

共同研究年報

平成10年度

財団法人 高年齢者雇用開発協会

職務再設計・能力開発

中高年齢者の知識・技能をベース としたフレキシブル生産体制への 移行に関する調査研究

株式会社パプコ北海道

所在地 北海道北広島市大曲工業団地2丁目7-3
設立 昭和31年
資本金 4,500万円
従業員 141名
事業内容 各種トラックボディの設計製作、車検整備

研究期間	平成10年4月～平成11年3月
研究責任者	市川 義幸 (株)パプコ北海道 取締役製造部長
	三上 行生 北海道工業大学 教授
	飯田 憲一 北海道立工業試験場
	畑沢 賢一 北海道立工業試験場
	三國 修 (社)北海道機械工業会
	三浦 康永 (株)パプコ北海道 製造部長
	小森 正敏 (株)パプコ北海道 生産課長
	佐藤 秀雄 (株)パプコ北海道 生産課長
	松本 広之 (株)パプコ北海道 生産課係長
	上野 聡 (株)パプコ北海道 生産課係長
	大熊 賢治 (株)パプコ北海道 生産課主任
	葦本 晴治 (株)パプコ北海道 生産技術課主任
	秋山 正雄 (株)パプコ北海道 生産課主任
	阿部 優 (株)パプコ北海道 生産課組長

目 次

研究の概要

1. 研究の背景・目的	30
(1) 事業の概要と高齢者雇用	30
(2) 研究課題	30
2. 研究結果の概要	30
(1) 現状分析結果	30
(2) ソフト面の研究	30
(3) ハード面での研究	31

研究の経緯と結果

1. ソフト面での研究	32
(1) 現状調査	32
(2) 中高齢者と若年者合同の教育訓練制度の確立と試行	38
(3) 作業改善支援システムの開発	40
2. ハード面での研究	45
(1) 全工場からあがった改善が必要と思われる作業	45
(2) 改善案の実施と効果測定	45

将来へ向けての展望・まとめ

研究の概要

1. 研究の背景・目的

(1) 事業の概要と高齢者雇用

当社は、各種トラックボデーの設計製作、各種車両の車検整備等を事業内容とする従業員141名の企業である。現在55歳以上の者が14.9%（21名）であるが、技能工、若年者の採用は困難な状況のため、高齢化が進展している。

トラックボデーは一品生産的要素が強く、中高齢者の長年の経験と技能の蓄積されたノウハウが、生産性に大きく影響する。そこで、若年層への技術の伝承そして、知識・技能をベースとしたフレキシブル生産体制への移行が本年度当社の目標である「不況下でも生き残れる体質改善」にとって不可欠となっている。

当工場（第1～15工場）は、継ぎ足しながら建設したため製品の流れが悪く、作業効率の面からも全体的な配置や各工場間の部材運搬方法についての改善も必要となっている。

工場内での作業としても改善の必要なものが多数あるが、特にパネルパンの「リベット打ち作業」はリベット1個ずつ（リベット数1000～3400個/1台）を2人一組みとなって止めていく手打ち作業で、無理な姿勢・手への振動・騒音・埃等の問題がある。また、「サンドイッチパネル用FRP接着面荒らし作業」は、ポリッシャーを改造した荒し機（約30kg）を用いてパネル上で行う手作業で、従事している中高齢者にとって大きな負担となっている。

その他各工場の作業においても同様の問題が多く、不安定及び無理な姿勢の改善等中高齢者への作業負荷軽減対策や安全性を含めた健康管理対策が課題となっている。

このような多くの課題を1つ1つ解決していくためには、中高齢者の知識・技能と若年者の能力との融合を図らなくてはならない。

(2) 研究課題

そこで、本研究では、

- ① 高齢者の継続雇用をベースとして、蓄積されたノウハウの伝承、改善創出集団づくりとそれに基づくフレキシブル生産体制への移行を目的とした、中高齢者と若年者の合同の教育訓練制度を整備する。
- ② 多数ある改善候補作業のなかから、改善対象を特定化するため、各作業の負担等を客観的に判断できるツールを開発する。
- ③ 本ツールにより、改善対象作業を特定化し、対象作業の支援機器・装置の開発を安全、健康、作業性の総合的観点から行う。

これらの研究を通じて、当企業の体質改善を行い、中高齢者従業員が無理なく安心して働き続けることのできる職場づくりを目指すこととした。

2. 研究結果の概要

本研究で得られた結果は次のようなものであった。

(1) 現状分析結果

当工場には、当初から多くの問題点が指摘されていたが、現状分析結果により、調査対象とした全ての工程で、主作業の稼働割合は30%台、付随作業を含めた主体作業が50%台前半という極めて無駄の多い職場であり、労働生産性や作業負担に関する多くの問題点を有していることが明らかとなった。当工場にはこれら問題点を1つ1つ解決して行くことを可能とする体質を構築していくことが何よりも重要と考えられた。

(2) ソフト面の研究

そこで、ソフト面の研究として、これらの

体質づくりを図るため、「多くの知識、経験を有する中高齢者と若年者合同」の教育訓練制度の確立を図り、次いで、改善の実施を試みた。

イ. 訓練制度としては、まず、本研究担当者の中から「中高齢者と若年者合同の改善チーム」をつくり、現状分析で明らかとなった問題点とそれに対する対策の立案並びに責任者と対処期限を決め問題解決を図ることとした。

ロ. 教育訓練制度の一環として、「社内及び協力会社勉強会」の形式をとり、全従業員を対象とした体質強化のための勉強会を実施した。

ハ. ハード面の支援機器導入に際して、生産現場の改善作業の優先順位決定や改善後の効果測定に有効に利用しうる作業負担を客観的に判断できるツール「画像解析

システムを利用した作業姿勢負担評価システム」の開発研究を行った。

(3) ハード面での研究

ハード面での研究として、従業員参加型の提案制度の中から高齢化対応型の生産性と人間性の融合の観点から、「リベット打ち作業」、「サンドイッチパネル用FRP接着面荒らし作業」、「外板穴あけ作業」、「外板ALコルゲート収納棚」の4つを対象とした支援機器を導入した。導入後に実施した支援機器の効果調査によると、いずれも生産性の向上と作業負担の減少をもたらすものであった。

以上の研究を通して、「不況下でも生き残れる体質改善」並びに「中高齢者が無理なく安心して働き続けることのできる職場作り」へ向けての素地ができたものと思われる。

研究の経緯と結果

1. ソフト面での研究

(1) 現状調査

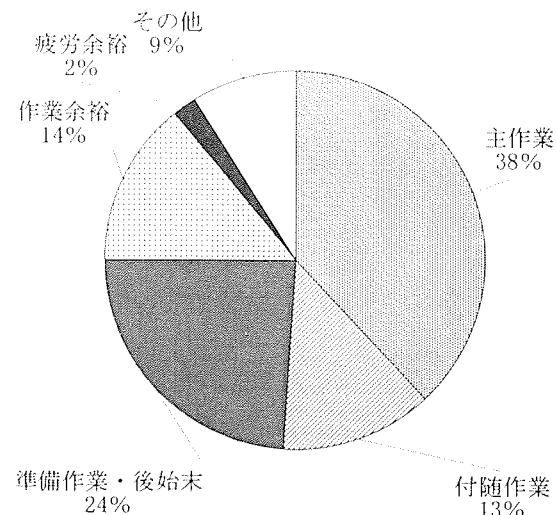
イ. 稼働分析

貨物用トラックボデー製作に関する前工程、組立工程、締付工程、艤装工程、床工程、内装工程の6工程を対象としてスナップリーディング（30秒間隔）方式を用いて作業者の稼働状況を観察した。

図1に主作業、付随作業、準備・後始末作業、作業余裕、疲労余裕、その他に分類した各工程毎の稼働割合とその作業内容を示す。これらから分るように、全ての工程で、主作業が30%台、それにとまなう付随作業と合わせた主体作業が50%台の前半であり、極めてムダの多い付加価値の低い職場であることが明らかとなった。

各工程においては、まず第1に付加価値を生まない作業余裕、職場余裕で示された項目を改善して行くことが急務であると思われる。

図1 稼働分析
前工程



主作業
溶接、穴あけ、研磨、ネジしめ、運搬、ボトムレールでとかす、リベットを打つ、ドリルで穴あけ、クレーン操作、パネルソーを使う、骨組、切り取り、研磨、塗装

付随作業

テープを貼る、クレーン補助、スプレー吹き付け、印を付ける、ねじを締める、ねじを付ける、クレーン操作、取り付け、工具片付け

準備・後始末作業

工具準備、作業準備、テープを貼る・はがす、板を運ぶ、板を立てかける、工具を探す、板収納、徒歩、エアホースを運ぶ、運搬、ビニールをはがす、機械の調整、計測、工具片付け、掃除

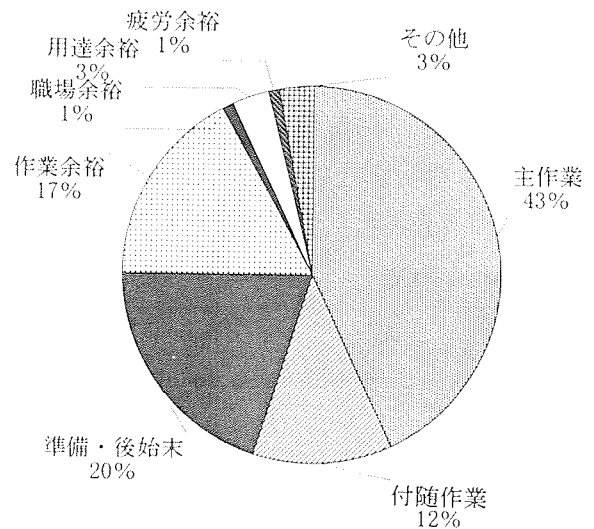
作業余裕

耳栓を付ける、支柱の取り外し、打ち合わせ、資料を見る、移動、電話中、しゃがむ、図面確認

職場余裕

机で作業

組立工程



主作業

コーナーポスト取り付け、ドリルで穴あけ、リベット打ち、塗装、溶接、配線、研磨、ネジを止める、ネジをはずす、グラスウールをつめこむ、セメダインを塗る、リベットを差し込む

付随作業

クレーンを使う、ガムテープをはがす、万力で固定、扉を押さえる、計測、メンテナンス

準備・後始末作業

リフターを移動、運搬、工具を取る、工具をしまう、準備作業、ゴミをとばす、ボンドを出す、掃除

作業余裕

靴紐を直す、移動、図面確認、仕様書を見る

職場余裕

手待ち

疲労余裕

休憩

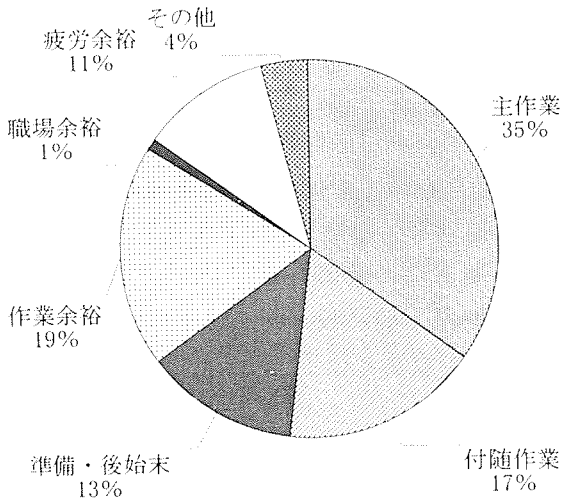
用達余裕

トイレ

その他

不在、何もしない、電話

締付工程



主作業

加工、バーナーを使用、ドリルで穴あけ、溶接、切断、取付、部品取付、ペンキ

付随作業

道具運搬、材料運搬、グラインダーがけ、位置決定、不要物除去、コンテナを支える、塗装、万力しめ、テープをはがす、クレーン操作、車誘導、ワックス

準備、後始末作業

台を拭く、トレーラー移動、コード巻き取り、台車移動、工具をしまう

作業余裕

仕様書を見る、会話、メモする、図面確認、移動、点検

職場余裕

会話

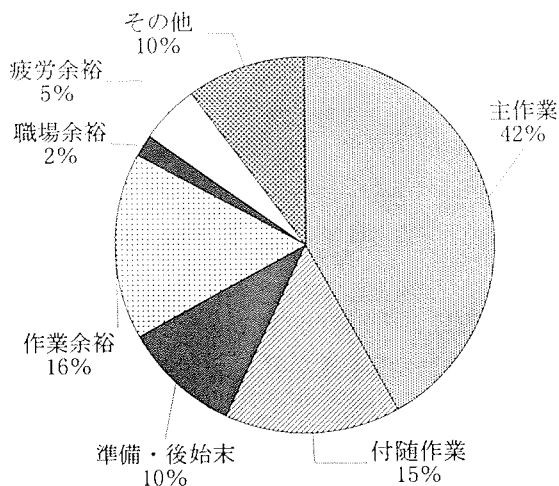
疲労余裕

様子、休憩、思考

その他

何もしない、不在、電話

舩装工程



主作業

ドリルで穴あけ、リベット打ち、溶接、配線、切断、研磨、取付、ネジを締める

付随作業

道具運搬、材料運搬、隙間うめ、(パテ)

準備、後始末作業

道具をとる、ガムテープをはる、のりづけ、材料位置換え、計測、部品取り付け、工具手入れ、片付け、図面確認

作業余裕

会話、移動、材料を探す

職場余裕

手待ち

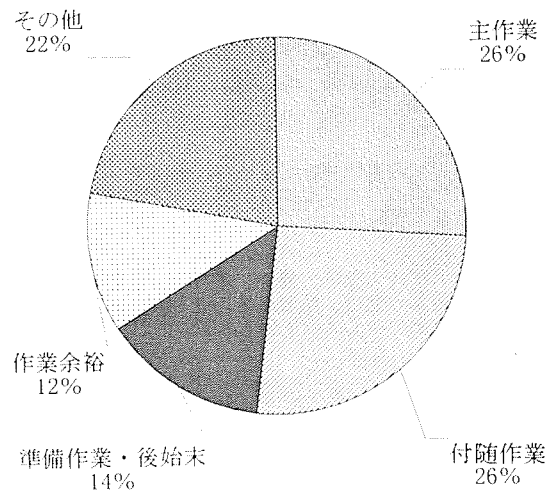
疲労余裕

休憩

その他

何もしない、不在

床工程



主作業

ドリルで穴あけ、ネジを締める、釘打ち、金具取り付け

付随作業

クレーン操作、ねじを入れる、計測、板を紐で結ぶ、板を支える、テープを貼る・はがす、骨組みを支える、板の汚れを拭く

準備、後始末作業

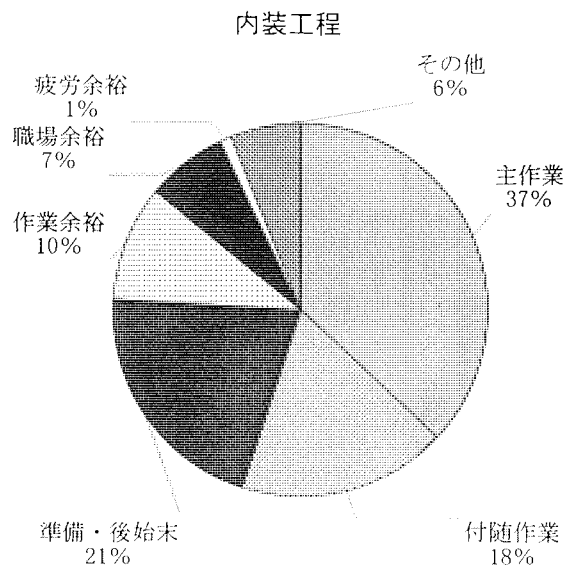
工具・材料運搬、工具・材料調整、工具・材料整理、後片づけ

作業余裕

材料を探す、図面を見る、移動

その他

立ち止まる、会話、不在



主作業

木材切断、ねじ穴をあける、断熱材切断、ドアの取り付け、ドリルで穴あけ、トラックの床板を張る、木材をはめる、ドアの周りにゴムを貼る、接着剤をつける、断熱材・保温材を入れる

付随作業

工程管理表・品質情報をチェック、ねじを入れる、木材の寸法を測る、ドアを磨く、クレーンで運搬、仕上りの具合を確認

準備・後始末作業

木材運搬・整理・調節、掃除・後片づけ、器具を取りに行く、用具の整理、接着剤をふき取る、断熱材の運搬、エアーをかけてほこりを飛ばす、機械の準備

作業余裕

歩行

職場余裕

打ち合わせ、立って考える

疲労余裕

休憩

その他

不在

ロ. 歩行分析

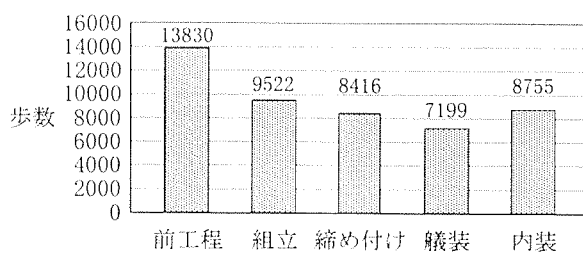
作業開始時から終了時に至るまでの6工程の作業員計16名にKcal換算付き万歩計を装着させ、歩行回数からその行動量を把握した。その結果、図2に示すように、前工程13,830歩、組立工程9,522歩、縮付工程8,416歩、艀装工程7,199歩、床工程・内装工程8,755歩を示した。

PTS(Predetermined Time Standard)法のサーブリック時間値に基づく歩行時間(AFT)は、 $AFT=12wink+8wink \times 歩数$ (単位/分)とされていることから、歩行時間は、前工程では、110.6分、組立工程76.2分、縮付工程67.3分、艀装工程57.6分、床工程

・内装工程70.0分となる。この時間値には昼食時間における歩行時間も含まれるが、昼食時間に20分～30分も歩いていることはないので、作業を通して移動に関する時間がいかに多いかが示された。

移動回数を減らすためには、事前の材料、部品、工具等の準備、“みずすまし”の活用、作業方法の改善、タイムリーな工程進捗の把握と部品投入等の工程管理等を行うことが重要となる。

図2 第3工場万歩計データ



ハ. 作業環境

内装工程を除く5工程のある建屋内で、騒音及び照度を測定した。建屋レイアウト図に、騒音測定値4点(A～Dとして記載)と照度測定結果を示す(図3、4)。

① 騒音測定

最も騒音が高かったのは、ハンドドリベット打ち作業を行っているB、C地点で、B地点での最高値は104.8db(A)、最低値が62.8db(A)、全体の50%が70.2db(A)、次いで、C地点での最高値は102.8db(A)、最低値が59.2db(A)、全体の50%が68.8db(A)あった。また、A地点での最高値は98.4db(A)、最低値が63.6db(A)、全体の50%が66.4db(A)あった。D地点では、最高値は96.2db(A)、最低値が65.0db(A)、全体の50%が75.8db(A)あった。

最も騒音の高いハンドドリベット打ち作業時には、作業員が耳栓を使用していたが、隣接のD地点では、全体の50%が75.8db(A)あり、慢性的騒音暴露によって引き起こされる難聴の閾値は70～80dbといわれていることから、これらの作業範囲での作業には耳栓の義務化を図るべきも

のと考えられる。

② 照度測定

16測定地点での結果は図3に示す通りである。照度範囲は96～847(1x)であり、平均照度は411(1x)であった。若干暗い

個所もあるものの、局部照明等も具備されていることから、照明に関しては特に問題はないものと思われる。

図3 騒音及び照度測定

日 時：1998.6.18 (木) 13:00ごろ
 天 候：晴れ
 照度単位：lx ○騒音データ：図4

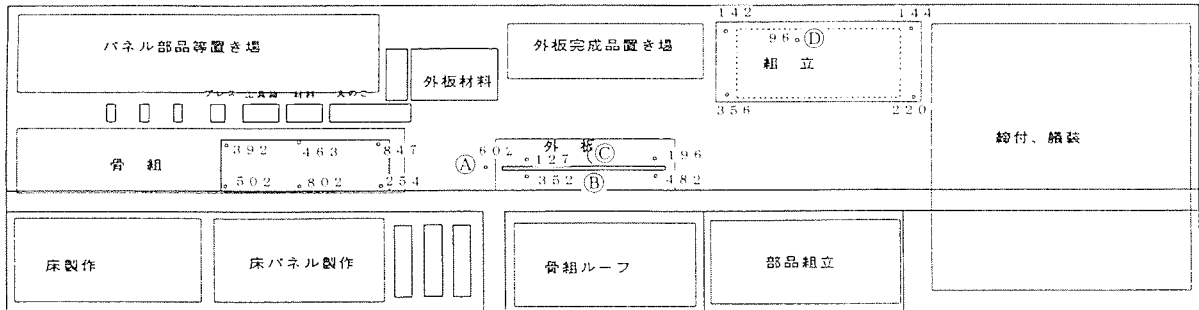


図4 騒音測定結果

測定日時：6月18日 (木) 測定条件：5S間隔50回 (dbA)

	A	B	C	D
L A 5	98.2	104.8	102.0	92.0
1 0	78.4	104.8	90.4	87.2
5 0	66.4	70.2	68.8	75.8
9 0	64.0	60.4	64.8	65.0
9 5	63.8	59.8	63.8	65.0
L 0	63.6	59.2	62.8	65.0
H I	98.4	104.8	102.8	96.2

二. 目視観察による問題点の指摘

エルゴマの観点から目視観察により対象

工程の問題点の摘出を行った。

その摘出された内容を下記に示す。

分類	問題点及び場所
5S	(全体) ・ 錆止め塗布の際、マスクをしていない ・ 物を探す時間が多い ・ 帽子をかぶっていない作業者がいる (骨組) ・ 作業分担が不明確で、作業途中で色々な作業をしている ・ 各作業とも作業台の高さが低い。高さが調整できる作業台なのに無駄になっている (外板、リベット) ・ パネルの移動、反動などのクレーン作業であるため、クレーン待ちが発生 (内装) ・ 木材切断作業を内装作業付近で行っており、通行の邪魔

分 類	問 題 点 及 び 場 所
作業姿勢	(全体) ・床の凹凸が多く台車が使いにくい ・作業姿勢が悪い ・配線時の部分照明を考える (骨組) ・クレーン運搬の際、通路以外の場所を通るため、足元に部品や治具があり危険である (内装) ・床板のネジ締め作業の作業姿勢が悪い
教育訓練	(全体) ・現場教育は見様見真似で、1～2週間のOJTを行う 先輩の言うことが当たり前、作業は作業者の裁量にまかされている ・作業内容に無駄があるような感じがする ・計画的多能工化が図られていないので、加工のフレキシビリティができていない
段取り	(全体) ・段取り位置が明確化されていない (骨組) ・クレーン運搬で一本吊りしているので、2名で支えなければならない
労働生産性	(全体) ・図面がわかりにくい、図面を見て考える ・部品図、部品構成表がないため、作業者の検討時間の無駄、原価管理、在庫管理の制度が悪い (骨組) ・ホップリベット機の作業性が悪い (外板、リベット) ・図面に部材指定がないため、外板材料の選定に時間が掛かっている
作業管理	(骨組) ・徹底して一つの仕事をやっていないため、人の無駄がある ・最適作業人数がわかっていない (外板) ・パネルの移動、反転などでクレーン待ちが発生 ・型材と外板のリベット穴が合わないため、全ての穴をさらっている
治工具化	(全体) ・計測が多いので、そのための治工具を考える (骨組) ・ポップリベット機を吊り下げタイプにする治具化を考える (外板) ・パネルの反転に時間が掛かっている ・リベット止めに関し簡易治工具を考える (パネル部品置き場) ・プレス、パネルソー等の機械が可動式になっていない

分類	問題点及び場所
在庫管理	(全体) ・資材置き場で、製品のサイズや形式の記載された名札が小さく、かつ、汚くてわかりにくい (外板) ・パネル在庫の置き方が、補充の際上にある部材をどけなければならない構造になっている
レイアウトの見直し	(全体) ・作業している上をパネルが頻繁にクレーンで移動しており、危険であり、かつ移動の無駄が見られる (骨組) ・プレス機、工具置き場などの設置場所が使いにくい (内装) ・木材切断作業を内装作業付近で行っており、通行の邪魔になっている

ホ. 作業負担の把握

稼働状況の把握時、不具合作業姿勢の出現及び作業者の訴えから、6工程の中で最もつらいとされる作業が、写真1に示す前工程における“リベット打ち作業”であることが明らかとなった。この作業は2名1組の組作業で、ハンドリベット打ち機使用による高騒音、高衝撃が生じる作業であり、長時間のしゃがみ姿勢が要求されるものであった。

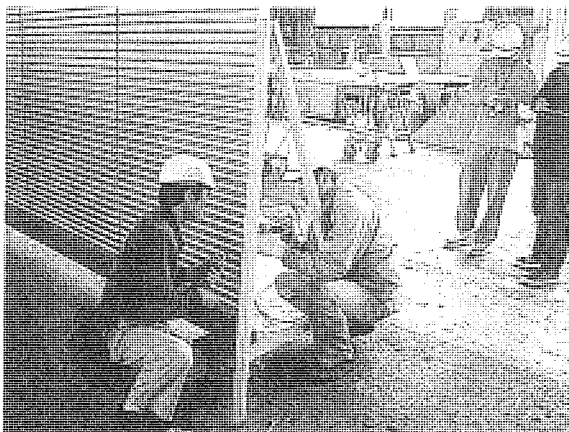


写真1 リベット打ち作業

① 作業姿勢負担評価指数の算出

共同研究者の三上研究室で開発した「生産現場の作業姿勢データ」と「データベース化された作業姿勢の定量的な負担評価指数 (EMG使用)」をコンピュータ

プログラムで照合し、定量的な負担評価が可能な「作業姿勢負担評価システム」を用いて、作業姿勢負担評価指数を算出した。

一連のリベット打ち作業をVTRで撮影し、30秒毎のスナプリーディング方式により、観測者が「作業姿勢コード表」を用いてコードに変換した。その後、本作業をメインに行っている中高齢作業者(60歳)の姿勢データを本システムに入力して負担評価指数を求めた。

リベット作業の作業順序は図5のとおりである。

図5 リベット打ち作業内容

ID	作業内容	作業時間(分)
200	パネル板合わせ	14.5
201	パネル板を立てて固定	4.0
206	リベット打ち準備	5.5
202	リベット打ち作業	71.0
203	パネル板を床に設置	2.5
204,5	防水加工作業	3.5
207	パネルをクレーンで移動	2.0
208	外枠運搬	1.5
209	パネルを外枠に取りつけ	20.5
		128.0

図6に、“リベット打ち作業”の作業姿勢負担評価指数の算出内容を示す。

作業姿勢負担評価は110.0を示した。

図6 工程における負担評価指数

工程番号	1001				
作業ID	姿勢発生回数	全体における発生割合	各姿勢指数合計	作業の負担評価指数	
200	29	11.46	116.773	13.385	
201	8	3.16	112.227	3.549	
202	184	72.73	110.178	80.129	
203	5	1.98	76.986	1.521	
204	6	2.37	144.604	3.429	
205	3	1.19	110.194	1.307	
206	11	4.35	110.013	4.783	
207	4	1.58	62.166	0.983	
208	3	1.19	79.503	0.943	
集計	工程番号=1001(9レコード)				
合計	253	100.00		110.029	
総計	253	100.00		110.029	

負担評価指数と疲労自覚感との関係では、指数が110を超えると疲労感が高くなることが知られている。本作業の指数は、忍限度を示すものであったが、リベットの一連続作業時間が71分と極めて長いことを加味すると、姿勢負担の大きいことが示唆される。

② 心拍数の変動

負担の大きさを示す指標として、“リベット打ち作業”時の心拍数の変動を携帯用心拍装置にて記録した。対象作業員（60歳）の作業中の心拍数は、最小値 99拍/分～最大値130拍/分を示し、平均115.0拍/分、標準偏差7.2を示した。

③ 歩行分析と消費 Kcal値

本作業における準備から完成までの歩行回数は2,119歩、消費 Kcal値は、32.0 Kcalであった。

(2) 中高齢者と若年者合同の教育訓練制度の確立と試行

現状分析結果は、本工場をめぐる外部環境条件が益々厳しくなる状況下であるにもかかわらず、極めて多くの労働生産性や作業負担に関する問題点を有していることを明らかにし

た。これらの問題点を一つ一つ解決していくことなしには、本工場の生き残りをかけた「中高齢者の知識・技能を充分活用し“短納期生産”への対応が可能なフレキシブル生産体制への移行」は不可能と思われた。

そこで、本研究では、当工場に最も大切なことは「これらの問題の解決を可能とする体質を構築していく」ことと考え、中高齢者と若年者合同の教育訓練制度の確立とその試行を実施することにした。

訓練制度としては、まず、本研究担当者の中から「中高齢者と若年者合同の改善チーム」を発足させ、順次改善の実施を図ることとした。さらに、教育訓練制度の一環として、本年度は「社内及び協力会社勉強会」の形式をとり、全従業員を対象とした勉強会から始めることを決定し実施した。

イ. 中高齢者と若年者による改善チームの発足と改善の実施

改善は、現状分析で「パプコ北海道の指摘事項」(図7)としてあげられた問題点について、各々の項目に対する「改善対策の立案」並びに「担当責任者と処理期限」を決め順次実行することとした。

図7 パブコ北海道の指摘事項

NO	問 題 点	対 策	担 当	期 限
1	{縮め付け、艀装}			
2	天井クレーンの点検口付近に物が置かれている。	◎ 処理済(各区分ごとの責任者を明確にして、 ◎ 工具、治具、部品等の管理を徹底させる。)		11月末
3	2 シャーリングの防護柵が外されている。 3 脚立の使い方をもうとて考えては？ タイヤのついたステップを作るなど。	◎ 防護柵の見直し、即改修。 ×		11月末
4	{商品組立、組立}			
5	4 部品組立の作業場所が暗い。	○ 各区分ごとに定期的に清掃活動させる。 ○ (責任者を明確にする。)		11月末
6	5 次の作業をする前にしばらく考えてから、次の作業にかかっている。考えなくてもすぐできる工夫がほしい。 6 作業者のそばに図面がない。	○ 作業標準マニュアル制作。 ○ レイアウト変更時に改善する。		来年3月末
7	{外板、骨組みルーフ、外板置き場}			
8	7 ホワイトパネルを現物合わせで穴あけを行っている。 パネル単体で事前に加工できないか。	○ レイアウト変更時に改善する。 (穴あけプレス機の導入の検討。)		来年3月末
9	8 穴あけの作業が地べたで行われている。	○ レイアウト変更時に改善する。		来年3月末
10	9 治具の準備で何度も工具箱へ行き来している。	○ レイアウト変更時に改善する。		来年3月末
11	10 金尺を使って材料のカットを行っているが、治工具化できないか。 11 パネルの仮止め用のねじを手作業で取り外しているが治工具化できないか。	× ○ ネジ式よりピン式に変更。		来年3月末
12	{外板、材料}			
12	12 工場内に大きな日程表(暖房機の上)があるが、使用しないのか？	○ 情報連絡板として活用。		
13	{パネル部品置き場}			
14	13 コンクリートの混合用箱が置きっぱなしになっている。	◎ 済。		来年3月末
15	14 部材や端材が地べたに無造作に置かれている。	◎ レイアウトの検討。		11月末
16	15 長期間使用されていない機械のメンテナンスが不備である。(溶接機など)	◎ No1と同様の対応。		
17	16 エアー漏れが数カ所ある。 (アセチレンや酸素も可能性が…。)	○ 工場内不具合箇所報告書を作り、掲示する。		12月末
18	17 工具箱の名称と入っている物が異なるところがある。	◎ No1と同様の対応。		11月末
19	18 使われていないようなチェックシートの看板(高いところで見づらい)が多くみられる。 本当に必要な物だけを整備した方がよい。	◎ 掲示物の見直し。(各区分ごとによる。)		12月末
20	19 パネルソーが入口にかぶったレイアウトになっている。	○ レイアウトの検討。		来年3月末
21	20 アルミのロール材が無記名のまま置かれている。	◎ 看板の取付。		12月末
22	21 機械が可動式になっていない。(プレス、パネルソー)	×		
23	22 板材のストッカーに部材を収集する方法を、クレーンだけでなくフォークリフトでもできる工夫にする。	○ レイアウト変更時に改善することを検討中。		来年3月末
23	{全体}			
24	23 倉庫部品の手配状況(手配されているかどうか)が不明確。(ビス、立体置場など)	×		
25	24 木枠梱包の資材が、取り出しを考えて置かれていない。	×		
26	25 作業者の治具準備の歩行が多い。	○ レイアウト検討。		来年3月末
27	26 クレーンの通路場に工具箱、ゴミ箱などの障害物がある。	○ レイアウト検討。		来年3月末
28	27 外部の資材倉庫との間に出っ張りがある。	◎ 済。		
29	28 切断機の下にヤットコなどの工具があり、切り粉がかかる。	○ No1と同様の対応。		11月末
30	29 アルミコイルとマットの扱いが違う。	×		
31	30 アルミコイルのカバーが汚く、カバーがコイルに接触しているため、傷がつく。	○ No1と同様の対応。		11月末
32	31 工場全体が暗い。	◎ No1と同様の対応。		11月末
33	32 小物部品のストッカーの銘板が、取り出す作業員から見えない方向についている。	◎ 見える方向に修正。		来年3月末
34	33 大型プレス付近にあるエアーの調整弁の取っ手が柱から出っ張って危険。	○ 保護棒の設置。		来年3月末
35	34 工具は整理されているが、使った工具が片付け易いようになっているか検討した方がよい。	△		
35	35 ワイヤが整理されているが、使用頻度に合わせて整理する場所を複数設けた方がよい。	△		

ロ. 全社員を対象とした「勉強会」の実施
 全従業員を対象として「社内及び協力会社勉強会」を実施した。

(3) 作業改善支援システムの開発

負担評価システムを生産現場に適用し、作業姿勢負担評価指数を算出するには、ワークサンプリング時での作業姿勢コードへの変換が必要となる。正確でスムーズなコード変換には、コード表を熟知しておくことが前提となり、本システムではこの変換作業がネックとなっていた。ちなみに、前述したリベット打ち作業における姿勢負担評価指数は、VTRで撮影し30秒毎のスナプリーディング方式を用いて、観測者が「作業姿勢コード表」によりコードに変換し負担評価指数を求めた。

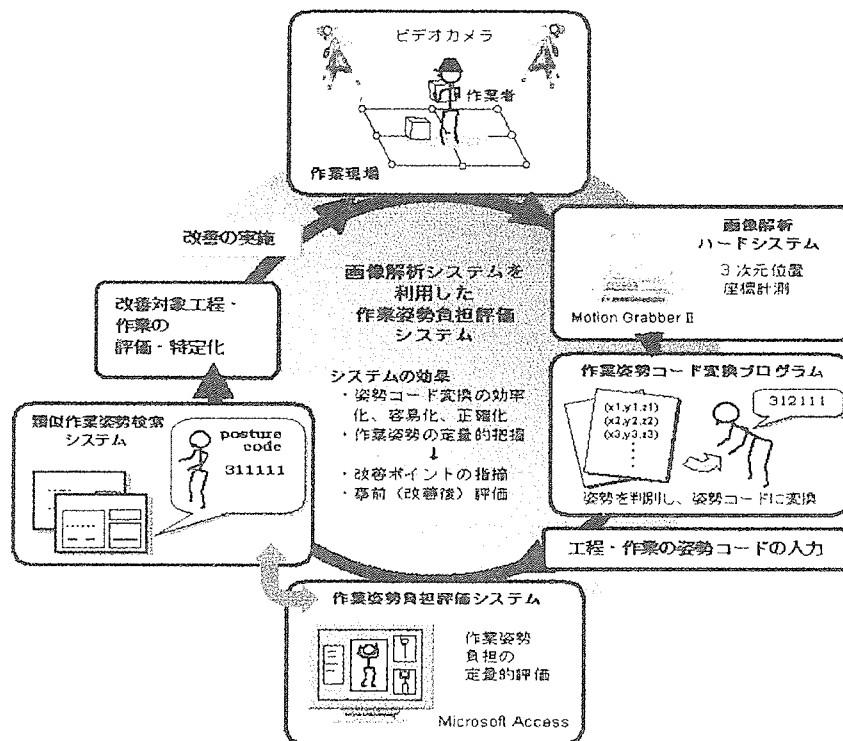
そこで本研究では、コード表を熟知していなくても簡単に解析可能なユーザビリティの向上に向けた、作業姿勢コード変換の容易化、効率化、正確化に資する新たな「画像解析システムを利用した作業姿勢負担評価システム」を構築することとした。

イ. 画像解析システムを利用した作業姿勢負担評価システムの概念設計

① 概念設計

本評価システムを生産現場に適用する際、一番のネックとなるのは、ワークサンプリング時での姿勢コードへの変換である。本研究では、画像解析を利用して作業姿勢のコード化を図るシステムの構築を考えた。図8に、システムの概念を示す。

図8 画像解析システムを利用した作業姿勢負担評価システムの概念



② 負担評価指数算出までの手順及びデータの流れ

図9に概念設計に基づく画像解析ハードシステムから作業姿勢負担評価指数算出までの手順及びデータの流れを示す。

まず、校正計測対象、作業への反射

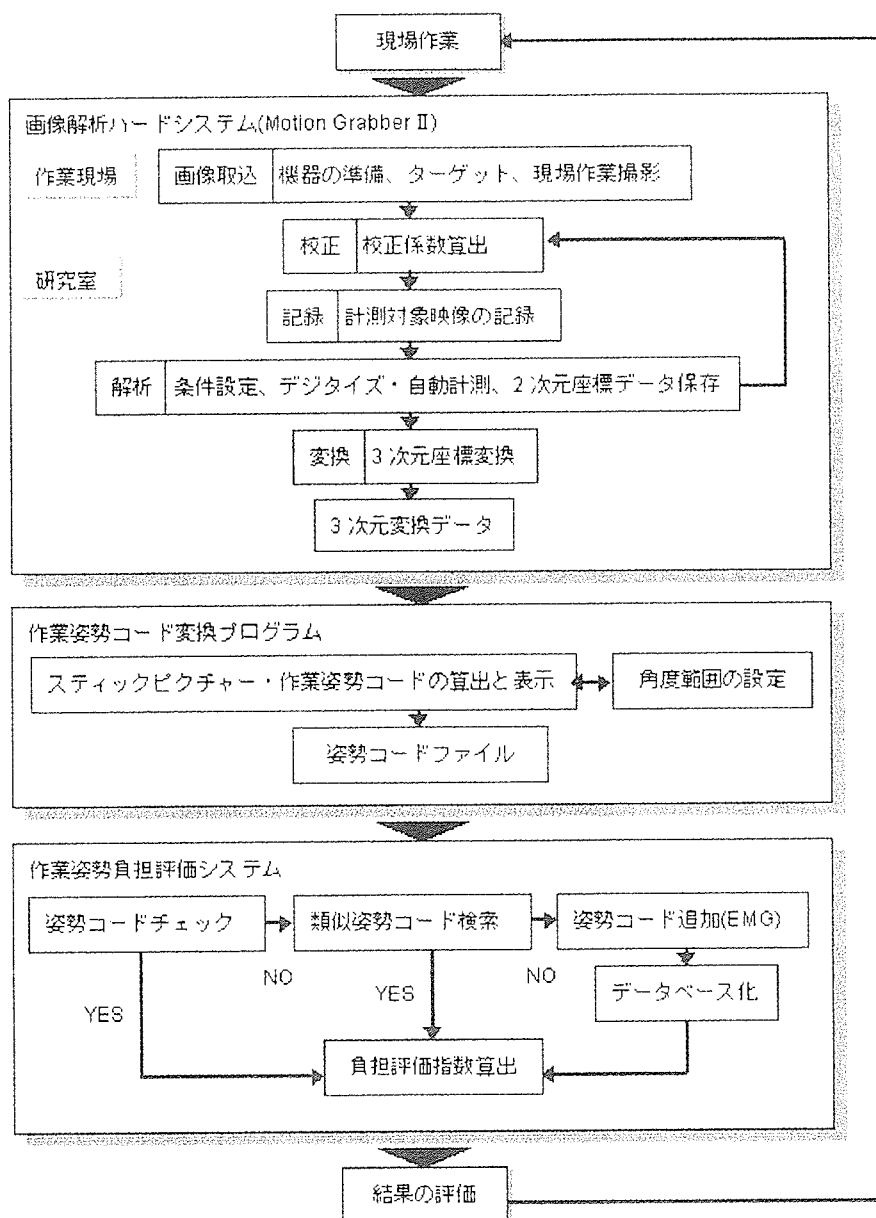
マーク貼付け等の機器の準備を行い、2カメラシステムで現場作業を撮影する。

次いで、撮影したビデオテープを画像解析システムを用いて、校正係数の算出、解析に必要な条件設定、デジタイズを行い、3次元座標データを作成する。

次に作業姿勢コード変換プログラムでスティックピクチャの描画、角度・高さ計算を行い作業姿勢コードに変換し、フ

ァイルを作成する。最後に作業姿勢負担評価システムに作業姿勢コードを入力し、作業姿勢負担評価指数を算出する。

図9 手順及びデータの流れ



ロ. 画像解析システムを用いた人体各部位の3次元位置座標計測

画像解析ハードシステムとして採用したMotion Grabber IIは、2台のカメラから撮った画像間の対応関係から三角測量の原理で物体の3次元形状を計算するものである。

本システムの一回当たりの取込み画像は、384姿勢、取込み間隔は1/60~240/60secの可変式である。取込み画像の位置の検出と追跡をつかさどる3次元計測装置本体

は、ホストコンピュータ (NEC PC-9821Xe) によって制御されている。両者の間のデータのやり取りは、GP-IBインターフェースを介して行われる。対象となる人体の各部位の位置は、二値化画像における輝点から求められる。即ち、演算処理によって求めた輝点の図心を、対象となる人体の各部位3次元座標とみなす。これらシステムの制御は、Motion Grabber II 専用画像解析ソフトウェアによって行われる。

ハ、作業姿勢コード変換システムの構築

① 作業姿勢コード変換プログラムの作成

Motion Grabber IIにより3次元計測された人体の姿勢データを判別し、作業姿勢負担評価システムに対応する作業姿勢コードに変換するプログラムを作成した。

図10に、作業姿勢コード変換プログラムの構成を示す。変換プログラムは、1) 3次元座標を2次元に変換し、スティック

ピクチャを描画する部分、2) 作業姿勢コード算出のために人体の各部位の角度計算及び作業姿勢コードを決定する、2つの計算部分から成っている。本変換プログラムは、Symantec社の、Visual Café for JAVA PDE version2.1Jを用いて作成し、Windows95のグラフィック・ユーザ・インターフェース(GUI)にしたがった一般的な操作性を持たせている。

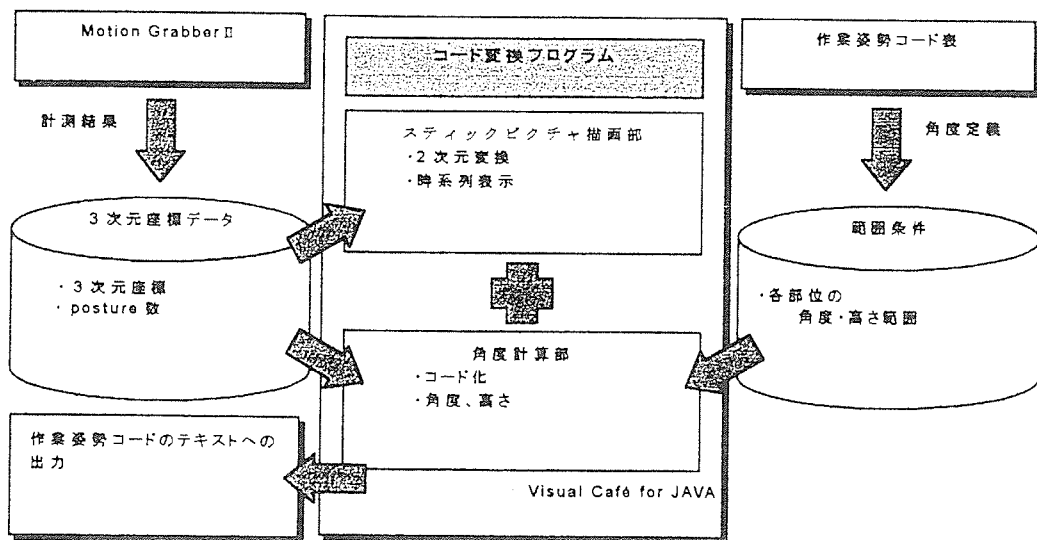


図10 作業姿勢コード変換プログラムの構成

1) スティックピクチャの描画に関するプログラムステップ

スティックピクチャ描画部では、作業姿勢を任意の計測点間を線分で結んだ3次元図形で表示し、計測対象の3次元姿勢を確認する。また、ビデオ撮影時における作業姿勢を時系列的に再現表示する。

3次元形状は普通、3次元ワールド座標系で定義される。即ち、コンピュータ内部で定義された3次元形状物体をディスプレイへ出力する場合、3次元データを2次元データに変換(2次元スクリーンに投影)する必要がある。2次元のスクリーン座標に変換するには、ワールド座標系を視点座標系(eye coordinate system)に変換し、平行投

影(視点からの遠近に関係なく同じ大きさで表示)を行う。スティックピクチャの描画では、このような3次元ワールド座標系(3 dimensional world coordinate system)からスクリーン座標系への変換定義を利用した。スティックピクチャの描画は、以下に示す手順で行なった。

- * 3次元空間の中心、データの最大値、最小値の算出
- * フレームに表示するスケールの算出
- * 表示画面の中心の算出
- * 3次元空間の中心を画面2次元上の座標に変換
- * データを順次2次元上の座標に変換
- * 変換した座標を結びスティックピ

クチャを描画

2) 各部位の作業姿勢コードの算出に関するプログラムステップ

作業姿勢コードの算出は、対象各部位の角度を算出し、その値と角度・高さの範囲条件との比較によって行なった。

〈身体各部位の角度・高さ算出法〉

図11のスティックピクチャを対象に、作業姿勢コード算出のための角度計算法を示す。

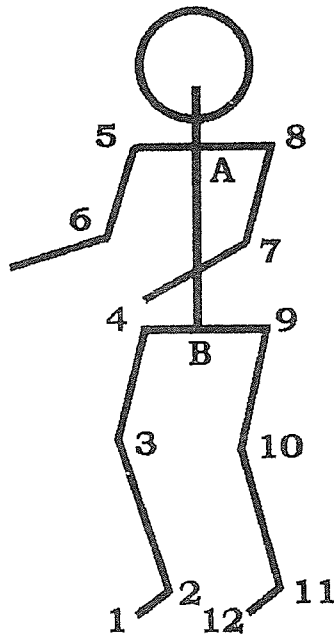


図11 人体の各部位に対応する番号

- * 肩の midpoint をA、腰の midpoint をB、腰の線(4→9)に垂直な面をCとする。
- * 上肢の背骨に対する腕の角度は、背骨の線(A→B)と腕の線(右腕5→6, 左腕8→7)との角度[0~180°]となる。
- * 腰部の側屈の角度は、Cと背骨の線(B→A)との角度[0~90°]、回旋の角度は、背骨の線(B→A)に垂直な面に、肩の線(5→8)と腰の線(4→9)を射影したときの角度[0~180°]となる。
- * 上体の前屈の角度は、Cと腰の線(4

→9)を含む床面に垂直な面との交線と、背骨の線(B→A)をCに射影した線との角度[-180~180°(前方が正)]となる。

- * 下肢の右膝の角度は4→3と3→2との角度、左膝の角度は9→10と10→11との角度[0~180°]、右かかとの角度は3→2と2→1との角度、左かかとの角度は10→11と11→12との角度[0~180°]となる。また、腰の中心・膝の高さは、それぞれのZ座標の値[mm]となる。
- * 足先のかかと・足先の高さは、それぞれのZ座標の値[mm]として算出する。

〈角度・高さの範囲条件〉

変換プログラムでは定量的な角度・高さの範囲条件に関して、上肢6つ、腰部6つ、上体3つ、下肢15、足先12からなる条件設定を行った。上肢(1桁目)の場合の出力コードと角度の範囲の関係を図12に示す。

図12 上肢コードと角度の関係

出力コード	肩1の角度-1	肩1の角度-2	肩1の角度-3	肩2の角度-1	肩2の角度-2	肩2の角度-3
1	120	135	180	120	135	180
2	60	90	12	60	90	120
3	15	45	60	15	45	60
4	120	135	180	60	90	120
5	120	135	180	15	45	60
6	60	90	120	15	45	60
7	0	0	15	0	0	15

〈作業姿勢コードの算出〉

上記を基に右肩(830.36, 343.234, 1119.15)、右ひじ(778.147, 280.056, 906.974)、右腰(530.626, 208.728, 883.346)、左肩(502.22, 649.446, 1078.54)、左ひじ(413.81, 627.118, 892.827)、左腰(334.045, 478.771, 870.931)の3次元座標が与えられた場合の上肢コードの具体的な計算は、

- * 右肩、左肩のデータから肩の midpoint

を算出

- * 右腰、左腰のデータから腰の中心点を算出
- * 右肩、右肘から右腕の方向ベクトル、前項より背骨の方向ベクトルを算出
- * 右腕の角度をラジアンで計算
- * ラジアンを度に変換
- * 設定した角度範囲と角度を比較して姿勢コードを決定

のステップを通して行われる。以上の計算結果より、右腕の角度 31.87° 、左腕の角度 27.81° が求められ、図12より出力コード3が求められる。その他の部位についてもプログラムを作成した。

② 実作業姿勢との整合性の検討

図13に、実作業姿勢と変換プログラムによるスティックピクチャと算出された作業姿勢コードを示す。実作業姿勢は、腕を下ろし、腰を回旋させた姿勢である(写真2)。この作業姿勢のコードは、73111に相応する。本変換プログラムを使用して算出した作業姿勢コードは73111とな

り、整合性が得られた。

実作業姿勢と出力されたスティックピクチャならびに作業姿勢コード間には一切の差異が認められないことから、作成した変換プログラムの有効性が示唆される。

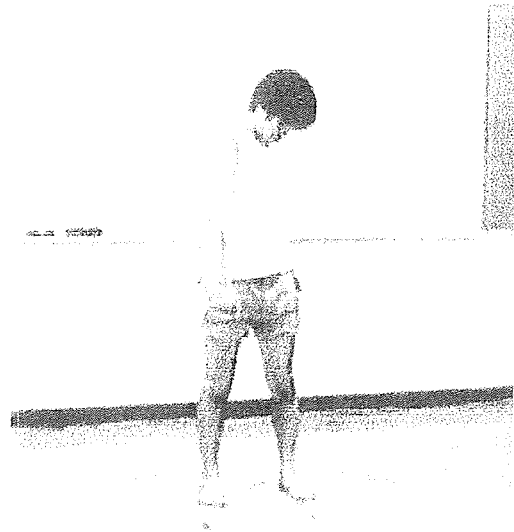


写真2 実作業姿勢

```
Posture Code Conversion Program
File Data Help

aR :      8 aL :      6 codeA : 7
wS :      4 wK :     33 codeW : 3
UB :     -1                codeUB: 1
aKR:      4 aKL:      0
aHR:     83 aHL:     93
hKR:    388 hKL:    393
HW :    932                codeLB: 1
hHR:   -27 hHL:   -40
hHR:   -52 hHL:   -36 codeF : 1

Data :   11 /   27
Code  :       73111

previous home next
```

図13 実作業姿勢とスティックピクチャ

ニ. 類似作業姿勢コード検索システムの構築
ビデオカメラでは捉えきれない一部欠損作業姿勢を類推するために、また現状の作業姿勢コードにはないが、同類の作業内容の中から類似作業姿勢を検索できる、姿勢のコード化を支援するシステムを考案した。

2. ハード面での研究

(1) 全工場からあがった改善が必要と思われる作業

従業員参加型の改善手法を用い、改善が必要と思われる作業や支援機器案を提案させたところ、下記の案が得られた。

1. リベット打ち作業
2. サンドイッチパネル用FRP接着面荒らし作業
3. 外板穴あけ作業
4. 外板ALコルゲート収納作業
5. ルーフ板(ALロール)引き出し巻き戻し作業
6. 木工場FRP収納作業
7. パネルバンプレ内装作業
8. ルーフスティフナーバンデングローラー
9. 床タッピング止め用、下穴あけ工具
10. ALサンドイッチパネル移動作業

これらの中から高齢化対応型の生産性と人間性の融合の観点から下記のイ. ~ニ. の作業を対象とした支援機器導入の改善を実施した。

イ. 「リベット打ち作業」

ロ. 「サンドイッチパネル用FRP接着面荒らし作業」

ハ. 「外板穴あけ作業」

ニ. 「外板ALコルゲート収納作業」

(2) 改善案の実施と効果測定

支援機器・装置の開発・試作・導入を行い、効果を測定する。

イ. 「リベット打ち作業」

① 改善前

2名1組で、1台当たり約 1,000~

3,400本のリベットを1個ずつ手打ちしており、生産効率の悪さ、不具合作業姿勢、手への衝撃、高騒音が生じていた(写真3)。



写真3 現状作業

② 改善案

自動送り装置付き「油圧プレスリベット機」(写真4)

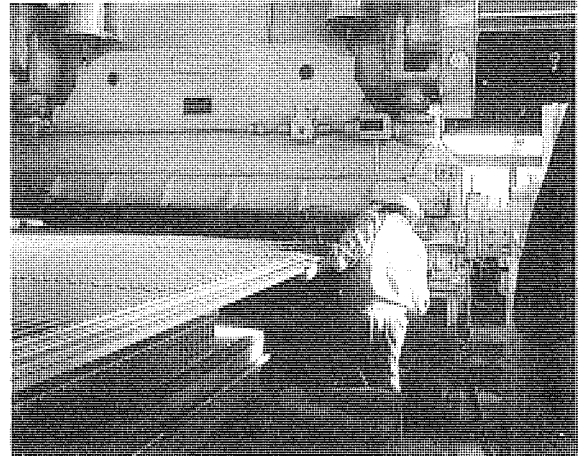


写真4 改善後

③ 生産現場への「画像解析システムを利用した作業姿勢負担評価システム」の適用と評価

この「リベット打ち作業」を対象として、本研究で行った「画像解析システムを利用した作業姿勢負担評価システム」を用いて改善結果の効果測定を試みた。

解析は、サンプリング間隔を4secとして、12ヵ所のデジタイズから、3次元位

置座標データを作成し、作業姿勢コード表を一切用いることなくコード変換プログラムを通して容易に効率的に作業姿勢のコード化を図ることができた。

本システムから得られた改善後作業の

作業姿勢負担評価指数は、95.175であり、改善前指数110.029に対し13.5%の減少を示す作業姿勢の改善効果が認められた。生産現場での適用を通し、構築したシステムの有効性を確認した。

④ 改善評価

リベット打ちプレス機導入の改善評価	
・ 労働生産性 ;	<u>「リベット打ち作業のパネル一枚当たりの作業時間」</u> 改善前 ; 128分、改善後 ; 43分 85分の短縮、3倍
・ 労働負担 ;	<u>「作業姿勢負担評価指数」</u> 改善前 ; 110、改善後 ; 95 13.5%減
	<u>「心拍数の経時的変化」</u> 改善前 ; 変動範囲 99~130、平均115、変動係数6.3 改善後 ; 変動範囲106~125、平均113、変動係数4.4 心拍のバラツキの減少
	<u>「歩行回数と消費Kcal」</u> 改善前 ; 歩行回数 ; 2119、消費Kcal ; 32.0 改善後 ; 歩行回数 ; 1212、消費Kcal ; 20.3 歩行回数42.8%減及び消費Kcal36.6%減
	<u>「作業者の訴え」</u> 「比較にならないくらい良くなった」と回答
・ 作業環境 ;	<u>「騒音」</u> 改善前 ; 最高値104.8db(A)、最低値59.2db(A)、 全体の50%が70.2db(A) 改善後 ; 最高値92.4db(A)、最低値59.6db(A) 全体の50%が66.0db(A)で全体に騒音が減少した

ロ. 「サンドイッチパネル用FRP接着面荒らし作業」

① 改善前 ;

FRPボデーの場合は、接着面を荒らす作業が不可欠となり、現状作業では作業者が表面を荒らしていた。不具合作業姿勢の発生及びFRPの粉塵も発生し衛生的にも悪いものとなっていた(写真5)。

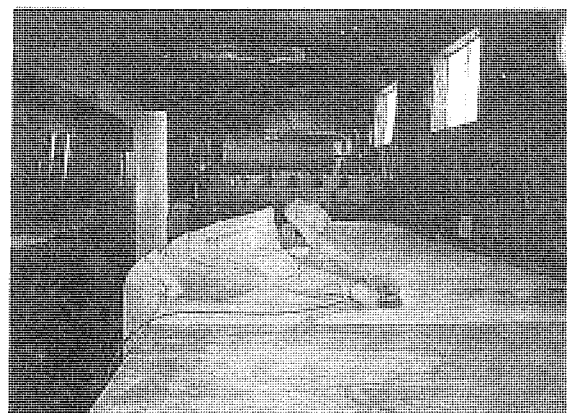


写真5 現状作業

② 改善案

ポリシャーを利用した半自動FRP接着面荒らし機 (写真6、7)

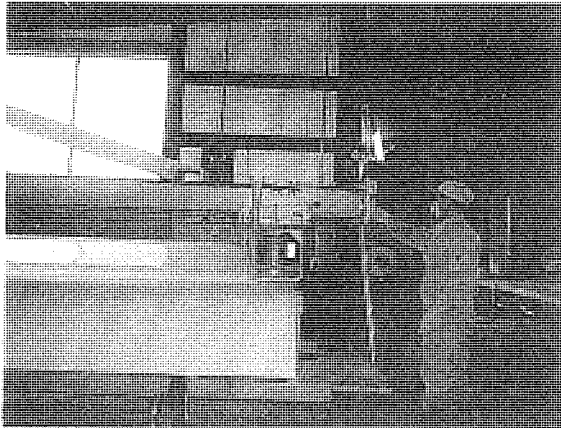


写真6 改善後

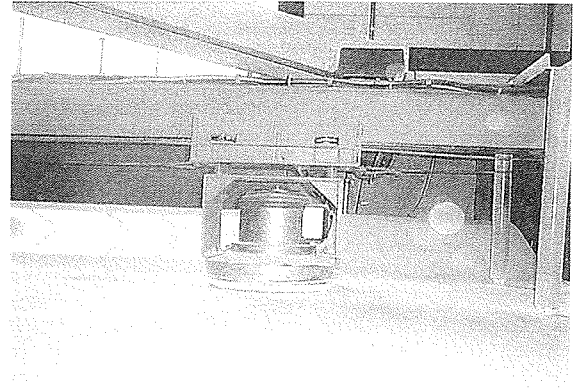


写真7 改善後

③ 改善評価

ポリシャーを利用した半自動FRP接着面荒らし機導入の改善評価

・ 労働生産性 :

「中型車を想定した作業時間 6.2m×3枚」

改善前 ; 直径12.5cmの場合、362.6分

改善後 ; 直径 30cmの場合、160分

202.6分の短縮、2.3倍

作業者の多工程持ちが可能となった

・ 労働負担 :

「作業姿勢負担評価指数」

改善前 ; 101.6、改善後 ; 55.6

45.3%減

「作業者の訴え」

・ 腕・腰にかかる負担が減った

・ 直接FRPの粉塵を吸い込まず衛生的に良くなった

ハ. 「外板穴あけ作業」

① 改善前

ボデー構成アルミパネル板は通常リベット用穴があいているが、オーダーメイドのため、ドアの位置により適宜リベット用穴をあけなければならない。

これまで、その都度、「計測」、「罫書き」、「ハンドドリルでの穴あけ」を行わなければならない、作業性の悪さや不具合作業姿勢が発生していた (写真8)。



写真8 現状作業

- ② 改善案；
外板穴あけプレス機（写真9、10）

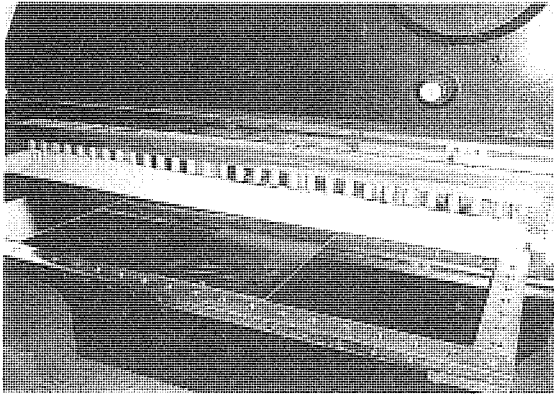


写真9 改善後



写真10 改善後

- ③ 改善評価

外板穴あけプレス機械導入の改善評価	
・ 労働生産性；	<u>「48箇所穴あけ作業時間」</u> 改善前；2.2分 改善後；1.1分
・ 労働負担；	<u>「作業姿勢負担評価指数」</u> 改善前；151.8 改善後；105.1 30.8%減 <u>「作業者の訴え」</u> 「腕・腰にかかる負担が減った」との回答

ニ. 「外板ALコルゲート収納作業」

- ① 改善前

外板パネル板の入・出作業は、棚が積み重ね方式であったため、作業者が目的

の材料を出し入れするためには、棚に登って1回ずつ吊りベルトの掛けかえを行わねばならず、作業性が悪くかつ危険性をともなうものであった。

② 改善案

外板ALコルゲート収納棚（写真11）

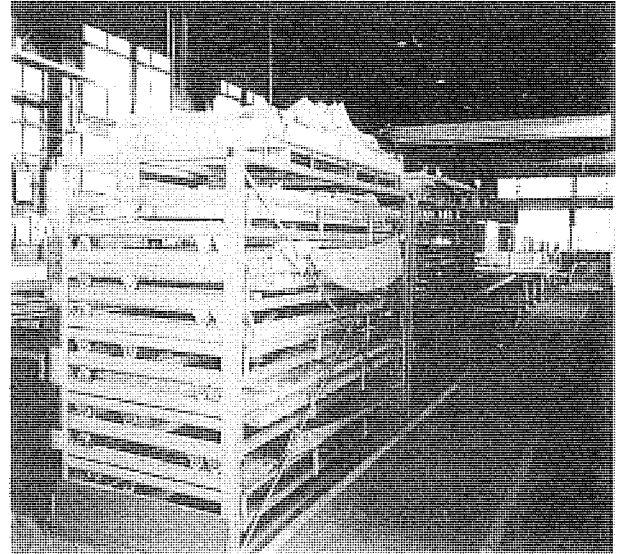
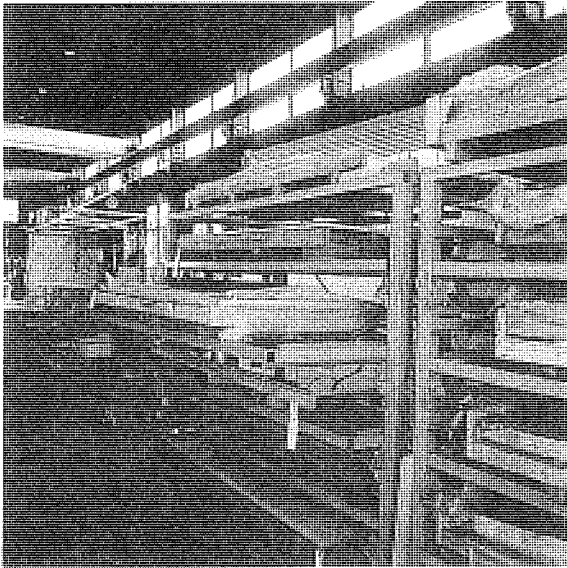


写真11 改善後

③ 改善評価

外板ALコルゲート収納棚導入の改善評価

- ・ 労働生産性；
段取り替えがなくなり、無駄が減った
- ・ 安全性；
棚の上に登っての出入りがなくなり不安全状況が改善された

将来へ向けての展望・まとめ

全国の普通トラック販売台数は対前年比36.1%減となり、トラックボデー製造業でのコスト、品質、短納期の競争は益々激しくなっている。

本研究では、当社の問題点が顕在化するとともに、いかに無駄が多く発生し生産性が低いかが明らかとなった。このことは反面、当工場において無駄をなくすことができれば、厳しい時代ではあるが当社も打ち勝って行くことができることを示している。当社のこれまでの売価は、幸か不幸か原価積上型の形態が可能であった。残念ながらこのことが当社の体質を弱めていたことは否めない事実である。「体質」とは個々の細胞からなるものである。当社の細胞はとりもなおさず当社の構成員である。この構成員、すなわち、「トップから一従業員」「製造・販売・事務員」「老若男女」「パート、正社員」、「本社、協力会社」等まで、全員が一丸となって個々人としての「細胞の強化」を図らなければ、当社の体質に染み込んだ無駄はなくなるものと思われる。

そこで、本研究を通して本年度は「不況下でも生き残れる体質改善」に向けてその第1歩を踏み出した。その具体的内容は本報告書に記載した通りである。本研究を契機に、工場内の多くの従業員から最近「無駄に関する新たな事項」があげられてきている。反面、未だに現状を認識できない従業員がいるもの事実である。

これまで、「作業改善」と言うと多くの費用をとまなう機器改善を思い浮かべることが多かった。確かにハード面で実施した「リベット打ちプレス機」の導入は、大型、小型、パネルバン、ウイングボデー等も製作対象に入れることから加工上の生産性向上への効果は大きく、費用もかかるものである。しかし、本研究を通して機器改善のみが改善ではないことをあらためて認識した。“従業員からあげられた問題点の解決を1つでも2つでも図って行くこと”が当社の生き残り並びに従業員の意識づけ、細胞強化の観点から何よりも大切と考え、1歩、1歩前進して行く予定である。