

広島市工業技術センター年報

第11巻

ANNUAL REPORTS

of

HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

VOL. 11

1997

平成 9 年 度

広島市工業技術センター

発行によせて

関係各位には、日頃より当センターの運営につきまして一方ならぬご支援、ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。当センターは、広島市工芸指導所を発展的に解消して、昭和62年、現在地に広島市工業技術センターとして新築移転して以来、開所10周年の節目の年を迎える事ができました。これも偏に、皆様方から寄せられましたご支援、ご協力の賜ものと重ねて厚くお礼申し上げます。

我が国は過剰投資経済の繁栄が終息し、その後低迷していた社会・経済環境は更に深刻の度合いを増し、金融・証券等の業界に大型破綻という激震を見舞い、社会システムへの問題が顕在化しております。このことがアジア諸国にも少なからず影響を及ぼし、益々の不安定を招き、ひいては世界全体に拡大する懸念がもたれております。国内においても、その影響は自ずと産業、とりわけ製造業に強く波及し、予想だになかった厳しい環境に立ち至っております。このような厳しい情勢の中で明るい将来展望を切り拓いてゆくことは、容易なことではないと思います。しかし、この逆風の時こそ経営者自ら新たな視点に立って経営の再構築をすすめる自己革新をはかっていくことが重要であると考えております。

当センターにおきましても地域産業の中核をなす自動車関連産業の支援策として、平成9年度、新たに工業技術支援アドバイザー事業、デジタル化技術者育成支援事業等を開始したのをはじめ、通産省、中小企業庁、日本自転車振興会からのご支援をいただき、新技術の開発研究、試験研究機器の導入、産業の高度化・多角化に向けて技術力向上、人材育成、産学官や異業種との交流促進、情報提供等、各種事業を積極的に推進、支援をしてまいりました。

平成9年度、当センターにおいて実施致しました技術支援事業の概要を取りまとめましたので報告いたします。

今後とも、職員一同全力を挙げて 地域産業の活性化を図るため、積極的にイノベティブな技術支援を行う所存であります。

関係各位のなお一層のご協力、ご支援を賜りますよう心から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	15
(7) 精密加工技術研究事業	17
(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	20
(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	24
(16) 次世代技術者育成事業	24
(17) 新事業展開共同研究事業	24
(18) 自動車支援アドバイザー設置事業	26
(19) デジタル化対応技術者育成支援事業	26
(20) 広島市工業技術センター開所10周年記念事業	27
(21) 広島市工業技術振興協議会	28
(22) 発明考案の奨励事業	28
(23) 会議・研究会・講習会への参加	30
(24) 職員派遣研修事業	32
(25) 講師・委員等の派遣	32
(26) 発表（誌上・口頭）	33

3 研究報告

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、全施設を広島電気学校から移転
- 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 (庶務係・意匠係・塗装係・金属係・加工技術係)
※ (広島工芸指導所敷地内に(財)広島地方発明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 庶務係を除く係を科に、意匠をデザインと改め、新たに分析科を設置 (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 3月 広島県理科教育センターが東広島市へ移転
- 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、中区千田町三丁目8番24号へ新築移転
(組織：庶務係・材料科・加工技術科・生産技術科)
- 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の新設 (広島市工業技術センターから一部分離創設) に伴い広島市工業技術センター組織改正 (企画総務係・研究指導係)

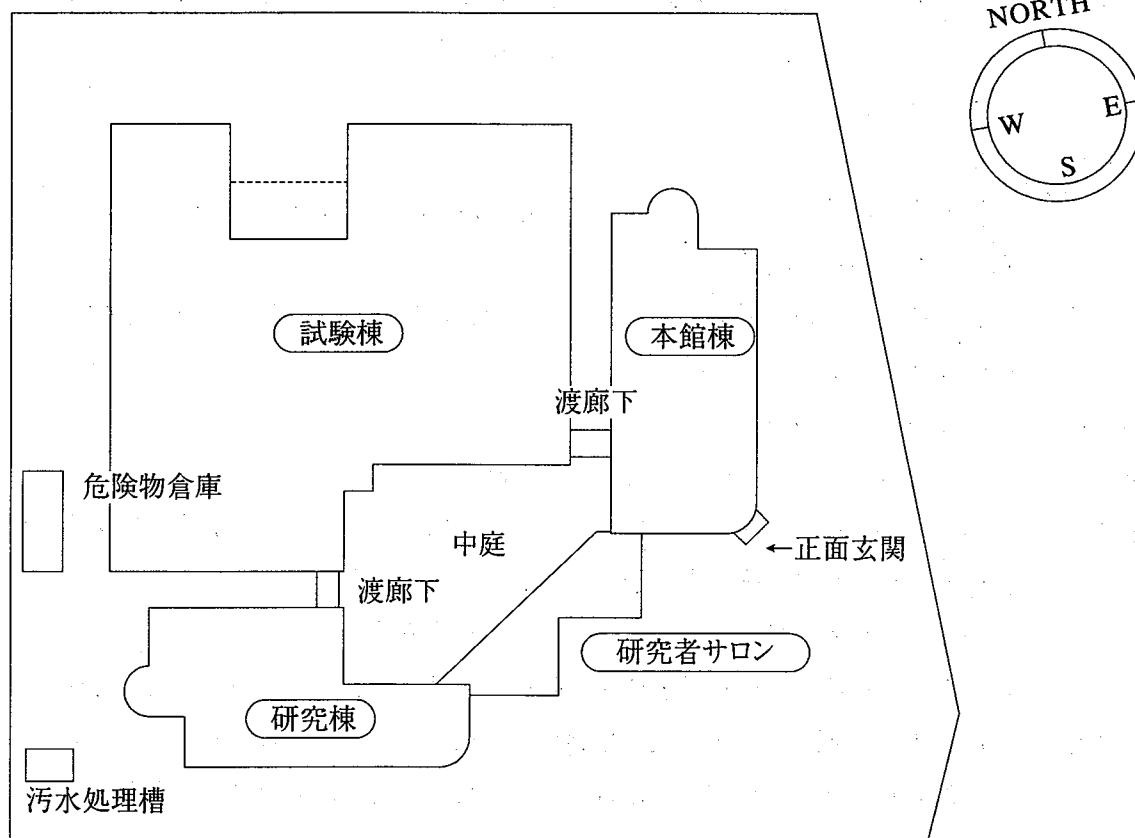
(2) 施設規模

① 土地建物

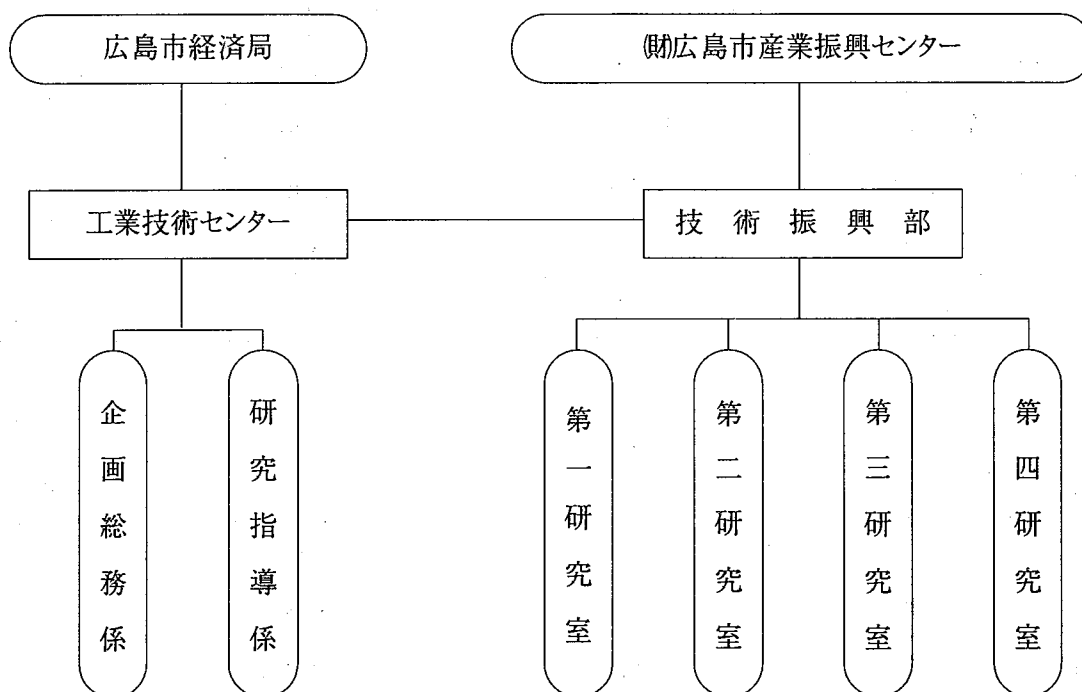
(単位：m²)

敷地面積	10,117.20							
建築面積	総 建 築 面 積			3,816.55				
	総 延 床 面 積			6,789.10				
建物概要	鉄筋コンクリート造							
	本 館 棟	研 究 者 サ ロ ン	研 究 棟	試 験 棟	渡 廊 下	倉 庫 そ の 他	汚水処理 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

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

各種工業材料の利用技術に関する研究及び技術指導

機械加工技術及び成形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

産業デザインに関する研究及び技術指導

公設試験研究機関との共同研究及び研究成果の普及

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

発明考案に関する奨励事業

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8年度予算額	平成9年度予算額	増 減
商 工 使 用 料	337	750	413
商 工 手 数 料	30,674	30,460	△ 214
商工費国庫補助金	12,410	15,345	2,935
雑 入	13,058	12,844	△ 214
合 計	56,479	59,399	2,920

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成8年度予算額	平成9年度予算額	増 減
報 償 費	61	8,908	8,847
普 通 旅 費	1,115	1,823	708
消 耗 品 費 等	2,992	4,341	1,349
食 料 費	134	99	△ 35
修 繕 料	—	1,671	1,671
通 信 運 搬 費	81	206	125
手 数 料 等	40	41	1
委 託 料 等	160,663	178,316	17,653
使用料及び貸借料	984	5,726	4,742
備 品 購 入 費	49,000	64,676	15,676
負担金補助及び交付	908	1,006	98
合 計	215,978	266,813	50,835

(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)日本ジャーレラッシュ 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)日本ジャーレラッシュ 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
マイクロビッカーズ硬度計	松沢精機(株) DMH-1型	※S58
ビッカーズ硬度計	(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
摩耗摩耗試験機	神鋼造機(株) ファレックス型	★H04
焼入試験機	(株)川崎製鉄	S41
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
実態顕微鏡システム	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	ダーミロン D-5型	★S47
自己変歪測定装置	さくら工業(株) SFH-20S型	S62
荷重変位測定装置	(株)シンコー工業 6505型	★S54
万能投影機	日本工学工業(株) V-20A型	※S56
レーザー測長機	和泉電気(株) MG-1000型	※S63
万能表面形状測定器	(株)小坂研究所 SE-3C-501806型	★S47

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
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 SIMPLIMET2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 MSFF-2M型 C-120型	※S63
プログラマブルコントローラ	立石電気(株) SYSMACC-120型	※H02
画像処理システム	(株)ネクサス 7106型	★H02
ロジック開発システム	YHP(株) 64000型	S62
デジタイザシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	★H04
CAD/CAMシステム	富士通(株) S-3300 ANVIL-4000	S62
メカニカルCAEシステム	ヒューレットパッカード社 モデル735	★H05
アナライジングレコーダ	横河電気(株) 3655E	S62
デジタルパワーメーター	横河電気(株) 2533	S62
AI開発システム	(株)東芝 AS4075GX型	★H03
電子回路試験装置	ノイズ研究所 EMC-5000S	※H01
デジタルストレージスコープ	松下通信工業(株) VP-5740A	S62
精密電圧電流測定機	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
カラーシミュレーション	日本色研事業(株) 678RC-SA-101型	★S63
コンピュータグラフィックスシステム	アップル社 マッキントッシュ FXシステム	★H02
デザインスコープ	(株)いずみや 3N型	S62
写植機	(株)写研 SPICA-AH型	★S63
デジタル変角光沢計	スガ試験機(株) UGV-4D型	★S54
デジタル自動測色色差計	スガ試験機(株) AUD-CH-2型	★S54
多光源測色色差計	スガ試験機(株) MSC-IS-2B型	★S63
接触角精密測定機	協和科学(株) CA-1型	★S47
精密ハードネステスター	プロセス社 エコーチップC型	★S63
騒音・振動データー処理装置	(株)小野測器	※H05
摩擦試験機	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
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	東洋理化学工業(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

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
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	タバイエスベック(株) TSC-10型	★S54
サーマルショック試験機	タバイエスベック(株) TSR-103型	★S63
温湿度繰り返し試験機	タバイエスベック(株) PL-3E型	★S54
湿潤試験機	スガ試験機(株) CT-3型	★S62
恒温熱風乾燥機	タバイエスベック(株) HPS-222型	★S55
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスベック(株) HLKS-3A型	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	タバイエスベック(株) PL-4G型	★S62
恒温恒湿槽	タバイエスベック(株)	★S47
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) OER-PG型	★S62
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーゲゲマ EPE700型	S62
静電塗装装置	(株)ランズバーゲゲマ	★S47
手吹静電塗装装置	(株)ランズバーゲゲマエレッペ 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) バロースブース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
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	シャバレックス(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

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
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
コーナーロッキングマシン	庄田鉄工(株) CLA-132型	S62
ルーターマシン	庄田鉄工(株) ROA-113型	S62
超仕上げかんな盤	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
5kgシャルピー衝撃角度検出システム	(株)米倉製作所 CCP-60P型	※H06
横型バンドソー	(株)ニコテック SCH-33FA型	※H06
蛍光X線分析装置	セイコー電子工業(株) SEA2010L型	※H06
投影機用データー処理装置	(株)ニコン DP-302型	※H06
フーリエ変換顕微赤外分析装置	日本分光(株) HeyschelFT/IR-350	★H07
ギヤー式老化試験機	スガ試験機(株) TG-100	★H07
反ばつ弾性試験機	高分子計器(株) Lupke方式	★H07
X線回析装置	(株)マック・サイエンス MXP3VA/DIP320	※H07
パーチャリ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	★H08
デュ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	※H08
非接触粗さ検出ユニット	(株)小坂研究所 PU-OS100	※H08
塗膜定量測定装置	(株)キーエンス VH-620OC	※H08
熱遮蔽温度記録装置	(株)安立計器(株) AM-7002	※H08
油分濃度計	(株)堀場製作所 OCMA-300	※H08
電解着色電源・実験用システム	(株)高砂製作所 PEC40-2	※H08
繰り返し荷重試験装置	JTトーション(株) TE-03-AFS01	H08

平成9年度新設機器

機 器 の 名 称	用 途	備 考
大型恒温恒湿低温室 タバイエスペック(株) TBE-4HW2GEF	金属製品、高分子材料、電子機器等の高低温・多湿環境における腐食、耐久性等の評価試験	通商産業省補助金
振動計測システム (株)小野測器 DS-9110	自動車用シートや人体各部に発生する振動を加速度として、検出し、記録及び解析	中小企業庁技術開発研究費補助金
炭素・硫黄分析装置 (株)堀場製作所 EMIA-820	工業材料及び製品中の炭素・硫黄の定量分析	日本自転車振興会補助金
工具顕微鏡 (株)プコン TUM-220EH	切削工具の芯出し、摩耗幅の測定、穴径、ネジのピッチの測定、切削工具の破損形状の観察	〃
示差熱重量同時測定装置 セイコーインスツルメント(株) TG/DTA6300	材料の水分量、灰分量の分析や熱分會、酸化耐熱性などの評価	
紫外線可視分光光度計 (株)島津製作所 UV-2500PC	紫外・可視光の吸収特性から元素の定性・定量分析を行うためのスペクトル測定	
超音波硬さ計 川鉄アドバンテック(株) SONOHARD SH-75	薄物・めっき製品の硬度測定	
光学顕微鏡用デジタルカメラ 富士写真フイルム(株) HC-300	微小部分の拡大撮影	
DSPボード開発装置 White Mountain 社 DTP Mountain-510	DSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)を使った電子回路の開発	
ビデオプロジェクター (株)東芝 TLP510J	ビデオ画像やコンピュータ画像の大画面・高解像度投影	
計測装置 小野測器(株) GK-3100	機械構造物の振動解析	

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) 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) 次 世 代 技 術 者 育 成 事 業
- (17) 新 事 業 展 開 共 同 研 究 事 業
- (18) 自 動 車 支 援 ア ド バ イ ザ ー 設 置 事 業
- (19) デ ジ タ ル 化 対 応 技 術 者 育 成 支 援 事 業
- (20) 広 島 市 工 業 技 術 セ ン タ ー 開 所 10 周 年 記 念 事 業
- (21) 広 島 市 工 業 技 術 振 興 協 議 会
- (22) 発 明 考 案 の 奨 励 事 業
- (23) 会 議 ・ 講 習 会 ・ 研 究 会 へ の 参 加
- (24) 技 術 職 員 派 遣 研 修 事 業
- (25) 講 師 ・ 委 員 等 の 派 遣
- (26) 発 表 (誌 上 ・ 口 頭)

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	15	47	96,350
	物 理 試 験	5	21	40,320
	接 着 試 験	1	1	1,670
	製 品 性 能 試 験	24	1,011	592,080
	小 計	45	1,080	730,420
金属・非金属	機 械 試 験	3,541	13,294	22,760,280
	物 理 試 験	167	675	1,897,210
	分 析 試 験	130	747	2,222,440
	小 計	3,838	14,716	26,879,930
表面处理	塗 料 試 験	—	—	—
	皮 膜 試 験	268	16,892	6,032,440
	小 計	268	16,892	6,032,440
電子・電気	電子計算機による解析	5	5	23,050
	電 気 試 験	11	46	53,900
	小 計	16	51	76,950
試験用資料作成	木 材 ・ 木 製 品	2	4	6,240
	金 属 ・ 非 金 属	9	48	76,800
	塗 装 ・ 塗 膜	4	5	24,400
	電 子 ・ 電 気	1	5	7,800
	小 計	16	62	115,240
意匠図案の作成		—	—	—
工業製品の試作		—	—	—
試験・検査に関する証明		17	18	6,480
合 計		4,200	32,819	33,841,460

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	歳入額(円)
工 作 機 械	54	173	174,530
試 験 設 備	149	1,103	398,670
合 計	203	1,276	573,200

(3) 技術指導・相談

	分野	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	70
B	電 子 ・ 電 気	電力機器 電気応用機器 電子応用機器	96
C	化 学	セラミックス 無機化学製品 有機化学製品 高分子製品 燃料/潤滑油 科学装置/設備	368
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	810
E	木 材 木 質 材	材料 加工技術 表面技術 改質技術	90
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	40
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	41
I	資 源	金属鉱業 石灰・石油鉱業	6
J	建 設	鋼構造 コンクリート製品	3
K	衛 生	環境 公害防止技術 廃棄物利用技術	11
L	そ の 他		139
合 計			1,730

(4) 技術者研修事業

各種材料・加工技術、工程合理化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	担当者
熱処理技術講習会	10月24日	最近の表面改質技術について	日本電子工業㈱ 須磨 浩之 氏	市 後
塗装技術講習会	1 月22日	カッティングシステム及びインクジェットシステムの最近の動向	㈱日本ソフトウェアサービス 日高 通 氏	山 岸
CAE技術講習会	1 月30日	流体解析の基礎と解析事例及び最新技術動向について	中央大学理工学部 川原 睦人 氏	古 谷
ISO 14000講習会	10月 8 日	中小企業とISO14000の展開方向について	㈱長銀コンサルティング 内野 健一 氏	木 下

② 生産工程合理化技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	担当者
工具鋼材料技術講習会	2 月19日	最近の高速高精度加工について	ヤマザキマザック㈱ 高田 芳治 氏	山 本
高分子材料技術講習会	① 6 月10日	粉体の表面改質とその応用	日本植生㈱ 川崎 仁士 氏	四 辻 隠 岐
	② 9 月12日	ゴム用金型の汚染防止	兵庫県工業技術センター 山口 幸一 氏	
	③ 3 月20日	現場トラブル対策PARTⅡ	元㈱リコー 木村 都威 氏	
木質高機能化講習会	11月11日	最近の木材改良技術と木質新素材	岐阜大学農学部 棚橋 光彦 氏	木 下
高度加工技術講習会	1 月23日	超精密加工の担い手・電子ビームとは？	三菱電機㈱ 白須 浩蔵 氏	岡 田

③ デザイン技術

事業名	開催月日	テーマ	講師	担当者
インテリアデザイン 技術講座	① 6 月 3 日	デザインと色彩	セントラルデザインアソシエーツ 山下 新治 氏	西 原
	② 6 月10日	〃	〃	
	③ 6 月17日	製図法	㈱広島市産業振興センター 西原 正明	
	④ 6 月24日	〃		
	⑤ 7 月 1 日	パースの描き方	㈱アトリエ・ケン 慶雲寺 誠 氏	
	⑥ 7 月 6 日	パースの色づけ	〃	
	⑦ 7 月15日	開発の手法	㈱広島市産業振興センター 西原 正明	
	⑧ 7 月22日	インテリアの計画 (色彩と形態)	㈱アステリア 河野 房子 氏	
注文洋服縫製技術講習会	① 7 月17日	新素材縫製上の合理的パーツの使用法及び今後の業界の展望と営業のあり方	紳士服デザインコンサルタント 今津 辰男 氏	谷 本
広島市デザイン技術講習会	② 10月16日	新たな製品作りのためのデザイン開発	㈱クルー 馬場 了 氏	谷 本
	③ 10月17日	新たな製品作りのためのデザイン開発	ヤマハ発動機㈱ 福井 巧 氏	

(5) 自動車関連新技術支援事業

アドバンストバイオメカニカルエンジニアリング研究会（担当 西山・上杉）

本研究会は、メインテーマを人間の動的特性を考慮した製品開発に関する研究とし、動力学や制御技術、人間工学などの観点から人に優しい先進的な設計開発法の指針を得ることを目的として実施した。

研究開発項目及び研究分担機関は次のとおり。

1. 「人体・シート・ステアリング・ペダル系の振動特性に関する研究」
デルタ工業(株)、黒石鉄工(株)、広島市工業技術センター
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」
マツダ(株)、広島市工業技術センター
3. 「高齢者に対する医療・福祉機器の開発に関する研究」
広島市工業技術センター
4. 「ロッキングソファに関する研究」（継続）
(株)マルニ、広島市工業技術センター、神奈川工科大学
5. 「着座姿勢が眠気に及ぼす影響に関する研究」（継続）
(株)東洋シート、マツダ(株)、広島市工業技術センター、広島大学
6. 「新しい人体モデルの開発」
広島市工業技術センター

参加企業

デルタ工業(株) 黒石鉄工(株) (株)東洋シート (株)マルニ マツダ(株)

開催月日	テーマ	講師
① 6月18日	「人間の動特性を考慮した製品開発に関する研究」の研究分担について	
② 9月17日	振動環境下における人間の視覚機能評価	東京都立大学工学部 吉村 卓也 氏
③ 10月 ²⁷ / ₂₈ 日	眠気の実測データの解析・評価技術 「実測された生体反応の評価解析の実習」	広島大学工学部 堀 忠雄 氏

新加飾技術研究会（担当 山崎・金行）

本研究会は、自動車部品等の塗装関連企業と共同で、光輝金属面・めっき面等等への新加飾技術の開発や自己析出型塗装システム、スエード調感性塗料等の新塗料や設備等塗装技術に関連した研究、技術情報の収集・提供を行い、加飾技術の開発力向上及び技能の向上を図った。

1. 金属錯塩型染料による塗膜染色技術の研究。
2. クリヤー塗膜を染色する光輝金属面の新加飾技術の開発。
3. 電気分解による電着排水のCOD削減技術の開発と2次処理として、EM菌等による生物処理、酸化処理、吸着処理等の有効性の研究。
4. 畜光クリヤーの屋外実用性評価と用途開発に関する研究
5. 金属塗装・噴霧塗装の技能検定への取組

参加企業

アートプランニング カワダ(株) (株)紀陽 新明和工業(株) 大協(株) (株)高山商会 (株)中国プラント 西川化成(株) (株)日本製鋼所 (株)日本パーカーライジング広島工場 プレス工業(株) 平岡技術研究所 三葉工業(株) マツダ部品工業(株) (株)マツダ 宮川化成工業(株) (株)メンテック

開催月日	テ ー マ	講 師
① 5月27日	「シンナー再生装置の有用性について」 塗装スラッジ等廃棄物の効率的な焼却炉	コーベック(株) 平山 次郎 氏 岩谷瓦斯(株) 木川 正洋 氏
② 7月13日	塗装技能向上のための技能検定準備研修（実技）	マツダ(株) 平岡 康孝 氏
③ 8月3日	塗装技能向上のための技能検定準備研修（座学）	（財）広島市産業振興センター 山寄 勝弘
④ 11月13日 15日	先進地調査（大阪） 「原子吸光分析の最新技術について」	
⑤ 11月14日	自己析出型塗装システムの現状と課題	(株)日本パーカライジング 本田 匠 氏
⑥ 2月16日	感性塗料の現状と将来展望	大橋化学工業(株) 安田 一美 氏
⑦ 2月16日	（企業見学）(株)研創 箱文字の表面処理・塗装工程について	(株)研創 高森 英喜 氏

(6) 新技術共同研究事業

品質工学会（担当 市後・栗原・前田）

本研究会は、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、会員企業に内在する研究開発テーマに取り組み、品質工学への理解をより深めるため活動している。会員企業は、輸送用機械器具、電器機械器具、食品製造業他、製造業15社の多岐にわたり、37テーマについて取り組んだ。

平成9年度の研究成果の中より第6回品質工学会研究発表大会において、発表するテーマとして以下のテーマを選定した。

- | | | |
|---------------------------|----------------|------|
| 1. プラスチック部品の塗装品質の向上 | マツダ(株) | 井上斎樹 |
| 2. 高速ポンプの高性能羽根車のパラメータ設計 | (株)テラルキョクトウ | 宇田康弘 |
| 3. 自動ハンダ付け工程におけるパラメータの最適化 | ナルデック(株) | 下桑田勝 |
| 4. 酸化拡散炉における酸化膜成膜条件の最適化 | 広島県立西部工業技術センター | 問山清和 |
| 5. コールドボックス法における鋳造型条件の最適化 | マツダ(株) | 菅谷 智 |
| 6. コンクリート製品の強度向上に関する研究 | キョクトウ高宮工場(株) | 渡辺博康 |

参加企業

(株)あじかん キョクトウ高宮工場(株) (株)久保田鉄工所 (株)熊平製作所 クレノートン(株) 食協(株) 秩父小野田(株) (株)テラルキョクトウ ナルデック(株) (株)日本製鋼所広島製作所 広島アルミニウム工業(株) ヒロボー(株) マツダ(株) 広島県立西部工業技術センター トーヨーエテック(株)

開催月日	テ ー マ	講 師
① 5月15日	オリエンテーション 基本機能の検討	(財)日本規格協会 矢野 宏 氏
② 6月6日	基本機能・計測特性の検討 会員による研究事例発表	
③ 7月24日	実験計画（パラメータ設計）の検討	
④ 9月18日	予備・本実験法の検討	(株)あじかん 金築 利夫 氏
⑤ 11月13日	本実験方法・SN比の検討	
⑥ 1月29日	会員による事例発表	

高度CAE研究会（担当 西山・古谷）

本研究会は、産業界でかかえる高度な技術的課題を知的工学手法により理論的及び実験的に解明することを目的として、以下のような研究を実施した。

研究課題項目及び分担はつぎのとおり。

1. トリオテスターの開発
(株)ハラダクニ、広島市工業技術センター
2. 歯車の噛合いから発生する起振力がトランスミッション系に及ぼす振動特性
マツダ(株)、広島市工業技術センター
3. 非線型摩擦特性を考慮した人体－シート間の動的特性
広島市工業技術センター、(株)リョーセンエンジニアズ、(株)DCS
4. 非線型特性を考慮したタービンの設計方法
(株)シンコー、広島市工業技術センター
5. 振動する伝熱面まわりの対流熱伝達
広島市工業技術センター
6. 材料のひずみ速度依存性に関する調査研究
(株)DCS

参加企業

(株)シンコー (株)リョーセンエンジニアズ マツダ(株) (株)ハラダクニ 新川電機(株) (株)DCS (株)新日本造機 (株)ユーシン

開催月日	テ	マ	講	師
① 6月18日	摩耗のモデル化		(株)リョーセンエンジニアズ(株)	山本 利弘 氏
② 9月24日	タイヤの偏摩耗及び直線性とアライメント調整の関係		(株)日本自動車研究所	山崎 俊一 氏
③ 10月20日	最近の交通事故の特徴		防衛大学校	原田 宏 氏
④ 11月20日	蒸気タービンの運転上発生する諸問題		菱日エンジニアリング(株)	宮川 正 氏
⑤ 12月10日	講師を招へいしての討論会		広島大学工学部 広島大学工学部 広島大学総合科学部 広島大学総合科学部	藤井 大地 氏 藤谷 義信 氏 林 光緒 氏 堀 忠雄 氏
⑥ 12月17日	ローラとタイヤ間の特性・ローラの曲率がタイヤの運動性に及ぼす影響		大阪産業大学短期大学部	酒井 秀夫 氏
⑦ 2月22日	タービン翼の製造及び設計における諸問題		宮川技術士事務所	宮川 正 氏

新製品デザイン開発研究会（担当 谷本・古谷）

本研究会は、中小企業の製造業を対象にデザイン開発手法を習得しながら、自社の商品計画、製品開発の課題を解決することを目的に年間10回開催している。各社の開発課題に対する講師として、地場産業の製品デザイン開発に実績のある工業デザイナー田中宏樹氏を招へいし、参加会員の課題解決のアドバイスを行った。

参加企業

(株)アールテックリジョウ (株)倉本製作所 (株)ザイエンス (株)住建産業 テンパール工業(株) 西川化成(株) 広島アルミニウム工業(株) フマキラー(株) リョーコクショウジ(株)

開催月日	テ ー マ	講 師
① 5月28日	研究会の概要説明 製品デザイン開発の取組について意見交換	田中工業デザイン研究所 田中 宏樹 氏
② 6月25日	日本の工業製品のデザインの変遷について	
③ 7月29日	製品開発マニュアルの作成	
④ 8月26日	会員各社の具体的な製品計画の発表及び検討	
⑤ 9月25日	〃	
⑥ 10月22日	企業の製品計画・デザイン開発での各種の手法について	
⑦ 11月18日	会員企業による開発経過の報告（リョーコクショウジ(株)）	
⑧ 12月17日	会員企業による開発経過の報告（(株)アールテックリジョウ） 製品開発企画書の作成にかかる情報分析手法について	
⑨ 1月21日	製品開発のプレゼンテーション作成方法	
⑩ 2月26日 2月27日	先進地調査 第14回ジェトロ・インポートフェア「レジャー&レクリエーション'98」	
⑪ 3月18日	会員企業による製品開発に関するプレゼンテーション 製品開発における基本的考え方の復習	

(7) 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・岡田）

機械加工系企業の精密加工技術の強化を目的に研究会を開催し、現在会員企業が抱えている精密加工技術に関する課題についての実験及び研究討議を中心に、その他講習会、先進地調査等を行った。本研究会への参加者が自社で担当している業務で現実困っている課題をテーマとして取り上げ、それについてのディスカッションや実験研究を行い精密加工技術の向上を図った。

参加企業

木村冷機(株) (株)久保田鐵工所 (有)工業センター (株)サンエス技研 (株)デルタツーリング トーヨーエテック(株) (株)西井製作所 (株)広島工具製作所 (株)フクトクダイヤ (株)マツダツーリングセンター (株)向井製作所

開催月日	テ ー マ	講 師
① 5月8日	オリエンテーション 平成9年度研究課題の検討	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏
② 7月25日	深穴の上手な加工法 フエロチタニットの適正加工条件の討議	〃
③ 9月25日	エンドミルの切削抵抗に関する実験結果について研究発表	〃
④ 11月6日	技術講演と実技 超高硬度脆性難削材等への微細穴あけ、溝加工	(株)岳將 岳 義弘 氏 広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏
⑤ 1月26日	微細穴明け加工について 低熱膨張性鋳鉄の加工について	広島大学工学部 鳴瀧 則彦 氏
⑥ 2月6日	先進地調査報告 (株)フジキン大阪工場 関西セイキ工業(株) 研究活動の反省と課題 ナカヤマ精密(株)	〃

(8) 技術交流事業

新素材技術交流部会（担当 上田・奥村）

本部会は、製造過程から発生するゴム・プラスチック等の廃棄物のリサイクル技術及び機能性複合材料などの研究開発をテーマとして、平成9年度は先進企業における廃棄物収集・リサイクル状況などの視察見学、専門家を招いてゴム・エラストマーのリサイクル技術や鉄道市場におけるリサイクル材料の活用事例の研修、会員企業のゴム屑などを使った破碎化実験、試験片シートの試作開発を行った。

参加企業

三協プラスチック工業(株) (株)里吉製作所 (株)モルテン (株)三和製造所 三興化学工業(株) (株)清水木工 (株)やまの化成工業所 野口ゴム工業(株) 東プレ(株) (株)オート 中国メタリコン工業(株) 浜井建具工業(株) (株)栄進商会 ハセガワ化成(株) ゼオン化成(株) 寺戸産業(株) (株)高村興業所 (株)シンギ

開催月日	テ	マ	講	師
① 6月11日	総会 平成8年度事業・会計報告	平成9年度役員人事・事業計画	(株)アーテビジョン	織田 信男 氏
② 7月23日	先進企業における廃棄物収集・リサイクル状況の視察見学		(株)エフピコ リサイクルセンター	松尾 和則 氏
③ 10月15日	ゴム・エラストマーのリサイクル技術		勸化学品検査協会	秋葉 光雄 氏
④ 12月3日	廃棄物処理・リサイクル施設の視察見学	臨時総会		
⑤ 3月25日	鉄道市場におけるリサイクル材料の活用例とその展望		勸鉄道総合技術研究所	御船 直人 氏

資源高度利用技術開発交流部会（担当 木下・三宅）

本部会は、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、特に企業活動によって生じる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7年度から京都大学農学部 白石教授をアドバイザーに木材を液状化した原料からの発泡体の開発を行っており、平成9年度は、ゴム状発泡体並びにスポンジ状の発泡体の試作開発を行った。

参加企業

アオイ化学工業(株) 大鹿振興(株)広島営業所 (株)紀陽 協和木工(株) (株)ザイエンス (株)清水木工 (株)住建産業 (株)高本製作所 竹原工業(株) 中国木材(株) (株)仁井田商会 浜井建具工業(株) (株)マルニ 三菱重工業(株)広島工機工場 (株)LAT環境設計事務所 (株)歴清社

開催月日	テ	マ	講	師
① 月 日	総会 平成8年度事業・会計報告	平成9年度事業計画について		
② 6月13日	先進地調査（クラブウ(株)鴨方工場）	「ウレタン発泡製造について」	倉敷紡績(株)鴨方工場	中西 日大 氏
③ 7月31日	先進地調査報告		勸広島市産業振興センター	木下 利徳
④ 12月19日	液化木材装置の概要と液化木材からの製品展開		(株)日阪製作所	太田 親義 氏
⑤ 2月18日	液化木材製造研修（(株)日阪製作所）		(株)日阪製作所	太田 親義 氏

住宅設備技術交流部会（担当 西原）

本部会は、高齢者や障害を持った人々が日常の生活を快適に過ごせるための製品開発を目的に活動している。

平成9年度は、玄関段差解消機器及び障害者移動用椅子の開発をテーマとして、福祉機器についての見学会や先進地調査を行い、専門家のアドバイスを受けながら、アイディアの展開及び試作品の製作活動を行った。

参加企業

(株)アベイル 大西電機工業(株) (株)熊平製作所 コニシ(株)広島営業所 親和金属(株) 田中家具工業(株) 第一テント工業(株) (株)電商 (株)仁井田商会 浜井建具工業(株) 前田機工(株) (株)めいでん

開催月日	テ ー マ	講 師
① 4月15日	階段昇降機のアイディア展開	
② 5月13日	座面上下式折たたみ椅子の機器分析	
③ 6月12日	障害者用室内移動イスの試作品について検討	
④ 7月24日	玄関段差解消機器のアイディア展開 障害者用室内移動イスの改善試作品について	
⑤ 8月22日	障害者用室内移動イスの改善試作品について	
⑥ 9月18日	〃	
⑦ 10月21日	障害者用室内移動イスの改善試作品第2案試作品について検討 国際福祉機器展等調査報告	
⑧ 11月26日	障害者用室内移動イスの改善試作品第3案試作品について討議	
⑨ 12月10日	障害者用室内移動イスの改善試作品第4案試作品について討議	
⑩ 1月22日	部会員研修「高齢者に優しい住まい環境について」	積水ハウス(株) 西山 茂樹 氏
⑪ 2月17日	アルミパイプ製試作品について検討	

エコロジー技術交流部会（担当 小島・西山）

本部会は、平成9年度中国ブロック技術・市場交流プラザへ遠赤外線パッドを開発して、参加・出展をしたのはじめ、中小企業事業団・融合化成果事例として、「HOT・WELL、省施工床暖房システム、ストロー1本で夢ふくらむ座ぶとん、再生プラスチック活用によるパネルヌカース、廃タイヤ活用によるリサイクルゴム製品」等5点の開発製品を応募し、掲載された。

参加企業

(有)ウイト (株)シスコム (株)サンゲン (有)第一電話 オステン(有) (株)ナガモト 南工(株) (株)仁井田商会 (株)広島樹脂コーティング (株)プロト 三島食品(株) (株)△□○ (株)村上工芸 (株)グリーン技研 シグマー電機工業(株)

開催月日	テ マ	講 師
① 4月22日	平成8年度事業報告・会計報告・会計監査 平成9年度事業計画・役員人事	
② 6月11日	新製品・新商品開発の検討	
③ 7月10日	「HOT・WELL/路面凍結表示システム/遠赤外線利用のフラワボット」等の具体的検討	
④ 8月8日	〃	
⑤ 9月10日	企業見学会 シグマー電機工業(株)本社・高陽工場	シグマー電機工業(株) 加瀬 武 氏
⑥ 11月10日	平成9年度合同交流部会中間部会での発表資料の検討	
⑦ 12月22日	研修会 「現代の人間工学」	近畿大学工学部 畝 正二 氏
⑧ 3月19日	先進地調査 東京・大田区産業プラザ/マシンツールフェア' OTA98	

(9) 産業振興技術開発交流事業

産業振興技術開発交流部会（担当 谷本・上杉）

本部会は、中小企業の保有技術と大学の基礎研究及び当センターの評価技術とのコーディネートによる産学官でのモノづくりを目指している。平成9年度の開発テーマは車椅子の生活者と共同で食卓につける「昇降式テーブル」と海上レジャーで楽しめる「水中翼自転車」を掲げて製品化のための試作開発並びに技術情報の収集を行った。

参加企業

(株)アンネルベッド (株)大之木ダイモ 協和本工(株) 呉ダイヤ(株) (株)コンセック (株)日本パーカーライジング広島工場 山根木材(株) (株)フクトクダイヤ (株)フジタ広島支店 田中工業デザイン研究所

開催月日	テ マ	講 師
① 6月24日	平成8年度活動状況報告・平成9年度予算活動計画	
② 7月23日	昇降テーブルの評価検討・平成9年度製品開発について	広島女子短期大学 神立 均 氏
③ 8月27日	昇降テーブル及び海上RV(水中翼自転車に関する今後の製品開発の方向性)	
④ 9月26日	自走式水中翼船の情報収集	広島大学工学部 岩下 栄嗣 氏
⑤ 12月5日	海上RVの製品試作にあたっての技術情報の収集	〃
⑥ 2月19日	昇降式テーブル及び車椅子の坂道後退防止機構の商品化	広島県介護実習普及センター 高橋 富士子・坪井 洋子 氏

(10) 産業デザイン振興事業

広島市デザイン開発支援研究会（担当 谷本・古谷・田中）

本研究会は、広島市の製造業の組合を対象に、デザイン開発手法を導入した製品開発のプロセスを習得しながら参加会員の開発課題の解決を目的として開催している。

平成9年度は、広島家具工業会を対象に「21世紀に向けたベッドの開発要因を探る」を研究テーマに話し合いを行った。講師として広島市立大学の池田為明教授からアドバイスを受けた。

対象組合 広島家具工業会

参加企業

(株)アンネルベッド (株)ドリーム総合研究所 (株)大之木ダイモ 協和木工(株) (株)マルニ (株)リーベッド

開催月日	テーマ	講師
① 8月28日	家具業界の現況と今後の開発のあり方	広島市立大学芸術学部 池田 為明 氏
② 10月2日	21世紀の住生活環境を想定した製品開発	
③ 12月18日	過去からの優れた建築物のデザインの要因を探る	
④ 1月28日	高齢化社会に向けた商品作りの要因を探る	
⑤ 3月12日	21世紀に向けたベッドの開発要因を探る	
⑥ 3月26日	〃	

(11) 洗浄技術開発研究事業

洗浄技術研究会（担当 山崎・前田・金行）

熱処理関連・金属洗浄業界では、オゾン層保護のため、トリクロロエタンの代替洗浄法として、現有の設備が利用できるところから、安価な再生トリクロロエチレンを使用するところが増加している。トリクロロエチレンの多用は、地下水への漏洩、作業環境の悪化、発ガン性等の諸問題が再び再燃し、今後大きな社会問題となる可能性がある。このため、本研究会では関連企業、広島大学工学部、当センターの産・学・官の体制で低圧高温過熱蒸気を利用した脱脂洗浄技術を研究した。

参加企業

黒石鉄工(株) (株)中国メンテナンス (株)ナガト 辰栄工業(株) (株)日本パーカラライジング 富士機械(株) マツダ(株)

開催月日	テーマ	講師
① 6月19日	小型過熱蒸気洗浄設備の性能について今後の実験計画と過熱蒸気発生装置の改良について	(株)中国メンテナンス 穴戸 弘 氏
② 6月26日	小型過熱蒸気洗浄設備の開発経緯 縦型試作機による脱脂実験結果	瀬田興産化工(株) 川村 泰三 氏
③ 11月 ²⁰ ₂₁ 日	先進地調査 環境保全機器設備に関する調査（東京） 過熱蒸気による新脱脂洗浄技術について（神奈川）	
④ 1月23日	水系脱脂洗浄剤・機器設備に関する最新情報	(株)ネオス中央研究所 岸本 宏司 氏 森合精機(株) 森合 主税 氏
⑤ 3月6日	過熱蒸気を利用した食品加工技術の展望/過熱蒸気による脱脂洗浄実験効果	(株)中国メンテナンス 穴戸 弘 氏 産業振興センター 山崎 勝弘

(12) 特定技術後継者育成事業

高機能表面処理技術開発研究会（担当 植木）

本研究会は、技術者・後継者の不足や技術力低下等の問題を抱えている表面処理（めっき）業界の後継者育成、技術の高度化並びに自動車依存型からの脱皮を図ることを目的として開催している。

平成9年度は、発注企業3社、表面処理企業20社（めっき、電着塗装等）の計23社の会員が、公害防止、付加価値の高い機能性表面処理技術の習得及び、先進企業の見学研修など業界内外との交流を図った。

参加企業

(株)井川製作所 園光産業(株) (株)オート (株)音戸工作所 柿原工業(株) 関西金属工業(株) (有)黒川鍍金工業所 山陽鍍金工業(株) (有)三和ユニーク 昇和化工(株) 新和金属(株) 泰洋工業(株) (株)中村製作所 (株)日本アート (株)日本製鋼所広島製作所 (株)日本パーカーライジング広島工場 日本バレル工業(株) 福山メッキ工業(株) (有)富士金属 富士金属工業(株) マツダ(株) (有)ワイエスデー (有)広鍍金工業所

開催月日	テ	マ	講 師
① 4月18日	総会・「機能性皮膜の現状と将来展望」・「全鍍通達事項及び環境保全関連法」		奥野製薬工業(株) 川居 兼一 氏 他
② 5月 ²³ ₂₄ 日	先進地視察研修会 東和工機(株)・METEC		
③ 7月3日	近促法に伴う各種貸付融資制度について他		中小企業金融公庫広島支店 小島 英治 氏 他
④ 8月21日	役員会「研究会運営方法等協議」		
⑤ 10月14日	先進地視察研修会 佐和鍍金工業(株)		佐和鍍金工業(株)
⑥ 11月21日	メッキ業とISO9000と14000		清川メッキ工業(株) 清川 肇 氏
⑦ 12月17日	高機能性めっきの現状について		奥野製薬工業(株) 川居 兼一 氏
⑧ 2月26日	企業見学研修会 シャープ(株)		
⑨ 3月25日	役員会（事業報告・事業計画）		

(13) 地域産業活性化推進事業

若手鑄造技術者研究会（担当 中村）

本研究会は、重要な地域産業である鑄物産業の活性化を図るため、若手鑄造技術者の更なる技術力向上と交流を目指して平成6年度に発足した。当初は、鑄造現場における技術的課題を様々な問題解決法を用いて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。次に、旧来の現場試験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い、その結果については学会発表等により技術の普及を図っている。平成9年度は、これまでの成果を基に新たな現場試験法を開発した。

参加企業

(株)今西製作所 市場重工(株) (株)木下製作所 坂本重工(株) (株)シンコー 眞工金属(株) (株)セイキメタル 大和重工(株) 友鉄工業(株) 二宮産業(株) 日鋼マテリアル(株) 広島アルミニウム工業(株) ヨシワ工業(株)

開催月日	テ	マ	講	師
① 5月28日	オリエンテーション 研究テーマの討議		近畿大学工学部	塩田 俊雄 氏
② 8月7日	特別講演 「球状黒鉛鑄鉄の諸性質について」		近畿大学理工学部	炭本 治喜 氏
③ 2月23日	球状黒鉛鑄鉄の不良と防止対策		日立金属(株)	大平 章永 氏
④ 3月17日	特別講演「表面改質と複合化プロセスにおける組織制御への試み」		豊田工業大学	恒川 好樹 氏

(14) 特定技術診断指導事業

特定の技術分野について、外部専門家の講師とセンター職員により生産現場における技術的課題について現地指導を実施し、生産性及び技術力の向上を図ることを目的として実施した。

特定技術診断指導（第1回）

事業名	テーマ / 講師	開催月日	診断企業名	担当者
鑄造技術診断指導	鑄物工場の生産性向上のための鑄造技術指導 川口鑄物協同組合 技術指導員 山中 昇 氏	① 7月16日	友鉄工業(株) 坂本重工(株)	中村 植木
		② 7月17日	(株)大田鑄造所 (株)ニノミヤファンドリー	
木工技術診断指導	木質新素材の利用と接着技術 井口コンサルタント事務所 井口 明 氏	① 8月18日	協和木工(株) 天廣インテリア工芸(有)	木下 三宅
		② 8月19日	(株)広住 木村木工(有)	
熱処理技術診断指導	新しい浸炭法へ向けてのコンピュータ 支援システムの構築 大阪府立産業技術総合研究所 金属表面改質グループ長 石神 逸男 氏	① 12月11日	(株)東亜ミシン針工業 (株)ナガト海田工場 広島日本電子工業(株)	市後 楽原
		② 12月12日	呉金属熱錬工業(株) 黒瀬工場 (有)神和熱処理 本社工場	

特定技術診断指導事業（第2回）

事業名	テーマ / 講師	開催月日	診断企業名	担当者
鑄造技術診断指導	鑄物工場の生産性向上を図るための 鑄造技術の指導 川口鑄物協同組合 技術指導員 山中 昇 氏	① 11月20日	友鉄工業(株) (株)大田鑄造所	中村 植木
		② 11月21日	坂本重工(株) (株)ニノミヤファンドリー	
木工技術診断指導	木質新素材の利用と接着技術 井口コンサルタント事務所 井口 明 氏	① 1月19日	協和木工(株) 天廣インテリア工芸(有)	木下 三宅
		② 1月20日	(株)広住 木村木工(有)	
熱処理技術診断指導	熱処理現場における既存知識の活用のおすすめ 大阪府立産業技術総合研究所 金属表面改質グループ長 石神 逸男 氏	① 3月26日	萬国製針(株) (有)神和熱処理 本社工場 広島日本電子工業(株)	市後 楽原

(15) 重慶市との技術交流事業

昭和61年、広島市は中華人民共和国重慶市と友好都市提携を結び、各分野での友好交流を積極的に進めている。エネルギー源として石炭を使用する重慶市では、大気汚染による深刻な環境問題をかかえており、酸性雨、降下煤塵が金属製品の腐食等に大きな影響を与えている。

平成7年度から「自然暴露試験と促進腐食試験の相関性と防錆設計技術」をテーマとして、共同研究を実施しており、広島市及び重慶市で、各種防錆皮膜処理した試験片の屋外暴露試験を行い、経時的な発錆状況の観察及び腐食量の測定を行っている。また、広島市では独自に促進腐食試験も実施し、両市での自然環境下における暴露試験との相関性、促進倍率及び耐用年数の評価も併せて行っている。平成9年度は、広島市、重慶市の研究担当者を相互に派遣して共同研究を実施した。

テ	マ	機 関 名	氏 名	期 間
「自然暴露試験と促進腐食試験の相関性と防錆設計」の協議 分析評価技術に関する研修		重慶市西南技術工程研究所 〃	秦 曉洲 氏 張 倫武 氏	(受け入れ) H09.7.8～H09.7.27
「自然暴露試験と促進腐食試験の相関性と防錆設計」の協議 腐食生成物の化学的評価		(勸)広島市産業振興センター 広島市工業技術センター	山口 研二 四辻 博文	(派遣) H10.2.24～H10.3.6

(16) 次世代技術者育成事業（ライジングジェネレーションテクノ21）（担当 山口）

広島市及びその周辺地域に所在する理工系の学生を対象に、基調講演、企業見学、実習、さらには企業経営者の講演会等を実施し、実践的な工業技術に関する理解と技術伝承、あわせて次世代を担う優秀な技術者を育成し、地元企業への定着を目的として開催した。

参加大学

広島大学工学部 広島工業大学 近畿大学工学部 広島電機大学 広島市立大学

開催月日	テ	マ	講	師	備 考
① 8月18日	オリエンテーション	技術講演「技術最前線ー21世紀の 技術社会を拓く」	マツダ(株) 三菱重工業(株)	小林 一夫 氏 柳 謙一 氏	
② 8月18日	企業見学	三島食品(株) (株)研創 西川化成(株)			
③ 8月20日	コース別実習	材料コース 金属材料の物性評価 加工コース 機械加工	(勸)広島市産業振興センター	市後 博造 岡田 邦彦	
④ 8月21日	システムコース デザインコース	複雑系の解析技術 製品のイメージマップ作成		西山 修二 谷本 義則	
⑤ 8月22日	講演「企業の経営戦略と求める技術者像」		オタフクソース(株) 黒石鉄工(株)	佐々木照夫 氏 黒石 育夫 氏	

(17) 新事業展開共同研究事業

新規顧客開拓研究会（担当 山口）

本研究会は、自動車関連企業等をグループ化して新たな企業連携、共同化を醸成させ、会員各社の開発製品の機能向上と市場開拓を促進するため、研究会に専門コンサルタントを招へいし、新規顧客開拓をテーマにシーズ分析を行った。

参加企業

アカネ(株) 協和木工(株) 協和レジナス(株) 後藤鉄工(株) 三協プラスチック工業(株) 新中央工業(株) (株)トヨープロト (株)ナガモト (株)藤田エンジニアリング (株)松岡製作所 (株)美和 新和金属(株)

開催月日	テ	マ	講	師	備 考
① 11月28日	研究会の運営について		(株)ジェムコ日本経営	谷村 泰成 氏 二艘木憲司 氏	
② 12月18日	データベースを活用した保有技術・商品分類からの開発製品の検索実習		(株)ジェムコ日本経営 (有)ジャム・コラボレーション	谷村 泰成 氏 藤原 政美 氏 川上 里美 氏	
③ 1月22日	新製品開発に関する企画書作成手順の実習		(株)ジェムコ日本経営	谷村 泰成 氏	
④ 2月19日	新商品開発システムの構築に関する実習及び事例発表		(株)ジェムコ日本経営	谷村 泰成 氏 二艘木憲司 氏	

新型加工技術研究会（担当 岡田）

本研究会は、型加工技術に関しての高付加価値を生む革新技術の確立を目的としており、平成9年度は、市場ニーズの把握と関連するシーズを探索して、課題の選定を目的として活動を行った。

参加企業

(株)ジェイ・エム・エス (株)めいでん (株)明光堂 (株)橋川製作所 シージーケイ(株) (有)平長鉄工所 チューリップ(株) (有)サイトウミクロ 中国工業技術研究所

開催月日	テ	マ	講	師	備 考
① 10月30日	技術開発のすすめ		コンサルタント	寄高 政史 氏	
② 12月10日	最近の精密加工技術について		中小企業診断士	寺谷 忠郎 氏	
③ 1月29日	放電加工の可能性を拓く Cr粉末金属溶液中でワイヤ放電加工した表面の拡大像		(株)橋川製作所 中国工業技術研究所	橋川 栄二 氏 西村金太郎 氏	
④ 2月18日	FAからCIM導入展開に至る生産システム		中小企業診断士	寺谷 忠郎 氏	
⑤ 3月18日	新型加工技術の3要素と事例		コンサルタント	寄高 政史 氏	

新分野製品開発研究会（担当 谷本）

本研究会は、「休眠特許の有効活用による新製品開発」をテーマとして、大手メーカーの開放特許を自社企業に導入しての技術開発の可能性を検討し、自動車関連分野以外の市場開拓に向けた新製品づくりの開発研究を行った。

参加企業

三協プラスチック工業(株) 友鉄工業(株) (株)ニイテック 久保田鐵工所 中国マーク(株) 萬国製針(株)

開催月日	テ	マ	講	師	備 考
① 12月16日	休眠特許の有効活用による新製品開発		品質経営コンサルタント	東岡 卓三 氏	
② 1月13日	特許技術活用の基本的な考え方		品質経営コンサルタント	下脇 一晴 氏	
③ 2月10日	新事業・新製品開発の基本的考え方				
④ 2月24日	事例研究とモデル抽出				
⑤ 3月17日	商品開発の流れと商品企画7つ道具				

(18) 自動車支援アドバイザー設置事業 (担当 片山)

自動車関連企業に対する支援策として、分野別アドバイザーを登録し、企業からの要請により技術・経営の両面について、指導支援するものである。指導方法は、工業技術センターにアドバイザーを駐在させて行うものと、企業（生産現場）へ派遣して現地指導する方法で実施した。

平成9年10月から6ヶ月間に集中して行い、実施回数72回、指導企業数は56社、75件、指導分野は17分野の広範囲に亘った。

指 導 分 野	ア ド バ イ ザ ー	指 導 分 野	ア ド バ イ ザ ー
プレス技術	寄高 政史	鑄造技術	下脇 一晴
熱処理技術	寄高 政史	溶接技術	太田 唯男
プラスチック成形加工	廣兼 泰雄	洗浄技術	寄高 政史
プラスチックリサイクル技術	寄高 政史	生産システム管理	下脇 一晴
新めっき技術	二艘木憲司	新製品・用途開発	齋藤 喬之 寄高 政史
機械加工技術	寺谷 忠郎 寄高 政史	新製品開発	寄高 政史 田中 宏樹 廣兼 泰雄 二艘木憲司
システム化技術	寺谷 忠郎	経営（トップマネジメント）	落合 孝信
金型製造技術	杉本 計三 廣兼 泰雄 寄高 政史 太田 唯男	新規分野開拓	寄高 政史
マーケティング	下脇 一晴 落合 孝信		

(19) デジタル化対応技術者育成支援事業 (担当 片山)

本市の自動車関連産業振興策の一環として、MDI（マニファクチュアリング・デジタル・イノベーション）構想に対応し、自動車関連協力企業においてデジタル化に対応できる技術者を育成する必要があるため、当センターの研修室に、研修に必要な器具、機材並びにソフトウェア等の整備を行い、研修を行うものである。この研修は、設計・開発デジタル化技術者育成支援研修実行委員会が実施し、専任講師により開発技法や製品設計および機器操作の習得等を目的としている。受講者は、自動車関連協力企業10社（10名）を1グループとして、19日間で終了し、平成9年度は1月より3月末までに3回実施した。

カリキュラム

	項 目	日 数	内 容
1	3次元設計概要	0.5	I-DEASの概要説明
2	チームデータ管理	0.5	チームデータマネージャによる管理の説明
3	次元設計基礎	3.0	フィーチャーベースモデリングに基づく3次元ソリッドモデラー機能の説明
4	3次元設計応用	2.0	正確な自由曲面をすばやく作成できる設計機能の説明
5	アセンブリ設計	2.0	3次元ソリッドモデルの組立、干渉チェック、機構解析、公差解析等のアセンブリ機能の説明
6	2次元設計／作図方法	2.0	スピーディで確実な設計を支援する柔軟な作図機能の説明
7	解析基礎	1.0	モデル作成～メッシュ作成～ソルバ～ポスト機能の概要説明
8	解析応用	2.0	構造設計の完成度を高める強力なシミュレーション機能説明
9	応用教育	6.0	課題演習による3次元／2次元操作習得（モデリング、図面、解析）

(20) 広島市工業技術センター開所10周年記念事業

広島市工業技術センターは、昭和62年広島市工芸指導所を発展的に解消し、現在地へ新築、移転して、開所10周年を迎え、これを記念して、記念式典、記念講演、研究発表、技術講演、施設開放、記念誌の発行等の記念事業を開催した。

I 開催日 平成9年10月7日(火)～8日(水)

II 記念事業

1. 記念式典

2. 記念講演 「中小企業がささえる21世紀の日本—その戦略」

埼玉大学大学院 政策科学研究所

教授 橋本 久義 氏

3. 研究発表

「防錆皮膜に及ぼす酸性雨の影響と防錆仕様の確立(第一報)」

第一研究室 植木 邦夫

「真空焼結後HIP処理した純チタン材の金属組織と引張性質」

第二研究室 隠岐 貴史

「産業廃棄物を充填材としたワイピングステインの開発」

第二研究室 山崎 勝弘

「品質工学の適用事例：ショットピーニング条件の解析」

第三研究室 市後 博造

「バーチャルリアリティーを利用した、人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系連成運動シュミレーションシステムの開発」

第四研究室 上杉 憲雄

「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)」

第四研究室 西山 修二

4. 技術講演

「中小企業とISO14000の展開方向について」

(株)長銀コンサルティング

常務取締役・開発事業部

部長 内野 健一 氏

5. 施設開放

- ・異業種交流成果品の展示
- ・研究棟、試験棟等の研究室の開放
- ・インターネット利用コーナーの開設

6. 記念誌「10年のあゆみ」の発行

(21) 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。平成9年度も産業界から17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9年6月4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・広島金属プレス工業会・広島金属熱処理協同組合・広島県針工業協同組合・広島県鍍金工業組合・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・広島スクリーン印刷工業会・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)

(22) 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事業を実施した。

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上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上げた人を表彰し、企業の技術振興を図る。

表 彰 名	表 彰 者	成 果 の 内 容
広島市技術指導 優良企業表彰	株式会社 研 創	金色箱文字の発錆、変色等の問題に対し、より防錆力・耐候性の優れた表面処理塗装技術の確立 病院、ホテル等への内装材に抗菌性能を付与するための、塗装前処理・塗装条件の最適仕様の確立
	協和レジナス 株式会社	新素材の利用による研削性、安全性の向上を目的とした研削効率の良い歯科用砥石の開発 各種研削砥石の砥粒の適正配合、加工条件の研究による製品精度の向上
	株式会社 歴清社	実用性の高い金属箔押しによる加飾技術の確立と特殊装飾分野への貢献 労働安全衛生面を考慮した塗装設備の改善及び生産性の向上
優良発明功績者表彰	西野 正 氏 株式会社 熊平製作所	西野氏は昭和29年4月入社以来金庫をはじめ同社の製品開発に従事し、同社が取得している多数の特許及び実用新案の中で、同氏の考案によるものが特許14件、実用新案が11件ある。同氏の発明考案のなか、機械的構造技術に電子コントロールシステムを導入した貸金庫は多くの企業に採用されこの分野は世界的な独占的技術となっている。

2 児童生徒発明くふう展事業

児童生徒の創意くふう、発明等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展示、表彰を行い教育及び産業の発展に資する。

① 応募及び表彰結果

区 分	応 募 状 況	表 彰 結 果								
		広島市長賞	広島市教育長賞	広島商工会議所 会頭賞	発明協会 広島県支部長賞	中国新聞賞	市PTA協議会 会長賞	山本平賞 熊木曾賞 竹林山本賞	優秀賞	学校賞
小学生の部	112点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	4点	15点	1点
中高校生の部	153点	1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、財団法人発明協会広島県支部、広島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。

- ・開催時期 平成9年11月7日～11月16日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

3 広島県未来の夢科学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、広島市長賞として賞状及び記念品を贈呈する。

- ・開催時期 平成9年11月7日～11月16日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

① 応募及び表彰結果

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
小学生の部	776点 (205)	12点 (1)	13点 (2)	28点 (7)	45点 (9)	22点 (3)	113校 (1)
中高校生の部	955点 (133)	12点 (2)	17点 (2)	32点 (3)	55点 (7)	28点 (6)	23校 (1)

上段は広島県全体（ ）内広島市分

4 (社)発明協会広島県支部奨励事業

(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

(23) 会議・研究会・講習会への参加

会 議 等 の 名 称	出 席 者	出 張 先	出 張 日	備 考
日本自転車振興会内定通知伝達式	山田	東京	4/23～24	
日本自転車振興会補助申請説明会	村田	東京	4/23～24	
中国・四国地区公設試共同研究事業・機械推進会議	岡田	岡山	5/20	
自動車技術大会春期学術講演会	西山	横浜	5/21～23	
(社)自動車技術会春季大会学術講演会（発表）	西山	横浜	5/21～23	
工業技術連絡会議機械金属連合部会総会	面崎	つくば	5/22～23	
工業技術連絡会議資源環境連合部会総会	山寄	松山	5/28～30	
工業技術連絡会議電子連合部会総会	西山	天童	6/5～6	
物質工学連合部会デザイン分科会（春季）	谷本	守山	6/5～6	
物質工学連合部会表面技術分科会	植木	岡山	6/5～6	
物質工学連合部会中国地方部会（製品科学）	三宅	松江	6/10～11	
公立鉦工業試験研究機関長協議会総会	村田	徳島	6/12～13	
中国・四国地区公設試共同研究事業・電子推進会議	尾崎	松江	6/17～18	
工業技術連絡会議物質工学連合部会総会	谷本	大阪	6/26～27	
産学R&D「マイクロセンサマシン開発グループ」研究会	山本	宇部	6/30	
中国・四国地方公設試共同研究企画担当者会議	植木	高知	8/7～8	
物質工学連合部会塗装工学分科会	山寄	天童	9/11～12	
物質工学連合部会中国・四国・九州合同木質科学専門部会	三宅	日田	9/11～12	
全国公立鉦工業試験研究機関担当者会議	黒田	仙台	9/17～19	
物質工学連合部会画像プロセス分科会	山田・山寄	広島	9/18～19	
電子連合部会電磁環境分科会・EMC研究会	上杉	岡山	9/25～26	
全国技術指導研究会（行政担当者分科会）	村田	札幌	10/1～3	
機械金属連合部会中国四国九州合同専門部会（機械）	桑原	徳島	10/2～3	
電子連合部会コンピュータ応用分科会・振動音響研究会	上杉	千葉	10/2～3	
技術指導事業・全国技術者指導研究会	村田・片山	札幌	10/2～3	
中国地方物質工学・資源環境連合部会合同専門部会	山田・山口	岡山	10/8～9	
技術指導推進事業にかかる調査	谷口	北九州	10/15～17	
機械金属連合部会計測分科会	市後	盛岡	10/16～17	
一般共同研究・成果普及講習会（技術開発研究費補助事業）	上杉	海老名	10/16～18	
機械金属連合部会機械分科会	前田	つくば	10/23～24	
機械金属連合部会メカトロニクス研究会	古谷	郡山	10/23～24	
物質工学連合部会高分子分科会	山田・四辻	名古屋	10/23～24	
物質工学連合部会木質科学分科会	三宅	郡山	10/23～24	
一般共同研究・成果普及講習会（技術開発研究費補助事業）	上杉	前橋	10/24～25	
日本自転車振興会補助申請ヒアリング	黒田	東京	10/27～28	
工業技術連絡会議ISAEM-97会議	隠岐	豊橋	10/29～31	
中四国・九州公設試験研究機関接合表面改質技術者会議	前田	徳島	10/30～31	
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	海老名	11/5～7	
電子連合部会中国・四国地方部会	上杉	福山	11/6～7	

会 議 等 の 名 称	出 席 者	出 張 先	出 張 日	備 考
物質工学連合部会デザイン分科会（秋季）	西原	横浜	11/7～8	
産学R&D「マイクロセンサマシン開発グループ」研究会	山本	宇部	11/14	
機械金属連合部会素形材技術分科会	中村	名古屋	11/17～18	
中小企業庁補助共同研究打合わせ会議	西山・古谷	笠松	11/21～22	
中小企業庁補助共同研究打合わせ会議	西山・古谷	東京	11/25～26	
品質工学普及検討会	市後	岐阜	11/28～29	
中小企業人材養成機関全国大会	面崎	東京	12/1～2	
中国・四国・九州機械技術担当者会議	岡田	大分	12/4～5	
バイオエンジニアリング講演会	西山	東広島	1/23～24	
分野別中小企業技術会議	植木	東京	1/26～27	
中国・四国地区公設試共同研究事業・電子分野推進会議	尾崎	徳島	2/19～20	
工業技術連絡会議総会	山田	東京	2/12～13	
地域科学技術政策研究会	面崎	東京	2/23～25	
中国・四国地区公設試共同研究事業・機械推進会議	岡田	福山	2/25	
機械金属連合部会中国四国九州合同専門部会（金属）	中村	宮崎	2/26～27	
中国・四国地方公設試共同研究企画担当者会議	植木	高知	3/4	
資源環境連合部会シンポジウム	山口	呉	3/20	
全国デザイン会議	谷本	東京	3/23～25	

自動車関連新技術支援事業

新加飾技術研究会・先進地調査	金行	大阪	11/13～15	
中四国YFE大会	中村	広島	8/29～30	
日本鑄造工学会全国大会	中村	福島	10/21～24	
日本鑄造工学会中国・四国支部地方講演会	中村	福島	3/27	

新技術共同研究事業

品質工学研究会・先進地調査	前田	東京	6/19～20	
高度CAE研究会・先進地調査	古谷	東京	7/17～18	
新製品デザイン開発研究会・先進地調査	谷本	東京	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	桑原	大阪	2/19～20	
------------------	----	----	---------	--

技術交流事業（異業種交流事業）

資源高度利用技術開発交流部会・先進地調査	木下	大阪	2/18	
住宅設備技術交流部会・先進地調査	西原	東京	10/15～16	
エコロジー技術交流部会・先進地調査	小島	鳥取・米子	10/21～22	
エコロジー技術交流部会・先進地調査	田中	東京	3/20	

重慶市との技術交流事業

重慶市との共同研究	山口・四辻	重慶	2/24～3/6	
-----------	-------	----	----------	--

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	尾崎	千葉	4/17～18	
--------------------	----	----	---------	--

洗浄技術開発研究事業会

会 議 等 の 名 称	出 席 者	出 張 先	出 張 日	備 考
洗浄技術開発研究会・先進地調査	山 寄	大阪	6/26	
〃	前 田	東京	11/20～21	

特定技術後継者育成事業

高機能表面処理技術開発研究会・先進地調査	山 口	東京	5/23～24	
高機能表面処理技術開発研究会・先進地調査	植 木	神戸	10/7	

(24) 職員派遣研修事業

氏 名	研 修 テ ー マ	研 修 先	期 間
田 中 秀 樹	中小企業技術指導員養成課程(6ヶ月コース)	中小企業大学校東京校 工業技術院電子総合技術研究所	5月12日～11月27日
隠 岐 貴 史	HIP焼結におけるチタン合金の組織制御	広島大学工学部	10月1日～3月31日
尾 崎 清	自治大学校第1部課程	自治大学校	10月13日～3月20日
三 宅 裕 行	中小企業技術指導員養成課程(1ヶ月コース)	中小企業大学校東京校	1月20日～2月17日
上 杉 憲 雄	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	2月18日～2月20日

(25) 講師・委員等の派遣

開催月日	名 称	内 容	開 催 場 所	派 遣 者	備 考
4月16日	日本鑄造工学会中四国支部理事会	平成9年度行事計画	ガーデンパレス	山 田	理事
5月29日	広島県産業振興機構技術委員会	平成9年度事業計画	広島県情報プラザ	山 田	委員
6月6日	広島県・市児童生徒発明くふう展実行委員会	平成9年度行事計画	広島市子供科学館	山田・面崎 植 木	委員
6月11日	(社)発明協会広島県支部技術委員会	平成9年度事業計画	(社)発明協会広島県支部	山 田	〃
6月12日	実技試験水準調整会議		広島県情報プラザ	山寄・植木	技能検 定委員
6月13日	日本鑄造工学会中四国支部総会	平成8年度活動報告 平成9年度事業計画	弥生会館	山 田	委員
7月2日	中国技術振興センター技術実行委員会	平成9年度事業計画	〃	山 田	〃
7月3日	日本鑄造工学会常任委員会		当センター	山 田	理事
7月20日	前期技能検定実技試験	金属塗装作業	マツダ(株)	山寄・植木	〃
7月27日	〃	噴霧塗装作業	〃	山寄・植木	〃
8月4日	日本金属学会中四国支部理事会	平成10年度全国大会の開催について	徳島大学	山 田	理事
8月27日	素形機センター中国支部幹事会	平成9年度活動計画承認	メルパルク	山 田	幹事
9月4日	日本鑄造工学会中四国支部常任理事会	平成9年度事業経過	弥生会館	山 田	理事
10月3日	平成9年度広島市児童生徒発明くふう展審査会	平成9年度発明くふう作品審査	広島市こども文化科学館	山田・谷本	審査員

開催月日	名 称	内 容	開 催 場 所	派 遣 者	備 考
10月16日 17日	平成9年度中小企業産学官技術 交流等促進事業		NTTクレドホール	桑原	講師
11月29日	基礎2級技能検定試験	金属塗装作業	甲奴郡上下町堀田輪業	山寄	技能検 定委員
12月5日	日本鑄造工学会中四国支部研究発表会	技術研究発表会	当センター	山田・中村	委員
1月28日	日本鑄造工学会中四国支部理事会		〃	山田	理事
2月24日	日本金属学会中四国支部理事会		〃	山田	〃
3月3日	中国地域技術開発委員会	通産省補助事業説明	メルパルク	山田	委員
3月5日	広島県産業振興機構技術委員会	平成10年度技術施策説明	広島県情報プラザ	山田	〃
3月20日	日本金属学会中四国支部総会		日本生命ビル	山田	理事

(26) 発 表

1 誌上発表

時 期	誌 名	テ ー マ	氏 名
平成9年5月	ハイテクインフォメーション	HIPプロセスを用いた焼結チタン材の材質 制御	隠岐 貴史
平成10年3月	Proceeding of the International Symposium on Designing, Processing and Propertis of Advanced Engineering Materials ISAEM-97	EFFECT OF HIP ON TENSILE PROPERTIES OF SINTERED PURE TITANIUM	隠岐 貴史

2 口頭発表

時 期	誌 名	テ ー マ	氏 名
平成9年5月	第5回資源環境連合部会総会	産業廃棄物を充填剤としたワイピングステ インの開発	山寄 勝弘
平成9年5月	自動車技術会1997年春季大会	人体・シート・ステアリングホイール系の 振動特性に関する研究	西山 修二 上杉 憲雄
平成9年9月	日本機械学会VS Tech '97 振動音響新技術シンポジウム	バーチャルリアリティを利用した人体・シ ート・ステアリングホイール・ペダル系連 成振動シミュレーションの開発	上杉 憲雄
平成9年10月	International symposium on processing, Designing and Properties of Advanced Engineering materials ISAEM-97	EFFECT OF HIP ON TENSILE PROPERTIES OF SINTERED PURE TITANIUM	隠岐 貴史
平成9年10月	平成8年度技術開発研究費補助事 業成果普及講習会	ヒューマンエンジニアリングを考慮した製 品設計の効率化に関する研究	上杉 憲雄
平成9年10月	自動車技術会1997年秋季大会	ローラ式サイドスリップテストの開発	西山 修二 他
平成9年10月	「技・技術・テック中国 '97」	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
平成9年10月	平成8年度技術開発研究費補助事 業成果普及講習会	ヒューマンエンジニアリング考慮した製品 設計の効率化に関する研究	上杉 憲雄

時 期	誌 名	テ ー マ	氏 名
平成9年11月	機械金属連合部会素形材技術分科会	球状黒鉛鑄鉄の炉前試験と機械的性質の関係	中村真知也
平成9年12月	計測自動車制御学会東広島地区グループ研究会	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
平成9年12月	中国四国九州機械技術担当者会議	焼入鋼のエンドミル切削について	岡田 邦彦
平成10年1月	日本経営工学会中国四国支部講演会	人間の動的特性を考慮したシステム設計	西山 修二
平成10年1月	日本機械学会100周年記念第10回バイオエンジニアリング講演会	振動環境下における妊婦と胎児の振動特性	西山 修二 F. Amirouche
平成10年2月	機械金属連合部会第2回中国四国九州地方合同機械金属専門部会	鑄鉄の炉前試験と機械試験の関係	中村真知也
平成10年2月	中国四国地方公設試験研究機関共同研究	難削材の加工性に関する評価と精密加工に関する研究	岡田 邦彦
平成10年3月	日本機械学会中国四国支部第36期講演会	ローラ式サイドスリップテストの作動原理	西山 修二 他
平成10年3月	日本機械学会中国四国支部第36期講演会	自動車ドライバーの着座姿勢が眠気に及ぼす影響に関する実験的研究	西山 修二 他

3 研 究 報 告

- (1) 自動車ドライバーの着座姿勢が眠気に及ぼす影響に関する実験的研究 35
西山 修二 小松谷 昌弘 岡村 周亮 農沢 隆秀 西川 一男 堀 忠雄 林 光緒
- (2) 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 45
西山 修二 上杉 憲雄 竹島 透 狩野 雄二 研井 堅
- (3) バーチャルリアリティを利用した人体・シート・ステアリングホイール・
ペダル系連成振動シミュレーションシステムの開発 53
上杉 憲雄 西山 修二
- (4) 防錆皮膜に及ぼす酸性雨の影響と防錆仕様の確立（第二報） 59
山崎 勝弘 四辻 博文 山口 研二 植木 邦夫 秦 暁洲 張 倫武
- (5) 過熱蒸気による金属脱脂洗浄技術の実用性評価 67
山崎 勝弘 前田 真美 金行 良隆
- (6) コンクリート製品強度向上に関する研究 71
前田 真美 桑原 修 市後 博造 渡辺 博康 相原 一裕
- (7) 難削材の加工性に関する評価（第一報） 78
岡田 邦彦
- (8) エンドミル切削に関する実験報告（第一報） 84
桑原 修 山本 敏彦 谷 厚司 中川 通憲 横路 千年
- (9) 複数画像を利用した自己相関・相互相関による対象の認識 92
田中 秀樹 依田 育士
- (10) 構造一流体-伝熱系連成解析システムに関する研究 100
(種々の外力が作用する場合の自然対流と熱伝達特性)
古谷 薫

Research Report

(1) Experimental Investigation of the Effects of a Car Driver's Posture on Sleepiness.....	35
Shuji NISHIYAMA Masahiro KOMATSUDANI Chikaaki OKAMURA	
Takahide NOUZAWA Kazuo NISHIKAWA Tadao HORI Mitsuo HAYASHI	
(2) Research on Vibrational Characteristics between Human Body and Seat, Steering Wheel, and Pedals	45
Shuji NISHIYAMA Norio UESUGI Toru TAKESHIMA	
Yuji KANO Hisashi TOGII	
(3) Development of Virtual Reality Simulation System of Vibration Characteristics between Human Body and Seat, Steering Wheel, and Pedals	53
Norio UESUGI Shuji NISHIYAMA	
(4) The Influence of Acid Rain on Rust-preventive Coatings and the Establishment of Specifications for the Rust Prevention (2nd Report) (The outdoor exposure tests and chemical analysis of corrosion products)	59
Katsuhiro YAMASAKI Hirofumi YOTSUJI Kenji YAMAGUCHI	
Kunio UEKI Qin Xiaozhou Zhang Lunwu	
(5) An Estimation of Practicality of Cleaning Technology for Metal Using the Overheated Vapor	67
Katsuhiro YAMASAKI Masami MAEDA Yoshitaka KANEYUKI	
(6) Investigation for Improving Toughness of Concrete Products	71
Masami MAEDA Osamu KUWABARA Hirozo ICHIGO	
Hiroyasu WATANABE Kazuhiro AIHARA	
(7) Evaluation on Workability of Hard Cutting Materials (1st Report)	78
Kunihiko OKADA	
(8) Experimental report about end-mill cutting (1st Report)	84
Osamu KUWABARA Toshihiko YAMAMOTO Atushi TANI	
Michinori NAKAGAWA Chitoshi YOKORO	
(9) Recognition Using Autocorrelation and Crosscorrelation From Plural Images	92
Hideki TANAKA Ikushi YODA	
(10) Natural convection and heat characteristics in case of wall movement or acceleration	100
Kaoru FURUTANI	

自動車ドライバーの着座姿勢が眠気に及ぼす影響に関する実験的研究*

西山 修二*¹ 小松谷昌弘・岡村 周亮*²
農沢 隆秀・西川 一男*³ 堀 忠雄・林 光緒*⁴

自動車のドライバーの姿勢が眠気へ及ぼす影響に関して研究した。実験室では、実車シートとモニターを使用した。モニターでは40分間、車の前部窓から記録した映像を使用した。被験者として豊富な運転の経験を持っている12名を対象とした。シート座面とシートバック角度を90、100、110、120度に設定した。各被験者に対して、4つの姿勢を対象に脳波（EEG）、眼球運動（EOG）、皮膚電気活動（SPA）を測定し、さらに主観的な眠気、すなわち、VASを記録した。

姿勢と眠気の相関関係について議論し、着座姿勢が人間の眠気に重大な眠気を及ぼすことがわかった。いくつかの研究結果を図表に示している。研究結果から110度の姿勢が良いことがわかった。

キーワード：眠気、覚醒レベル、着座姿勢

Experimental Investigation of the Effects of a Car Driver's Posture on Sleepiness

Shuji NISHIYAMA, Masahiro KOMATSUDANI, Chikaaki OKAMURA,
Takahide NOUZAWA, Kazuo NISHIKAWA, Tadao HORI, Mitsuo HAYASHI

We investigated the effects of a car driver's posture on sleepiness. In a magnetic shielded room, we used real car seats and monitors. Twelve subjects who have much experiences of driving participated in the tests. Relative angles between seat and seat back set in 90, 100, 110, and 120 degrees. We measured four postures correspond to the relative angles for each subject.

Electroencephalogram, eye movement, electro-oculogram, and skin potential activity were recorded continuously during forty minutes. And subjective drowsiness, that is, visual analog scale was also recorded before and after each test. The correlation between the posture and the drowsiness level has been discussed. It was found that sitting posture exerts an influence upon a car driver's sleepiness. Some results are presented in the form of parametric plots and tables.

Keywords : Sleepiness, Arousal Level, Driving Posture, Eye Movement, Electro-
Oculogram, Skin Potential Activity, Visual Analog Scale

1. まえがき

長時間にわたる単調作業、条件の良い道路での運転、快適な部屋の中でのくつろぎなど、これらの条件のもとでは、人間は眠気や意識低下などを起こす。眠気や意識低下の問題はそれらが起こるときに付随して問題が発生する⁽¹⁾。例えば作業のミス、信号機の誤認、緊急時の運転操作、居眠り運転などにより

* 平成10年3月10日 日本機械学会中国四国支部第36期講演会において講演
*¹ 広島市工業技術センター（〒730-0052 広島市中区千田町三丁目8-24）
*² ㈱東洋シート（〒736-0002 広島県安芸郡海田町国信1-6-25）
*³ マツダ㈱（〒735-0028 広島県安芸郡府中町新地3-1）
*⁴ 広島大学（〒739-8521 東広島市鏡山1-7-1）

発生する事故など社会的にも注目されている。特に自動車および一般交通機関において、乗員の乗り心地を向上することは非常に大きな意義を持っている。自動車開発において重要な課題である。

著者らは自動車の乗り心地の向上をはかるために、着座姿勢⁽²⁾⁽³⁾の影響などについて研究を行った。人間の動的特性を明確にして製品開発に反映することは今後ますます重要性をましていくであろう。しかし、自動車運転者にとって、快適な状態が長く続くことは、逆に運転者の生理的、心理的な面から好ましくない。緊張は弛緩し、意識低下を起こし、居眠り運転状態となり易い。運転中の眠気がどのような状況下において生じているかということは必ずしも明確になっていない。着座姿勢と眠気の関係を明らかにすることは人間工学および自動車開発の面から重要な課題である。それにもかかわらず、このような研究は調査する限り、なされていないようである。

本研究は快適性の要因の一つである運転者の着座姿勢が眠気に及ぼす影響について実験的に検討する。運転者の着座姿勢を決定する要因のなかで、眠気に影響を及ぼす主要因と考えられるシートバック角度を4段階に変化させて、着座姿勢が眠気に及ぼす影響について実測的に調べた。運転経験の豊富な成人男子12名の被験者を使用した。被験者の脳波、眼球運動、皮膚電気活動などによる定量的評価および主観評価を実施した。

2. 眠気実測

2.1 主観評価

眠気に関する主観評価⁽⁴⁾には、SSS、KSS、ADACL、MACL、POMS、SACL、VAS、自覚症状しらべ、OSA睡眠調査票など種々のものが提案されている。本研究ではVAS (Visual analog scale) を適用した。実験における主観指標は、眠気、疲労、緊張、不安の4項目について実験前後の自覚症状を主観評価とした。本手法は主観指標が眠気に関して

は、100mmの水平線分の両極、すなわち左端に「はっきり目覚めている」、右端に「非常に眠い」を配置し、被験者に自分の眠気を線分上に垂線を引いてチェックさせる方法である。左端の「はっきり目覚めている」から被験者のチェックした垂線までの距離を眠気の尺度値(0~100)とする。

本研究においては次に示す四つの項目について質問した。「今、どのくらい眠気を感じていますか」、「今、どのくらい疲れていますか」、「今、どのくらい緊張していますか」、「今、どのくらい不安ですか」、本研究では、各被験者に対して4種の着座姿勢に対する試験を実施するため、前回の主観評価を記憶し、評価の妨げにならないよう本手法を適用した。

2.2 眠気計測⁽⁵⁾

眠気の計測として定量的評価が可能な脳波(EEG)、眼球運動(EOG)、皮膚電気活動(SPA)等を計測した。

EEGの導出は単極誘導とし、国際式10-20電極法によりCz、Pzについて左耳を基準として記録した。さらにCzとPzの2部位間の電位差を記録した。時定数は0.3秒とした。試験前後に安静時脳波測定として開眼・閉眼時の脳波をそれぞれ1分間測定した。記録器の紙送り速度は2mm/秒とした。

EOGは眼球の上下方向および左右方向の動きを観察した。正常人にみられるまばたきは、生理的なまばたき、反射的なまばたき、意識的なまばたきの3種類に分類される。これらのうちで覚醒レベルの変動に伴って発生パターンに変化がみられるのは、生理的なまばたきである。生理的なまばたきの回数は正常人では毎分20回程度見られる。自律神経機能をみる指標の一つであるとされている。測定は両眼角外1cmから水平方向、右眼の上下から垂直方向の動きを測定した。右眼瞼の上下と左右目尻に銀塩化銀電極を貼付し、誘導された電位変化をデータレコーダ、万能型脳波計を用いて時定数1.5秒で測定した。

皮膚電位水準 (SPL)⁽⁶⁾⁽⁷⁾は一般に皮膚上の2点間の電位差のことをいう。SPLは睡眠現象と密接に関連している。その発生源は表皮淡明層付近の膜電位であり、自律神経系の支配を受けている。SPLは手掌部や足蹠部のような角質層の厚い部分に顕著である。本研究における測定では、電極部位として左手掌部を測定部位、あらかじめセロハンテープ法により不活性化処理を施した左側前腕部を基準部位とした。そして両部位に銀塩化銀電極を装着して導出し、直流電圧記録計を用いて、幅25cmのチャート上に連続記録した。SPAの解析は、主に実験時間全体でのSPLの推移を検討し、大まかな覚醒水準を推定した。

2.3 試験室

実験は周囲の騒音が覚醒レベルの変化に影響を及ぼさない試験室（横幅：295cm、奥行き：280cm、高さ：220cm）を使用した。この試験室は計測にノイズが混入しないように磁気シールドされている。試験中の試験室の照度は100ルクス、暗騒音は35～40dB (A)、室温は26度、湿度は40～60%に設定した。

2.4 被験者

運転経験が豊富な年齢25歳以上40歳以下の健康な男性12名を被験者として選定した。被験者の年齢および運転経歴を表1に示す。被験者の平均年齢は30.5歳、平均運転経歴は8.3年である。本研究においては被験者の選定にあたって、女性は生理などの影響を考慮して対象外とした。さらに、大学生および40歳以上の壮年も眠りやすい特性を有しており対象外とした。人間の一般的特性を把握するために、人数は10名以上とし、本研究では12名とした。以上のことを考慮して被験者を選定した。被験者の選定および人数は本研究目的を推進するにあたり妥当性を有するものと考えられる。

2.5 着座姿勢

図1に着座姿勢を示す。クッション座面角度 θ_c は17度（標準角度）に固定した。

Table 1 Twelve subjects

Subject No.	Sex	Age	Driving History (years)
1	Male	29	10
2	Male	26	6
3	Male	35	6
4	Male	32	10
5	Male	31	9
6	Male	27	5
7	Male	33	12
8	Male	30	10
9	Male	36	15
10	Male	33	5
11	Male	29	8
12	Male	25	4

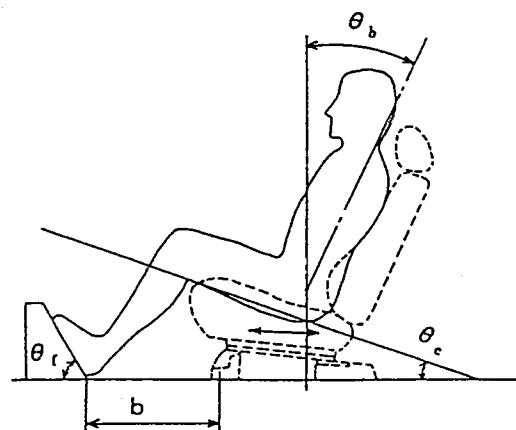


Fig.1 Sitting posture

トルソー角度 θ_b は16、26、36、46度の4段階に変化させた。

したがって座面とシートバックとの相対角度はそれぞれ89、99、109、119度となる。本報では座面とシートバックとの相対角度が89、99、109、119度の場合をそれぞれ着座姿勢90、100、110、120度と呼ぶ。フットレスト角度 θ_f は60度とし、シート固定位置から一定距離 b (425mm) に固定した。シートの位置の調整はシート付属のアジャスタを使用し前後に調整した。

2.6 眠気実測方法

一日の計測を二つのグループA、Bにわけ、同時に2名ずつ40分間実測した。表2はグループA、Bの試験内容（日程、被験者、着座姿勢）を示す。表2の括弧内の数値は着座姿勢角度を示す。

Table 2 Test Arrangement

Day	A		B	
1	Sub 1 (120)	Sub 2 (110)	Sub 3 (120)	Sub12(110)
2	Sub 7 (120)	Sub 8 (110)	Sub11(100)	Sub10(90)
3	Sub 1 (110)	Sub 2 (100)	Sub 3 (90)	Sub10(120)
4	Sub 7 (110)	Sub 8 (100)	Sub 9 (120)	Sub12(100)
5	Sub 4 (90)	Sub 5 (100)	Sub 6 (110)	Sub11 (120)
6	Sub 7 (90)	Sub 8 (120)	Sub 9 (90)	Sub12(90)
7	Sub 1 (90)	Sub 2 (120)	Sub 3 (100)	Sub10(110)
8	Sub 7 (100)	Sub 8 (90)	Sub 9 (100)	Sub11 (110)
9	Sub 4 (120)	Sub 5 (120)	Sub 6 (100)	Sub11 (90)
10	Sub 1 (100)	Sub 2 (90)	Sub 9 (110)	Sub12(120)
11	Sub 4 (110)	Sub 5 (110)	Sub 6 (90)	Sub10(100)
12	Sub 4 (100)	Sub 5 (90)	Sub 6 (120)	Sub 3 (110)

グループAの被験者は13:00に実験室に集合し電極等を装着準備した。13:40から計測開始し、14:20に終了した。グループBの被験者は14:00に集合し、電極等を装着準備した後、14:40から計測開始し、15:20に計測終了した。14:00～15:00の時間帯を中心に試験時間とした。この時間帯においては人間は強い眠気を催す。時間差による影響を避けるため、同一被験者は1日1回、同一時間帯に試験を実施した。各被験者は昼食を通常どおり済ませて実験にのぞんだ。被験者の衣服はリラックスできるものとした。試験室へは靴を脱ぎ入室した。シートにリラックスした状態で着座し、座面およびシートバックに身体が密着するように姿勢を調整した。座面先端で大腿部を圧迫しないようにシートをスライドさせて位置を定めた。両足は前面のフットレストに軽く載せた状態となるように、シート位置を調整した。頭部はシートバック角度に関係なくほぼ垂直に保持し、前面モニターが見やすく安全運転可能な角度とした。両膝は各被験者の握り拳一個分開けた。両手は親指を外に出し軽く握り、大腿部の付け根付近に保持した。被験者は試験時間中、試験室前面に設置したビデオ映像を見た。眠くなっても、運転しているという自覚を持ち、寝入らないように心がけてもらった。各被験者に以上の注意事項を徹底させた。モニターに映し出される映像は一般路面を時速50

～70kmで走行している音響入りの車両内から確認できる映像を使用した。試験での供試シートはセダントタイプの乗用車用実シートを2台使用した。4種の着座姿勢に関する試験を実施するにあたり、着座姿勢角度の順番は表2に示すとおりランダムに配置した。

3. 実測結果および評価

3.1 主観的評価⁽⁸⁾

VASによる主観的評価を実施した集計結果を表3に示す。各実測項目に対する12名の平均値と括弧内の数値は標準偏差を示す。眠気、疲労、緊張、不安の4項目について示す。PreとPostは実測の前後の値を示す。眠気、疲労は試験後に増加している。緊張は試験後の方が小さな値となっている。不安に関しては試験前後において小さな値である。

図2は表3の実測前の評価値から実測後の評価値を引いた値を示す。図において、眠気と疲労の評価値の変化量が負の値となるのは、実験後の方が高く評価されたためである。

Table 3 Results of VAS

Posture	90		100		110		120	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Sleepiness	48.5 (18.82)	62.0 (26.33)	42.5 (23.19)	67.3 (26.17)	49.1 (19.89)	65.4 (26.77)	42.9 (26.33)	56.9 (31.83)
Fatigue	43.1 (15.05)	51.9 (24.89)	34.9 (17.50)	52.7 (22.61)	47.9 (17.66)	59.0 (17.45)	45.7 (20.52)	54.3 (15.31)
Tension	21.3 (13.83)	16.6 (7.94)	25.4 (18.60)	19.0 (16.91)	26.7 (19.63)	19.4 (11.20)	26.5 (23.10)	22.7 (16.26)
Anxiety	17.6 (12.91)	12.0 (4.69)	12.3 (8.23)	16.8 (16.66)	16.9 (15.51)	12.3 (9.02)	12.0 (7.57)	13.0 (7.75)

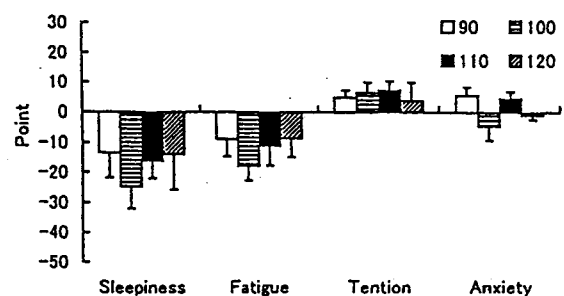


Fig.2 Differences of pre-post of VAS

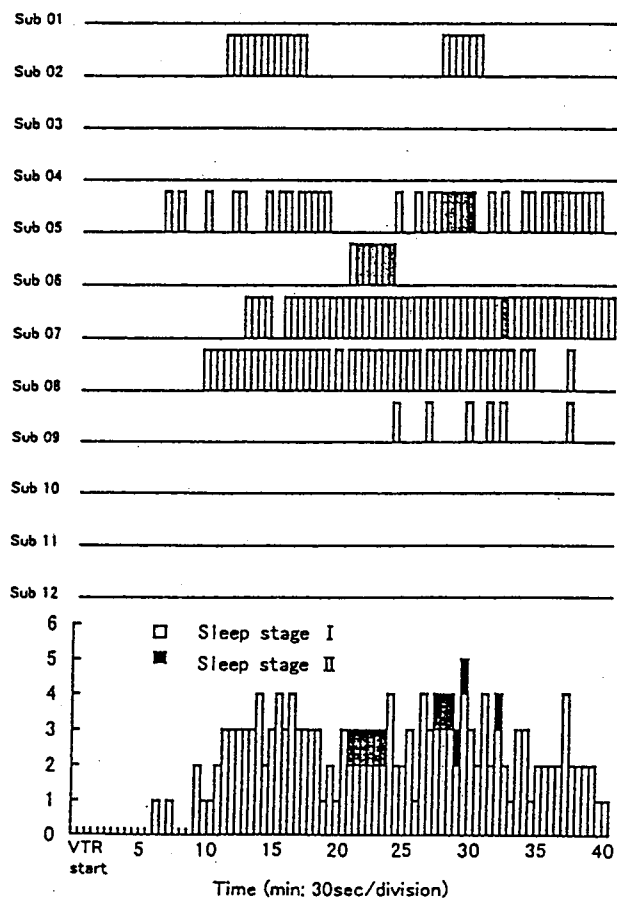


Fig.3 (a) Appearance of sleep stage (90)

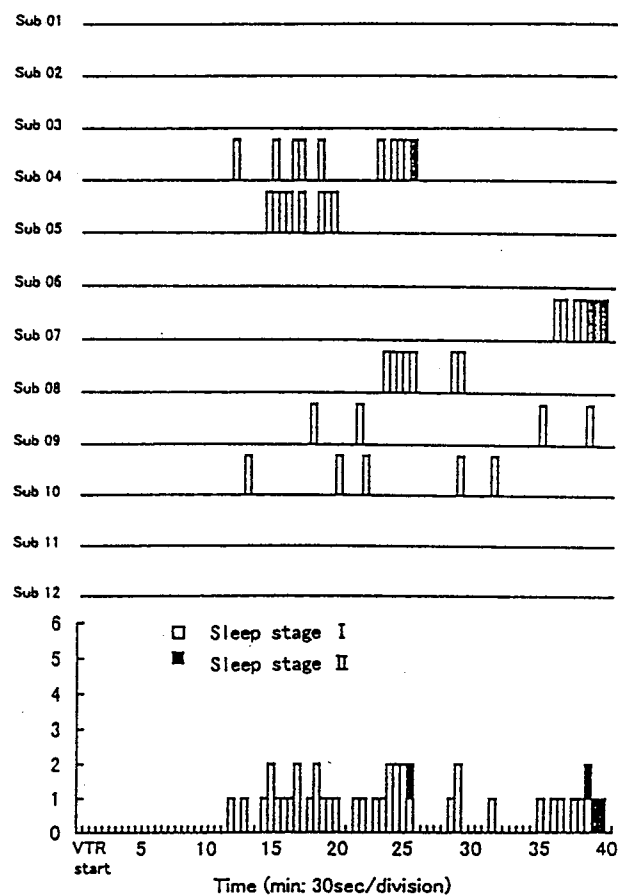


Fig.3 (b) Appearance of sleep stage (100)

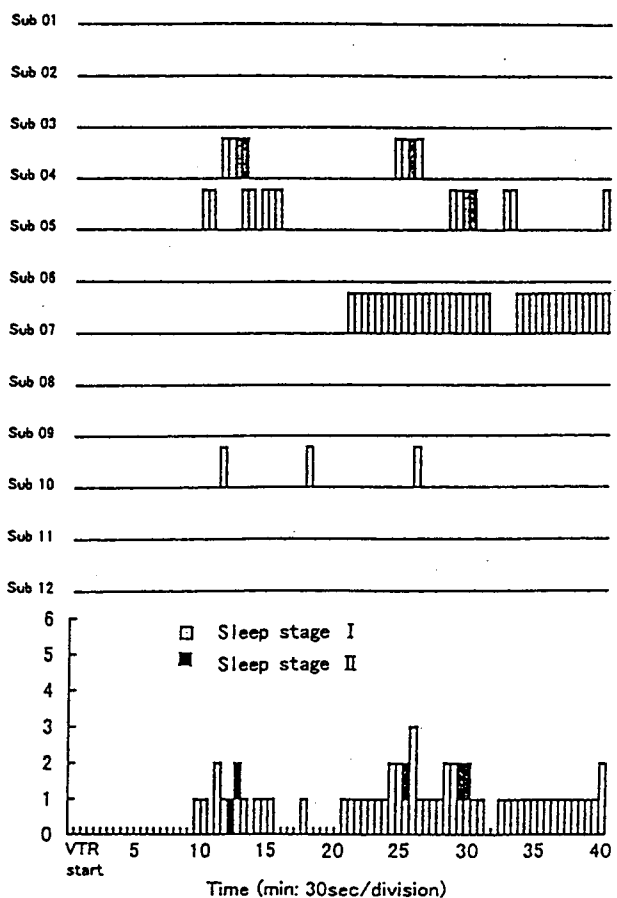


Fig.3 (c) Appearance of sleep stage (110)

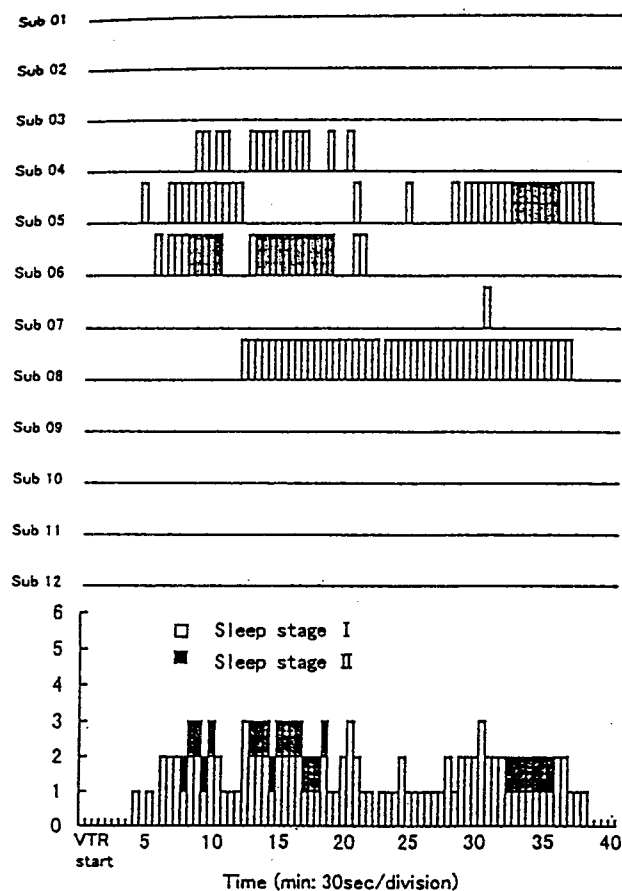


Fig.3 (d) Appearance of sleep stage (120)

眠気、疲労の項目については、いずれの着座姿勢の場合においても実験後の方が実験前より高い値を示す。実験中に眠気、疲労が高まったことを示している。また疲労と眠気の間には対応関係があることが見出せた。すなわち、疲労を感じるときは眠気も感じていた。

さらに、着座姿勢100度において、他の角度と比較して実験中の増加が大きい傾向がみられた。また、緊張、不安の項目の値は小さく、実験前後被験者はリラックスした状態であったといえる。

3.2 脳波の視察判定

実測時間（40分）を30秒毎に80区間に区切って、国際判定基準⁽⁴⁾により睡眠段階の視察判定を行った。各着座姿勢における、睡眠区間の出現の様子を図3(a)～(d)に示す。図3(a)から(d)の順に着座姿勢90、100、110、120度の場合の実測結果を示す。各図とも被験者1（Sub01）から順に被験者12（Sub12）まで12名の各被験者毎の睡眠区間の出現状況を示す。横軸は時間の経過を示す。図中の下段は全被験者の30秒毎の観測された睡眠段階の累積頻度を示す。

成人の睡眠⁽⁷⁾は一般に、睡眠段階1、睡眠段階2、睡眠段階3と4、およびレム睡眠に分類される。睡眠段階1は寝ているという実感はないが、体の浮遊感や意識が遠のく独特の感じを体感する。睡眠段階2は注意力をもって車を運転できる状態ではなく、着座していて身体を維持できない状態である。

表4は各着座姿勢における睡眠の出現状況をまと

Table 4 Number of sleepiness and posture

Posture (degrees)		90	100	110	120
Numbers of sleeping subjects Ns		6	6	4	5
Numbers of blocks Nb		166	41	60	122
Nb/Ns		27.7	6.8	15.0	24.4
Sleep stage 1	Numbers of blocks	154	37	55	98
	First time (min)	6.5	12.0	10.0	4.5
	Average time (min)	14.0	19.5	13.5	12.2
Sleep stage 2	Numbers of blocks	12	4	5	24
	First time (min)	21.0	25.5	12.5	8.0
	Average time (min)	26.8	32.0	21.0	20.3

めたものを示す。1つでも眠た区間があった被験者の数は、着座姿勢90度と100度では6名、つづいて着座姿勢120度は5名、着座姿勢110度が最も少なく4名であった。いずれの着座姿勢においても居眠りをおこした被験者が33.3～50.0%存在した。どのような着座姿勢であっても運転中における居眠りの危険性が高いことが見受けられた。睡眠（睡眠段階1あるいは2）が発生した総区間数は着座姿勢90度が最も多く166回、次に着座姿勢120度が122回であった。着座姿勢100度と110度はそれぞれ41回と60回であり相対的に少なかった。眠った被験者一人あたりの睡眠区間数も、着座姿勢90度で27.7回、120度で24.4回、110度で15.0回、100度で6.8回の順に減少した。睡眠段階1が出現した被験者が最初に認められた区間は、着座姿勢120度における4.5分であり、出現回数が最も多い90度とは必ずしも一致していない。睡眠段階1が最初に認められた区間の平均値では、着座姿勢120度、110度、90度の間ではあまり差がないが着座姿勢100度で最も遅かった。睡眠段階2について、最初に認められた区間は、睡眠段階1と同じく着座姿勢120度における8分であった。睡眠段階2が出現した全被験者の平均値においては、着座姿勢120度、110度、90度であり差がなく着座姿勢100度が最も遅かった。着座姿勢90度は眠った被験者数、睡眠出現区間数ともに多かった。着座姿勢120度は眠った被験者数は少なかったが、睡眠出現区間数が多いうえに、最初に眠った被験者の出現の時間も早かった。着座姿勢100度は眠った被験者数は多かった。しかし、睡眠の出現区間数は少なく、出現の潜時も遅かった。着座姿勢110度は睡眠の出現区間数は少なく、眠った被験者数も少なかった。

全着座姿勢角度で眠った被験者は2名存在した。被験者毎の眠った回数と、着座姿勢角度の間に法則性は認められなかった。全く居眠りしなかった被験者は4名存在した。しかし、66.7%の被験者がいずれかの着座姿勢角度において居眠りを起こしていた。

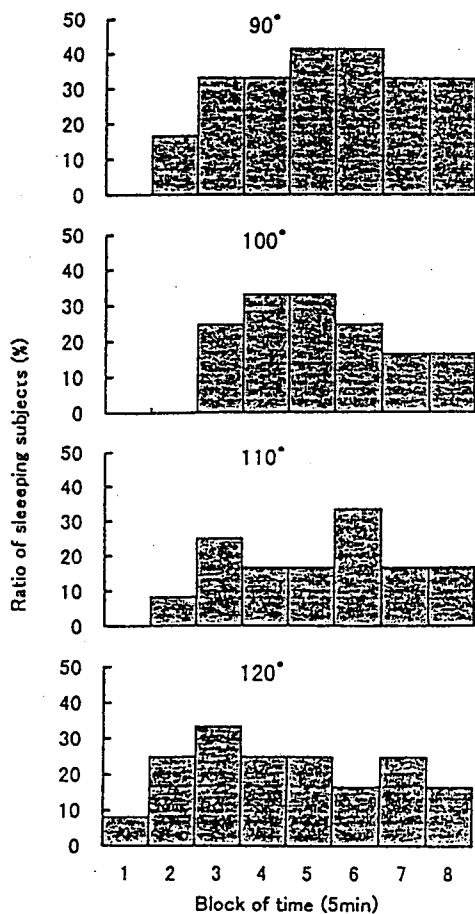


Fig.4 Ratio of sleeping subjects

図4は睡眠が出現した被験者の割合を各着座姿勢ごとに示す。横軸は試験時間を5分毎に8区間に分割した数を示す。縦軸は1区間でも睡眠が出現した被験者の割合を示す。図4の上段から順に着座姿勢90度、100度、110度、120度の場合をそれぞれ示す。被験者の25%以上が居眠りを起こしたブロック数は、着座姿勢90度が6で最も多く、120度が5、100度が4、そして110度は2で最も少なかった。

3.3 脳波の周波数分析

Cz-Pzの双極導出による脳波を30秒毎のスペクトルについて、 θ 帯域3.5-7.25Hz、 α 帯域7.5-13.25Hz、 β 帯域13.5-20.0Hzとして各帯域の振幅値を算出した。30秒毎に、演算のためのロスタイム（約6秒）を除く4秒×6回の24秒間の平均スペクトルを算出した。サンプリング間隔2.5msでA/D変換し、サンプル長4000msを高速フーリエ変換（FFT）を行い、周波数分解能0.25Hzのスペクトルを算出した。

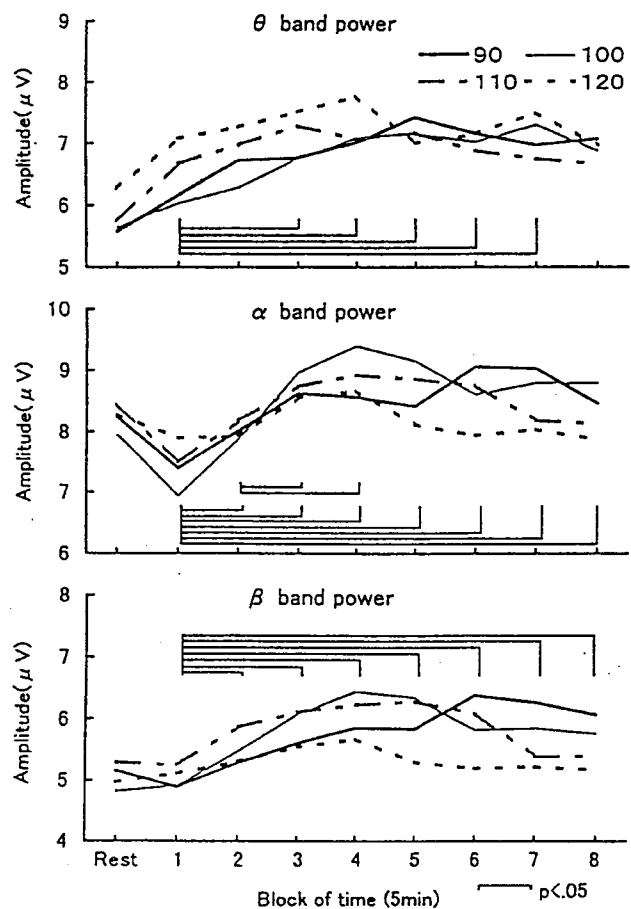


Fig.5 Band power

図5は30秒毎の帯域振幅値を6回単純加算平均し、5分毎の各帯域振幅値の変動を示す。縦軸が帯域振幅値、横軸が時間経過を5分毎に分割したブロック数を示す。横軸上のRestは実験開始前の開眼時安静脳波の、24秒間の平均スペクトルから求めた帯域振幅値を示す。いずれの着座姿勢角度においても実験前の安静時と比較して、開始直後の5分間で急激な θ 帯域振幅値の増加、 α 、 β 帯域振幅値の低下がみられた。

開始直後に覚醒水準が急激に低下したことが考えられる。その後、徐々に α 、 β 帯域振幅値の増加がみられ、覚醒水準が復帰していく。しかし、着座姿勢120度の場合は同様の傾向を示さなかった。各帯域毎に、着座姿勢角度と時間経過を独立変数とし5分間の帯域振幅値を従属変数とした二要因の分散分析を行った。その結果、いずれの帯域においても着座姿勢角度間の主効果、角度と時間経過の交互作用

は認められず、時間経過の主効果のみ認められた。 α 、 β 帯域における振幅値の5分以降の増加は、最初の5分で低下した覚醒水準が再び上昇していることを示す。しかしながら、 θ 帯域の振幅値についても第1ブロックと比較して第3ブロック以降で増加が見受けられ、全体的な脳波の振幅値の増加が見受けられた。以上の結果から5分以降の覚醒水準の上昇は、運転を想定した退屈環境における眠気の増加するなかで、起きていようとする努力を反映しているものと考えられる。

3.4 皮膚電位水準 (SPL) (6) (7)

図6は着座姿勢角度毎に全被験者の平均皮膚電位水準の時間的変化を示す。各着座姿勢角度について被験者毎に皮膚電位水準の30秒毎の平均値をプロットし、3点で移動平均をとって平滑化した。

図6の皮膚電位水準の変動をみると、いずれの着座姿勢角度においても、実験開始の時点ですでに開始前のレベル(菱形のレベル)より大きく低下していることがわかる。シートに着座して計測の準備をする段階で、すぐにリラックス状態となり、つまり覚醒水準の低下がおこっていることが観察された。さらにいずれの着座姿勢角度でもレベルの低下は実験開始後5～10分頃までみられた。この現象は実験開始直後5分間での覚醒水準の急激な低下が確認された脳波の周波数分析における結果と一致する。また、その後実験終了まで実験前のレベルに復帰しなかったことは、脳波において α 、 β 帯域振幅値が5分以降に覚醒水準の再上昇を示しているが、 θ 帯域振幅値の増加が眠気存在を示しているためである。

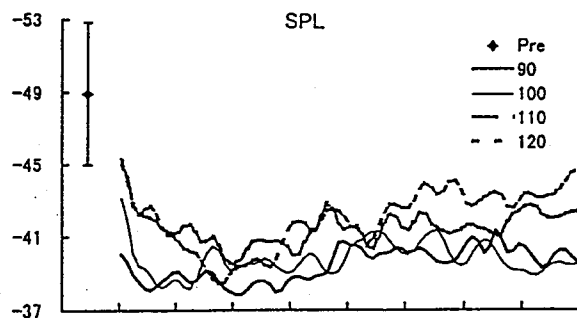


Fig.6 Amplitude of SPL

各着座姿勢角度毎に覚醒水準の低下の様子をみると、着座姿勢90度、100度は5分頃までに急激に低下し、着座姿勢110度、120度は実験開始後10分頃まで緩やかに低下する。着座姿勢によって2つの変化パターンを示した。本実験では着座した後に、体を支える肘掛け、ハンドル等を設置しなかったため、着座姿勢としては安定しやすい着座姿勢90度、100度においてリラクゼーションにかかる時間が短かったものと考えられる。着座姿勢90度、100度は急激な低下の後、そのレベルを維持しているが、着座姿勢110度と特に120度は低下したレベルを維持せず、徐々に上昇していくことも、着座姿勢の安定感による影響と考えられる。図6は着座姿勢と眠気の特徴がつかみにくい。そこで、図7は、30秒毎の皮膚電位水準、標準偏差、変動係数を6回単純加算平均した5分毎の変化を示す。着座姿勢90度は、最も急速に覚醒水準が低下し、低いレベルを維持している。

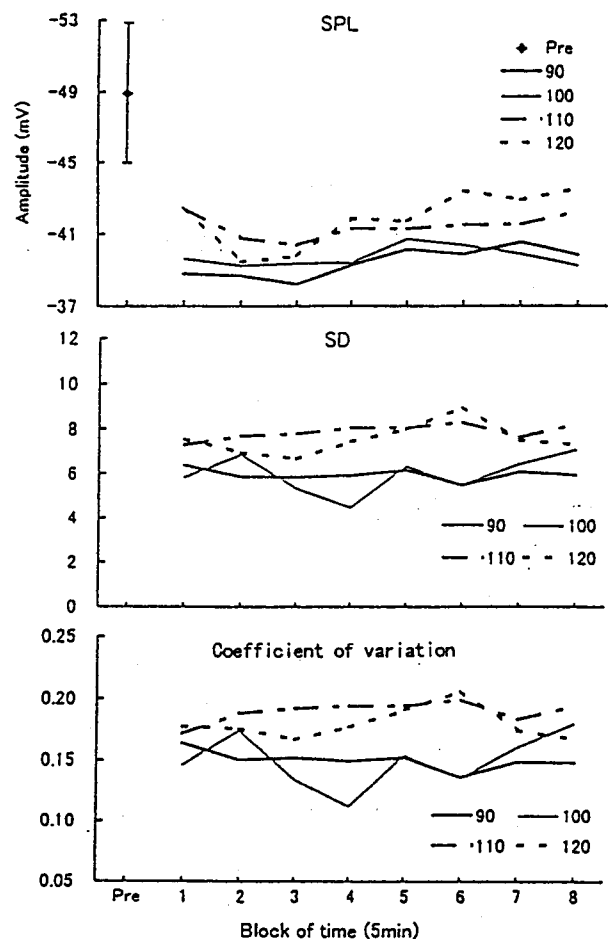


Fig.7 Amplitude of SPL

このことは睡眠区間の出現頻度が高く、眠った被験者の割合が25%を超える区間が多かった脳波の視察判定による結果と一致する。着座姿勢100度は、同じように急速に覚醒水準が低下し、そのまま低いレベルを維持した。睡眠区間の出現頻度は少ないが、実験終了時点での主観的眠気の評価値が低かったことと一致する。また周波数分析の結果では、着座姿勢100度が特に高覚醒を示さなかった。このことから、脳波の視察判定では睡眠と判定される区間は少ないが、低覚醒の状態が維持されていたことが推察される。また、着座姿勢100度は図7に示すように変動係数の変動幅が大きく、実験開始後15～20分に非常に小さな値を示している。全被験者間で皮膚電位水準の個人差が非常に小さかったことを示す。図3(b)からこの時間帯を中心として睡眠区間の出現頻度が高いことから、その区間が睡眠と判定されなかった被験者も、睡眠と判定された被験者と同様に覚醒水準が低下していた可能性があるものと考えられる。着座姿勢110度は実験開始後徐々に覚醒水準が低下し、10～15分の時間帯に最低レベルを示した。図3(c)より10分前後の同時期に3名に睡眠と判定された区間が出現しており、自律系の皮膚電位水準で見られた覚醒水準が最も落ち込んだ時期と一致していた。着座姿勢110度が示した最低レベルは他の3つの着座姿勢と比較して最も高く、またその後は緩やかに上昇していく傾向を示している。このことは、15分以降に睡眠区間の出現頻度が低いことと一致している。図4より25～30分の間では、眠った被験者の割合が25%を超えているが、皮膚電位水準には目立った低下は認められない。しかしながら、図7の変動係数をみると、この期間に高い値を示すピークが存在する。このことから、25～30分の時間帯に覚醒水準が低下し居眠りした被験者が存在した。一方では、比較的高い覚醒水準を維持した被験者も存在した。このことが分散を大きくし、平均的な皮膚電位水準は大きな低下を示さなかったものと考えられる。

着座姿勢120度は110度と同様に、実験開始後約10

分頃まで徐々に覚醒水準が低下した。このことは、図4でみられる眠った被験者の割合の推移が、10～15分で最も多くなることと一致する結果である。着座姿勢120度は一旦最低レベルまで皮膚電位水準が低下した後、徐々にその水準は上昇し特に25分以降は他の3つの着座姿勢と比較して最も高い水準を保っている。皮膚電位水準の上昇は、覚醒の上昇を示す結果である。しかしながら、統計的には各着座姿勢間に有意な差は認められなかった。脳波の α 、 β 周波数帯域の推移において、着座姿勢120度のみ実験直後の振幅値の低下から、徐々に回復する傾向が弱かった。脳波の周波数分析の結果からは、着座姿勢120度において25分以降は他の着座姿勢より特に覚醒水準が高かったと結論づけることはできない。図7の変動係数をみると、着座姿勢120度は25～30分で他の角度と比較して最も高い値を示している。このことは被験者間に非常に大きなばらつきがあったことを示しており、全被験者が一様に高い覚醒水準を維持していたわけではないことを示している。脳波の結果とも併せて考察すると、25分以降で着座姿勢120度の場合の皮膚電位水準が高いレベルを維持していたことが、単純に高覚醒を反映しているとは必ずしもいえない。

3.5 評価

主観的評定、脳波、皮膚電位水準いずれの指標においても着座姿勢角度間で統計的に有意な差は検出されなかった。むしろ、主観的評定においていずれの着座姿勢角度においても実験中に眠気が増加した。脳波による視察判定の結果、各着座姿勢で被験者の33.3%～50.0%が居眠りをおこした。着座姿勢角度が何度であっても、単調で退屈な運転環境は居眠りを引き起こす危険性があることが明らかとなった。

着座姿勢90度については、居眠りを引き起こした被験者数が最も多く、睡眠区間の出現頻度も高く、皮膚電位水準からも急速で安定した覚醒水準の低下が示された。着座姿勢100度は主観的な眠気の増加が他の着座姿勢角度より大きく、居眠りをおこした被験者数も多く、皮膚電位水準の低下も急速であっ

た。着座姿勢120度は睡眠区間の出現頻度も高く、その初発潜時も短く、脳波の周波数分析において25分以降 α 、 β 帯域振幅値の再上昇の傾向が小さかった。また、着座姿勢90度、100度、120度は5分毎の居眠りをした被験者の出現割合においても25%以上の値を示した期間が4~6ブロックみられ、着座姿勢110度の2ブロックよりも多かった。着座姿勢110度は睡眠が出現した被験者数が4名で最も少なかった。

以上のことを総合的に考察した結果、着座姿勢角度によって絶対的に居眠りが発生しない状況を作り出すことはできない。単調運転環境において他の着座姿勢角度より悪い結果を示さなかった着座姿勢角度は着座姿勢110度であった。

4. あとがき

自動車ドライバーの着座姿勢が眠気に及ぼす影響を明らかにするために、多数の被験者を使用して試験を行った。本研究で明らかとなった事柄をまとめると次のとおりである。

- (1) ドライバーの着座姿勢が眠気に及ぼす影響を把握するにあたり主観評価、脳波、皮膚電気活動、眼球運動など総合的に検討することが必要である。
- (2) いずれの着座姿勢の場合についても、退屈な運転環境は居眠りを引き起こす危険性を有している。
- (3) 着座姿勢によっては、リラックス状態となる時間に差が生じる。
- (4) 着座姿勢角度によって絶対的に居眠りが発生しない状況を作り出すことはできない。しかし、単調運転環境において他の着座姿勢と比較して着座姿勢110度は最も居眠りを起こしにくい角度といえる。

今後の課題として、今回の実測では試験室のスペースなどの制約から、ステアリング操作、ペダル操作等は考慮していない。これらの項目を実際に考慮すれば、ドライバーは退屈環境からやや緩和されるものと思われる。さらに現実性のある運転環境において人体の生理的特性を計測することも必要と思われる。本研究成果を発展させて、今後データの蓄積

をはかり、ドライバーの眠気防止および居眠り運転防止システムの開発に貢献したい。

謝 辞

本研究の実施にあたって、被験者としてご協力いただいた田中秀樹・桑原 修・中村真知也・西川一男・田中博志・時岡雅昭・塚本光一・丸亀 晃・池条清隆・関口泰久・東 明彦・竹川伸英の各氏に感謝の意を表する。また実測およびデータ解析にあたり、広島大学総合科学部大学院道田奈々江・城田愛の両氏をはじめ広島大学総合科学部堀研究室の皆様には大変ご尽力いただいた。ここに付記し深く感謝の意を表する。

文 献

- (1) 服部広司・大伸英文, 居眠り運転の防止のための一考察 (振動刺激に対するフィーリング評価), 大阪産業大学論集 自然科学編62号, 1980, 12-17.
- (2) 西山修二・武田史郎・竹島 透, 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), 62-69.
- (3) 西山修二・上杉憲雄・竹島 透・狩野雄二・研井 研, 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, 自動車技術会学術講演会前刷集971, (1997-5), 69-72.
- (4) 阿住一雄, 成人の睡眠, 日本睡眠学会編 睡眠学ハンドブック, (1994), 28-29, 朝倉書店.
- (5) 宮田 洋, 眠気の計測, 日本睡眠学会編 睡眠学ハンドブック, (1994), 519-532, 朝倉書店.
- (6) 堀 忠雄・新美良純・宮田 洋・藤澤 清・柿木昇治編, 生理心理学, (1985), 102-103, 朝倉書店.
- (7) 新美良純・鈴木二郎編, 皮膚電気活動, (1986), 124, 星和書店.
- (8) 石原金由, 眠気の自覚的 (主観的) 評価法, 日本睡眠学会編 睡眠学ハンドブック, (1994), 545-547, 朝倉書店.

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*¹ 上杉 憲雄*¹ 竹島 透*² 狩野 雄二*² 研井 堅*³

本論文は人体、シート、ステアリングホイール、ペダル類から人体に伝達される振動を正弦波加振及びランダム加振で20Hzまで上下、前後方向の加速度を計測した。測定点は頭部、胴体部、尻下部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部とした。

11名の被験者に対してアームアングルが人体各部の振動に及ぼす影響を測定した。アームアングルは運転する際に、人体の動的なふるまいにかなりの影響を持っていることがわかった。いくつかの結果を図表に示している。

キーワード：姿勢、シート、ハンドル、ペダル、乗り心地、人間工学

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

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

We present interim results on the vibrational characteristics of the automotive sub-system comprising the human body, seat, steering wheel and pedals. The magnitude of the vibrations transferred to a driver from the seat, steering wheel and pedals have been measured with both random and sinusoidal excitations in the vertical, fore and aft directions at frequencies up to 20 Hz. Measurement points were located on the surface of the head, chest, hip, thigh, shin, upper arm and lower arm. Eleven subjects were used to investigate the effect of some variable factors, such as arm angle, that may affect human dynamic behaviour. It was found that arm angle in driving posture has a substantial influence on the dynamic behaviour of the human body while driving. Some results are presented in the form of parametric graphs and tables.

Keywords : Vibration, Riding Quality, Human Engineering, Measurement / Human Dynamics, Driving Posture, Seat, Steering Wheel, Pedal ⑪

1. まえがき

人体を含む複雑系システムとして、人間-自動車系をはじめ、人間-鉄道車両系、人間-航空機・宇宙系、人間-船舶系、人間-土木建設・鉱山機械系、人間-農

業機械系など種々のものが考えられる。これらのシステムにおける動力学的現象を解明し、設計に反映できる技術資料を体系化することが望まれる⁽¹⁾。

前報⁽²⁾では、人体・シート系の振動特性を明らかにした。三軸振動試験装置の加振台上に乗用車用シートを設置し、シートバック角度及び座面角度を種々変化させて実測した。着座姿勢が人体挙動に及ぼす影響について検討した。

人間が乗り物や農業機械、建設機械などを操作す

* 1997年5月21日 自動車技術会春季大会学術講演会において発表。

*¹ 広島市工業技術センター (730-0052 広島市中区千田町3-8-24)

*² デルタ工業(株) (735-0028 広島県安芸郡府中町新地1-14)

*³ 黒石鉄工(株) (739-0264 東広島市志和町七条枇杷坂)

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類等に常に接している。これらから人体各部に振動が伝達される。

人体に伝達される振動を低減することは、乗り心地および操作性の観点からは重要な課題である。

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、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。アームアングルは運転姿勢を決定する要因の一つである。

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する。シートを前後にスライドさせて、アームアングルを90度から180度まで30度おきに変化させる。おのおののアームアングルに対してシートに着座した被験者の人体各部の振動特性を実測する。測定位置は着座状態において頭部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部と尻下部とする。被験者は性別、年齢、体型などが異なる11名について実施する。加振入力は正弦波加振および一般路面走行を模擬したランダム加振とする。

2. 実 測

2.1. シート・ステアリング・ペダル系装置の開発

図1は人体・シート・ステアリング・ペダル系の振動特性を計測するために開発した装置を示す。表1は装置の主要部の諸元を示す。この装置はシート、ステアリング、ペダル等の相対的位置関係が実車を再現できる構造である。三軸振動試験装置の加振台上に本装置を設置し、いろいろな項目について検討ができるような寸法および重量とした。軽量化と剛性を確保するためにアルミニウム構造とした。ステ

Table 1 Specifications

L_1	1600mm	L_5	350~650mm
L_2	920mm	L_6	160~310mm
L_3	975mm	θ_1	10.5~46.5°
L_4	530~700mm	θ_2	30°

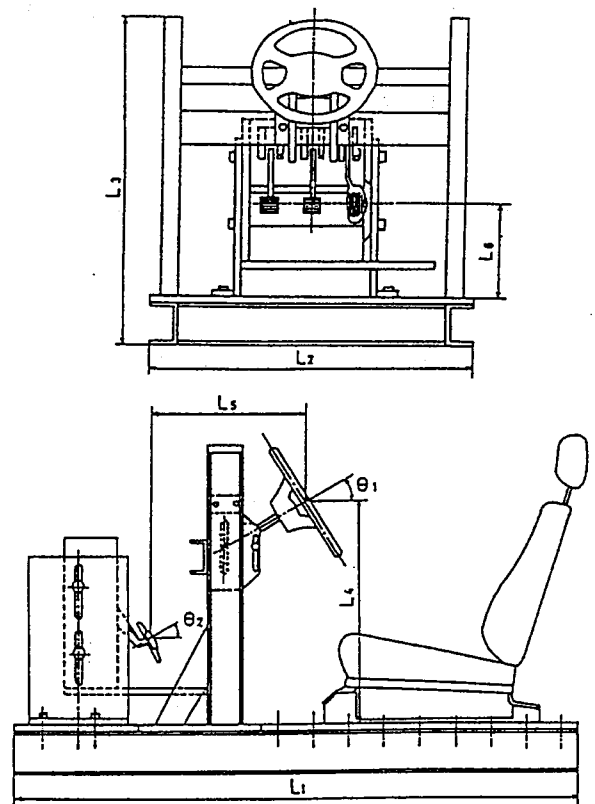


Fig.1 Seat-steering-pedals system

アリングはM社の量産品を使用し、上下および前後方向が調整可能な構造とした。ステアリングの操作力は考慮していない。ペダルについてもM社の量産品を使用し、上下および前後方向の調整を可能とし、踏み力も考慮した。シートは前後方向および上下方向の調整が可能である。シート、ステアリングおよびペダル類の相対的位置関係は、トラック系から乗用車系までに対応できる構造である。装置の総重量は100kgである。シート・ステアリング・ペダル系装置は三軸振動試験装置の加振台上にボルトで締結する。本装置の開発により、自動車用シートの座り心地・乗り心地をはじめステアリングホイールの握り心地・操作性およびペダル類の踏み心地・操作性等についての評価精度の向上をはかることが可能となる。さらに人体・シート・ステアリング・ペダル系の振動特性の詳細な検討に適用できる。

2.2. 加振入力

振動試験装置への振動入力は上下方向のみとす

る。加振入力は、正弦波加振とランダム加振の二種類とする。ランダム加振での振動試験結果は参考値として利用し、本報では詳細な言及はしない。周波数応答特性では正弦波を対数掃引する。周波数の帯域は2～20Hzとし、全振幅は3mmとする。

ISOでは⁽²⁾ 共振周波数 f_r の±10%以内の周波数領域において応答の大きさに5%以上の誤差を生じないために、1分間あたりの掃引速度 df/dt を次のように決めている。対数掃引の場合は式(1)となる。

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

ここで、 Q は Q 値と呼ばれ、定常に達した共振峰の大きさと静負荷時の応答の大きさとの比として定義されている。共振峰の両側で大きさが頂上のエネルギーの半分になる周波数振幅を Δf_r 、減衰比をとすれば次式が成立する。

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

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

成人男子による予備試験での周波数応答関数の特性図から、 f_r と Δf_r を読み取り、式(3)から Q 値を計算する。 Q と f_r の値を式(1)に代入して、掃引速度を決定する。本研究では2～20Hzの掃引時間を約90秒とする⁽²⁾。

ランダム加振は、実在の路面上（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ントフロア上で観測された上下方向加速度を時刻歴ごとに記録したデータを三軸振動試験装置への入力信号として使用する。

図2は振動実測において入力信号として使用した振動強度を示す。図2 (a) は正弦波加振、図2 (b) はランダム加振の場合をそれぞれ示す。

2.3. 被験者と振動実測

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、現代人の日本人50パーセンタイル値⁽³⁾ および運転経歴等を考慮して人選した。被験者の性別、年齢および身長と体重等の幾何学的特性は表2のとおりである。

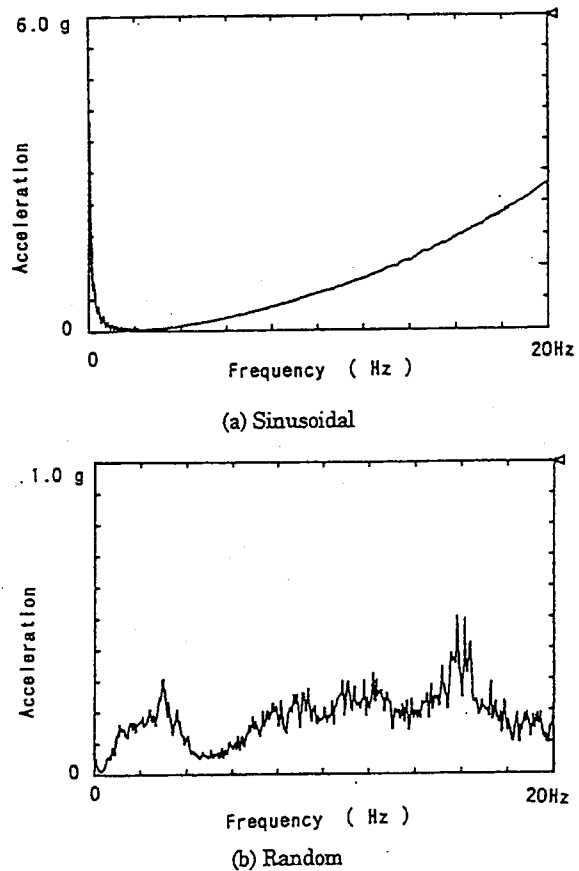


Fig.2 Excitation magnitude

Table 2 Characteristics of the eleven subjects

Subject	Sex	Age (years)	Height (m)	Weight (kg)
1	Male	32	1.78	78
2	Male	26	1.63	59
3	Male	25	1.71	67
4	Male	34	1.62	68
5	Male	51	1.64	75
6	Male	29	1.75	58
7	Female	31	1.54	47
8	Female	24	1.61	46
9	Male	48	1.74	67
10	Male	54	1.66	60
11	Male	32	1.78	78

図3は、人体系の加速度の測定部位と測定方向を示す。頭部は頭頂部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部は重心位置、尻部は尻下部の7箇所について測定する。測定方向は、頭部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部に対しては上下方向及び前後方向とする。胴体部に対しては、胴体部に沿った方向(z')と胴体部に鉛直方向(x')とする。尻下部は上

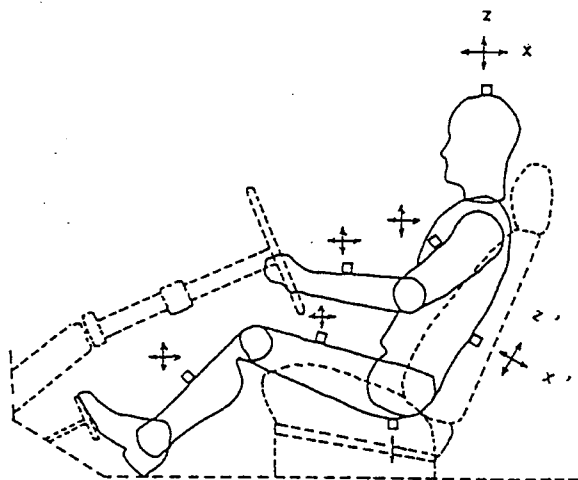


Fig.3 Measurement points and its directions

下方向のみとする。測定は人体各部の表層部とする。頭部、胴体部、大腿部、下腿部および尻下部の加速度を計測する各部専用のセンサ取付用装置は前報⁽²⁾で開発したものを使用する。

本研究では、図4に示すように、新たに上腕部と前腕部の三軸方向の加速度を計測可能とするセンサ取付用装置を開発した。上腕部と前腕部のセンサ取付用装置は同一形状とする。厚さ1.2mm、幅50mmのアルミニウム板を矩形状に折り曲げ、布ベルトのバックル上にトランスイソプレン系樹脂のシート素材を挟んで取り付ける。

各アームアングルに応じて大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の加速度センサが常に水平になるように装置に装着する。センサは両面テープを使用して固定する。大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の加速度センサと取付装置の総重量は270gである。頭部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部については、動歪式加速度センサを使用し、各部の三軸方向の加速度を測定することが可能である。

トランスイソプレン系樹脂により振動が吸収されることが懸念されるが、各センサ取付装置に同一のトランスイソプレン系樹脂を使用しているので各測定位置により振動特性に影響を及ぼすことはないと思われる。

振動実測は三軸振動試験装置の加振台上にシー

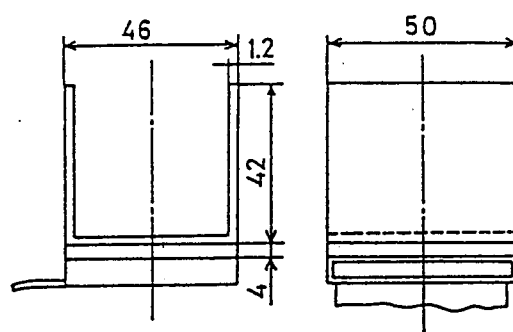


Fig.4 Measurement tools for upper arm and lower arm

ト・ステアリング・ペダル系装置を設置する。シートの座面角度は床面に対して19.5度とし、シートバック角度は110度とする。実車での現象をなるべく再現するために、シート位置のみを前後方向にスライドさせる。そしてステアリングホイールと人体の位置関係を定め、アームアングルが指定角度となるように設定する。両膝間の開き寸法は各被験者の両手の最大手幅⁽³⁾として脚部の位置を定める。大腿部がシートの座面全域に接するように下腿部の角度を調整する。両足は踵をフロアにつけて足をペダルに載せる。両手はステアリングホイールの水平部を軽く握る。視線は約4m前方の壁を見つめる。頭部は垂直に保持する。被験者は筋肉の緊張をほぐし安楽姿勢（弛緩状態）で着座する。

振動試験はそれぞれの被験者に対して、正弦波加振をアームアングルが180、150、120、90度の場合について順次実施し、引き続きランダム加振をアームアングルが90、120、150、180度の場合について、それぞれ一回実施する。従って一人の被験者に対して二種類の振動入力、4種類のアームアングルとなり、8通りの振動試験を実施する。

3. 実測結果及び考察

3.1. 人体各部の振動特性

図5はアームアングルが120度における被験者8

の振動試験結果を示す。頭部と尻下部の上下方向の周波数応答を示す。横軸は周波数を示し、縦軸は振動試験装置の加振台との加速度比を示す。双方とも4Hz近傍においてピーク値をとる。尻下部より頭部の方が加速度比は大きくなる特性を示す。

図6はアームアングルが120度における被験者11の振動試験結果を示す。大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の上下方向の周波数応答を示す。横軸は周波数、縦軸は加速度比をそれぞれ示す。人体各部において、共振周波数とピーク値にかなりの差が生じている。図4、図5より、人体各部における振動特性は異なることがわかる。被験者によりピーク値とその時の周波数の値は多少異なるが、振動特性は各被験者とも同様の特性を示す。

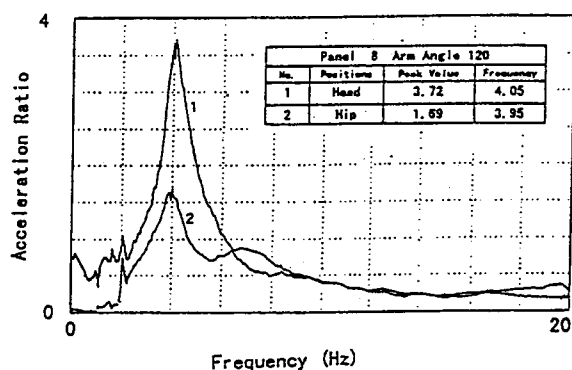


Fig.5 Experimental results (Head, Hip, 120°)

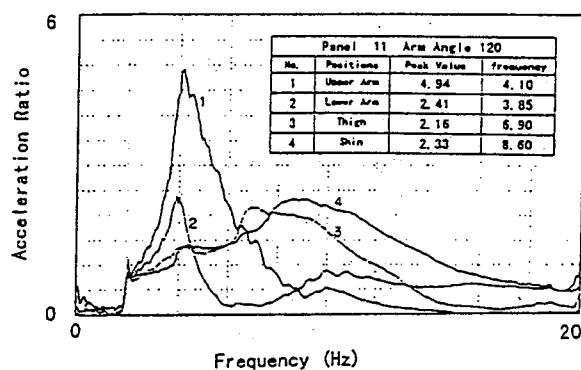


Fig.6 Experimental results
(Thigh, Shin, Upper Arm, Lower arm, 120°)

3.2. アームアングルの影響

人体の振動特性に及ぼすアームアングルの影響について検討する。

図7は被験者9の大腿部の振動試験結果を示す。

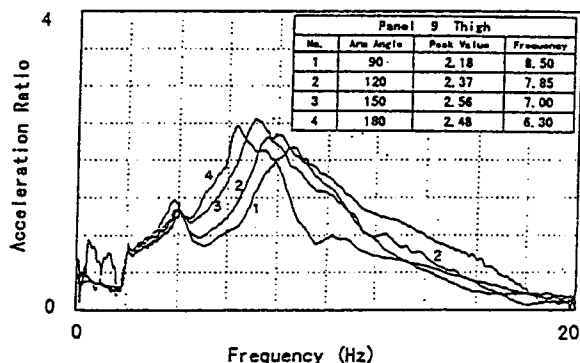


Fig.7 Experimental results (Thigh)

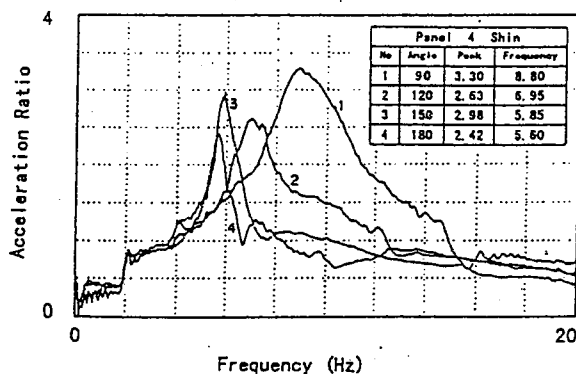


Fig.8 Experimental results (Shin)

大腿部はアームアングルによる影響が見受けられる。アームアングルが大きくなると共振周波数は小さくなる。アームアングルが90度の時が8.5Hz、180度では6.3Hzとなる。加速度比は2.18～2.56の範囲である。また4Hz近傍で小さいピークが観測される。これは頭部など他の部分の共振による影響と考えられる。

図8は被験者4の下腿部の振動試験結果を示す。下腿部もアームアングルによる影響が見受けられる。アームアングルが大きくなると共振周波数は小さくなり、アームアングルが90度（被験者4のみ95度で実測した）の時が8.8Hz、180度では5.6Hzとなる。加速度比は2.42～3.30の範囲である。アームアングルが小さくなるとシートは前方に移動する。シートとペダル間の距離は短くなり、下腿部は床面に対する角度が増していく。従って、アームアングルが下腿部の振動特性に直接影響を及ぼしているのではなく、間接的に影響を及ぼしているものと考えられる。

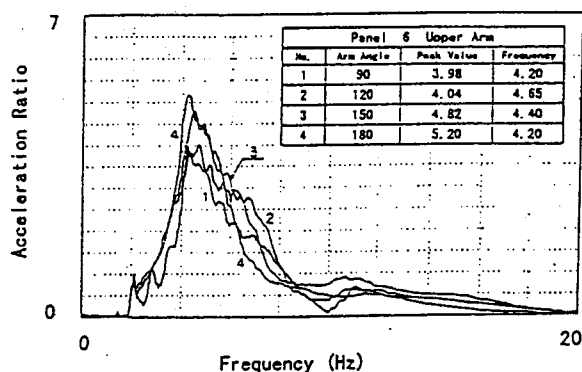


Fig.9 Experimental results (Upper Arm)

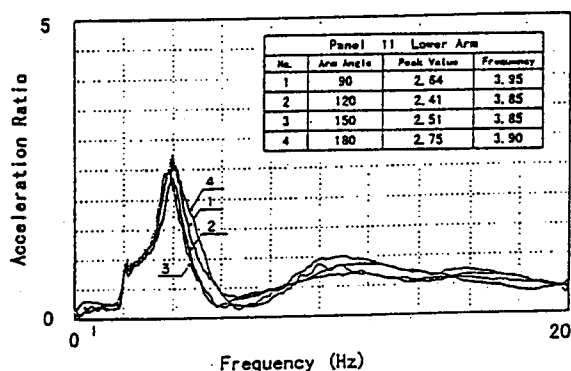


Fig.10 Experimental results (Lower arm)

Table 3 Average experimental results

Positions	Arm Angle (degrees)			
	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)
Up. Arm	3.98 (4.12)	4.05 (4.16)	4.69 (4.05)	4.79 (4.00)
Lo. Arm	2.12 (3.97)	2.07 (3.92)	2.30 (3.85)	2.74 (3.88)

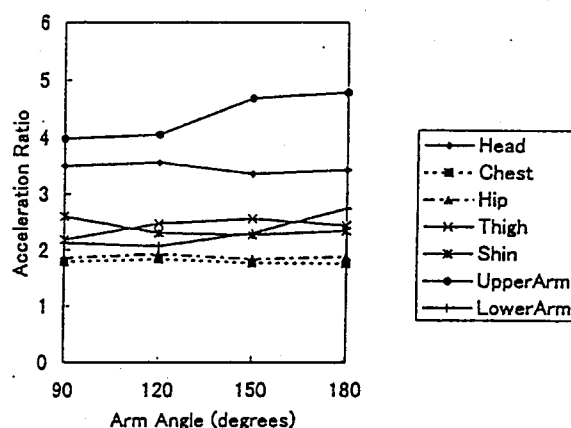


Fig.11 Effect of arm angle on human dynamic behaviour

図9は被験者6の上腕部の振動試験結果を示す。上腕部はアームアングルによる影響が多少見受けられる。ピークとなる周波数は4.20～4.65の範囲である。ピーク値はアームアングルが大きくなると増加する傾向にある。アームアングルが90度のときは、ピーク値は3.98であるが、180度では5.20に増加する。さらにピーク後の波形は上下振動を繰り返しながら減衰して行く特性を示す。

図10は被験者11の前腕部の振動試験結果を示す。前腕部はアームアングルによる影響が多少見受けられる。ピークとなる周波数は3.85～3.95Hzの範囲である。ピーク値は2.41～2.75の範囲である。さらに10～12Hzの帯域において小さなピークが観測される。

3.3. 望ましい運転姿勢

表3は11名の被験者に対する振動試験結果を示す。数値はピーク値とその時の周波数であり、11

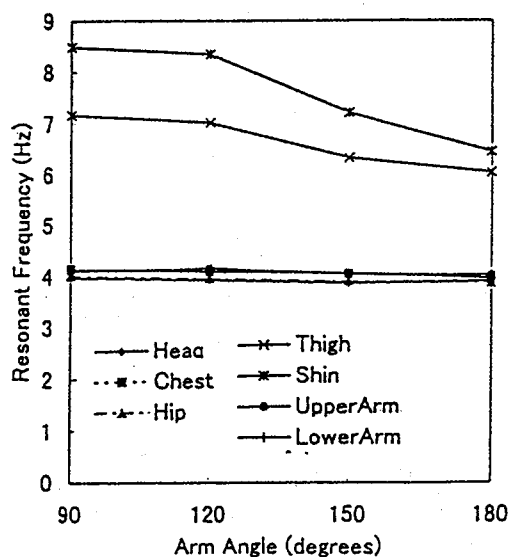


Fig.12 Effect of arm angle on resonant frequency

名の平均値を示す⁽⁴⁾。

被験者4のアームアングルが95度での試験結果は90度を含めて算出した。

図11は表3の数値をもとに作成したものである。人体各部における上下方向加速度比に及ぼすアーム

アングルの影響を示す。頭部、胴体部、尻下部はほとんど影響が見受けられない。大腿部はアームアングルが増加するにつれて多少上昇し、180度で下降する特性を示す。下腿部は90度から120度に増加するにつれて、下降していき180度でやや上昇する特性を示す。上腕部は120度から150度へ増加すると、急に上昇し、180度においてもやや上昇する特性を示す。前腕部は120度周辺で最小となり、120度から増加するにつれて、上昇する特性を示す。

図12も表3の数値をもとに作成したものである。人体各部における、共振周波数に及ぼすアームアングルの影響を示す。

頭部、胴体部、尻下部および上腕部と前腕部はアームアングルによる影響はほとんど見受けられない。

大腿部および下腿部はアームアングルが増加するにつれて共振周波数は小さくなる特性を示す。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見受けられる。120度前後のアームアングルの場合が上腕部および前腕部の振動加速度比は小さくなり振動乗り心地および操作性の面から優位な運転姿勢であると考えられる。

4. あとがき

性別、年齢、体型等が異なる11名の被験者に対して振動試験を行ない、人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の上下方向の振動特性について検討した。人体各部の振動特性と人体各部の振動特性に及ぼすアームアングルの影響について示した。11名のみの被験者の振動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、振動試験結果を整理し、明らかとなった事柄をまとめると次のとおりである。

(1) シート・ステアリング・ペダル系の相対的位置関係が実車を再現できる装置を開発した。人体・

シート・ステアリング・ペダル系の振動特性について定量的評価が可能となった。

(2) 加速度センサ取付用装置の開発により人体各部の振動特性を定量的に計測することが可能となった。

(3) 人体各部の振動特性に及ぼすアームアングルの影響が明らかとなった。頭部、胴体部、尻下部には顕著な影響は見受けられない。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が見受けられた。人体各部の共振振動数およびピーク値に差異が生じることが明らかとなった。

(4) 振動乗り心地および操作性の面から望ましい運転姿勢はアームアングルが120度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、再現性も充分とはいえない。計測技術が向上し、非接触などで人体各部の加速度が計測可能となれば、さらに再現性が増し高精度な計測が可能となろう。

また、市場調査を実施して、実際に自動車の運転者のアームアングルを調査分析し、乗り心地および操作性向上の観点から望ましい運転姿勢を推進していきたい。

今回の振動試験では各試験ごとに被験者からの感応評価はおこなっていない。本研究では定量的評価をこころみ、人体各部での加速度計測に重点をおいた。この種の振動試験においては定量的評価と被験者の感応評価との相関を得ることも重要と思われる。

人体各部に対して不快と感じる基準等についての、定説はまだ知見しない。人体各部において振動特性は異なり、乗り心地の要因を決定づける人体各部の代表部とその閾値などを決定することも必要である。人体を単体として取り扱った評価基準では、ユーザの感性をとらえた開発には限界があるものと考えられる。人体にかかわる振動実測は、容易では

なく、シミュレーションによる検討も重要である。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詳細な検討が可能なシミュレーションシステムが必要となる。人体系のパラメータの同定にあたり、本研究成果は有用と思われる。

終わりに、本研究にあたり、被験者としてご協力いただいた桑田孝則氏、嶋瀬祐志氏、岡田邦彦氏、田中秀樹氏、上杉由貴子氏、有永泰子氏、谷本義則氏、木下利徳氏には長時間にわたる振動試験にご協力頂きました。ここに付記し感謝の意を表します。

文 献

(1) 西山修二・矢川元基：人体を含む複雑系の振動

特性の現状と動向，機械の研究，第47巻 第6巻、p. 661-669, (1995)

(2) 西山修二・武田史郎・竹島透：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），日本機械学会論文集，Vol. 61, No. 590, C, p. 3866-3873, (1995)

(3) 河内まき子・他7名：設計のための人体寸法データ集，生命工学工業技術研究所研究報告，Vol. 2, No. 1, p. 1-188, (1994)

(4) 西山修二・他4名：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，日本機械学会講演論文集，No. 975-1, p. 269-270, (1997)

バーチャルリアリティを利用した人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系連成振動シミュレーションシステムの開発

上杉 憲雄（広島市工業技術センター） 西山 修二（広島市工業技術センター）

乗り物のシート、ステアリングホイール、ペダルから人体に伝達される振動を低減することは、乗り心地および操作性向上の観点から重要な課題である。

本研究では、運転姿勢および車両特性が人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の連成振動に及ぼす影響を検討可能なバーチャルリアリティを利用したシミュレーションシステムの開発を行った。人体とシートの振動解析結果はバーチャルリアリティを利用して動画像表示され、解析結果の評価を容易化する。シミュレーション結果と実測結果はよく一致しており、このシミュレーションシステムは、人体、シート、ステアリングホイールおよびペダルの動的挙動を解析する有効なツールとなりえる。

キーワード：バーチャルリアリティ、シミュレーションシステム、連成振動、人間工学、乗り心地、運転姿勢、シート、ステアリングホイール、ペダル

Development of Virtual Reality Simulation System of Vibration Characteristics between Human Body and Seat, Steering Wheel, and Pedals

Norio UESUGI, Shuji NISHIYAMA

In order to raise ride comfort and operation of vehicle, it is important to reduce the vibration, which is transferred from seat, steering wheel, and pedals. We developed the Virtual reality simulation system to examine influences of driving posture and vehicle characteristics on vibration characteristics between human body and seat, steering wheel, and pedals. The analytical result of vibration of human body and seat is expressed by virtual reality, so it is easy to recognize the vibration characteristics.

Simulated results almost agreed with experimental values. This simulation system can be used as a tool to predict the performance between human body and seat, steering wheel, and pedals..

Keywords : Virtual Reality, Simulation System, Coupled Vibration, Human Dynamics, Ride Comfort, Driving Posture, 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、運転姿勢および車両特性が乗員の動的挙動に及ぼす影響を検討する。手法としては、人体・シート・ステアリングホイール・ペダ

ル系の連成振動モデルを構築し、シミュレーションシステムを開発する。さらに、バーチャルリアリティ技術を利用してシミュレーションの解析結果を動画像表示し、解析結果の評価を容易にする。

2. 理論解析

2.1 解析モデルと記号

図1、2に解析モデルを示す。人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の解析モデルは西山⁽¹⁾のモデルを基本として、乗員系には上腕部と前腕部を付加して新規なモデルを構築した。さらにステアリング装置を考慮した。エンジンは考慮していない。本報で使用する主な記号を以下に示す。

<乗員系>

m_i ($i=1, 2\cdots 6$) : 頭部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部質量

I_i ($i=1, 2\cdots 6$) : 人体各部の慣性モーメント

θ_i ($i=1, 2\cdots 6$) : 人体各部の回転変位

ξ, ζ : 腰ジョイント点のx、z方向変位

x_i, z_i ($i=1, 2\cdots 6$) : 人体各部重心のx、z座標

T_i ($i=1, 2\cdots 5$) : 各関節部のフリクションモーメント

L_i ($i=1, 2\cdots 11$) : 人体各部の寸法

<シート・ステアリング・ペダル系>

k_i, c_i ($i=1, 2\cdots 7$) : 乗員支持点のばね定数および粘性減衰係数

L_A, L_B : 車体重心からシート固定位置寸法

$L_i, L_j, L_k, L_m, L_n, L_p, L_q, L_u, L_w, L_x, L_y$:

シート、ペダル各部の寸法

L_s, L_t : ステアリング固定位置

θ_0 : シートの初期角度

β : フットレスト角度

<車両系>

V : 車両走行速度

Z : 車体重心変位

Z_f, Z_r : ばね下質量変位

m : 車体質量

m_f, m_r : ばね下質量

I : 車体のピッチング角方向慣性モーメント

θ : 車体ピッチング角

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_{2f}, k_{2r} : タイヤのばね定数

c_{2f}, c_{2r} : タイヤの粘性減衰係数

L_f, L_r : 前軸、後軸と車体重心間距離

<路面系>

w_f, w_r : タイヤ接地点の路面表面の上下変位

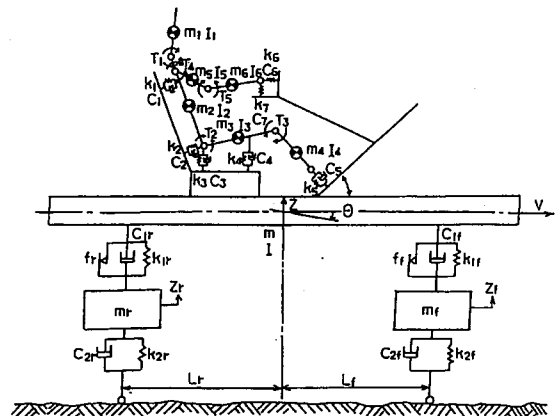


Fig.1 Analytical model (Vehicle-occupant)

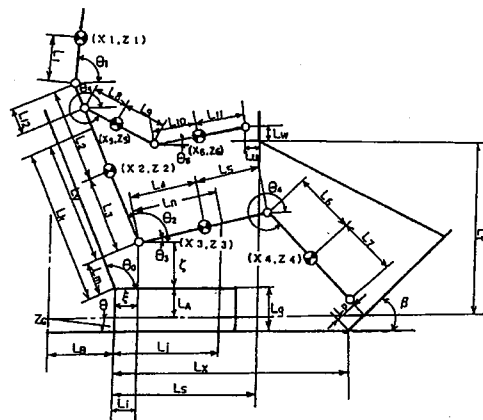


Fig.2 Analytical model
(Coordinate system of occupant)

乗員系は、人体を頭部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の6つの剛体としてモデル化し、人体各部の上下、前後運動と回転運動からなる8自由度のモデルとする。各部の重心に質量と回転モーメントを考慮し、関節部にフリクションモーメントを考慮する。

車両系は、車体、フロントとリアのばね下質量の上下変位と車体のピッチング運動からなる4自由度のモデルとする。タイヤは、ばねとダンパでモデル化し、ばね下質量とばね上質量の間は、ばねとダンパおよびサスペンション系フリクションを考慮する。フロントおよびリアの懸架装置の粘性減衰係数およびサスペンション系フリクション力は文献(1)のとおりとする。

2.2 数値解析

系全体の運動エネルギー、ポテンシャルエネルギー、散逸関数および一般力を求め、それらをラグランジュの運動方程式に代入することにより系を支配する連立12元の2階常微分方程式を導出する。そして変数変換により連立24元の1階常微分方程式の初期値問題として数値解析する。解法としては、Runge-Kutta法により時間ステップごとの各変数とその微分係数の値を求める。計算きざみ幅は0.0015秒とし、倍精度で数値計算を実施する。周波数応答特性の計算にあたっては、計算する周波数の帯域は1~20Hzとする。実際に計算を行う周波数の値は低周波数の帯域において離散点が多数とれるアルゴリズム⁽¹⁾により決定する。各周波数についての計算では、時間ステップごとの各値の二乗平均平方根(rms値)をもとめ、その値をその周波数の代表値とする。

2.3 路面入力

路面は、 $t=0$ で変位及び変位の時間微分が0となるように式(1)の正弦波を考慮する。

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

ここに、 a :全振幅 l_s :波長 x :走行距離

3. シミュレーションシステム

3.1 ハードウェア構成

開発したシミュレーションシステムの概要を図3に示す。シミュレーションシステムは、人体・シー

ト・ステアリングホイール・ペダル系の連成振動を解析する振動解析シミュレーションシステムとバーチャルリアリティを利用した解析結果の動画像表示システムで構成される。

振動解析シミュレーションシステムのハードウェア・システムはUNIXワークステーションである。

動画像表示システムのハードウェア・システムはパーソナルコンピュータである。

UNIXワークステーションでの解析結果のデータをパーソナルコンピュータへ転送し、人体各部とシート振動状態を3次元の動画像として表示する。

3.2 ソフトウェア構成

振動解析シミュレーションシステムのOSはOS/AS V4.11、開発言語はCを使用する。

動画像表示システムのOSはWindows NT3.51、バーチャルリアリティ構築用ソフトウェアはWorldToolKit、開発言語としてはVisual C++を使用する。

4. シミュレーション結果

4.1 計算諸元

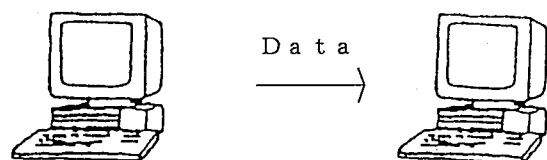


Fig.3 Virtual reality simulation system

使用した諸元は次のとおりとする。

$m_5=7.634\text{kg}$	$m_6=3.4202\text{kg}$	$I_5=0.1685\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_6=0.08378\text{kg}\cdot\text{m}^2$	$L_8=0.159\text{m}$	$L_9=0.141\text{m}$
$L_{10}=0.143\text{m}$	$L_{11}=0.187\text{m}$	$L_{12}=0.054\text{m}$

その他の諸元は文献(1)のとおりとする。ただし、 m_5 、 m_6 、 I_5 、 I_6 、 L_8 、 L_9 、 L_{10} 、 L_{11} 、 L_{12} は人体寸法データ集⁽²⁾を参考に推定した。

関節部フリクションモーメントは、文献(2)のとおりとする。ただし、 T_4 、 T_5 は文献(2)を参考に推定した。

$$T_i \ (i=1, 2 \cdots 5) = T_{si} + T_{di}$$

T_{si} は関節部のバネ特性を示し、相対角度の関数として以下の式で表すことができる。

$$(a) \ \theta_{ui} \geq \theta_i - \theta_{i+1} \geq \theta_{li} \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$\theta_{ui} \geq \theta_{i-2} - \theta_{i+1} \geq \theta_{li} \ (i=4)$$

$$T_{si}=0$$

$$(b) \ \theta_i - \theta_{i+1} > \theta_{ui} \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$\theta_{i-2} - \theta_{i+1} > \theta_{ui} \ (i=4)$$

$$T_{si}=K_{aui} \ (\theta_i - \theta_{i+1} - \theta_{ui})^2$$

$$(c) \ \theta_i - \theta_{i+1} < \theta_{li} \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$\theta_{i-2} - \theta_{i+1} < \theta_{li} \ (i=4)$$

$$T_{si}=-K_{ali} \ (\theta_i - \theta_{i+1} - \theta_{li})^2$$

T_{di} は関節部のダンパ特性を示し、相対角速度の関数として以下の式で表すことができる。

$$(a) \ W_i \geq \dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i+1} \geq -W_i \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$W_i \geq \dot{\theta}_{i-2} - \dot{\theta}_{i+1} \geq -W_i \ (i=4)$$

$$T_{di}=T_{d, \max, i} \ (\dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i+1}) / W_i$$

$$(b) \ \dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i+1} > W_i \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$\dot{\theta}_{i-2} - \dot{\theta}_{i+1} > W_i \ (i=4)$$

$$T_{di}=T_{d, \max, i}$$

$$(c) \ \dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i+1} < -W_i \ (i=1, 2, 3, 5)$$

$$\dot{\theta}_{i-2} - \dot{\theta}_{i+1} < -W_i \ (i=4)$$

$$T_{di}=-T_{d, \max, i}$$

数値解析に用いる θ_{ui} 、 θ_{li} 、 k_{aui} 、 k_{ali} 、 W_i 、 $T_{d, \max, i}$ の値は文献(2)のとおりとする。ただし、 θ_{ui} 、 θ_{li} 、 k_{aui} 、 k_{ali} 、 W_i 、 $T_{d, \max, i}$ ($i=4, 5$)は文献(2)を参考に推定した。

$$\begin{aligned} \theta_{u4}=210\text{deg} \quad \theta_{u5}=0\text{deg} \quad \theta_{l4}=0\text{deg} \quad \theta_{l5}=-135\text{deg} \\ k_{au4}=16.41\text{kg}\cdot\text{m}/\text{rad}^2 \quad K_{al4}=16.41\text{kg}\cdot\text{m}/\text{rad}^2 \quad W_4=20\text{deg/s} \\ K_{au5}=1215\text{kg}\cdot\text{m}/\text{rad}^2 \quad K_{al5}=2430\text{kg}\cdot\text{m}/\text{rad}^2 \quad W_5=20\text{deg/s} \end{aligned}$$

$$T_{d, \max, 4}=3.6\text{kg}\cdot\text{m} \quad T_{d, \max, 5}=1.2\text{kg}\cdot\text{m}$$

シート・ステアリング・ペダル系及び車両系の諸元は文献(1)のとおりとする。ただし、 k_6 、 k_7 、 C_6 、 C_7 、 L_i 、 L_m 、 L_n 、 L_s 、 L_t 、 L_u 、 L_w 、 L_x 、 L_y の値は実車により推定した。

$$\begin{aligned} k_6=19.6\text{kN/m} \quad k_7=19.6\text{kN/m} \quad C_6=784.0\text{N}\cdot\text{s/m} \\ C_7=784.0\text{N}\cdot\text{s/m} \end{aligned}$$

$$L_i=0.144\text{m} \quad L_m=0.124\text{m} \quad L_n=0.372\text{m} \quad L_s=0.480\text{m}$$

$$L_t=0.727\text{m} \quad L_u=0.001\text{m} \quad L_w=0.001\text{m} \quad L_x=0.707\text{m}$$

$$L_y=0.3\text{m}$$

θ_i ($i=1, 2 \cdots 6$)、 θ 、 θ_0 、 ξ 、 ζ の初期値は以下のとおりとする。

$$\theta_1=84.0^\circ \quad \theta_2=110.0^\circ \quad \theta_3=19.5^\circ$$

$$\theta_2=300.0^\circ \quad \theta_5=327.0^\circ \quad \theta_6=20.0^\circ$$

$$\theta=0.0^\circ \quad \theta_0=110.0^\circ \quad \xi=0.144\text{m} \quad \zeta=0.179\text{m}$$

4.2 過渡応答特性

車両が最大高さ0.1m、長さ1mの一波長正弦波突起を車速18km/hで走行する場合の過渡応答特性を検討した。

図4は、車体重心、フロントとリアのばね下質量および上下方向変位のシミュレーション結果を示す。縦軸は変位量、横軸は時間を示す。文献(1)の解析結果と一致し、車体、ばね下質量については妥当な結果が得られている。

図5は、人体各部の上下変位のシミュレーション結果を示す。人体各部の上下変位は車体重心の上下変位に追従して変化し、時間経過とともに減衰する特性を示している。

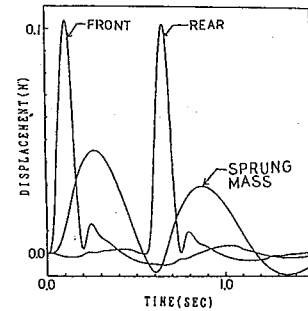


Fig.4 Vertical displacement of vehicle

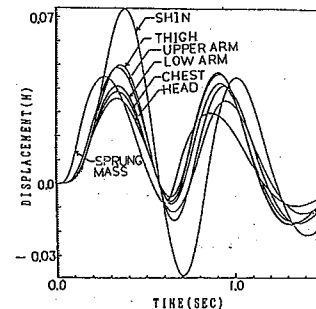


Fig.5 Vertical displacement of occupant

4.3 周波数応答特性

2～20Hzの周波数帯域で全振幅3mmの正弦波加振を車体に加えた場合を検討した。

前報⁽⁴⁾において人体・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した。図6は実測に使用した装置を示す。

図7は実測結果の一部を示す。横軸は周波数、縦軸は人体各部の加速度を車体重心の加速度で除した加速度比を示す。

図8は、本報で開発したシミュレーションシステムによる解析結果を示す。横軸は周波数、縦軸は人体各部の加速度を車体重心の加速度で除した加速度比を示す。図7の実測では車体より下の懸架装置、タイヤがなく車体が直接加振される。よって、シミュレーションでは、タイヤ接地点の路面変位と車体重心の変位を一致させるため、車両系の諸元の $k1f$ 、 $k1r$ 、 $k2f$ 、 $k2r$ を48020kN/mに変更した。

図8のシミュレーション結果では、人体各部の振動特性に共振点が存在し、共振周波数をすぎると加速度比が減衰する。この特性は、図7の実測と一致する。また、加速度比のピーク値も上腕を除き実測値とシミュレーション結果はほぼ一致する。以上の過渡応答特性および周波数応答特性から、開発した振動解析シミュレーションシステムの妥当性が確認できる。

5. 解析結果の動画像表示

開発した解析結果の動画像表示システムでは、人体とシートの3次元モデルを合計2100ポリゴンで構築しており、仮想空間内に光源をおき陰影付けして描画を行う。ステレオ描画を行う際は10フレーム/秒で描画可能である。

解析結果を動画像表示する際は仮想空間内におく視点の位置を自由に変更可能であり、さまざまな角度、距離から

人体各部とシートの振動状態を観測することが可能である。シミュレーションの数値データを見ただ

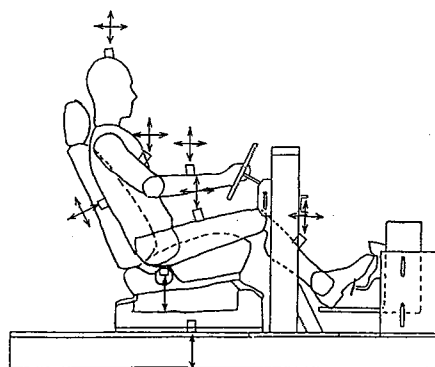


Fig.6 Seat-steering wheel-pedals system

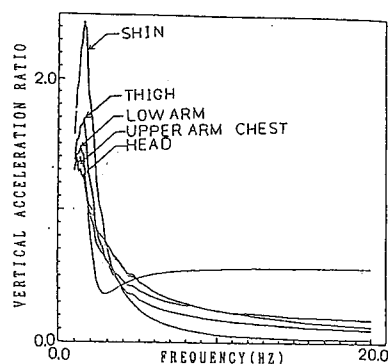


Fig.7 Experimental results

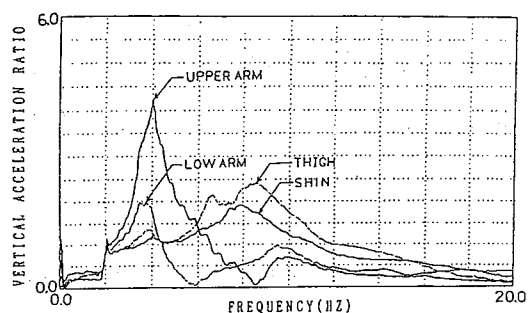


Fig.8 Analytical results

けでは、人体各部とシートの動的挙動の把握は難しい。しかし、解析結果を動画像表示することにより評価が容易になる。

図9、10は、過渡応答特性のシミュレーション結果を動画像表示したものである。人体各部とシートの状態を $t=0$ 秒から $t=0.7$ 秒まで0.35秒おきに重ね合わせて表示している。仮想空間内の視点は、人体各部およびシートに対して図9が右斜め横、図10が真横においている。



Fig.9 View point of right slant side



Fig.10 View point of side

6. 結 び

人体・シート・ステアリングホイール・ペダル系の連成振動解析が可能なシミュレーションシステムを開発した。さらに、バーチャルリアリティを利用して解析結果の動画像表示を可能とした。本研究により得られた結果をまとめると次のとおりである。

- (1) シミュレーションシステムの解析結果は、過渡応答特性および周波数応答特性について検討した。検討結果からモデル化および開発したシミュレーションシステムの妥当性が検証できた。
- (2) 解析結果の動画像表示を可能とすることで、人体各部やシートの動的挙動の把握が容易となった。

周波数応答特性の実測結果とシミュレーション結果において、人体各部の共振周波数及び上腕加速度のピーク値が一致しない原因として次のことが考えられる。

シミュレーションシステムに入力する人体各部の

特性値のうち、関節部のフリクションモーメントや人体各部の慣性モーメント等の特性値には不明な点が多々あること。

人体各部に発生する加速度の実測では、個人差が大きく再現性が乏しいこと。

従って今後の課題としては、人体各部の特性値などの計算諸元を高精度化することが考えられる。

参考文献

- (1) 西山, 日本機械学会論文集, 59-568, c (1993), 3613-3621.
- (2) 片山・島田, 自動車技術会論文集, No.1 (1970), 102-108.
- (3) 河内ほか7名, 設計のための人体寸法データ集, 生命工学工業技術研究所報告 Vol.2 No.1 (1994), 1-188.
- (4) 西山・上杉, 機講論, No.975-1, (1994-3), 269-270.

防錆皮膜に及ぼす酸性雨の影響と防錆仕様の確立（第2報）
（屋外暴露試験と腐食生成物の分析）

山崎 勝弘 四辻 博文 山口 研二 植木 邦夫 秦 曉 洲* 張 倫 武*

大気汚染が腐食に及ぼす影響について調査するため、広島市と中華人民共和国重慶市において、各種防錆仕様試験片の屋外暴露試験を実施した。また、屋外暴露試験とキャス試験との相関性・促進倍率等の評価、並びに、腐食生成物の化学分析を行い、両市における腐食状況を比較した。

塗装・めっき等の防錆皮膜の種類によって異なるが、重慶市での屋外暴露による腐食速度は、広島市の数倍から十数倍であり、腐食生成物中の硫黄含有量も、広島市より多い傾向を示した。

キーワード：酸性雨、腐食、屋外暴露試験

The Influence of Acid Rain on Rust-preventive Coatings and
the Establishment of Specifications for the Rust Prevention (2nd Report)
(The outdoor exposure tests and chemical analysis of corrosion products)

Katsuhiro YAMASAKI, Hirofumi YOTSUJI, Kenji YAMAGUCHI,
Kunio UEKI, Qin Xiaozhou, Zhang Lunwu

The outdoor exposure tests about many kinds of rust-preventive test pieces were performed both in the City of Chungking China and in Hiroshima Japan in order to research the influence of air pollution on corrosion. The test results for both cities were compared with the followings: The evaluation of correlation by CASS test, The estimation of multiple of acceleration, And chemical analysis of corrosion products.

As compared results depend upon the kind of rust-preventive coatings and platings, test pieces in Chungking have corroded faster than those in Hiroshima, because of the higher sulfur content in the corrosion products.

Keywords : Acid rain, Corrosion, 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、自動車排ガス等による大気汚染、凍結防止剤等による人為的要因、温度・湿度・結露・海塩粒子等の自

然現象の影響を受けて、短期間に腐食が進行する。

エネルギー源として石炭を使用する重慶市では、大気汚染による深刻な環境問題を抱えており、酸性雨・降下煤塵が金属製品の腐食に大きな影響を与えている。このような厳しい自然環境下における暴露試験により、防錆皮膜の耐食性及び耐用年数の評価、腐食因子究明に関して、広島市と重慶市の関係機関

*重慶市西南技術工程研究所

表-1

試験片No	供 試 試 料 の 品 名	素 材	表 面 処 理 仕 様	膜厚
H-10	1 ドア引手(塗装赤色)	亜鉛ダイカストZDC2	クロメート処理→エポキシ変性メラミンプライマー→メラミン系ソリッドカラー上塗り	74
	2 ドア引手(塗装白色)	亜鉛ダイカストZDC2		93
	3 給油口蓋(塗装赤色)	SPCC D	磷酸亜鉛被膜→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	72
	4 給油口蓋(塗装白色)	SPCC D		81
	5 ドア引手(めっき)	亜鉛ダイカストZDC2	Ni-Cr	27
	6 自動車用ボルト(10φ×88)	S45C	ダクロダイズド	8
	7 自動車用ボルト(11φ×74)	SCR430		9
	8 自動車用ボルト(12φ×33)	SCR430		8
H-11	1 建設機械部品(A仕様)	SPHC HR1	カチオン電着→メラミン系ソリッドカラー上塗り	39
	2 建設機械部品(B仕様)	SPHC HR1	カチオン電着→変性速乾アルキド上塗り	47
	3 建設機械部品(C仕様)	SPHC HR1	ジンクロメートプライマー→変性速乾アルキド上塗り	75
	4 建設機械部品(D仕様)	SPHC HR1	カチオン電着塗装	18
	5 建設機械部品(E仕様)	SPHC HR1	変性速乾アルキドエナメル	24
	6 建設機械部品(F仕様)	SPHC HR1	ワンコートプライマー	27
H-12	1 グレーチング(鋼材)	SS400	溶融亜鉛めっき	73
	2 フェンス用金網(鉄線)	SWMGS-2	溶融亜鉛めっき→塩化ビニール被覆3.2φ	14
	3 土木用金網(アルミニウム合金線)	AZA-30	無処理5.0φ	—
	4 土木用金網(鉄線)	SWMGS-7	溶融亜鉛めっき7種3.2φ	8
	5 土木用金網(鉄線)	SWMGS-3	溶融亜鉛めっき4.0φ	9
	6 土木用金網(鉄線)	SWMGS-2	溶融亜鉛めっき2.0φ	7
H-13	1 ガードレール(鋼管)	STK-400	溶融亜鉛めっき→磷酸亜鉛被膜→メラミン系アルキド	92
	2 ガードレール(鋼管)	STK-400	溶融亜鉛めっき→磷酸亜鉛被膜→粉体塗装	96
	3 道路標識板(アルミニウム)	A5052P	無処理→反射シート貼付け	235
H-14	1 箱文字(ステンレス)	SUS304	アクリル樹脂黒色塗装	18
	2 箱文字(黄銅)	C2801P	フッ素樹脂クリヤー塗装	14
	3 箱文字(ステンレス)	SUS304	無処理	—
	4 普通車用ナンバープレート	カラーアルミ A1100P	素地白色→文字部アクリル樹脂緑色エナメル	16
	5 普通車用ナンバープレート	カラーアルミ A1100P	素地白色→文字部アクリル樹脂緑色エナメル	21
	6 普通車用ナンバープレート	A1050P	クロメート処理→素地部アクリル白色→文字部アクリル緑色	19
	7 普通車用ナンバープレート	A1050P	素地部緑色→文字部アクリル樹脂白色エナメル	21
	8 普通車用ナンバープレート	A1050P	クロメート処理→素地部アクリル緑色→文字部アクリル白色	21
	9 軽自動車用ナンバープレート	A1050P	クロメート処理→素地部アクリル黄色→文字部アクリル黒色	28
	10 原付き用ナンバープレート	塩化ビニル銅板A種	UV塗装のみ	164
	11 原付き用ナンバープレート	塩化ビニル銅板A種	UV塗装→塩化ビニル系クリヤー塗装長浜	187
	12 原付き用ナンバープレート	A1050P	UV塗装のみ	107
	13 原付き用ナンバープレート	A1050P	UV塗装→塩化ビニル系クリヤー塗装えびの	126
	14 原付き用ナンバープレート	塩化ビニル銅板A種	UV塗装→塩化ビニル系クリヤー塗装大浦	225
	15 ナンバープレート用封印	A1050P、SUS304	溶剤脱脂のみ	—

表-2

試験片No	供 試 試 料 の 品 名	素 材	表 面 処 理 仕 様	膜厚
H-15	1 シャッタースラット	CGCC 22	溶融亜鉛めっき→2コート2ベーク	29
	2 シャッタースラット	SGCC Z18	塩化ビニール樹脂金属積層板	234
	3 シャッタースラット	アルミ亜鉛合金メッキ	アルミメッキ比率55% 無塗装	71
	4 シャッタースラット	SGHC-C	合金化亜鉛合金めっき 無塗装	18
	5 アルミニウム型材	A6063S-T5	熱硬化アクリル樹脂エナメル 白色	25
	6 アルミニウム型材	A6063S-T5	熱硬化アクリル樹脂エナメル アイボリー	24
	7 アルミニウム型材	A6063S-T5	電解着色(ブロンズ)→熱硬化アクリル樹脂クリヤー	16
	8 アルミニウム型材	A6063S-T5	電解着色(ブラック)→熱硬化アクリル樹脂クリヤー	16
	9 ガイドローラー(樹脂)	ポリプロピレン	グレー色(耐候性仕様)	—
	10 角パイプ(ステンレス)	SUS304	鏡面仕上げ→無処理	—
	11 タンバクル(鋼材)	SGD 2	電気亜鉛めっき→有色クロメート処理	8
H-16	1 ボール(アルミニウム)	A6061P	ヘアーライン加工	—
	2 車止めパイプ(アルミニウム)	A6061P	ヘアーライン加工	—
	3 車止めパイプ(ステンレス)	SUS304	鏡面仕上げ→無処理	—
H-17	1 フックボルト(鋼材)	SGD 2	溶融亜鉛めっき	63
	2 止め金具(鋼材)	SGD 2	溶融亜鉛めっき	75
H-18	1 大型変圧器外箱	SPHC HR1	自然乾燥エポキシ樹脂塗料4回塗り	86
	2 小型変圧器外箱	SPCC D	溶融亜鉛めっき→自然乾燥エポキシ樹脂1回塗り	114
	3 地中化機器外箱	表面処理(ボンデ)鋼板	メラミンプライマー→メラミンサーフェサ→メラミンソリッド上塗り	188
	4 電気温水器外箱	合金化メッキ(ペンタ付)鋼板	メラミン系プライマー→メラミン系ソリッド上塗り	34
	5 電気温水器底板	合金化メッキ(ペンタ付)鋼板	メラミン系プライマー→メラミン系ソリッド上塗り	40
	6 電気温水器脚	合金化メッキ(ペンタ付)鋼板	メラミン系プライマー→メラミン系ソリッド上塗り	38
H-19	1 寝台特急あさかぜ外板	SPHC HR1	不飽和ポリエステルパテ3回→カシュー樹脂エナメル1回	1447
	2 アストラムライン支持碍子 ネズミ鋳鉄	ADC6	無処理	—
H-20	1 鋼欄	SPHC HR1	溶融亜鉛めっき→ポリエステル粉体塗装	228
H-21	1 ギヤーケース	アルミニウムダイカスト DIV	無処理	—
	2 エアーフィルター	MC410	電気亜鉛めっき	5
	3 シャフトボルト	SPCC SB	電気亜鉛めっき→光沢クロメート	6
	4 テールパイプ	SPCC SB	電気亜鉛めっき→有色クロメート	5
	5 アウターフランジ	SPCC SV	電気亜鉛めっき→光沢クロメート	5
	6 ブラケット	亜鉛ダイカスト ZDC2	無処理	—
	7 ワッシャー	SPCC SV	クロムめっき	12
	8 プレートA	SPCC SB	熱処理	—
	9 ボールコック(黄銅)	SW 13.8	無処理	—
H-22	1 釣り具(リール)	アルミニウムダイカスト DIV	磷酸鉄被膜処理→メラミンアルキド系メタリック塗装	42
H-23	1 屋根・外板用鋼板A	合金化メッキ(スパンジク)鋼板	フッ素系塗装(艶有ブラウン)ホーミング加工	49
	2 屋根・外板用鋼板B	亜鉛メッキ(ガルバリウム)鋼板	フッ素系塗装(艶消ブラウン)ホーミング加工	60
	3 屋根・外板用鋼板C	亜鉛メッキ(ガルバリウム)鋼板	フッ素系塗装(艶有ブラウン)ホーミング加工	52

表-3

試験片No	供 試 試 料 の 品 名	素 材	表 面 処 理 仕 様	膜厚
H-23	4 屋根・外板用鋼板D	ステンレス SUS304	フッ素系塗装(艶消ブラウン)ホーミング加工	56
	5 屋根・外板用鋼板A	合金化メッキ(スーパバング)鋼板	フッ素系塗装(艶有ブラウン)平板	51
	6 屋根・外板用鋼板B	亜鉛メッキ(ガルバリウム)鋼板	フッ素系塗装(艶消ブラウン)平板	59
	7 屋根・外板用鋼板C	亜鉛メッキ(ガルバリウム)鋼板	フッ素系塗装(艶有ブラウン)平板	50
	8 屋根・外板用鋼板D	ステンレス SUS304	フッ素系塗装(艶消ブラウン)平板	56
H-24	1 ブランコ用バージョイント(小)	SPCC D	磷酸鉄被膜処理→メラミンアルキド系ソリッドカラー	27
	2 ブランコ用バージョイント(大)	SPCC D	磷酸鉄被膜処理→メラミンアルキド系ソリッドカラー	19
C-3 重慶	1 バイク用ランプカバー	ABS樹脂	Cr-Ni-Cr	14
	2 平板メトリック塗装品	冷間圧延鋼板	磷酸塩処理→電着塗装→焼付塗装	43
	3 平板めっき品	冷間圧延鋼板	Ni-Cr	44
	4 バイク用オイルゲージ	冷間圧延鋼板	Cr	11
	5 平板めっき品	冷間圧延鋼板	亜鉛めっき→有色クロメート	13
	6 バイク部品	冷間圧延鋼板	亜鉛めっき→黒クロメート	16
	7 鍵部品	冷間圧延鋼板	3Ni-Cr	11
	8 L型金具	冷間圧延鋼板	3Ni-Cr	42
	9 金具	冷間圧延鋼板	3Ni-Cr	46
	10 金具	冷間圧延鋼板	亜鉛めっき→有色クロメート	10
	11 塗装試験片	アルミニウム板	ポリエステル系塗料シルバーメトリック色	37
	12 塗装試験片	アルミニウム板	ポリエステル系塗料赤色	25
	13 塗装試験片	アルミニウム板	ポリエステル系塗料青色	21
	14 バイク用マフラー切断片	冷間圧延鋼板	4Ni-Cr	42
	15 工具(レンチ) #16	鋼材	Ni-Fe	13
	16 工具(レンチ) #27	鋼材	Ni-Fe	19
	17 バイク用バックミラー部品	鋼材	Cr	34
	18 バイク用ペダル部品	鋼材	Ni-Cr	20

が共同研究を行った。

第1報においては、広島市側作製試料及び重慶市側作製試料について、両市における1年間の屋外暴露試験結果、亜硫酸ガス試験・キャス試験等の促進腐食試験結果について報告した。

今回の第2報においては、上記試験試料の2年間の暴露試験結果と、両市域内の企業が製造している製品等の屋外暴露試験結果、キャス試験結果、金属材料の腐食量測定結果、腐食生成物の分析結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 試験試料

製品等の試験試料を表1～3に示す。(試験片は、第1報の表1～3を参照)

表中のH-10～H-24は、広島市域内の企業の製品であり、C-3は、重慶市域内の企業の製品である。

スクラッチマーク、試験片枚数の割り振り及び膜厚測定方法は、第1報による。

2.2 屋外暴露試験

広島市及び重慶市において、同時期に暴露試験を

開始した。耐候試験台（JIS K 5400.9.9による。暴露角度は、広島市30° 重慶市24°）に試験試料を固定し、1回／月の頻度（1年を経過したものは1回／3ヶ月）で、皮膜の発錆の程度、光沢、変色を測定した。評価方法は、第1報による。

2.3 促進腐食試験

キャス試験機を用いて、JIS H 8502.7により試験し、24時間毎に腐食の程度を計測判定した。発錆の評価方法は、第1報による。

2.4 金属腐食量の測定

炭素鋼、アルミニウム及び銅について、1ヶ月毎に増量・減量を測定し、侵食度を算出した。測定方法は、「大気汚染による金属材料の腐食測定法指針（昭和63年6月環境庁大気保全局大気規制課）」による。

2.5 腐食生成物の分析

暴露試験試料をそのままの状態を観察し、腐食生成物の一部をナイフで削り取り、導電性テープで固着し、金蒸着処理後X線マイクロアナライザー（以後、EPMAと略す）により定性分析及び面分析を行うとともに、炭素・硫黄分析装置により、硫黄含有量を測定した。

2.6 塗膜の分析

塗膜表面をナイフで削り取り、瑪瑙乳鉢で粉碎後、KBr粉末で希釈し、錠剤に成形し、赤外分光光度計（以後、FT/IRと略す）による透過測定を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 塗装仕様の屋外暴露試験結果の事例

図1に一般環境塗装仕様、図2に工場地域塗装仕様の経時変化と錆幅の関係を示す。（図中の凡例の「広」は広島市での屋外暴露試験結果を、「重」は重慶市での屋外暴露試験結果を表し、1～5は、第1報の表1の、H-1-1～H-1-5までの各種塗装仕様を表す）

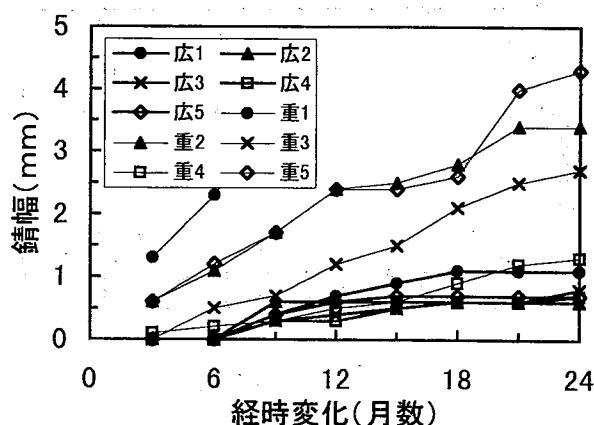


図1 一般環境塗装仕様（H-1）の錆幅の経時変化

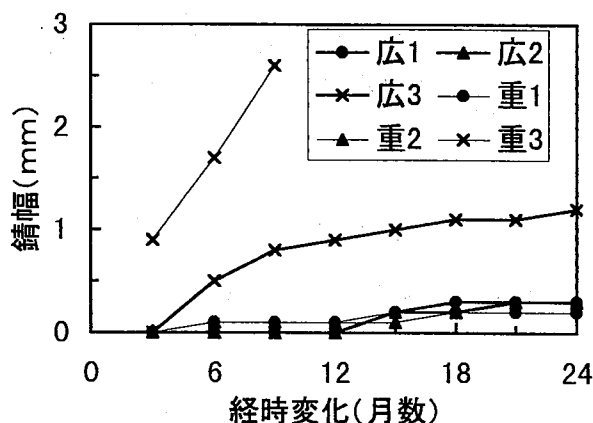


図2 工場地域塗装仕様（H-2）の錆幅の経時変化

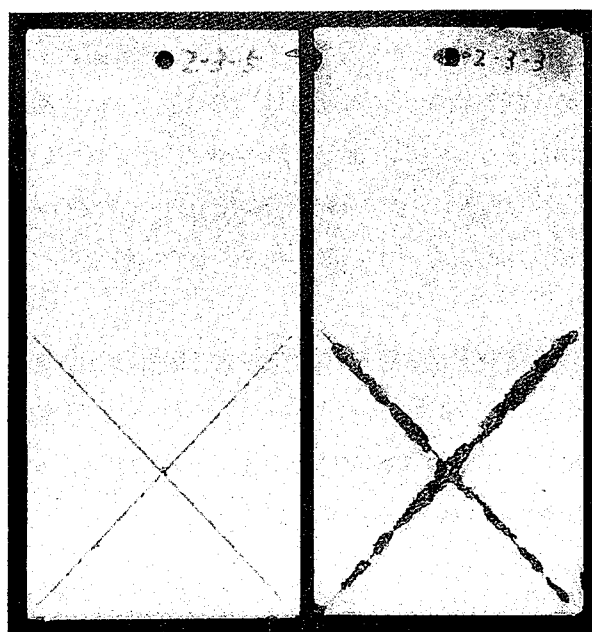


図3 工場地域塗装仕様（H-2-3）暴露試験後の写真

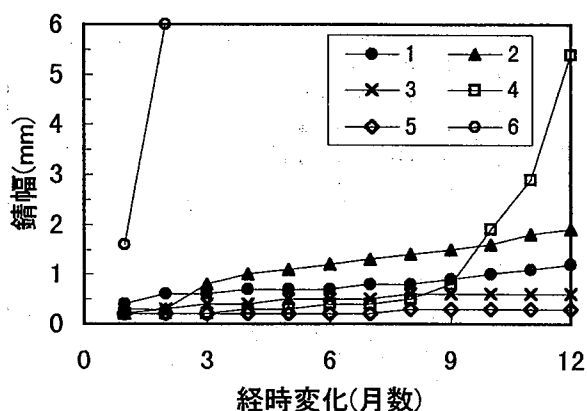


図4 建設機械部品（H-11）の錆幅の経時変化

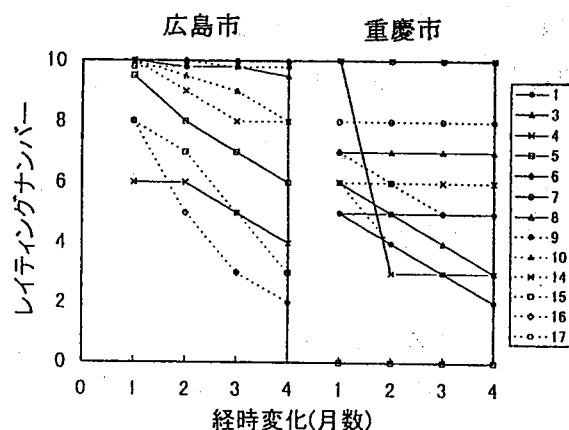


図6 バイク部品、工具等（C-3）のレイティングナンバーの経時変化

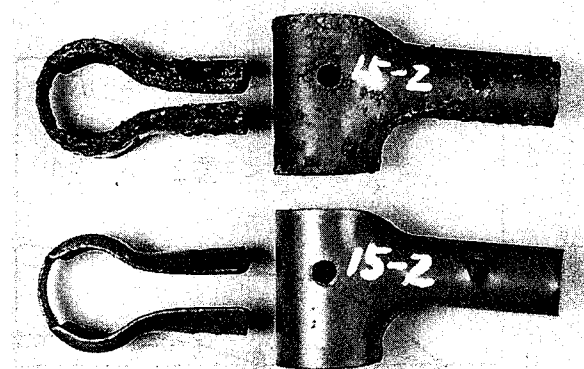


図5 バージョイント暴露試験後の写真
上：重慶市（9ヶ月）、下：広島市（12ヶ月）

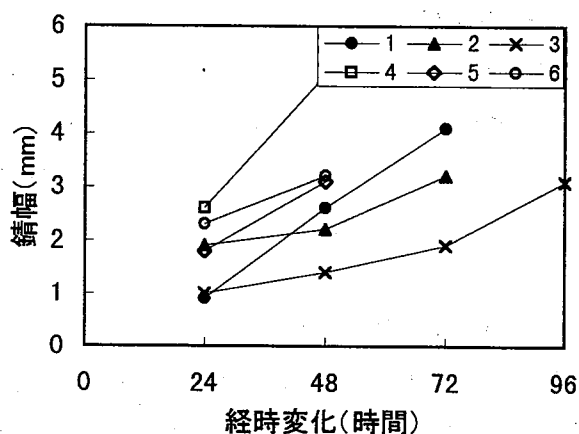


図7 建設機械部品のキャス試験結果

表1の一般環境塗装仕様5種類及び表2の工場地域塗装仕様3種類ともに重慶市での腐食速度が速く、一般的塗装仕様例であるH-1-1（一般錆止め→フタル酸樹脂エナメル仕上げ）では、約9倍の腐食速度となっている。また、橋梁等に多用されているH-2-3（厚膜ジンク→塩化ゴム仕上げ）では約4倍の腐食速度となっている。図3にその比較写真を示す。

建設機械部品6種類の広島市での暴露試験結果を図4に示す。4や6のプライマーだけの塗装仕様のものは、早期に錆幅が拡大することが分かる。図5に製品（H-24）の比較写真を示す。

3.2 メッキ仕様の屋外曝露試験結果の事例

重慶市で製造されているバイク部品、工具等の暴

露結果を図6に示す。3ヶ月で半数の製品がレイティングナンバー9以下となっており、全体的に耐食性が低い。めっきの種類によって腐食の程度は、大きく異なるが、重慶市での方が腐食の進行が早い。

3.3 塗装仕様のキャス試験結果の事例

建設機械部品6種類のキャス試験結果を図7に示す。図4と比較して、4や6のプライマーだけの塗装仕様に発錆が速いのは同じ傾向であり、2～3mmの錆幅に広がる時間が、キャス試験24～48時間と屋外暴露の12ヶ月が同程度となった。

また、H-24の屋外遊具の塗装仕様の事例でも、2mmの錆幅になる時間を比較すると、キャス試験では24時間であるのに対して、屋外暴露では13ヶ月であった。

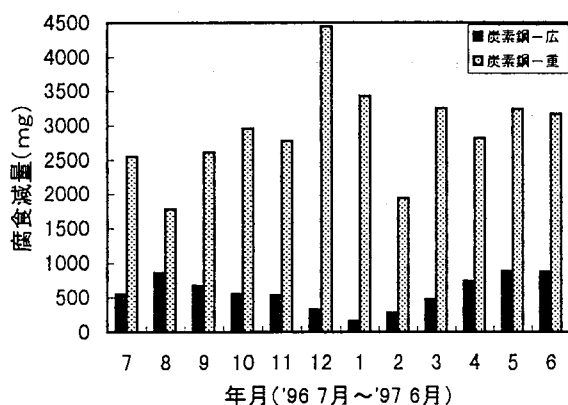


図8 炭素鋼の各月の腐食減量

3.4 金属材料の腐食量測定結果の事例

炭素鋼の腐食減量の測定結果を図8に示す。重慶市での腐食減量は、広島市よりかなり大きい。また、銅及びアルミニウムの各材料についても同様であり、重慶市では、腐食増量、腐食減量が大きく、広島市における腐食量の2倍から17倍であった。

3.5 腐食生成物の分析結果

広島市及び重慶市において暴露試験を行った後の腐食生成物内部の電子顕微鏡（以後、SEMと略す）写真を図9に示す。広島市において生成した腐食生成物に比較して、重慶市におけるそれは、緻密な構造を示している。特に、広島市の生成物の場合、粗大な結晶が生成、集合しているように観察される。重慶市での生成物が微細な結晶による緻密構造を示しているのは、酸性雨の影響ばかりとは言えず、その気候の厳しさも影響していることが考えられる。重慶市の気候は内陸性の気候を示し日中は40度を超える一方、夜間の冷え込は激しい。この強烈な直射日光の繰り返しによる乾燥・脱水により緻密な腐食生成物が生じたものと考えられる。

また、両市の腐食生成物をEPMAにより分析したところ、試験片の組成元素以外に酸素、ケイ素及び硫黄が存在した。また、重慶市での生成物には、表層部に硫黄が多いことが確認された。腐食生成物中の硫黄の含有量は、重慶市のものが、広島市の2倍

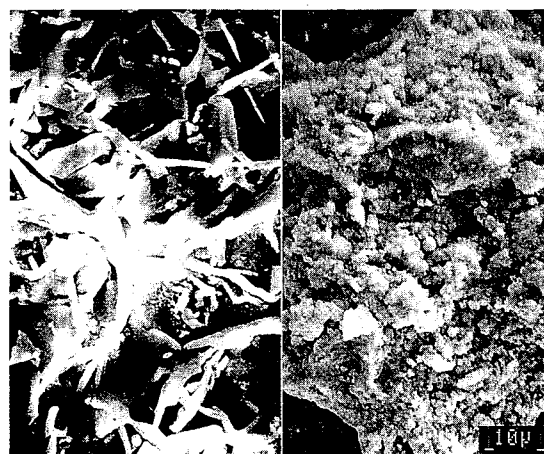


図9 腐食生成物のSEM写真

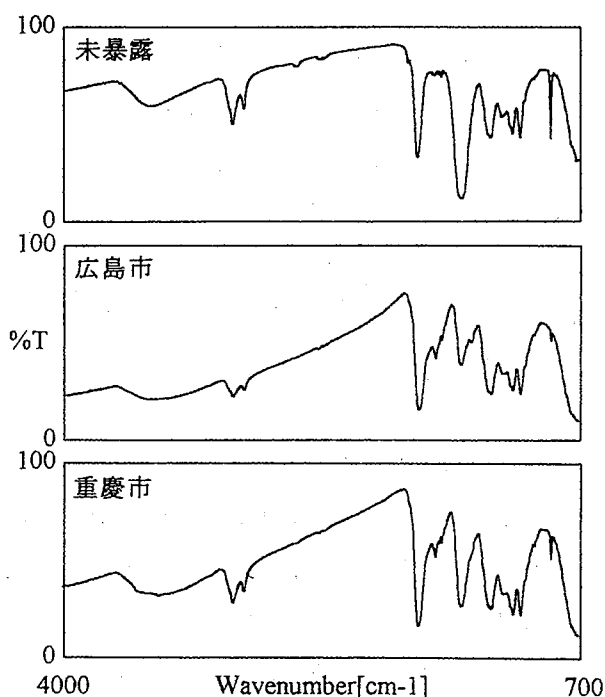


図10 フタル酸系塗膜のFT/IRによる分析結果

弱程度検出されており、大気中の硫黄酸化物の影響と思われる。

3.6 塗膜の分析結果

フタル酸系塗膜のFT/IRによる分析結果を図10に示す。

広島市及び重慶市の両試験片のFT/IRによる分析結果では、フタル酸系塗膜及び塩化ゴム系塗膜には、未暴露品と比較すると、明らかに劣化が認められたが、ポリウレタン系塗膜及びメラミン系塗膜には、

はっきりした劣化が認められなかった。

目視により塗膜の劣化を観察したところ、重慶市の試験片では、変色、光沢の減少、チョーキング及び汚染が大きい。FT/IRによる分析結果では、広島市と重慶市に大きな違いは認められなかった。これは、FT/IRによる塗膜分析は、塗膜の最表面のみの分析結果ではなく、塗膜試料の採取時に塗膜内部も混入した塗膜全体のオーバーオールな結果と思われる。塗膜最表面の劣化は、重慶市の試験片で大きいと思われる。

4. 結 言

第1報では、暴露期間1年間までのデータを取りまとめたが、第2報では暴露期間2年間のデータに基づいて解析を行った。

塗装仕様・メッキ仕様によって大きく異なるが、重慶市の環境下における腐食速度は、広島市での腐食速度の数倍から十数倍に相当し、無処理の金属材料の腐食量・侵食度等についても、同様の結果となった。

本研究の当初の目的の一つとして、屋外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ことを試みたが、各種の塗装仕様・メッキ仕様間による差が大きく、仕様によっては逆の結果になるなど、明らかな相関性や促進倍率は認められない結果となった。

重慶市における腐食速度が速い原因として、酸性雨・降下煤塵等の影響と考えられるが、第1報の参考資料のように、重慶市の測定データによると、年間の降雨平均pHが、広島市に比較して極端に低いとも言えないところから、酸性雨、降下煤塵等の人

為的要因の他にも、重慶市の降雨量、夜露、川霧、気温、湿度等の気象的要因が大きく影響しているものと推察できる。

今後は、更に曝露を継続して、3年間の暴露結果を最終報告としてまとめるとともに、両市の中小企業が製造している製品等の屋外曝露試験結果については、重慶市側のデータが一部未整理であったこともあり、その詳細について第3報で報告する。また、本報告では、代表的な結果及び考察について説明しており、詳細については、広島市及び重慶市共同研究報告書を参考にしていきたい。

終わりに、本研究で使用しました炭素・硫黄分析装置、塗膜定量装置等の装置は、日本自転車振興会の補助により整備したものであることを記し謝意を表します。

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) 須賀 蓊, 実用環境に対応した酸性雨腐食試験塗装工学 1993, VOL, 28, NO8, 343
- (4) 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
- (5) 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
- (6) 山崎 勝弘, 植木 邦夫, 秦 暁洲, 張 倫武
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), 広島市工業技術センター年報第10巻, 1996

過熱蒸気による金属脱脂洗浄技術の実用性評価

山崎 勝弘 前田 真美 金行 良隆

熱処理前後の洗浄用として、1, 1, 1-トリクロロエタンの代替に、水系、炭化水素系および塩素系炭化水素等の洗浄剤が多用されている⁽¹⁾⁽²⁾が、これらを用いた方法は、環境負荷、作業環境および安全衛生等に問題がある。これらに対応する新技術として、低圧・高温の過熱蒸気による金属洗浄方法の実用性を評価したところ、処理条件によっては脱脂が可能であるが、多量の熱処理品の洗浄方法としては今後課題を多く残す結果であった。

キーワード：過熱蒸気、脱脂効果、洗浄、1,1,1-トリクロロエタン

An Estimation of Practicality of Cleaning Technology for Metal Using the Overheated Vapor.

Katsuhiro YAMASAKI, Masami MAEDA, Yoshitaka KANEYUKI

Detergent of aqueous, hydrocarbonaceous, hydrocarbon chloride and so forth, are often used to substitute for 1,1,1-trichloroethane before and after heat treatment. But these affect environment, worker's conditions, safety, hygiene, etc. Corresponding to these problems, a new technology, using the low-pressure and high-temperature overheated vapor, are estimated for cleaning metal. The results were as follows: Defatting effect depends on treatment condition, and for a large amount of materials, it seems not to be so practical.

Keywords : Overheated Vapor, Defatting Effect, Cleaning, 1,1,1-trichloroethane

1. 緒言

オゾン層保護を目的としたモントリオール議定書締約国会議により、熱処理工程前後の脱脂洗浄に多用されていた1, 1, 1-トリクロロエタンは1995年末で全廃された。広島地区の熱処理業界では現有の設備を一部改良するだけで利用できることから、安価な再生トリクロロエチレンを使用するところが増加しているが、トリクロロエチレンの多用は、地下水への漏洩、作業環境の悪化、発癌性などの諸問題が再燃し、今後大きな社会問題になる可能性がある。

これに対応するため、現在既に食品加工に使用され始めている技術を応用した、低圧・高温の過熱蒸

気を利用する金属熱処理部品の洗浄方法について、その実用性を評価するため、各種の実験を行った。

2. 実験方法

過熱蒸気による洗浄が可能であることを確認するため、熱処理品について過熱蒸気で脱脂洗浄後、残留油分の測定を行った⁽³⁾。残留油分の測定はJIS K-0102.25に準拠し、赤外分光分析法により測定を行った。試料に付着している油分を超音波洗浄機を用いて四塩化炭素により3分間洗浄した後、この溶液の吸光度を測定することでOCB混合標準溶液(isoOctane, Cetane, Benzene) 対応としての残留油分を求めた。

処理温度及び時間を変化させたときの試料は、それぞれ、M6首下15mmボルト5個およびM8首下20mmボルト10個である。この時、温度依存性を時間10分（熱処理油：A油（セミホットタイプ））の処理で、時間依存性を温度200℃一定（熱処理油：B油（コールドタイプ））の処理で確認した。

さらに、試作の電磁誘導タイプの流体加熱装置を用いて実験を行った。温度、時間および熱処理油を変化させた時の残留油分を測定した。なお、試料はM6首下15mmボルト5個である。温度、時間を変化させたときの熱処理油はC油（コールドタイプ）であり、処理は試料を入れたステンレス網の皿を厚さ約5cmの金網上に置き、流速50mm/secの過熱蒸気で脱脂した。なお、60分間行った脱脂処理は200℃の温度でのみ行った。

熱処理油の種類による残留油分の差を見るためコールドタイプ（C油）、セミホットタイプ（D油）およびホットタイプ（E油）について処理を行った。処理温度200℃において時間60分間、流速100mm/secの過熱蒸気による脱脂実験と250℃および300℃の処理温度で時間20分間、試料をピーカーに入れた状態で流速3.3m/secの過熱蒸気を与える実験を行った。

また、過熱蒸気発生器（ただし上記発生器とは別器）中と、熱風乾燥機中での脱脂性能を比較するため、210℃、250℃および268℃の3温度について脱脂実験を行った。秤量瓶の中に熱処理油を入れ、蓋を取った状態で20分間炉内に放置し、脱脂前後の重量差から減油率を求めた。なお、熱風乾燥機については風の影響を低減するため、ファンの前に遮蔽用の鉄板を置いて実験を行った。それぞれの条件について3回ずつ実験を行い、平均値を取った。

3. 実験結果及び考察

3.1 処理温度および処理時間依存性

時間一定（10分）で加熱蒸気の処理温度を変化させたときの残留油分量をFig.1に、温度一定

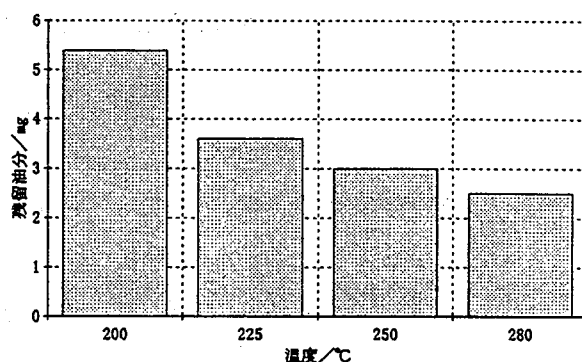


Fig.1 残留油分に対する温度の影響

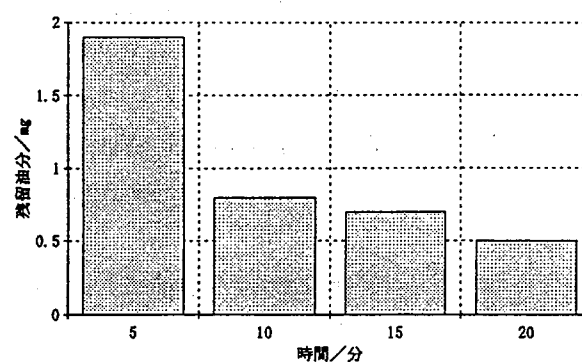


Fig.2 残留油分に対する時間の影響

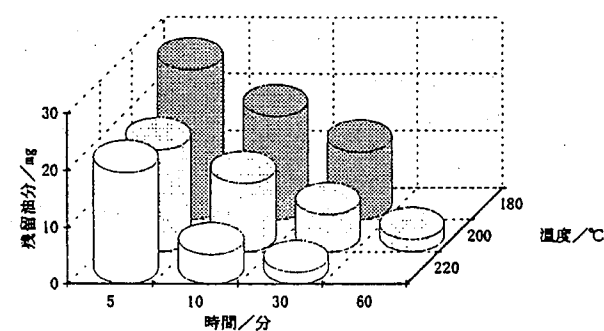


Fig.3 残留油分に対する温度、時間の影響

(200℃)で処理時間を変化させたときの残留油分量をFig.2に示す。なお、前者の無脱脂時の残留油分は34.0mgであり、後者の無脱脂時の残留油分は140.9mgである。また、温度・時間の両方を変化させたときの結果をFig.3に示す。温度は処理室の温度、時間は目的温度での保持時間であり、保持温度に対する昇降温速度は同じとした。

本実験条件においては、蒸気温度は高いほど、処理時間は長いほど残留油分が少なくなる。使用した油には揮発温度の異なる成分が含まれており、200

～225℃の蒸気温度で多くの揮発性油分は揮発するものと思われる。280℃で残留している油分の大半はタール状の不揮発成分であり、蒸気温度をこれ以上上げても本手法では除去することは困難と思われる。処理時間は長いほど効果があるものの、本形状の試験片では、200℃で揮発する成分に対して処理時間が5分では短く、10分でほぼ完了しこれ以上の時間では大きな減量は見られないことがわかる。

また、250℃、20分程度の処理により、テンパーカラーを呈するのが観察された。過熱蒸気は還元性雰囲気の可能性があるとされているが、この結果から還元性雰囲気ではないと考えられ、処理時間を短くするために蒸気温度を上げることは被処理物の酸化を起こすため250℃以下の温度が望まれる。しかし、低温での処理は脱脂時間が長くなり効率とコストの面で問題が生じる。

3.2 過熱蒸気による脱脂の蒸気効果

同じ温度、時間において過熱蒸気及び熱風乾燥を行った減油率をTable1に示す。

この時の脱脂力を比較したところ、油の種類により多少の違いはあるものの温度による影響が両者とも大きく、明確な差は見られなかった。このことから過熱蒸気の有無によらず被処理物の周りに対流があれば同程度の効果はあると思われる。

本実験での熱風乾燥は、前述のように熱風乾燥機の風の影響を極力小さくしているが、明らかに過熱蒸気装置中における対流よりも大きい。前述の温度の関係からも、油の減量は揮発性油分が中心であることは明らかであり、温度と対流の影響が大きいこ

Table1 蒸気および熱風による減油率

	油種	210℃	250℃	268℃
過熱蒸気	C	30.3	84.4	88.2
	D	3.5	23.4	34.5
	E	1.3	12.2	20.1
熱風乾燥	C	52.8	84.6	93.2
	D	3.3	15.5	32.9
	E	1.7	7.9	16.1

とが伺えるが、両者の比較実験に差がないことは、逆に言えば蒸気の効果も見逃すわけにはいかないことに含みを持たせている。本実験の過熱蒸気発生装置は低圧のため強制的に蒸気を加速させていないため、温度の効果しか働いていなかったと思われる。そのため噴出圧力があれば脱脂能力は向上するものと考えられる。しかし既存の高圧スチーム洗浄法はコスト面で、また熱風による高温炉内でのバーンオフは加工穴などの脱脂能力の面で実用性が低いと考えられる。

ネットコンベアーで搬送し、上下に取り付けたノズルから過熱蒸気を低圧で噴出させることにより、沸点の低い熱処理油・プレス油・切削油等の脱脂方法としては、実用性があるものと思われる。

3.3 熱処理油による違い

熱処理油の種類による残留油分の量をTable2、3に示す。表からも分かるように油の種類により大きく違いが現れた。当然のことながら、これは油に含まれる不揮発成分の量による。特に、熱処理の特性を左右しないのであれば脱脂しやすい熱処理油を選定することが良いと思われる。

Table2 残留油分に与える熱処理油の影響(200℃)

熱処理油	残留油分/mg
C	24.5
D	101.9
E	112.2

Table3 残留油分に与える熱処理油の影響

熱処理油	温度/℃	残留油分/mg
C	250	18.2
	300	4.0
D	250	83.0
	300	14.0
E	250	97.8
	300	21.2

4. 結 言

本研究では既存の脱脂洗浄方法とは違う、低圧・高温の過熱蒸気を用いる新しい方法の実用性につい

て評価を行ったが、その結果から、特に大量の熱処理部品については、既存の方法に比較して有利な結果は得られないと推測される。多段のトレーに入れた総重量数百kgの熱処理品を30分程度のタクトで脱脂するには、低圧・高温の過熱蒸気は実用性が低い。

油の種類、被脱脂物の形状、処理量、脱脂の程度

等に制約はあるが、特定条件下の脱脂法としては可能性がある。

参考文献

- (1) 佐々木敏美：潤滑経済、9、(1995)、20-37.
- (2) 浦田昭雄：月刊トライボロジ、3、(1996)、25-30.
- (3) 日本規格協会編：詳解工場排水試験方法

コンクリート製品強度向上に関する研究

前田 真美 桑原 修 市後 博造 渡辺 博康* 相原 一裕**

コンクリート製品の強度向上と表面荒れの改善を目的に、品質工学手法を利用した実験を行った。曲げ強度試験により評価を行い、最適なコンクリート製品の配合条件を抽出した。この実験は当センターでの品質工学研究会においてキョクトウ高宮工場(株)、秩父小野田(株)との共同研究として行った。

キーワード：コンクリート、曲げ強度試験、品質工学

Investigation for Improving Toughness of Concrete Products

Masami MAEDA, Osamu KUWABARA, Hirozo ICHIGO,

Hiroyasu WATANABE, Kazuhiro AIHARA

This paper describes the experiments to improve toughness and surface roughness of concrete products using method of Quality Engineering. We tried to optimize concrete manufacturing condition from result of bend test. This study was carried out in cooperation with Kyokuto Takamiya Co.,Ltd and Titibu Onoda Co.,Ltd in the meeting of Quality Engineering Study held by Hiroshima Municipal Industrial Technology Center.

Keywords : Concrete, Bend test, Quality Engineering

1 はじめに

コンクリートに関する実験・研究は多方面で行われ、その品質・強度については、万策つきた感もある。しかし、実際に現場で打ち込まれるコンクリートは、気温・天候の条件や、打ち込み・締め固めの方法などその品質に影響を与えてしまう要因が多くあり、決して常時最適な条件で作製されてはいない。現状で大きな問題となっているものとして、気泡などの表面荒れが発生するというクレームがある。これは、見た目が良くないということで、型ばらしを行った後、穴にセメントを塗り込めるといったような補修作業を行っている。この作業には、多大な人

手とコストがかかり、早急に解決が求められている。

今回、コンクリートの分野では未だ適用の少ない品質工学の手法を使い、表面気泡の低減とコンクリートの製品強度の向上を目的とした研究を行った。

2 コンクリートの概要

コンクリートとは、構成材料としてセメント・水・細骨材（砂）・粗骨材（碎石）を基本とする。必要に応じて混和材料を加え、これらを練り混ぜて一体化させたものである。一般に良品質の骨材を用

セメントペースト	セメント
	水
	空 気
骨 材	細 骨 材
	粗 骨 材

図1 コンクリートの成分

* Kyokutou Takamiya Co.,LTD

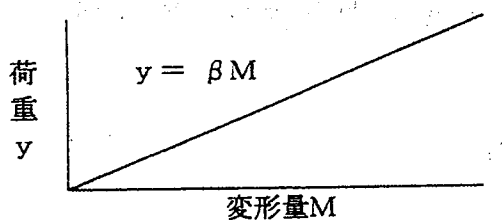
** Titibu Onoda Co.,LTD

いるとその強度はセメントペースト（図1参照）より高いので、硬化したコンクリートの強度はセメントペーストの品質によって支配されているといわれている。

3 評価方法と基本機能

コンクリートは一般的に一軸圧縮強度により管理される。しかし今回は圧縮強度と引張り強度双方を加味できる曲げ強度試験で評価を行うことにした。

コンクリート製品は、天然材料である採石などを混ぜ合わせて固めたもので、組織が均一になりにくい。そこで、基本機能としてはフックの法則から、図2に示すような曲げ試験による変形量Mとその時の荷重Yの関係が比例関係にあることとした。変形量と荷重の比例関係にばらつきのないコンクリートは、内部組織の均一性がよく、従って表面気泡の少ない、曲げにも強いコンクリートになると考えたからである。



荷重 y: 特性値 変形量 M: 信号因子

図2 基本機能

4 各因子とその水準

4-1 信号因子と水準

信号因子は曲げ試験時の変形量Mとした。

4-2 制御因子と水準

製造条件を決定するための制御因子は表1に示すように7因子とした。実験当初は、8番目の因子としてH：養生時間というのがあったが、実験の段取りの悪さからそのタイミングで破壊実験が行えなかったことなどからやむを得ず7因子とした。

表1 制御因子と水準

		水 準		
因 子		1	2	3
A	混 和 剤	なし	あり	
B	水・セメント比	水 少	水 中	水 多
C	セメント・骨材比	骨材少	骨材中	骨材多
D	砂・碎石比	石 少	石 中	石 多
E	練混ぜ時間	短	中	長
F	練り混ぜ速度	遅	中	速
G	振動時間	短	中	長

4-3 誤差因子と水準

コンクリート製品は屋外で使用されることが多く、気温・湿度・温度・紫外線などの気象条件の他、地震・火災などの災害に遭うこともあり、その使用条件は過酷を極める。そこで誤差因子として熱劣化を考えた。熱衝撃を加えたテストピースと加えないテストピースで曲げ強度試験の結果に差がでるような熱衝撃条件を予備試験により選択した。そして同じ条件で作製したテストピースの片方に熱衝撃試験による劣化を与えた。その条件は以下の通りである。

温度条件：低温槽は-65℃で40分

高温槽は200℃で20分

サイクル数：90サイクル

5 テストピースの作成と測定

5-1 実験要領

コンクリートは、セメント・水・骨材・混和剤を各条件ごとに計量し、小型のモルタルミキサで攪拌した。（写真1及び2）テストピースは巾30mm×高さ20mm×長さ200mmとし、鋼製の型枠に流し込

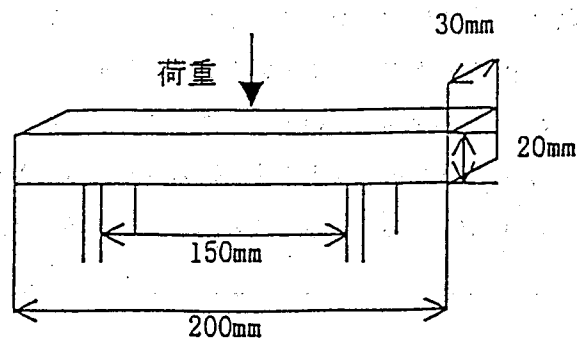


図3 測定方法（荷重速度0.05mm/min）

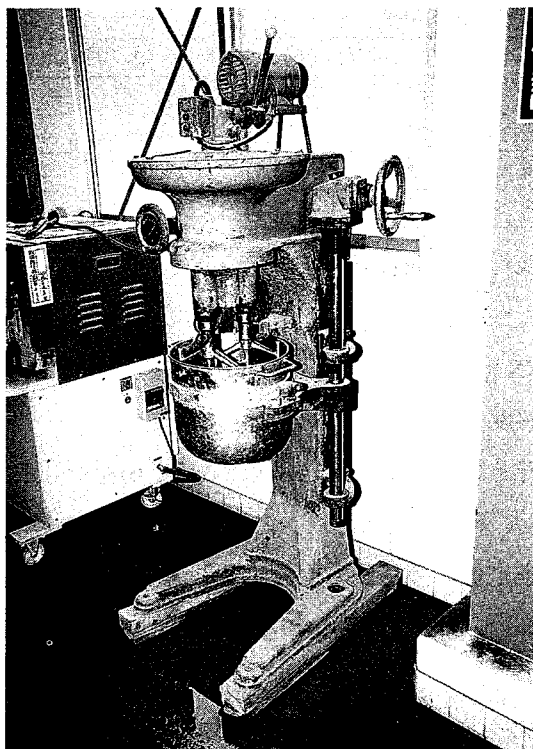


写真1 モルタルミキサ

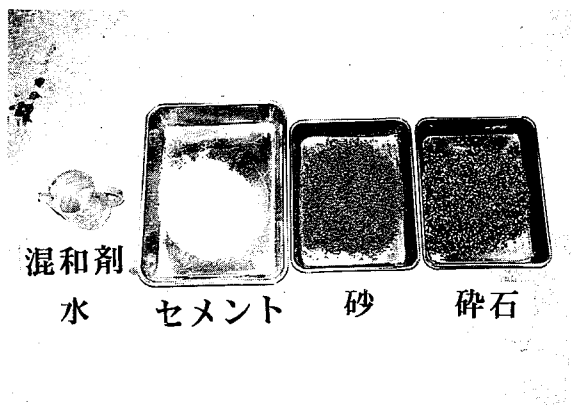


写真2 構成材料

んで製作した。3点曲げ試験は広島市工業技術センター所有の精密万能試験機を用い、荷重と変形量を測定した。測定の概略を図3に示す。

5-2 測定結果の例

測定したテストピースの曲げ試験データの一部を図4、5に示す。

6 解析結果

6-1 計算方法と結果 (その1)

劣化試験をしてないものを N_1 、熱劣化させたも

本試験(実験No 10)

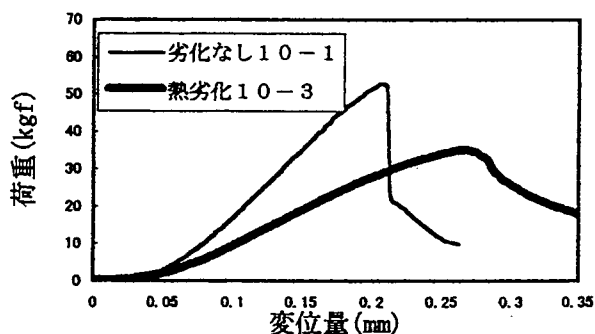


図4 測定結果の例1

本試験(実験No 3)

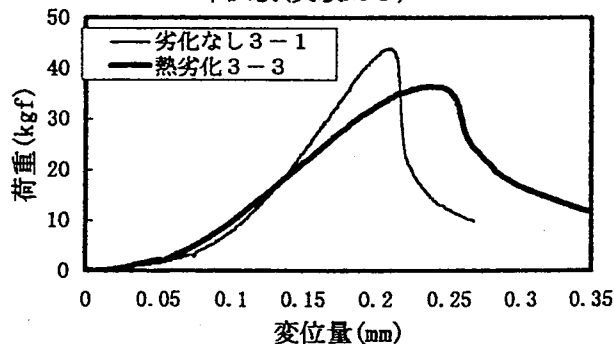


図5 測定結果の例2

のを N_2 とする。すべてのグラフをみたときの二つの特徴から、次のような計算をまず行ってみた。

①初期変形域では2次曲線のようにになって、その後ほぼ直線になっている。

→初期変位域を中心に信号因子の領域を変えて計算を行う。(誤差因子 N_1 、 N_2 を含む計算方法)

②初期変形域において N_1 、 N_2 の傾きが、途中から逆転しているものと(図5)、そうでないものがある(図4)。

→ N_1 、 N_2 別々に解析し、その違いをみる。(分割SN比の計算方法)

論文の末尾に、それぞれの計算方法の例を示す。

その結果、初期領域中心に信号因子の値を変えて数パターン行った場合(①)及び分割SN比の計算方法で N_1 、 N_2 それぞれに行った場合(②)での要因効果図に、ほとんど差がない事がわかった。一例として0～0.15mmまで信号因子を取ったときの要因効果図を示す。(図6、7)

得られた要因効果図に、作業性なども考慮して抽

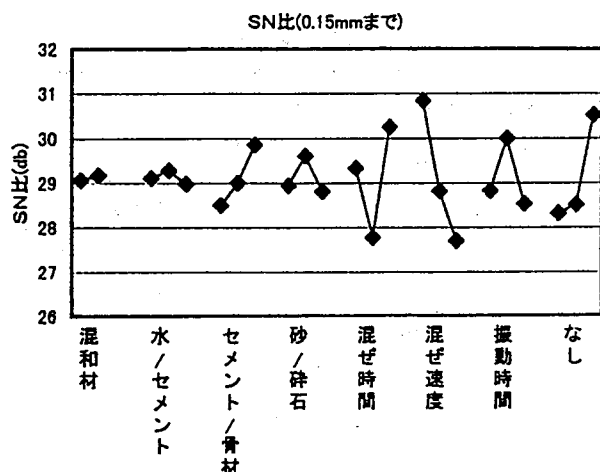


図6 誤差因子を含んだ場合のSN比
(M=0~0.15mmまで0.01mm刻み)

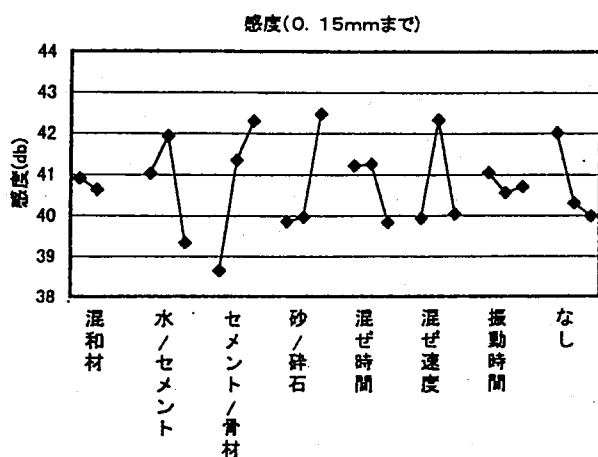


図7 誤差因子を含んだ場合の感度
(M=0~0.15mmまで0.01mm刻み)

出した最適条件は以下の通りであった。

A2, B2, C3, D3, E2, F1, G2

この条件と現行条件で新しくテストピースを作製し、強度試験を行った。SN比と感度の利得の推定値をまず計算する。

・最適条件

A2, B2, C3, D3, E2, F1, G2

・現行条件

A2, B1, C3, D3, E2, F2, G2

最適条件は

SN比 $A2+B2+C3+D3+E2+F1+G2-6 = 31.02$

感度 $A2+B2+C3+D3+E2+F1+G2-6T = 44.49$

同様にして

現行条件のSN比 28.83

表2 工程平均の推定と利得

条 件	SN比 (db)		感 度 (db)	
	推 定	確 認	推 定	確 認
最 適	31.02	27.04	44.49	44.00
現 行	28.83	32.51	45.99	46.25
利 得	2.19	- 5.47	- 1.49	- 2.24

現行条件の感度 45.99

したがって利得の推定値は次のようになる。

SN比 $31.02 - 28.83 = 2.19$

感度 $44.49 - 45.99 = -1.49$

そして、実験の生データから確認値をそれぞれ計算し、利得を比較した。結果を表2に示す。

推定値と確認値を比較すると、SN比は逆転してしまい、再現性に問題があるということになった。

6-2 計算方法と結果（その2）

今までの結果で、再現性に問題があるということから、生データ・要因効果図などをもとに再検討を行うことにした。見直しとして、

①生データをみたとき、試験片により最大変形量にかなりの差があり、初期変形域だけの評価では不十分ではないか。

②今までの要因効果図では水準ごとのSN比・感度の差があまりない。

③初期領域は形状誤差や測定誤差が大きく効いてくるのではないか。

これらのことから、信号因子の領域を最大荷重付

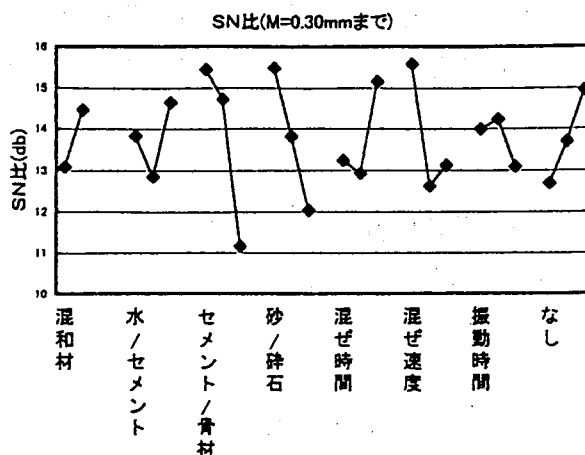


図8 誤差因子を含んだ場合のSN比
(M=0~0.30mmまで0.025mm刻み)

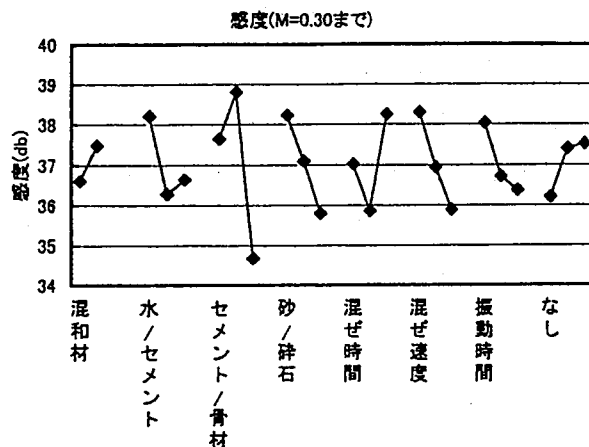


図9 誤差因子を含んだ場合の感度
(M=0～0.30mm まで0.025mm 刻み)

表3 工程平均の推定と利得

条 件	SN比 (db)		感度 (db)	
	推 定	確 認	推 定	確 認
最 適	10.06	9.93	32.86	34.47
現 行	8.62	8.24	33.43	33.02
利 得	1.98	1.68	-0.57	1.45

近まで大きく取り、早くに破断して欠損値になったものについては特性値Yを0と代入して計算することにした。

計算の手順は、6-1と同様である。信号因子Mを0～0.30mmまでのばしたときの要因効果図を図8、9に示す。今までの要因効果図と比較して水準ごとの差が大きくなり、大きな山谷も少なくなった。

次に利得の再計算結果を表3に示す。ここでの最適条件は、初期変位領域のみでの計算結果から抽出した条件で作製したテストピースのデータを使用している。(つまり、表2で使ったのと同じデータ)

同じ生データを使用しても信号因子の領域を変えると、これだけ計算結果が異なった。今回のような場合、最大荷重まで信号因子をとった方がよいと思われた。

再計算し直した場合の最適条件は、SN比の高いものを選択すると、

A2、B3、C1、D1、E3、F1、G2

であったが、今回は、この条件での確認実験ができなかった。既存のテストピースの中で、No17の配合条件が、

表4 工程平均の推定と利得

条 件	SN比 (db)		感度 (db)	
	推 定	確 認	推 定	確 認
No17	21.64	23.89	42.16	43.56
現 行	8.62	8.24	33.43	33.02
利 得	13.02	15.65	8.73	10.54

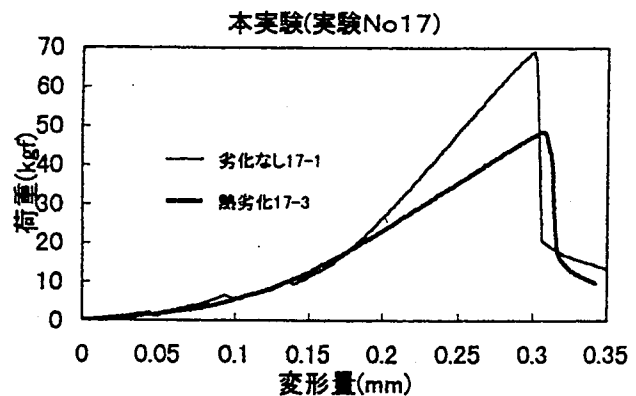


図10 試験片No17の測定結果

A2、B3、C2、D1、E3、F1、G2

であり、最適条件と類似していたため、No17のデータを使って利得の計算を行った結果を表4に示す。再現性がある結果と思われる。

また、No17の強度試験結果を図10に示す。

すべての試験片の中でNo17は、最大ピークまでの変形量が最大となり、その時の荷重の値も最大となった。ねばくて強いコンクリートになっている。また、表面状態を観察したところ、目立った空隙はほとんどなく、現行条件のテストピースと比べると明らかに表面状態がよいものであった。全体的に最大荷重の大きなテストピースは表面状態がよく、配合条件の傾向としてはセメントの割合が多めで細骨材の比率が高いものだった。

7 おわりに

建設関係では品質管理の面で示方書が多くあることもあり、予算の少ない中小企業ではあまり研究開発が熱心に行われていないのが実状である。本研究は、品質工学手法を適用してコンクリート製品の強度向上と表面不良の改善を目的とした。変形量と荷重の関係にばらつきの少ないもの(つまり、組織の

均一性が良好)が、品質の良いコンクリートであり、強度や表面荒れも少ないだろうという仮定の下、曲げ強度試験による評価を行った。

得られた結果は次の通りである。

1 信号因子の取り方により、解析結果が大きく異なった。今回の場合、最大荷重の大きいものが「強度がよいもの」として、最大ピーク荷重までの領域全体を弾性領域として解析した方がよいと思われる。

2 抽出された最適条件に近いコンクリートは、破断までの変形量が大きく、最大荷重の値も大きいコンクリートになった。

確認実験の結果もほぼ良好となった。

また、実験全体を振り返っての今後の課題として、次のことが挙げられた。

1 特に初期荷重の段階において、テストピースの平衡度や測定誤差が大きく効いてくるので、作成方法や測定方法に工夫が必要である。

2 制御条件の設定において練り混ぜ時間と練り混ぜ速度の関係など因子の交互作用がないかどうか再検討が必要である。

3 荷重劣化など対象とする製品の使用目的にあわせた誤差条件を再検討する必要がある。

今回の研究では、一般的なコンクリートということで使用目的が曖昧になり、誤差条件や制御因子の設定などで課題がでてしまった。しかし、数少ないコンクリートへの適用ということで、適用の可能性を確認したことや次回の実験への留意点をたくさん得たことは貴重であると思う。また、表面状態の良いコンクリートの特徴を模索できたことも収穫である。今回は時間の制約上、再計算で抽出した最適条件で確認実験ができなかったが、さらに測定を実施する。

また、実製品への応用も考えていきたい。最後に、本研究を進めるにあたり、多大なるご指導を頂いた矢野宏先生(日本規格協会参事)、他関係者のかたがたにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 矢野宏氏：品質工学入門
- 2) 堀雄二氏：「鑄造用生型砂のパラメーター設計」、第5回品質工学研究発表大会論文集p109-114
- 3) 山西敏光氏：「カップ式自動販売機におけるレギュラーコーヒーの味の改良」、品質工学 vol.1 No4

付 録

I 誤差因子を含むSN比と感度の計算

信号因子Mを0.01、0.02、0.03、・・・、0.15mmまで、0.01mm刻みでとった場合の計算手順を以下に示す。

$$S_T = 0.12089^2 + 0.17233^2 + \dots + 20.8880^2 \\ = 1778.268 \quad (\text{自由度 } f = 30)$$

線形式

$$L_1 = 0.01 \times 0.12089 + 0.02 \times 0.17233 + \dots \\ + 0.15 \times 16.736 = 9.500635$$

$$L_2 = 0.01 \times 0.01801 + 0.02 \times 0.06945 + \dots \\ + 0.15 \times 16.736 = 10.23702$$

$$\text{有効除数 } r = M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_{15}^2 \\ = 0.01^2 + 0.02^2 + \dots + 0.15^2 \\ = 0.124$$

比例項の変動

$$S_\beta = (L_1 + L_2)^2 / 2r = 1570.867 \quad (f = 1)$$

表5 測定データの例 (M=0.01~0.15)

実験 No	誤差 因子	信号因子(変形量(mm))			
		M=0.01	M2=0.02	...	M15=0.15
No1	N1	0.12089	0.22377	...	17.7650
	N2	0.01801	0.06945	...	16.7360
No2	N1	0.05483	0.10705	...	19.4800
	N2	0.15927	0.68146	...	25.9560
No3	N1	0.23892	0.49043	...	23.6290
	N2	0.15666	0.46997	...	21.3580
...	...	...	...	...	...
No17	N1	0.10444	0.36554	...	11.3840
	N2	0.26110	0.67885	...	12.3760
No18	N1	0.10444	0.20888	...	33.8900
	N2	0.15660	0.41775	...	20.8880

比例項の差の変動

$$S_{\beta} \times N = (L_1^2 + L_2^2) / r - S_{\beta} \\ = 2.186551 \quad (f=1)$$

誤差変動

$$S_e = S_T - S_{\beta} - S_{\beta} \times N \quad (f=28) \\ = 205.2142$$

誤差分散

$$V_e = S_e / 28 = 7.329079$$

調合誤差分散

$$V_N = (S_e + S_{\beta} \times N) / 29 = 7.151751$$

SN比

$$\eta = 10 \times \log\{ (S_{\beta} - V_e) / 2r / V_N \} \\ = 29.45$$

感 度

$$S = 10 \times \log\{ (S_{\beta} - V_e) / 2r \} \\ = 38.00$$

II 分割SN比の計算

制御因子Aについては実験No1～9までが、第1水準A₁のデータ、No10～18までが第2水準A₂のデータである。制御因子の水準ごとに関係する各行のデータを全部使ってSN比を計算した。制御因子Aの第1水準A₁に関するSN比及び感度の計算例を示す。

$$S_T = 0.0180^2 + 0.0695^2 + \dots + 17.3370^2 \\ = 12644.5231 \quad (f=135)$$

有効除数

$$r = M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_{15}^2 \\ = 0.01^2 + 0.02^2 + \dots + 0.15^2 \\ = 0.124$$

$$L_1 = 0.01 \times 0.0180 + 0.02 \times 0.0695 + \dots \\ + 0.15 \times 16.7360 = 10.23702$$

$$L_2 = 0.01 \times 0.01593 + 0.02 \times 0.6815 + \dots \\ + 0.15 \times 25.956 = 18.435$$

L₃、L₄、L₅、L₆、L₇、L₈、L₉も同様

$$S_{\beta} = (0.01 \times 0.9658 + 0.02 \times 3.5238 + \dots \\ + 0.15 \times 166.040) / 2 / (9 \times 0.124) \\ = 10963 \quad (f=1)$$

$$S_{\text{行} \times \beta} = (L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_9^2) / r - S_{\beta} \\ = 1032.56 \quad (f=8)$$

$$S_e = S_T - S_{\beta} - S_{\text{行} \times \beta} \\ = 648.933 \quad (f=126)$$

$$V_e = S_e / 126 = 5.15026$$

SN比

$$\eta = 10 \times \log\{ (S_{\beta} - V_e) / 9r / V_e \} \\ = 32.8$$

感度

$$S = 10 \times \log\{ (S_{\beta} - V_e) / 9r \} \\ = 39.92$$

表6 補助表（熱劣化済み試験片におけるA1）

実験 No	信号因子(変形量(mm))				
	M1=0.01	M2=0.02	...	M14=0.14	M15=0.15
No1	0.0180	0.0695	...	14.4210	16.7360
No2	0.1593	0.6815	...	23.2400	25.9560
No3	0.1567	0.4700	...	18.7470	21.3580
No4	0.1044	0.2089	...	13.0550	14.9870
No5	0.1044	0.3133	...	16.9190	19.6870
No6	0.2167	0.9478	...	22.8800	25.0730
No7	0.0522	0.2611	...	9.2428	10.5480
No8	0.1018	0.3629	...	12.5820	14.3580
No9	0.0522	0.2089	...	15.1440	17.3370
合計	0.9685	3.5238	...	146.230	166.040

難削材の加工性に関する評価（第1報）

岡田 邦彦

ステンレス鋼の中でも、特に加工が難しいとされている SUS630 (H900) 材のエンドミルによる加工特性を実験、研究した。得られた主な結果は、以下のとおりである。

- (1) 工具の摩耗に関しては、コーティング材種 (M35、P40 種相当材) と超鋼合金材種 (M20、K20 種相当材) の工具が、送り量 $0.1\text{mm}/\text{刃}$ 、切り込み量 $5 \times 0.1\text{mm}$ ($A_d \times R_d$) の条件において、その工具摩耗量が少ないことが分かった。
- (2) 切削抵抗に関しては、2分力 (垂直、水平) の合力で比較を行った。その結果、超鋼合金材種 (M20、K20 種相当材) の工具が、上記と同様の条件下では、最も抵抗が小さいことが知見できた。

キーワード：難削材、SUS630、工具摩耗、切削抵抗

Evaluation on Workability of Hard Cutting Materials (1st Report)

Kunihiko OKADA

The end milling characteristic of SUS630 (H900) materials is experimentally studied as it is considered to be hard to machine especially. The main results are obtained as follows.

- (1) Relating to the tool wear, coated tools (M35 and P40 equivalent materials) and cemented carbide tools (M20 and K20 equivalent materials) showed a little wear under the conditions of feed per tooth 0.1mm and depths of cut $5 \times 0.1\text{mm}$ ($A_d \times R_d$).
- (2) Relating to the cutting resistance, cemented carbide tools (M20 and the one equivalent to K20) have the smallest resistance for the cutting under the same conditions as mentioned above, as a result of comparison with the resultant force of both vertical and horizontal components of force

Keywords : hard cutting materials, SUS630, tool wear, cutting resistance

1. 緒 言

近年、材料の高硬度化、高靱性化等が進んで、切削加工が困難とされる金属系材料やセラミックス、新素材及び、それらを複合した材料などが部品に供され、広範囲に使用されはじめている。それらの材料はいずれも優れた特性を持つものである。しかし、いずれもこれらの材料は、先端技術と密着しているため、切削データは余り公表されていないのが実状である。そこで、一般にはよく使われているステンレス鋼の中で、少し特殊で難加工材とされている析

出硬化系ステンレス鋼材料 SUS630 (H900) を、研究対象材として、この加工特性を調査することとした。この材料は棒材、鍛造材あるいは鋳造材として多く用いられている。そして、特に困難とされるこの材料のエンドミル切削による加工特性を明らかにするため、各種実験を行った。

2. 実験方法

2.1 切削試験方法

スローアウェイバイトに市販のチップ (3種類)

を取付、軸方向の深さ（5mm）を一定にして、半径方向に0.1mm（仕上げ加工を想定）ずつ切り込む端面切削加工を実施した。

その時の切削抵抗や工具摩耗量などを測定した。

2.2 測定項目

- 1) 各材種（チップ）での摩耗量および摩耗形態
- 2) 工具摩耗限界
精密加工を想定してVB = 0.1mm
- 3) 各材種での切削抵抗値

2.3 加工条件

- 1) 切削速度
 $V = 50、80、110、140 \text{ m/min}$
- 2) 送り量
 0.1 mm/刃
- 3) 切り込み
軸方向 5mm（一定）
径方向 0.1mm
- 4) 加工方法
ダウンカット
- 5) 切削油剤 不水溶性
出光興産製ダフニーカットHS-1
- 6) 工具突き出し量
38mm

2.4 工 具

φ 20mm スローアウェイバイト

2.5 工具材種（ノーズR：0.8mm）

- 1) コーティング材（M35、P40種相当材）
- 2) サーメット材（M20、P20種相当材）
- 3) 超鋼合金材（M20、K20種相当材）

2.6 被削材

- 1) 材料
SUS630（H900）

2) 熱処理

固溶化熱処理（1020～1060℃ 急冷）
析出硬化熱処理（470～490℃ 空冷）

3) 硬度

現品HRC40.1～41.3

2.7 実験装置

- 1) 工作機械
立型マシニングセンター
エンシュウ(株)製VMC530 II
- 2) 切削抵抗
切削動力計
キスラー社製9257B
- 3) 波形解析
アナライジングレコーダ
横河電機(株)AR110
- 4) 摩耗測定
工具顕微鏡
(株)トプコン製TUM220EH

3. 実験結果

3.1 工具摩耗

被削材のSUS630に対しては、図4の工具寿命V-T線図より、コーティング材と超鋼材が適していることがうかがえる。反面、サーメット材は切削速度が140m/minの時、約2minで寿命に至る（図2参照）ことから、この条件下ではサーメット工具は、不適當であることが分かった。

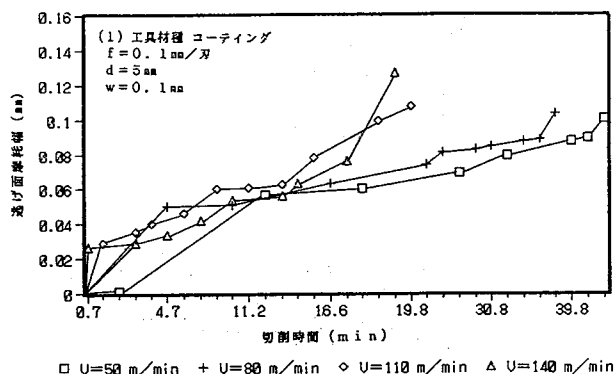


図1 工具摩耗進行線図

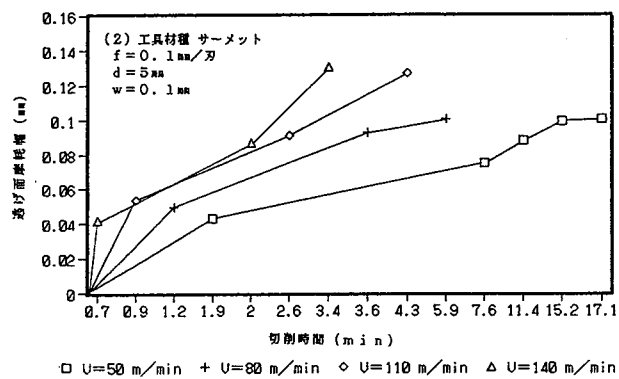


図2 工具摩耗進行線図

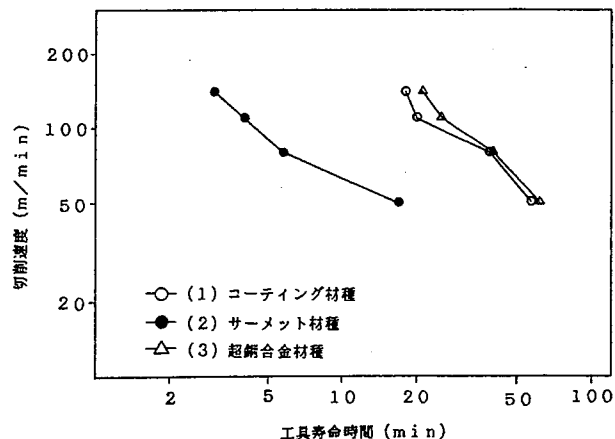


図4 工具寿命V-T線図

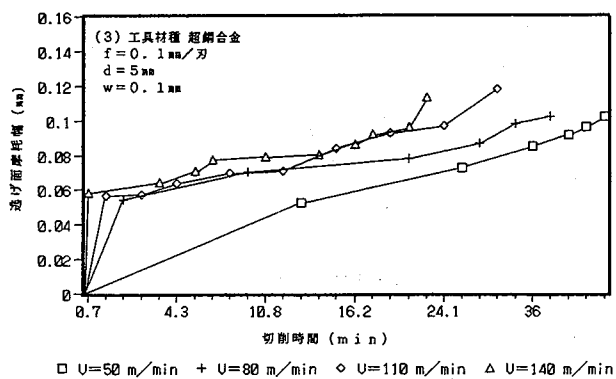


図3 工具摩耗進行線図

3.2 摩耗形態 (工具寿命付近)

3種類 (コーティング材、サーメット材、超鋼合金材) の工具のすくい面への影響は、殆ど見受けられない。

コーティング材 (写真1) については、小さなチップングの発生や境界摩耗が、切削速度 140 m/min の時、顕著に現われた。

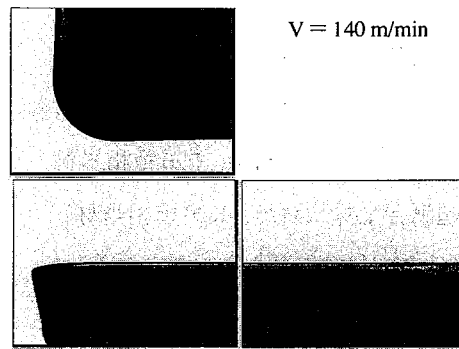
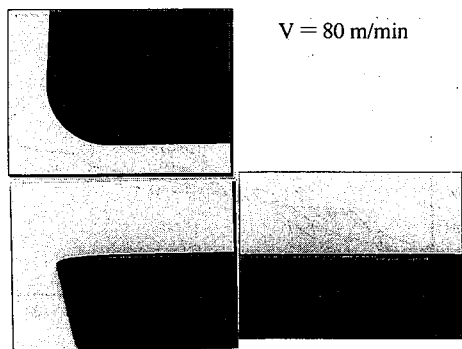
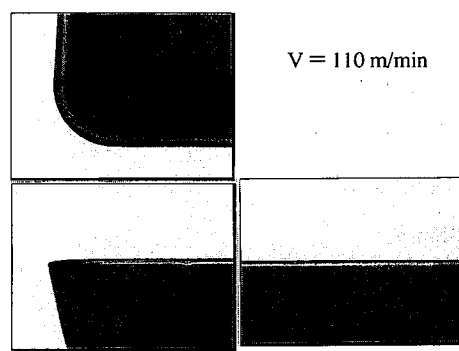
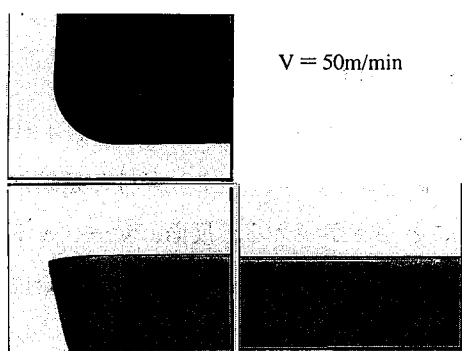


写真1 VB (0.1mm) 付近の摩耗形態 — (1) コーティング材種

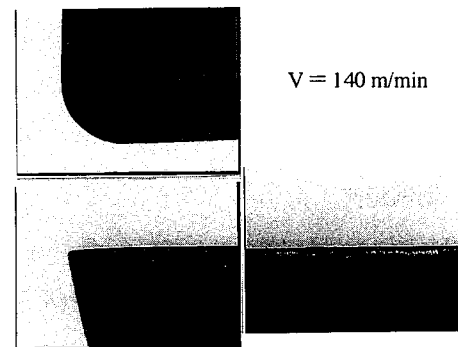
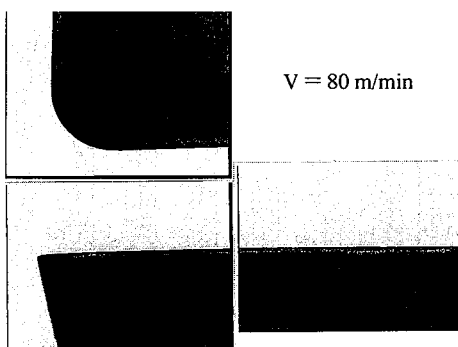
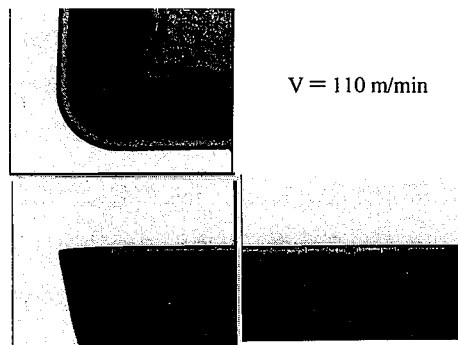
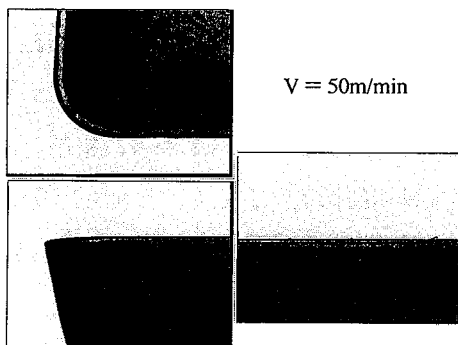


写真2 VB (0.1mm) 付近の摩耗形態 — (2) サーメット材種

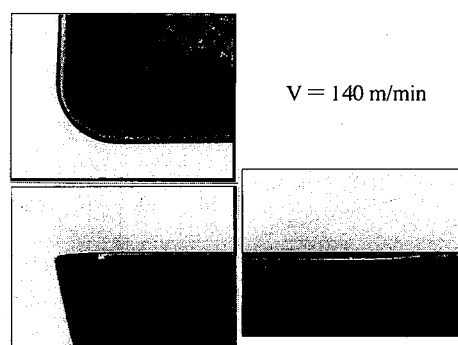
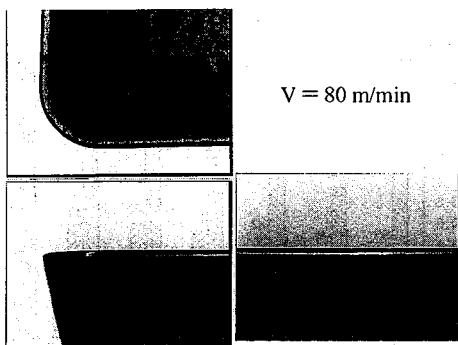
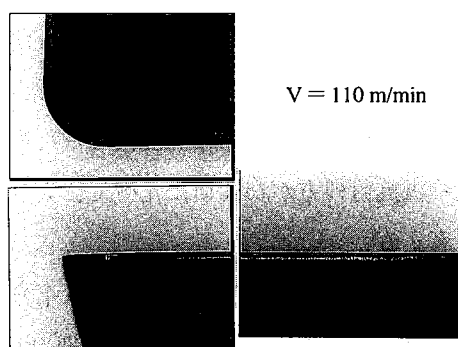
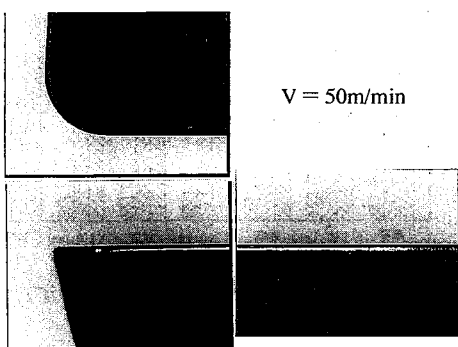


写真3 VB (0.1mm) 付近の摩耗形態 — (3) 超鋼合金材種

サーメット材（写真2）については、4種類の切削速度（50m/min、80m/min、110m/min、140m/min）のいずれの場合にも、チップングや境界摩耗が顕著に現われた。

また、切削速度が110m/minの時に、切れ刃が摩滅して切れ刃から分離した摩耗粉や被削材中の硬質粒子が、切削点にめりこんで、工具表面を擦過するときに生ずるアブレシブ摩耗が一部見受けられた。

超鋼合金材（写真3）については、いずれの切削速度（4種類）の場合にも、切り刃に均一な逃げ面摩耗（正常摩耗）が発生している。

3.3 切削抵抗

初期時の切削抵抗値に対して、工具寿命（VB = 0.1mm）付近での抵抗値の方が大きい値を示したのは、コーティング材（図5参照）のみであった。他のサーメット材、超鋼合金材は、必ずしも工具寿命近くの抵抗値の方が大きいと言う結果は、でていない。（図6、図7参照）

これは、顕微鏡で刃部の形状を見る限り、形状の品質のバラツキ（コーティング材は均一性がある。）が多少影響しているものと考ええる。しかし、工具寿命をVB = 0.2mmあるいは0.3mmにとった場合、寿命付近の抵抗値の方が初期値に比べて、大きくなるものと考ええる。

加工精度に影響を与える垂直分力と水平分力の合力（表1参照）で比較してみると、初期（1パス加工中）の場合では、超鋼合金材が最小で次にコーティング材、サーメット材の順であった。

表1 2分力(垂直・水平)の合力表

切削速度 (m/min)		50	80	110	140	合計
材 種	初 期	854	1143	1198	1192	4387
	VB(0.1mm)	1009	1223	1353	1489	5074
サーメット材 (M20, P20種相当材)	初 期	863	1238	1266	1212	4579
	VB(0.1mm)	909	1180	1266	1173	4528
超鋼合金材 (M20, K20種相当材)	初 期	816	1060	1216	1200	4292
	VB(0.1mm)	755	1050	1193	1218	4216

一方、工具寿命近くの切削抵抗についても、同様に2分力の合力で比較した。その結果は、超鋼合金材が最小で、つづいてサーメット材、コーティング材の順であった。以上の結果から、被削材SUS630に対しては切削抵抗が小さく、しかも工具寿命の長い超鋼合金材が、この条件下では良好な結果を示していることが知見できた。

(1) 工具材種 コーティング

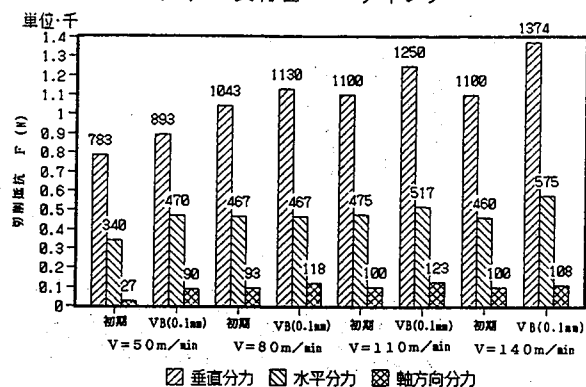


図5 切削抵抗

(2) 工具材種 サーメット

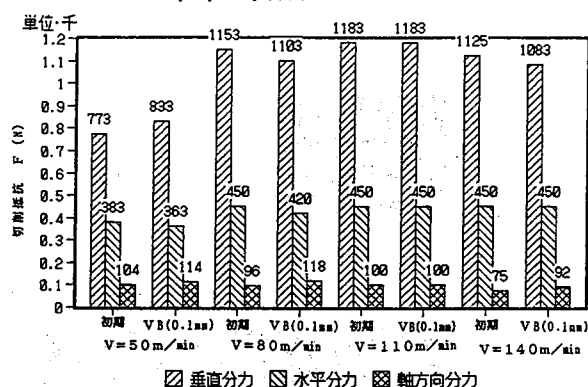


図6 切削抵抗

(3) 工具材種 超鋼合金

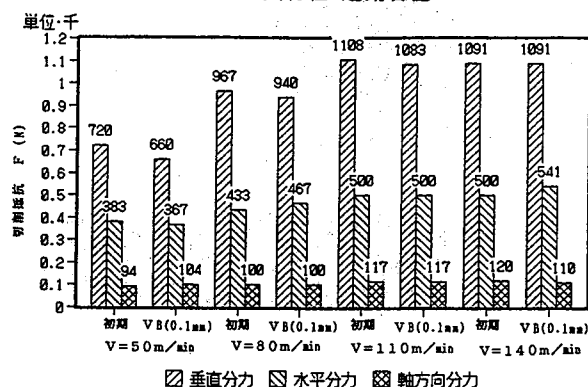


図7 切削抵抗

4. 結 言

実験によって次のような結果を得ることができた。

- 1) 工具摩耗については、コーティング材種と超鋼合金材種が、共に摩耗量が少ない（遜色なし）ことが分かった。
- 2) 実験した3種類の工具材種のいずれもすくい面摩耗は、見受けられなかった。サーメット材の工具には、チップングや境界摩耗が顕著に現われた。また、一部ではあるが、アブレイブ摩耗も観察された。
- 3) 切削抵抗については、加工精度に影響を与える垂直分力と水平分力の合力で比較、検討をした。そして、切削の初期段階の時、また工具寿命近く

の時、いずれの場合も超鋼合金工具での加工が、最小の切削抵抗となることが分かった。

5. 謝 辞

この研究は、中国・四国地方公設試験研究機関の「精密加工技術の高度化に関する研究」の一環として行ったものである。実験時、切削抵抗の計測方法などのご指導を頂いた中国工業技術研究所の大谷敏昭主任研究官には、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中島利勝、鳴瀧則彦：機械加工学、コロナ社
- 2) 狩野勝吉：難削材の切削加工技術、工業調査会
- 3) 本田巨範：フライス盤加工マニュアル、大河出版

エンドミル切削に関する実験報告（第1報）

衆原 修 山本 敏彦 谷 厚司* 中川 通憲* 横路 千年*

エンドミルの底付側面切削において、切り込み量の積が同じである切削幅15mm・軸方向切込10mmと切削幅30mm・軸方向切込5mmの2種類の切削を行い、ワークにかかる切削抵抗を測定した。結果、同じ仕事量であっても切削幅30mm・軸方向切込5mmの方が、1回転中の切削時間の割合が長くなるので切削動力の最大値及び変動が小さいことがわかった。

キーワード：エンドミル、切削抵抗

Experimental report about end-mill cutting (1st Report)

Osamu KUWABARA, Toshihiko YAMAMOTO, Atushi TANI,
Michinori NAKAGAWA, Chitoshi YOKORO

To research the better machining condition of an end-mill, cutting resistance, are measured in two cases where cutting speed and feed rate were same respectively.

The first case was that the axial depth of cut was 10mm and the radial width of cut was 15mm.

The second case was that the depth of cut was 5mm and the width of cut was 30mm.

It was shown that the cutting vibrations of second case were smaller than that of first case.

Keywords : end-mill, cutting resistance

1. はじめに

エンドミルによる底付側面切削（片削り切削）では、切削幅（半径方向切込）と軸方向切り込み量の積が同じでも、(a) 切削幅小・軸切込大の場合（以下a切削とする）と、切削幅大・軸切込小（b）の場合（以下b切削とする）で2つの切削方法がある（図1）。

この2つの切削方法でどちらが優れているかについては、実際の現場や文献などでは意見が分かっている。これは、加工を行うときの様々な要因（切削条件、要求品質、工具寿命、等）により、a切削の方が優れている場合、b切削の方が優れている場合

があり、一概には決められないためである。その要因を細かく分析し、それにより得られた技術データを解明することにより、どういう場合にa、bどちらの切削方法が良いかを明らかにする。

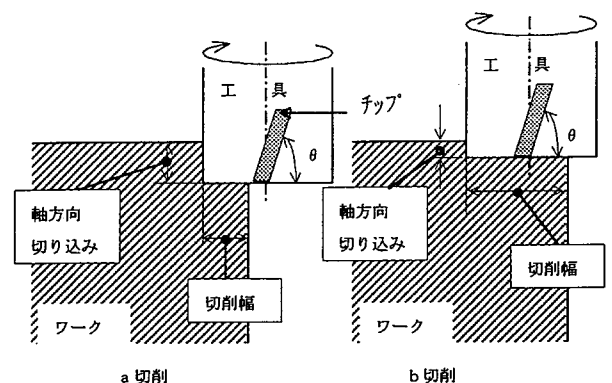


図1 切削方法

*（株）マツダツールリングセンター

表1 実験条件

切削方法	a切削	b切削
切削幅 軸方向切込	15mm 10mm	30mm 5mm
切削方向	アップカット、ダウンカット	
切削速度	75.4m/min (600rpm)	
送り速度	30、50、70、90mm/min	
工具チップ	A:ACZ350(住友電工) B:HC844(日立ツール)	
工具軸方向すくい取付角(θ)	0度、7度	
エンドミルの半径	20mm	
加工物の材質	鋳鉄(FC250)	

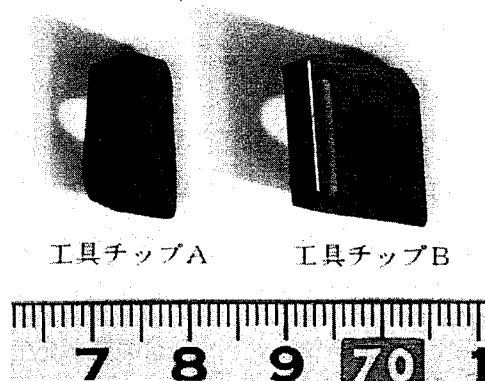


図2

2. 実験方法

マシニングセンターを用い前述2つの切削方法で加工を行い、その時の切削抵抗をワーク側で切削動力計を用いて測定した。

スローアウェイタイプの深彫り用エンドミルで、工具チップ(図2)を1枚とし、刃径を $\phi 40$ として、その1回転中での切削開始から切削終了までの間の切削抵抗を測定した。切削抵抗の分力は、エンドミルの送り分力を F_x 、送りと垂直な半径方向の主分力を F_y 、エンドミルの軸方向の背分力を F_z とする。実験条件を表1に示す。

3. 結果

切削方法、測定データ及び切削抵抗－送り速度のグラフを図3～図14に示す。

3-1 a切削

3-3-1 下向き切削(図3)

① F_x (送り分力)

切削開始付近では、工作物をエンドミルの前進向きに最も強く押し付ける様に作用し、次第に小さくなって切削終了付近では、逆向きの引き戻す向きに最も強く作用している。(図4)

即ち、1枚のチップが切削する毎に、工作物をエンドミルの送り方向に押したり引いたりする様な切削力が工作物に作用している。

ここで、エンドミルの送り速度を次第に大き

くした場合には、工作物に作用する切削分力 F_x は、エンドミルの前進向きには次第に大きく、後退向きに次第に小さくなる様に作用する。(図5の① F_x)

② F_y (主分力)

切削開始時点で最も大きく、工作物を押し付ける向きに作用し、切削終了で0になる様に次第に小さくなっている。(図4)

即ち、脈動的に工作物をエンドミルの送りと垂直の向きに押し付ける様な切削力が、工作物に作用している。

ここで、エンドミルの送り速度を大きくすると、分力 F_y は次第に大きくなっている。(図5の② F_y)

③ F_z (背分力)

チップの軸方向すくい取付角が0度の場合は、工作物を押し付ける向きに作用し、エンドミルの送り速度を大きくするとこれに伴って大きくなる。すくい取付角7度の場合、工具チップAでは送り速度が90mm/minで切削終了付近に発生していたワークを押しつける力が小さくなっている。工具チップBでは、すくい取付角7度の方が切削抵抗が小さく約1/5になっている。(図5の③ F_z)

3-1-2 上向き切削 (図6)

④ F_x (送り分力)

切削開始付近では、殆ど0であるが、エンドミルの送りの向きに工作物を押し付ける様に、次第に大きくなり、切削終了付近で最も大きくなっている。そして、切り屑厚さが最大になって切削を終了するので、切削抵抗は0となる時点で、工作物側に大きな残留振動が発生していることがわかる。(図7)

この分力 F_x は、エンドミルの送り速度を大きくするに従って、大きくなっている。(図8の④ F_x)

⑤ F_y (主分力)

切削開始付近では、工作物をエンドミルの半径切込み方向に最も強く押し付けるように作用し、次第に小さくなって、切削終了付近では、逆向きにエンドミルの方へ最も強く引き戻す様に作用している。(図7)

この切削開始時と終了時の分力 F_y の大きさは、エンドミルの送り速度を大きくするに従って、大きくなり、工作物を引き戻す分力 F_y は、押し付ける分力 F_y の約2倍になっている。(図8の⑤ F_y)

⑥ F_z (背分力)

軸方向すくい取付角が0度の場合は、工作物を押し付ける向きに作用し、エンドミルの送り速度を大きくすると大きくなり、軸方向すくい取付角を7度にすると、工作物を持ち上げる方向に作用する様になる。(図8の⑥ F_z)

3-2 b 切 削

底付側面切削で、切削幅(半径方向切込み量)がエンドミルの半径より、大きい場合は上向き切削から下向き切削への連続切削となり、下向き切削範囲の広い場合と、上向き切削範囲の広い場合の2通りの切削方法がある。(図9、11)

3-2-2 上向き切削から下向き切削への連続切削 (下向き切削範囲の広い場合) (図9)

⑦ F_x (送り分力)

切削開始付近から、工作物をエンドミルの前進向きに最も強く押し付ける様に作用し、次第に小さくなって切削終了付近では、逆向きの引き戻す向きに最も強く作用しており、この特性は①と同様である。(図10)

また、エンドミルの送り速度を次第に大きくした場合には、工作物に作用する切削分力 F_x は、エンドミルの前進向きにも、後退向きにも次第に大きくなる様に作用する。(図11の⑦ F_x)

⑧ F_y (主分力)

切削開始時点から次第に大きくなり、工作物を押し付ける向きに作用し、最大値を取った後、切削終了で0になる様に次第に小さくなっている。(図10)

ここで、エンドミルの送り速度を大きくすると、分力 F_y は次第に大きくなる特性も②と同様であるが、その大きさはa切削の場合の約1/2である(①の場合と、切削幅×切込み量=切削断面積、は同じで、加工能率は同じとなるが、刃具の1回転中の切削時間は長くなり、その分切削抵抗が下がっている)。(図11の⑧ F_y)

⑨ F_z (背分力)

チップの軸方向すくい取付角が0度の場合は、工作物を押し付ける向きに作用し、エンドミルの送り速度を大きくするとこれに伴って大きくなる。軸方向すくい取付角7度では、工具チップAの場合、切削終了付近で工作物を持ち上げる方向に作用する様になり、これは送り速度の増大と共に大きくなる。(図11の⑨ F_z)

2-2 上向き切削から下向き切削への連続切削

(上向き切削範囲の広い場合) (図12)

⑩ F_x (送り分力)

切削開始付近では、殆ど0であるが、エンドミルの送りの向きに工作物を押し付ける様に、次第に大きくなり、最大値を取った後切削終了付近で0になっている。(図13)

④では、切削抵抗 F_x が切削終了時に最大値から、0となるため、工作物側に大きな残留振動が発生しているが、ここでは、そのような振動が発生していない。この分力 F_x は、エンドミルの送り速度を大きくするに従って、大きくなっている。(図14の⑩ F_x)

⑪ F_y (主分力)

切削開始付近では、工作物をエンドミルの半径切込み方向に作用し、次第に小さくなって、切削終了付近では、逆向きに、エンドミルの方へ最も強く引き戻す様に作用している。(図13)

この切削開始時と終了時の分力 F_y の大きさ

は、エンドミルの送り速度を大きくするに従って、大きくなり、工作物を引き戻す分力 F_y は、押し付ける分力 F_y の約2倍になっている。(図14の⑪ F_y)

⑫ F_z (背分力)

チップの軸方向すくい取付角が0度の場合工作物を押し付ける向きに作用し、エンドミルの送り速度を大きくしても殆ど変わらないが、すくい取付角を7度にすると、送り速度を増大しても切削抵抗はほとんど変化しない。(図14の⑫ F_z)

4. まとめ

切削動力からの検証をした結果、b切削よりもa切削のほうが切削動力の最大値及び変動が大きい。実際に仕事をした量は同じであるが、a切削は仕事が時間方向に集中しているためこのような結果となった。

本報では切削動力のみを測定したが、今後は工具摩耗、加工品質等に関する研究も行う。

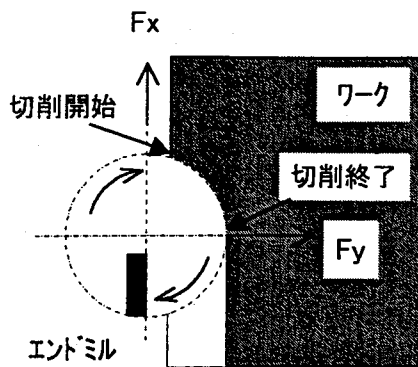


図3 a切削の下向き切削

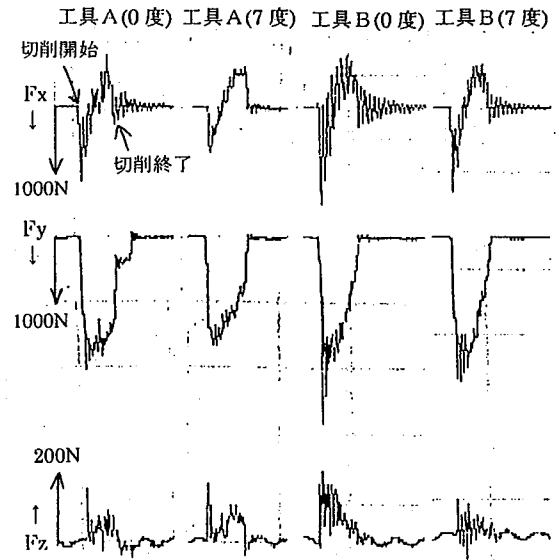


図4 測定データ

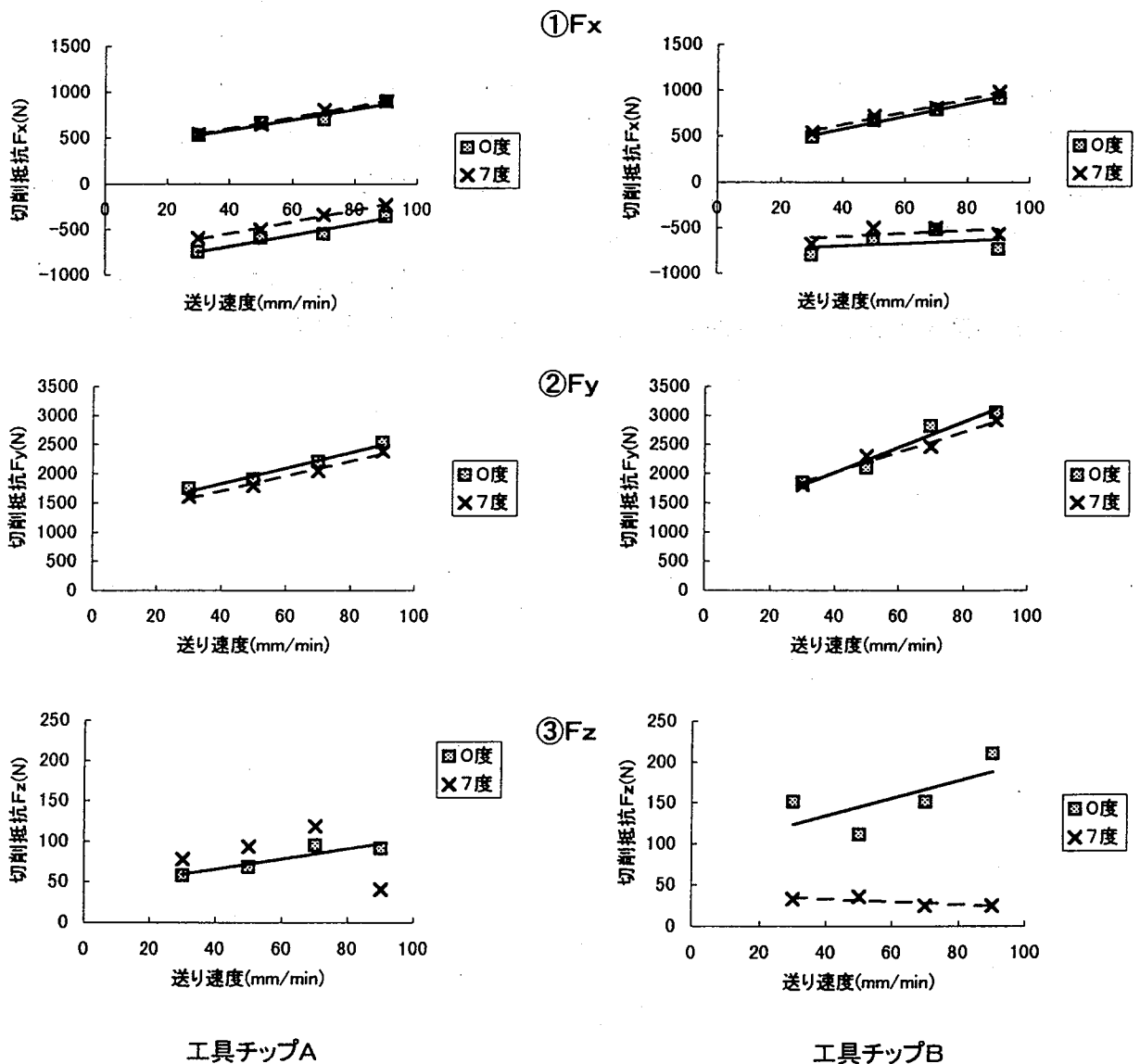


図5 切削抵抗 (a切削ダウンカット)

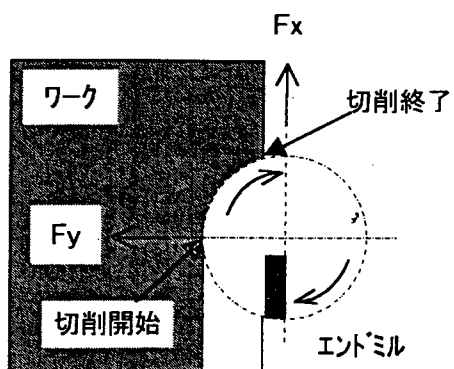


図6 a切削の上向き切削

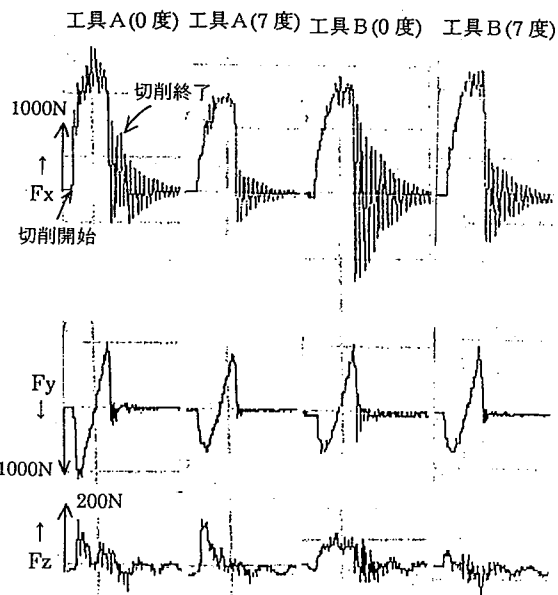
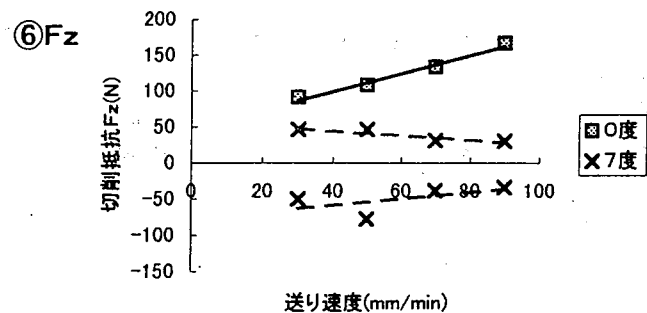
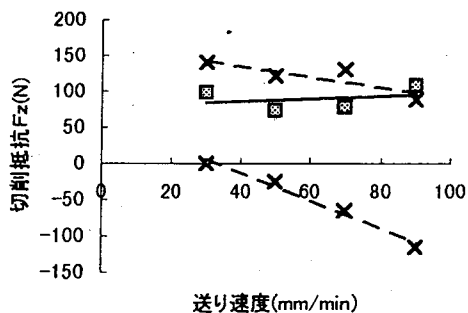
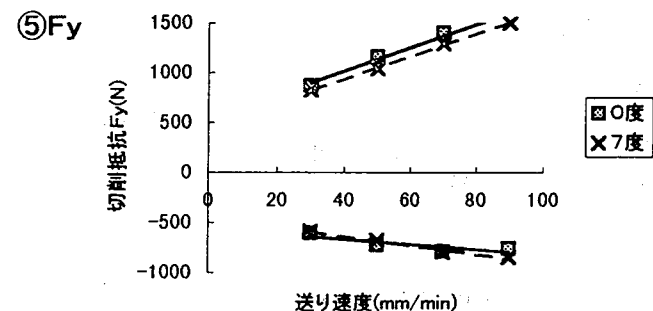
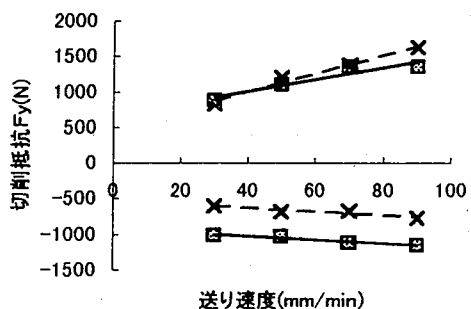
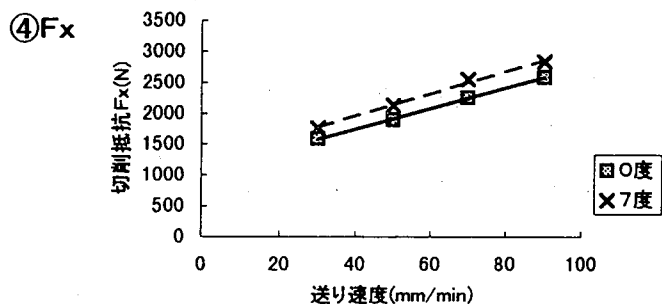
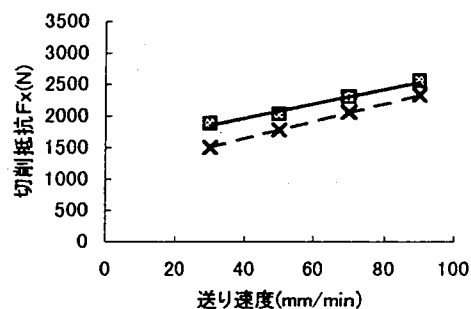


図7 測定データ



工具チップA

工具チップB

図8 切削抵抗 (a切削アップカット)

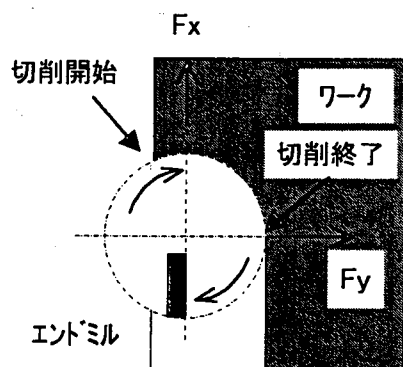


図9 b切削の下向き切削範囲の広い場合

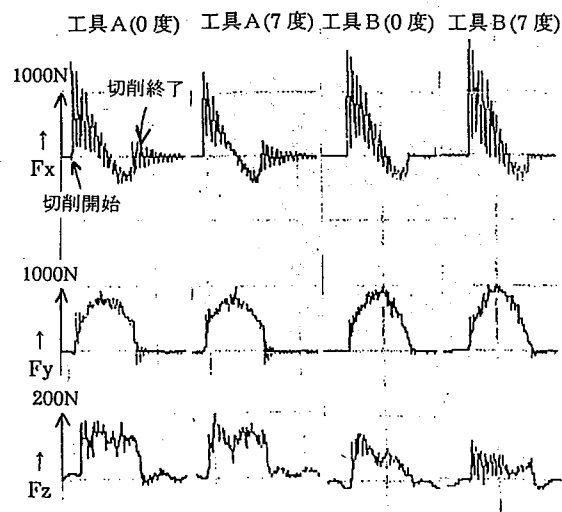
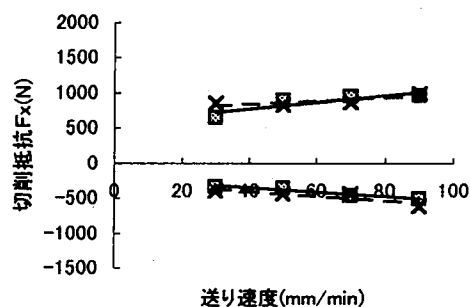
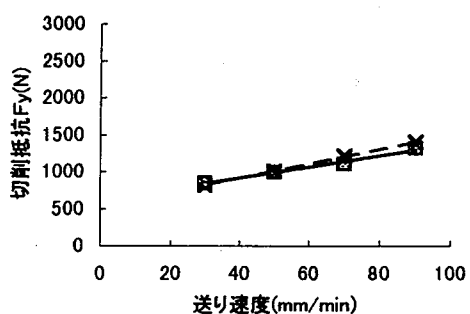
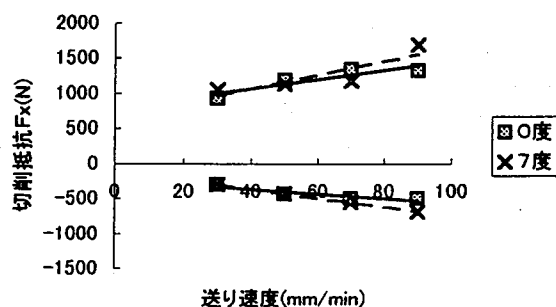


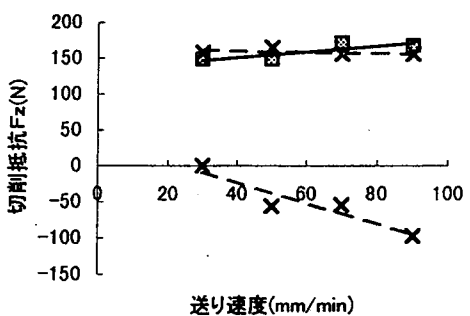
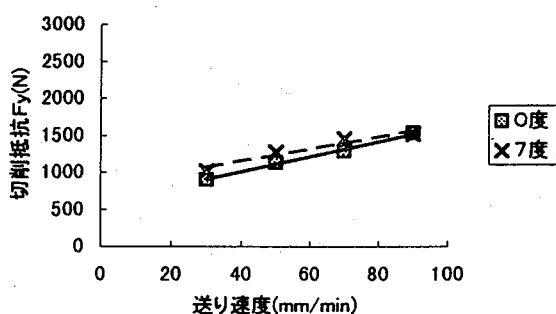
図10 測定データ



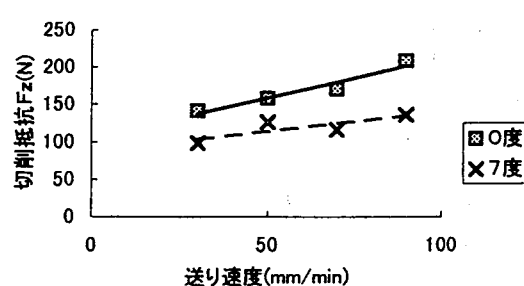
⑦Fx



⑧Fy



⑨Fz



工具チップA

工具チップB

図11 切削抵抗 (b切削下向き切削範囲の広場合)

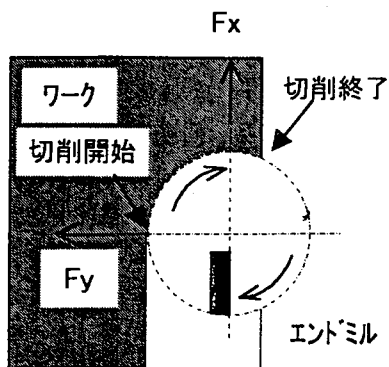


図12 b切削の上向き切削範囲の広い場合

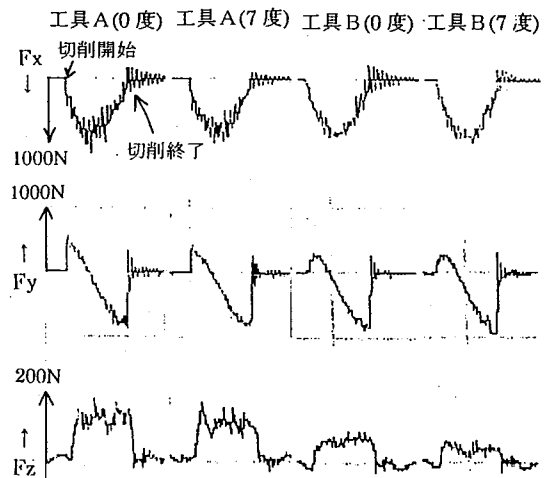
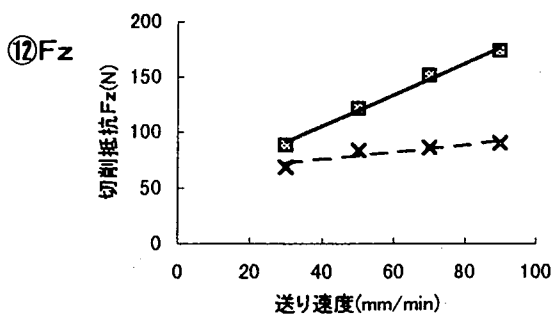
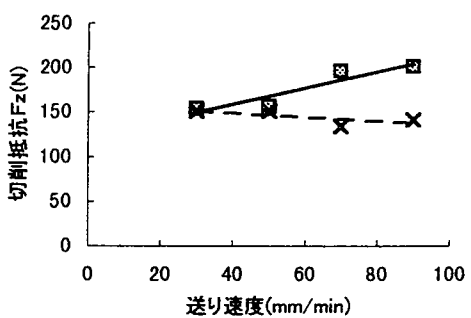
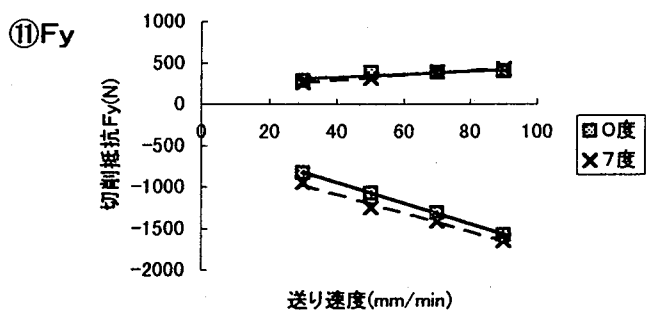
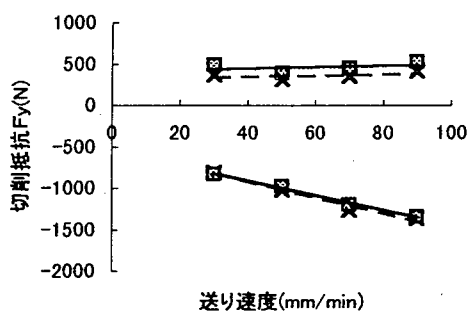
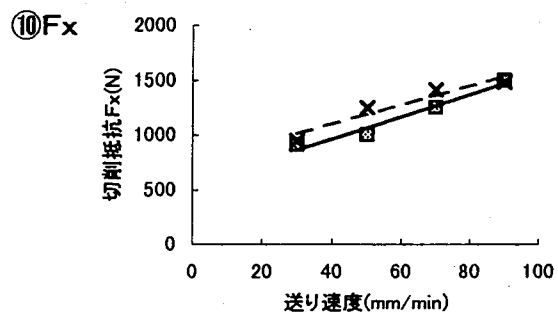
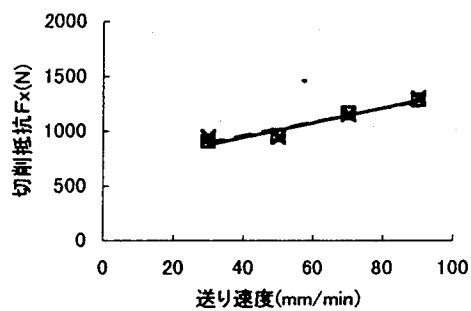


図13 測定データ



工具チップA

工具チップB

図14 切削抵抗 (b切削上向き切削範囲の広場合)

複数画像を利用した自己相関・相互相関による対象の認識

田中 秀樹 依田 育士*

インタラクティブ研究では、コンピュータから見て最も手前にあるものを認識し、動きを捉えることで、コンピュータとユーザとのより自然な対話を実現している。

本研究では、このインタラクティブシステムの背景の変化に対するロバスト性を調べた。また、認識率の向上と対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目的として、高次局所相互相関と高次局所自己相関による複数画像認識実験を行った。

これより、システムは背景の変化に影響を受けにくいことを確認した。そして対象の向きの変化が大きい場合には、対象をはさみ込むようなカメラ設置で、認識率が向上した。

キーワード：複数画像認識、高次局所自己相関特徴、高次局所相互相関特徴、インタラクティブシステム

Recognition Using Autocorrelation and Crosscorrelation From Plural Images

Hideki TANAKA, Ikushi YODA

Interactive reserchs have we achieved more natural conversation between the computer and the user based on recognizing the object which is nearest computer and catching their behavior.

In this paper robustness of the interactive system against the change in background was investigated. plural images were recognized experimentally using higher order local autocorrelation and higher order local crosscorrelation for the purpase of the improvement of correct recognition rate and robustness against the object turning.

For the result, the system were not easily influenced by the change in the background. And, correct recognition rate had improved by putting the object between cameras for the large object turning.

Keywords : Recognition of plural images, Higher order local autocorrelation, Higher order local crosscorrelation, Interactive system

1. はじめに

人が対面して会話する際には、言葉以外にも視線の動きや表情、身振り手振りなどが意志の疎通を図る上で大切な役割を担っていると考えられる。

そこで近年、人に易しいコンピュータとの対話についての研究が盛んに行なわれており^(1,2)、その要

素研究としてコンピュータの前のユーザを認識する研究^(3,4,5)や、ユーザの動きをとらえる研究^(6,7)などの報告がある。これらは、手や顔といった対象に特化した手法で、検出や認識を行っている。

一方、対象に依存せず、コンピュータから見て最も手前にあるものを認識し、動きを捉えることで、さらにコンピュータとユーザとのより自然な対話を行うインタラクティブ研究⁽⁸⁾の報告がある。これ

*電子技術総合研究所知能情報部、つくば市

は、ステレオ濃淡多重解像度画像から、奥行き情報とオプティカルフロー情報とを同時に利用し、コンピュータの手前から1番目から3番目にあるものについて、実時間で認識するものである。

本研究ではこのインタラクティブシステムの改良・発展を目的として下記の内容について実験を行った。

背景の変化に対するロバスト性の評価のため、背景に暗幕があるときと暗幕が無いときで認識実験を行った。また、認識率の向上を期待し、対象を階層化した学習と対象を6つのケースにクラス分けした学習による認識実験を行った。

次に相互相関による認識率の向上と、対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目的として、高次局所相互相関による複数画像認識実験を行った。また高次局所自己相関による複数画像認識実験も行った。

そして、認識手法評価システムを構築し、画像データの有効活用とデータ処理の省人化、ユーザインターフェースの向上を図った。

2. 認識手法

本システムは、多重解像度画像生成専用ハードウェア (VFE-100)、2台の濃淡CCDカメラ、結果出力用のRGBモニタ (ピラミッドビジョンシステム、以下PVシステム) およびホストコンピュータ (SPARC station 20) からなっている。このステレオCCDカメラをディスプレイの前に置き、そこから撮影される画像を入力とする。

入力画像サイズは、2、3人程度のユーザの上半身が入る程度の領域とした。また左右のカメラとも画像の入力は30frames/secで行なわれる。

2.1 対象の抽出

システムの処理時間を考えた場合、入力画像をそのまま使って処理を行うと、実時間での認識が困難となる。そこで、画像のピラミッド構造化⁽⁹⁾によ



図1 奥行き情報とオプティカルフロー

り生成した低解像度画像を、ステレオ画像の対応点探索と、オプティカルフローの検出に使うことで処理の高速化を図る。

図1の両端が、 640×240 画像を元にガウシアンフィルタを用いて5階層に低解像度化したピラミッド画像で、中央のモザイク画像は、各階層のピラミッド画像のステレオ画像より求めた奥行き情報を示している。この奥行き情報は0～255の値を持ち、これを濃淡画像で画面に表示したものである。この値の大きいものはカメラに近く、小さいものは遠くにあることを示している。

対象の抽出方法はピラミッド画像の第3階層 (80×60) から求めた奥行き情報より、コンピュータの手前にあるものから 64×64 の領域を選択し、対応する第1階層 (320×240) の領域を切り出す。ここでは、奥行き情報から多峰的なものについては、大きいものから3つ以内を、単峰的なものについては



図2 対象の抽出

1つを切り出す処理を行っている。

図2は、切り出しの様子を示したもので、切り出し中の矩形が切り出し領域範囲を示す。手を上げない状態では、最も近い距離にある顔の部分を持ち出し、片手を上げた状態では、最も近い手の部分を持ち出し、次は近い顔の部分である。さらに両手を上げた場合には、左右の手と顔の3つの領域を持ち出していることがわかる。

2.2 高次局所自己相関による特徴抽出

前節までの処理により求めた複数領域について、高次局所自己相関関数^(10,11)よりその特徴を抽出する。

自己相関関数は平行移動に関して不変であることが知られており、その高次への拡張が、高次自己相関関数である。画面内の対象画像を $f(r)$ とすると、 N 次自己相関関数は、変位方向 $(a_1, a_2, \dots, a_N)$ に対して、

$$x_N(a_1, a_2, \dots, a_N) = \int f(r) f(r+a_1) \dots f(r+a_N) dr$$

で定義される。したがって、高次自己相関関数は、次数や変位方向 $(a_1, a_2, \dots, a_N)$ の取り方により、無数に考えられる。しかし、画面に関する加法性の条件を満たすためには、変位方向は参照点 r の局所領域に限定されなければならない。

ここでは、高次自己相関係数の次数 N を2とする。また、変位方向を参照点 r のまわりの局所的な 3×3 画素の領域に限定する。この場合には、平行移動により等価な特徴を除くと、2値画像に対して、特徴の数は全部で25個になる。

2.3 線形判別分析による認識

前節の処理で求めた特徴から判別空間を分析し対象を認識する。一般的なパターン認識においては、同一クラスの特徴は近くに集まり、異なるものは遠くに集まる。

線形特徴抽出は、 $m \times n$ 行列 $A=[a_1, a_2, \dots, a_n]$ を用いて

$$y=A'x \quad (y_i=a'_i x = \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j) \quad (1)$$

と表される。

ここに、 K をクラスの数、 ω_k をクラス C_k の生じる確率、 μ_k と Σ_k をそれぞれ $x \in C_k$ の平均ベクトルと共分散行列、 μ_T を x の全平均ベクトルとするとき、 X でのクラス内共分散行列とクラス間共分散行列は、それぞれ

$$W_X = \sum_{k=1}^K \omega_k \Sigma_k \quad (2)$$

$$B_X = \sum_{k=1}^K \omega_k (\mu_k - \mu_T) (\mu_k - \mu_T)' \quad (3)$$

で定義され、同様に定義される Y でのクラス内とクラス間の共分散行列 W_Y 、 B_Y は、線形写像の式(1)の場合、

$$W_Y = A' W_X A \quad B_Y = A' B_X A \quad (4)$$

で与えられる。したがってこのとき最適な係数行列 A は、固有値問題

$$B_X a_i = \lambda_i W_X a_i \quad (5)$$

の最大 n 固有値 $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_n$ に対応する固有ベクトル a_i を列とする行列 $A=[a_1, \dots, a_n]$ として求められる。

3. 認識実験

実験はオフラインで行い、100枚の学習用データから構成した判別空間と認識データから抽出した特徴から、判別分析法により認識を行う。学習データについて、ユーザ自身がカメラに対象を近づけ、連続的に画像を100枚撮影する。認識用データも学習データと同様に連続的に画像を1000枚撮影する。この画像取得の際には、学習画像の多様性を維持するために、4frames/sec程度の入力速度とする。

3.1 階層化した判別分析による認識

本システムの背景の変化に対するロバスト性評価

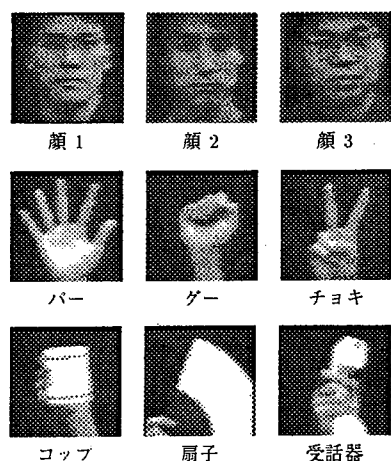


図3 認識対象

表1 対象の分類

番号	分 類
1	分類無し
2	(顔3つ)、(手、コップ、扇子、受話器)
3	(顔3つ)、(手)、(コップ、扇子、受話器)
4	(顔3つ)、(手、受話器)、(コップ、扇子)
5	(顔3つ)、(手、受話器、コップ)、(扇子)
6	(顔3つ)、(手)、(コップ)、(扇子)、(受話器)

のため、背景に暗幕がある場合と暗幕の無い場合について実験を行う。

また、認識率の向上を期待し対象を6つのケースでクラス分けし、かつ階層化した学習による認識実験を行った。

認識対象は、図3に示すような顔（3人）、ハンドサイン（3種、パー、グー、チョキ）、身の回りのもの（3種、ユーザが持ったコップ、扇子、電話の受話器）とする。

階層化した認識実験では、表1に示すように、9つの対象をそれぞれ単独に学習させた場合と、9つの対象を任意に分けたそれぞれの集合（クラス）ごとに学習させ、さらにこのクラス内の要素について再度学習させることで、2段階に階層化された判別空間が構成される。

3.1.1 背景が暗幕の場合

始めに、背景に暗幕のある場合について評価する。画像データはユーザがカメラに対象を近づけ切り出しに大きなミスが起きない程度にゆっくりと動かし

表2 暗幕ありの認識率

分 類	1	2	3	4	5	6
顔 1	0.999	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948
顔 2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
顔 3	0.742	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
パ ー	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	1.000
グ ー	0.999	0.989	0.997	0.997	0.997	1.000
チョキ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
コップ	0.977	0.974	0.942	0.976	0.977	0.981
扇 子	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000
受話器	0.951	0.932	0.916	0.998	0.939	0.980
平 均	0.963	0.982	0.978	0.991	0.984	0.990

連続的に撮影する。

分類ごとの各対象の認識結果を表2に示す。結果より特に認識率の悪い箇所はなく、高い精度で認識できた。また、認識率の変動はあるが、2階層化した判別分析で認識率が向上した。

3.1.2 背景に暗幕なしの場合

次に背景に暗幕のない場合について評価する。画像データは暗幕ありと同様に連続的に撮影する。

結果は、階層化を行っていないとき認識率が悪く、特に悪い対象はグーであった。一方、階層化を行ったものについて、特に認識率の悪い箇所はなく、暗幕ありと比べて認識率が多少低下するだけであった。これより、本認識手法が背景の変化に対するロバスト性を持つことを確認した。また、2階層化した判別分析で認識率が向上することも確認した。

3.2 高次局所相互相関による複数画像認識

インタラクティブシステムにおいて対象が横を向いた場合に認識が困難となる。そこで、認識率の向上と対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目的とした認識実験を行った。このシステムでは認識はステレオ画像のうち片方しか使用していない。そこで、2枚の画像を利用した高次局所相互相関手法により、認識実験を行った。

実験条件は3.1節と同様に認識画像サイズ64×64とし、学習データは1つの対象につき100枚の画像

を連続的に撮影する。また、認識用データも1つの対象につき1000枚の画像を連続的に撮影する。

- (a) 左と右のそれぞれの画像を基準に相互相関を求め、その特徴を加算して35次元とする
 - (b) 左と右のそれぞれの画像を基準に相互相関をとり、 $35+35=70$ とする
 - (c) 右の画像を基準に相互相関特徴を求める
 - (d) 左の画像を基準に相互相関特徴を求める
 - (e) 相関マスクを116次元として相互相関特徴を求める
 - (f) 相関マスクを65次元として相互相関特徴を求める
 - (g) 相関マスクを63次元として相互相関特徴を求める
 - (h) 左右の画像を1つの画像として自己相関特徴を求める
 - (i) 右の画像についての特徴を自己相関により求める
 - (j) 左の画像についての特徴を自己相関により求める
- (a) ~ (j) までの10の認識手法で認識評価実験を行ったが、撮影画面上の対象の位置ずれが認識結果に大きく影響し、位置を考慮した実験でも、現行手法より認識率が低かった。

他の相互相関認識手法は考えられるが、処理の負荷が大きくなり実時間認識の目的とはすぐわなくなる。そこで、高次局所相互相関による複数画像の認識実験は打ち切った。

3.3 高次局所自己相関による複数画像認識

次に高次局所自己相関による、認識率の向上と対象の向きの変化に対するロバスト性の向上、およびより複雑な対象の認識を目的として、次の(a) ~ (e)までの5つの認識手法について認識実験を行った。

- (a) 左右の画像を1つの画像として自己相関特徴を求める
- (b) 右の画像についての特徴を自己相関により求める

- (c) 左の画像についての特徴を自己相関により求める
- (d) 左と右の画像それぞれについて自己相関を求め、得られた特徴を $35+35=70$ とする
- (e) 左と右のそれぞれの画像を基準に相互相関をとり、 $35+35=70$ とする

3.3.1 カメラ角度が平行の場合

2台のカメラの間隔は18[cm]、2台のカメラの中央から対象までの距離を245[cm]、2台のカメラの撮像面の法線ベクトルを平行とする。認識対象は顔3つ、パー、グー、チョキ、コップ、扇子、受話器とする。学習時に3.1節で用いた分類は行わず、背景には暗幕を使用した。

対象を横に振り(49°程度)撮影した画像データについての認識結果を表3に示す。

認識率の最大は認識手法(a)の0.940で、(c)では0.934であり、複数画像を使用せず、現行の手法でも十分な認識率が得られることがわかった。

ここで、予想していたとおり、パー、グー、チョキの認識率が低く、それ以外の対象は十分な認識率であった。

表3 カメラ平行のときの認識率結果

手 法	a	b	c	d	e
顔 1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
顔 2	0.882	0.882	0.878	0.944	0.861
顔 3	1.000	1.000	0.995	1.000	1.000
パ ー	0.922	0.960	0.832	0.742	0.884
グ ー	0.657	0.076	0.700	0.672	0.999
チョキ	1.000	1.000	1.000	0.733	0.546
コップ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
扇 子	0.999	1.000	1.000	0.933	0.971
受話器	1.000	1.000	1.000	1.000	0.993
平 均	0.940	0.880	0.934	0.802	0.914

3.3.2 カメラの角度(中)の場合

自然に使える対象で複雑なもの⁽¹²⁾として、手話で用いられる0~9までの数字を表すハンドサイン(図4)を考える。渡辺らはカラーグローブを使った色特徴から手話で用いられる指文字の認識手法

を提案している⁽¹³⁾。しかし、対象を手話と限定しているため、任意のものを対象としているインタラクティブシステムでは使用できない。そこで、カメラの角度をつけ、手の隠れをなくした画像を使用して、ハンドサインを認識するシステムを提案する。

図4の上側の画像は右のカメラで、下側は左のカメラで撮影されたものである。

2台のカメラの間隔は220[cm]、2台のカメラの中央から対象までの距離は245[cm]、2台のカメラの撮像面の法線ベクトルを対象に向ける。ここでは対象の抽出は行わず、対象領域を固定して撮影する。

手をカメラの中央へ向けたときを正面として、多少横に振り撮影した画像データについての認識結果を表4に示す。

認識率が最大は、認識手法 (e) のときで0.960。

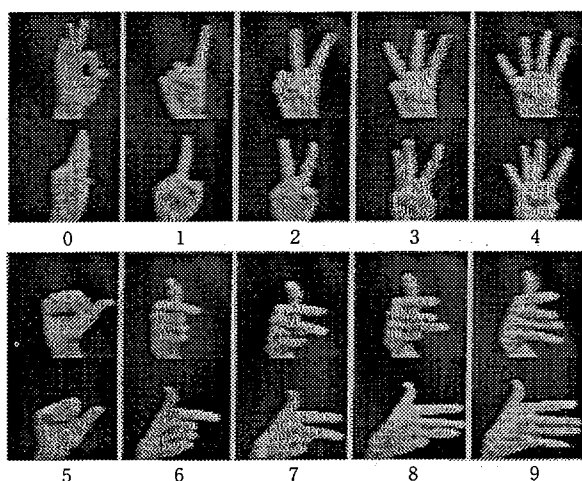


図4 カメラ角度 (中) のハンドサイン

表4 カメラ角度 (中) のハンドサインの認識率

手 法	a	b	c	d	e
0	1.000	1.000	0.403	1.000	0.996
1	1.000	1.000	0.995	0.999	1.000
2	0.541	0.997	0.602	0.780	0.923
3	0.893	0.634	0.572	0.890	0.473
4	0.953	0.581	0.958	0.979	0.162
5	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000
6	1.000	1.000	0.995	0.996	0.576
7	0.985	0.778	0.968	0.978	0.355
8	0.966	0.929	0.731	0.986	0.985
9	0.944	0.806	0.951	0.995	0.997
平 均	0.926	0.873	0.837	0.960	0.747

また (a) の場合も認識率が高く0.926であった。ハンドサイン2と3の結果が低い、これは認識結果が2、3、4に分布しているためであると思われる。また、見え情報で特徴を抽出しているため、0のように指が隠れてしまった場合には認識が難しくなる。このことは表4のcを見ても明らかである。

ハンドサインの0～4、5～9で誤認識の傾向が現れた、0～4、5～9の2つに3.1節で用いた分類をして認識を行った。この場合最も認識率が高かったのは、認識手法 (c) のときで0.968であった。

3.3.3 カメラの角度 (大) の場合

さらにカメラの角度を大きくしたときについて認識実験を行った。

2台のカメラの間隔は220[cm]、2台のカメラの中央から対象までの距離は140[cm]、カメラの撮像面の法線ベクトルを対象に向ける。対象は、手話で用いられる0～9までの数字を表すハンドサインとする。認識結果を表5に示す。

認識結果は、カメラの角度 (中) よりも認識率が低くなった。これは、対象の撮影が斜めからであり、対象の向きの少しの変化で指が重なったり、隠れてしまうためと考えられる。実際、指の重なりがあるハンドサイン2、3、4の左画像は、認識率が低くなっている。一方、右の画像ではハンドサイン6～9が重なり、認識率が低い。

表5 カメラ角度 (大) のハンドサインの認識率

手 法	a	b	c	d
0	1.000	1.000	0.442	0.997
1	0.792	0.503	1.000	1.000
2	0.408	0.346	0.000	0.000
3	0.918	0.951	0.000	0.911
4	0.757	0.709	0.784	0.650
5	0.997	0.974	0.993	1.000
6	1.000	0.918	0.977	1.000
7	0.968	0.000	0.912	0.040
8	0.210	0.000	0.695	0.563
9	0.941	0.000	0.973	0.897
平均	0.799	0.540	0.678	0.723

これらの結果より、認識率が全般的に良かったのは、認識手法が (a) の左右の画像を1つの画像と見なしその自己相関特徴を求めたものであったが、これも対象やカメラの角度によって変わる。対象の向きの変化をみた場合には、変化が大きいときには認識手法 (a) が認識率が良く、変化が小さいときには (e) のときであった。

4. おわりに

コンピュータの前のユーザを認識し、その動きをとらえコンピュータとユーザとのより自然な対話を行うインタラクティブシステムにおいては、対象の実時間認識が必須である。

そこで本研究では、背景に対する認識率の変化を調べるため、背景に暗幕がある場合と暗幕がない場合について実験を行った。また、対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目的として、複数画像を使った高次局所相互相関、高次局所自己相関手法について実験を行った。

背景に対する認識実験では、対象を階層化した学習での認識率の向上を期待し、対象を6つのケースでクラス分けを行い、その学習による認識実験を行い、暗幕のある場合が認識率が高かったが、暗幕なしであっても認識率が0.950を越えており、現行のシステムが背景の変化に

強いことを確認した。また、対象の階層化した学習で、認識率の向上が図れた。

認識率と対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目的とした相互相関手法では、左右の位置ずれが認識結果に大きく響いた。また、実時間認識を目的とした現行のシステムでは、相互相関手法による複数画像認識は困難であった。

自己相関手法の結果より、正面を向いた対象は、現行のシステムでも十分な認識結果であった。しかし、対象が横向きや、複雑な場合においてはカメラ角度を大きくとったほうが認識率が向上した。

今後はこの実験結果をもとに、多重解像度画像を

利用した認識と、3台のカメラを使った認識手法による対象の向きの検出について評価を行い、認識率の向上と、対象の向きの変化に対するロバスト性の向上を目指す。

5. 謝 辞

本研究は、中小企業技術指導員養成過程6ヶ月コースの一環として行ったものである。

貴重な時間を裂き、研究の準備、方針を示して頂いた電子技術総合研究所知能情報部坂上勝彦氏、実際にご指導、助言を頂いた依田育士氏、高次局所自己相関、相互相関と線形判別分析についての有益なコメントを頂いた栗田多喜夫主任研究官、また、討論および実験に協力して頂いた適応ビジョンラボの皆様へ感謝いたします。

参考文献

- (1) 新田克己, 長谷川修, 秋葉友良他. 論争支援マルチモーダル実験システム MrBengo. 電子情報通信学会論文誌, 1997.
- (2) 長谷川修, 坂上勝彦他. 疑似化エージェントによる対話型視覚情報学習システム. 画像センシングシンポジウム論文集, 1996.
- (3) 赤松茂. コンピュータによる顔の認識. 電子情報通信学会論文誌, 1997.
- (4) 長谷川修, 森島繁生, 金子正秀. 「顔」の情報処理. 電子情報通信学会論文誌, 1997.
- (5) 栗田多喜夫, 長谷川修. 顔画像からの個人識別. 映像情報メディア学会誌, 1997.
- (6) 栗田多喜夫, 小林保雄, 三島健稔. PARCOR 画像の高次局所自己相関特徴を用いた背景変化および平行移動に強いジェスチャー認識. 信学技報, 1997.
- (7) 石淵耕一, 岩崎圭介, 他. 画像処理を用いた実時間手振り推定とヒューマンインターフェースへの応用. 電子情報通信学会論文誌, 1997.
- (8) 依田育士, 坂上勝彦. 3次元動き情報を利用し

- た複数対象物の抽出とその実時間認識. 電子情報通信学会技術研究報告, 1997.
- (9) 高木幹雄, 下田陽久監修. 画像解析ハンドブック. 東京大学出版, 1991.
- (10) 大津展之, 栗田多喜夫, 関田巖. パターン認識. 朝倉書店, 1996.
- (11) 栗田多喜夫. 電子技術総合研究所報告第957号. 電子技術総合研究所, 1993.
- (12) 池原和子, 上久保恵美子, 比企静雄. 手の形の操作の困難さと手話で使われる可能性との関係. 電子情報通信学会論文誌, 1997.
- (13) 渡辺賢, 岩井儀雄他. カラーグローブを用いた指文字の認識. 電子情報通信学会論文誌, 1997.

構造一流体一伝熱系連成解析システムに関する研究 (種々の外力が作用する場合の自然対流と熱伝達特性)

古谷 薫

自動車、飛行機、ロケットなどに代表される輸送用機械器具には流体を応用した機器が多く搭載されている。これらの機器には走行中または飛行中、速度、加速度が作用し内部の流体の流れや熱伝達に影響を与える。

本研究では、正方キャビティ内の、熱伝達（浮力）による自然対流に、壁面の移動、壁面に加速度が作用する場合の流れ・熱伝達への影響について考察を行った。この結果、壁面の移動、壁面の加速が自然対流に及ぼす影響が明らかになった。

キーワード：自然対流、熱移動

Natural convection and heat characteristics in case of wall movement or acceleration

Kaoru FURUTANI

A lot of equipment which applied fluid is loaded into the mechanical appliance for the transportation which is represented by the automatic car, the flight machine, the rocket and so on.

The speed, the degree of the acceleration act on these equipment during running or flight and influence the flow and the heat convection of fluid inside.

In this study, it considered about the influence over the relation of the flow and the heat convection when the acceleration or the movement acts on the wall, to the natural convection by the heat convection in square cavity.

As a result, the influence which the movement of the wall, the acceleration of the wall exert on the natural convection became clear.

Keywords : Natural convection, heat characteristics

1. 緒 言

自動車、飛行機、ロケットなどに代表される輸送用機械器具には流体を応用した機器が多く搭載されている。これらの機器には走行中または飛行中、速度、加速度が作用し内部の流体の流れや熱伝達に影響を与える。高性能、高品質な製品の開発のためには速度、加速度による装置内部の流体の挙動をとらえることが必要である。またこれに熱エネルギーの移動が伴う場合には、流れと熱移動を合わせて考える必要がある。

本研究では、正方キャビティ内の、熱伝達（浮力）

による自然対流に、壁面の移動、壁面に加速度が作用する場合の流れ・熱伝達への影響について考察を行った。

2. 理論的解析

主な記号

x	: x軸方向の座標	y	: y軸方向の座標
u	: x軸方向の速度	v	: y軸方向の速度
p	: 圧力		
T	: 温度		
Q	: 熱量		

ν : 動粘性係数
 β : 熱膨張係数
 g : 重力加速度
 λ : 熱伝導率
 ρ : 密度
 C_p : 定圧比熱
 β : 温度伝播率

2.1 モデル化

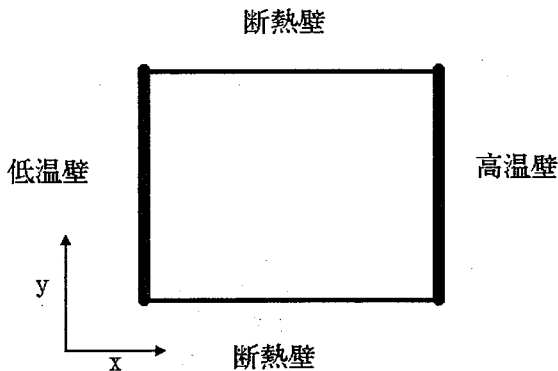


図1 正方キャビティ内自然対流のモデル

2.2 基礎方程式及び境界条件

ここでは、ベンチマークテストとしてもよく利用される正方キャビティ内の自然対流のシミュレーションを行った。基礎となる方程式、境界条件は次のとおりである。解析方法はHSMAC法を用いた。

2次元非圧縮流体の熱移動と流れの基礎式

(1) 連続の式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

(2) 運動方程式（浮力を含む場合）

$$\begin{aligned}
 \text{x軸方向} \quad & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\
 & + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{F_x}{\rho} \\
 \text{y軸方向} \quad & \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\
 & + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + g \beta (T - T_0)
 \end{aligned}$$

(3) エネルギー式

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} &= a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{Q}{\rho C_p} \\
 a &= \frac{\lambda}{\rho C_p}
 \end{aligned}$$

(4) 境界条件

$$\text{下面 } u_{i,0} = -u_{i,1} \quad v_{i,0} = 0 \quad T_{i,0} = T_{i,1}$$

$$\text{上面 } u_{i,nj+1} = -u_{i,nj} \quad v_{i,nj} = 0 \quad T_{i,nj+1} = T_{i,nj}$$

$$\text{左面 } u_{0,j} = 0 \quad v_{0,j} = -v_{1,j} \quad T_{0,j} = -T_{1,j}$$

$$\text{右面 } u_{ni,j} = 0 \quad v_{ni+1,j} = -v_{ni,j} \quad T_{ni+1,j} = 2.0 - T_{ni,j}$$

右面：高温、左面：低温とし浮力の取り扱いには boussinesq 近似を用いた。

3. 数値計算

本研究では、図1に示す正方キャビティ内の次の、

- ① 熱伝達（浮力）による自然対流
- ② 壁面の移動による対流
- ③ 壁面に加速度が作用する場合の対流

について解析を行い、さらに、これらが互いに影響を及ぼす、

- ④ 浮力による自然対流に壁面の移動が作用する場合、加速度が作用する場合
- ⑤ 浮力による自然対流にその対流を促進する方向に壁面の移動が作用する場合

の2つの場合に生じる流れ・熱伝達の変化について考察を行った。

3.1 熱伝達による自然対流

正方キャビティの右面を高温、左面を低温にした場合に起こる自然対流の解析結果を以下に示す。

図3.1.1に流線、速度ベクトルを示す。また、この場合の圧力分布、温度分布を図3.1.2～3に示す。

図中の値はそれぞれの場合において最大値を100とした場合の割合を示す。

この結果からキャビティ右上で圧力が高く、右下で低くなっていることが確認できる。また、時間の

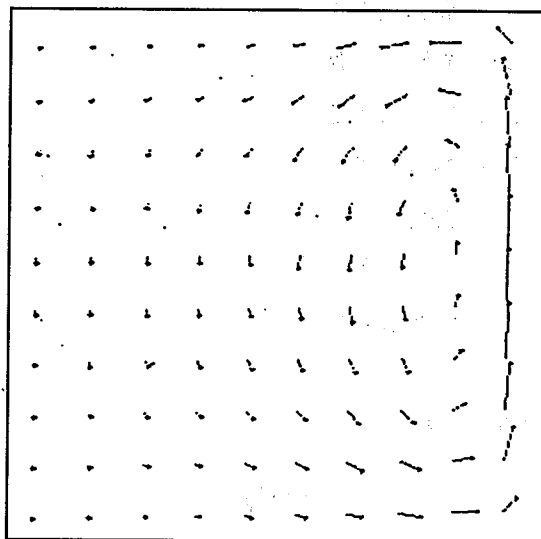
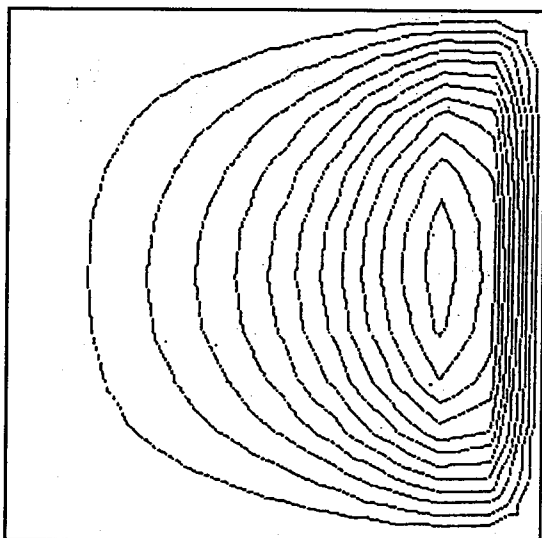
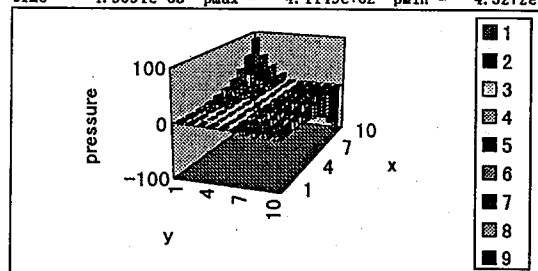
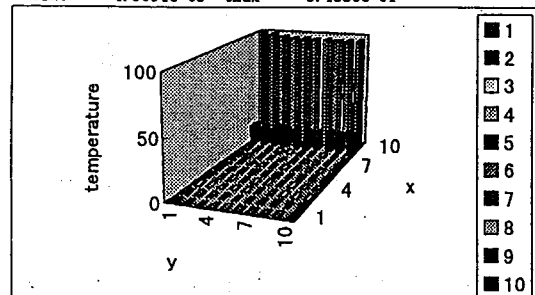


図3.1.1 流線および速度ベクトル

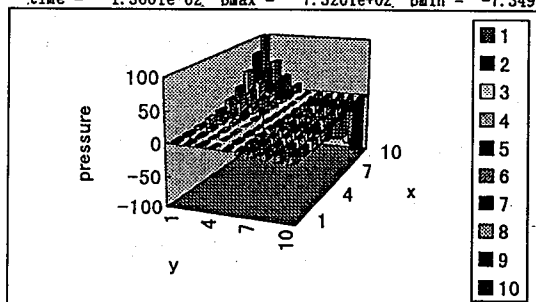
$ra = 1.0000e+04$
 $n = 5$
 $time = 4.9091e-03$ $pmax = 4.1149e+02$ $pmin = -4.5272e+02$



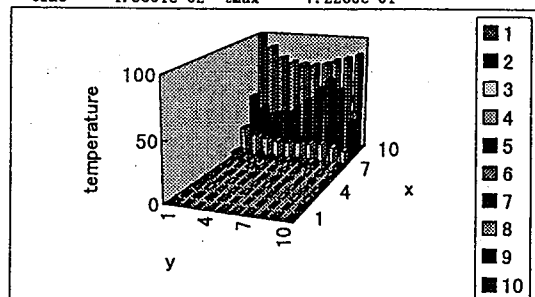
$ra = 1.0000e+04$
 $n = 5$
 $time = 4.9091e-03$ $tmax = 5.1350e-01$



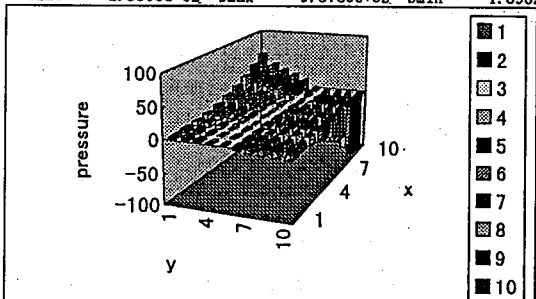
$n = 15$
 $time = 1.3001e-02$ $pmax = 7.3201e+02$ $pmin = -7.3499e+02$



$n = 15$
 $time = 1.3001e-02$ $tmax = 7.2260e-01$



$n = 30$
 $time = 2.3306e-02$ $pmax = 9.5780e+02$ $pmin = -1.5962e+03$



$n = 30$
 $time = 2.3306e-02$ $tmax = 2.0353e+00$

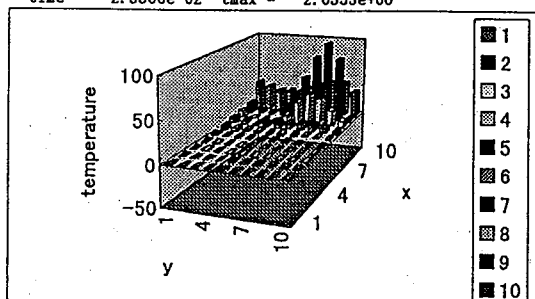


図3.1.2 正方キャビティ内の自然対流（右面：高温、左面：低温の場合）における圧力分布の変化

進展と共に熱の移動の範囲が広がって行くことが確認できる。

3.2 壁面の移動による対流

キャビティの上面が一定速度で移動する場合にキャビティ内に発生する対流の様子は以下のとおりである。

図3.2.1に速度ベクトルを示す。また、この場合の圧力分布を図3.2.2に示す。

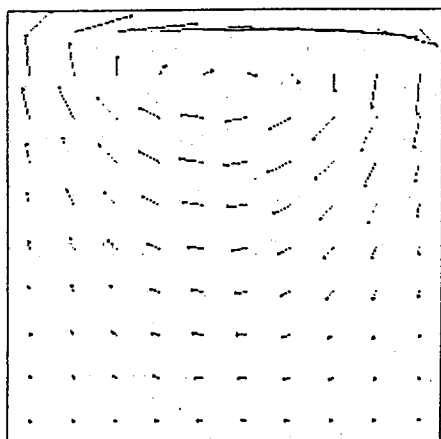


図3.2.1 速度ベクトル

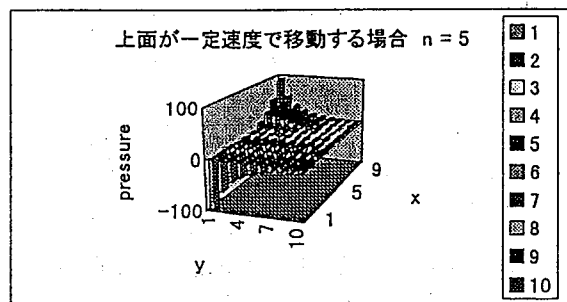


図3.2.2 キャビティ上面が一定速度で移動する場合のキャビティ内の圧力分布 (n=5)
t=4.9854e-03 pmax=4.9854e01 pmin=-1.7879e01

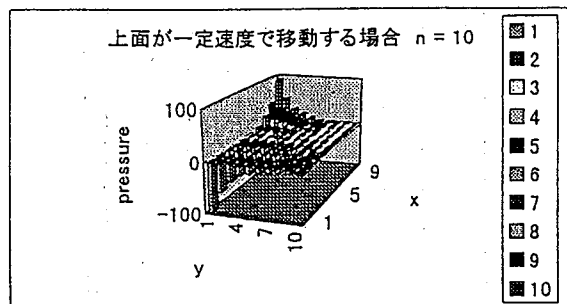


図3.2.3 キャビティ上面が一定速度で移動する場合のキャビティ内の圧力分布 (n=10)
t=9.9347e-03 pmax=1.4814e01 pmin=-1.6247e01

3.3 加速度による対流

キャビティに加速度が作用する場合、内部の流体には加速度と反対の方向に慣性力が発生する。

ここでは、正方キャビティに、重力の反対方向をy軸として、

- ① x軸方向
- ② y軸方向
- ③ x軸に対して45°傾いた方向

の3種類の方向に加速度が働いている場合について解析を行った。

慣性力は式1の体積力 F_x 、 F_y として与えた。

図3.3.1～3に速度ベクトルを示す。また、この場合の圧力分布を図3.3.4～6に示す。

この結果から慣性力を駆動力とした対流が発生することが分かる。また、加速度と反対の向きで圧力が掛かっていることが確認できる。

(1) 速度ベクトル

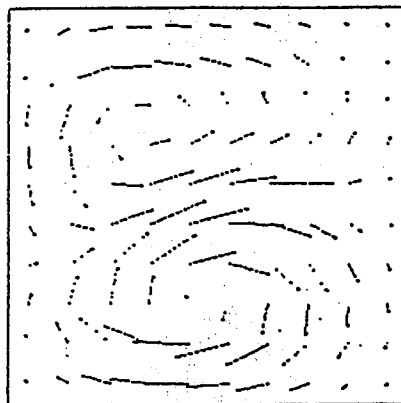


図3.3.1 加速度がX軸方向の場合

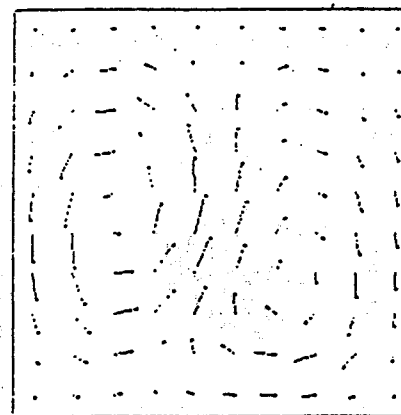


図3.3.2 加速度がY軸方向の場合

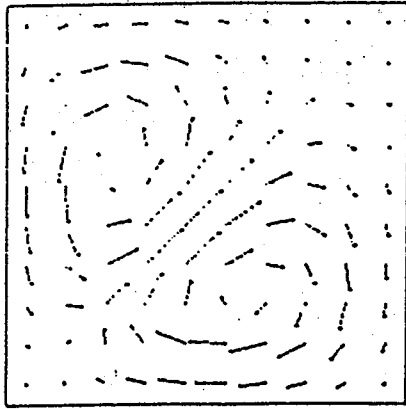


図3.3.3 加速度がX軸に対して45°傾いた方向の場合

(2) 圧力分布

圧力分布を図3.3.4～6に示す。

図中の値はそれぞれの場合において最大値を100とした場合の割合を示す。

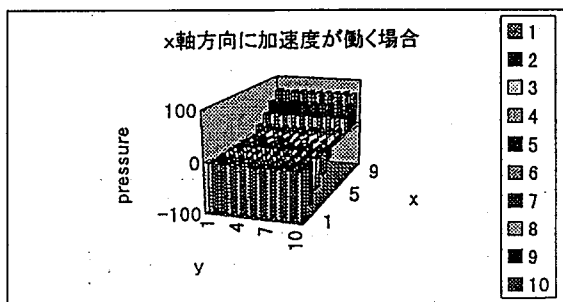


図3.3.4 加速度がX軸方向の場合

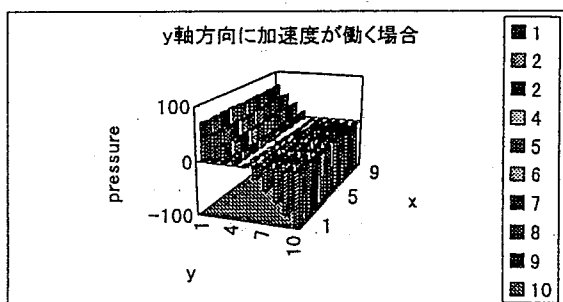


図3.3.5 加速度がY軸方向の場合

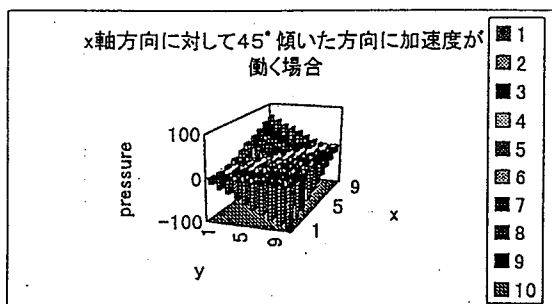


図3.3.6 加速度がX軸に対して45°傾いた方向の場合

3.4 自然対流に速度、加速度が及ぼす影響

次に3.1で解析した自然対流に、3.2～3で解析した条件の対流が加わったときの影響を見るため、

- ① 上面が一定速度で移動する場合
- ② x軸方向に加速度が作用する場合

について解析を行った。

3.4.1 自然対流に及ぼす速度の影響

上面が一定速度で移動する場合の解析結果を以下に示す。

図3.4.1.1～2に速度ベクトルを、また、この場合の圧力分布、温度分布を図3.4.1.3～6に示す。

上部右側で熱伝熱により発生する対流と上面の移動により発生する対流がぶつかっていることがわかる。また、時間の経過とともに浮力による影響の方が大きくなって行くことがわかる。

(a) 速度ベクトル

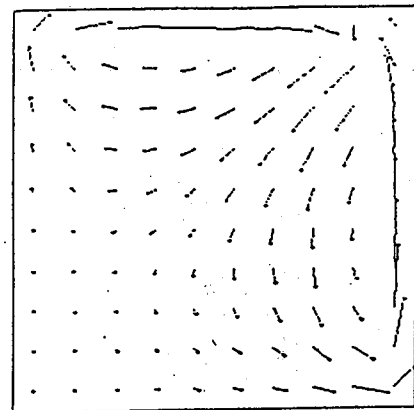


図3.4.1.1 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合 (n=5)

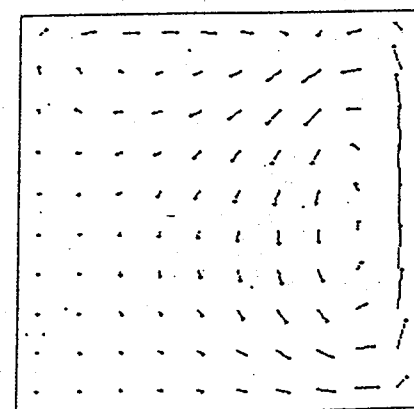


図3.4.1.2 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合 (n=10)

(b) 圧力分布

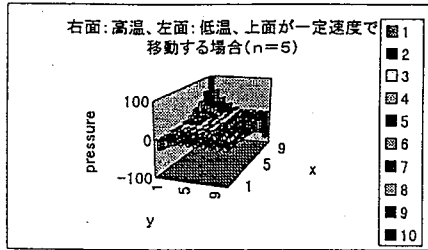


図3.4.1.3 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合の圧力分布 ($n=5$)
 $t=4.9861e-03$ $p_{max}=5.7604e01$ $p_{min}=-4.4041e01$

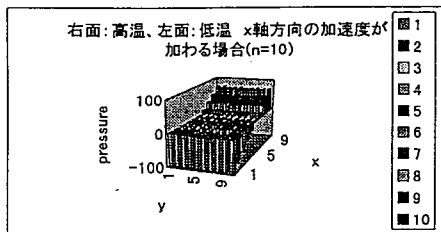


図3.4.1.4 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合の圧力分布 ($n=10$)
 $t=9.8924e-03$ $p_{max}=8.2271e01$ $p_{min}=-6.6287e01$

(c) 温度分布

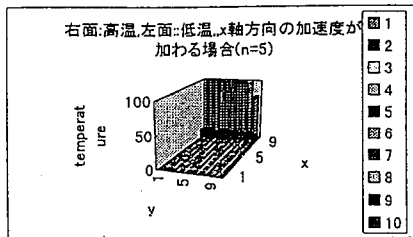


図3.4.1.5 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合の温度分布 ($n=5$)
 $t=4.9861e-03$ $Ra=1.0e03$ $t_{max}=5.1270e-01$

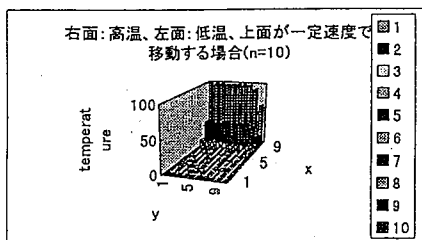


図3.4.1.6 右面：高温、左面：低温、上面が一定速度で移動する場合の温度分布 ($n=10$)
 $t=9.8924e-03$ $t_{max}=6.8704e-01$

3.4.2 加速度の影響

x軸方向に加速度が作用する場合

熱伝導が無い場合に発生する対流が時間と共に全体的な対流に変化して行くことがわかる。

(a) 速度ベクトル

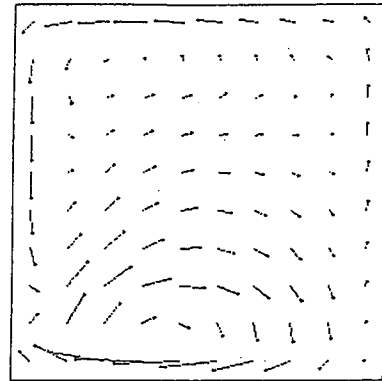


図3.4.2.1 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合 ($n=5$)

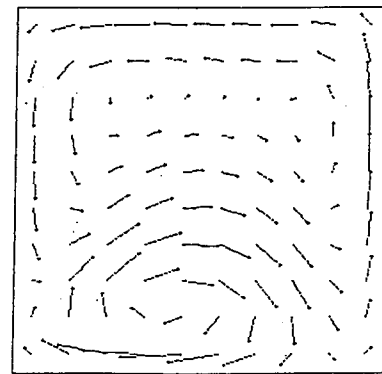


図3.4.2.2 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合 ($n=10$)

(b) 圧力分布

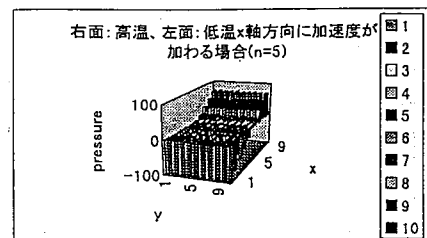


図3.4.2.3 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合の圧力分布 ($n=5$)
 $t=5.00e-03$ $p_{max}=5.25e07$ $p_{min}=-5.25e07$

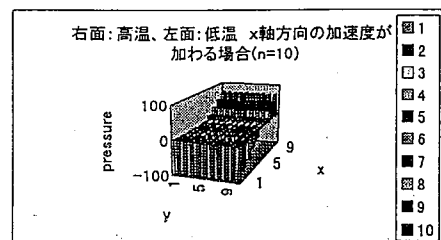


図3.4.2.4 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合の圧力分布 ($n=10$)
 $t=1.00e-02p$ $max=3.75e07$ $p_{min}=-5.25e01$

(c) 温度分布

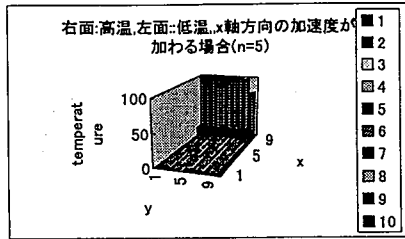


図3.4.2.5 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合の温度分布（ $n=5$ ）
 $t=5.00e-03$ $t_{max}=5.13e-01$

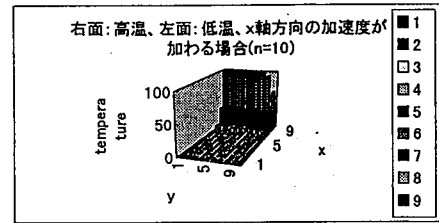
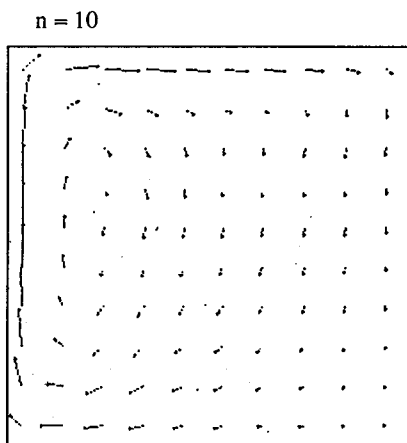
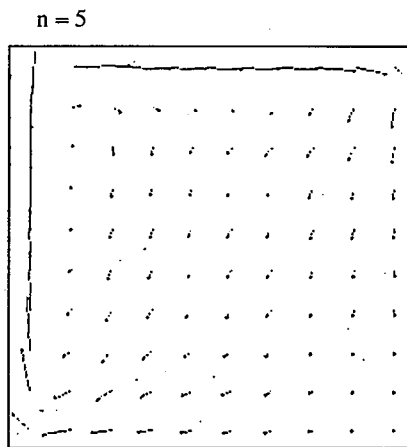
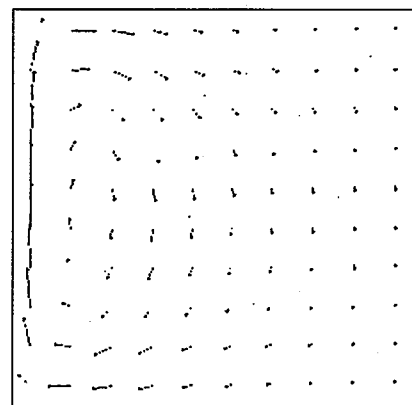
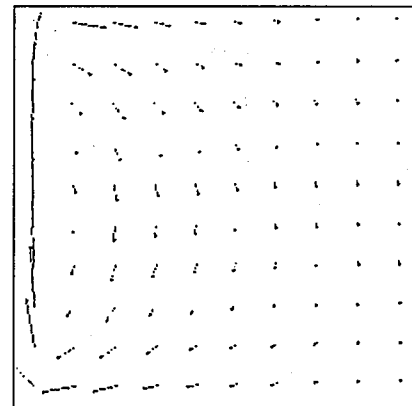


図3.4.2.6 右面：高温、左面：低温、X軸（水平）方向の加速度が加わる場合の温度分布（ $n=10$ ）
 $t=1.00e-02$ $t_{max}=6.89e-01$



上面を一定速度で移動させた場合



上面を固定させた場

図3.5.1 自然対流（左面：高温、右面：低温）における上面の移動の効果（速度ベクトル）

3.5 自然対流に速度が及ぼす影響 (2)

自然対流（左面：高温、右面：低温）における上面の移動の効果

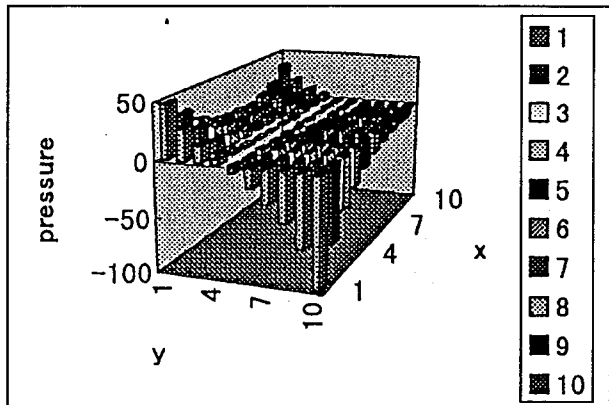
3.4.1では上面の移動が浮力による対流を抑制する方向で作用する。ここでは反対にこの対流を促進する方向で作用するよう、境界条件を左面：高温、右面：低温として解析を行った。

解析結果を上面の移動の影響を分かりやすくする

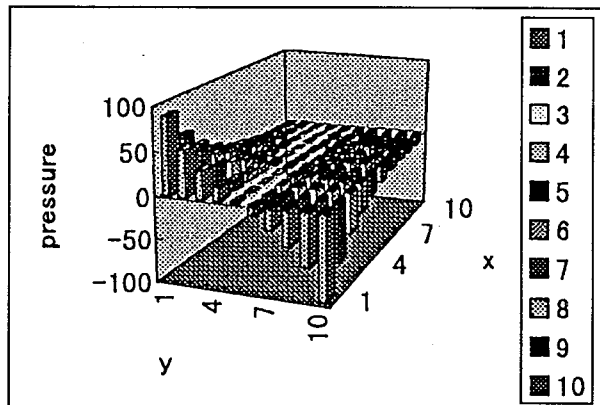
ため、上面の移動を行わなかった場合と併せて図3.5.1及び図3.5.2～3に示す。

この結果から、初期の段階では上面の移動により上部の流れが右側に、より広がっていることが分かる。また、時間の経過と共に浮力による対流が支配的になっていることが分かる。温度分布については上面の移動により右上の方向に広がっていることが分かる。

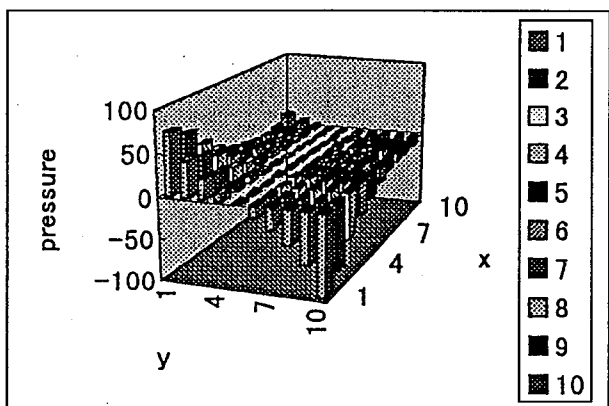
pressure ra=1.0000e+03
n=5 time=4.9835e-03
pmax=2.3425e+01 pmin=-4.7766e+01



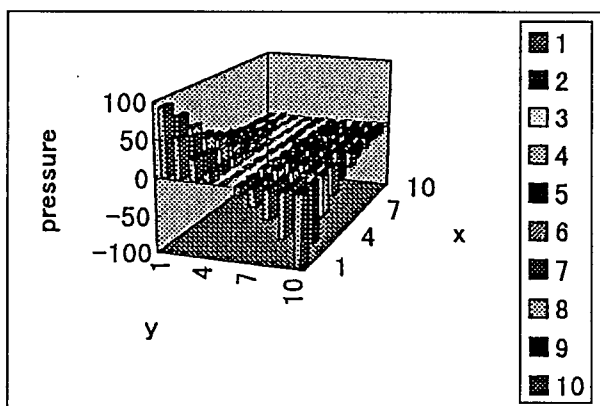
time=4.9885e-03
pmax=4.1327e+01 pmin=-4.5953e+01



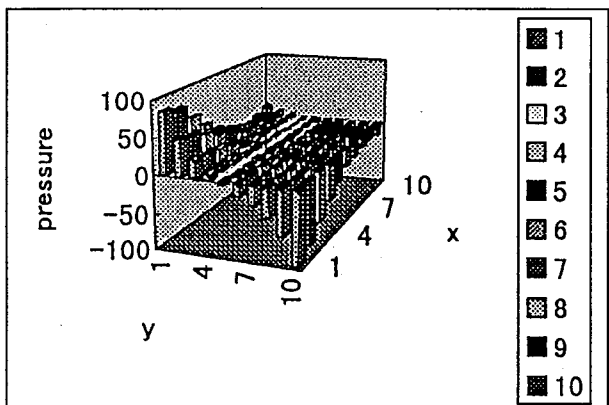
n=15 time=1.4684e-02
pmax=6.6055e+01 pmin=-8.8673e+01



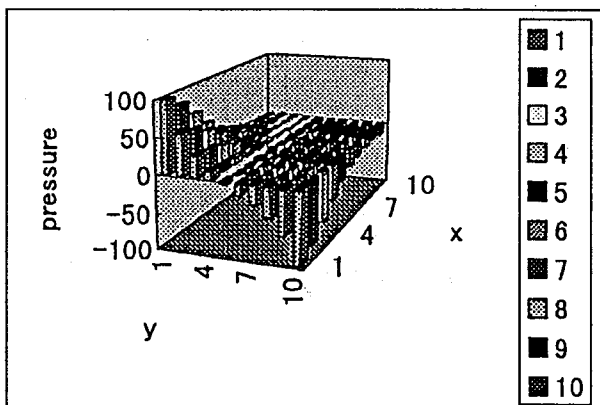
time=1.4692e-02 ra=1.0000e+03
pmax=8.1603e+01 pmin=-8.7877e+01



n=30 time=2.8883e-02
pmax=9.1560e+01 pmin=-1.0688e+02



time=2.8904e-02
pmax=1.0709e+02 pmin=-1.0717e+02

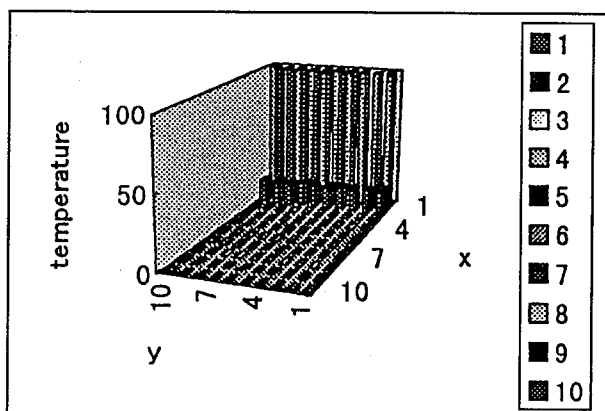


上面を一定速度で移動させた場合

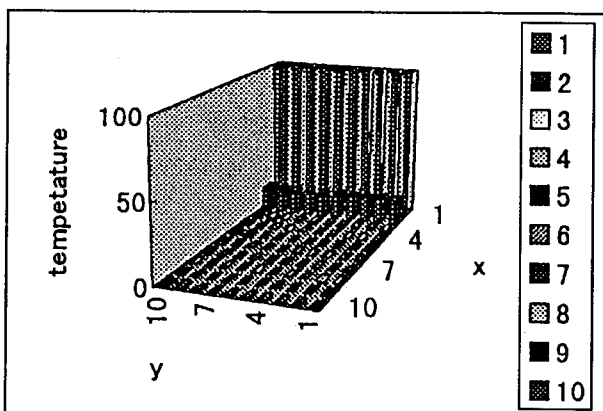
上面を固定させた場合

図3.5.2 自然対流（左面：高温、右面：低温）における上面の移動の効果（圧力分布）

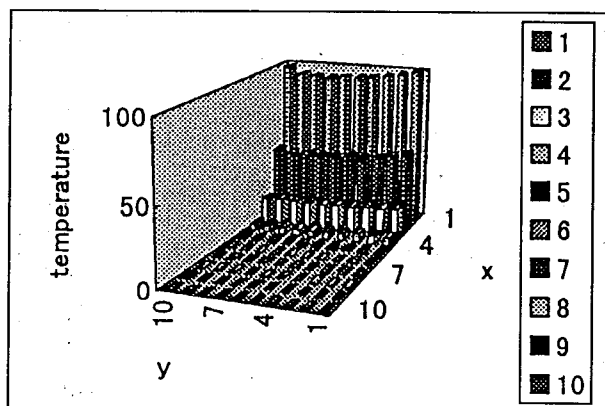
temperatur ra=1.0000e+03
 n=5
 time=4.9835e-03 tmax=5.1359e-01



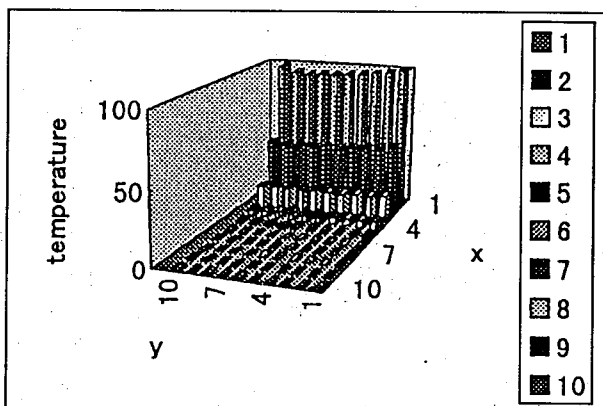
n=5
 time=4.9885e-03 tmax=5.1298e-01



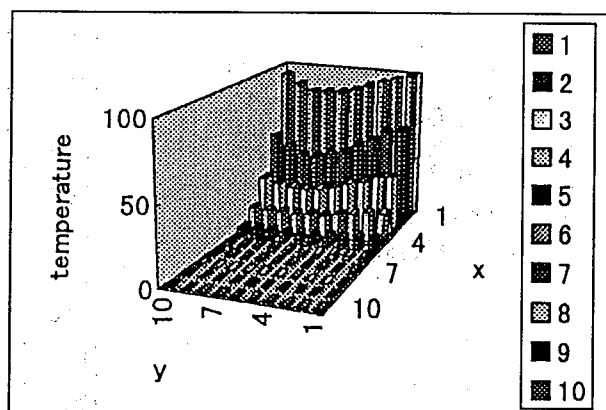
n=15
 time=1.4684e-02 tmax=7.5650e-01



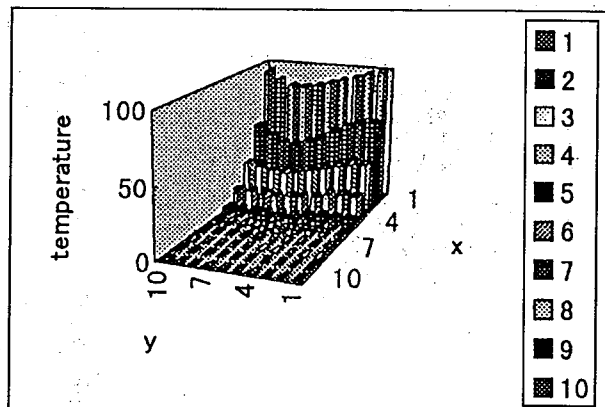
time=1.4692e-02 tmax=7.5620e-01



n=30
 time=2.8883e-02 tmax=8.3944e-01



time=2.8904e-02 tmax=8.3865e-01



上面を一定速度で移動させた場合

上面を固定させた場合

図3.5.3 自然対流（左面：高温、右面：低温）における上面の移動の効果（温度分布）

4. 結 言

本研究では、壁面の移動、キャビティ全体への加速度が、キャビティ内部の流れと熱移動の挙動に与える影響について考察を行った。この結果、以下のことを明らかにすることができた。

① 熱伝達（浮力）による自然対流

キャビティ右上で圧力が高く、右下で低くなっていることが確認できた。また、時間の進展と共に熱の移動の範囲が広がって行くことが確認できた。

② 壁面の移動による対流

壁面の移動によりキャビティ上部の流体が引きずられ対流が起こることが確認できた。

③ 壁面に加速度が作用する場合の対流

慣性力を駆動力とした対流が発生することが分かった。また、加速度と反対の向きで圧力が掛かっていることが確認できた。

④ 浮力による自然対流に壁面の移動が作用する場合、加速度が作用する場合

上面が一定速度で移動する場合とx軸方向に加速度が作用する場合について浮力による自然対流を抑制する効果があることが確認できた。

⑤ 浮力による自然対流にその対流を促進する方向に壁面の移動が作用する場合

初期の段階では上面の移動により上部の流れが右側に、より広がっていることが分かった。また、時間の経過と共に浮力による対流が支配的になっていることが分かった。温度分布については上面の移動により右上の方向に広がっていることが分かった。

今後の課題として計算精度の向上および複雑な形状への適用性などについて研究を発展させる必要性がある。

文 献

- (1) 数値流体力学編集委員会編 数値流体力学シリーズ1 非圧縮性流体解析 東京大学出版会
- (2) 田古里哲夫 荒川忠一 流体力学 東京大学出版会
- (3) 荒川忠一 数値流体力学 東京大学出版会
- (4) Suhas V. Patanker 水谷幸夫 香月正司 コンピュータによる熱移動と流れの数値計算 森北出版
- (5) 河村 洋 土方邦夫 熱と流れのシミュレーション 丸善
- (6) 小竹 進 土方邦夫 パソコンで解く熱と流れ 丸善
- (7) 日本機械学会編 新版 機械工学便覧 A5 流体力学 丸善
- (8) 吉野利男 長崎孝夫 計算力学の基礎 オーム社
- (9) 流体力学の数値計算法 藤井孝蔵 東京大学出版会
- (10) 日本機械学会編 コンピュータアナリシスシリーズ1 熱と流れのコンピュータアナリシス コロナ社
- (11) 日本機械学会編 コンピュータアナリシスシリーズ4 流れの数値シミュレーション コロナ社