

広島市工業技術センター年報

第 8 卷

ANNUAL REPORTS

of

HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

VOL. 8

1994

平成 6 年 度

広島市工業技術センター

は じ め に

平成6年度広島市工業技術センター年報をおとどけいたします。

広島市の工業は、瀬戸内の気候風土に恵まれた立地条件の中で、輸送機械、一般機械、金属製品、生活関連製品を中心とした加工組立産業が発展してきました。

当センターは、そうした地域中小企業の技術支援を積極的におこなうため、日常の主要業務である技術指導・相談、依頼試験、講習会・研修会等の開催のほか、異業種交流事業、地域産業活性化推進事業、新技術共同研究事業、特定技術指導診断事業等の企業ニーズを反映させた事業を実施しています。

また、試験研究業務では、日本自転車振興会等の補助により試験機器の導入で研究体制を整備し、日常の技術指導・相談から研究テーマを決めて自主研究、共同研究をおこなっています。

本冊子は、平成6年度の業務全般にわたる「業務報告」と「研究報告」を合わせて、その概要を編集しました。

この冊子から当センター業務内容について、広く関係者の皆様方にご理解いただき、ご参考になれば幸いと存じますので、ご一覧の上、ご助言、ご指導を賜りますよう宜しくお願い致します。

平成7年10月

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・調査	12
(4) 施設見学	12
(5) 技術者研修事業	13
(6) 先端技術研究開発事業	14
(7) 新技術共同研究事業	15
(8) 技術交流事業	16
(9) 特定技術診断指導事業	17
(10) 特定技術後継者育成事業	17
(11) 鋳物産業活性化事業	18
(12) 地域産業活性化推進事業	18
(13) 重慶市技術交流事業	20
(14) 発明考案の奨励事業	20

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)

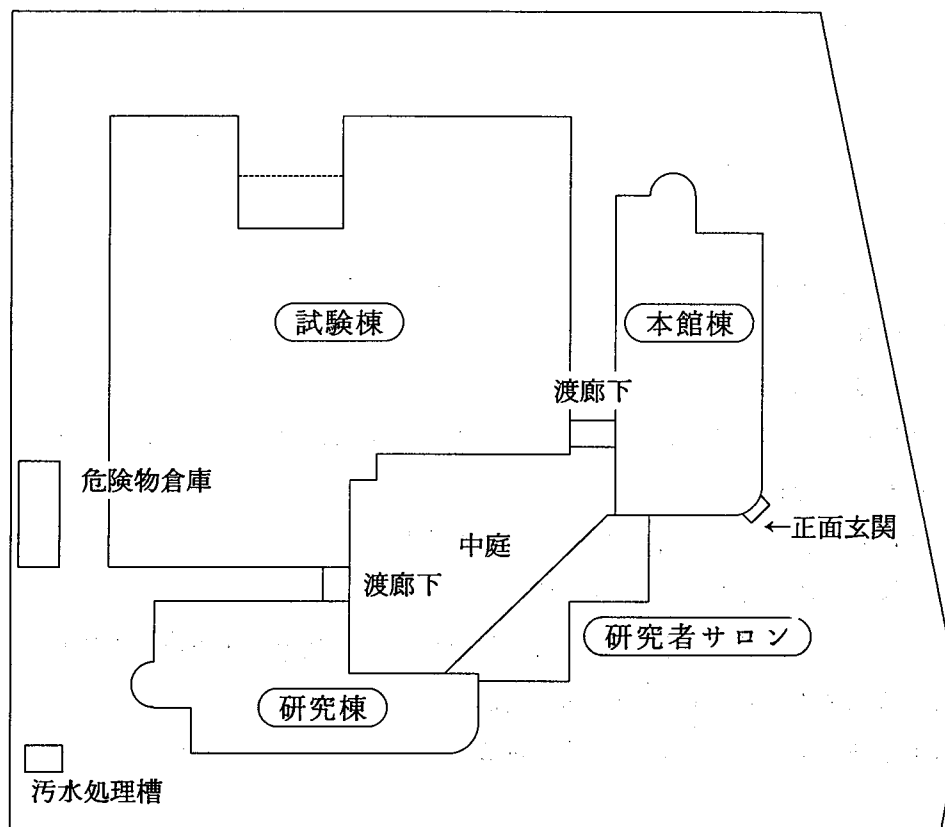
(2) 土 地・建 物

① 建設規模

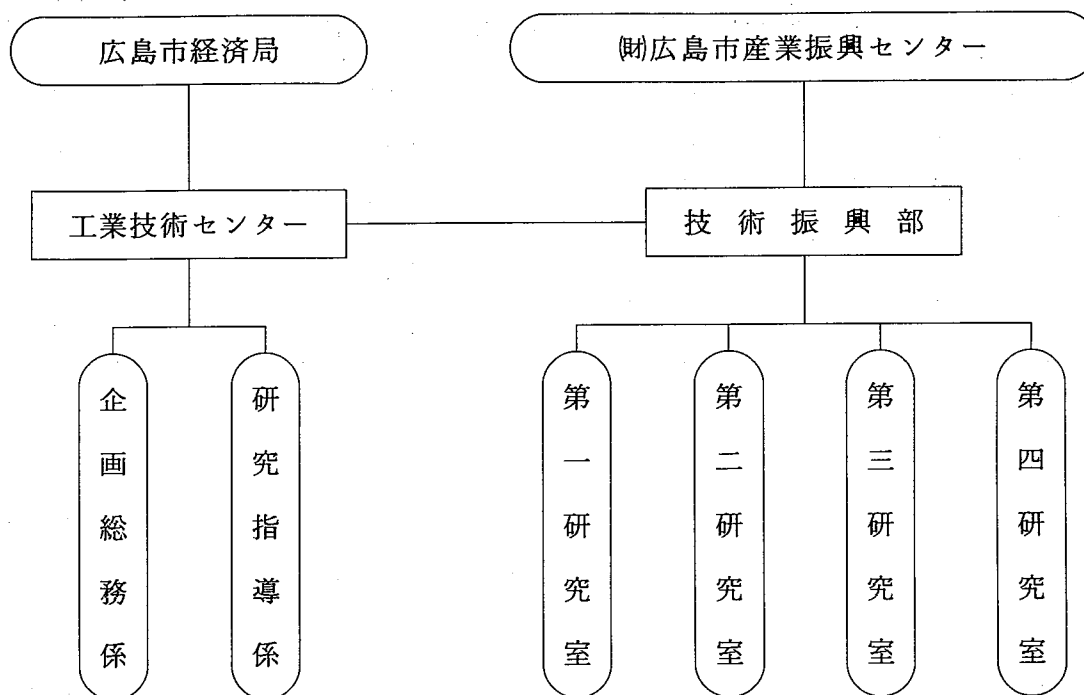
(単位：m²)

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

② 配置図



(3) 組織および業務



依頼試験・設備使用の受付及び手数料・使用料の収納。

試験成績書の発行。

発明考案に関する奨励事業。

公設試験研究機関との共同研究及び研究成果の普及。

産業デザインに関する研究及び技術指導。

各種工業材料の利用技術に関する研究及び技術指導。

成形加工技術及び機械加工技術に関する研究及び技術指導。

表面処理・改質技術に関する研究及び技術指導。

生産管理技術に関する研究及び技術指導。

電気・電子応用技術に関する研究及び技術指導。

コンピュータ支援技術・情報処理技術に関する研究及び技術指導。

各種工業材料の機械試験・物性試験及び化学分析。

各種工業製品の試験・測定・検査。

中小企業からの受託研究及び企業との共同研究。

講習会・研修会・研究会の開催及び人材育成事業。

技術交流事業の支援。

技術情報の収集・加工・提供。

定期刊行物等の企画・発行。

(4) 予 算

① 歳 入

(単位：千円)

科 目	平成5年度当初予算額	平成6年度当初予算額	増 減
商 工 使 用 料	872	614	△ 258
商 工 手 数 料	28,912	29,418	506
商工費国庫補助金	11,610	11,659	49
雑 入	21,044	15,162	△ 5,882
計	62,438	56,853	△ 5,585

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成5年度当初予算額	平成6年度当初予算額	増 減
報 償 費	120	120	± 0
普 通 旅 費	2,804	1,202	△ 1,602
消 耗 品 費 等	3,934	5,349	1,415
食 糧 費	278	278	± 0
通 信 運 搬 費	87	101	14
手 数 料 等	40	40	± 0
委 託 料	140,342	155,027	14,685
使用料及び賃貸料	886	1,031	145
備 品 購 入 費	67,497	52,150	△ 15,347
負担金補助及び交付金	3,159	3,172	13
計	219,147	218,470	△ 677

(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	※ H 5
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	※ H 4
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	※ H 3
1000kN万能試験機	(株)島津製作所 UMH 100T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
ショッパース式引張試験機	(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・スーパーフィッシャル硬度計	(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 CHARPAC-5C型	H 1
30kNシャルピー衝撃試験機	(株)東京衡機製造所 IC型	H 2
疲労試験機	(株)島津製作所 EHF-UD100KN	※ H 4
回転曲げ疲れ試験機	(株)東京衡機 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	* H 4
焼入試験機	(株)川崎製鉄	S41
繰返し荷重試験機	サクラ工業(株) AB型	* S47
走査型電子顕微鏡	(株)日立製作所 S-2400型	※ H 2
金属顕微鏡	ユニオン(株) 6318型	S54
実体顕微鏡システム	オリンパス(株) PMG3	※ H 5

*：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
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	H 1
低温型示差走査熱量計	セイコー電子工業(株) DSC-220C型	※ H 3
熱機械分析装置	セイコー電子工業(株) TMA-SS120C型	※ H 3
示差熱分析装置	真空理工(株) TA-1500型	※ S59
渦電流式非破壊膜厚計	ダーミトロン D-5型	* S47
自記変歪測定装置	サクラ工業(株) SFH-20S型	S62
荷重変位測定装置	(株)シンコ工業 6505型	* S54
万能投影機	日本光学工業(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	※ H 3
三次元座標測定機	日本光学(株) トライステーション600型	※ S62
蛍光X線微小膜厚計	(株)セイコー電子工業 SFT-3200型	※ H 3
歪検出システム	(株)共和電業 E-SPIRAS8型	* H 3
試料埋込機	ビューラー SIMPLIMET II型	※ S56
超音波探傷機	日本クラウトクレマーウェルターHIS-2	※ H 2
X線応力測定装置	(株)リガク MSF-2M型	※ S63
プログラマブルコントローラ	立石電機(株) SYSMAC C-120型	※ S59
画像処理システム	(株)ネクサス 7106型	* H 2
ロジック開発装置	YHP(株) 64000型	S62
デジタイザシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	* H 4
CAD/CAMシステム	富士通(株)S-3300 ANVIL-4000	S62
メニカルCAEシステム	ヒューレット・パッカード社 モデル735	* H 5
アナライジングレコーダ	横河電機(株) 3655E	S62
デジタルパワーメータ	横河電機(株) 2533	S62
AI開発システム	(株)東芝 AS4075GX型	* H 3
電子回路試験装置	ノイズ研究所 EMC-5000S他	※ H 1
デジタルストレージスコープ	松下通信(株) VP-5740A	S62
精密電圧電流測定器	横河電機(株) 2723	S62

*：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
標準電圧電流発生器	横河電機(株) 2558 2553 2563	S62
周波数測定機	リオン(株) SA-57型	* S47
マイクロロボット	三菱電機(株) RM-501型	S59
カラーシミュレータ	日本色研事業(株) 678RC-SA-101型	* S63
コンピュータグラフィックシステム	アップル社 マッキントッシュIIFXシステム	* H 2
デザインスコープ	(株)いずみや 3N型	S62
写植機	(株)写研 SPICA-AH型	* S63
デジタル変角光沢度計	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
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	※ H 5
摩耗試験機	テスター産業(株) AB101型	H 1
めっき処理装置	富士プラント工業(株) プライスター1型	* S55
屋外暴露試験器	スガ試験器(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-2CH-B型	H 1
紫外線フェードメーター	スガ試験機(株) FAL-SP-H型	H 1
サンシャイン式ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SUN-HC型	* S54
冷熱衝撃試験機	タバイエスベック(株) TSC-10型	* S54
サーマルショック試験機	タバイエスベック(株) TSR-103型	* S63
温湿度繰り返し試験機	タバイエスベック(株) PL-3E型	* S54
湿潤試験機	スガ試験機(株) CT-3型	* S62
高温熱風乾燥器	タバイエスベック(株) HPS-222型	* S55
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスベック(株) HLKS-3A型	H 1
塗料用退色試験機	スガ試験機(株) FM-1型	H 1

*：中小企業庁補助対象機器 ※：日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
恒温恒湿低温槽	タバイエスベック(株) PL-4G型	* S62
恒温恒湿槽	タバイエスベック(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 エレップ R-E-AN	H 1
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
フロークター塗装機	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
冷間等方圧加圧装置 (CIP)	三菱重工業(株) MCT-100型	※ S63
熱間等方圧加圧装置 (HIP)	三菱重工業(株) O2-Labo HIP型	※ H 1
プラズマ溶射装置	プラズマダイソ 40型	S62
集塵装置	サンエス工業(株)バローズブース NB-2S型	H 2
ガス溶射装置	日本ユテク(株) テロダイノシステム2000型	H 2
プラズマ溶射ロボット	プラズマ技研工業(株) モトマンK6SB型	※ H 3
立形マシニングセンター	(株)遠州製作所 VMC530 II 型	※ S63
NCワイヤーカット放電加工機	三菱電機(株) DWC90H型	※ H 1
NC放電加工機	三菱電機(株) M35KC7型	※ H 2
放電精密型彫機	シャパレックス(株) D-15L型	※ S36
真空加圧含浸装置	サンワエンジニアリング(株) VPI-2PW型	H 1
真空蒸着装置	(株)島津製作所 VPC-350型	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	* H 3
炭酸ガスレーザ加工機	(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
立形フライス盤	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	H 1
木工用油圧プレス	(株)セイブ ONK-1000×2000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

*：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
高温真空炉	(株)島津製作所 DEGUSSA	※ S58
雰囲気加熱炉	光洋リンドパーク 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 RII-2-CC	※ H 5
旋盤	森精機(株) MS-650型	※ S57
平面研削盤	日興機械(株) NSG-520H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	H 1
ボーリングマシン	新前田工業(株) SAD-120B型	S62
タブテールマシン	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
超仕上かな盤	丸仲鉄工所 ロイヤル 3型	S62
高速度手押しかな盤	(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	H 1
軸傾斜横切丸鋸盤	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	H 2
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
ベルトサンダー	桑原製作所 KBS-70型	* S55

平成6年度・導入機器

カプセリング装置	三菱重工業(株) Laboカプセリング100	※ H 6
5 kg シャルピー衝撃用角度検出システム	(株)米倉製作所 CCP-60P	※ H 6
横型バンドソー	(株)ニコテック SCH-33FA	※ H 6
蛍光X線分析装置	セイコー電子工業(株) SEA2010L	※ H 6
投影機用データ処理装置	(株)ニコン DP-302	※ H 6

2 事業

- (1) 依 頼 試 験
- (2) 設 備 利 用
- (3) 技 術 指 導 相 ・ 調 査
- (4) 施 設 見 学
- (5) 技 術 者 研 修 事 業
 - ① デザイン高度化推進事業
 - ② 生産工程合理化推進事業
 - ③ 新技術普及事業
- (6) 先端技術研究開発事業
- (7) 新技術共同研究事業
- (8) 技術交流事業
- (9) 特定技術診断指導事業
- (10) 特定技術後継者育成事業
- (11) 鋳物産業活性化事業
- (12) 地域産業活性化推進事業
- (13) 重慶市技術交流事業
- (14) 発明考案の奨励事業

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	19	35	57,400
	物 理 試 験	15	72	110,880
	接 着 試 験	7	46	71,840
	製 品 性 能 試 験	18	790	330,750
	小 計	59	943	570,870
金 属・非 金 属	機 械 試 験	3,582	13,741	20,484,850
	物 理 試 験	147	559	1,691,560
	分 析 試 験	133	599	1,887,420
	小 計	3,862	14,899	24,063,830
表 面 処 理	塗 料 試 験	—	—	—
	皮 膜 試 験	126	8,972	2,779,280
	小 計	126	8,972	2,779,280
電 子・電 気	電子計算機による解析	4	7	31,710
	電 気 試 験	6	8	7,820
	小 計	10	15	39,530
試験用試料作成	木 材・木 製 品	3	34	52,360
	金 属・非 金 属	10	142	218,680
	塗 装・塗 膜	4	7	27,370
	電 子・電 気	4	6	9,240
	小 計	21	189	307,650
意 匠 図 案 の 作 成		4	73	225,570
工 業 製 品 の 試 作		5	16	12,320
試 験・検 査 に 関 す る 証 明		13	47	16,920
合 計		4,100	25,154	28,015,970

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	収入額(円)
工 作 機 械	25	65	52,130
試 験 設 備	70	149	156,830
合 計	95	214	208,960

(3) 技術指導相談・調査

分類	分野	業 務 内 容	技 術 指 導	技 術 調 査	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	57	1	58
B	電子・電気	電力機器、電気応用機器、電子応用機器	49	—	49
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	147	1	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	772	6	778
E	木材・木質材	材料、加工技術、表面技術、改質技術	277	1	278
F	情 報 処 理	情報管理、情報数理、コンピュータシステム	82	1	83
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	104	3	107
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	84	—	84
I	資 源	金属鉱業、石炭及び石油鉱業	2	—	2
J	建 設	鋼構造、コンクリート製品	8	—	8
K	衛 生	環境、公害防止技術、廃棄物有効利用技術	9	—	9
Z	そ の 他	その他	287	20	307
計			1,878	33	1,911

(4) 施設見学

見 学 団 体	見 学 者 数
中国重慶市自動車整備技術研修生他	38団体 305名

(5) 技術者研修事業……………《講習会・研修会の開催》

① デザイン高度化推進事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
コンピュータグラフィックスデザイン講習会	3月24日	松井桂三を取り巻く世界のデザイン状況	(有)松井桂三デザイン室 代表 松井 桂三	37名	谷 本
	3月27日	デザインテクニックを生かす材料と用具	レトラセットジャパン(株) PRマネージャー 吉田 滋子	26名	
製品デザイン開発セミナー	4月18日	私の経営哲学とデザイン ・経営マネジメントとデザイン開発の手法	三島食品株式会社 代表取締役社長 三島 哲男	56名	谷 本
インテリアデザイン技術研修会	① 1月17日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 主宰 山下 新治	20名	西 原
	② 1月24日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 主宰 山下 新治	20名	
	③ 1月31日	製図法・スケッチ技法	広島市産業振興センター 専門員 西原 正明	20名	
	④ 2月7日	製図法・スケッチ技法	広島市産業振興センター 専門員 西原 正明	20名	
	⑤ 2月14日	パースと色づけ	建築アトリエ・K 代表 慶雲寺 誠	20名	
	⑥ 2月21日	パースと色づけ	建築アトリエ・K 代表 慶雲寺 誠	20名	
	⑦ 2月28日	開発の手法	広島市産業振興センター 専門員 谷本 義則	20名	
	⑧ 3月7日	インテリアの計画	(株)アステリア コーディネータ 河野 房子	20名	
注文洋服縫製技術講習会	7月19日	イーgerオーダーの展望と対応策	日本メンズ、アパレル、アカデミー 日本洋服専門学校 主任教授 新村 作治	25名	岡 本
広島市デザイン講習会	10月27日	伝統工芸技術の家具インテリアデザインの応用	多摩美術大学 教授 高木 晃	36名	岡 本
	10月28日	デザイン開発ビジネスにおけるコンピュータの活用	(株)デザイン総研広島 業務部長 石井 誠	39名	

② 生産工程合理化推進事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
スクリーンプロセス技術講習会	11月25日	スクリーン印刷における製版材料について	六桜商事(株) 技術部長 宍戸 義一	91名	山 寄
表面処理技術講習会	2月17日	鉄鋼材料におけるオーステナイトの安定性と熱処理	広島工業大学 教授 山根 壽巳 (株)不二越 柳本 武治	43名	市 後
金属塗装技術講習会	7月21日	塗装作業の改善と塗装関連資材	大日本塗料(株) 汎用部技術 チームリーダー 畑中 昭良	48名	野 村

③ 新技術普及事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
工具鋼材料技術講習会	2月24日	高靱性の塑性加工用ハイスについて	日立金属(株) 冶金研究所 次長 中村 秀樹	63名	山田洋

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
高分子材料講習会	4月22日	エネルギーと環境問題 「高分子の置かれた立場」	淑徳短期大学 教授 北野 大	69名	奥 村 四 辻
	9月9日	フィラーとエラストマー	大阪工業技術研究所交流推 進センター所長 相馬 勲	50名	
	11月11日	防振ゴムについて 「ゴム材料からみた防振ゴム」	日本合成ゴム(株) 開発室主事 川田 隆	40名	
木質系新素材講習会	11月1日	木質系新素材の現状と将来	京都府立大学農学部 教授 梶田 熙	45名	木 下
高度加工技術講習会	11月12日	水のパワー全開、ウォータージェッ ト加工とは？「三次元切断加工の 切札」	(株)スギノマシン 機装設計課長 喜渡 秀隆	42名	中 井
バイオエンジニアリ ング技術講習会	3月23日	振動の測定と人体影響	労働省 産業医学研究所 米川 善晴	48名	西 山
知識工学応用技術講 習会	3月16日	ネットワーク技術の最新動向 (次世代を生き抜くネットワーク 戦略)	慶応義塾大学 教授 斉藤 信男	91名	上 杉 西 山
CAD/CAM/CAE 技術講習会	11月16日	有限要素法の基礎と応用(実用編)	広島大学 工学部 教授 藤谷 義信	60名	上 杉
CIM技術講習会	2月1日	現場主導で進めるCIM構築と活用	(株)ボックス研究所 代表取締役 木村 博光	37名	小 島
ニューファクトリー 講習会	2月8日	ニューファクトリーで乗り切る平 成不況…1995年	埼玉大学 政策科学研究所 教授 橋本 久義	42名	上 杉
マイコン研修会	① 7月20日	マイコン応用概論	広島工業大学 教授 玉野 和保 氏	11名	尾 崎 上 杉 田 中
		マイコン実習用インターフェース ボードの組立	広島市工業技術センター 研究指導係 尾崎 清		
	② 7月22日	プログラミング実習	広島市工業技術センター 研究指導係 尾崎 清 田中 秀樹	11名	
	③ 7月26日	・スイッチ入力 ・LED、リレー、スピーカ出力 ・光、音、温度のセンシングと A/D変換		12名	
	④ 7月28日	・モータICによるステッピング モータ駆動		12名	
	⑤ 8月2日	・割り込み処理 ・分割コンパイル ・プログラムのROM化		11名	
	⑥ 8月4日	※使用原語 C言語	広島市産業振興センター 第四研究室 上杉 憲雄	12名	

(6) 先端技術研究開発事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
パイオニア技術研究 会	① 5月13日	平成5年度事業報告 話題提供 自動車用防振ゴムの開 発	委員長 広島大学工学部 教授 石川 満夫	16名	奥 村 四 辻
	② 9月2日	機能性高分子材料の開発	委員長 広島大学工学部 教授 石川 満夫	16名	

名 称	開催月日	テ マ	講 師	参加人員	担当者
	③ 11月18日	機能性高分子材料の開発	委員長 広島大学工学部 教授 石川 満夫	16名	
	④ 2月24日	機能性高分子材料の開発	委員長 広島大学工学部 教授 石川 満夫	16名	

(7) 新技術共同研究事業……………《研究会の開催》

名 称	開催月日	テ マ	講 師	参加人員	担当者
C A E 研 究 会	① 5月26日	C A E の基礎理論 1. ー有限要素法ー	東京理科大 工学部 教授 川井 忠彦	10名	古 谷
	② 7月27日	C A E の基礎理論 2. ー振動解析と部分構造合成ー	東京工業大学 工学部 教授 長松 昭男	10名	
	③ 9月19日	C A E の基礎理論 3. ー境界要素法に関する最近の話題ー	信州大学 工学部 教授 田中 正隆	10名	
	④ 11月24日	C A E の基礎理論 4. ー最適設計法ー	金沢大学 工学部 教授 尾田 十八	10名	
	⑤H7年 1月26日	産業界への適用事例と課題	広島大学 工学部 教授 藤谷 義信	10名	
品質工学研究会 (タグチメソッド)	① 7月14日	課題作成	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	市 後 浅 野 桑 原
	② 8月19日	課題作成	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	
	③ 9月7日	実験計画の検討	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	
	④ 10月21日	実験データの解析方法	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	
	⑤ 11月17日	S N 比の計算	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	
	⑥ 1月19日	実験結果の検討	電気通信大学 教授 矢野 宏	20名	
N C 工作機械加工技術研究会	① 4月27日	5年度活動報告 新会員の紹介		15名	中 井
	② 5月18日	生産性の物差しづくりの検討 研究テーマの集約		14名	
	③ 6月13日	研究テーマの絞り込み、進め方		11名	
	④ 7月13日	エンドミル加工の基礎から応用技術	オーエスジ(株) 設計課長 三好 忠義	46名	
	⑤ 9月14日	金属材料の被削性とその特性	神戸製鋼所 技術サービス課 課長代理 山本 憲一	40名	
	⑥ 10月12日	切削条件アップトライシートの説明と質疑 改善事例の説明と質疑		10名	
	⑦ 11月9日	切削体質変革運動、今やる現場改善	西技術士事務所 所長 西 嶋祐	104名	
	⑧ 12月14日	国際工作機械見本市視察報告 切削条件アップ段取り改善事例		19名	
	⑨ 2月8日	切削条件アップトライシート 段取り改善事例		12名	
	⑩ 3月8日	研究会活動報告		14名	

(8) 技術交流事業……………《異業種企業による交流会の開催》

名 称	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 5月23日	会員及び会社概要の紹介 会の運営方針の検討・会則の作成		16名	木 下
	② 6月6日	「材料としての木材」	鳥取大学農学部 教授 作野 友康	19名	
	③ 7月15日	会則及び会議運営について		16名	
	④ 8月19日	「木材の化学加工」	奈良県林業試験場 主任研究員 伊藤 貴文	20名	
	⑤ 10月13日	「木材の化学修飾」	大倉工業(株) 研究所 第2研究室長 上田 實	15名	
	⑥ 12月15日	先進地調査の報告 「ウッドセラミック技術」他	第2研究室 専門員 木下 利徳	14名	
	⑦ 1月31日	木材加工および廃材活用技術の研究 ないし開発新事例	京都大学農学部 教授 白石 信夫	17名	
	⑧ 2月 23.24日	先進地調査 高知県工業技術センター		1名	
生活環境技術交流部 会	① 4月19日	先進地調査に基づく報告 第二次案のアイデア展開作業	第三研究室 主任技師 岡田 邦彦	7名	西 原
	② 5月24日	海外における福祉機器、福祉設備 等について	(株)熊平製作所 沖 和行	9名	
	③ 6月14日	施設見学会 はたのリハビリ整形外科		8名	
	④ 7月22日	施設見学会の調査報告 試作品のアイデア展開作業	第三研究室 専門員 西原 正明	7名	
	⑤ 8月22日	第二次案のアイデア展開作業 (トイレ及び浴室の補助機器)		8名	
	⑥ 9月19日	試作品のアイデア展開作業 (昇降機の試作開発)		7名	
	⑦ 10月24日	試作品のアイデア展開作業 (ガスダンパーを使用した試作品)		5名	
	⑧ 11月22日	先進地調査に基づく報告会 (東京都社会福祉総合センター等)	第三研究室 専門員 西原 正明	10名	
	⑨ 12月21日	先進地調査に基づく報告会 (神戸市総合福祉ゾーン等)	第三研究室 室 長 斉藤 文二	8名	
	⑩ 1月25日	介護と介護機器について	特別養護老人ホーム温品荘 施設長 橋本 和夫	17名	
	⑪ 2月23日	高齢化社会に対応した「モノ」づ くりについて	いずみ整形クリニック 副院長 鳥井 浩司	17名	
エコロジー研究会 (くすのき会)	① 5月16日	1. くすのき会総会 2. 役員人事		13名	野 村 小 島 岡 本
	② 6月15日	今後の交流事業の進め方と内容 (その1)		11名	
	③ 7月12日	今後の交流事業の進め方と内容 (その2)		11名	
	④ 25～ 8月26日	堺経営者協会異業種プラザ 広島市くすのき会との地域交流会	(社)高知県機械工業会 理事長 垣内 保夫	12名	
	⑤ 9月13日	今後のくすのき会活動テーマの継 続検討など		7名	

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
	⑥ 10月24日	今後のくすのき会活動テーマの継続検討など		9 名	
	⑦ 11月18日	会員企業現地研修		8 名	
	⑧ 12月20日	「エコロジー関連分野の技術と市場の動向」について	(株)融合 代表取締役 塗師 哲夫	10名	
	⑨ 1月26日	会員企業実施研修 「バイオ・フィットと異業種交流活動」	(株)西日本科学技術研究所 代表取締役 福留 脩文	8 名	
	⑩ 2月 13.14日	地域間異業種交流会 土佐技術交流プラザ交流会	場所 高知市	6 名	
	⑪ 2月 22.23日	平成6年度技術・市場交流プラザ 全国大会、全国融合化フェア	場所 東京都	5 名	

(9) 特定技術診断指導事業……………《現地指導》

名 称	テ ー マ	開催月日	指 導 企 業	講 師	参加人員	担当者
鑄 造 技 術 診 断 指 導	・ 鑄物工場の生産性向上 を図る製造技術の指導	11月17日	(株)野間鑄造所 (株)ニノミヤフェンドリー	帝京大学 理工学部 教授 松田 政夫	15 名 2 社	山田洋 中 村
		11月18日	(株)ニノミヤメタル (株)大田鑄造所		16 名 2 社	
新素材利用技術 診 断 指 導	・ 木質系新素材材の利用 と塗装上の問題点	3月1日	(有)ツカダ 協和木工(株)	玄々化学工業(株) 営業技術グループ リーダー 五反田隆男	12 名 2 社	木 下 齊 藤
		3月2日	(株)大之木ダイモ クレセン工業(株)		16 名 2 社	
熱 処 理 技 術 診 断 指 導	・ 最新の金属材料へのイ オン、プラズマ窒化技 術について	12月6日	新中央工業(株) (株)ナガト	日本電子工業(株) 生産技術室 室長 長田 幸雄	12 名 2 社	市 後 浅 野
		12月7日	呉金属熱錬工業(株) (有)神和熱処理		20 名 2 社	
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	12月9日	巢守金属工業(株) (株)熊平製作所	マツダ(株)購買技術部 主任 平岡 康孝	18 名 2 社	植 木
		12月12日	(有)浜本美塗工業 タナカ鉄工(株)		16 名 2 社	

(10) 特定技術後継者育成事業

名 称	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 5月12日	平成5年度事業報告 平成6年度事業計画・活動内容	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	19名	植 木
	② 6月10日	先進企業視察 日本鋼管(株) 福山製鉄所	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	20名	
	③ 7月20日	先進企業視察 (株)日本製鋼所広島製作所	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	26名	
	④ 8月24日	先進企業視察 マツダ(株)	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	27名	
	⑤ 9月2日	平成6年度事業の今後の内容・方 法について	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	12名	
	⑥ 9月28日	先進企業視察 (株)研創	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	20名	
	⑦ 10月26日	各社QC工程表の改善点・対策 PL法について	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	8 名	

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
	⑧ 17～ 11月18日	先進地視察（兵庫県） フジコー(株)、マルイ鍍金工業(株) 新日本製鉄(株)広畑	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	15名	
	⑨ 12月13日	「めっき業界の今後の課題」	全国鍍金工業組合 副会長 山崎 五郎	22名	
	⑩ 2月3日	先進企業視察 新ダイワ工業(株)	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	16名	
	⑪ 3月3日	先進企業視察 セーラー万年筆(株)	表面処理コンサルタント 竹内 信彦	24名	
	⑫ 3月22日	海外のメッキ技術の現状と機能メッキについて	矢部技術事務所 矢部 賢	20名	

(11) 鋳物産業活性化事業

名 称	開催月日	テ ー マ	講 師	参加人員	担当者
若手鋳物技術者 研 究 会	① 8月8日	「鋳造技術の展望」	近畿大学工学部 教授 塩田 俊雄	13社 15名	山田洋 中 村
	② 9月14日	「鋳造方案」 鋳造工場の現場課題について	近畿大学工学部 教授 塩田 俊雄	13社 15名	
	③ 11月2日	「鋳造方案技術の基礎」	帝京大学 理工学部 教授 松田 政夫	13社 17名	
	④ 12月9日	「鋳物の溶解に関するお話」	ヨシワ工業(株) 常務取締役 杉本 計三	13社 15名	
	⑤ 2月10日	鋳造品の品質管理技術	大和重工(株) 鋳物工場長 長沼 静	13社 14名	
	⑥ 3月24日	鋳鉄溶解における接種について	(有)日下レアメタル研究所 技術室長 千田 昭夫	13社 16名	

(12) 地域産業活性化推進事業

名 称	開催月日	テ ー マ	参加人員	参 加 企 業	担当者
新製品家具開発 研 究 会	① 4月14日	平成5年度開発製品の評価・課題 開発製品と研究への取り組み	17名	☐ 協和木工(株) ☐ 大之木ダイモ ☐ マルニ ☐ アソネルベッド ☐ 宮本工芸(株) ☐ クレセン工業(株) ☐ トレビ	野 村 谷 本
	② 5月25日	平成6年度補助事業申請ヒアリング報告	17名		
	③ 6月10日	各社の開発製品企画について 機能性の装置・技術等の課題	9名		
	④ 6月23日	製品開発計画の説明・検討	16名		
	⑤ 6月27日	両面ハッチ用モーター及び昇降駆動装置について	7名		
	⑥ 7月5日	各社開発製品の進捗状況報告 開発における課題	8名		
	⑦ 7月22日	開発製品の紹介と電動駆動装置の課題	18名		
	⑧ 8月11日	補助事業の再確認 今後の取り組みについて	9名		
	⑨ 8月31日	各社の進捗状況報告 補助金交付決定報告	17名		
	⑩ 9月8日	各社の試作品評価・検討	21名		

名 称	開催月日	テ ー マ	参加人員	参 加 企 業	担当者
	⑪ 9月14日	家具見本市出品方法と小間割 家具の機能・品質とPL法	22名		
	⑫ 9月27日	両面ハッチ、昇降飾り棚、システム 収納家具等の試作品の評価・課題	10名		
	⑬ 9月28日	ベット試作品の評価・課題 テーブル、キャビネットの駆動装置	7名		
	⑭ 10月17日	塗装見本板による試作品の着色検討	21名		
	⑮ 11月5日	見本市発表展示会のレイアウト、 ディスプレイについて	9名		
	⑯ 11月8日	開発製品の評価・課題について 来場者の評価・反応等について	12名		
	⑰ 12月6日	東京国際家具見本市調査報告 安全性を考慮した製品開発	18名		
	⑱ 1月12日	PL法に基づいた開発製品の見直し、 電動部の低コスト化	9名		
	⑲ 1月27日	ひろしまデザインフェアへの開発 製品の出展準備	12名		
	⑳ 2月7日	開発製品の販売チャネルの見直し 市場性の開拓	11名		
	㉑ 2月21日	新たな開発製品のアイテムとデザインの 目標設定	8名		
	㉒ 2月24日	開発製品の福祉用関連用品販売ルート について	11名		
	㉓ 3月17日	今回の開発製品の販路拡大と来年度の 開発の継続	13名		

(13) 重慶市技術交流事業

広島市は重慶市との技術交流の一環として、2名の技術研修生を受け入れ、3ヶ月間の研修を実施した。

●研修期間 平成6年11月1日～平成7年1月31日

研 修 者	研 修 テ ー マ
○氏 名 譚 徳余 (たん とくよ) ○所 属 重慶市塑料科学研究所 副所長	高分子材料、ゴム、プラスチック等の試験・評価技術に関すること
○氏 名 陳 端 (ちん たん) ○所 属 重慶市林業科学研究所 副所長	木材、木質材の加工及び材料試験・評価技術に関すること

(14) 発明考案の奨励事業

発明考案奨励事業を通じ、新技術、新製品の開発を促進し、中小企業振興を側面から支援することにより、中小企業の技術力の向上を図ることを目的に、次の4つの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、考案の試作に対し、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
(有)吉岡鉄工所 代表取締役 吉岡 博	シャッターの座板装置	シャッターカーテンを使用する際、降下させた時に床面にあたる部分に衝撃吸収する部材、機構を取入れ、騒音の低減と床板の曲がりを防ぐ

2. 技術指導優良企業表彰、優良発明功績者表彰事業

●当センターの技術指導を受け、自社の新製品開発・技術改善に著しい成果をあげた企業の表彰と優れた発明考案により、本市産業の発展に顕著な成果をあげた人への表彰により、中小企業の技術開発の振興を図る。

表 彰 名	表 彰 者	成 果 内 容
技術指導優良企業表彰	(株) 明 光 堂 代表者 河口 剛太	針製造技術を応用した集電子棒、コンクリートピンの製品開発
	大西電機工業(株) 代表者 大西 憲正	省エネタイプの給排気用送風機の開発及びデザイン力の向上
	三協プラスチック工業(株) 代表者 上田 弘之	プラスチックの高精度加工によるインサートナット製品の開発
優良発明功績者表彰	西川化成(株) 副工場長 三保 豪心	自動車部品を中心とした合成樹脂製品でインストルメントパネルやシートクッションに顕著な製造技術の考案

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) 応募及び表彰結果

区 分	応 募 状 況	表 彰 結 果								
		広島市 長 賞	市教育 長 賞	発明協 会 賞	商工会 議所賞	中 国 新聞賞	市PTA 協 議 会 賞	増本賞 熊平賞 山本賞	優秀賞	学校賞
小学校の部	65点	1 点	1 点	1 点	1 点	1 点	1 点	2 点	15点	1 校
中学校の部	115点	1 点	1 点	1 点	1 点	1 点	1 点	1 点	15点	1 校

(2) 発表展示会の開催

- 広島市、県、(社)発明協会広島県支部、広島県商工会議所及び中国新聞社が展示会運営委員会を設置し、広島県下の入賞作品の展示会を開催する。

- ・開 催 期 間 平成6年11月26日～12月4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。

(1) 応募及び表彰結果

区 分	応募状況	表 彰 結 果					
		特 別 賞	金 賞	銀 賞	佳 作	努 力 賞	団 体 賞
小学校の部	851 (181)	22 (4)	37 (6)	68 (5)	117 (18)	142 (6)	2 (1)
中学校の部	1,063 (339)	20 (5)	35 (6)	64 (9)	115 (14)	140 (7)	3 (1)

単位：点数 上段は県全体 ()内は広島市分

(2) 発表展示会

- ・開 催 期 間 平成6年11月26日～12月4日
- ・開 催 場 所 広島市こども文化科学館

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・考案表彰事業、特許・実用新案等広報事業に対し、発明奨励事業補助金を交付する。

(1) 本年度補助金額 125,000円

3 研究報告

報 文

- (1) 産業廃棄物を充填材としたワイピングステインの開発
- (2) チタンおよびチタン合金焼結のための静水圧プレス技術の利用
- (3) レーザ加工（パルス出力）の精度評価に関する研究
- (4) 品質工学によるハードショットピーニング条件の最適化
- (5) リングメソッドによる三次元測定機の評価技術
- (6) 車両－乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発
(第3報、乗員挙動に及ぼす乗員・シート系パラメータの影響)
- (7) 車両－乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発
(第4報、乗員挙動に及ぼす道路橋伸縮装置段差の影響)
- (8) CAE構造解析におけるフィレット面（コーナーR）の評価法
- (9) 救急車内の臥位人体の振動特性に関する研究
- (10) 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）

ノ ー ト

- (1) 樹脂含浸による木材の改質
- (2) 熱処理工程における水系脱脂剤の性能評価方法
- (3) 集成材による小木工品の試作について
- (4) 壁面取付用品の施工方法と強度に関する研究
- (5) 2世代住宅用電動家具の開発
- (6) 塗装工場の環境の改善

産業廃棄物を充填剤としたワイピングステインの開発

山 寄 勝 弘 野 村 孝 雄 斉 藤 文 二

Development of Wiping-Stain Using Industrial Waste as the Filler

Katuhiko YAMASAKI Takao NOMURA Bunji SAITO

浄水処理場の廃棄物である脱水ケーキを充填剤とした水性目止及び溶剤タイプのワイピングステインと、石炭火力発電所からの廃棄物である石炭灰を充填剤とした溶剤タイプのワイピングステインを試作した。これらの3種類の着色目止剤の塗装実用性、付着性、促進耐候性について、従来法の水性目止及び市販品のワイピングステインと比較試験の形で評価した結果、市販品と同等の実用性を確認した。

1. はじめに

天然銘木の木理を強調する塗装方法としては、との粉を水と混合する水性目止、シリカ等の体質顔料を短油性樹脂と混合した油性目止、体質顔料とポリウレタン樹脂等の合成樹脂と混合した溶剤型ワイピングステイン等が使用されている。

これらは何れも木材の導管等を充填しながら、表面を着色することにより、木材の持つ美しい木目を強調することにより、高付加価値感を出すものである。

これらの着色目止に使用される充填剤としての体質顔料は、目止の充填性、透明性、作業性等が重要であり、これらの性質はその種類によって異なっている。

一般的には粒度がある程度小さく、形状、大きさの揃ったもので、やや大小混合された状態のものが充填しやすく、拭き取り性が良いとされている。⁽¹⁾⁽²⁾

現在使用されている体質顔料としては、シリカ、カオリン、ケイソウ土、バライト、硫酸バリウム、クレー、タルク、ご粉、との粉、シルバーサンド等がある。

今回、広島市水道局の浄水処理中に発生する脱水ケーキ及び中国電力の各石炭火力発電所から発生する石炭灰等の産業廃棄物の有効利用方法の一つとし

て、木材の着色と目止めを兼ねる水性目止及びワイピングステインの充填材料としての実用性を研究し、拭き取り作業性、目止着色性、充填性に優れ、上塗り塗料との付着性、促進耐候性に優れた着色目止剤を試作し、市販のワイピングステインと比較して評価を行った。

2. 脱水ケーキ及び石炭灰の概要

2.1 脱水ケーキ

表-1 脱水ケーキの成分分析結果⁽³⁾
(105℃ 乾燥試料換算)

項 目	分 析 結 果
強熱減量 %	33.2
酸不溶解分 %	53.5
Al %	17.6
Fe %	2.68
Ca %	0.21
Mu mg/kg	184
Cu mg/kg	0.6
Pb mg/kg	4.0
Zn mg/kg	3.8
As mg/kg	6.8
含水率 %	70.1

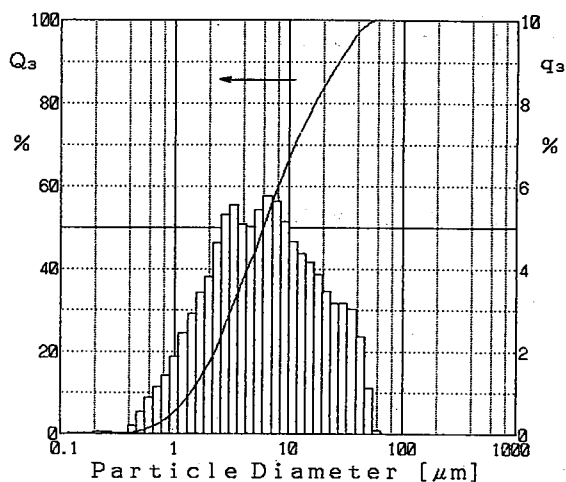


図-1 脱水ケーキの粒度分布 (平均粒度 6.0 μ m)

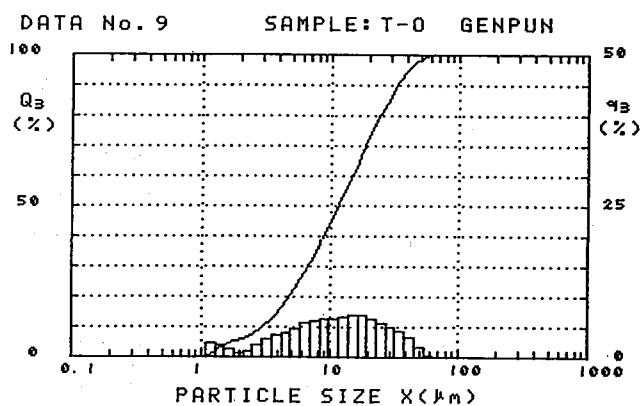


図-2 石炭灰の粒度分布 (平均粒度 11.4 μ m)

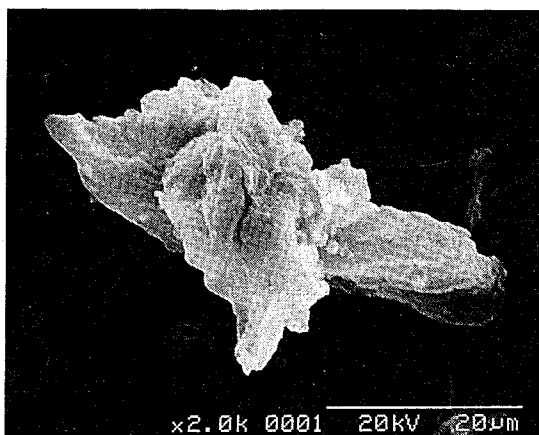


写真-1 脱水ケーキのSEM像

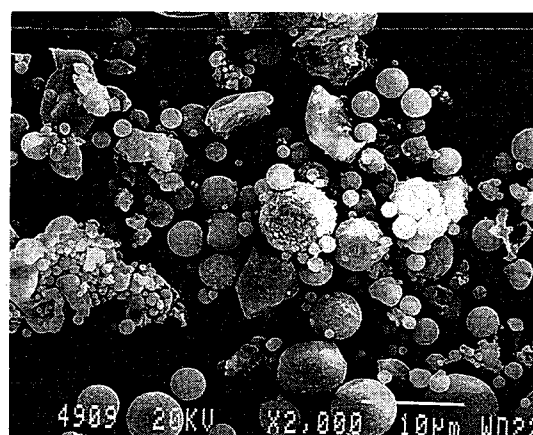


写真-2 石炭灰のSEM像

2.2 石炭灰

表-2 石炭灰の成分分析結果⁽⁴⁾

(単位: %)

成 分	炭 種	
	国内炭	外国炭
SiO ₂	50~55	40~75
Al ₂ O ₃	25~30	15~35
Fe ₂ O ₃	4~7	2~20
CaO	4~7	1~10
MgO	1~2	1~3
K ₂ O	0~1	1~4
Na ₂ O	1~2	1~2

2.3 供試条件

2.3.1 水性タイプ試作用脱水ケーキ

浄水場のフィルタープレスで脱水されたケーキ状で含水率70%のものを、手を加えないでそのまま使用する。

2.3.2 溶剤タイプ試作用脱水ケーキ

強制乾燥後揺動型混練粉碎器で粉碎した微粉を使用する。図-1、写真-1は溶剤タイプ試作用の乾燥した微粉のものである。

2.3.3 溶剤タイプ試作用石炭灰

石炭火力発電所から排出されたものを、手を加えないでそのまま使用する。

3. 実験方法

3.1 供試試料

0.3mmのナラ材を突板貼りした300mm×600mm×6mmの合板に以下のA～Gの種類でマホガニー色に着色目止を行い、ポリウレタンウッドシーラー→ポリウレタンサンディングシーラー→ポリウレタンクリヤーの塗装工程で仕上げる。

〈試作品〉（配合比は表－3）

A 水性目止剤

脱水ケーキ＋PVA＋水性ステイン

B ワイピングステイン

脱水ケーキ＋目止用樹脂＋溶剤ステイン

C ワイピングステイン

石炭灰＋目止用樹脂＋溶剤ステイン

〈比較品〉

D 水性目止剤（従来法）

との粉＋ベンガラ＋松煙

E 水性目止剤（市販品）

ポリウレタン系水性目止剤

F グレージングステイン（市販品）

油性タイプ

G ワイピングステイン（市販品）

溶剤系ポリウレタン

3.2 評価方法

3.2.1 拭き取り作業性

試験方法 試験片に刷毛塗りで着色目止剤60gを塗布しウェスで拭き取る。

判定基準 拭き取り易さを3段階に評価する。

○……………拭き取り易い

表－3 試作塗料及び市販塗料のタイプと配合比

試 料 名			配 合 比	
A	試作品	水性タイプ	1%ポリビニルアルコール水溶液	100g
			脱水ケーキ（含水状態）	100g
			水性ステイン 赤色	18g
			水性ステイン 黒色	4g
B	試作品	溶剤タイプ	ポリウレタン樹脂系目止ベース	100g
			脱水ケーキ（乾燥後微粉化）	100g
			溶剤ステイン 赤色	5g
			溶剤ステイン 黒色	2g
C	試作品	溶剤タイプ	キシレン	50g
			ポリウレタン樹脂系目止ベース	100g
			石炭灰	100g
			溶剤ステイン 赤色	3g
D	従来法	水性タイプ	溶剤ステイン 黒色	5g
			溶剤ステイン 黄色	4g
			キシレン	50g
			赤との粉	100g
E	市販品	水性タイプ	水	100g
			べんがら	12g
			松煙墨	3g
			メチルアルコール	5g
F	市販品	油性タイプ	—	
G	市販品	溶剤タイプ	—	

△……………普通

×……………拭き取り難い

3.2.2 着色充填性

試験方法 試験片に刷毛塗りで着色目止剤 60 g を塗布しウェスで拭き取った後、目視で着色性・充填性を評価する。

判定基準 着色充填性を 3 段階に評価する。

○……………着色充填性が良い

△……………普通

×……………着色充填性が悪い

3.2.3 碁盤目試験

試験方法 JISK-5400による。

カット幅 2mm100/100

判定基準 促進耐光試験 300 時間の前後について 0～10点の 6 段階に評価する

3.2.4 衝撃試験

試験方法 JISK-5400による。

R 12.7mm W 300 g H 300mm

判定基準 促進耐光試験 300 時間の前後について、塗膜のワレの状態を 3 段階に評価する。

○……………ワレの数 0～1 本

△……………ワレの数 2～4 本

×……………ワレの数 5 本以上

3.2.5 光沢度の経時変化

試験方法 JISK-5400による。

60° 鏡面光沢度測定

判定基準 促進耐光試験 300 時間の経時変化を測定する。

3.2.6 黄変等表面色の経時変化

試験方法 JISD-00205 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 300 時間の経時変化を測定する。

4. 試験結果と考察

4.2.1 拭き取り作業性・着色充填性の評価

従来法である D が拭き取り性が悪いが、脱水ケーキを使用した試作品 A は、市販品の E と同等の拭き取り性を有する。

試作品の B、C の溶剤タイプについても、市販品と遜色のない拭き取り性及び着色充填性を有している。

表-4 試験結果

試料名	拭き取り作業性	着色・充填性
A	△	○
B	○	○
C	○	○
D	×	○
E	△	○
F	○	○
G	○	○

4.2.2 碁盤目試験・衝撃試験の評価

試作品の A、B、C ともに市販品と同等以上の付着力を有しており、促進耐光性試験後も遜色無い性能である。

表-5 試験結果

初 期	促進耐候試験後		試 料 名	
	碁盤目	衝 撃	碁盤目	衝 撃
A	10	△	2	×
B	10	○	4	△
C	10	○	4	△
D	8	△	2	×
E	8	△	0	×
F	4	△	0	×
G	10	○	4	△

4.2.3 光沢度の経時変化

水性タイプの試作品の光沢残存率は 70% であり、市販品と同等の性能である。また、溶剤タイプの試作品の光沢残存率も 77% と市販品に比較して同等以上の耐久性を有している（図-3）。

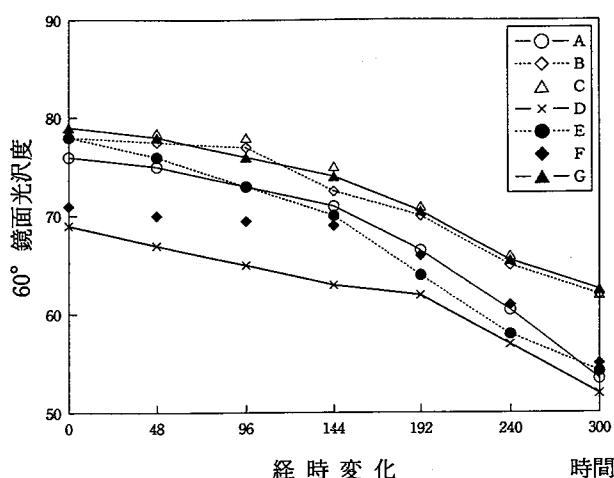


図-3

4.2.4 黄変等の表面色の経時変化

無機顔料を使用している水性タイプが、溶剤タイプに比較して変色が少ない傾向であるが、水性タイプ同士及び溶剤タイプ同士の試作品と市販品を比較してみると変退色性は同等である(図-4)。

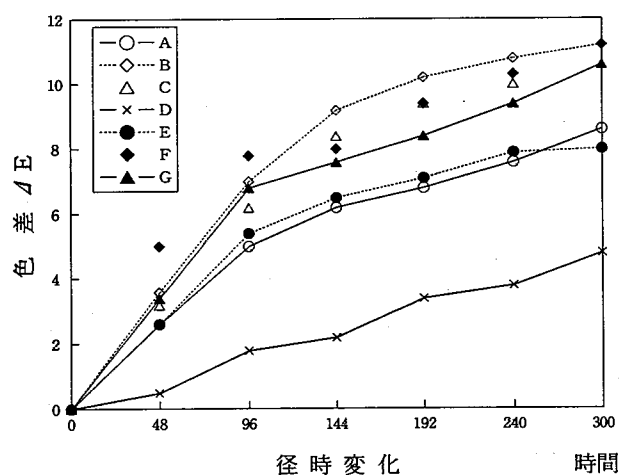


図-4

5. まとめ

木材の導管等を充填・着色する場合、入りやすいとか、作業しやすいとかに影響するのは、結合剤及び希釈剤も関係するが、大きくは、体質顔料の種類、粒子の大きさ、形状、比重、沈降速度等の性質によるものとされている。⁽¹⁾

今回試験に供したこれらの産業廃棄物の内、脱水ケーキは水簸されており、また石炭灰は高温で燃焼しているため粘土質を含有していないところから、木肌に絡みつかない特徴がある。

また、粒度分布、木理の鮮明性、拭き取り作業性、目止着色性、付着力、耐光性なども優れており、市販品に比較して遜色ない。

一方、市販のワイピングステインの小売単価はメーカー及び使用量にもよるが、900円/kg 前後であり、産業廃棄物を使用した着色目止剤は、水性目止剤で200円/kg 前後、溶剤型ワイピングステインで400円/kg 前後となり、材料費の大幅なコストダウンが可能である。

これらの産業廃棄物の充填剤を使用したワイピングステインは、濃色しか出来ない制約はあるが、ポリウレタン系の結合剤との相溶性が優れており、塗装現場で簡単に調合が可能であるため、産業廃棄物の有効利用とコストダウンの両面から家具・住宅部材の汎用塗装への積極的な使用を提唱したい。

付記：本研究の推進にあたり、技術資料の提供及び助言等のご協力をいただいた中国電力(株)技術研究センター横道豊氏、広島市水道局高陽浄水場広田忠彦氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 相沢正木材塗装の設計理工出版
1967, 6, 102,
- (2) 三原一幸解説塗料学理工出版
1975, 3, 75,
- (3) 広島市水道局水質年報
1993, 3, 75,
- (4) コール・ノート
資源エネルギー庁石炭部編集1993, 182,

チタンおよびチタン合金焼結のための静水圧プレス技術の利用

隠岐 貴史

Isostatic Pressing for Sintering Titanium and Titanium alloy

Takashi OKI

1. はじめに

チタン材は高い比強度、優れた耐食性などの特性を活かして航空・宇宙、化学・石油化学、電力などの多分野で利用されている。

しかし、チタン材は難加工材の一つであり、その加工コストはアルミニウムの数倍とも言われており、同時に歩留まりの悪さから高価な材料となっている。この高コストが実用材として用いるための障害となっている。そこで、従来の製造プロセスの欠点を改善する試みとして粉末冶金（焼結）法の利用が多方面で研究されているところである。さらに、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、これらを実用部材として用いるためには、できるだけ完成品に近い形状（near net shape）を作り、歩留まりの向上と加工費の低減という点で焼結法を適用することが有効である。

2. 粉末冶金（焼結）法

焼結法では、一般に図1に示すような、粉末の混合（2種類以上の粉末）、成形、焼結（成形時にバインダーを用いたときには焼結前または焼結時に脱脂を行う）のプロセスにより製造される。

粉末の成形にはいくつかの手法があり、その一つとしてCIP（冷間静水圧プレス、写真1）を用いた

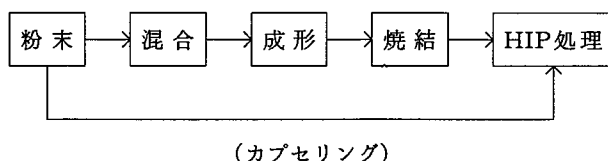


図1 粉末冶金法を用いた製造プロセス

方法がある。CIP成形は量産性には不向きであるが、ゴム型を用いるため型費が安価であり、小量多種生産が可能で、特に複雑形状品に有効である。また、成形強度が高く、密度むらが少ないなどの利点を有している。次工程として成形後、成形体を真空中またはアルゴンガス中において焼結を行う。チタンは非常に活性な金属であるため酸素、窒素との親和性が高く、真空焼結では 10^{-3} Pa以上の高真空下で行う必要がある。

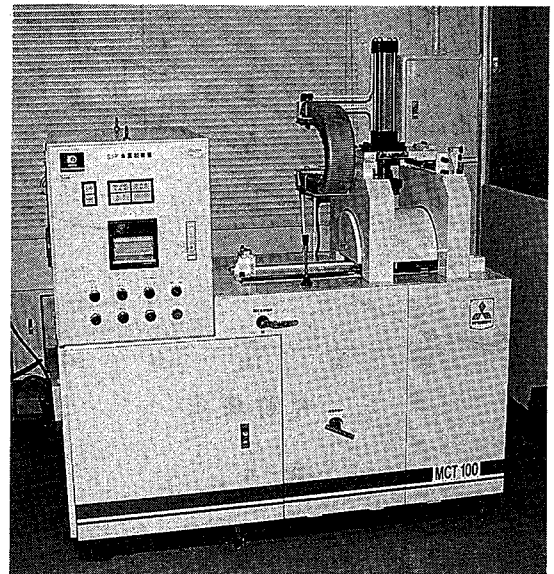


写真1 冷間静水圧プレス装置

3. HIP法

一般に、無加圧下で作成された焼結材には空孔が存在する。この空孔は、材料特性からみたときに欠陥として働くことが多く、特に、疲労特性、衝撃特性を問題とするときには、その与える影響は大きい。チタン材の場合、その特性から過酷な条件下での使

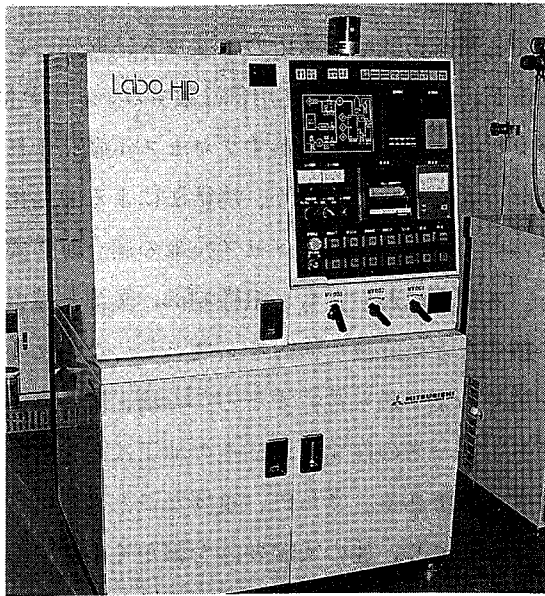


写真2 熱間静水圧プレス装置

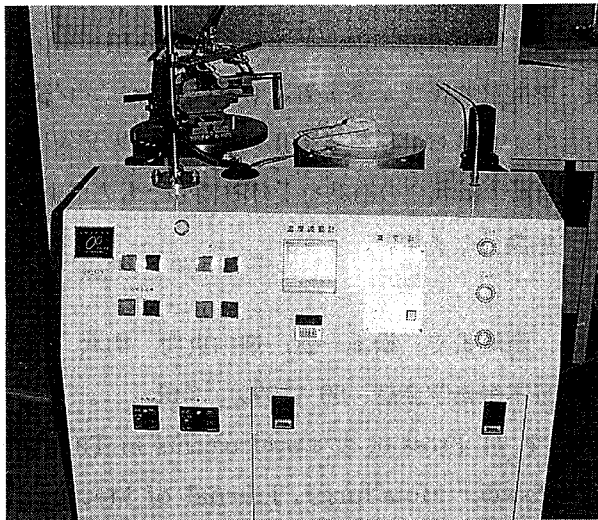


写真3 金属カプセリング装置

用が多く、空孔の除去を必要とすることが多い。空孔を除く手段として温度と圧力の相乗効果を利用したHIP（熱間静水圧プレス、写真2）法がある。HIP法には大きく分けて金属カプセルを用いるカプセル法と、直接HIP処理を施すカプセルフリー法がある。カプセル法は、粉末をカプセルに入れ、加熱脱気、溶接などを行いカプセル中に封入（カプセルが金属の場合、形状によっては金属カプセリング装置を用いると非常に便利である、写真3）した後、カプセル面を利用してカプセルごとHIP処理するものであり（数種の方法がある）、一方、カプ

セルフリー法は、成形、焼結プロセスにより予備焼結体を予め作成しておき、直接HIP処理を施す方法である。ただし、この方法の場合、予備焼結体の相対密度として93～95%以上が必要となる。

4. 評価について

以上の手法を用いてチタン材について現在研究を行っているところであり、研究内容の一部である機械的特性の評価例を示す。引張強さ、疲労強度を比較したものをそれぞれ図2、図3に示す。

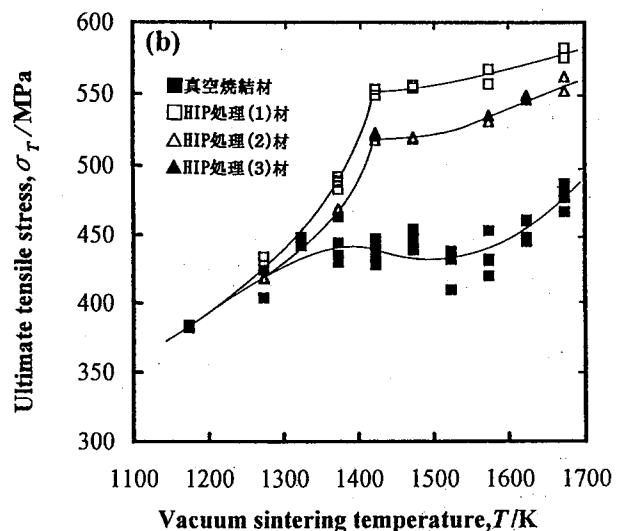
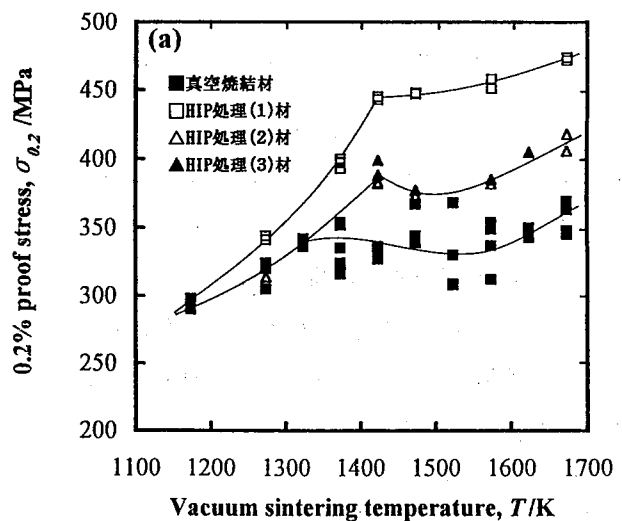


図2 焼結純チタン材の引張強さ⁽¹⁾
(a)0.2%耐力 (b)最大強さ

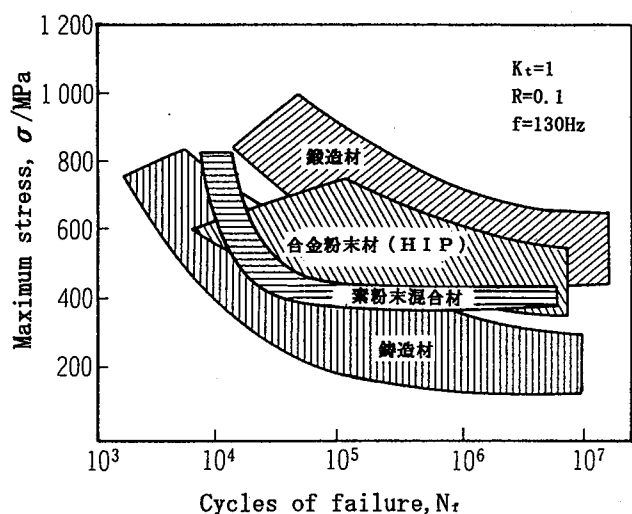


図3 Ti-6Al-4V合金の疲労強度の比較⁽²⁾

また、焼結材料のじん性評価としてシャルピー衝撃試験は広く行われている。特に、亀裂の発生に至るまでのエネルギー及びその後の破壊に要するエネルギーと変位、時間を相関的に計測することができる計装化シャルピー衝撃試験機を用いることで、動的な破壊機構の解析が可能となる。図4に、この方法で実験した焼結チタン材の衝撃データを示す。

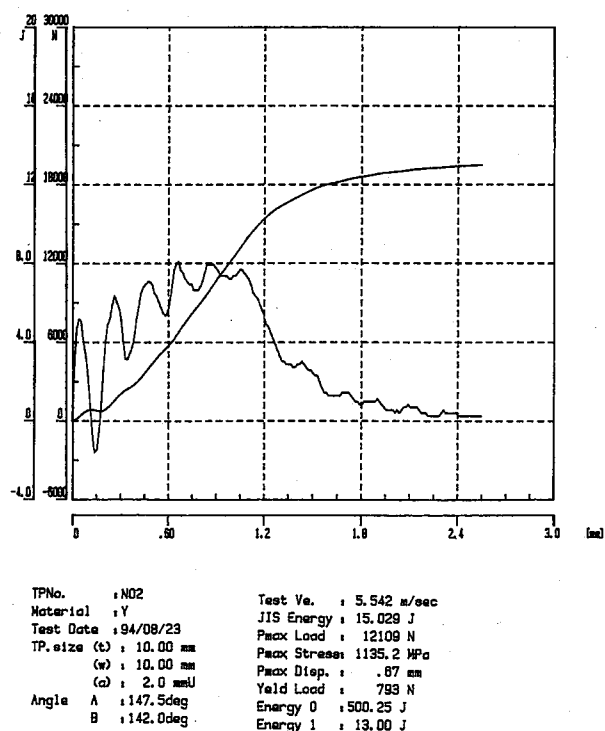


図4 純チタン材の計装化シャルピー衝撃試験における荷重-変位曲線

5. 終わりに

他の材料への焼結法適用のメリットは周知のことであるが、チタン材への応用例は数少ない。これは、チタン材のメリットを活かすプロセスが確立されていないところに原因があり、焼結法による製品化を広げるためにも、そのプロセス技術の確立が必要である。本研究においても、組織制御、微細な破壊現象の解明などに詳細な検討を必要とし、このため研究を進める上で最も苦勞するところは、多くの様なテストピースの作成およびその加工に十分な注意を要する点である。さらに、重要なことは焼結プロセスはもとより、他の実験要因を細かく整理するとともに時間的な労力を十分に費やし惜しまないことであろう。

最後に、本研究に用いている冷間静水圧プレス装置、熱間静水圧プレス装置、金属カプセルリング装置およびシャルピー衝撃試験用角度検出システムは、日本自転車振興会の補助を受け整備したものであり、深く感謝致します。

- (1) 隠岐貴史, 松本一弘, 畑山東明, 柳沢 平 : 日本金属学会誌, 59 (1995), 746.
- (2) F. H. Froes et al: Developments in Titanium Powder Metallurgy, Journal of Metals, 32 (1980), 49.

レーザ加工（パルス出力）の精度評価に関する研究

岡田 邦彦

A Study on Evaluation for High Precision Works of Pulsed Laser Cutting

Kunihiko OKADA

自動車用ボディ・パネル、キャブ・パネル類に使用されている冷間圧延鋼板（SPCC材）をパルス出力により、条件を変化させて切断試験を行った。この実験データを基にして、加工精度、加工性能評価を行った。

その結果、寸法加工精度について最も効果を与える因子は、寄与率からデューティである事、次に効果のある因子として、出力と周波数である事が分かった。これにより、このデューティ、出力そして周波数の3因子を管理する事により、寸法のばらつきが小さい高品位の加工品が期待できる。

一方、面積加工速度のばらつきに関しては、寄与率より出力、切断速度、酸素のガス流量の順で重要である事が分かった。その反面、デューティと周波数は影響を与えない事が知見出来た。

1. はじめに

1960年にメインマンにより、ルビーレーザが作られて、35年が経った現在、レーザの特徴である単一波長、指向性、高輝度を利用した技術開発によりレーザ加工、光通信、光ディスクなどの新技術、新製品が実現している。また、レーザ加工技術の発展は1970年以降、高出力のYAG、CO₂レーザによる溶接切断が実用化され、急速な発展を見た。⁽¹⁾

本研究は、CO₂レーザ加工機で最も用途が多い（切断・穴明けで85%）⁽²⁾切断加工に関しての高精度加工について、評価、研究を行ったものである。

パルス出力により、精度加工を試みようとした場合、設定すべき因子が大きく分けて5つある。その各因子それぞれの条件（水準）があるため、それらが複雑に絡み合って精度に影響を与えている。それ故、どの因子が最も影響を与え、どの条件で加工すると、目的とする精度加工が得られるのか実験をする必要がある。そのため、5つの因子であるデューティ、周波数出力、切断速度、酸素のガス流量を制御因子としてL₁₈の直交表に割付けた。それに誤差

因子として考えられる加工板厚の違い、加工経路の違い、加工進行方向の違いの3因子をL₄の外側直交表に割付けて、72通りの実験を試みる事とした。

それらにより、各実験試料の切断部の性状観察と寸法精度に関する評価の外、加工性能の評価として用いられる事のある面積加工速度にも注目して、評価を加えて見る事とした。

2. 供試材

SPCC材（冷間圧延鋼板）

3. 加工機械と寸法測定機械

(株)日立製作所製CO₂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

(株)ニコン製プロファイル・プロジェクター

形式：V-20A

4. 実験条件の設定

4-1 制御因子について

デューティについては6水準を検討したいので L_{18} の直交表の1-2列に割付ける。残りの4因子は3水準で3列目から順次割付けた。

(表・1) 制御因子について

水 準	1	2	3	4	5	6	単 位
因 子							
A デューティ	25	40	55	70	85	100	%
B 周 波 数	200	400	600				Hz
C 出 力	330	400	470				W
D 切 断 速 度	300	500	700				mm/min
E O ₂ のガス流量	50	60	70				l/min

4-2 誤差因子について

実験材の板厚 1mm, 2mm の 2 水準。加工経路も行き側と戻り側の 2 水準。加工の進行方向も X 軸、Y 軸に平行に加工進行する場合と X 軸、Y 軸の 45 度方向に進行する場合の 2 水準をとり、 L_4 の外側直交表に割付けた。

(表・2) 誤差因子とその水準

水 準	1	2	単 位
因 子			
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

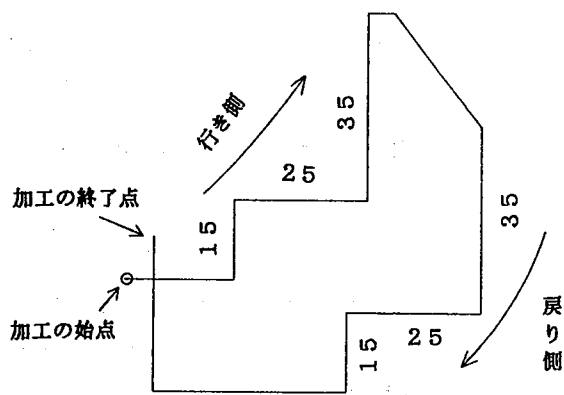
寸法精度を評価するため、信号因子の水準を以下のように定めた。

(表・3) 信号因子とその水準

水 準	1	2	3	単 位
因 子				
加工指示寸法	15	25	35	mm

4-4 加工形状について

下图に加工形状を示す。単位mm



(図・1)

5. 実験結果

5-1 切断部の性状観察

切断部のあらさは、 $4 \sim 7 \mu\text{mRmax}$ が期待できる。大きいものは $40 \sim 60 \mu\text{mRmax}$ となり、更に、凹凸の大きい溶断状態となる所もある。ドロスについて言えば、出力は大きい程、切断速度は遅い程、それにデューティは大きい程多くなり、これまでの知見と一致した。また、周波数は大きくなる程、ドロスが多くなる傾向が見られたが、酸素のガス量の増減による、ドロスの変化は余り見られなかった。

代表的な実験試料の切断状態についての写真と切断部の写真及びあらさ曲線のデータを掲載する。

5-2 寸法精度に関する評価

① SN比と分散分析

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

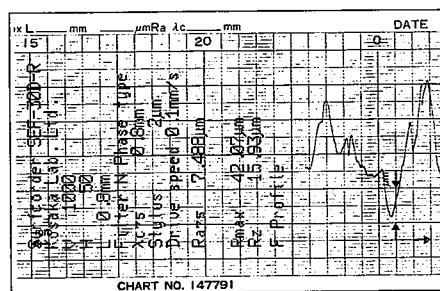
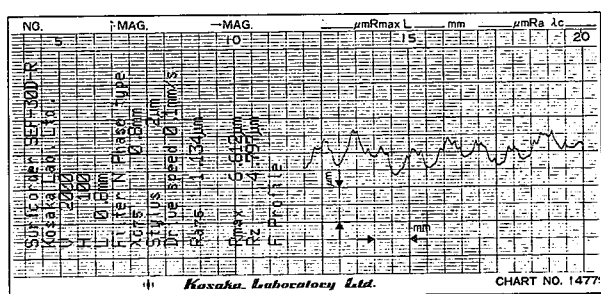
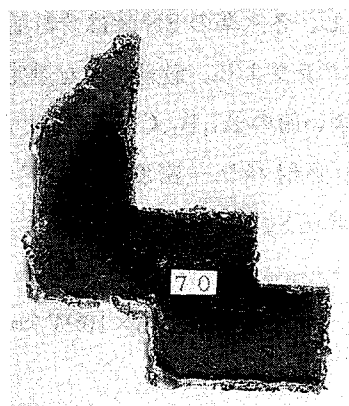
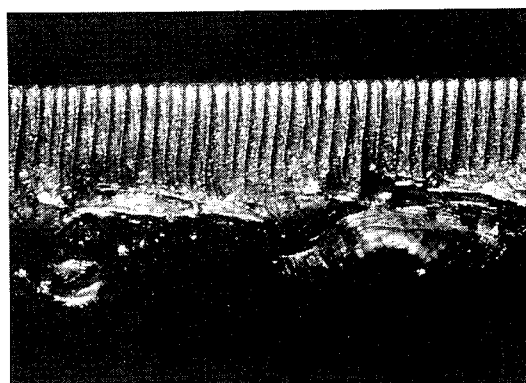
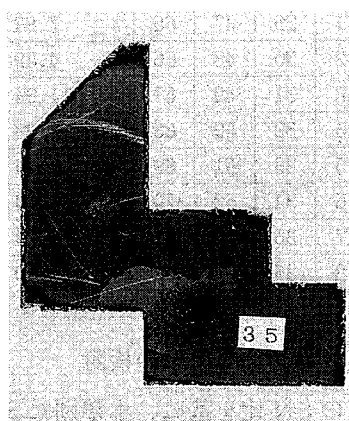
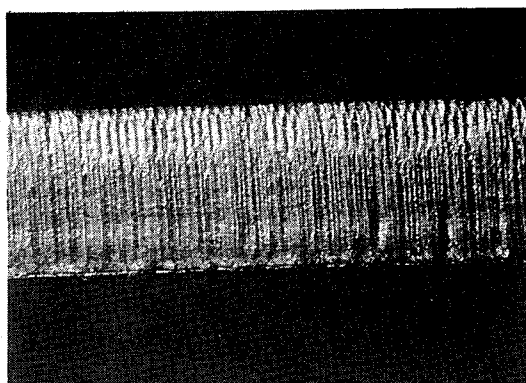
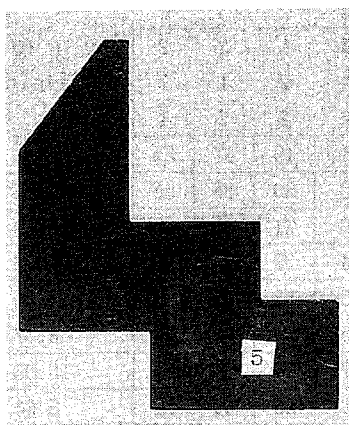
寸法精度の評価に関しては、信号因子Mの値が0のとき、加工値yは0であることから ($y=BM$)、ゼロ点比例式になる。⁽³⁾ 故に、次式より求めた。

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

全変動 S_T = データの全二乗和

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

全体写真と切断部の写真



(表・5) 直積実験による実験番号と寸法精度のSN比

因子 No	列	A	B	C	D	E	e	e	列 No		1	2	3	4	寸法精度 SN比(db)
									F	1					
									G	2					
									H	3					
1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	19	37	55	28.56
2	1	2	2	2	2	2	2	2			2	20	38	56	28.63
3	1	3	3	3	3	3	3	3			3	21	39	57	13.99
4	2	1	1	2	2	3	3	3			4	22	40	58	28.06
5	2	2	2	3	3	1	1	1			5	23	41	59	28.66
6	2	3	3	1	1	2	2	2			6	24	42	60	4.77
7	3	1	2	1	3	2	3	3			7	25	43	61	15.06
8	3	2	3	2	1	3	1	1			8	26	44	62	3.66
9	3	3	1	3	2	1	2	2			9	27	45	63	12.30
10	4	1	3	3	2	2	1	1			10	28	46	64	9.89
11	4	2	1	1	3	3	2	2			11	29	47	65	7.82
12	4	3	2	2	1	1	3	3			12	30	48	66	4.39
13	5	1	2	3	1	3	2	2			13	31	49	67	11.94
14	5	2	3	1	2	1	3	3			14	32	50	68	2.68
15	5	3	1	2	3	2	1	1			15	33	51	69	5.24
16	6	1	3	2	3	1	2	2			16	34	52	70	8.24
17	6	2	1	3	1	2	3	3			17	35	53	71	10.24
18	6	3	2	1	2	3	1	1			18	36	54	72	6.00

信号因子の1次効果の変動 S_{β}

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

誤差分散 V_e は

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

従って、SN比は次式で求める。

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

SN比 (db) = $10 \log \eta$

以上のように計算したSN比の結果を、 L_{18} の内側直交表と L_4 の外側直交表との直積実験をした時の実験番号(試料No)と共に表・5に示す。

因子のA, B, C, D, Eは表・1の制御因子とその水準を、因子のF, G, Hについては表・2の誤差因子とその水準を、それぞれ参照のこと。

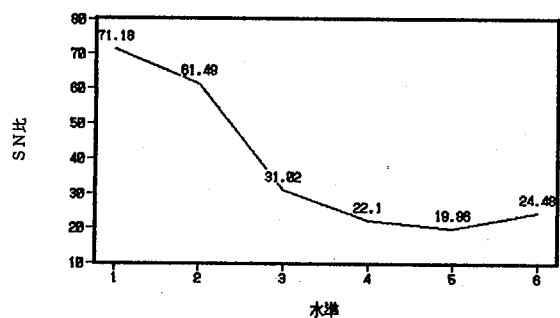
② 寸法精度の最適加工条件の検討

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・6参照)但し、各水準のSN比は合計値である。

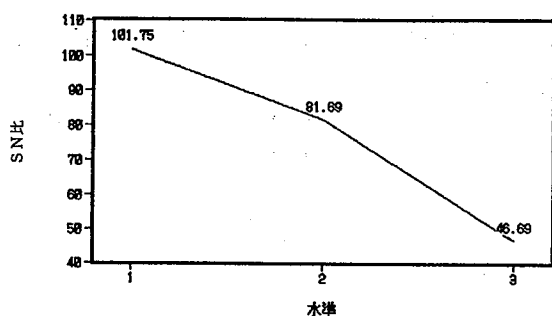
要因効果グラフより、最適条件を選定すると、SN比の大きい値の A_1, B_1, C_2, D_3, E_2 となる。

この時の照射パワー密度(P)⁽⁴⁾は、出力400Wでスポット径0.15mmとすると

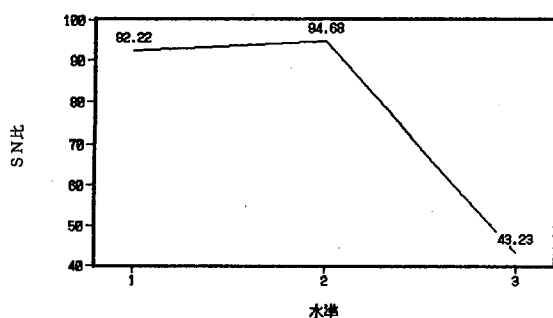
$$P = \frac{4 \times 400}{3.14 \times 0.15^2 \times 10^{-2}} = 2.26 \times 10^6 \text{ W/cm}^2 \text{ となる。}$$



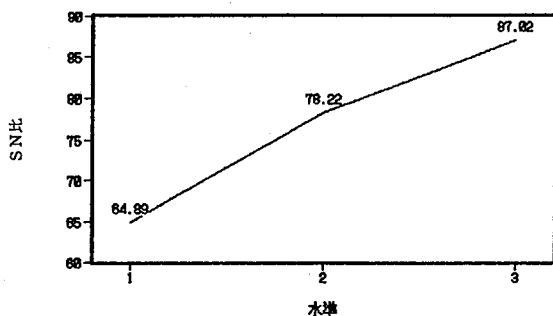
(図・2) A: デューティ



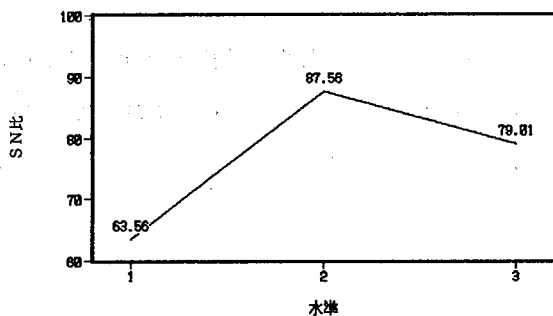
(図・3) B：周波数



(図・4) C：出力



(図・5) D：切断速度



(図・6) E：酸素のガス流量

③ 最適条件における工程平均と利得の推定

SN比による分散分析を行い、表・6にまとめた。

各付号は、f：自由度，s：平方和，v：不偏分散， ρ ：寄与率である。

最適条件における工程平均は、効果の大きい因子（表・6の寄与率の大きいもの）A，B，C，の3因子を選んで、しかも各因子の水準は、前述の選ばれた水準値（SN比の大きいもの）を用いて、SN比 $\hat{\eta}_1$ を推定する。

$$\hat{\eta}_1 = \bar{A}_1 + \bar{B}_1 + \bar{C}_2 - 2\bar{T} = 30.90\text{db}$$

（デューティ 25%、周波数 200Hz、出力 400W）

また、現行のSN比 $\hat{\eta}_0$ は次式で求まる。

$$\hat{\eta}_0 = \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_1 - 2\bar{T} = 23.91\text{db}$$

（デューティ 40%、周波数 400Hz、出力 330W）

従って、利得（ $\Delta\eta$ ）は

$$\Delta\eta = 30.90 - 23.91 = 6.99\text{db}$$

最適条件で加工すれば、データのばらつきが、現行の加工に比べて標準偏差で1/2に改善される。

また、30.90dbを真数に変換すると、標準偏差で28.5 μm となる。

(表・6) 寸法精度の分散分析表 (db)²

要因	f	s	v	ρ (%)
A	5	821.772	164.354	53.6
B	2	258.834	129.417	16.7
C	2	280.732	140.366	18.2
D	2	41.381	20.691	2.0
E	2	49.323	24.662	2.5
誤差	4	24.013	6.003	7.0
T	17	1476.055		100

④ 各因子の寸法精度に与える影響

加工寸法のばらつきに最も影響を及ぼす因子は、デューティ（寄与率53.6%）で第1水準の23.7db（71.18/3）と第5水準の6.6db（19.86/3）と比べると17.1dbほどの差があった。（表・6，図・2参照）

また、次に影響を及ぼす出力因子（寄与率

18.2%) は、傾向的には小さい方が良く、第1水準 (330W) と第2水準 (400W) との差は少なかった。(表・6, 図・4 参照)

一方、周波数 (寄与率 16.7%) について言えば、周波数の小さい 200Hz がよく、大きい第3水準の 600Hz のSN比を比べると2倍以上の差があった。精密加工するには、これまでの知見から、周波数は大きい方がよいと考えていた。しかし、板厚が1~2mmの場合には寧ろ小さな周波数の方が、寸法のばらつきが小さく、精度加工できる事が分かった。(表・6, 図・3 参照)

5-3 面積加工速度に関する評価

① 感度とSN比の分散分析

加工速度は加工性能の評価として、よく用いられている。面積加工速度 (単位時間当りの加工面積) について、誤差因子を割付けている L_4 の直交表から行ごとに感度とSN比を求めて解析を行った。

計算式は、以下による。

全変動 S_T は $S_T = \text{データの全二乗和}$

$$\text{一般平均 } S_m \text{ は } S_m = \frac{(\sum y_i)^2}{n}$$

$$\text{誤差分散 } V_e \text{ は } V_e = \frac{S_T - S_m}{n - 1} \text{ となり}$$

$$\text{SN比は } \eta = \frac{\frac{1}{n}(S_m - V_e)}{V_e}$$

$$\text{SN比 (db)} = 10 \log \eta$$

同様に感度については

$$\text{感度 } S \text{ (db)} = \frac{1}{n} (S_m - V_e)$$

$$\text{感度のSN比 (db)} = 10 \log S$$

なお、 n : データ数、 y_i : データである。

感度 S とSN比の計算結果を表・7に、分散分析の結果を表・8に示す。

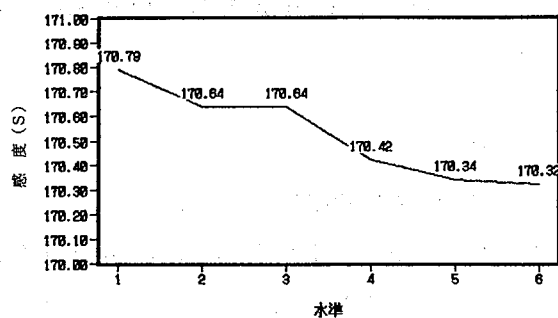
(表・7) 感度 S とSN比較

		(db)	
行 No.	種類	感 度 (S)	SN比 (η)
1		53.01	9.12
2		57.44	9.13
3		60.34	9.02
4		57.45	9.12
5		60.36	9.12
6		52.83	8.84
7		52.98	9.08
8		57.33	8.70
9		60.33	11.71
10		60.28	9.00
11		52.81	9.23
12		57.33	8.75
13		60.31	9.04
14		52.77	9.35
15		57.26	9.11
16		57.25	8.84
17		60.28	9.15
18		52.79	9.05

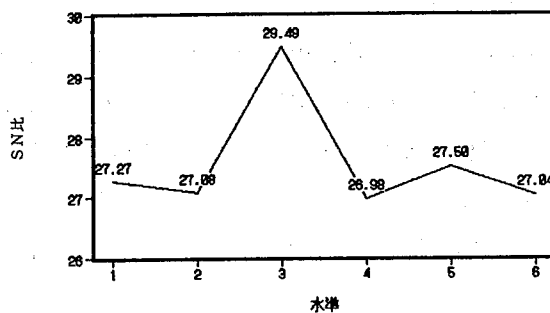
(表・8) 面積加工速度の分散分析表

		(db) ²			
SN比の種類		感 度 (S)		SN比 (η)	
要 因	f	v	ρ (%)	v	ρ (%)
A	5	0.012264	0.03	0.30998°	—
B	2	0.007115°	—	0.24080°	—
C	2	0.008015°	—	0.68020	10.0
D	2	84.423515	99.94	0.50420	5.1
E	2	0.000350°	—	0.65390	9.3
誤 差	4	0.000735°	—	0.37345°	—
誤 差 (〇印グループ)		0.003390	0.03	0.32050	75.6
T	17		100		100

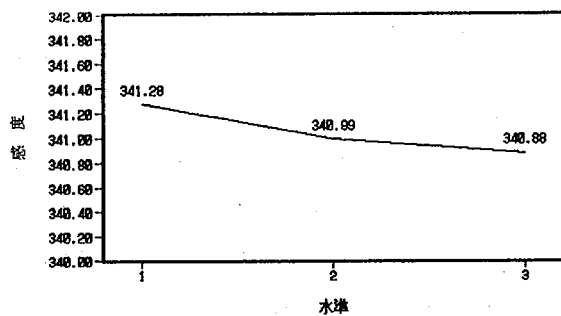
次に、表・7を基に水準別感度と水準別SN比を整理した結果を、グラフにて表す。なお、各水準の値は、合計値で表している。



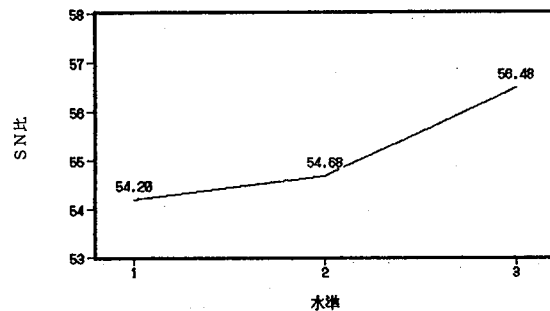
(図・7) A : デューティ



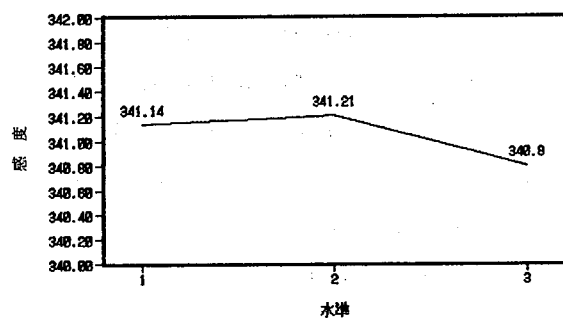
(図・12) A : デューティ



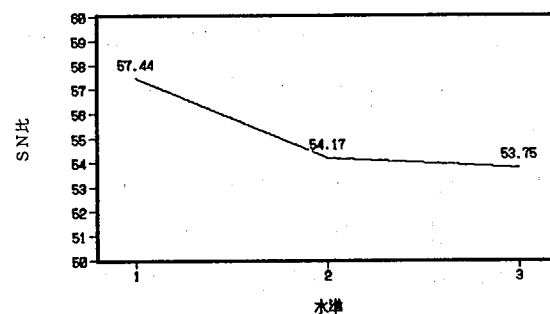
(図・8) B : 周波数



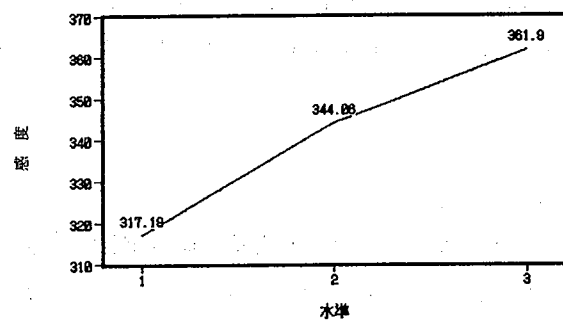
(図・13) B : 周波数



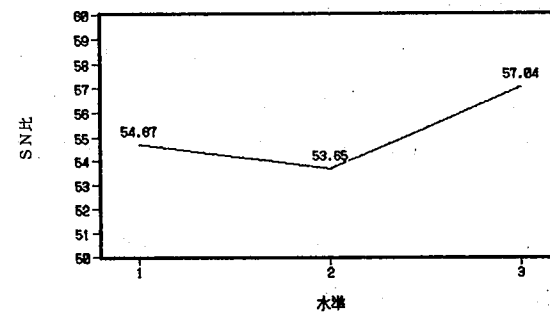
(図・9) C : 出力



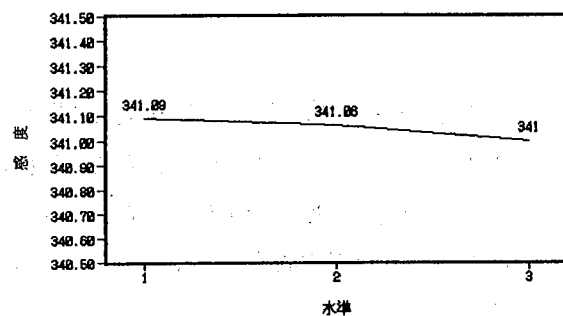
(図・14) C : 出力



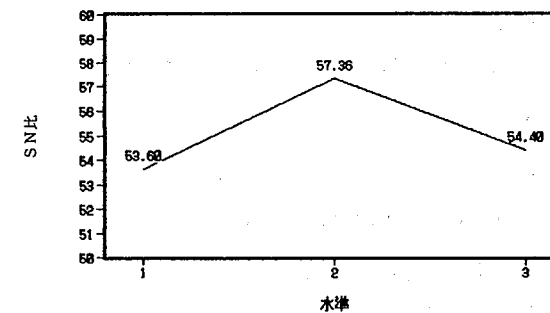
(図・10) D : 切断速度



(図・15) D : 切断速度



(図・11) E : 酸素のガス流量



(図・16) E : 酸素のガス流量

② 感度に関して

感度Sは、平均値の傾向を表すものである。面積加工速度に効果ある因子は切断速度で、高い寄与率(99.94%)を示し、予測した通りの結果であった。次に効果のある因子は、デューティであったが、寄与率は僅か0.03%であった。(表・8参照)

加工速度の速い条件は、この2つの因子を使って、感度Sの大きい A_1D_3 の組合せとなる。この時感度Sの推定値は、60.4dbとなり、これを真数に変換すると1047.1mm²/minとなる。(図・7～図11参照)

③ 面積加工速度のばらつきに関して

速度のばらつきに関しては寄与率より、出力、切断速度、酸素のガス流量が影響を与える事が分かった。中でも、加工速さ(感度大きい)に影響を与えなかった出力と酸素のガス流量が、切断速度よりも重要な因子である事が分かった。(表・8参照)

出力は低いほど速度のばらつきは小さく、酸素のガス流量は中間の第2水準が効果があった。また、切断速度は速いほどばらつきは小さくなる。そして、いずれの場合も最大値と最小値との差は4/3db前後であった。(図・12～図・16参照)

以上の結果から、安定した面積加工速度を得るには出力は低く、切断速度は速く、酸素のガス流量は中間の60ℓ/minの組合せがよい事が理解できた。

次に、要因効果グラフの図・12～図・16より、SN比の大きい水準を選ぶと

A_3, B_3, C_1, D_3, E_2 となり、これらの組合せが最適条件となる。

最適条件における工程平均 $\hat{\eta}_1$ を効果のあった3因子で推定すると

$$\hat{\eta}_1 = \bar{C}_1 + \bar{D}_3 + \bar{E}_2 - 2\bar{T} = 10.3\text{db}$$

現行のSN比 $\hat{\eta}_0$ を推定すると

$$\hat{\eta}_0 = \bar{C}_1 + \bar{D}_2 + \bar{E}_3 - 2\bar{T} = 9.2\text{db}$$

従って、利得 $\Delta\eta$ は

$$\Delta\eta = 10.3 - 9.2 = 1.1\text{db}$$

これは、現行の標準偏差を1/1.14に減らす事となる。

6. まとめ

6-1 切断部の性状観察について

切断部のあらさは、4～7μmRmaxが期待できるが、大きいものは40～60μmRmaxとなり、更に、凹凸の大きい溶断状態となるところもある。

6-2 寸法精度について

効果の大きい因子はデューティ、出力、周波数の3つであった。

従って、この3因子を重点管理因子として、QC工程表の管理項目に指定して管理していけば、要求寸法に近い、ばらつきの小さな精度加工が可能となる。

6-3 面積加工速度について

速度のばらつきに影響を与える因子は、出力、切断速度、酸素のガス流量である事が分かった。

生産性の面から、速い加工が要求される場合は、デューティ25%で切断速度700mm/minに条件設定して加工すればよく、その時の面積加工速度は、1047.1mm²/minとなる。

6-4 これからの課題

今回できなかったが、「品質目標のあらさ内に加工を行いたい時、各条件はどのように設定したらよいか」を、次回の研究課題として取り組みたいと考えている。

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)川澄博通：レーザ加工技術、日刊工業新聞社
- (2)広島県オプトエレクトロニクス研究会：光技術の製造業への適用調査報告書、平成元年3月
- (3)田口玄一：品質工学講座1・3・4巻、日本規格協会
- (4)小林 昭：レーザ加工(基礎と実際)、開発社

品質工学によるハードショットピーニング条件の最適化

市後 博造 浅野 直弘 桑原 修

Optimization of Shot Peening by Process Quality engineering.

Hirozou Ichigo Naohiro Asano Osamu Kuwabara

ハードショットピーニングとは金属部品の表面に圧縮残留応力を与え、疲労強度を向上させる処理方法である。しかし、ショットピーニングと残留応力の関係では不明なところが多く、扱いにくいものとなっている。そこで、実験計画法として評価の高い品質工学の手法を用い、因子の影響を解析した。結果として単位時間、単位面積当たりの投射量を少くすると、残留応力が安定する事がわかった。

1 はじめに

現在自動車部品は、トランスミッションの小型化による歯車の小型軽量化が必要となり、それに伴う疲労強度の向上が重要な課題となっている。

材料の疲労強度向上方法の一つとしてショットピーニング処理がある。この処理方法はバネの疲労強度向上の手段として、古くから用いられてきた技術である。近年では歯車へのハードショットピーニング処理等、自動車部品への適応がなされている。

しかし、ショットピーニングした部材はショット条件によって表面から内部への残留応力の分布が異なり、それによって疲労強度に差が表れている。そのため最適ショット条件の定量化が必要になってくる。

2 ハードショットピーニング (H-S P)

ショットピーニングとは金属部品の表面に鋼球を衝突させ、圧縮残留応力を発生させる処理方法である。ショットピーニング処理した部品はこの表面応力の影響により疲労強度が向上する。

ハードショットピーニング (H-S P) とは、浸炭窒化した材料等に従来のショットピーニングよりも強い圧力で鋼球を衝突させ、さらに高い残留応力を得られるようにした処理方法である。

3 基本機能

疲労強度と鋼球の投射エネルギーとの関係を考えるにあたり、疲労強度の特性値を圧縮残留応力とし、投射エネルギーは投射する鋼球の総質量に比例すると考え、 $Y = \beta M$ を理想機能とした。ここにYは残留応力値、Mは投射する鋼球の総質量であり、 β は投射量に対する残留応力値の感度係数である。

4 因子の選択

4. 1 信号因子

信号因子は投射する鋼球の総質量とし、残留応力の変化が顕著な領域で因子の水準を考えた。

4. 2 誤差因子

浸炭窒化材にH-S P処理した部材の残留応力曲線を図2に示す。これを見ると表面の応力が内部応力より低くなっていることがわかる。亀裂が発生するのは表面なので、理想状態を表面から内部まで応力変動が少ない状態と考え、因子を深さ方向の応力測定位置とした。

4. 3 制御因子

制御因子は装置の中で投射エネルギーに影響が大きく、制御可能なものを選定した。タンクの絞りとは実験装置下部の絞りの調整で、最大に開いた状態からの絞り込み量のことである。絞り込み量を大きくすると混入するショット質量は少なくなる。

以上の因子を L_{16} 直交表に割り付けた。

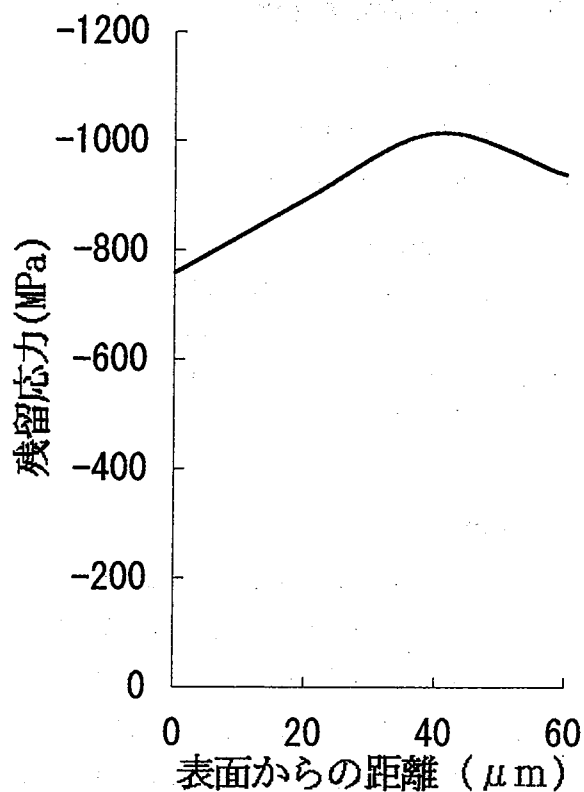


図1 残留応力曲線（現行条件）

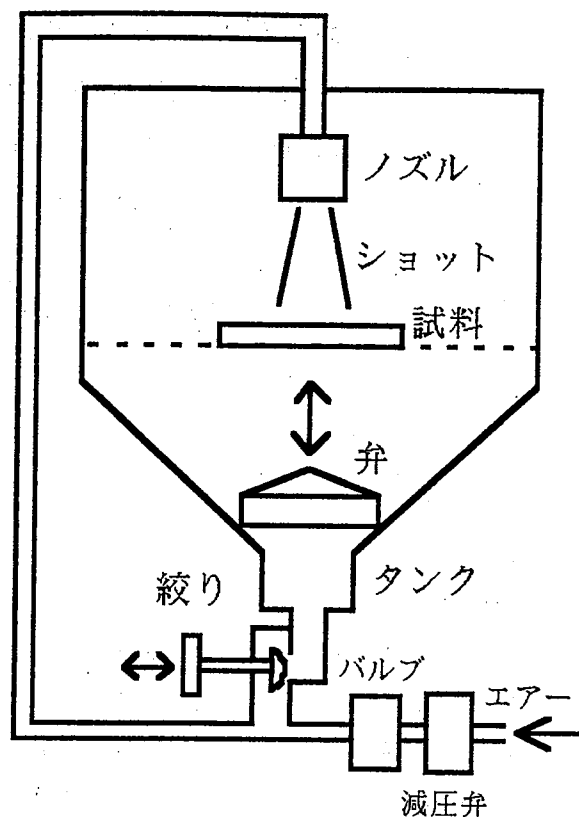


図2 実験装置の概要

表1 信号因子 (g)

信号因子	M ₁	M ₂	M ₃
投射質量	100	200	300

表2 誤差因子 (μm)

誤差因子	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
測定深さ	0	20	40	60

表3 制御因子

制御因子	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: ノズル穴径	mm	3	4	5
G: タンクの絞	mm	3.5	4	4.5

表4 直交表

No	A	B	C	D	E	F	G	e	M ₁				M ₂				M ₃			
									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												
2	1	1	2	2	2	2	2	2												

5 実験装置

実験装置は、サンドブラスト装置の研削砂とショット粒を入れ換え、エア式のショットピーニング装置として使用した。実験装置の概略を図1に示す。

タンクに投入されたショット粒は、下部の絞りを通ってエアに混入される。そして上部のノズルから試料に投射され、弁の所で止まる。エアを停止すると弁が開き、ショット粒がタンクに落下する。弁は通常開いているが、エアを流すと閉じる仕組みになっている。

また減圧弁によるエア圧の調整と、タンクの絞りによる混合比（エア流量に対するショット粒の量）の調整ができるようになっている。

6 実験方法

試験片には浸炭窒化処理を施したSPHC材（20×25 t=4）を用い、実験は図3の要領で進めた。

試験片表面にH-S P処理を施し、残留応力をX線応力測定装置（MSF-2M）を用いて測定し、表面の残留応力を測定した後、電解研磨により表層を研磨し、研磨深さが20μm、40μm、60μm時の

残留応力を測定した。

測定結果を表5に示す。なお圧縮応力は一般的には（－）で表示されるが、ここでは計算上の便宜から圧縮方向を（＋）として表示した。M₀はH-S P処理前の値である。

7 SN比の計算

SN比は比例式で求めた。また、H-S P処理前の残留応力の影響を考慮するために、測定値から処理前（M₀）の応力の平均を引いた値を用いて計算した。またエネルギーは2乗の効果を持っているので、エネルギーと比例する投射質量の値を平方根にした。No1のデータの計算例を以下に示す。

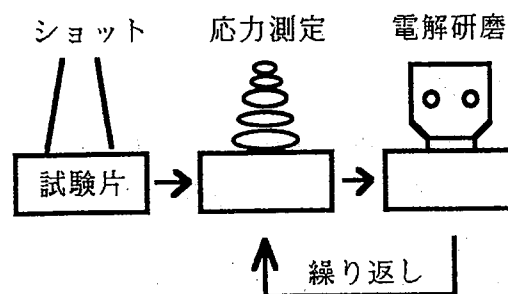


図3 実験の進め方

表5 残留応力測定結果 (MPa)

M0			
N1	N2	N3	N4
69	177	191	172

	M1				M2				M3			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
1	610	589	549	482	688	613	604	408	711	654	595	501
2	502	560	545	341	566	674	630	488	618	676	743	470
3	511	636	595	574	624	727	825	701	651	802	796	706
4	660	627	630	488	735	706	751	589	753	794	822	639
5	531	682	566	478	572	555	674	601	654	766	688	561
6	522	610	712	735	618	881	1012	1033	664	884	972	980
7	782	770	645	391	896	630	533	437	974	791	813	766
8	688	817	1039	931	770	1015	1150	855	791	1129	1152	1040
9	759	710	592	601	753	712	707	555	711	749	735	642
10	878	1010	978	545	921	1076	987	796	943	1134	990	642
11	580	518	504	306	710	607	595	536	808	701	724	660
12	412	429	463	366	548	532	516	642	583	700	711	665
13	791	683	429	657	931	966	966	662	955	966	1013	855
14	1018	966	907	956	956	984	1007	990	962	1125	1166	1052
15	490	554	486	439	528	433	459	433	706	548	707	508
16	984	1045	931	680	919	992	933	630	960	1100	955	677
17	441	488	507	495	583	595	536	507	648	633	671	624
18	698	686	753	680	741	776	835	815	794	849	919	825

《計算》

測定値から M_0 の平均値(152)を引く。

$$y = Y - 152$$

表6 No.1のデータ (M_0 補正後)

	M_0 0	M_1 $\sqrt{100}$	M_2 $\sqrt{200}$	M_3 $\sqrt{300}$
N_1	-83	457	536	559
N_2	25	437	460	502
N_3	39	396	452	442
N_4	19	330	256	349

$$r = M_0^2 + M_1^2 + M_2^2 + M_3^2$$

$$= 0^2 + \sqrt{100}^2 + \sqrt{200}^2 + \sqrt{300}^2$$

$$= 600$$

$$S_t = y_{11}^2 + y_{21}^2 + \dots + y_{34}^2 + y_{44}^2 \quad (f=16)$$

$$= (-83)^2 + 25^2 + \dots + 349^2$$

$$= 2325929$$

$$L_1 = M_0 \times y_{11} + M_1 \times y_{12} + M_2 \times y_{13} + M_4 \times y_{14}$$

$$= 0 \times (-83) + \sqrt{100} \times 447 + \sqrt{200} \times 536 + \sqrt{300} \times 559$$

$$= 21840$$

$$L_2 = M_0 \times y_{21} + M_1 \times y_{22} + M_2 \times y_{23} + M_4 \times y_{24}$$

$$= 19565$$

$$L_3 = M_0 \times y_{31} + M_1 \times y_{32} + M_2 \times y_{33} + M_4 \times y_{34}$$

$$= 18020$$

$$L_4 = M_0 \times y_{41} + M_1 \times y_{42} + M_2 \times y_{43} + M_4 \times y_{44}$$

$$= 12952$$

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

$$= (21840 + 19565 + 18020 + 12952)^2 / (4 \times 600)$$

$$= 2182721$$

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

$$= (21840^2 + 19565^2 + 18020^2 + 12952^2) / 600 - 2182721$$

$$= 71059$$

$$S_e = S_T - S_\beta - S_{\beta \times N} \quad (f=12)$$

$$= 2325929 - 2182721 - 71059$$

$$= 72150$$

$$V_e = S_e / 12$$

$$= 72150 / 12$$

$$= 6013$$

$$V_N = (S_{\beta \times N} + S_e) / 15$$

$$= (71059 + 72150) / 15$$

$$= 9547$$

$$\eta = 10 \log \frac{(S_\beta - V_e) / 4r}{V_N} = -10.22 \text{ (db)}$$

$$S = 10 \log \frac{(S_\beta - V_e)}{4r} = 29.58 \text{ (db)}$$

同様にして他のNoのSN比も計算し、結果を表8に示す。

SN比を解析した結果を表9、図4に示す。

8 確認実験

解析結果から最適条件を選定した。条件は A_2 , B_3 , C_2 , D_2 , E_3 , F_1 , G_3 であり、表11に示す。

表7 No.1の分散分析表

要因	f	s	v
β	1	2182721	2182721
$\beta \times N$	3	71059	9547
e	12	72150	6013
T	16	2325929	

表8 各実験No.のSN比と感度 (db)

No	SN比	感度
1	-10.22	29.58
2	-9.35	29.42
3	-6.16	31.45
4	-6.53	31.50
5	-8.16	30.17
6	-9.17	33.32
7	-11.48	31.83
8	-8.52	34.65
9	-9.15	31.38
10	-10.98	34.43
11	-6.94	30.29
12	-4.72	29.19
13	-6.94	33.67
14	-7.05	35.52
15	-9.53	28.42
16	-11.41	34.26
17	-2.99	29.31
18	-5.13	32.93

表9 SN比の水準別平均値 (db)

制御因子	1	2	3
A: 投射角度	-8.75	-7.30	-
B: エアー圧	-8.06	-7.90	-8.11
C: ショット粒径	-9.59	-7.17	-7.31
D: ショット硬度	-7.56	-7.6	-8.88
E: 投射距離	-8.33	-8.34	-7.40
F: ノズル穴径	-7.09	-8.03	-8.95
G: タンクの絞り	-8.45	-8.92	-6.70

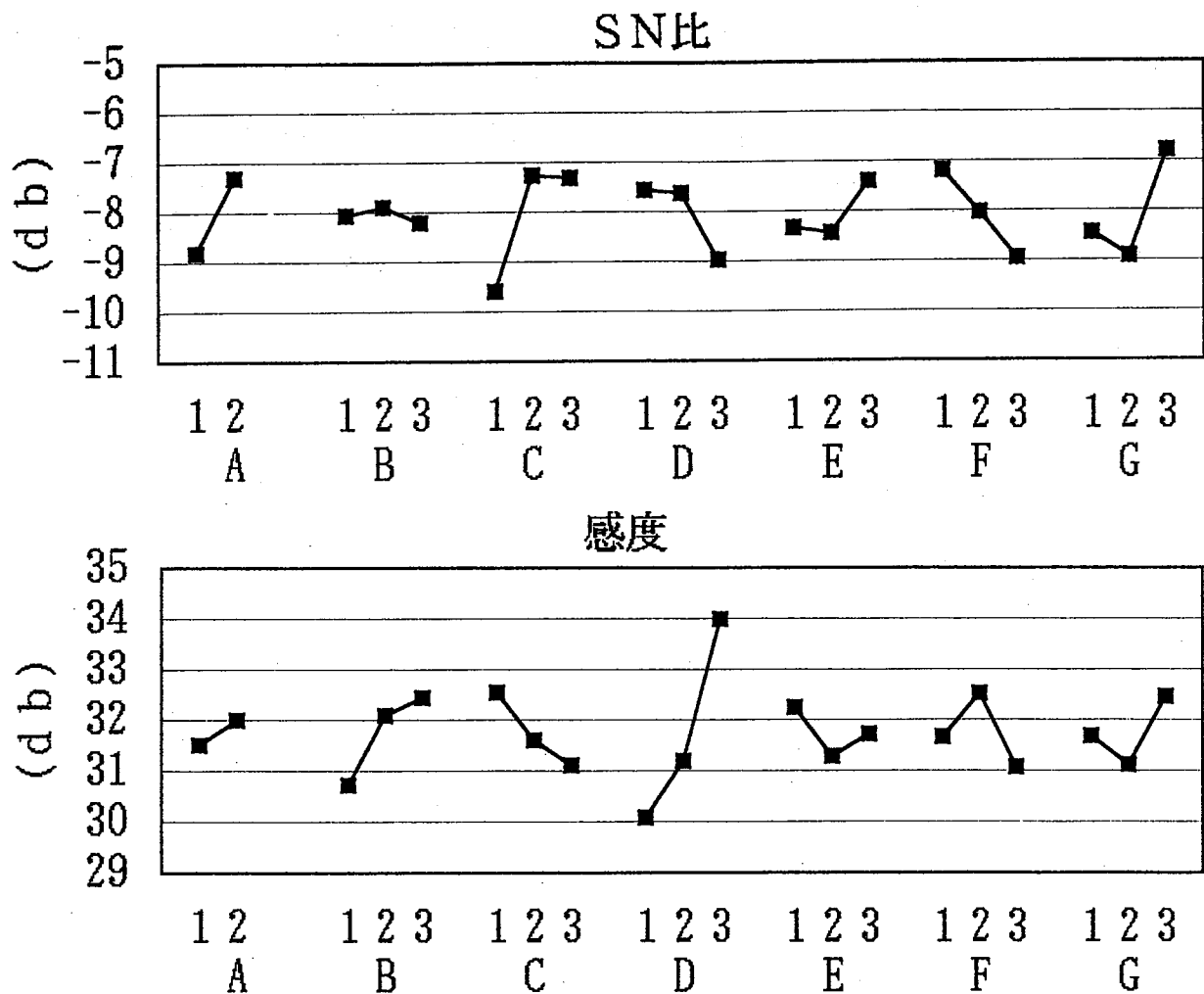


図4 要因効果図

表10 感度の水準別平均値 (db)

制 御 因 子	1	2	3
A: 投 射 角 度	31.51	32.00	—
B: エ ア ー 圧	30.73	32.10	32.44
C: ショット粒径	32.54	31.61	31.12
D: ショット硬度	30.08	31.20	33.99
E: 投 射 距 離	32.25	31.29	31.73
F: ノズル穴径	31.67	32.53	31.07
G: タンクの絞り	31.68	31.12	32.46

表11 最適条件

制 御 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: ノズル穴径	mm	3	4	5
G: タンクの絞り	mm	3.5	4	4.5

表12 確認実験結果 (残留応力値)

(MPa)

	M ₁				M ₂				M ₃			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
最 適 条 件	724	642	710	710	711	794	749	764	759	893	1013	937
現 行 条 件	618	700	762	735	630	815	919	757	723	902	909	823

表13 利得 (db)

	S N比		感 度	
	推 定	確 認	推 定	確 認
最 適	-4.83	-5.00	32.46	33.03
現 行	-7.34	-7.45	31.98	32.83
利 得	2.97	2.45	0.48	0.20

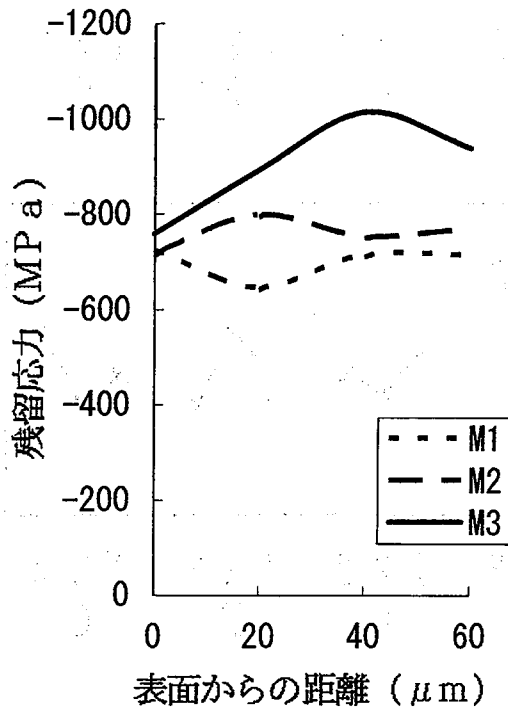


図5 残留応力曲線（最適条件）

なお現行条件は第2水準とした。

効果の大きいA, C, F, Gの値から、利得を計算し確認実験により再現性をたしかめた。結果を表12、表13、図5に示す。

9 考察

確認実験では、最適条件で表面から内部60 μm までの間で応力変動の少ない結果が得られ、利得にも再現性がみられた。結果を図5、表13に示す。表9～11及び図4に示す結果から、エア圧と残留応力分布の間には関係が見られず、その他の因子の影響が大きかった。

投射距離、ノズル穴径、タンクの絞りについて考えると、投射距離を変化させると投射面積が変化が変化しており、投射距離が長い方つまり投射面積が

広い方が良いという結果が得られている。面積が広くなるという事は投射密度が小さくなるという事で、単位面積当たりの投射量が少ない方が良いということになる。タンクの絞りでは、単位時間当たりの投射量が少ない方に良い結果が表われている。ノズル穴径でも同じようなことが考えられ、ノズル穴径の小さい方、つまり時間当たりの投射量が少ない方に良い結果が得られている。

結論として単位時間、単位面積あたりの投射量を少くすると、残留応力が安定する事がわかった。

これは、一度に多量のエネルギーをぶつけると表面が荒らされ、残留応力が解放するためと考えられる。

ショット粒径とショット硬度の水準は、試験片の硬さとの関係で表11に示す結果が得られたものと考えられる、従って材質を別のものに変えたときこれらの水準も変わると推測される。

おわりに

今回の実験では経時変化における残留応力の解放を因子にいれていない、これらの影響を考慮したショット条件を求めれば、自動車業界の発展に寄与できるだろう。

終わりに、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、計量研究所嶋下隆志氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 小島芳彦, 三輪能久, 須沢昌之, 西村克典, 有見幸夫: マツダ技報, No 5 (1987) p 164-170
- 2) 渡邊吉弘, 長谷川典彦, 松村義和: 材料, vol144, No 496 (1995) p 110
- 3) 田口玄一, 馬場幾郎: 転写性の技術開発 (日本規格協会, 1992) p 9-14
- 4) 田口玄一, 横山巽子: 品質設計のための実験計画法 (日本規格協会, 1988) p 19-100
- 5) 矢野宏: 加工品質工学 (工業調査会, 1994) p 15-29
- 6) 森義和, 木村幸治, 中島建夫, 久米昭正: 品質工学, vol 3, No 1, p 37-48

リングメソッドによる三次元測定機の評価技術

浅野 直弘

Evaluation Technique For Coordinate Measuring Machines By Ring Method

Naohiro ASANO

新たに考案したディスクゲージ（以下DGという）を使用し、リング（プレート）メソッド（以下RPMという）により構造の異なる2機種の三次元座標測定機（以下CMMという）の性能試験を行った。リングの内径及びその中心間距離を特性値としてDGを測定した結果より、プローブヘッドへのプローブの取り付け形態によって誤差が大きく変化すること、測定物の定置場所によってばらつきが異なることが明らかとなった。本方式では円測定になるのでCMMの使用実態に近いことを示した。

1 はじめに

CMMの精度試験方法について既に日本工業規格¹⁾で端面基準器を用いることが推奨されている。この場合にはプローブの動作性能まで含めた考え方にまでいたっておらず、ユーザがCMMを実際使用した場合での性能の精度試験になっていないと考えられる。また、生産工場等では面間寸法測定は比較的少なく、円や球の測定が多いことから面測定による方法だけでは不十分であると考ええる。

そこで、本研究では新たにDGを考案し、その内径測定及び中心間距離測定を行い評価した。特に、DGの定置位置やプローブ方向を変えて円計測を基本とした測定から、測定位置やプローブの違いによる影響について評価・解析し、新しい性能診断方法を提案するものである。

このことからDGの測定によりCMMの現実的な性能を評価することが可能となり、その評価の結果に対して改善すべき方向を技術的に提供するを実験結果から明らかにする。

2 実験概要

2.1 使用したCMM

実験に供したCMMは小型のガントリー（架台）形（ミットヨFN704）及び中型のブリッジ（門移動）形（カールツァイスUMM550）である。

ガントリー形は、軸の案内方法が空気軸受方式であり、測定範囲はX軸方向700mm、Y軸方向450mm、Z軸方向300mmである。タッチトリガ式のプローブヘッドを備えており三軸フリーで測定できる。

ブリッジ型は、軸の案内方法が空気軸受け方式であり、測定範囲はX軸方向550mm、Y軸方向1200mm、Z軸方向450mmで、空間精度は $U_3=2.0+L/250\mu\text{m}^2$ である。プローブヘッドはユニバーサルプローブヘッド（3D平行板ばね）で二軸固定（一軸フリー）で測定した。キャリブレーション時及び測定時にたわみ補正機構を使用した。測定機が備えている温度補正機構は使用していない。

測定に際するセンシングにおいてプローブの方向はプローブヘッドの誤差が最も大きく現れると思われるCMMの軸方向と45度になるように取り付けて実験を行った。測定時におけるDGの温度を計測し、その値に温度補正³⁾を行い解析した。実験期間中のDG温度は20.5～21.8℃（ガントリー形）及び20.1～20.9℃（ブリッジ型）であった。

2.2 ディスクゲージ

図1に測定したDGの形状及び寸法を示す。

M_i ($i=1\sim3$) は真の値が明らかなリングで真円度は $0.2\mu\text{m}$ 程度である。 M_i 間の中心間距離の真値は不明であるが約52mmである。

2. 3 実験方法

DGに埋め込まれたリングMiをプロービング方向を45度ずつ変え8点で測定した。

評価実験には L_{18} 直交表を利用してプローブの方向、DGを定置させるX、Y、Zの位置を要因とした。具体的に制御因子を割り付けたものが表1である。1列と2列から6水準作り、ここにプローブを割り付け、4、5、6列目にはX軸位置、Y軸位置、Z軸位置を割り付けた。残りの列は誤差項である。

割り付けた制御因子の水準値は表2、表3のとおりである。

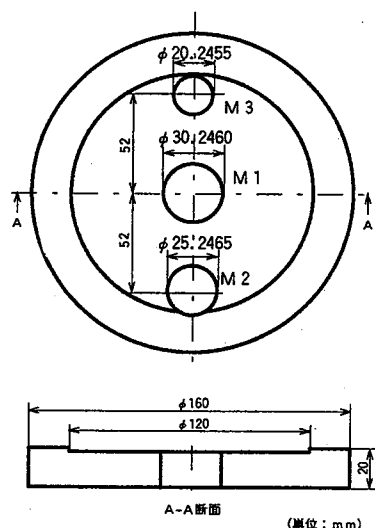


図1 ディスクゲージの形状と寸法

表1 制御因子の割り付け

列番 因子	1	2	3	4	5	6	7	8
N o.	ブ ロ ッ ク の 方 向	誤 差	誤 差	X 軸 位 置	Y 軸 位 置	Z 軸 位 置	誤 差	誤 差
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3	3	3	3
4	2	1	1	2	2	2	3	3
5	2	2	2	3	3	3	1	1
6	2	3	3	1	1	1	2	2
7	3	1	2	1	3	2	3	3
8	3	2	3	2	1	3	1	1
9	3	3	1	3	2	1	2	2
10	4	1	3	3	2	2	1	1
11	4	2	1	1	3	3	2	2
12	4	3	2	2	1	1	3	3
13	5	1	2	3	1	3	2	2
14	5	2	3	1	2	1	3	3
15	5	3	1	2	3	2	1	1
16	6	1	3	2	3	1	2	2
17	6	2	1	3	1	2	3	3
18	6	3	2	1	2	3	1	1

Miの円測定から求められる内径及び中心間距離を特性値として評価を行った。

3 結果と考察

3. 1 ガントリー形

3. 1. 1 分散分析

内径及び中心間距離の値を特性値とした分散分析表を表4及び表5に示す。

内径についてはプローブ(P)、測定点数(N)、信号因子(M)及び交互作用(N×P)の効果が大きい。中心間距離では回転(R)、交互作用(N×X及びN×M)の効果が大きい。

図2に効果が特に大きいプローブの方向別による差を、図3に信号因子別による差を、図4に測定点数別による差を示す。また、図5に回転別による平均値を示す。プローブでは補助棒を取り付けたNo.6が約 $-5\mu\text{m}$ とずれが大きいため、有意差が認められたと思われ、真値より全体的にマイナス傾向にある。信号因子ではマイナス傾向にあり中でもM1φ30が小さい値を示している。測定点数では直角4点が大きめに、斜め4点が小さめに、8点でそれら平均となる値を示すが、全体的には小さめに測定されるということになる。回転では90度の回転の違いにより平均で約 $0.7\mu\text{m}$ の差がある。

表4に取り上げた因子の全変動すべてをCMMの

表2 制御因子の水準値(ガントリー型)

	1	2	3	4	5	6
プローブの方向	-Z	+X-Y	+X+Y	-X+Y	-X-Y	+X-Y
X軸位置の水準(mm)	0	165	330			
Y軸位置の水準(mm)	0	65	130			
Z軸位置の水準(mm)	0	20	40			

表3 制御因子の水準値(ブリッジ型)

	1	2	3	4	5	6
プローブの方向	-Z	+X+Y	+X-Y	-X-Y	-X+Y	+X+Y
X軸位置の水準(mm)	0	100	200			
Y軸位置の水準(mm)	0	400	800			
Z軸位置の水準(mm)	0	90	180			

測定における誤差と考えると全平方和を全自由度で除した平方根 σ は、

$$\sigma = \sqrt{\frac{1338.06}{323}} = 2.04 \quad (\mu\text{m})$$

がCMMの総合誤差であると考えることができる。

3. 1. 2 SN比

SN比はゼロ点比例式⁴⁾を用い、内径については信号因子の真の値が明らかな場合として、中心間距離は真の値が不確かな場合としてSN比を求めた。

表4 測定値の分散分析表 (内径)

要因	f	S (μm^2)	V (μm^2)
Sm: 一般平均	1	757.23	757.23
R: 回転	1	0.74	0.74
P: プローブ	5	832.92	166.58
X: X軸位置	2	0.01	0.01
Y: Y軸位置	2	1.36	0.68
Z: Z軸位置	2	0.31	0.16
e_1 (1次誤差)	23	28.80	1.25
(e_1 (1次誤差))	(30)	(31.22)	(1.04)
M: 信号因子	2	11.76	5.88
M×P: 交互作用	10	7.63	0.76
M×X: 交互作用	4	5.60	1.40
M×Y: 交互作用	4	4.48	1.12
M×Z: 交互作用	4	1.31	0.33
e_2 (2次誤差)	48	46.71	0.97
(e_2 (2次誤差))	(70)	(65.73)	(0.94)
N: 測定点数	2	58.59	29.30
N×P: 交互作用	10	294.02	29.40
N×X: 交互作用	4	0.20	0.05
N×Y: 交互作用	4	0.89	0.22
N×Z: 交互作用	4	1.12	0.28
N×M: 交互作用	4	1.58	0.40
e_3 (3次誤差)	188	40.01	0.21
(e_3 (3次誤差))	(204)	(43.80)	(0.21)
T: 合計	323	1338.06	—

表5 測定値の分散分析表 (中心間距離)

要因	f	S (μm^2)	V (μm^2)
R: 回転	1	46.79	46.79
P: プローブ	5	21.17	4.23
X: X軸位置	2	1.81	0.91
Y: Y軸位置	2	9.72	4.86
Z: Z軸位置	2	2.57	1.29
e_1 (1次誤差)	23	82.60	3.59
(e_1 (1次誤差))	(39)	(117.87)	(3.02)
M: 信号因子	2	194681390914.99	97340695457.50
M×P: 交互作用	10	5.24	0.52
M×X: 交互作用	4	1.21	0.30
M×Y: 交互作用	4	2.80	0.70
M×Z: 交互作用	4	5.00	1.25
e_2 (2次誤差)	48	61.54	1.28
(e_2 (2次誤差))	(70)	(75.79)	(1.08)
N: 測定点数	2	0.03	0.02
N×P: 交互作用	10	0.76	0.08
N×X: 交互作用	4	4.98	1.25
N×Y: 交互作用	4	1.10	0.28
N×Z: 交互作用	4	0.12	0.03
N×M: 交互作用	4	3.21	0.80
e_3 (3次誤差)	188	27.97	0.15
(e_3 (3次誤差))	(208)	(29.98)	(0.14)
T: 合計	323	194686547752.14	—

一例としてL₁₈直交表1行目の実験データ表6を用いて内径のSN比 η を次のように算出した。表中のAはDGを回転させていない0度を、Bは90度回転させたことを示す。

信号因子Mは、

$$M_1 = 30.2460, M_2 = 25.2465, M_3 = 20.2455$$

有効除数rは、

$$\begin{aligned} r &= r_0 (M_1^2 + M_2^2 + M_3^2) \\ &= 6 \times (30.2460^2 + 25.2465^2 + 20.2455^2) \\ &= 11772.51929100 \end{aligned}$$

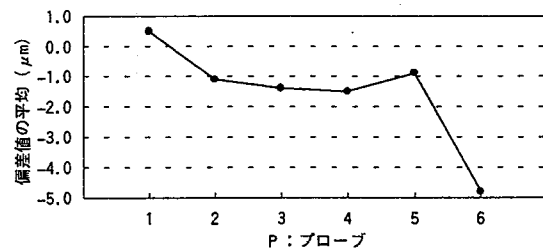


図2 プローブの方向による相違 (内径)

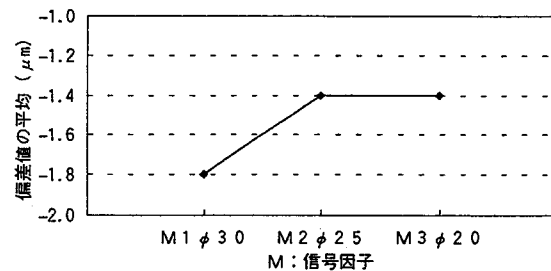


図3 信号因子による相違 (内径)

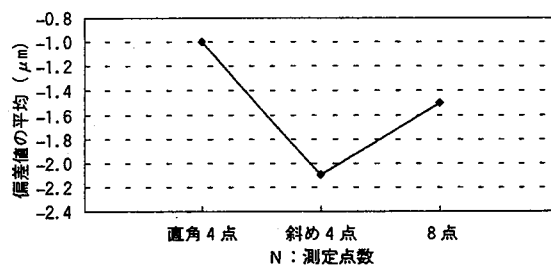


図4 測定点数による相違 (内径)

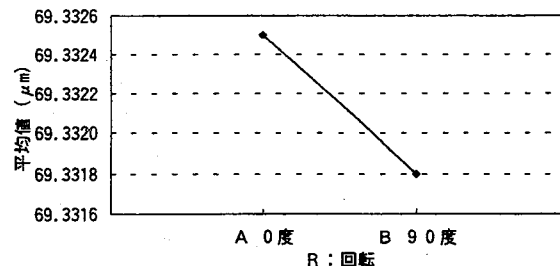


図5 回転別の平均値 (中心間距離)

全変動 S_T は、

$$\begin{aligned} S_T &= \text{個々のデータの2乗和} \\ &= 30.2470^2 + \cdots + 20.2458^2 \\ &= 11773.07181134 \quad (f_T = kr_0 = 18) \end{aligned}$$

感度係数 β は、

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3}{r} \\ &= 1.00002347 \end{aligned}$$

信号因子の比例回帰項の効果 S_β は、

$$\begin{aligned} S_\beta &= \frac{(M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3)^2}{r} \\ &= 11773.07180808 \quad (f_\beta = 1) \end{aligned}$$

誤差変動 S_e は、

$$\begin{aligned} S_e &= S_T - S_\beta \\ &= 0.00000326 \quad (f_e = f_T - f_\beta = 17) \end{aligned}$$

誤差分散 V_e は、

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{S_e}{f_e} \\ &= 0.000000019 \end{aligned}$$

感度 S は、

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{r} (S_\beta - V_e) \\ &= 1.00004693 = 2.04 \times 10^{-4} \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

表6 内径測定値 (L_{18} 直交表1行目温度未補正)

内 径 (mm)		M_1	M_2	M_3
A	4点(0°, 90°, 180°, 270°)	30.2460	25.2465	20.2455
	4点(45°, 135°, 225°, 315°)	30.2472	25.2473	20.2466
	8点	30.2469	25.2475	20.2468
	8点	30.2471	25.2474	20.2467
B	4点(0°, 90°, 180°, 270°)	30.2459	25.2471	20.2461
	4点(45°, 135°, 225°, 315°)	30.2466	25.2474	20.2456
	8点	30.2463	25.2472	20.2459
	8点	30.2463	25.2472	20.2459
小 計		181.4800	151.4839	121.4777

表7 中心間距離測定値 (L_{18} 直交表1行目温度未補正)

内 径 (mm)		M_1	M_2	M_3
A	4点(0°, 90°, 180°, 270°)	52.0000	103.9996	51.9996
	4点(45°, 135°, 225°, 315°)	51.9992	103.9982	51.9990
	8点	51.9990	103.9974	51.9984
	8点	51.9991	103.9978	51.9987
B	4点(0°, 90°, 180°, 270°)	51.9993	103.9995	52.0001
	4点(45°, 135°, 225°, 315°)	51.9999	103.9995	51.9996
	8点	51.9996	103.9995	51.9999
	8点	51.9996	103.9995	51.9999
小 計		311.9961	623.9919	311.9957

SN比 η は、

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\frac{1}{r} (S_\beta - V_e)}{V_e} \\ &= 5223961.89 = 67.18 \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

中心間距離のSN比 η は L_{18} 直交表1行目の実験データ表7を用いて次のように算出した。

精度が良くないが一応分かっている信号因子 M は、

$$M_1 = 52.0000, M_2 = 103.9996, M_3 = 51.9996$$

有効除数 r は、

$$\begin{aligned} r &= r_0 (M_1^2 + M_2^2 + M_3^2) \\ &= 6 \times (52.0000^2 + \cdots + 51.9996^2) \\ &= 97343.25120192 \end{aligned}$$

全変動 S_T は、

$$\begin{aligned} S_T &= \text{個々のデータの2乗和} \\ &= 51.9989^2 + \cdots + 51.9996^2 \\ &= 97340.34300053 \quad (f_T = kr_0 = 18) \end{aligned}$$

感度係数 β は、

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3}{r} \\ &= 0.99998506 \end{aligned}$$

信号因子の比例回帰項の効果 S_β は、

$$\begin{aligned} S_\beta &= \frac{(M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3)^2}{r} \\ &= 97340.34299262 \quad (f_\beta = 1) \end{aligned}$$

信号の変動 S_M は、

$$\begin{aligned} S_M &= \frac{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2}{r_0} \\ &= 97340.34299295 \quad (f_M = 3) \end{aligned}$$

信号の残差項 S_{Mres} は、

$$\begin{aligned} S_{Mres} &= S_M - S_\beta \quad (f_{Mres} = f_M - f_\beta = 2) \\ &= 0.00000758 \end{aligned}$$

誤差変動 S_e は、

$$\begin{aligned} S_e &= S_T - S_\beta - S_{Mres} \\ &= S_T - S_M \\ &= 0.00000758 \quad (f_e = f_T - f_\beta - f_{Mres} = 15) \end{aligned}$$

誤差分散 V_e は、

$$V_e = \frac{S_e}{f_e} \\ = 0.00000051$$

感度Sは、

$$S = \frac{1}{r} (S_p - V_e) \\ = 0.99997012 = -1.3 \times 10^{-4} \quad (\text{db})$$

SN比 η は、

$$\eta = \frac{\frac{r}{1} (S_p - V_e)}{V_e} \\ = 1979287.28253613 = 62.97 \quad (\text{db})$$

直交表の各列の因子ごとに感度係数 β 、感度S及びSN比 η を水準ごとに平均したものが表8及び表

表8 SN比の水準別平均値(内径)

		水 準		
因 子		1 (4)	2 (5)	3 (6)
感 度 係 数 β	プローブ	1.000019	0.999958	0.999944
	X軸位置	0.999939	0.999964	0.999816
	Y軸位置	0.999940	0.999941	0.999939
	Z軸位置	0.999938	0.999943	0.999939
感 度 S (db)	プローブ	0.000169	-0.000370	-0.000490
	X軸位置	-0.000533	-0.000097	-0.001600
	Y軸位置	-0.000519	-0.000518	-0.000532
	Z軸位置	-0.000538	-0.000500	-0.000532
S N 比 η (db)	プローブ	67.18	69.30	68.11
	X軸位置	67.56	68.59	50.25
	Y軸位置	64.75	65.71	65.03
	Z軸位置	64.03	65.76	65.71

表9 SN比の水準別平均値(中心間距離)

		水 準		
因 子		1 (4)	2 (5)	3 (6)
感 度 係 数 β	プローブ	0.999985	0.999979	0.999982
	X軸位置	0.999980	0.999983	0.999990
	Y軸位置	0.999983	0.999982	0.999985
	Z軸位置	0.999981	0.999987	0.999982
感 度 S (db)	プローブ	-0.000129	-0.000185	-0.000159
	X軸位置	-0.000171	-0.000045	-0.000086
	Y軸位置	-0.000154	-0.000154	-0.000133
	Z軸位置	-0.000165	-0.000117	-0.000160
S N 比 η (db)	プローブ	64.96	64.16	66.19
	X軸位置	67.16	62.76	55.70
	Y軸位置	62.16	64.73	63.58
	Z軸位置	62.38	63.31	64.77

9である。明らかにプローブの方向、特に補助棒を追加した測定形態でSN比が著しく低くなっていることが分かる。

表8及び表9のSN比 η の分散分析表を作成すると、表10のとおりである。

内径ではプローブの方向とY軸位置の効果が大きく、中心間距離ではプローブの方向とX、Y軸位置の効果が大きい。プローブの方向についてはかなり大きな測定誤差要因となっている。

制御因子のSN比は水準ごとの傾向は感度係数 β に依存せず、分散 V_e が変化したことによりSN比 η が決まっている。

SN比 η の要因効果図を図6に示す。プローブは補助棒を取り付けたためたわみが原因と思われるNo.6によってSN比が大きく変わっている。プローブの方向による標準偏差の違いは σ で0.34~3.07 μ mの範囲である。内径及び中心間距離とでは水準ごとの傾向はよく似ているが、1~5db差がある。

表10 SN比の分散分析表

	因 子	f	S (db ²)	V (db ²)
内 径	P: プローブ	5	809.0363	161.8073
	X: X軸位置	2	2.9219	1.4610
	Y: Y軸位置	2	11.6594	5.8297
	Z: Z軸位置	2	1.3762	0.6881
	e: 誤差	6	11.7326	1.9554
	T: 合計	17	836.7264	—
中 心 間 距 離	P: プローブ	5	253.6466	50.7293
	X: X軸位置	2	19.8061	9.9031
	Y: Y軸位置	2	17.3915	8.6958
	Z: Z軸位置	2	4.8883	2.4442
	e: 誤差	6	24.1837	4.0306
	T: 合計	17	319.9163	—

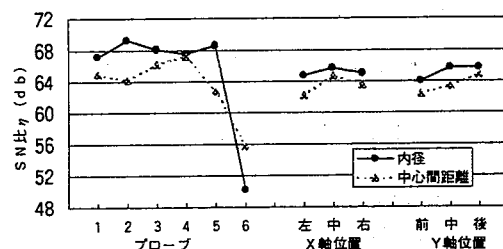


図6 制御因子ごとのSN比

3. 1. 3 SN比によるCMMの総合誤差

3. 1. 2と同様にゼロ点比例式を用い、内径については信号因子の真の値が明らかな場合として、中心間距離は真の値が不確かな場合として求めた。

信号因子Mは、

$$M_1=30.2460, M_2=25.2465, M_3=20.2455$$

有効除数rは、

$$\begin{aligned} r &= r_0 \times 18 \times (M_1^2 + M_2^2 + M_3^2) \\ &= 6 \times 18 \times (30.2460^2 + 25.2465^2 + 20.2455^2) \\ &= 211905.34723800 \end{aligned}$$

全変動 S_T は、

$$\begin{aligned} S_T &= \text{個々のデータの2乗和} \\ &= 30.2470^2 + \dots + 20.2458^2 \\ &= 211879.87049498 \quad (f_T = 18kr_0 = 324) \end{aligned}$$

感度係数 β は、

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3}{r} \\ &= 0.999940 \end{aligned}$$

信号因子の比例回帰項の効果 S_β は、

$$\begin{aligned} S_\beta &= \frac{(M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3)^2}{r} \\ &= 211879.86916527 \quad (f_\beta = 1) \end{aligned}$$

誤差変動 S_e は、

$$\begin{aligned} S_e &= S_T - S_\beta \\ &= 0.00132971 \quad (f_e = f_T - f_\beta = 323) \end{aligned}$$

誤差分散 V_e は、

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{S_e}{f_e} \\ &= 0.000000412 \end{aligned}$$

感度Sは、

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{r} (S_\beta - V_e) \\ &= 0.99987977 = 9.35 \times 10^{-3} \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

よって、内径のSN比 η は、

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\frac{r}{1} (S_\beta - V_e)}{V_e} \\ &= 242881.65 = 53.85 \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

中心間距離のSN比は、

信号因子Mは、

$$M_1=52.0000, M_2=103.9996, M_3=51.9996$$

有効除数rは、

$$\begin{aligned} r &= r_0 \times 18 \times (M_1^2 + M_2^2 + M_3^2) \\ &= 6 \times 18 \times (52.0000^2 + 103.9996^2 + 51.9996^2) \\ &= 1752178.52163456 \end{aligned}$$

全変動 S_T は、

$$\begin{aligned} S_T &= \text{個々のデータの2乗和} \\ &= 30^2 + \dots + 258^2 \\ &= 1752132.71039313 \quad (f_T = 18kr_0 = 324) \end{aligned}$$

感度係数 β は、

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3}{r} \\ &= 0.99987 \end{aligned}$$

信号因子の比例回帰項の効果 S_β は、

$$\begin{aligned} S_\beta &= \frac{(M_1 y_1 + M_2 y_2 + M_3 y_3)^2}{r} \\ &= 1752132.71011216 \quad (f_\beta = 1) \end{aligned}$$

信号の変動 S_M は、

$$\begin{aligned} S_M &= \frac{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2}{18r_0} \\ &= 1752132.71011229 \quad (f_M = 3) \end{aligned}$$

信号の残差項 S_{Mres} は、

$$\begin{aligned} S_{Mres} &= S_M - S_\beta \quad (f_{Mres} = f_M - f_\beta = 2) \\ &= 0.00000013 \end{aligned}$$

誤差変動 S_e は、

$$\begin{aligned} S_e &= S_T - S_\beta - S_{Mres} \\ &= S_T - S_M \\ &= 0.00028084 \quad (f_e = f_T - f_\beta - f_{Mres} = 321) \end{aligned}$$

誤差分散 V_e は、

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{S_e}{f_e} \\ &= 0.000000087 \end{aligned}$$

感度Sは、

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{r} (S_\beta - V_e) \\ &= 0.99997385 = -1.14 \times 10^{-3} \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

よって、中心間距離のSN比 η は、

$$\eta = \frac{\frac{1}{1}(S_{\beta} - V_e)}{V_e} = 1142979.75 = 60.58 \quad (\text{db})$$

となり、標準偏差 σ で表すと、

内径では

$$\frac{1}{\sqrt{\eta}} = 2.03 \quad (\mu\text{m})$$

中心間距離では

$$\frac{1}{\sqrt{\eta}} = 0.94 \quad (\mu\text{m})$$

である。

中心間距離の値が非常に小さく求められているが、これは信号因子の値が不明としたためで、それにかかわる誤差が評価されていないためである。

したがって、このガントリー形CMM校正は、

$$\begin{aligned} \hat{M} &= \frac{y}{\beta} \pm \frac{1}{\sqrt{\eta}} \\ &= \frac{y}{0.999940} \pm 0.00203 \\ &= 1.00006y \pm 0.00203 \quad (\text{mm}) \end{aligned}$$

表11 測定値の分散分析表 (内径)

要 因	f	S (μm^2)	V (μm^2)
S m	1	336.0200	336.0200
R : 回転	1	0.4900	0.4900°
P : プローブ	5	50.6700	10.1340
X : X 軸位置	2	1.6200	0.8100°
Y : Y 軸位置	2	2.2800	1.1400°
Z : Z 軸位置	2	1.1600	0.5800°
e ₁ (1 次誤差)	23	18.9800	0.8252°
(e ₁ (1 次誤差))	(30)	(24.53)	(0.8177)
M : 信号因子	2	11.6200	5.8100
P×M : 交互作用	10	0.9700	0.0970°
X×M : 交互作用	4	0.3500	0.0875°
Y×M : 交互作用	4	0.1700	0.0425°
Z×M : 交互作用	4	0.4900	0.1225°
e ₂ (2 次誤差)	48	1.6700	0.0348°
(e ₂ (2 次誤差))	(70)	(3.65)	(0.0521)
N : 測定点数	2	1.8700	0.9350
P×N : 交互作用	10	8.7800	0.8780
X×N : 交互作用	4	0.7900	0.1975
Y×N : 交互作用	4	3.0600	0.7650
Z×N : 交互作用	4	1.5500	0.3875
M×N : 交互作用	4	8.8000	2.2000
e ₃ (3 次誤差)	188	0.2000	0.0011
T : 合計	323	115.5200	—

表12 測定値の分散分析表 (中心間距離)

要 因	f	S (μm^2)	V (μm^2)
R : 回転	1	7.61	7.61
P : プローブ	5	11.51	2.30°
X : X 軸位置	2	0.45	0.23°
Y : Y 軸位置	2	0.72	0.36°
Z : Z 軸位置	2	5.34	2.67°
e ₁ (1 次誤差)	23	75.41	3.28°
(e ₁ (1 次誤差))	(34)	(93.43)	2.75
M : 信号因子	2	194680440703.41	97340220351.71
P×M : 交互作用	10	2.44	0.24°
X×M : 交互作用	4	0.71	0.18°
Y×M : 交互作用	4	0.10	0.03°
Z×M : 交互作用	4	1.55	0.39°
e ₂ (2 次誤差)	48	14.42	0.30°
(e ₂ (2 次誤差))	(70)	(19.22)	(0.27)
N : 測定点数	2	0.28	0.14°
P×N : 交互作用	10	0.39	0.04°
X×N : 交互作用	4	0.09	0.02°
Y×N : 交互作用	4	0.05	0.01°
Z×N : 交互作用	4	0.11	0.03°
M×N : 交互作用	4	0.17	0.04°
e ₃ (3 次誤差)	188	2.93	0.02°
(e ₃ (3 次誤差))	(214)	(3.74)	(0.02)
T : 合計	323	194680440827.69	—

で行うことができる。

3. 2 ブリッジ型

3. 2. 1 分散分析

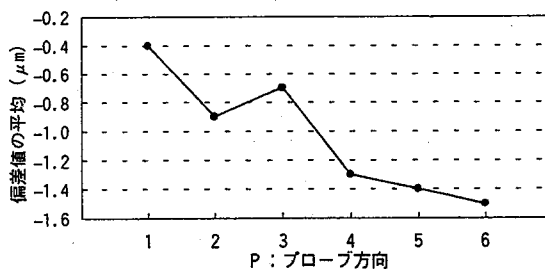


図7 プローブの方向による相違 (内径)

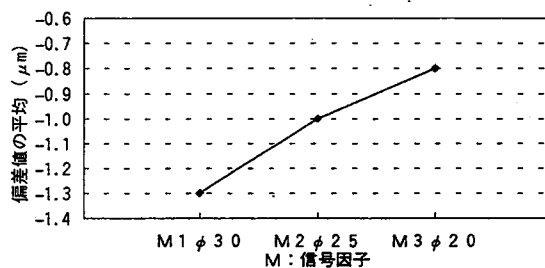


図8 信号因子による相違 (内径)

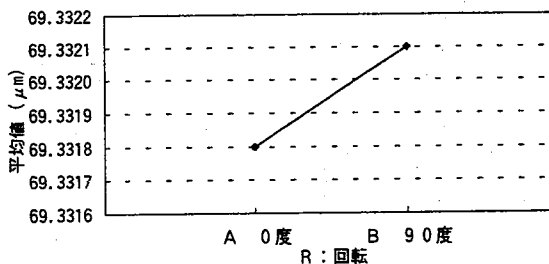


図9 回転別の平均値 (中心間距離)

内径及び中心間距離の値を特性値とした分散分析表を表11及び表12に示す。

内径ではプローブの方向（P）及び信号（M）の効果が大きい。中心間距離では回転（R）の効果が大きい。

表11で取り上げた因子の全変動すべてをCMMの測定における誤差と考えると全平方和を全自由度で除した平方根 σ は、

$$\sigma = \sqrt{\frac{115.52}{323}} = 0.60 \quad (\mu\text{m})$$

がCMMの総合誤差であると考えることができる。

図7に効果が特に大きいプローブ別による真の値からの差を、図8信号因子別の差を示す。プローブ

表13 SN比の水準別平均値（内径）

		水 準		
因 子		1 (4)	2 (5)	3 (6)
感 度 係 数 β	プローブ	0.999984	0.999966	0.999973
	X 軸位置	0.999949	0.999945	0.999943
	Y 軸位置	0.999956	0.999961	0.999962
	Z 軸位置	0.999958	0.999957	0.999964
感 度 S (db)	プローブ	-0.000141	-0.000297	-0.000240
	X 軸位置	-0.000446	-0.000169	-0.000497
	Y 軸位置	-0.000365	-0.000374	-0.000311
	Z 軸位置	-0.000365	-0.000374	-0.000311
S N 比 η (db)	プローブ	72.24	72.35	73.71
	X 軸位置	75.41	69.48	65.76
	Y 軸位置	70.50	73.67	70.31
	Z 軸位置	72.75	72.02	69.71

表14 SN比の水準別平均値（中心間距離）

		水 準		
因 子		1 (4)	2 (5)	3 (6)
感 度 係 数 β	プローブ	0.999980	0.999985	0.999978
	X 軸位置	0.999984	0.999978	0.999979
	Y 軸位置	0.999981	0.999981	0.999980
	Z 軸位置	0.999980	0.999981	0.999981
感 度 S (db)	プローブ	-0.000177	-0.000132	-0.000189
	X 軸位置	-0.000140	-0.000062	-0.000185
	Y 軸位置	-0.000169	-0.000163	-0.000175
	Z 軸位置	-0.000175	-0.000163	-0.000168
S N 比 η (db)	プローブ	60.83	72.84	64.20
	X 軸位置	68.34	64.88	70.79
	Y 軸位置	68.92	65.59	66.43
	Z 軸位置	65.58	67.67	67.69

ではNo 6が平均で約 $-1.5\mu\text{m}$ とずれが大きく、全体的にマイナス傾向にある。信号因子では全体的にマイナス傾向にあり、 M_3, M_2, M_1 の順にその傾向が大きくなる。回転では約 $0.3\mu\text{m}$ 差がある。

3. 2. 2 SN比

3. 1. 2と同様にゼロ点比例式からSN比を算出した結果を表13及び表14に、SN比の分散分析表を表15示す。

内径ではプローブの効果が大きく、中心間距離ではプローブとX、Z軸位置の効果が大きくなっている。

SN比 η の要因効果図を図10に示す。プローブによるSN比 η の違いが大きい。

3. 2. 3 CMMの総合誤差

3. 1. 3と同様に求めると内径のSN比 η は、

$$\eta = 3063980.14 = 64.86 \quad (\text{db})$$

中心間距離のSN比 η は、

$$\eta = 2537643.99 = 64.04 \quad (\text{db})$$

となり、標準偏差 σ で表すと、

内径では

$$\frac{1}{\sqrt{\eta}} = 0.57 \quad (\mu\text{m})$$

表15 SN比の分散分析表

因 子		f	S (db ²)	V (db ²)
内 径	P : プローブ	5	175.4519	35.0904
	X : X 軸位置	2	42.7492	21.3746
	Y : Y 軸位置	2	30.2674	15.1337
	Z : Z 軸位置	2	14.0404	7.0202
	e : 誤差	6	110.7877	18.4646
	T : 合計	17	373.2966	—
中 心 間 距 離	P : プローブ	5	301.8143	60.3629
	X : X 軸位置	2	35.8451	17.9226
	Y : Y 軸位置	2	17.5711	8.7855
	Z : Z 軸位置	2	40.6719	20.3360
	e : 誤差	6	83.9421	13.9903
	T : 合計	17	479.8446	—

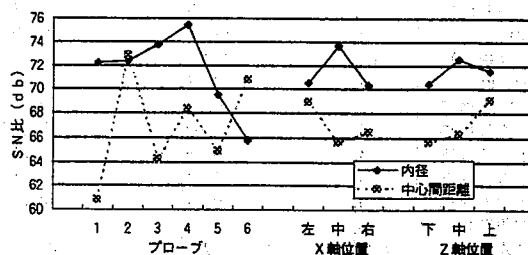


図10 SN比 η の水準別平均（ブリッジ型内径）

中心間距離では

$$\frac{1}{\sqrt{\eta}} = 0.63 \quad (\mu\text{m})$$

である。

したがって、このブリッジ型CMMの校正は

$$\hat{M} = 1.00004y \pm 0.00067 \quad (\text{mm})$$

で行うことができる。

4 おわりに

DGを用いて円測定を基本としたCMMの性能評価法方を提案し、構造の異なる機種について実験を行った。その結果次のことが明らかとなった。

- 1) タッチトリガ式プローブヘッドに補助棒を取り付けた測定では明らかに誤差が大きくなるので、補助棒を使用した測定は避ける必要がある。
- 2) 駆動機構及びスケール位置により精度が悪くなる位置が存在する。

DGでは、プローブヘッドの動作特性も含めた円測定であるので実際的评价法に近いといえるが、測定値そのものが離散データを数学的演算により求めるという手続きがなされている。このことは見掛け上の平均化したものであるため、評価値としては小さめに出る傾向にある。この点を改善するためには、測定物の形状に依存することが避けられないが、今回のDGのリングのように $0.2\mu\text{m}$ 程度の真円度であれば8点の入力で十分なものと考えられる。

最後に、この研究は平成6年度中小企業技術指導員養成課程6ヶ月コースの実習により行ったものである。期間中適切な御指導と数々の助言を頂いた計

量研究所計測システム部計測数理研究室松田次郎氏及び小池昌義室長をはじめ研究室の皆様、測定に際し御協力いただいた株式会社ミットヨ川村兼一氏及びカールツァイス株式会社芦野直人氏をはじめとした両社社員の皆様に深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本規格協会：三次元座標測定機の精度試験方法、JIS B 7440⁻¹⁹⁸⁷
- 2) カールツァイス：カタログCNC三次元測定機 UMM550、60-20-064j YP-III/89 Ioo CA889-062
- 3) 松代正三：計測工学（第2版）（最新機械工学講座）、1987、82
- 4) 田口玄一：品質工学講座3 品質評価のためのSN比、1990、21
- 5) 松田次郎：標準化と品質管理、Vol38(1985-6)、43
- 6) 大矢誠：日本機械学会論文集(C編)、59巻563号(1993-7)、2086
- 7) 松田次郎：応用機械工学、1992-5、62
- 8) 日本規格協会：計測用語、JIS Z 8103⁻¹⁹⁹⁰
- 9) 山川和成：リングプレートメソッドによる三次元測定機の性能評価（その2）ーブリッジ移動型の場合ー、計測分科会資料集、1994-10
- 10) 松田次郎ほか：リングプレート法による三次元測定機の性能評価、精密工学会秋期学術講演会論文集、1994

車両-乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発*

(第3報, 乗員挙動に及ぼす乗員・シート系パラメータの影響)

西 山 修 二

Development of Simulation System on Vehicle-Occupant Dynamic Interaction (3rd Report, Influence of Parameters of Occupant-Seat System on Human Comfort)

Shuji NISHIYAMA

My first report dealt with the theoretical analysis and verification of a simulation system for vehicle-occupant dynamic interaction. This simulation system can be used as a tool to investigate the effects of physical variables that influence automobile ride comfort. In the second report, the effects of sitting posture of seat system on human dynamic behavior were investigated. In this third report, the effects of parameters of occupant-seat system on human dynamic behavior are investigated using this computer simulation. This paper is concerned with the effects of the increase and decrease of parameters, such as the occupant's physical dimensions, characteristics of joints, length of support point of chest and thigh, spring and damping coefficients of seat cushion and so on, on human comfort. Frequency response is investigated in the frequency range of 1 to 30 Hz. As a result, it is found that these parameters exert a serious influence upon both vertical and forward and backward acceleration ratio.

Key Words: Simulation, Coupled Vibration, Human Engineering, Automobile, Seat Ride Comfort, Vehicle Dynamics, Parametric Study

1. ま え が き

自動車の乗り心地性能には、タイヤ、サスペンション、ボデー、シートなどが関係している。自動車が走行すると、路面の凹凸から受ける荷重は車両各部の共振の影響を受けながら最終的に車両内の人体に伝達される。人体も車両側からの振動の影響を受け、複雑な振動系を構成し、乗り心地が低下する。

Fairley ら⁽¹⁾ は着座した人体の動質量に影響を与え、と考えられるいくつかの要因についての実験を実施している。筋肉の緊張、身体的特徴等による影響についても指摘している。

Vaterasian⁽²⁾ は 15 人の被験者と 6 種のシートについての実験的研究を行い 1~14 Hz の周波数の帯域に対する加速度伝達率を実測している。実測結果からシートの特性値あるいは被験者の身体的特徴などにより共振周波数あるいは共振時のピーク値などが異なることが予測される。

また三島⁽³⁾ はシートを数個のばねで構成されたモデルを作成し、乗り心地に影響を及ぼすシートの各特

性値の影響度を定性的に示している。以上の研究成果から、人体の幾何学的特徴、筋肉の生体学的特性あるいはシートの特性値等が乗員挙動に影響を及ぼすことが予測される。しかし、これらについて定量的に検討された報告例はあまり見受けられない。

第1報⁽⁴⁾⁽⁵⁾ で乗員系を人間に近いモデルとし、車両および乗員の動的挙動を車両-乗員系の連成振動としてモデル化し、乗り心地向上のために、最適設計検討が可能なシミュレーションシステムを開発した。

第2報⁽⁶⁾ では、開発したシステムを適用して乗員の最終着座姿勢が乗員の振動特性に及ぼす影響を定量的に検討した。

本報では乗員・シート系のパラメータ、すなわち乗員の質量、慣性モーメント等の人体の幾何学的特徴および関節特性、人体支持点位置およびシートのばね定数および粘性減衰係数等の特性値が乗員の動的挙動に及ぼす影響について検討する。

近年、車両の快適性向上とともに、乗り心地に対する要求が年々厳しくなっている。乗員・シート系のパラメータの変化により、乗員系への影響度を詳細に検討することは車両開発において重要な課題である。

* 日本機械学会論文集 (C編) 第60巻573号 (1994-5)
pp. 1909~1516より転載 (日本機械学会より転載許可)

2. 振動モデル

振動モデルを図1に示す。本報で用いるおもな記号の説明を以下に示す。

記号の説明

乗員・シート系

- $m_i (i=1, 2 \cdots 4)$: 乗員各部の質量
- $I_i (i=1, 2 \cdots 4)$: 乗員各部の慣性モーメント
- $\theta_i (i=1, 2 \cdots 4)$: 乗員各部の回転変位
- θ_0 : シートの初期角度
- β : フットレスト角度
- ξ, ζ : 腰ジョイント点の x, z 方向変位
- l_A, l_B : 車体重心からシート固定位置寸法
- $x_i, z_i (i=1, 2 \cdots 4)$: 乗員各部重心の x, z 座標
- $k_i (i=1, 2 \cdots 5)$: 乗員支持点のばね定数
- $c_i (i=1, 2 \cdots 5)$: 乗員支持点の粘性減衰係数
- $T_i (i=1, 2, 3)$: 関節のフリクションモーメント
- $l_i (i=1, 2 \cdots 7)$: 乗員各部の寸法
- l_k, l_j, l_o, l_p, l_q : シート各部の寸法
- F_P : 乗員が車両に及ぼす作用力

車両系

- v : 車両走行速度
- z : 車体重心変位
- z_f, z_r : ばね下質量の変位
- m : 車体質量
- m_f, m_r : ばね下質量
- m_e : エンジン質量
- I : 車体のピッチング方向慣性モーメント
- I_e : エンジンのピッチング方向慣性モーメント
- θ, θ_e : 車体およびエンジンのピッチング角
- k_{1f}, k_{1r} : 懸架装置のばね定数
- k_{ef}, k_{er} : エンジンマウントのばね定数
- c_{1f}, c_{1r} : 懸架装置の粘性減衰係数

- c_{ef}, c_{er} : エンジンマウントの粘性減衰係数
- f_f, f_r : サスペンション系フリクション
- k_{2f}, k_{2r} : タイヤのばね定数
- c_{2f}, c_{2r} : タイヤの粘性減衰係数
- l_f, l_r : 前軸, 後軸と重心間距離
- l_{eg} : 前軸とエンジン重心間距離
- l_{ef} : 前軸とエンジンフロント支持点間距離
- l_{er} : 前軸とエンジンリア支持点間距離
- F_{1f}, F_{1r} : 懸架装置の作用力
- F_{2f}, F_{2r} : タイヤの作用力
- F_{3f}, F_{3r} : エンジンが車体に及ぼす作用力

- 路面系
- z_0 : タイヤ接地点の路面表面の上下変位
- z_{0i} : タイヤ接地点の路面表面の凹凸
- w_f, w_r : タイヤ接地点の上下変位と凹凸の和

本研究で取扱う車両-乗員系の振動モデル⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾は図1に示すように12自由度のモデルである。乗員系は、図2に示すように頭部と頸部、胴体部、大腿部および下腿部の四つの剛体としてモデル化している。各部の重心に質量と慣性モーメントを考慮する。また頸、腰および膝の関節部にフリクションモーメントを考慮する。車両系は、車体、エンジン、フロントとリアのばね下質量の上下運動と車体とエンジンのピッチング運動を考慮する。ばね下質量とばね上質量の間は、ばねとダンパおよびサスペンション系フリクションを考慮する。フロントおよびリアの懸架装置の粘性減衰係数はピストンスピードに依存した非線形特性を考慮する。サスペンション系フリクション力については作用力をピストンスピードの関数で表す。エンジンはフロントとリアのエンジンマウント支持点をばねとダンパーでモデル化する。

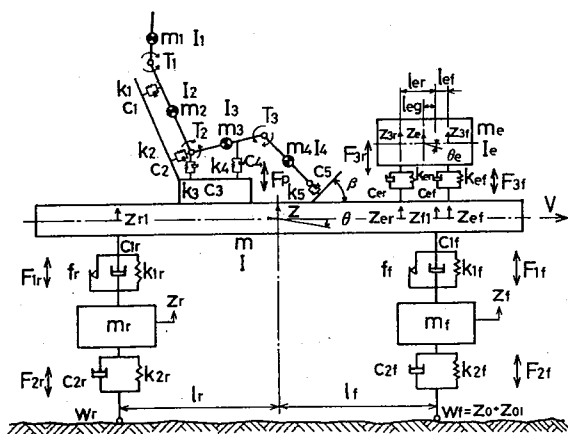


図1 振動モデル

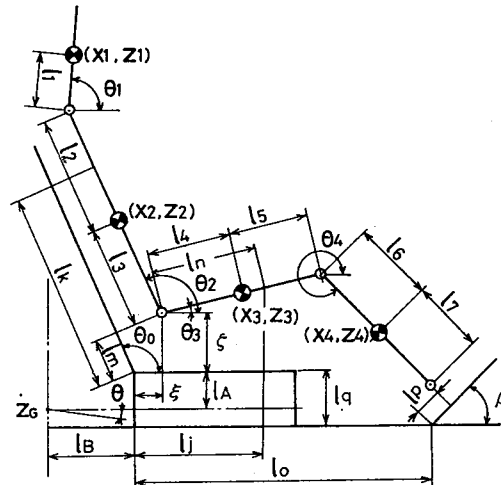


図2 乗員モデルの座標系

3. パラメータの影響

3・1 計算諸元の同定 本報のシミュレーションでは車両-乗員系のパラメータを次のようにして同定した。乗員系については、人体各部のセグメント長、セグメント質量、セグメント重心位置、セグメント慣性モーメント等の幾何学的特性が明らかな JM 50 ダミー(日本人成人男子の身長、体重などの 50 パーセントイル値を有する)の値を使用した。首、腰および膝での関節特性は式(1)による非線形特性とした⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$T_i = K_{\max,i} \cdot \gamma_i + T_{\max,i} \cdot \tanh(2\omega_i/\omega_{i,0}) \cdots \cdots (1)$$

ここに、

$$\gamma_i = \theta_i - \theta_{i+1}, \omega_i = \dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i+1}$$

$i=1$ (頸部), 2 (腰部), 3 (膝部)

$K_{\max,i}$, $T_{\max,i}$, $\omega_{i,0}$ の定義および値は第 1 報⁽⁴⁾ のとおりとする。

式(1)の特性は古庄⁽⁷⁾の実験値と特性がよく一致し、関節特性を精度よく表しているものと思われる。

乗員・シート系の支持点のばね定数・粘性減衰係数の値(k_i , c_i , $i=1\sim 5$)は、図 3 に示す乗員・シート系のモデルにおいてフロアを上下に正弦波加振し、人体の振動応答特性⁽⁸⁾を考慮し、周波数応答(1~30 Hz)から同定した。

車両系については、車両はセダンタイプの車両を想定している。シミュレーションに使用した車両各部の質量、慣性モーメント、懸架装置のばね定数・粘性減衰係数、タイヤのばね定数・粘性減衰係数および各部の寸法等の諸元は車両メーカーで精密に計測された値である。サスペンション系フリクションは実験データを参考に式(2)で近似し、 F_f , F_r , x_p の値を同定した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$\left. \begin{aligned} f_i &= F_i \cdot \tanh(2v_i/x_p) \\ i &= f \text{ (フロント)}, r \text{ (リア)} \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (2)$$

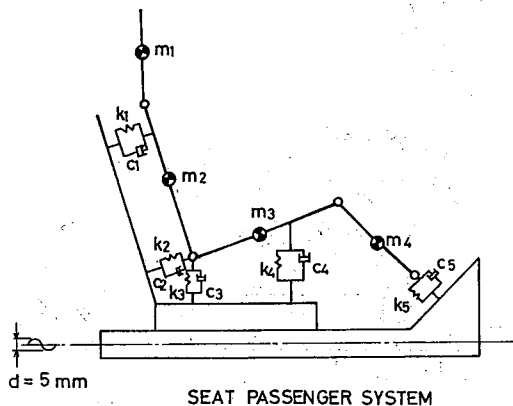


図 3 乗員・シート系のモデル

ここに、 v_i はピストン速度を示す。 F_f , F_r はフロントおよびリアの最大フリクション力を示す。 x_p は最大フリクション力となるピストン速度を示す。

乗員・シート系の諸元⁽⁴⁾⁽⁵⁾を次に示す。

$$\begin{aligned} m_1 &= 5.3214 \text{ kg} & m_2 &= 26.4894 \text{ kg} \\ m_3 &= 18.816 \text{ kg} & m_4 &= 10.3292 \text{ kg} \\ I_1 &= 0.036652 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 & I_2 &= 0.7938 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ I_3 &= 0.20384 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 & I_4 &= 0.1911 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ k_1 &= 4.9 \text{ kN/m} & k_2 &= 5.88 \text{ kN/m} \\ k_3 &= 4.9 \text{ kN/m} & k_4 &= 3.92 \text{ kN/m} \\ k_5 &= 196.0 \text{ kN/m} & c_1 &= 784 \text{ N} \cdot \text{s/m} \\ c_2 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} & c_3 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} \\ c_4 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} & c_5 &= 7.840 \text{ kN} \cdot \text{s/m} \\ l_1 &= 0.152 \text{ m} & l_2 &= 0.196 \text{ m} \\ l_3 &= 0.278 \text{ m} & l_4 &= 0.149 \text{ m} \\ l_5 &= 0.278 \text{ m} & l_6 &= 0.286 \text{ m} \\ l_7 &= 0.126 \text{ m} & l_8 &= 0.424 \text{ m} \\ l_j &= 0.350 \text{ m} & l_o &= 0.799 \text{ m} \\ l_p &= 0.050 \text{ m} & l_q &= 0.163 \text{ m} \end{aligned}$$

これらの値を標準諸元として以下の検討を行う。本報で使用する乗員・シート系および車両系等のパラメータは現実性が非常に高いデータといえる。

表 1 は標準諸元の場合の車両系と乗員系の各部の計算結果であり、ピーク値を示す。計算結果は第 1 報⁽⁴⁾で開発した計算システムにより求めた。以下に示す計算結果についても同様である。乗り心地解析では共振時のピーク値と周波数が特に重要である。 z と z_e で値が二つ示してあるのは第 1 ピークと第 2 ピークの値を示す。括弧内の値はピーク値が発生する共振周波数を示す。

図 4, 5 は標準諸元の場合の乗員各部の上下方向および前後方向加速度比をそれぞれ示す。加速度比は乗員の各部重心の上下方向加速度あるいは前後方向加速度をフロントフロア上下方向加速度で除した値である。以下、上下方向および前後方向加速度比をそれぞれ R_z , R_x と記す。添字 1, 2, 3, 4 はそれぞれ頭部、胴

表 1 標準諸元の場合の計算結果

Symbol	Value (Frequency)	Symbol	Value (Frequency)
z	0.0284g (3.0Hz)	R_{x1}	0.3860 (3.25Hz)
	0.0728g (12.1Hz)	R_{x2}	0.2070 (4.00Hz)
z_1	2.3730g (12.1Hz)	R_{x3}	0.2780 (3.75Hz)
z_r	2.3070g (12.1Hz)	R_{x4}	0.3430 (3.25Hz)
z_e	0.0246g (3.0Hz)	R_{z1}	1.9040 (3.48Hz)
	0.0833g (9.9Hz)	R_{z2}	1.8140 (3.48Hz)
		R_{z3}	1.6310 (4.29Hz)
		R_{z4}	1.3090 (4.29Hz)

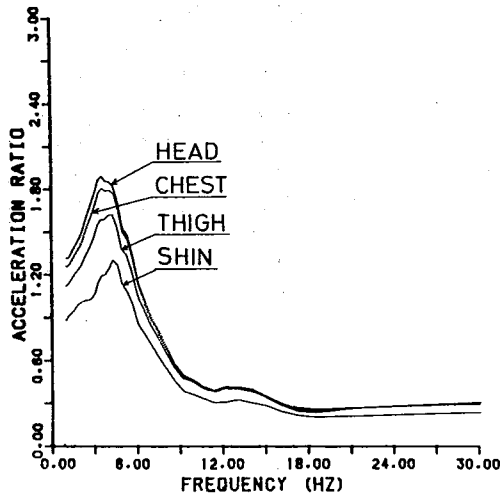


図4 上下方向加速度比

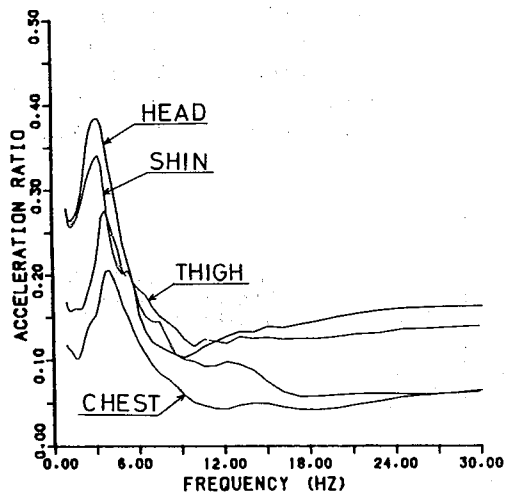


図5 前後方向加速度比

体部、大腿部および下腿部を示す。 R_z は4 Hz前後でピークに達し周波数の増加とともに漸減変曲しつつ減衰していく。

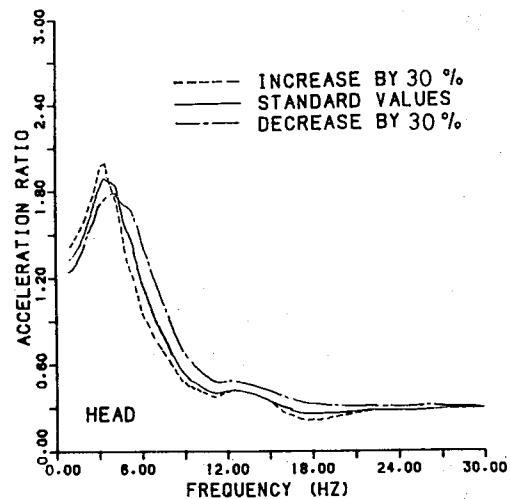
3.2 質量の影響 乗員の頭部、胴体部、大腿部および下腿部の各質量を標準諸元から30%増減して乗員挙動に及ぼす影響を検討する。表2はピーク値と共振周波数の計算結果を示す。質量が増加すると、頭部の R_x のピーク値は大きくなり、大腿部および下腿部の R_x のピーク値は小さくなる。胴体部の R_x のピーク値は変化しない。共振周波数は頭部と大腿部は上昇し、胴体部は下降する。下腿部は変化しない。 R_z については、質量が増加すると各部とも、ピーク値は大きくなる。共振周波数は下降する傾向を示す。図6は頭部の R_z に及ぼす質量の影響を示す。質量が増加すると、共振周波数は下降し、ピーク値は大きくなる。したがって、共振点以下の周波数では質量が増加すると加

表2 乗員挙動に及ぼす影響

Symbol	$m_i(i=1\sim4)$ 30% down	$m_i(i=1\sim4)$ 30% up
R_{x1}	0.3360 (2.83Hz)	0.3870 (3.25Hz)
R_{x2}	0.1990 (4.60Hz)	0.1990 (3.73Hz)
R_{x3}	0.2820 (3.48Hz)	0.2760 (4.00Hz)
R_{x4}	0.3940 (3.25Hz)	0.3030 (3.25Hz)
R_{z1}	1.7890 (4.00Hz)	2.0000 (3.48Hz)
R_{z2}	1.7170 (4.00Hz)	1.9280 (3.48Hz)
R_{z3}	1.5510 (4.29Hz)	1.7190 (3.48Hz)
R_{z4}	1.2520 (4.29Hz)	1.3130 (3.48Hz)

表3 慣性モーメントの影響

Symbol	$I_i(i=1\sim4)$ 30% down	$I_i(i=1\sim4)$ 30% up
R_{x1}	0.4180 (3.25Hz)	0.3580 (3.25Hz)
R_{x2}	0.2130 (4.00Hz)	0.2020 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2840 (3.73Hz)	0.2730 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3630 (3.25Hz)	0.3260 (3.25Hz)
R_{z1}	1.9200 (3.48Hz)	1.8900 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8250 (3.48Hz)	1.8080 (3.48Hz)
R_{z3}	1.6260 (4.29Hz)	1.6350 (4.29Hz)
R_{z4}	1.2980 (4.29Hz)	1.3200 (4.29Hz)

図6 R_z に及ぼす質量の影響

速度比は大きくなり、逆に共振点以上の周波数では小さくなる。周波数がさらに高くなると、影響が認められなくなる。

3.3 慣性モーメントの影響 乗員の頭部、胴体部、大腿部および下腿部の各部の慣性モーメントの値を標準諸元から30%増減して乗員挙動に及ぼす影響を検討する。表3はピーク値と共振周波数の計算結果を示す。慣性モーメントが増加すると、各部の R_x のピーク値は小さくなる。頭部と胴体部の R_z のピーク値はやや小さくなり、大腿部と下腿部の R_z のピーク値はやや大きくなる。 R_x および R_z いずれの場合も共振周波数は変化しない。

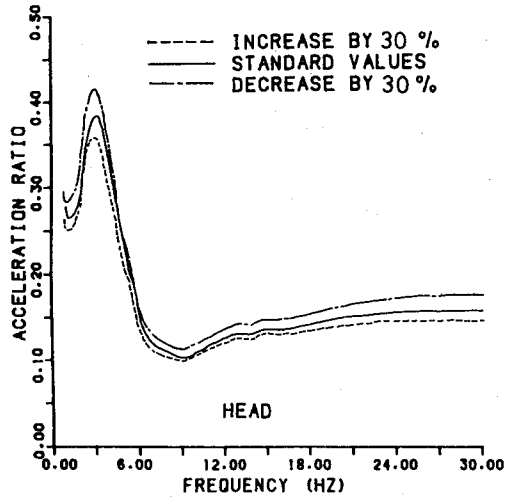


図7 R_x に及ぼす慣性モーメントの影響

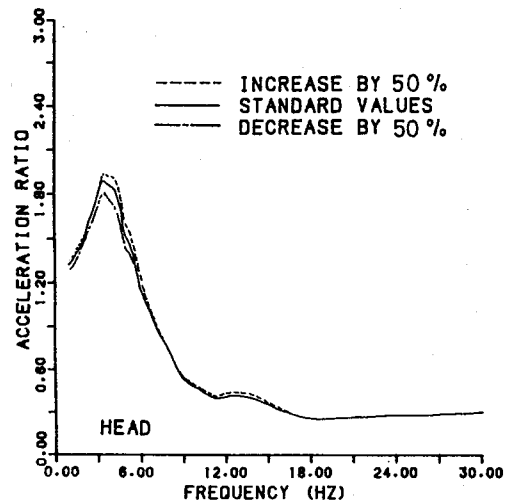


図8 R_z に及ぼす関節特性の影響

図7は頭部の R_x に及ぼす慣性モーメントの影響を示す。慣性モーメントの変化による影響は R_z よりも R_x のほうが大きく、周波数が1~30 Hzの帯域において影響が認められる。

3・4 関節特性の影響 式(1)で近似した乗員の頸、腰および膝部関節のフリクションモーメントの値を50%増減して乗員への影響を検討する。

図8, 9は頭部の R_z と R_x に及ぼす関節特性の影響を示す。 R_z については、共振点近傍で影響が大きく、周波数が増えると影響がなくなる。 R_x については、周波数が1~30 Hzの帯域において影響が認められる。

表4はピーク値と共振周波数の計算結果を示す。フリクションモーメントが増加すると、頭部と胴体部の R_x のピーク値は大きくなり、大腿部と下腿部のピーク値は小さくなる。 R_z については、各部ともフリクシ

表4 関節特性の影響

Symbol	$T_i(i=1\sim3)$ 5 0% down	$T_i(i=1\sim3)$ 50% up
R_{x1}	0.2730 (3.25Hz)	0.4280 (3.25Hz)
R_{x2}	0.1970 (4.00Hz)	0.2130 (4.00Hz)
R_{x3}	0.3530 (3.73Hz)	0.2450 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3880 (3.25Hz)	0.3270 (3.00Hz)
R_{z1}	1.8170 (3.48Hz)	1.9320 (3.48Hz)
R_{z2}	1.7560 (3.48Hz)	1.8370 (3.48Hz)
R_{z3}	1.5750 (3.48Hz)	1.6550 (4.29Hz)
R_{z4}	1.1850 (3.48Hz)	1.3430 (4.29Hz)

表5 l_j の影響

Symbol	l_j 20% down	l_j 20% up
R_{x1}	0.4370 (3.25Hz)	0.3020 (2.83Hz)
R_{x2}	0.1990 (4.00Hz)	0.2130 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2850 (3.73Hz)	0.2520 (3.73Hz)
R_{x4}	0.3590 (3.25Hz)	0.3020 (3.25Hz)
R_{z1}	1.9190 (3.48Hz)	1.8570 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8180 (3.48Hz)	1.7930 (3.48Hz)
R_{z3}	1.5930 (4.00Hz)	1.6430 (3.48Hz)
R_{z4}	1.1880 (4.29Hz)	1.4370 (4.29Hz)

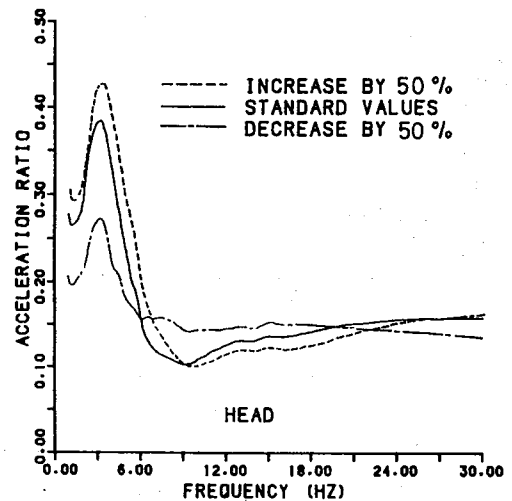


図9 R_x に及ぼす関節特性の影響

ョンモーメントが増加するとピーク値は大きくなる。 R_x と R_z ともに、共振周波数は変化しない。

3・5 大腿部支持点位置 l_j の影響 l_j の値を標準諸元から20%増減して、乗員への影響を検討する。表5はピーク値と共振周波数の計算結果を示す。 l_j が増加すると、胴体部の R_x のピーク値は大きくなり、頭部、大腿部および下腿部のピーク値は小さくなる。共振周波数は頭部は下降するが、他は変化しない。 R_z については、頭部と胴体部のピーク値は小さくなり、大腿部と下腿部はやや大きくなる。共振周波数は大腿部は下降し、ほかは変化しない。

3・6 胴体部支持点位置 l_k の影響 l_k の値を標準

諸元から20%増減して、乗員への影響を検討する。表6はピーク値と共振周波数の計算結果を示す。 l_k が増加すると、各部の R_x のピーク値は大きくなる。共振周波数は胴体部のみ下降するが、ほかは変化しない。 R_z については、頭部と胴体部でのピーク値はやや大きくなり、大腿部と下腿部はやや小さくなる。共振周波数は変化しない。

3・7 シート特性値の影響 乗員支持点のばね定数・粘性減衰係数($k_i, c_i, i=1\sim5$)をそれぞれ標準諸元から30%増減して乗員への影響を検討する。

k_1, c_1 を30%増減した場合のピーク値と共振周波数の計算結果を表7に示す。 k_1, c_1 を増加すると、各部の R_x のピーク値は大きくなる。 R_z については、頭部はやや大きくなり、胴体部は変化しない、大腿部と下腿部はやや小さくなる。共振周波数は R_x と R_z いずれの場合も変化しない。

k_2, c_2 を30%増減した場合のピーク値と共振周波数

表6 l_k の影響

Symbol	l_k 20% down	l_k 20% up
R_{x1}	0.3630 (3.25Hz)	0.4140 (3.25Hz)
R_{x2}	0.1910 (4.00Hz)	0.2290 (3.73Hz)
R_{x3}	0.2570 (3.73Hz)	0.3040 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3200 (3.25Hz)	0.3750 (3.25Hz)
R_{z1}	1.8930 (3.48Hz)	1.9170 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8100 (3.48Hz)	1.8220 (3.48Hz)
R_{z3}	1.6340 (4.29Hz)	1.6260 (4.29Hz)
R_{z4}	1.3200 (4.29Hz)	1.2940 (4.29Hz)

表7 k_1, c_1 の影響

Symbol	k_1, c_1 30% down	k_1, c_1 30% up
R_{x1}	0.3680 (3.25Hz)	0.3990 (3.25Hz)
R_{x2}	0.1730 (4.00Hz)	0.2420 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2360 (3.73Hz)	0.3220 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3240 (3.25Hz)	0.3720 (3.25Hz)
R_{z1}	1.8900 (3.48Hz)	1.9100 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8160 (3.48Hz)	1.8160 (3.48Hz)
R_{z3}	1.6420 (4.29Hz)	1.6190 (4.29Hz)
R_{z4}	1.3200 (4.29Hz)	1.2940 (4.29Hz)

表8 k_2, c_2 の影響

Symbol	k_2, c_2 30% down	k_2, c_2 30% up
R_{x1}	0.3840 (3.25Hz)	0.3890 (3.25Hz)
R_{x2}	0.1910 (4.00Hz)	0.2230 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2590 (3.73Hz)	0.2970 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3400 (3.25Hz)	0.3460 (3.25Hz)
R_{z1}	1.9000 (3.48Hz)	1.9000 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8190 (3.48Hz)	1.8100 (3.48Hz)
R_{z3}	1.6370 (4.29Hz)	1.6230 (4.29Hz)
R_{z4}	1.3070 (4.29Hz)	1.3100 (4.29Hz)

の計算結果を表8に示す。 k_2, c_2 を増加すると、頭部、胴体部、大腿部および下腿部の R_x のピーク値は大きくなる。 R_z については、頭部は変化しない、胴体部と大腿部はやや小さくなり、下腿部はやや大きくなる。共振周波数は R_x と R_z いずれの場合も変化しない。

k_3, c_3 を30%増減した場合のピーク値と共振周波数の計算結果を表9に示す。図10, 11は頭部の R_x と R_z

表9 k_3, c_3 の影響

Symbol	k_3, c_3 30% down	k_3, c_3 30% up
R_{x1}	0.3050 (3.03Hz)	0.4320 (3.25Hz)
R_{x2}	0.2330 (4.00Hz)	0.1850 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2860 (4.00Hz)	0.2730 (3.48Hz)
R_{x4}	0.2520 (3.25Hz)	0.3900 (3.25Hz)
R_{z1}	2.0100 (3.48Hz)	1.8190 (4.00Hz)
R_{z2}	1.9490 (3.48Hz)	1.7450 (4.00Hz)
R_{z3}	1.8040 (3.48Hz)	1.5500 (4.29Hz)
R_{z4}	1.5350 (3.48Hz)	1.1790 (4.29Hz)

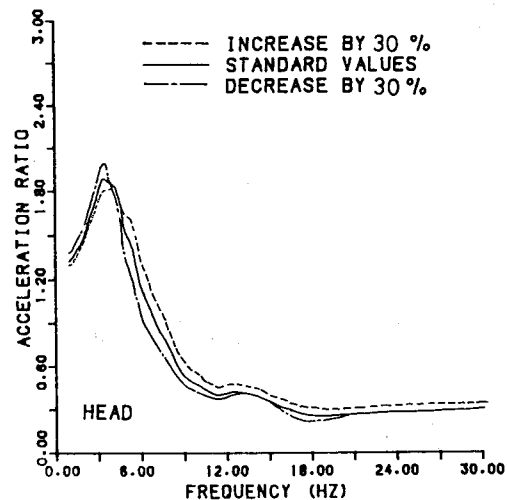


図10 R_x に及ぼす k_3, c_3 の影響

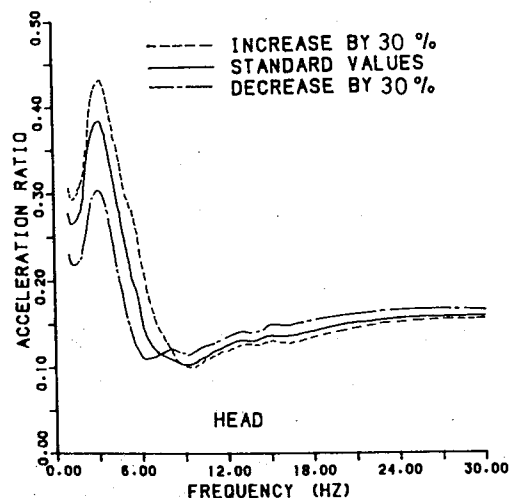


図11 R_z に及ぼす k_3, c_3 の影響

表 10 k_4, c_4 の影響

Symbol	k_4, c_4 30% down	k_4, c_4 30% up
R_{x1}	0.4940 (3.25Hz)	0.2760 (2.83Hz)
R_{x2}	0.2290 (4.00Hz)	0.1880 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2950 (3.73Hz)	0.2560 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3480 (3.25Hz)	0.3290 (3.25Hz)
R_{z1}	1.9400 (3.48Hz)	1.8590 (4.29Hz)
R_{z2}	1.8370 (3.48Hz)	1.8090 (4.00Hz)
R_{z3}	1.5680 (3.48Hz)	1.6830 (4.29Hz)
R_{z4}	1.0780 (3.73Hz)	1.4280 (4.29Hz)

表 11 k_5, c_5 の影響

Symbol	k_5, c_5 30% down	k_5, c_5 30% up
R_{x1}	0.3860 (3.25Hz)	0.3860 (3.25Hz)
R_{x2}	0.2070 (4.00Hz)	0.2070 (4.00Hz)
R_{x3}	0.2780 (3.73Hz)	0.2780 (3.75Hz)
R_{x4}	0.3430 (3.25Hz)	0.3430 (3.25Hz)
R_{z1}	1.9040 (3.48Hz)	1.9040 (3.48Hz)
R_{z2}	1.8160 (3.48Hz)	1.8160 (3.48Hz)
R_{z3}	1.6300 (4.29Hz)	1.6300 (4.29Hz)
R_{z4}	1.3090 (4.29Hz)	1.3090 (4.29Hz)

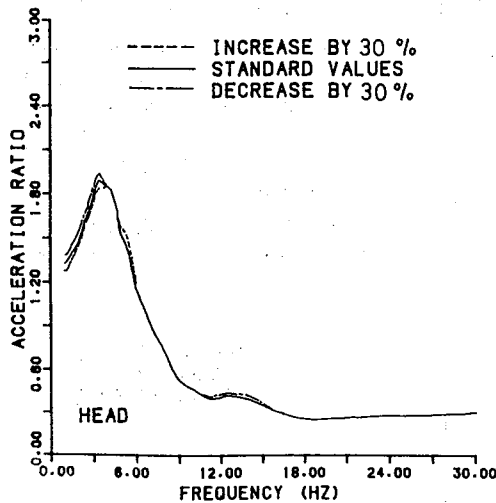


図 12 R_z に及ぼす k_4, c_4 の影響

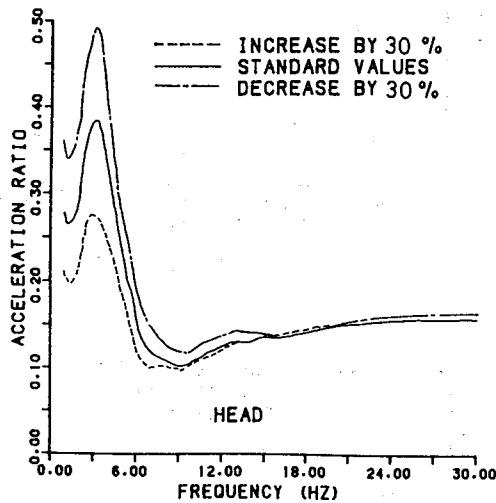


図 13 R_x に及ぼす k_4, c_4 の影響

に及ぼす k_3, c_3 の影響をそれぞれ示す。 R_z と R_x 双方とも周波数が 1~30 Hz の帯域において影響が認められる。 k_3, c_3 を増加すると、頭部と下腿部の R_x のピーク値は大きくなる。胴体部と大腿部の R_x のピーク値は小さくなる。共振周波数は頭部は上昇し、大腿部は下降する。ほかは変化しない。頭部、胴体部、大腿部および下腿部の R_z のピーク値は小さくなる。共振周波

数は各部とも上昇する。

k_4, c_4 を 30% 増減した場合のピーク値と共振周波数の計算結果を表 10 に示す。 k_4, c_4 を増加すると、頭部、胴体部、大腿部および下腿部の R_x のピーク値は小さくなる。共振周波数は頭部のみ下降し、ほかは変化しない。 R_z については、頭部と胴体部のピーク値はやや小さくなり、大腿部と下腿部はやや大きくなる。共振周波数は各部とも上昇する。

図 12, 13 は頭部の R_z および R_x に及ぼす k_4, c_4 の影響をそれぞれ示す。 R_z については、共振点近傍で影響を受け、 k_4, c_4 の特性値が増加すると、ピーク値は減少し、共振周波数はやや上昇する。したがって、共振点以下の周波数では、 k_4, c_4 の特性値が増加すると R_z は小さくなる。 R_x については、1~15 Hz で影響を受け、 k_4, c_4 の特性値が増加すると、 R_x は小さくなる。

k_5, c_5 を 30% 増減した場合のピーク値と共振周波数の計算結果を表 11 に示す。 k_5, c_5 の変化による影響は R_x と R_z 双方に対し、頭部、胴体部、大腿部および下腿部ともほとんど認められない。共振周波数にも変化は認められない。

4. ま と め

乗員・シート系の各パラメータが乗員挙動に及ぼす影響について定量的に検討した。その結果、明らかとなった事柄をまとめると次のとおりである。

(1) 乗員挙動に及ぼす質量の変化の影響は大きい。特に、上下方向加速度比 (R_z) には大きな影響を及ぼし、質量が増加すると乗員各部の R_z のピーク値は大きくなる。さらに、共振周波数は下降する傾向を示す。

(2) 慣性モーメントは乗員の前後方向加速度比 (R_x) に影響を及ぼす。慣性モーメントが増加すると、各部の R_x のピーク値は小さくなる。 R_x と R_z いずれの場合も共振周波数は変化しない。

(3) 関節特性は R_x と R_z 双方に影響を及ぼす。関節部フリクションモーメントの値が増加すると、頭部

と胴体部の R_x のピーク値は大きくなり、大腿部と下腿部のピーク値は小さくなる。 R_z については、各部ともフリクションモーメントの値が増加するとピーク値は大きくなる。 R_x および R_z ともに、共振周波数は変化しない。

(4) l_f が増加すると、胴体部の R_x のピーク値は大きくなり、頭部、大腿部および下腿部のピーク値は小さくなる。共振周波数は頭部は下降するが、ほかは変化しない。 R_z については、頭部と胴体部でのピーク値は小さくなり、大腿部と下腿部はやや大きくなる。共振周波数は大腿部が下降し、ほかは変化しない。

(5) l_h が増加すると、各部の R_x のピーク値は大きくなる。共振周波数は胴体部のみ下降し、ほかは変化しない。 R_z については、頭部と胴体部でのピーク値はやや大きくなり、大腿部と下腿部はやや小さくなる。共振周波数は変化しない。

(6) k_1, c_1 は胴体部と大腿部の R_x に影響を及ぼす。 k_1, c_1 の値を標準諸元から 30% 増加すると胴体部の R_x のピーク値は 17% 程度、大腿部の R_x のピーク値は 16% 程度大きくなる。共振周波数は R_x および R_z いずれの場合も変化しない。 k_2, c_2 は胴体部と大腿部の R_x に影響を及ぼす。 k_2, c_2 が 30% 増加すると、胴体部と大腿部の R_x のピーク値はそれぞれ 8%, 7% 程度大きくなる。共振周波数は R_x および R_z いずれの場合についても変化しない。 k_3, c_3 を増加すると、頭部と下腿部の R_x のピーク値は大きくなる。胴体部と大腿部の R_x のピーク値は小さくなる。共振周波数は頭部は上昇し、大腿部は下降する。ほかは変化しない。 R_z については、頭部、胴体部、大腿部および下腿部ともピーク値は小さくなる。共振周波数は各部とも上昇する。 k_4, c_4 は頭部、胴体部および大腿部の R_x および下腿部の R_z に大きい影響を及ぼす。 k_4, c_4 の値が標準諸元から 30% 増加すると頭部、胴体部および大腿部の R_x のピークはそれぞれ 28%, 9%, 8% 程度減少する。下腿部の R_z のピーク値は約 9% 増加する。共振周波数は頭部の R_x のみ下降する。ほかは変化しない。 R_z については各部とも上昇する。 k_5, c_5 は R_x および R_z いずれの場合においても影響が認められない。共振周波数

にも変化はない。

乗り心地に及ぼす乗員・シート系パラメータの影響について定量的に検討された報告例は見受けられず、本研究で得られた成果は車両開発にあたり、有益な設計資料として提供できるものと思える。

今後の課題として、10 Hz 前後⁽⁴⁾⁽⁵⁾ に共振振動数が存在するエンジン振動特性が乗員挙動に及ぼす影響を検討することも必要である。人間の関節の力学的特性値は緊張時と弛緩時ではかなりの差が生じることが想定される。乗員は視覚情報などにより筋肉の緊張の度合いが異なると関節の回転特性は異なり、乗員挙動に大きく影響を与えることが予測される。また人体に振動刺激を呈示し続けているとその振動刺激に対する感度が低下する振動感覚順応現象⁽⁹⁾ が観測される。これらの視覚情報、振動感覚順応等に依存した関節特性をシステムにクローズドループとして考慮することも今後は必要となろう。本システム⁽⁴⁾⁽⁵⁾ を適用すれば種々の検討が可能でありこれらの問題解決のための有益なツールとして期待できる。

終わりに、本研究を実施するに際しお世話になった関係各位に感謝の意を表す。

文 献

- (1) Fairley, T. E. and Griffin, M. J., *J. Biomechanics*, 22-2 (1989), 81.
- (2) Varterasian, J. H., *SAE Paper*, No. 820309 (1982), 1.
- (3) 三島・加納, 学術講演会前刷集 891, (1989-5), 349, 自動車技術協会.
- (4) 西山, 車両-乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発(第1報, 理論解析およびシステム検証), 機論, 59-568, C (1993), 3613.
- (5) Nishiyama, S., DEVELOPMENT OF A VEHICLE-OCCUPANT DYNAMIC INTERACTION SIMULATION SYSTEM, *Proc. ASIA-PACIFIC VIBRATION CONFERENCE'93*, 2 (1993), 825.
- (6) 西山, 車両-乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発(第2報, 乗員挙動に及ぼす最終着座姿勢の影響), 機論, 59-568, C (1993), 3622.
- (7) 古庄, 自動車技術, 26-8 (1972), 960.
- (8) デュビイ, H.・ツツレット, H., 全身振動の生体反応, (1989), 32, 名大出版会.
- (9) 宮岡, 自動車技術, 45-12 (1991), 14.

車両-乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発*

(第4報, 乗員挙動に及ぼす道路橋伸縮装置段差の影響)

西 山 修 二

Development of Simulation System of Vehicle-Occupant Dynamic Interaction

(4th Report, Influence of Expansion Joint
of Highway Bridge on Human Dynamics)

Shuji NISHIYAMA

This paper presents an application of the simulation system of the vehicle-occupant dynamic interaction which was developed by the author. During the application of this system, the effects of bridge expansion joint and vehicle speed on human dynamic behavior were investigated using this computer simulation system. The expansion joint of highway bridge is modeled by Fourier series function. The random roughness of an actual highway surface has been taken into account in the simulation system. It was found that projection of expansion joint and the shape of obstacle exert a serious influence upon human ride comfort. Some results are presented in the form of parametric plots. Allowable height of expansion joint in the vehicle speed range of 40 to 160 km/h, and a standard of maintenance are presented.

Key Words: Simulation, Human Dynamics, Vehicle Dynamics, Ride Comfort, Coupled Vibration, Bridge Expansion Joint

1. ま え が き

道路橋伸縮装置は橋の温度変化, 荷重, コンクリートのクリープおよび乾燥収縮などによる橋の変位に対して, 自動車が支障なく走行できるように設けられた装置である。装置の部分で凹凸はさけがたく, 現在でも最も適した形式が定まっておらず, 改良が行われている。伸縮装置を通過する車両の衝撃を小さくする構造が望まれている⁽¹⁾。路面上に段差が発生すると, この部分を通過する車両は激しい衝撃を受け, 車両内の乗員の乗り心地を低下するばかりでなく交通騒音・振動等の公害の原因となる。この種に関連した研究として, 単一突起を乗り越える場合の車両運動の研究が報告されている⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。車両が衝撃を受けると車両内の乗員は複雑な振動系を構成するため, 車両の運動のみを考慮したのでは乗員挙動の詳細な予測がたない。伸縮装置等が乗員の挙動に及ぼす影響について検討された報告例はほとんど見当たらない。

段差の定量的な規制値あるいは段差が生じた場合の

定量的な保守基準等も定められていないのが現状である。車両が伸縮装置段差を通過する場合の乗員の振動特性を明らかにし, 段差が生じた場合の保守基準を定量的に定めることは乗り心地向上をはかると同時に道路橋の損傷, 交通騒音・振動等の公害を防止するうえにおいても極めて重要である。

本研究は激しい交通流, あるいは地震, 地盤沈下等により, 発生が予測される道路橋伸縮装置段差が乗員の挙動に及ぼす影響を検討する。手法としては著者ら⁽⁵⁾⁽⁶⁾によって開発された車両-乗員系連成振動計算システムを適用する。検討結果から道路橋伸縮装置段差の許容値を定め, 段差が生じた場合の保守基準について定量的に検討する。さらに, 段差の形状による影響についても検討する。

記 号 の 説 明

添字 f, r, e はフロント, リア, エンジンを示す。

m_i : 乗員各部の質量 ($i=1, \dots, 4$)

I_i : 乗員各部の慣性モーメント ($i=1, \dots, 4$)

β : フットレスト角度

k_i : 乗員支持点のばね定数 ($i=1, \dots, 5$)

c_i : 乗員支持点の粘性減衰係数 ($i=1, \dots, 5$)

T_i : 関節のフリクションモーメント ($i=1, \dots, 3$)

* 日本機械学会論文集 (C編) 第60巻575号 (1994-7)
pp. 2220~2226より転載 (日本機械学会より転載許可)

F_p : 乗員が車両に及ぼす作用力
 v : 車両走行速度(車速)
 z : 車体重心変位
 z_f, z_r : ばね下質量の変位
 m : 車体質量
 m_f, m_r : ばね下質量
 m_e : エンジン質量
 I, I_e : ピッチング方向慣性モーメント
 θ, θ_e : 車体, エンジンピッチング角
 k_{1f}, k_{1r} : 懸架装置のばね定数
 c_{1f}, c_{1r} : 懸架装置の粘性減衰係数
 k_{ef}, k_{er} : エンジンマウントのばね定数
 c_{ef}, c_{er} : エンジンマウントの粘性減衰係数
 f_f, f_r : サスペンション系フリクション力
 k_{2f}, k_{2r} : タイヤのばね定数
 c_{2f}, c_{2r} : タイヤの粘性減衰係数
 l_f, l_r : 前軸, 後軸と重心間距離
 l_{eg} : 前軸とエンジン重心間距離
 l_{ef} : エンジンのフロント支持点間距離
 l_{er} : エンジンのリア支持点間距離
 F_{1f}, F_{1r} : 懸架装置作用力
 F_{2f}, F_{2r} : タイヤ接地点作用力
 F_{3f}, F_{3r} : エンジン支持点作用力
 z_{f1}, z_{r1} : 車体側軸位置変位
 z_{ef}, z_{er} : エンジン支持点位置変位
 $z_0(t)$: 路面表面の上下変位
 $z_{0i}(t)$: 路面表面の凹凸
 w_f, w_r : $z_0(t) + z_{0i}(t)$

2. 車両-乗員-路面系モデル

2.1 車両-乗員系モデル⁽⁵⁾⁽⁶⁾ 図1に本報で適用

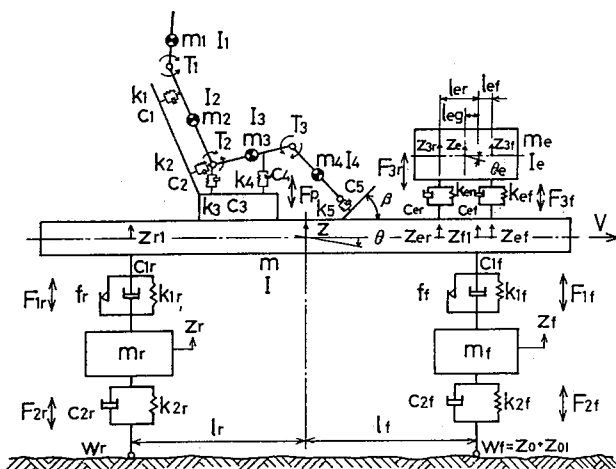


図1 車両-乗員系モデル

するシステムの振動モデルを示す。

乗員系は、頭部と頸部、胴体部、大腿部、下腿部の四つの剛体としてモデル化されている⁽⁵⁾⁻⁽⁸⁾。車両系は、車体、エンジン、フロントとリアのばね下質量からなるモデルである。タイヤ接地点は常に路面から離れないものと仮定する。本研究で取扱う車両-乗員系の解析モデルは12自由度のモデルである。人間の動的挙動を精度よく検討できるものであり高度性・新規性・信頼性のあるモデルと言える⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

2.2 路面系モデル 路面系モデルとして、路面の凹凸の上に道路橋伸縮装置段差が周期的に配置されているものとする。図2に路面系モデルを示す。伸縮装置段差はフーリエ級数⁽⁹⁾を用いて表示すると式(1)となる。数値解析では路面の変位と変位速度を算出する必要があり、走行区間にわたって路面形状を一つの関数形で表示すると便利である。

$$z_0(x) = 4ab/l_s + (4a/\pi) \sum_{n=1}^{N_{\max}} (1/n) \times \cos \{2\pi n(x - 0.5l_s)/l_s\} \cdot \sin(2\pi nb/l_s) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $2a$ は伸縮装置段差、 $2b$ は伸縮装置幅、 N_s はスパン数、 l_s は支間長を示す。路面の凹凸は高速道路の実測データ⁽¹⁰⁾を使用する。道路橋の動的たわみは考慮しないものとする。

式(1)の級数の項を多くとればとるほど形状を精度よく表すことが可能である。しかし、項数を ∞ までとることは現実的に不可能である。そこで、級数の項を何項まで考慮すればよいかを検討する必要がある。 $N_{\max}$ を種々変化させて計算した結果を図3に示す。 $N_{\max}=100$ まで考慮すれば十分な精度で路面形状を表示することが可能である。したがって、本報では式(1)の $N_{\max}$ は100とする。

3. 解析結果および考察

3.1 数値解析 出力値の評価は試験区間を走行する間の各部の加速度の値の二乗平均平方根(rms値)およびピーク値で評価する。計算きざみ幅については、

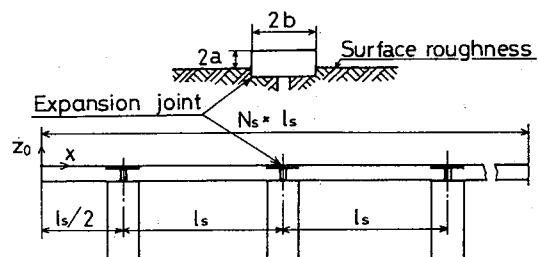


図2 路面系モデル

伸縮装置の上を車両が高速で通過する場合においても伸縮装置を十分サンプリング可能な値とする。シミュレーションに使用する計算諸元として、道路橋は広島市に所在する高瀬大橋を想定している。高瀬大橋は8支間からなる橋長330 mの単純支持合成けた橋である。幅員は10.3 mで歩道と二車線の車道からなる。支間の両端以外は支間長は46 mで、幅は約0.4 mのくし状目地⁽¹⁾の伸縮装置が橋長にわたって9個設置されている。本報における検討は、 $l_s=46$ m、 $N_s=7$ の場合について検討する。車両および乗員系の計算諸元および初期値はすべて前報⁽⁵⁾⁽⁶⁾のとおりとする。

3.2 計算結果 図4は突起乗越しの場合の実測結果⁽¹¹⁾と計算結果を比較したものである。実験車とシミュレーションでの車両諸元は同一車種である。突起は平板状単一突起で高さ15 mm、幅200 mmの場合である。単一突起の形状を式(1)で表し、 $N_{max}=100$ とした。計算結果と実測値はよく一致し、路面形状のモデル化およびシステムの精度の良さを示すことができる。

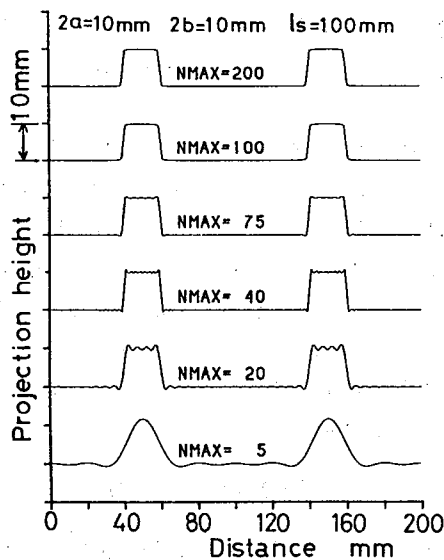


図3 N_{max} と伸縮装置段差形状

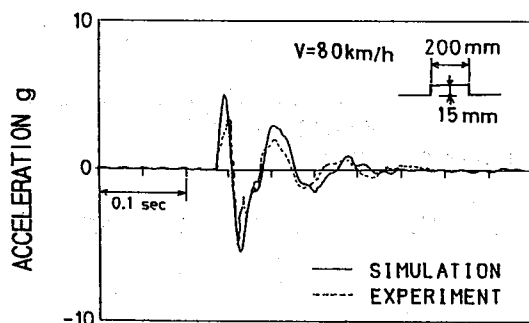


図4 計算結果と実測値との比較

図5から図7は伸縮装置段差を15 mmとし、車速が22 m/sで走行する場合の計算結果を示す。

図5はフロントおよびリアのばね下質量の上下方向加速度と走行距離の関係を示す。図6はフロア(フロントおよびリア)の上下方向加速度と走行距離の関係を示す。図7は乗員各部の上下加速度と走行距離の関係を示す。伸縮装置の中心位置はスタート点から23 m、69 m、115 m、161 m、207 m、253 m、299 mの位置にある。図5、図6に示すように、伸縮装置を通過するときに、ばね下質量およびフロアの加速度は高い値を示す。計算結果の妥当性を示すことができる。乗員系の加速度は複雑な波形を示し、車両系の波形からは予測がつかず、乗員系を考慮する必要性が認められる。

3.3 rms値とクレストファクタ 図8、図9は $N_s=1(46$ m) $\sim 7(322$ m)の場合について乗員各部の上

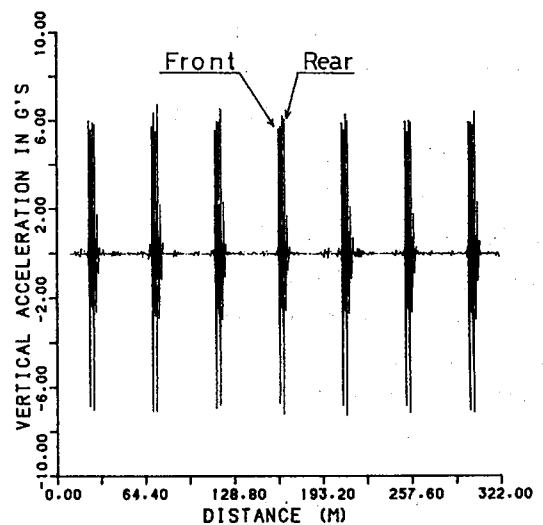


図5 ばね下質量の加速度と走行距離の関係

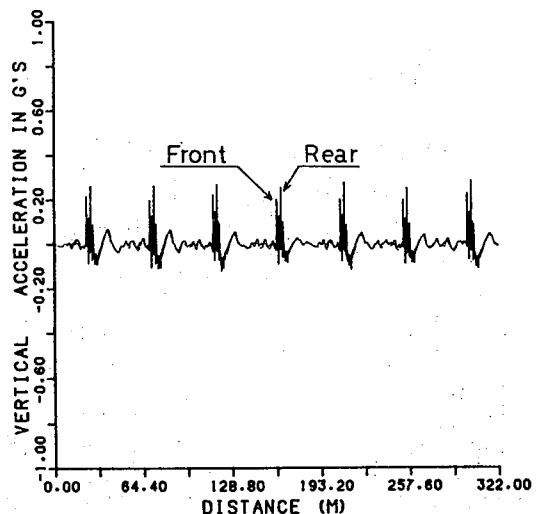
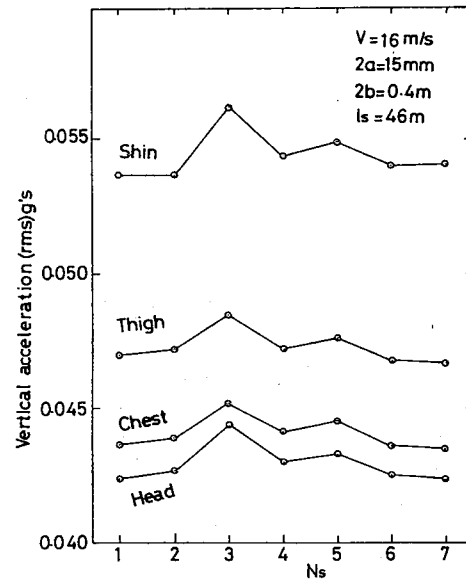


図6 フロア加速度と走行距離の関係

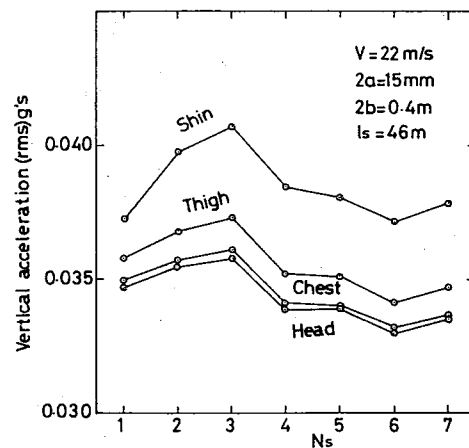
下加速度(rms 値)とクレストファクタ(ピーク値/rms 値)⁽¹²⁾の関係を示す。図8の縦軸は乗員各部の上下加速度(rms 値)を示す。横軸は考慮したスパン数を示す。 $N_s=7$ は道路橋の橋長のほぼ全域を考慮することに相当する。図8(a)~(c)は車速がそれぞれ16, 22, 28 m/s の場合の計算結果を示す。 N_s の変化は加速度(rms 値)にはあまり影響を及ぼさないようである。車速が22 m/s のとき、下腿部の変化がいちばん大きく、最大値は最小値の約9%の増加が認められる。車速が16, 22 m/s の場合は、加速度(rms 値)は下腿部がいちばん高く、続いて大腿部、胴体部、頭部と低くなる。車速が28 m/s の場合は逆に頭部の加速度が高く、続いて胴体部、大腿部、下腿部と低くなる。

図9はクレストファクタと N_s の関係を示す。図9(a)~(c)は車速が16, 22, 28 m/s の場合についての結果を示す。車速が16, 22 m/s の場合は N_s による影響はあまり認められず、 N_s が増すと値はやや高くなる。 $v=28$ m/s の場合は下腿部の最大値は最小値の68%増加する。 N_s が3以上では各部のクレストファクタはほぼ一定値となる。 $N_s=1$ のみの計算でも加速度(rms 値)およびクレストファクタなどの大まかな特性を把握することが可能である。しかし、詳細な検討を

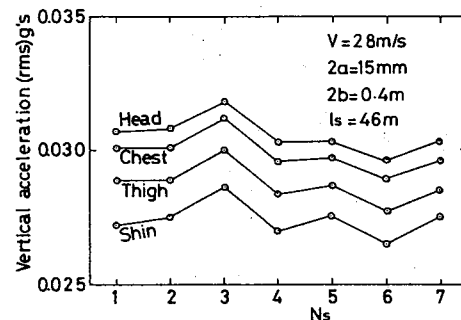
行う場合は橋長全域を考慮することが望ましい。衝撃性の振動ではクレストファクタで評価したほうがよい場合がある。クレストファクタがおよそ6を超す場合には、ISO規格で規定されたrms 値の手法によって生ずる不快さを過少評価することがある⁽¹³⁾。このよう



(a) 車速 16 m/s の場合



(b) 車速 22 m/s の場合



(c) 車速 28 m/s の場合

図8 走行区間と加速度(rms)

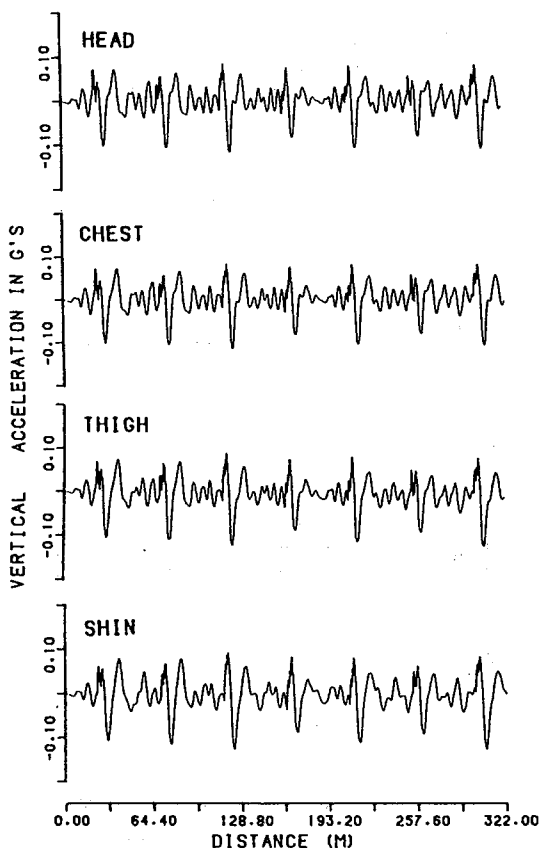


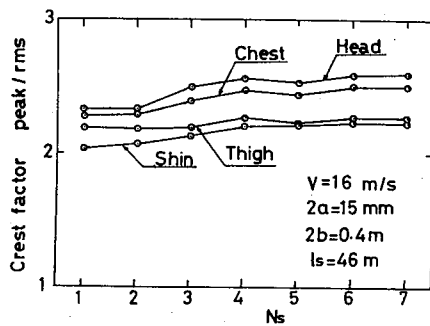
図7 乗員各部の加速度と走行距離の関係

な状態に対しては、運動の root-mean-quad が不快さをより正しく評価すると思われる⁽¹³⁾。rmq は次式で表すことができる評価量である。

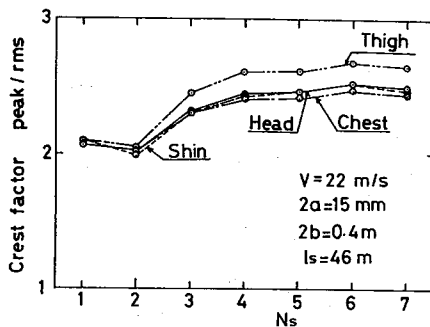
$$rmq = \left((1/T) \cdot \int_0^T \chi^4 dt \right)^{1/4} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 χ ：着目応答量、 T ：時間。

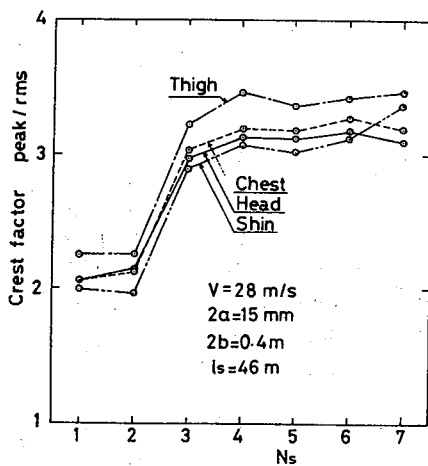
車速が 16 m/s～28 m/s、伸縮装置段差が 0～30 mm の範囲において、クレストファクタは、ばね上質量で 2.0～4.6、ばね下質量で 4.4～8.3、乗員系前後加速度で 2.0～2.5、乗員系上下加速度で 1.9～2.2、フロア上下加速度で 2.3～5.5 エンジン上下加速度で 2.4～4.8



(a) 車速 16 m/s の場合



(b) 車速 22 m/s の場合



(c) 車速 28 m/s の場合

図 9 走行区間とクレストファクタ

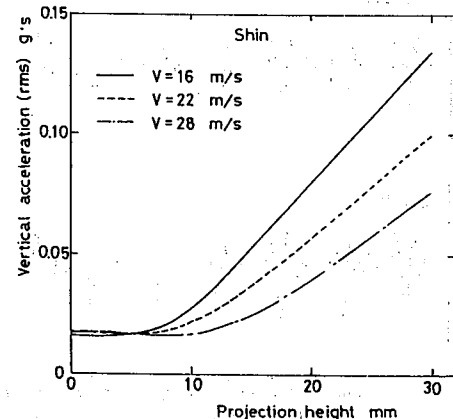
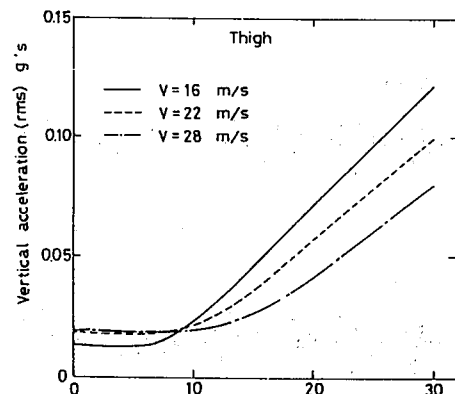
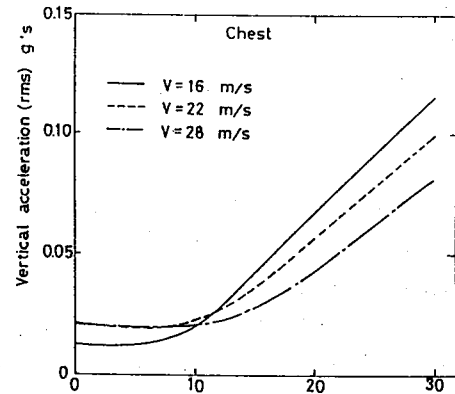
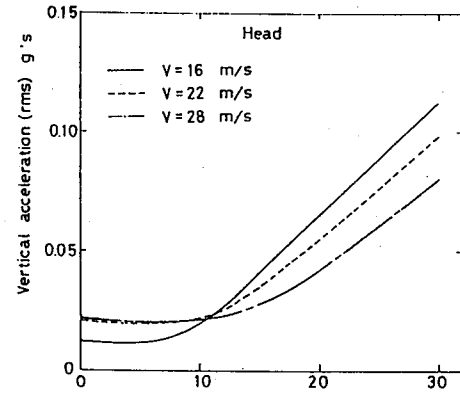


図 10 乗員上下方向加速度

程度である。したがって、本報で対象としている現象は rms 値で評価してよいものと思われる。

3.4 伸縮装置段差と車速の影響 伸縮装置段差は 0~30 mm, 車速は 16, 22, 28 m/s に対して, 乗員挙動に及ぼす伸縮装置段差と車速の影響について計算を実施した。評価は試験区間での各部の加速度の rms 値で評価する。

図 10 は乗員各部の上下方向加速度に及ぼす車速と伸縮装置段差の影響についての計算結果を示す。図 10 の上段から頭部, 胴体部, 大腿部および下腿部を各々示す。いずれの場合においても, 伸縮装置段差が約 10 mm くらいまでは段差による影響はあまり認められず, 車速が大きいくほど加速度は高くなる。段差が約 10 mm 以上では段差による影響が大きくなり, 車速が小さいほど加速度は高くなる。乗員各部の前後方向加速度についても同様の傾向を示す。

3.5 伸縮装置段差の許容値 ISO⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾ によれば人体への振動の影響は作用時間によって, 快適性減退境界, 作業能率減退境界, 暴露限界の三段階で表わされている。K 値⁽¹⁴⁾を使用すると, 走行中の車両内の乗員が感じる乗り心地を定量的に評価できる。K 値は振動数で重みづけされた加速度への変換も可能である⁽¹⁴⁾。一日の暴露時間が 1, 2, 4, 8 時間の場合の快適性減退境界に対する K 値はそれぞれ 7.442, 5.119, 3.435, 2.085 となる⁽⁸⁾。上下方向加速度に変換⁽¹⁴⁾すると, 0.003 79g, 0.002 61g, 0.017 5g, 0.010 6g となる⁽⁸⁾。

図 11 は各車速において乗員の加速度の rms 値が各暴露時間の境界加速度に対する段差の許容値を示す。乗員の上下方向と前後方向加速度を比較すると上下方向のほうが早く境界値に達する。段差は乗員の頭部, 胴体部, 大腿部および下腿部のいずれかが境界値に達したときをその車速に対する許容限界とした。車速が

40 km/h, 振動暴露時間が 1 h, 2 h, 4 h, 8 h の場合, 快適性が保持できる段差の最大許容値は 11 mm, 9 mm, 8 mm, 2 mm となる。車速が増加し, 60 km/h では暴露時間が 4 h, 8 h の場合の許容値は 6 mm, 0 mm となる。車速がさらに増加すると快適性を保持するために, 段差があってはならない。暴露時間が 1 h, 2 h の場合は車速の増加につれて最大許容値がやや緩和され増加する。

3.6 段差の形状による影響 図 12 は, 乗員の頭部の上下方向加速度に及ぼす段差形状の影響についての計算結果を示す。段差の形状が平板状および正弦波状について, 高さが路面から正方向に凸状になる場合と, 負方向に凹状になる場合についての計算結果である。車速は 16 m/s とする。段差は単一の場合である。同一形状の段差でも凸形状より凹形状の段差を通過する場合が乗員加速度への影響は小さくなる傾向を示す。

4. ま と め

本研究により, 明らかになった事柄をまとめると次のとおりである。

(1) 道路橋伸縮装置段差を有する道路橋の路面形状をフーリエ級数を用いて関数表示した。級数の項数は 100 項以上考慮すれば収束する。路面系の数学モデルとして, 十分な精度であることが確認できた。

(2) 試験区間が出力値に及ぼす影響を検討した。試験区間により, 出力値に多少の差異が生じる。N_s=1 のみの計算でも, 特性が近似的に把握できる。詳細な検討を行うには道路橋全域を考慮することが望ましい。

(3) 乗員系に及ぼす車速および伸縮装置段差の影響について定量的に検討した。段差が小さいときは車

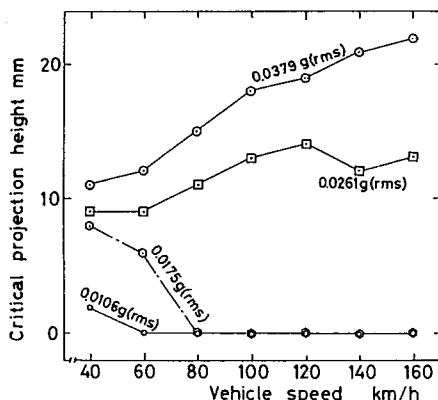


図 11 車速と伸縮装置段差の許容値

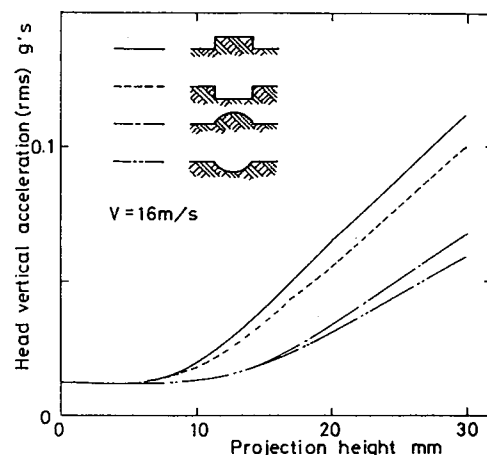


図 12 段差の形状による影響

速が大きいほど、加速度は高くなる。段差が大きくなると、車速が小さいほど、加速度は高くなる。前後方向加速度についても同様の傾向を示す。

(4) 振動暴露時間が1 h, 2 h, 4 h, 8 hの場合について乗員が不快を感じる伸縮装置段差の許容値を示した。車速が40 km/hの場合、最大許容値はそれぞれ11 mm(1 h), 9 mm(2 h), 8 mm(4 h), 2 mm(8 h)となる。

(5) 段差の形状による影響について検討した。同一の形状でも凸形状と凹形状の段差ではその上を走行する車両内の乗員に及ぼす影響度合が異なり、凸形状より凹形状のほうが乗員系に及ぼす影響が小さい。

本報による検討結果は道路橋の設計・施行あるいは保守に際し、有益な技術資料となるものと考ええる。さらに、一般路面上のマンホール蓋等の設置あるいは路面の補修等に際しても本研究結果は適用可能である。今後の課題として、車両が段差を高速で通過する場合、タイヤが路面から非接地状態となることが予測される。タイヤの跳躍現象を考慮に入れた解析も必要である。また変位が急変する路面では実現象をさらに詳細

に把握するためにはタイヤ接地圧分布⁽¹⁶⁾等を考慮に入れたタイヤモデルの開発も必要であろう。

終わりに、本研究を実施するに際しお世話になった関係各位に感謝の意を表する。

文 献

- (1) 小堀, 橋梁工学, (1993), 48, 朝倉書店.
- (2) 大亦・岩田・大塚, 自動車技術会論文集, No. 24(1982), 82.
- (3) 大野・ほか3名, 機論, 54-498, C(1988), 432.
- (4) 石塚・井上, 自動車研究, 7-11(1985), 481.
- (5) 西山, 機論, 59-568, C(1993), 3613.
- (6) Nishiyama, S., *Proc. ASIA-PACIFIC VIBRATION CONFERENCE '93*, 2(1993), 825.
- (7) 西山, 機論, 59-568, C(1993), 3622.
- (8) 西山, 機論, 59-565, C(1993), 2613.
- (9) 平尾・ほか3名, 理論自動車工学, (1960), 217, 山海堂.
- (10) 西山, 東大工井口研究報告, (1983-3), 120.
- (11) 土居・ほか4名, 機講論, No. 920-98(1992-11), 267.
- (12) 江島, 地盤振動と対策, (1979), 31, 集文社.
- (13) 松井, 分科会報告, No.335(1984), 201.
- (14) H.デュビイ・G.ツェレット, 全身振動の生体反応, (1989), 32, 名大出版会.
- (15) ISO2631/1-1985(E), 11.
- (16) 安部, 自動車の運動と制御, (1992), 10, 山海堂.

CAE 構造解析における フィレット面（コーナーR）の評価法

古谷 薫

Evaluation Method of Fillet Surface Effect in Structural Analysis.

Kaoru FURUTANI

本研究では、有限要素法による構造解析等のための解析モデルの作成において、製品形状を複雑にする原因の1つであるフィレット面（コーナーR）を、要求される解析精度に対して、どの程度の大きさの径のフィレット面までモデル化する必要があるか、判断するための基準を把握することを目的として、フィレット面の径と、最大応力、最大変位の関係について解析を行った。

1. 緒 言

CAEを利用して構造解析などの解析を行うためには、適切な解析モデルの作成が必要である。現在、この解析モデル作成については、計算機の処理能力の向上等の技術的な背景から、複雑な形状にも対応可能な強力なプリプロセッサが開発されている。

このため、製品の複雑な形状まで解析モデルに取り入れることが比較的容易に行えるようになり、製品形状に忠実なモデリングを行うことも可能となった。

しかし、解析モデルの作成はモデル作成時間、解析時間などを考慮し、適切に作成することが重要であり、解析精度にあまり影響のない過度に複雑な形状部のモデリングは避けるべきである。

製品形状を複雑にする原因はいろいろ考えられるが、特に、モデル作成に手間が掛かり、解析モデルの要素数を大きくするものの1つとして、面と面との交差部にRをかけた面（フィレット面、コーナーR、以下フィレット面と呼ぶ）がある。

フィレット面は、製品設計において、そのデザイン上あるいは、強度向上、応力集中防止、軽量化等の目的で利用される。

しかし、その径の大きさについては、勘と経験、または、デザイン上の観点から決定されることが多く、また、ただ単に角を作りたくないなどの理由から、適当な径でフィレット面が定義される場合もある。

本研究では、必要な解析精度を得ながら、解析モデルを簡略化させるためには、どの程度の大きさの径のフィレット面まで考慮する必要があるかを把握する必要性から、フィレット面の径と、最大応力、最大変位の関係について考察を行った。

2. テストモデルの形状

テストモデルの形状は、一般的で、解析の結果が設計データとしても使用可能であることを考え、図1-1および図2-1に示すように、直交する2つの部材の角の、内側または外側にフィレット面を定義した2種類とした。

これらの2種類のテストモデルについて、四面体ソリッド要素を用いて要素分割を行った。

この様子を図1-2、図2-2に示す。

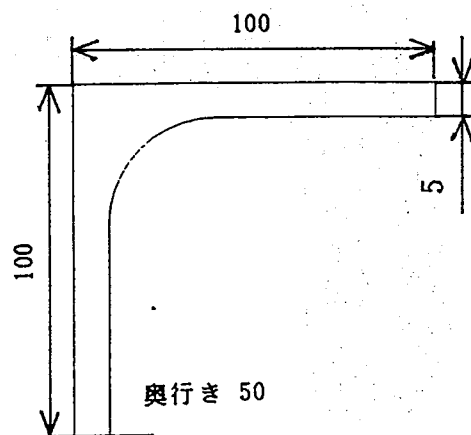


図1-1 モデル1

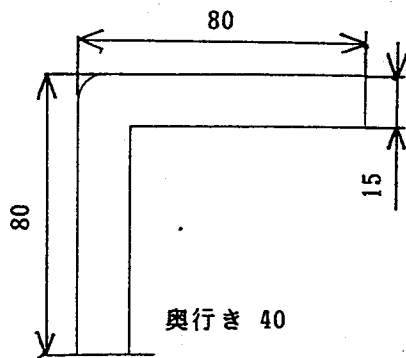


図 2-1 モデル 2

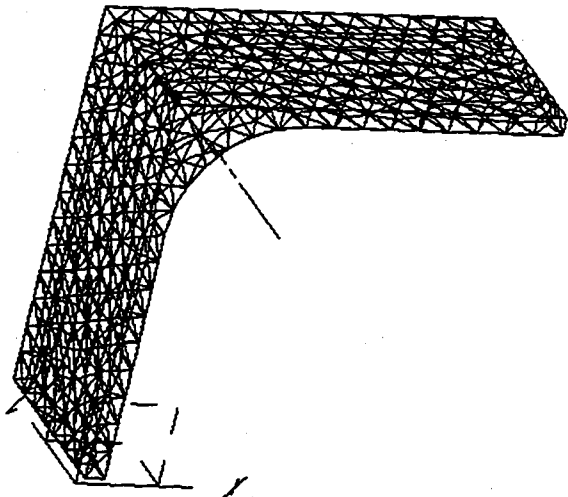


図 1-2 モデル 1 の要素分割の様子

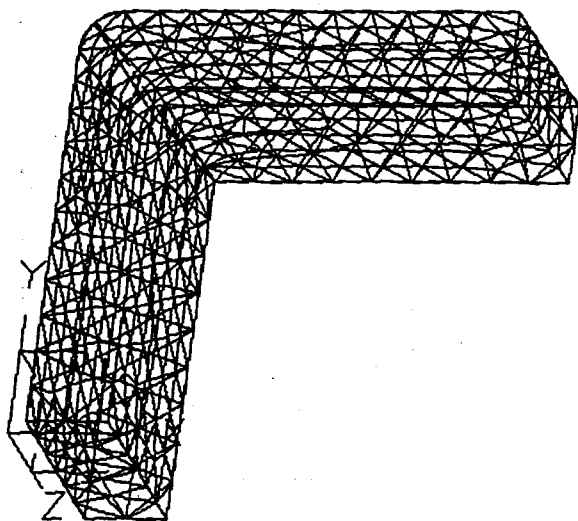


図 2-2 モデル 2 の要素分割の様子

3. 解析条件

(1)拘束条件 モデル 1 では、図 3 に示すように一方の端面を拘束した場合と、図 4 に示すように長手方向の一面を拘束した場合について、また、モデル 2 では、図 5 に示すように一方の端面を拘束した場合について、解析を行った。

(2)荷重条件 モデル 1, 2 の両方について、拘束した方とは別の端面に、図 3、図 4、図 5 に示す方向に一樣分布荷重を加えた場合と、図面の法線方向に一樣分布荷重を加えた場合の 2 つの場合について解析を行った。

各モデルと各解析条件の組合せを表 1 に示す。

材料定数は、ヤング率 $21,000\text{kgf/mm}^2$

($205,800\text{N/mm}^2$)、ポアソン比 0.3 とした。

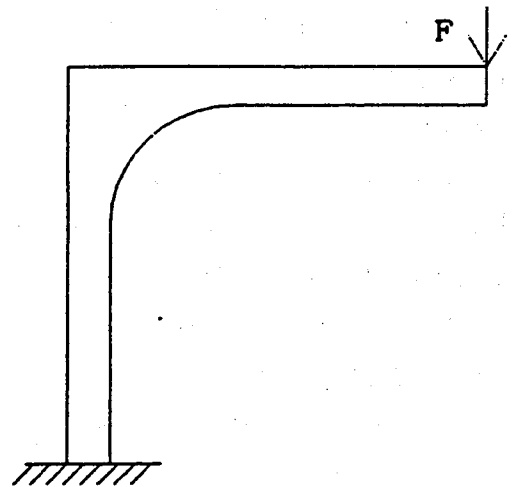


図 3 拘束条件、荷重条件(1)

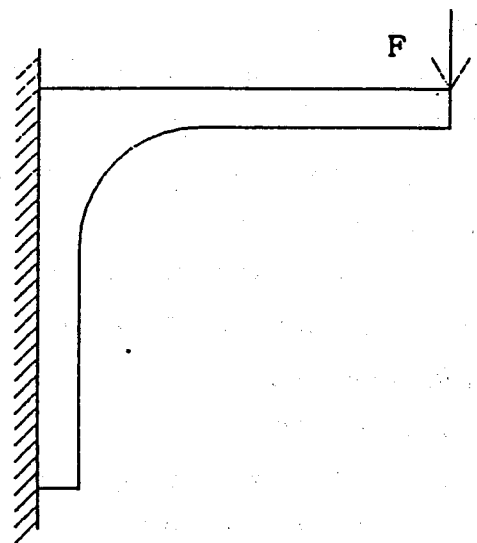


図 4 拘束条件、荷重条件(2)

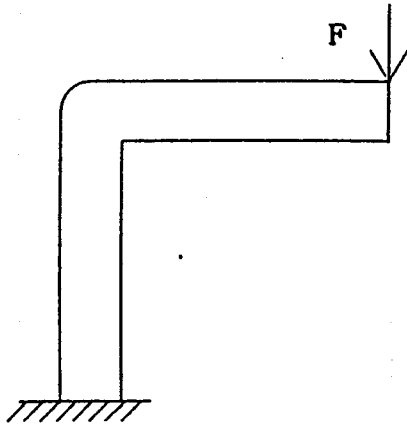


図5 拘束条件、荷重条件(3)

表1 解析条件と結果

結 果	モデル	拘束条件	荷重条件
1	1	1	1 (10N)
2	1	1	2 (5N)
3	1	2	1 (10N)
4	1	2	2 (10N)
5	2	1	1 (50N)
6	2	1	2 (10N)

1 内側にフィレット

2 外側にフィレット

拘束条件

1 端面を拘束

2 長手方向の面を拘束

荷重条件

1 垂直方向

2 紙面の法線方向

4. 解析システム

今回解析に使用したシステムは次のとおりである。

・ソフトウェア

I-DEAS Master Series (SDRC社)

・ハードウェア

HP Apollo Series 735CRX

5. 解析結果

各モデルと各解析条件の組合せ(表1)において、それぞれフィレット径の大きさを変化させて、最大応力と最大変位について解析した結果を図6～図17に示す。これらの解析結果から以下のことを確認することができた。

(1)解析条件1および2については、図6, 8より最大変位はフィレット径の増加に対しほぼ直線的に減少するが、最大応力は図7, 9よりフィレットの径とは関係なくほぼ一定の値であった。

(2)解析条件3および4については、図10～13より最大変位、最大応力ともフィレット径の増加に対し減少しフィレットのおよぼす影響が大きいがわかる。(解析条件1, 2の場合に比べて、特に応力の変化の様子が異なっている。)

(3)解析条件5および6については、図14, 16よりフィレット径が15mm(板厚の大きさ)を越えると当然のことではあるが角の部分の肉厚が薄くなるため最大変位は大きく増加する。最大応力についても図15, 17より最大変位の場合と同じ様な変化を示す。(図17の場合は22.5mm)一方、フィレット径を板厚より小さくしても、最大変位、最大応力ともほとんど変化しない。応力分布をみると角の部分には応力がほとんどかかっていないことがわかる。このことから、製品の軽量化が目的の場合、外側の角のフィレット径の最適値は板厚のあたりであることがわかる。

以上のことから必要とする解析精度がフィレットを無視しても構わないとする場合には、シェル要素による近似が可能である。

最後に、ソリッド要素を使用した場合とシェル要素を使用した場合の解析結果の比較を表2に示す。

(1) 結果 1

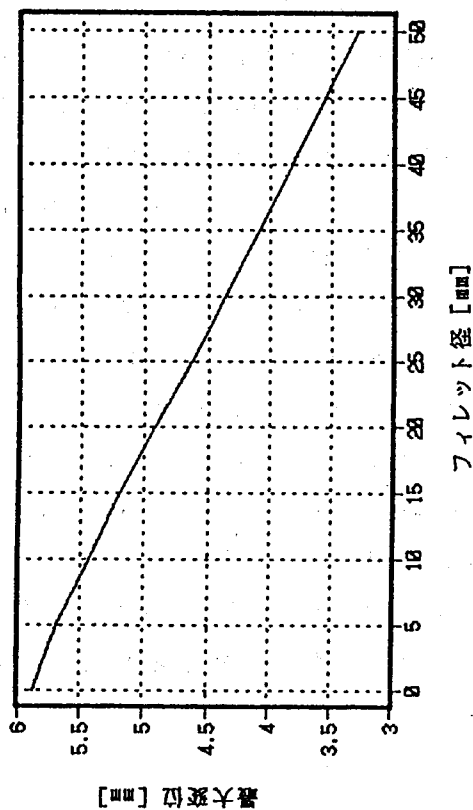


図 6 フィレット径と最大変位の関係 1

(2) 結果 2

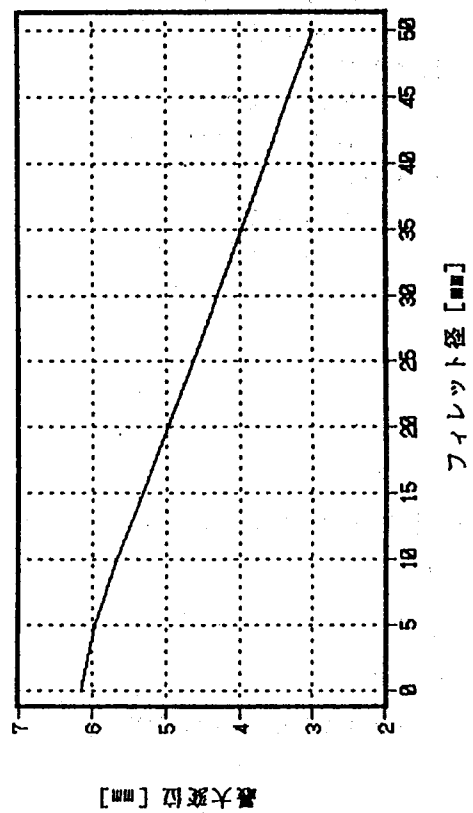


図 8 フィレット径と最大変位の関係 2

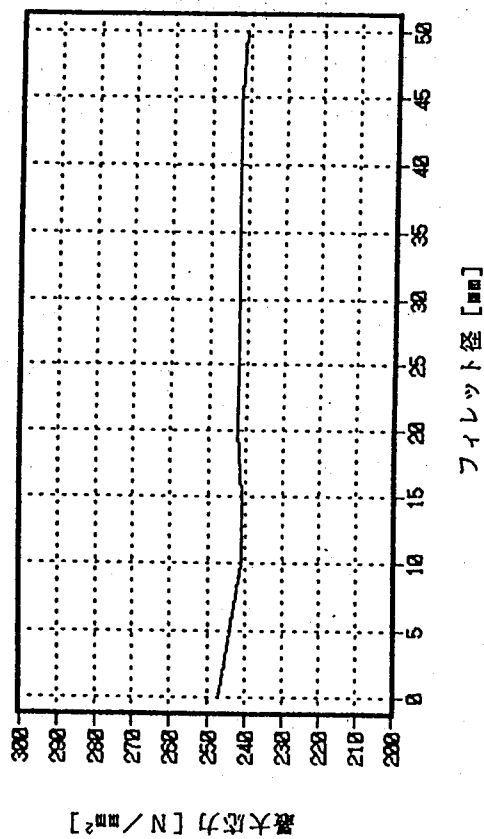


図 7 フィレット径と最大応力の関係 1

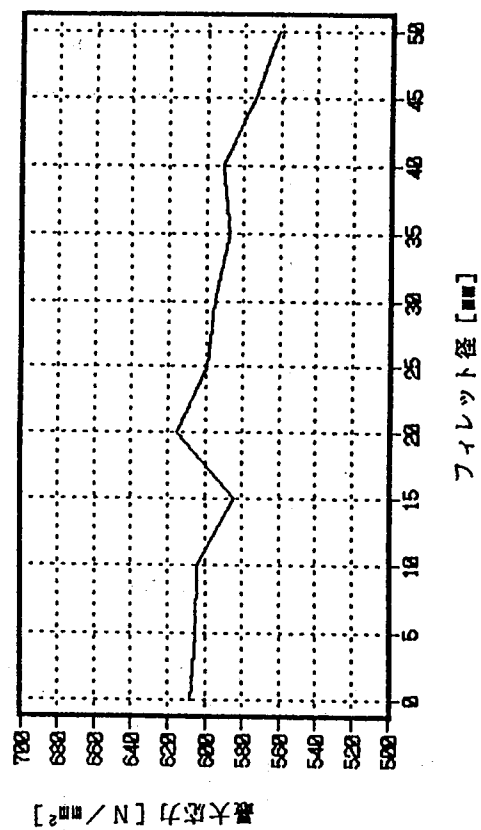


図 9 フィレット径と最大応力の関係 2

(3) 結果 3

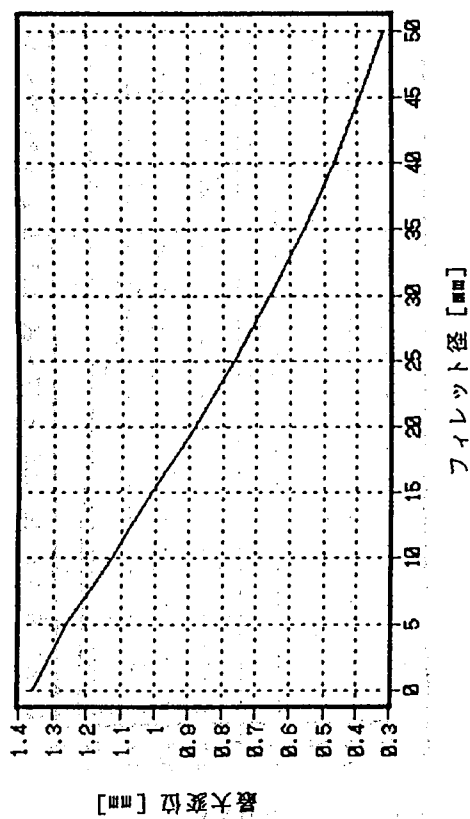


図10 フィレット径と最大変位の関係 3

(4) 結果 4

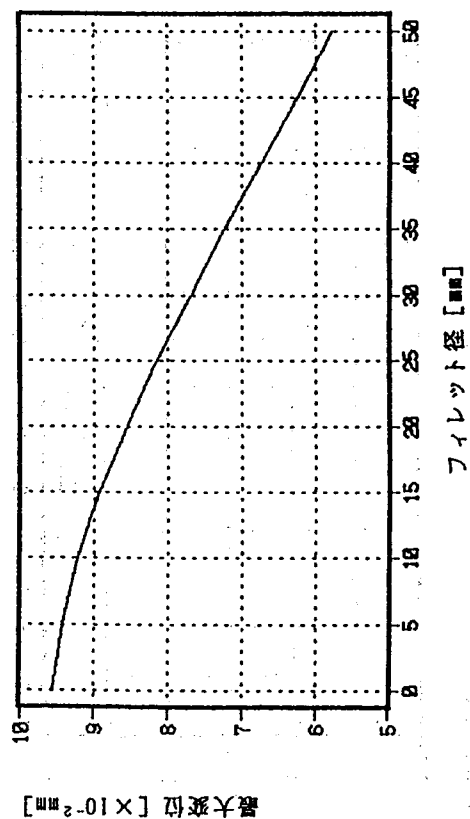


図12 フィレット径と最大変位の関係 4

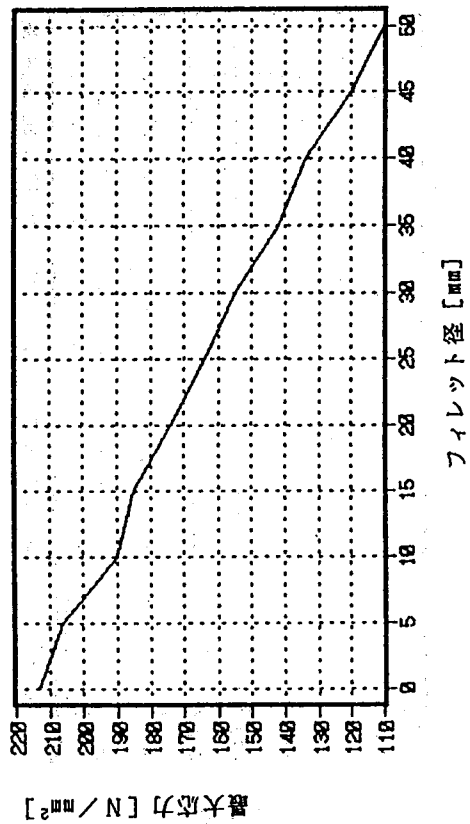


図11 フィレット径と最大応力の関係 3

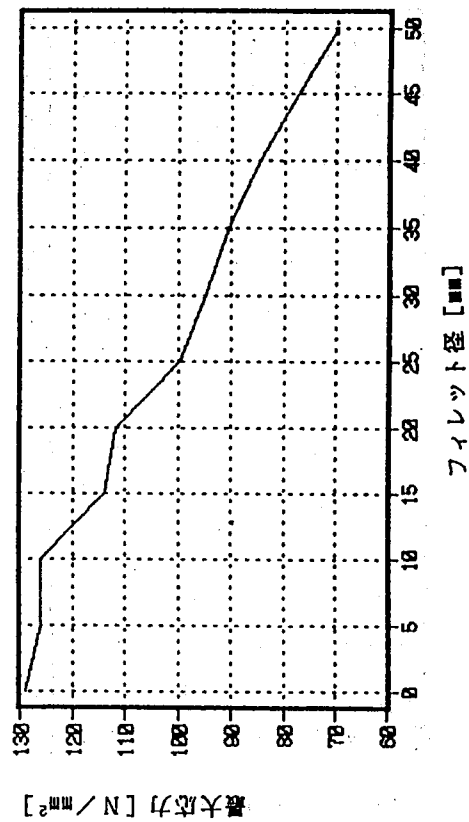


図13 フィレット径と最大応力の関係 4

(5) 結果 5

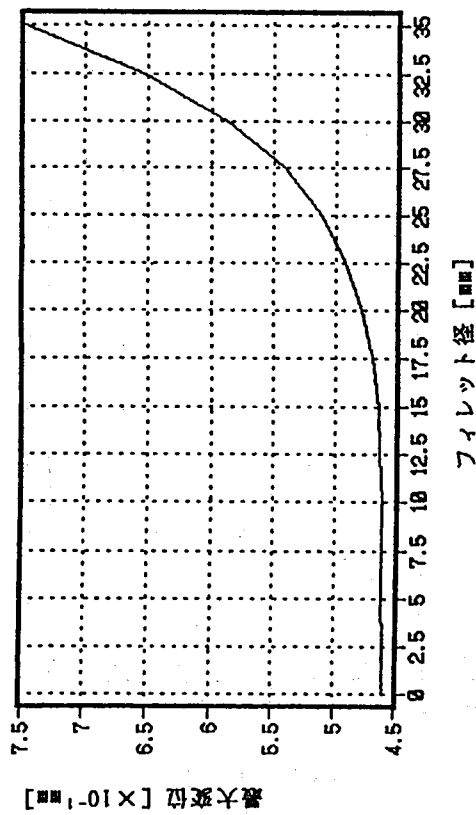


図14 フィレット径と最大変位の関係 5

(6) 結果 6

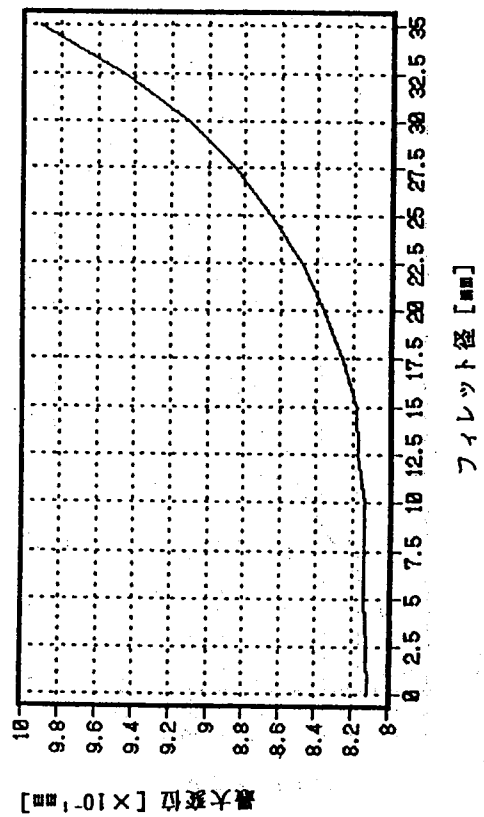


図16 フィレット径と最大変位の関係 6

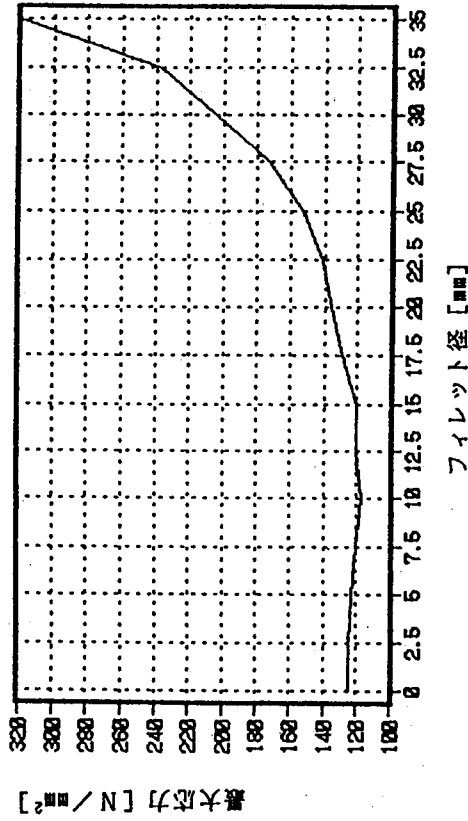


図15 フィレット径と最大応力の関係 5

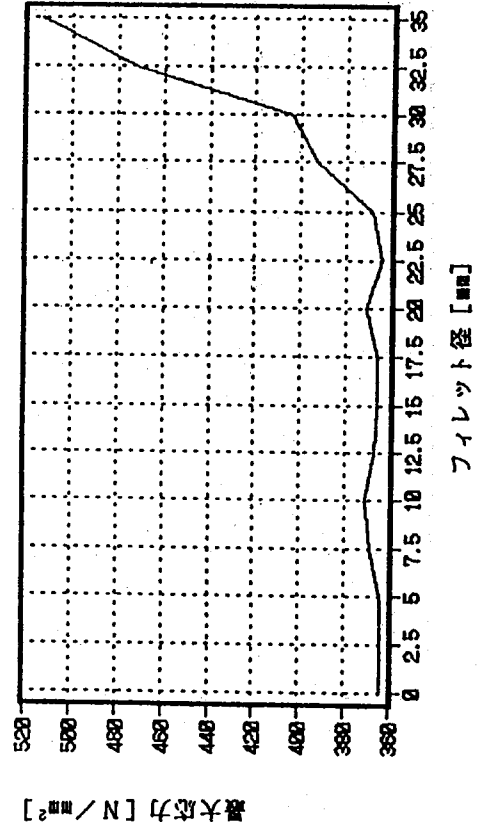


図17 フィレット径と最大応力の関係 6

表2 要素の種類と解析結果

要素の種類	解析条件							
	1		2		3		4	
	変位 [mm]	応力 [N]	変位 [mm]	応力 [N]	変位 [mm]	応力 [N]	変位 [$\times 10^{-2}$ mm]	応力 [N]
ソリッド要素 四面体2次要素	5.88	247	6.16	608	1.36	213	9.55	129
シェル要素 三角形2次要素	5.96	250	6.45	626	1.39	223	9.11	128

6. 結 言

有限要素法等の解析における、解析モデルの作成において、フィレット面を考えなければ、ソリッド要素（四面体要素、六面体要素等）を使わず、シェル要素（三角形要素、四角形要素等）によるモデリングが可能となり、モデル作成時間、解析時間の短縮を図ることができる。本研究により、フィレット径と、最大変位、最大応力の関係が明らかになり、必要とする解析精度に応じた解析モデルの作成のための判断基準として役立つものとなった。

参考文献

機械のための有限要素法入門

川井 忠彦 監修 オーム社

ギャラガー有限要素解析の基礎

Richard.H.Gallager 丸善

応用有限要素解析

Larry.J.Segerlind 丸善

マトリックス有限要素法

O.C.Zienkiewicz 培風館

解析力学と変分原理

Cornelius Lanczos

日刊工業新聞社

連続体の力学入門 改訂版

Y.C.ファン 培風館

弾性論

S.P.Timoshenko コロナ社

救急車内の臥位人体の振動特性に関する研究

上杉 憲雄 西山 修二

Vibration Characteristics of Lying Person in a Ambulance Car

Norio UESUGI
Shuji NISHIYAMA

Key Words : Coupled Vibration, Lying Posture, Ride Comfort, Ambulance Car, Simulation

1. まえがき

患者の医療機関への緊急輸送を行う救急車には一般車両以上に乗員の疲労の少なさ・安全性が求められる。車両のばね上、ばね下などの各共振は15Hzくらいまでの領域に存在し、人体も4～8Hzの振動に敏感である⁽¹⁾。車両走行による路面からの刺激は、車両・ベット各部の共振の影響を受けながら乗員に伝達される。したがって患者がベットに臥位状態となり走行した場合には、人体も複雑な振動系を構成し、車両・ベットの共振が乗員挙動に影響を及ぼすことが予想される。救急車両の振動低減を図ることは、患者のためにも必要であるばかりでなく、救急隊員が患者を輸送中車内で蘇生措置等を行ううえにおいても必要である。本研究は、ベット特性、車両特性が臥位状態の乗員の動的挙動に及ぼす影響について検討する。手法としては、車両－ベット－乗員系の連成振動モデルを構築し、車両－ベット－乗員系の振動特性が検討可能なシミュレーションシステムを開発する。

2. 理論的解析

2. 1 解析モデルと記号

解析モデルを図1に示す。本報で使用する新たな記号を以下に示す。その他については文献(2)のとおりとす。

乗員－ベット系

m_i ($i = 1, 2 \dots 5$): 頭部, 胸部, 腰部, 大腿部, 下腿, 部質量

I_i, θ_i ($i = 1, 2 \dots 5$): 乗員各部の慣性モーメントおよび回転変位

ξ, ζ : ベット重心点と腰関節間の x, z 方向距離

x_i, z_i ($i = 1, 2 \dots 5$): 乗員各部重心の x, z 座標

k_i, c_i ($i = 1, 2 \dots 6$): 乗員支持点のばね係数および粘性減衰係数

T_i ($i = 1, 2 \dots 4$): 各関節部のフリクションモーメント

l_i ($i = 1, 2 \dots 9$): 乗員各部の寸法

$l_{b1}, l_{b2} \dots l_{b6}$: ベット各部の寸法

l_{bf}, l_{br} : 前後部ベット支持点とベット重心間距離

K_{bf}, K_{br} : 前後部ベット支持点のばね係数

C_{bf}, C_{br} : 前後部ベット支持点の粘性減衰係数

I_b : ベット慣性モーメント: ベットピッチング角

l_{f2}, l_{r2} : 前後部ベット支持点と車体重心間の距離

l_{f3}, l_{r3} : 前部ベット支持点と前軸、後部ベット支持点と後軸間の距離

乗員系は、人体を頭、胸、腰、大腿、下腿部の5つの剛体としてモデル化し、人体各部の上下運動と回転運動からなる7自由度のモデルとする。各部の重心に質量と回転モーメントを考慮し、関節部にフリクションモーメント⁽²⁾を考慮する。ベット系は、ベット重心の上下変位とピッチング運動からなる2自由度のモデルとする。車両系については、車体、フロントとリアのばね下質量の上下変位と車体のピッチング運動からなる4自由度のモデルとする。タイヤは、ばねとダンパでモデル化し、バネ下質量とバネ上質量の間は、ばねとダンパおよびサスペンション

ン系フリクションを考慮する。フロントおよびリアの懸架装置の粘性減衰係数およびサスペンション系フリクション力は文献(2)のとおりとする。

2. 2 数値解析

系全体の運動エネルギー、ポテンシャルエネルギー、散逸関数および一般力を求め、これらをラグランジェの方程式に代入することにより系を支配する連立13元の2階常微分方程式を導出する。そして変数変換により連立26元1階常微分方程式の初期値問題として数値解析する。解法としてRunge-Kutta法により時間ステップごとの各変数とその微分係数の値を求める。計算きざみ幅は0.0015秒とし、倍精度で数値計算を行った。周波数応答特性の計算にあたっては、計算する周波数の範囲は1~30Hzとし、実際に計算を行う周波数の値は1~15Hzまでの周波数軸の離散点が多数とれるアルゴリズム⁽²⁾により決定する。各周波数についての計算では、時間ステップごとの各値の二乗平均平方根(rms値)を求め、その値をその周波数に対する代表値とする。

2. 3 シミュレーション

システム開発したシミュレーションのハードウェアシステムは、UNIXワークステーションを使用し、開発言語はCである。

2. 4 路面入力

路面は、 $t=0$ で変位および変位の時間微分が0となる式(1)の正弦波を考慮する。

$$z(x,t) = (a/2)(1 - \cos 2\pi x/\epsilon_s) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 a :全振幅 ϵ_s :波長 x :走行距離

3. 計算結果

3. 1 計算諸元

使用した諸元は次のとおりとする。

乗員系諸元⁽³⁾

$m(\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m})$ $m_1=0.536$ $m_2=1.685$ $m_3=0.943$ $m_4=1.210$ $m_5=0.796$ $I(\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2)$
 $I_1=0.00332$ $I_2=0.0174$ $I_3=0.0111$ $I_4=0.0115$ $I_5=0.0212$
 $\epsilon(\text{m})$ $\epsilon_1=0.118$ $\epsilon_2=0.168$ $\epsilon_3=0.242$

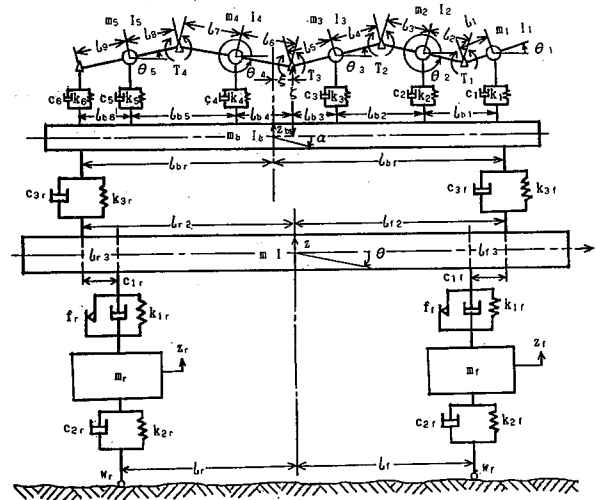


Fig. 1 Analytical Model

$\epsilon_4=0.085$ $\epsilon_5=0.075$ $\epsilon_6=0.175$ $\epsilon_7=0.230$
 $\epsilon_8=0.218$ $\epsilon_9=0.237$

ベット系諸元

$k(\text{kg}/\text{m})$ $k_1=1500.0$ $k_2=1500.0$ $k_3=1500.0$
 $k_4=1500.0$ $k_5=1500.0$ $k_6=1500.0$ $k_{3f}=2000.0$
 $k_{3r}=2000.0$ $c(\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m})$ $c_1=10.5$ $c_2=10.5$
 $c_3=10.5$ $c_4=10.5$ $c_5=10.5$ $c_6=10.5$ $c_{3f}=14.0$
 $c_{3r}=14.0$ $\epsilon(\text{m})$ $\epsilon_{br}=1.309$ $\epsilon_{br}=1.371$
 $\epsilon_{f2}=1.309$ $\epsilon_{r2}=1.371$ $\epsilon_{f3}=0.0$ $\epsilon_{r3}=0.0$
 $\epsilon_{b1}=0.286$ $\epsilon_{b2}=0.327$ $\epsilon_{b3}=0.175$ $\epsilon_{b4}=0.075$
 $\epsilon_{b5}=0.448$ $\epsilon_{b6}=0.237$ $m_b=2.041\text{kg}$
 $I_b=2.812\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$

車両系の諸元はセダンタイプとし文献(2)のとおりとする。初期値は次のように定める。

$\theta_{10}=0.0^\circ$ $\theta_{20}=0.0^\circ$ $\theta_{30}=0.0^\circ$ $\theta_{40}=0.0^\circ$
 $\theta_{50}=0.0^\circ$ $\alpha_0=0.0^\circ$ $\xi_0=0.1\text{m}$ $\zeta_0=0.2\text{m}$

その他の変数の初期値は全て0とする。

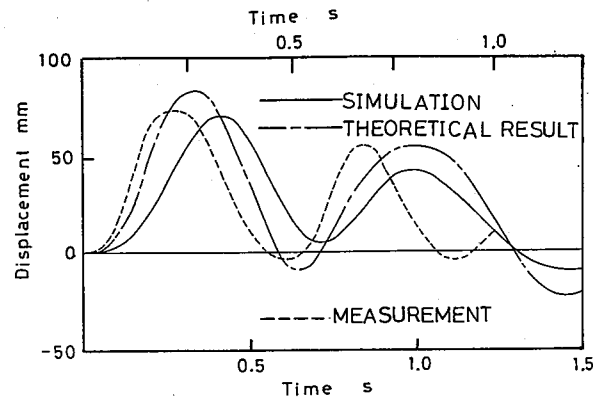


Fig. 2 Displacement of Sprung Mass

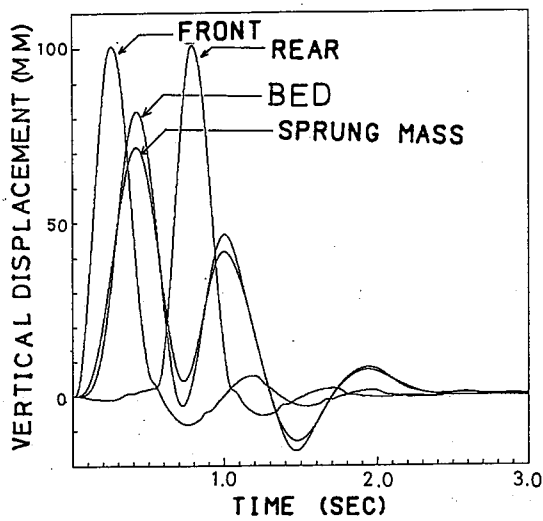


Fig. 3 Vertical Displacement of Vehicle and Bed

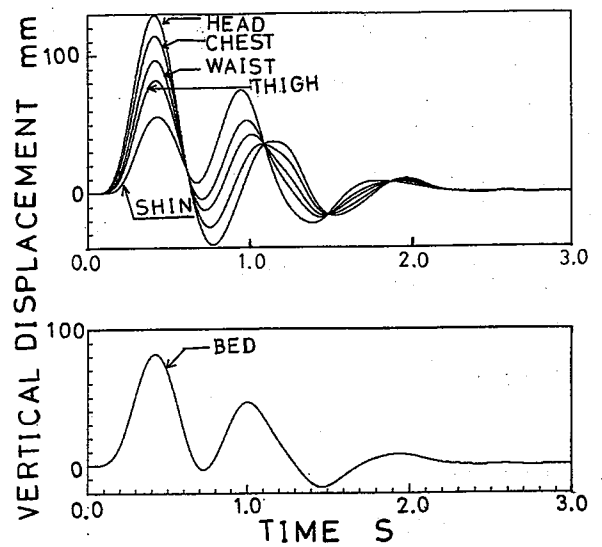


Fig. 4 Vertical Displacement of Occupant

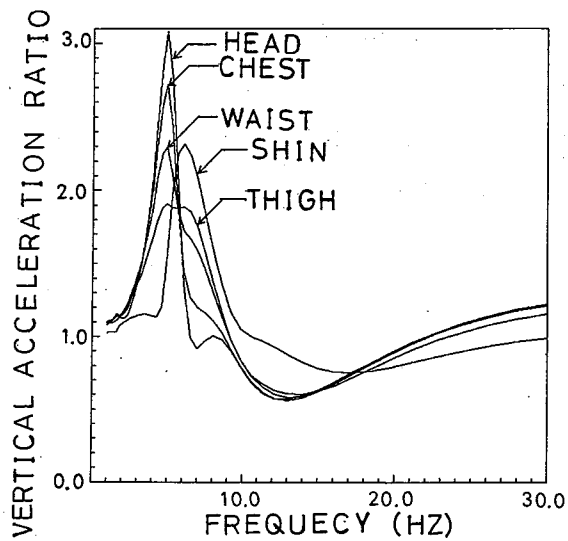


Fig. 5 Occupant Vertical Acceleration ratio

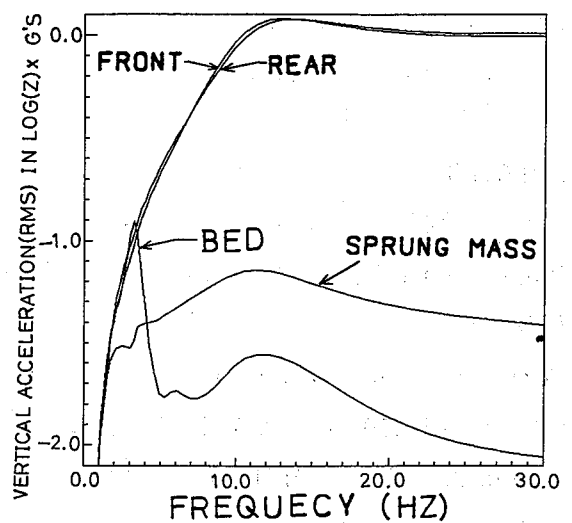


Fig. 6 Vertical Acceleration for Vehicle and Bed

3. 2 過渡応答特性

過渡応答特性として車両が単一突起を乗り越える場合を考える。突起としては最大高さ100mm、長さ1mの一波長正弦波状突起を車速18km/hで走行する場合を検討する。

図2は車体重心の上下変位のシミュレーション結果をセダントタイプの理論計算値及び実測結果(2)と比較したものである。縦軸は変位量、横軸は時間を示す。シミュレーションで得られた特性は他の実測値及び計算値によく一致する。

図3は車体重心、ベット重心、フロントおよびリアばね下質量の上下変位のシミュレーション結果を示す。ベットの変位は車体の変位に追従して変化している。フロントのばね下質量の変位は突起形状に追従して変化し突起を通過後は0へと減衰していく。リアのばね下質量の上下変位はホイールベースを車速で除した0.536秒後にフロントと同様の挙動を示す。

図4は人体各部重心位置の上下変位のシミュレーション結果を示す。人体各部の上下変位はベットの上下変位に追従して変化し、時間の経過とともに0に減衰する特性を示す。

3. 3 周波数応答特性

周波数応答としては式(1)において $a = 5\text{ mm}$ 、 $v = 80\text{ km/h}$ とし波長を変数として周期的路面変位を入力する。

図5は乗員系の上下方向振動伝達特性を示す。横軸は周波数、縦軸は乗員各部の加速度をベット重心の上下方向加速度で除した値であり、加速度比を示す。頭部、胸部、腰部、大腿部は4.94Hzで極大値をとり、その時の加速度比はそれぞれ頭部3.07、胸部2.72、腰部2.30、大腿部1.91となる。下腿部は6.08Hzで極大値をとり、その時の加速度比は2.32

となる。

図6は車両ーベット系の上下方向加速度の周波数応答をそれぞれ示す。車体重心は、2.47Hzと11.35Hzでピークが発生する。またベット重心は、3.25Hzと12.17Hzでピークが発生する。ばね下質量は13Hz近傍でピークが発生する。車体重心の11.35Hzとベット重心の12.17Hzでのピークは、ばね下共振によるものと考えられる。これらのピークの発生は車両系各部とベット等の共振によるものと考えられる。

4. むすび

車両ーベットー乗員系の連成振動解析が可能な振動モデルを構築し、シミュレーションシステムを開発した。本研究により得られた結果をまとめると次のとおりである。

(1)シミュレーション結果を他の実測値及び理論値等と比較し、振動特性がよく一致した。モデル化及び開発したシミュレーションシステムの妥当性が確認できた。

(2)車両ーベットー乗員系において、乗員の臥位状態での振動特性が明らかとなった。今後の課題として、計算諸元の高精度が考えられる。本システムは車両ーベット系の最適設計検討を可能とする有益なツールとなりえよう。さらに、ベット等のアクティブ制御の開発を今後期待される。

参考文献

- (1)Janeway, R.N., SAE Paper, No.750166 (1975).
- (2)西山, 機論, 59-568(1993), 3613-3621.
- (3)片山・島田, 自動車技術会論文集, No. 1 (1970), 102-108.

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)

田中 秀樹, 尾崎 清

Research on Character Recognition Using Neural Networks

Hideki TANAKA

Kiyoshi OZAKI

パーソナルコンピュータ上で動作するニューラルネットワークプログラムを作成し、そのプログラムを用い、カメラで撮った文字の認識を行った。

カメラで撮った画像の分解能を下げるため、画像の一部分を任意間隔のます目に区切り、そのます目内の濃度の代表値を求めるプログラム、また分解能を下げた画像データを視覚化するためのプログラムなど、ニューラルネットワーク研究支援プログラムを作成した。

1. はじめに

生産性向上、コストダウンがせまられている中小企業にとって、現在人間が行っている作業の機械化、自動化への切換えが必要不可欠となっている。また実際、自動化が進んでいる。しかし、そんな中で視覚的な作業を伴う工程については、まだ十分に自動化が進んでいない。その理由は、検査項目、検査対象などが多岐にわたっているため汎用性が得にくく、開発コストが高価になるためである。

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、視覚的な作業工程の自動化を支援することを目的とする。その手法として、学習能力を持ち、文字の種類、文字の形状などが変化しても機器を変更することなく変化に対応できるニューラルネットワークを用いた。画像入力には安価な市販画像処理ボードを用い、ニューラルネットワークは実用化の際の移植性やコンパクト化を考慮し自作を行った。

以下、スタンプ数字を対象文字としてニューラルネットワークを適用した例を示す。

2. 使用機器

パーソナルコンピュータ

NEC PC-9801 RX21

画像処理ボード

サイバーテック(株) CT-9801A

IMAGE PROCESSING BOARD

カメラ

SONY MODEL XC-57

CCD VIDEO CAMERA MODULE

カメラアダプタ

KYOSHIN MODEL KAC-38A

CAMERA ADAPTOR

3. システム構築

ニューラルネットワーク¹⁾²⁾には様々な種類があるが、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を用いた。その概要を図1に示す。

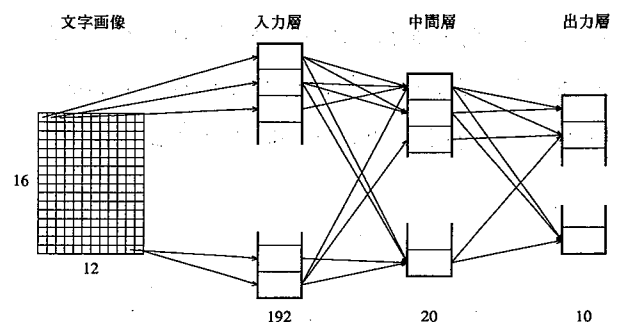


図1 ニューラルネットワーク概念図

ニューラルネットワークを行うためのプログラムは処理内容により3つに分けて作成した。それらは学習用データ作成プログラム、学習プログラム、文字認識プログラムである。また、それぞれのプログラムは単体でも起動可能である。

3.1 学習用データ作成プログラム

3.1.1 画像データサイズ縮小

読取画像データをそのままニューラルネットワークの入力としたのではデータが大きくなり、ニューラルネットワーク処理に時間がかかってしまう。そこで、次の方法を用いてデータサイズを縮小することとした。

①読取画像範囲を図2のように格子状に区切り、格子状に区切った一つのます目内を1領域とする。

②1領域中の全画素について、濃度の値(読込画像は1画素毎に256階調の濃度を持つ)ごとの出現度数を調べ、その出現度数から1領域中の濃度の中央値³⁾を求める。

③中央値を一つのます目を代表する濃度値とする。

この処理により、たとえば 8×8 画素を1領域とすると、 96×128 の画素数であったものを 12×16 の画素数に縮小できる。中央値の求め方は、1領域 8×8 画素で言うと、1領域中に64個の濃度値を小さい順にならべ、小さいほうから32番目(真ん中)の濃度値を調べればよい。

3.1.2 画像データの隣接画素との依存

画像データサイズを縮小する際、もともと隣合う画素同志に依存関係のある場合でも、図2のような

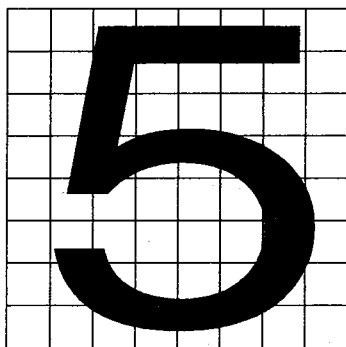


図2 データサイズの縮小

ます目の切り方をすると、ます目とます目の境界部分が分断されてしまう。そこでます目を切る際、図

3のように隣接するます目を重ねながら区切る方法をとった。中央値の座標を図3のようにおき、 $m(i,j)$ について考える。

$m(i,j)$ は、 $m(i-1,j-1), m(i+1,j-1), m(i+1,j+1), m(i-1,j+1)$ の範囲の濃度の中央値である。次に $m(i,j)$ の右隣 $m(i+1,j)$ は、 $m(i,j-1), m(i+2,j-1), m(i+2,j+1), m(i,j+1)$ の範囲の濃度の中央値である。このように $m(i,j)$ の範囲は $m(i,j-1), m(i-1,j), m(i+1,j), m(i,j+1)$ と半分ずつ、そして $m(i-1,j-1), m(i+1,j-1), m(i-1,j+1), m(i+1,j+1)$ と $1/4$ ずつ重なる。この手法により隣接画素との依存関係を中央値に反映することができる。

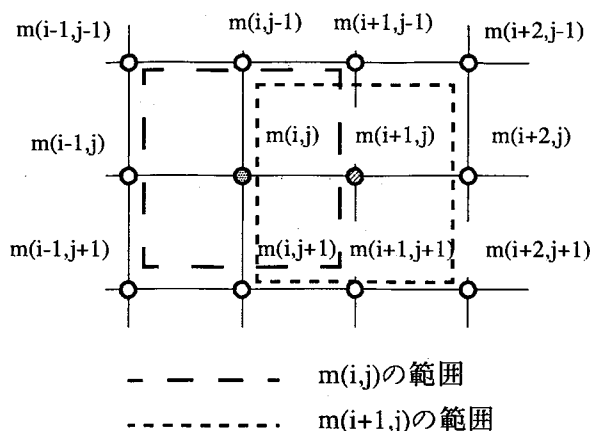


図3 データ縮小の範囲

3.1.3 濃度階調変換⁴⁾

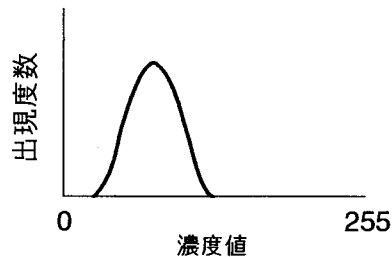
カメラからの画像読込時において、3.1.1と3.1.2の処理後の中央値は、ライト点灯時には全体的に明るく、逆にライト消灯時は全体的に暗い。これは、濃度出現度数分布が図4のようにライト点灯時には明るいほうへ、消灯時には暗いほうへ偏っているためである。そこで、照明による濃度の偏りをなくし、画像ボードが持つ濃度範囲を有効に利用するため、濃度の変換を行う。

濃度の範囲が $g_i - g_j$ であるものを濃度範囲を最小値 g_0 - 最大値 g_n と広げる変換方法は、次式で与えられる。

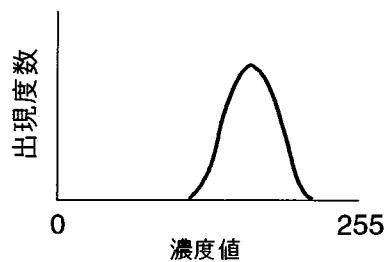
$$\frac{g_k - g_i}{g_j - g_i} = \frac{x - g_0}{g_n - g_0}$$

$$x = \frac{g_n - g_0}{g_j - g_i} (g_k - g_i) + g_0$$

この変換を用いることで、照明の影響を受けにくくなる。変換の様子を図5に示す。

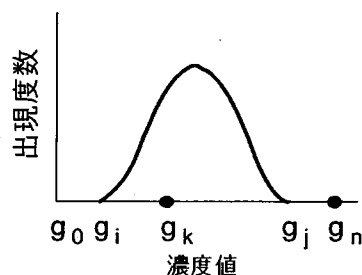


(a) 照明が暗い場合

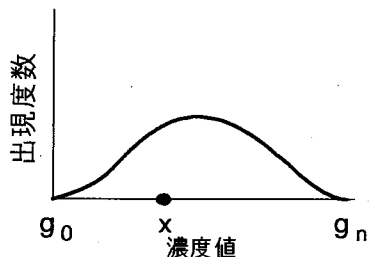


(b) 照明が明るい場合

図4 濃度出現度数



(a) 入力画像の濃度出現度数

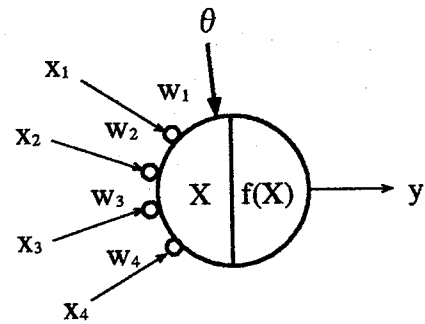


(b) 変換後の濃度出現度数

図5 線形濃度変換

3.2 学習プログラム

ニューラルネットワークの基礎要素であるユニットを図6に示す。



$$y = f(X)$$

$$X = \sum_i w_i x_i + \theta$$

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-X)}$$

y : ユニットの出力
f : シグモイド関数
w : 層間の結合荷重
X : ユニットの入力
 θ : ユニットのしきい値

図6 ユニット

学習とは、3.1で作成した画像データを使って図6の荷重 w_i としきい値 θ を確定していく作業であるが、この学習方法として、今回はバックプロパゲーション法を用いた。バックプロパゲーション法は出力層からの出力データと教師データの二乗誤差を最小にするよう、出力層から逆向きに前段に向かって w_i と θ を修正していくアルゴリズムであり、一般化デルタルールとも呼ぶ。

作成した学習プログラムのフローチャートを図7に示す。

3.3 文字認識プログラム

カメラから読取った文字の認識を行い、結果をディスプレイ画面に表示する。文字認識には3.2の学習プログラムを実行して決定した荷重としきい値を使用する。ここで実際にスタンプ数字4の文字認識を行っている様子を図8に示す。図8の最上部の数字列が出力層ユニットの出力値、左上の白枠内の数字4が読込画像、中央の粗い数字4がニューラルネットワークに入力するために変換したデータである。変換したデータを視覚的に確認するためのプログラムを作成し使用しているが、このプログラムは格子の切り方、画面表示位置および拡大率を任意に変更

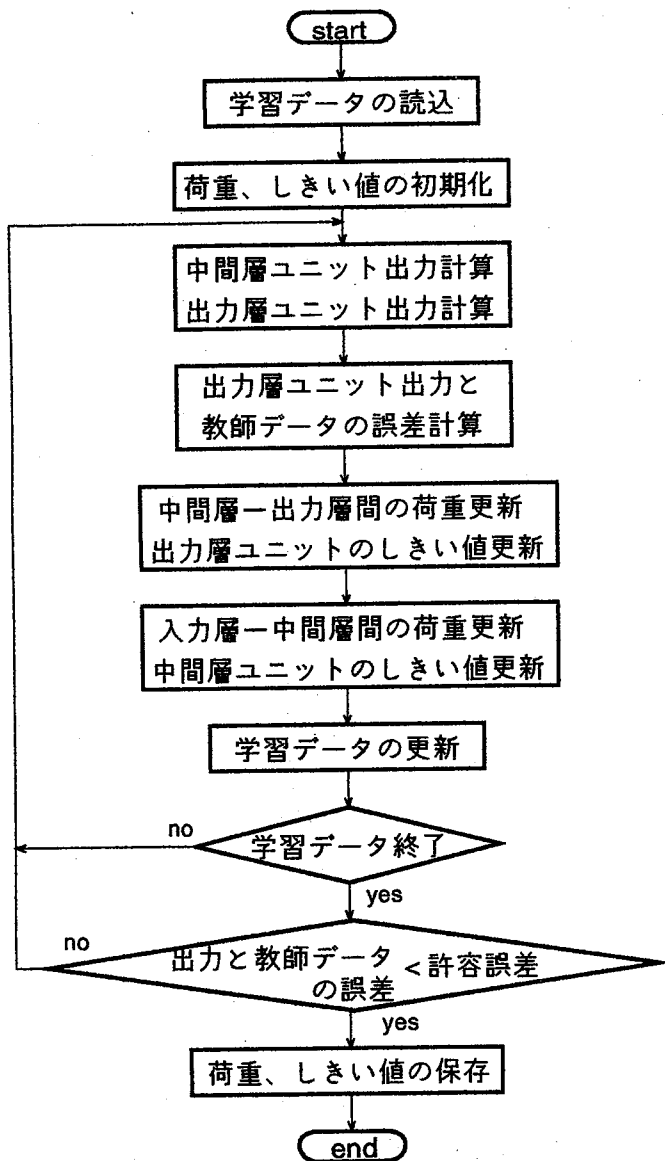


図7 学習プログラム・フロー

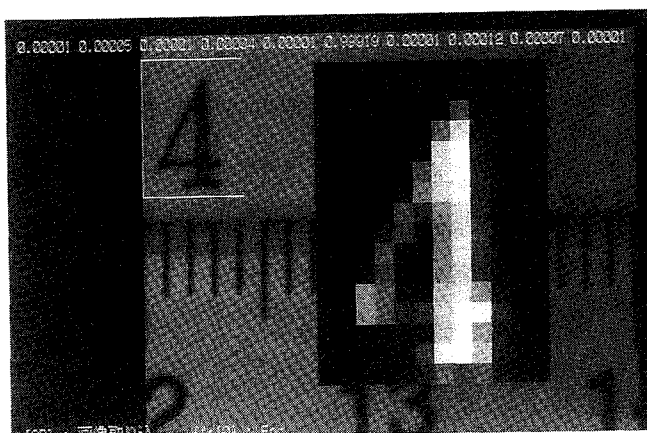


図8 文字認識例

できる。また、カメラ入力画像にウィンドを切って対象文字を抽出しているが、このウィンドの位置、大きさも任意に変更可能である。

4. 実験

縦約5 mm、横約4 mmのスタンプ数字0～9を対象にして文字認識実験を行った。入力文字0～9に対する出力層ユニットの出力値を表1に示す。出力値が1に近いユニットがもっとも確からしいということである。つまり、出力層ユニット4が0.992の値を持てば、入力文字は4と認識されたことになる。なお表の値は、1つの入力文字につき5回文字認識をくり返し、出力値の平均をとっている。この表より、入力数字に対する文字認識は0～9まで正しいことがわかる。

なお、学習時間は20分程度かかる。しかし、コプロセッサ付きのパーソナルコンピュータでの学習時間は2～3分であった。認識時間については、縮小したデータの画面表示など、画面処理の時間が加わっているためおよそ1.5秒かかる。

次に画像取込時の位置ずれに対する許容度を調べるために文字1,4について位置を左に0.5,1.0mm動かし、文字認識を行った結果を図9に示す。

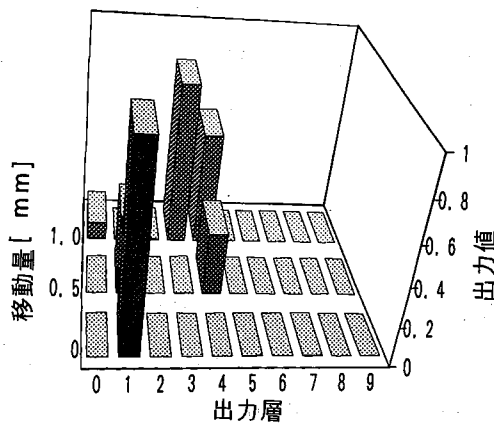
結果より、文字1,4ともに0.5mmずれただけで正常な認識ができなくなることがわかる。次に、文字4について、反時計回り方向へ10°と20°回転させたときの各出力結果を図10に示す。

この場合、10°の回転については出力4の値が0.85程度であり、ほぼ正しく文字認識が行われている。しかし、角度が20°になるとすべての出力が0に近くなっており正しい文字認識が行われていないことがわかる。

これらの結果より、今回作成した文字認識システムを使う際は正確な位置決めが必要となることがわかった。

表1 文字認識結果

入力文字	出力層ユニット									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9810	0.0010	0.0021	0.0016	0.0018	0.0002	0.0453	0.0001	0.0000	0.0045
1	0.0001	0.9829	0.0003	0.0000	0.0001	0.0082	0.0084	0.0353	0.0364	0.0154
2	0.0007	0.0005	0.9858	0.0035	0.0017	0.0002	0.0190	0.0046	0.0015	0.0020
3	0.0067	0.0003	0.0029	0.9943	0.0048	0.0013	0.0000	0.0024	0.0018	0.0043
4	0.0013	0.0047	0.0008	0.0013	0.9926	0.0010	0.0018	0.0000	0.0021	0.0000
5	0.0001	0.0034	0.0000	0.0029	0.0009	0.9934	0.0024	0.0030	0.0019	0.0008
6	0.0065	0.0066	0.0021	0.0000	0.0032	0.0033	0.9895	0.0001	0.0092	0.0000
7	0.0000	0.0034	0.0037	0.0013	0.0004	0.0020	0.0000	0.9930	0.0029	0.0019
8	0.0000	0.0015	0.0010	0.0021	0.0018	0.0010	0.0028	0.0023	0.9906	0.0048
9	0.0046	0.0002	0.0013	0.0034	0.0001	0.0013	0.0000	0.0023	0.0094	0.9738



(a)文字1の場合

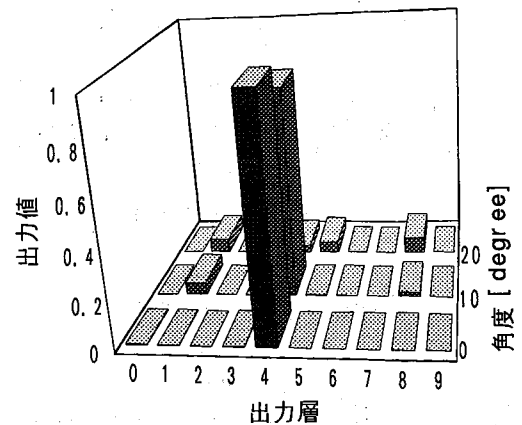
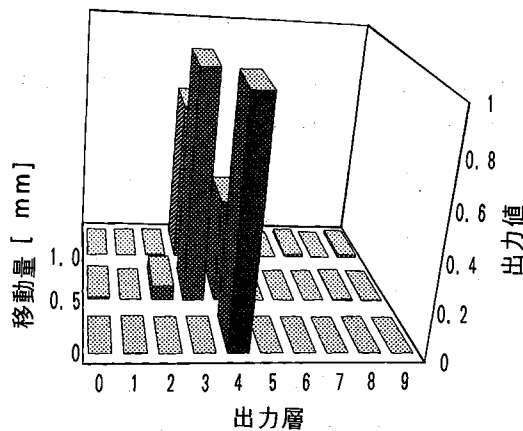


図10 文字の回転と出力の関係



(b)文字4の場合

図9 位置ずれと出力値の関係

5. まとめ

パーソナルコンピュータを開発プラットフォームとしてニューラルネットワーク文字認識プログラムを作成し、汎用のカメラ、画像処理ボードでニューラルネットワークによる文字認識が行えることが確認できた。

今後の課題として、ラインを流れる物体に付いた文字を想定し、粗い位置決めでも認識可能とする方法、また文字列を認識するための方法の検討が必要である。

参考文献

- 1) (社)日本工業技術振興協会、ニューロコンピュータ研究部会：ニューロコンピューティングの基礎理論(海文堂出版,1990)
- 2) 中野馨、飯沼一元ほか：入門と実習ニューロコンピュータ(技術評論社,1989)
- 3) 尾崎弘、谷口慶治：画像処理 ーその基礎から応用までー(共立出版,1983)
- 4) 田村秀行(1985)：コンピュータ画像処理入門(総研出版,1985)

樹脂含浸による木材の改質

木下利徳 陳端*

Wood Reforming by Resin Impregnation

Tosinori KINOSITA Tan CHIN

木材の有する長所を残しつつ、更に新たな機能を付与することを目的として杉材（辺材）に水系メラミン樹脂溶液を含浸させ、寸法安定性、かたさ性能、樹脂含浸後の色変化について検討し以下の結果を得た。

無処理材に比べ重量増加率、抗膨潤能は、樹脂液濃度の増加により直線的に増加した。吸湿性能については、樹脂液濃度によるが最大で約1/2に低下した。膨潤率は、半径方向（R）については樹脂液濃度の間に差はあまり生じなかったが接線方向（T）では樹脂液濃度により最大1/4程度になった。かたさについては、無処理材に比べ2～3倍の硬度の上昇が見られた。材の色変化の程度は無処理材に比べ、明るさが失われ若干黄味が増加した。

1. はじめに

木材は湿度調整、保温性、美観性、など他にない優れた機能を有する材料であるが、一方で湿気の吸放出に伴う寸法変化は木材を工業材料として使用していく上で最大の欠陥である。近年地球環境の保全と言うことで外国産木材資源の利用については、質的、量的にも今後一層厳しくなることが予想され、低質材あるいは未利用材の利用や国内にあっては、戦後植林した杉、ヒノキ等の間伐材や主伐材に新たな機能を付与し、用途・需要の拡大を図る必要がある。本実験では、杉材（辺材）に取り扱いが容易で耐久性があり、色変化が少ないと思われる水系のメラミン樹脂を用いて材の寸法安定化、吸放湿機能、硬さ、材色変化等を検討することを、目的として実験を行った。

2. 実験

2.1 供試材

(1) 杉（辺材二方柱）

寸法安定性試片・色変化試験片

(R) 30 mm x (T) 30 mm x (L) 7 mm

気乾比重 0.30 年輪密度 3.1 mm

かたさ試片

(R) 40 mm x (T) 40 mm x (L) 40 mm

気乾比重 0.31 年輪密度 3.4 mm

(2) 注入樹脂 メラミン/ホルムアルデヒド樹脂

外観 無色透明液

有効成分 80%

PH 8.2~9.7

上記樹脂を原液として

水 対 樹脂

(A) 10部 : 1部

(B) 10部 : 5部

(C) 10部 : 10部 の混合液を作製し樹脂液量に対し5%の触媒を添加した。

2.2 樹脂の含浸・硬化

試験には供試材料の項で述べた杉試片を105℃の恒温乾燥器中に24時間乾燥し、初期試片とした。その後、試片の重量(精度1mmg)、R、T、L方向の寸法(精度1/100mm)をそれぞれ測定した後、各々10枚を浮かび上がらぬよう治具に固定し、真空デシケータ中にセットした。常温で60分間10mmHg

*重慶林業科学研究所

で前排気した後、濃度を調整した樹脂液を注入し60分減圧下に静置後、更に加圧含浸装置内に置き換え60分間10kg/cm²で加圧し含浸させた。注入した試片は、付着した表面の樹脂を拭拭し、18時間自然乾燥の後40℃より2時間毎に20℃毎昇温させ、最終的に105℃で24時間乾燥させ樹脂含浸試片とした。一部（5枚）は樹脂の重量増加率、転化率、バルキング率を測定する試片に供した。

3 樹脂加工材の物性評価

3.1 寸法安定性の評価

含浸硬化した試験片を未処理全乾試片とともに30℃ RH90%の恒温恒湿槽に14日間静置し吸湿させた後、それぞれの寸法、重量を測定し、吸湿率、膨潤率、抗膨潤能を求めた。また重量増加率、転化率、バルキング率等それぞれの結果は以下の式によった。

吸湿率（％）

$$\frac{\text{吸湿後の重量} - \text{吸湿前の重量}}{\text{吸湿前の重量}} \times 100$$

膨潤率（％）

$$\frac{\text{吸湿後の辺長} - \text{吸湿前の辺長}}{\text{吸湿前の辺長}} \times 100$$

抗膨潤能（％）

$$\frac{\text{無処理材の体積膨潤率} - \text{処理材の体積膨潤率}}{\text{無処理材の体積膨潤率}} \times 100$$

重量増加率（％）

$$\frac{\text{処理材の全乾重量} - \text{処理前の全乾重量}}{\text{処理前の全乾重量}} \times 100$$

バルキング率（％）

$$\frac{\text{処理材の全乾体積} - \text{処理前の全乾体積}}{\text{処理前の全乾体積}} \times 100$$

転化率（％）

樹脂含浸試片を1リットルの沸騰水中に2時間浸せきし、樹脂硬化後の水不溶性性を転化率をもって評価した。

$$\frac{\text{熱水抽出後の全乾重量} - (1 - \text{未処理材熱水抽出率}) \times \text{処理前の全乾重量}}{\text{処理後の全乾重量} - \text{処理前の全乾重量}} \times 100$$

3.2 かたさの評価

J I S - Z 2117に準拠して、硬球圧入深さをオートグラフAGS型（島津製作所）を使用し、記録紙より所定の移動量をもって強さ（硬さ）として評価した。

3.3 樹脂加工材の変色性

多光源分光測色計（スガ試験機）を用いて柾目面の樹脂注入前後の材色変化の程度を検討した。

4. 結果と考察

4.1 寸法安定性

メラミン樹脂を用いて含浸加工した杉材（辺材）の吸湿率と膨潤率（R・T方向）の経時変化を図1・図2・図3に示す。

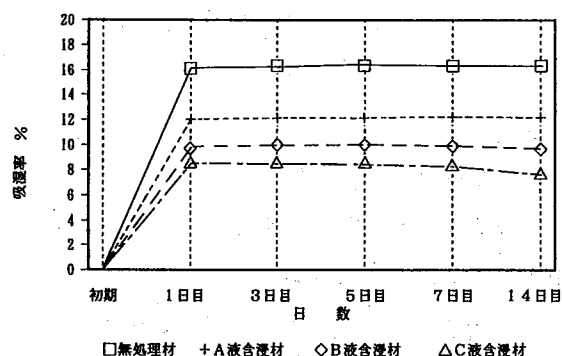


図1 経時別吸湿率

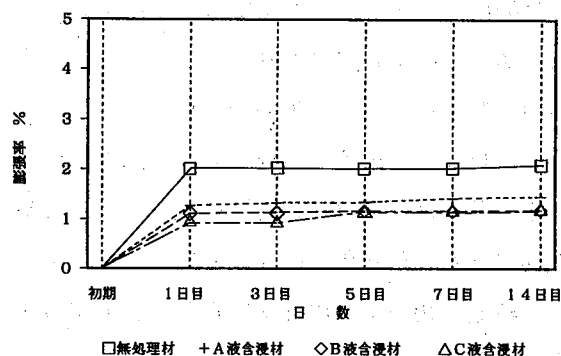


図2 経時別R方向膨潤率

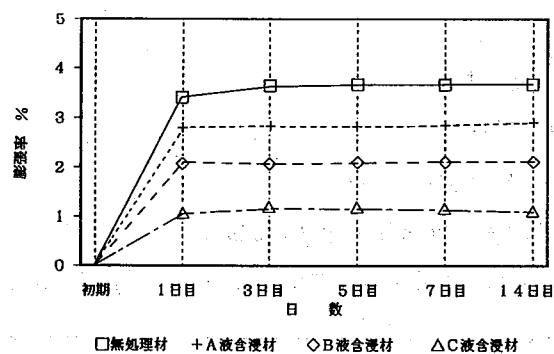


図3 経時別T方向膨潤率

試験材は未処理材、樹脂加工材共々、吸湿開始後5日～7日位ではほぼ吸湿率、膨張率とも平衡状態に達している。樹脂加工材は吸湿率においては未処理材に比べ樹脂濃度により最大で1/2、膨潤率においても半径方向（R）では樹脂濃度による差は余り認められないものの未処理材に比べ約1/2となり、接線方向（T）では樹脂濃度によりかなりの差が生じ最大約1/4に低下し寸法安定性が付与されたものと思う。表1に樹脂加工した杉（辺材）の重量増加率、バルキング率、転化率、抗膨潤能を示した。いずれも樹脂濃度の増加にともない、各々重量増加率、バルキング率がともに増加し、バルキング率は全て正の値が得られ、樹脂が木材内部で固化したと推測する。

表 1

含浸液種	重量増加率 (%)	バルキング率 (%)	転化率 (%)	抗膨潤能 (%)
A液含浸材	23.3	3.4	76.2	50.2
B液含浸材	66.8	4.0	80.3	63.6
C液含浸材	118.0	3.4	97.2	80.2

4.2 かたさ試験

樹脂加工材のかたさ試験の結果について図4に示す。板目、柾目の双方向とも樹脂濃度により硬度が増し、無注入材に比べいずれの方向とも約2倍～3倍の硬度上昇が見られた。この硬さは、広葉樹のセン、シオジ、ミズナラ等の材にほぼ近い値に匹敵することがわかった。

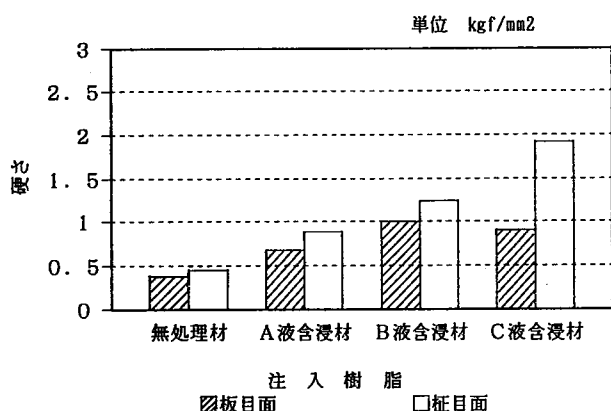


図 4 含浸材の硬さ

4.3 樹脂加工材の変色性

含浸処理前と含浸処理後の色変化を ΔE^* ΔL^* Δa^* Δb^* について図5に示す。その結果明度の変化と色相の変化を加えた全体の変色（ ΔE^* ）は樹脂液濃度の上昇により変色が大きくなる傾向がうかがえる。今回の実験では ΔE^* は3～5程度で無処理材に比べ色の变化については大きな差異は感じられない。 ΔL^* （明るさ）は樹脂濃度の増加にともない減少し、 Δa^* （プラス側 赤・マイナス側 緑）についての変化はいずれの樹脂液も微小であり変化は認められない。 Δb^* （プラス側 黄・マイナス側 青）は樹脂液濃度により黄味が増加する傾向にある。

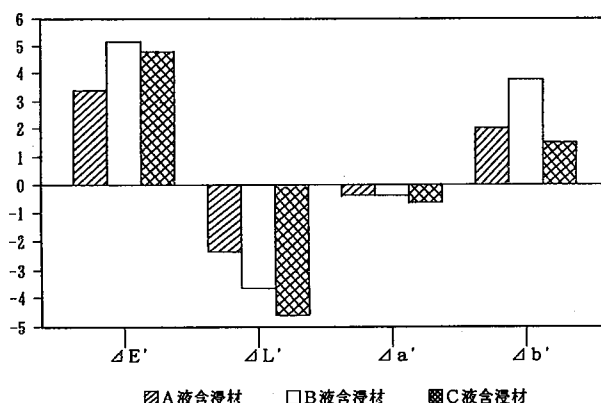


図 5 樹脂注入後の材色変化

5. まとめ

杉材の機能向上を目的に水系メラミン樹脂を注入し、その効能を検討した結果

(1) 吸湿性については、樹脂濃度にもよるが、最大で約1/2、膨潤率については最大約1/4程度まで低下し、未処理材に比べ寸法安定性を付与することが出来た。

(2) 硬さ試験の結果、硬さについては、樹脂濃度により2倍～3倍程度の硬度が得られたが、水：樹脂の割合が10部：10部のC混合液については樹脂の硬化収縮に起因すると考えられる早材部の収縮や材の変形等の弊害が見られた。

(3) 注入後の色変化については、各樹脂液と

も ΔL^* (明るさ) を失い、 Δb^* (黄) が増加する変化がみられた。 Δb^* は樹脂液濃度により上昇すると考えられるが C 混合液は低下した。この原因については、なお検討する必要がある。しかし総じて樹脂加工材と無処理材とのあいだの色変化は少なく、これは樹脂の透明性に起因するものと思う。

(4) 今回の濃度設定からは吸湿率において、各樹脂濃度において差が生じて平衡状態になった。このことから樹脂濃度をコントロールすることにより任意の含水率、ひいては膨張率をコントロールで

きるのではと推測する。

参考文献

大畑 敬 平成元年度技術開発研究費補助事業
成果普及講習会テキスト (島根県工業技術セン
ター)

貴島恒夫他 原色木材大図鑑 保育社

則元 京他 木材学会誌 VOL39 1993 P181

後藤 輝男 木材利用の化学 共立出版

熱処理工程における水系脱脂剤の性能評価方法

山 寄 勝 弘

植 木 邦 夫

四 辻 博 文

Evaluation of Hydraulic Degreasing Agents During Heat-treating Process

Katuhiko YAMASAKI

Kunio UEKI

Hirohumi YOTUJI

熱処理工程における前洗浄・後洗浄に広く使用されているトリクロロエタンの代替品として、各社から多種多様な水系脱脂剤が市販されている。これらの水系洗浄剤を選定する場合の適切な評価方法について、熱処理工程の特殊性を想定しながら9項目の試験方法で13社の22種類の脱脂剤を比較試験の形で評価し1種類を選定した。

1 はじめに

オゾン層保護対策を目的としたモントリオール議定書締約国会議において、トリクロロエタン全廃の大幅な前倒しが締結され、平成7年末で使用が禁止される。

トリクロロエタンは、不燃性で脱脂性能に優れているところから、各産業分野で多用されている溶剤であり、特に自動車部品等への熱処理後は焼入油が焦げ付いており、他の安価な脱脂方法への代替は困難とされている。

このため、広島金属熱処理協同組合の8社等と共同で開発プロジェクトを結成し、平成6年度の国の高度化集積等技術開発事業の補助を受けて、「還流方式による水・アルカリ系洗浄技術の開発研究」を行い、洗浄設備を試作した。

熱処理前後の洗浄用としては、国内外の表面処理薬剤メーカー等の各社が、多種多様な水系脱脂剤を市販しているが、性能評価基準が確立されていないところから、ユーザーとしてはカタログ・技術データ等を入手しても、比較検討が難しく適正な選択が困難である。

本研究は、この洗浄装置の開発研究の一環として、焼入油の種類、白粉の発生防止、ラインスペース、配水処理設備の不備、ランニングコスト等を考慮に入れながら、9種類の評価試験方法を考案し、市販の13社・22種類の水系脱脂剤を評価するとともに、開発した「還流方式による洗浄装置」に使用する洗

浄剤を選定した。

2 評価方法

2.1 洗浄試験

2.1.1 試験方法

洗浄液400ml中に、熱処理（セミホットオイル・日本グリースハイスピードクエンチオイル2070F）したM6ボルト（首下15mm）10個をステンレス籠に入れ、ホットスターラーによりメーカー指定の濃度・温度に保ち攪拌しながら、全メーカーの脱脂剤とも15分間脱脂する。

オーバーフローさせ浮上油を流して籠を取り出し、常温で水中で揺動させながら10秒水洗し70℃の熱水中で揺動させながら3分間リンスを行った後、110℃で5分間熱風乾燥する。

メーカーが指定する最適脱脂条件……（表－1）

2.1.2 判定基準

メーカー指定の脱脂条件での、臭い、水洗しやすさ等の実用性を官能評価する。

使用しやすい……………○

中間的……………△

使用しにくい……………×

2.1.3 試験結果 表－1のとおり。

2.2 クリーム層の生成評価

2.2.1 試験方法

常温で有栓メスシリンダーに、メーカー指定の濃度の洗浄剤50mlとハイスピードクエンチオイ

表-1 メーカーが指定する水系脱脂剤の最適条件一覧表及び洗浄試験結果

試料名	メーカーが指定する最適条件					洗浄試験
		濃 度	温 度	時 間	洗 浄 方 法	
A	1	25 %	66 °C	30 分	浸漬・スプレータイプ	○
B	1	5 %	63 °C	15 分	スプレー洗浄タイプ	○
C	1	3 %	70 °C	15 分	スプレー洗浄タイプ	○
	2	5 %	80 °C	15 分	揺動浸漬、液中噴流タイプ	○
D	1	3 %	80 °C	3 分	スプレー洗浄タイプ	○
	2	5 %	80 °C	30 分	スプレー・パレル・シャワータイプ	○
	3	4 %	70 °C	10 分	浸漬タイプ	○
E	1	10 %	60 °C	20 分	浸漬タイプ (超音波)	○
F	1	33 %	50 °C	5 分	浸漬タイプ	○
G	1	3 %	70 °C	5 分	スプレー洗浄タイプ	○
	2	5 %	60 °C	30 分	噴流・スプレータイプ	○
	3	2 %	70 °C	10 分	17プロ、17プレー、液流動、揺動	○
H	1	10 %	80 °C	10 分	浸漬タイプ	○
	2	25 %	50 °C	—	記述なし	○
I	1	3 %	80 °C	10 分	浸漬・スプレータイプ	○
	2	3 %	80 °C	10 分	浸漬・スプレータイプ	○
	3	3 %	80 °C	10 分	浸漬・スプレータイプ	○
	4	3 %	80 °C	10 分	浸漬・スプレータイプ	○
J	1	原 液	70 °C	10 分	噴流・スプレータイプ	○
K	1	5 %	70 °C	—	浸漬・スプレータイプ	○
L	1	3 %	50 °C	30 分	浸漬・スプレータイプ	○
M	1	8 %	60 °C	10 分	浸漬タイプ	○

表-2 6項目の評価試験一覧表

試料名	クレーン層mm			PH測定		濡れ性	防錆試験	残留油分 mg		蒸発残渣		無機物成分		
A	1	1	△	12.30	×	○	×	2.3	○	固形	×	K,	S,	×
B	1	21	×	12.23	×	×	○	5.0	○	固形	×	K,	S,	×
C	1	0	○	10.50	△	×	○	37.1	×	液状	○	-	-	○
	2	5	×	9.31	○	×	○	10.3	△	粘調	△	-	-	○
D	1	0	○	10.73	△	×	○	10.5	△	粘調	△	K,		×
	2	7	×	8.80	○	△	○	0.8	○	液状	○	-	-	○
	3	0	○	11.83	△	△	○	11.6	△	液状	○	K,	Ca,	×
E	1	3	×	10.45	△	○	×	1.7	○	固形	×	Cl,		×
F	1	2	△	12.41	×	△	×	7.9	△	固形	×	k,	S,	×
G	1	0	○	10.08	△	×	○	22.3	×	粘調	△	-	-	○
	2	0	○	9.69	○	○	×	1.4	○	粘調	△	-	-	○
	3	0	○	9.47	○	○	×	2.6	○	固形	×	S,		×
H	1	12	×	13.27	×	×	△	5.2	△	固形	×	-	-	○
	2	4	×	12.62	×	×	○	15.6	△	固形	×	k,	S,	×
I	1	0	○	10.28	△	×	○	29.5	×	固形	×	K,	Ca,	×
	2	0	○	8.83	○	×	○	31.7	×	液状	○	-	-	○
	3	0	○	10.21	△	×	○	66.4	×	粘調	△	-	-	○
	4	0	○	9.71	○	△	○	19.6	△	粘調	△	Ca,		×
J	1	0	○	6.75	○	○	×	0.4	○	液状	○	-	-	○
K	1	3	×	12.22	×	○	×	1.3	○	固形	×	K,	S,	×
L	1	3	×	10.14	△	×	○	12.2	△	固形	×	-	-	○
M	1	0	○	12.97	×	○	△	4.3	○	固形	×	k,		×

ル 2 g を入れて、両手で激しく、50 回振り、5 分間静止後のクリーム層生成の測定を行う。

2.2.2 判定基準

0 mm	.....	○
1 ～ 2 mm	.....	△
3 mm 以上	.....	×

2.2.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.3 PH測定

2.3.1 測定方法

メーカー指定の濃度に溶解させた洗浄剤を常温で PH メーター（ガラス電極・比較電極）により測定する。

2.3.2 判定基準

10.0 以下	.....	○
10.1 ～ 11.9	.....	△
12.0 以上	.....	×

2.3.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.4 濡れ性試験

2.4.1 試験方法

目視により、洗浄試験を行ったボルトの水ハジキ性を観察する。

2.4.2 判定基準

水濡れ良好	.....	○
中間的	.....	△
水ハジキ大	.....	×

2.4.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.5 発錆評価

2.5.1 試験方法

目視により、洗浄及び熱水リンスを行ったボルトの発錆状態を観察する。

2.5.2 判定基準

発錆無し	.....	○
中間的	.....	△
全面発錆	.....	×

2.5.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.6 脱脂性能（残留油分の測定）試験

2.6.1 試験方法

洗浄・リンス・乾燥の洗浄試験を行った M 6 ボ

ルト 10 個を、共栓付三角フラスコに入れ、50 ml の四塩化炭素を加え、3 分間超音波脱脂を行う。

オイルを含有した四塩化炭素を、濾過しながら 100 ml のメスフラスコに入れて、更に四塩化炭素でボルトや三角フラスコ洗浄しながら 100 ml に希釈する。

この四塩化炭素に含有しているオイルの量を赤外分光光度計で測定する。

2.6.2 判定基準

5.0 mg 以下	.....	○
5.1 ～ 19.9 mg	.....	△
20.0 mg 以上	.....	×

2.6.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.7 蒸発残渣及び定性分析

2.7.1 試験方法

蒸発皿に原液の洗浄剤を 30 ml 入れ、110℃ で 16 時間蒸発させた後、底に残った残渣の性状を観察するとともに、蛍光 X 線分析装置で無機元素の定性試験を行う

2.7.2 判定基準

液 体	.....	○
粘調な液体	.....	△
個 体	.....	×

2.7.3 試験結果 表－2 のとおり。

2.8 発泡性試験

2.8.1 試験方法

メーカー指定の濃度に溶解した洗浄剤 50 ml を、常温及び指定温度で有栓メスシリンダーに入れて、両手で激しく 50 回振り、発泡した泡量 (ml) の経時変化を観察し、3 分後の泡量を測定する。

2.8.2 判定基準

3.0 ml 以下	.....	○
3.1 ～ 10 ml	.....	△
10.1 ml 以上	.....	×

2.8.3 試験結果 表－3 のとおり。

2.9 油水分離性試験

2.9.1 試験方法

メーカー指定の濃度に溶解した洗浄剤 50 ml と

表-3 発泡性試験

(単位 ml)

試料名		常温での経時変化(分)								評価	指定温度での経時変化(分)								評価	発泡性 評 価
		1	2	3	5	10	15	20	30		1	2	3	5	10	15	20	30		
A	1	94	80	77	35	18	17	16	11	×	11	6	4	3	2	1	0	-	△	△
B	1	76	75	74	66	65	64	63	63	×	3	2	2	0	-	-	-	-	○	△
C	1	10	7	6	5	4	3	2.5	2	△	0	-	-	-	-	-	-	-	○	○
	2	9	7	7	6.5	5	4	3	2	△	4.5	4.5	4.5	4	1	0	-	-	△	△
D	1	7	3.5	3	2	1	0	-	-	○	0	-	-	-	-	-	-	-	○	◎
	2	86	80	77	34	11	11	7	7	×	0.5	0	-	-	-	-	-	-	○	△
	3	54	23	6	4.5	4	3.5	3	2.5	△	0	-	-	-	-	-	-	-	○	○
E	1	90	85	54	24	5	5	4	3.5	×	80	43	14	6	2	1	0	-	×	×
F	1	80	47	27	12	8	4.5	3.5	3	×	28	6	4.5	2	0	-	-	-	△	△
G	1	27	18	15	12	11	9	9	8	×	0	-	-	-	-	-	-	-	○	△
	2	0	-	-	-	-	-	-	-	○	0	-	-	-	-	-	-	-	○	◎
	3	6	5	4.5	4	3.5	3	3	2.5	△	2	0	-	-	-	-	-	-	○	○
H	1	36	35	33	33	27	25	23	20	×	10	8	7	5	3	2	1	-	△	△
	2	92	88	86	85	85	85	85	85	×	85	85	85	85	85	85	85	85	×	×
I	1	0	-	-	-	-	-	-	-	○	0	-	-	-	-	-	-	-	○	◎
	2	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	○	0	-	-	-	-	-	-	-	○	◎
	3	22	14	10	9	7	5	4	4	△	0	-	-	-	-	-	-	-	○	○
	4	5	4	2.5	2	1.5	1	1	0.5	○	1.5	1	0.5	0	-	-	-	-	○	◎
J	1	6	3	2	1	0	-	-	-	○	2	0	-	-	-	-	-	-	○	◎
K	1	92	85	85	80	77	56	55	51	×	45	42	25	18	10	7	2	1	×	×
L	1	87	85	85	85	85	85	85	85	×	86	85	85	85	41	34	32	30	×	×
M	1	13	9.5	8	8	7	6	5	4	△	12	8.5	7	5	3.5	3	2	1	△	△

表-4 油水分離性試験

(単位 ml, mm)

試料名		常温での経時変化(分)								評価	指定温度での経時変化(分)										油水分 離性の 評 価
		手振り (ml)									評 価	ジューサー(mm)				評 価					
		1	2	3	5	10	15	20	1			2	3	5							
A	1	0	0.5	1	1.5	3	3	3	×	3	3	3	3	○	4	4	4	4	○	△	
B	1	0.5	3	3	3	3	3	3	○	2.5	2.5	3	3	○	2.5	3	3	3	○	◎	
C	1	0	2	2.5	3	3	3	3	△	1.5	2	2.5	3	△	1.5	2	2	2.5	△	△	
	2	0	2	3	3	3	3	3	○	0.5	2	4	4	○	0	0	0	0	×	△	
D	1	1	2	2.5	3	3	3	3	△	2.5	3	3	3	○	2	2.5	3	3	○	○	
	2	0	2	2.5	3	3	3	3	△	2	3	3	3	○	1.5	2.5	3	3	○	○	
	3	1	2.5	3	3.5	4	4	4	○	2	3.5	4	4	○	3	3.5	4	4	○	◎	
E	1	0	1	3	3	3	3	3	○	2	2	3	3	○	0	0	0	0	×	△	
F	1	0	1	1.5	1.5	3	3	3	△	2	3.5	4	4	○	0	0	0	0	×	△	
G	1	1.5	2	2.5	3	3	3	3	△	1	1.5	2	2.5	△	0.5	1	1.5	1.5	△	△	
	2	0.5	1.5	2	3	3	3	3	△	0.5	1.5	2	3.5	△	0	0.5	0.5	0.5	×	△	
	3	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	×	2	2.5	3	3	○	2	2.5	3	3.5	○	△	
H	1	1	2.5	3	3	3	3	3	○	0.5	0.5	0.5	0.5	×	0	0	0	0	×	×	
	2	1	1.5	2.5	3	3	3	3	△	1	2	3	3	○	0	0	0	0	×	△	
I	1	3	3	3	3	3	3	3	○	3	3	3	3	○	0	0	0	0	×	△	
	2	1	1.5	2	3	3	3	3	△	1	2	2.5	3	△	0	0	0	0	×	△	
	3	3	3	3	3	3	3	3	○	1	1.5	2	2.5	△	0	0	0	0	×	△	
	4	2.5	3	3.5	4	4	4	4	○	3	4	4	4	○	0	0	0	0.5	×	△	
J	1	0	0	0.5	1	1	1	1	×	0	0.5	0.5	1	×	0	0	0	0	×	×	
K	1	1.5	2.5	3	3	3	3	3	○	1.5	2	3	4	○	0	1	1.5	2.5	△	○	
L	1	2	3	3	3	3	3	3	○	15	3	3	3	○	0	0	0	0	×	△	
M	1	0.5	1	2	2.5	3	4	4	△	1	2	2.5	3	△	0	1	2	3	△	△	

ハイスピードクエンチオイル2070F（日本グリース）2gを、常温及び指定温度で有栓メスシリンダーに入れて、両手で激しく50回振り、浮上オイルの量（ml）の経時変化を観察し、3分後の浮上オイル量を測定する。

また、同様に指定温度で、洗浄剤300mlとハイスピードクエンチオイル12gを、家庭用ジューサーに入れて1分間攪はんし、浮上オイルの高さ（mm）の経時変化を観察し、3分後の浮上オイル高さを測定する。

2.9.2 判定基準

3 ml(mm)以上 ○

1.5～2.5 ml(mm) △

0 ～1.0 ml(mm) ×

2.9.3 試験結果 表－4のとおり。

3 試験結果と考察

3.1 洗浄試験

J－1については水洗水が白濁する傾向がある。
その他の洗浄剤の実用性は優れている。

3.2 クリーム層の生成

含有した油の乳化され易さを評価したが、発泡性とかなり相関関係が認められる。

3.3 PH測定結果

中性のものが1点あるが、その他はアルカリ性であり、PH＝13を越えるものもある。

作業者の目・皮膚等の保護等を考慮すれば、アルカリ性の弱いものが望ましい。

3.4 濡れ性試験

使用している界面活性剤の影響で表面張力が小さくなれば、水濡れ性が良くなるが、脱脂性能試験（残留油分の測定）と相関性が認められる。

3.5 発錆試験

防錆剤が添加されていないためか、7点の洗浄剤は水洗・湯洗により発錆する。

脱脂性能が優れているものは発錆しやすい傾向

がある。

3.6 脱脂性能試験（残留油分の測定）

メッキ・塗装等の前処理・脱脂と異なり、熱処理の種類によっては高度な脱脂性が要求されない場合も考えられるため、ユーザーの意向等も考慮する必要がある。

3.7 蒸発残渣及び定性分析

前洗浄後に白粉が残留すると浸炭ムラの原因となるため、無機成分の固形物が残留するのは好ましくないが、半数の洗浄剤に無機固形物の残留が認められる。

3.8 発泡性試験

液中噴流、シャワー洗浄を行うため、常温及び指定温度で発泡性のある洗浄剤は使用し難い。

3.9 油水分離性試験

ランニングコストを下げるため、洗浄液の含油・老化による廃棄頻度はできるだけ少なくする必要がある。

このため、超極細繊維シートをフィルターにした油水分離装置を取り付けているが、すばやく大量に分離させるためには、洗浄液自身の油水分離性能は極めて重要である。⁽¹⁾

4 まとめ

開発した洗浄設備が液中噴流・揺動・シャワーの組合せという仕様であり、開発プロジェクトの企業の多くが排水処理設備が無いこと、白粉による浸炭ムラ防止、クローズドシステムを目標とする等を考慮し、開発メンバーと論議しながら脱脂性能、油水分離性、蒸発残渣成分、ランニングコスト等に重点を置いて評価し、D－2の水系洗浄剤を選定した。

参考文献

- (1) トリクロロエタン代替技術データ集 オゾン層保護対策産業協議会 1994, 65

集成材による小木工品の試作について

山田利春

斉藤文二

Deveropment on Woodcraft by Laminated Wood

Toshiharu YAMADA,

Bunnji SAITO

1 はじめに

広島地区における木工関連業界で使用されている木材は、ほとんどが県外産（主に東北、北海道）及び輸入木材で占められている。近年、環境問題や輸入丸太の制限などにより、良質材の確保が年々難しくなっており、木材価格も高騰の一途を辿っている。

一方、木材・木製品及び家具装備品製造業においては、木取り加工の際に多量に生じる短尺材、端材等を、ほとんどの場合、そのまま廃棄・焼却しているのが現状である。

そこで、今回、これら短尺材、端材等の複合集成材による小木工品（花瓶）の試作研究を行い、有効利用を試みた。

2 供試材料

(1) 木材

収納家具等に用いられる主な樹種について調査を行った結果（平成5年度）、広葉樹（なら材）が依然として多く用いられていることから、試作には北海道産なら材（板材 幅180mm×長さ2,000mm×厚さ55mm）を選択した。

供試材料の物理的及び機械的試験を行った結果は表-1のとおりである。

(2) 接着剤

造作、集成材用としては、イソシアネート系及びレゾルシノール系が多く使用されているが、今回は木工用CH18エマルジョン酢酸ビニル樹脂接着材を使用した。

(3) 着色剤

水性、油性及び溶剤型着色剤（和信化学工業(株)製、大谷塗料(株)製）

表-1

試 験 項 目	結 果
比重試験	0.67 (g/cm ³)
収縮率試験	接線方向 0.23 (%) 半径方向 0.16 (%)
縦圧縮強度試験	506 (kgf/cm ²)
せん断強度試験	136 (kgf/cm ²)
曲げ強度試験	966 (kgf/cm ²)

※JIS-Z2101による

(4) 塗料

ポリウレタン樹脂塗料（大谷塗料(株)製）

3 使用機器

(1) 材料の物理的及び機械的試験には次の機器を使用した。

※比重、収縮率測定

送風定温乾燥器DK-42 ヤマト科学(株)

※縦圧縮強度、せん断強度測定

コンピュータ計測制御式精密万能試験機

島津オートグラフAGS1000A (株)島津製作所

※曲げ強度測定

島津万能試験機RH10型 (株)島津製作所

(2) 材料の加工には次の加工機械を使用した。

※接着時の加圧

油圧コールドプレスONK-1000X2000

(株)セイブ

※木材の切削及び旋削

木工ろくろ機械WRA-075形（1馬力）

シンボ工業(株)

4 木材の乾燥および集成

木材の乾燥については、製材直後に人工乾燥を行っているが、原板のため含水率のばらつきが多く、再調湿の必要性から、一定寸法に切断加工の後、室内放置により乾燥を行った。平均含水率が11%程度に落ち着いた時点で3～5枚積層の集成を行った。接着には、木工用CH18（コニシ株）酢酸ビニル接着剤を用い、コールドプレス（4 kgf/cm²）で加圧接着を行った。なお、そりを防ぐことを目的として主に木表側を接着面とし、併せて花瓶としての外観を考慮して、できるだけ木目の美しい部分を表面に出せるよう集成した。

5 木工ろくろ機による加工

<第1工程>円筒加工

花瓶の大きさに応じ材料を円筒型に切削

<第2工程>全長決め加工

花瓶の長さに材料を切削

<第3工程>穴くり加工

穴くり部の旋削

<第4工程>ドリル穴加工

水抜き穴部の旋削

<第5工程>木口加工

花瓶の上下をデザインに応じて切削

<第6工程>形状加工

花瓶の型を決めるゲージ板を大小5種類作成し、倣い装置により切削



写真-1

6 試作事例

①左側は、なら材とパリスンダー材の集成によるもので、ワイピングステイン併用の塗装仕上げを施したもの。

②中央は、なら材のみの集成によるもので、ワイピングステイン併用の塗装仕上げを施したもの。

③右側は、なら材のみの集成によるもので、木地のままで塗装仕上げを施したもの。

7 まとめ

供試なら材は家具に使用される材料であるため、ろくろ加工においては難切削であったが、様々な趣のある花瓶を作成することができた。

特に集成材による小木工品の場合は、写真-1中左側の花瓶のように、異樹種を組み合わせにより付加価値を高めることもできる。

集成材は、小型材料を用い、長大な材料を製造し得るものである。経費面を考えると、実際の現場において短尺材、端材等から作った製品を商品化することは難しいが、資源の有効利用という面から考えると意義深いものである。

今後は、異樹種集成材への応用を図っていくこととしている。

※参考文献

- (1) 千葉大学工学部建築学科木材工芸学教室編
「木材加工・室内計画便覧」 1961.

壁面取付用品の施行方法と強度に関する研究

西原 正明

Research on Optimal Design and Strength of wall-fixed Goods

Masaaki NISHIHARA

1. まえがき

高齢化社会に伴い、家屋の構造、間取り、生活設備等に近年配慮がなされるようになってきた。

家屋を建築する当初から高齢者や身体障害者に対する配慮がなされれば家の構造、設備等を配慮することが可能であるが、既設家屋の階段や廊下に手すりを設置したり、浴室、洗面所及びトイレ等に補助用の手すりを増設する場合取り付け強度が問題になる。

高齢化社会を迎え老人や身体の不自由な人々が安全かつ便利に生活できる環境づくりが急務となっている。安全に日常生活を送るためには階段及び廊下、トイレ、浴室等に手すりを取り付ける方法が最善と思われる。(1)

壁面取付用品の最適な施行方法あるいは強度などに関する研究について報告された例がなく施行者の経験と勘にたよっているのが現状である。

本研究は壁面取付用品の施行時に問題となる強度について検討する。

具体的には、取付部材が取り付け強度に及ぼす影響及び取り付け木ねじの長さが強度に及ぼす影響について検討する。

2. 壁面取付用品の強度

2. 1 試験機及び試験方法

材料の異なる種々の取付部材に木ねじを取り付け引張試験機で強度を試験する。

本研究において使用する引張試験機は(株)島津製作所 AGS-1000A オートグラフを使用する。

図1は試験機および試験方法の概観図を示す。引張速度は各試験片とも10mm/minとする。

取付部材は4種類の木材、赤レンガ、セメントモルタル、タイルに関してはプラスチックプラグを打ち込み木ねじを取り付ける。

木ねじは、皿プラス木ねじφ3.5×32の場合について、8種類の試験を実施する。さらに取付部材の材料が木材(ラワン)と木ねじの長さが異なる2種類について試験を実施する。引張速度は各試験片とも10mm/minとする。

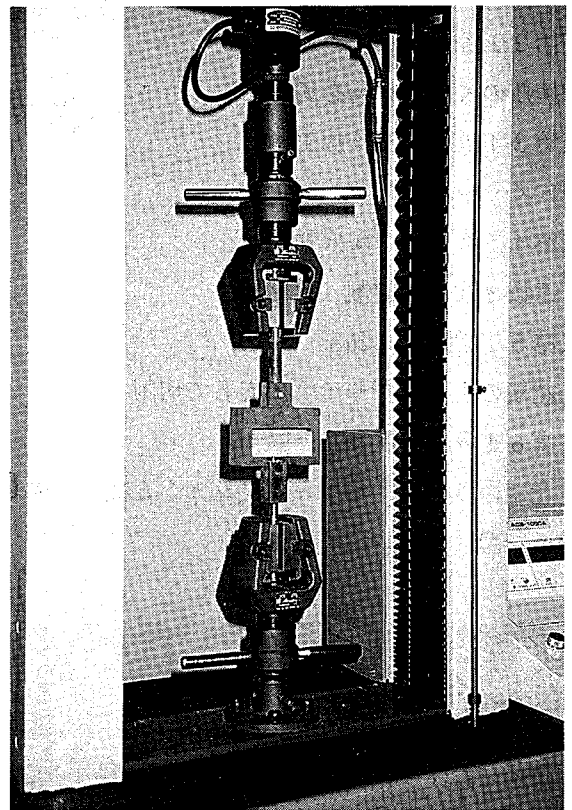


図1 概観図

2. 2 試験片

本研究に使用する試験片は8種類である。木材(杉)、木材(米母)、木材(松)、木材(ラワン)、赤レンガ、セメントモルタル、タイル(壁)、タイル(床)などである。

木ねじ $\phi 3.5 \times 32$ の場合について、試験片は、木材（杉）：3個、木材（米母）：3個、木材（松）：3個、木材（ラワン）：3個、赤レンガ：3個、セメントモルタル：3個、タイル（壁）：2個、タイル（床）：2個である。さらに、木ねじ長さが異なる $\phi 3.5 \times 25$ 、 $\phi 3.5 \times 20$ に対して取付部材が木材（ラワン）の場合について、それぞれ3個ずつ作成した。試験片は、総計28個について試験を実施する。

試験片のサイズは表1に示すとおりとする。サイズは試験に用いた木ねじ径の影響がないように木ねじ径の10倍以上になるようなサイズとした。

3. 試験結果

3. 1 取付部材が強度に及ぼす影響

各取付部材の場合について試験した結果を表1に示す。

表1 試験片及び試験結果

材 料		材 料 寸 法 (縦×横×高さ)mm	実体強度(N)
材料（杉）	No.1	50×75×30	1530
〃	No.2	〃	1280
〃	No.3	〃	1370
木材（米母）	No.1	500×75×30	1840
〃	No.2	〃	1710
〃	No.3	〃	1640
木材（松）	No.1	50×75×30	1920
〃	No.2	〃	1870
〃	No.3	〃	1980
木材（ラワン）	No.1	50×75×30	2000
〃	No.2	〃	2020
〃	No.3	〃	2020
赤 レ ン ガ	No.1	50×75×30	930
〃	No.2	〃	750
〃	No.3	〃	1100
セメントモルタル	No.1	50×75×25	570
〃	No.2	〃	740
〃	No.3	〃	650
タ イ ル（壁）	No.1	50×75×25	380
〃	No.2	〃	340
タ イ ル（床）	No.1	50×75×25	790
〃	No.2	〃	750

各試験の実体強度の平均値はそれぞれ、木材（杉）1393 N、木材（米母）1730 N、木材（松）1923 N、木材（ラワン）2013 N、赤レンガ 927 N、セメントモルタル 653 N、タイル（壁）360 N、タイル（床）770 Nである。

3. 2 木ねじの長さが強度に及ぼす影響

木ねじの長さが強度に及ぼす影響として取付部材が木材（ラワン）の場合において、木ねじが $\phi 3.5 \times 32$ 、 $\phi 3.5 \times 25$ 、 $\phi 3.5 \times 20$ の3種類に対して木ねじ長さが強度に及ぼす影響について検討した。試験結果を表2に示す。木ねじの長さが増加するにつれて強度が増加する傾向が確認できる。

表2 木ねじが強度に及ぼす影響

木ねじ長さ (mm)	実 体 強 度 (N)
20	1370 (3 個の平均)
25	1670 (3 個の平均)
32	2010 (3 個の平均)

4. 強度評価及び考察

本研究において試験した結果を表1、2に示す。木ねじ径が同一の場合、取付部材が木材（ラワン）の場合が一番強く、続いて木材（松）、木材（米母）、木材（杉）、赤レンガ、セメントモルタル、タイル（床）、タイル（壁）となる。施行にあたっては、安全率を考慮して許容強度を換算すれば良い。

タイルに下穴をあけて取り付けした場合タイルが割

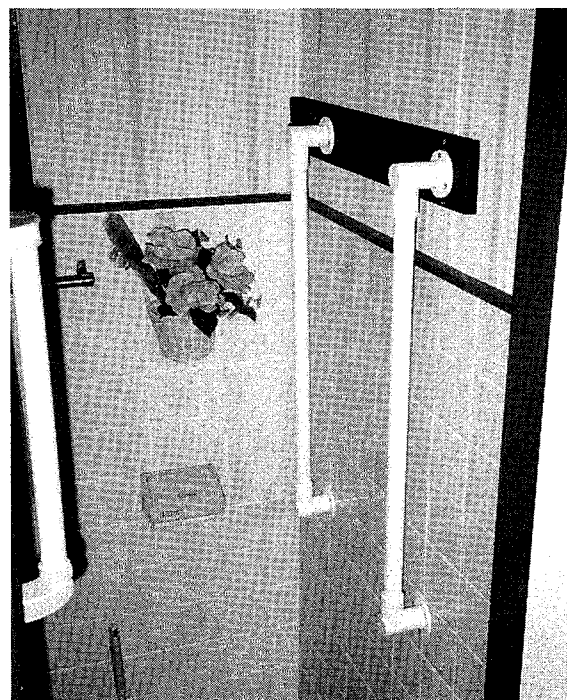


図2 設計施行事例

れ易くなる。タイルの場合、木ねじはタイルの目地部分に取り付けた方が最適といえる。従って、取付用品の木ねじ穴位置の構造も目地の部分に木ねじが位置するような施行が可能な構造が望まれる。

取付部材がセメントモルタル壁の場合、取り付け木ねじの適正サイズを選定することが必要である。さらに、施行時は下穴とプラスチックプラグのすき間も重要である。

図2は本研究結果をもとに最適強度設計した場合の施行例を示す。

5. あとがき

本研究は木ねじ径が同一で種々の取付部材の場合の強度、施行方法及び取付部材が同一で木ねじ長さが種々の場合について機械的強度を実測した。試験

結果から、部材の材料と強度との関係及び木ねじ長さが強度に及ぼす影響などについて検討した。下穴に対する適切なプラスチックプラグの選択も重要である。

浴室、洗面所、トイレ等のタイル部分に取り付ける場合は補強板をしっかりと固定させて、壁面取付用品を取り付けることが望ましい。

今後の課題として、施行時の下穴とプラスチックプラグとのはめ合わせ及び木ねじの選択などが重要である。

文献

(1) 鳥井、高齢者のための福祉機器、広島市工業技術センター生活環境技術交流部会資料、1995-2

2 世代住宅用電動家具の開発

野村孝雄 谷本義則 三木 恵* (協) 広島家具クラフト**

Development of Electric Domestic Furniture for the Two-generation Families

Takao NOMURA Yoshinori TANIMOTO Megumi MIKI HIROSHIMA KAGU KURAFUTO

暮らしの快適性を追求した家具開発を平成4年度より(協)広島家具クラフトと共同で研究開発を行っており、6年度は、「2世代住宅用電動家具の開発」をテーマに、基本コンセプト、デザイン設計、製品試作をおこなった。

その開発テーマに基づき電動化による機能性向上をキーポイントとして、昇降用両面ハッチ、昇降飾り棚等7点の試作開発をおこなった。

1. はじめに

広島県は全国でも有数な家具産地であるが、業界を取り巻く環境はバブル崩壊後の景気の低迷とともに、消費者ニーズやライフスタイルの変化、また、住宅・家電等の大手異業種からの参入、輸入家具の増加等により、厳しい状況にある。

一方、生活環境も高齢化と土地住宅の高騰化から住宅も高層化・複合化により、親世帯、子世帯の2世代生活が図られながら、核家族化で高齢者の独居生活も時代のすう勢として避けて通れなくなっている。

このような状況を踏まえ、社会環境の変化に対応できる「人に優しい家具」を開発して、多様化した消費者に快適な生活の場を提供するとともに、家具業界の振興に資することを目的に研究開発を行った。

2. 研究開発のこれまでの経緯

本研究開発は、広島家具業界の活性化を図るために、業界と一体となり、平成4年度より3ヶ年事業として取り組んでいる。

まず、平成4年度はヨーロッパに調査団を派遣し、先進国の優れたデザイン、技術等の調査研究をおこない、平成5年度は国・県の「新商品開発能力育成事業」により、機能性に優れた「電動昇降飾り棚」

及び「電動ベッド」の2アイテムを試作開発した。

3年目の平成6年度は仕上げの年として、同じく国・県の「地域産業活性化推進事業」により、平成5年度に開発した製品の電動機能をベースに、生活者に使いやすく、便利な機能性を追求した研究開発をおこなった。

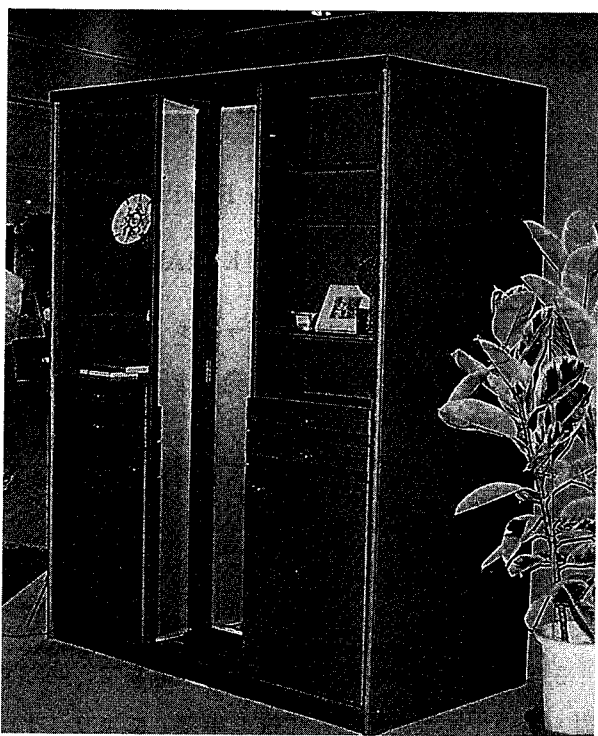
3. 研究開発の内容

研究に携わったメンバーは、(協)広島家具クラフトの6企業を中心に、デザイナー、電気、機械、塗料、塗装メーカー等の異業種も加わった研究会を組織し、品種、デザイン、機能等の検討から試作開発を繰り返し製品化をおこなった。

開発の基本コンセプトとして、今後の高齢化社会では、老人家族との同居が予測されるため、高齢者、弱者をターゲットとし、機能性に優れた「2世代住宅用電動家具」を開発テーマとした。

開発の第一段階であるデザイン設計では、2世代住宅の家族構成、生活情景を想定し、アイディアスケッチで家具造形の表現をする。そこから、電動機能による昇降、回転機能を活用した試作開発をおこない、高齢者、女性に利用しやすい家具の開発研究をおこなった。掲載している写真は今回の研究開発から製品化された機能性家具である。

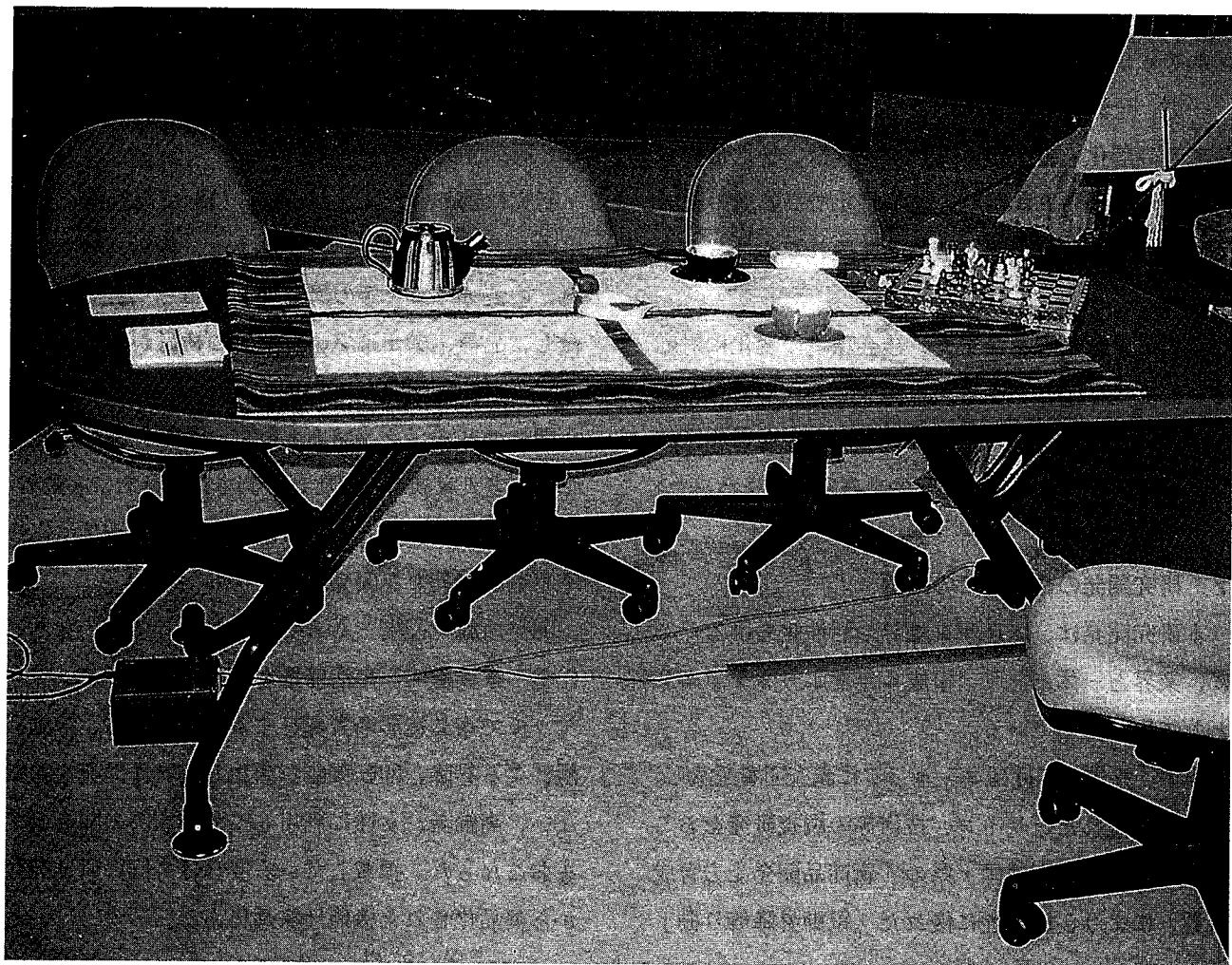
*(株)トレビ デザイナー



奥行き有効活用システム収納家具



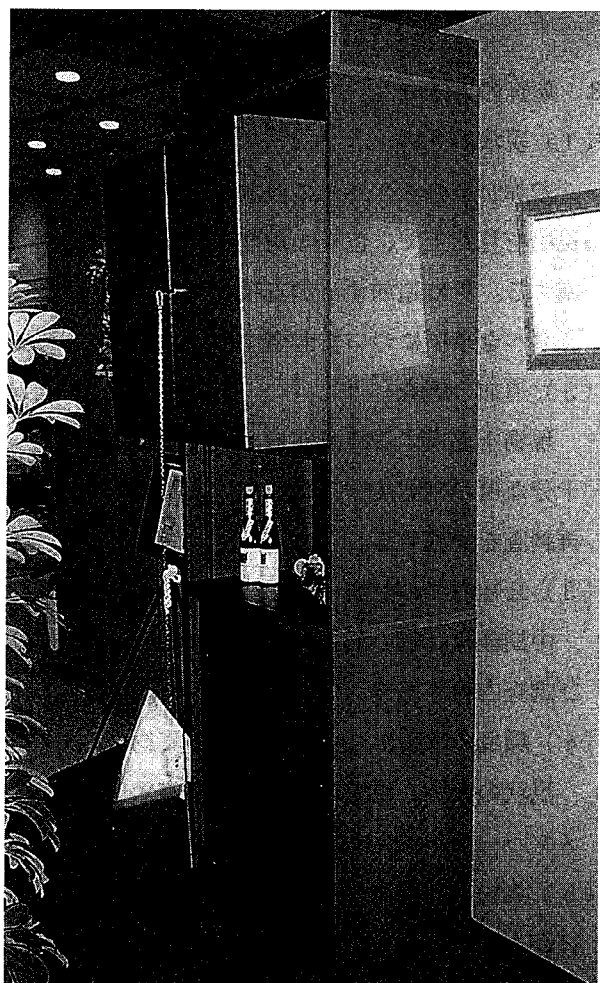
電動昇降両面ハッチ



電動式ダイニング・リビングテーブル



ソファ兼用床ずれ防止電動ベッド・電動キャビネット



電動昇降飾り棚

4. 開発製品の展示発表

開発製品の発表の場として、平成6年11月8日、9日に広島県立産業界館で開催された「第55回広島県産地別家具見本市」、及び平成7年2月12日、13日の両日広島市総合展示館で開催された「ひろしまデザインフェア」に出品して、住宅・家具関連業者、福祉関係者、並びに一般消費者に紹介した。来場者の声は、「ニーズを先取りしたこれからの高齢者社会に対応した商品である」と、反響も大きく好評であった。

5. まとめ

本研究開発は3ヶ年事業として取り組んだもので、6年度を最終年度として製品化に結びつけた。

展示発表会では、開発製品のアンケート調査を実施して、消費者の反応を集計した。

消費者の評価としては、従来の木製家具では見られなかった電動機能に非常な関心が示され、開発の第一目標は達成できたが、市場への商品化は、コスト、重量、安全性にまだ、課題が残されており、再度手直しを図る必要がある。

今後の取り組みについては、課題解決のために平成7年度も継続して研究を進め、製品のバリエーション、コスト、また、PL法の施行に伴う品質・安全性を追求して、消費者の求める製品を開発して行くこととしている。なお一部開発製品については、平成7年5月の「第56回広島県産地別家具見本市」に出品するため、製品試作を開始しており、今後とも業界と共同で積極的な製品の開発を図りたい。

塗装工場の環境の改善

小島 一洋 沖 常登* 深野 信行* 中村 信人** 田中 逸朗*** 河田 博夫****

The Improvement of Environment for Coating Shop

Kazuhiro OJIMA Tuneto OKI Nobuyuki HUKANO Nobuto NAKAMURA Ituro TANAKA Hiroo KAWADA

1. はじめに

R社では、五年位前から塗装工場の環境面での問題点が浮上してきた。塗装工場は、二方が開いているために、吹き付けによって飛散した塗料や蒸発した溶剤は、拡散によって室内にこもってしまうことはない。しかし、塗装中は作業者の回り等、部分的に塗料や溶剤の濃度が高くなる所ができる場合がある。当然のことであるが、作業者はマスクを付けることになっている。しかし、夏場では、塗料の種類によってはマスクを付けないで作業することもある。これは大きな問題である。又、風向きによって、組立工場や機械工場の作業員から臭いと色が問題だという意見も出ている。

平成元年にスタートした中期経営計画でもこの問題を取り上げ、予算も計上した上で、自動化等の設備改善を含めた対策を検討した。しかし、自動化には大きな投資が必要なことから実行に踏み切れず、小さな改善で終わっている。又、毎月2回実施する中期経営計画の小集団活動の場で問題点の解決策を話し合っているが、レイアウト・運搬方法・前処理方法等で、大きな改善は実行できなかった。

これまでR社なりに努力をしてきたが、思うような結果が出てこない。今までのやり方では、どうどう巡りを繰り返すだけであり、このままでは所期の目的を達成できそうにないと感じている。

2. 研究の目的

平成五年度もR社をモデル工場としてCIM研究会が実施されることになり、参加企業のメンバーに

塗装工場の実態を調査してもらい、新しい見方からのヒントによって今までの悪循環を断ち切り、新展開を期待して、“塗装工場の環境改善”の問題をテーマとして提案した。塗装工場の環境の改善案の目途を立てることが目的である。

3. 研究の方法

(1) 現状の分析

参加企業のメンバーの多数の目で、塗装工場の現場を見た上で、色々な角度から現状を分析を実施する。更に追加する調査項目や調査方法及び注意すべき事項について討議する。

(2) 追加の調査

現場を重視する観点から、最初の現場観察で不十分な所の確認及び不足している事項について、再調査を実施する。

(3) R社内での討議

中期経営計画の活動の場に、現状分析の内容及び調査内容等を提示して検討を行う。

(4) 環境の改善についての意見の集約

現状の分析、現場の観察等を基礎にして、参加メンバーから意見を集約する。

(5) 集約した意見の分析

R社として、参加企業メンバーの意見を整理した上で、これを参考にして環境の改善をするための対策をまとめる。

4. 研究の内容

(1) 現状の分析

*鯉城サッシュ工業(株)

**広島大学工学部

*** (株)アイティシー

****経営技術コンサルタントKAWADA

CIM研究会No1会合の診断メモの中から塗装工場に關しているものは次のとおりである。

①改善したら良いと思った点

- ・塗装ラインの省力化（ハンギング方式）
- ・塗装の時ヒンジの部分テープでガードしているが、プラスチックのカバーをかぶせれば早い。
- ・塗装はブースの前で、作業すれば余剰塗装煙の吸収ができると思う。

②検討すべきだと思う項目

- ・外枠の組立治具及び自動化
- ・塗装のライン化と自動化
- ・塗装工場での運搬方法（塗装品のトラック積み）と塗装方法（テープでの養生）

（2）追加の調査

工程分析（表1）を行った。2人作業の15分（総時間の7%）の削減がテーマとして浮上した。リフトを使えば1人作業が可能となると同時に作業時間の短縮も図れる。

（3）塗装用の段取用具「馬」の配置の変更

現在の馬の間隔が1.8mをリフトが使えるように3mに広げた。改善後、再度工程分析を行った結果、（表2）3分（総時間の2%）になった。改善の前後の配置は下図の通り。

（4）R社での討議

4種類の塗装方法（基本的には、エアブースの前で吹き付け）による現在迄の検討状況は下記の通りである。

①ロボットで吹き付ける

- ・投資が多すぎる。（概算見積3千万位）

②台車を使用して吹き付ける

②台車を使用して吹き付ける

- ・2人での反転作業が必要である。
- ・上げ下げをする必要がある。

③ローラーコンベアで吹き付ける

- ・移動中に塗装がはげる。
- ・反転作業がある。

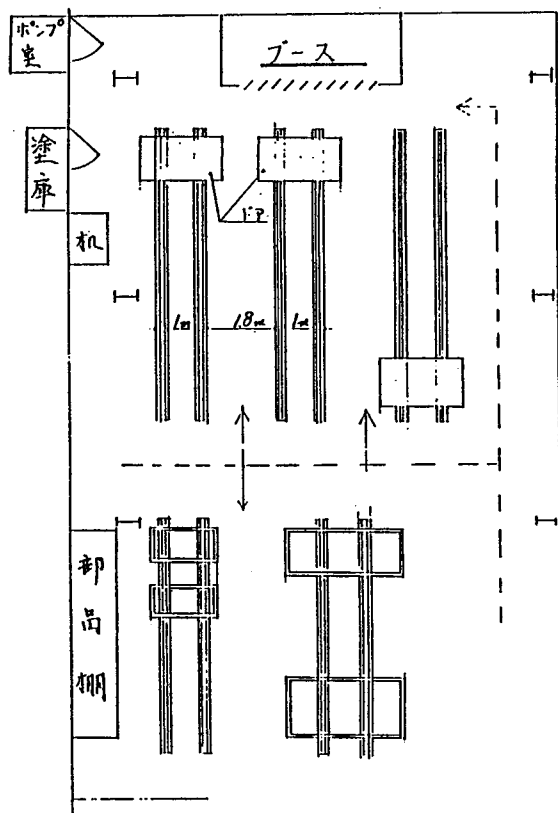


表1 改善

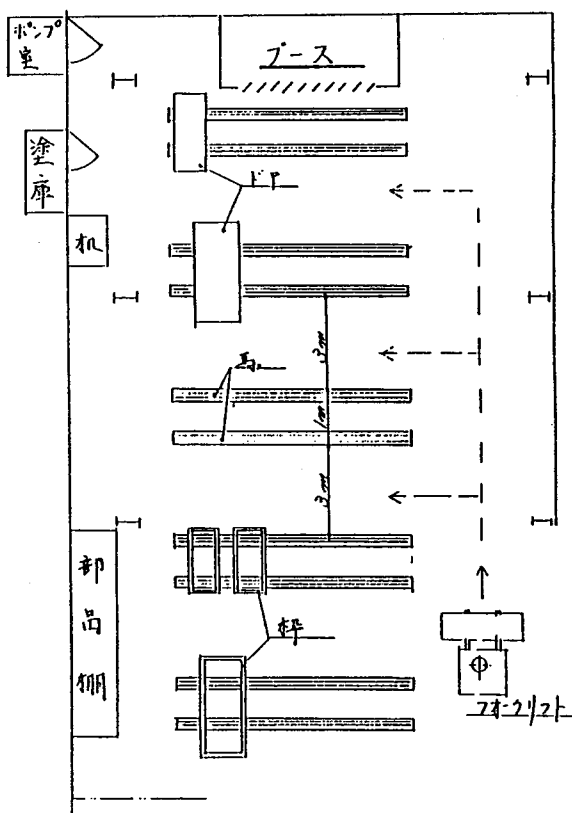


表2

④吊り下げラインで吹き付ける

- ・高い所での作業はできない。
- ・パテ塗りが難しい。
- ・大きい枠の作業は難しい。
- ・吊り方の検討が必要である。
- ・吊り上げ穴はどこに明ければ良いのか。
- ・ラインはどこまで延ばせば良いのか。

(5) 環境の改善についての意見の集約

No. 3 会合でのCIM研究会工場診断メモを①3Kについて現状改善、②設備と作業改善、③自動化とロボット化、の3区分で整理した。

(6) 集約した意見の分析

更に、各区分毎に各意見の優先順位付けを実施した。

5. 研究の結果

参加企業のメンバーからの改善案とアドバイスを手掛りにして検討した結果、①塗装用の段取用具「馬」の配置を変更し、2人作業を1人作業にすると同時に作業時間の短縮を行った。②塗装作業中のマスクの着用を定着化させた。更に、③アドバイスを、3K、設備、自動化の区分によって整理すると

同時に優先順位付けを行った。これにより、今後取り組むべき内容が明確になってきた。

6. あとがき

今までは自動化を中心とした目標を掲げて活動を展開してきた。しかし、なぜ自動化が必要かというコンセプトが明確になっていなかったことが大きな阻害要因であった。工場のすぐ近くには民家もある。工場付近の住民から臭い等を公害問題として取り上げられた場合、自動化を実現したとしても公害問題をクリアできるかには疑問がある。しかし、R社内の他の職場からもクレームが出ている臭いと色の問題を早急に解決することは必須のことである。そこで、臭いと色を拡散するのではなく”ブースの前で作業を行う”を第一の目標として改善活動を展開する。又、3Kに焦点を当てた改善も実施したいと考えている。

参考文献

- [1] 「CIM研究会報告書」, (財)広島市産業振興センター, 平成6年3月ほか