

広島市工業技術センター年報

第10巻

ANNUAL REPORTS

of

**HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER**

VOL. 10

1996

平成8年度

広島市工業技術センター

はじめに

わが国の経済情勢は、日銀をはじめとする経済官庁報告によりますと長期にわたる不況の谷間をこえて、景気はゆるやかながら回復傾向にあるとする報告がなされております。

しかし、中国地方、特に広島地域の景気動向は、輸送用機械器具製造業をはじめとして、どの製造業においても依然厳しい状況下であり、未だ景気回復基調を実感できないところであります。

これらの状況を踏まえ、広島市工業技術センターでは、平成7年度を新技術創造元年と位置づけ自動車関連技術支援事業をはじめとする多くの事業を展開してまいりました。

平成8年度は、これらをさらに発展させ、先進技術の導入、技術開発力の強化、技術指導の充実、技術交流事業の推進、人材育成、技術情報提供の強化等々の諸施策を基本方針として、中小企業庁や日本自転車振興会からの補助による機器の整備、既存産業の技術の高度化、多角化、先進化に向けての研究会、研修会、講習会の開催、あるいは産学官や企業との共同研究を実施しました。さらに情報提供の強化としてインターネット上にホームページおよびEメールの開設等、各種事業を広く展開して、地域企業に対する技術支援を行ってまいりました。

ここに平成8年度広島市工業技術センターの事業概要を取りまとめましたので報告いたします。

今後とも地域産業の発展のため、企業のニーズを的確に把握して企業への技術支援をさらに積極的に推進し、本市産業の発展のため努力してまいりますので、関係各位の、なお一層のご支援、ご協力をお願い申し上げます。

広島市工業技術センター

所長 山 田 洋

目 次

1 概 要

(1) 沿革	1
(2) 施設規模	2
(3) 組織及び業務	3
(4) 予算	4
(5) 主要設備機器	5

2 事 業

(1) 依頼試験	11
(2) 設備利用	11
(3) 技術指導・相談	12
(4) 技術者研修事業	13
(5) 自動車関連新技術支援事業	14
(6) 新技術共同研究事業	16
(7) 超精密加工技術研究事業	18
(8) 技術交流事業	18
(9) 産業振興技術開発交流事業	20
(10) 産業デザイン振興事業	21
(11) 洗浄技術開発研究事業	21
(12) 特定技術後継者育成事業	22
(13) 地域産業活性化推進事業	22
(14) 特定技術診断指導事業	23
(15) 重慶市との技術交流事業	23
(16) 広島市工業技術振興協議会	24
(17) 発明考案の奨励事業	24
(18) 会議・講習会・研究会等への参加	26
(19) 技術職員派遣研修事業	28
(20) 講師・委員等の派遣	29
(21) 共催・後援	29
(22) 発表（誌上・口頭）	30
(23) 受賞	30

1 概 要

- (1) 沿 革
- (2) 施 設 規 模
- (3) 組 織 及 び 業 務
- (4) 予 算
- (5) 主 要 設 備 機 器

1 概 要

(1) 沿 革

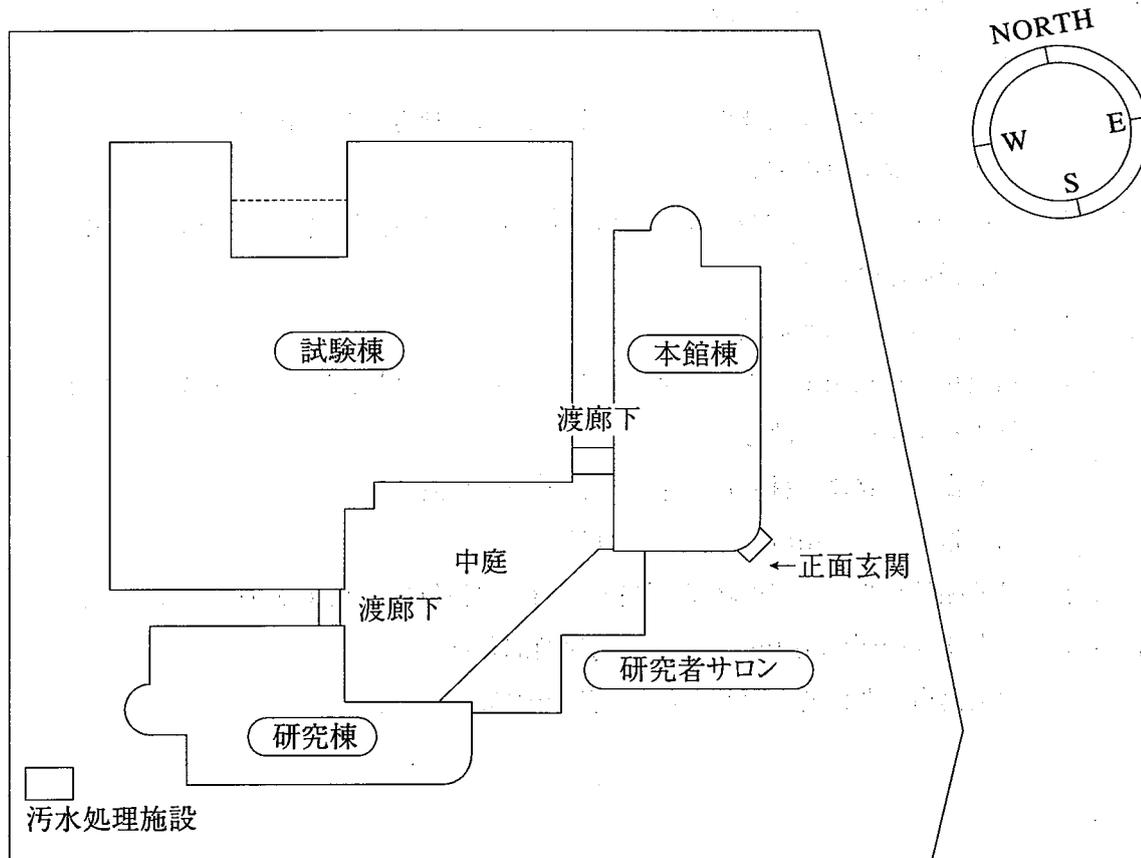
- 昭和13年 8月 市議会の決議を経て工業指導所の創設に着手
- 昭和13年10月 「機械工訓育所」が、大手町七丁目4番広島電気学校内仮校舎で開所したのちに併せ、工業指導所創設事務を開始
- 昭和14年12月 東雲町671番地に工業指導所及び機械工訓育所用建物が完成し、広島電気学校より移転
- 昭和15年10月 「工業指導所」を開設
- 昭和17年11月 「機械工訓育所」を「機械工養成所」に改称
- 昭和18年 4月 工業指導所に木工部設置
- 昭和21年 3月 機械工養成所の閉鎖
- 昭和27年 4月 「工業指導所」を「工芸指導所」に改称
(組織：庶務係・木工係・金属1係・金属2係)
- 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

(2) 施設規模

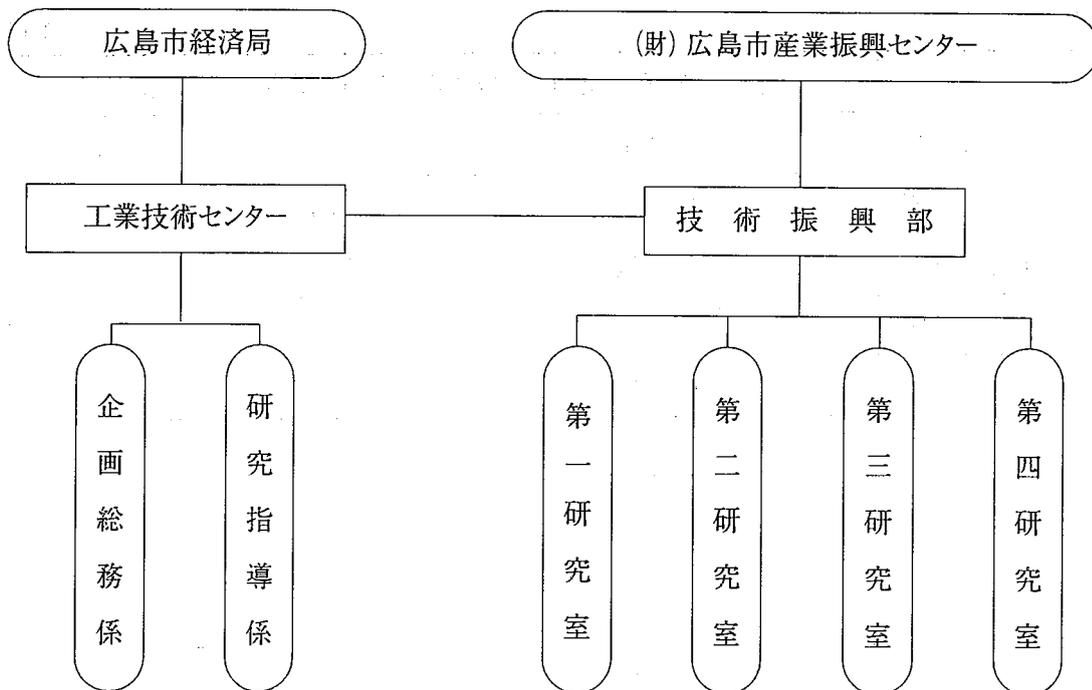
① 土地建物

敷地面積	10,117.20							
建築面積	総建築面積		3,816.55					
	総延床面積		6,789.10					
建物概要	鉄筋コンクリート造							
	本館棟	研究者サロ	研究棟	試験棟	渡廊下	倉庫その他	污水处理機械室	計
地階				45.82				45.82
1階	587.49	180.66	541.03	2,404.20		60.00	13.86	3,787.24
2階	459.21	65.66	541.03	440.31	19.16			1,525.37
3階	562.34		535.26					1,097.60
4階	134.26		146.26					280.52
P H階	52.55							52.55
計	1,795.85	246.32	1,763.58	2,890.33	19.16	60.00	13.86	6,789.10

② 配置図



(3) 組織及び業務



依頼試験・設備使用の受付及び手数料・使用料の収納

試験成績書の発行

発明考案に関する奨励事業

公設試験研究機関との共同研究及び研究成果の普及

産業デザインに関する研究及び技術指導

各種工業材料の利用技術に関する研究及び技術指導

成形加工技術及び機械加工技術に関する研究及び技術指導

表面処理・改質技術に関する研究及び技術指導

生産管理技術に関する研究及び技術指導

電気・電子応用技術に関する研究及び技術指導

コンピュータ支援技術・情報処理技術に関する研究及び技術指導

各種工業材料の機械試験・物性試験及び化学分析

各種工業製品の試験・測定・検査

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7年度当初予算額	平成8年度当初予算額	増 減
商 工 使 用 料	367	337	△ 30
商 工 手 数 料	30,449	30,674	225
商工費国庫補助金	11,476	12,410	934
雑 入	18,213	13,058	△ 5,155
合 計	60,505	56,479	△ 4,026

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成7年度当初予算額	平成8年度当初予算額	増 減
報 償 費	120	61	△ 59
普 通 旅 費	1,063	1,115	52
消 耗 品 費 等	3,868	2,992	△ 876
食 糧 費	192	134	△ 58
通 信 運 搬 費	93	81	△ 12
手 数 料 等	40	40	±0
委 託 料 等	165,842	160,663	△ 5,179
使用料及び賃借料	832	984	152
備 品 購 入 費	57,053	49,000	△ 8,053
負担金補助及び交付金	1,728	908	△ 820
合 計	230,831	215,978	△ 14,853

(5) 主要設備機器

★中小企業庁補助対象機器 ※日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
原子吸光分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュ AA-860型	※S57
加硫試験機	日合商事(株) キュラストメーター VD型	※H05
炭素・硫黄分析装置	(株)レコ社 CS-244型	※S59
自記分光光度計	(株)島津製作所 UV-240型	※S56
高周波プラズマ分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュ ICAP-575型	※S62
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所 8705QH型	※H62
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	※S04
100kN万能試験機	(株)島津製作所 RH-10型	※H36
500kN万能試験機	(株)島津製作所 UH-500KNA型	※S03
1000kN万能試験機	(株)島津製作所 UMH100型	※S57
インストロン型万能試験機	インストロンジャパン(株) 1125型	※S56
低荷重精密万能試験機	(株)島津製作所 AGS-1000A型	★S63
ツインロックウェル硬度計	松沢精機(株) DRT-FA300型	※S58
ロックウェル硬度計	(株)明石製作所 ORK型	S41
ロックウェル・スーパーフィシャル硬度計	(株)明石製作所 ARK-S型	S51
マイクロビッカース硬度計	松沢精機(株) DMH-1型	※S58
ビッカース硬度計	(株)明石製作所 AVK型	S41
5kN計装化シャルピー	(株)米倉製作所 CHRAPC-5C型	H01
30kNシャルピー衝撃試験機	(株)東京衡機製造所 IC型	H02
疲労試験機	(株)島津製作所 EHF-UD100KN ※H04	
回転曲げ疲れ試験機	(株)東京衡機製造所 25180型	S41
金属摩耗試験機	(株)島津製作所 48447型	S41
摩擦摩耗試験機	神鋼造機(株) ファレックス型	★H04
焼入試験機	(株)川崎製鉄	S41
繰返し荷重試験機	さくら工業(株) AB型	★S47
走査型電子顕微鏡	(株)日立製作所 S-2400型	※H02
金属顕微鏡	ユニオン(株) 6318型	S54
実体顕微鏡システム	オリンパス(株) PMG3	※H05
顕微鏡	ニコン(株) AFM型	※S47
接着耐久性試験機	東洋精機(株) NO-537型	H01
低温型示差走査熱量計	セイコー電子工業(株) DSC-220C型	※H03
熱機械分析装置	セイコー電子工業(株) TMA-SS120C型	※H03
示差熱分析装置	真空理工(株) TA-1500型	※S59
過電流式非破壊膜厚計	ダーミトロン D-5型	★S47

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
自己変歪測定装置	さくら工業(株) SFH-20S型	S62
荷重変位測定装置	(株)シンコー工業 6505型	★S54
万能投影機	日本工学工業(株) V-20A型	※S56
レーザー測長機	和泉電気(株) MG-1000型	※S63
万能表面形状測定機	(株)小坂研究所 SE-3C-501806型	★S47
切削動力計	日本キスラー(株) 9257B型	※H03
三次元座標測定機	日本工学(株) トライステーション600型	※S62
蛍光X線微小膜厚計	(株)セイコー電子工業 SFT-3200型	※H03
歪検出システム	(株)共和電業 E-SPIRAS8型	★H03
試料埋め込み機	ビューラ SIMPLIMET 2型	※S56
超音波探傷機	日本クラウトクレマーウェルターHIS-2	※H02
X線応力測定機	(株)リガク MSF-2M型 C-120型	※S63
プログラマブルコントローラ	立石電気(株) SYSMAC C-120型	※S59
画像処理システム	(株)ネクサス 7106型	★H02
ロジック開発システム	YHP(株) 64000型	S62
デジタイザシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	★H04
CAD/CAMシステム	富士通(株)S-3300 ANVIL-4000	S62
メカニカルCAEシステム	ヒューレットパッカー社 モデル735	★H05
アナライジングレコーダ	横河電気(株) 3655E	S62
デジタルパワーメーター	横河電気(株) 2533	S62
AI開発システム	(株)東芝 AS4075GX型	★H03
電子回路試験装置	ノイズ研究所 EMC-5000S	※H01
デジタルストレージスコープ	松下通信工業(株) VP-5740A	S62
精密電圧電流測定機	横河電気(株) 2723	S62
標準電圧電流発生器	横河電気(株) 2258 2253 2563	S62
周波数測定器	リオン(株) SA-57型	★S47
マイクロロボット	三菱電気(株) RM-501型	S59
カラーシュミレーション	日本色研事業(株) 678RC-SA-101型	★S63
コンピューターグラフィックシステム	アップル社 マッキントシュ FXシステム	★H02
デザインスコープ	(株)いずみや 3N型	S62
写植機	(株)写研 SPICA-AH型	★S63
デジタル変角光沢計	スガ試験機(株) UGV-4D型	★S54
デジタル自動測色色差計	スガ試験機(株) AUD-CH-2型	★S54
多光源測色色差計	スガ試験機(株) MSC-IS-2B型	★S63
接触角精密測定機	協和科学(株) CA-1型	★S47

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
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・振動データー処理装置	(株)小野測器	※H05
摩耗試験機	テスター産業(株) AB101型	H01
めっき処理装置	富士プラント工業(株) プライスター1型	★S55
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	★S62
表面性測定機	新東洋科学(株) ヘイドン-14型	★S62
塩水噴霧試験機	東洋理化工業(株) ST-J-2型	★S47
ガス・塩水腐食試験機	スガ試験機(株) HKC-12L型	S62
複合サイクル試験機	スガ試験機(株) ISO-3CY型	★S62
紫外線ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SH-2HCB型	H01
紫外線フェードメーター	スガ試験機(株) FAL-SP-H型	H01
サンシャイン式ウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SUN-HC型	★S54
冷熱衝撃試験機	タバイエスペック(株) TSC-10型	★S54
サーマルショック試験機	タバイエスペック(株) TSR-103型	★S63
温湿度繰り返し試験機	タバイエスペック(株) PL-3E型	★S54
湿潤試験機	スガ試験機(株) CT-3型	★S62
恒温熱風乾燥機	タバイエスペック(株) HPS-222型	★S55
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスペック(株) HLKS-3A型	H01
塗料用退色試験機	スガ試験機(株) FM-1型	H01
恒温恒湿低温槽	タバイエスペック(株) PL-4G型	★S62
恒温恒湿槽	タバイエスペック(株)	★S47
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	★S62
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーグゲマ EPE 700型	S62
静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ	★S47
手吹静電塗装装置	(株)ランズバーグゲマ エレッペR-E-AN	H01
スプレー式前処理装置	(株)日本パーカーライジング KU-42型	★S62
フローコーター塗装機	岩田塗装機工業(株) FL-W3F型	S62
燃焼性試験機	スガ試験機(株) FL-45MC型	★S55
冷間等方加圧装置 (CIP)	三菱重工業(株) MCT-100型	※S63
熱間等方加圧装置 (HIP)	三菱重工業(株) O2-Labo HIP型	※H01
プラズマ溶射装置	プラズマダイン 40型	S62
集塵装置	サンエス工業(株) バローズブース NB-2S型	H02
ガス溶射装置	日本ユテク(株) テロダインシステム2000型	H02
プラズマ溶射ロボット	プラズマ技研工業(株) モトマンK6SB型	※H03
立型マシニングセンター	(株)遠州製作所 VMC530 型	※S63

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
NCワイヤカット放電加工機	三菱電機(株) DWC90H型	※H01
NC放電加工機	三菱電機(株) M35KC7型	※H02
放電精密型彫機	シャパレックス(株) D-15L型	※S36
真空加圧含浸装置	サンワエンジニアリング(株) VPI-2PW型	H01
真空蒸着装置	(株)島津製作所 VPC-350型	S51
切断機	島本鉄工(株) 603型	※S56
難削材料切断切削装置	(株)マルトーセラミクロン MX-833型	★H03
炭酸ガスレーザー加工機	(株)日立製作所 HIL-500CSP型	※S60
直流アーク溶接機	大阪変圧器(株) CPXGT-350型	★S58
立型フライス盤	日立(株) 3M型	※H52
定荷重精密プレス	東洋テスター産業(株) SA-901型	H01
木工用油圧プレス	(株)セイブ ONK-1000x2000型	S62
マッフル炉	(株)亀井製作所 3513型	※S58
高温真空炉	(株)島津製作所 DEGUSSA	※S58
雰囲気加熱炉	光洋リンドバーク G8-50 AC-145	S51
高周波加熱装置	富士電波(株) FDY-320型	S62
試料作成装置 (混練装置)	(株)小平製作所 R-2-CC	※H05
旋盤	森精機(株) MS-650型	※S57
平面研削盤	日興機械(株) NSG-520型	※S59
万能工具研削盤	(株)松沢製作所 MZ-8BG型	※S63
刃物研削ラップ盤	(株)丸仲鉄工所 GH-50型	H01
ボーリングマシン	新前田工業(株) SAD-120B型	S62
ダブテールマシン	庄田鉄工(株) DV-131型	S62
コーナーロックマシン	庄田鉄工(株) CLA-132型	S62
ルーターマシン	庄田鉄工(株) ROA-113型	S62
超仕上げかんな盤	丸仲鉄工所(株) ロイヤル3型	S62
高速度手押しかんな盤	(株)桑原製作所 KP-300LDX型	S63
自動一面かんな盤	(株)大洋製作所 CP-500型	S63
軸傾斜丸鋸盤	(株)桑原製作所 KS-TZ400型	H01
軸傾斜横切り丸鋸盤	東海製作(株) SFJ-1300型	S62
走行丸鋸盤	田中機械工業(株) パネルソー 2500型	H02
木工ロクロ	シンボ工業(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 KSB-70型	★S55
カプセリング装置	三菱重工業(株) Laboカプセリング100型	H06

機 器 の 名 称	型 式	購入年度
5kgシャルピー衝撃角度検出システム	(株)米倉製作所 CCP-60P型	※H06
横型バンドソー	(株)ニコテック SCH-33FA型	※H06
蛍光X線分析装置	セイコー電子工業(株) SEA2010L型	※H06
投影機用データ処理装置	(株)ニコン DP-302型	※H06
フーリエ変換顕微赤外分析装置	日本分光(株) HeyschelFT/IR-350	★H07
ギヤ式老化試験機	ガ試験機(株) TG-100	★H07
反ばつ弾性試験機	高分子計器(株) Lupke方式	★H07
X線回析装置	(株)マック・サイエンス MXP3VA/DIP320	※H07

平成8年度導入機器

中小企業庁補助対象機器

機 器 の 名 称	用 途
バーチャルリアリティ・シミュレーションシステム 旭エレクトロニクス(株)TDZ-400DS	自動車走行時における人体と自動車用シート間に発生する振動を、立体的な画像として表示し、振動評価を行うシミュレーションシステムの開発

日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	用 途
デュースサイクルサンシャインウェザーメータ スガ試験機(株) WEL-SUN-DCH.B.BR	工業材料等の劣化を短時間に促進させ、耐候性の評価
非接触粗さ検出ユニット (株)小坂研究所 PU-OS100	金属、高分子等の工業材料の表面粗さ試験
塗膜定量測定装置 (株)キーエンス VH-6200C	塗膜等の膜厚の測定、錆、変色、発泡等の表面積及び付着物の測定
熱遮蔽温度記録装置 安立計器(株) AM-7200	製品の炉内における温度上昇カーブの測定
油分濃度計 (株)堀場製作所 OCMA-300	金属表面処理工程から排出される油分の濃度測定
電解着色電源・実験用システム (株)高砂製作所 PEC40-2	アルミニウム合金等の耐食性と着色試験

市単独購入機器

機 器 の 名 称	用 途
繰り返し荷重試験装置 JTトーシ(株) TE-03-AFS01	家具・室内装備品、その他製品の耐久性評価試験

2 事 業

- (1) 依 頼 試 験
- (2) 設 備 利 用
- (3) 技 術 指 導 ・ 相 談
- (4) 技 術 者 研 修 事 業
- (5) 自 動 車 関 連 新 技 術 支 援 事 業
- (6) 新 技 術 共 同 研 究 事 業
- (7) 超 精 密 加 工 技 術 研 究 事 業
- (8) 技 術 交 流 事 業
- (9) 産 業 振 興 技 術 開 発 交 流 事 業
- (10) 産 業 デ ザ イ ン 振 興 事 業
- (11) 洗 浄 技 術 開 発 研 究 事 業
- (12) 特 定 技 術 後 継 者 育 成 事 業
- (13) 地 域 産 業 活 性 化 推 進 事 業
- (14) 特 定 技 術 診 断 指 導 事 業
- (15) 重 慶 市 と の 技 術 交 流 事 業
- (16) 広 島 市 工 業 技 術 振 興 協 議 会
- (17) 発 明 考 案 の 奨 励 事 業
- (18) 会 議 ・ 講 習 会 ・ 研 究 会 等 へ の 参 加
- (19) 技 術 職 員 派 遣 研 修 事 業
- (20) 講 師 ・ 委 員 等 の 派 遣
- (21) 共 催 ・ 後 援
- (22) 発 表 (誌 上 ・ 口 頭)
- (23) 受 賞

2 事 業

(1) 依頼試験

区 分	項 目	件 数	数 量	歳入額 (円)
木材・木製品	機 械 試 験	10	20	32,800
	物 理 試 験	5	13	20,020
	接 着 試 験	1	5	8,200
	製 品 性 能 試 験	14	845	554,910
	小 計	30	883	615,930
金属・非金属	機 械 試 験	3,346	12,517	18,883,680
	物 理 試 験	163	554	1,683,500
	分 析 試 験	118	532	1,713,380
	小 計	3,627	13,593	22,280,560
表面処理	塗 料 試 験	—	—	—
	皮 膜 試 験	149	9,995	3,511,220
	小 計	149	9,995	3,511,220
電子・電気	電子計算機による解析	4	5	22,650
	電 気 試 験	10	26	31,090
	小 計	14	31	53,740
試験用試料作成	木 材 ・ 木 製 品	—	—	—
	金 属 ・ 非 金 属	27	87	133,980
	塗 装 ・ 塗 膜	2	2	7,820
	電 子 ・ 電 気	9	29	44,668
	小 計	38	118	186,460
意匠図案の作成		2	14	43,260
工業製品の試作		2	8	6,160
試験・検査に関する証明		27	29	10,440
合 計		3,889	24,671	26,707,770

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	歳入額 (円)
工 作 機 械	101	195	129,340
試 験 設 備	192	1,667	581,650
合 計	293	1,862	710,900

(3) 技術指導・相談

分類	分野	業務内容	合計
A	機械	加工機 原動機 精密機械 輸送機 化学機械 流体機械 産業機械 電子機械 医療機械	80
B	電子・電気	電力機器 電気応用機器 電子応用機器	69
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/潤滑油 化学装置/設備	198
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	670
E	木材木質材	材料 加工技術 表面技術 改質技術	74
F	情報処理	情報管理 情報数理 コンピュータシステム	56
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	145
H	経営工学	工場管理 生産管理 品質保証 作業管理 包装・物流 CIM TPM	58
I	資源	金属鉱業 石炭・石油鉱業	4
J	建設	鋼構造 コンクリート製品	5
K	衛生	環境 公害防止技術 廃棄物利用技術	18
Z	その他	その他	135
合 計			1,512

(4) 技術者研修事業

各種材料技術・生産管理技術およびデザイン技術に関する講習会を実施し、企業の技術力の向上を支援する。

① 材料・加工技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
工具鋼材料技術講習会	2月18日	最近の熱間加工用工具鋼の動向	(株)日立金属テクノス 奥野 利夫 氏	79名	山本
高度加工技術講習会	11月6日	高速・高精度加工法による高品位、低コスト化実現への提言	(株)牧野フライス製作所 白井 良幸 氏	69名	岡田
木質高機能化技術講習会	11月1日	化学加工による木材改良技術	京都大学木質科学研究所 今村 祐嗣 氏	65名	木下
バイオエンジニアリング技術講習会	8月1日	自動車の予防安全性能向上のための新技術	防衛大学校 原田 宏 氏	41名	西山
高分子材料技術講習会	5月17日	21世紀に向け技術者に望むもの(右脳の効用)	比治山大学 頼実 正弘 氏	41名	四辻
ゴム基礎技術研修会	6月26日	ゴム産業の現状と動向	岡山県工業技術センター 川崎 仁士 氏	28名	四辻
	6月28日	ゴムの基礎的性質と種類	日本ゼオン(株) 岡村 成 氏	27名	
	7月3日	有機ゴム薬品	山新化学工業(株) 森田 雅和 氏	23名	
	7月10日	充填剤、補強剤	白石工業(株) 貫井 徳蔵 氏	22名	
	7月16日	加硫ゴムの性能と配合	大内新興化学工業(株) 有賀 望 氏	23名	
	7月26日	ゴムの精練加工	(株)エラストミックス 泉 信示 氏	26名	
	7月31日	ゴムの試験方法	(財)広島市産業振興センター 四辻 博文	22名	
	8月7日	現場のトラブル対策	岡山県技術アドバイザー 妻鹿 菊夫 氏	26名	

② 生産工程合理化技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
画像プロセス技術講習会	12月6日	直接ポジフィルム作成について	エヌ・エス・カルコンプ(株) 福山 真琴 氏	81名	山崎
熱処理技術講習会	11月8日	金属材料の表面処理とショットピーニングの応用	山梨県工業技術センター 日原 正彦 氏	45名	市後 柴原
金属塗装技術講習会	9月18日	自然塗料の現状と今後の展開について	玄々化学工業(株) 藤掛 裕規 氏	45名	山崎
CAD/CAM/CAE技術講習会	10月23日	非線形解析の基礎と解析事例及び最新の技術動向について	法政大学 武田 洋 氏	44名	古谷
CIM技術講習会	1月14日	イントラネットに対応した中小企業の情報システムの構築	アイシーシー 石田 淳治 氏	40名	小島 上杉

③ デザイン技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加人員	担当者
インテリアデザイン 技術講座	6月4日	色彩について	セントラルデザインアソシエーツ 山下 新治 氏	18名	西原
	6月11日	〃	〃	19名	
	6月18日	製図の書き方	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	18名	
	6月25日	スケッチの書き方	〃	19名	
	7月2日	パースと色づけ	(有)アトリエケン 慶雲寺 誠 氏	18名	
	7月9日	〃	〃	18名	
	7月16日	製品開発の手法	(株)広島市産業振興センター 西原 正明	19名	
	7月23日	インテリアの計画	(株)アステリア 河野 房子 氏	18名	
注文洋服縫製技術講習会	7月12日	新素材に対するの各附属品(接着芯等)の使用法	紳士服デザインコンサルタント 佐藤 新一 氏	26名	岡本
広島市デザイン講習会	10月24日	家具デザインのプロセスと実際	剣持デザイン&ネットワークス 剣持 和之 氏	22名	岡本
	10月25日	インテリア・家具産業の動向と対策	(株)家具産業出版社 足立 敏彦 氏	13名	岡本

(5) 自動車関連新技術支援事業

1. バイオメカニカルエンジニアリング研究会 (担当 西山)

動力学、制御技術及び人間工学などの観点から人体、シート、ステアリングホイール、ペダル系の振動特性を明確にし、人に優しい先進的な設計法の指針を得ることを目的に、研究開発を実施した。平成8年度は、「人間の動的特性を考慮した製品開発に関する研究」をメインテーマとして、以下の研究開発を行った。

- ① 人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性に関する研究
- ② 運転時の各種要因がドライバーの視認性に及ぼす影響
- ③ 介護用品の開発に関する調査研究
- ④ ロッキングソファに関する研究
- ⑤ 着座姿勢が眠気に及ぼす影響に関する研究

開催月日	内容	講師	参加人員
6月5日	人体の動的特性を考慮した製品開発	広島市工業技術センター 西山 修二	9名
7月23日	眠気の計測法 ロッキングチェアの快適性	広島大学総合科学部 神奈川工科大学 堀 忠雄 氏 川島 豪 氏	7名
7月30日	人体・ハンドル・ペダル系の振動特性に関する研究	イリノイ大学 フェリット・アミロウチェ 氏	8名
9月30日	眠気の実測技術・評価技術	広島大学総合科学部 堀 忠雄 氏	8名
12月11日	眠気の解析方法/生体反応の製品開発への活用方法	広島大学総合科学部 堀 忠雄 氏	11名

2. ショットピーニング研究会 (担当 市後・栞原)

ショットピーニング加工は、材料に圧縮応力を加えることにより材料を強化する方法として古くから行われ、歯車の高寿命化、小型軽量化に利用されている。ショットピーニング加工は、普遍性のある定量表現がなされていない等の理由で今ひとつ普及されていない。当研究会は、このショットピーニング効果の定量化、評価技術の確立を図り、新しい素材の開発や適応分野の拡充を図ることを目的としている。平成8年度はショットピーニングに関する評価技術の修得のための講習会や企業見学、情報の収集を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月28日	ショットピーニングによる浸炭焼入鋼の疲労強度向上と表面組織の影響	マツダ(株)PT Gr 有見 幸夫 氏	31名
6月21日	ショットピーニング研究会による工場見学会(マツダ(株)中ノ関工場)		30名
8月22日	ショットピーニングの現状と問題点	明治大学理工学部 当舎 勝次 氏	20名
11月 8日	金属材料の表面処理とショットピーニングの応用	山梨県工業技術センター 日原 政彦 氏	45名
2月13日	ブラストセンサーの測定値評価	新東工業(株)技術研究所 太田 訓郎 氏	25名

3. 新加飾技術研究会 (担当 山寄)

自動車部品の塗装関連企業と共同でステンレス、銅合金、アルミなどで製造された各種製品の光輝金属面、めっき面への新しい加飾技術の開発、および新塗料・設備をはじめ塗装技術に関連した技術情報の収集を行った。また、現場のスプレーマンの塗装技術の向上と関連知識の修得を目的に、金属塗装・噴霧塗装等の技能検定のための実技及び学科研修を実施した。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月31日	最近の粉体塗装の動向 技能検定のための事前講習	(株)日本パーカーライジング マツダ(株) 金沢 泉樹 氏 平岡 康考 氏	24名
6月30日	技能検定のための実技指導講習	(財)広島市産業振興センター 山寄 勝弘	28名
7月 7日	技能検定のための実技指導講習	(財)広島市産業振興センター 山寄 勝弘	37名
8月 4日	技能検定のための学科講習	(財)広島市産業振興センター 山寄 勝弘	84名
11月29日	超振動を活用した脱脂および攪拌技術	日本ペイント(株) 傍田 保 氏	21名
2月20日	脱脂洗浄の効率的な管理方法と低温化の現状	中央化学(株) 村山 光英 氏	21名

(6) 新技術共同研究事業

1. 品質工学研究会 (担当 市後・栞原)

製造業では、短期間、低コストで消費者ニーズにあった質の高い製品を開発・生産することが最大の課題です。本研究会では、論理的に短期間で開発、改善が可能なパラメータ設計手法であるタグチメソッドを用いて、各会員企業の研究開発テーマに取り組みながら、品質工学への理解をより深めるため活動している。

参加企業は、窯業をはじめ一般機械器具、輸送用機械器具、金属製品製造業等多岐にわたっており、研究テーマも機械、金属、電気電子その他様々です。会員企業は各社とも、この研究会で得た品質工学の知識を活用し、新製品開発、生産工程の最適化などに成果があった。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月16日	基礎機能の検討	アドバイザー 電気通信大学 制御工学科 矢野 宏 氏	35名
6月17日	基礎機能計測特性の検討		30名
7月17日	実験計画(パラメータ設計)の検討		30名
9月19日	予備・本実験方法の検討		28名
11月14日	本実験方法とSN比の検討		15名
1月16日	会員による研究事例発表		20名

2. CAE研究会 (担当 古谷)

製品開発・設計におけるCAEの有効活用は、設計精度の高精度化および低コスト化・短期化を図る上で、不可欠になっている。しかし、高精度な解析を行うためには、基礎理論の理解と他分野にわたる解析対象の現象の把握が必要である。

本研究会では広島大学工学部教授 藤谷義信氏を座長に、企業におけるCAEの有効活用の推進を図るため、平成6年度から8年度の3年間にわたり活動した。

平成6年度 CAEの基礎理論について(有限要素法、振動解析、最適設計法、産業界への適用事例と課題について)

平成7年度 企業が抱える技術的課題へのCAEの適用法(強度・剛性、振動・固有値、振動一応答、熱伝導、音響、最適化、有効活用・教育について)

平成8年度 CAEプログラムの実際と非線形構造解析への展開について(骨組みと板の基礎と有限要素解析、固体力学に関する研究、汎用プログラムの現状、CAEの最新技術動向)

開催月日	内 容	講 師	参加人員
6月20日	骨組と板の基礎 有限要素解析	広島大学 工学部 藤谷 義信 氏	11名
7月18日	非線形構造の解析について	東京大学生産技術研究所 都井 裕 氏	14名
9月26日	骨組と板の基礎有限解析について	広島大学 工学部 藤谷 義信 氏	11名
11月 7日	汎用プログラムにおける非線形構造解析の解析事例	広島大学 工学部 藤谷 義信 氏	10名
1月22日	非線形解析への展開	東京理科大学 川井 忠彦 氏	10名

3.新製品デザイン開発研究会(担当 谷本・古谷)

新たな広島発の新製品づくりを目標に地域の企業が、デザイン開発手法を導入し、自社の製品開発力の向上を図ることを目的に、大学の教員および大手企業のデザイナーを講師として招へいし、研究会を行った。主な内容は、開発テーマの探り出しの手法から開発製品アイテムの決定およびに製品化に向けたデザインモデルの作成を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
6月 5日	新製品開発の年間計画と取り組み	アドバイザー 広島市立大学 芸術学部 吉田 幸弘 氏	10名
7月12日	製品開発アイテムの周辺情報と開発デザイン		10名
8月21日	開発製品のアイディアスケッチの作成		9名
9月19日	試作モデルのデザインスケッチの作成		9名
10月23日	試作モデル検討と作成		10名
11月20日	デザインモデルによる検討		9名
1月23日	デザインコンセプトの再構築		8名
3月11日	デザインモデルによる検討とまとめ		9名

4.マイクロプロセッサ利用技術研究会(担当 尾崎)

半導体製品の開発は目まぐるしく、その中核をなすMPU(マイクロプロセッサ)も次々と新製品が発表され続けている。しかし、プログラミング用ソフトやデバッグ用ツールが高価なため、手軽にMPUを評価し採用を検討することは難しいのが現状である。この研究会では、新しくリリースされたMPUを機能、開発環境の充実度をポイントとして選択し、評価用ボードの試作、デバッグ用ソフトの移植等、開発環境の整備を行い最終的に、自社製品への応用、あるいは生産技術部門への活用を図ることを目的とした。平成7年度、8年度の2年間の開発成果は、「CPUボード」「リモートモニタ」「フラッシュライタ」である。このことよりパソコンを母体としたH8/3048Fの開発環境をすべて整えることができた。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
6月 5日	C言語プログラミング事例	(財)広島市産業振興センター 尾崎 清	5名
7月 9日	フラッシュメモリの概要と応用	(株)日立マイコンシステム 佐藤 善幸 氏	5名
8月21日	コンピュータによるロボット制御	広島市立大学 松浦 義則 氏	5名
11月11日	組み込みCPU開発環境について	日本システムデザイン(株) 麦田 憲司 氏	5名
3月11日	フラッシュメモリライタの開発について	(財)広島市産業振興センター 尾崎 清	5名

(7) 超精密加工技術研究事業

超精密加工技術研究会 (担当 山本・栗原)

機械加工系企業の精密加工技術の強化を目的に、「超精密加工技術の現状とその動向」、「微細、薄物、複雑形状の部品の精密加工」および「最先端難削材の加工」等の講習会、先進地調査を行った。また、現在会員企業が抱えている精密加工技術の課題をテーマに、その解決策について総合的な研究討議を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月30日	超精密加工技術の現状と動向	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏	11名
9月19日	会員が抱えている課題についてディスカッション	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏	9名
10月24日	会員が抱えている課題とその解決策について討議	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏	7名
11月26日	会員が抱えている課題および調査報告	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏	5名
12月16日	最近の精密切削加工技術	三井精機工業(株) 田中 孝昌 氏	14名
2月28日	会員企業の抱えている問題点を発表・討議	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏	7名

(8) 技術交流事業

1. 新素材技術交流部会 (担当 上田・奥村)

廃棄物の減量化、資源化がクローズアップされているなか、本部会は、リサイクルの観点から“モノづくり”を行っている。本年度は、製造過程から発生するゴムくず、廃プラスチック等のリサイクル技術の研究會、視察見学会およびエラストマーの研究開発状況の調査等を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
4月18日	平成8年度総会(平成7年度事業・会計報告/平成8年度事業計画・役員人事)		12名
5月22日	新素材研修 生体組織に似た組織を有する新素材	ブリヂストン東京工場 豊澤 真一 氏	25名
6月28日	視察見学(ハセガワ化成(株)三協プラスチック工業(株))		16名
9月28日	廃プラスチック(主としてPEくず)の高度利用	日本ゼオン(株) 池田 亮二 氏	12名
10月 2日	超低硬度エラストマーの開発と用途開発	徳山世界長(株) 藤井 照人 氏	22名

2.資源高度利用技術開発交流部会(担当 木下・三宅)

本部会は、再生可能な天然資源で環境への負荷の少ない、木材・木質材の利用技術の開発、特に企業の生産活動によって生じる端材、残材および建築廃材等の木質系廃棄物の再資源化を目的として活動している。平成8年度は、木材を液化し、それを原料とした発泡体の試作を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
4月16日	平成7年度事業報告・会計報告・会計監査／平成8年度部会運営について		14名
9月13日	液化木材に係る先進企業見学(大洋樹脂工業(株)(株)日版製作所)	大洋樹脂工業(株) 上田 重雄 氏	13名
10月 7日	先進地調査報告および液化木材からの製品開発について検討		12名
11月 7日	液化木材からの「もの」づくり／発泡について		15名
12月12日	木材液化と発泡体の製造	京都大学農学部 白石 信男 氏	30名
1月28日	発泡体製造体験をふまえた液化木材発泡体に対する意見交換		13名
2月13日	先進地調査要望事項のとりまとめ		10名
3月26日	液化木材に係る先進地調査(京都大学農学部・レンゴ一(株))		2名

3.住宅設備技術交流部会(担当 西原)

高齢者や障害を持った多くの人にとって、階段、段差、スロープ等の高低差は、生活上での大きな支障となっている。平成8年度は、段差解消用の住宅設備機器の開発をテーマとして、専門家による指導、福祉機器についての先進地調査および車椅子での実体験等による機器開発のための情報、資料の収集を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
4月23日	平成8年度事業計画について討議		15名
5月21日	在宅介護を支援するための住宅設備機器の開発		7名
6月19日	〃		8名
7月17日	〃		9名
8月27日	〃		10名
9月24日	国際福祉機器展等先進地報告会	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	5名
10月15日	段階昇降機器のアイデア展開作業		10名
11月12日	道路から敷地までの階段状況(写真撮影分)について説明		11名
12月17日	段階昇降機開発プロセスについて	(株)倉本製作所 倉本 英彦 氏	12名
1月21日	昇降機の試作について討議		7名
2月18日	車椅子を使っでの段差・階段・スロープの学習体験		7名
3月 5日	現地研修会「人体のしくみと高令化に伴う障害」	広島県立リハビリテーションセンター 黒瀬 靖郎 氏	8名

4. エコロジー交流部会 (担当 小島・岡本)

本部会は、「人にやさしい・自然にやさしい・地球にやさしい」をテーマとしたエコロジー製品の試作・開発を行い、平成8年度は、防寒用インナーベスト、取っ手付プラスチック容器、床暖房製品、屋外ホットプレート等を開発した。

また、地域間交流や全国技術・市場交流プラザ、全国融合化フェアに参加する等積極的な交流活動を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
4月16日	平成7年度事業報告・会計報告・会計監査／平成8年度事業計画・役員人事		11名
5月14日	内海町商工関連施設の訪問と関係者の交流(内海町商工会経営指導員)		10名
6月18日	第1次産業と第2次産業の融合化による新高知県異業種交流協会 製品開発 農業新時代-新農政の展開	(株)太陽 島崎 龍彦 氏	14名
7月24日	太陽電池の実用化について	キャノン(株)エコロジー研究所 中野 隆 氏	14名
8月21日	LED (発光ダイオード)等の用途開発について	スタンレー商事(株) 田中 勇夫 氏	14名
9月17日	技術戦略と異業種交流について 会員企業現地研修会	神奈川県中小企業支援財団 芝 忠 氏	10名
10月17日	「くすのき会」で取り上げ検討したい開発等のテーマ／会員からの近況報告		9名
11月19-20日	H8度中国ブロック技術・市場交流プラザ岡山大会	広島市立大学国際学部 樺本 功 氏	4名
12月18日	今後のくすのき会の事業運営について／会員近況報告		14名
1月31日	研修会「環境問題に取り組む異業種交流グループの事例」	システム経営研究所 戸出 武 氏	11名
2月26-27日	平成8年度全国技術・市場交流プラザ、全国融合化フェア	東大先端技術センター 軽部 征夫 氏	4名

(9) 産業振興技術開発交流事業

産業振興技術交流部会 (担当 谷本・田中・野村)

健常者と車椅子の生活者との共同生活での食事をテーマに、テーブル面の一部が昇降機能を持つ食卓テーブルの開発を行った。平成8年度は、福祉施設見学による実体調査や車椅子乗車時のテーブルの適正寸法調査を行う一方、テーブル昇降金具の開発を進め、昇降式テーブルの試作品を作製した。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
6月17日	平成8年度事業概要の説明・事業実施の展開		13名
7月23日	新製品開発のアンケート結果と今後の製品開発		13名
8月29日	福祉施設見学による実体調査	アドバイザー 広島文化女子短期大学	14名
9月24日	高齢者と共有できるテーブルの開発	神立 均 氏	13名
11月26日	テーブル機構の検討		12名
1月21日	昇降テーブル(試作)の機能部の検討		9名
2月27日	昇降テーブル(再試作)の機能部の検討		8名

(10) 産業デザイン振興事業

1. デザイン開発支援研究会 (ファッション関係) (担当 谷本・田中)

本研究会は、広島地域の製造業等の組合を対象に製品(商品)開発力の向上を目的に開催している。平成8年度は、(協)広島総合卸センターを対象として、「時代のトレンドを探る」をテーマに広島市立大学教員、地元大手企業のデザイナーを講師に招へいし、デザイン開発手法について学習した。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
7月18日	ファッションの歴史	広島市立大学芸術学部 潮 隆雄 氏	36名
8月20日	商品企画と開発	広島市立大学芸術学部 池田 為明 氏	34名
9月20日	新都市交通アストラムラインの色彩計画	(株)デザイン総研広島 前田又三郎 氏	26名
10月22日	21世紀の生活トレンド	(株)デザイン総研広島 山田 晃三 氏	40名
11月25日	最近の商品のデザイン傾向	シャープ(株) 山本 祥雄 氏	15名
12月13日	デザイン開発の現況	マツダ(株) 岩田 州夫 氏	27名

2. デザイン開発支援研究会 (情報関係) (担当 谷本)

(社)広島県情報産業協会を対象とした本研究会は、インターネット上での「優れたホームページづくり」をテーマに、広島市立大学のコンピュータ機器を利用して、デザイン技術を導入した製作演習を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
12月 7日	インターネットとホームページの概念基本操作の演習	広島市立大学芸術学部	30名
12月14日	優秀なホームページを分析するデザイン開発支援		32名
1月11日	各社のホームページづくりの目標達成レイアウトからの方法論	中嶋 健明 氏	32名
1月18日	ホームページ上の画像作成	広島市立大学情報科学部	33名
1月25日	〃		開 和生 氏
2月 1日	各社のホームページの完成(テキストとCG合成)		33名

(11) 洗浄技術開発研究事業

洗浄技術開発研究会 (担当 山崎・前田)

本研究会は、企業の生産性の向上および環境破壊の防止を図ることを目的に、熱処理部品について、過熱蒸気を利用した脱脂洗浄と焼き戻しを同時に行うことが可能な新技術の研究開発を行っている。平成8年度は、食品(揚げ物)の脱油装置を利用して、過熱蒸気による脱脂実験と広島大学の協力を得て過熱蒸気による脱脂現象の物性解明を行い、試作機の改良を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月24日	過熱蒸気洗浄技術研究会(分科会)発足平成8年度事業計画の検討		11名
7月15日	中小企業事業団の補助金決定の経過報告 平成9年度研究会の年次計画と開発設備の概要		8名
10月18日	表面熱抵抗層による沸騰熱伝達の促進と蒸気爆発	広島大学工学部 菊池 義弘 氏	12名
1月31日	化学発光を利用した熱処理油の劣化と脱脂性 他	神奈川県産業技術総合研究所 西條 博之 氏	11名

(12) 特定技術後継者育成事業

表面処理技術研究会(担当 植木)

表面処理技術関連企業の後継者の育成を目的に、めっきを中心とする表面処理技術に関する研修会、先進地調査および他地域の研究グループとの交流活動を行い技術の高度化、多角化を図っている。また、防錆・機能・装飾・環境の分野別に設定した技術テーマについて研究を行った。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
4月12日	役員会 平成7年度年度事業・活動報告／平成8年度事業計画の策定		8名
5月10日	総会 平成8年度第1回役員会報告役員改正その他講演 水質汚濁防止等に関する水質規制について	広島県環境保全課 細川 一登 氏	26名
6月28日	最近の環境規制の動向について／めっきスラッジの減量化及び資源化への取組み	全国鍍金工業連合会 神戸 徳蔵 氏	21名
8月20日	平成9年度研究テーマの具体的内容、実施方法、試験設備について		7名
8月30日	先進地調査(柿原工業(株)・藤田クローム工業(株)・工業団地集合排水処理施設)		25名
9月20日	機能メッキの現状と将来展望	奥野製薬(株) 中岸 豊 氏	23名
11月7・8日	先進地調査(緒方工業(株)・(株)正信・(株)九州電化)		15名
12月19日	ISO14000の概要について	(株)日本環境認証機構 高島 一成 氏	31名
1月29日	役員会 企業見学の計画／平成9年度の研究会の取組み		10名
2月19日	先進地調査(トーヨーエイテック(株))	(株)日本パーカーライジング 竹内 信彦 氏	30名
3月12日	役員会 平成8年度活動総括および平成9年度活動方針の策定		8名

(13) 地域産業活性化推進事業

鋳物産業活性化研究会(担当 中村)

本研究会は、平成6年度より主に若手鋳造技術者の技術力向上と相互の交流を目指して発足し、鋳造現場における技術的課題の様々な問題解決法をシミュレーションし、ここで抽出された課題についての研究を行った。また、これまでに旧来の現場試験方法と技術的な物理的解析法との相関性を確かめる研究を行っている。平成8年度は、この研究成果を更に精査し、学会等へ発表することで技術の普及を図るとともに、現場において発生する不良原因の要因を抽出し、このなかから若手技術者が対応できる技術課題について討議した。

開催月日	内 容	講 師	参加人員
5月31日	平成8年度総会 平成7年度事業・会計報告／平成8年度事業計画	近畿大学工学部 塩田 俊雄 氏	10名
8月30日	工場見学(宇部スチール)	近畿大学工学部 塩田 俊雄 氏	8名
10月2・3日	鋳鉄製造現場における炉前試験と機械試験の関係	近畿大学工学部 塩田 俊雄 氏	7名
12月 5日	生産の最近の考え方	工技院名古屋工業技術研究所 太田 英明 氏	6名
1月24日	大型鋳鉄品の品質管理	大和重工(株) 長沼 静 氏	6名
3月12日	鋳造におけるコンピュータシステムの現状と今後の動向	近畿大学工学部 木口 昭二 氏	7名

(14) 特定技術診断指導事業

特定の技術分野について、外部専門家により生産現場における技術的課題について指導を実施し、生産性および技術力の向上を図る。

事業名	テーマ・講師	開催月日	指導企業	担当者
鑄造技術診断指導	鑄物工場の生産性向上をはかるための製造技術の指導 名古屋工業技術研究所 大田 英明 氏	12月 3日	野間鑄造(株) 友鉄工業(株)	中 村
		12月 4日	太田鑄造(株) 坂本重工(株)	
木工技術診断指導	木質系新材料の利用と塗装技術 玄々化学工業株式会社 戸田 和夫 氏	2月25日	キリン木材(株) (有)マルカ木工所	三 宅 木 下
		2月26日	(有)久野工芸 ドリームファニチャー(株)	
熱処理技術診断指導	ガス浸炭炉のコンピュータ制御皮膜と今後の展開 大阪府立産業技術総合研究所 石上 逸男 氏	12月12日	新中央工業(株)・(株)ナガト 日本電子工業(株)	市 後 栄 原
		12月13日	呉金属熱錬工業(株) (有)神和熱処理本社	
塗装技術診断指導	利潤追求のための金属塗装工程の改善 マツダ(株) 平岡 康孝 氏	2月 6日	油谷重工(株) (株)研創	山 崎
		2月13日	(株)ニッポー (有)六興工業	

(15) 重慶市との技術交流事業

本市は重慶市(中国・四川省)と友好都市提携を結び多くの交流事業を行っている。そのなか、当センターとしても技術交流の一環として、「金属表面の防腐防食」をテーマに共同研究を行っている。中国有数の工業都市である重慶市は、エネルギー源として石炭を多量に使用するため、大気汚染による深刻な環境問題をかかえており、酸性雨や降下ばいじん等、人間の健康に害があるばかりでなく屋外に設置する鉄鋼構造物、金属製品、自動車および建設機械等の製品の腐食にも大きな損害を与えている。

このような自然環境下における腐食因子と各種防錆皮膜の耐久性および耐用年数との相関関係を究明するため、広島・重慶両市において同時に屋外自然暴露試験を行い、安価で有効な防錆技術の確立と両市の関連技術力を向上させることを目的として、平成7年度から実験を開始した。平成8年度は、職員を重慶市に派遣して重慶市担当者と協議し、以下のことについて研究を実施した。

- ① 広島地域の企業が製造している自動車部品、住宅部品、屋外に設置される金属製品等の実物86品目の提供をいただき、また、重慶市からは地域産品の18品目について、小型製品はそのまま、大型の製品は切断して試験試料として互いに試料を交換し、両市において屋外暴露試験を行い経時的に発錆状況を観察
- ② 日本の環境庁の試験規格にもとずき、両市における銅板、アルミニウム板、銅板の1ヶ月毎の腐食量を測定
- ③ 広島市において、キャス促進腐食試験を行い、広島市及び重慶市での自然暴露試験との相関性及び促進倍率、耐用年数の評価
- ④ 広島市と重慶市との環境の差(酸性雨、降下ばいじん)が腐食に与える影響度について

(16) 広島市工業技術振興協議会

本市では、各業界団体、大学、技術振興機関等の団体を構成員とする協議会を設置して、地場産業の現況や課題、広島市の工業振興施策に対する意見、要望についての意見交換会を行い、地域の技術支援、産学官の連携促進を図っている。本年も産業界から19組合と地域4団体の代表、そして、大学から5大学の先生方にアドバイザーとして出席を頂き、平成8年6月14日、広島市工業技術振興協議会を開催した。

(出席団体等)

東友会協同組合・協同組合三菱広島協力会・広島金属プレス工業会・広島金属熱処理協同組合・協同組合広島県鉄構工業会・広島県針工業協同組合・広島県鍍金工業組合・広島県鋳物工業協同組合・広島県機械木型工業組合・鯉城鉄工センター協同組合・広島県プラスチック工業会・中国ゴム工業協同組合・広島家具工業会・協同組合広島家具クラフト・広島宗教用具商工協同組合・(社)日本塗装工業会広島県支部・(社)インテリア産業協会中国支部・(社)広島県情報産業協会・広島県食品工業協会・広島県中小企業団体中央会・(財)中国技術振興センター・(財)広島県産業技術振興機構・(社)発明協会広島県支部・広島大学・広島工業大学・広島電機大学・近畿大学・広島市立大学(順不同)

(17) 発明考案の奨励事業

企業の技術力の向上を図り、新技術・新製品の開発を奨励し、もって本市産業の振興を技術面から支援することを目的に発明考案奨励事業として、次の4事業を実施している。

1. 広島市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、新製品開発・技術改善に著しい成果を挙げた企業と優れた発明考案を創作・実用化し、本市産業の振興に顕著な成果を挙げた人を表彰し、企業の技術開発の振興を図る。

表 彰 名	表 彰 者	成 果 の 内 容
広島市技術指導優良企業表彰	広島シスター(株) 河迫 康男	焼結機械部品の接合技術の開発 焼結機械部品の封孔処理技術の開発
	(株)日本パーカラライジング広島工場 中山 進	ミシンフレームの表面処理技術の開発 固体皮膜潤滑剤塗装技術の改善 ガードパイプ自動塗装ラインの改善
	(株)山野化成工業 山野不二男	滑りにくいシューズ靴底用ゴムの開発 簡易水洗トイレ用ゴムペタルおよび定量ポンプ用ケーシングの開発
優良発明功績者表彰	濱崎 安光 (株)あじかん	ロール状加熱食品の連続製造方法の考案並びに製造機械の開発

2. 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	商工会 議所賞	発 明 協会賞	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	86点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	15点	1点
中等学校の部	203点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	—	15点	1点

② 発表展示会の開催

広島市、広島県、(社)発明協会広島県支部、広島県商工会議所及び中国新聞社が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8年11月8日～11月17日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

3. 未来の科学の夢絵画展入賞者表彰事業

広島県未来の科学の夢絵画展を後援し、市長賞として賞状及び記念品を贈呈する。

- ・開催期間 平成8年11月8日～11月17日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

応募及び表彰結果

単位:点

区 分	応 募 状 況	表 彰 結 果					
		特別賞	金 賞	銀 賞	佳 作	努力賞	学校賞
小学校の部	685 (142)	14 (4)	14 (3)	28 (10)	48 (17)	25 (10)	3 (1)
中等学校の部	713 (107)	11 (3)	16 (5)	31 (7)	52 (12)	24 (4)	2 ()

上段は広島県全体 ()内は広島市分

4. (社)発明協会広島県支部発明奨励補助事業

(社)発明協会広島県支部が実施する未来の科学の夢絵画展、発明、考案表彰、特許・実用新案等の広報事業に対し、発明奨励事業補助金を交付する。

本年度補助金額 125,000円

(18) 会議・講習会・研究会への参加

会議等の名称	出席者	出張先	出張日	備考
中国・四国地区公設試共同研究事業・機械分野推進協議会	岡田	福山	5/17	
物質工学連合部会中国地方部会(製品科学)	木下	萩	5/23~24	
先進地調査(CAE有効活用技術に関する調査)	古谷	東京	5/29~31	
工業技術連絡会議資源環境連合部会総会	片山	海老名	5/29~/1	
物質工学連合部会表面技術分科会	植木	名古屋	6/6~7	
工業技術連絡会議機械金属連合部会総会	沖	大宮	6/5~7	
工業技術連絡会議電子連合部会総会	山田 尾崎	広島	6/6~7	
物質工学連合部会デザイン分科会(春季)	谷本	別府	6/20~21	
ものづくり先進地調査(浜松視察会)	山田	浜松	7/3~4	
機械金属連合部会機械分科会インテリジェント生産システム研究会	古谷	盛岡	7/3~6	
工業技術連絡会議物質工学連合部会総会	上田	つくば	7/3~5	
中国・四国地区公設試共同研究事業・電子分野推進協議会	田中	高松	7/5	
一般共同研究事業・打ち合わせ	上杉	つくば	7/10~12	
中国地方物質工学・資源環境連合部会合同専門部会	山田 片山	米子	9/5~6	
情報処理学会 全国大会	西山	枚方	9/4~ 6	
電子連合部会コンピュータ応用分科会	田中	徳島	9/5~6	
日本機械学会 全国大会	西山	田辺	9/21~22	
電子連合部会電磁環境分科会・EMC研究会	田中	郡山	9/25~27	
中国・四国・九州機械金属専門部会(機械関係)	岡田	松江	9/26~27	
機械金属連合部会メカトロニクス研究会	尾崎	宮崎	10/2~4	
機械金属連合部会計測分科会	市後	海老名 厚木	10/2~4	
先進地調査(インターネット)	山本	東京	10/13~14	
物質工学連合部会高分子分科会	四辻	千葉	10/14~16	
物質工学連合部会画像プロセス分科会	山寄	小田原	10/23~25	
物質工学連合部会木質科学分科会	木下	静岡	10/24~25	
技術開発研究費補助事業推進協議会	上杉	海老名	10/24~26	
物質工学連合部会デザイン分科会(秋季)	谷本	東京	10/30~/1	
物質工学連合部会塗装工学分科会	山寄	徳島	11/6~8	
工業技術連絡会議窯業技術担当者会議	隠岐	名古屋	11/13~15	
物質工学連合部会中国・四国・九州合同木質科学専門部会	谷本	高知	11/13~15	
機械金属連合部会素材材技術分科会	中村	名古屋	11/24~26	
電子連合部会中国・四国地方部会	上杉	岡山	11/27~28	
中四国九州機械技術担当者会議	岡田	佐賀	12/4~5	
21世紀を拓くハイテクフォーラム	田中 栗原 前田	小郡	12/11	
日本機械学会交通・流通部門大会	西山	川崎	12/16~20	
数理モデル化と問題解決研究会	西山	東広島	1/24	
全国デザイン会議	岡本	金沢	2/6~7	
中国・四国地区公設試共同研究事業・電子分野推進協議会	尾崎	鳥取	2/6~7	

会議等の名称	出席者	出張先	出張日	備考
技術開発研究費補助事業成果普及講習会	片山	岡山	2/7	
工業技術連絡会議総会	沖	東京	2/18~19	
中国・四国地区公設試共同研究事業・機械分野推進協議会	岡田	高知	2/20~22	
技術開発研究費補助事業推進協議会	上杉	つくば	3/5~8	
中国地方工業技術連絡会議総会	沖	岡山	2/25	
(社)機械技術協会講演会	栗原	東京	2/27~28	
日本機械学会中四国支部総会講演会	上杉	徳島	3/5~8	
機械金属連合部会中国四国九州合同専門部会(金属)	沖 植木	大村	3/10~11	
中国・四国地区公設試共同研究企画担当者会議	山口	岡山	3/13	
地域科学技術政策研究会	山口	東京	3/17~19	

自動車関連新技術支援事業

バイオメカニカルエンジニアリング研究会	西山 中村 田中 栗原	東広島	10/22 ~11/5	
中四国九州地区公設試験研究機関接合表面改質担当者会議	市後	北九州	10/23~24	
新加飾技術研究会・先進地調査	片山	愛川	11/13~15	

新技術共同研究事業

適応デジタルフィルター&MATLABセミナー	田中	大阪	11/8	
マイクロプロセッサ利用技術研究会・先進地調査	尾崎	筑波 千葉	1/29~31	
新製品デザイン開発研究会・先進地調査	谷本	東京	2/12~14	
品質工学研究会・先進地調査	前田	大阪	2/26~27	

超精密加工技術研究事業

超精密加工技術研究会・先進地調査	山本	岡谷 諏訪	10/16~18	
------------------	----	-------	----------	--

技術交流事業

資源高度利用技術交流部会・先進地調査	木下	美浜 大阪	9/13	
住宅設備技術交流部会・先進地調査	西原	東京 横浜	9/18~20	
新素材技術交流部会・先進地調査	上田	名古屋	11/19~21	
エコロジー技術交流部会・先進地調査	小島	前橋 東京	2/26~28	
資源高度利用技術交流部会・先進地調査	三宅	京都 大阪	3/26~27	

産業振興技術開発交流事業

産業振興技術開発交流部会・先進地調査	田中	横浜 調布	9/18~20	
産業振興技術開発交流部会・先進地調査	谷口 植木	東京 名古屋	2/25~27	

特定技術後継者育成事業

表面処理技術研究会・先進地調査	植木	熊本 福岡	11/7~8	
表面処理技術研究会・先進地調査	植木	山形 上山	11/10~13	

地域産業活性化推進事業

日本鑄造工学会 全国講演大会	中村	名古屋	5/26~29	
山陽山陰地区合同YFB鑄造技術研究会	中村	宇部	8/30~31	
日本鑄造工学会中国四国支部合同研究会	山田 中村	三原	3/25	

洗浄技術開発研究事業

洗浄技術開発研究会・先進地調査	前田	東京 平塚	10/15~18	
-----------------	----	-------	----------	--

重慶市との技術交流事業

重慶市との共同研究	山嵯 植木	重慶	6/10~21	
-----------	-------	----	---------	--

(19) 職員の派遣研修

氏 名	研 修 テ ー マ	研 修 先	期 間
栗原 修	超精密加工に関する知識・技術の修得	トーヨーエイテック(株)	4月1日~9月30日
三宅 裕行	中小企業技術指導員養成課程(6カ月コース)	中小企業大学校東京校 農水省森林総合研究所	5月5日~11月27日
片山 正文	事例研究短期研修課程(3日間コース)	中小企業大学校東京校	1月22日~1月24日
田中 秀樹	中小企業技術指導員養成課程(1カ月コース)	中小企業大学校東京校	1月28日~2月27日

(20) 講師・委員等の派遣

派遣日	名 称	内 容	派 遣 場 所	担当者	備 考
6月4日	前期技能検定実技試験水準調整会議	実技試験水準調整会議	広島県情報プラザ	四 辻	委 員
6月6日	前期技能検定実技試験水準調整会議	実技試験水準調整会議	広島県情報プラザ	山 崎	委 員
6月26日	塗装技術研修会	塗料の基礎知識	扇屋塗料(株)	斉 藤	講 師
7月16日	社内研修	人体と自動車優しい道路橋の先進的設計法	(株)ヒロコン	西 山	講 師
7月28日	平成8年度技能検定実技試験		マツダ(株)	山 崎	委 員
8月19日	塗装技術研修会	技能検定受験のための建築塗装学科予習	広島市工業技術センター	斉 藤	講 師
9月4日	平成8年度活路開拓ビジョン調査事業	広島宗教用具商工(協)の新製品・新技術および新市場の開拓	広島市工業技術センター	谷 本	委 員
9月26日	社内研修	人間の動的特性を考慮した製品の最適設計法	(株)マルニ	西 山	講 師
10月31日	平成8年度基礎2級技能検定学科・実技試験		上下町商工会	山 崎	委 員
11月11日	平成8年度活路開拓ビジョン調査事業	広島宗教用具商工(協)の新製品・新技術および新市場の開拓	広島市工業技術センター	谷 本	委 員
11月14日	(社)日本技術士会	人体を含む複雑系の振動特性の現状と動向	島根県立産業交流会館(くにびきメッセ)	西 山	講 師
11月19日 20日	平成8年度中国ブロック技術と市場交流プラザ	広域交流時代の企業展開	テクノサポート岡山	小 島	パネリスト
11月27日	広島県オプトエレクトロニクス研究会	レーザ加工の精度評価に関する研究発表	広島県情報プラザ	岡 田	講 師
12月30日	構造物維持補修技術研究会	人体と自動車に優しい道路橋の先進的設計法	広島工業大学	西 山	講 師
12月16日	平成8年度活路開拓ビジョン調査事業	広島宗教用具商工(協)の新製品・新技術および新市場の開拓	広島市工業技術センター	谷 本	委 員
1月22日	〃	〃	広島市工業技術センター	谷 本	委 員
2月20日	〃	〃	広島市工業技術センター	谷 本	委 員
3月12日	〃	平成8年度活路開拓ビジョン調査事業報告会	弥生会館	谷 本	委 員

(21) 共催・後援

開催日	名 称	内 容	講 師	参加人員	担当者
6月27日	塗装技術研修会	建築用各塗料の塗装実習	関西ペイント(株) 佐近 米彦 氏	60名	斉 藤
8月23日	塗装技術研修会	アクリル樹脂系塗料の防水性	三菱レイヨン(株) 三谷 保雄 氏	10名	斉 藤
10月4日	第1回広島市新産業技術交流会	ヒット商品の開発の仕方について	小松電気(株) 小松 昭夫 氏	24名	山 本
11月20日	第2回広島市新産業技術交流会	講習会および工場見学	ローチェ(株) 崎谷 文雄 氏	25名	山 本
2月21日	ゴム技術講演会	ゴム製品の安全対策について	国立衛生試験所 鹿庭 正昭 氏	44名	四 辻
3月17日	軽金属学会 第3回中国四国支部研究会	自動車用アルミニウム板材のプレス成形性について他	マツダ(株) 石田 恭聡 氏他	17名	隠 岐

(22) 発 表

1. 誌上発表

誌 名	時 期	テ ー マ	発表者名
ハイテクインフォメーション No.83 (1996-7) pp.4-7	平成8年7月	人体を含む複雑系の連成振動特性	西山 修二
軽金属 第46巻第8号 371-376 1996	平成8年8月	真空焼結後HIP処理したTi-6Al-4V合金の引張り性質	隠岐 貴史
第26回日韓技術士合同会資料 pp.2-14	平成8年11月	人体を含む複雑系の振動特性の現状と動向	西山 修二
情報処理学会研究報告 97-MPS-11	平成9年1月	人体を含む複雑系の数理モデル化と問題解決 (道路橋に関連した場合)	西山 修二
数理モデル化と問題解決研究報告 No.11 pp.31-39	平成9年1月	人体を含む複雑系の数理モデル化と問題解決 (道路橋に関連した場合)	西山 修二

2. 口頭発表

学会・協会等	時 期	テ ー マ	発表者名
日本軽金属学会 中国四国支部大会	平成8年8月	純Ti及びTi-6mass%Al-4MASS合金のHIP過程における最終段階の焼結速度	隠岐 貴史
情報処理学会第53回 全国大会	平成8年9月	車両-乗員系連成振動シミュレーションの開発 (前後輪の回転運動を考慮した場合)	西山 修二
日本鑄造工学会	平成8年11月	鑄鉄製造現場における炉前試験と機械試験の関係	中村 真知也
広島県オプトエレクトロニクス研究会	平成8年11月	レーザ加工の精度評価に関する研究(第2報)	岡田 邦彦
中国四国九州機械技術担当者会議	平成8年12月	平面・曲面加工とその加工精度	岡田 邦彦
日本機械学会第5回交通・物流部門大会	平成8年12月	車両-乗員系連成振動シミュレーションの開発 (前後輪の回転運動を考慮した場合)	西山 修二
中国四国地方公設研究機関共同研究	平成9年2月	レーザ加工の精度評価に関する研究(第3報)	岡田 邦彦
日本機械学会中四国支部講演会	平成9年3月	人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性に関する研究	上杉 憲雄

(23) 受 賞

氏 名	受 賞 名	備 考
隠岐 貴史	中国地域公設試験研究機関功績者表彰 研究奨励賞	(財)中国技術振興センター
西山 修二	平成8年度 優秀論文表彰	(財)姿勢研究所

研 究 報 告

(1) 真空焼結後HIP処理したTi-6Al-4V合金の引張性質	31
(2) 電解による電着塗装排水のCOD削減技術	39
(3) 防錆皮膜に及ぼす酸性雨の影響と防錆仕様の確立 (第1報)	43
(4) ショットピーニングによる硬さ変化と圧縮残留応力変化の関係 (第1報)	50
(5) レーザ加工 (パルス出力) の精度評価に関する研究 (第3報)	56
(6) ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究 (第3報)	61
(7) 人体・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性に関する研究	66
(8) 構造解析における解析精度の高精度化	70
(9) H8/3048Fフラッシュメモリライタの開発	76
(10) 車両-乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発	81
(11) 車両-乗員-道路橋系連成振動特性に関する研究	88

真空焼結後HIP処理したTi-6Al-4V合金の引張性質*

隠岐 貴史 松木 一弘** 畑山 東明** 柳沢 平**

Ti-6mass%Al-4mass%V (Ti-6-4) 合金を焼結法により作製するため、純チタン粉とAl-42mass%V合金粉を混合後、これに真空焼結、あるいは真空焼結のあとHIP処理を施した。得られた材料の組織と引張性質の関係を検討し以下のような結果を得た。

真空焼結状態の組織は、焼結温度によって次の2種に大別できる。タイプ(1)1400K以下の場合：アスペクト比の小さい α 相と β 相の2相、タイプ(2)1400K以上の場合： α 相と β 相より成るラメラ組織と旧 β 粒界を示す粒界 α 相。なお、タイプ1の組織を呈した材料に関しては、焼結温度の上昇とともに、相対密度が上昇し、引張強さと延性はともに増加の傾向を示した。一方、タイプ2の組織を呈した材料に関しては、焼結温度の上昇とともに、相対密度と引張強さは単調に増加したものの、延性は一旦低下した後、1500K以上の焼結温度領域で温度上昇とともに増加の傾向を示した。

約1273K以上で真空焼結したものに、HIP処理を施すことで密度と引張性質の改善が認められ、これらの材料のうち、 β トランザス以上でHIP処理したものは、上述のタイプ2と同様の組織を呈し、平均粒界間隔(旧 β 粒の大きさに対応)の増加に依存して延性が低下した。また、 β トランザス以下でHIP処理したもののうち、上述のタイプ1と同様の組織を呈したものは、良好な引張性質(延性、0.2%耐力、引張強さ)を示した。従って、高延性・高強度を示す材料の組織は、真空焼結およびHIP処理状態においてアスペクト比の小さい α 相と β 相より成るものであり、HIP処理温度を、 β トランザス以下(1073-1173K)で調整することにより、本組織を得ることができる。

キーワード：Ti-6mass%Al-4mass%V合金、真空焼結、HIP、焼結組織、引張性質

Tensile Properties of HIP'ed Ti-6Al-4V alloy after Vacuum Sintering

Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI**, Tomei HATAYAMA** and Osamu YANAGISAWA**

The relationship between the microstructures and tensile properties has been investigated for the vacuum sintered and vacuum sintered plus HIP'ed Ti-6mass%Al-4mass%V (Ti-6-4) which are produced by blending pure titanium powders with Al-42mass%V master alloy powders. The microstructure changes with vacuum sintering temperatures and is classified into two types. (1) Type1 : For materials sintered at temperatures below 1400K, the microstructure consists of lenticular α -phase plates with relatively low aspect ratio, and β phase. (2) Type2 : For materials sintered at temperatures above 1400K, the microstructure consists of α/β lamellar surrounded by grain boundary α -phase. For the materials of type1, density, tensile stress and ductility increase with increasing sintering temperature. On the other hand, for the materials of type2, density and tensile stress increase monotonously with increasing sintering temperature but ductility decreases

*軽金属 第46巻8号(1996)371-376より転載

**広島大学工学部

with increasing temperature to 1473K and increases above this temperature. Higher densification and improvement of tensile properties are achieved by HIP treatment for the materials sintered in vacuum at temperatures above 1273K. Microstructure of the HIP'ed materials above the β transus is that of type2 and ductility decreases with increasing average size of grain boundary α -phase. The materials, HIP'ed below the β transus with the microstructure of type1 show excellent 0.2%proof stress, tensile stress and ductility. It is concluded that HIP treatment (1073-1173K) below the β transus is effective for obtaining microstructure of type1, which leads to the improvement of the tensile properties.

Key words : Ti-6mass%Al-4mass%V alloy, vacuum sintering, HIP, sintered structure, tensile properties

1. 緒 言

チタンおよびチタン合金は、優れた性質を持つにもかかわらず製造時の材料歩留まりが低く、加工費が高いことから、必ずしも広範囲に利用されておらず、用途を拡大するためにはニアネットシェイプ材を得ることが重要な技術の一つである。そのためには焼結法が有効であり、チタン合金の製造にも適用した研究が多くある¹⁾。

これまでの研究で、純チタン粉末に、冷間等方加圧 (CIP) →真空焼結 (VS) →熱間等方加圧 (HIP) プロセスからなる焼結法を適用し、組織と引張性質に及ぼす真空焼結温度とHIP処理温度について検討した。その結果、ほとんど100%の相対密度を示す材料であっても、それらの組織を制御することにより、引張性質の最適化が図れることを見いだした²⁾。そこで本研究では、代表的な実用合金であるTi-6mass%Al-4mass%V (以後、Ti-6-4合金と略す。なお、特に断らない限り組成はmass%である) を取上げた。

Ti-6-4合金焼結材の製造方法は、用いる原料粉末の種類により、素粉末混合法³⁾ (以後、BEと略す) と合金粉末法^{4) 5)} (以後、PAと略す) に分類される。後者では成形時にバインダが使用されるため、これらが炭化物や介在物として混入することが危惧され、一方、前者では各要素元素間の拡散が難しい。そこで、本研究では、純チタン粉とAl-42V組成の

合金粉を混合し、それにCIP処理、真空焼結、あるいはこれらの処理の後にHIP処理を施した。得られた材料の組織、引張性質および焼結条件との相関を調べた。一般に、Ti-6-4合金は焼結後、熱処理により組織を調整し強度と延性の最適化が図られている³⁾。本研究では、HIP状態 (以後は、as HIPと略す) において、最良の引張性質を示す製造条件に関して検討を行った。

2. 実験方法

2.1 試料の作成

供試粉末として、水素化脱水素法により製造された平均粒径約30 μ mのチタン粉末 (住友シチックス^(株)製、純度99.5%以上) と60 μ m以下の粒径のAl-42V合金粉 (福田金属泊粉工業^(株)製、V=41.75%) を用いた。両粉末を9:1の組成比になるように秤量し、V型混合機により乾式混合した。混合した粉末をCIPにより成形 (392MPa下で240s間保持) した後、この圧粉体を 1×10^{-4} Pa下で1173 ~ 1673Kの11温度で10.8ks間焼結した (以後、本材料をVS材と呼ぶ)。さらに、このVS材に、196MPaの圧力下で、本合金の β トランザス (1263K⁶⁾) の上下 (973K、1073K、1173K、1323Kおよび1523K) の5温度において7.2ks間HIP処理を施した (以後、本材料をHIP処理材と呼ぶ)。

2.2 試験方法

各VS材とHIP処理材の密度測定は、アルキメデス法により行い、それらの詳細に関してはJISに準拠した。また、焼結組織の観察には、光学顕微鏡(以後、OMと略す)、および走査型電子顕微鏡(以後、SEMと略す)を用いた。合金元素の拡散状況の確認にはX線マイクロアナライザ(以後、EPMAと略す)を用いた。

直径が約16mm、長さが約55mmの円柱形状をしたVS材およびHIP処理材から直径が8mm、平行部長さが25mmの引張試験片を切出し、室温、大気中の引張試験に供した。引張試験は、インストロン・タイプの引張試験機を用いて、ひずみ速度 $4.3 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ の条件で行った。なお、ひずみゲージ式の伸び計を用いて破壊に至るまでの全伸びを測定した。また、引張破面の観察には、SEMを用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 相対密度

Fig.1に各焼結材の相対密度を示す。ここで、OMあるいはSEMレベルで、空洞が観察されないHIP処理材の密度を測定して得られた値(4.43Mg/m^3)を真密度として用いた。

VS材においては、真空焼結温度が1423Kまでは温度上昇とともに相対密度が増加し、それ以上の温度で若干の増加がみられるもののほぼ一定となっ

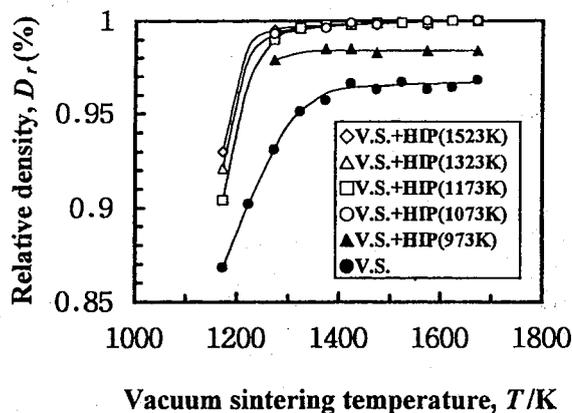


Fig.1 The effect of vacuum sintering temperature on relative densities of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed Ti-6-4 alloy.

た。これらのVS材にHIP処理を施した場合、真空焼結温度にかかわらず密度の増加がみられるが、特に焼結温度が1423K以上のVS材に対して1073~1523KにおいてHIP処理を施すことによりほぼ100%の相対密度を有する材料を得ることができた。本HIP処理条件において、100%の相対密度は96%以上の相対密度を持つVS材において達成され、この時のVS材には貫通孔は存在しない。

3.2 焼結組織

VS材とHIP処理材の代表的なOM写真をFig.2に示す。1273K以下で真空焼結した材料には不規則形状の空洞が存在し(Fig.2(a))、約1323Kで焼結した材料には、空洞の球状化が認められた。さらに、1373Kで焼結した材料の空洞は独立化し(Fig.2(b))、それ以上の焼結温度においては、温度の上昇に伴って、空洞の球状化が促進されることが観察された。

真空焼結温度が1323K以下と低い場合、チタン粉

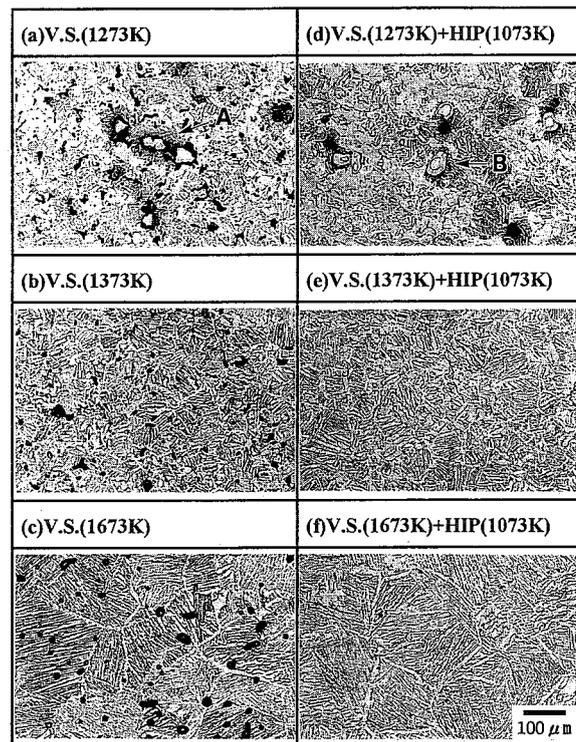


Fig.2 The typical optical micrographs of Ti-6-4 alloy compacts, vacuum sintered at (a)1273K, 10.8ks, (b) 1373K, 10.8ks, (c)1673K, 10.8ks, (d)1273K, 10.8ks+HIP'ed at 1073K, 7.2ks, (e)1373K, 10.8ks+HIP'ed at 1073K, 7.2ks and (f)1673K, 10.8ks+HIP'ed at 1073K, 7.2ks.

とAl-V合金粉間の各元素の拡散が不完全なために生じたと考えられる異常組織 (Fig.2(a)のラベルA) が観察された (本異常組織については後ほど詳しく述べる)。

Fig.2に示すようにOMで観察される組織中、白色部が α 相で、黒色部が β 相である⁷⁾が、1423K以上の焼結材ではFig.2(c)にみられるように旧 β 粒界に対応する粒界 α 相³⁾および α 相と β 相よりなるラメラ組織が明確に確認された。これ以下の焼結温度では部分的にラメラ組織が認められるが、Fig.2(b)のように、主としてアスペクト比の小さい α 相と β 相によって組織が構成される。

HIP処理温度が β トランザス (約1263K⁶⁾) 以下 (973K、1073Kおよび1173K、以後、低温HIP処理と呼ぶ) の場合HIP処理材の組織は処理温度に関係なく、真空焼結状態の組織がほぼそのまま反映された (Fig.3参照)。特に、1323K以下のVS材で示された異常組織 (Fig.2(a)中のA) は、99%以上の相対密度を有する低温HIP処理材にも観察できた (Fig.2(d)のラベルB)。異常組織 (B) のEPMAによる元素分布をFig.4に示す。本異常組織において中心部にアルミニウム、チタンは認められず、球形状にバナジウムが偏析し、円周部にチタンの領域が認められる。なお、本異常組織 (B) の近傍にアルミニウムが認め

られる。本異常組織 (B) は、粉末混合時のAl-V粉末と考えられ、アルミニウムが優先的にチタン粉側に向かって拡散してゆく途中の過程を示していると考えられる。なお、Fig.2(a)に示した異常組織 (A) における合金元素の分布は、異常組織 (B) のそれとほぼ一致していた。また、HIP処理温度が973Kの場合、空隙を完全につぶすことができなかった。

1173Kで真空焼結した後、 β トランザス以上 (1323Kおよび1523K、以後、高温HIP処理と呼ぶ) でHIP処理を施した材料は、アスペクト比の小さい α 相と β 相を示した。しかし、1273K以上で真空焼結した材料に高温HIP処理を施すと粒界 α 相と明確な α/β ラメラ組織が観察された。

平均粒界間隔はVS材および低温HIP処理材ではほぼ同じ大きさを示した。一方、高温HIP処理材の平均粒界間隔はVS材および低温HIP処理材のそれより大きくなっていった。このことは、O.M. Ivasishin等⁸⁾が報告した結果と同様である。さらに、粒界 α 相内にみられる同一方向のラメラ組織の平均長さは α 相の平均粒界間隔の大きさの傾向とほぼ一致していた。ラメラ平均間隔は約3~5 μ mの範囲であり各焼結材ともほぼ同じであったが、若干、HIP処理材よりもVS材のそれが小さくなることが観察された。

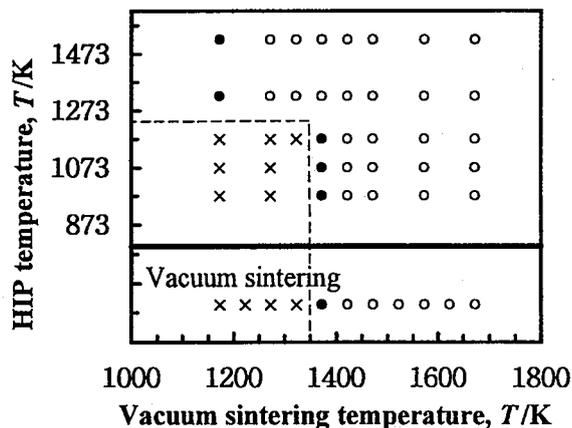


Fig.3 The effect of vacuum sintering temperature on the microstructures of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed Ti-6-4 alloys. O : with grain boundary alpha-phase, X : abnormal structure with ununiformity of elements distribution, ● : with lenticular alpha-phase plates of relatively low aspect ratio.

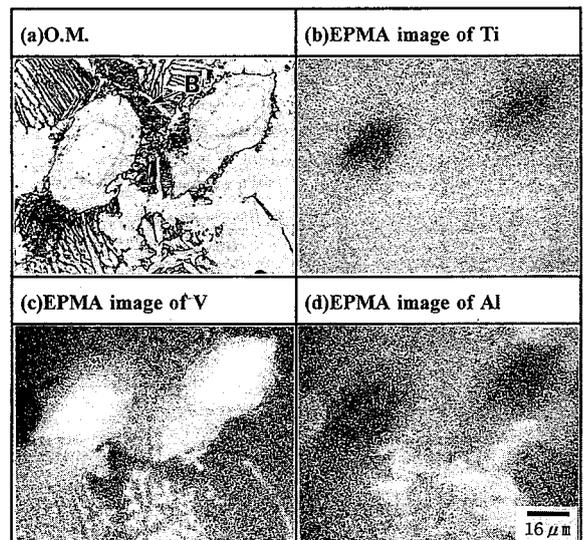


Fig.4 (a)An optical micrograph of Ti-6-4 alloy vacuum sintered at 1273K+HIP'ed at 1073K and corresponding characteristic X-ray images of (b) Ti, (c) V and (d) Al.

3.3 0.2%耐力、引張強さおよび加工硬化

各材料の0.2%耐力と引張強さをFig.5に示す。VS材の0.2%耐力と引張強さは焼結温度とともに増加し、特に1323Kまでの増加率が著しく大きく、それ以上の温度域では単調な増加率が認められた。これは、相対密度の変化傾向 (Fig.1) とほぼ対応している。一方、前節で述べたように、密度特性改善に関するHIP効果の現れる真空焼結温度範囲 (1323 ~ 1673K) で焼結した後の低温HIP処理材の0.2%耐力は、高温HIP処理材のそれより大きかった。特に、1073KでのHIP処理材において最大の0.2%耐力が示された。これはHIP処理温度が高くなるほど平均粒界間隔あるいはラメラ長さが長くなるためと考えられる。973KのHIP処理材は真空焼結温度に関係なくそれらの相対密度は98%程度であり、その結果

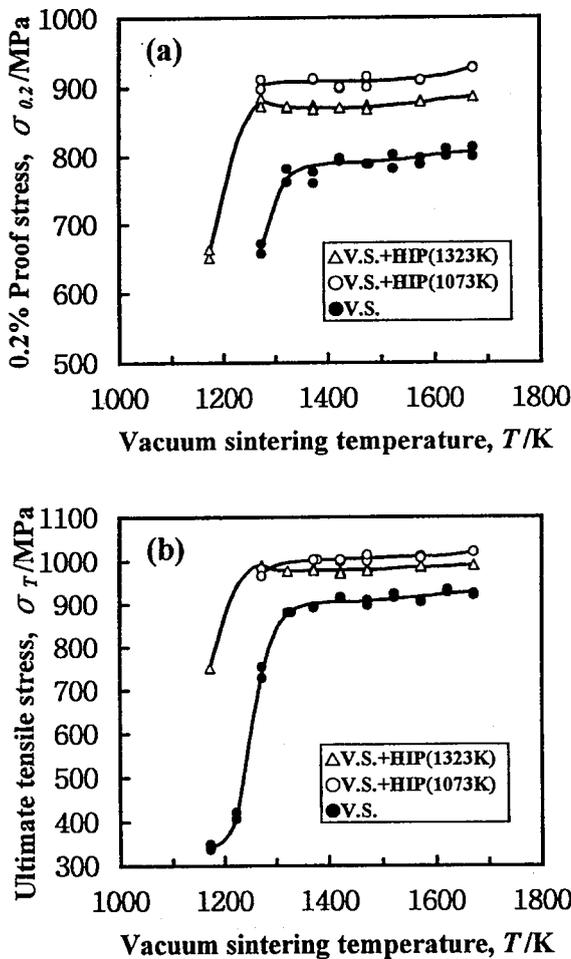


Fig.5 The effect of vacuum sintering temperature on (a) 0.2% proof stress and (b) ultimate tensile stress at room temperature of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed Ti-6-4 alloys.

低い0.2%耐力が示された。

HIP処理効果の現れる真空焼結温度範囲内でTi-6-4合金を焼結後、 β トランザス上下においてHIP処理を施した材料の加工硬化指数 ($n: \sigma = k\epsilon^n$) はHIP処理温度によらず0.05 ~ 0.06とほぼ一定であった。一方、これまでの研究で、純チタン材²⁾に真空焼結後 α - β 変態点の上下温度でHIP処理を施した場合、それらの材料のn値は0.08 ~ 0.105とHIP処理温度に依存して変化することを見出してきた²⁾。これらの間の相違は、Ti-6-4合金のHIP処理材において平均粒界間隔の違いはあるものの、ほぼ同じ組織を示すことによるものと考えられる。

また、引張強さはBEによるas sinter材、as HIP材、PAのas HIP材、これらの熱処理材の順で向上の傾向が示されている^{3)~5), 7), 10)~14)}。これと比較して、本実験で得た材料の引張強さはPAのHIP材に溶体化時効処理を施した材料のそれより劣るものの、これまでに報告されているas HIP材のそれらより優れていた。

3.4 破断延性

各材料の全伸びおよび絞りをFig.6に示す。VS材の伸びは、焼結温度が1373Kまでは密度の変化に対応して増加しているが、それ以上の焼結温度域でいったん低下した後、1523K以上の温度域で温度上昇とともに再び上昇する傾向がみられる。これは、結晶粒の粗大化傾向による延性低下と相対密度の増加による延性改善の効果が同時に影響したためと考えられる。

延性はHIP処理によって著しく改善される。特に、低温HIP処理は高温HIP処理より効果が大きいことがわかる。ここで、HIP処理材の伸び及び絞りが最大値を示す真空焼結温度が存在し、HIP処理温度が高いほど、これら延性の最大値を示す真空焼結温度が低温側に移行している。これは、HIP処理過程における異常組織 (Fig.2(d)参照) の消滅と関係があり、HIP処理温度が高いほど、各元素間の拡散が活発に

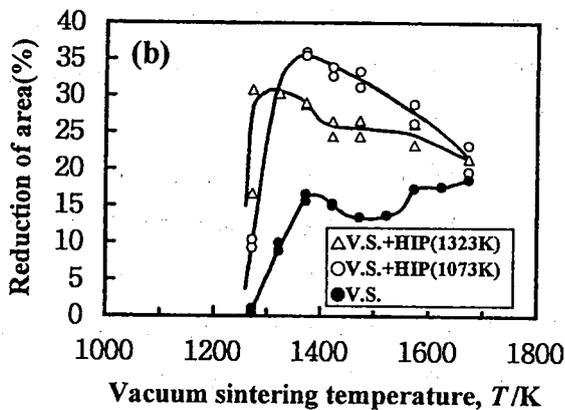
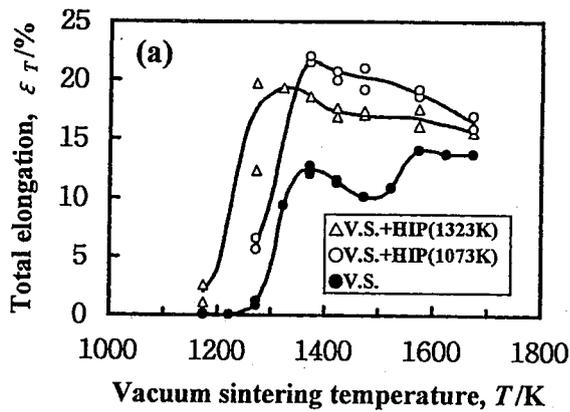


Fig.6 The effect of vacuum sintering temperature on (a) total elongation and (b) reduction of area at room temperature of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed Ti-6-4 alloys.

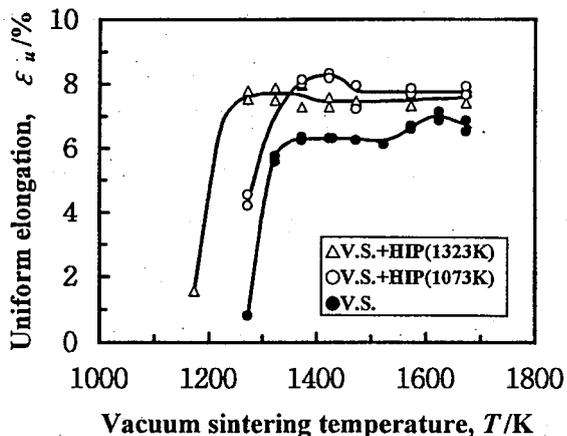


Fig.7 The effect of vacuum sintering temperature on uniform elongation at room temperature of vacuum sintered and vacuum sintered+HIP'ed Ti-6-4 alloys.

なるため、これらの異常組織を消滅させることができることを意味している。このように各HIP処理材において延性の最大値が示された後、前処理としての真空焼結温度の上昇とともに伸びと絞りがともに

低下している。各HIP処理材ともFig.7にみられるように、均一伸びは加工効果傾向とよく符合し、真空焼結温度が上昇してもあまり大きな変化を示していない。このことから、真空焼結温度の上昇によるHIP処理材の延性の低下は、くびれの発生の後に現れる特徴であると理解される。すなわち全伸びの変化は、絞りの変化によるものであると考えられる。最大延性を示す条件は、Fig.2(e)のような低アスペクト比の α 相が多い組織が生成する条件と一致している。この組織を有するものは、塑性変形が微視的に均一であり、そのためくびれた後のポイドが発生しにくく、良好な絞り特性を示したものと考えられる⁹⁾。真空焼結温度が高くなると、微細なラメラ組織と粒界 α 相からなる組織に変化するとともに組織の粗大化が起こる。これに対応して絞り特性は低下している。このことから、粒界 α 相とラメラ組織の現れていないアスペクト比の小さい α 相からなる組織が延性に優れていることがわかる⁷⁾。これは、 α 相と β 相の界面が塑性変形時のポイドの発生箇所とされ^{10) 15) 16)}、この界面の長さが長いほどポイドの成長は容易に起こる^{15) 16)}と考えられており、粒界 α 相を有する焼結材では、粒界 α 相と隣接する界面でポイドの発生と成長が起こり易い^{15) 17) 18)}。そのため、粒界 α 相とラメラ組織がみられるもので延性が低くなったと考えられる。

以上のように、組織の調整を行った本材料は高い引張延性を示し、既存のデータ(伸び: 9~17%、断面減少率: 15~42%^{3) 5) 7) 10) 14)})をおおよそ上回っていた。

引張破面を観察した結果、以上の延性の考察とよく対応していることがわかった。引張試験後の試料には、すべて延性破面が示されており、VS材では焼結孔の周りに滑り面が多くみられ、焼結孔が延性の増加を阻害している。Fig.8に示すように、1373Kおよび1673Kで真空焼結した後、1073KでHIP処理した材料の破断面を比較すると、1373Kで真空焼結したものの方が微細なディンプルパターンが多く観

4. 結 言

純チタン粉と Al-42mass%V 合金粉を混合し、真空焼結あるいは、さらに HIP 処理を施した Ti-6-4 合金の室温における引張性質を調べ以下のような結果を得た。

- (1) VS 材と HIP 処理材の組織には、ともにアスペクト比の小さい α 相を示す温度域が存在し、その温度以上で処理することで粒界 α 相およびラメラ組織が観察される。
- (2) HIP 処理材では、アスペクト比の小さい α 相組織で延性が最大となり、粒界 α 相が見られる組織では平均粒界間隔が大きくなるほど延性が低下する。
- (3) 破壊に至るまでの過程で、 α 相と β 相の界面でボイドの発生がみられ、このとき、低アスペクト比の組織では亀裂の伝播が短く、粒界 α 相およびラメラ組織の現れている組織ではこれらの界面に沿って亀裂の進展が容易に起こっている。
- (4) 低温 (1073K、1173K) HIP 処理材の 0.2% 耐力および引張強さは高温 (1323K、1523K) HIP 処理材よりも優れている。
- (5) 以上の結果から高延性・高強度を得るためには、低アスペクト比の α 相組織を持つことが望ましく、このための温度として β トランザス以下の温度 (1073K ~ 1173K) を選定しなければならない。

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

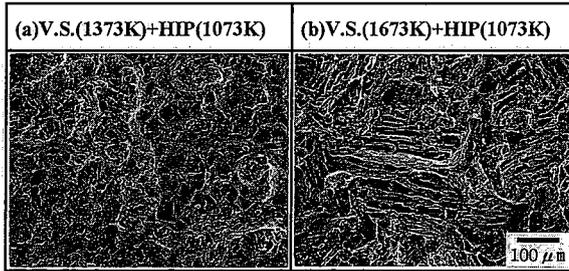


Fig.8 SEM fractographs of tensile test specimens, vacuum sintered at (a) 1373K+HIP'ed at 1073K, (b) 1673K+HIP'ed at 1073K.

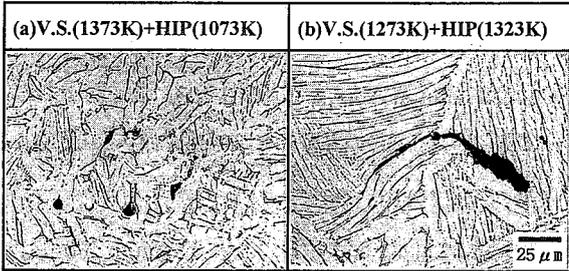


Fig.9 The optical micrographs of cut plane perpendicular to the tensile axis and near to the fracture surface: vacuum sintered at (a) 1373K+HIP'ed at 1073K, (b) 1273K+HIP'ed at 1323K.

察され、均一な変形であったことを示唆している。また、1673K で真空焼結後、HIP 処理した材料では粒界 α 相内にみられるラメラ組織 (Fig.2 参照) を反映した破面を呈しており、破壊の形態と焼結組織が密接に関係していることをうかがわせる。

破面近傍における引張軸と垂直な面の組織を Fig.9 に示す。破壊に至る過程として、Fig.9(a) のようにアスペクト比の小さい α 相を示す材料では、 α 相と β 相の界面でクラックが発生し、その伝播が観察されるものの、連続した界面の長さが短いため、クラックの伝播距離は短い。一方、粒界 α 相およびラメラ組織を示す材料では、Fig.9(b) のように発生したクラックは粒界 α 相の界面、ラメラ中の α 相と β 相の界面、さらに、粒界 α とラメラ相の界面で発生し、この界面に沿って容易に進展している。このため、低アスペクト比の α 相組織を呈する材料に比べて、粒界 α とラメラよりなる材料ではボイドおよびクラックの連結が起こりやすいことが推察され、くびれの開始後の延性が低かったことを説明することができる。

参 考 文 献

- 1) 例えば、F.H. Froes, D. Eylon, G.E. Eichelman and H.M. Burte : JOURNAL of METALS, 32 (1980), 47
- 2) 隠岐貴史, 松木一弘, 畑山東明, 柳沢 平 : 日本金属学会誌, 59 (1995), 746
- 3) 萩原益夫, 海江田義也, 阿部義邦 : 鉄と鋼, 6 (1986), 685.
- 4) J.P. Herteman, D. Eylon and F.H. Froes : Proc. of 5th world Conf. on titanium, Deutsche Gesellschaft fur Metallkunde e.V., (1984), 303
- 5) 萩原益夫, 阿部義邦 : 鉄と鋼, 2 (1989), 221.
- 6) 例えば, (社)チタニウム協会 : チタンの加工技術, 日刊工業新聞社, (1992), 9
- 7) 萩原益夫, 海江田義也, 阿部義邦 : 日本金属学会誌, 48 (1984), 1092.
- 8) O.M. Ivasishin, P.E. Markovsky, G.A. Pakhareno, A.V. Shevchenko : Materials Science and Engineering, A196 (1995), 65
- 9) O. Yanagisawa and T.S. Lui : Metall.Trans., 16A (1985), 668
- 10) D. Eylon, F.H. Froes, D.G. Heggie, D.A. Blenkinsop and R.W. Gardiner : Met. Trans., 14A (1983), 2497.
- 11) Y.T. Lee, M. Peters and G. Wirth : Materials Science and Engineering A, 102 (1988), 105.
- 12) D. Eylon and F.H. Froes : Proc. of 6th world Conf. on titanium, Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt fur Luft-und Raumfahrt e. V., (1988), 1173.
- 13) G. Wirth and K.-J. Grundhoff : Proc. of 6th world Conf. on titanium, Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt fur Luft-und Raumfahrt e.V., (1988), 1307.
- 14) R.R. Boyer, J.E. Magnuson and J.W. Tripp : Powder Metall Titanium Alloys, (1980) 203.
- 15) 萩原益夫, 海江田義也, 阿部義邦 : 日本金属学会誌, 50 (1986), 50.
- 16) J.B. Borradaile and R.H. Jeal : Titanium '80, Ed. by H. Kimura and O. Izumi, TMS-AIME Publication, Warrendale, PA, (1980), 141.
- 17) D. Eylon, J.A. Hall, C.M. Pierce and D.L. Luckle : Met. Trans., 7A (1976), 1817.
- 18) I.W. Hall and C.Hammond : Titanium and Titanium Alloys, Ed. by J.C. Williams and A.F. Belov, Plenum Press, NY, (1982), 601.

電解による電着塗装排水のCOD削減技術

山崎 勝弘* 平岡 康孝** 片山 正文*

カチオン電着塗装の水洗工程から排出される、低分子量の樹脂、溶剤等の高濃度のCOD汚染物質を含有した産業排水の安価な処理方法を開発するため、電気分解による一次処理及び酸化処理・吸着処理・生物処理等の二次処理を試みたところ、一次処理により、CODを1/3程度に削減することができたが、二次処理については有効な処理方法は確認できなかった。

キーワード：排水処理、電着塗装、電気分解

The Technology for the Reduction of COD in Drain Caused in Electrodeposited Coatings Using the Electrolytic Method

Katuhiko YAMASAKI, Yasutaka HIRAOKA, Masahumi KATAYAMA

The industrial waste water, exhausted from the washing process of cationic coating, have a high concentration of COD pollutant such as low molecular resin, solvent and so on. Then a primary treatment by means of electrolytic method and the secondary ones of oxidation, absorption, biological treatment, and so on, were performed to develop a new simple disposal method with reduced cost.

However, primary method reduced COD concentration to one third approximately, and the secondary ones were not found to be so effective.

Key Words : waste water treatment, electrodeposition coating, electrolytic method

1. 緒 言

自動車部品等に多用されているカチオン電着塗装は、防錆力が強く量産に適した塗装方法であるが、その水洗工程から排出される排水は、UF(限外濾過装置)1回処理だけであると、1～2万ppmと非常に高く、排水として放流することは許されない。

電着塗装は、一般に閉鎖回路向流多段回収水洗方式で運転されているが、塗料中の過剰な溶剤、低分子量樹脂分、中和剤、混入した雑イオン等を系外に

排水する必要がある。¹⁾

このため、塗装関連企業では、UF(限外濾過装置)を2回通して濾過したり、UFとOR(逆浸透膜装置)の2段階で処理しているが、それでも1千ppm程度の値を示しており、そのまま放流することはできない。

関連企業においては、この排水を雑排水を処理する活性汚泥排水処理施設に少量づつ添加して処理したり、廃水処理施設を保有していない企業では、蒸気を吹き込んで、蒸発・濃縮・減少させ、産業廃棄物業者に引き取らせたり、大量の上水で希釈して放

*広島市産業振興センター

** (株)マツダ購買技術部

流しているのが現状である。

自動車部品に対する厳しいコストダウン要請の中で、塗装コスト低減のために、これらの電着排水処理費用も見直す必要があるところから、排水中のCODを削減する安価な処理技術を目指す、一次処理(1種類)、二次処理(3種類)の実験結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 供試排水

2社の電着塗装設備からの実排水を試料とする

表-1

	濾過回数	初期COD
A社	UF装置2回濾過	925
B社	UF装置1回濾過	14,620

2.2 一次処理(電解による塗料粒子の凝集浮上)

表-2

使用機器	卓上式めっき装置
電着排水の液量	1,000ml
電極板 (Al)	70mm×120mm×1mm
極間距離	60 mm
電解質添加量	NaCl 0.5%
電圧・電流	直流10V・2.5A
処理時間	20分

2.3 一次処理した排水の濾過

電気分解された塗料スラッジは、水素ガスを含有しているため浮上する。数時間放置しておけば水素ガスが大気中に放出して沈殿する。

塗料スラッジは、化学実験用の濾紙(B5)で完全に透明な水に濾過し、二次処理を行う。

2.4 二次処理

濾過液各々1,000mlを、以下の各種二次処理方法によりCODの削減実験を行う。

表-3

処理方法	処理条件
酸化実験	① 過酸化水素水2%添加
	② 次亜塩素酸ソーダ2%添加
	③ エアブロー×24時間
	④ オゾンの吹き込み×24時間
吸着実験	① 木炭 200g添加×24時間
	② 市販の水浄化用セラミックス球 200g添加×24時間
	③ 市販の水浄化用特殊石 100g添加×24時間
微生物処理	① EM1号菌1%と糖蜜1%を添加して、35℃に保ちながら、CODの経時変化を測定する。
	② EM3号菌1%と糖蜜1%を添加して、35℃に保ちながら、CODの経時変化を測定する。
	③ EM1号菌0.1%と糖蜜0.1%を添加して、35℃に保ちながら、2時間中に10分間の頻度で曝気し、CODの経時変化を測定する。
	④ バクテリア・原生動物等と2匹の鯉が生息している水槽(59cm×29cm×31cm)に濾過液を添加して、CODの経時変化を測定した。

2.5 CODの測定方法

JIS K-0102による。

3. 実験結果と考察

3.1 一次処理によるCOD削減効果

表-4

(単位; ppm)

	UF濾過	初期COD	電解濾過後
A社	2回	925	288
B社	1回	14,620	12,910

A社の排水はUF装置で2回濾過した排水であるが、B社は1回だけのため、初期のCOD値が10倍以上高い。

A社の排水は1/3程度まで減少するが、B社の排水は12%程度減少するだけで、10倍に希釈しても同様の結果であった。

CODの除去率に差がある原因として、電着塗料は、顔料、樹脂(分散樹脂・主樹脂・副樹脂・硬化樹脂)、触媒、溶剤、界面活性剤、中和酸等の混合物であり、メーカー・品番が異なれば、成分もかなり違う物と思われ、電気分解によってCODが落ちやすいものと落ちにくいものがあることがわかった。

・電極について

アルミニウム、ステンレス、黄銅、鉄等を検討したが、溶出するイオンの性質、コスト等を考慮すると、アルミニウムが一番適している。²⁾

・電解質について

電解質を入れないで電気分解すると、反応が遅い。電解質として、塩化ナトリウムを0.3~0.5%添加すれば、20分程度で凝集浮上する。

・電圧、電流について

電圧を高くすれば、電気分解が早く進行する電流は電解質の濃度を高くするほど、流れる電流が大きくなり、1~4A程度になる。

・処理時間について

電解質の添加量、電圧、電流によって、電気分解時間が変化する。処理時間を短縮するには、それぞれの処理条件を高くすれば良いが、数十回の繰り返し試験の結果、ラボテストでは表-2の処理条件が適当と思われる。

3.2 二次処理によるCODの削減効果

酸化処理、吸着処理は殆ど効果は認められない結果となった。

微生物処理についても、EM菌による実験は、同時に添加しなければならない糖蜜自体がCODの値

を大幅に上昇させることになり、電着塗料排水の分解は確認できなかった。

鯉の生態系中における生分解処理については、水

表-5

処理方法	CODの経時変化					
	初期	24h	48h	72h	96h	
酸化処理	①	295	301	284	291	286
	②	313	303	317	303	294
	③	286	288	-	-	-
	④	315	274	-	-	-

表-6 (単位; ppm)

処理方法	CODの経時変化					
	初期	24h	48h	72h	96h	
酸化処理	①	273	279	-	-	-
	②	303	299	-	-	-
	③	303	318	-	-	-
微生物処理	①	288	4774	4523	3959	3216
	②	280	4925	4422	3714	3015
	③	294	402	372	328	306
	④	図-1を参照				

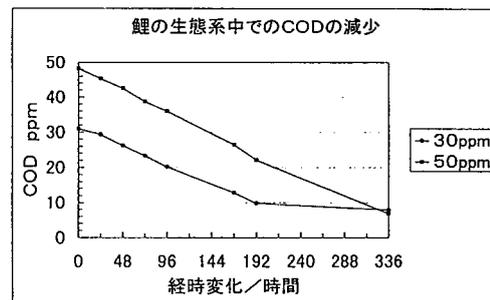


図-1

槽に、5種類のバクテリアと4種類の酵素を含む市販の添加剤を加え、2匹の鯉を2ヶ月飼育して生物学的バランスを維持し、原生動物が多数存在することを確認して³⁾、COD負荷実験を開始した。

その後、CODの負荷量が30ppm及び50ppmになるように濾過液を添加して、分解スピードを測定したところ、添加前の6ppm~8ppmに回復するには、図-1のように10日~14日程度かかることが確認できた。

4. 結 言

本研究を実施していた1996, 10, 25の第11回自動車技術会において、電気分解処理による電着排水リサイクルに関する研究が発表された。⁴⁾

この研究では、水洗水として再利用することが目的であるが、電気分解により排水中の塗料分を凝集浮上させる効果については、同様に評価されている

本研究は、電着表面品質を向上させるために必要なフレッシュ水の給水量の増加や、塗料槽・水洗水の維持管理上、やむを得ず排水しなければならないところから、放流することを目的として研究を進めていたところである。

塗料の種類にもよるが、電気分解・濾過により、CODを1/3程度まで削減することができた。

一次処理時に、ポリ硫酸第二鉄等の凝集剤を添加して電気分解をすることにより、更にCODを削減

することを試みたが、効果は認められなかった。

二次処理では、鯉の生態系中で、長時間ではあるが徐々に減少していくことが確認できた。

しかしこの方法では、量的な面、処理時間等から工業的に実用性があるとは言い難い。

参 考 文 献

- (1) 石渡淳介他、工業塗装技術、幸書房、4, 6, 442
- (2) 日本工業用水協会、水処理実験法、コロナ出版、1975, F, 163
- (3) 須藤隆一、稲森悠平、図説生物相からみた処理機能の診断、産業用水調査会、1995, 8, 86
- (4) 第11回自動車技術会、山内一正「電気分解処理による電着排水リサイクル」(STジョンソン社、共同研究(株)エフアイ・(株)日本ペイント)、1996, 10, 25, 中央大学駿河台記念館

防錆皮膜に及ぼす酸性雨の影響と防錆仕様の確立（第1報）
（試験片による自然曝露試験の1年間評価）

山崎 勝弘* 植木 邦夫* 秦曉洲** 張倫武**

The Influence of Acid Rain on Rust-preventive Coatings and
the Establishment of Specifications for the Rust Prevention

Katsuhiro YAMASAKI, Kunio UEKI, Qin Xiaozhou, Zhang Lunwu

酸性雨・降下ばいじん等が各種の防錆皮膜に及ぼす影響を調査するため、広島市と重慶市において、同種の試験片を同時に屋外自然曝露試験を行うとともに、亜硫酸ガス試験・キャス試験等の促進腐食試験を行い、自然曝露試験との相関性・促進倍率・耐用年数等を評価した。

キーワード：酸性雨、防錆仕様、屋外曝露試験

The Influence of Acid Rain on Rust-preventive Coatings and
the Establishment of Specifications for the Rust Prevention

Katsuhiro YAMASAKI, Kunio UEKI, Qin Xiaozhou, Zhang Lunwu

To research for the influence of the acid rain and sedimented dust and so on on some kinds of rust-preventive coatings, we done the outdoor exposure test for the same kind of test piece at the same time between in Hiroshima and in Chongqing. and also done the accelerated corrosion test such as the sulfur dioxide test and CASS test.

Then we evaluated about the correlation between accelerated corrosion test and outdoor exposure test, the accelerated magnifying power, the period of durability and so on.

Key Wards : acid rain, specification for the rust prevention, outdoor exposure test

1. 緒言

屋外に設置される鉄鋼構造物、自動車、建設機械、金属製品等は、適切な防錆防食処理を施さなければ、石炭・重油等の化石燃料や自動車排ガス等に起因する酸性雨・降下ばいじん及び凍結防止剤等の人為的影響、高温・多湿・結露・海塩粒子等の自然現象の

影響を受けて、きわめて短期間に腐食が進行する。

このような厳しい自然環境下における腐食因子と各種防錆皮膜の耐食性及び耐用年数との相関性等を究明するため、広島市と重慶市において、同種の試験片を同時に屋外自然曝露試験を行うとともに、亜硫酸ガス試験・キャス試験等の促進腐食試験を行い、自然曝露試験との相関性・促進倍率・耐用年数等の評価を試みた。

*広島市産業振興センター

**重慶市西南技術工程研究所

表-1

試験片No.	供試材料	前処理	試験片寸法mm	塗 装 仕 様	膜厚 μ
H-1	1 熱間圧延鋼板	研磨 180#	150×70×4	一般錆止めペイント→フタル酸系中塗り→フタル酸系上塗り	129
	2 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	長期暴露形エッチングプライマー→鉛丹錆止め1種→鉛丹錆止め2種→フタル酸系中塗り→フタル酸系上塗り	214
	3 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	長期暴露形エッチングプライマー→シアナミド鉛錆止めペイント→シアナミド鉛錆止めペイント→フタル酸系中塗り→フタル酸系上塗り	194
	4 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	長期暴露形エッチングプライマー→亜酸化鉛錆止め1種→亜酸化鉛錆止め2種→フタル酸系中塗り→フタル酸系上塗り	203
	5 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	長期暴露形エッチングプライマー→塩基性クロム酸鉛錆止め1種→塩基性クロム酸鉛錆止め2種→フタル酸系中塗り→フタル酸系上塗り	223
H-2	1 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	長期暴露形エッチングプライマー→塩基性クロム酸鉛錆止め1種→塩基性クロム酸鉛錆止め2種→フェノール系MIO→塩化ゴム系中塗り→塩化ゴム系上塗り	223
	2 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	厚膜形無機ジंकリッチペイント→短期暴露形エッチングプライマー→フェノール系ジंकロメートプライマー→フェノール系MIO→塩化ゴム系中塗り→塩化ゴム系上塗り	183
	3 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	厚膜形有機ジंकリッチペイント→塩化ゴム系下塗り→塩化ゴム系下塗り→塩化ゴム系中塗り→塩化ゴム系上塗り	99
H-3	1 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	厚膜形有機ジंकリッチペイント→エポキシ下塗り→エポキシ下塗り→ポリウレタン中塗り→ポリウレタン上塗り	180
	2 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	厚膜形無機ジंकリッチペイント→ミストコート→エポキシ下塗り→エポキシ下塗り→ポリウレタン中塗り→ポリウレタン上塗り	194
	3 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	無機ジंकリッチプライマー→タールエポキシ→タールエポキシ→タールエポキシ	258
H-4	1 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	フェノール系ジंकロメートプライマー→速乾フタル酸系中塗り→速乾フタル酸系上塗り	132
	2 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×4	エポキシプライマー→ポリウレタン中塗り→ポリウレタン上塗り	178
	3 熱間圧延鋼板	ショットブラスト	180×45×4	溶融亜鉛メッキ→エポキシプライマー→ポリウレタン上塗り	116
H-5	1 冷間圧延鋼板	りん酸亜鉛皮膜化成	300×300×0.8	カチオン電着→メラミン系サーフェサー→メラミン系ソリッドカラー上塗り(H仕様)	89
	2 冷間圧延鋼板	りん酸亜鉛皮膜化成	150×100×0.8	カチオン電着→メラミン系サーフェサー→メラミン系ソリッドカラー上塗り(M仕様)	95
	アルミニウム	クロメート処理	230×80×1.0	熱硬化アクリル樹脂エナメル仕上げ 自動車用ナンバープレートN	24
H-6	1 冷間圧延鋼板	りん酸亜鉛皮膜化成	150×70×1.0	カチオン電着→メラミン系ソリッドカラー上塗り	33
	耐候性鋼板	皮膜化成	200×50×1.0	プロパレン処理	23
	ステンレス SUS304	ヘアライン加工	150×70×1.0	常温硬化フッ素樹脂クリヤー2回塗り仕上げ	31
	ステンレス SUS304	磨き加工	150×70×1.0	常温硬化アクリルシリコン系クリヤー2回塗り仕上げ	28
	銅	ヘアライン加工	150×70×1.0	熱硬化アクリルシリコン系クリヤー2回塗り仕上げ	30
	黄銅6:4 2種	キリンス処理	150×70×1.0	常温硬化アクリルシリコン系クリヤー2回塗り仕上げ	32
	熱間圧延鋼板	ショットブラスト	150×70×2.0	溶融亜鉛メッキ→粉体塗装仕上げ(D仕様)	205
H-7	1 ブロンズ	脱脂のみ	150×70×5.0	ろくしょう仕上げ→常温硬化フッ素樹脂クリヤー2回塗り仕上げ	21
	2 ブロンズ	脱脂のみ	150×70×5.0	ろくしょう仕上げ→常温硬化含浸剤クリヤースーパ拭き取り仕上げ	—
	3 ブロンズ	脱脂のみ	150×70×5.0	ろくしょう仕上げ→アクリルウレタンクリヤー2回塗り仕上げ	24
	4 大理石	磨き仕上げ	150×70×10	常温硬化フッ素樹脂クリヤー2回塗り仕上げ	—
	5 大理石	磨き仕上げ	150×70×10	常温硬化石材用含浸剤クリヤースーパ拭き取り仕上げ	—
	6 みかげ石	磨き仕上げ	150×70×10	常温硬化フッ素樹脂クリヤー2回塗り仕上げ	—
	7 みかげ石	磨き仕上げ	150×70×10	常温硬化石材用含浸剤クリヤースーパ拭き取り仕上げ	—
H-8	1 桜材	研磨 240#	150×70×10	常温硬化フッ素樹脂クリヤー2回塗り仕上げ	—
	2 桜材	研磨 240#	150×70×10	アクリルウレタンクリヤー2回塗り仕上げ	—
	3 桜材	研磨 240#	150×70×10	ポリブタジエンクリヤー2回塗り仕上げ	—
	4 桜材	研磨 240#	150×70×10	常温硬化木肌用含浸剤拭き取り仕上げ	—

表-2

試験片No.	供試材料	前処理	試験片寸法	メッキ仕様	膜厚 μ	
H-9	1	アルミニウム	電解脱脂	150×50×0.4	硬質アルマイト AH	20
	2	アルミニウム	電解脱脂	150×50×0.4	着色アルマイト AC	6
	3	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	クロム酸 (AM712処理) Cr	2
	4	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛メッキ Z	5
	5	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	黒クロメート ZB	5
	6	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	緑クロメート ZG	5
	7	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛-ニッケル 有色クロメート ZN	5
	8	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛-ニッケル-黒クロメート ZNB	5
	9	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛+鉄+有色クロメート ZF	5
	10	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛+鉄+黒クロメート ZFB	5
	11	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	熔融亜鉛 HG	58
	12	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	ダクロタイズド D	7
	13	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	亜鉛+ダクロタイズド ZD	12
	14	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	ニッケル N	12
	15	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×50×0.4	ニッケル+クロム NC	10

表-3

試験片No.	供試材料	前処理	試験片寸法	塗装仕様	膜厚 μ	
C-1	1	冷間圧延鋼板	脱脂→リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマー→アクリルポリエステル焼付	113
	2	冷間圧延鋼板	脱脂→リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマー→中塗り→アクリルポリエステル焼付	105
	3	冷間圧延鋼板	脱脂→リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマー→ポリエステル→アクリル焼付	50
	4	冷間圧延鋼板	リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマー→上塗り	75
	5	25科	高温リン化	150×70×0.8	シリコン系有機耐熱塗料	42
	6	25科	低温リン化	150×70×0.8	エポキシポリエステル塗料	41
	7	冷間圧延鋼板	リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマーグレー→高級ポリエステル上塗りグレー	98
	8	冷間圧延鋼板	リン化	150×70×0.8	陰極電着プライマー→アクリルポリエステル上塗り	162
	9	冷間圧延鋼板	脱油→リン化	150×70×0.8	エポキシプライマー→アクリル焼付→ポリウレタンクリヤー	94
	10	冷間圧延鋼板	脱油→リン化	150×50×0.4	エポキシプライマー→ポリエステル→ポリウレタンクリヤー	97
試験片No.	供試材料	前処理	試験片寸法	メッキ仕様	膜厚 μ	
C-2	1	黒皮鋼板	脱油→徐錆	150×70×0.8	亜鉛メッキ	5
	2	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	半光沢ニッケル→光沢ニッケル→クロム→窒化チタン	11
	3	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	半光沢ニッケル→光沢ニッケル→クロム	8
	4	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	半光沢ニッケル→光沢ニッケル→クロム	20
	5	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	半光沢ニッケル→光沢ニッケル→封化→クロム	22
	6	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	半光沢ニッケル→銅→光沢ニッケル→クロム	19
	7	冷間圧延鋼板	電解脱脂	150×70×0.8	銅→光沢ニッケル→クロム	15

2. 実験方法

2.1 試験試料の作成

供試試験片として、表-1～表-3に示すような材料、前処理、塗装仕様またはメッキ仕様で試験片を作成した。¹⁾²⁾

表-1～表-2 (H-1～H-9) の試験片については、広島市工業技術センターにおいて作成したもの

であり、表-3 (C-1～C-2) については中国国内で使用されている原材料で、重慶市西南技術工程研究所が作成したものである。試験片は、各塗装仕様、メッキ仕様ともに、それぞれ各10枚作成し、広島市での屋外曝露用に各3枚、重慶市での屋外曝露用に各3枚、促進腐食試験用に各3枚、保存見本用に1枚を割り振る。

各種の塗装仕様試験片については、試験片の下部半分に、カッターナイフで素地に達するスクラッチマーク（交差する2本の対角線）を入れ、各種のメッキ仕様試験片については、エチルアルコールで脱脂洗浄後試験に供する。

各10枚の平均膜厚を表中に示す。

2.2 屋外自然曝露試験

2.2.1 試験条件

両市の屋外曝露試験場に設置した耐候試験台（JIS K-5400、9、9による。正南方向・水平面との角度広島市30°重慶市24°）に試験片を固定し、1回/月の頻度で、皮膜の発錆の程度、光沢、変色を測定する。⁴⁾

2.2.2 測定方法及び判定方法

〈各塗装仕様の発錆の評価〉

マイクロスコープにより、スクラッチマークからの片側最大ふくれ幅または錆幅を計測する。¹⁾

〈各塗装仕様の光沢残存率の評価〉

JIS D-0205、7、3により、変角光沢度計で測定し、試験片3枚の平均を算出する。

〈各塗装仕様の変退色の評価〉

JIS D-0205、7、4により、多光源測色色差計で測定し、試験片3枚の平均を算出する。

〈各メッキ仕様の発錆の評価〉

JIS H-8502、7、10、4レイティングナンバ標準図表による。

2.3 促進腐食試験

2.3.1 試験条件

亜硫酸ガス腐食試験機及びキャス試験機を用いて試験し、24時間毎に腐食の程度を計測・判定する。

〈キャス試験〉

JIS H-8502、7による。

〈二氧化硫黄試験〉

JIS H-8502、9(a)による。ガス濃度 25ppm

2.3.2 測定方法及び判定方法

〈各塗装仕様の発錆の評価〉

マイクロスコープにより、スクラッチマークからの片側最大ふくれ幅または錆幅を計測する。

〈各メッキ仕様の発錆の評価〉

JIS H-8502、7、10、4レイティングナンバ標準図表による。

3. 実験結果と考察

紙面の都合により、試験結果の一部を掲載する。

3.1 各種塗装仕様の屋外曝露試験結果の事例

図中の凡例の広は広島市での屋外曝露試験結果を示し、重は重慶市での屋外曝露試験結果を示す。

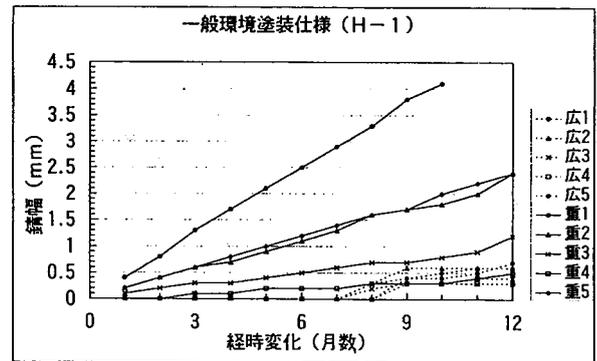


図-1

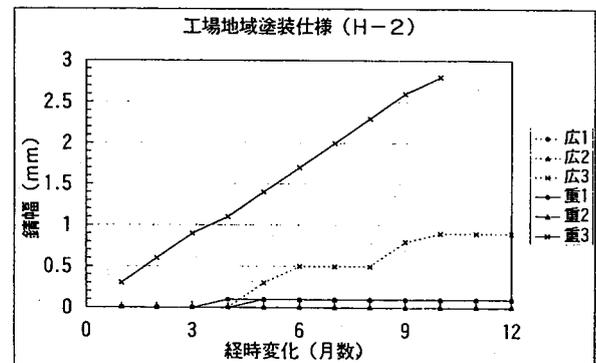


図-2

図-1の一般環境に多用されている塗装仕様(H-1-1)の一般錆止めフタル酸樹脂エナメル仕上げを例にすると、広島市で屋外曝露9ヶ月で0.4mmの時に、重慶市では3.7mmの錆幅になっており、単純比較で約9倍の腐食速度となっている。

図-1、図-2の試験結果を見ると、重慶市で錆

幅が3mmまでに達する速度は、防錆顔料・ビヒクル等の塗装仕様によって大きく異なっているが、広島市の3倍から9倍程度となっている。

3.2 各種メッキ仕様の屋外曝露試験結果の事例

紙面の都合により、試験結果の一部を掲載する。

図-3は広島市での曝露結果、図-4は重慶市での曝露結果を示す。

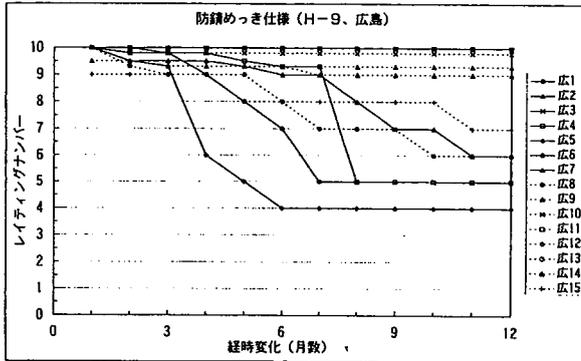


図-3

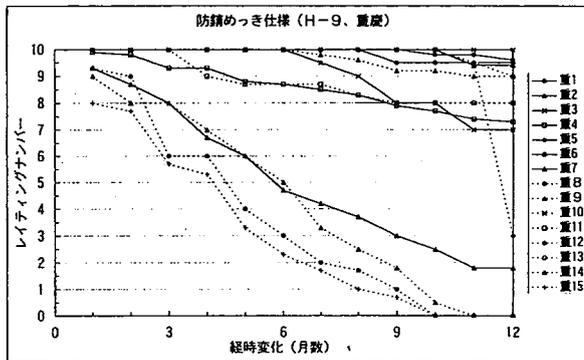


図-4

自動車・バイク・金属製品に多用されている装飾ニッケルクロムメッキ (H-15) の事例では、レイティングナンバー8まで錆びるのに、広島では6ヶ月であるが、重慶市では1ヶ月であり、単純計算で6倍の腐食速度となっている。

レイティングナンバーでの評価は、判定者の主観に左右されることが多く、両市の技術者の評価基準が必ずしも同一とも思えないが、H-9の15種類のメッキ仕様の内、12種類で重慶市の環境下の方が2倍から7倍の腐食速度を示した。

3.3 各種塗装仕様のキャス試験結果の事例

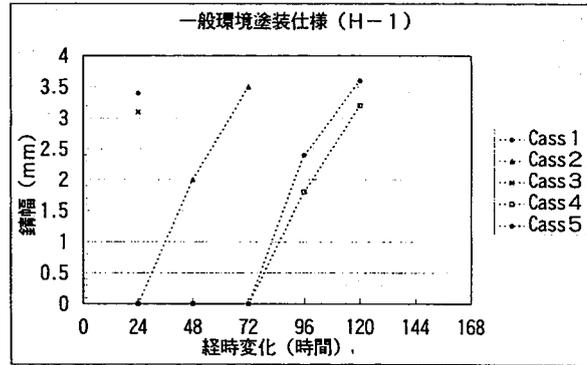


図-5

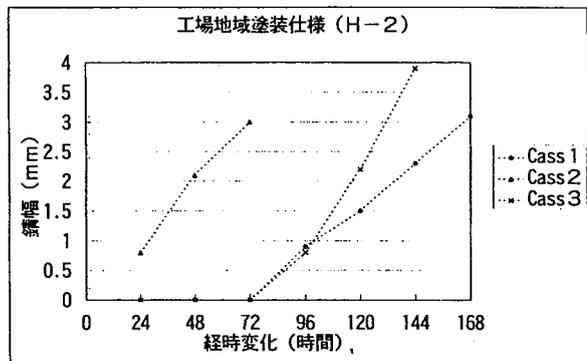


図-6

図-1、図-2の屋外自然曝露試験結果と比較し、耐食性の順位には相関性が見られない結果となった。

キャス試験はPH=3の試験液を使用するところから、ある程度酸性雨の影響を促進して再現できるのではないかと期待したが、その他の塗装仕様・メッキ仕様についても、自然曝露結果と同様になる仕様がある反面、異なる試験結果を示す仕様があり、順位に明確な相関性があるとはいえない。

キャス試験と自然曝露試験との促進倍率は、その他の塗装仕様・メッキ仕様の試験片の殆どが、キャス試験168時間で3mm以上の錆幅に達しているところから、自然曝露の50倍以上の促進性があるのではないかと推察できる。

3.4 各種塗装仕様の二酸化硫黄試験結果の事例

酸性雨の主原因と考えられている亜硫酸ガスによる促進腐食試験を実施したが、殆どの塗装仕様は、

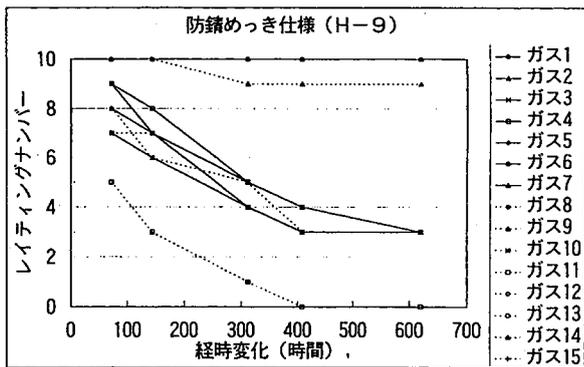


図-7

腐食が進行しない結果となった。

二氧化硫黄試験の試験条件として、試験片表面が水で濡れないことが原因と考えられる。

メッキ仕様については、二氧化硫黄試験600時間で屋外自然曝露の1年と同程度以上の腐食になるメッキ仕様が1/3程度あるが、耐食性の順位も異なっており、相関性があるとはいえない。

3.5 各種塗装仕様の変退色試験結果の事例

屋外自然曝露した試験片の半分上側を使用して、変退色の経時変化を測定し、CIE (国際照明委員会)

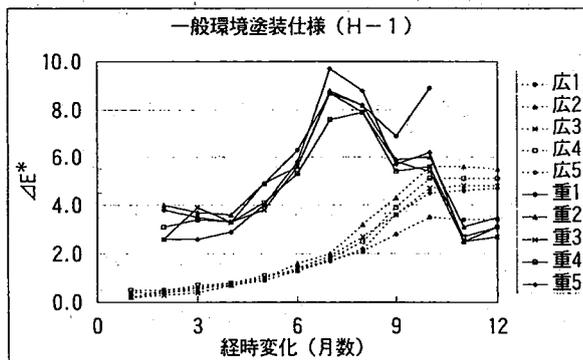


図-8

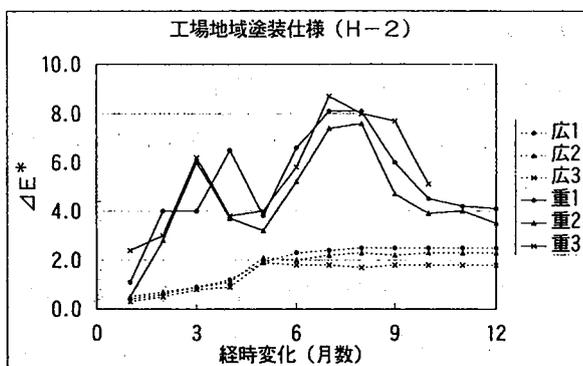


図-9

のL*a*b*表色系で色差を算出する。

H-1、H-2の各種塗装仕様ともに、重慶市側での曝露試験の方が変退色が大きい結果となった。

原因としては、重慶市の気象条件、大気汚染等による塗膜変色・汚染が考えられる。

4. 結 言

第1報の試験結果は、曝露期間が一ヶ月と短いために、一応の終了の目途である錆幅3mmまで達していない試験片も多いところから、断定的な考察をすることはできないが、当初の予測どおり全般的に重慶市での自然曝露の方が発錆が早く、その程度も著しい中間結果となっている。

原因としては、重慶市の酸性雨・降下ばいじん等の環境汚染が考えられるが、日本においても酸性雨等による文化財・屋外鉄鋼構造物等の腐食が問題となっているところである。

中国においても、今後は公害防止の観点から、酸性雨防止対策が実行されて行くものと思われるが、エネルギー事情からも当面は解決が困難と思われ、それまでの間は、鉄鋼構造物、自動車・バイク、金属製品等の安価で確実な防錆技術を研究する必要がある。

本研究の目的として、自然曝露試験と酸性雨を想定した促進腐食試験との相関性、促進倍率を明らかにして、耐用年数を短時間で評価する試験方法を探してみたが、今回の試験からは、各種の塗装仕様・メッキ仕様ともに、明らかな相関性は認められない結果となった。

今後は、更に曝露を継続するとともに、8年度から両市の企業が製造している製品の実体曝露試験、腐食量の測定等を始めたので、その詳細について第2報で報告する予定である。

参 考 文 献

- (1) 日本材料学会 腐食防食部門委員会 金属腐食の現地試験と評価、さんえい出版、1990、7.2.3

- (2) 河村昌剛、酸性雨と自動車塗装 塗装工学、1993, VOL, 28, NO8, 323
- (3) 市原聡、耐酸性雨及び耐汚染性に優れた外壁塗装ステンレス鋼板 防錆管理、1997, VOL41, NO1, 7
- (4) 田中文之、コーティング膜の物性と評価法、理工出版、1986, 7, 3

調査期間 1991, 4 ~ 1994, 3 の 3 ケ年
 最大値 6.63 最小値 3.64 平均値 4.55

- (2) 重慶市江津曝露センターでの pH の推移
 調査期間 1995, 5 ~ 1996, 12 の 20 ヶ月
 最大値 6.4 最小値 3.4 平均値 4.4

参 考 資 料

- (1) 広島市安佐北区役所での pH の推移

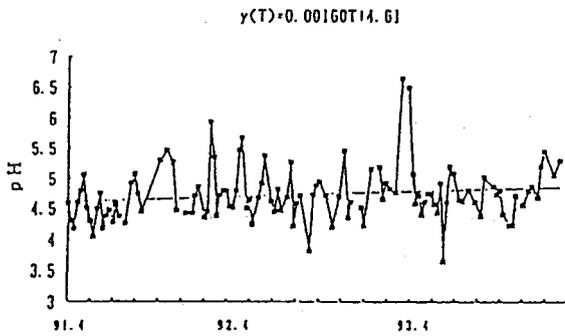


図-10

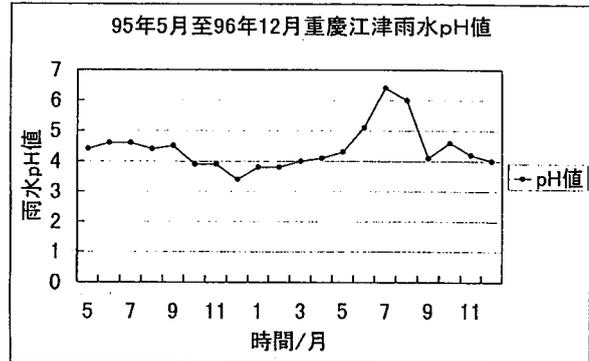


図-11

ショットピーニングによる硬さ変化と圧縮残留応力変化の関係 (第I報、ショットピーニングによる表面改質に関する実験的研究)

前田 真美 桑原 修 市後 博造

熱処理によって残留オーステナイト量を変化させた試料(SCM415)に、ショットピーニング処理を行って、表面からの距離を変えた測定点でそれぞれ硬さと残留応力を測定した。そして、熱処理後とショットピーニング後においてその変化量を調査した。これらの結果に基づいて、硬さの変化量と残留応力の変化量との間にある関係から、試料の残留オーステナイト量と硬さの変化量により残留応力値を推定することを検討した。

The Relationship between Increase of Hardness and Increase of Compressive Residual Stress Caused by Shot Peening

Masami MAEDA, Osamu KUWABARA, Hirozo ICHIGO

This paper describes an experiment where shot peening was carried out on the metallic material (JIS SCM415). The amount of residual austenite which effects levels of hardness and residual stress was controlled by the application of heat treatment to both the metallic material subjected to shot peening and a control sample that was not. The hardness and residual stress were measured and compared.

The relationship between the increase of hardness and the increase of compressive residual stress between these samples was studied.

Therefore this experiment shows that in the future it may be possible to develop a method of predicting the compressive residual stress caused by shot peening, using only hardness measurements and the levels of residual austenite.

Key Words : Shot Peening, Hardness, Residual Austenite, Compressive Residual Stress

1. 緒 言

近年、自動車のトランスミッションの小型化、高出力化に伴い、歯車類に高い疲労強度と圧縮残留応力が要求されるようになった。これらの材料には、ショットピーニング処理がよく用いられる。ショットピーニングは、被処理物の表面に高速度で金属球を打ちつけ、材料の表面に塑性変形を起こさせて圧縮残留応力を付与すると同時に、表面硬度を増し、疲労強度を高める方法である。

得られた圧縮残留応力の測定には、一般にX線応力測定装置が使用されるが、この装置は、高価であり、また、測定物も限定される。よって、現場での採用が難しく、容易に且つ安価に残留応力を測定できる方法が求められている。

今回、硬さの変化量と圧縮残留応力の変化量の間にある関係を検討して、硬度の測定により圧縮残留応力を求める方法を提案することを目的とした。

表1 材料の化学組成

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SCM415	0.19	0.18	0.65	2.02	0.01	0.95	0.16

2. 実験方法

実験に用いた試料は、SCM415 (クロムモリブデン鋼) で、表1にその化学組成を示す。この鋼材を図1に示す形状に機械加工し、その後、熱処理条件として、残留オーステナイトが10%~50%になるように、浸炭及び浸炭窒化処理により炭素ポテンシャル (CP) 及び窒素ポテンシャル (NP) の調製を行い、その後に170℃×2時間の焼き戻しを行った。

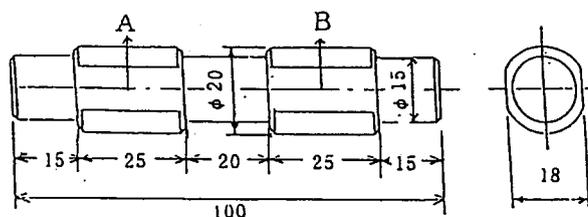


図1 ショットピーニング及び硬さ試験片の形状

得られた試料の残留オーステナイト量の確認は、顕微鏡観察から、X線回折で残留オーステナイト量を確認した組織と比較することにより行った。

表2 ショットピーニング条件

ショット径	Φ0.6mm
ショット硬さ	Hv800(铸鋼)
エア圧	5kgf/cm ²
投射量	20kg/min.
投射点数	2点
投射時間	40sec./点
投射距離	120mm
回転数	12rpm

表3 X線応力測定条件

メーカー	(株)リガク
機種	X線応力測定装置MSF-2M
管球	Cr
電圧・電流	30KV,10mA
測定ψ角度	0° 15° 30° 45°
測定範囲	(2θ)
照射面積	8φmm

熱処理後、ショットピーニング加工を表2に示す条件において行った。熱処理のみを行ったもの・さらにショットピーニング処理を行ったものについて、硬度及び残留応力の測定を行うこととした。

残留応力の測定は、図1A部を表面、20μm、50μm、100μm、200μmの深さまで電界研磨で落とし、表3に示す条件で測定した。測定点数は、縦方向、横方向に各2点ずつであり、その平均値を求めた。

また、硬さの測定は、図1B部の中央部を水中カッターで切断して樹脂に埋め込み、表面、20μm、50μm、100μm、200μmのそれぞれの位置の硬さをビッカース硬度計100gで5点測定し、同じくその平均値を求めた。

3. 実験結果と考察

3-1. ショットピーニング処理による圧縮残留応力の変化について

図2に残留オーステナイトを10%~50%含む試料について表面、20μm、50μm、100μm、200μmの深さでの残留応力を測定した結果を示す。ショット

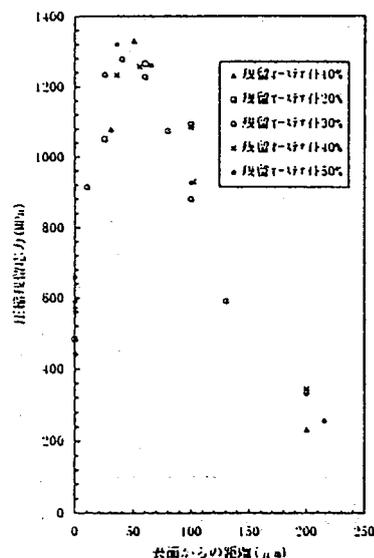


図2 各種残留オーステナイト試料のショットピーニング後の残留応力の分布

ピーニング後の圧縮残留応力の最大値は大体 $20\mu\text{m}$ ~ $60\mu\text{m}$ の位置にあり、その大きさについては、残留オーステナイト量の違いによる変化がほとんど見られなかった。いずれの試料とも内部へ移行していくにつれて低下していく傾向が見られた。

次に、熱処理のみを行った場合とさらにショットピーニング処理を行った場合で残留オーステナイト量ごとに比較したものを図3~7に示す。いずれの試料ともショットピーニング前の状態では、測定個

所による応力値の違いがほとんど見られないが、処理後は違いがでてくる。さらに、それぞれの個所について残留応力の変化量を計算して、比較しやすいようまとめたものを図8に示す。試料に含まれる残留オーステナイト量の大小でその分布に違いがあることがわかる。すなわち、残留オーステナイトの多い試料は表面から $20\mu\text{m}$ ~ $40\mu\text{m}$ 位のところで、少ない試料はそれよりも少し内部よりのところで一番大きく上昇しており、いずれの試料とも $200\mu\text{m}$ 付近

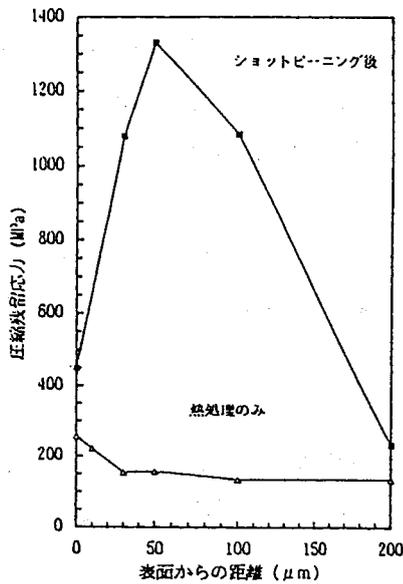


図3 残留オーステナイト10%試料のショットピーニング処理後の圧縮残留応力

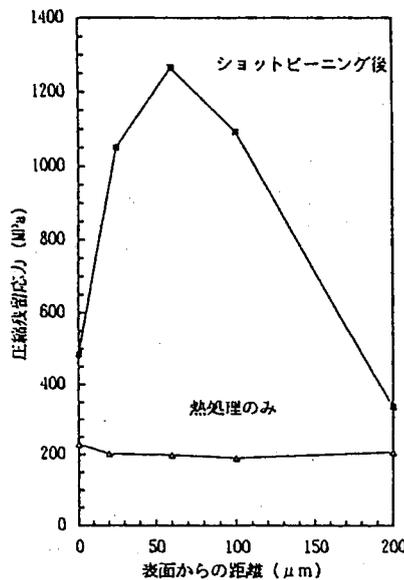


図4 残留オーステナイト20%試料のショットピーニング処理後の圧縮残留応力

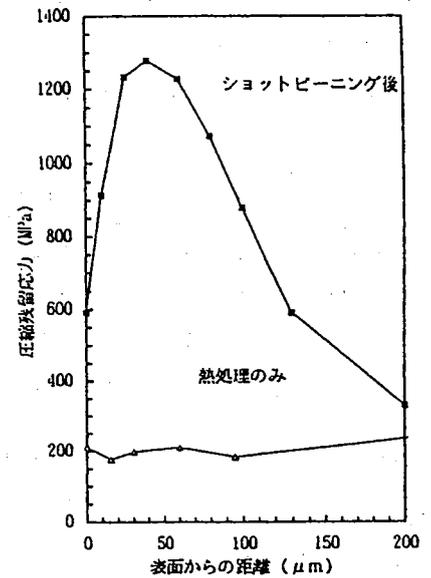


図5 残留オーステナイト30%試料のショットピーニング処理後の圧縮残留応力

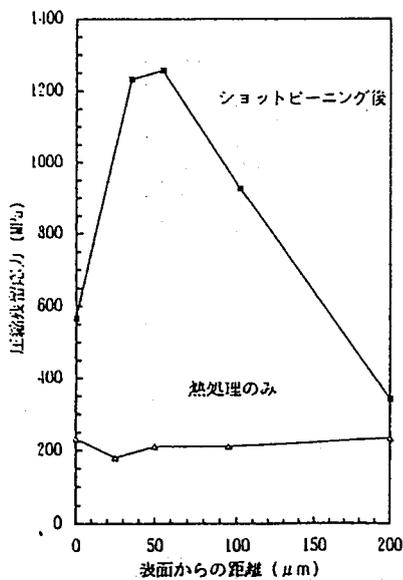


図6 残留オーステナイト40%試料のショットピーニング処理後の圧縮残留応力

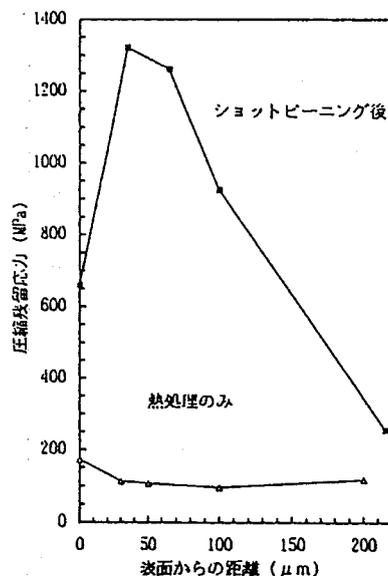


図7 残留オーステナイト50%試料のショットピーニング処理後の圧縮残留応力

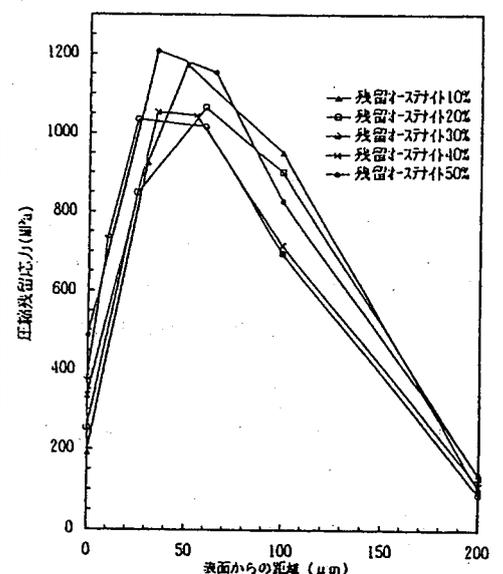


図8 各種残留オーステナイト試料における残留応力の変化量

ではほとんど変化していない。また、100 μm 付近では、残留オーステナイトの少ない試料の方が多い試料よりも上昇しており、応力変化に対するショットピーニングの影響がより内部にまであることが観察された。

3-2. ショットピーニング処理による硬さの変化について

圧縮残留応力と同様にして図9に残留オーステナ

イトを10%~50%含む試料について表面、20 μm 、50 μm 、100 μm 、200 μm の深さでの硬さを測定した結果を示す。ショットピーニング処理後の硬度は、いずれの試料も表面で最大値を示し、内部へ移行するに従って低下している。

次に、熱処理のみを行った場合とさらにショットピーニング処理を行った場合で、残留オーステナイト量ごとに比較したものを図10~14に示す。さらにそれぞれの場合について硬度の変化量を計算し

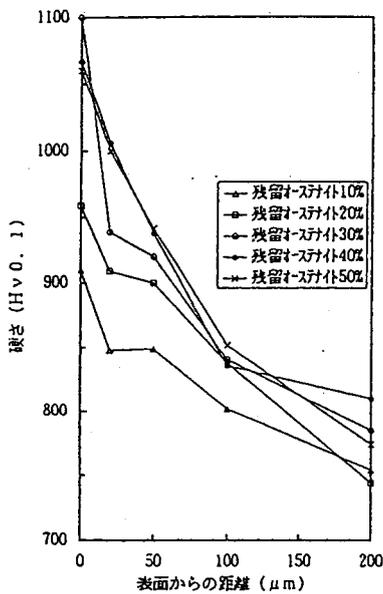


図9 各種残留オーステナイト試料のショットピーニング処理後における硬さ

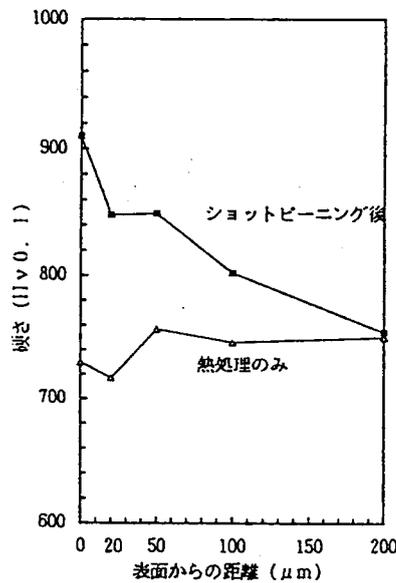


図10 残留オーステナイト10%試料のショットピーニング処理後の硬度

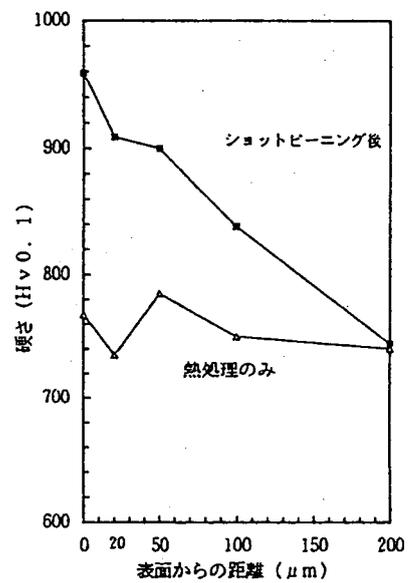


図11 残留オーステナイト20%試料のショットピーニング処理後の硬度

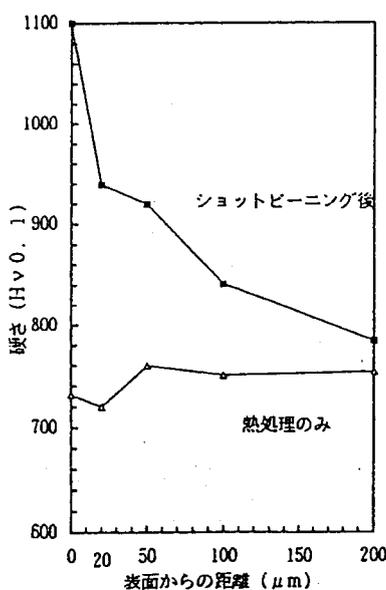


図12 残留オーステナイト30%試料のショットピーニング処理後の硬度

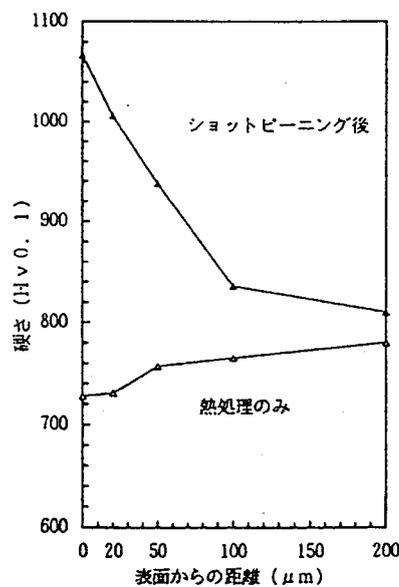


図13 残留オーステナイト40%試料のショットピーニング処理後の硬度

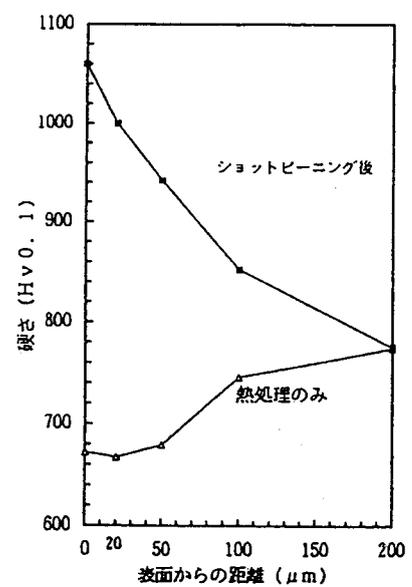


図14 残留オーステナイト50%試料のショットピーニング処理後の硬度

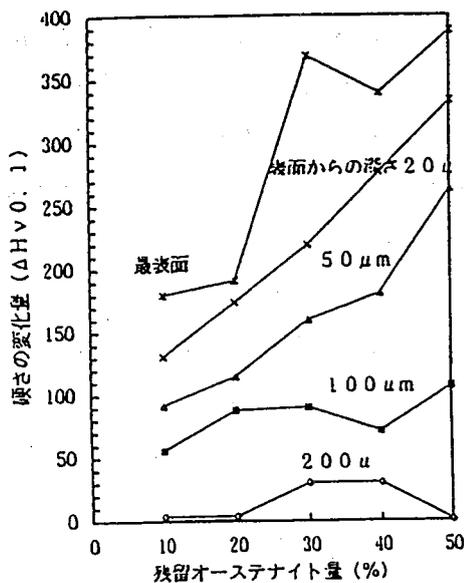


図15 残留オーステナイトの変化量と硬さ変化量との関係

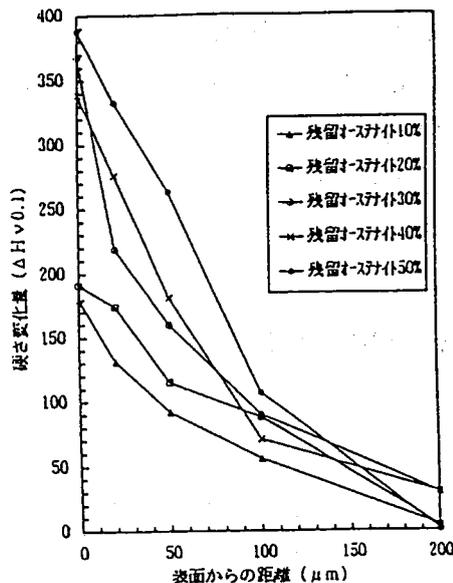


図16 各種残留オーステナイト試料における硬さ変化量

て、比較しやすいようまとめたものを図15と図16に示す。図15を見ると表面近傍の深さでは、硬さの変化量がかなり大きく、また残留オーステナイト量が多いほど大きい。そして、 $20\mu\text{m} \rightarrow 50\mu\text{m} \rightarrow 100\mu\text{m} \rightarrow 200\mu\text{m}$ と材料表面から内部にいくにしたがって硬度へ影響するショットピーニングの作用が小さくなり、ほとんど変化しなくなっていることがわかる。これは、表面近傍に存在している残留オーステナイトがショットピーニング加工により誘起マルテンサイトになり、それが硬度の上昇に影響していることによるものと思われる。また、残留オーステナイト量が30%~50%の試料と10%~20%の試料で違いのあることがわかる。すなわち、30%~50%試料では表面での硬さ変化がかなり大きく、内部にいくに従って急激に低下しており、表面近傍にマルテンサイト化が集中していると思われる。10%~20%の試料では最表面での上昇が一番大きいことは同様であるが、その大きさは残留オーステナイト量の多い試料と比べると小さく、内部へ向かって緩やかに低下していることがわかる。また、30%~50%試料での硬さの上昇量は残留オーステナイト量によってあまり変化しなくなっている。これは、硬度の上昇に対してオーステナイトのマルテ

ンサイト化による要因が大きいとすると、30%以上の試料においては誘起マルテンサイトの発生が飽和状態になっているのではないかとと思われる。しかし、このことを確認するにはショットピーニング後に発生している誘起マルテンサイトの量を調べる必要がある。

3-3. 硬さの変化量と残留応力の変化量の関係について

図17に残留オーステナイト量を10%~50%に変化させた試料において熱処理のみの場合とショットピーニング処理を行った場合での硬さ変化(ショットピーニング後の硬さ-熱処理のみの場合の硬さ)と圧縮残留応力変化量(ショットピーニング後の残留応力-熱処理のみの場合の残留応力)との関係を示す。いずれの試料とも、硬度の変化量は表面を最大として内部に向かって小さくなっている、グラフでいうと右にいくほど表面に近い測定点となっている。最表面での残留応力の変化量が小さくなっているのは応力を発生させている組織のひずみが最表面では解放されているからと思われる。

このグラフを見ると、2、3と同様に残留オーステナイト量が30%~50%と多い試料と10~20%と少

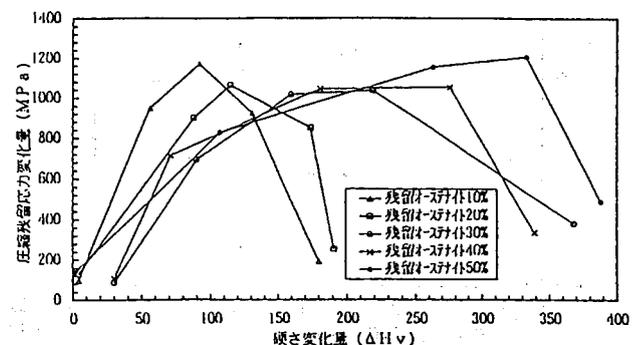


図17 各種残留オーステナイト試料における硬さ変化量と残留圧縮応力変化量の関係

ない試料とで違いがみられる。つまり、少ない試料においては $50\mu\text{m}$ 程度のところに、多い試料はそれよりも表面に近いところに応力変化量の最大値があり、その大きさについては残留オーステナイト量による違いがほとんどでていない。硬さの変化量に対して応力の変化量があまり変わらないことや、硬さ変化の分布と応力変化の分布に違いがあるのは、ショットピーニング処理による硬さと応力の上昇がそれぞれ違う要因を持つからと考えられる。つまり、誘起マルテンサイト発生による組織膨張以外に、残留応力値を上昇させる要因があると思われる。この要因についてマルテンサイト化しなかった残留オーステナイト組織自体の変形が大きく寄与していると考えられている。¹⁾ すなわち、オーステナイト量の多い試料では表面にあるオーステナイトがマルテンサイト化したときの組織膨張による応力上昇が大きく効いており、硬さの変化量の多い $20\mu\text{m}$ 付近で最大変化を示し、内部へはいるとその影響が少なくなっている。それに対して、少ない試料では表面の残留オーステナイトのマルテンサイト化による応力上昇は少ないものの、ショットピーニングにより投射されたエネルギーの量がすべての試料において同じなので余ったエネルギーが他の要因による残留応力上昇に使われ、硬さ変化の割には応力の上昇が大きく、より内部でも、上昇しているのでないかと思われる。

これらのことから、応力変化の要因に誘起マルテンサイト化による硬さ変化に伴う応力上昇以外に組織変化にともなう結晶格子のひずみなどが大きく関係していることが予測された。したがって、対応した硬さ変化量と残留応力の変化量の値だけで直線関係を求めるのは難しい。しかし、残留オーステナイトの量により、それぞれ硬さ変化と応力変化に特徴があり、硬さの上昇に影響する要因が全体の残留応力の上昇に対して、どれだけの割合を占めるか、ま

た、全エネルギーに対して応力上昇に使われたエネルギー量と硬さ変化に使われたエネルギー量との間に相関関係が見られるかなどが解れば、硬さの変化量から残留応力値の変化量を推定できる可能性があると思われる。今回の実験では、データ数も少なくこれらのことを確認することはできなかったが、今後、残留オーステナイト組織変化の確認・実験方法の改良などが必要になるだろう。

4. 結 言

ショットピーニング後の硬さの変化量から残留応力の変化量の推定を目標とした今回の実験で次のことを得た。

- 1) 残留オーステナイト量を10%~50%に変化させて圧縮残留応力の変化量を調べた結果、各試料とも応力値のピークは表面からの深さ約 $20\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ の位置にあり、その値に大きな差は見られなかった。
- 2) 硬さの変化量は、10%~30%の範囲に関しては、残留オーステナイト量の多い材料ほど高くなる現象にある。
- 3) 残留応力値を上昇させる要因として誘起マルテンサイト化以外の因子も大きな影響を及ぼしていると予測された。
- 4) 今後、硬さ上昇の要因がどれだけ応力上昇にも影響するか、それぞれの変化に寄与しているエネルギー量について相関関係が見られるかどうかなどを調査するために、試験方法の改良などが必要である。

参 考 文 献

- 1) トヨタ自動車(日本機械学会 [No.900-86] 材料力学講演会講演論文集)
- 2) マツダ技報(1987. Vol42. P65)

レーザ加工（パルス出力）の精度評価に関する研究（第3報）

岡田 邦彦

炭酸ガスレーザ加工の精度向上を目的として、実験計画法の手法を用い、SK5M材を対象として実験を行った。精度に影響を与える因子および最適条件について検討した結果は以下の通りである。

- (1) 精度に影響する因子は加工速度（寄与率50.6%）、デューティ（同45.5%）の2因子であることが分かった。
- (2) 実験により得られた最適条件（デューティ25%、出力330W、周波数600Hz、切断速度300mm/min）に設定して加工すれば、現行に比べて標準偏差が約1/2倍に改善されることが分かった。

キーワード：SK5M、加工速度、デューティ、標準偏差

A Study on Evaluation for High Precision Works of Pulsed Laser Cutting (3rd Report)

Kunihiko OKADA

This paper describes an experiment where CO₂ gas laser process carried out on SK5M material using experimental design.

As the result, we show factor affecting accuracy and optimum condition to improve on dimensional accuracy as follows.

- (1) We found that two factors affecting the accuracy, these factors were cutting speed (contributory rate showed 50.6%) and duty (contributory rate showed 45.5%) .
- (2) According to the experiments we also found optimum values (duty 25%, out put 330W, frequency 600Hz, cutting speed 300mm/min), then we believe that they are able to improve about a half of the present standard deviation.

Key Words : SK5M, cutting speed, duty, standard deviation

1. はじめに

ルビーレーザがダイヤモンドの穴明けに実用化されて以来、各種産業でレーザ加工（穴明け、切断、溶接、表面改質等）が用いられ、産業活動に多大な貢献をなしている。

そして、レーザ加工機は主に生産工場の上流の工程に位置し、精度不良が発生すると、後工程に多大な迷惑を与える事となる。そうした理由から、本研

究は炭酸ガスレーザ加工機を使って、パルス加工を行う時、どの因子に注目して行ったらよいか、の研究を3年計画で行ってきた。

前々年度のSPCC材の実験結果⁽¹⁾を基に制御因子を4因子に絞り込んだ。そして、その4因子であるデューティ、出力、周波数、切断速度をL₉の直交表に割付け、酸素のガス流量を65l/minの一定にして36通りの実験を試みた。

2. 供試材

SK5M材(炭素工具鋼のみがき材)

3. 加工機械と測定器

イ) 加工機

(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

ロ) 測定機

(株)ニコン製投影機

形式：V-20A

DP-302付(二次元測定データ処理システム)

4. 実験条件の設定

4-1 制御因子

デューティ、出力、周波数、切断速度の各因子をL₉の内側直交表⁽²⁾に順次割付けた。

表1 制御因子とその水準

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

4-2 誤差因子

昨年度や一昨年度と同様に実験材の板厚は、1mmと2mmの2水準。加工経路は行き側と戻り側の2水準。加工進方向はX軸、Y軸に平行に加工進行する

表2 誤差因子とその水準

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

場合とX軸、Y軸の45度方向に加工進行する場合の2水準をとり、それぞれL₄の外側直交表に割付けた。

4-3 信号因子

寸法精度を評価するために、信号因子の水準を以下のように定めた。

表3 信号因子とその水準

因子	水準	1	2	3	単位
加工指示寸法		15	25	35	mm

4-4 加工形状

加工形状を示す。単位mm

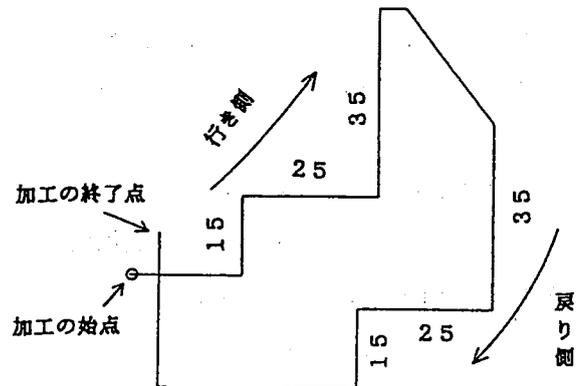


図1

4-5 加工品サンプル

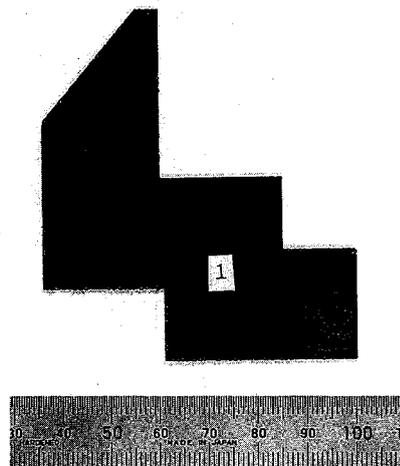


写真1

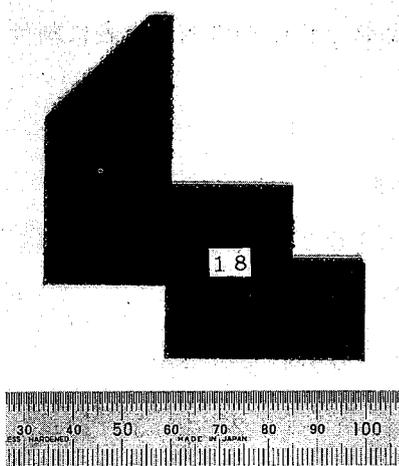


写真2

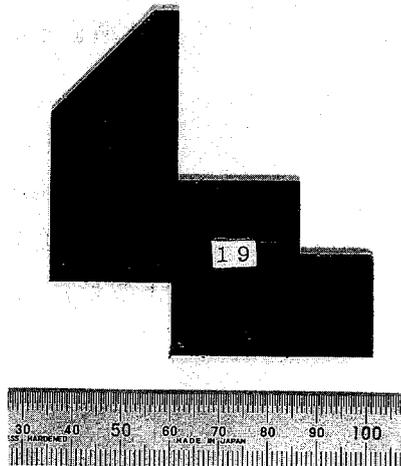


写真3

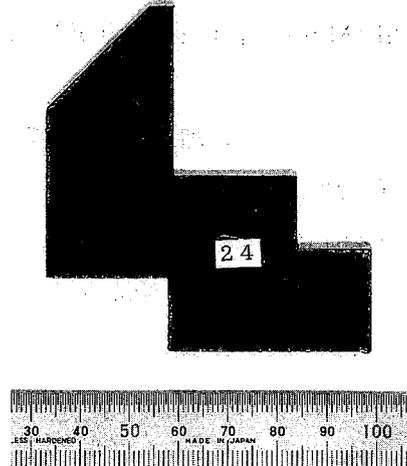


写真4

5. 実験結果

5-1 SN比

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_9 の行ごとにSN比 η を求めた。SN比の求め方の式等は、前々回と同様な方法で求めた。

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

5-2 分散分析

表5 分散分析表

要因	f	S	V	ρ (%)
A	2	32.162	16.081	45.5
B	2	0.362	0.181°	—
C	2	1.654	0.827	1.8
D	2	35.781	17.891	50.6
e' (°印)	2	0.362	0.181	2.1
T	8	69.959	—	100.0

出力の分散値は、小さいので誤差とする。

因子D(切断速度)の寄与率は、50.6%と大きく、

表4 直積実験による試験番号と行ごとのSN比

因子	A	B	C	D	No.		列				SN比(db)
					F	1	1	2	3	4	
列	1	2	3	4	G	2	1	2	1	2	
No.					H	3	1	2	2	1	
1	1	1	1	1			1	10	19	28	24.84
2	1	2	2	2			2	11	20	29	22.28
3	1	3	3	3			3	12	21	30	20.42
4	2	1	2	3			4	13	22	31	15.53
5	2	2	3	1			5	14	23	32	20.90
6	2	3	1	2			6	15	24	33	18.40
7	3	1	3	2			7	16	25	34	20.02
8	3	2	1	3			8	17	26	35	15.79
9	3	3	2	1			9	18	27	36	20.52

次は因子A(デューティ)の45.5%だった。従って、この2因子が効果の大部分(寄与率96.1%)を占め、特性値に影響を及ぼす重要因子である事が分かった。

5-3 最適条件における工程平均と利得の推定

表4にある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。

但し、各水準のSN比は合計値である。

要因効果グラフより、最適条件はA₁、B₁、C₃、D₁となる。最適条件(η₁)での工程平均を推定する。

この推定は分散分析の結果、寄与率の大きい因子Aと因子Bを使って行う。

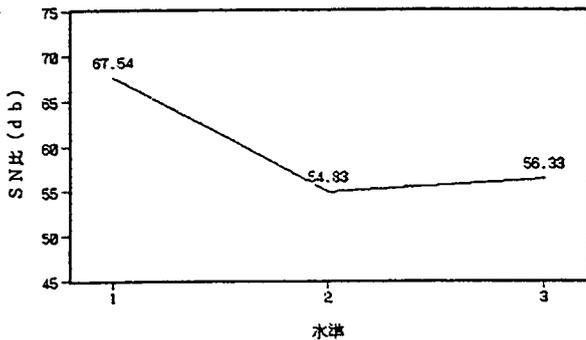


図2 A: デューティ

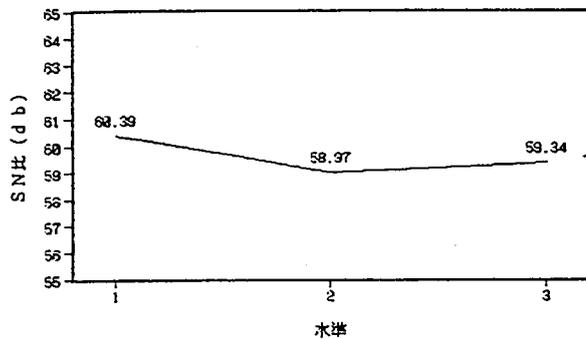


図3 B: 出力

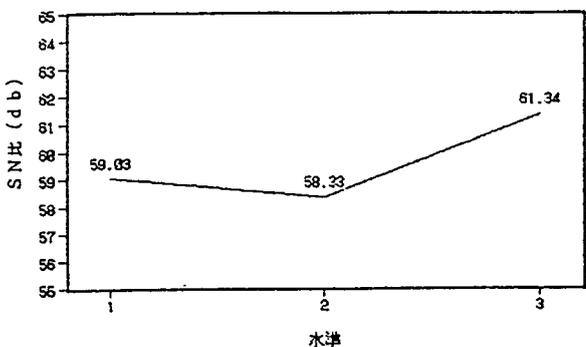


図4 C: 周波数

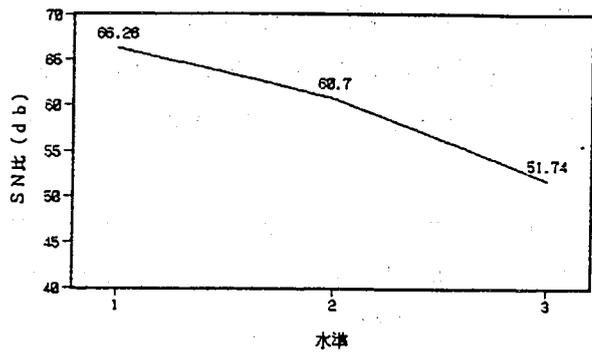


図5 D: 切断速度

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_1 &= \bar{A}_1 + \bar{D}_1 - \bar{T} \\ &= \frac{67.54}{3} + \frac{66.26}{3} - \frac{178.7}{9} \\ &= 24.74 \end{aligned}$$

現行のSN比η₀は

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_0 &= \bar{A}_2 + \bar{D}_2 - \bar{T} \\ &= \frac{54.83}{3} + \frac{60.70}{3} - \frac{178.7}{9} \\ &= 18.65 \end{aligned}$$

従って、利得Δηは

$$\begin{aligned} \Delta\eta &= 24.74 - 18.65 \\ &= 6.09 \end{aligned}$$

この利得は分散で4.06となる。

ゆえに、最適条件での加工により、ばらつきが現行に比べて標準偏差で、約半分に改善される。

6. 確認実験

確認実験を行った。その結果、

最適条件でのSN比は23.69db

現行条件でのSN比は20.47db

従って、確認実験での利得は、3.22dbであった。

本実験の推定利得6.09dbには及ばないものの一応再現性は有るものと判断される。

7. まとめ

- 1) 精度に影響を与える因子は加工速度(寄与率50.6%)、デューティ(同45.5%)の2因子であることが分かった。また、一昨年度、及び昨年度の

SPCC材、SUS304材の精度に影響を及ぼした出力因子は、今回はそれ程考え無くて良い(300W～500W位の範囲内ならば、影響しない)ことが分かった。

- 2) 最適条件(デューティ25%、出力330W、周波数600Hz、切断速度300mm/min)に設定すれば、現行に比べて標準偏差が約1/2倍に改善される。
- 3) 確認実験の結果、再現性の確認が出来た。

8. 今後の展開

今回の研究結果と過去3年間実施してきた実験結果を体系的に整理し、全体的傾向(個々のつながり)の究明を考えている。

9. おわりに

この研究は中・四国地方公設試験研究機関の共同研究「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) 岡田邦彦：レーザ加工(パルス出力)の精度評価に関する研究、広島市工業技術センター年報第8巻、1994
- (2) 田口玄一ほか：直交表による実験のわりつけ方、日科技連

ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究 (第3報)

田中 秀樹 尾崎 清 上杉 憲雄

検査工程の自動化を目的として、コンベア上を流れる文字列の認識システムを試作した。認識手法として用いたニューラルネットワークには、デジタル・シグナル・プロセッサを活用し文字認識処理および学習作業の高速化を図った。システムを評価するためにスタンプ文字の0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字を検査対象として認識実験を行い、実現可能であることを確認した。

Research on Character Recognition Using Neural Networks (3rd Report)

Hideki TANAKA, Kiyoshi OZAKI, Norio UESUGI

We produced for trial Characters Recognition System on conveyor line to automate test process. Digital Signal Processor was applied to Neural Networks used for recognition method, and shortened learning process time and recognition process time. As a result of experiment using figures from 1 to 9 and alpabet from A to Z, a possibility of practical use was proved.

Key Words : Digital Signal Processor, Neural Networks, Character Recognition

1. 緒 言

昨年度までの研究では、パーソナルコンピュータと画像ボードを使い、文字の切り出しとエッジ抽出による方向成分から文字の特徴量を求めた。この手法で、静止状態におけるスタンプ文字列0から9までの数字とAからZまでのアルファベット大文字の認識が可能であることを確認した。

しかし、ライン上を流れる文字列の認識という課題が残った。また作業の効率化という観点からは、ニューラルネットワーク学習時間の短縮が要望された。

本報では、デジタル・シグナル・プロセッサ(以後DSPという)によるニューラルネットワーク処理の効率化、およびラインを流れる文字列の認識を目的として、システム開発を行ったので報告する。

2. 文字認識システム

2.1 システムの概要

図1に構築したシステム概念図を示す。

パラレル入出力ボードに結線した光センサで、コンベア上を流れる検査対象物を感知し、ソフトウェア割り込みにより画像ボードへ文字画像を取り込む。

撮影ウィンドウ内の任意位置にある文字列について、1文字ごとに文字を切出し特徴量を求める。続

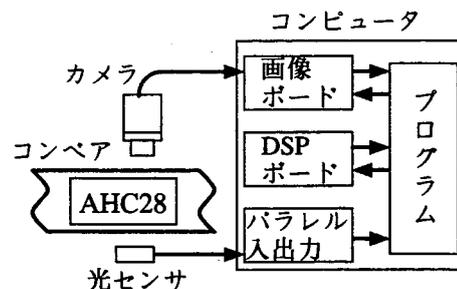


図1 システム概念図

いて1文字ごとの特徴量を、DSPボードに構築したニューラルネットワーク入力層へ転送し、処理結果をDSPボードから取り出し認識結果を表示する。入力文字列すべてに対してこの処理を繰り返す。

ここで、出力層の1ユニットは1つの文字に対応し、最大値をもつ出力層ユニットの文字を認識結果とする。画像ボードは画像入力および画像データの記憶を行い、画像データの演算などはパーソナルコンピュータのCPUで行う。

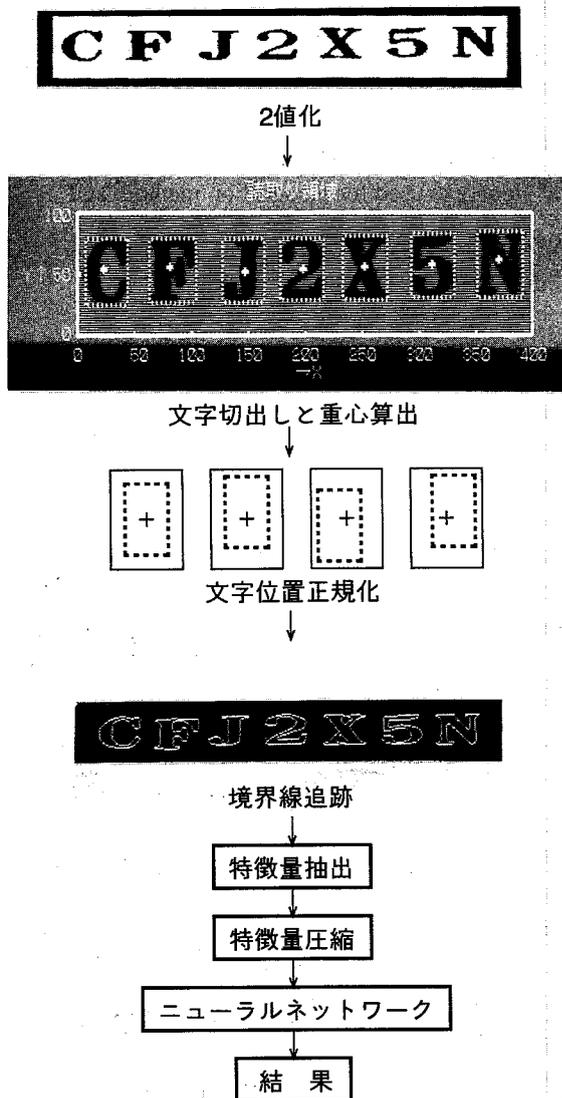


図2 文字認識手法

2.2 画像処理手法

コンベア上を流れている文字の撮影において、NTSC方式のカメラおよび画像ボードでは、インタ

ーレースによる偶数フィールドと奇数フィールドとの時間差が原因で文字ずれがおこる。そのため今回は、偶数フィールドのみの画像を用いることとした。

そのため縦方向に縮んだ文字となり、水平成分が失われやすくなっている。

図2に本研究で試作した文字認識手法を示す。

- (1) 2値化 設定した入力エリア内について判別分析法⁽¹⁾で求めたしきい値により文字と背景とを分離する
- (2) 文字切出し、重心算出 各文字に対して外接する長方形の枠と文字の重心を求める⁽²⁾
- (3) 文字位置の正規化 文字の重心が32×48画素の長方形の枠の中心にくるように位置の正規化を行う
- (4) 境界線追跡 上述のように縦方向に縮んだ文字のため、前報の微分によるエッジ検出では水平成分を検出できない文字があった。そこで今回は、8近傍の境界線追跡法⁽³⁾を用い、細い水平成分の確実な検出を図った。
- (5) 特徴量抽出 境界線の傾きから図3に示す4方向に量子化した特徴量を求める。図4は境界線を図示したものであるが、黒点 (x_m, y_m) の傾きはこの点から2画素離れた2点 (x_{m-2}, y_{m-2}) 、 (x_{m+2}, y_{m+2}) を結ぶ直線の角度 θ から求める。角度 θ は次式より求める。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_{m+2} - y_{m-2}}{x_{m+2} - x_{m-2}}$$

抽出した特徴量の格納領域は32×48画素×4方向である

- (6) 特徴量圧縮 32×48画素×4方向のデータ

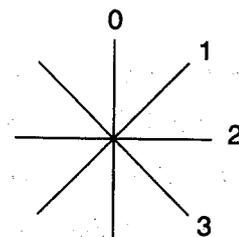


図3 方向成分

を7×7×4方向に圧縮してニューラルネットワークの入力層のデータとする

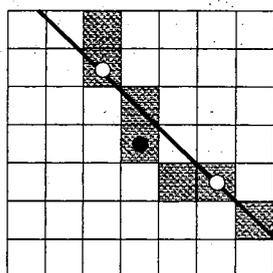


図4 境界線の傾き

2.3 ニューラルネットワーク

前年度と同様の3層フィードフォワード形ニューラルネットワーク⁽⁴⁾を用いた。これは入力層196、中間層20、出力層36ユニットから構成されており、36ユニットの出力層がそれぞれ0から9、AからZまでの各文字に対応している。学習によって入力信号と教師信号との誤差が収束するように、結合荷重としきい値を変化させ、収束した時の値を用いて文字認識を行う。

2.4 DSP ボード

本研究で使用したDSP ボード ADSP322-50はTI社製32bit浮動小数点DSP TMS320C31 (40MHz) を搭載し、演算速度40MFLOPS, 20MIPSの処理能力をもち、ボード上に64KバイトのRAMを持つ。

このボードは、PC-9801をホストコンピュータとしてCPUアクセラレータ的に動く機能およびホストと切り離して自身のROMから立ち上がるスタンダロン機能とを持っている。

本研究では前者の機能を使い、ニューラルネットワークをDSPボード上に構築する。なおDSP上のプログラムはホストと独立して動作する。

図5にホストコンピュータとDSPボードとの関係を示す。処理の流れは以下の通りである。

- (1) ホストコンピュータ側でDSP用ニューラルネットワークプログラムを作成しておき、文字認識処理の初期化時にこのプログラムをDSP

ボードへロードする

- (2) 次に結合荷重としきい値をDSP上のニューラルネットワークへ転送して準備が完了する
- (3) ホスト側で1文字ごとの入力層データを作成しDSPボードへ転送した後、ボードへ処理開始信号を送信してDSP上でニューラルネットワーク処理を開始する
- (4) 認識処理結果はDSPボード上の出力層へ格納され、DSPからの処理終了信号の受信後に出力層データを読み出す
- (5) ホスト側で出力層データを解析し文字の認識結果を表示する
- (6) 処理を続ける場合は(3)から繰り返す

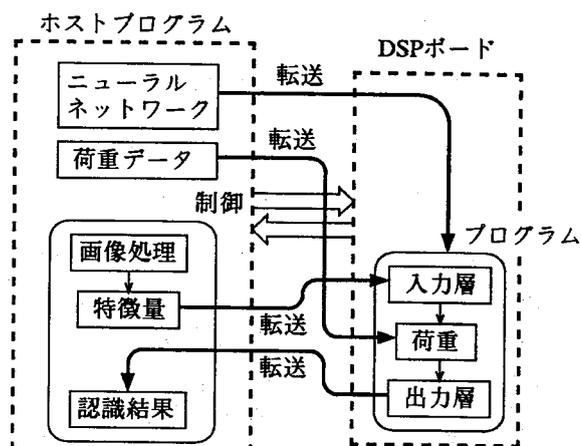


図5 ホストとDSPボード

3. 実験および結果

3.1 使用装置

- パーソナルコンピュータ：NEC PC-9801 DS
- 画像ボード：サイバーテック(株) CT-9801A
- CCDカメラ：(株)東芝 IK-542
- DSPボード：中部電機(株) ADSP322-50
- 開発言語：ボーランド(株) Borland C++ Ver.2
- TI(株) CPL320FLT-MS Ver.4.7

3.2 実験条件

取り込み画像の解像度は300dpi、文字認識範囲は縦104×横400画素(実寸8.8×33.8mm)である。また、文字の大きさは画面上で縦64×横48画素に収

まる大きさである。しかし、第2.2節で述べたように画面の偶数フィールドだけを抽出するため実際には縦32×横48画素となる。

文字には市販のスタンプを使用し、無地の紙上に黒インキで文字を印字したものをを用いた。図6にスタンプ文字の印字例を示す。

0(ゼロ)とO(オー)とは人間が見ても同じスタンプであったため区別しないこととした。そのため学習データは、1から9までと、AからZまでの計35文字で、1文字につき8データ延べ280データを用いた。

教師信号付きで学習を行い、35文字それぞれに対する教師信号と出力層との誤差の積算値が0.72以下となることを収束条件とした。

**A B E H I K M O P Q
R T U W X Z 1 3 6 7**

図6 スタンプ文字の印字例

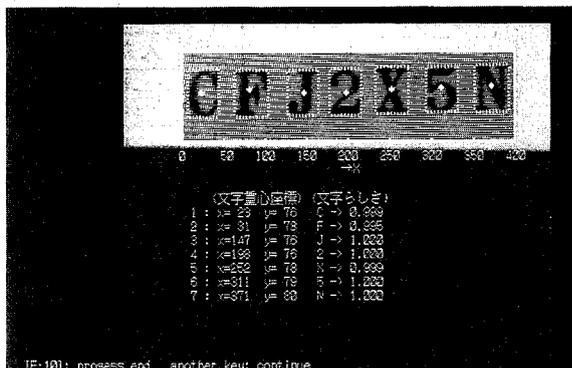


図7 認識の様子

3.3 認識実験

検査対象物をコンベア上に流しながら1文字につき21回の認識実験を行った。カメラのシャッター速度は1/500秒、コンベアの速度は0.139[m/s]である。そのうち誤認識が起りやすかった文字を表1に示す。ここでの認識率は21回の認識実験で正しく文字を認識した割合を示し、文字近さは認識文字の出力層ユニットの平均値を表したもので、この値が1.0に近いほど認識結果の文字が確からしいことを示す。どの文字も認識率が80%以上となってい

表1 文字認識結果

文字	D	I	M	W
認識率[%]	86	90	83	81
文字近さ	0.580	0.756	0.665	0.219

表2 文字の回転

文字	角 度				
	-10	-5	0	5	10
A	A	A	A	A	A
	0.641	0.965	0.995	0.973	0.489
E	E	E	E	E	E
	0.942	0.981	0.969	0.641	0.035
I	I	I	I	I	I
	0.117	0.969	0.988	0.854	0.220
M	M	M	M	M	M
	0.038	0.569	0.989	0.944	0.305
Q	Q	Q	Q	Q	Q
	0.977	0.997	0.999	0.996	0.183

上段：認識文字
下段：文字近さ

るが、文字近さが全体的に低いことがわかる。これは間違った文字として認識する可能性が高いことを示している。

表1以外の文字の認識率についてはすべて100%で、文字近さは0.9以上であった。また、数字については認識率100%で文字近さもすべて0.98以上であった。

次に文字の回転に対する認識能力について実験を行った。文字の傾きを0度に設定後、左右に回転させ認識率と文字近さを測定した。ここでは左回りを負、右回りを正とする。

各文字毎に回転方向に対する能力差はあるが、どの文字も±5度程度の回転に対する認識能力を持つことを確認した。結果を表2に示す。

今回処理時間の高速化を図る目的でDSPボード

表3 処理時間

文字	DSPなし	DSPあり	改善
学習時間[min]	2280	240	1/10
認識時間[sec]	4.9	4.2	6/7

にニューラルネットワークを構築した。その評価方法としてDSPボードを使用した場合と使用しない場合の処理時間を計測した。表3にその結果を示す。

ここで、学習時間は、AからJまでの10文字各3データ、延べ30データを用いて学習を行い、教師信号と出力層との誤差の積算値が0.02以下となるまでの時間である。また認識時間は、文字がカメラの前を通過してからシステムが7文字すべてを認識するまでの時間である。

4. 結 言

本年度開発したシステムにより、コンベア上を流れる文字列の認識が可能となった。特定の文字の認識率が低くなった理由としては、偶数フィールドのみを使用したため水平成分が失われやすくなったことや、学習データの数が1文字につき8個と少なかったことが考えられる。これらを改善するには、画像入力系にシャッター速度が速くノンインターレースのものを採用することや、学習データを増やすことが考えられる。

文字列認識時間については現在4.2秒であるが、さらに高速化するためには、1文字ずつではなく、文字列を一度にDSP側へ転送し一括処理することが考えられる。ただしそのためには、DSPボードのメモリを増やす必要がある。

今後の課題としては、DSPを画像処理部分にも適用して、さらに文字認識時間の短縮を図ることや、実際の現場においてシステムの評価実験を行うことがあげられる。

参 考 文 献

- (1) 南敏・中村納, 画像工学, コロナ社, 1989.
- (2) 上杉・尾崎・田中, ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究(第2報), 広島市工業技術センター年報第9巻, 1995.
- (3) 田村秀行監修, コンピュータ画像処理入門, 総研出版, 1985.
- (4) 田中・尾崎, ニューラルネットワークを利用した文字認識の研究(第1報), 広島市工業技術センター年報第8巻, 1994.

人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性に関する研究*

西山 修二

上杉 憲雄

竹島 透 (デルタ工業)

狩野 雄二 (デルタ工業)

研井 堅 (黒石鉄工)

運転姿勢が人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性に及ぼす影響を検討した。11名の被験者に対して正弦波及びランダム加振入力による振動実験を実施した。実験結果より、上腕部と前腕部の相対角度が人体各部の振動特性に及ぼす影響を明らかとした。

Research on Vibration Characteristics between Human Body and Seat, Steering Wheel, Pedals

Shuji NISHIYAMA, Norio UESUGI, Toru TAKESHIMA, Yuji KANO, Hisashi TOGII

To examine influence of driving posture on vibration characteristics between human body, seat, steering wheel and pedals. We performed a vibration experiment with both sinusoidal and random vibration for eleven subjects. As a result of the experiment, it was found that the arm angle of human exerts a serious influence upon human dynamic behavior.

Key Words : Human Dynamics, Ride Comfort, Driving Posture, Experimental Investigation, Seat, Steering Wheel, Pedals

1. まえがき

人間が乗り物や農業機械、建設機械などを操作する場合、人間はシート、ステアリングホイール、あるいはペダル等に常に接し、これらから人体各部に振動が伝達される。

人体がシート、ステアリングホイール、ペダル等から受ける振動を低減することは乗り心地及び操作性の観点から重要な課題である。

本研究は、人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系において、運転姿勢を決定する要因の一つである上腕部と前腕部との相対角度(以下アームアングルと記す)が人体各部の振動特性に及ぼす影響を検討する。手法としては、三軸振動試験装置の加振台上に本研究において開発したシート・ステ

アリング・ペダル系装置を設置し、シート上に着座した各被験者の人体各部に受ける振動特性の影響を実測する。

2. 実 測

三軸振動加振機上に、本研究で開発したシート・ステアリング・ペダル系装置を設置し、人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性を実測する。

振動試験は、成人男子9名、成人女子2名からなる計11名の被験者に対して実施する。被験者の人選は、身長、体重等の幾何学特性が現代人の日本人50パーセンタイル値⁽¹⁾及び運転経歴等を考慮して人選した。

人体系加速度の測定位置と測定方向は図1に示すように、人体の頭部、胴体部、上腕部、前腕部、大

*日本機械学会講演論文集(97-3) No.975-1 pp.269-270より転載(日本機械学会より転載許可)

腿部、下腿部の重心位置と尻下部の7箇所について加速度を測定する。測定方向は頭部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部は上下、前後方向を測定する。胴体部については、胴体部に沿った方向と胴体部に鉛直方向を測定する。尻下部は上下方向のみ測定する。

加速度センサー取付装置は前報⁽²⁾で開発したものを使用する。

シートの座面角度は19.5°とし、シートバック角度は110°とする。シート位置を前後にスライドさせてステアリングホイールとの位置関係を定め、アーム角度が90°、120°、150°、180°となるように設定する。アーム角度をパラメータとして人体各部の動的挙動に及ぼす影響を実測する。

加振条件は、正弦波加振とランダム波加振の2種類について行う。ランダム加振は参考値として活用する。

正弦波加振は、上下方向に全振幅3mmで2～20Hzまで実施する。2～20Hzの掃引時間は約90秒⁽³⁾とし、対数掃引する。

ランダム加振は、実在する路面上(国道188号線)をセダンタイプの車両が一定速度(60km/h)で走行した場合に車両のフロア上で観測された上下方向加速度を三軸振動試験装置で再現して加振する。

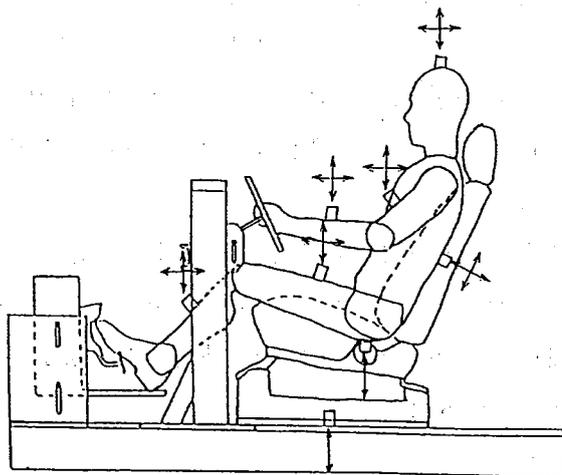


Fig.1 Measurement points and its directions

3. 実測結果

実測は、被験者のアーム角度を90°、120°、150°、180°となるように設定し、それぞれの場合について正弦波加振とランダム加振について実施した。

実測では、各被験者に対し人体各部の加速度を振動加振機ベース面加速度で除した値(以下加速度比と記す)を2～20Hzまでの各周波数についてもとめている。

表1、図2及び図3に正弦波加振した場合の実測結果の一部を示す。

表1は、11名の被験者の実測結果の平均値を示す。数値は人体各部のピーク値を示し、括弧内の数値はピークとなる時の周波数の値を示す。

Table 1 Average experimental results

Arm Angle Positions	90°	120°	150°	180°
Head	3.50(4.13)	3.56(4.09)	3.36(4.04)	3.43(3.94)
Chest	1.79(4.15)	1.84(4.10)	1.77(4.04)	1.76(3.94)
Hip	1.86(4.02)	1.93(3.96)	1.84(3.86)	1.88(3.85)
Thigh	2.18(7.17)	2.47(7.02)	2.56(6.33)	2.44(6.03)
Shin	2.60(8.49)	2.30(8.35)	2.27(7.22)	2.34(6.43)
Upper Arm	3.98(4.12)	4.05(4.16)	4.69(4.05)	4.79(4.00)
Lower Arm	2.12(3.97)	2.07(3.92)	2.30(3.85)	2.74(3.88)

図2及び図3は、特定の被験者の大腿部と上腕部の加速度比の周波数応答特性を示す。各図において、横軸は周波数を示し、縦軸は加速度比を示す。

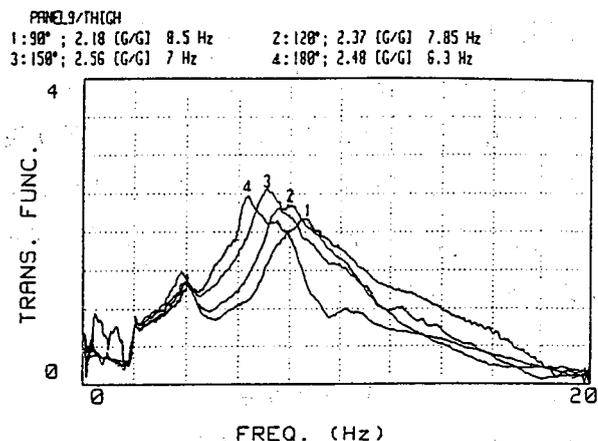


Fig.2 Experimental Results (Thigh)

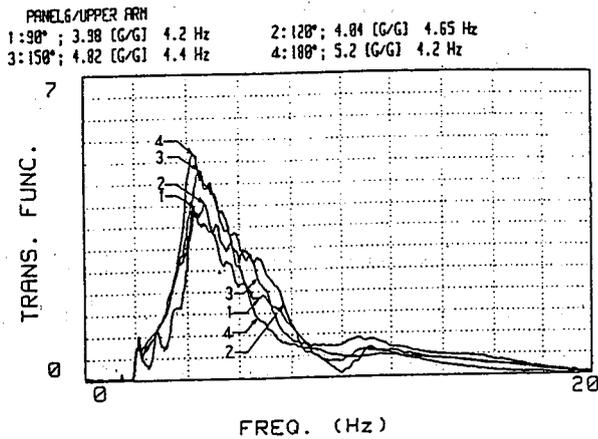


Fig.3 Experimental Results (Upper arm)

図2は被験者9(身長174cm、体重67kg、年齢48才)の大腿部の実測結果を示す。アームアングルによる影響が伺える。アームアングルが大きくなるとピークとなる周波数は小さくなり、アームアングルが90°の時が8.5Hz、アームアングルが180°で6.3Hzとなる。ピーク値は2.2~2.5の範囲である。また4Hz近傍で小さいピークが伺える。これは頭部など他の部分の共振の影響と考えられる。

図3は被験者6(身長175cm、体重58kg、年齢29才)の上腕部の実測結果を示す。アームアングルによる影響が多少伺える。ピークとなる周波数は4.0~4.8Hzの範囲であるがピーク値はアームアングルが大きくなるにつれ増加する。アームアングルが90°のときピーク値は3.9であるが、アームアングルが180°ではピーク値は5.2となる。さらにピーク後の波形も上下振動を繰り返しながら減衰していく特性を示す。

実測結果から頭部、胴体部、尻下部はアームアングルによる影響はあまり認められない。大腿部、下腿部、上腕部、前腕部はアームアングルの影響が現れる。また120°前後のアームアングルの場合が振動加速度比は小さくなり振動乗り心地上優位な運転姿勢であると考えられる。

4. あとがき

本研究で開発したシート・ステアリング・ペダル

系装置を使用して、性別、年齢、体型等が異なる11名の被験者による振動実測を実施した。人体、シート、ステアリングホイール、ペダル系の振動特性について検討し、人体各部の振動特性、人体の振動特性に及ぼすアームアングルの影響等を検討した。11名のみ被験者の試験結果から一般的な結論を導きだすことは必ずしも妥当とはいえないが、実測結果を整理し、明らかとなった結果をまとめると次のとおりである。

(1) シート・ステアリング・ペダル系の相対位置関係について実車を再現できる装置を開発し、人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の振動特性について計測可能となった。

(2) アームアングルが人体各部の振動特性に及ぼす影響が明らかとなった。

頭部、胴体部、尻下部は影響を受けない。しかし上腕部、前腕部、大腿部及び下腿部はアームアングルの影響を受けやすい。共振周波数及びピーク値に差異が生じる。

(3) 振動乗り心地の観点から望ましいアームアングルは120°前後であることが明らかとなった。

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

さらに、市場調査を実施して、自動車を運転している運転者のアームアングルの調査分析をし、乗り心地向上及び操作性の観点から理想的な運転姿勢を推進していきたい。

参 考 文 献

- (1) 河内・他7名, 生命工学工業技術研究所研究報告, 2-1 (1994), 1-188.

(2) 西山・武田・竹島, 着座姿勢が人体各部の振動特性に及ぼす影響(実験的研究), 機論, 61-590, C (1995), 3866-3873.

(3) 長松, モード解析入門, (1993), 255-256, コロナ社.

構造解析における解析精度の高精度化 (非線形構造解析の適用)

古谷 薫

自然界の物理現象は程度の差はあるが、すべて非線形現象であると考えられる。構造解析の対象分野においても解析精度の高精度化のためには非線形構造解析の適用が必要不可欠である。本研究では汎用プログラムを使用する場合に、使用する方程式の選択や、その係数の決定が特に複雑となる粘弾性解析について考察を行った。

Applying method of CAE program on structural nonlinear analysis.

Kaoru FURUTANI

By advances of computational engineering, we can use engineering simulation systems more effective in structural nonlinear analysis.

In this paper, considered about relation between creep strain curve and variables used in creep functions about these problems below.

- 1.creep strain.
- 2.relaxation.
- 3.creep strain and relaxation.

Key Words : Nonlinear Structural Analysis, creep, Bailey-Norton law

1. 諸 言

自然界の物理現象は程度の差はあるが、すべて非線形現象であると考えられる。

このような現象に対して古典的には、現象をモデル化し数学を駆使した解析が行われ、非線形問題の解析は困難であった。現在ではコンピュータ・シミュレーション技術の発達により非線形現象を精度良く解析することが可能となっている。

構造解析における非線形問題については、幾何学的非線形問題と材料非線形問題の2つに大別され、後者の場合については、さらに塑性、粘弾性の2つに分類することができる。

ここでは、汎用プログラムを利用して、非線形構造解析を行う場合に、使用する方程式とその係数の

取り扱いが特に複雑となる粘弾性解析について、考察を行った。

粘弾性材料が示す挙動としてはクリープおよび応力緩和の現象が挙げられる。前者の場合、クリープ・コンプライアンス (creep compliance) (あるいはクリープ係数)、また後者の場合、応力緩和係数 (relaxation modulus) (あるいは緩和弾性率) で特徴付けられる。クリープ・コンプライアンスは、応力を一定値に保ちひずみ変化を測定するクリープ試験により、また、応力緩和係数は、ひずみを一定値に保ち応力変化を測定する応力緩和試験により得られる。

クリープ試験、応力緩和試験の数値実験を行い、解析に使用する方程式の係数と解析結果の関係につ

いて解析を行った。

2. クリープ解析の概要

クリープ (creep) とは、物体に力が加わった場合に時間とともにその変形が進行する現象をいい、高温における金属材料にその典型的な例がみられる。

一定温度において、引張試験片に一定荷重を作用させて得られるクリープひずみ ϵ^c と時間 t の関係を示す線図をクリープ曲線 (creep curve) [図1] と呼ぶ。

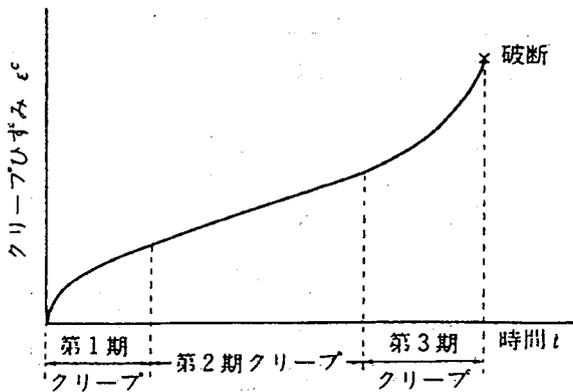


図1 クリープ曲線

典型的なクリープ曲線は三つの伸びの段階に分けられる。すなわち、クリープ初期における、ひずみ速度が時間とともに減少する第1期クリープ (primary creep)、ほぼ一定のひずみ速度をもつ第2期クリープ (secondary creep)、および、ひずみ速度が次第に増加し最終的に破断に至る第3期クリープ (tertiary creep) である。クリープ曲線は応力、温度により変化し、応力、温度が高いほどひずみは大きく、破断時間は短くなる。

第3期クリープが開始すると、その後短時間で破断に至ることが多いので、第3期クリープ開始点までの課程を応力解析の対象とするのが普通である。

[文献1]

3. 実験内容

I-DEAS Master series では、6種類のクリープ方程式が用意されている。

今回は、このうち次に示す Modified Bailey-Norton

law と呼ばれる方程式を使用して、

- (1) クリープひずみ
 - (2) 応力緩和
 - (3) 載荷・除荷におけるクリープひずみ、応力緩和
- について考察を行った。

Modified Bailey-Norton law

$$\epsilon = (C_1 \sigma)^{C_2} (C_3 t)^{C_4} + (C_5 \sigma)^{C_6} (C_7 t)$$

$$\dot{\epsilon} = C_3 C_4 (C_1 \sigma)^{C_2} (C_3 t)^{C_4 - 1} + C_7 (C_5 \sigma)^{C_6}$$

ϵ : クリープひずみ

t : 時間

C_2, C_4, C_6 dimensionless

C_1, C_5 - 長さ²/力

C_3, C_7 - 1/時間

この方程式は、定常クリープ速度を表わす式として一般に広く用いられている Norton 型の式

$$\dot{\epsilon}^c = k \sigma^n$$

の1つである、

Norton-Bailey の式

$$\dot{\epsilon}^c = k \sigma^n t^m$$

を基本としたものである。

この方程式では、第1期クリープ、第2期クリープの範囲の解析が可能である。

4. 解析結果

- (1) クリープひずみ

図2に示すような一端を固定されたはりの他端に $t=0$ で一定応力を作用させた場合の方程式の係数とひずみの時間変化の関係を表すクリープひずみ曲線を図3に示す。

方程式の係数は、 $C_1 = 2.0305 \times 10^{-9}$ 、 $C_2 = 1.06$ 、 $C_3 = 1 \times 10^{-4}$ 、 $C_4 = 0.5$ 、 $C_5 = 2.4656 \times 10^{-9}$ 、 $C_6 =$

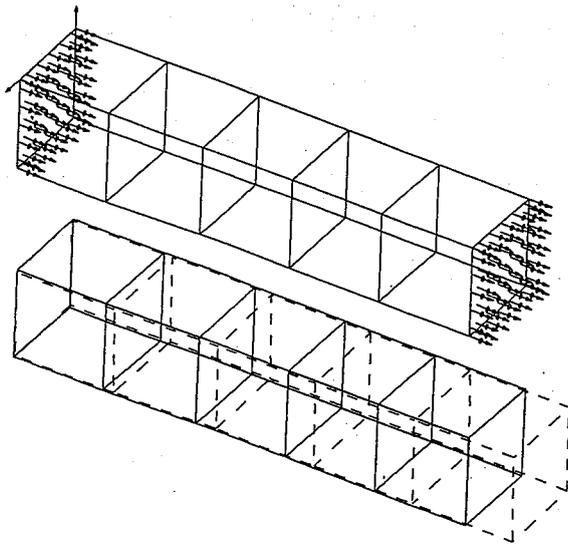


図2 解析モデル

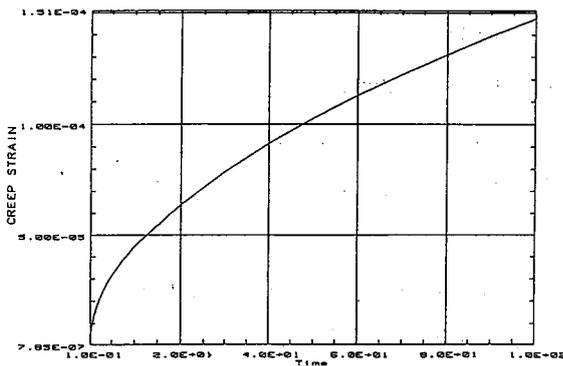


図3 クリープひずみ曲線の例

1.2、 $C_7 = 1 \times 10^4$ とした。[単位：mm,mN]

以降では、このクリープひずみ曲線を基に、 $C_1 \sim C_7$ の値を変化させてそれぞれの係数とクリープひずみ曲線の関係について考察を行った。

i) C_1, C_5 について

図4に C_1, C_5 とクリープひずみの関係を、図

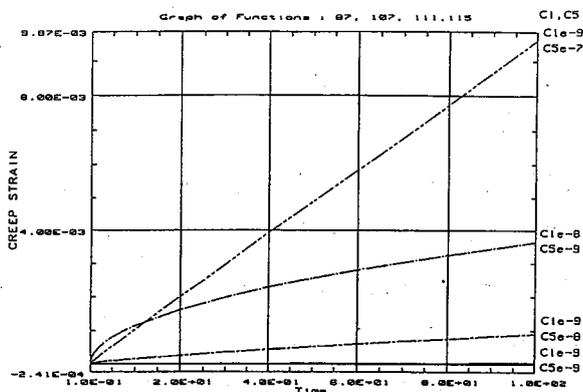


図4 C_1, C_5 とクリープひずみの関係

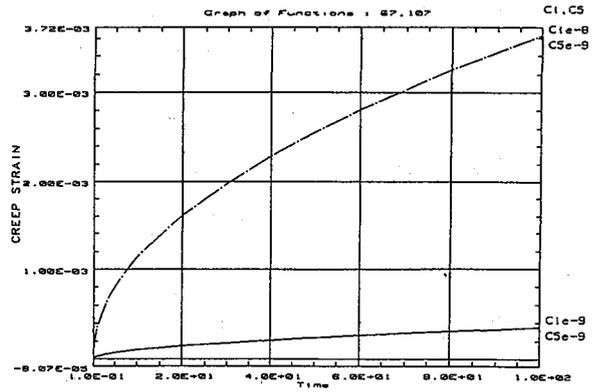


図4-1 C_1 とクリープひずみの関係

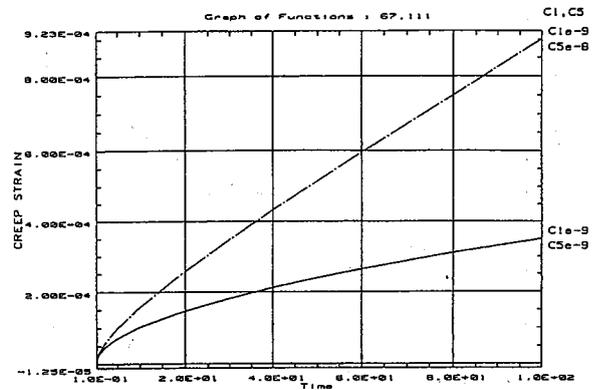


図4-2 C_5 とクリープひずみの関係

4-1に C_1 、図4-2に C_5 との関係を示す。

C_1, C_5 は、長さ²/力の次元を持つことから、材料の弾性に関係する。

図4-1から C_1 の値を小さくするとクリープひずみ曲線の立ち上がりが大きくなることが分かり第1期クリープに影響を与えることが分かる。

また、図4-2から C_5 の値を小さくするとクリープひずみ曲線の全体的に勾配が急になり、線形勾配に近づいていくことが分かり第2期クリープに影響を与えることが分かる。

ii) C_4 について

図5に C_4 とクリープひずみの関係を示す。

C_4 は無次元数である。第1項の t の累乗を表す係数であることから第1期クリープに関係する。 C_4 の値を小さくすると初期のクリープひずみが極端に大きくなることが分かる。

iii) C_3, C_7 について

図6に $C_3 = C_7$ の場合の C_3, C_7 とクリープひず

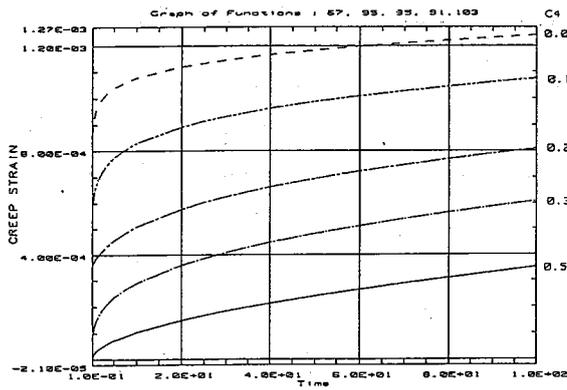


図5 C_4 とクリープひずみの関係

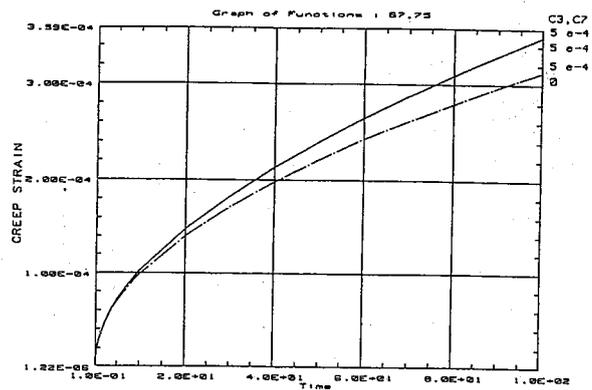


図6-2 C_7 とクリープひずみの関係

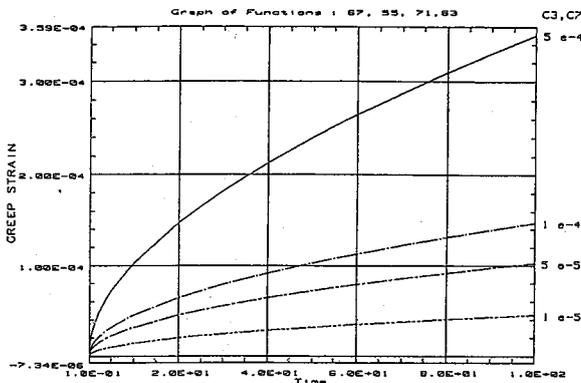


図6 $C_3=C_7$ の場合の C_3 、 C_7 とクリープひずみの関係

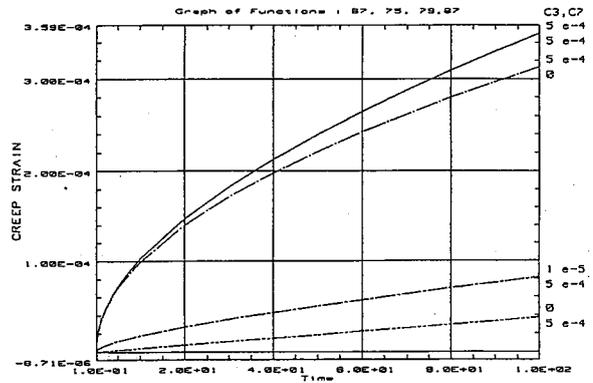


図6-3 $C_3 \neq C_7$ の場合の C_3 、 C_7 とクリープひずみの関係

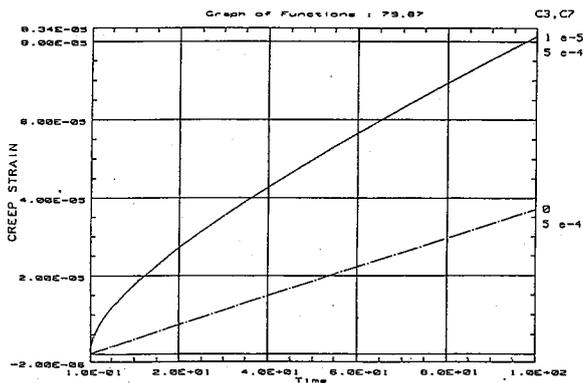


図6-1 C_3 とクリープひずみの関係

みの関係を示す。

C_3 、 C_7 は、1/時間の次元を持つことから、材料の粘性に関係する。

次に C_3 、 C_7 それぞれの変数の効果をみるために $C_3 \neq C_7$ の場合について解析を行った。

図6-1に C_3 、図6-2に C_7 とクリープひずみの関係を示す。この結果、 C_3 が第1期クリープに、 C_7 が第2期クリープに影響を与えることが分かる。

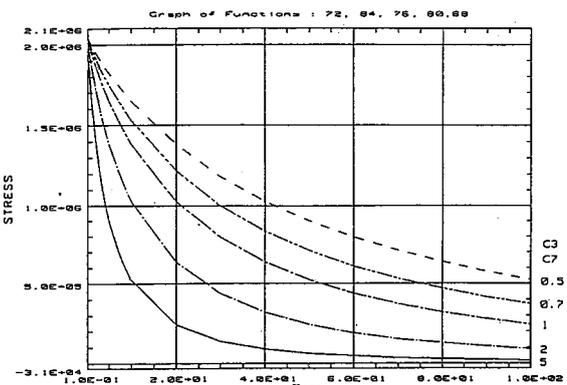


図7 C_3 、 C_7 と応力緩和の関係

図6-3に図6-1および図6-2を併記したものを示す。

(2) 応力緩和

$t=0$ で一定ひずみを作用させた場合の C_3 、 C_7 と応力の時間変化の関係を図7に示す。この結果から C_3 、 C_7 の値を小さくすることにより緩和時間が長くなることが分かる。

(3) 載荷・除荷を行った場合

部材に載荷・除荷が行われる場合、載荷時には時間とともにひずみが増加するクリープ挙動を表し、除荷時には応力除去後に時間とともにひずみが減少する回復を表す。ここでは、 $t=0\sim4$ の載荷の課程で荷重を直線的に増加させ、 $t=4\sim6$ の間、荷重を一定に保ち、 $t=6\sim10$ の除荷の課程で荷重を直線的に0まで減少させた場合について

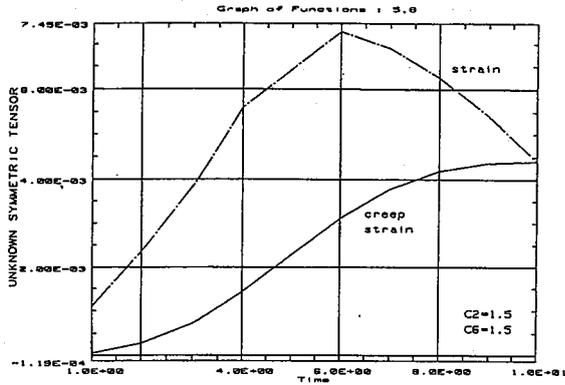


図8 クリープひずみ曲線、ひずみ曲線

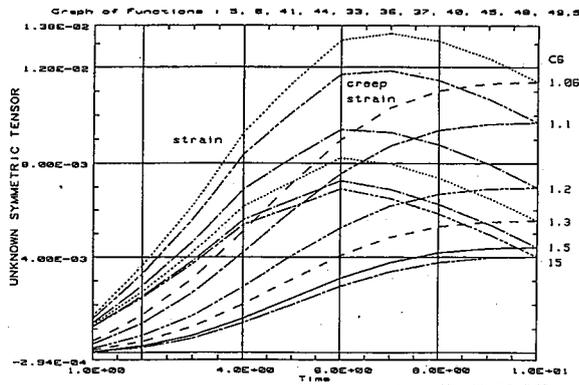


図8-1 C2を変化させた場合のクリープひずみ曲線、ひずみ曲線

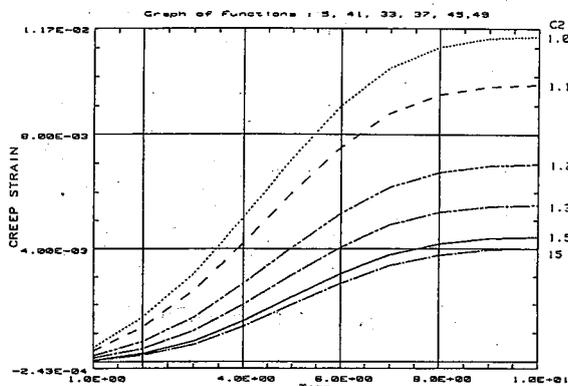


図8-1 (a) C₂とクリープひずみの関係

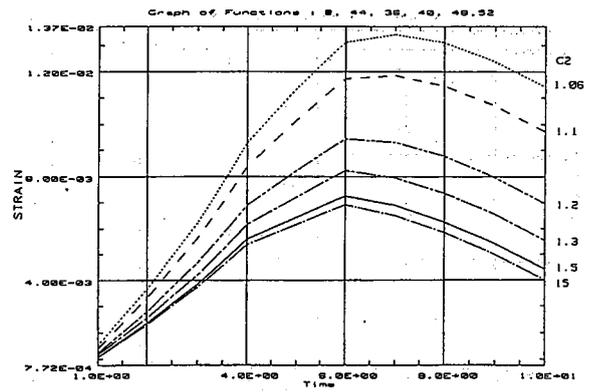


図8-1 (b) C₂とひずみの関係

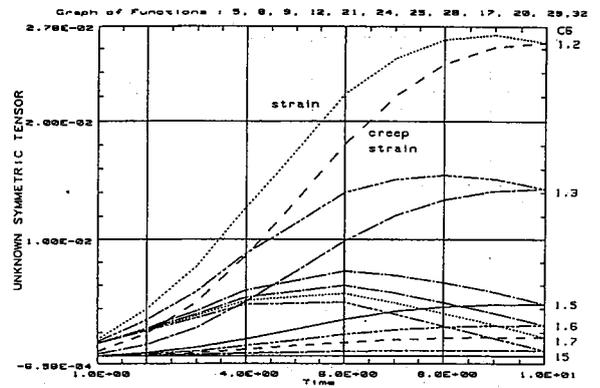


図8-2 C₆を変化させた場合のクリープひずみ曲線、ひずみ曲線

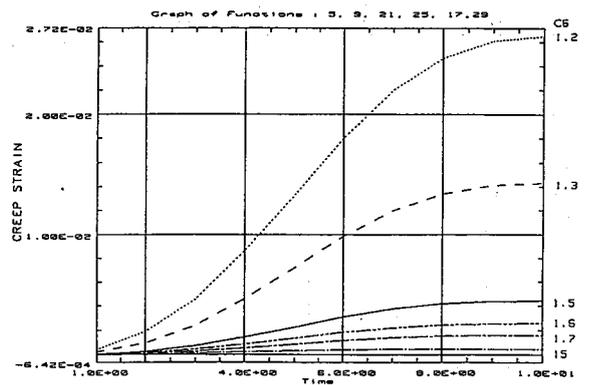


図8-2 (a) C₆とクリープひずみの関係

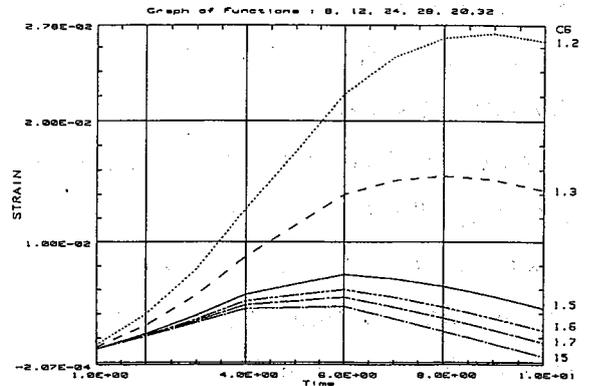


図8-2 (b) C₆とひずみの関係

解析を行い、 C_2 、 C_6 とクリープひずみ、ひずみとの関係を求めた。解析結果を図8、図8-1、図8-2に示す。この結果、荷重を一定に保持した状態でもクリープが進み、また、除荷後も、残留ひずみが存在することが確認できる。

5. 結 言

数値実験により得られた解析結果と実際の実験結果を比較することにより、逆問題、カーブフィット

等の手法を用いて、使用するクリープ方程式の決定や方程式の係数の同定等に活用することが可能となり、製品設計への応用が可能となった。

文 献

1. 有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導会
矢川元基、宮崎則幸、サイエンス社
2. 新版 機械工学便覧 日本機械工学会編 丸善

H8/3048F用フラッシュメモリライタの開発

尾崎 清

日立製ワンチップマイコンH8/3048Fは、フラッシュメモリ(128kバイト)を内蔵している。フラッシュメモリの特徴はオンボードでプログラムを書き換え可能なことであるが、そのためには仕様で定められた書込手順に従う必要がある。今回は、パソコンで作成した実行形式プログラムをシリアル通信でターゲットCPUに書き込めるフラッシュメモリライタを開発したので報告する。なお、このライタはわずかなプログラム変更でフラッシュメモリを内蔵した他のH8シリーズCPUにも対応可能である。

Development of Flashmemory Writer for H8/3048F CPU

Kiyoshi OZAKI

Hitachi's single chip microcomputer H8/3048F build in 128K-byte Flashmemory. Though a characteristic of Flashmemory is to be able to rewrite program on board as it is, It is necessary to observe specified writing procedure. This paper reports on development of Flashmemory Writer which can write absolute object program using PC to target CPU with serial communication. In addition this Flashmemory Writer is capable of applying other H8 series CPU only making a slight alteration in program.

Key Words : Flashmemory, single chip microcomputer

1. 緒言

ワンチップマイコンH8/3048Fを評価、活用するための基盤整備としてCPUボード、及びデバッグツールであるリモートモニタの開発を行ったことは既に報告⁽¹⁾している。このことにより、パソコンさえあればプログラム作成からシステムデバッグまでを手軽に行うことが可能となっている。この後、システムデバッグを終了したプログラムを不揮発性メモリ(以後、ROMという。)に書き込むことによりマイコン開発が完了する。通常、ROMとしてUV-EPROMを使っている場合は書き込むためのツールとして市販のROMライタを使用する。一方、H8/3048FはROMとして電氣的に書き換え可能なフ

ラッシュメモリを内蔵しており、その最大のメリットはオンボードで消去、書き込みができることである。ここでは、そのための専用ツールであるフラッシュメモリライタの開発を行ったので報告する。

2. 設計コンセプト

H8/3048Fのフラッシュメモリをオンボードで書き換える方式にはブートモードとユーザプログラムモードの2種類ある。ユーザプログラムモードではメモリのブロック(大小16ブロック)ごとに単独の書き換えができる。しかし、そのための書き込み制御プログラムを最初にフラッシュメモリに書き込む必要があり、その際ブートモードが必要になる。ま

た、プログラムの書き換えは、アドレスの変更を伴うためブロック単位よりも、プログラム全体が対象になる場合が多い。このような理由から今回はブートモードによる方式を採用した。

フラッシュメモリライタの設計コンセプトは次のとおりである。

- ① 書き込み方式はブートモード
- ② パソコンのOSはプログラミング環境と同一にするためMS-DOSとする。
- ③ ライタの回路はできるだけシンプルにする。
- ④ プログラムの暴走等による誤書き込みやメモリの破壊を防止する機能を持たせる。
- ⑤ 通信速度は可能な限り速くする。

3. ブートモードの概要

ブートモードで書き込む場合の手順は次のようになる。

- ① H8/3048FのV_{pp},MD2,RESET端子への印加電圧、及び印加タイミングを制御しH8/3048Fをブートモードで立ち上げる。
- ② H8/3048Fに内蔵されたブートプログラムが起動し、パソコンとシリアル通信を行いながら予めパソコン側で作成しておいた「書込制御プログラム」をH8/3048Fの内蔵RAMに転送する。
- ③ 転送した「書込制御プログラム」に実行を移し、パソコンとシリアル通信を行いながら書き込みたい「アプリケーションプログラム」をフラッシュメモリに書き込む。
- ④ H8/3048FのV_{pp},MD2,RESET端子への印加電圧、及び印加タイミングを制御しブートモードを終了する。

以上の流れを図1に示す。図からフラッシュメモリライタはブートモードの起動・終了における電気的な制御を主な役割としていることがわかる。パソ

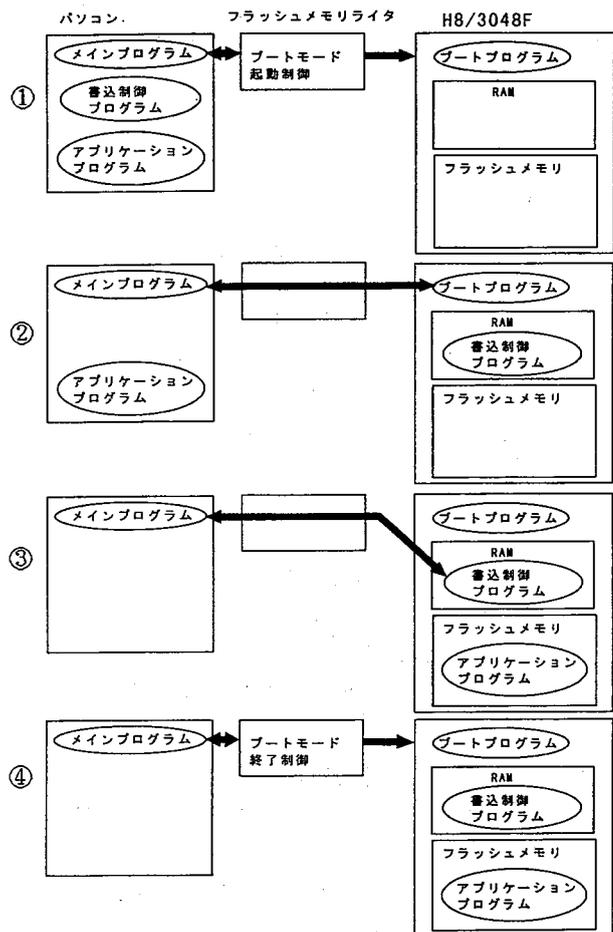


図1 ブートモード書込の手順

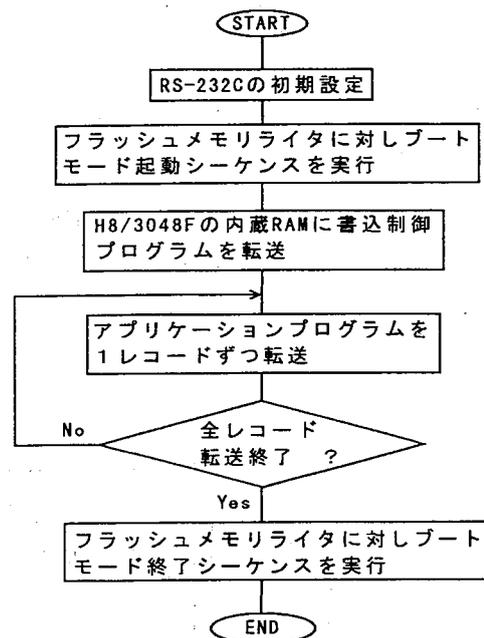


図2 メインプログラムのフローチャート

コン側メインプログラム、書込制御プログラム、フラッシュメモリライタ側プログラムのフローチャートを各々図2、図3、図4に示す。また、ブートモー

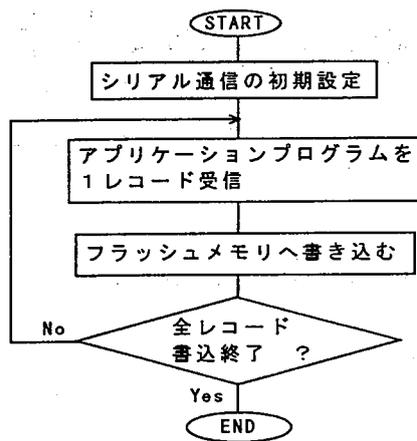


図3 書込制御プログラムのフローチャート

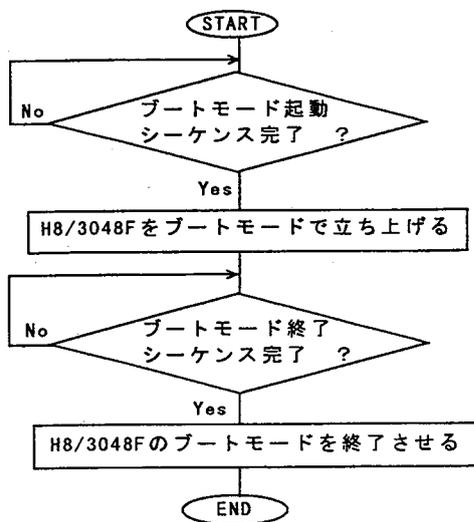


図4 フラッシュメモリライター側プログラムのフローチャート

ド起動時、終了時にH8/3048FのV_{pp}, RESET, MD2各端子に印加する制御信号を図5に示す。ただし、V_{pp}とMD2は全く同じ電圧、タイミングであるのでV_{pp}のみを示す。

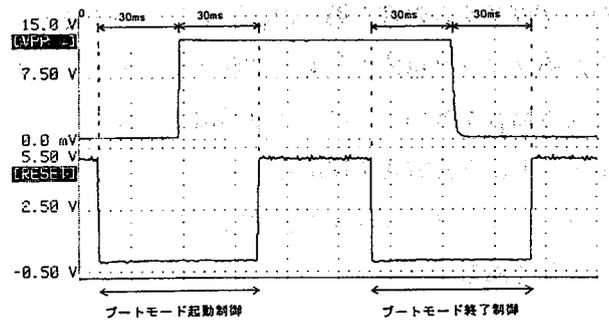


図5 ブートモード制御信号

4. フラッシュメモリライタの概要

内部ブロックを図6に示す。

電圧レベル変換部はパソコンからのRS-232Cレベルの信号をTTLレベルに、また逆にH8/3048FからのTTLレベルの信号をRS-232Cレベルに変換する。

リセット信号制御、12V電源印加制御、パソコンとの通信制御等の制御部には小型のワンチップマイコンPIC16C84を用いソフトウェアで制御を行うことにより回路をシンプルにしている。なお、パソコンとの通信制御ではRS-232Cの制御信号RTS, CTS, DSRを使ってブートモード開始、終了のシーケンス制御を行っている。これは、RS-232C信号が不用意に変化することにより偶発的にフラッシュメモリへの書き込みが起り、メモリの破壊や誤書き込みが生じないようにするためである。

12V電源生成部にはインダクタ不要で5Vから12Vを生成できる電源IC MAX662Aを使用し、やはり回路をシンプルにしている。

12V印加、停止のスイッチングはトランジスタで行っている。また、H8/3048Fの電源電圧が定格を

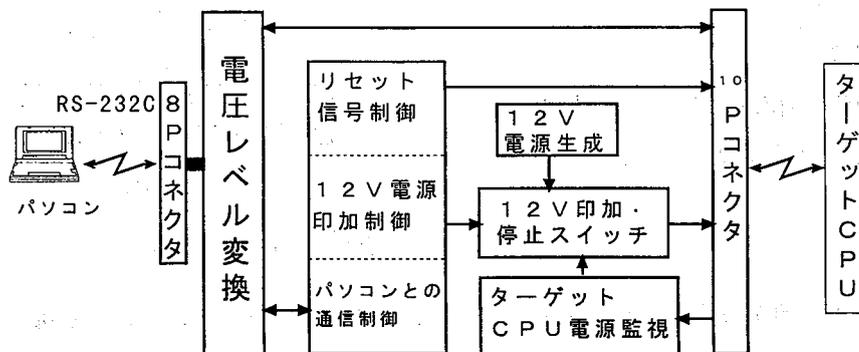


図6 フラッシュメモリライターブロック図

満たしていない場合は12Vが印加できないように監視機能を持たせてある。このことによりフラッシュメモリへの誤書き込み、誤消去等の防止を可能としている。

表1 フラッシュメモリライタ仕様

ホストコンピュータ	PC9801 (5MHz系、8MHz系)
インターフェース	RS-232C
通信速度	9600bps
書込対象ファイル	MOTOROLA Sフォーマット
書込モード	ブートモード
電源	DC 5V

表2 コネクタ1

番号	信号名
1	TxD
2	RxD
3	RTS
4	CTS
5	DSR
6	GND
7	DCD
8	DTR

表3 コネクタ2

番号	信号名
1	GND
2	GND
3	TxD
4	RxD
5	RESET
6	Vin
7	Vpp
8	MD2
9	GND
10	GND

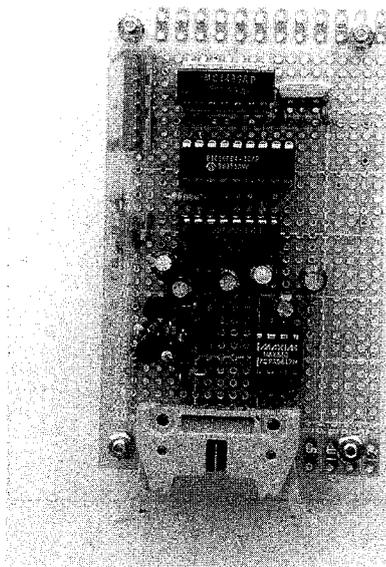


図7 フラッシュメモリライタ

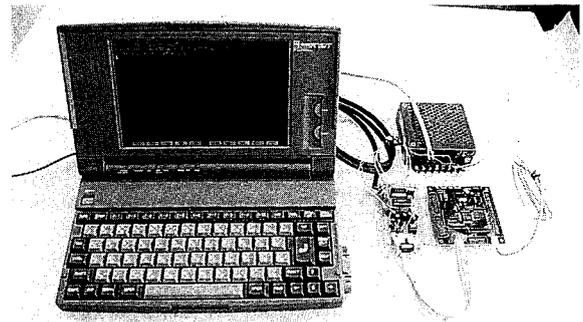


図8 書き込みの様子

フラッシュメモリライタの仕様を表1、コネクタのピン配置を表2、表3、本体を図7、書き込みの様子を図8、回路図を図9に示す。

5. 結 言

H8/3048Fの最大の特徴であるフラッシュメモリ用ライタの開発により、パソコンをプラットフォームとするH8/3048Fの開発環境をすべて整えることができた。この技術を応用すれば遠隔地にある電子機器のリモートチューニングやROM化も可能である。今後は、機能が豊富なH8/3048Fをメカトロニクスや計測制御モジュールに利用してゆく予定である。

参 考 文 献

- (1) 尾崎・平松, H8/3048F CPUボードの開発, 広島市工業技術センター年報第9巻(1995)
- (2) (株)日立製作所; H8/3048F-ZTAT ハードウェアマニュアル
- (3) (株)ライフポート; ICCユーザーズガイド
- (4) Microchip Technology Inc.; PIC16/17 MICROCONTROLLER DATA BOOK
- (5) Microchip Technology Inc.; MPASM ASSEMBLER USER'S GUIDE

車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発 (乗員挙動に及ぼすシート位置の影響)

西山 修二

Development of Simulation System on Vehicle-Occupant Dynamic Interaction (Influences of Seat Position on Human Comfort)

Shuji NISHIYAMA

My first report detailed a 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 former reports, the effects of sitting posture of seat system for occupants and parameter of seat/occupant system on human dynamic behavior were investigated. This paper presents the effects of seat positions of occupant system on human dynamic behavior. Both frequency response in the frequency range of 1 to 30 Hz and transient response considering the surface roughness of irregularity at the speed of 40, 80, and 160 km/h for different seat positions are investigated. As a result, it is found that seat positions of occupant seat system exert a serious influence upon human vibration.

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

1. 緒 言

車両が走行すると、路面の凹凸に起因する外力は前後輪のタイヤ、サスペンションを介して車体へと伝達される。セダンタイプの車両では前席、後席とシートが設置されている。ワゴン車あるいは大型バス等では多数のシートが設置されており、シート位置の違いにより、乗員が受ける振動特性に差異が生じることが予測される。車両開発において、振動乗り心地の面からシートの最適位置を決定することも必要となる。特に、大型バス等では、各シート位置で乗員が受ける振動特性を定量的に把握して、乗り心地向上を図ることが必要である。シート位置による影響について詳細に検討された報告例は見受けられない。

前報⁽¹⁾⁽²⁾では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。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⁽³⁾および乗員/シート系パラメータが乗員の振動特性に及ぼす影響⁽⁴⁾等を定量的に検討した。さらに、車両—乗員系の連成振動を考慮した上下・左右・ローリング振動解析⁽⁵⁾および車両—乗員—道路橋系の連成振動を考慮した振動解析⁽⁶⁾⁽⁷⁾等までシステムを拡張し、種々の現象を解析した。開発したシステムの振動モデルは新規性・高度性を有し、信頼性が高いシステムであることを実証した。

本報では前報⁽¹⁾⁽²⁾で開発したシステムのアプリケーションとして、シート位置が乗員挙動に及ぼす影響について検討する。シート位置が振動乗り心地に及ぼす影響について詳細に検討することは乗り心地向上をはかるうえにおいて重要な課題である。

2. 振動モデル

本報で適用する計算システムの振動モデルを図1に示す。また、本報で使用する主な記号の説明を以下に示す。添字でe, fおよびrはそれぞれエンジン、フロントおよびリアを意味する。

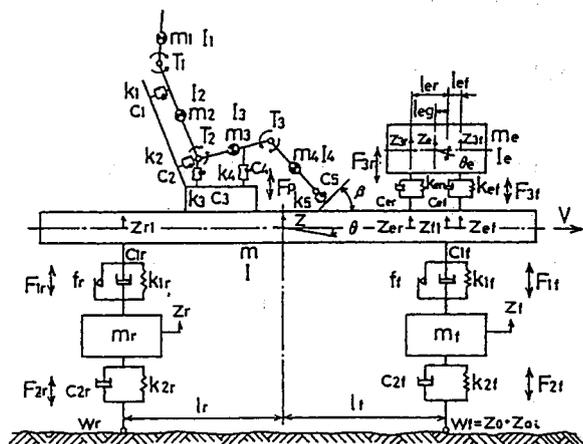


図1 車両-乗員系モデル

記号の説明

乗員/シート系

- m_i ($i = 1, 2, \dots, 4$) : 頭部と頸部、胴体部、大腿部、下腿部の質量
- I_i ($i = 1, 2, \dots, 4$) : 乗員各部の慣性モーメント
- β : フットレスト角度
- l_A, l_B : シート位置を決定するパラメータ
- k_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) : 乗員支持点のばね定数
- c_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) : 乗員支持点の粘性減衰係数
- T_i ($i = 1, 2, 3$) : 頸部、腰部、膝部関節のフリクションモーメント
- 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_G : 車体重心
- 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

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

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 : ホイールベース

l_f, l_r : 前軸、後軸と車体重心間距離

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} : 懸架装置での作用力

F_{2f}, F_{2r} : タイヤ接地点の作用力

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

本研究で使用する計算システムの車両-乗員系の振動モデルは12自由度のモデルである。乗員系は頭部と頸部、胴体部、大腿部及び下腿部の四つの剛体としてモデル化している。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および車体とエンジンのピッチング運動を考慮している。図2はシートの位置関係を示す。

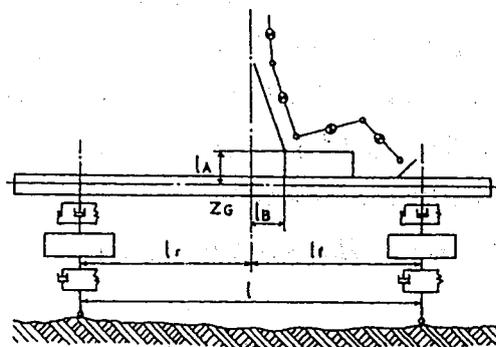


図2 シート位置

3. シート位置による影響

車両-乗員系の計算諸元及び初期値は前報⁽¹⁾⁽²⁾の値を使用する。シート位置寸法 l_A 、 l_B をパラメータとして、乗員挙動に及ぼすシート位置の影響を検討する。影響を検討するにあたり、本報では周波数特性と凹凸路面走行特性について考慮する。

3.1 周波数特性

周波数応答は車両の前軸と後軸を同位相で加振する。加振する全振幅は5mmとする。詳細な手法は前報⁽¹⁾⁽²⁾のとおりとする。シート位置が車両の車体重心、前軸、後軸、重心上部および重心下部の位置における特性を計算する。

図3はシート位置寸法 $l_A=0$ 、 $l_B=0$ すなわち車体重心における計算結果を示す。図3の横軸は周波数を示し、縦軸は乗員各部の上下方向加速度 (rms 値) を示す。3.3Hzと12.2Hzにおいて顕著なピークが認められる。最初のピークは乗員系の共振によるもの⁽¹⁾⁽²⁾であり、二番目のピークはばね下質量の共振に起因するもの⁽¹⁾⁽²⁾と考えられる。周波数がさらに大きくなると加速度は一定値に減衰していく。

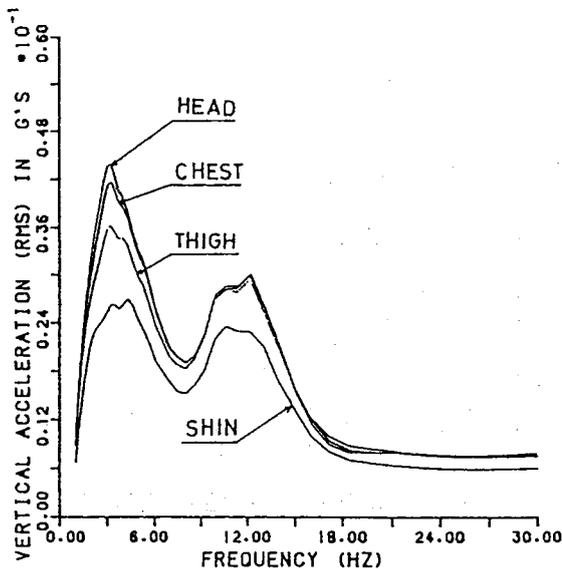


図3 乗員の加速度 (重心位置)

図4から図8はシート位置を種々変化させた場合の乗員各部の上下方向加速度比を示す。これらの図の横軸は周波数を示す。また縦軸は乗員各部の上下

方向加速度比を示す。加速度比は乗員各部の加速度 (rms 値) と車体重心上下方向加速度 (rms 値) との比を示している。

図4はシート位置が車体重心位置 ($l_A=0$ 、 $l_B=0$) における乗員の頭部、胴体部、大腿部および下腿部の上下方向加速度比を示す。頭部、胴体部、大腿部および下腿部のピーク値とそのときの周波数は、それぞれ1.60 (3.48Hz)、1.52 (4.0Hz)、1.38 (4.29Hz)、1.10 (4.29Hz) となる。さらに周波数が増加すると漸減変曲しつつ、一定値に減衰していき、30Hzではそれぞれ0.28、0.27、0.27、0.21となる。

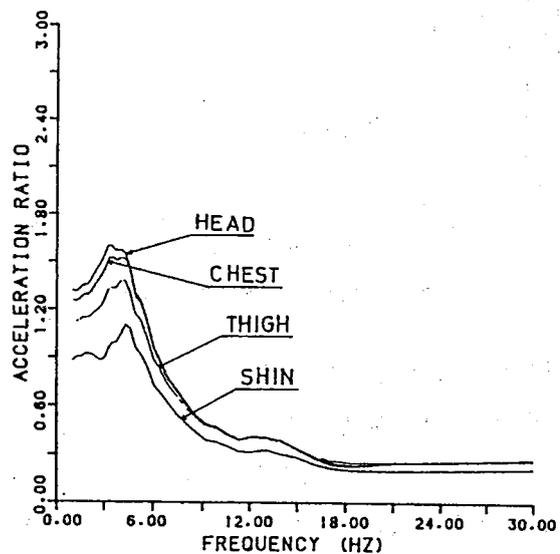


図4 乗員の加速度比 (重心位置)

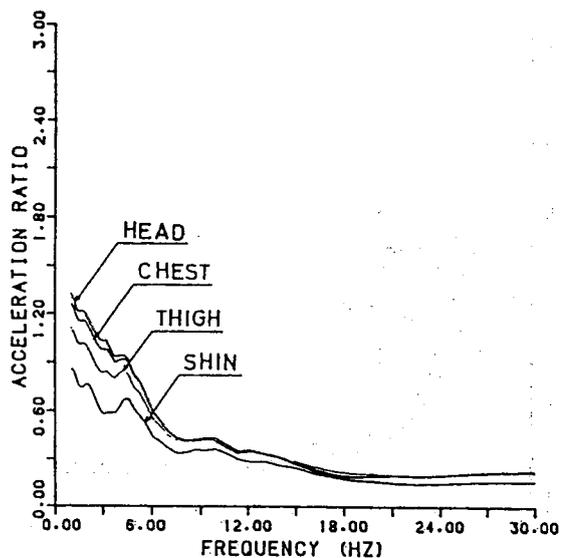


図5 乗員の加速度比 (前軸位置)

図5はシート位置が前軸位置 ($l_A=0$ 、 $l_B=l_f$) における乗員の上下方向加速度比を示す。前軸位置では周波数全域にわたって加速度比が低くなる。低周波数域で顕著なピークが現れず加速度比は特に低くなる。

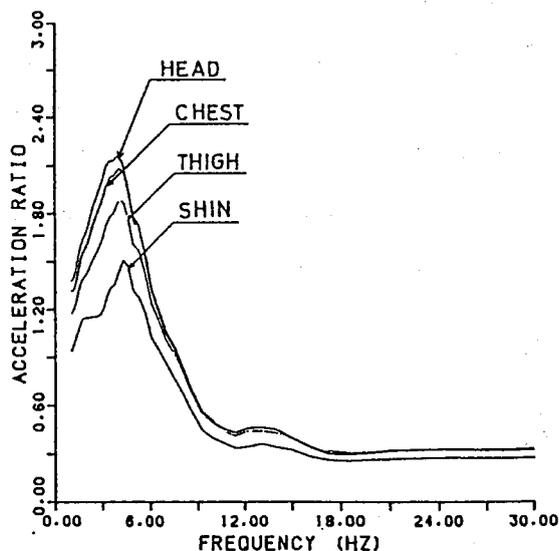


図6 乗員の加速度比 (後軸位置)

図6はシート位置が後軸位置 ($l_A=0$ 、 $l_B=l_r$) における乗員の上下方向加速度比を示す。後軸位置での加速度比は低周波数での加速度比が高くなる。頭部、胴体部、大腿部及び下腿部のピーク値とそのときの周波数は、それぞれ2.15 (4.0Hz)、2.08 (4.0Hz)、1.87 (4.29Hz)、1.50 (4.29Hz) となる。さらに、

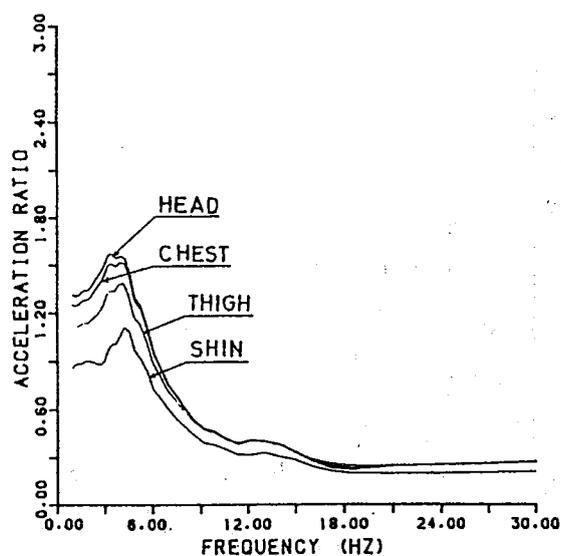


図7 乗員の加速度比 (重心上部位置)

30Hzではそれぞれ0.33、0.32、0.32、0.27となる。

図7はシート位置が重心上部位置 ($l_A=0.4m$ 、 $l_B=0$) における乗員の上下方向加速度比を示す。頭部、胴体部、大腿部および下腿部のピーク値とそのときの周波数はそれぞれ1.57 (3.48Hz)、1.51 (3.48Hz)、1.33 (3.48Hz)、1.11 (4.29Hz) となる。30Hzでは、それぞれ0.28、0.26、0.26、0.21となる。

図8はシート位置が重心下部位置 ($l_A=-0.4m$ 、 $l_B=0$) における乗員の上下方向加速度比を示す。頭部、胴体部、大腿部および下腿部のピーク値とそのときの周波数は、1.62 (3.48Hz)、1.53 (3.48Hz)、1.37 (4.29Hz)、1.09 (4.29Hz) となる。30Hzではそれぞれ0.27、0.27、0.26、0.21となる。シート位置が上下方向に変化した場合は影響はあまり認められないようである。周波数応答では、低周波数域でシート位置による影響が大きく、周波数が3~4Hzの帯域でのピーク値はシート位置が車体重心から前軸方向では加速度比が小さくなり、後軸方向では大きくなる傾向を示す。

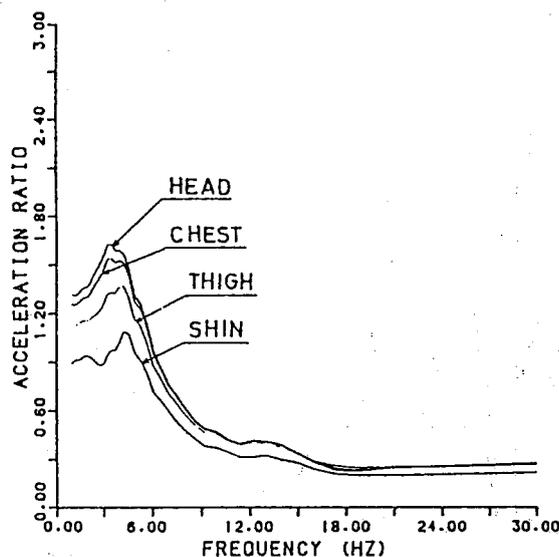


図8 乗員の加速度比 (重心下部位置)

3・2 凹凸路面走行特性

走行速度が40 km/h、80 km/h、160 km/hの場合についてシート位置が乗員挙動に及ぼす影響を検討する。手法としては、シート位置が前後方向に変化する

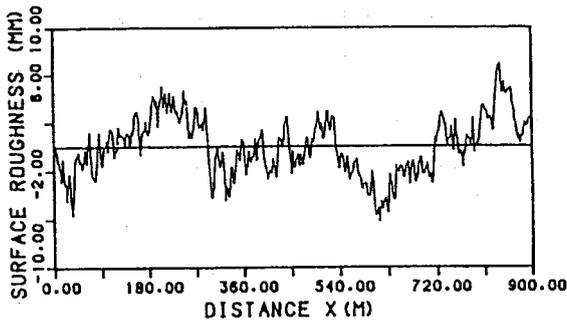


図9 路面の凹凸

る場合は $l_A = 0$ とし、 $l_B = 1/10 \times n$ ($n = -7 \sim 7$)の範囲で影響を検討する。シート位置が上下方向に変化する場合は $l_B = 0$ とし、 l_A が $0.4 \sim -0.4$ mの範囲で影響を検討する。路面入力としては図9に示す路面の凹凸⁽¹⁾⁽²⁾を考慮する。乗員各部の加速度の二乗平均平方根 (rms 値) を算出し、これらの値をシート位置を決定するパラメータに対する代表値とする。

図10、図11は走行速度が40 km/hの場合のシート位置と加速度の関係を示す。図で横軸はシートの前後方向位置を決定するパラメータ l_B を示す。縦軸は加速度を示す。図10は上下方向加速度を示す。乗員各部の加速度は n が1~2において極小となり、 n がこれより大きくなるかあるいは小さくなると加速度は増加していく。頭部、胴体部、大腿部はシート位置による影響が特に大きい。図11は前後方向加速度に及ぼすシート位置の影響を示す。頭部と胴体部は n が大きくなると加速度は高くなる。大腿部と下腿部は n が-3~-4において極小となる。

図12、図13は走行速度が80 km/hの場合のシート

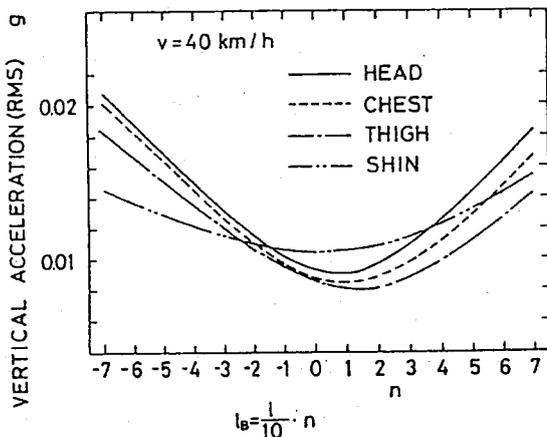


図10 シート位置と上下方向加速度の関係

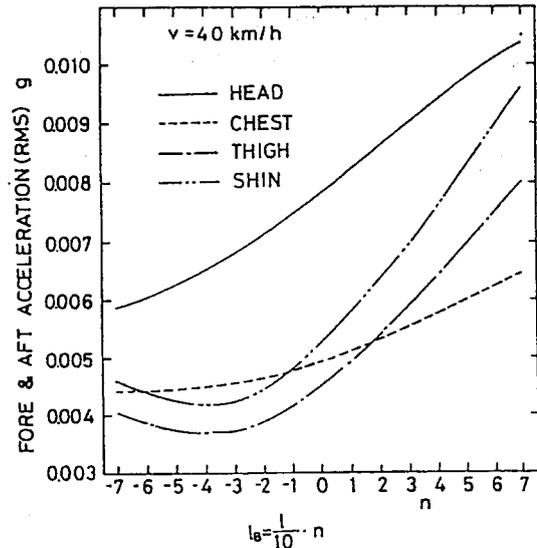


図11 シート位置と前後方向加速度の関係

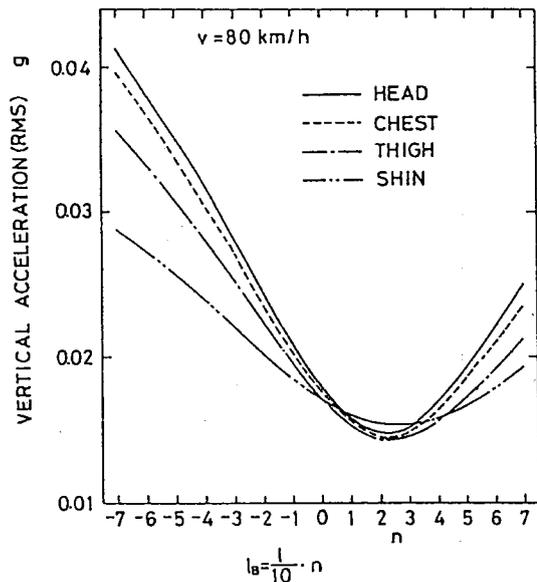


図12 シート位置と上下加速度の関係

位置と加速度の関係を示す。図12は上下方向加速度を示す。上下方向加速度は n が2近傍で極小となる。

図13は前後方向加速度を示す。頭部は n が-3近傍で極小となり、胴体部は変化が緩慢であり、 n が-1~-2で極小となり、大腿部と下腿部は n が2~3で極小となる。

図14、図15は走行速度が160 km/hの場合のシート位置と加速度の関係を示す。図14は上下方向加速度を示す。各部ともシート位置の変化の影響の大きく n が3~4で極小となる。図15は前後方向加速度を示す。頭部と胴体部は n が-2近傍で極小となり、

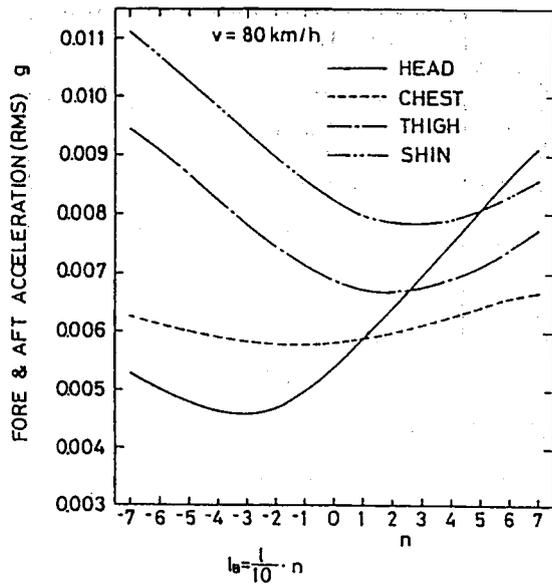


図13 シート位置と前後加速度の関係

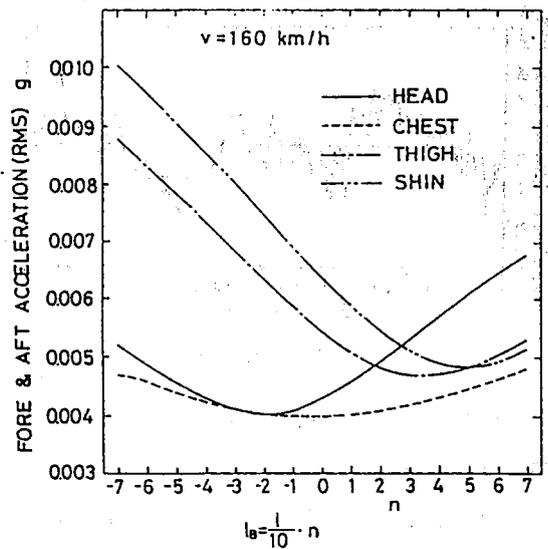


図15 シート位置と前後加速度の関係

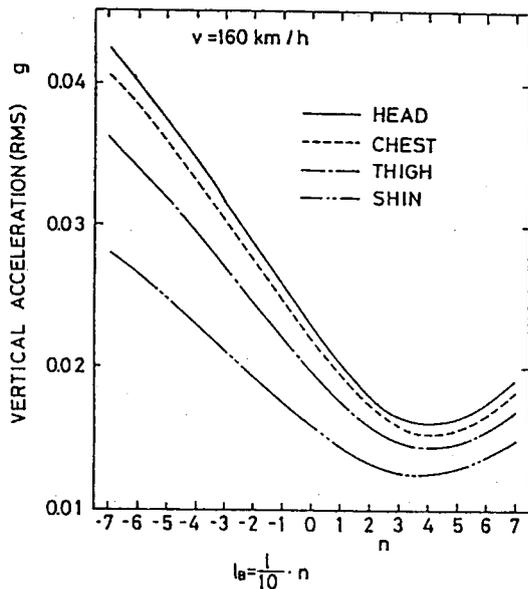


図14 シート位置と上下加速度の関係

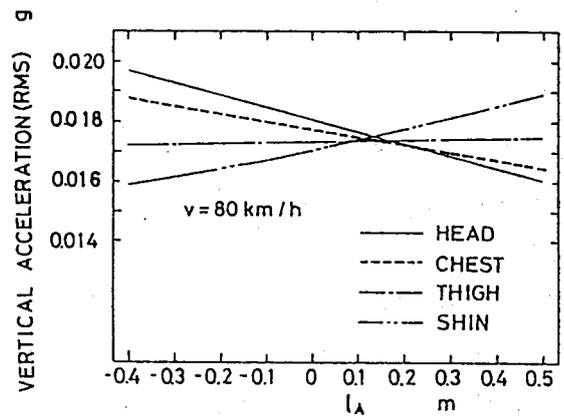


図16 シート位置と上下加速度の関係

大腿部は n が3近傍、下腿部は n が5近傍で極小となる。

図16はシート位置が上下方向に変化した場合の計算結果を示す。車速は $v = 80 \text{ km/h}$ の場合で、 $l_B = 0$ とし、 l_A が $-0.4 \sim 1.4 \text{ m}$ の範囲で乗員挙動に及ぼす影響を示す。図で横軸はシート位置の上下位置を決定するパラメータ l_A を示す。縦軸は加速度を示す。 l_A が大きくなると、頭部と胴体部の加速度は減少する。逆に大腿部と下腿部は増加する。 l_A が 0.1 m 近傍で乗員各部の加速度の曲線は交差する。

4. 結 言

乗員挙動に及ぼすシート位置の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ようになる。

- (1) 周波数応答特性において、乗員/シート系の共振点近傍の周波数域ではシート位置による影響が大きい。シート位置が車両の前軸から後軸に移動するに連れて、周波数が $3 \sim 4 \text{ Hz}$ の帯域の加速度が高くなる。
- (2) 凹凸路面走行特性において、上下方向加速度は、走行速度にもよるが、 n が $1 \sim 5$ の範囲において、極小値をとる。速度が大きくなると極小となる n が大きくなる。前後方向加速度についても極小となる n が存在し、速度が大きくなると、極小とな

る n が大きくなる。上下および前後方向加速度とも前軸及び後軸に近づくと共に加速度は高くなる傾向を示す。

本研究はセダンタイプの車両諸元を使用して、振動特性を明確にしたが、前後2軸車輪を有する車両に対しても適用可能である。本研究結果は車両開発にあたり、有益な設計資料になるものと考えられる。さらに、路面入力あるいは車速に応じてシート位置を最適に制御し、快適な乗り心地を得ることも可能と考えられる。この種の車両開発は今後の課題となろう。

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。

文 献

- (1) 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, 理論解析及びシステム検証), 日本機械学会論文集, 59-568, C(1993), 3613-3621.
- (2) Nishiyama, S., Development of a Vehicle-Occupant Dynamic Interaction Simulation System, Proceedings. ASIA-PACIFIC VIBRATION CONFERENCE '93 (1993), vol. 2, 825-830.
- (3) 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), 日本機械学会論文集, 59-568, C(1993), 3622-3629.
- (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3報, 乗員挙動に及ぼす乗員・シート系パラメータの影響), 日本機械学会論文集, 60-573, C(1994), 1509-1516.
- (5) 西山, 車両-乗員系の連成振動を考慮した乗員の上下・左右振動解析, 日本機械学会論文集, 59-567, C(1993), 3239-3246.
- (6) 西山, 車両-乗員-高架道路橋系連成振動特性に関する研究(車両と乗員挙動に及ぼす高架道路橋不同変位の影響), 日本機械学会論文集, 59-565, C(1993), 2613-2620.
- (7) 西山, 車両-乗員-道路橋-大型車両系連成振動特性に関する研究, 日本機械学会論文集, 60-569, C(1994), 16-23.

車両—乗員—道路橋系連成振動特性に関する研究 (乗員挙動に及ぼす道路橋固有振動数の影響)

西山 修 二

Research on Vibration Characteristics of Vehicle-Passenger Dynamic Interaction on Highway Bridge
(Influences of Natural Frequency of Highway Bridge on Human Comfort)

Shuji NISHIYAMA

This paper presents an analysis of the vehicle-passenger dynamic interaction on highway bridge. Automobile seat ride comfort depends on many physical variables. Dynamic deflection on highway bridge induced by moving vehicle is a factor to make a serious influence upon ride comfort. In this paper, influences of natural frequency of highway bridge have been analyzed. The mathematical model has ten degrees-of-freedom; vehicle model with three masses is four degrees-of-freedom, occupant model with four masses, hinged beam model, six degrees-of-freedom. The modal analysis technique has been adopted in equations of motion for highway bridge. The random roughness of real highway surface has been taken into account in the simulation system. Simulated results were very close to experimental values. During application of this system, the effects of natural frequency of highway bridge on human dynamic behavior were investigated. It was found that this factor exerts a serious influence upon human ride comfort. Some results are presented in the form of parametric plots.

Key Words ; Simulation, Coupled Vibration, Human Engineering, Automobile, Ride comfort, Vehicle dynamics, Guideway Vibration, Resonance

1. まえがき

近年、交通量の増加並びに自動車の大型化および走行速度の高速化が顕著な傾向にある。一方では、新材料の開発、CAE技術の進展などにより、道路橋の軽量化ならびに支間長の長大化が進んでいる。このような情勢のなかで、自動車が道路橋に加える荷重はますます過酷な状態となっている。走行荷重による動力学的特性を考慮に入れた、道路橋の最適設計と合理的評価の重要性が高まっている。

車両走行による道路橋の動的応答については古くから多くの研究⁽¹⁾が行なわれている。また道路橋上の歩行者の振動感覚などに関連した理論的研究⁽²⁾あ

るいは実験的研究⁽³⁾も報告されている。道路橋の固有振動数は人体系の共振振動数域とほぼ同じ領域に存在する。道路橋上を車両に乗車して走行すると道路橋の振動が車両および人体系に影響を及ぼすことが懸念される。車両走行による道路橋からの刺激は車両各部の共振の影響を受けながら最終的には乗員に伝達される。乗り心地では、この乗員に伝達される振動が問題となる。この取り扱いには人体の振動特性を考慮せねばならず、人間工学的解析が必要である。車両が道路橋上を走行する場合、道路橋の路面の凹凸、動的たわみあるいは伸縮部段差等が車両内の乗員挙動に及ぼす影響について定量的に把握する

ことは乗り心地を向上する上において重要である。しかし、この種の研究に関する報告例は見受けられないようである。

本研究は道路橋の振動が車両-乗員系に及ぼす影響について理論的に検討する。手法としては前報⁽⁴⁾⁽⁵⁾で構築した車両-乗員-道路橋系の連成振動モデルを適用し、シミュレーションシステムを開発する。開発したシステムにより、道路橋固有振動数が車両-乗員系の動的挙動に及ぼす影響について検討する。

記号の説明

本報で使用する主な記号は以下のとおりである。

m_i , ($i = 1, 2 \dots 4$)	: 頭部と頸部、胴体部、大腿部、 下腿部の質量
I_i , ($i = 1, 2 \dots 4$)	: 乗員各部の慣性モーメント
θ_i , ($i = 1, 2 \dots 4$)	: 乗員各部の回転変位
θ_0	: シートバックの初期角度
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 , ($i = 1, 2 \dots 4$)	: 乗員各部重心の x, z 座標
k_i , ($i = 1, 2 \dots 5$)	: 乗員支持点のばね定数
c_i , ($i = 1, 2 \dots 5$)	: 乗員支持点の粘性減衰係数
T_i , ($i = 1, 2, 3$)	: 頸部、腰部、膝部関節のフリ クシオンモーメント
δ_i , ($i = 1, 2 \dots 5$)	: ばね・ダンパの動的たわみ
δ_{i0} , ($i = 1, 2 \dots 5$)	: ばね・ダンパの初期たわみ
l_j , ($j = 1, 2 \dots 7$)	: 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
M_p	: 乗員が車両に及ぼすモーメント
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
I	: ピッチング方向車体慣性モーメント
θ	: 車体ピッチング角
g	: 重力加速度
k_{lf}, k_{lr}	: 懸架装置のばね定数
c_{lf}, c_{lr}	: 懸架装置の粘性減衰係数
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	: 軸間距離
l_f, l_r	: 車体の重心水平位置
$z_0(x, t)$: 荷重載荷点の路面表面の上下 変位
$z_{0i}(t)$: 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
l_s	: 支間長
ζ_n	: 粘性減衰係数 (n 次)
EI	: 曲げ剛性
C_b	: 外部粘性減衰係数
ρA	: 単位長さ当たりの道路橋の質量
ω_n	: 道路橋の固有円振動数 (n 次)
$\psi_n(t)$: n 次振動モードの時間関数
$Q_n(t)$: 荷重関数 (n 次)
f_b	: 道路橋固有振動数

2. 振動モデルと理論的解析

2.1 解析モデル

車両の走行による車両-乗員-道路橋系の動的相互作用に関する基本式を誘導する。誘導にあたっては道路橋の振動モードを仮定して級数展開する解析的手法であるモーダルアナリシス法を適用する。解析にあたって、以下の仮定を設ける。

- (1) 動的解析を車両-乗員-道路橋ともに走行方向を含む鉛直平面内の運動のみに限定する。
- (2) 道路橋は単純支持梁とし、質量、剛性、減衰特性等は長さ方向に一様に分布するものとする。

- (3) 車両が道路橋に進入するまで ($t=0$) は道路橋は水平な状態にあるものとする。
- (4) 道路橋の荷重真下の動的たわみにより発生が予測される慣性力の内、遠心力及びコリオリの力は考慮しない。解析モデルを図1(a)に示す。

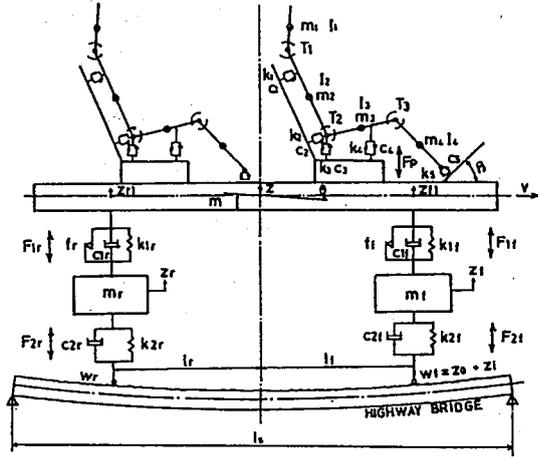


図1(a) 車両-乗員-道路橋系連成振動モデル

モデル化に当たって、乗員は頭部と頸部、胴体部、大腿部、下腿部の四つの剛体部分⁽⁶⁾にわけ、各部の重心に質量と回転慣性モーメントを考慮する。また頸、腰、膝部の連結点はピンジョイントとし、フリクションモーメントを考慮する。頸、腰、膝でのフリクションモーメントは各関節の相対角速度に比例した非線形ダンピング特性⁽⁶⁾を考慮する。図1(b)は乗員モデルの座標系を示す。乗員は各質量の上下、前後および回転運動からなる6自由度のモデル⁽⁶⁾とする。

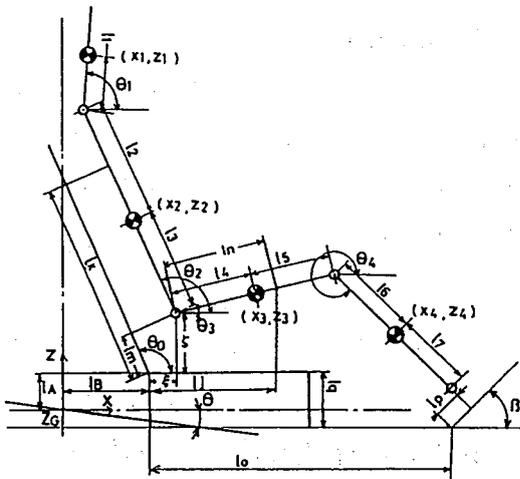


図1(b) 乗員モデルの座標系

車両は車体およびフロントとリアのばね下質量の上下運動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。懸架装置の粘性減衰係数はピストンスピードに依存する非線形特性を考慮する⁽⁶⁾。サスペンション系フリクションも非線形特性を考慮する⁽⁶⁾。

道路橋は単純支持梁とし、Bernoulli-Euler beamsを仮定し、軸力を無視する。道路橋の動的たわみの他に路面の凹凸を考慮する。路面の凹凸は高速道路

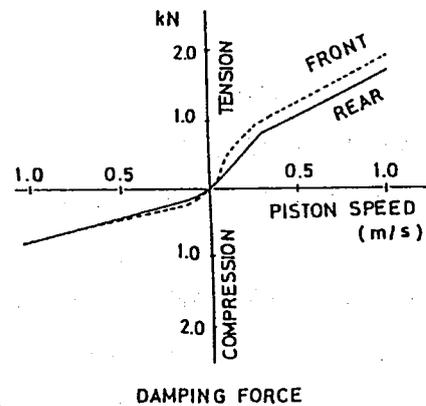


図2 車両懸架装置の非線形ダンピング特性

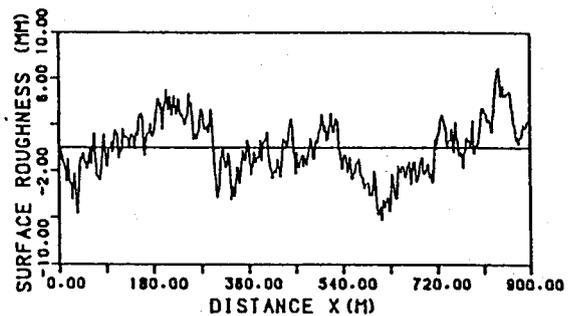


図3(a) 高速道路の路面の凹凸

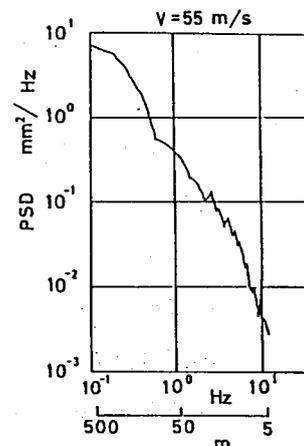


図3(b) 路面の凹凸のパワースペクトル密度

の1m毎の実測データ⁽⁷⁾を使用する。路面の凹凸の変位及びパワースペクトル密度を図3(a)、(b)に示す。タイヤ接地点での路面の凹凸の変位の値は3次関数を仮定し、接地点近傍4点の測定データを使って3次関数を決定し、補間で路面の凹凸の変位および変位速度を計算する⁽⁷⁾。

2・2 運動方程式

振動系の運動方程式を導出するにあたり、次式の座標系を導入する。

$$x_1 = M_{\theta x} + (l_2 + l_3) \cos \Theta_2 + l_1 \cos \Theta_1 \quad \dots (1)$$

$$z_1 = M_{\theta z} + (l_2 + l_3) \sin \Theta_2 + l_1 \sin \Theta_1 \quad \dots (2)$$

$$x_2 = M_{\theta x} + l_3 \cos \Theta_2 \quad \dots (3)$$

$$z_2 = M_{\theta z} + l_3 \sin \Theta_2 \quad \dots (4)$$

$$x_3 = M_{\theta x} + l_4 \cos \Theta_3 \quad \dots (5)$$

$$z_3 = M_{\theta z} + l_4 \sin \Theta_3 \quad \dots (6)$$

$$x_4 = M_{\theta x} + (l_4 + l_5) \cos \Theta_3 + l_6 \cos \Theta_4 \quad \dots (7)$$

$$z_4 = M_{\theta z} + (l_4 + l_5) \sin \Theta_3 + l_6 \sin \Theta_4 \quad \dots (8)$$

多自由度の複雑な振動系であるため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Lagrangeの方程式に代入することにより以下の運動方程式を得る。

車両系の運動方程式は式(9)から式(12)となる。

$$m\ddot{z} = F_{1f} + F_{1r} - F_{3f} - F_{3r} - F_p \quad \dots (9)$$

$$m_f \ddot{z}_f = F_{2f} - F_{1f} \quad \dots (10)$$

$$m_r \ddot{z}_r = F_{2r} - F_{1r} \quad \dots (11)$$

$$I\ddot{\theta} = -F_{1f} \cdot l_1 + F_{1r} \cdot l_2 + M_p \quad \dots (12)$$

乗員系の運動方程式は式(13)となる。

$$\begin{vmatrix} M_{10} & 0 & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & \ddot{\xi} & A_5 \\ 0 & M_1 & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & \ddot{\zeta} & B_5 \\ D_2 & D_3 & M_{10} & D_1 & 0 & 0 & \Theta_1 & \\ E_2 & E_3 & E_1 & M_{11} & 0 & 0 & \Theta_2 & E_4 \\ G_2 & G_3 & 0 & 0 & M_{12} & G_1 & \Theta_3 & G_4 \\ H_2 & H_3 & 0 & 0 & H_1 & M_{13} & \Theta_4 & H_4 \end{vmatrix} = 0 \dots (13)$$

道路橋系の運動方程式は次式が成り立つ。

$$EI \cdot \partial^4 / \partial x^4 (z_0(x, t))$$

$$+ C_b \partial^2 / \partial t^2 (z_0(x, t)) + \rho A \partial^2 / \partial t^2 (z_0(x, t)) = F(x, t) \quad \dots (14)$$

ここに、 $F(x, t)$: 道路橋に加わる荷重
道路橋のたわみを固有振動モードの級数和で表わす。単純支持梁の場合、たわみは次式となる。

$$z_0(x, t) = (2/l_s)^{1/2} \sum_{n=1}^{n_{max}} \phi_n(t) \sin(n\pi x/l_s) \quad \dots (15)$$

$\phi_n(t)$ はn次モードの大きさに相当する変数である。式(15)を式(14)に代入して整理すると、次式の各振動モードに関する常微分方程式を得る。

$$\ddot{\phi}_n(t) + 2\zeta_n \omega_n \dot{\phi}_n(t) + \omega_n^2 \phi_n(t) = Q_n(t) \quad \dots (16)$$

ここに、

$$2\zeta_n \omega_n = C_b / \rho A \quad \dots (17)$$

$$\omega_n^2 = (n\pi/l_s)^4 \cdot (EI/\rho A) \quad \dots (18)$$

$Q_n(t)$ は道路橋に加わる荷重とその位置関係で決まる関数であり、 $F(x, t)$ との関係は次式となる。

$$Q_n(t) = 1/\rho A \cdot \int_0^{l_s} F(x, t) \sin(n\pi x/l_s) dx \quad \dots (19)$$

$Q_n(t)$ が任意の時刻tにどのような関数形になるか決定する。道路橋にかかる荷重のパターンは、次に示す三とおりに分類でき、 $Q_n(t)$ は以下のようになる。

(A) 車両の前輪のみが道路橋上にある場合

$$Q_n(t) = (2/l_s)^{1/2} \cdot \{(m/2 + m_f)g - F_{2f}\} / \rho A \cdot \sin(n\pi x/l_s) \quad \dots (20)$$

(B) 車両の前輪と後輪が道路橋上にある場合

$$Q_n(t) = (2/l_s)^{1/2} \cdot \{(m + m_f + m_r)g - F_{2f} - F_{2r}\} / \rho A \cdot \sin(n\pi x/l_s) \quad \dots (21)$$

(C) 車両の後輪のみが道路橋上にある場合

$$Q_n(t) = (2/l_s)^{1/2} \cdot \{(m/2 + m_r)g - F_{2r}\} / \rho A \cdot \sin(n\pi x/l_s) \quad \dots (22)$$

式(13)のマトリックスの各要素は次式のようになる。

$$A_1 = M_2 \sin(\Theta_1 + \theta)$$

$$A_2 = (M_3 + M_6) \sin(\Theta_2 + \theta)$$

$$A_3 = (M_4 + M_7) \sin(\Theta_3 + \theta)$$

$$A_4 = M_5 \sin(\Theta_4 + \theta)$$

$$A_5 = -M_1(\ddot{x}\cos\theta - \ddot{z}\sin\theta) + M_2\cos(\Theta_1 + \theta)\dot{\Theta}_1^2 + (M_3 + M_6)\cos(\Theta_2 + \theta)\dot{\Theta}_2^2 + (M_4 + M_7)\cos(\Theta_3 + \theta)\dot{\Theta}_3^2 + M_5\cos(\Theta_4 + \theta)\dot{\Theta}_4^2 - M_1(l_A + \xi)\ddot{\theta} + M_1(l_B + \xi)\dot{\theta}^2 - 2M_1\dot{\xi}\dot{\theta} - \Delta(\xi) \quad \dots (23)$$

$$B_1 = -M_2\cos(\Theta_1 + \theta)$$

$$B_2 = -(M_3 + M_6)\cos(\Theta_2 + \theta)$$

$$B_3 = -(M_4 + M_7)\cos(\Theta_3 + \theta)$$

$$B_4 = -M_5\cos(\Theta_4 + \theta)$$

$$B_5 = -M_1(\ddot{x}\sin\theta + \ddot{z}\cos\theta) + M_2\sin(\Theta_1 + \theta)\dot{\Theta}_1^2 + (M_3 + M_6)\sin(\Theta_2 + \theta)\dot{\Theta}_2^2 + (M_4 + M_7)\sin(\Theta_3 + \theta)\dot{\Theta}_3^2 + M_5\sin(\Theta_4 + \theta)\dot{\Theta}_4^2 + M_1(l_B + \xi)\ddot{\theta} + M_1(l_A + \xi)\dot{\theta}^2 + 2M_1\dot{\xi}\dot{\theta} - \Delta(\xi) \quad \dots (24)$$

$$D_1 = -M_8\cos(\Theta_1 - \Theta_2)$$

$$D_2 = M_2\sin(\Theta_1 + \theta)$$

$$D_3 = -M_2\cos(\Theta_1 + \theta)$$

$$D_4 = -M_8\sin(\Theta_1 - \Theta_2)\dot{\Theta}_2^2 + M_2S_2\cos\Theta_1 - M_2S_1\sin\Theta_1 - \Delta(\Theta_1) - T_1 \quad \dots (25)$$

$$E_1 = -M_8\cos(\Theta_1 - \Theta_2)\Theta_1$$

$$E_2 = (M_3 + M_6)\sin(\Theta_2 + \theta)$$

$$E_3 = -(M_3 + M_6)\cos(\Theta_2 + \theta)$$

$$E_4 = M_8\sin(\Theta_1 - \Theta_2)\Theta_1 - M_8\cos(\Theta_1 - \Theta_2)\Theta_1 - \Delta(\Theta_2) + T_1 - T_2 \quad \dots (26)$$

$$G_1 = -M_9\sin(\Theta_3 - \Theta_4)$$

$$G_2 = (M_4 + M_7)\sin(\Theta_3 + \theta)$$

$$G_3 = -(M_4 + M_7)\cos(\Theta_3 + \theta)$$

$$G_4 = -M_9\cos(\Theta_3 - \Theta_4)\Theta_4 - \Delta(\Theta_3) + T_2 + T_3 - (M_4 + M_7)(S_2\cos\Theta_3 - S_1\sin\Theta_3) \quad \dots (27)$$

$$H_1 = -M_9\cos(\Theta_4 - \Theta_3)$$

$$H_2 = M_9\sin(\Theta_4 + \theta)$$

$$H_3 = -M_5\cos(\Theta_4 + \theta)$$

$$H_4 = -M_9\sin(\Theta_4 - \Theta_3)\Theta_3 - M_5(S_2\cos\Theta_4 - S_1\sin\Theta_4) - \Delta(\Theta_4) - T_3 \quad \dots (28)$$

式(9)から式(19)で使用した記号は次のようになる。

$$F_{1f} = k_{1f}(z_f - z_{f1}) + c_{1f}(\dot{z}_f - \dot{z}_{f1}) + f_f \quad \dots (29)$$

$$F_{1r} = k_{1r}(z_r - z_{r1}) + c_{1r}(\dot{z}_r - \dot{z}_{r1}) + f_r \quad \dots (30)$$

ここに、 z_{f1} 、 z_{r1} は次式となる。

$$z_{f1} = z - l_f \cdot \theta \quad \dots (31)$$

$$z_{r1} = z + l_r \cdot \theta \quad \dots (32)$$

$$F_{2f} = k_{2f}(w_f - z_f) + c_{2f}(\dot{w}_f - \dot{z}_f) \quad \dots (33)$$

$$F_{2r} = k_{2r}(w_r - z_r) + c_{2r}(\dot{w}_r - \dot{z}_r) \quad \dots (34)$$

$$F_p = -F_1\cos\theta_0 - F_2\cos\theta_0 + F_3 + F_4 - F_5\sin\theta_4 \quad \dots (35)$$

$$M_p = -F_1\cos\theta_0 \cdot (l_B + l_1\cos\theta_0) - F_2\cos\theta_0 \cdot (l_B + l_m\cos\theta_0) + F_3(l_B + \xi) + F_4(l_B + l_j) - F_5\sin\theta_4 \cdot (l_0 + l_p\cos\beta) \quad \dots (36)$$

$\Delta(q)$ 、 M_{θ_x} 、 M_{θ_z} は次のように定義する。

$$\Delta(q) = \sum_{i=1}^5 k_i(\delta_i - \delta_{i,0}) + \sum_{i=1}^5 c_i \dot{\delta}_i \quad \dots (37)$$

$$M_{\theta_x} = x + l_A\sin\theta + l_B\cos\theta + \xi\cos\theta + \zeta\sin\theta \quad \dots (38)$$

$$M_{\theta_z} = z + l^A\cos\theta - l_B\sin\theta - \xi\sin\theta + \zeta\cos\theta \quad \dots (39)$$

またその他については次式とする。

$$S_1 = \ddot{x} + ((l_A + \xi)\ddot{\theta} - (l_B + \xi)\dot{\theta}^2 + 2\dot{\xi}\dot{\theta})\cos\theta$$

$$-((l_B + \xi)\ddot{\theta} + (l_A + \xi)\dot{\theta}^2 + 2\dot{\xi}\dot{\theta})\sin\theta$$

$$S_2 = \ddot{z} - ((l_B + \xi)\ddot{\theta} + (l_A + \xi)\dot{\theta}^2 + 2\dot{\xi}\dot{\theta})\cos\theta$$

$$-((l_A + \xi)\ddot{\theta} - (l_B - \xi)\dot{\theta}^2 + 2\dot{\xi}\dot{\theta})\sin\theta$$

$$M_1 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \quad M_2 = m_1 l_1 \quad M_3 = m_2 l_3$$

$$M_4 = m_3 l_4 \quad M_5 = m_4 l_6 \quad M_6 = m_1(l_2 + l_3)$$

$$M_7 = m_4(l_4 + l_5) \quad M_8 = m_1 l_1(l_2 + l_3)$$

$$M_9 = m_4 l_6(l_4 + l_5) \quad M_{10} = I_1 + m_1 l_1^2$$

$$M_{11} = I_2 + m_1(l_2 + l_3)^2 + m_2 l_3^2$$

$$M_{12} = I_3 + m_3 l_4^2 + m_4(l_4 + l_5)^2$$

$$M_{13} = I_4 + m_4 l_6^2 \quad \Theta_i = \theta_i - \theta \quad (i = 0 \dots 4) \quad \dots (40)$$

3. 計算諸元と数値解析

3.1 計算に用いた諸数値

乗員系の諸元は乗員の幾何学的数値が明らかでないJM50ダミー⁽⁸⁾⁽⁹⁾の値を用いる。シート系のばね・ダンパ係数については乗員系の振動特性⁽¹⁰⁾を考慮し、数値実験から同定した。

$$m_1 = 5.321 \text{ kg} \quad m_2 = 26.489 \text{ kg} \quad m_3 = 18.816 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
m_4 &= 10.3294 \text{ kg} & l_A &= -0.140 \text{ m} & l_B &= -0.171 \text{ m} \\
I_1 &= 0.036652 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 & I_2 &= 0.7938 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\
I_3 &= 0.20384 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 & I_4 &= 0.1911 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\
k_1 &= 4.9 \text{ kN/m} & k_2 &= 5.88 \text{ kN/m} & k_3 &= 4.9 \text{ kN/m} \\
k_4 &= 3.92 \text{ kN/m} & k_5 &= 196.0 \text{ kN/m} \\
c_1 &= 784 \text{ N} \cdot \text{s/m} & c_2 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} \\
c_3 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} & c_4 &= 98 \text{ N} \cdot \text{s/m} \\
c_5 &= 7.840 \text{ kN} \cdot \text{s/m} & l_1 &= 0.152 \text{ m} & l_2 &= 0.196 \text{ m} \\
l_3 &= 0.278 \text{ m} & l_4 &= 0.149 \text{ m} & l_5 &= 0.278 \text{ m} \\
l_6 &= 0.286 \text{ m} & l_7 &= 0.126 \text{ m} & l_k &= 0.424 \text{ m} \\
l_j &= 0.350 \text{ m} & l_o &= 0.779 \text{ m} & l_p &= 0.050 \text{ m} \\
l_q &= 0.163 \text{ m}
\end{aligned}$$

車両諸元の値はセダンタイプの車両を想定した以下の数値とする。

$$\begin{aligned}
m &= 1610 \text{ kg} & m_f &= 84 \text{ kg} & m_r &= 78 \text{ kg} \\
I &= 2218.72 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 & k_{1f} &= 48.020 \text{ kN/m} \\
k_{1r} &= 45.668 \text{ kN/m} & c_{1f}, c_{1r} &: \text{非線形特性} \\
f_r, f_r &: \text{非線形特性} & k_{2f} &= 392.000 \text{ kN/m} \\
k_{2r} &= 392.0 \text{ kN/m} & c_{2f} &= 980 \text{ N} \cdot \text{s/m} \\
c_{2r} &= 980 \text{ N} \cdot \text{s/m} & l &= 2.680 \text{ m} \\
l_f &= 1.309 \text{ m} & l_r &= 1.371 \text{ m}
\end{aligned}$$

初期値は次のように設定する。

$$\begin{aligned}
\theta_{10} &= 100.0^\circ & \theta_{20} &= 112.0^\circ & \theta_{30} &= 12.0^\circ \\
\theta_{40} &= 315.0^\circ & \theta_0 &= 112.0^\circ & \beta &= 45.0^\circ \\
\zeta_0 &= 0.07 \text{ m} & \zeta_0 &= 0.11 \text{ m}
\end{aligned}$$

その他の初期値は全て0とする。

表1 道路橋諸元(一車線)

ls m	EI kg·m ²	fb Hz	ζ_1	ρAg t/m
20	6.210×10^8	6.23	0.02	2.4200
30	12.446	3.79	0.02	2.5867
40	24.267	2.93	0.02	2.6700
50	42.200	2.45	0.02	2.7200
60	65.780	2.11	0.02	2.7532

道路橋の諸元⁽¹¹⁾⁽¹²⁾は一車線道路橋を想定して次のように定める。

3.2 数値解析

振動系を支配する運動方程式は連立2階常微分方程式の初期値問題として定式化できる。変数変換により1階多元連立常微分方程式として解くことが可能である。解法として、Runge-Kutta-Gill法により時間ステップ毎の各変数とその微係数の値を求める。道路橋のモード次数は5次⁽¹³⁾まで考慮する。計算きざみ幅⁽⁷⁾は計算精度および道路橋の5次モードでの固有振動数がサンプリングできるように定める。数値計算は倍精度で行なう。

4. 計算結果と考察

開発したシステムの妥当性を検討するために、周波数応答および過渡応答特性について実測値等と比較検討する。

4.1 周波数応答特性

周波数応答は正弦波路面において全振幅5mm、車速80km/hとし、波長を変数として周期的荷重を入力する。図4は乗員系の上下方向振動伝達特性を示す。横軸は周波数、縦軸は乗員加速度をフロントフロア加速度で除した値であり、加速度比を示す。図4で破線はDupuis⁽¹⁰⁾の実験結果を示す。実験値は椅子から頭部への伝達率の実測値である。本システムで得た計算結果は3~4Hz近傍で極大値をとり、その値は各々1.2~1.8となる。また周波数が増加していき、12Hzで加速度比は各々0.4~0.50となる。さらに周波数が増加していくと一定値に減衰し

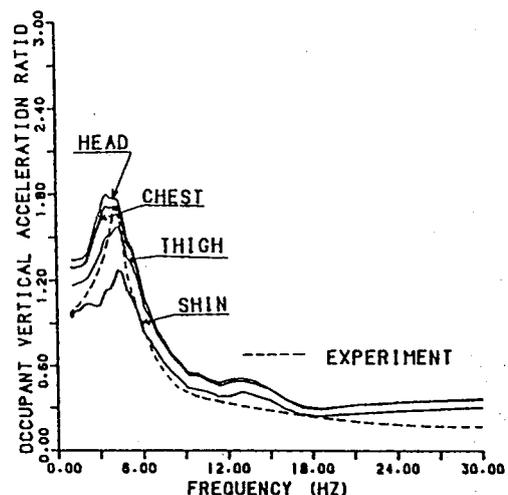


図4 乗員上下加速度の周波数応答

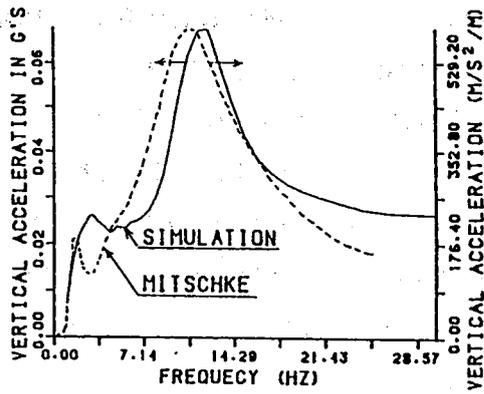


図5 車体重心上下加速度の周波数応答

ていく。乗員系上下加速度比は一般に周波数の増加と共に3~4Hzで極大値に達し、その後は周波数の増加につれて漸減変曲しつつ減衰していく特性を示す。シミュレーション結果は実験結果と傾向が極めて良く一致している。

図5は車体重心位置の上下方向加速度を示す。図で破線はMitschke⁽¹⁴⁾による計算結果を示す。Mitschkeのモデルは4自由度で懸架装置はばねとダンパ、タイヤはばねでそれぞれモデル化している。乗員も考慮されておらず、車両諸元も異なり計算条件が同一ではないため両者は必ずしも一致しない。しかし両者の特性を比較すると、2Hz周辺のはね上共振、12Hz周辺のはね下共振等の振動特性の傾向が良く対応している。

図6は車両系のはね上質量、フロントとリアのはね下質量の上下方向加速度の周波数応答を示す。ば

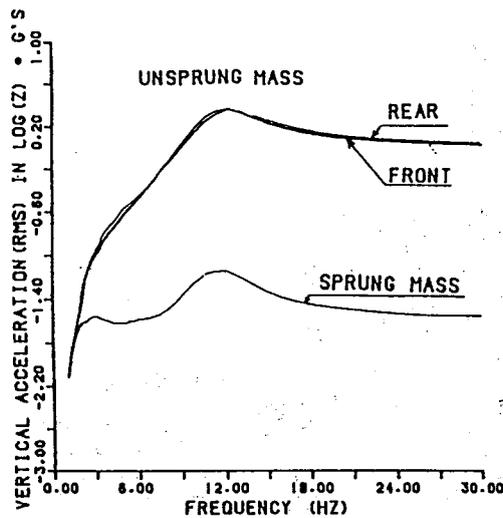


図6 車両系の上下方向加速度

ね上質量は2.9Hz、11.5Hzでそれぞれピークが発生しており、ばね下質量は12.5Hzでピークが発生している。これらは車両系の共振によるものと考えられる。

4.2 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7は車体の上下方向の加速度履歴を示す。縦軸は加速度gを示し、横軸は時間を示す。図7(a)はシミュレーション結果で図7(b)は実測結果⁽¹⁵⁾を各々示す。車両のホイールベースはそれぞれ2.68、2.18mである。両者は極めて良い一致を示す。前軸および後軸が突起に乗り上がっている時はピークが発生し、後軸が突起通過後は減衰していく。

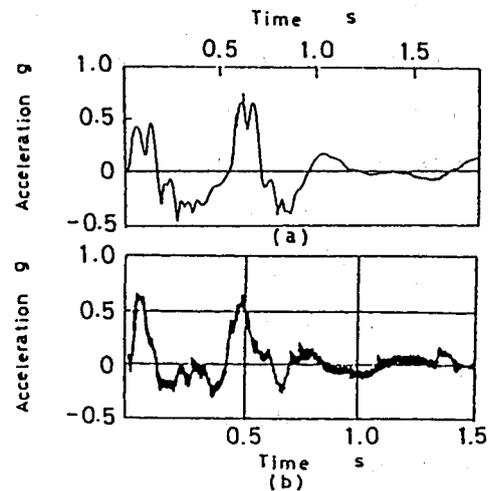


図7 上下方向加速度の時間的变化

図8は一波長正弦波突起(最大高さ0.1m、長さ1m)を車速18km/hで通過する場合の車体とフロントとリアのはね下質量の上下方向変位を示す。図で縦軸は変位量、横軸は時間を示す。フロントのはね下質量は突起形状に追従して変位し突起を通過すると変位は減衰していく。ホイールベース長を車速で除した0.536秒後にはリアのはね下質量がフロントと同じような挙動を示す。ばね上質量の上下変位において1.1秒から変位がやや水平に保持しているの

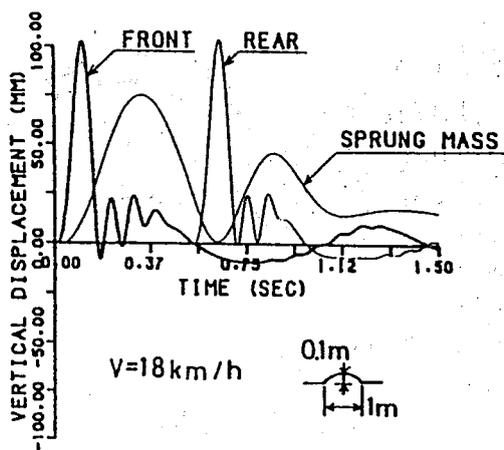


図8 ばね上及びばね下質量の上下変位

は前軸のばね下変位が再び上昇しており、その影響によるものと思える。車体変位は1.6秒近辺で一度0となり、その後は自由振動を繰り返しながら0へと減衰する。

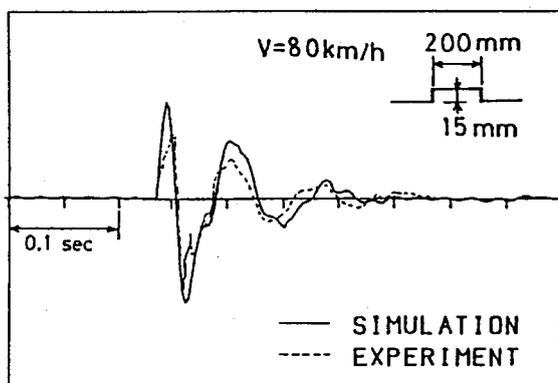


図9 突起乗越時のばね下加速度の時間的变化

図9は高さ15mm幅0.2mの突起を走行速度が80km/hで走行した場合の、ばね下加速度の時間履歴を実測値⁽¹⁶⁾と比較している。実測値はシミュレーション諸元と同一車を使用している。両者は良く一致している。突起乗り越しの場合においても本システムによる計算結果は実測値と振動特性の傾向が良く対応している。

4.3 道路橋の動的たわみ

図10は走行速度を種々変化させて道路橋中央点の動的たわみの時間履歴を示す。道路橋諸元は支間長40mの場合で検討した。低速になるに従い静たわみに近接していく特性を示し、また、速度の増加に

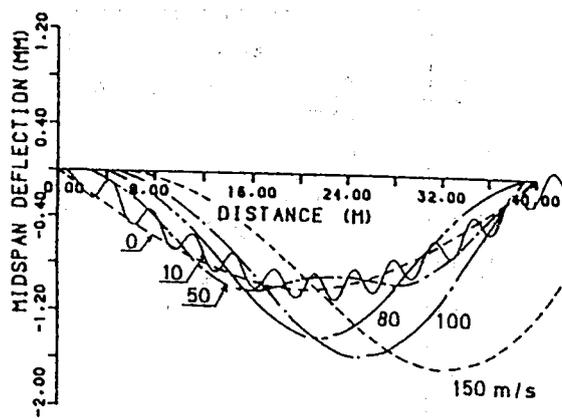


図10 道路橋中央点のたわみと速度の関係

連れて衝撃係数(動たわみ/静たわみ)は大きくなり、 $v=150\text{m/s}$ で1.66に達する。これらの特性は解析結果の妥当性を示すものである。

また路面の凹凸の影響が正しくシミュレートされているかどうかを確認するために、路面の凹凸のみを考慮した場合、動的たわみのみを考慮した場合、動的たわみと路面の凹凸の双方を考慮した場合について、支間長20m、走行速度100km/h、及び支間長40m、走行速度80km/hについて検討した。いずれの場合も路面の凹凸と動的たわみの双方を考慮した場合が乗員挙動に及ぼす影響が一番大きく、つづいて路面の凹凸のみ、動的たわみのみの順に小さくなる。路面の凹凸の影響が妥当に考慮されていることを示すことができる。

以上の検討から本研究で構築した車両-乗員-道路橋系の連成振動モデル及びシミュレーションシステムの妥当性が検証されたものと思える。

4.4 道路橋固有振動数の影響

実在道路橋⁽¹⁷⁾の支間長と固有振動数の関係を整理すると図11のようになる。図11より実在道路橋は図の破線で示す範囲にあることがわかる。固有振動数と支間長の相関関係を近似的に式(41)であらわすことができる。

$$f_b = B \times l_s^{-n} \quad \dots (41)$$

ここに、 $n=1$ 、 $80 \leq B \leq 200$ となる。

道路橋の位相速度に比例するパラメータ $B = f_b \cdot l_s$ (4)(18)の値と支間長で整理するとBの値は支間長に

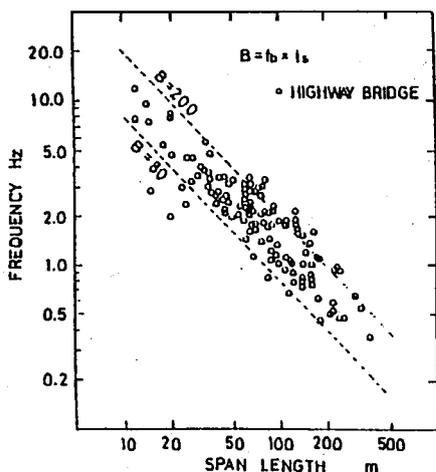


図11 道路橋の支間長と固有振動数の関係

よって大きく変わることなく80から200程度と考えられる。B=80、100、120の場合について、道路橋の固有振動数が乗員挙動に及ぼす影響について調べる。支間長は10～50mとし、死荷重は3V/mとする。道路橋の動的たわみが小さいので路面の凹凸などの強い外部刺激を考慮すると特性が把握できないので本節の検討は路面の凹凸は無視する。計算結果を図12に示す。図12(a)はB=80の場合の計算結果を示す。横軸は道路橋固有振動数を示し、縦軸は乗員及びフロントフロア上下方向加速度を示す。乗員は3.2～3.3Hzでピークが発生し、その後は振動数の増加につれて加速度は減少する。

図12(b)、(c)はB=100、120の場合の計算結果を

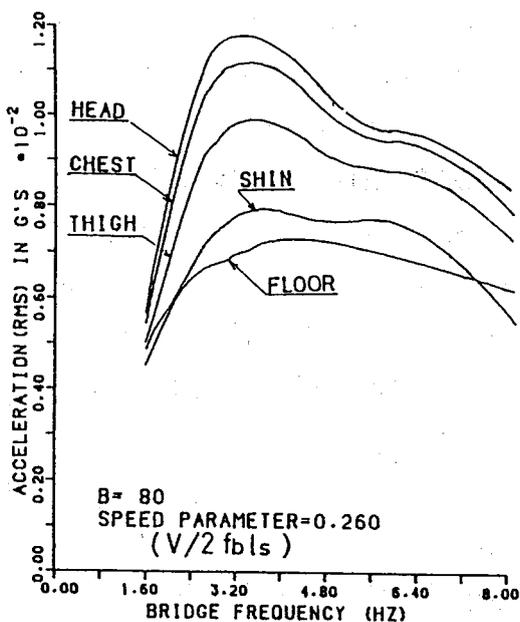


図12(a) 道路橋固有振動数と乗員系加速度

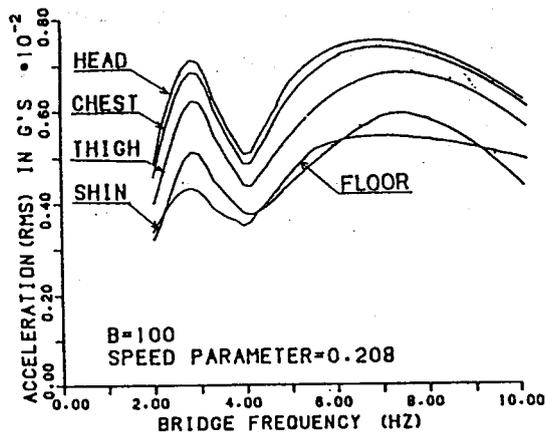


図12(b) 道路橋固有振動数と乗員系加速度

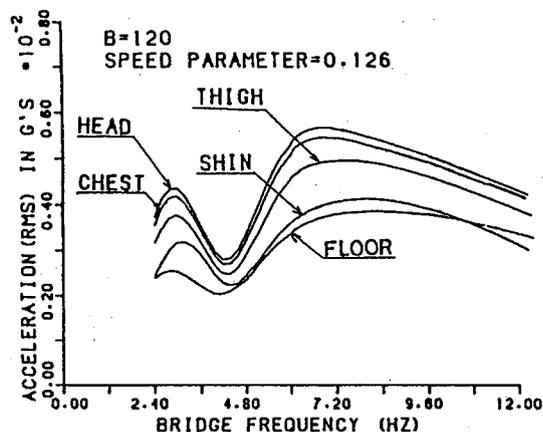


図12(c) 道路橋固有振動数と乗員系加速度

示す。B=100、120の場合は3Hz周辺と、7～8Hzでピークが発生する。ピーク値はBの値が大きくなるとう減少する傾向にある。これらのピークの発生は乗員及びフロントフロアの共振によるものと考えられる。

図13は、3Hz周辺のピーク値をB=100を基準にしてBの増減による影響を示す。Bの値が減少すると車両-乗員系に及ぼす影響度合いが大きくなる。

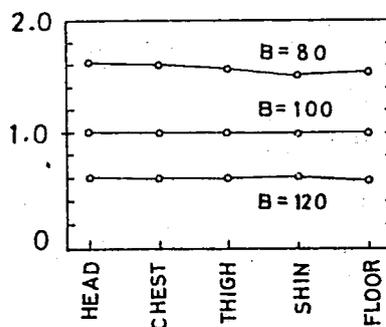


図13 乗員系加速度のピーク値に及ぼすBの影響

Bが20%増加すると加速度は基準値(B=100)より約40%減少する。逆にBが20%減少すると約60%増加する。

4. ま と め

本研究の結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 車両-乗員-道路橋系の連成振動の解析が可能な計算システムの開発を行なった。開発したシステムによる計算結果を、多方面から検討し、妥当性を検証した。技術的に実用性の高いシステムと考える。本報で示した計算結果は、フロントシートの乗員を対象とした。パラメータの変更により後部シートの乗員に対しても本システムは適用可能である。
- (2) 車両-乗員-道路橋系において道路橋固有振動数が乗員挙動に影響を及ぼし、3Hz周辺で乗員上下方向加速度に顕著な共振現象が認められた。
- (3) 実在道路橋では $B (=l_s \cdot f_b)$ の値は約80~200の範囲にある。Bが小さくなると、車両・乗員挙動に及ぼす影響が大きくなる。道路橋の設計にあたっては、建設コストにもよるが、Bを大きくする方が望ましい。

実交通流では、信号交差点や事故、交通規制などにより道路橋上において、様々な自動車走行モードが発生する。道路橋上において想定される走行モードパターンに対して乗員への影響度を定量的に検討し、車両-乗員-道路橋系の最適設計を進めていくことが重要である。本研究成果はこれらの問題解決に有用なツールとなり、発展性が期待される。別報⁽¹⁹⁾において道路橋上に複数の車両が存在する場合について、車両内のヒューマンダイナミクスの詳細な検討を行なっている。

文 献

- (1) 伊藤, 橋梁の動的応答研修会テキスト, (1969-12), 日本鋼構造協会.
- (2) 小堀・梶川, 土木学会論文報告集, 第230号 (1974), 23.
- (3) 小堀・梶川, 土木学会論文報告集, 第222号 (1974), 15.
- (4) 西山, 日本機械学会講演論文集, No.920-78E (1992-9), 165-167.
- (5) 西山, 日本機械学会論文集, 車両-乗員-高架道路橋系連成振動特性の研究(車両と乗員挙動に及ぼす高架道路橋不同変位の影響), 日本機械学論文集, 第59-565, C(1993), 2613-2620.
- (6) 西山, 日本機械学会講演論文集, No.920-69 (1992-8), 105-107.
- (7) 西山, 東大工・井口研究室研究報告, (1983).
- (8) 樋口・ほか2名, 自動車技術, vol.23, No.10 (1969), 1031.
- (9) 古庄・横家, 自動車技術会論文集, No.1 (1970), 82.
- (10) H.デュピイ・G.ツェレット, 全身振動の生体反応, (1989), 32, 名大出版会.
- (11) 彦坂・ほか2名, 土木学会論文報告集, 第290号 (1979), 31.
- (12) 山田・小堀, 土木学会論文報告集, 第148号 (1967), 40.
- (13) 永井・井口, 日本機械学会論文集, 45-400, C(1979), 1332.
- (14) M. Mitschke, Dynamik der Kraftfahrzeuge, Band B, 1984, 124, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo.
- (15) 大亦・岩田・大塚, 自動車技術会論文集, No.24 (1982), 82.
- (16) 土居・ほか4名, 日本機械学会講演論文集, No.920-98 (1992-11), 267.
- (17) 研修会テキスト, 高架道路橋の交通振動問題とその対策, (1985-3), 日本橋梁協会.
- (18) 井口・原, 日本機械学会講演論文集, 51-464, C(1985), 739.
- (19) 西山, 日本機械学会論文集, 60-569, C (1994), 16-23.