフにプロットした。感度の計算は以下の通りである。

《表面 (N1) の感度 (S1) の計算》

$$S_{T1} = y_{11}^2 + y_{12}^2 + y_{13}^2 \quad (f=3)$$

$$S_{\beta 1} = L_1^2 / r \quad (f=1)$$

$$S_{e1} = S_{T1} - S_{\beta 1} \quad (f=2)$$

$$V_{e1} = S_{e1} / 2$$

$$S_1 = 10 \log \frac{(S_{\beta 1} - V_{e1})}{r} \quad (\text{db})$$

表8 表表面から内部の感度とSN比

	S 1 (表面)			S 2 (20 $\mu$ m)			S 3 (40 $\mu$ m)			S 4 (40 $\mu$ m)			SN比		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A:角度	33.4	34.2		34.1	34.4		34.2	34.4		32.6	33.0		-7.8	-6.9	
B:エア	33.1	33.9	34.4	33.6	34.3	34.8	33.5	34.6	34.7	31.6	33.5	33.3	-6.0	-7.6	-8.5
C:粒径	35.2	33.5	32.8	35.2	34.2	33.4	34.6	34.3	33.9	32.4	32.9	33.1	-8.8	-6.6	-6.7
D:硬度	33.2	33.6	34.7	32.7	33.8	36.3	32.8	33.7	36.3	31.2	32.3	34.8	-7.0	-6.6	-8.4
E:距離	34.4	33.3	33.8	34.3	34.0	34.4	34.5	34.2	34.2	33.5	32.2	32.7	-7.2	-7.1	-7.8
F:ノズル	33.2	34.4	33.8	34.1	35.0	33.7	34.3	35.0	33.6	33.4	33.1	31.9	-6.1	-8.2	-7.8
G:絞り	33.9	33.4	34.1	34.3	33.7	34.7	34.0	33.8	35.0	32.7	32.1	33.6	-8.4	-7.5	-6.2
T:平均	33.8			34.2			34.3			32.8			-7.4		

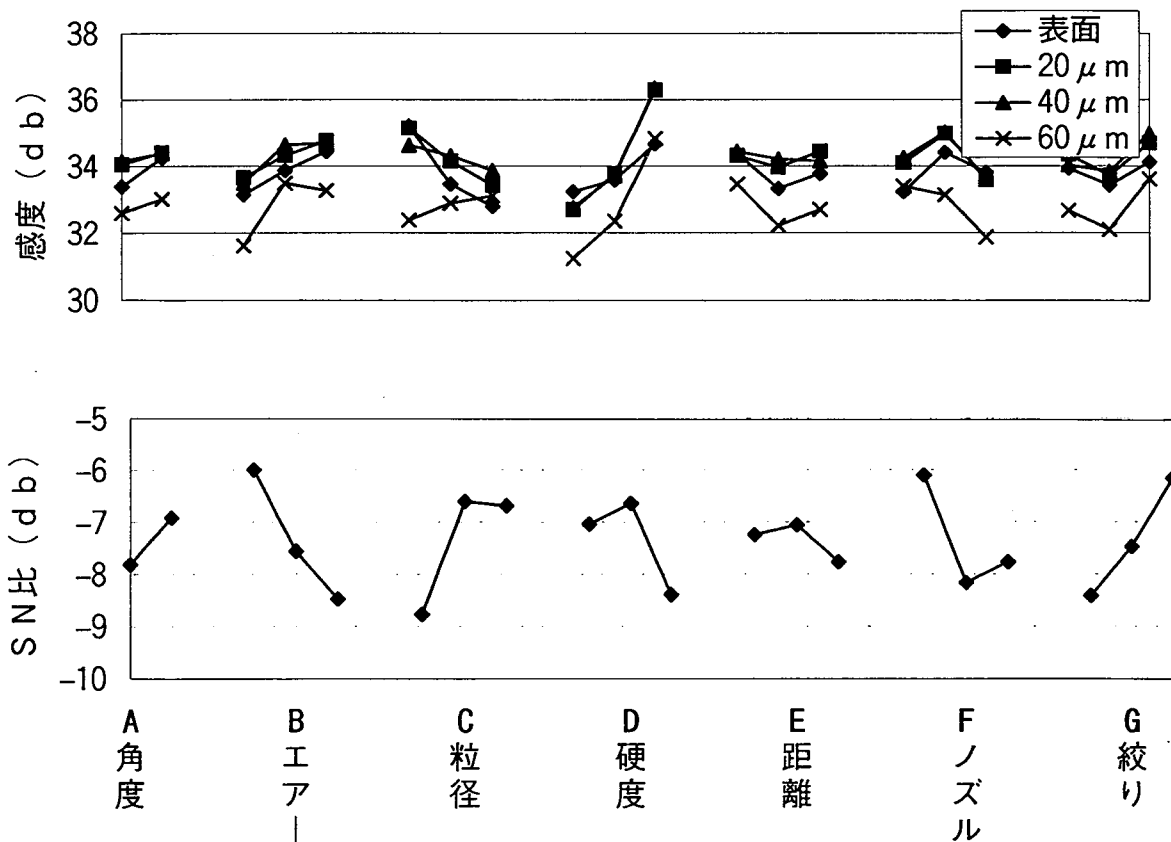


図3 御差水準別の要因効果図

同様にN2からN4まで計算し、解析した結果を表8、図3に示す。なおSN比は誤差因子の影響を除いたものである。

この図でS1は表面、S2～S4はそれぞれ20～40μmの残留応力変化に対応している。この図からは制御因子がそれぞれの深さの残留応力にどれだけ影響するかが分かる。SN比は誤差因子の影響を除いてあるので、純粋に残留応力の安定性を表したものとなる。

特定の深さの残留応力を高めるショットピーニング条件を求めたい場合、図3から求めることが出来る。

例えば表面付近の応力が最大となる条件を求めるには、条件の設定を表面（S1）が他（S2～S4）と比較して高いものを優先し、感度の変動の小さいものについてはSN比の良いものを選択する。条件はA2、B3、C1、D2、E1、F3、G3というように求めることができる。

## 6. 考察

今回の実験では深さ方向の残留応力に対する制御因子の解析までを行ったが、SN比の利得が再現性していないため、実験の再現性に疑問が残るものとなった。

実験に再現性が得られなかった事について考察する。

- ①基本機能に直線性が得られなかった。これは、投射質量が大きすぎ残留応力が飽和したためか、投射エネルギーが残留応力に及ぼす効果を単純に平方根にしたためと考えられる。基本機能をもう一度考え直す必要がある。
- ②残留応力を単位面積当たりの力で測定したが、ノズル径を変えることにより投射面積が変化し、投射エネルギーが同じでも単位面積当たりのエネルギー密度に差が出た。

表9 表面がピークとなる条件

因子	単位	1	2	3
A：投射角度	°	60	90	—
B：エア圧	MPa	0.3	0.4	0.5
C：ショット粒径	mm	0.3	0.5	0.6
D：ショット硬度	HRC	45	50	60
E：投射距離	mm	110	130	150
F：ノズル径	mm	3	4	5
G：混入絞り	mm	3.5	4	4.5

今回は実験に再現性が得られなかったが、誤差水準別に感度を解析する事により深さ方向の制御因子の影響の解析は行えるだろう。

今後は基本機能、制御因子を再検討し、実験をやり直すつもりである。

実験の進め方、データ解析等でご指導戴きました電気通信大学教授矢野宏先生、計量研究所鴨下隆志氏、ならびに試験片の作製でご協力いただいた新中央工業(株)の方々に末筆ながら深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 渡邊吉弘・長谷川典彦・松村義和、ショットピーニングによる残留応力のシミュレーション、材料 Vol.144、No.496 (1995)、p.110.
- 2) 矢野宏、品質工学入門、(1995)、pp.245-247、日本規格協会.
- 3) 田口玄一・横山巽子、品質設計のための実験計画法、(1988)、pp.60-62、pp.68-69、日本規格協会.
- 4) 飯田喜介・斉藤泰彦、機械構造用鋼S45Cに対するダブルショットピーニング、ショットピーニング技術 Vol.7、No.1 (1995)、pp.9-14.

# レーザー加工（パルス出力）の精度評価に関する研究（第2報）

岡田 邦彦

## A Study on Evaluation for High Precision Works of Pulsed Laser Cutting (2nd Report)

Kunihiko Okada

昨年度の冷間圧延鋼板（SPCC材）の精度評価では、デューティ、出力、周波数が効果を与える因子である事が分かった。今年度はステンレス鋼板（SUS304）の寸法精度についての評価・検討並びに切断面の粗さについての評価・検討を行った。

その結果、寸法精度に影響を与える因子は切断速度、出力、デューティである事が分かった。また、切断面の粗さを目標値（例えば25S）に加工する場合には、周波数を調整因子として、操作すればよい事が知見できた。

### 1. はじめに

炭酸ガスレーザー加工機を用いて加工を行う場合、精度よく加工するには、どの因子に注目して行ったらよいか、また、目標とする切断面粗さを確保するには、どう言った条件で加工を行ったらよいか、の研究を昨年度に引き続き行っている。

そして、今年度のステンレス鋼板の切断実験では、アシストガスの酸素のガス流量を一定にして、デューティ、出力、周波数に、切断速度を加えた4因子に絞り込み切断実験を行った。

### 2. 供試材

SUS304材（オーステナイト系鋼板）

### 3. 加工機械と測定器

#### イ) 加工機

(株)日立製作所 CO<sub>2</sub> レーザ加工機

形式：HIL - 500CSP

発振方式：直交形

定格出力：500W

ビームモード：シングル

集光レンズ：3.75インチ

#### ロ) 測定機

(株)ニコン製投影機

形式：V - 20A

DP - 302付（二次元測定データ処理システム）

#### ハ) 測定器

(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

#### 4-1 制御因子について

デューティ、出力、周波数、切断速度の各因子をL<sub>9</sub>の内側直交表<sup>(1)</sup>に順次割付けた。

なお、アシストガスの酸素ガス流量は、65 l/minで一定にした。

表1 制御因子とその水準

因子 \ 水準	1	2	3	単位
A デューティ	25	40	55	%
B 出力	330	400	470	W
C 周波数	200	400	600	Hz
D 切断速度	300	500	700	mm/min

#### 4-2 誤差因子について

昨年度と同様に実験材の板厚は、1mmと2mmの2水準。加工経路は行き側と戻り側の2水準。加工進方向はX軸、Y軸に平行に加工進行する場合とX軸、Y軸の45度方向に加工進行する場合の2水準をとり、それぞれL<sub>4</sub>の外側直交表に割付けた。

表2 誤差因子とその水準

因子 \ 水準	1	2	単位
F 実験材板厚	1	2	mm
G 加工経路	行き	戻り	
H 加工の進行方	X軸,Y軸に平行	X軸,Y軸と45°方向	

#### 4-3 信号因子について

寸法精度を評価するために、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	15	25	35	mm

#### 4-4 加工形状について

加工形状を示す。単位 mm

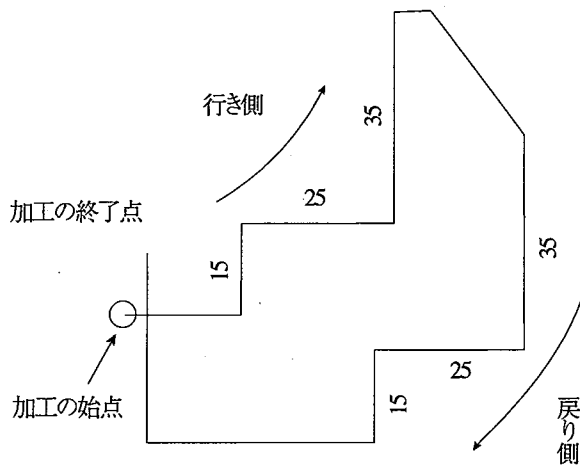


図1

#### 5. 実験結果

##### 5-1 切断部の性状観察

切断部の粗さについては、後述するのでここでは省略する。

切断部のドロスの付着量については、次のような傾向が窺えた。

- 1) デューティのパーセンテージが上がると、当然の事ながらドロスが增多する傾向が見えた。
- 2) 出力の330Wと400Wでは、ドロスの付着量の差は無かったが、470Wになると一段とドロスの量が増える傾向が見られた。
- 3) 400Hzの周波数の時が、他の周波数200Hz、600Hzに比べると多少すくな目であった。
- 4) 切断速度では700mm/minの時、300mm/min、500mm/minに比べて極端にドロスの付着量は少なくなかった。

代表的な試料を写真1～4に示す。

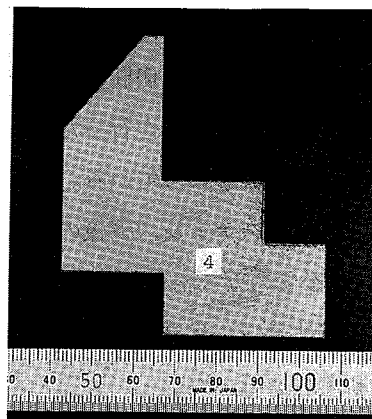


写真1

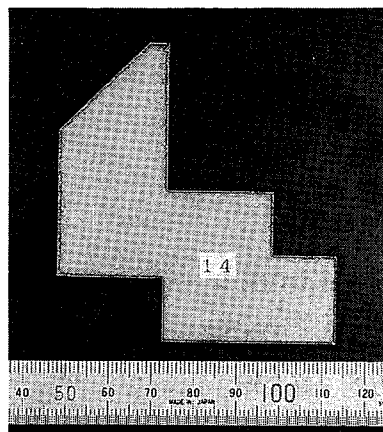


写真2

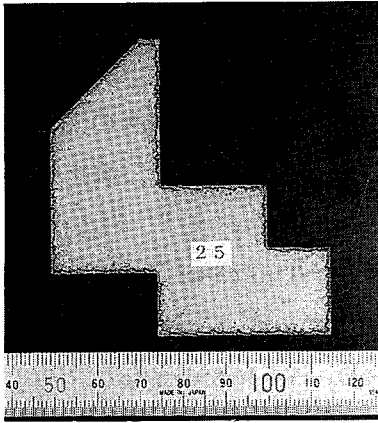


写真3

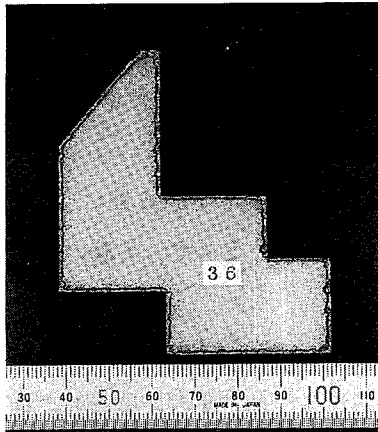


写真4

制御因子を割付けた $L_9$ の行ごとにSN比 $\eta$ を求めた。SN比の求め方の式等は、前回と同様なのでここでは省略する。

SN比の計算結果を、試料番号と共に表4に示す。因子のA、B、C、Dについては表1の制御因子とその水準を、因子O、P、Qについては表2の誤差因子とその水準を、それぞれ参照されたし。

②寸法精度の分散分析

加工寸法精度に最も影響する因子は、切断速度(寄与率60%)である事が分かった。そして、次に影響する因子は寄与率で19.6%の出力因子であり、昨年度のSPCC材で、最も影響の大きかったデュリティは、今回は寄与率から見ると15%程度である事が分かった。

表5 分散分析表

要因	f	S	V	$\rho$ (%)
A	2	9.034	4.517	15.0
B	2	11.475	5.7375	19.6
C	2	0.995	0.4975	—
D	2	32.004	16.002	60.0
e('印)	8	0.995	0.4975	5.4
T	2	53.508	—	100.0

5-2寸法精度に関する評価

①SN比

誤差因子を割付けた直交表 $L_4$ のデータを用いて、

表4 直積実験による試験番号と寸法精度のSN比

因子	A B C D				列		No				寸法精度のSN比(db)
	1	2	3	4	O	P	1	2	3	4	
					Q	3	1	2	2	1	
1	1	1	1	1			1	10	19	28	22.12
2	1	2	2	2			2	11	20	29	19.26
3	1	3	3	3			3	12	21	30	16.88
4	2	1	2	3			4	13	22	31	17.18
5	2	2	3	1			5	14	23	32	23.35
6	2	3	1	2			6	15	24	33	17.21
7	3	1	3	2			7	16	25	34	15.33
8	3	2	1	3			8	17	26	35	17.90
9	3	3	2	1			9	18	27	36	18.41

③最適条件における工程平均と利得の推定

寸法精度のSN比を基に、水準別にSN比を整理して要因効果グラフにして表す。(図2～図5参照) 但し、各水準のSN比は合計値である。

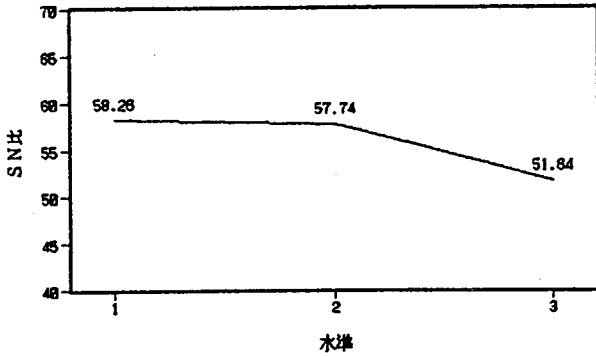


図2 A: デューティ

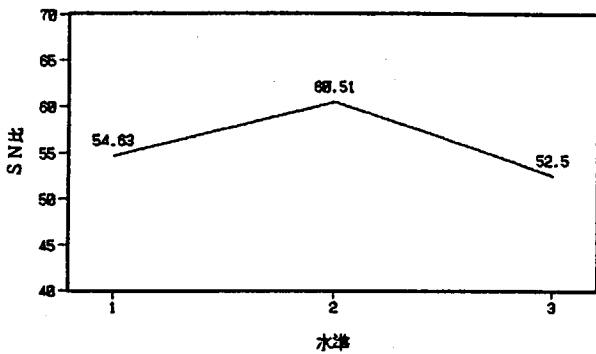


図3 B: 出力

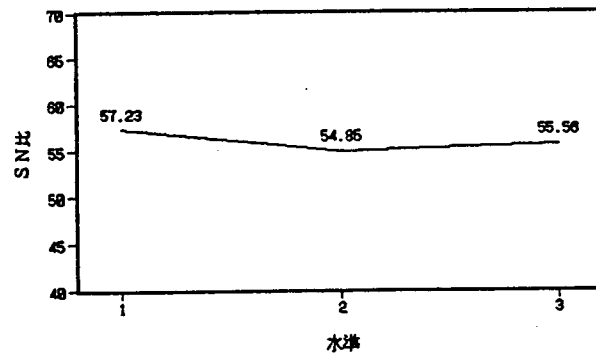


図4 C: 周波数

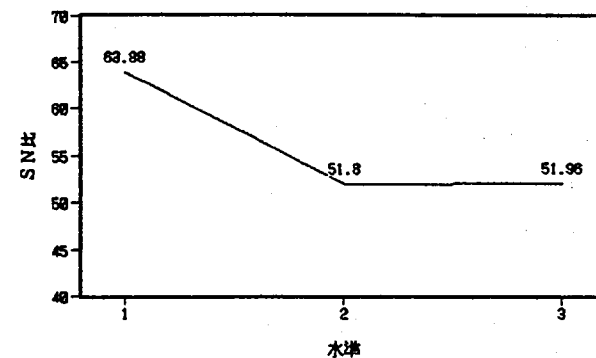


図5 D: 切断速度

要因効果グラフより、因子ごとの最適条件を選定すると、SN比の大きな値のA<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、D<sub>1</sub>となる。最適条件での工程平均を効果の大きい(寄与率の大きい)因子BとDを使ってSN比η<sub>1</sub>を推定する。

$$\hat{\eta}_1 = \bar{B}_2 + \bar{D}_1 - \bar{T} = 22.84 \text{db}$$

現行のSN比η<sub>0</sub>は

$$\hat{\eta}_0 = \bar{B}_1 + \bar{D}_2 - \bar{T} = 16.85 \text{db}$$

従って、利得は

$$\Delta \eta = 22.84 - 16.85 = 5.99 \text{db}$$

となる。

最適条件での加工により、標準偏差で現行の約1/2倍に改善される事となる。

なお、確認実験を行った結果により、利得の3.23dbが得られた事によって、実験の再現性が確認されている。

5-3 切断面粗さに関する評価

目的とする粗さに加工するには、どのような条件で加工したらよいかを考える。

先ほどの試料1～36迄の切断面の表面粗さを、表面粗さ測定器にて測定し分析を行った。

目標値がある場合は、望目特性で解析できる。

計算式<sup>(2)</sup>は以下による。

全変動S<sub>T</sub>は S<sub>T</sub>=データの全二乗和

一般平均の効果S<sub>m</sub>は

$$S_m = (\sum y_i)^2 / n$$

従って、誤差項S<sub>e</sub>は、S<sub>e</sub> = S<sub>T</sub> - S<sub>m</sub>

誤差の自由度 fe = n - 1

であるから、誤差分散は

$$V_e = S_e / (n - 1)$$

$$\text{SN比} \quad \eta = \frac{(S_m - V_e) / n}{V_e}$$

$$\text{SN比 (db)} = 10 \log \eta$$

同様に感度Sは

$$S = (S_m - V_e) / n$$

感度S (db) = 10 log S

なお、n: データ数 y<sub>i</sub>: データである。

①SN比と感度

SN比と感度の行ごとの計算結果を表6に示す。

表6 SN比と感度 (db)

行No	SN比( $\eta$ )	感度(S)
1	13.54	28.19
2	29.87	29.25
3	16.00	29.46
4	14.11	28.13
5	8.00	31.78
6	13.33	30.12
7	13.50	32.18
8	11.34	30.40
9	4.19	37.44

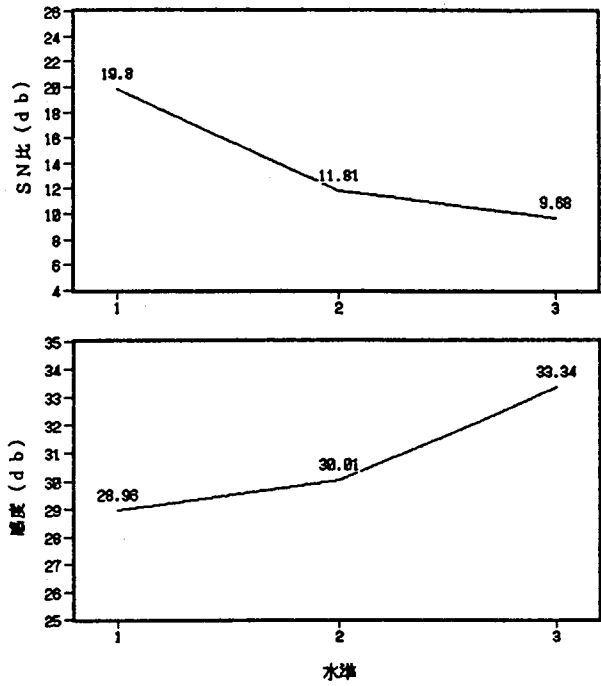


図6 A: デューティ

②各水準でのSN比と感度の平均値の一覧表

SN比  $\eta$  については表7に、感度Sについては表8に示す。

表7 SN比 $\eta$ の一覧表 (db)

要因	第1水準	第2水準	第3水準	MAX-MIN
A	19.80	11.81	9.68	10.12
B	13.72	16.40	11.17	5.23
C	12.74	16.06	12.50	3.56
D	8.58	18.90	13.80	10.32

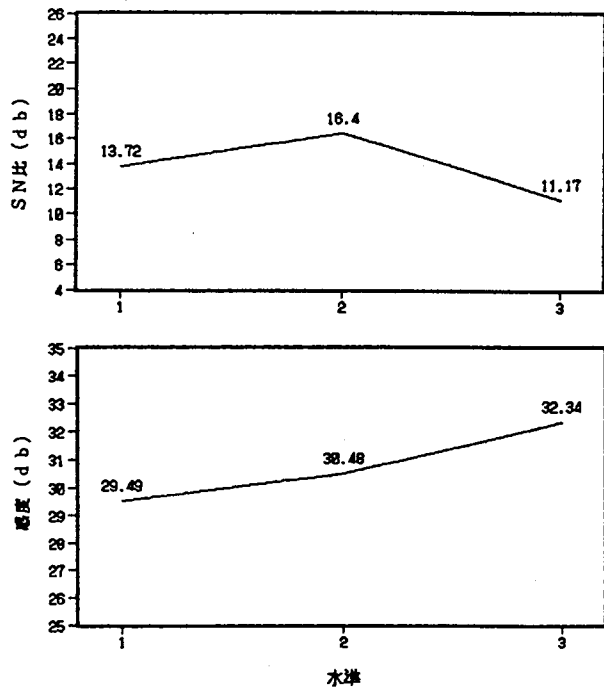


図7 B: 出力

表8 感度Sの一覧表 (db)

要因	第1水準	第2水準	第3水準	MAX-MIN
A	28.96	30.01	33.34	4.38
B	29.49	30.48	32.34	2.85
C	29.56	31.61	31.14	2.05
D	32.46	30.52	29.33	3.13

この表をより分かり易くするため、グラフにて表す。

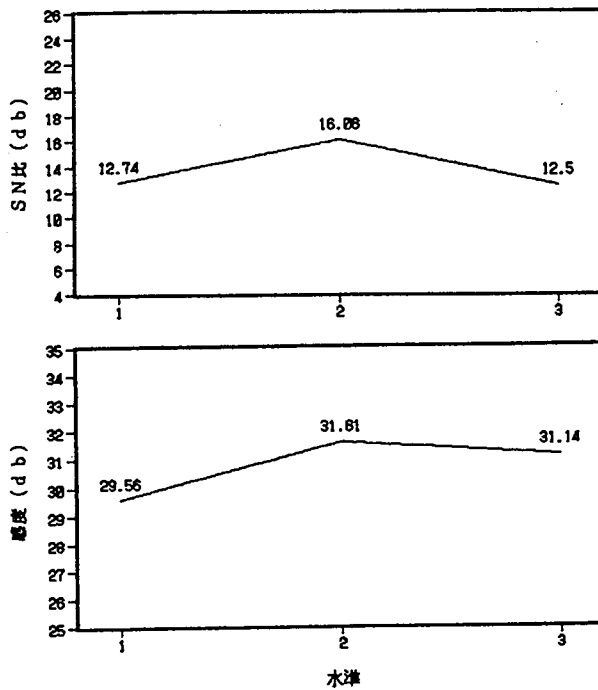


図8 C：周波数

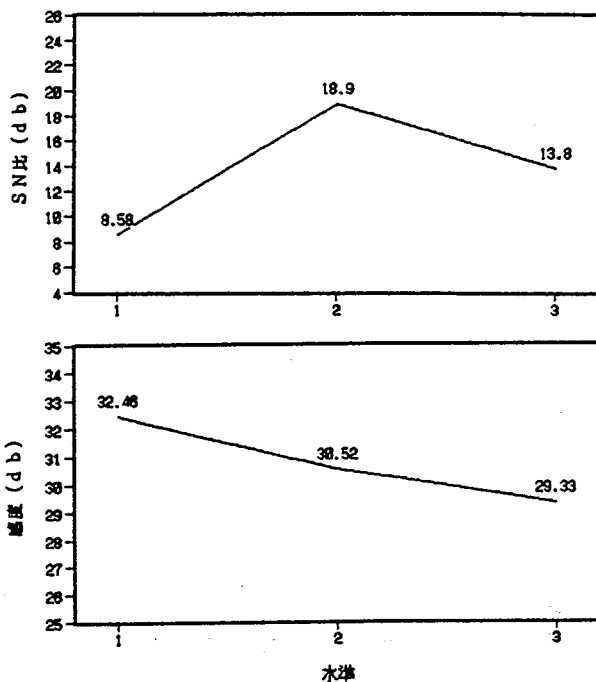


図9 D：切断速度

③目標値 (25S) へのチューニング

ばらつきを小さくする事を優先すると  $\eta$  の大きい水準の  $A_1$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_2$  が選ばれる。

この条件で  $S_1$  の値を求める。

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= \overline{S_{A1}} + \overline{S_{B2}} + \overline{S_{C2}} + \overline{S_{D2}} - 3\overline{S_T} \\ &= 28.96 + 30.48 + 31.61 \\ &\quad + 30.52 - 3 \times 30.77 \\ &= 29.26 \text{ (db)} \end{aligned}$$

次に表面粗さの目標値 25S (旧 JIS  $\nabla$  仕上げ記号) の感度値  $S_0$  を求める。

$$\begin{aligned} \hat{S}_0 &= 10 \log m^2 = 10 \log 25^2 \\ &= 27.96 \text{ (db)} \end{aligned}$$

従って、差  $\Delta S$  は

$$\Delta S = \hat{S}_1 - \hat{S}_0 = 27.96 - 29.26 = -1.3 \text{ (db)}$$

これは因子 C (周波数) により、 $C_2 \rightarrow C_2$  と  $C_1$  の

中間に変える事で、

$$(\overline{S_{C2}} + \overline{S_{C1}}) / 2 - \overline{S_{C2}} = -1.03 \text{ (db)}$$

即ち 1.03 (db) 下げる事ができ、目標値にはほぼ一致させる事ができる。

つまり、デューティ 25%、出力 400W、切断速度 500mm/min の条件に、周波数を 300Hz ( $C_2$  と  $C_1$  の中間) に各条件設定して、切断を行えばの表面粗さ 25S を得る事ができる事となる。

この時の SN 比 ( $\eta_1$ ) は工程平均と差の大きい A と D を使って推定すると

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_1 &= \overline{\eta_{A1}} + \overline{\eta_{D2}} - \overline{\eta_T} \\ &= 19.80 + 18.90 - 13.76 \\ &= 24.94 \text{ (db)} \text{ となる。} \end{aligned}$$

現行  $\eta_0$  は

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_0 &= \overline{\eta_{A2}} + \overline{\eta_{D2}} - \overline{\eta_T} \\ &= 11.81 + 18.90 - 13.76 \\ &= 16.95 \text{ (db)} \end{aligned}$$

従って、利得は

$$\Delta \eta = 7.99 \text{ (db)} \text{ となる。}$$

次に 35S (旧 JIS  $\nabla$  仕上げ記号) を目標値として、感度値  $S_0$  を求めてみる。

$$\hat{S}_0 = 10 \log 35^2 = 30.88 \text{ (db)}$$

従って、この時は

$$30.88 - 29.26 = 1.62 \text{ (db)}$$

即ち、1.62 (db) ほど感度を上げてやる必要があり、因子 B (出力) が選定される。

$B_2$  を  $B_3$  に変える事により、

$$\begin{aligned} \overline{B_3} - \overline{B_2} &= 32.34 - 30.48 \\ &= 1.86 \text{ (db)} \end{aligned}$$

ほぼ目的とする感度を上げる事ができる。しかし、



この時のSN比は少し悪化する。

以上の事から、35Sを目標とする粗さとした場合は、デューティ25%、切断速度500mm/min、周波数400Hzそして、出力を470Wに設定して切断加工を行えば良い事が分かった。

## 6. まとめ

### 6-1 切断部性状観察について

デューティのパーセンテージや出力が上がると、当然の結果として、ドロスの付着量が少なかった。

周波数に関しては、400Hzの時にドロスの付着が少なかった。

### 6-2 寸法精度について

効果の大きい因子は、切断速度（昨年度のSPCC材では効果小）で、寄与率で6割を占め最も影響を及ぼす事が分かった。続いて出力（寄与率2割）、デューティ（同1.5割）の順で効果がある事が分かった。

### 6-3 切断面の粗さについて

表面粗さの表示値25Sを目標値として、加工を行いたい場合、切断速度500mm/min、出力400W、デューティ25%それに周波数300Hzの条件設定で、切断すれば良い事が分かった。

## 7. おわりに

この研究は中・四国公設試験研究機関の共同研究の「精密・微細加工技術の研究」の一環として行ったものである。

## 参考文献

- (1) 田口玄一ほか：直交表による実験のわりつけ方，日科技連
- (2) 田口玄一：品質工学講座3巻，日本規格協会

# H8/3048F CPU ボードの開発

尾崎 清, 平松 隆志\*

Development of H8/3048F CPU Board Computer

Kiyoshi OZAKI \*Takashi HIRAMATSU

オンボードでプログラムを書き換え可能なフラッシュメモリ (128k バイト)、多機能タイマ、DMA、シリアル通信機能、A/D 変換 (10bit)、D/A 変換 (8bit)、リフレッシュコントローラ等を内蔵し、アドレス空間は最大16M バイトをリニアマッピング可能な16bitワンチップCPU、H8/3048Fを評価、活用するためにマンマシンインターフェースを備えたCPUボードを開発した。また、プログラムのデバッグ環境を整備するためにリモートモニタの開発も併せて行った。

## 1. はじめに

半導体製品の開発は目まぐるしく、その中核をなすMPU (マイクロプロセッサ) も次々と新製品が発表され続けている。しかし、ユーザが新たにMPUを採用する場合、必要となるプログラミング用ソフトやデバッグ用ツールが高価なため手軽にMPUを評価し採用を検討することは難しいのが現状である。そこで、新たにリリースされたMPUを機能、開発環境の充実度をポイントとして選択し、評価用ボードの試作、デバッグ用ソフトの移植等、開発環境の整備を行い最終的に、自社製品への応用、或いは生産技術部門への活用を図るためにCPUボードの開発を行った。

## 2. 設計コンセプト

CPUボードの開発にあたりもっとも肝心のCPUの選択ではフラッシュメモリ内蔵、10bitA/Dコンバータ等豊富な周辺機能内蔵、16Mバイトのリニアアドレス空間等の理由により日立H8/3048Fを採用した。H8/3048Fの概要を表1に内部ブロック図を図1に示

す。また、CPUボードの設計コンセプトは以下のとおりである。

- ① 組込み可能とするためボードを極力小型化する。
- ② パッケージを小型化するためにCPUの端子1本に複数の機能を割り付けているが周辺機能を優先させる。
- ③ デバッグツールはリモートモニタを用いる。
- ④ 市販フラッシュROMライタが使えるようにインターフェースを設ける。

## 3. CPUボードの概要

H8/3048Fはモード設定端子 (MD0,MD1,MD2) の組み合わせによりアドレス空間 (16Mバイト,1Mバイト)、データバス幅 (16bit,8bit)、内蔵フラッシュROMの有効、無効が選択できる。本ボードでは先に述べたコンセプトからアドレス空間 1Mバイト、データバス幅 8bitに固定し、内蔵フラッシュROMはスイッチにより有効、無効の切り換えを可能とした。蛇足ながら開発時点では16bitのSRAMの入手が少量発注ユーザには難しいという状況であった。

\* 岡山県工業技術センター

アドレス空間は8つのエリアに分かれておりチップセレクト端子 (CS0~CS7) を使うことによりアドレスデコード回路無しで 1Mバイトのアドレス空間を 128kバイト単位でマッピング可能である。本ボードではリモートモニタ作業用RAMをエリア2に固定し、外付ROMをエリア0、1の切り換え可能としている。これは、リモートモニタによるプログラム開発時或いは内蔵フラッシュROMトラブル時にエリア0に置き、開発終了後は増設メモリとしてエリア1に置くためである。

CPUボードの仕様を表2、ブロック図を図2、メモリマップを図3、実物を図4、回路図を図5に示す。

表1 H8/3048Fの概要

項目	仕様
CPU	H8/300H CPU
最高動作周波数	16MHz(5V), 10MHz(3V)
フラッシュメモリ	128kバイト
RAM	4kバイト
タイマ	16bit多機能タイマ×5ch
ウォッチドッグタイマ	1ch
TPC	16bit出力
DMAC	4ch
SCI	2ch
A/D変換器	10bit×8ch
D/A変換器	8bit×2ch
割り込み	外部:7本, 内部:30要因
パッケージ	FP-100, TFP-100

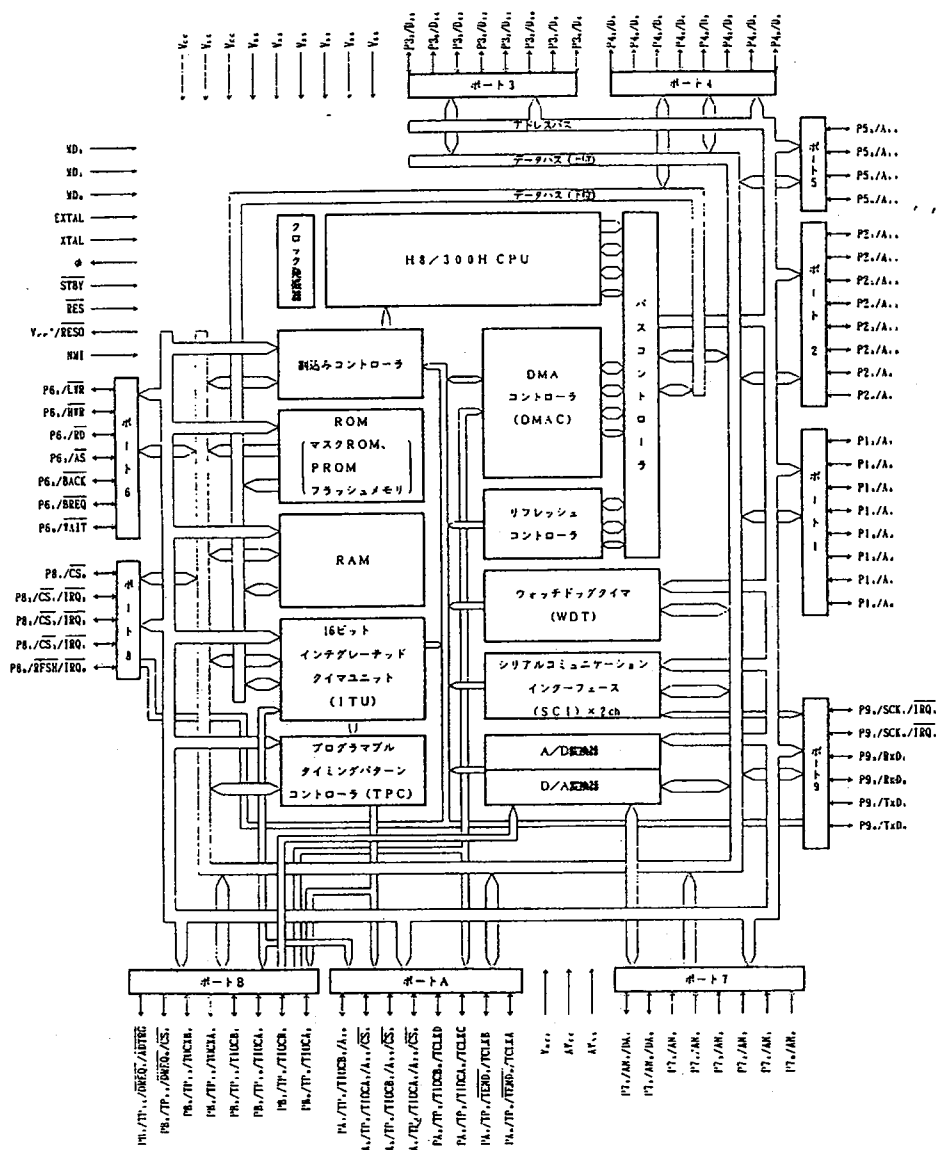


図1 内部ブロック図

表2 CPUボードの仕様

項目	仕様
CPU	H8/3048F
クロック	12MHz
ROM	128k, 32kバイト選択可能
RAM	128kバイト
サイズ	10cm × 12cm
消費電流	60mA
その他の機能	RS-232Cドライバ回路
	バッテリーバックアップ回路
	フラッシュROMライク用インターフェース

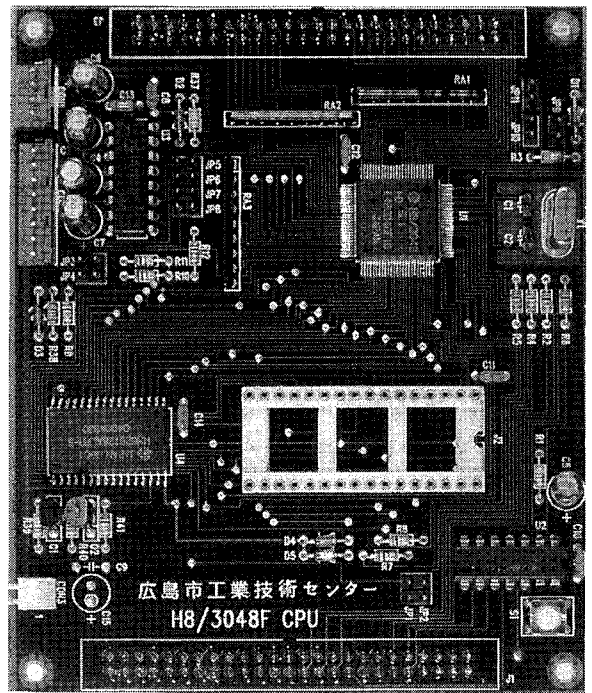


図4 CPUボード

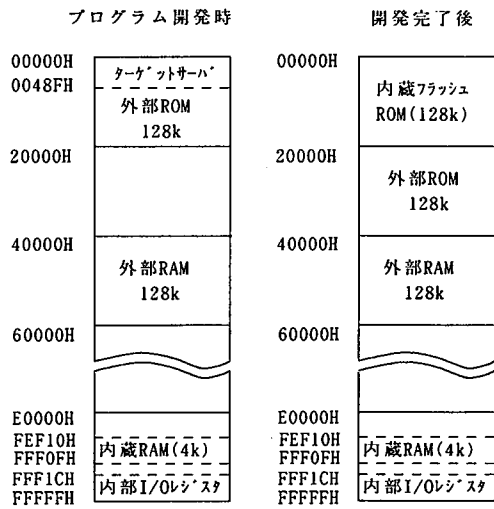


図3 メモリーマップ

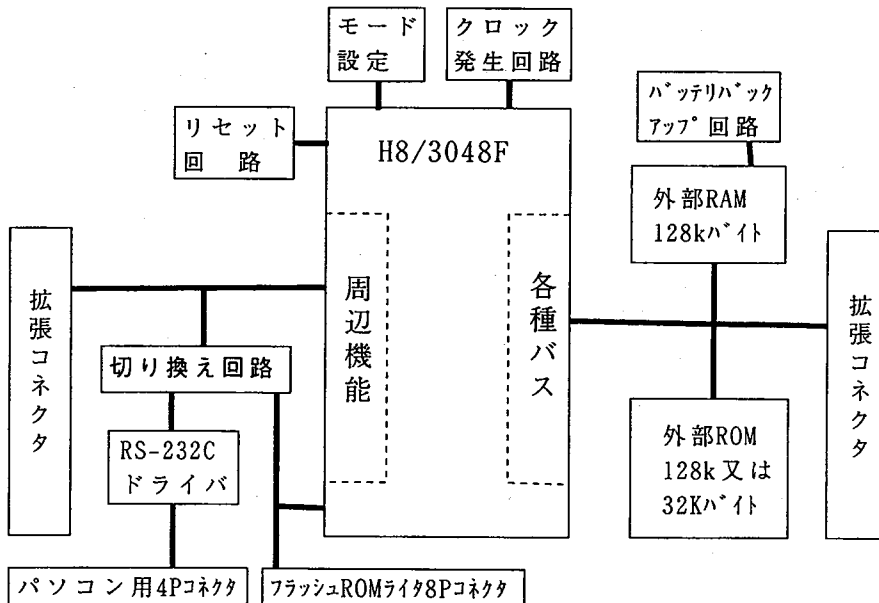
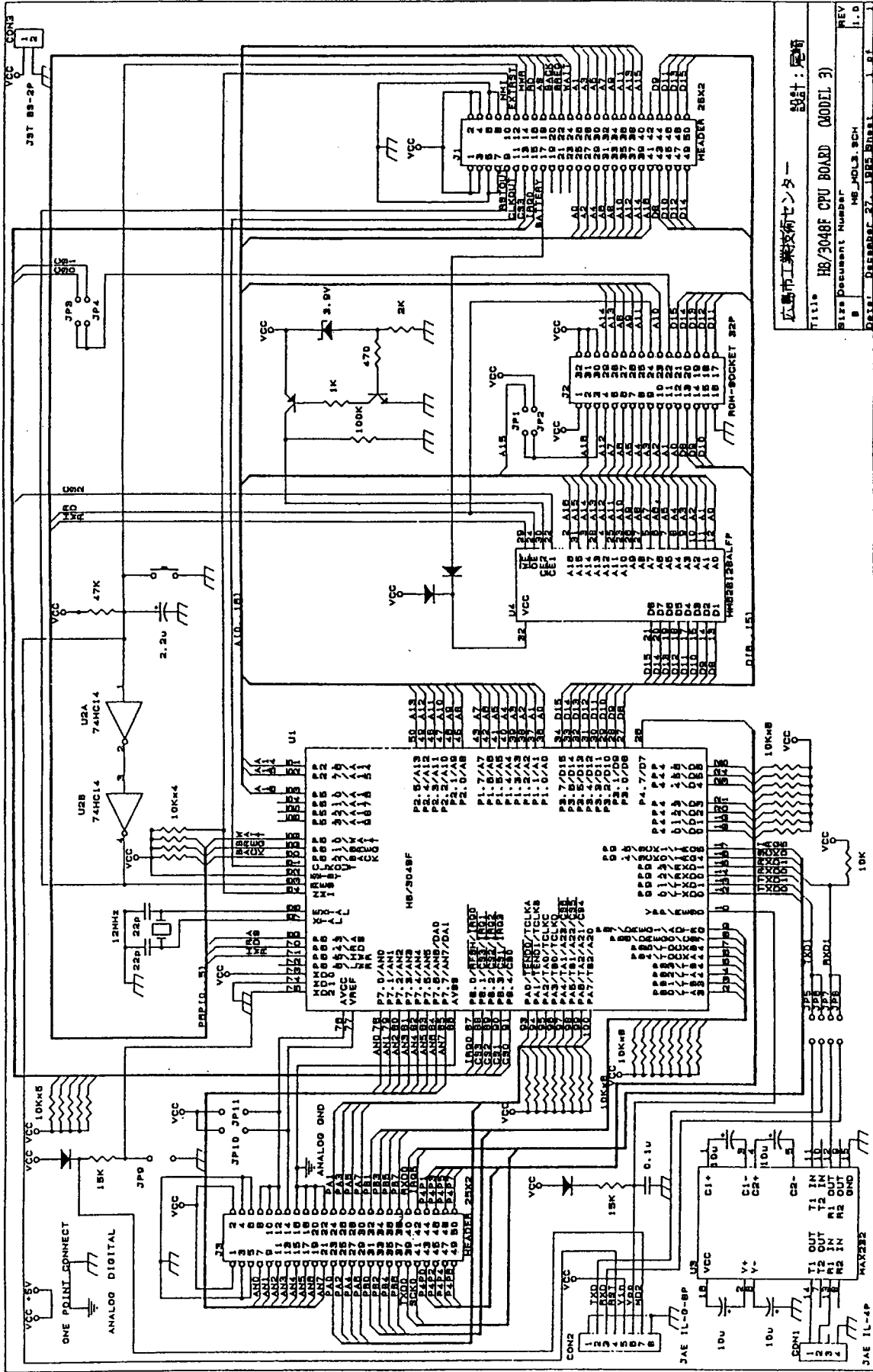


図2 CPUボードブロック図



広島市工業技術センター  
 設計：尾崎  
 Title: HB/3048F CPU BOARD (MODEL 3)  
 Size Document Number: MS\_M0L3\_SCH  
 REV: 1.0  
 DATE: FEBRUARY 27, 1985 (S08L)

図5 回路図

#### 4. リモートモニタ

プログラム開発時のデバッグツールとしてリモートモニタを開発した。これは、CPUボードのROMに1kバイト程度のターゲットサーバを置き、パソコン側に主機能を持つホストドライバを置き、シリアル回線を使ってターゲット側の情報獲得や制御を行うものでパソコンとソフトだけで実現できるコストパフォーマンスに優れたデバッグツールである。

通信関係の仕様を表3、コマンドリストを表4、プログラム開発の様子を図6に示す。

表3 通信仕様

項目	仕様
通信モード	調歩同期式
転送速度	最大38400bps
データ長	8bit
ストップビット長	1bit
パリティ	なし
データフォーマット	モトローラ S

表4 リモートモニタコマンド

コマンド	内 容
R	モトローラSフォーマットヘキサファイルのロード
W	モトローラSフォーマットヘキサファイルへのセーブ
V	モトローラSフォーマットヘキサファイルとメモリとの比較
G	ユーザプログラムの実行
T	レジスタ表示しながらユーザプログラムのトレース実行
U	レジスタ表示せずにユーザプログラムのトレース実行
J	サブルーチンをトレースせずにトレース実行
K	PCのみのトレース実行
B	パーマネントブレークポイントの参照、設定と解除
X	レジスタ、カウンタ、フラグ類の検査と変更
D	ASCII表示付き16進メモリダンプ
L	逆アセンブルのリスト表示
C	特定のバイトパターン列の探索
S	メモリ内容の置き換え
A	1ラインアセンブルによる入力
F	特定のバイトパターンでメモリをフィリング
?	コマンドサマリおよびコマンドフォーマットのヘルプ
!	子プロセスの実行
M	マクロファイルの実行
Z	デフォルトの参照と変更
H	16進基数などの和・差の計算
Q	リモートモニタを終了して、MS-DOSに戻る

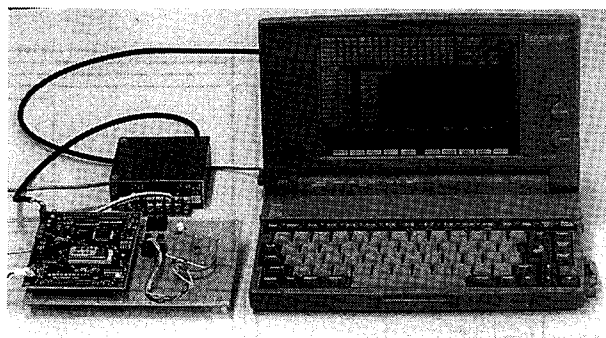


図6 プログラム開発の様子

#### 5. おわりに

最近、リリースされたH8/3048Fを評価、活用するためにCPUボード及びリモートモニタを開発した。これで、このMPUを手軽に計測制御や機器組み込みに利用できる環境が整った。ボードのサイズは表面実装部品に置き換えれば、まだまだ小型化できるが発注枚数の関係でリード付部品にせざるを得なかった。しかし、動作は安定しており実用に耐えるものである。今後は、このCPUボードのアプリケーションを増やしていく予定である。

#### 参考文献

- 1) (株)日立製作所；H8/3048F-ZTAT ハードウェアマニュアル
- 2) (株)日立製作所；H8/300H シリーズ プログラミングマニュアル
- 3) (株)ライフポート；ICCユーザーズガイド
- 4) (株)コンピューテックス；iD-1600A オペレーションマニュアル
- 5) (株)コンピューテックス；iD-1600A ユーザーズマニュアル
- 6) 平松 隆志；H8/300H リモートモニタ ユーザーズマニュアル

# CAE 構造解析における解析精度の高精度化

(はり要素の使用における解析精度の向上)

古谷 薫

Highly Accurate Analysis Method in Structural Analysis.

Kaoru FURUTANI

有限要素法を用いて高精度な解析を行うためには、解析法の選択、使用する有限要素の選定、使用する要素に固有な物理特性等の設定、境界条件の定義、などの適切な設定が必要である。本研究では、はり要素を用いて構造解析を行う際に重要となる境界条件、要素間の接続、断面のゆがみの拘束等について考察を行った。

## 1. 緒言

最近のコンピュータのめざましい発達により有限要素法、境界要素法等にもとづく構造解析手法が広く普及してきた。

また、ハードウェア、ソフトウェアの向上により、現在の汎用システムでは、3次元ソリッドモデルから直接、要素の自動分割、境界条件の定義等が可能となり、解析手法の理論、ソフトウェアの中身を理解することなく、実験を行うような感覚で解析を行うことができるようになっている。

しかし、このような汎用性をもったシステムは、3次元要素の利便性を主にプログラムの開発が進められているようであるが、データ量や解析時間の面からみると、特に、振動解析や骨組み構造物の解析においては、必ずしも得策ではなく、むしろ1次元要素であるはり要素の利用が有効となる場合が多い。

はりあらゆる構造物の構成要素として最も基本的なものであるが、ソリッド要素等の3次元要素と比べ要素のもつ自由度の少ないことから、はり要素を用いて精度のよい解析を行うためには、解析対象の精度良いモデリングのため、要素に固有なパラメータの適切な設定が必要となる。

そこで、ここでは、汎用メカニカルCAEシステムとして広く普及しているSDRC社のI-DEASを用いて構造解析を行う上で、はり要素を用いる際に重要な、要素のオフセット、要素間の拘束の開放、要素断面のゆがみの取り扱いについて考察を行った。

## 2. 要素のオフセット

図心にずれがある様な場合のはり要素間の位置関係を正確に定義するためには、要素のオフセットが必要である。ここでは、格子げた、変形断面はりを例にオフセットの方法とその効果について考える。

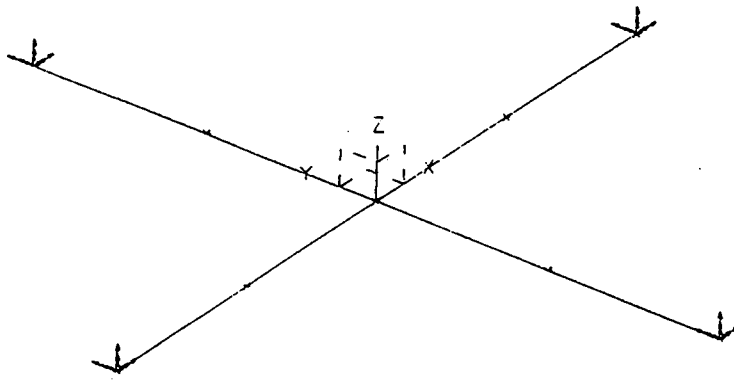
### (1) 格子げた

図1に示すような、同じ断面形をもつ2つの矩形断面はりが、互いにその中央で交わる格子げた [文献1] について、それぞれのはりが

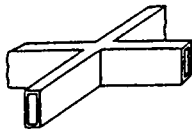
①図心中央で交差する場合 (段差無し)

②はりの中央で、一方のはりの下面と他方のはりの上面が結合されている場合 (段差有り)

の2種類の場合を考える。②の場合、2本のはりの間の図心の位置関係にずれが生じる。このずれをオフセットを用いてモデル化し解析し①との比較を



(i) 図心軸交差の場合



(ii) 一方のはりの下面が他ののはりの上面と接合されている場合

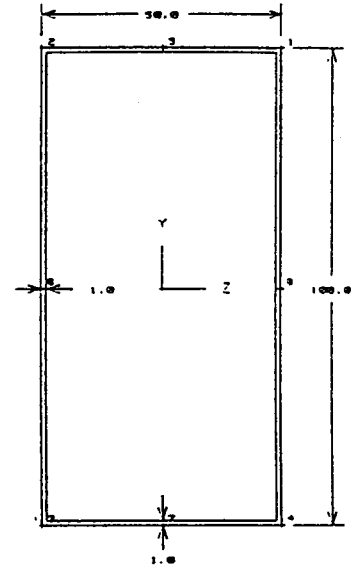
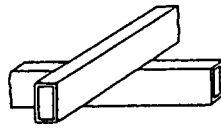


図1. 格子げた

表1 格子げたの強度解析の結果

段差無		段差有 (オフセット)		段差有 (剛体要素)	
最小応力	最大応力	最小応力	最大応力	最小応力	最大応力
$2.37 \times 10^{-8}$	$1.56 \times 10^1$	$4.54 \times 10^{-8}$	$1.56 \times 10^1$	$4.54 \times 10^{-8}$	$1.56 \times 10^1$

[mN/mm<sup>2</sup>]

表2 格子げた振動解析の結果

振動次数	段差無		段差有 (オフセット)		段差有 (剛体要素)	
	固有振動数 [Hz]	最大応力 [mN/mm <sup>2</sup> ]	固有振動数 [Hz]	最大応力 [mN/mm <sup>2</sup> ]	固有振動数 [Hz]	最大応力 [mN/mm <sup>2</sup> ]
1	162.93	$6.99 \times 10^2$	←		←	
2	259.45	$2.78 \times 10^2$	←		←	
3	357.05	$1.00 \times 10^3$	337.64	$6.69 \times 10^2$	←	
4	357.05	$1.00 \times 10^3$	337.64	$6.69 \times 10^2$	←	
5	363.72	$1.00 \times 10^3$	←		←	
6	442.19	$2.88 \times 10^2$	449.74	$3.30 \times 10^2$	449.74	$3.62 \times 10^2$
7	442.19	$2.88 \times 10^2$	449.74	$3.30 \times 10^2$	449.74	$3.61 \times 10^2$
8	611.18	$1.00 \times 10^3$	←		←	
9	837.19	$4.55 \times 10^3$	←		←	
10	986.54	$4.61 \times 10^1$	970.14	1.75	←	



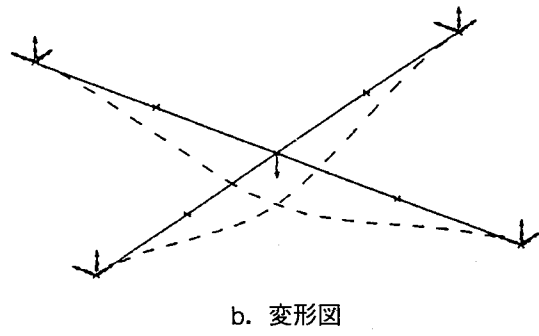
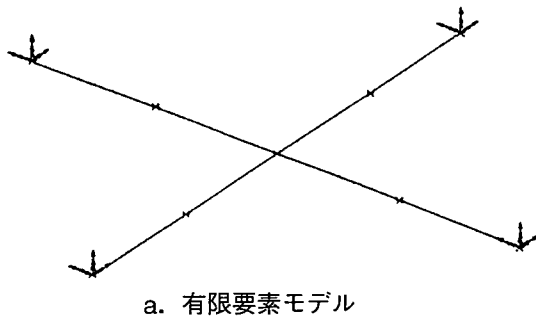


図2. 図心中央で交差する場合

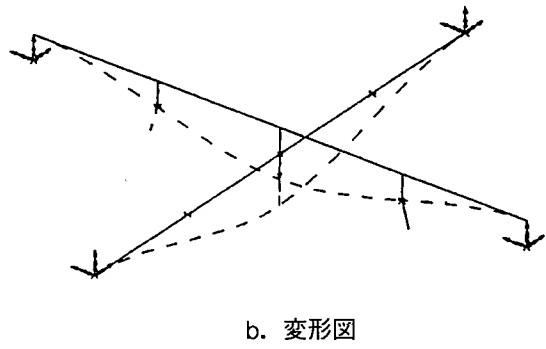
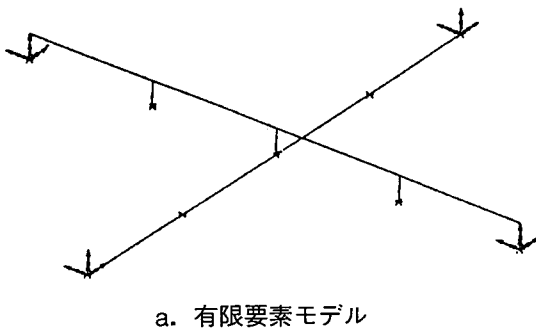


図3. はりの中央で、一方のはりの下面ともう一方のはりの上面が結合された場合（オフセットを使用した場合）

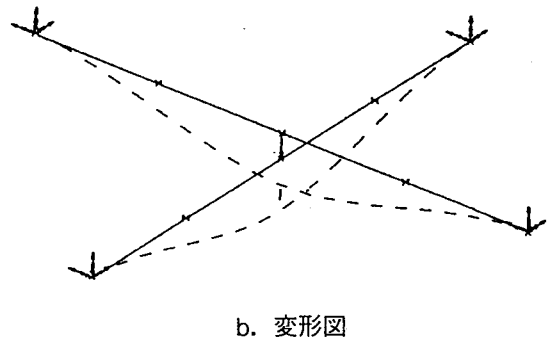
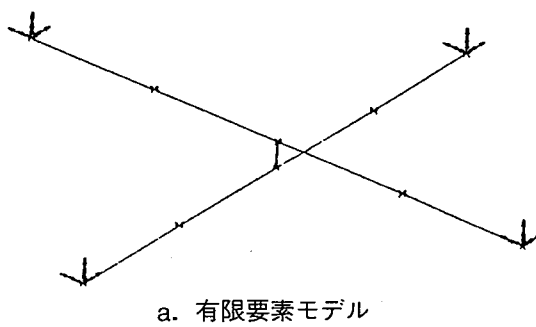


図4. はりの中央で、一方のはりの下面ともう一方のはりの上面が結合された場合（剛体要素を使用した場合）

行った。ただし、②の場合には、2つのはりの間をオフセットさせた場合と、さらに、後の章で用いるため、剛体要素で結合させた場合についても解析を行った。

荷重条件として上側はりの中央部にz軸の一方向に1Nを与えた場合の強度解析の結果を表1に示す。また、振動解析の結果を表2に示す。

3種類の有限要素モデルとその強度解析の結果の

変形図を図2、図3、図4に示す。

以上の結果から、強度解析においては、最大応力では段差の有無により大きな差が出るが、最小応力には差異はみられない。また、段差の有る場合について、オフセットを用いた場合と剛体要素を用いた場合の解析結果は同じであることが確認できた。

また、振動解析においては、面外振動のモードにおいて固有振動数、最大応力ともに差が出るのが

分かる。また、段差の有る場合について、オフセットを用いた場合と剛体要素を用いた場合の解析結果は同じであることが確認できた。

## (2) 変断面はり

変断面はりの例として、図5に示すようなはりせいが変化するI形断面の両面テーパはりと片面テーパはり [文献2] を取り上げる。

テーパはりのモデル化の方法としては、直線はり要素の集合体として扱う方法と変断面はり要素を適用する方法がある。また、特に片面テーパはりでは、相隣る要素の結合面においてこの2つの要素端面の図心が一致せず、はりの図心軸に段差が生じるためオフセットが必要である。

2種類のはりについて、境界条件を左端固定とし、それぞれのはりのモデル化に直線はり要素 (Linear Beam) を用いた場合と、変断面はり要素 (Taper Beam) を用いた場合の解析を行った。

図. 6-1、2に1次から6次までの振動モードを示す。

両者のはりについて、直線はり要素を用いて4要素分割を行った場合と8要素分割を行った場合の、また変断面はり要素を用いて4要素分割を行った場合の解析結果を表3に示す。

この結果から、直線はり要素を用いた場合でも8要素分割を行った場合、変断面はり要素で4要素分割を行った場合とかなり近い結果が得られることが分かる。

## 3. 要素間の剛性の開放 (リリース)

一般に、はり要素には、図7に示すように、軸力  $P$  ( $z$ 軸方向)、 $x$ 、 $y$ 軸方向に働くせん断力  $V_x$ 、 $V_y$ 、ねじりモーメント  $M_z$  ( $z$ 軸まわり)、 $x$ 、 $y$ 軸まわりの曲げモーメント  $M_x$ 、 $M_y$ 、およびゆがみモーメント  $M_\omega$  が働き、これらが隣合うはり要素に伝達されると考えることができる。

このとき、トラス構造とラーメン構造の場合等、はりの間の接続状態の違いによっては、剛性を変える必要がある。

## (1) 剛体要素の剛性の開放

ここでは、図1(c)に示した結合部に剛体要素を用いた格子げたにおいて、はりの中央で、一方のはりの下面と他方のはりの上面が溶接、ボルト等により結合されている場合を考える。

溶接の強度、ボルトのゆるみ等のモデル化には、要素間の剛性の開放の適用が有効となる。

結合部の剛体要素の軸方向のねじりモーメントを開放することにより、連結ボルトが緩んだ状態が表現できる。

上側のはりの中央部に荷重  $M_z$ 、 $F_z$  を掛けた場合の解析結果を、図8に示す。

この結果から、下側のはりには  $F_z$  は伝達されるが、 $M_z$  は伝達されないことが確認できる。

また、 $y$ 軸方向に働くせん断力と  $x$ 軸まわりの曲げモーメントを開放することにより、上側のはりが  $x$ 軸方向にのみ移動可能なスライダで結合している状態が表現できる。

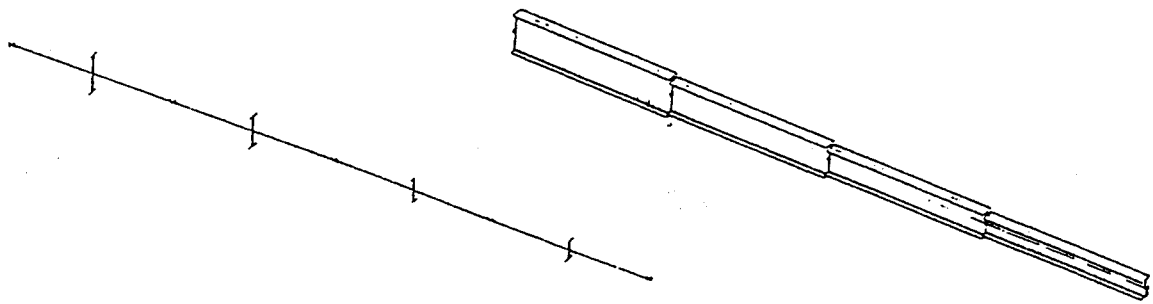
上側のはりの中央部に荷重  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  を掛けた場合の解析結果を、図9に示す。

この結果から、上側のはりの  $F_x$  による面内変形しか発生しないことが確認できる。

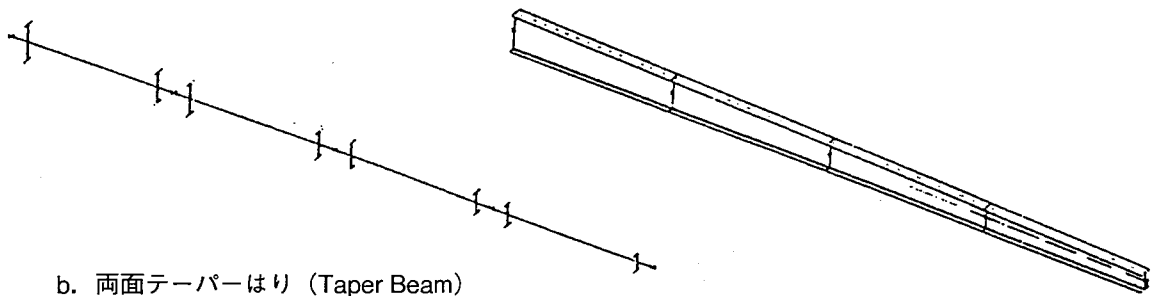
## (2) はり要素の剛性の開放

前節では、剛体要素における剛性の開放について解析を行ったが、Model Solutionでは、剛体要素の場合は、剛性を開放するかしないかのどちらかしか設定することができない。しかし、溶接の強度、ボルトの締結力等の影響等を評価する場合、要素間の剛性の開放の度合を設定する必要がある。

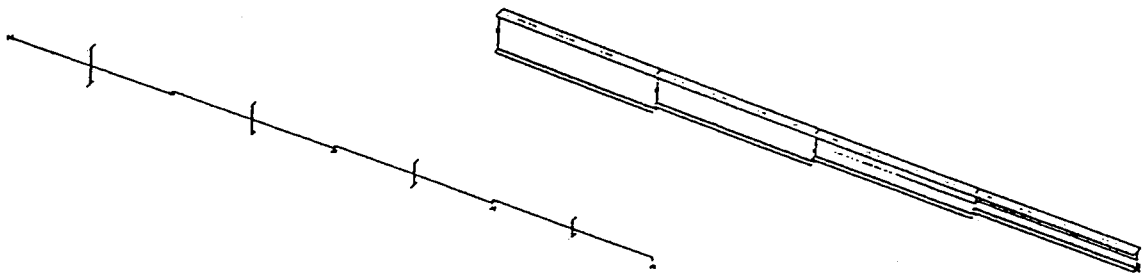
そこで、剛体要素を十分剛性の高いはり要素に置き換える。



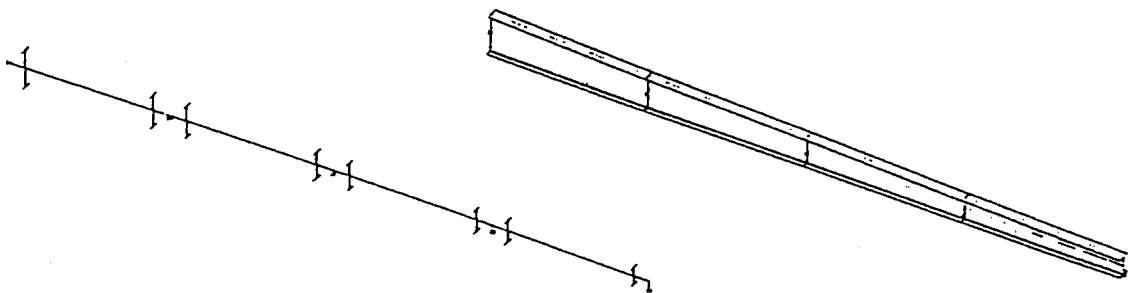
a. 両面テーパーはり (Linear Beam)



b. 両面テーパーはり (Taper Beam)



c. 片面テーパーはり (Linear Beam)



d. 片面テーパーはり (Taper Beam)

図5. 変断面はり (4要素分割モデル)

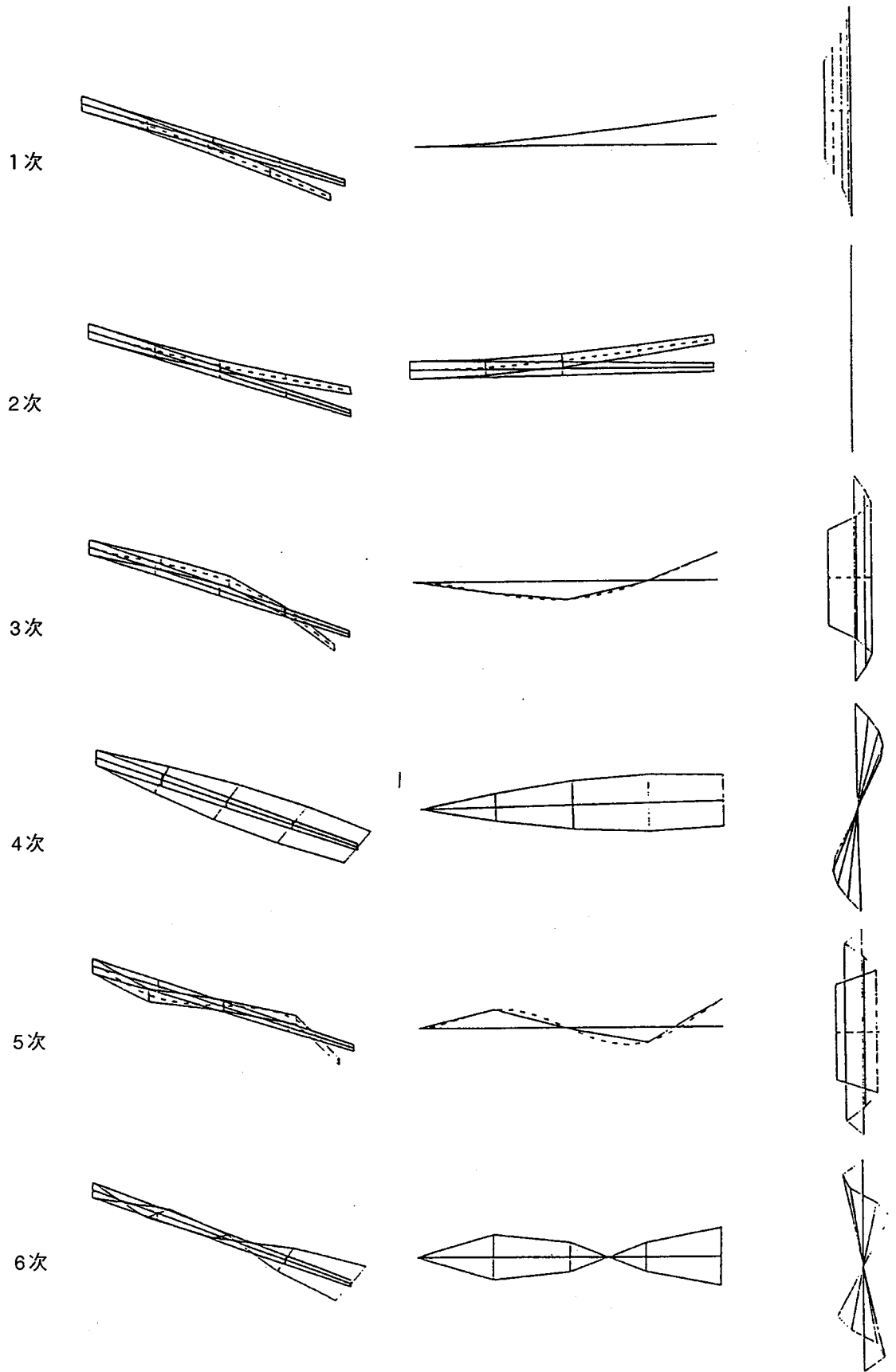


図6-1. 振動モード (両面テーパはり)

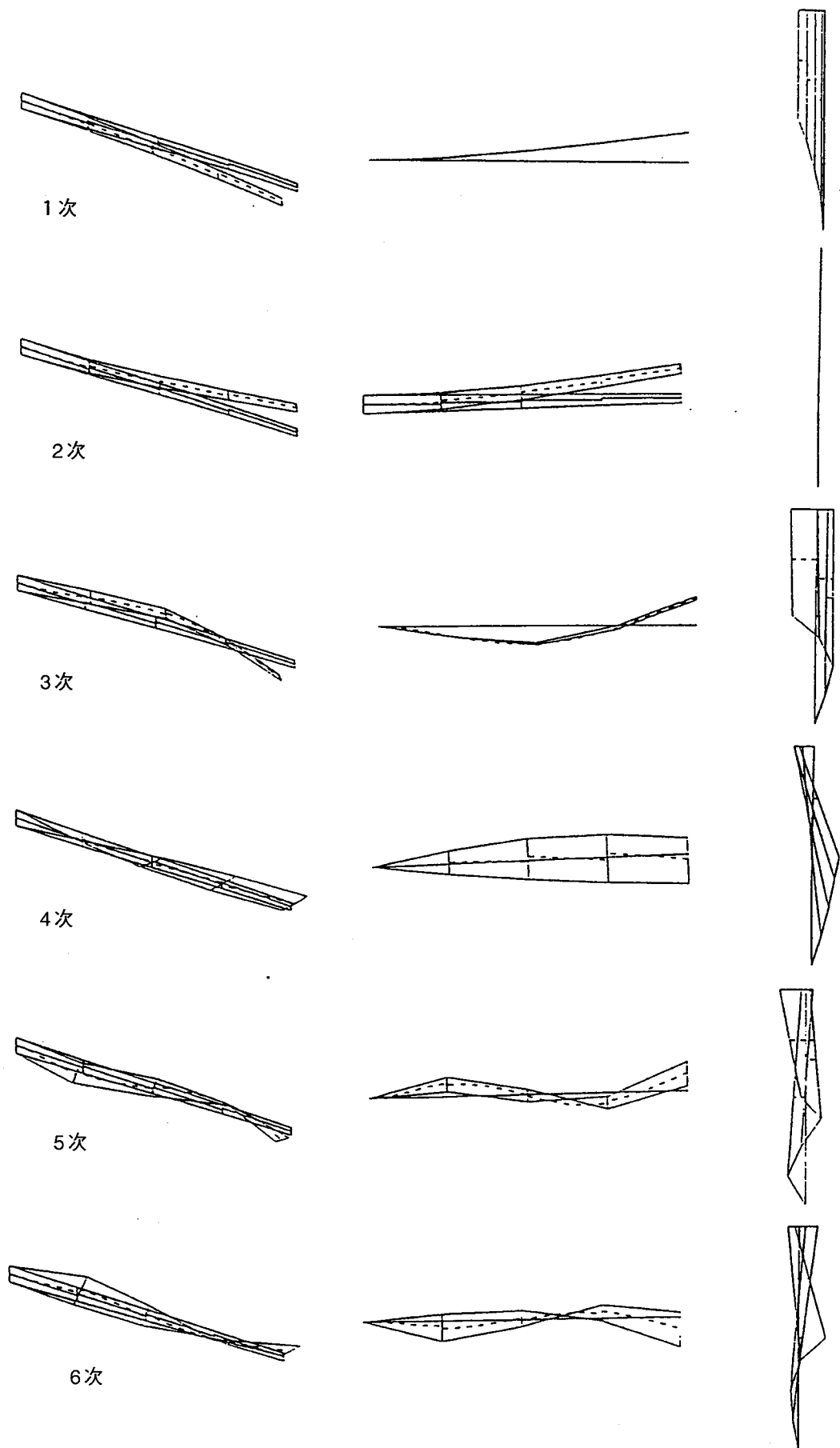


図6-2. 振動モード (片面テーパはり)

表3 変段面はりの固有振動数

はりの種類	両面テーパーはり			片面テーパーはり		
	Linear Beam	Linear Beam	Taper Beam	Linear Beam	Linear Beam	Taper Beam
要素の種類	Linear Beam	Linear Beam	Taper Beam	Linear Beam	Linear Beam	Taper Beam
分割数	4分割	8分割	4分割	4分割	8分割	4分割
振動次数						
1	2.5033	2.4827	2.4630	2.4966	2.4812	2.4623
2	13.986	13.627	13.208	13.984	13.625	13.205
3	14.799	14.786	14.789	14.730	14.774	14.785
4	17.663	33.880	23.835	17.656	33.874	23.829
5	34.871	40.773	41.148	34.773	40.730	41.138
6	41.022	65.848	56.635	40.963	65.838	56.621
7	58.175	76.032	65.399	57.772	76.047	65.383
8	64.967	79.494	80.785	64.957	79.395	80.764
9	80.549	116.37	95.063	80.731	116.39	95.039
10	92.089	131.21	138.91	90.240	131.01	138.88

[Hz]

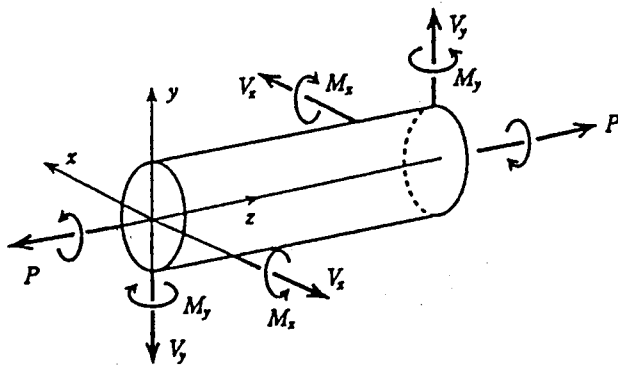


図7. はりに働く力 [文献2]

はり要素の場合は、

軸力

x、y軸方向のせん断力

ねじりモーメント

x、y軸まわりの曲げモーメント

のそれぞれに対して、

全開放 (Full Release)

弾性開放 (Elastic Release)

無開放 (No Release)

のいずれかを定義することが可能である。

弾性開放の場合は剛性値を入力することができ、

適切な値を入力することにより、ねじの緩んだ場合、

溶接の弱い場合等を想定したモデル化ができる。

ここでは、格子げた交差部の締結ボルトが緩んだ状態を想定し、

ねじりモーメントの弾性的開放を適用した場合の解析を行った。

上側はりの中央部にねじりモーメント掛け、ねじり剛性を、Full ReleaseからNo Releaseまで変化させた場合の、はりの応力の変化を表4に示す。

また、このときのはりの変形量の変化の様子を図10に示す。

この結果から、上側はりの中央部に掛けたねじりモーメントにより発生する応力の最大値は、ねじり剛性が高くなるにしたがい、上側はりから下側はりへ移行し、これと相反して最小値は、下側はりから上側はりへ移行することが確認できる。ねじり剛性が高くなるほど、下側はりに伝わるねじりモーメントは大きくなることから、適切な剛性値を設定することにより、ボルトが緩んだ状態の再現が可能であることが分かる。

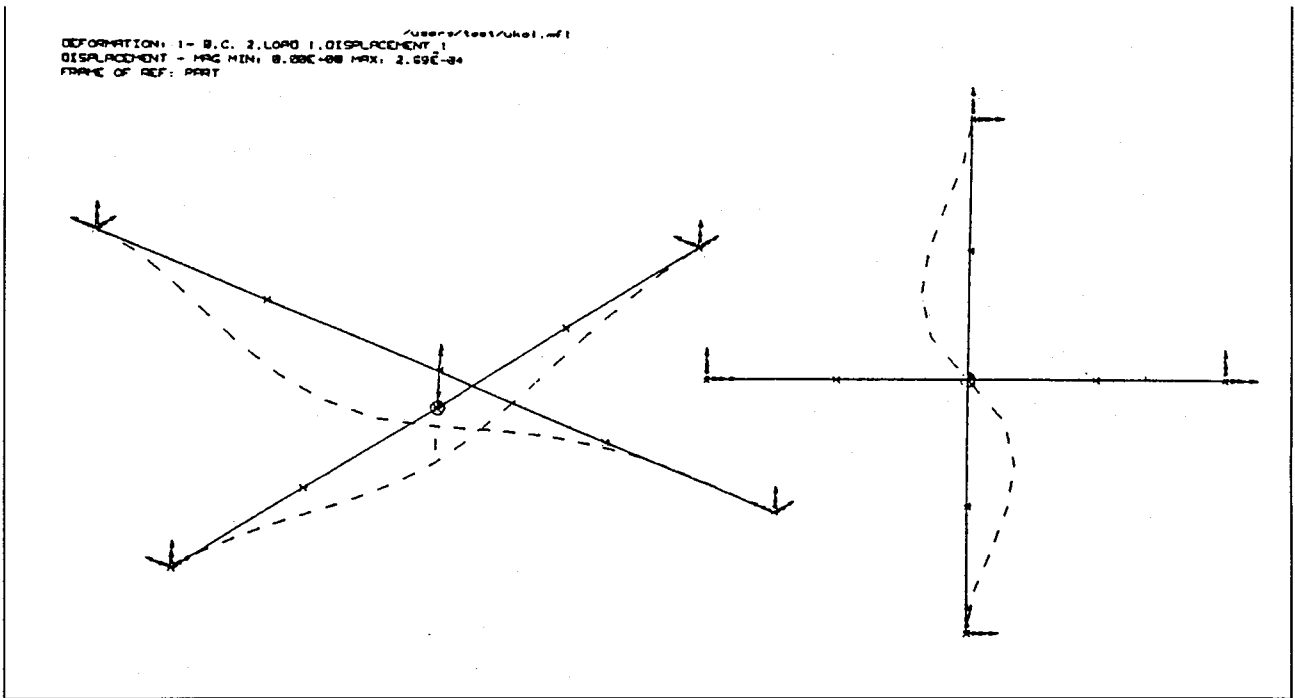


図8. 回転自由度を開放した場合の変形図

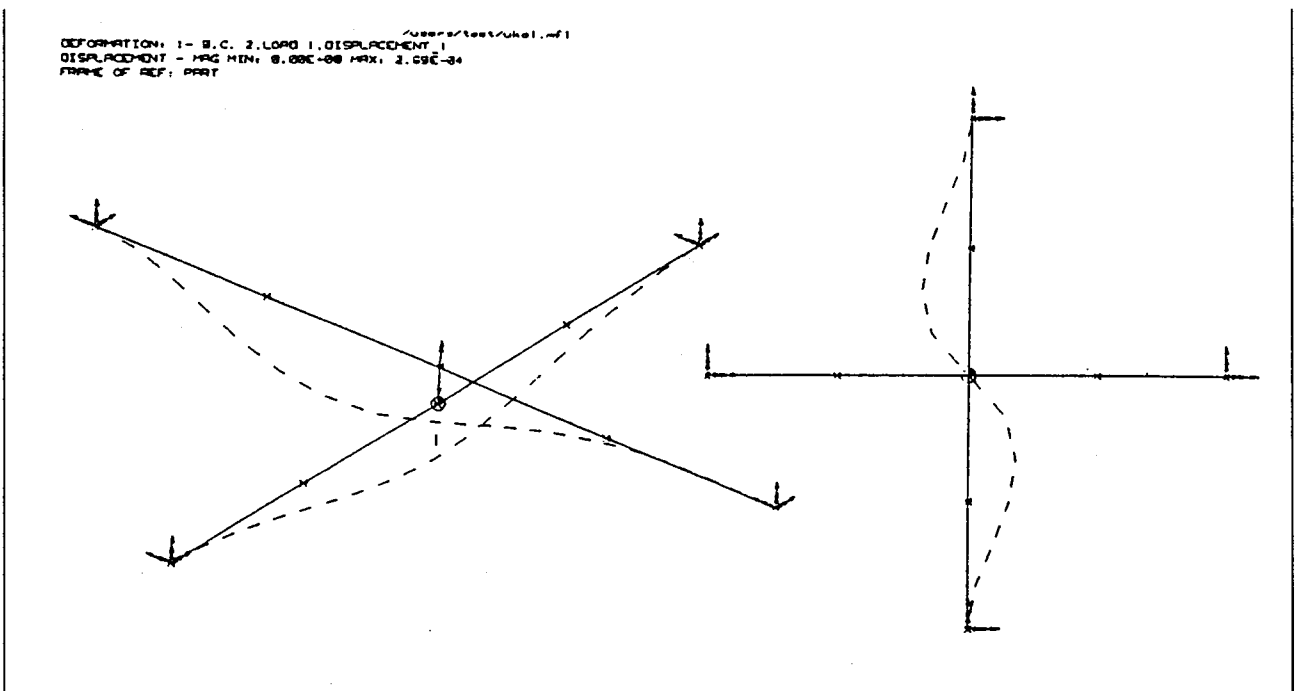


図9. 並進自由度を開放した場合の変形図

#### 4. 要素断面のゆがみ拘束

はりの力学的特性は、軸方向の引っ張り圧縮、曲げ変形とねじり変形である。

St. Venantのねじり理論は、断面が円、楕円あるいは矩形、三角形といったようなはり部材で、はり

の長さが十分長ければ、工学的に十分な精度で適用できる。ところが、最近構造部材として用いられているものは、肉厚の比較的薄い薄肉開断面材 (thin-walled member of open cross section) が多くなってきた。広幅形材 (wide flange shape)、チャンネル材、

アングル材等はすべてこの範疇に属する。

このような部材のねじり変形においては、断面のゆがみ (warping)  $\omega$  による付加ねじりこわさとして、曲げねじりこわさ (warping torsional rigidity) なる量を考慮にいれなければ、実際の変形と合わなくなる。そして、このような部材では、一般に曲げ変形とねじり変形が連成した曲げねじり変形となり、その解析は一段と複雑になる。

一方、現実の構造物では、はりの端は他のはりや構造物に接続していることが多く、断面のゆがみはある程度拘束される。

このような問題に対して、Model Solutionでは、断面のゆがみおよびその拘束の効果を考慮するため、

warping restraint factor (wrf) : f

を導入し、次式により通常のねじり定数と有効ねじり定数を補間することにより、実際のねじり剛性の大きさを調節することが可能である。

$$Ke' = f \cdot Ke + (1 - f) \cdot K$$

K : ねじり定数

Ke : 有効ねじり定数

曲げねじり変形を起こすはりの例として、チャンネル断面はり [文献2] を取り上げる。

図11-1に示すチャンネル断面では、 $y_s \neq 0$ であるから、y軸まわりの曲げ振動はねじり振動と連成する。

#### (1) 動的特性

振動解析における断面のゆがみおよびその拘束の効果をみるため、wrfを0.0から1.0まで変化させて解析を行った。境界条件は両端固定とした。

有限要素モデルを図11-3に示す。

解析結果からwrfの値を大きくすると、曲げ振動とねじり振動が連成するx-y面内の振動モード(表中の○印)の固有振動数高くなっていくことが確認できる。

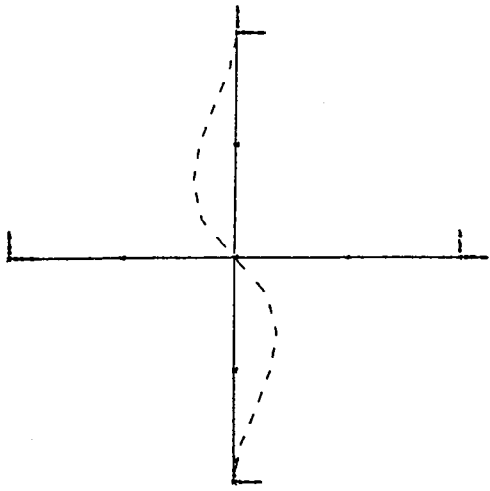
実際のはりでは、両端固定はりの場合、断面のゆがみの拘束は、固定端では大きく、中央部では小さくなる。

wrfを一定(0.5)とした場合と、はりの端から順

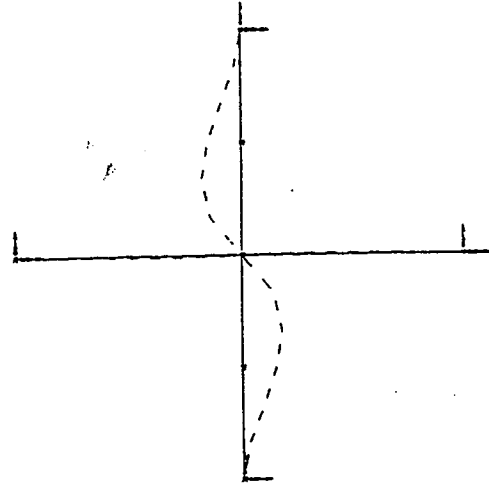
表4 ねじりモーメントの弾性的開放による応力分布の変化の様子

ねじり剛性 10 <sup>9</sup> mN/rad	けた全体		上側けた		下側けた	
	最小 mN	最大 ×10 <sup>1</sup> mN	最小 mN	最大 ×10 <sup>1</sup> mN	最小 mN	最大 ×10 <sup>1</sup> mN
Full Release	1.57×10 <sup>-7</sup>	4.26	7.07	4.26	1.57×10 <sup>-7</sup>	1.56
n=7	3.24×10 <sup>-4</sup>	4.26	7.07	4.26	3.24×10 <sup>-4</sup>	1.56
8	3.23×10 <sup>-3</sup>	4.26	7.07	4.26	3.23×10 <sup>-3</sup>	1.56
9	3.21×10 <sup>-2</sup>	4.25	7.04	4.25	3.21×10 <sup>-2</sup>	1.57
10	2.97×10 <sup>-1</sup>	4.15	6.78	4.15	2.97×10 <sup>-1</sup>	1.67
11	1.69×10 <sup>-1</sup>	3.62	5.38	3.62	1.69×10 <sup>-1</sup>	2.20
12	3.19×10 <sup>-1</sup>	3.04	3.89	3.04	3.19×10 <sup>-1</sup>	2.77
13	3.50×10 <sup>-1</sup>	2.92	3.58	2.92	3.50×10 <sup>-1</sup>	2.89
14	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91	3.54	2.91	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91
15	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91	3.54	2.91	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91
No Release	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91	3.54	2.91	3.53×10 <sup>-1</sup>	2.91

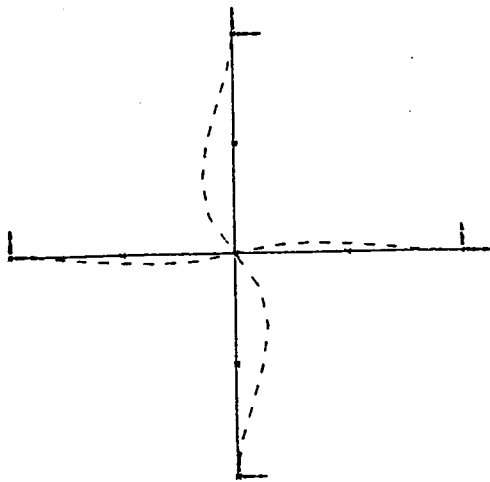




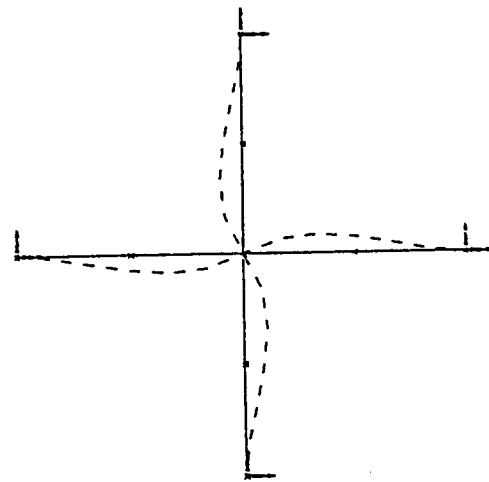
a. Full Release



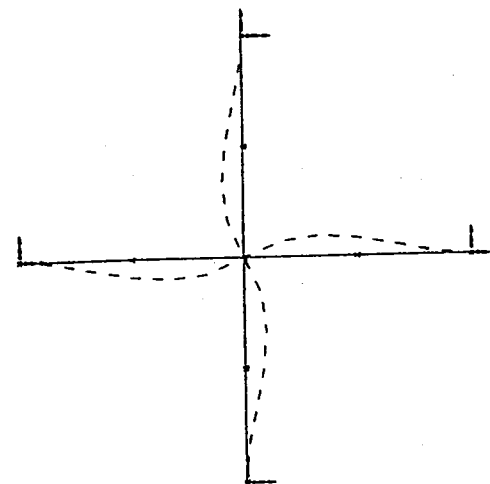
b.  $1 \times 10^{10}$



c.  $1 \times 10^{11}$

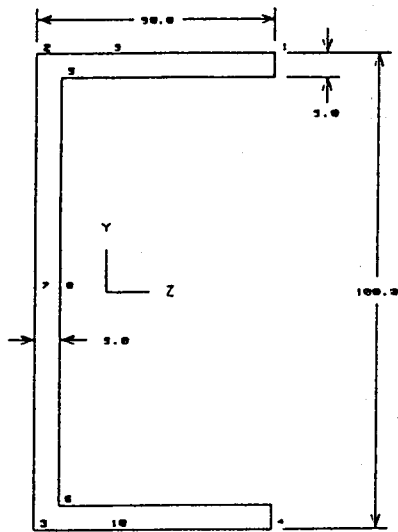


d.  $1 \times 10^{12}$



e. No Release

図10. ねじり剛性の大きさとはりの変形量の変化の様子



Current		: Channel
Section type		
Dimensions		
Depth	: 100.0	
Flange width	: 50.0	
Flange thickness	: 5.0	
Web thickness	: 5.0	
Fillet radius	: 0.0	
Corner radius	: 0.0	
Inner flange slope	: 0.0	
Properties		
Area	: 950.0	
Prin. moment of inertia Y	: 225005.5	
Prin. moment of inertia Z	: 1432916.6	
Shear ratio Y	: 2.215313	
Shear ratio Z	: 2.85	
Torsional constant	: 7869.78	
Warping constant	: 3.526345E+08	
Warping restraint factor	: 0.5	
Eccentricity Y	: 0.0	
Eccentricity Z	: 29.6546	
Plastic modulus Y	: 11368.75	
Plastic modulus Z	: 33875.0	
Plastic modulus torsion	: 166528.3	
Offset rotation angle	: 0.0	
Rt	: 19.85928	
Perimeter	: 389.5708	
X centroid location	: 14.3421	
Y centroid location	: 50.0	
X shear center location	: -15.3125	
Y shear center location	: 50.0	

図11-1. チャンネル断面

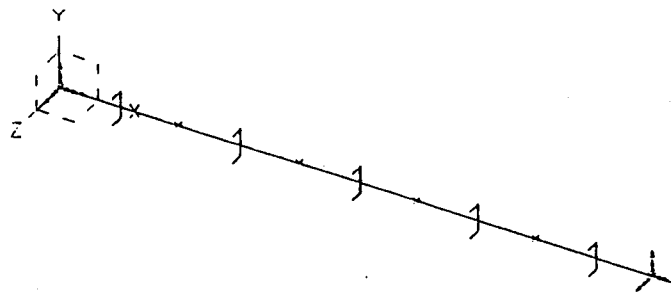


図11-2. チャンネル断面はり

表5 両端固定の場合の、wrfと固有振動数の関係

wrf	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
振動次数 1	○45.008	○56.121	○65.086	69.458	69.458	69.458	69.458	69.458	69.458	69.458	69.458
2	69.458	69.458	69.458	○72.694	○79.330	○85.220	○90.505	○95.286	○99.636	○103.61	○107.25
3	○96.073	○120.13	○139.72	○156.54	○171.39	○184.75	190.92	190.92	190.92	190.92	190.92
4	○152.11	○188.06	190.92	190.92	190.92	190.92	○196.92	○208.08	○218.41	○225.06	○227.38
5	190.92	190.92	○206.37	○211.21	○213.89	○216.18	○218.38	○220.57	○222.78	○228.02	○236.99

[Hz]

に wrf を 1.0, 0.7, 0.2, 0.7, 1.0) と変化させた場合の比較を、表6に示す。

はりの要素分割は、条件が左右対称になるよう、5分割とした。

(2) 静的特性

同様に、強度解析における断面のゆがみおよびその拘束の効果をみるため、同じく wrf を 0.0 から 1.0 まで変化させて解析を行った。

境界条件は片持ちはりとし、自由端に、

①ねじりモーメント  $M_x$  を掛けた場合

②y 軸方向に荷重  $F_y$  を掛けた場合

の2つの場合について解析を行った。

それぞれの場合の、有限要素モデルを図11-3に示す。

曲げ変形とねじり変形が連成するため、①ではねじり変位  $ROT_x$  の他にy軸方向の変位  $U_y$  に、また②では  $U_y$  の他に  $ROT_x$  にも変位が生じる。

①の場合の解析結果を表8、9および図12、13に示す。

②の場合の解析結果を表10、11および図14、15に示す。

解析結果から  $wrf$  の値を大きくすると、それぞれの変位が小さくなっていくことが分かる。

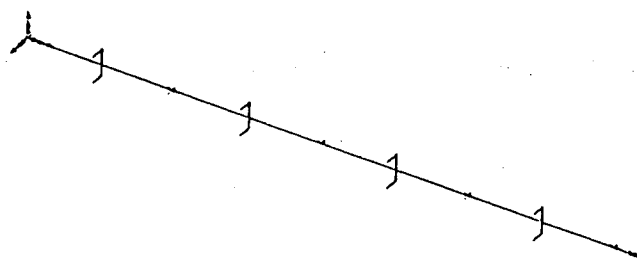
実際のはりでは、片持ちはりの場合、断面のゆがみの拘束は、固定端では大きく、自由端では小さくなる。

$wrf$  が一定 (0.5) の場合と変化させた (1.0, 0.5, 0.2, 0.0) 場合の比較を表12に示す。

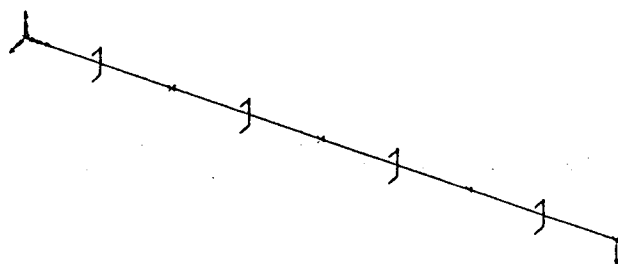
この結果から固定側で剛、自由端側で柔となっていることが確認できる。

表6  $wrf$  が一定 (0.5) の場合と、変化 (1.0, 0.7, 0.2, 0.7, 1.0) させた場合の比較

$wrf$	一定の場合	変化させた場合
振動次数 1	69.391	69.391
2	○97.829	○117.93
3	189.73	189.73
4	○210.49	○213.81
5	○221.02	○236.53



a. ねじりモーメント  $M_x$  を掛けた場合の有限要素モデル



b. y 軸方向に荷重  $F_y$  を掛けた場合の有限要素モデル

図11-3. チャンネル断面はり

表7 荷重条件Mxの場合の、wrfと変位ROTxの関係

wrf	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Node 番号											
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.80267	0.50837	0.37198	0.29329	0.24208	0.20610	0.17943	0.15887	0.14254	0.12925	0.11823
3	1.6053	1.0617	0.74396	0.58659	0.48417	0.41220	0.35886	0.31774	0.28507	0.25850	0.23646
4	2.4080	1.5251	1.1159	0.87988	0.72625	0.61830	0.53828	0.47661	0.42761	0.38775	0.35468
5	3.2107	2.2178	1.7252	1.4237	1.2173	1.0659	0.94947	0.85688	0.78129	0.71832	0.66497

[ $\times 10^{-5}$  rad]

表8 荷重条件Mxの場合の、wrfと変位Uyの関係

wrf	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Node 番号											
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.3803	1.5075	1.1031	0.86975	0.71789	0.61118	0.53209	0.47112	0.42269	0.38328	0.3560
3	4.7606	3.0151	2.2062	1.7395	1.4358	1.2224	1.0642	0.94224	0.84537	0.76657	0.70120
4	7.1408	4.5226	3.3093	2.6092	2.1537	1.8335	1.5963	1.4134	1.2681	1.1499	1.0518
5	9.5211	6.5769	5.1161	4.2218	3.6097	3.1608	2.8156	2.5410	2.3169	2.1301	1.9720

[ $\times 10^{-4}$  mm]

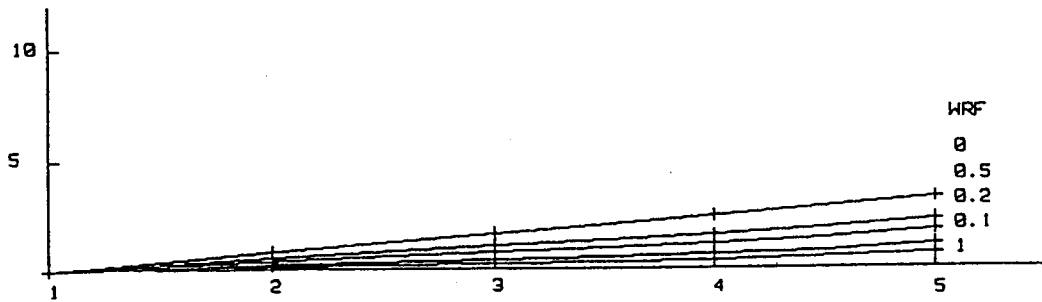


図12. 荷重条件Mxの場合のwrfと変位ROTxの関係

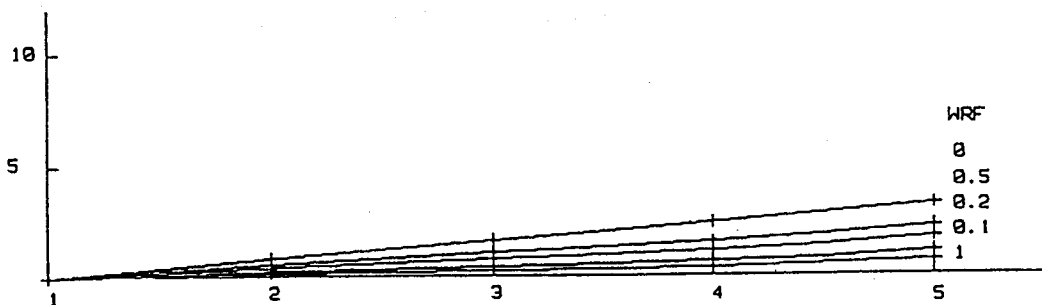


図13. 荷重条件Mxの場合のwrfと変位Uyの関係

表9 荷重条件Fyの場合の、wrfと変位Uyの関係

wrf	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Node 番号											
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.4977	1.2389	1.1190	1.0498	1.0047	0.97309	0.94963	0.93155	0.91719	0.90551	0.89581
3	4.2671	3.7494	3.5096	3.3712	3.2811	3.2178	3.1709	3.1347	3.1060	3.0827	3.0633
4	7.8842	7.1077	6.7479	6.5403	6.4052	6.3103	6.2399	6.1857	6.1426	6.1076	6.0785
5	11.925	11.052	10.619	10.354	10.172	10.039	9.9367	9.8552	9.7888	9.7334	9.6865

[ $\times 10^{-2}$  mm]

表10 荷重条件Fyの場合の、wrfと変位ROTxの関係

wrf	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Node 番号											
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.3803	1.5075	1.1031	0.86975	0.71789	0.61118	0.53209	0.47112	0.42269	0.38328	0.35060
3	4.7606	3.0151	2.2062	1.7395	1.4358	1.2224	1.0642	0.94224	0.84537	0.76657	0.70120
4	7.1408	4.5226	3.3093	2.6092	2.1537	1.8335	1.5963	1.4134	1.2681	1.1499	1.0518
5	9.5211	6.5769	5.1161	4.2218	3.6097	3.1608	2.8156	2.5410	2.3169	2.1301	1.9720

[ $\times 10^{-2}$  rad]

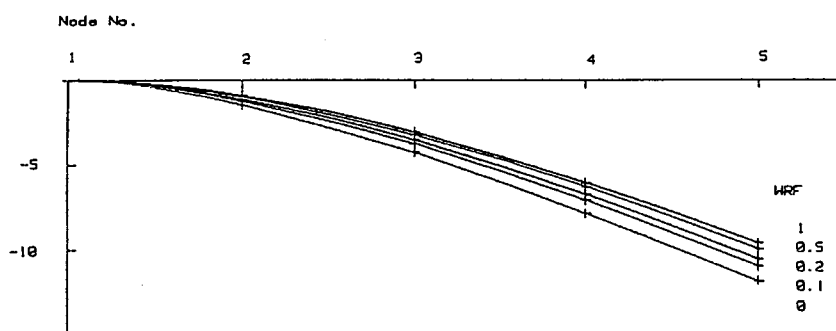


図14. 荷重条件Fyの場合のwrfと変位Uyの関係

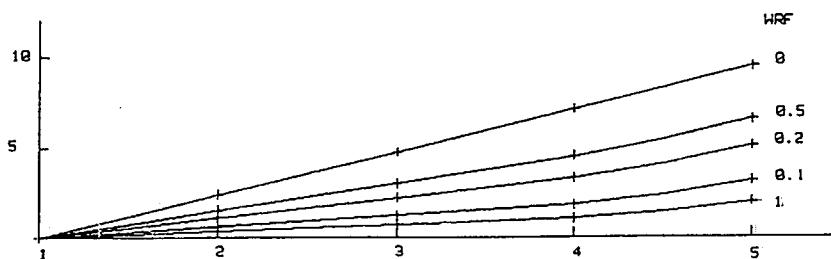


図15. 荷重条件Fyの場合のwrfと変位ROTxの関係

表11 wrfが一定(0.5)の場合と、変化させた(1.0, 0.5, 0.2, 0.0)場合の比較

荷重条件		Mx [10Nmm]				Fy [10N]			
変位		Uy [ $\times 10^{-4}$ mm]		ROTx [ $\times 10^{-3}$ rad]		Uy [ $\times 10^{-2}$ mm]		ROTx [ $\times 10^{-4}$ rad]	
wrf		一定の場合	変化させた場合	一定の場合	変化させた場合	一定の場合	変化させた場合	一定の場合	変化させた場合
Node	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
番号	2	0.61118	0.35060	0.20610	0.11823	0.97309	0.89581	0.61118	0.35060
	3	1.2224	0.82172	0.41220	0.27710	3.2178	3.0990	1.2224	0.82172
	4	1.8335	1.4329	0.61830	0.48320	6.3103	6.1915	1.8335	1.4329
	5	3.1608	2.4817	1.0659	0.83688	10.039	9.8377	3.1608	2.4817

## 5. 結 言

本研究により、はり要素を用いた解析における解析精度の向上が可能となった。また、はり要素の単なる構造物のモデルへの利用だけでなく、普通では、完全固定か完全自由で設定される境界条件に対して、弾性的な境界条件の設定、要素と要素の間の接続要素等、はり要素の幅広い利用が可能になった。

今回解析に使用したI-DEASに代表される汎用の解析システムはプログラムが大規模であることから、その内容を理解することは困難である。また、システム利用者にとってその内容を理解するための唯一の手がかりともいえるマニュアルについても、操作方法については詳しく解説されているが、解析手法の詳しい部分についてはあまりふれられていないというのが現状のようである。

このような状況から、本研究では、文献等により、その理論が明らかになっている解析法の中から、特にマニュアルの説明が不十分と思われるはり要素に関するものを例として取り上げ、汎用システムを利用する場合の適用法とその解析結果について考察を

行った。

現在、製品の開発・設計には解析システムの有効活用が必要不可欠なものとなっていることから、システム開発側からの解析手法等、解析結果の精度に関わる情報の提供が強く望まれる。

## 文 献

1. 有限要素法の基礎と応用シリーズ  
5. 振動および応答解析入門  
川井 忠彦 藤谷 義信 培風館 1991
2. コンピュータによる極限解析法シリーズ  
5. 薄肉はり構造解析  
藤谷 義信 培風館 1990
3. 有限要素法の基礎と応用シリーズ  
1. 有限要素法概論  
戸川 隼人 培風館 1981
4. パソコンで解く 骨組の力学  
藤谷 義信 丸善 1993
5. I-DEAS Smart View SDRC

# ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究 (第2報)

上杉 憲雄, 尾崎 清, 田中 秀樹

Research on Character Recognition Using Neural Networks (2nd Report)

Norio UESUGI Kiyoshi OZAKI Hideki TANAKA

本年度は、前年度に引続きスタンプ文字を検査対象とし、文字の方向成分を入力データとするニューラルネットワーク文字認識システムを試作した。試作したシステムでは、0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字の合計36文字が認識可能である。そして、文字位置は入力画像エリア内であればどこにあっても認識可能であり、また自動2値化、文字部の切り出しを行うことにより、文字列の認識を可能とした。

## 1. 研究目的

本研究では検査対象を文字に絞り、パーソナルコンピュータを用いた安価な文字認識システムを実現し、視覚的な作業の自動化を支援することを目的とする。

昨年度の研究では、文字の濃淡画像を入力データとするニューラルネットワーク文字認識システムを作成することにより、0から9までのスタンプ数字が認識可能であることを確認した。但し、ラインを流れる物体についての文字を想定した場合、粗い位置決めでも文字認識を可能とすること及び文字列を認識可能とすることなどが課題として残された。本年度は、それら残された課題を解決することを目的として研究を行った。

## 2. 使用機器

パーソナルコンピュータ	NEC PC-9801 RX-21
画像処理ボード	サイバーテック(株) CT-9801A
カメラ	SONY MODEL XC-57
カメラアダプタ	KYOSHIN MODEL KAC-38A

## 3. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークには様々な種類がある。本研究では3層フィードフォワード形ニューラルネッ

トワーク (入力層: 192ユニット 中間層: 20ユニット 出力層: 36ユニット) を用いた。出力層36個の各ユニットに対して0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字がそれぞれ対応する。文字認識においては、最大値出力ユニットに対応する文字を認識結果としている。

## 4. 文字認識の手順

ニューラルネットワークの入力データとしては、スタンプ文字のエッジ近傍の方向成分から作成した4方向パターンを用いた。

文字認識の手順を以下に示す。

- ①無地の紙上に黒インキで文字がスタンプされた15.4mm×7.7mmの領域を330dpi (dot per inch) で観測した256階調濃淡画像 250×100画素を入力画像とする。モード法により入力画像の2値化画像を求める。(スタンプ文字は横4mm×縦6mm 330dpiで60×80画素の長方形ワク内に収まる大きさである。)
- ②二値化画像中の各文字に外接する長方形ワクを求めることで入力画像中の文字領域を定めると共に各文字の重心を求める。
- ③②で定めた文字領域を入力画像から切り出した後、文字の重心が60×80画素の長方形ワクの中心にくるように切り出した各文字領域を当てはめ

る。この操作で文字位置の正規化が行うことにより、平行移動したものであれば入力画像中のどこにあっても文字認識が可能となる。

④60×80画素の長方形ワク内の各点に微分処理を行い濃度勾配の大きさと方向を計算する。濃度勾配の大きさがある一定値以上の場合にその座標は文字の方向成分が存在するとみなし、濃度勾配の直角方向をエッジ線近傍の方向成分の方向(θ)とする。そして検出した方向(θ)を図1に示すように4方向に量子化することで60×80画素×4方向のパターンを作成する。なお、60×80画素の長方形ワク内の各点の内、③で当てはめた切り出し文字領域と重ならない点には方向成分は存在しないものとして処理を行う。

⑤作成した60×80画素×4方向のパターンを1/10に圧縮した6×8点×4方向のパターン(192データ)をニューラルネットワークに入力データとして与え、出力層の最大値出力ユニットに対応する文字を認識結果とする。

以上の流れを図2に示す。

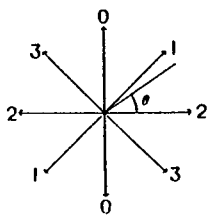


図1 方向(θ)の量子化

### 5. 実験

今回試作した文字認識ニューラルネットワークで認識可能な字種は36種類であり、0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字の36文字を認識対象とする。

文字認識ニューラルネットワークの構築は、文字の平均太さ=(文字の面積)×2/(文字周長)を0.5mmから0.8mm程度まで4段階に分けて変化させた各字種4個合計140個のサンプルを用いた教師あり学習により行った。但し、アルファベットのO

は学習、認識実験より除外した。これは、今回の実験に使用したゴム印(横4mm×縦6mm)では、数

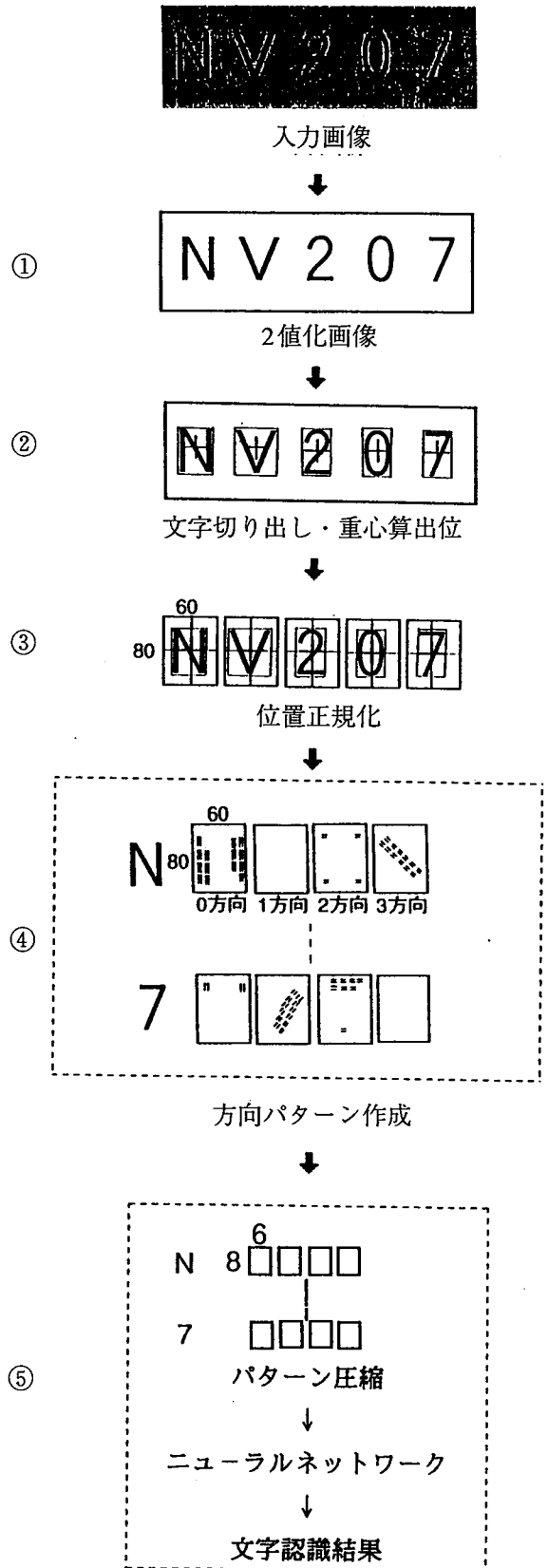


図2 文字認識手順



字の0とアルファベットのOの形状差がほとんどなくスタンプした際、人間の目視でも区別できないためである。

### 5.1 文字認識

学習により構築されたニューラルネットワークの認識能力を確認するため、学習データとは別に文字の平均太さを0.6mm程度から0.9mm程度までとした各文字に対して1文字当り6個のサンプル合計210個に対して文字認識実験を行った。出力層の最大値出力ユニットの値がある一定のしきい値以上となった場合に、その出力ユニットに対応する文字を読み取り結果とした。しきい値を0.85から0.95まで変化させた場合の実験結果は表1に示す通りである。

表中で不読とは、読み取り行っている文字に対応する出力ユニットが最大値出力ユニットになってはいるが、その出力値がしきい値以下であった場合を示す。また誤読とは、読み取りを行っている文字に対応する以外の出力ユニットが最大値出力ユニットとなった場合を示す。

表1 実験結果

しきい値	0.95	0.90	0.85
正読	202	206	208
誤読	1	1	1
不読	7	3	1

表1で誤読されたサンプルは、アルファベットI (1サンプル) であり数字の1と誤読された。また不読となったサンプルは、アルファベットC (2サンプル), D (1サンプル), E (2サンプル), J (1サンプル) と数字0 (1サンプル) である。これら不読、誤読が生じた原因としては

- ①ニューラルネットワークに入力データとして与える文字の方向パターンの分解能が1方向当たり6×8点とかなり粗いこと
  - ②1字種当りの学習データが4データしかなく学習回数が少ないこと
- 等が考えられる。実験結果として一部に誤読不読

が発生したがほとんどのサンプルで良好な認識結果を得られている。入力データとする文字方向パターンの分解能を上げることやニューラルネットワークの学習回数を増やす等の対策を行えば、今回作成した文字認識システムはスタンプ文字の読み取り検査に充分使用可能であると思われる。

### 5.2 照明条件変動への対応力

図3、4は、同一のサンプルに対して照明条件を変化させて文字列の認識実験を行った結果である。

なお、図中の上段は入力画像、中段は認識結果、下段は各文字に対する座標・種類・出力ユニットの出力値 (max = 1.0) を示す。



図3 照明にファイバー光を使用した場合



図4 ファイバー光を使用しない場合

図3ではファイバー光を照明に使用し、図4は室内の照明光のみで実験を行っている。(文字認識ニューラルネットワークを構築する際の学習データ作成においては、図3の場合と同様にファイバー光を照明として用いている。)

図4の入力画像は、図3の入力画像よりかなり暗く文字部と背景部のコントラストが不鮮明である。しかし、図4の各文字に対応する出力ユニットの値は図3とほぼ一致した良好な認識結果が得られている。

文字の方向成分を入力値とする今回の文字認識ニューラルネットワークが照明条件の変化に影響を受けにくいことがわかる。

## 6. まとめ

入力画像中より抽出した文字の方向成分をニューラルネットワークの入力データとするスタンプ文字認識システムを試作した。試作したシステムの認識対象文字は0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字、合計36種類のスタンプ文字

である。昨年度の研究の課題として残された粗い位置決めでも文字認識を可能とすること及び文字列の認識を可能にした。

今後の課題としては、文字の誤読・不読を減らし認識率を上げること及び実際に文字のついた物体が流れているライン上で文字認識実験を行うこと等が上げられる。

## 参考文献

- 1) 田中・尾崎、ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究（第1報）、広島市工業技術センター年報vol.8（1994）
- 2) 田村、コンピュータ画像処理入門、（総研出版、1985）

# 着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響\*

## (実験的研究)

西山修二\*<sup>1</sup>, 武田史郎\*<sup>2</sup>, 竹島透\*<sup>2</sup>

## Influences of Sitting Posture on Vibration Characteristics of the Human Body (Experimental Investigation)

Shuji NISHIYAMA, Fumio TAKEDA and Tooru TAKESHIMA

We present the influences of sitting posture on vibration characteristics of the human body in a moving vehicle. The vibration characteristics of a seated human have been measured with both sinusoidal and random vibration in the vertical and fore & aft directions at frequencies up to 20 Hz. Measurement points on the body are the head, chest, hip, thigh, and shin. Six subjects were studied used to elucidate the factors (angle of seat cushion and of seat back) that may affect human dynamic behavior. It was found that the sitting posture exerts a serious influence upon human dynamic behavior. Some results are presented in the form of parametric plots and tables.

**Key Words:** Human Dynamics, Ride Comfort, Sitting Posture, Experimental Investigation

### 1. ま え が き

人間が振動状態にある場合の官能評価についての研究は古くから行われている<sup>(1)~(4)</sup>。人体への振動伝達特性などについての研究も報告されている<sup>(5)~(6)</sup>。

金田ら<sup>(7)</sup>は座席から人体せき柱を伝ばする振動の計測を行っている。入力振動のスペクトルによって振動の影響を受けるせき柱の部分異なる可能性があることを示唆している。

Fairleyら<sup>(8)</sup>は着座した人体の動質量周波数応答関数を20 Hzを上限とする上下ランダム加振で測定している。測定位置は尻下部の位置である。フットレスト、背もたれ、姿勢、筋肉の緊張、振動の強度などによる影響について示している。さらに、男性、女性、子供からなるグループに対して応答の個人差についての結果も報告している。

土居ら<sup>(9)</sup>は車両が空起乗り越しする場合に、人体シート間の座面とシートバックの上下方向加速度を計測している。花井ら<sup>(10)</sup>は、木製の椅子の上に着座した人

体が受ける振動をフロアから頭部、首、胸部への加速度伝達率を測定している。北川ら<sup>(11)</sup>は、上肢から下肢までの人体振動特性を計測し、各乗り心地現象に対する人体の敏感な部位を示している。

Varterasian<sup>(12)</sup>は15人の被験者に対し、種々のシートに対する人体頭部での振動伝達特性を測定している。

以上の研究は尻下部あるいは頭部での計測が大半で、人体各部での詳細な計測データは報告された例がない。

本研究は、人体・シート系の振動特性として三軸振動試験装置の加振台上に乗用車用実シートを設置し、シートに着座した各被験者の人体各部に受ける振動の影響を実測する。着座姿勢が人体挙動に及ぼす影響、人体各部の振動特性の相違、被験者による影響等について検討する。着座姿勢による影響を検討するためにシートの座面角度とシートバック角度を変化させて人体各部の振動伝達特性を実測する。測定位置は着座状態において頭部、胴体部、大腿部、下腿部の重心位置と尻下部とする。被験者は年齢、性別、体型などが異なる6名について実施する。加振入力には正弦波加振および一般路面走行を模擬したランダム加振について実施する。

\* 日本機械学会論文集 (C編) 第61巻590号 (1995年10月) pp. 3866-3873より転載 (日本機械学会より転載許可)

\*1 正員、広島市工業技術センター (〒30広島市中区千田町3-8-24)

\*2 デルタ工業(株) (〒35広島県安芸郡府中町新地1-14)

## 2. 実 測

2.1 測定装置の構成 図1は測定に使用した試験装置の構成と測定データの流れを示す。実測に用いた装置は三軸振動加振機、制御器、加速度計測用センサ、アンプ、データレコーダ、FFTアナライザ等で構成されている。測定点が多数あるので測定データは一度データレコーダに記録し、解析する。

2.2 被験者 振動試験は、成人男子1名、成人女子1名、体型の異なる高齢者男子2名、生徒男子1名、児童女子1名からなる計6名の被験者に対して実施した。被験者の人選は、現代人の日本人50パーセントイル値<sup>(13)</sup>あるいは平均値<sup>(14)</sup>等を参考にして人選した。被験者の身長および体重等の幾何学的特性は表1のとおりである。

2.3 測定位置 図2は加速度の測定部位と加速度の測定方向を示す。人体の頭部、胴体部、大腿部、下腿部の重心位置と尻下部の5箇所について測定する。測定方向は頭部、大腿部、下腿部は上下、前後、左右方向について測定する。胴体部については、胴体部に沿った方向( $z'$ )、胴体部に鉛直方向( $x'$ )、および左右方向を測定する。尻下部は上下方向のみとする。測定は人体各部の表層部で測定する。

2.4 測定状態 図3に示すように振動試験台に

実シートを設置し、各被験者に対して最終着座姿勢が人体の振動特性に及ぼす影響を調べる。座面角度が5~20°に対し、シートバック角度を100~120°と変化し、着座姿勢が人体各部の動的挙動に及ぼす影響を実測する。被験者は各角度に設定されたシートのシートバックおよび座面に体が密着するように着座する。両膝間の開き寸法は各被験者の両手の最大手幅<sup>(13)</sup>として、脚部の位置を決定する。大腿部が座面全域に接するように下腿部の角度を調整する。両手は軽く握り大腿部付根に保持する。視線は前方4.1mの壁を見つめる。頭部は垂直に保持する。被験者は筋肉の緊張をほぐし安楽姿勢(弛緩状態)で着座させる。足とフロア間は現実をなるべく再現するために厚さ30mmのスポンジマットを振動試験台の上に敷き、靴を脱ぎ、靴下をはいた足をその上に置く。被験者6に関しては座面角度が増加すると足がフロアから非接地状態となるのでスポンジマットをさらに厚くし130mmとする。

加振台へのシートの取付けは座面の角度を可変とするために自在ジグを使用して取付ける。

2.5 加速度センサ取付用装置の開発 頭部、胴体部、大腿部、下腿部の三軸方向および尻下部の上下方向の加速度を計測可能とするために、各部専用のセンサ取付用装置を開発した。

図4は頭部の加速度計測用として開発した装置を示す。この装置はトランスイソブレン系樹脂のシート素

Table 1 Characteristics of the six subjects

Subjects	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)
1	Male	30	171.0	62.0
2	Female	23	161.0	50.0
3	Male	60	165.0	54.0
4	Male	60	163.0	62.0
5	Male	12	157.5	46.0
6	Female	9	134.0	29.0

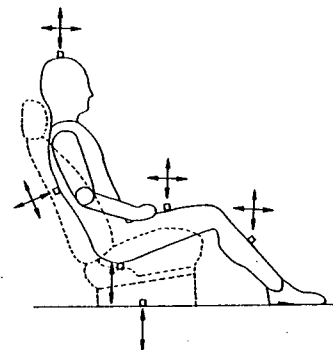


Fig. 2 Measurement points and its directions

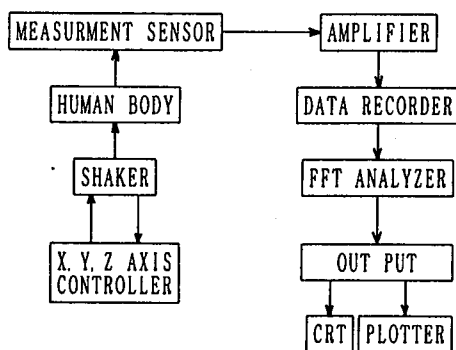


Fig. 1 Apparatus and data flow



Fig. 3 Subject attached acceleration sensor

材を使用して作成した。トランスイソブレン系樹脂のシート素材は、室温では半硬質材料であり、約70°Cに暖めるとやわらかくなり、型取りが容易な材料である。厚み3mmのトランスイソブレン系樹脂のシート素材100×100mm2枚を重ねたものを外径165mmの球形に押しあて曲面を作成する。頭部へ固定するための布ベルトを作成した曲面2枚の間に密着する。さらに曲面の中心には40×50mmのトランスイソブレン系樹脂のシート素材を張り付け、計測中に加速度センサが水平に保持できるようにする。加速度センサを装着したときの総重量は260gである。

図5は胴体部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。本装置はシート用の背プラスチック板を250×120mmのサイズに切断したものを下面に厚さ2mmのフェルトを張り付け、上面はシートバック曲面と密着するように台形状としている。加速度センサを装着したときの総重量は400gである。胴体部への取付けは布ベルトで行う。

図6は尻下部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。厚さ8mmのアルミニウム板100×150mmの両側に厚さ10mmのフェルトを置き、下面は厚さ

10mmのスポンジを密着させる。上面は300×200mmのゴム板を張り合わせる。ゴム板の形状は座面形状に密着するように台形状とする。本装置に装着する加速度センサはチャージ式加速度計を使用する。本装置の総重量は1700gである。

図7は大腿部および下腿部の加速度を計測するセンサ取付用装置を示す。大腿部および下腿部の計測用装置は同一形状とする。厚さ1.2mm、幅50mmのアルミニウム板を短形状に折り曲げ、布ベルトのパックル上にトランスイソブレン系樹脂のシート素材を挟んで取付ける。各姿勢に応じて加速度センサが水平に保持できるように装置に装着する。総重量は270gである。頭部、胴体部、大腿部、下腿部については、動ひずみ式加速度センサを使用し、各部の三軸方向の加速度を測定する。

2.6 加振入力 加振入力としては、正弦波加振とランダム加振の2種類について実測する。周波数応答特性においては周波数を2~20Hzとし、全振幅5mmの正弦波を対数掃引する。

ISOでは<sup>(15)</sup>、共振周波数 $f_r$ の±10%以内の周波数領域において応答の大きさに5%以上の誤差を生じないために、1分間当たりの掃引速度 $df/dt$ を次のように決めている。対数掃引の場合は式(1)となる。

$$df/dt = 77.6f_r/Q^2 \text{ [オクターブ/min]} \dots\dots(1)$$

ここで、 $Q$ は $Q$ 値と呼ばれ、定常に達した共振峰の

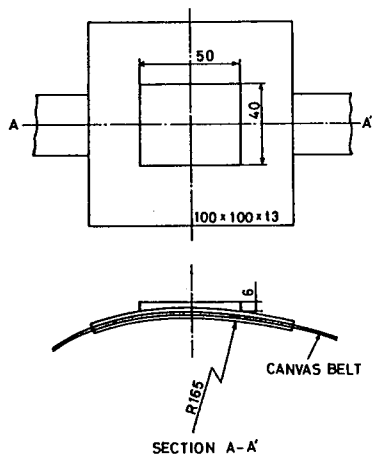


Fig. 4 Measurement tool for head

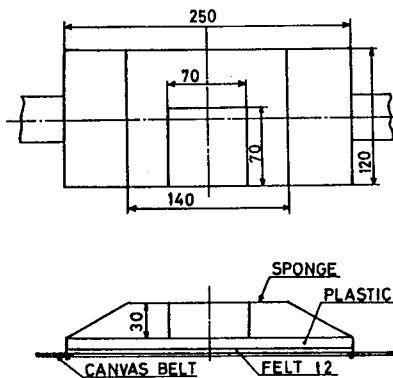


Fig. 5 Measurement tool for chest

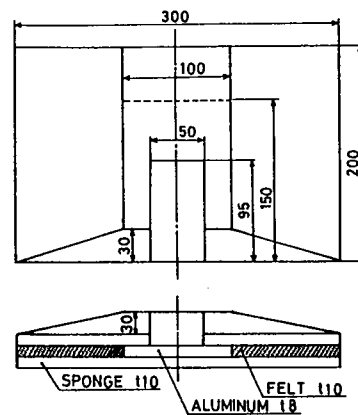


Fig. 6 Measurement tool for hip

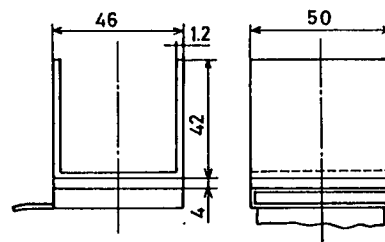


Fig. 7 Measurement tool for thigh and shin

大きさと静負荷時の応答の大きさとの比として定義されている。共振峰の両側で大きさが頂上のエネルギーが半分になる周波数振幅を  $\Delta f_r$ 、減衰比を  $\zeta$  とすれば次式が成立する。

$$\Delta f_r = 2f_r \zeta \quad [\text{Hz}] \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = 1/2\zeta = f_r / \Delta f_r \quad \dots\dots\dots (3)$$

成人男子による予備試験で求めた周波数応答関数の図から  $f_r$  と  $\Delta f_r$  を読み取り式(3)から  $Q$  値を計算し、式(1)から掃引速度を決定する。本研究では 2~20 Hz の掃引時間を約 90 秒とする。

一般路面走行特性としては、路面の凹凸を有する路面上(国道 188 号線)をセダンタイプの車両が一定速度で走行した場合に車両のフロア上で観測された上下方

向加速度を三軸振動試験装置に入力信号として使用する。

図 8 は入力信号の加速度と周波数の関係を示す。

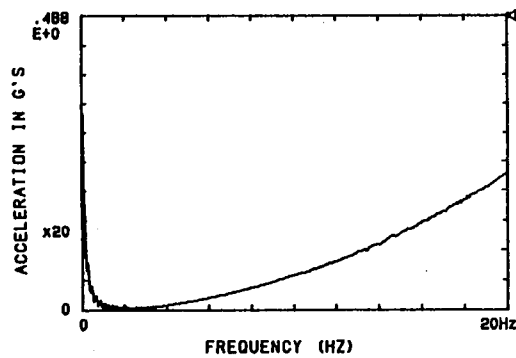
### 3. 実測結果

**3.1 座着姿勢による影響** 図 9 に示すようにシートの座面角度を 5, 10, 20° に対してシートバック角度を 100, 110, 120° と変化させて着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響について測定した。

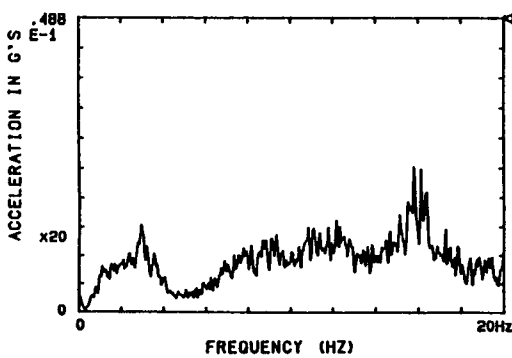
図 10 は成人男子頭部上下方向加速度比(フロア上下方向加速度との比)を示す。座面角度は 10° とし、シートバック角度を 100°, 110°, 120° と変化させた場合の実測結果を示す。

図 11 は成人女子頭部上下方向加速度比を示す。座面角度は 10° とし、シートバック角度を 100°, 110°, 120° と変化させた場合の実測結果を示す。

表 2 (a)~(c) は各被験者に対する実測結果を示す。数値は加速度比のピーク値を示し、カッコ内の数値はピークとなる共振周波数を示す。胴体部の値は胴



(a) Sinusoidal



(b) Random

Fig. 8 Vibration magnitude

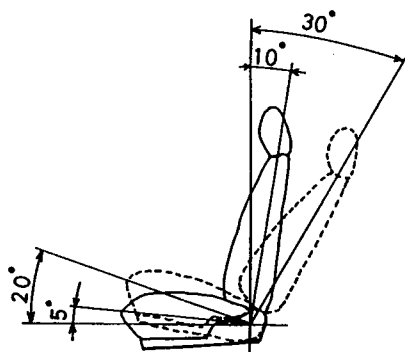


Fig. 9 Angle of seat cushion and backrest

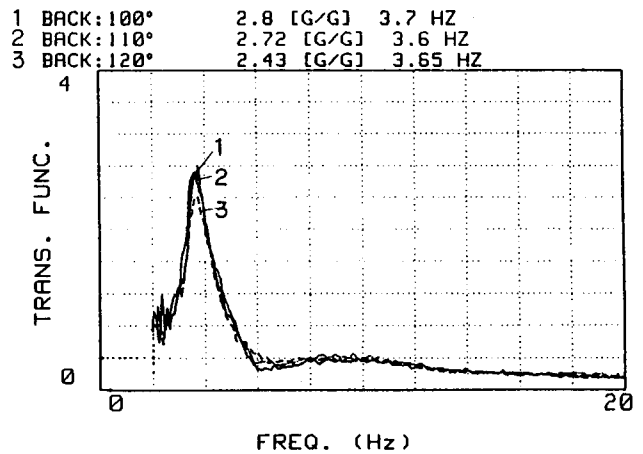


Fig. 10 Vertical acceleration ratio for subject 1

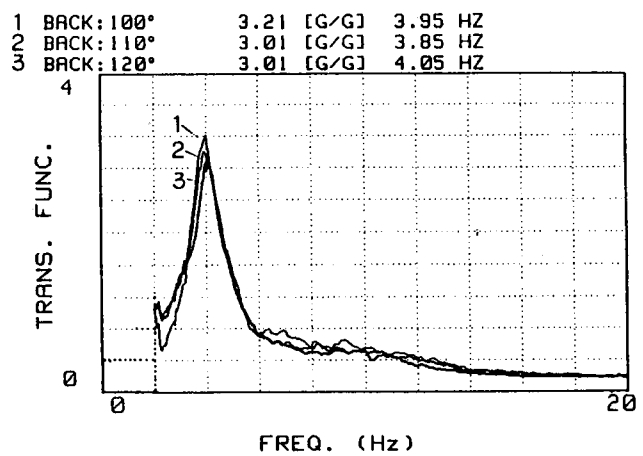


Fig. 11 Vertical acceleration ratio for subject 2

体に対して鉛直方向(x)の値を示している。

頭部における上下方向加速度比については、各被験者ともシートバック角度が大きくなると、加速度比は減少する傾向を示す。座面角度が小さくなると、被験者1, 2, 4については加速度比は減少する。その他の被験者については顕著な傾向は認められない。胴体部については、シートバック角度が大きくなると、全ての被験者の加速度比は増加する。座面角度による影響は認められない。尻下部については、シートバック角度による影響は認められない。座面角度が小さくなると、被験者1, 2, 4, 5は加速度比が増加する。他は影響が認められない。大腿部はシートバック角度が大きくなると、被験者6は加速度比は増加するが、その他の被験者は影響が認められない。座面角度が小さくなると、被験者1, 2は加速度比が減少する。その他の被験者は変化が認められない。下腿部については、シートバック角度が大きくなると、被験者1, 4, 6は加速度比は減少する。他は変化が認められない。座面角度が小さくなると、すべての被験者の加速度比は減少する。

表2(d)はランダム加振の場合の被験者1, 2についての実測結果を示す。正弦波加振の場合に比べて、ランダム加振のほうが加速度比のピーク値が大きくなり、さらに共振周波数も高めとなる傾向を示す。

3.2 被験者の幾何学的特性値による影響 図12(a)~(f)は各被験者の人体各部の振動特性を示す。周波数が増加していくと、共振部が頭部、胴体部、上腕、下腕、大腿部、下腿部へと推移していく様子が観測される。

図13は人体各部における、被験者による影響を示す。人体各部の振動特性は、2 Hz から 20 Hz まで周波数が増加していくと3~6 Hzの帯域で一度ピークとなり、さらに周波数が増加していくと各部の特性は漸減変曲しつつ一定値に減衰していく特性を示す。成人男子・女子および高齢者男子2名については、頭部、胴体部、尻下部において3.5 Hz 周辺でピーク値をとり、大腿部と下腿部は5.5~6 Hz 周辺においてピーク値を示す。

生徒男子と児童女子については、頭部、胴体部、尻

Table 2 Peak value and resonant frequency

(a) Subject 1 and 2

Body	Sub Bk Ca	1			2		
		100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.	3.20(3.40)	2.81(3.75)	2.92(3.75)	3.06(3.85)	2.93(4.05)	2.66(4.00)
	10	2.80(3.70)	2.72(3.60)	2.43(3.65)	3.21(3.95)	3.01(3.85)	3.01(4.05)
	5	2.46(3.65)	2.41(3.70)	2.32(3.90)	3.17(3.85)	2.88(3.95)	2.48(3.95)
Chest	20 deg.	0.99(3.90)	1.66(3.65)	2.53(3.80)	1.24(3.85)	1.89(3.90)	1.93(4.00)
	10	1.11(3.75)	1.53(3.65)	1.98(3.75)	1.02(4.10)	1.53(4.00)	1.77(4.05)
	5	1.22(3.65)	1.77(3.70)	2.27(3.90)	0.97(3.90)	1.60(3.95)	1.95(3.95)
Hip	20 deg.	2.14(3.40)	2.05(3.60)	2.12(3.80)	2.10(3.70)	2.17(3.85)	2.33(4.05)
	10	2.21(3.40)	2.38(3.55)	2.18(3.75)	2.22(3.85)	2.15(3.85)	2.58(4.05)
	5	2.52(3.60)	2.53(3.65)	2.65(3.75)	2.42(3.90)	2.57(3.90)	2.36(4.00)
Thigh	20 deg.	2.83(5.50)	3.58(5.40)	3.25(5.80)	2.54(4.75)	2.76(5.35)	2.42(5.65)
	10	2.91(5.90)	2.81(5.75)	2.92(5.65)	2.48(5.70)	2.77(6.00)	2.56(6.05)
	5	2.26(6.25)	2.67(5.65)	2.62(5.65)	2.13(5.50)	2.21(5.25)	2.01(5.90)
Shin	20 deg.	2.79(5.30)	3.42(5.35)	3.56(5.75)	2.95(4.75)	3.75(5.35)	4.09(5.70)
	10	2.92(5.90)	2.68(5.60)	2.41(5.60)	3.12(5.65)	3.58(6.05)	3.92(6.20)
	5	2.58(6.25)	2.50(5.60)	2.56(5.55)	2.45(5.30)	2.26(5.00)	2.65(5.95)

(b) Subject 3 and 4

Body	Sub Bk Ca	3			4		
		100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.	3.29(3.70)	2.96(3.65)	2.33(4.05)	3.12(3.80)	3.07(4.00)	2.90(4.10)
	10	3.20(3.90)	2.92(4.05)	2.65(4.20)	3.38(3.75)	2.72(4.00)	2.64(4.00)
	5	3.30(3.65)	3.26(3.75)	3.19(3.90)	3.09(3.75)	2.27(3.90)	2.31(4.00)
Chest	20 deg.	1.28(3.75)	1.83(3.70)	1.59(4.15)	1.10(3.80)	1.43(4.05)	2.06(4.00)
	10	1.47(3.90)	1.92(4.05)	2.16(4.25)	0.99(3.80)	1.62(4.00)	1.75(4.00)
	5	0.85(3.85)	1.25(3.90)	1.46(3.90)	1.25(3.80)	1.43(4.00)	1.61(4.05)
Hip	20 deg.	2.32(3.75)	2.04(3.60)	1.83(3.95)	2.38(3.85)	2.21(4.05)	2.44(4.05)
	10	2.31(3.85)	2.29(3.95)	2.34(4.15)	2.54(3.75)	2.36(4.05)	2.44(4.05)
	5	2.24(3.60)	2.25(3.75)	2.13(3.75)	2.48(3.75)	2.52(3.95)	2.52(4.05)
Thigh	20 deg.	2.41(6.15)	2.38(5.90)	2.60(6.00)	1.91(5.40)	2.17(5.40)	2.38(5.55)
	10	2.47(6.60)	2.75(6.40)	2.47(6.35)	2.34(6.20)	2.51(6.45)	2.38(6.50)
	5	2.16(6.90)	2.30(6.85)	2.39(6.65)	2.30(6.00)	2.28(6.20)	2.19(6.50)
Shin	20 deg.	3.63(6.25)	4.08(5.90)	3.54(6.05)	3.64(5.40)	4.11(5.45)	4.50(5.60)
	10	3.62(6.65)	3.62(6.45)	3.05(6.80)	3.77(6.20)	3.56(6.50)	2.99(6.90)
	5	3.30(6.90)	3.49(6.85)	3.66(6.70)	3.47(5.85)	3.23(6.00)	2.83(6.55)

(c) Subject 5 and 6

Body	Sub Bk Ca	5			6		
		100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.	2.55(3.85)	2.56(3.65)	2.40(3.95)	1.42(4.00)	1.23(4.35)	1.08(4.55)
	10	2.79(3.90)	2.59(3.65)	2.30(4.00)	1.33(4.00)	1.31(4.05)	1.31(4.10)
	5	2.66(3.80)	2.45(4.05)	2.49(3.90)	2.26(4.00)	2.59(4.05)	1.11(4.25)
Chest	20 deg.	1.06(4.65)	1.47(4.00)	2.03(3.95)	1.11(4.05)	1.37(4.35)	1.38(4.50)
	10	1.51(4.05)	1.62(3.80)	2.16(3.95)	0.96(4.75)	1.32(4.00)	1.73(4.30)
	5	1.24(4.15)	1.33(4.15)	1.72(3.90)	1.34(4.50)	1.96(4.25)	1.24(4.35)
Hip	20 deg.	1.70(3.85)	1.65(3.65)	1.71(3.70)	1.63(3.95)	1.84(4.30)	1.91(4.50)
	10	1.92(3.65)	1.73(3.55)	1.96(3.80)	1.76(4.00)	1.70(3.95)	1.91(4.05)
	5	1.99(4.00)	1.96(4.00)	1.85(3.90)	2.03(4.20)	1.80(4.00)	1.86(4.35)
Thigh	20 deg.	5.01(6.35)	2.14(6.35)	2.52(6.45)	2.08(5.50)	2.55(5.60)	2.75(5.90)
	10	2.47(5.55)	2.70(5.15)	2.31(6.20)	2.80(6.30)	3.16(6.25)	3.35(6.00)
	5	2.99(4.45)	3.04(4.80)	2.99(5.50)	2.31(5.50)	2.42(5.15)	2.87(5.60)
Shin	20 deg.	3.98(6.35)	3.74(6.40)	3.95(6.20)	5.16(5.80)	4.78(5.65)	3.19(6.00)
	10	2.94(5.40)	2.79(5.10)	3.32(6.20)	3.71(6.25)	3.77(6.20)	3.82(5.80)
	5	2.43(4.40)	2.46(4.75)	2.53(5.25)	4.11(5.50)	3.73(6.10)	3.55(6.00)

(d) Subject 1 and 2 (random)

Body	Sub Bk Ca	1			2		
		100 deg.	110 deg.	120 deg.	100 deg.	110 deg.	120 deg.
Head	20 deg.	3.49(4.05)	3.37(4.00)	3.15(4.05)	3.15(4.25)	2.74(4.45)	2.49(4.48)
	10	2.40(4.00)	2.28(4.05)	2.18(3.95)	3.34(4.25)	3.28(4.30)	2.81(4.85)
	5	1.96(4.20)	2.03(4.25)	2.08(4.35)	2.73(4.55)	2.78(4.45)	1.05(5.00)
Chest	20 deg.	1.43(3.95)	1.75(4.05)	2.18(4.35)	1.21(4.30)	1.80(4.65)	2.00(4.80)
	10	1.34(4.00)	1.86(4.25)	2.14(3.95)	1.30(4.20)	1.82(4.40)	2.10(4.90)
	5	1.35(4.30)	1.65(4.25)	2.49(4.50)	1.23(4.50)	1.85(4.45)	1.83(4.75)
Hip	20 deg.	2.34(3.95)	2.32(4.00)	2.29(4.05)	2.10(4.30)	2.07(4.50)	2.39(4.90)
	10	2.30(3.90)	2.33(3.85)	2.50(3.95)	2.37(4.20)	2.33(4.30)	2.52(4.65)
	5	2.36(4.20)	2.48(4.25)	2.50(4.50)	2.50(4.45)	2.53(4.45)	2.21(4.95)
Thigh	20 deg.	3.92(8.05)	3.37(8.55)	3.23(7.90)	2.73(5.95)	2.86(6.65)	2.19(7.85)
	10	3.20(8.10)	3.12(8.20)	3.02(7.85)	2.19(8.40)	2.35(8.85)	2.64(8.30)
	5	2.74(9.05)	2.70(7.75)	2.57(8.10)	1.76(8.20)	2.11(8.30)	2.21(8.00)
Shin	20 deg.	3.85(8.00)	3.58(8.00)	3.28(7.45)	3.26(6.00)	3.30(6.85)	3.56(8.20)
	10	3.09(8.15)	2.75(8.35)	2.51(7.20)	3.70(8.45)	3.65(7.85)	3.68(8.15)
	5	3.43(8.10)	2.63(7.75)	2.47(7.75)	3.00(7.95)	2.90(8.00)	2.85(8.00)

下部での共振周波数は成人および高齢者の場合とほぼ一致するが、大腿部および下腿部は5~6 Hzで一度ピーク値をとり、さらに9 Hz周辺で加速度比は小さいがピークが認められる。

4. あとがき

本研究では性別、年齢、体型等が異なる6名の被験者による振動実測を行い、着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響、人体各部の位置による影響、および被験者による影響等を検討した。6名のみ被験者

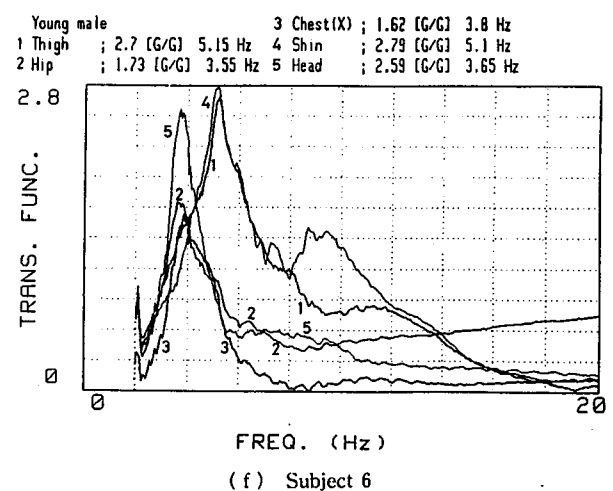
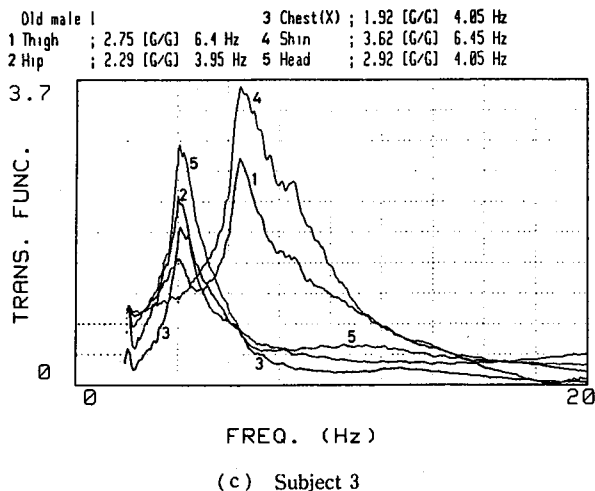
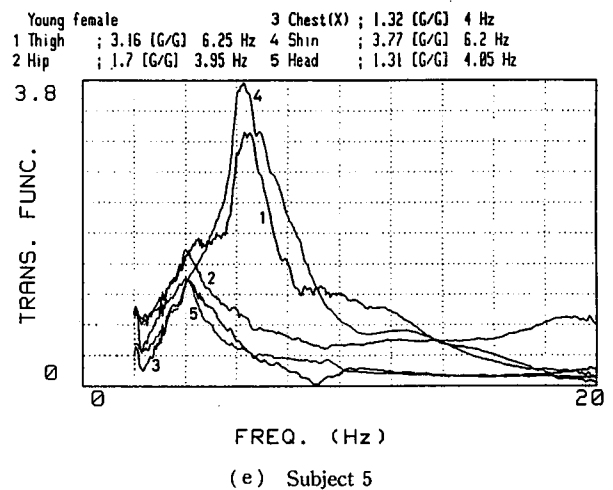
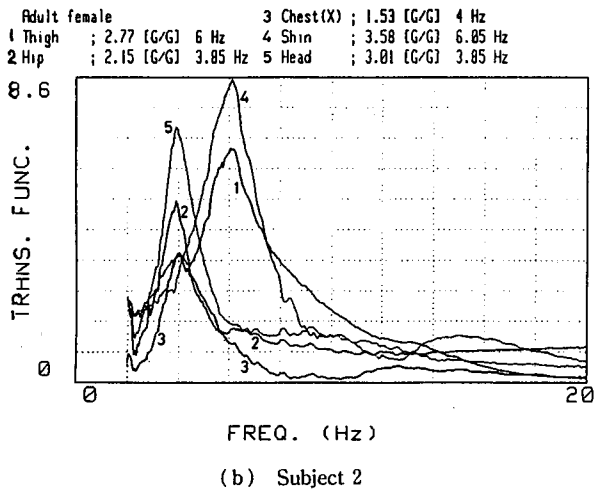
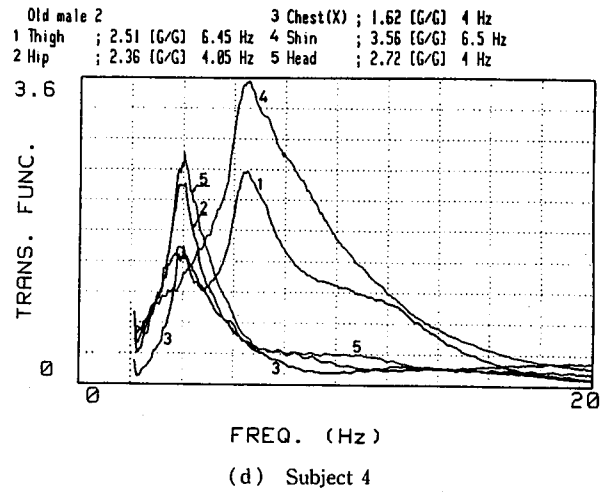
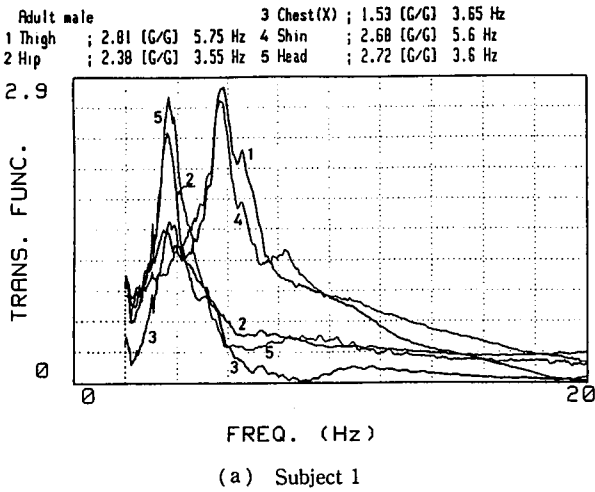


Fig. 12 Vertical acceleration ratio for each subjects



の試験結果から一般的な結論を導き出すことは必ずしも妥当とはいえないが、人体振動の特性は把握できたものと思える。明らかとなった結果をまとめると次のとおりである。

(1) 人体各部の振動計測は容易ではなく、各部の

振動計測を可能とする加速度センサ取付用装置を開発した。開発した装置を使用して計測を行ない、信頼できる測定値が得られた。

(2) シートバック角度および座面角度を種々変化させて、着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響を測定した。

頭部における上下方向加速度比については、各被験者ともシートバック角度が大きくなると、加速度比は減少する傾向を示した。

胴体部については、シートバック角度が大きくなると、すべての被験者の加速度比は増加した。座面角度による影響は認められない。

尻下部については、シートバック角度による影響は認められない。座面角度が小さくなると、被験者 1, 2, 4, 5 は加速度比が増加した。他の被験者は影響は認められない。

大腿部はシートバック角度による影響が認められない。座面角度が小さくなると、被験者 1, 2 は加速度が

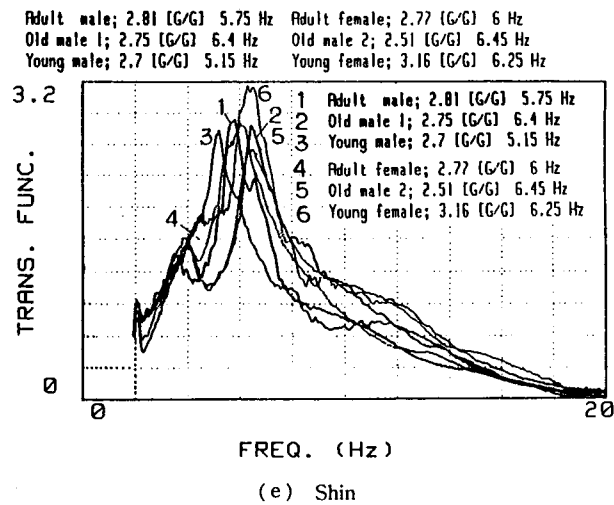
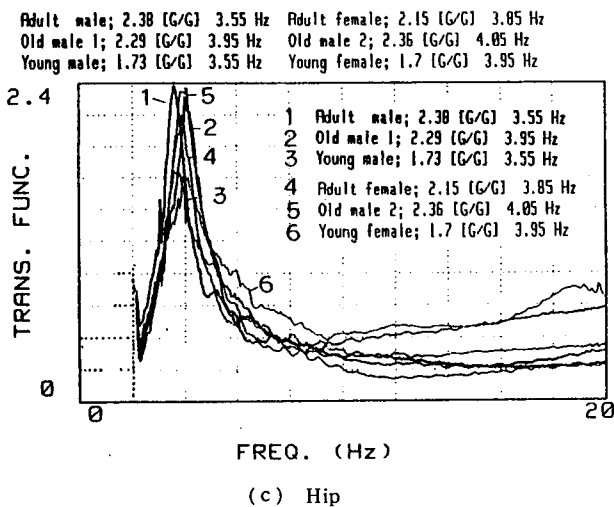
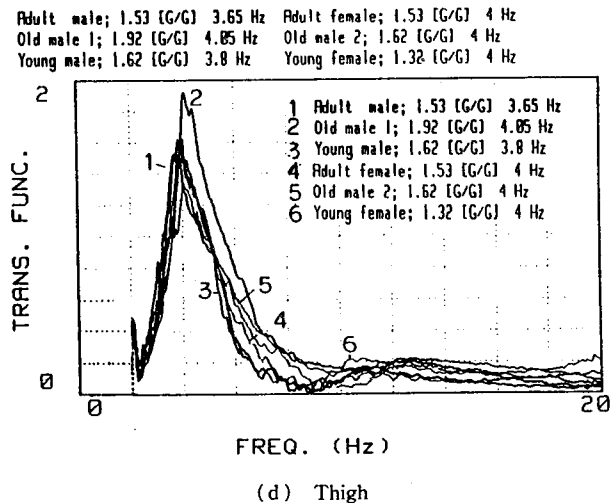
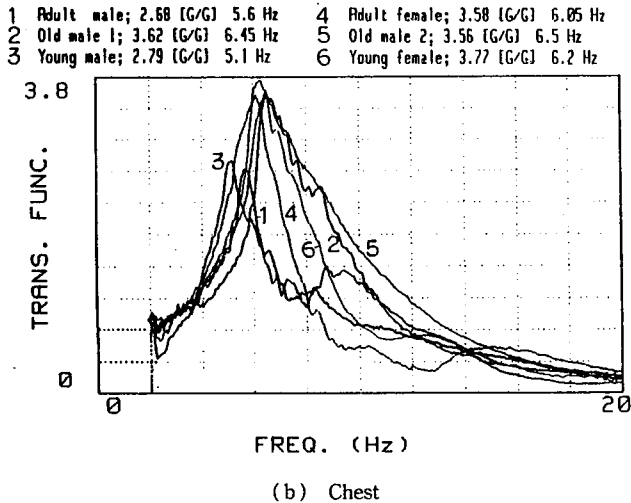
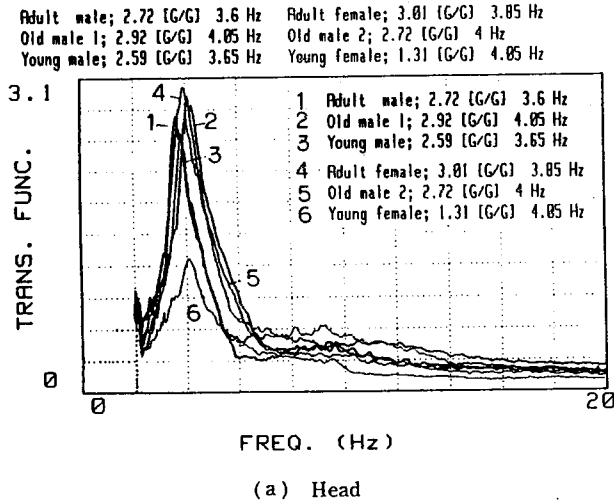


Fig. 13 Acceleration ratio for human body parts

減少した。他の被験者は変化が認められない。

下腿部については、シートバック角度が大きくなると、被験者 1, 4, 6 は加速度比は減少する。他の被験者は変化が認められない。座面角度が小さくなるとすべての被験者の加速度比は減少した。

(3) 人体の振動特性は位置により多少異なる。振動数が増加していくと、共振部が頭部、胴体部、上腕、下腕、大腿部、下腿部へと推移していく特性が観測された。

(4) 成人男子と成人女子の場合について正弦波加振とランダム加振の場合について比較した。その結果、ランダム加振のほうが共振時の加速度比と共振周波数は高くなる傾向がある。

(5) 被験者による影響として、生徒男子、児童女子については大腿部および下腿部において、5~6 Hz 周辺で加速度比は一度ピークが発生し、さらに 9 Hz 近辺においても小さなピークが認められた。

今後の課題として、さらに多数の被験者に対する試験データを蓄積して体系化することが望まれる。加速度センサ等を使用して人体の振動特性を計測することは容易ではなく、再現性も十分とはいえない。計測技術が向上し、非接触で人体各部の加速度が計測可能となれば、再現性が増し高精度の計測が可能となろう。

本研究にあたり、被験者としてご協力いただいた(財)広島市産業振興センター・山田利春氏、野村孝雄氏、デルタ工業(株)・松本光之氏、迫 智美氏、修道中

学・西山幸生氏、大洲小学校・石原佳奈氏には長時間にわたる実測にご協力いただいた。ここに付記し感謝の意を表す。

## 文 献

- (1) Janeway, R. N., Human Vibration Tolerance Criteria and Application to Ride Evaluation, *SAE Paper*, No. 750166, (1975), 1-24.
- (2) *ISO2631/1*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 1, (1985), 1-17.
- (3) *ISO2631/2*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 2, (1989), 1-18.
- (4) *ISO2631/3*, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration Part 3, (1985), 1-4.
- (5) 三輪, 振動と人体, 土木学会誌, 62-3(1977), 32-36.
- (6) H. デュピイ・G. ツェレット, 全身振動の生体反応, (1989), 11-109, 名大出版会.
- (7) 金田・ほか 2 名, 人間工学, 第 24 巻特別号, (1975), 158-159.
- (8) Fairley, T. F. and Griffin, M. J., The Apparent Mass of the Seated Human Body: Vertical Vibration, *J. Biomech.*, 22-2(1989), 81-94.
- (9) 土居・ほか 4 名, 機講論, No. 920-98(1992-11), 267-272.
- (10) 花井・加藤, 機講論, No. 930-63, A(1993-10), 288-290.
- (11) 北川・ほか 2 名, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 924(1992-10), 137-140.
- (12) Varterasian, J. H., *SAE Paper*, No. 820309, (1982), 1-15.
- (13) 河内・ほか 7 名, 生命工学工業技術研究所研究報告, 2-1(1994), 1-188.
- (14) 平成 5 年度学校保健統計調査結果報告, (1993), 27-28, 広島市教育委員会・広島市学校保健会発行.
- (15) 長松, モード解析入門, (1993), 255-256, コロナ社.