

### 3 研究対象企業の調査・解析

### 3 研究対象企業の調査・解析

平成 12 年度の研究成果を要約すると、第 1 モデル（大企業）では、高齢作業員活用型の職場開発に関わる作業方法を提案し、第 2 モデル（中小企業）では、労働力不足を考慮し、高齢者が働きやすい作業環境を構築するための考察を行っている。平成 12 年度研究における、第 1 モデルの流れ作業方式の調査結果、第 2 モデルの作業環境改善前の調査結果については、「平成 12 年度中間報告書」を参照されたい。

本章では、本研究のまとめとして、提案したモデル（生産方式、作業環境要因）を研究対象企業において実施・評価を行い、その考察から、高年齢者活用型のモデルを総合的にシステム設計の考え方として提案するための考察を行う。

### **3-1 第1モデル企業調査**

本モデルでは大手家電メーカー アイロン製造ラインを対象にした、高齢者活用型の生産性と人間性の調和を目指した生産方式を構築（設計）、実施し、その内容を評価したものである。

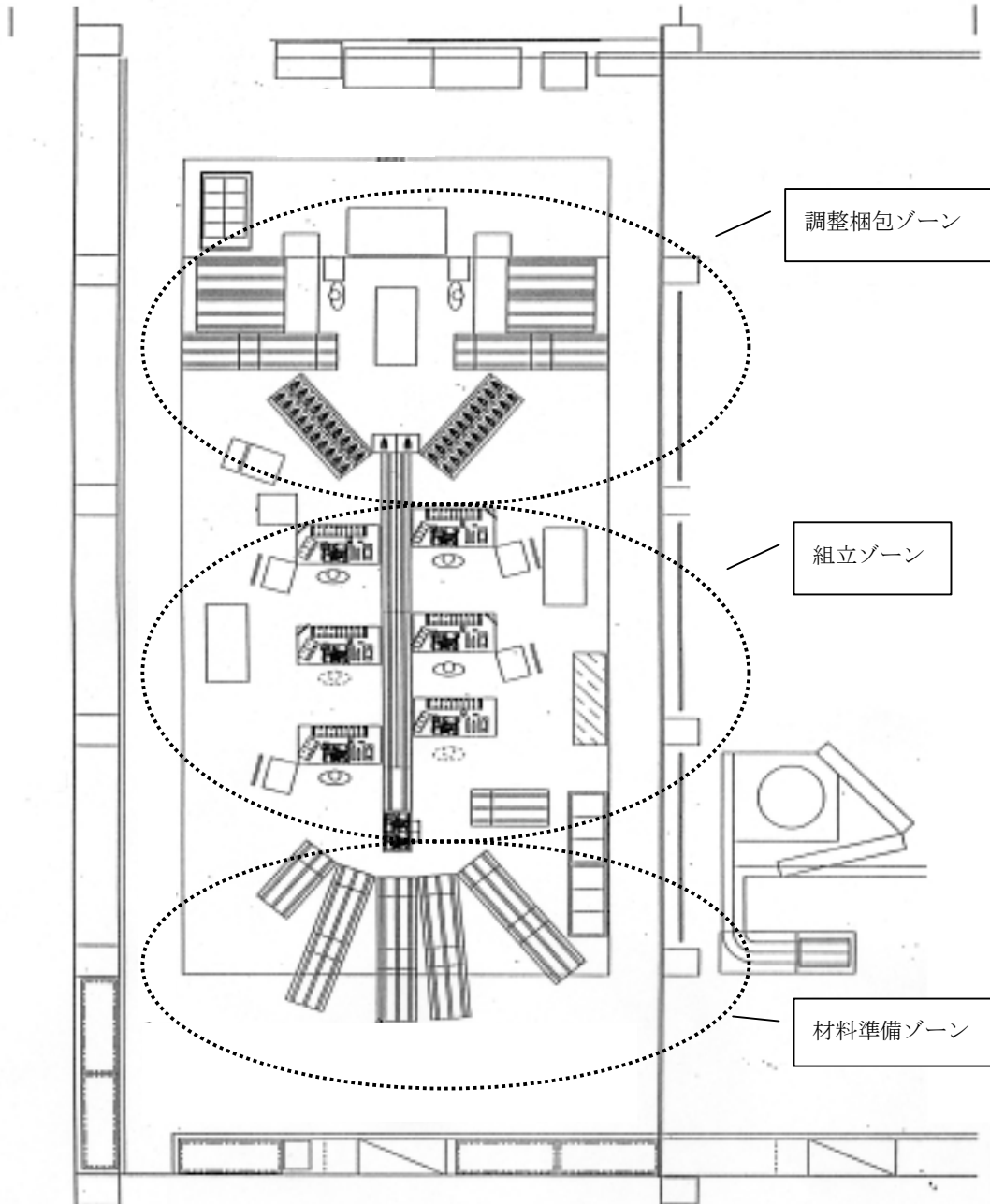
第1モデル企業については、平成12年度の研究に基づいて比較検討した3通りの生産方式（従来の流れ作業方式、作業集約化方式（グループ分割型）、作業集約化方式（ワンマン完結型）のうち、最も総合評価の高かった作業集約化方式（ワンマン完結型）を実際に導入し、評価・検証を行った。

#### **3-1-1 提案したシステムの概要**

##### **(1) 作業場レイアウト**

研究対象となる工程のレイアウトを図3-1-1に示す。

図 3-1-1 作業場イメージ図



## (2) 作業風景

研究対象における作業風景を、図 3-1-2～図 3-1-5 に示す。

- ・ 図 3-1-2～図 3-1-5 は製品組立工程の作業風景である。

図 3-1-2 作業風景 (S1)



図 3-1-3 作業風景 (S2)



図 3-1-4 作業風景 (S3)



図 3-1-5 作業風景 (S4)



### (3) ITを活用した運用システム

製品組立工程における各作業者の作業台には、それぞれ「タッチスクリーンディスプレイ」(以下、ディスプレイと略す)と呼ばれるものが取り付けられている。(図 3-1-6、図 3-1-7 参照)

図 3-1-6 ディスプレイ



図 3-1-7 作業台



作業者が製品を1台作り上げた後に、設置されているディスプレイ画面上の「実績台数」部分を指で触ると、「実績台数」部分に表示されている数値が一つ増える。すなわち「実績台数」とは、作業者が生産した製品の累計台数を表示するものである。そして数値がひとつ増えるのと同時にその製品を1台組み立てるのに要した時間(これをサイクルタイムという)が、「実験タクト」に表示される。そして作業者が基準、あるいは目標とする「実験タクト」の時間を、「標準タクト」として、ディスプレイ画面上に並べて表示する。

次に、ディスプレイを用いた実際の生産活動の流れを図に示す。



①完成バイキングを供給コロコン台下段から  
とる



②組立開始



③組立中のディスプレイ表示



④製品を一台作り終えた後、ディスプレイの  
実績台数部分に指を触れる



⑤実績台数の数値が一つ増え、  
サイクルタイムが実績タクトに表示される



⑥完成品を供給コロコン中段にのせる

⑦ ①からの作業を繰り返す

①～⑦の作業を順次繰り返すことにより、各々の作業員およびライン全体で一日に生産した製品の台数、また一日の生産活動を通しての作業員のサイクルタイムが、すべてPC上で管理される仕組みになっている。

休憩等で生産活動を中断する際は、ディスプレイ上の「中断」部分を指で触り「生産中断（非稼働中）」の画面を表示させる（図3-1-8）。

再び生産活動を再開させる場合には「生産再開」部分を指で触る（図3-1-9）。

図 3-1-8 生産中断（非稼働中）

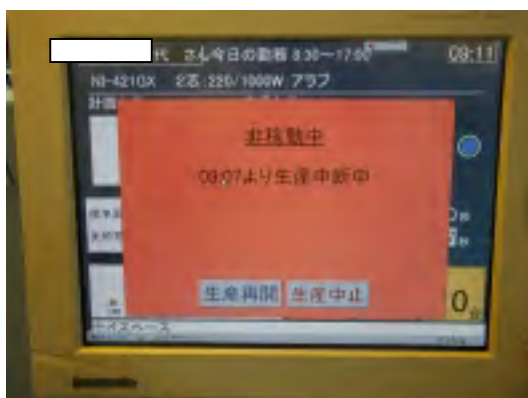


図 3-1-9 生産再開



作業集約化方式というのは、規模の小さいラインを少人数で運営する方式である。従来のコンベアラインで多人数で行っていた仕事を、多能工化した作業員が少人数で請け負うという生産システムであるため、各々の作業員の生産活動状態を一日を通して把握することは、ラインをコントロールし、管理するうえで、非常に大きな意味を持つといえる。午前中と午後、休憩前と休憩後でそれぞれサイクルタイムにどのような変化が生じたか、またその主な原因として考えられるものは何かなど、日々事細かく作業員の現状を調査し、その活動状態を把握して問題点を抽出していかなければならない。その作業を人間の手ですべて行なおうとすると、多大な労力を要する。しかし、タッチスクリーンディスプレイと呼ばれるタッチ式のディスプレイを各セルに設置し、PC上で作業員の活動状態を管理することによって、サイクルタイム、生産台数の現状を人的労力を費やすことなく、正確に把握することが可能となる。さらにそれら数値の時間毎の変動と作業員の心身状態を照らし合わせるなどして、時間帯別、もしくは作業、動作内容別に現状の生産ラインにおける問題解決を行なうことができ、これこそが作業集約化方式におけるPCを用いる大きな利点といえる。

一日の目標生産台数は、「計画台数」そして「標準累計」と、2つ表示されており、作業員は自分自身の現在までの生産台数累計を表示する「実績台数」および「実績累計」とをそれぞれ視覚で捉えて照らし合わせることにより、自分が現在、目標生産台数に対してどの程度達成されているのかを意識しながら、作業を進められる仕組みになっている。



### 3-1-2 調査内容と評価指標

調査内容と、評価指標は次のとおりである。

#### (1) 調査内容

調査内容は、生産性と人間性の調和、すなわち生産性の向上と人間性尊重の立場から高齢作業員活用型の生産ラインが構築されているかを分析・考察するためのものであり、次のような評価指標（調査項目）による。

#### (2) 評価指標

##### ① 生産性

- a. 作業員工程分析（製品組立工程）
- b. 動作解析（動作速度・動作軌跡）
- c. 単位時間当たりの生産台数
- d. 製品総移動距離

##### ② 作業負担（疲労度）

- a. フリッカー検査によるフリッカー値変化率
- b. 疲労自覚症状調査・身体疲労部位調査による訴え率
- c. アイカメラによる注視点解析
- d. 心電計による心拍数の変化

#### (3) 測定機器と調査期間

##### ① 生産性

- a. 作業員工程分析
  - ・デジタルビデオカメラ
  - ・デジタルカメラ
- b. 動作解析（動作速度・動作軌跡）
  - ・三次元動作解析装置 Vicon (250)
  - ・Vicon Workstation V3.0 Build 125
  - ・赤外線カメラ (5台)
- c. 単位時間当たりの生産台数
  - ・タッチスクリーンディスプレイ
- d. 製品総移動距離
  - ・メジャー

- ・観測用紙

## ② 作業負担（疲労度）

### a. フリッカー検査

- ・フリッカー検査器
- ・観測用紙

### b. 疲労自覚・部位調査

- ・記録用紙

### c. 注視点解析

- ・アイマークレコーダ
- ・ビデオカセットレコーダ
- ・ビデオカセット
- ・アイマーク解析ソフトウェア

### d. 心電図分析

- ・マルチテレメーターシステム
- ・Power Lab

なお、それぞれの評価指標の概要については、資料1に詳しく説明する。

## ③ 調査期間

2001年9月17日～2001年9月21日、2001年10月22日～2001年10月26日までの計10日間である。

### 3-1-3 提案したモデルの評価

#### (1) 作業者の資質

研究対象にかかわる作業者は4名である。組立作業者の所属班、年齢、身長をそれぞれ表3-1-1に示す。

表 3-1-1 作業者の資質（製品組立工程）

名前	所属班	年齢	身長
S1	新セル4班	52	170.0cm
S2	新セル4班	51	156.0cm
S3	新セル4班	51	170.0cm
S4	新セル4班	50	146.0cm

## (2) 製品工程分析

製品の流れを追ったものを、図 3-1-10 の製品工程分析表に示す。

- ・ 図 3-1-10 は製品組立工程分析表を示している。

図 3-1-10 製品工程分析表

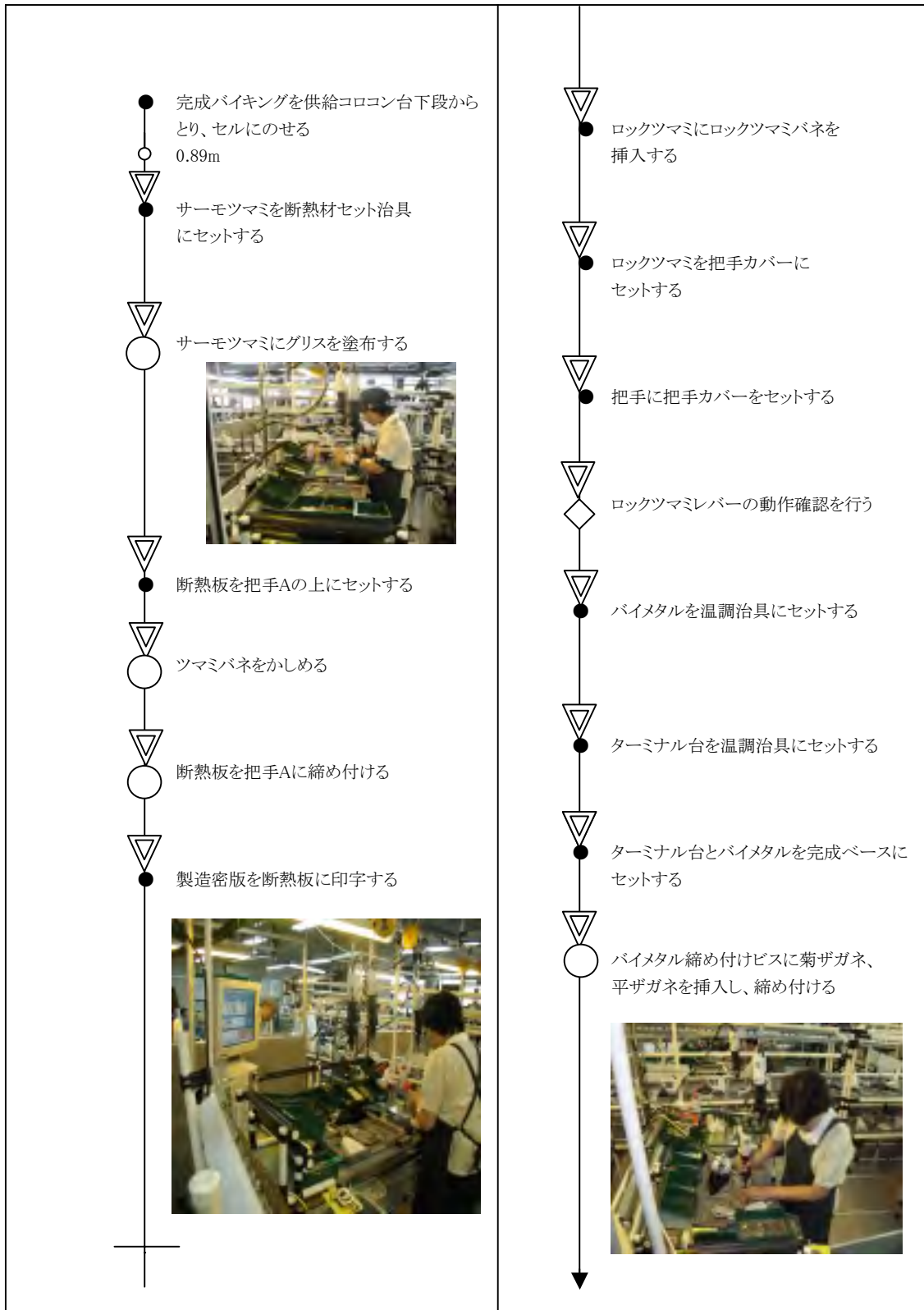


図 3-1-10 製品工程分析表 (続き)

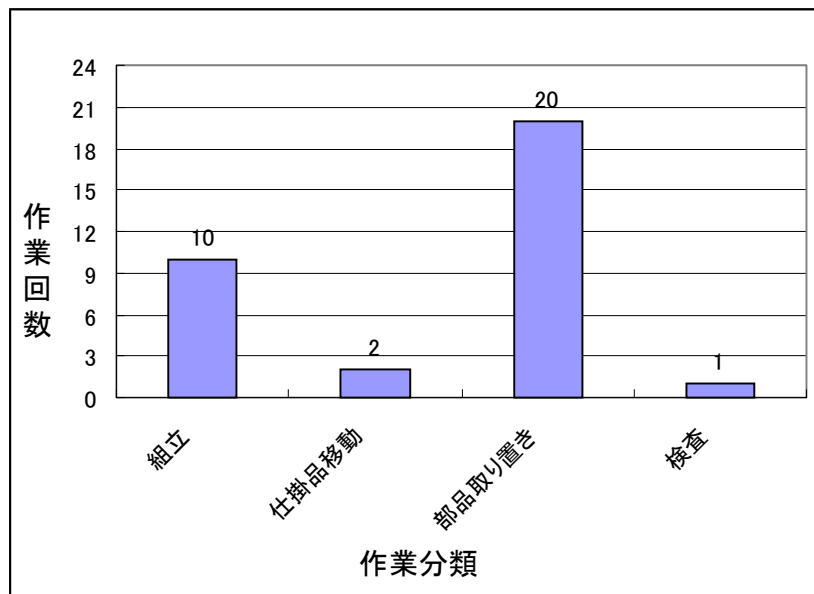


### (3) 作業分類別作業頻度

図 3-1-11 に、製品工程分析表を基に作業分類別の作業頻度をまとめた結果を示す。  
なお、製品組立工程における作業分類の内容は、以下のとおりである。

- 組立・・・仕掛品に部品を取り付ける作業
- 仕掛品移動・・・完成バイキング及び完成品を移動させる作業
- 部品取り置き・・・手を伸ばして部品を取り置きする作業
- 検査・・・仕掛品を質的に検査する作業

図 3-1-11 作業分類別作業頻度



#### (4) 組立作業内容の分析—組立要素作業手順と要素作業の内容

組立作業者の、作業工程内における標準的な動作を解析し、作業を主作業、付随作業、取置作業、検査、手待ち（保持）5つの作業に分類した。この作業分類別作業時間の割合を円グラフにより示したものが、図 3-1-12～図 3-1-40 である。

- ・ 図 3-1-12～図 3-1-40 は製品組立工程の作業内容別頻度を示している。

また、主作業、付随作業、取置作業、検査、手待ち（保持）の5つの作業の分類は、以下のとおりである。本報告書では、この考え方にに基づき、それぞれの作業内容の発生頻度をまとめてある。

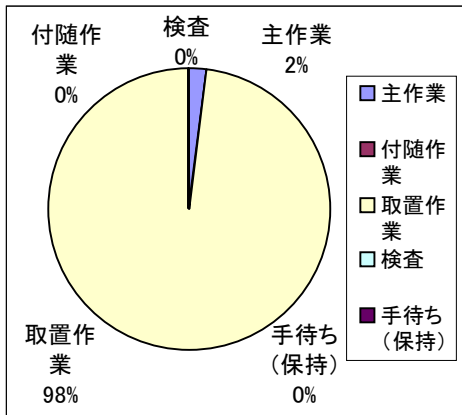
表 3-1-2 作業分類の内容（定義）

作業名	内容（定義）
主 作 業	作業命令によって与えられる本来の作業のうち、直接的にコストに寄与する部分であり、繰り返し発生する。「ビスを締め付ける」「本体を治具にセットする」作業等がこれに当たる。
付 随 作 業	作業命令によって与えられる本来の作業のうち、間接的にコストに寄与する部分であり、繰り返し発生する。「ネジ等の部品を本体あるいは仕掛品まで運び、セットする」作業等がこれに当たる。つまり、ネジの場合、取置動作の後、部品にセット締め付け作業を行う直前までの動作がこれに当たる。
取 置 作 業	付随作業に含まれるものであるが、作業者が部品を所定の位置から自分の作業位置まで運ぶ作業、もしくはそれを所定の位置に戻す作業のことをいう。「部品に手を伸ばす」「部品をつかむ」「部品を運ぶ」「ドライバーの取り置き」作業がこれに当たる。
検 査 作 業	対象物品の数量を測り、基準と比較する作業、もしくは品質特性を測り、基準と比較する作業のことをいう。
手 待 ち	対象物品を一定の位置で支えている作業のことをいう。長時間の「つかむ」動作も含まれる。

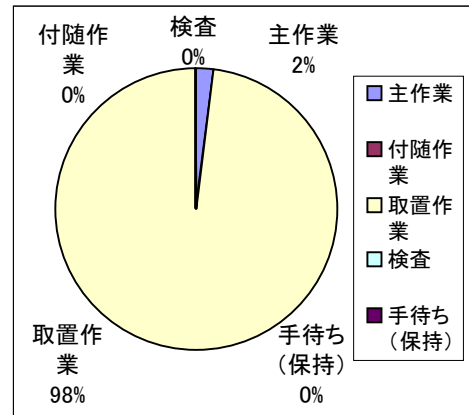
(注) 表の中で用いている作業は、要素作業を意味している。



図 3-1-12 組立作業の内容別頻度

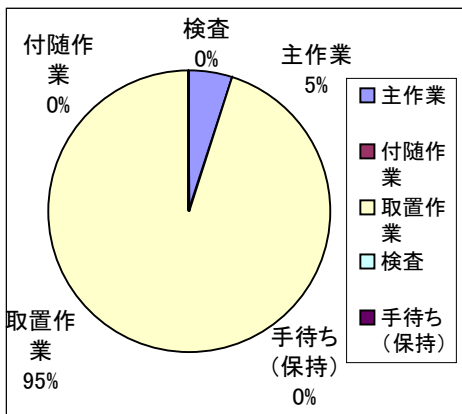


左手 (組立・完成バイク運搬)

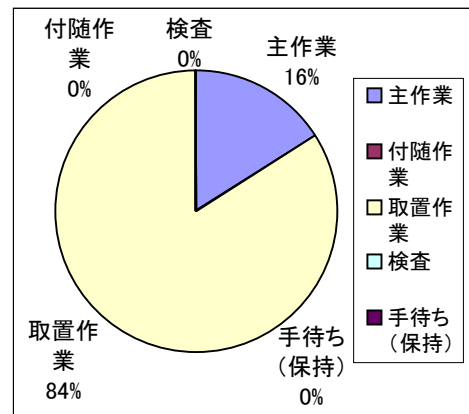


右手 (組立・完成バイク運搬)

図 3-1-13 組立作業の内容別頻度

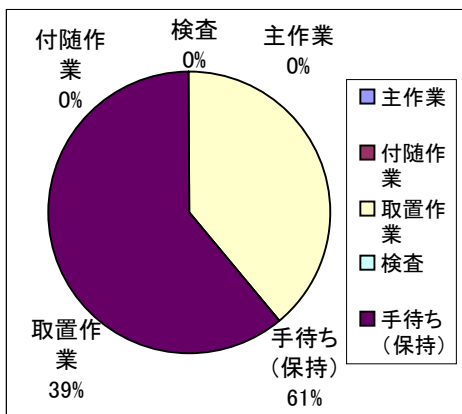


左手 (組立・サーモツマミセット)

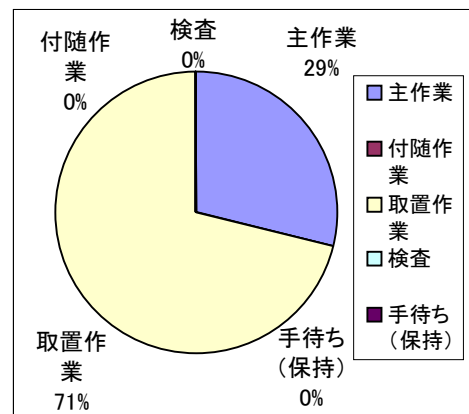


右手 (組立・サーモツマミセット)

図 3-1-14 組立作業の内容別頻度

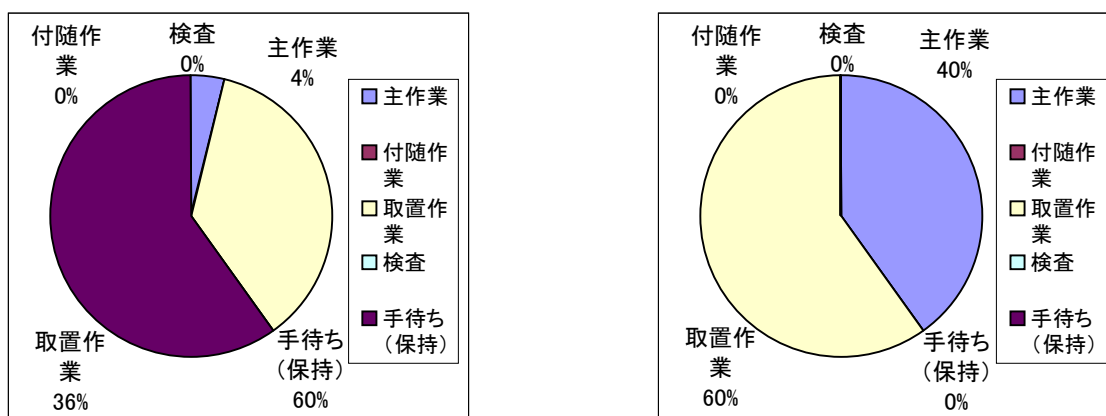


左手 (組立・グリス塗布)



右手 (組立・グリス塗布)

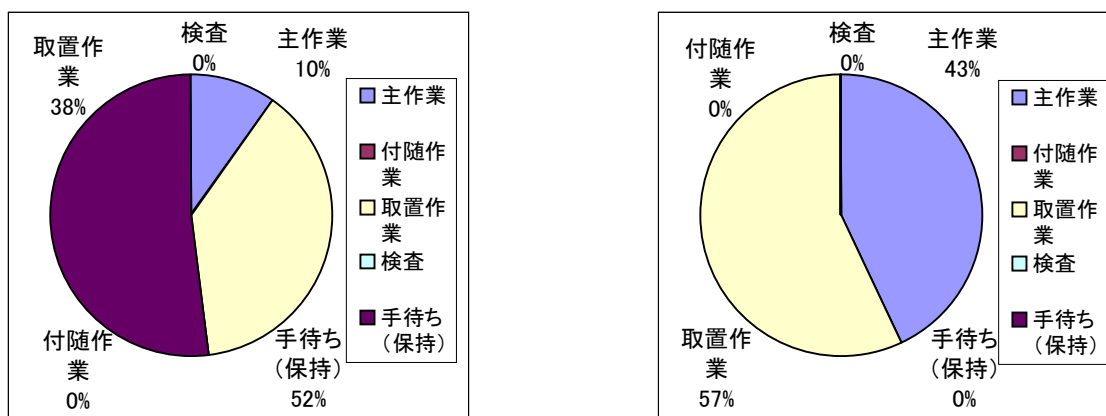
図 3-1-15 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・把手A取り付け)

右手 (組立・把手A取り付け)

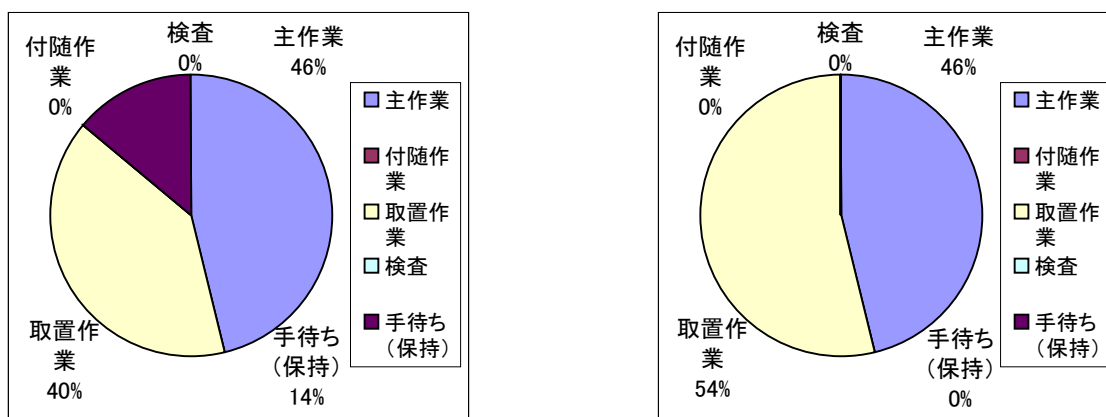
図 3-1-16 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・ツマミバネセット)

右手 (組立・ツマミバネセット)

図 3-1-17 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・断熱板セット)

右手 (組立・断熱板セット)

図 3-1-18 組立作業の内容別頻度

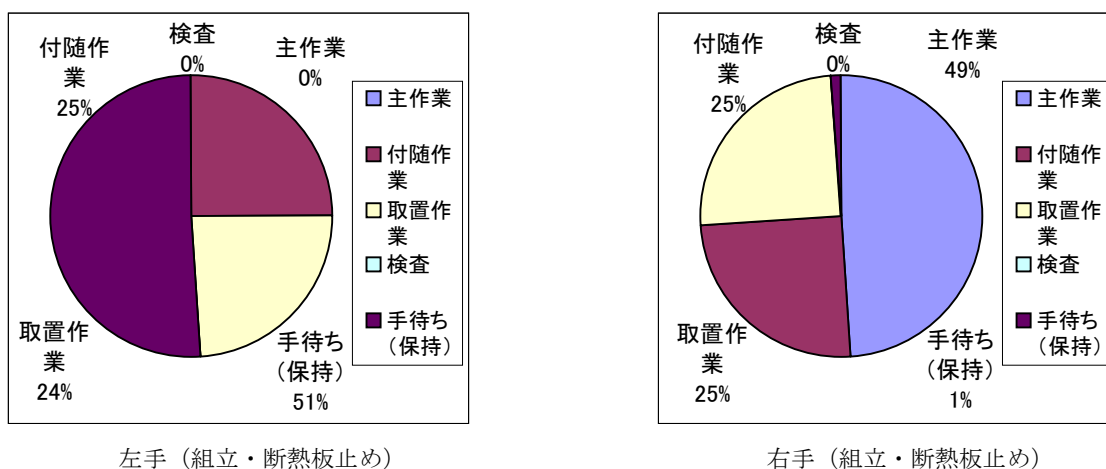


図 3-1-19 組立作業の内容別頻度

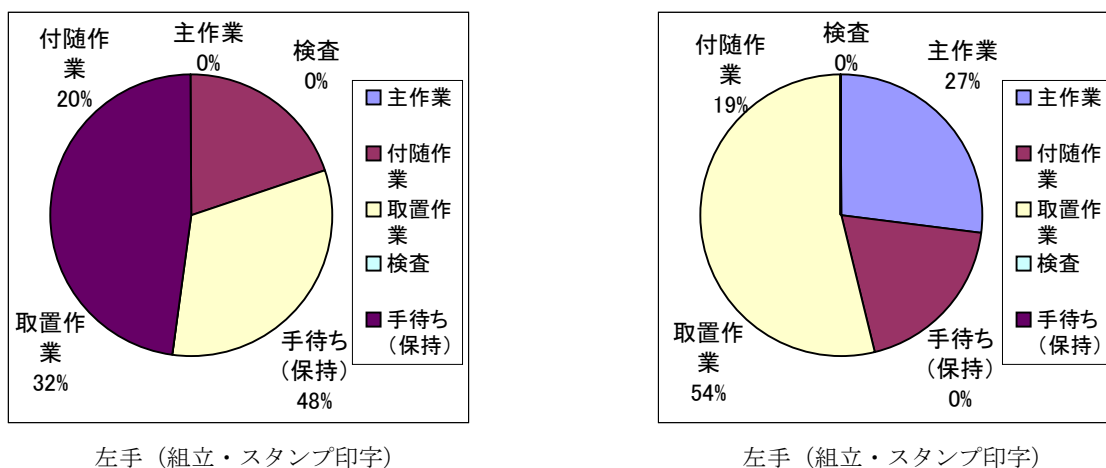


図 3-1-20 組立作業の内容別頻度

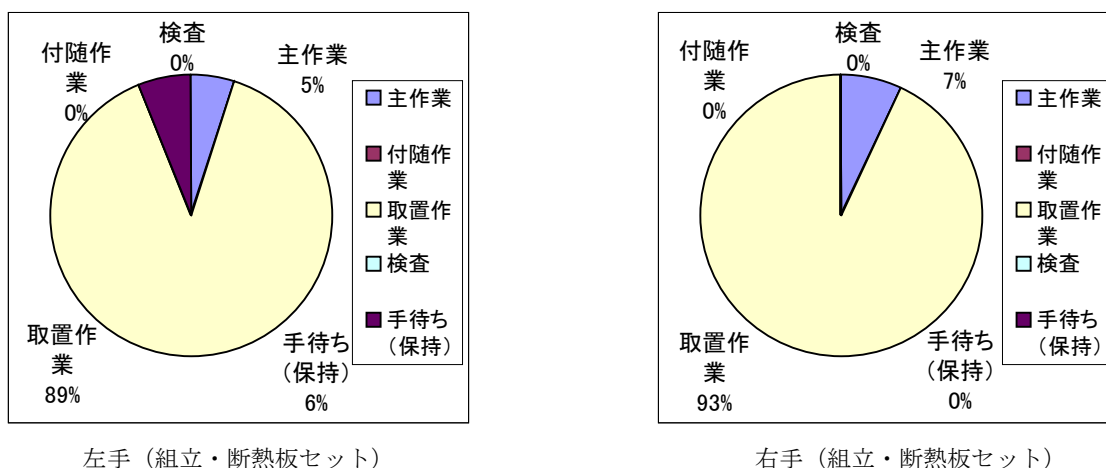


図 3-1-21 組立作業の内容別頻度

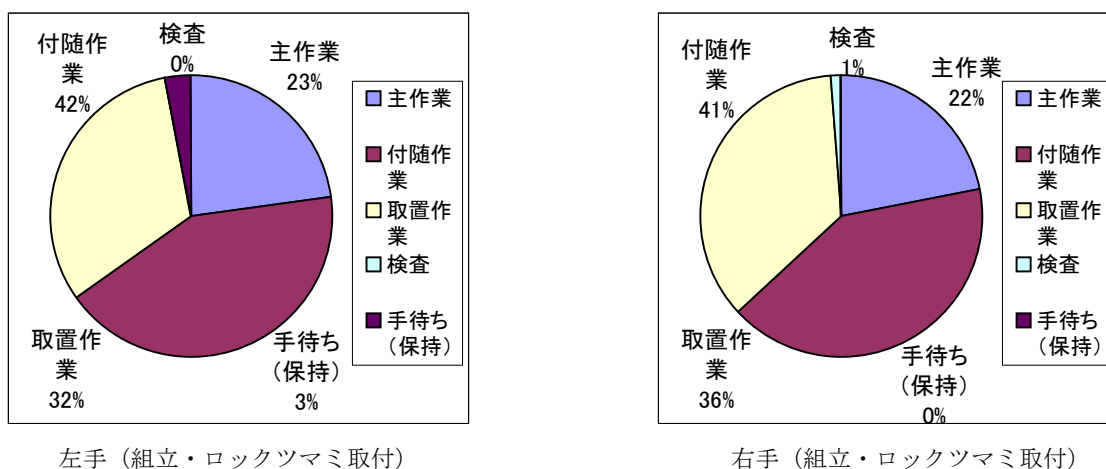


図 3-1-22 組立作業の内容頻度

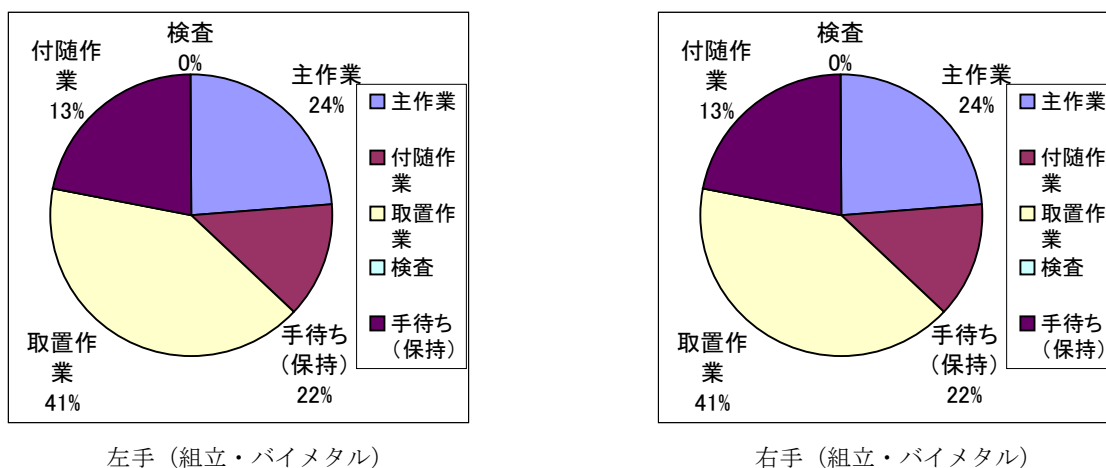


図 3-1-23 組立作業の内容別頻度

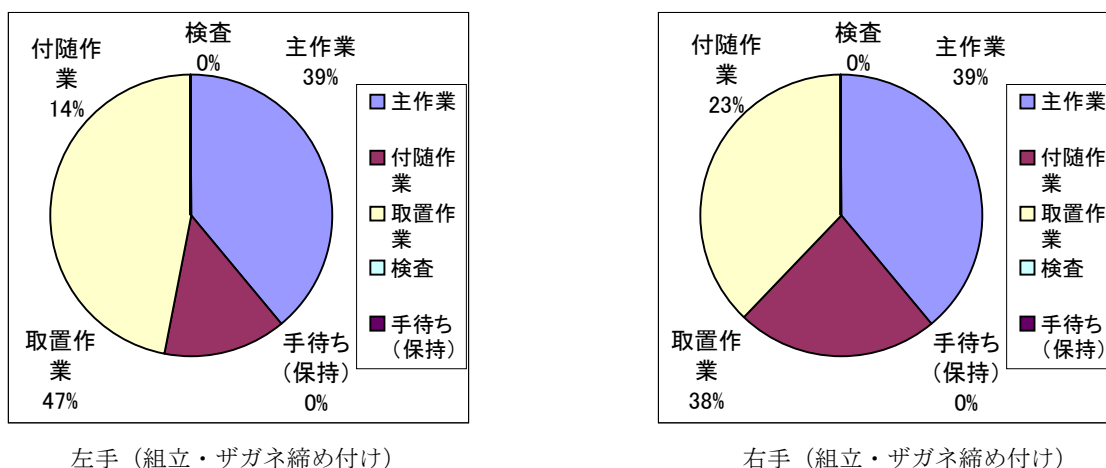
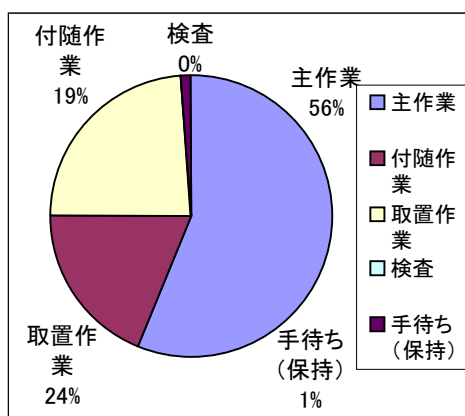
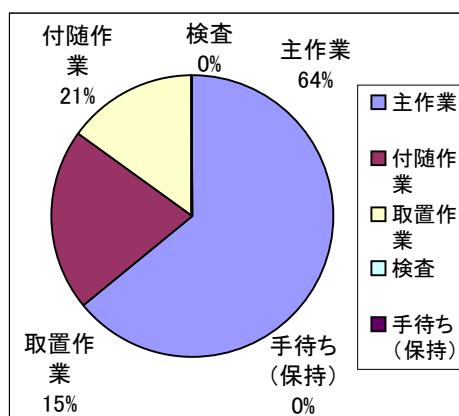


図 3-1-24 組立作業の内容別頻度

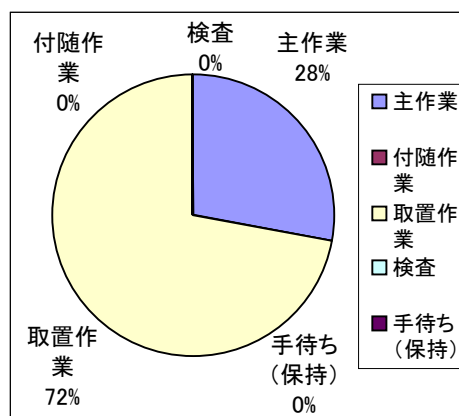


左手 (組立・ターミナル締め付け)



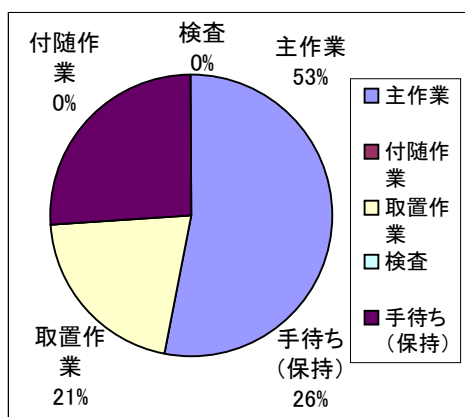
右手 (組立・ターミナル締め付け)

図 3-1-25 組立作業の内容別頻度

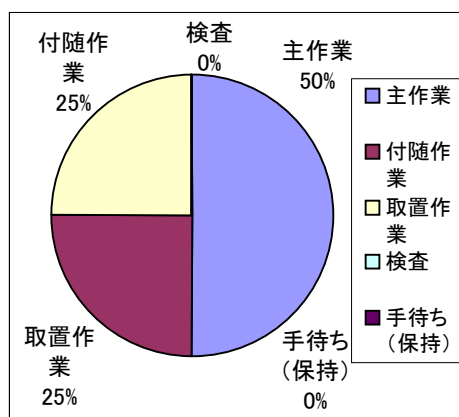


右手 (組立・温調治具運搬)

図 3-1-26 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・接点調節)



右手 (組立・接点調節)

図 3-1-27 組立作業の内容別頻度

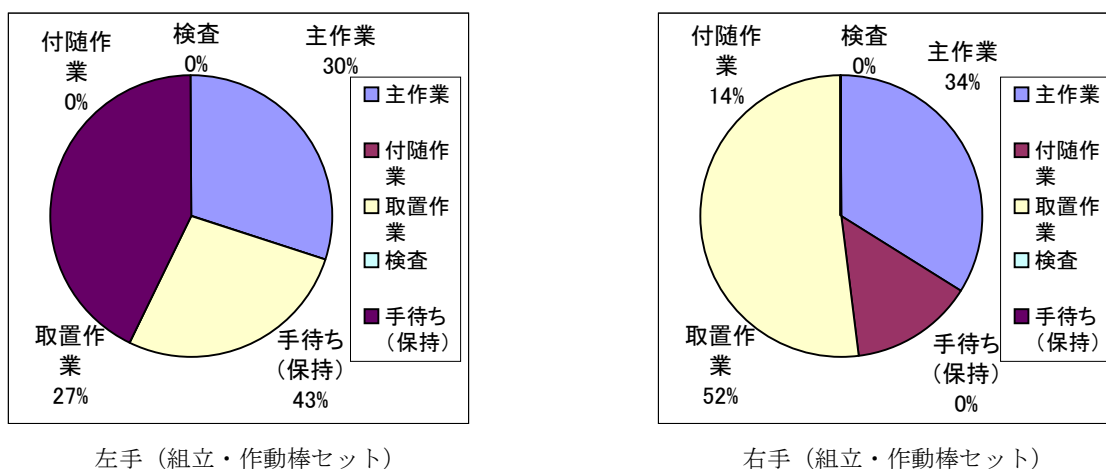


図 3-1-28 組立作業の内容別頻度

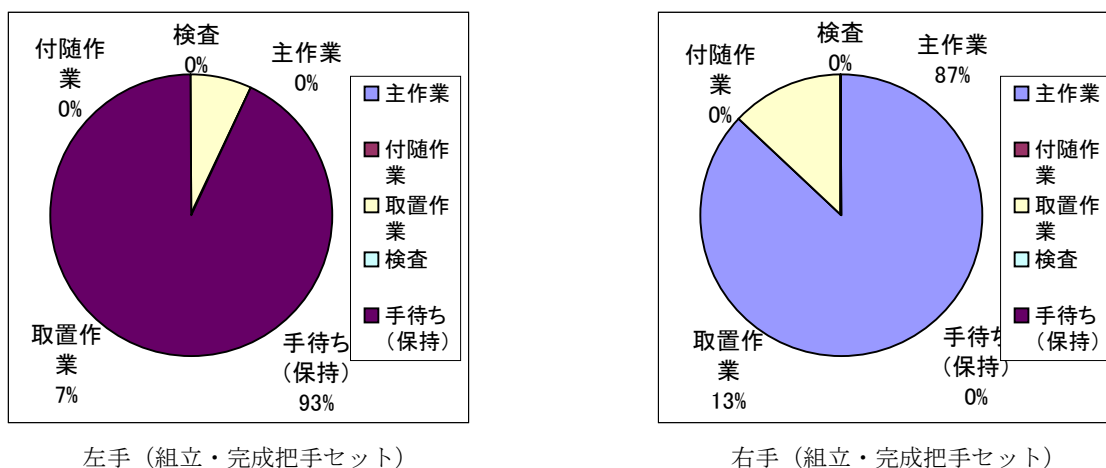


図 3-1-29 組立作業の内容別頻度

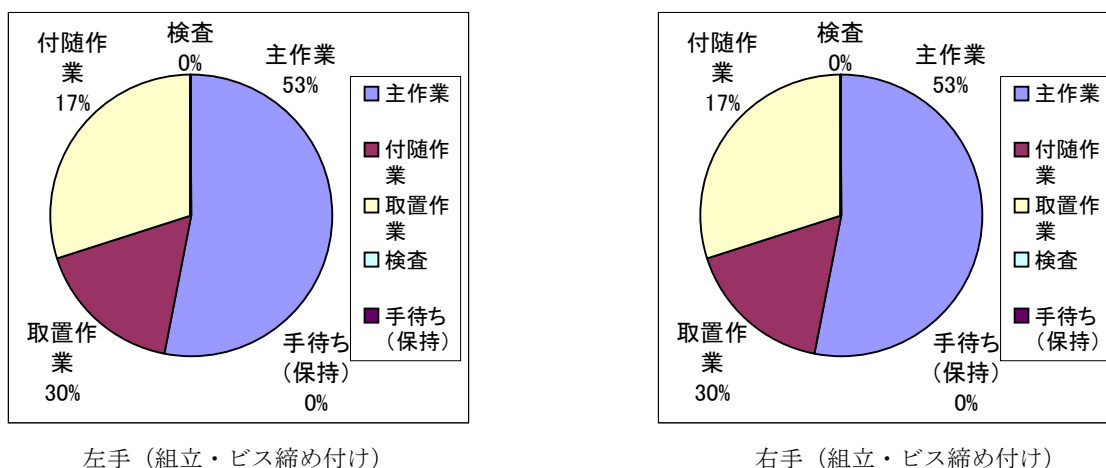
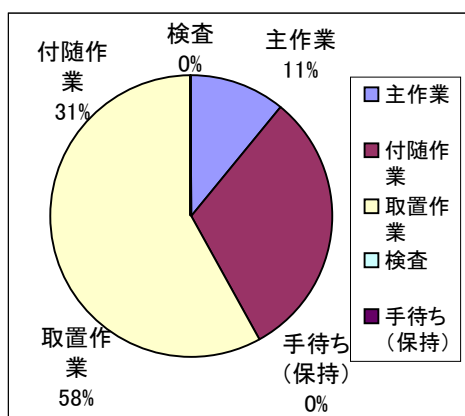
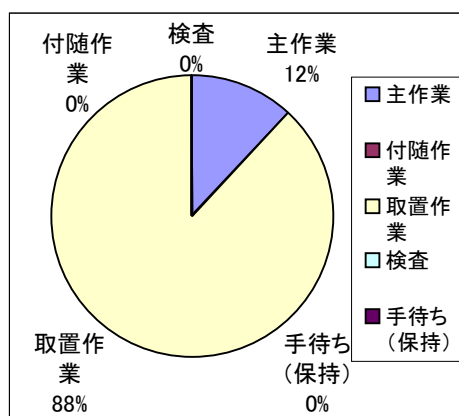


図 3-1-30 組立作業の内容別頻度

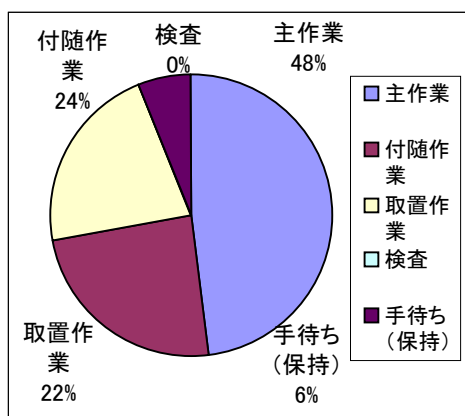


左手 (組立・ランプカバー挿入)

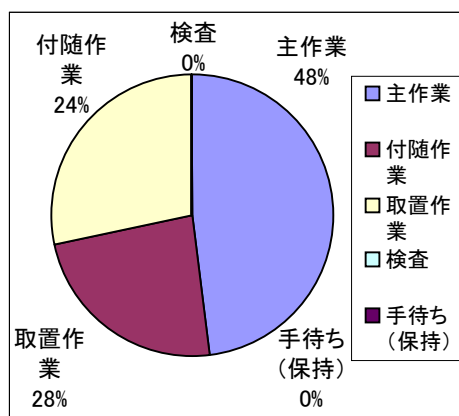


右手 (組立・ランプカバー挿入)

図 3-1-31 組立作業の内容別頻度

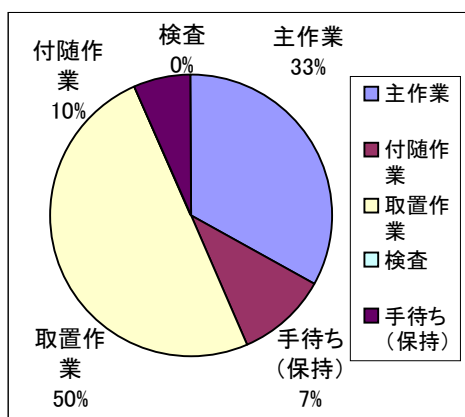


左手 (組立・ビス締め付け)

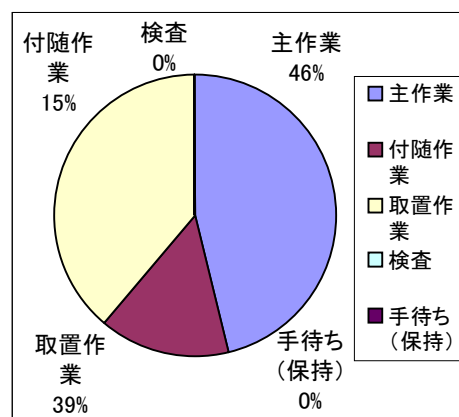


右手 (組立・ビス締め付け)

図 3-1-32 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・ビス締め付け)



右手 (組立・ビス締め付け)

図 3-1-33 組立作業の内容別頻度

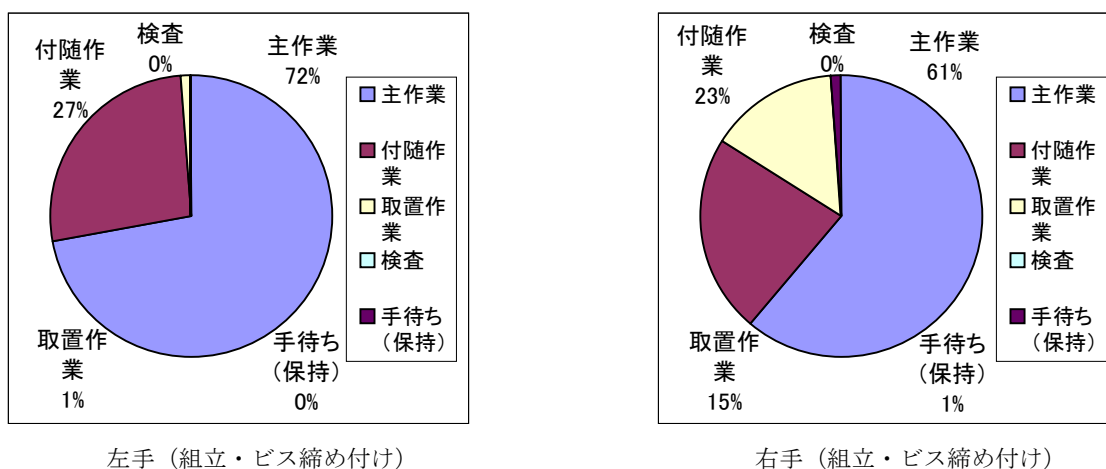


図 3-1-34 組立作業の内容別頻度

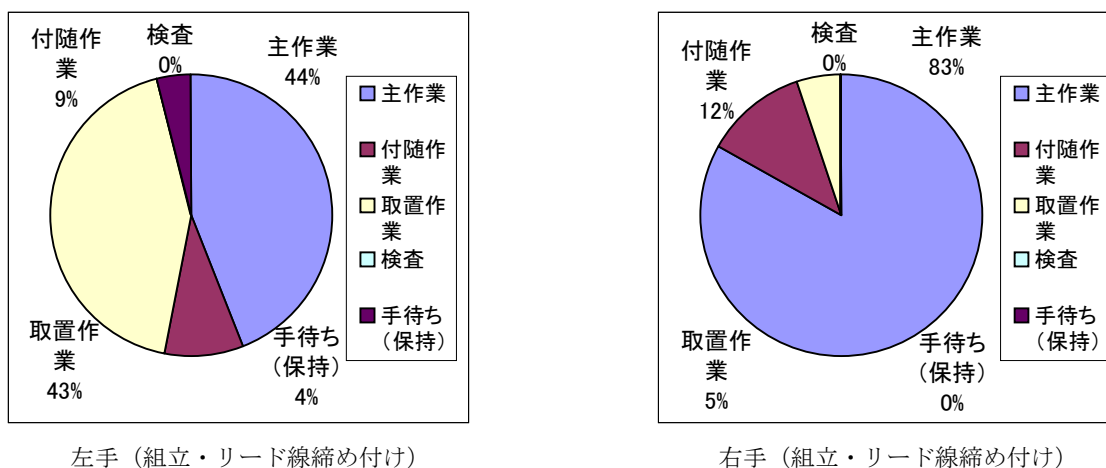


図 3-1-35 組立作業の内容別頻度

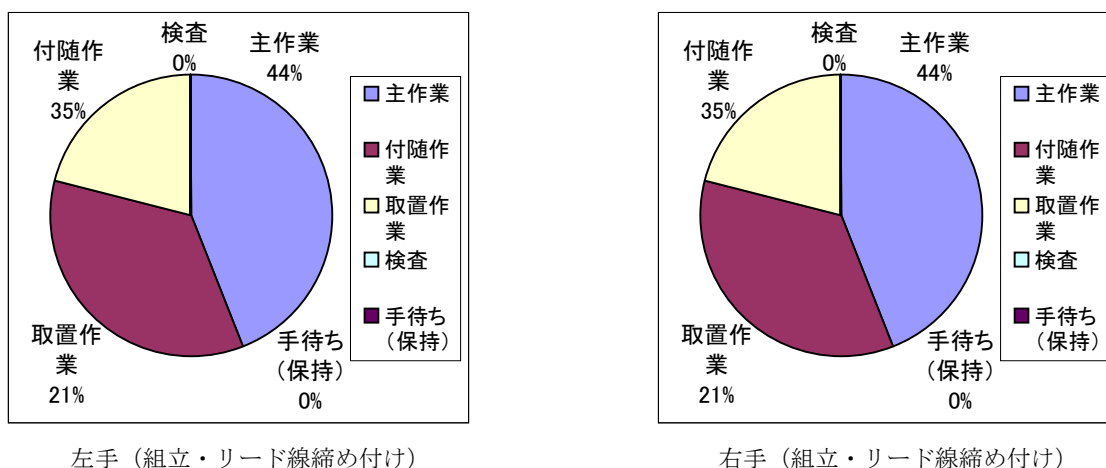
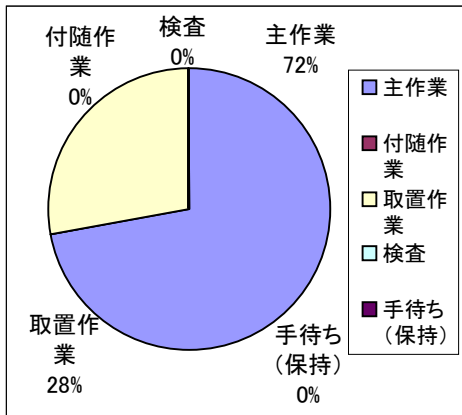
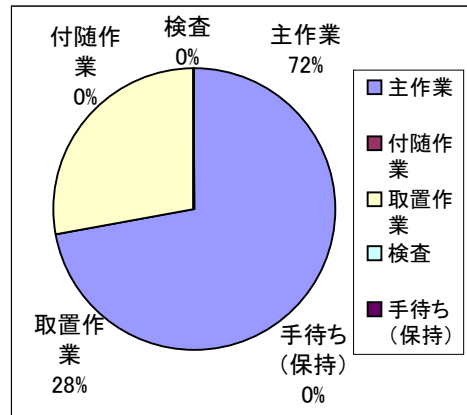




図 3-1-36 組立作業の内容別頻度

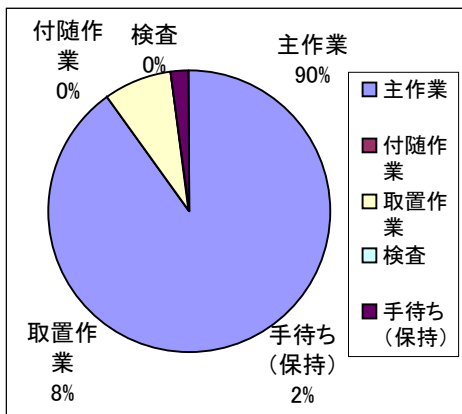


左手 (組立・リード線セット)

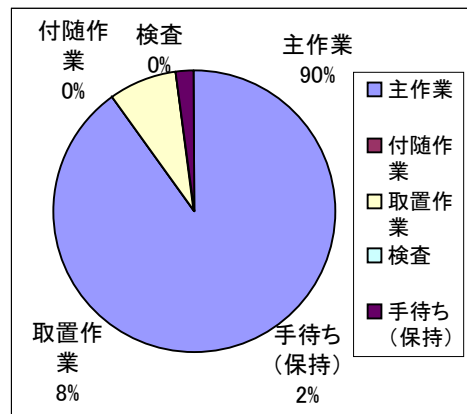


右手 (組立・リード線セット)

図 3-1-37 組立作業の内容別頻度

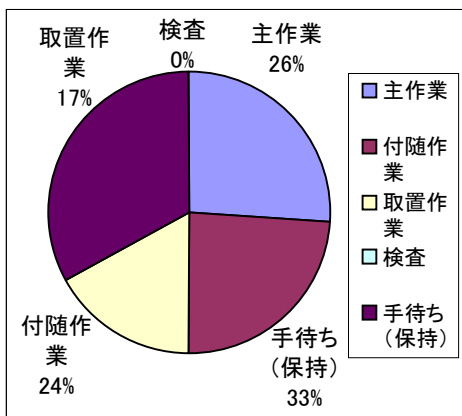


左手 (組立・完成板セット)

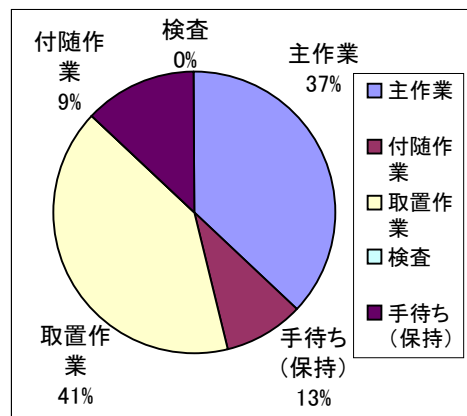


右手 (組立・完成板セット)

図 3-1-38 組立作業の内容別頻度

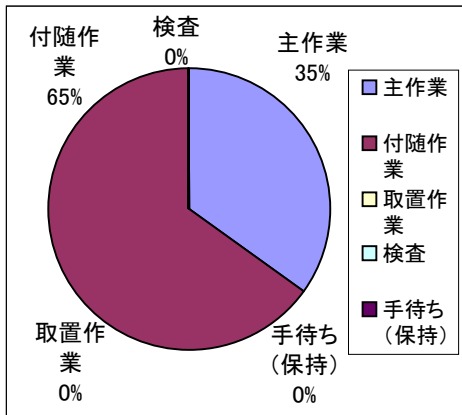


左手 (組立・把手裏板締め付け)

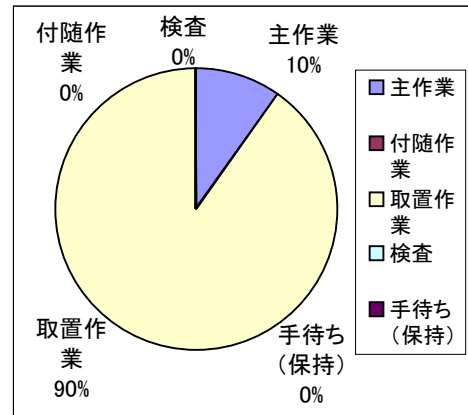


右手 (組立・把手裏板締め付け)

図 3-1-39 組立作業の内容別頻度

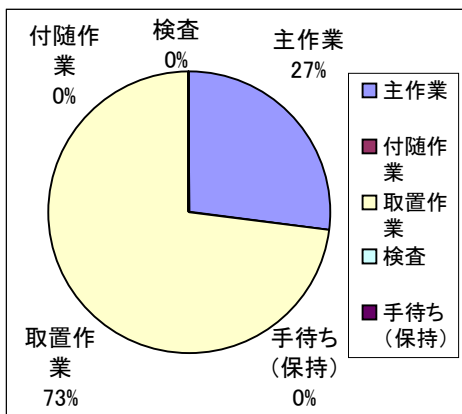


左手 (組立・色別クリップセット)

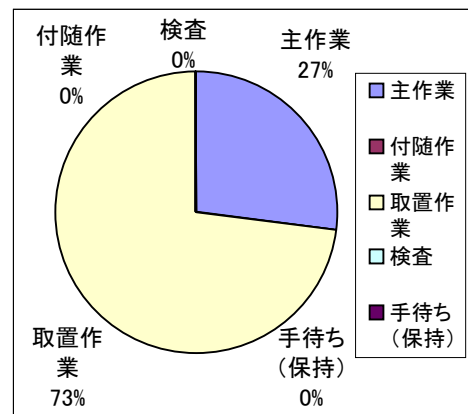


右手 (組立・色別クリップセット)

図 3-1-40 組立作業の内容別頻度



左手 (組立・完成品供給)



右手 (組立・完成品供給)

## (5) 動作解析

### ① ビス締め作業

#### a. 動作速度

組立作業中における、ランプメガネ端子部ビス締め付け作業を動作解析装置を用いて分析した。

ランプメガネ端子部ビス締め付け作業における作業内容を表 3-1-3 に示す。

表 3-1-3 ランプメガネ端子部ビス締め付け作業

手順	左手作業内容	右手作業内容
1	ビスに手を伸ばす	
2	ビスをつかむ	ドライバーを運ぶ
3	ビスを運ぶ	保持
4	ドライバーにビスをとりつける	ドライバーにビスをとりつける
5	ランプのメガネ端子部に手を伸ばす	手待ち
6	ランプのメガネ端子部をつかむ	ビスをメガネ端子部に伸ばす
7		ビスをメガネ端子部にセットする
8		ビス締めをする
9	移動	移動

表 3-1-3 に示した作業のうち、右手作業内容の**手順 4、5、6、7、8**、「ドライバーにビスをとりつける」「手待ち」「ビスをメガネ端子部に伸ばす」、「ビスをメガネ端子部にセットする」、「ビス締めをする」作業を対象に動作速度の推移を分析した。組立作業者 4 名の平均を、図 3-1-41 に示す。

また、典型例として、図 3-1-42～図 3-1-47 に、作業者 S 1 の動作速度の例を 6 ケース紹介する（作業者 S 2， S 3， S 4 については資料編を参照されたい）。

図 3-1-41 ビス締め作業の動作速度（作業者 4 名の平均）

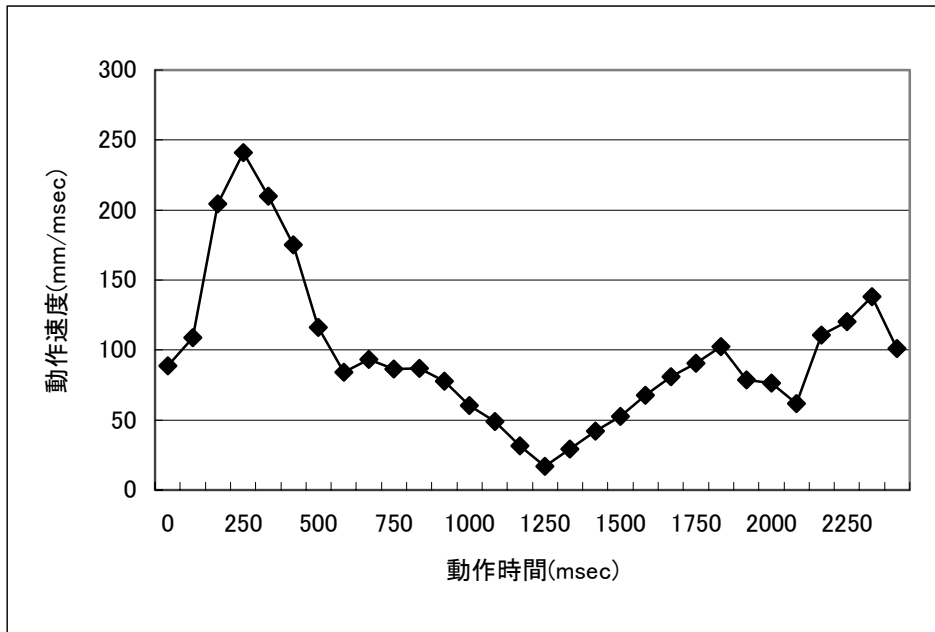


図 3-1-42 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)

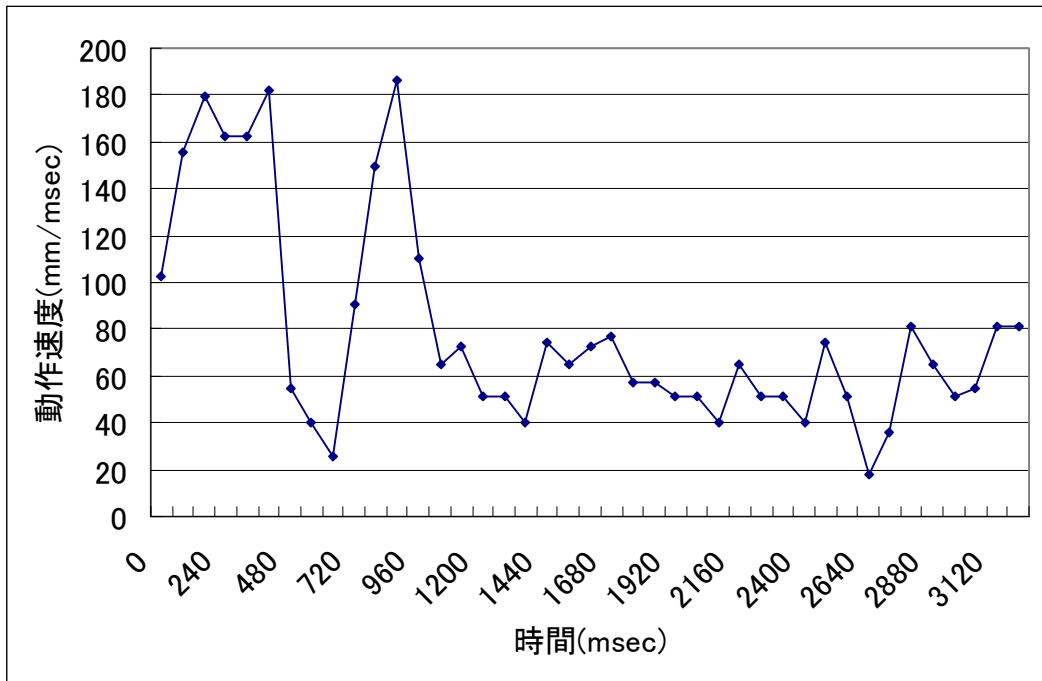


図 3-1-43 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)

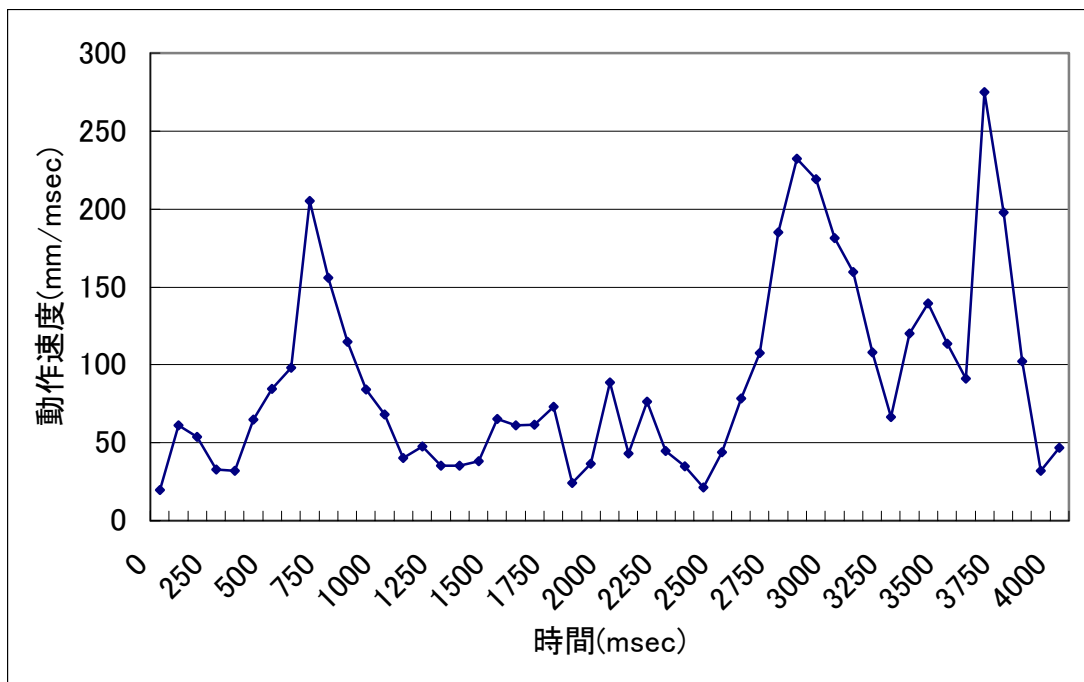


図 3-1-44 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)

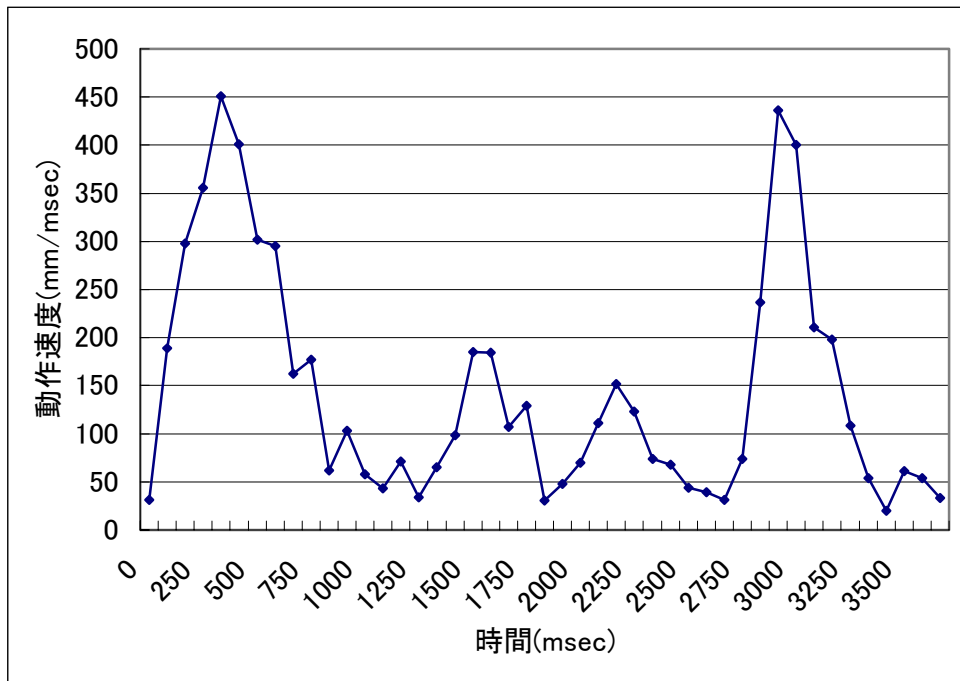


図 3-1-45 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)

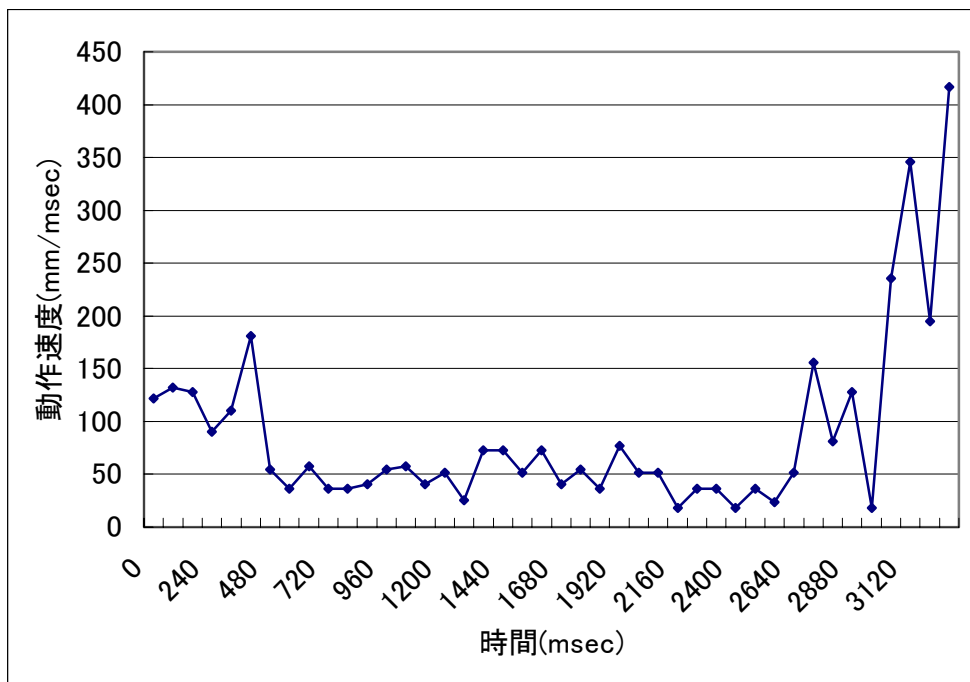


図 3-1-46 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)

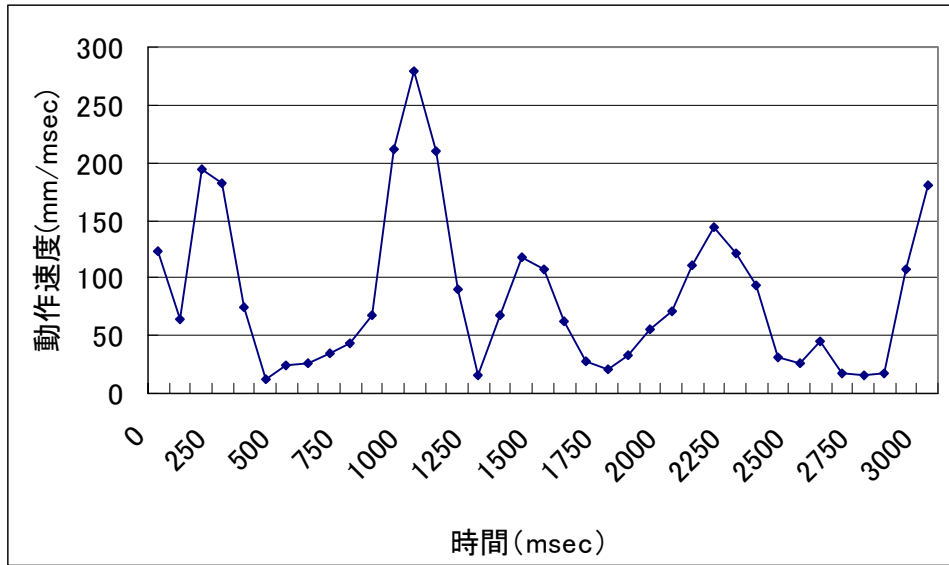
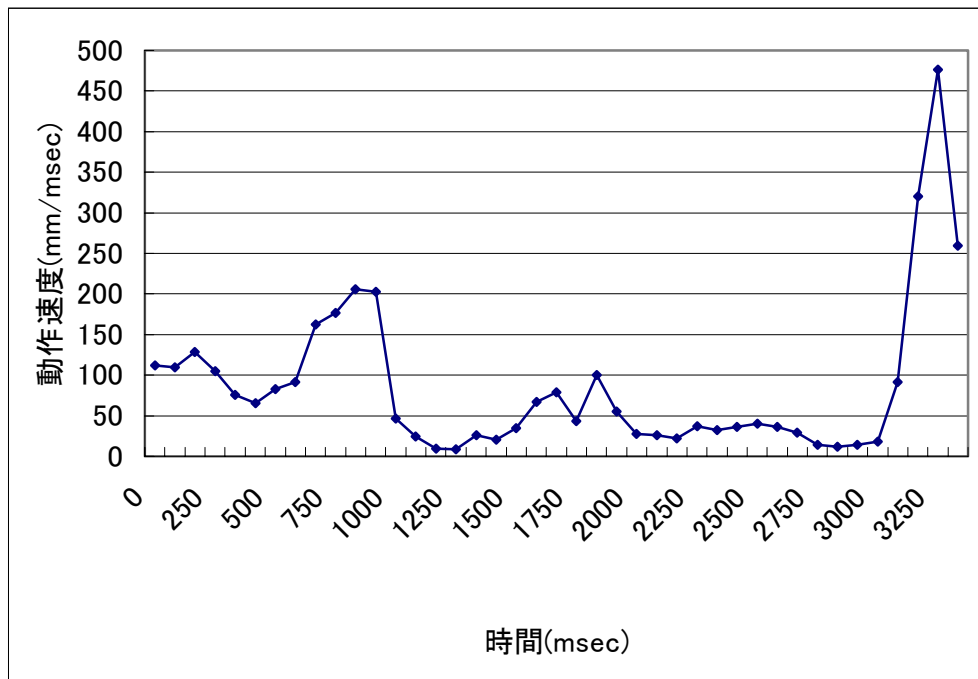


図 3-1-47 動作速度 組立作業者 S1 (手順 4,5,6,7,8)



## b. 動作軌跡

表 3-1-3 に示した作業のうち、右手作業内容の**手順 4、5、6、7、8**、「ドライバーにビスをとりつける」「手待ち」「ビスをメガネ端子部に伸ばす」、「ビスをメガネ端子部にセットする」、「ビス締めをする」作業を対象に動作軌跡を分析した。

- ・図 3-1-48～図 3-1-53 では、典型例として組立作業者 S 1 による動作軌跡を 6 ケース示した（作業者 S 2， S 3， S 4 については資料編を参照されたい）。



図 3-1-48 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)

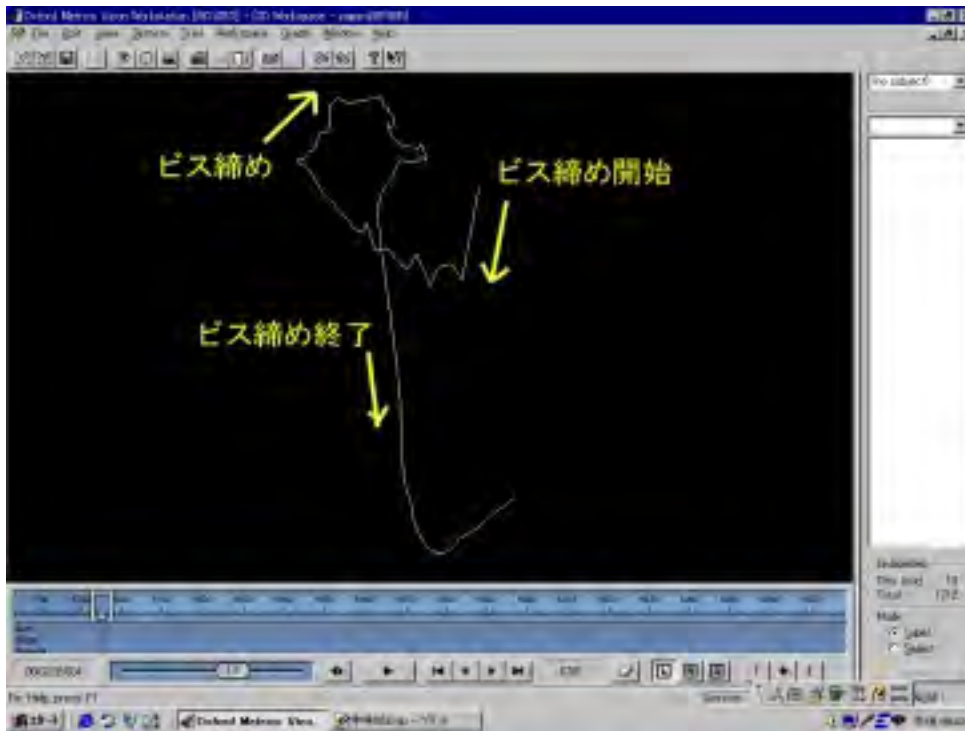


図 3-1-49 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)

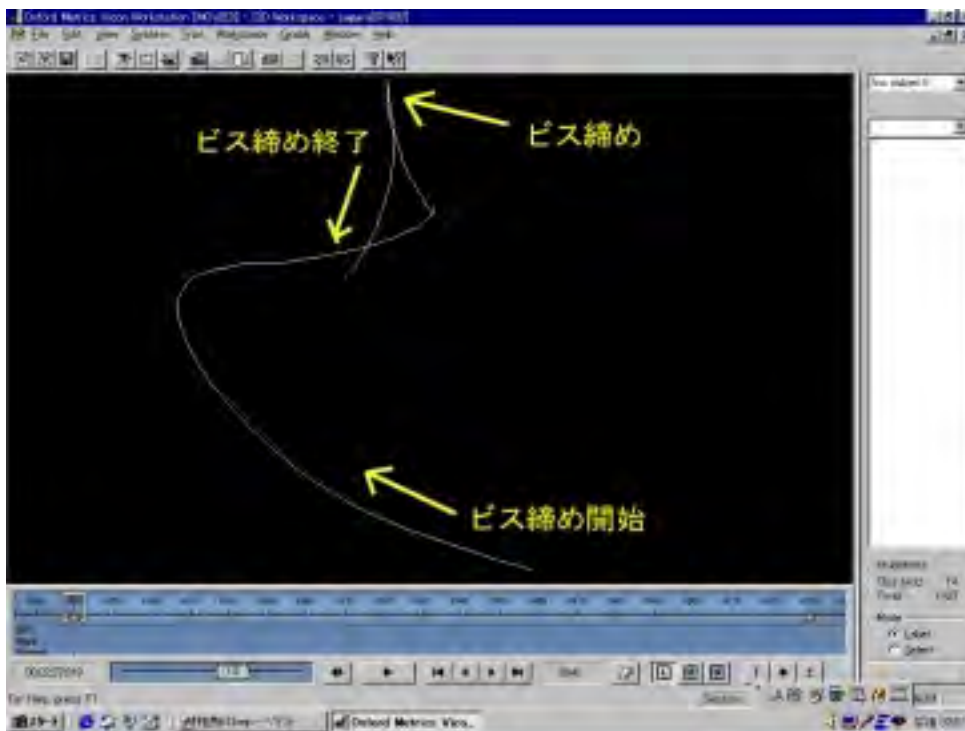


図 3-1-50 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)



図 3-1-51 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)

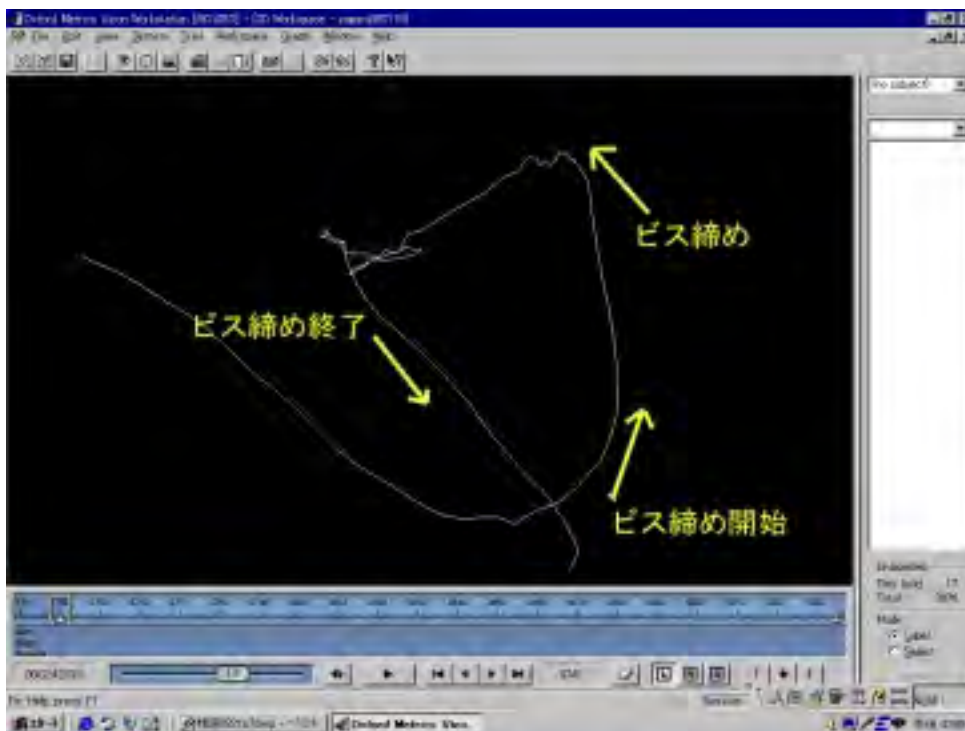


図 3-1-52 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)



図 3-1-53 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 4, 5, 6, 7, 8)



## ② 取置作業

### a. 動作速度

組立作業中における、作業者正面部品箱からの断熱板止めネジ取置作業を分析した。作業者正面部品箱からの断熱板止めネジ取置作業における作業内容を表 3-1-4 に示す。

表 3-1-4 正面部品箱からの断熱板止めネジ取置作業

手順.	左手作業内容	右手作業内容
1	断熱板止めネジに手を伸ばす	断熱版止めネジに手を伸ばす
2	断熱板止めネジをつかむ	断熱板止めネジをつかむ
3	断熱板止めネジを運ぶ	断熱板止めネジを運ぶ
4	断熱板止めネジを断熱板にセットする	断熱板止めネジを断熱板にセットする

表 3-1-4 に示した作業のうち、右手作業内容の**手順 1、2、3、4**「断熱板止めネジに手を伸ばす」、「断熱板止めネジをつかむ」、「断熱板止めネジを運ぶ」、「断熱板止めネジを断熱板にセットする」作業を対象に動作速度の推移を分析した結果をのうち、典型的な例として作業者 S 1 についての結果を 4 ケース示す（作業者 S 2, S 3, S 4 については資料編を参照されたい）。

図 3-1-54 動作速度 組立作業者 S1 (手順 1,2,3,4)

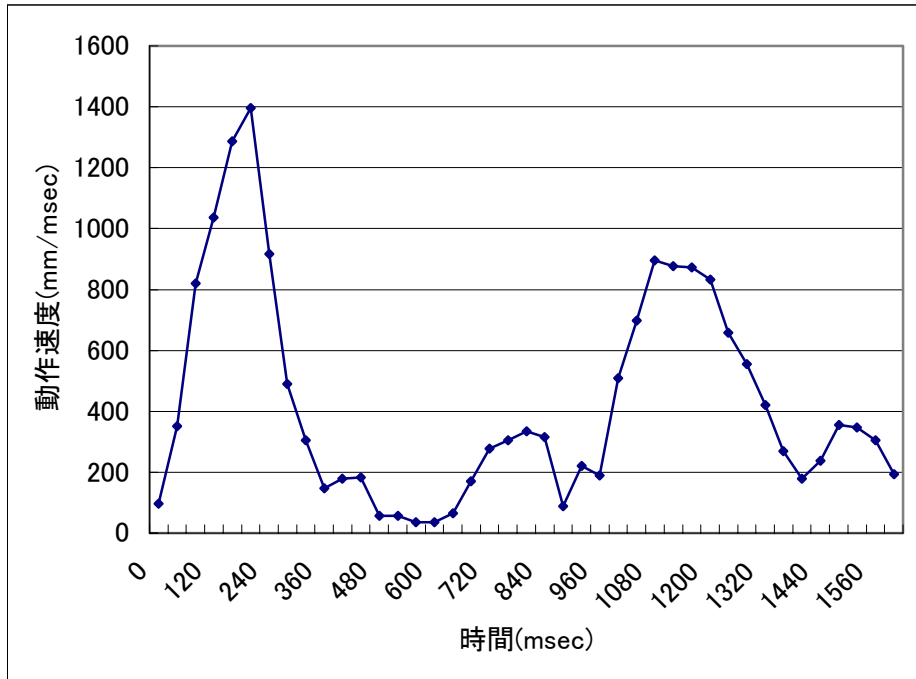


図 3-1-55 動作速度 組立作業者 S1 (手順 1,2,3,4)

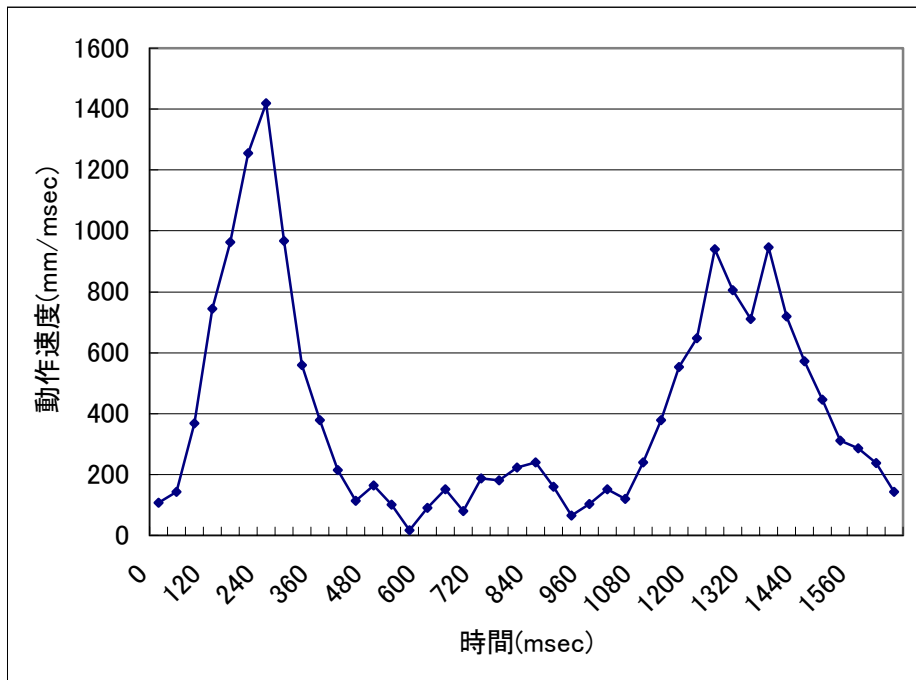


図 3-1-56 動作速度 組立作業者 S1 (手順 1,2,3,4)

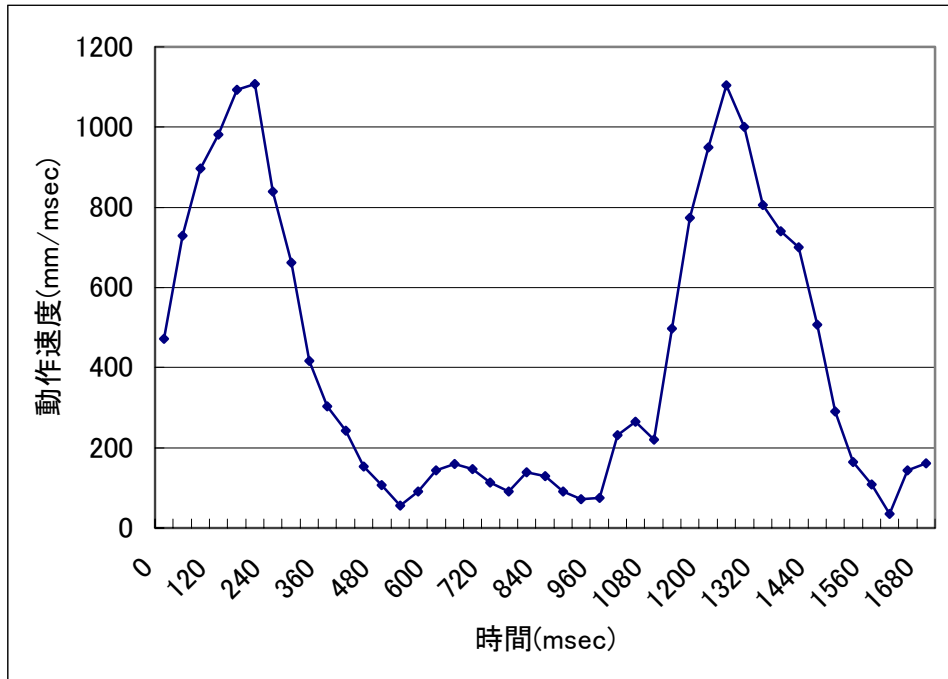
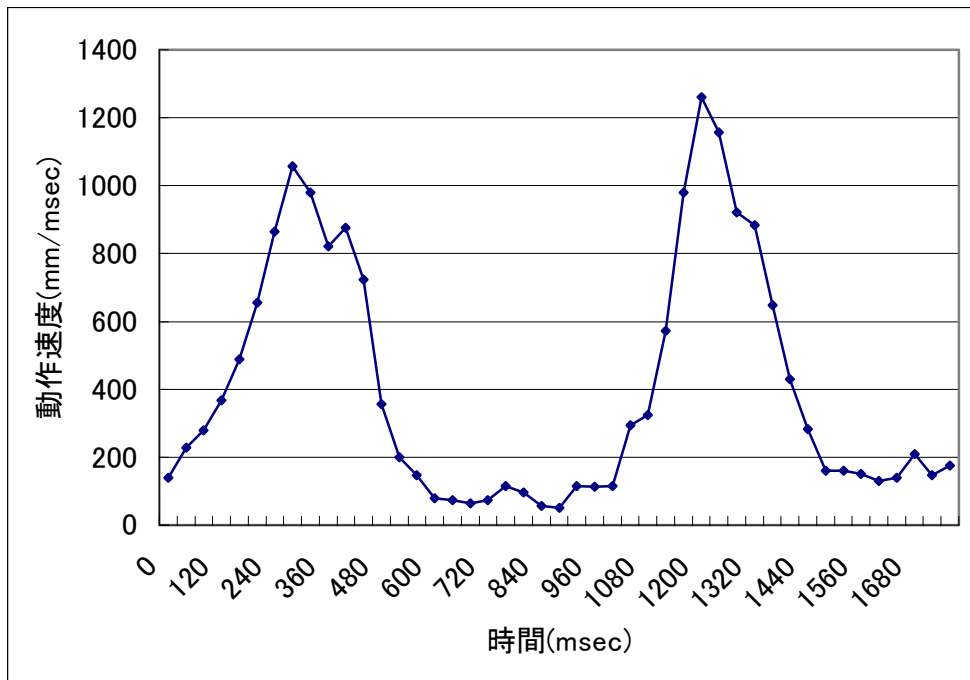


図 3-1-57 動作速度 組立作業者 S1 (手順 1,2,3,4)



## b. 動作軌跡

表 3-1-4 に示した作業のうち、右手作業内容の**手順 1、2、3、4**「断熱板止めネジに手を伸ばす」、「断熱板止めネジをつかむ」、「断熱板止めネジを運ぶ」、「断熱板止めネジを断熱板にセットする」作業を対象に動作速度の推移を分析した。以下、典型例として作業者 S 1 の結果を 4 ケース示す（作業者 S 2， S 3， S 4 については資料編を参照されたい）。

図 3-1-58 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 1, 2, 3, 4)

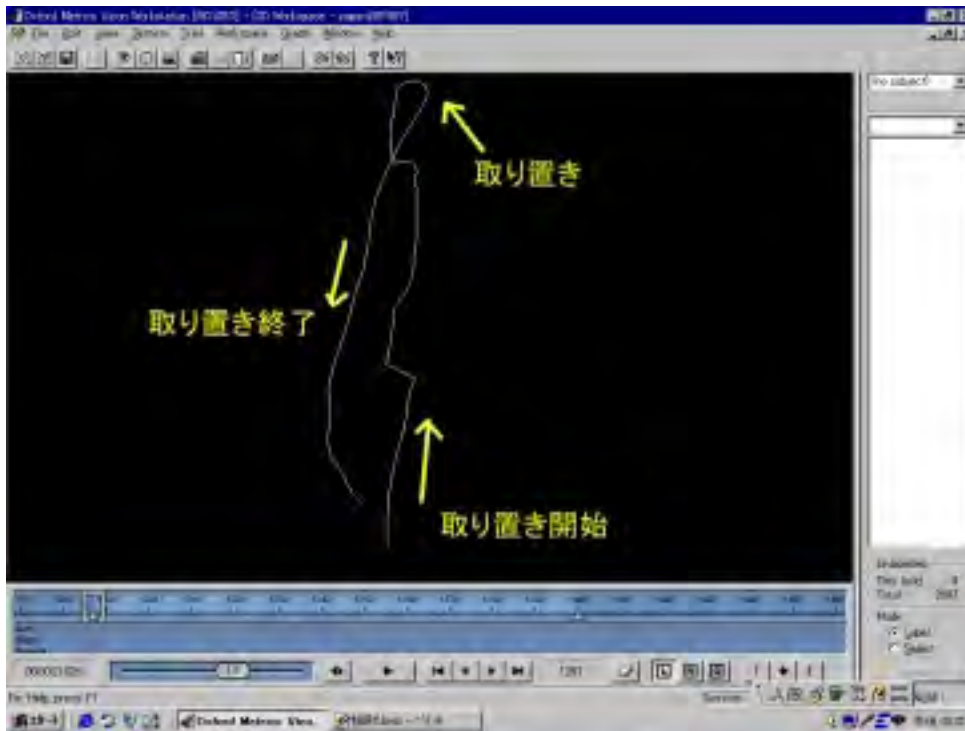


図 3-1-59 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 1, 2, 3, 4)

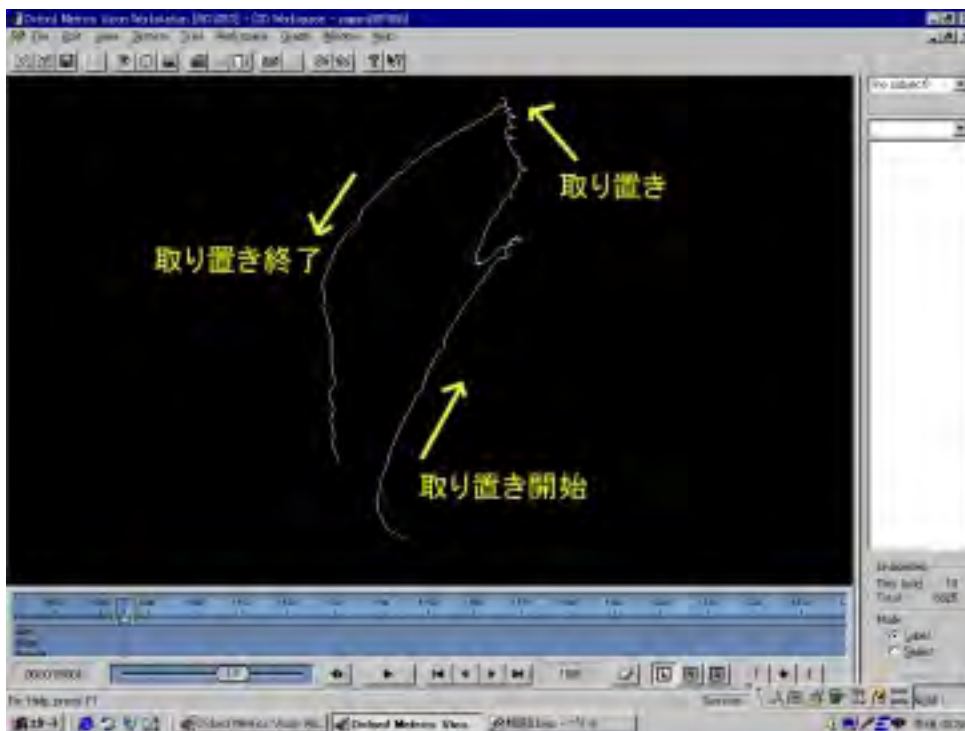




図 3-1-60 動作軌跡 組立作業者 S1 (手順 1, 2, 3, 4)

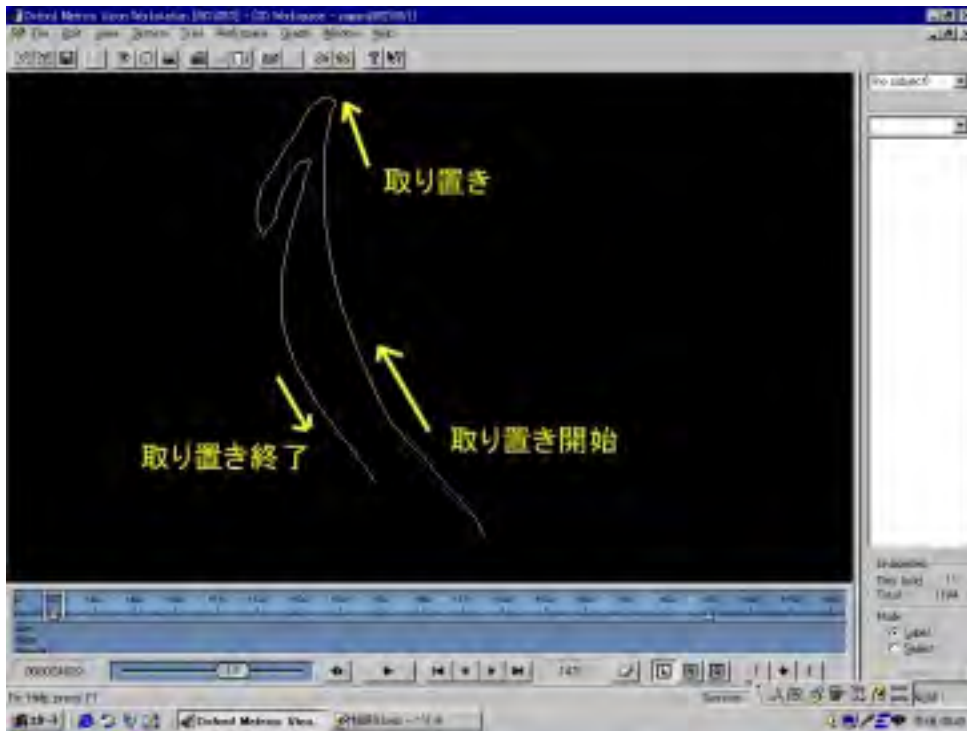
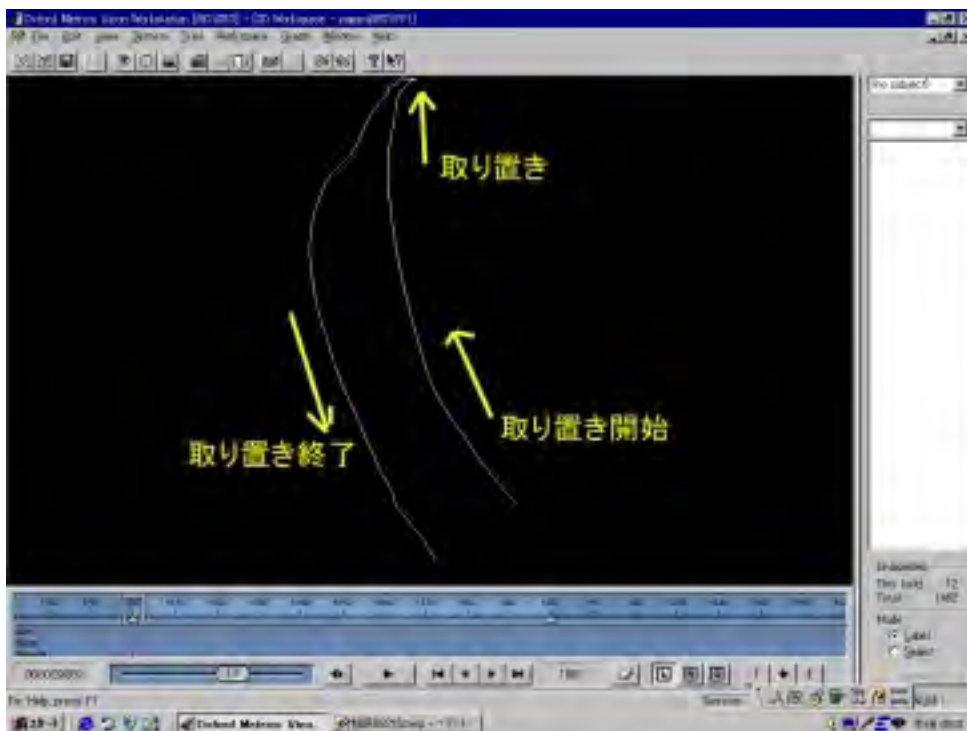


図 3-1-61 動作軌跡 組立作業者 S1 手順 1, 2, 3, 4)



## (6) 単位時間当たりの生産台数調査

タッチスクリーンディスプレイを用いた単位時間当たりの生産台数を図 3-1-62～図 3-1-65 に示す。

- ・ 図 3-1-62 は組立作業員 S1 の単位時間当たり生産台数の推移を示している。
- ・ 図 3-1-63 は組立作業員 S2 の単位時間当たり生産台数の推移を示している。
- ・ 図 3-1-64 は組立作業員 S3 の単位時間当たり生産台数の推移を示している。
- ・ 図 3-1-65 は組立作業員 S4 の単位時間当たり生産台数の推移を示している。

図 3-1-62 組立作業者 S 1 単位時間当たり生産台数の推移

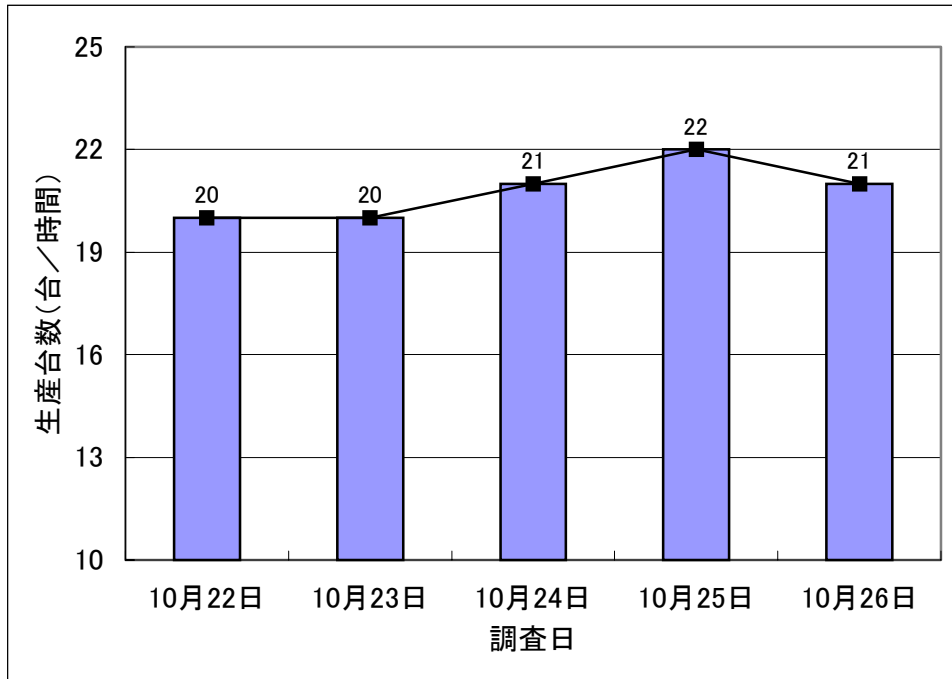


図 3-1-63 組立作業者 S 2 単位時間当たり生産台数の推移

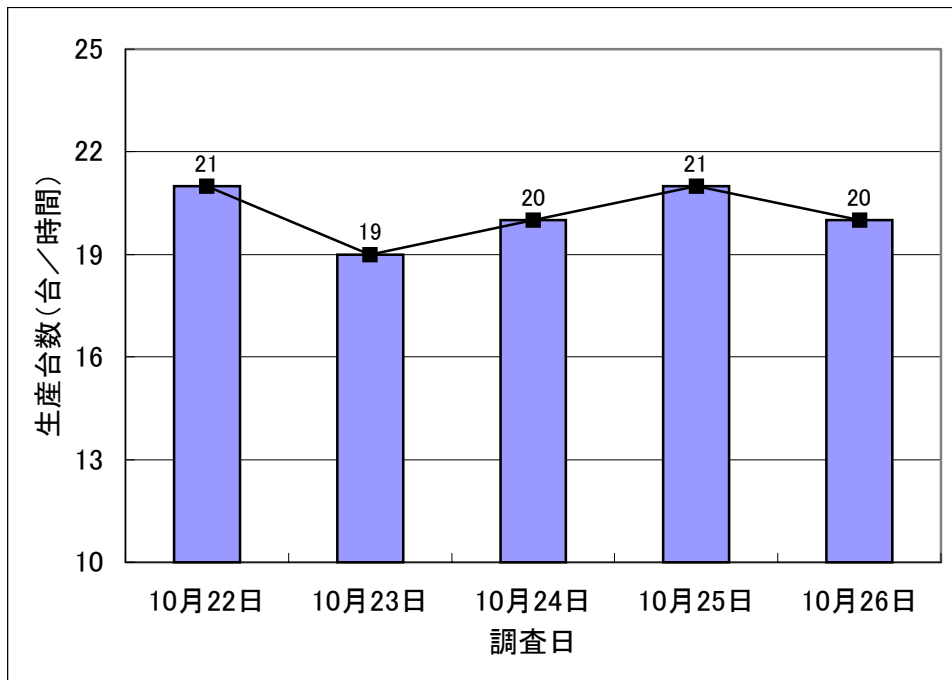


図 3-1-64 組立作業者 S3 単位時間当たり生産台数の推移

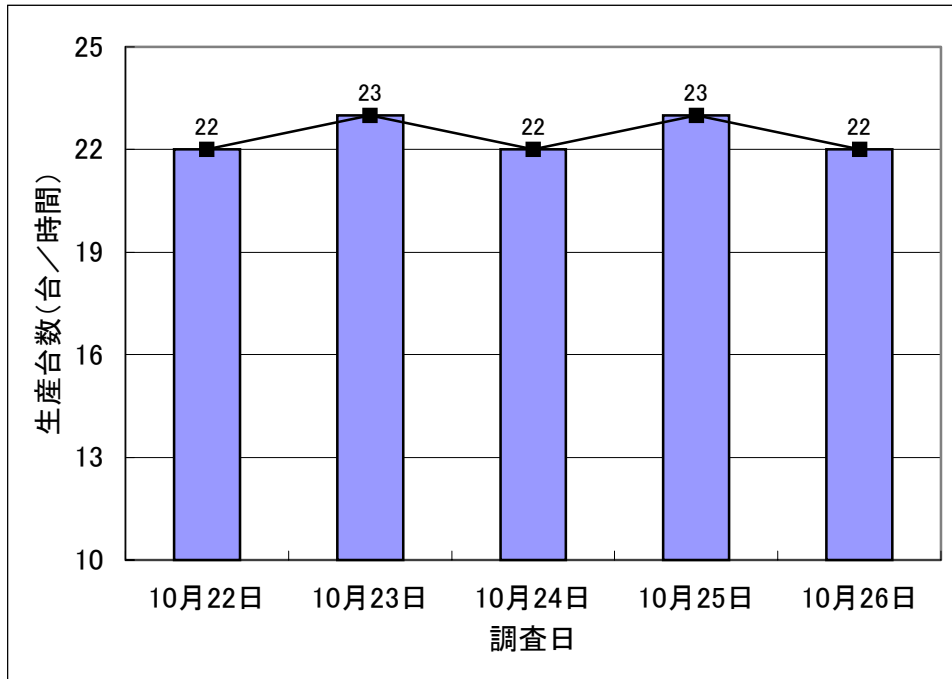
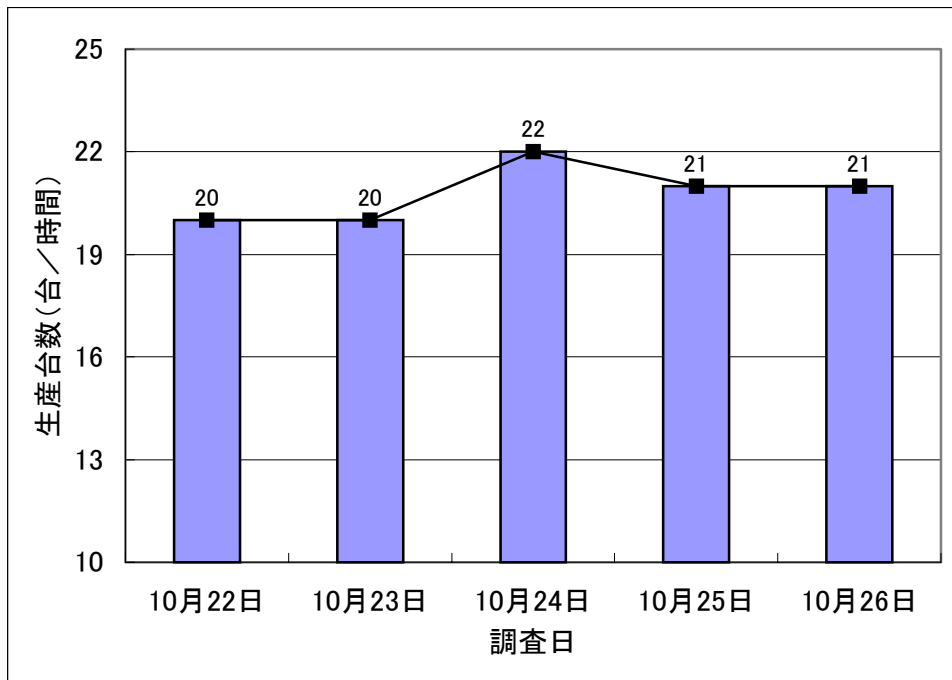


図 3-1-65 組立作業者 S4 単位時間当たり生産台数の推移



次に、組立作業者 S1～S4 の計 4 名における、5 日間の平均単位時間当たり生産台数の推移を図 3-1-66 に示す。またこれらの標準偏差を図 3-1-67 に示す。

図 3-1-66 組立作業者 単位時間当たり生産台数の推移

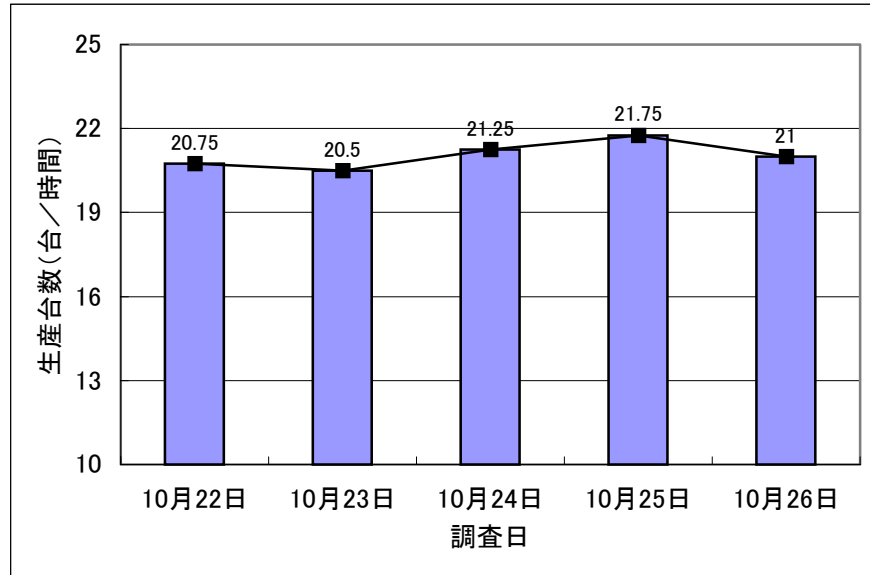
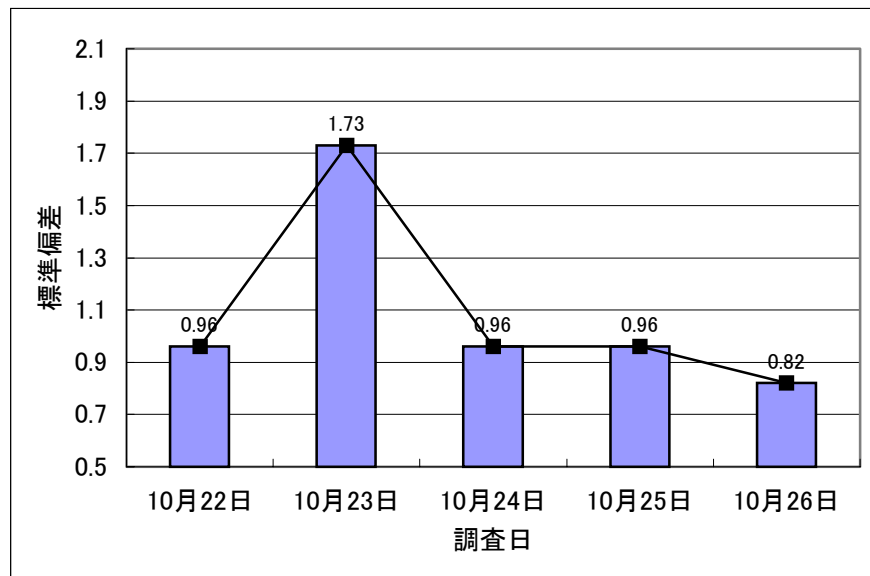


図 3-1-67 単位時間当たり生産台数の標準偏差の推移

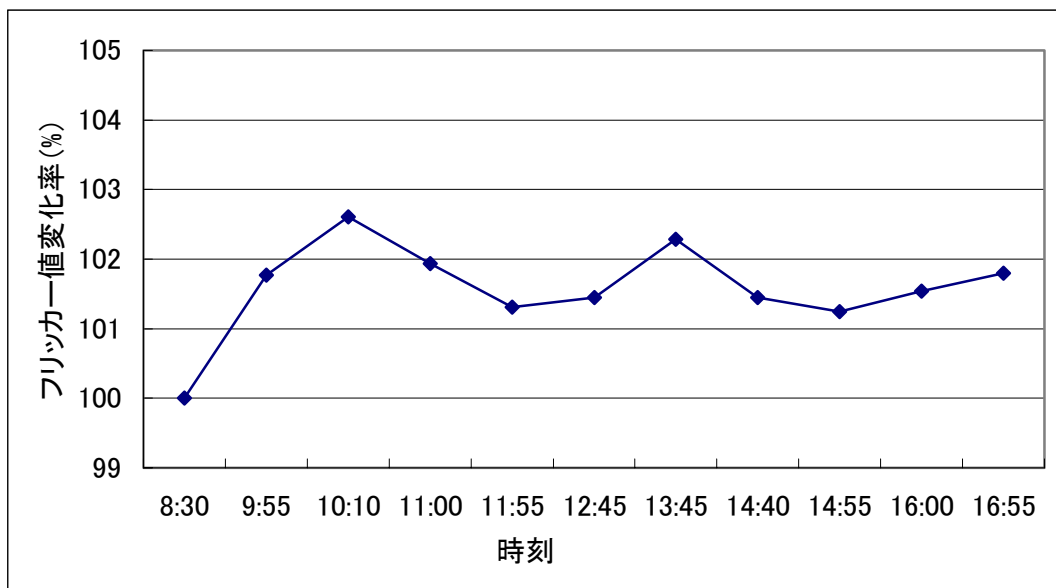


### (7) フリッカー検査

製品組立作業員 4 名のフリッカー値平均日内変化率を図 3-1-68（作業員 4 名 5 日分の変化率）に示す。

図 3-1-68 組立作業員におけるフリッカー値日内変化率

N=20



## **(8) 疲労自覚症状・部位調査**

### **① 疲労自覚症状調査**

図 3-1-69 は組立作業員 4 名 5 日間の疲労自覚症状調査の平均訴え率を示している。

- ・ I 群

I 群は主に、ねむけやだるさに関する活力低下を表す症候群である。

- ・ II 群

II 群は主に注意集中の困難性を示す症候群である。

- ・ III 群

III 群は主に局所的な身体の違和感を示す症候群である。

### **② 身体疲労部位調査**

図 3-1-70 は組立作業員 4 名 5 日間の身体疲労部位調査の平均訴え率を示している。

図3-1-69 疲労自覚症状調査項目別訴え率

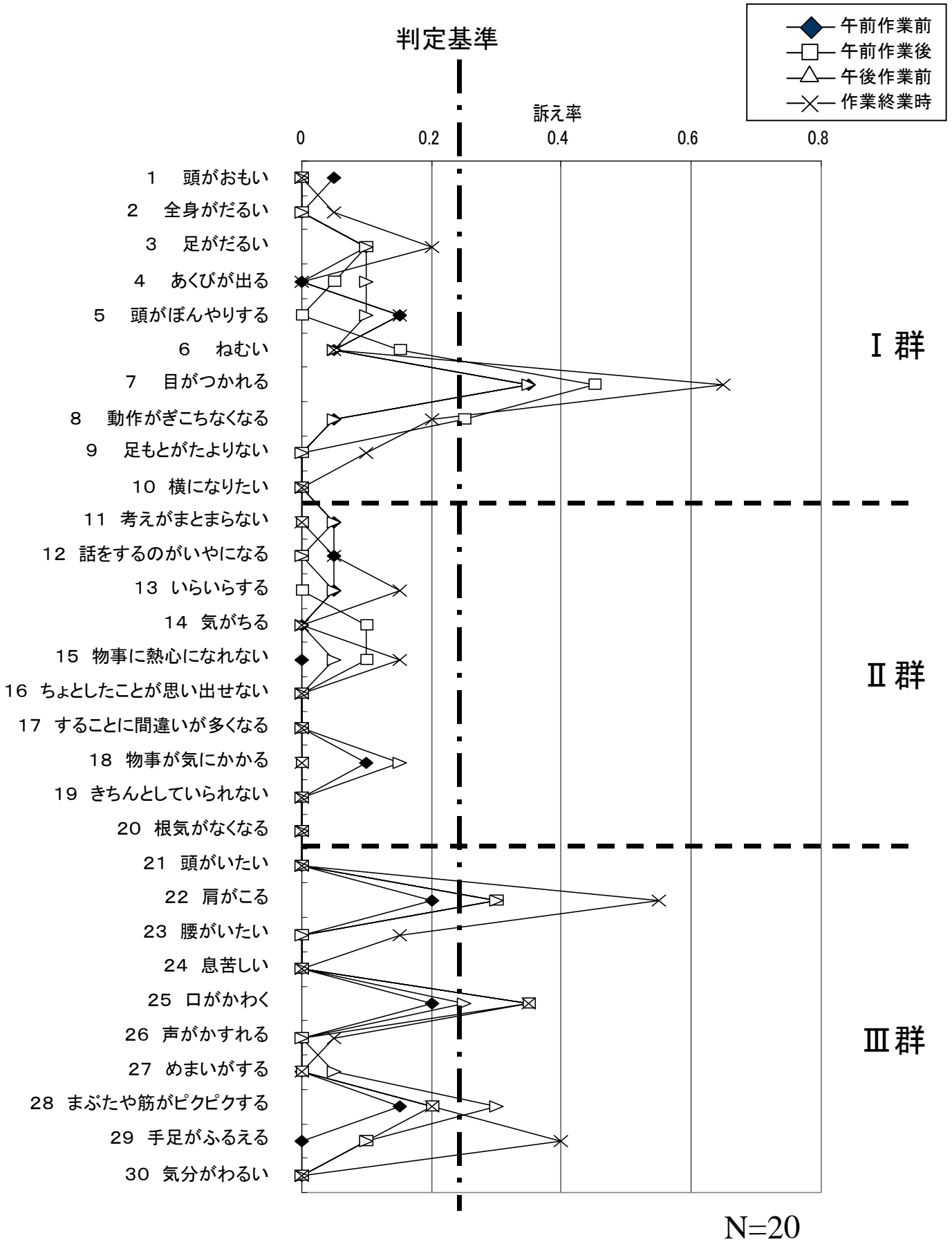
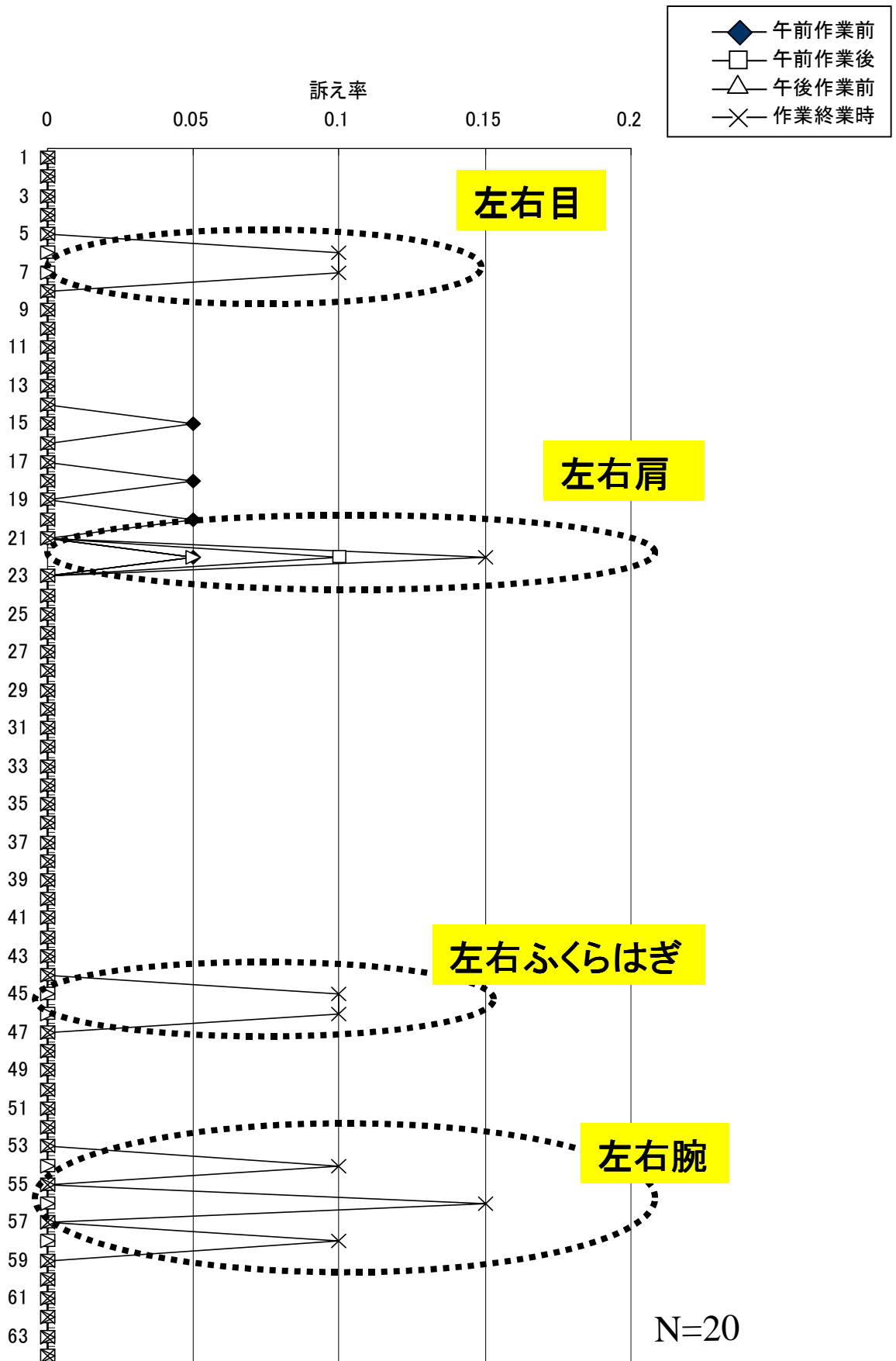




図3-1-70 身体疲労部位症状調査項目別訴え率



N=20

### **(9) 注視点分析**

組立作業者 4 人 (S1, S2, S3, S4) のビス締め作業の注視点視線軌跡、注視点停留時間別頻度分析の結果を、図 3-1-71～図 3-1-78 に示す。

図 3-1-71 注視点視線軌跡 (S1)



図 3-1-72 注視点停留時間別頻度分析

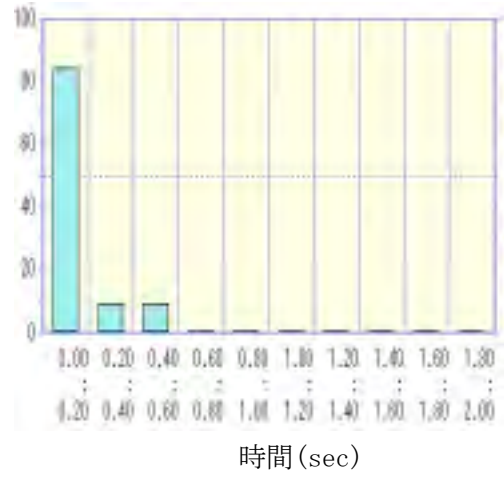


図 3-1-73 注視点視線軌跡 (S2)



図 3-1-74 注視点停留時間別頻度分析

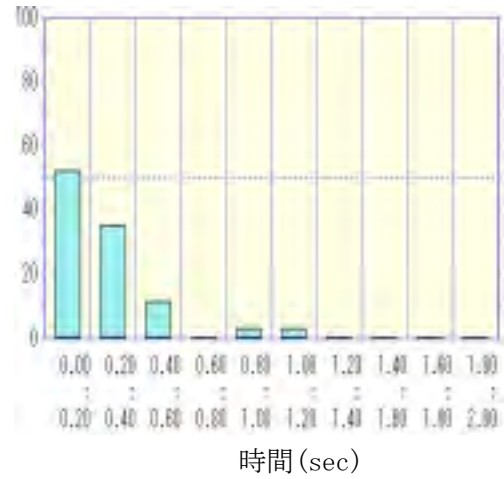


図 3-1-75 注視点視線軌跡 (S3)

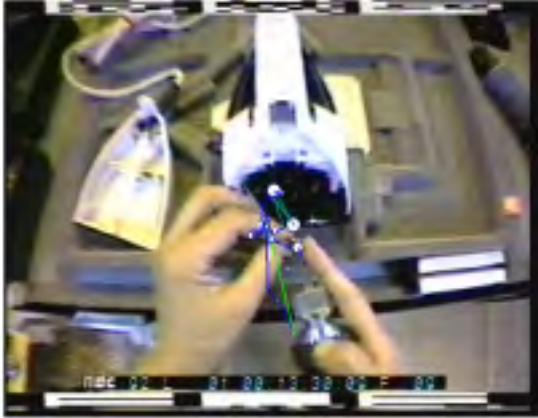


図 3-1-76 注視点停留時間別頻度分析

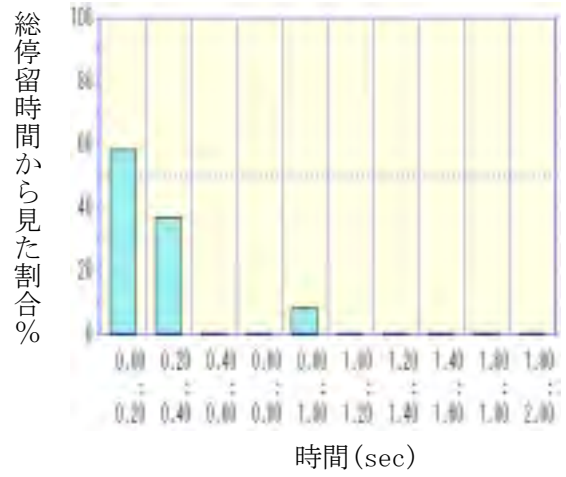


図 3-1-77 注視点視線軌跡 (S4)

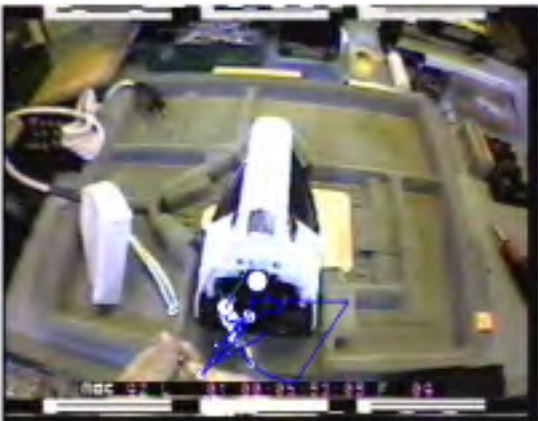
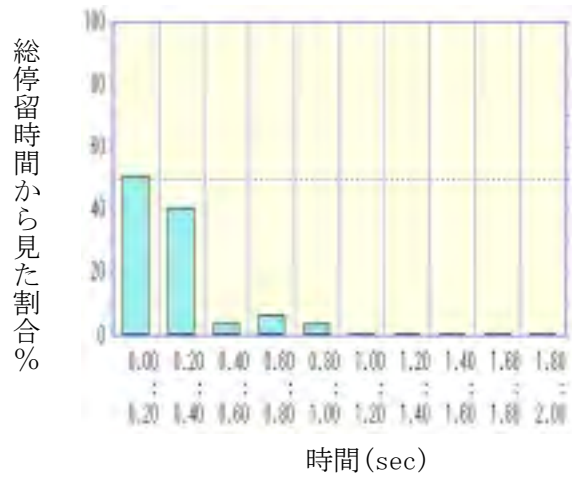


図 3-1-78 注視点停留時間別頻度分析



### (10) 心拍数分析

作業者(S2, S3, S4)の平均 R-R 間隔を図 3-1-79～図 3-1-81 に示す。R-R 間隔とは、心電図の R 波の間隔のことであり、R-R 間隔が長いということは、一定時間あたりの心拍数が少ないことを示している。図 3-1-79～図 3-1-81 の横軸は、作業前から数えて何回目のサンプルであるかを示しており、縦軸に 5 分間の平均 R-R 間隔を示す。また、表 3-1-5 に、測定時間の内容を示す。なお、平均 R-R 間隔には、個人差があるので、それぞれのサンプルの平均 R-R 間隔は、午前中 1 回目のサンプルの平均 R-R 間隔で除した値で基準化して示してある。

表 3-1-5 測定時間の内容

	開始時刻	終了時刻
No.1	9 時 00 分	9 時 05 分
No.2	9 時 50 分	9 時 55 分
No.3	10 時 40 分	10 時 45 分
No.4	11 時 30 分	11 時 35 分
No.5	12 時 50 分	12 時 55 分
No.6	14 時 00 分	14 時 05 分
No.7	14 時 50 分	14 時 55 分
No.8	15 時 36 分	15 時 41 分

図 3-1-79 平均 R-R 間隔 (S2)

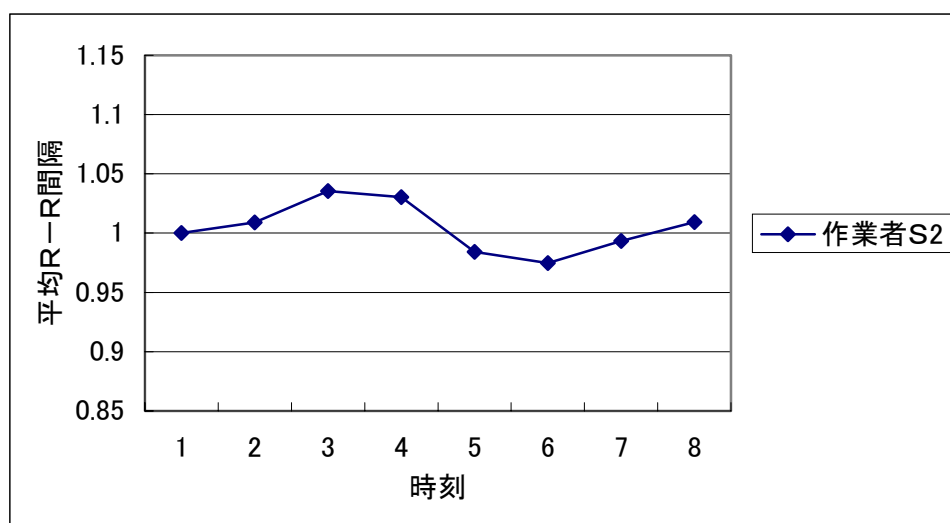


图 3-1-80 平均R-R间隔 (S3)

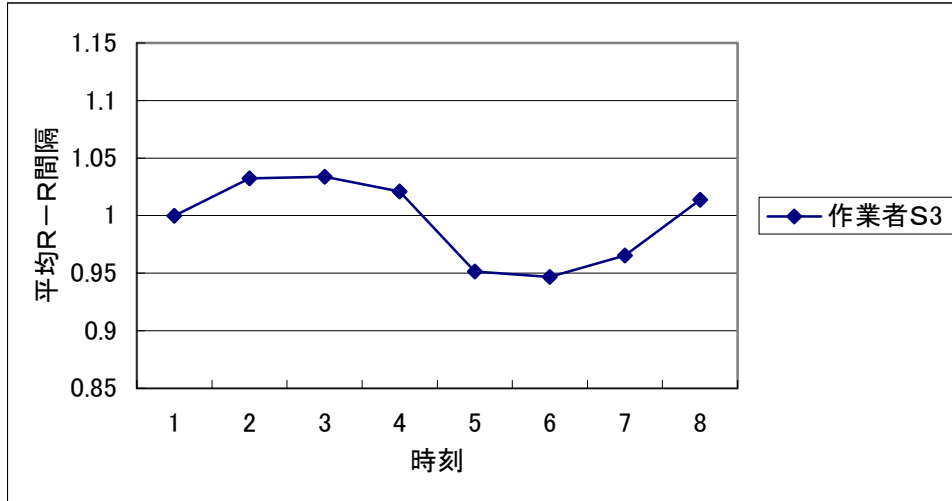
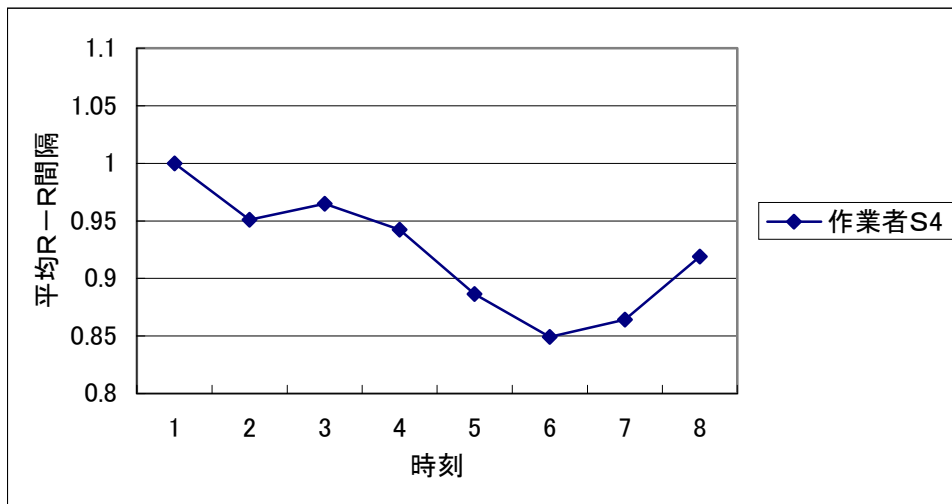


图 3-1-81 平均R-R间隔 (S4)



### 3-1-4 結果と考察

提案したモデル（生産方式）の評価を行うために、前章に示した解析結果を要約し、考察を行う。

#### (1) 組立作業内容分析（作業分類別作業時間割合比較）

組立作業における作業集約化方式の、作業分類別作業時間割合を表 3-1-6 に示す。

表 3-1-6 作業分類別作業時間割合（作業集約化方式）（単位；％）

作業番号	作業内容	主作業	付随作業	(取置作業)	検査	手待ち
1	完成パイキング運搬	2	98	98	0	0
2	サーモツマミセット	16	84	84	0	0
3	ペントルーブグリス塗布	29	71	71	0	0
4	把手A取付(サーモツマミ)	40	60	60	0	0
5	ツマミバネセット	43	57	57	0	0
6	断熱板セット	46	54	54	0	0
7	断熱板止め	49	50	25	0	1
8	スタンプ印字	27	73	54	0	0
11	断熱板セット(パレット)	7	93	93	0	0
12	ロックツマミ取付(把手カバー)	22	77	36	2	0
13	バイメタル・ターミナル取付	24	54	41	0	22
14	菊ザガネ・平ザガネ締め付け	39	61	38	0	0
15	ターミナル締め付け	64	36	15	0	0
16	温調治具運搬	28	72	72	0	0
17	接点調節	50	50	25	0	0
18	作動棒セット	34	66	52	0	0
19	完成把手セット	87	13	13	0	0
20	把手締めビス締め付け	53	47	30	0	0
21	ランプカバー挿入	12	88	88	0	0
24	ビス締め付け(メガネ端子部)	49	51	27	0	0
25	ビス締め付け(メガネ端子部)	46	64	39	0	0
26	ビス締め付け(メガネ端子部)	61	68	15	0	1
27	リード線締め付け	83	17	5	0	0
28	リード線締め付け	44	56	21	0	0
29	リード線セット	72	28	28	0	0
30	完成板セット	90	10	10	0	0
31	把手裏板ネジ締め付け	37	50	41	0	13
32	色別クリップセット	10	90	90	0	0
33	完成品供給	27	73	73	0	0
平均値		41.1	57.6	46.7	0.1	1.2

次に、作業集約化方式における組立作業内容をベルトコンベアを用いてライン編成を行った場合の、作業分類別作業時間割合を表 3-1-7 に示す。

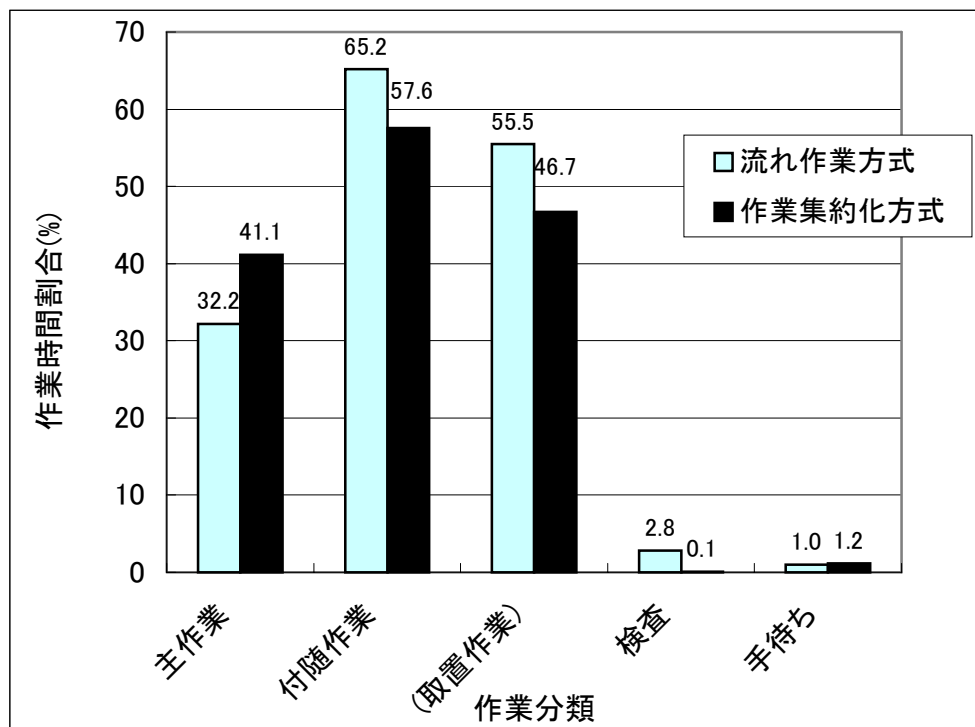
表 3-1-7 作業分類別作業時間割合（流れ作業方式）（単位；％）

作業番号	作業内容	主作業	付随作業	(取置作業)	検査	手待ち
1	パレット取り置き	0	100	100	0	0
2	完成バイキング運搬	2	98	98	0	0
3	サーモツマミセット	16	84	84	0	0
4	ペントルーブグリス塗布	29	71	71	0	0
5	把手A取付(サーモツマミ)	40	60	60	0	0
6	ツマミバネセット	43	57	57	0	0
7	断熱板セット	46	54	54	0	0
8	断熱板止め	49	50	25	0	1
9	パレット取り置き	0	100	100	0	0
10	パレット取り置き	0	100	100	0	0
11	スタンプ印字	27	73	54	0	0
12	断熱板セット(パレット)	7	93	93	0	0
13	ロックツマミ取付(把手カバー)	22	77	36	2	0
14	バイメタル・ターミナル取付	24	54	41	0	22
15	菊ザガネ・平ザガネ締め付け	39	61	38	0	0
16	ターミナル締め付け	64	36	15	0	0
17	温調治具運搬	28	72	72	0	0
18	接点調節	50	50	25	0	0
19	作動棒セット	34	66	52	0	0
20	完成把手セット	87	13	13	0	0
21	把手締めビス締め付け	53	47	30	0	0
22	パレット取り置き	0	100	100	0	0
23	パレット取り置き	0	100	100	0	0
24	ランプカバー挿入	12	88	88	0	0
25	ビス締め付け(メガネ端子部)	49	51	27	0	0
26	ビス締め付け(メガネ端子部)	46	64	39	0	0
27	ビス締め付け(メガネ端子部)	61	68	15	0	1
28	リード線締め付け	83	17	5	0	0
29	リード線締め付け	44	56	21	0	0
30	リード線セット	72	28	28	0	0
31	完成板セット	90	10	10	0	0
32	把手裏板ネジ締め付け	37	50	41	0	13
33	色別クリップセット	10	90	90	0	0
34	完成品供給	27	73	73	0	0
35	パレット取り置き	0	100	100	0	0
36	パレット取り置き	0	100	100	0	0
37	完成品検査	0	0	0	100	0
38	梱包工程に送る	0	100	100	0	0
平均値		32.2	65.2	55.5	2.8	1.0



表 3-1-6、表 3-1-7 の結果より、作業集約化方式における作業分類別作業時間割合と、作業集約化方式を流れ作業方式の形態でライン編成を行った場合の組立工程における作業分類別作業時間割合の比較を図 3-1-82 に示す。

図 3-1-82 作業分類別作業時間割合比較



これらの分析結果から、次のことがいえる。

流れ作業方式と作業集約化方式における組立作業の内容を比較すると、作業集約化方式においては、主作業の時間割合が 8.9 ポイント増加し、付随作業の時間割合は 7.6 ポイントの減少、また取り置き作業の時間割合は 8.8 ポイント減少していることがわかる。これは、流れ作業方式においては、作業員個々人の作業能力がすべて機械のスピードに規制されることにより、作業員自身の力を 100% 発揮できないためであると考えられる。つまり、流れ作業方式においては、質的分業により、作業内容が、細かく分割されていることにより、作業員の組立動作におけるリズムを乱すことにもつながり、結果的に作業員の持つ能力を減少させているといえる。

一方、人間を中心とした作業集約化方式では、量的分業により、生産量はすべて作業員個人の能力が 100% 発揮可能な内容である。つまり、作業員の自主性により、作業活動が可能であること、また、作業領域が拡大（数工程の作業が集約化され、作業内容が増大している）されていることが前述の結果に起因していると考えられる。

また、図 3-1-12～図 3-1-40 に示した各作業内容の発生頻度は、前述の作業内容の分類の考え方に基づいているが、この分類の考え方は、一般的には標準化されておらず、それぞれ

の企業において、解釈が異なるケースが多い。流れ作業方式と、作業集約化方式を比較した場合、最も顕著な違いは、コンベアからの取置作業、ドライバー等の取置作業である。作業集約化方式の場合、ドライバーの取置作業、パレットの取置作業は計9回発生するのに対し、流れ作業方式の場合、計16回の発生になっている。すなわち、前者の取置作業は、後者と比較すると、44%の減になっていることがわかる。

## (2) 動作解析 (動作速度・動作軌跡)

### ① 動作速度比較

流れ作業方式における組立作業者(若年者・高齢者)のビス締め動作速度と、作業集約化方式における組立高齢作業者のビス締め動作速度を比較し、図3-1-83に示す(典型例で比較したものであり、作業者の平均値である)。

図3-1-83 作業方式別 若年者・高齢者の動作速度の比較

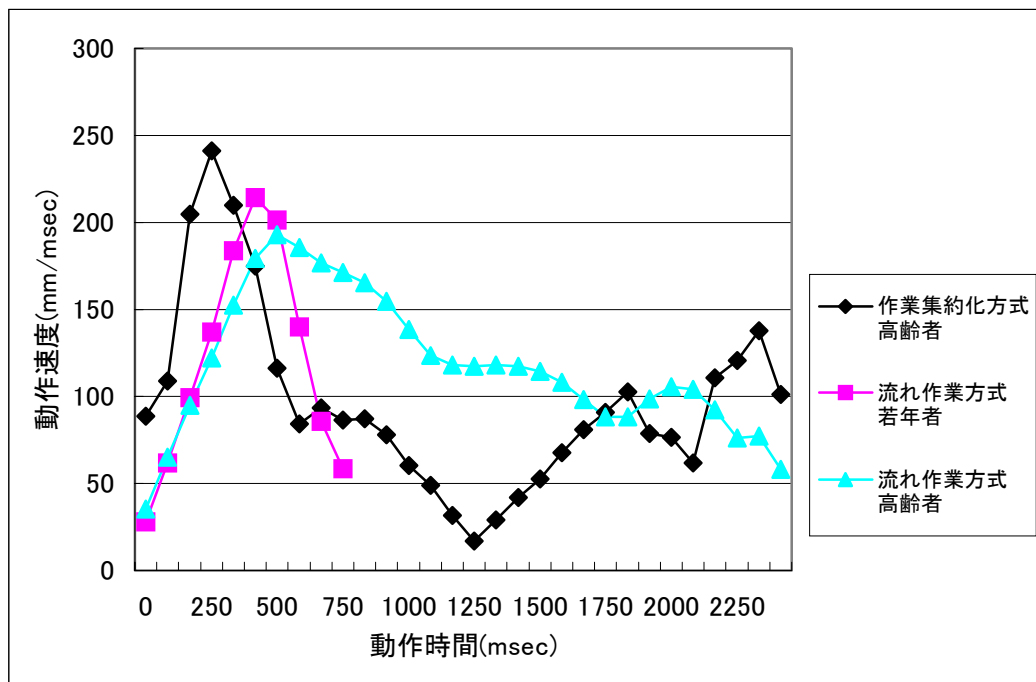


図 3-1-83 から次のことがいえる。

流れ作業方式における若年作業員、高齢作業員の動作速度と、作業集約化方式における高齢作業員動作速度を比較すると、ビスを締め付け対象部分に運ぶ、「位置決め」動作速度が、作業集約化方式における高齢作業員の方が、速いということがいえる。これは、流れ作業方式におけるビス締め作業においては、若年作業員、高齢作業員ともに、動作リズムをつかめていないということを示している。

1885 年にギルブレスによって発表された「動作経済の原則」における第一原則「身体使用の原則」には、「反復操作における自発的で滑らかな動作にはリズムが不可欠である。作業は可能な限り容易な自然なリズムがとれるような設計とすべきである。」と示されている。つまり、流れ作業方式においては、質的分業により、作業員は細かく分割された作業内容（16 工程）で作業を実行するため、作業（動作）のリズムをとることが、困難であることに起因していると考えられる。また、機械の故障によるライン停止が生じた場合、作業リズムが寸断されることにも起因していると考えられる。

一方、作業集約化方式においては、量的分業により、作業内容が拡大（集約）されているため、作業内容が作業員個人の特性に合わせたものに設定することが可能である。また、作業員の自主性により、作業分業の遂行が可能であることから、自然なリズムで作業を遂行しているものと考えられる。

## ② 動作軌跡比較

流れ作業方式における組立作業（高齢者）のビス締め作業における動作軌跡と、作業集約化方式における組立作業（高齢者）の動作軌跡を比較し、図 3-1-84～図 3-1-87 に示す。

図 3-1-84 流れ作業方式 動作軌跡（高齢者）

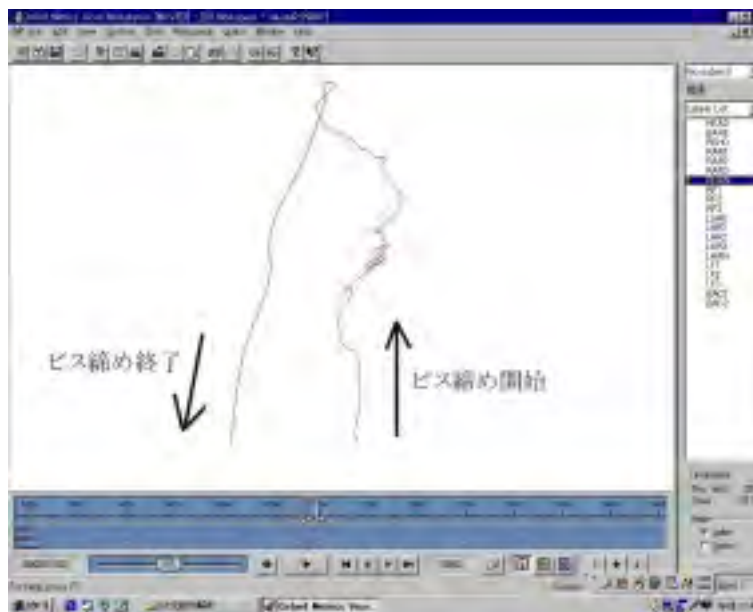


図 3-1-85 作業集約化方式 動作軌跡（高齢者）

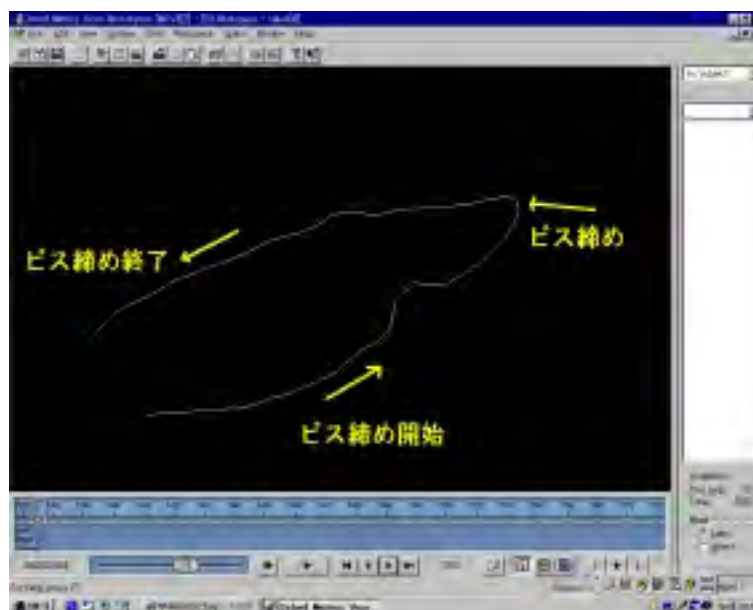


図 3-1-86 流れ作業方式 動作軌跡 (高齢者)

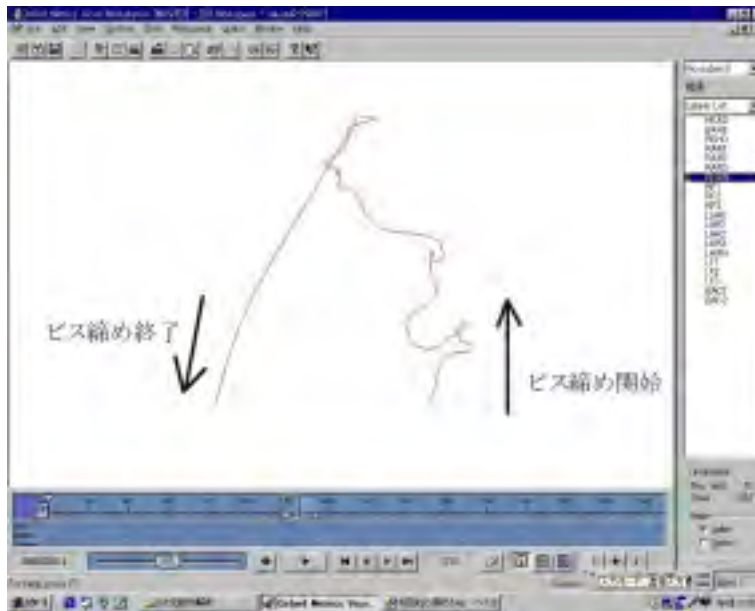


図 3-1-87 作業集約化方式 動作軌跡 (高齢者)



これらの分析結果から、次のことがいえる。

流れ作業方式における若年作業員、高齢作業員の動作軌跡と、作業集約化方式における高齢作業員動作軌跡を比較すると、ピスを締め付け対象部分に運ぶ、「位置決め」動作軌跡において、作業集約化方式における高齢作業員の方が、よりなめらかな曲線を描いているということがいえる。これは、流れ作業方式においては、質的分業により、作業員は細かく分割された作業内容（16工程）で作業を実行するため、作業（動作）のリズムをとることが、困難であることに起因していると考えられる。

一方、作業集約化方式においては、量的分業により、作業内容が拡大（集約）されているため、作業内容が作業員個人の特性に合わせたものに設定することが可能である。また、作業員の自主性により、作業分業の遂行が可能であることから、自然なリズムで作業を遂行しているものと考えられる。この点は、作業方式別、年齢別の動作速度の推移とも整合しており、位置決め動作には、作業リズムが大きくその影響を与えるものと考えられる。

### (3) 単位時間あたりの生産台数

流れ作業方式（フリーフローライン）と作業集約化方式における単位時間当たりの生産台数の比較は、生産の対象とした製品が一部異なっているため、正確な比較をするのは困難である。そこで、次のような考え方で、両者を比較することにする。

- 1) 実働時間は6.5時間。
- 2) 流れ作業方式は、昨年度の調査から、ライン稼働率を70%とする。
- 3) 作業集約化方式における1日当たりの平均生産台数は、図3-1-136から、  
10月22日・・・581台、 10月23日・・・574台、 10月24日・・・595台  
10月25日・・・609台、 10月26日・・・588台  
となり、1日当たりの平均生産台数は589台となる。

実働時間は6.5時間であるため、作業集約化方式における1日当たり単位時間当たりの平均生産台数は91台（ $589/6.5$ ）となり、組立作業者は計4名なので、作業員1人当たり単位時間当たりの平均生産台数は23台（ $91/4$ ）となる。

- 4) 作業集約化方式における標準工数（/台）は、43秒とする。

この結果は、作業集約化方式におけるライン稼働率を100%とした考え方によるものであるため、仮に流れ作業方式で製品の組立を実施した場合を想定すると、この値に70%を乗じたものが、作業員1人当たり単位時間当たりの平均生産台数16台になる（ $23 \times 0.7$ ）。実際は、流れ作業方式の場合、ライン編成効率を考慮する必要がある。編成効率を85%とすると、作業員1人当たり単位時間当たりの平均生産台数は、14台となる（ $16 \times 0.85$ ）。

これらの結果から、流れ作業方式（フリーフロー）から人間中心の作業集約化方式へと作業方式の変更を行ったことにより、ライン停止による遊休時間や段取り替え時間を削減することが可能となり、生産量が約1.6倍（ $23/14$ ）に増えていると考えられる。

参考までに、当該企業からの報告によると、調査終了後の作業員1人（/日）当たりの平均出来高は、185台（±15台）となっている。標準出来高（/日）は160台で設定されているので、標準工数を基準にすると、約1.16倍の出来高増になる。仮にこの作業内容を流れ作業方式で編成すると、必ずネック工程が生じるので、編成効率を85%とすると、 $160 \times 0.85 = 136$ 台となる。この数値を作業集約化方式の185台（/日）と比較すると、1.36倍（36%増）、すなわち、両者を相対的に比較すると、流れ作業方式に比べて作業集約化方式は、36%の出来高（/日）の増となる。また、昨年度の調査実績のライン稼働率70%を乗ずると、前者に対して後者は、1.95倍（95%増）の出来高を達成していると考えられる。



#### (4) 製品総移動距離

平成 12 年度実施された、流れ作業方式における製品総移動距離と、平成 13 年度実施された、作業集約化方式における製品総移動距離の比較を行う。

図 3-1-1 の工程レイアウトより、

作業集約化方式の、製品の総移動距離は、16.0mになるが、

図 3-1-10 に示した製品工程分析表より、各々の組立作業者が供給コロコン台から作業台に運び、再び供給コロコン台に戻す際の往復移動距離 2.0m を加えると、提案・実施した作業集約化方式における、製品総移動距離は、18.0mになる。

次に、平成 12 年度実施された流れ作業方式と、提案・実施された作業集約化方式における、製品総移動距離に関して比較した結果を表 3-1-8 に示す。

表 3-1-8 作業方式別 製品総移動距離の比較と改善の効果

作業方式名	流れ作業方式	作業集約化方式	短縮距離	効果(%)
製品総移動距離	112m	18m	94m	160%

表 3-1-8 から、

流れ作業方式から作業集約化方式へと移行させたことにより、工程内物流において、160%の効果が認められ、作業場面積の有効活用に貢献すると考える。

## (5) フリッカー検査

製品組立工程作業者のフリッカー値平均変化率を図 3-1-88 に示す。

図 3-1-88 組立作業におけるフリッカー値日内変化率

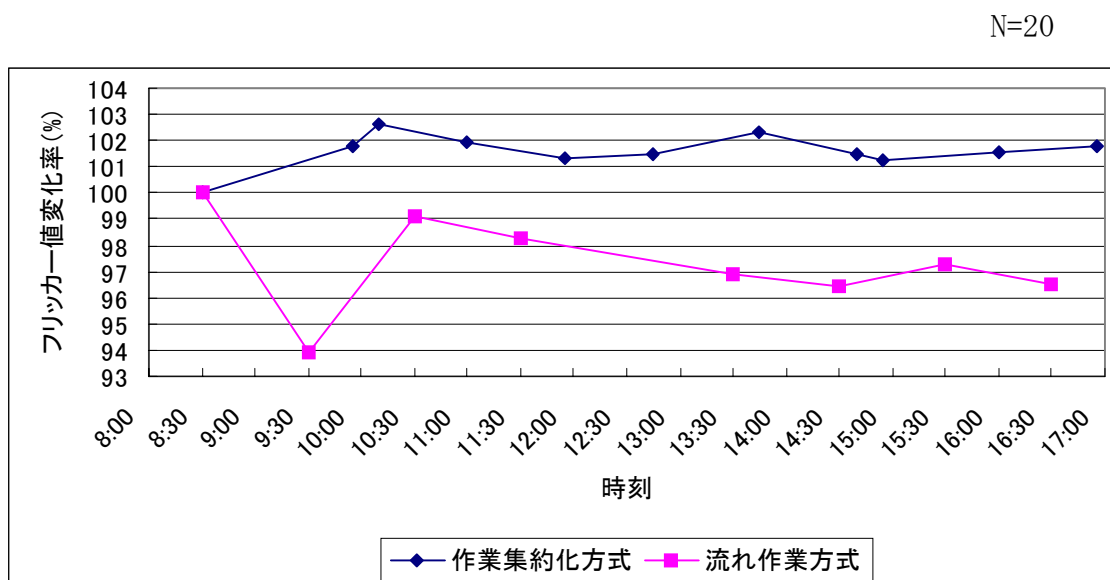


図 3-1-88 において、流れ作業方式と作業集約化方式の作業開始から作業終了までのフリッカー値変化率を比較すると、流れ作業方式は、作業前値を 100 とした場合に低下傾向にあるのに対し、作業集約化方式は上昇傾向にあることがわかる。このことは、流れ作業方式に比べ作業集約化方式は、作業者が高進の状態で作業活動を遂行しており単調性を感じていないということを示している。狩野<sup>1</sup>の基準によると、フリッカー値の低下率は作業前値を 100 とした場合 -3%(97%)を一つの限界値としており、97%以下の低下傾向があれば、単調性を有する作業内容と判定し、改善の余地警告する必要があるとされている。この基準から判定すると、作業集約化方式は、高齢作業者のセルフコントロールによる作業活動が可能である。また、自らの仕事の結果に対する自主検査の機能が入っており、責任感と仕事への達成感・充実感があるものと考えられ、これらの点に起因した結果といえる。

<sup>1</sup> 狩野広之 「一連続作業とフリッカー値の変動について」, 労働科学, vol. 36, No. 11, Pp604-609 (1960)

## (6) 疲労自覚症状・部位調査

図 3-1-89 は組立作業 4 名 5 日間の疲労自覚症状、図 3-1-90 は身体疲労部位の平均訴え率を示す。

図3-1-89 疲労自覚症状調査項目別訴え率（作業集約化方式）

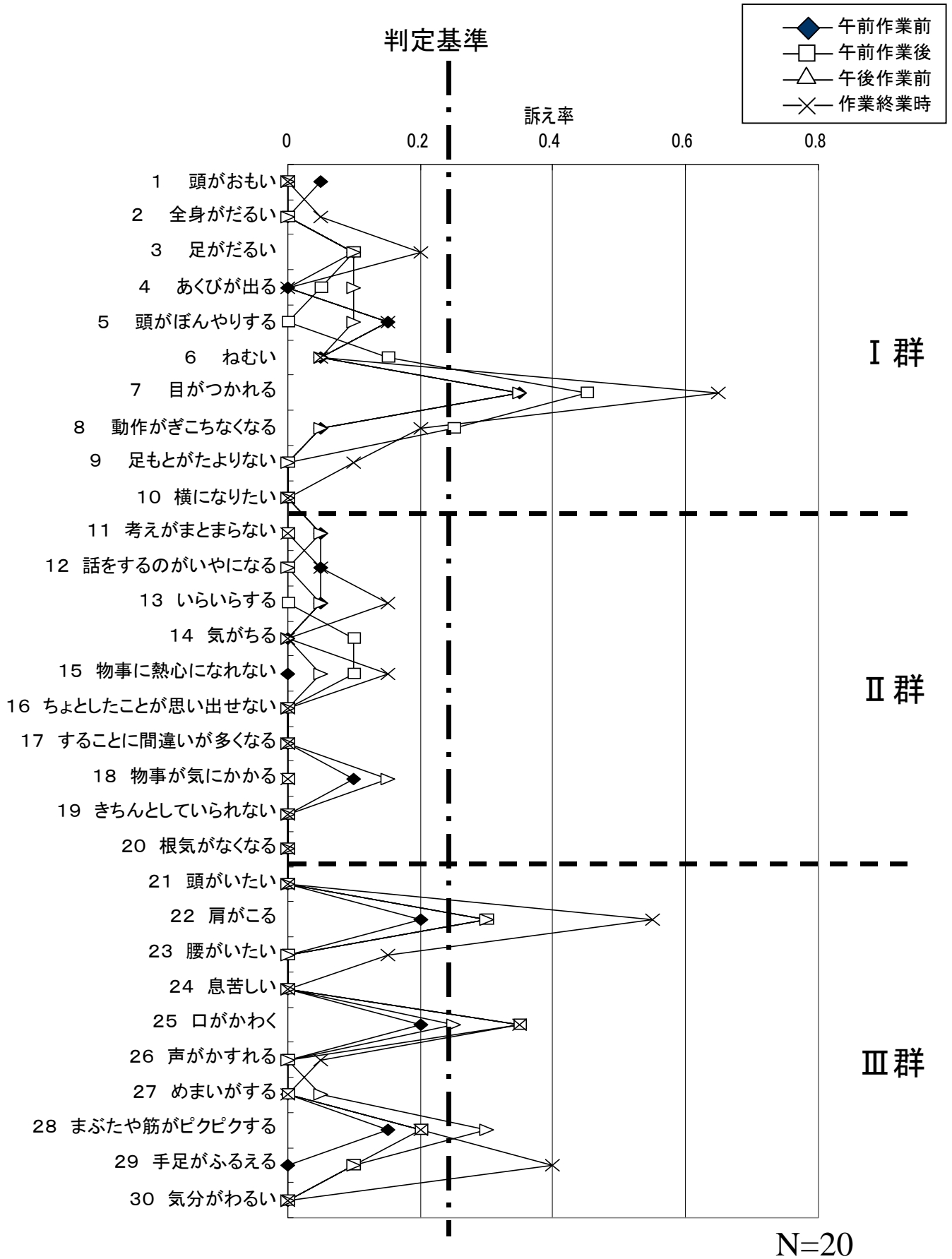


図3-1-90 身体疲労部位症状調査項目別訴え率（作業集約化方式）

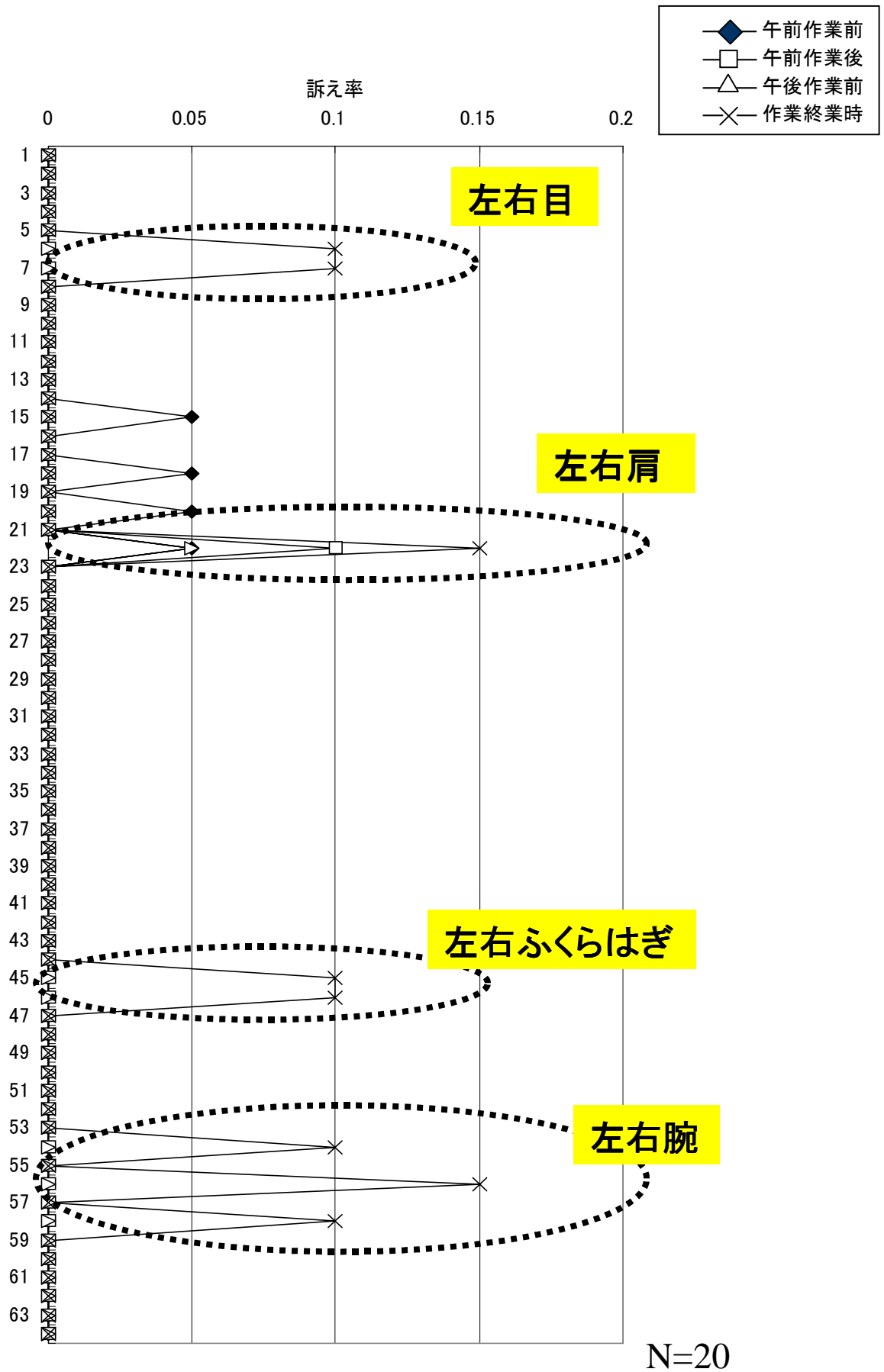


図 3-1-89、図 3-1-90 から次のことがいえる。

疲労自覚症状の訴え率においては、一般的に 25%以上の訴え率が認められると、作業負荷に改善の余地有りとは判定することになる。提案・実施した作業集約化方式は、眼精疲労、肩部、脚部の部位にそのことがいえるが、この点は多くの作業に認められる傾向であり、特に、作業集約化方式の内容に限定した結果とは考えにくい。しかしながら、今後これらの点を改善することは必要であり、照明環境、作業姿勢、道具に関するマンーマシンのインターフェイス等からの研究が必要と考える。また、第Ⅱ群(神経集中の困難の症候群)においては良好な結果が認められているが、この点はフリッカー値の変化率の結果とも整合しており、作業者は高進、つまり単調性を有しない状態で作業に従事していると考ええる。

次に身体疲労部位調査の結果からは、疲労自覚症の訴え率と同様の傾向にあるが、いずれも 20%以下の訴え率になっており、さほどの問題点を有しているとは判断できない。しかしながら、両者の結果から総合的に考察すると、前述の内容は今後の研究対象として課題が残される。

## **(7) 注視点分析**

作業集約化方式と流れ作業方式の注視点視線軌跡・注視点停留時間別頻度分析を考察する。

図 3-1-91～図 3-1-106 は、作業集約化方式と流れ作業方式の注視点視線軌跡・注視点停留時間別頻度分析を示している。

図 3-1-91 注視点視線軌跡(流れ作業方式)

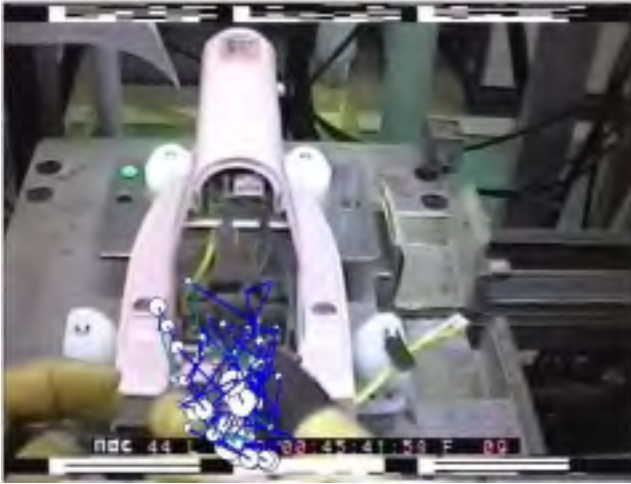


図 3-1-92 注視点停留時間別頻度分析(流れ作業方式)

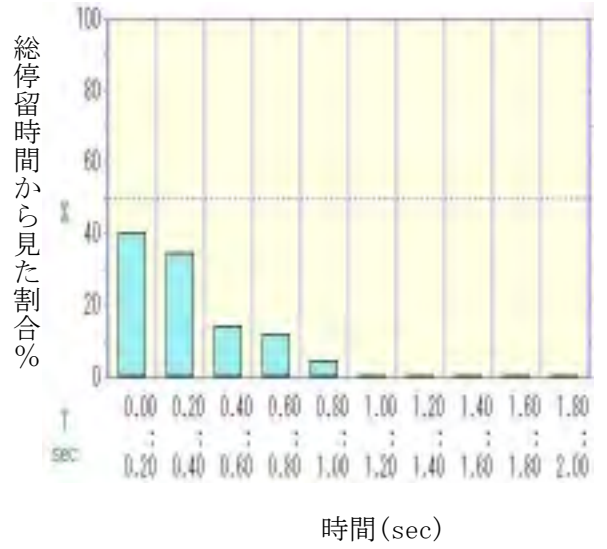


図 3-1-93 注視点視線軌跡(作業集約化方式)



図 3-1-94 注視点停留時間別頻度分析(作業集約化方式)

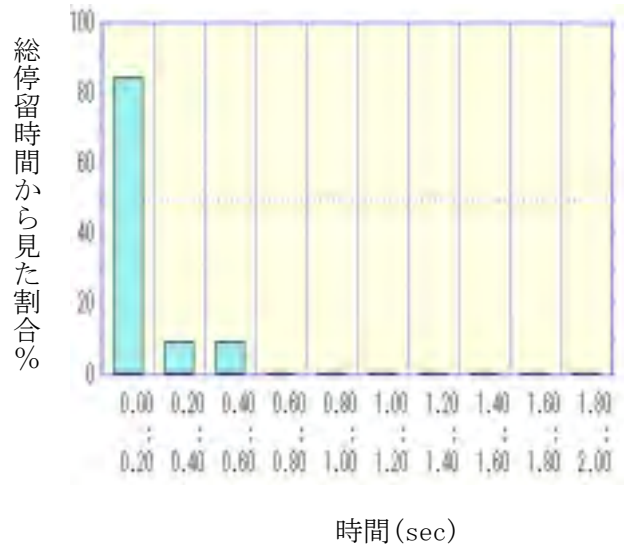




図 3-1-95 注視点視線軌跡 (流れ作業方式)

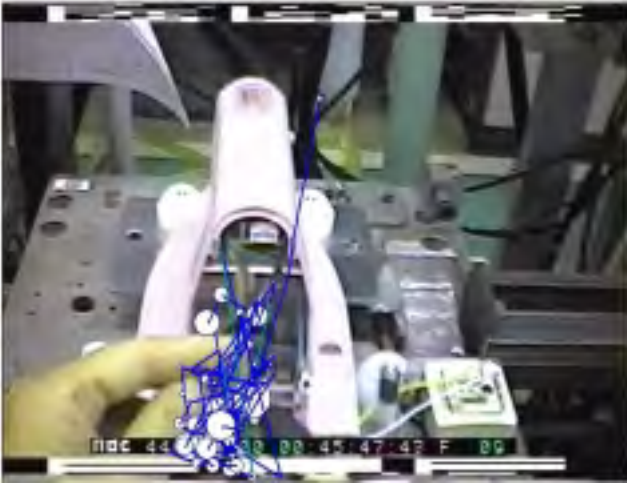


図 3-1-96 注視点停留時間別頻度分析 (流れ作業方式)

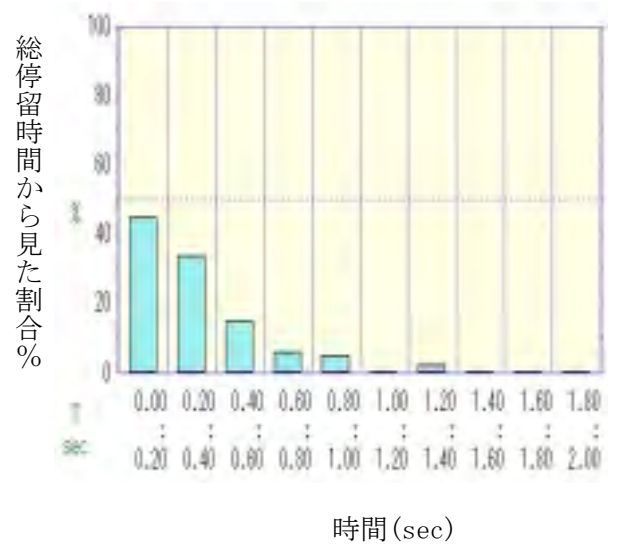


図 3-1-97 注視点視線軌跡 (作業集約化方式)



図 3-1-98 注視点停留時間別頻度分析 (作業集約化方式)

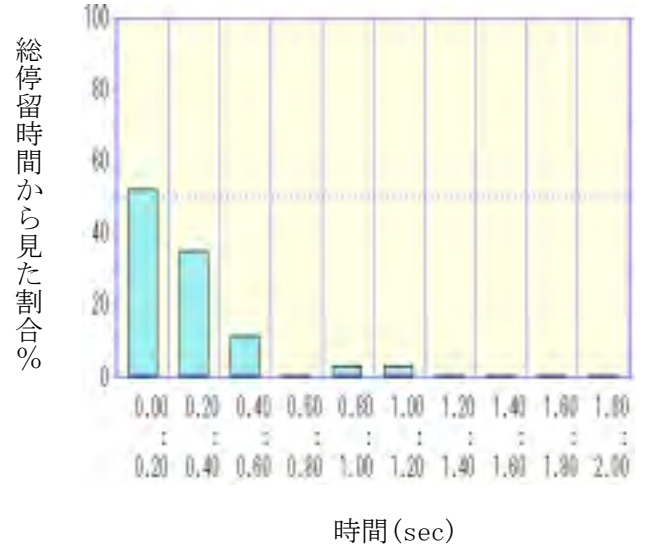


図 3-1-99 注視点視線軌跡 (流れ作業方式)

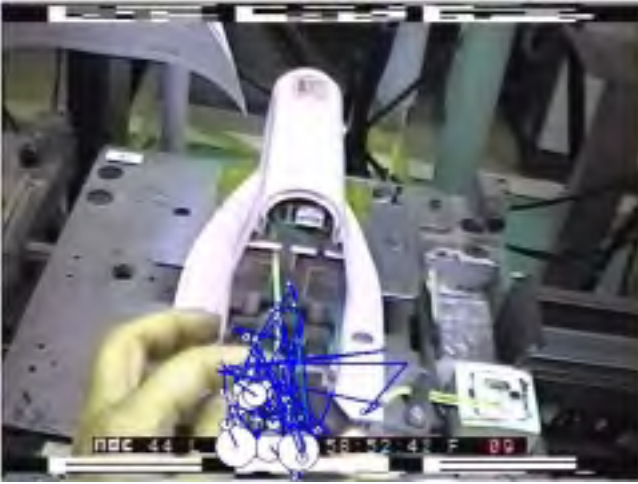


図 3-1-100 注視点停留時間別頻度分析 (流れ作業方式)

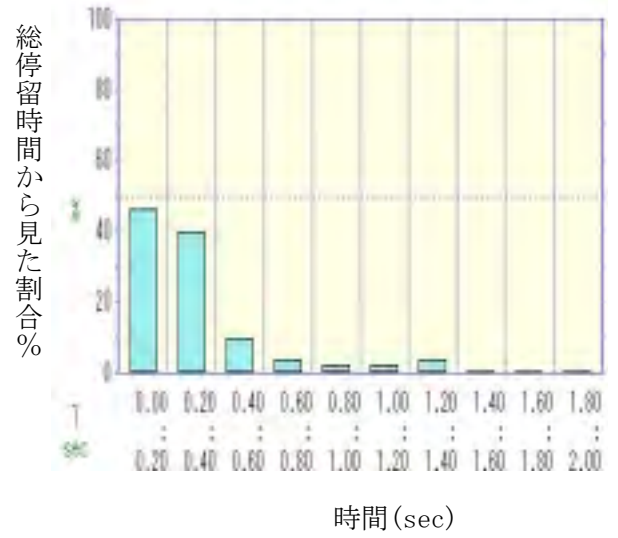


図 3-1-101 注視点視線軌跡 (作業集約化方式)



図 3-1-102 注視点停留時間別頻度分析 (作業集約化方式)

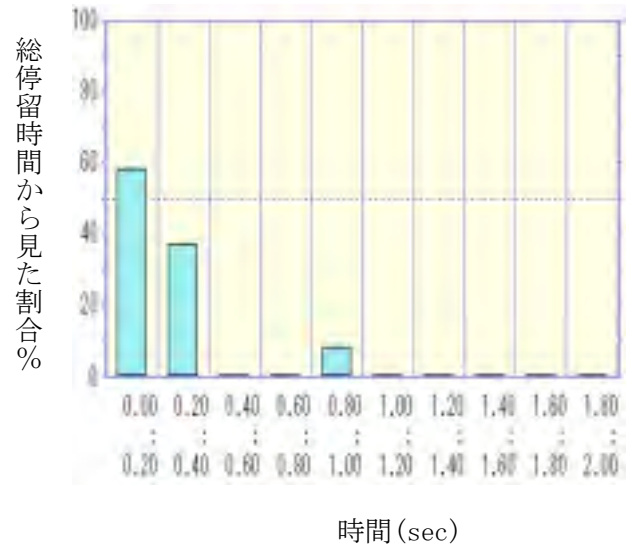


図 3-1-103 注視点視線軌跡 (流れ作業方式)

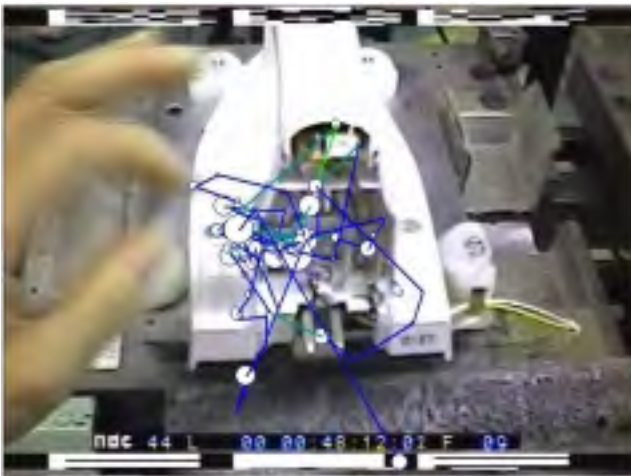


図 3-1-104 注視点停留時間別頻度分析 (流れ作業方式)

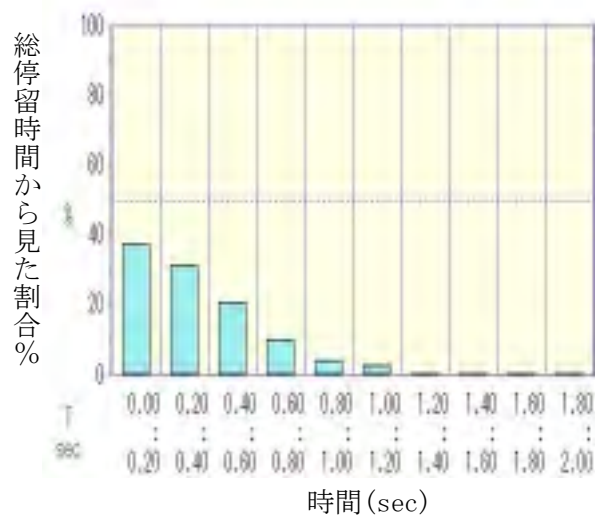


図 3-1-105 注視点視線軌跡 (作業集約化方式)

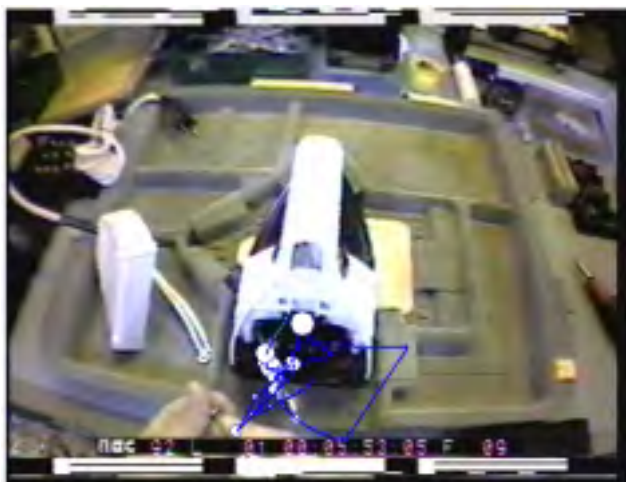


図 3-1-106 注視点停留時間別頻度分析 (作業集約化方式)

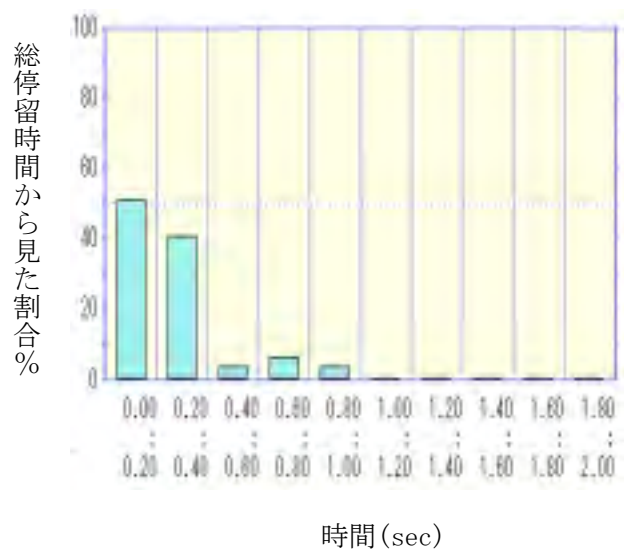


図 3-1-91～図 3-1-106 から次のことがいえる。

流れ作業方式と、作業集約化方式を相対的に比較すると、後者のほうが、視線軌跡も短く、その面積も小さいことがわかる。また、0.00 秒～0.20 秒の間停留している時間の割合が、流れ作業方式より、作業集約化方式の方が、44%ほど多く、作業リズムの容易性が認められる。

この点は、動作速度・軌跡の結果と整合しており、平成 12 年度の研究成果の若年者の傾向に類似している。このことから、提案・実施した作業集約化方式は、高齢者活用型の生産方式といえる。

## (8) 心拍数分析

作業者全員の平均 R-R 間隔を図 3-1-107 に示す。R-R 間隔とは、心電図の R 波の間隔のことであり、R-R 間隔が長いということは、一定時間あたりの心拍数が少ないことを示している。図 3-1-107 の横軸は、朝から数えて何回目のサンプルであるかを示しており、縦軸に 5 分間の平均 R-R 間隔を示す。また、表 3-1-9 に、測定時間の内容を示す。なお、平均 R-R 間隔には個人差があるので、それぞれのサンプルの平均 R-R 間隔は、午前中 1 回目のサンプルの平均 R-R 間隔で除した値で基準化して示す。

表 3-1-9 測定時間の内容

	開始時刻	終了時刻
No.1	9 時 00 分	9 時 05 分
No.2	9 時 50 分	9 時 55 分
No.3	10 時 40 分	10 時 45 分
No.4	11 時 30 分	11 時 35 分
No.5	12 時 50 分	12 時 55 分
No.6	14 時 00 分	14 時 05 分
No.7	14 時 50 分	14 時 55 分
No.8	15 時 36 分	15 時 41 分

図 3-1-107 組立全作業員 平均 R-R 間隔

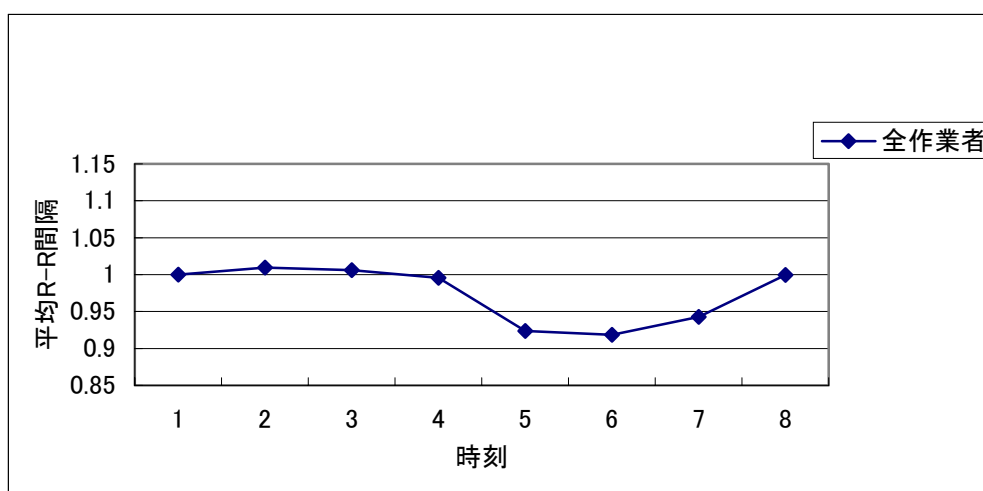


図 3-1-107 から次のことがいえる。

昼休憩後に心拍数が増大し、作業終了時間に近づくにつれ心拍数が減少している。この点は、作業集約化方式は、一日当たりの目標生産台数に対し、一人一人の作業者が作業速度をセルフコントロール可能な仕組みになっており、作業速度の調節を行っていることに起因していると推測される。またこの結果は、前述のフリッカー値の変化傾向とも整合しており、作業者は高進、すなわち、単調性のない状態で作業活動を遂行していると考ええる。

### 3-1-5 考察のまとめ

#### (1) 生産性

流れ作業方式から、作業集約化方式へと作業方式を変更したことにより、組立作業においては、作業者個人が有する作業能力を100%活かすことが可能になった。単位時間当たりの出来高は、流れ作業方式に比べ1.6倍に増えていると考えられる。若年者と比較しても目標生産量を達成しており、これは生産性の向上に貢献可能な、高齢者活用型の生産方式といえる。また、生産ラインを集約型にすることにより、製品総移動距離は、流れ作業方式の112mから、作業集約化方式においては18mに短縮（160%の短縮効果）されている。

－生産性－

- 1) 組立作業においては、主作業時間割合が8.9ポイント増加し、取置作業時間割合が8.8ポイント（取置回数では44%減）減少した。
- 2) 単位時間当たりの出来高が1.6倍に増えていると考えられる。
- 3) 製品総移動距離が94m（160%の効果）短縮した。
- 4) ビス締め付け作業においては、位置決め動作が速くなり、作業効率が上がっている。

#### (2) 作業負担（疲労度）

提案・実施した作業方式（作業集約化方式）は生産性の評価指標でもある生理的指標（フリッカー値、心拍数）、客観的指標（生産量、動作速度、軌跡、注視点の変化）ならびに主観的指標（疲労自覚症状の訴え率、身体疲労部位の訴え率）から総合的に判断して、高齢者活用型、つまり高齢者にも十分に適応可能な人間性の尊重が可能なシステムであると考えられる。

－作業負担（疲労度）－

- 1) 組立作業者は、作業開始時から作業終了時まで、フリッカー値が低下していない。これは、作業者が組立作業に単調感を感じていないことを示しており、大脳の中枢機能の活性水準が高いレベルを維持可能な作業環境で作業を遂行しているといえる。
- 2) 疲労自覚症状、身体疲労部位調査結果から、高齢者にも適用可能な作業負担であることから、適正な作業負荷（条件）といえる。
- 3) 心拍数の変化から、作業者は自分の生産リズムを自由にコントロールすることが可能なシステムである。

## 3-2 第2モデル企業調査

### 3-2-1 調査方法と内容

本モデルは中小企業バックライト製造ラインを対象に、高齢作業者を支援するための作業環境要因を、研究機関(東京都立科学技術大学)による実験結果をベースにした内容を提案実施し、その内容を評価したものである。調査内容と評価指標は次のとおりである。

#### (1) 調査内容

調査内容は、人間性尊重、すなわち高齢作業者支援のための作業環境要因の有効性を検証するためのものであり、次のような作業環境条件と評価指標(調査項目)になっている。

#### (2) 作業環境条件

- ① 条件1：白色照明を使用し、香りを与えない、通常の作業環境
- ② 条件2：黄色照明を使用し、香りを与えない作業環境
- ③ 条件3：黄色照明を使用し、香り(覚せい作用を有する香り(ペパーミント濃度20%))を与えた作業環境

それぞれの条件による具体的内容は表3-2-1、表3-2-2 および図3-2-1～図3-2-2に示すとおりである。

表3-2-1 白色照明における作業者ごとの作業環境条件

被験者	測定ポイント	照度 (lx)	照度比 Ln/Lc	色温度 (K)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )
S1	Lc	428.33		6070	27.07
	L1	167.33	0.39	5810	7.84
	L2	366.67	0.86	6060	15.71
	L3	361.67	0.84	6050	5.28
	L4	835.33	1.95	5870	7.64
S2	Lc	290.33		9230	48.73
	L1	959.67	3.31	8370	8.87
	L2	283.00	0.97	5500	15.50
	L3	299.00	1.03	9100	34.20
	L4	524.33	1.81	8770	8.45
S3	Lc	416.33		9350	33.20
	L1	224.67	0.54	7930	12.32
	L2	331.67	0.80	9280	34.90
	L3	381.67	0.92	9220	25.20
	L4	269.67	0.65	9380	13.66



表 3-2-2 黄色照明における作業者ごとの作業環境条件

被験者	測定ポイント	照度 (lx)	照度比 L <sub>n</sub> /L <sub>c</sub>	色温度 (K)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )
S1	L <sub>c</sub>	735.67		5180	44.60
	L1	292.67	0.40	5180	14.86
	L2	661.33	0.90	5150	26.87
	L3	690.33	0.94	5290	20.47
	L4	284.00	0.39	5690	20.63
S2	L <sub>c</sub>	467.67		4050	50.20
	L1	291.33	0.62	5340	28.97
	L2	651.67	1.39	5130	70.33
	L3	638.67	1.37	4980	88.10
	L4	149.33	0.32	5310	22.23
S3	L <sub>c</sub>	454.67		3370	32.27
	L1	270.67	0.60	4980	23.20
	L2	461.67	1.02	3990	30.50
	L3	427.33	0.94	3680	32.33
	L4	191.33	0.42	4140	12.52

図 3-2-1 測定ポイント

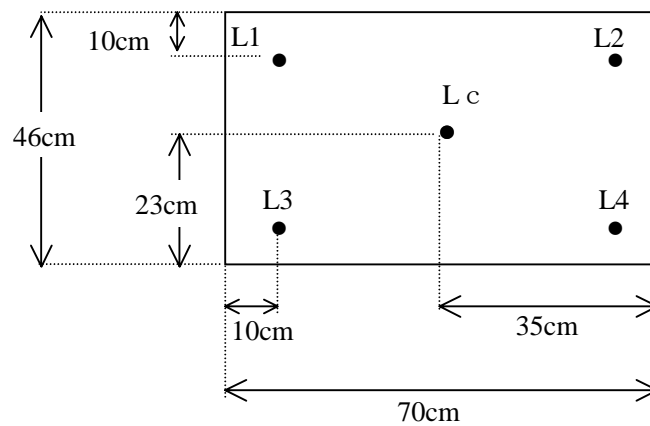


図3-2-2 作業場周辺照度

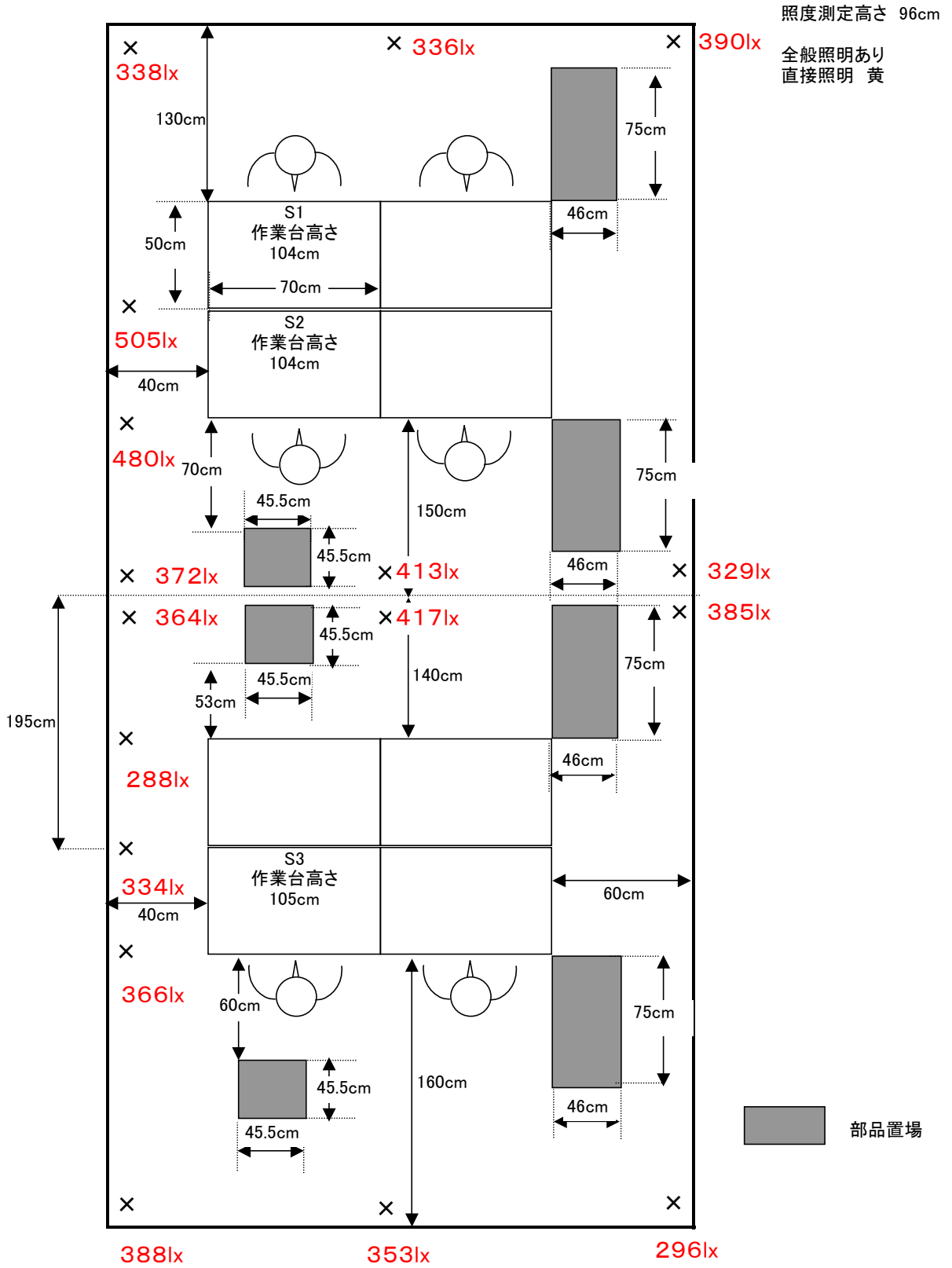
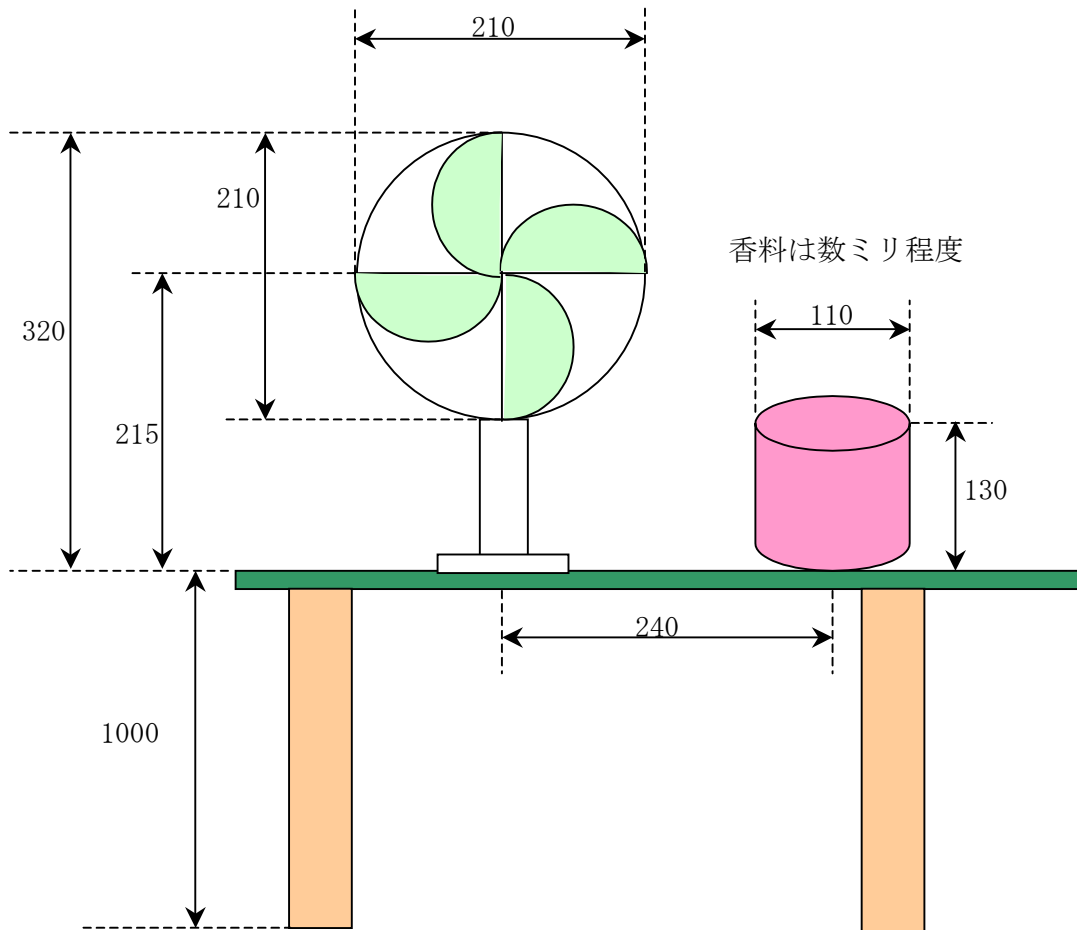


図3-2-3 香り発生装置のレイアウト

風量：送風機が停止している状態 : 3.40 m/s  
：送風機が稼働している状態 : 0.99 m/s



単位；mm

### (3) 評価指標

- ① フリッカー検査によるフリッカー値の変化率
- ② 心拍測定器による心拍数の変化
- ③ 疲労自覚症状調査による訴え率
- ④ 身体疲労部位調査による訴え率

### (4) 測定機器

#### ① フリッカー検査

- a. フリッカー検査器
- b. 観測用紙

#### ② 心拍数分析

- a. Heart Rate Memory Analyze Program (VINE BIONIC SYSTEM 社製)
- b. 4chMEMORY 携帯用記憶装置 (mac QUARTO : VINE BIONIC SYSTEM 社製)
- c. マルチテレメーターシステム
- d. Power Lab.

#### ③ 疲労自覚症状調査ならびに疲労部位調査

- a. 記録用紙

### (5) 調査期間

調査期間は、2001年8月21日～24日、27日～9月1日、9月3日～5日までの13日間である。

### (6) 作業者の資質

表 3-2-3 に当該職場の作業者の資質を示す。

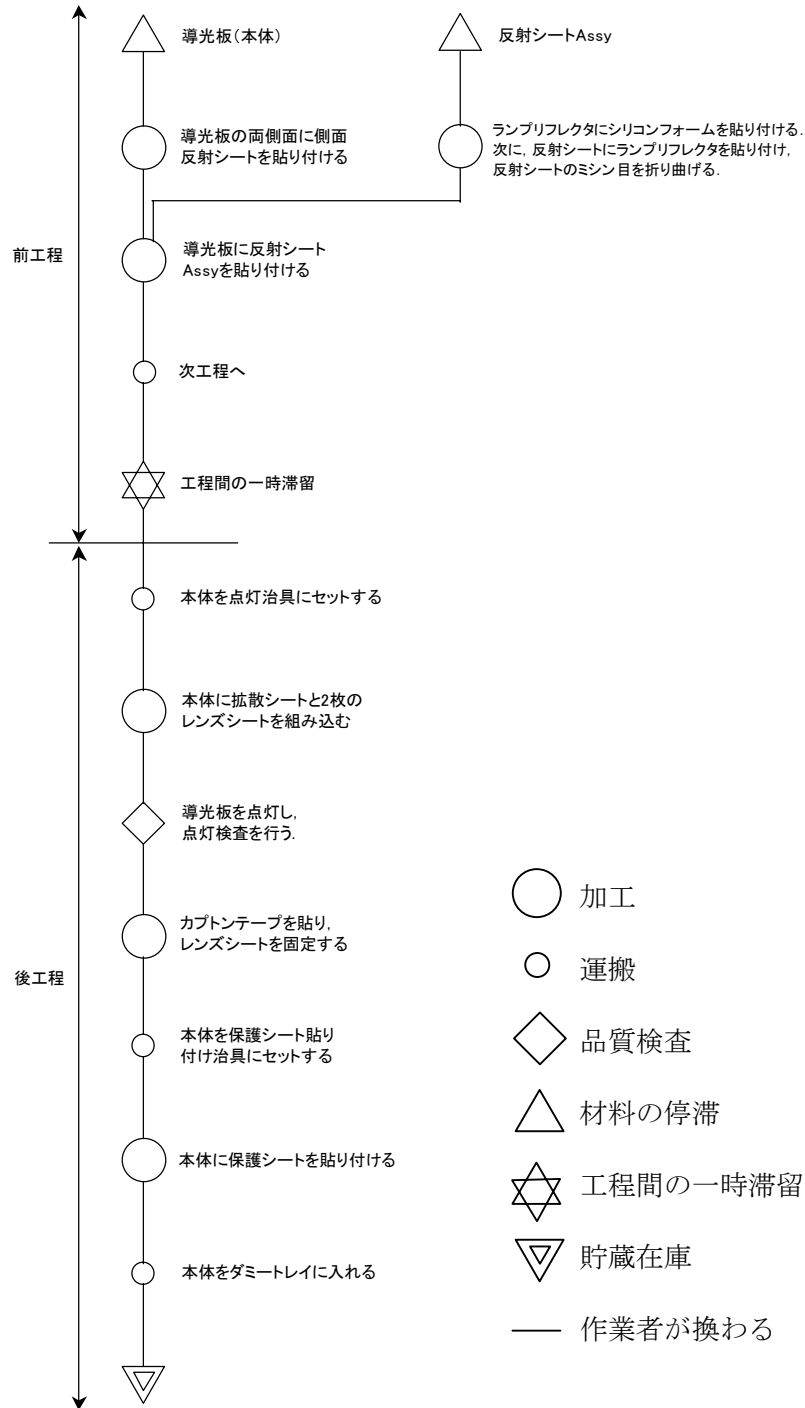
表 3-2-3 作業者の資質

作業者	年齢	身長 (cm)	視力	従事経験 日数
S1	51	155	1.0-1.5(コンタクト)	2カ月
S2	52	159	1.0-1.0(メガネ)	1年6カ月
S3	46	169	1.2-1.2	3カ月
S4	36	160	1.5-1.3	6カ月
S5	36	162	1.2-1.5	1年6カ月
S6	51	146	0.5-0.7	3カ月

## (7) 工程フローチャートと部品展開図

今回の調査の対象となったラインは小型バックライト組立ラインである。小型バックライト組立ラインの工程分析を図 3-2-4 に示す。

図 3-2-4 小型バックライト組立ラインの工程分析の結果

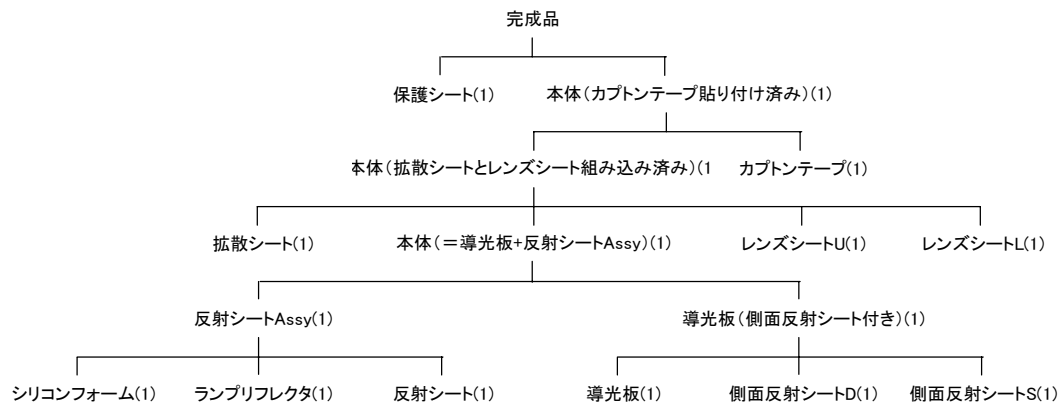


## (8) 作業内容

小型バックライト組立ラインは、2人の作業員から成り、それぞれ前工程と後工程の作業を担当している。図 3-2-4 に示したように、前工程では、主に側面反射シートを導光板本体に貼り付け、反射シート Assy を導光板本体に組み込む作業をする。後工程では、主に導光板本体に拡散シートと 2 枚のレンズシートを貼り付け、点灯検査をし、保護シートを貼り付けたものをダミートレイに一時貯蔵する作業を行う。

図 3-2-5 は小型バックライト組立ラインでの部品展開図をツリー状で表したものである。

図 3-2-5 小型バックライト組立ラインの部品展開図



## (9) 作業風景

条件 1 における白色照明での作業風景を図 3-2-6 に、条件 2 および条件 3 における黄色照明での作業風景を図 3-2-7 に示す。

図 3-2-6 白色照明における作業風景



図 3-2-7 黄色照明における作業風景



### 3-2-2 結果と考察

#### (1) フリッカー値の変化率

製品組立工程作業員3名の高齢者のフリッカー検査による作業前値を100とした場合のフリッカー値の日内変動の結果を図3-2-8に示す。

図3-2-8 組立作業員におけるフリッカー値日内変化率

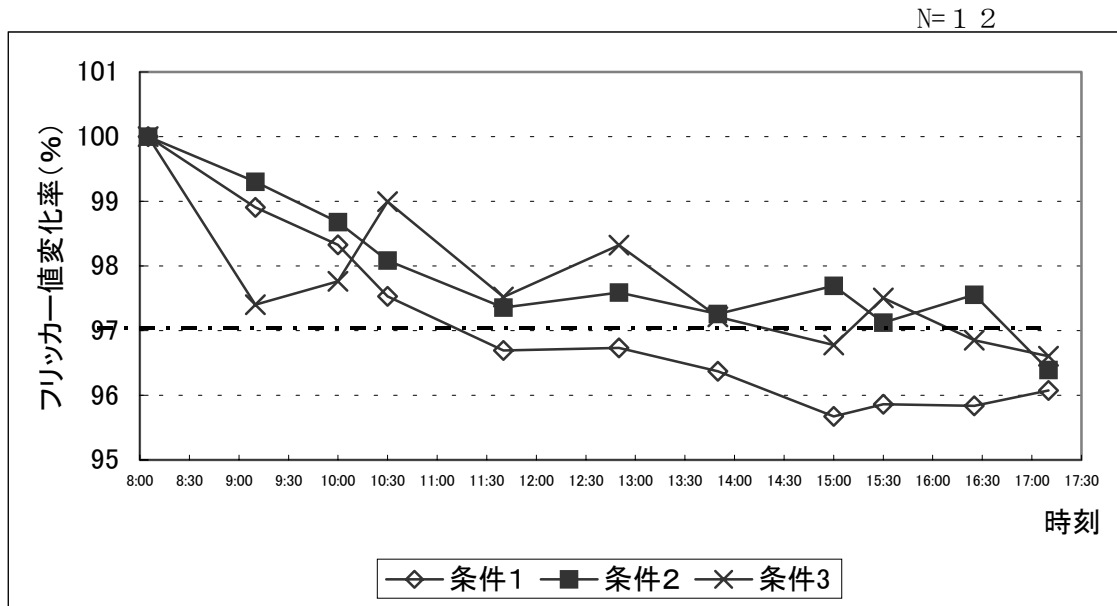


図3-2-8から、作業の経過とともに、フリッカー値が低下していることがわかる。ただ注目すべき点は、変動率が条件1では狩野(P77参照)による基準値である97%を11時台から下回り、条件2および条件3では基準値をほぼ上回っている点である。この点から、白色の照明条件では、作業員は作業活動に起因する単調性を感じているが、黄色の照明条件では白色の照明条件に比べ、作業員の大脳中枢機能の活性水準が高く、作業に集中している結果といえる。また、休憩後の測定(10:30, 12:50, 15:30)において、条件3では黄色照明と香りの相乗効果によりフリッカー値の低下傾向はさほど認められておらず、休憩による疲労の回復、心身のリフレッシュに寄与していると考えられる。

#### (2) 心拍数変化

##### ① 心拍数

高齢者S1、S2の平均心拍数の変化を図3-2-9および図3-2-10に示す。図の横軸は、作業始業前の安静時から終業後の安静時までの間における測定時点を示している。また、心拍数は1分間の平均値を平均心拍数として表わしている。



図 3-2-9 高齢者の心拍数の変化 (S1)

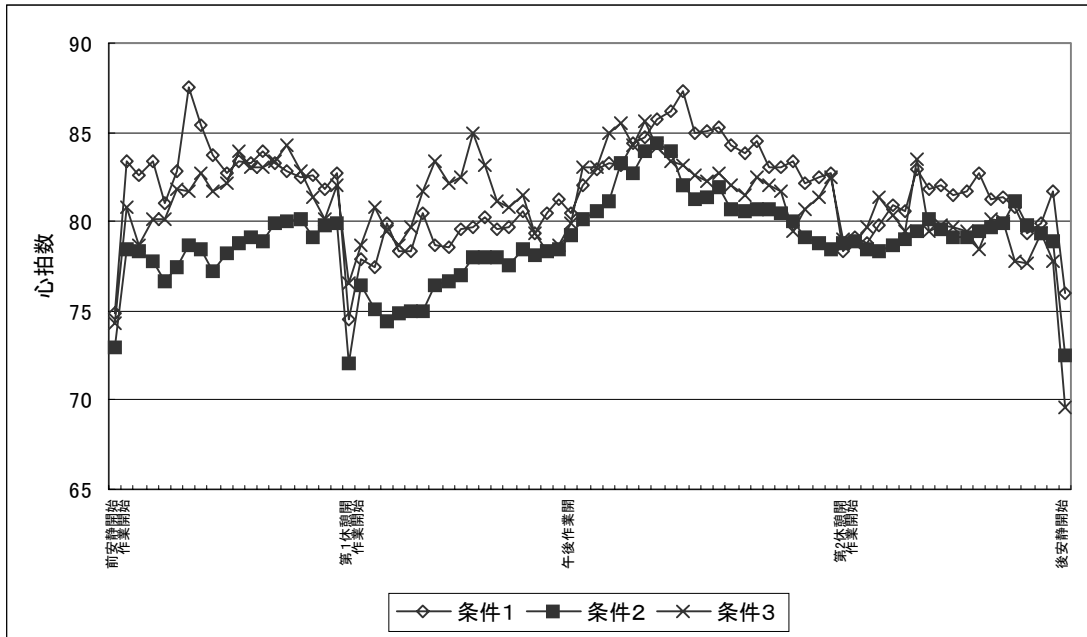


図 3-2-10 高齢者の心拍数の変化 (S2)

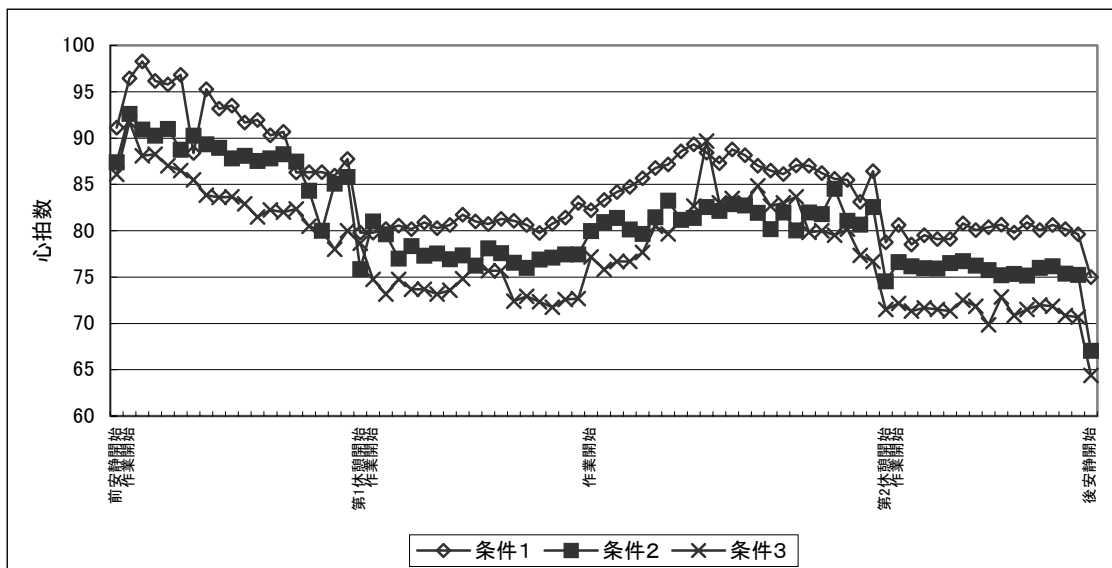




図3-2-12 作業前の疲労自覚症状訴え率

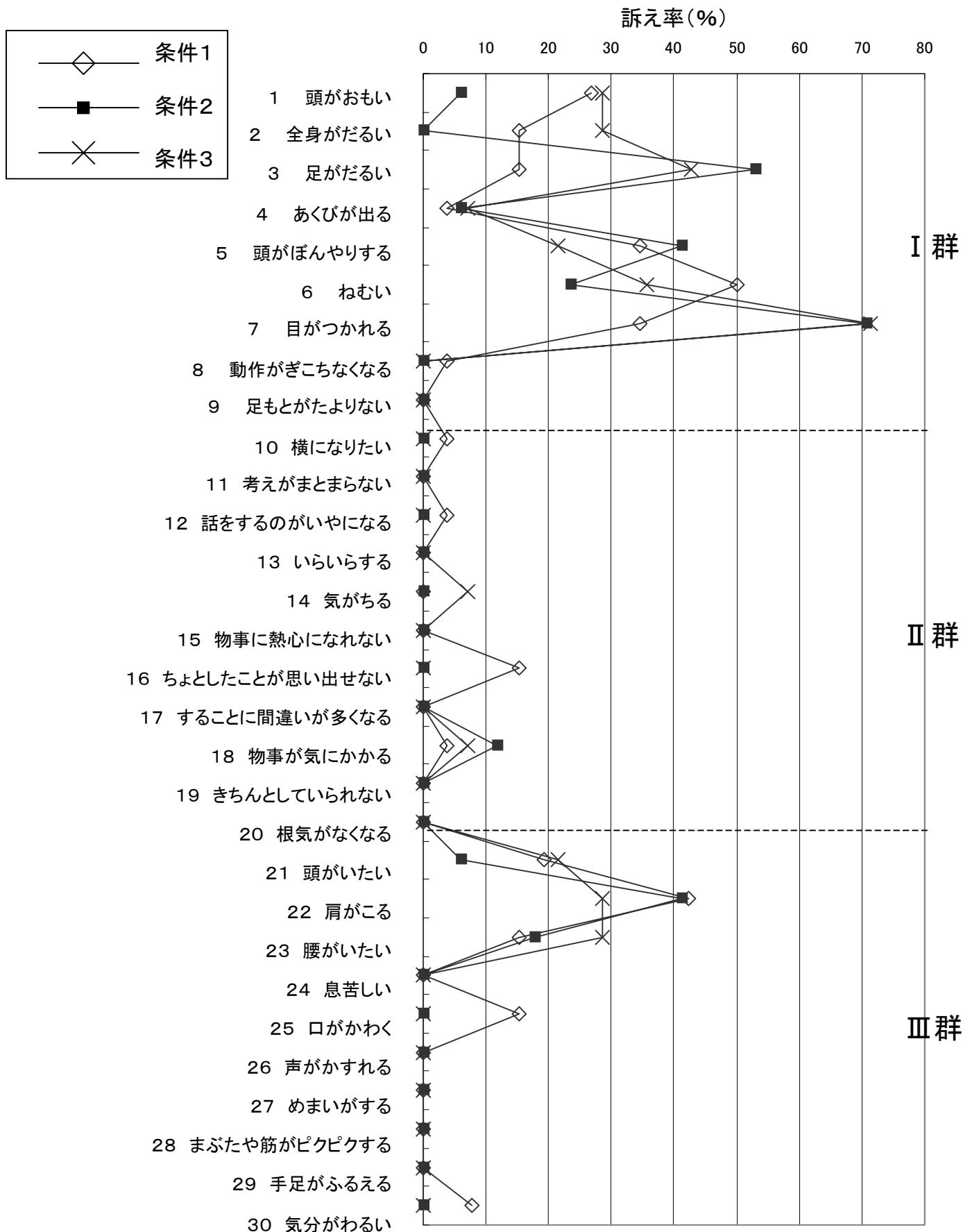


図3-2-13 作業前との疲労自覚症状訴え率の差異(条件1)

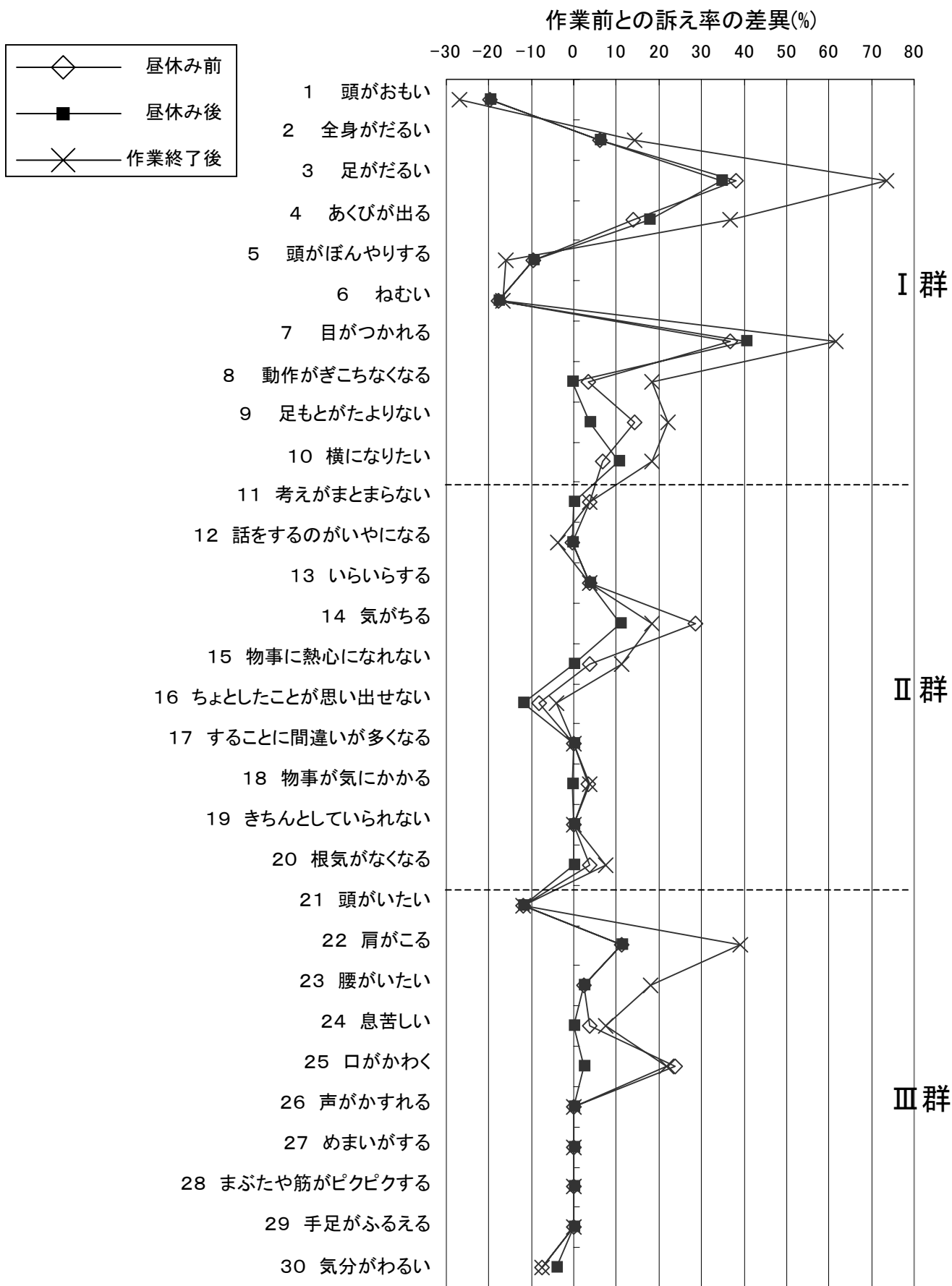


図3-2-14 作業前との疲労自覚症状訴え率の差異(条件2)

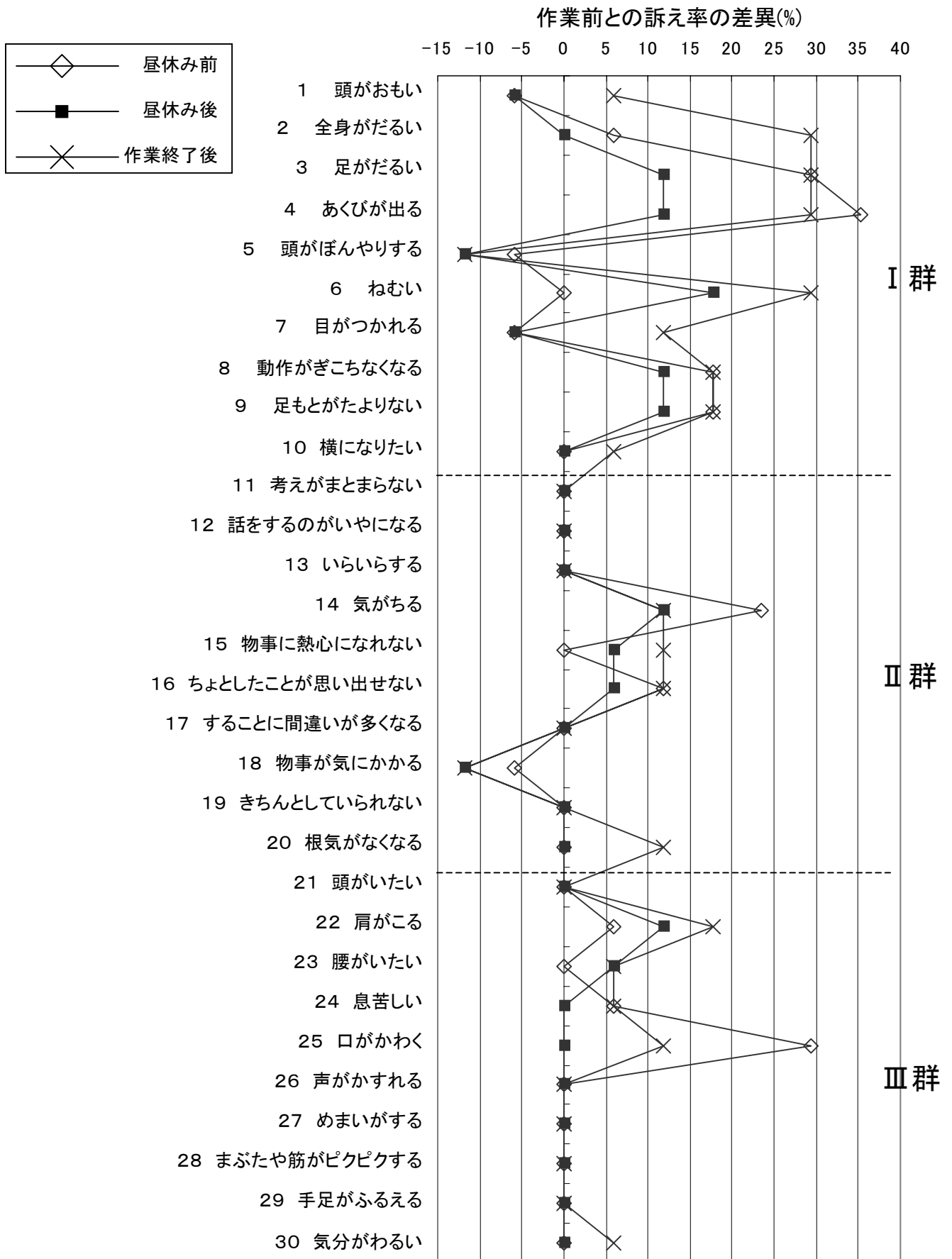


図3-2-15 作業前との疲労自覚症状訴え率の差異(条件3)

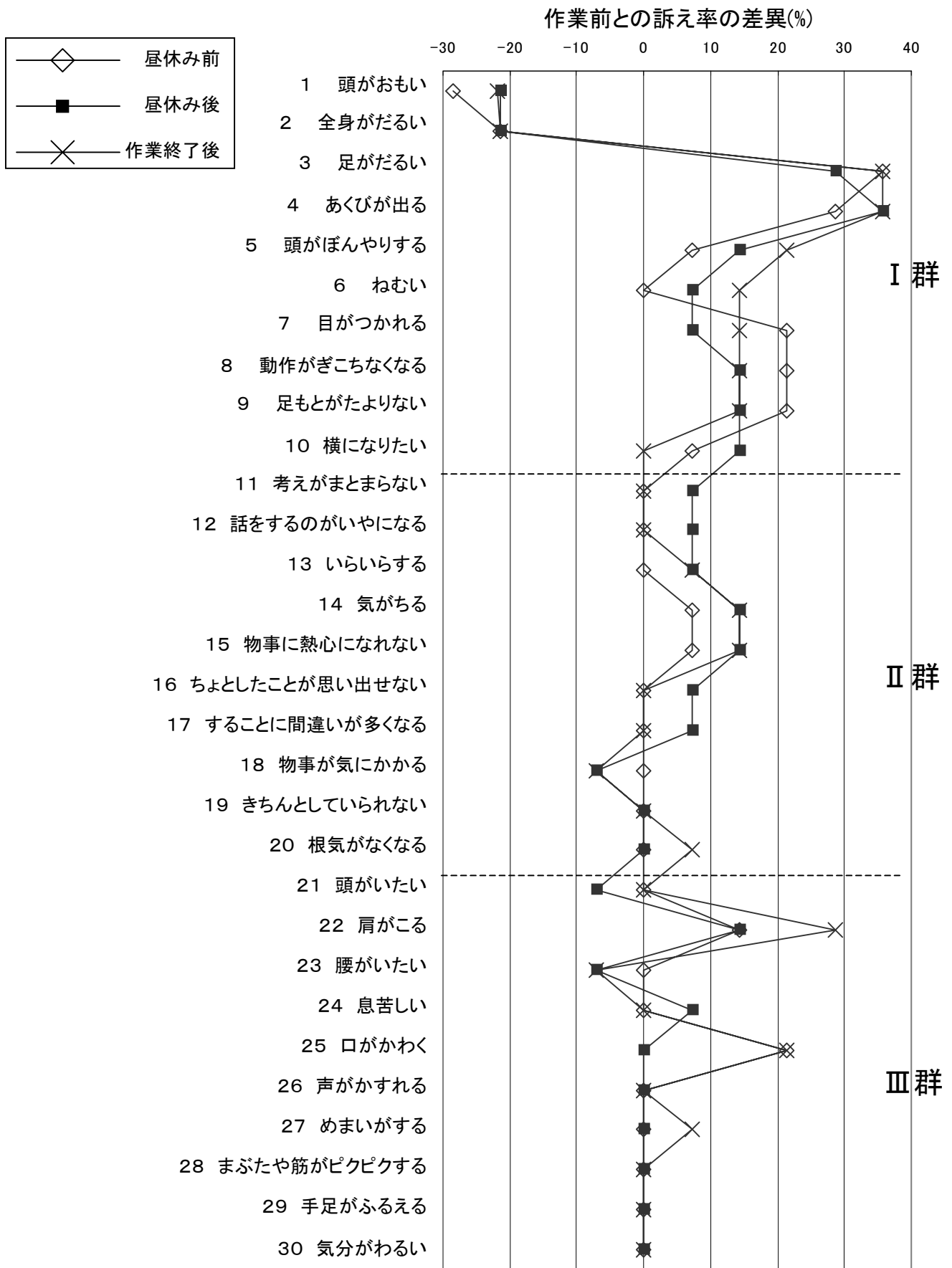


図 3-2-12 の結果から、作業前の訴え率は、毎日の作業により蓄積疲労の現象を示していることがわかる。この結果から、第 I 群の訴え率が平均して多く、ねむけとだるさの症候群における疲労が蓄積しているといえる。また作業前から足、眼、腰の痛みや疲れの訴え率が高い。この点は加齢現象による人間の諸機能の低下傾向に準ずる。特に、足、腰の痛みや疲れは、立ち作業に起因している可能性が高いことが考えられる。

図 3-2-13～図 3-2-15 の結果から、条件 1 に比べ条件 2 および条件 3 において作業前との訴え率の差異が全体的に少ないことがわかる。平均訴え率の差異は、条件 1 に比べ、条件 2 において最大約 45%減少し、条件 3 においては訴え率の差異が最大約 40%減少している。また、条件 1 で特に訴え率の高かった「目のつかれ」、「肩こり」、「足のだるさ」の項目が顕著に減少していることから、これらの疲労を抑制する効果に期待できる。

#### **(4) 身体疲労部位調査**

身体疲労部位調査による組立作業員 6 名、4 日間の作業前の訴え率を条件別に分類したものを図 3-2-16 に、条件別の作業前と昼休み前、昼休み後、作業後の訴え率の差異を図 3-2-17 から図 3-2-19 に示す。

図3-2-16 作業前の疲労部位訴え率

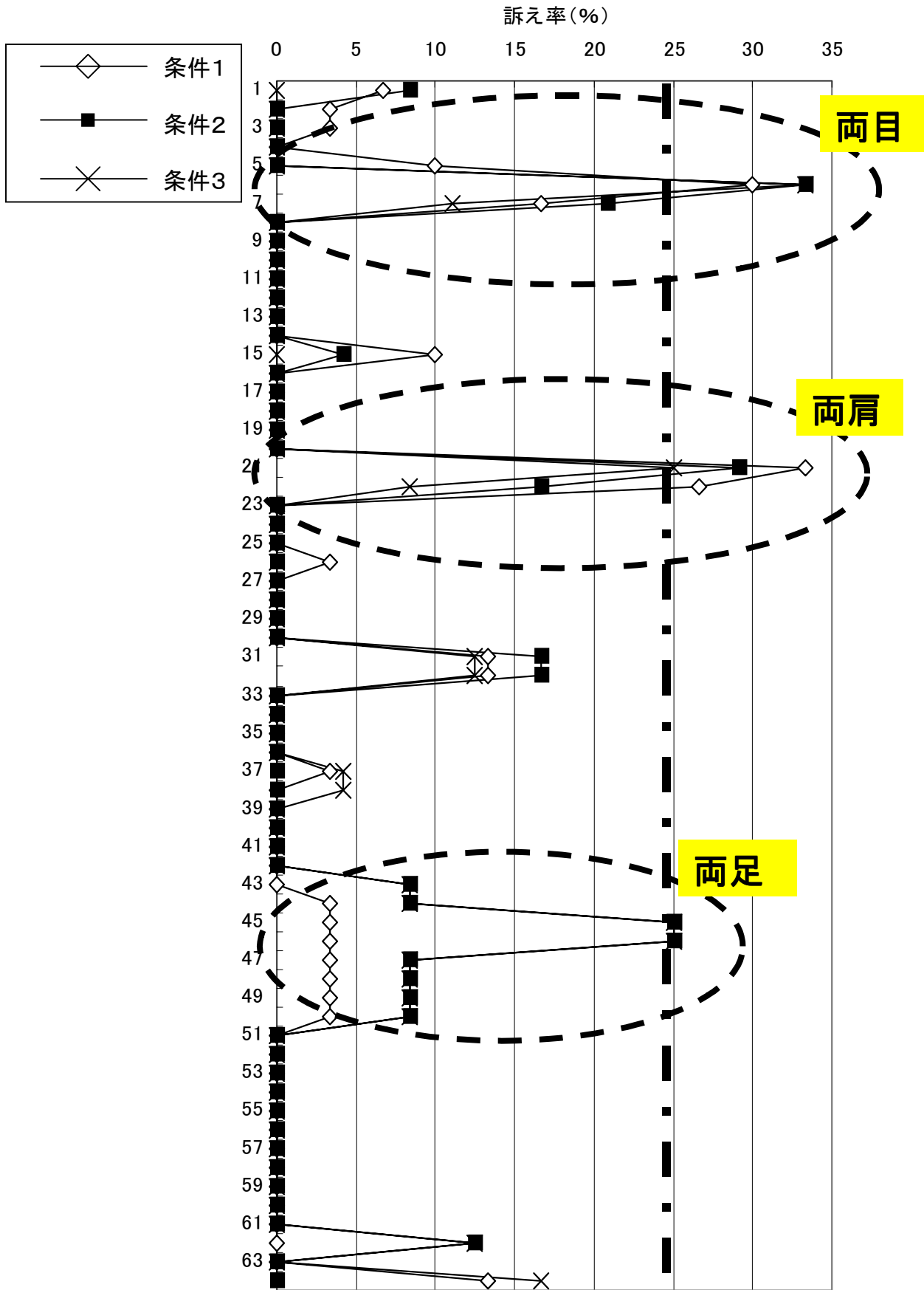




図3-2-17 作業前との身体疲労部位訴え率の差異(条件1)

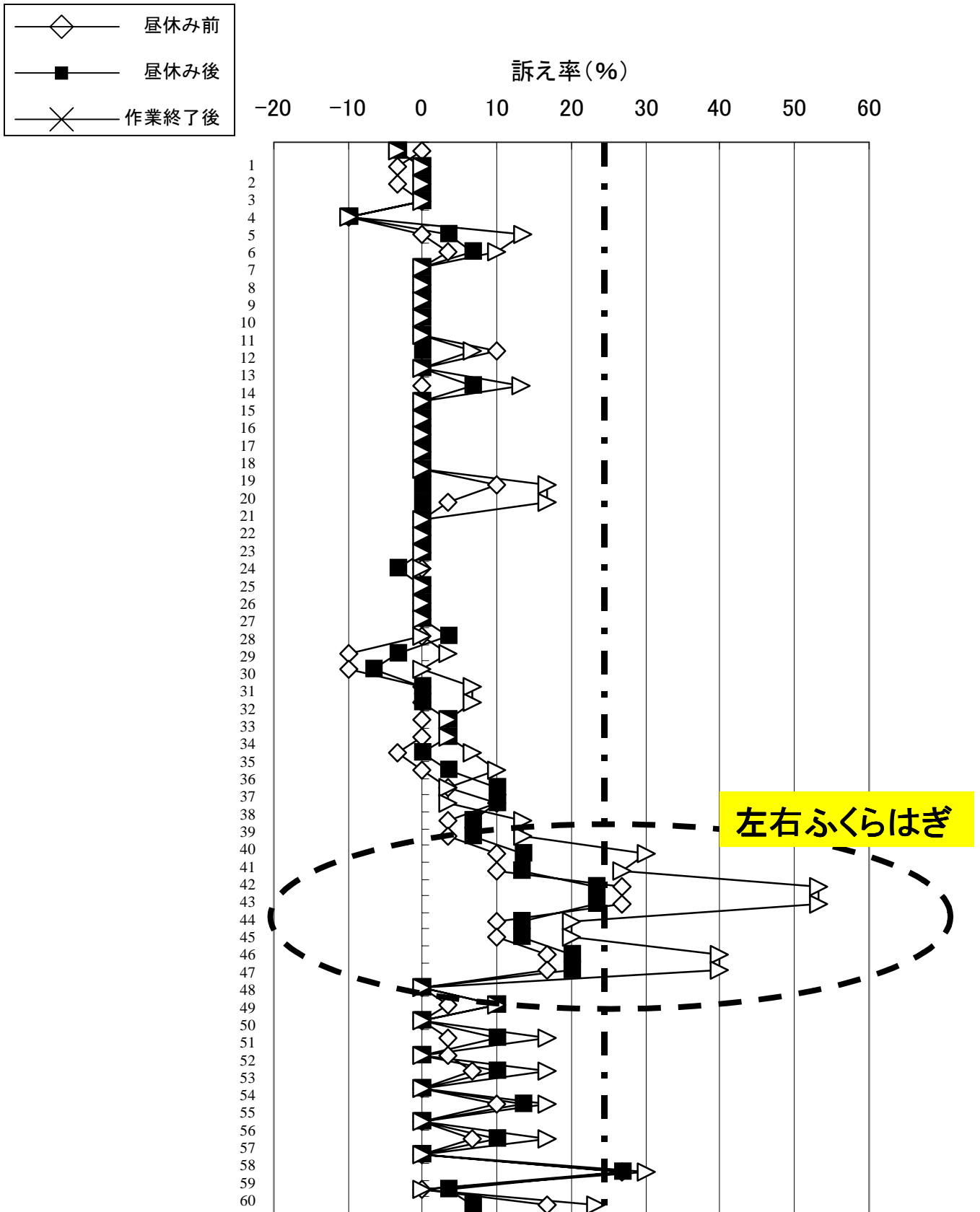


図3-2-18 作業前との身体疲労部位訴え率の差異(条件2)

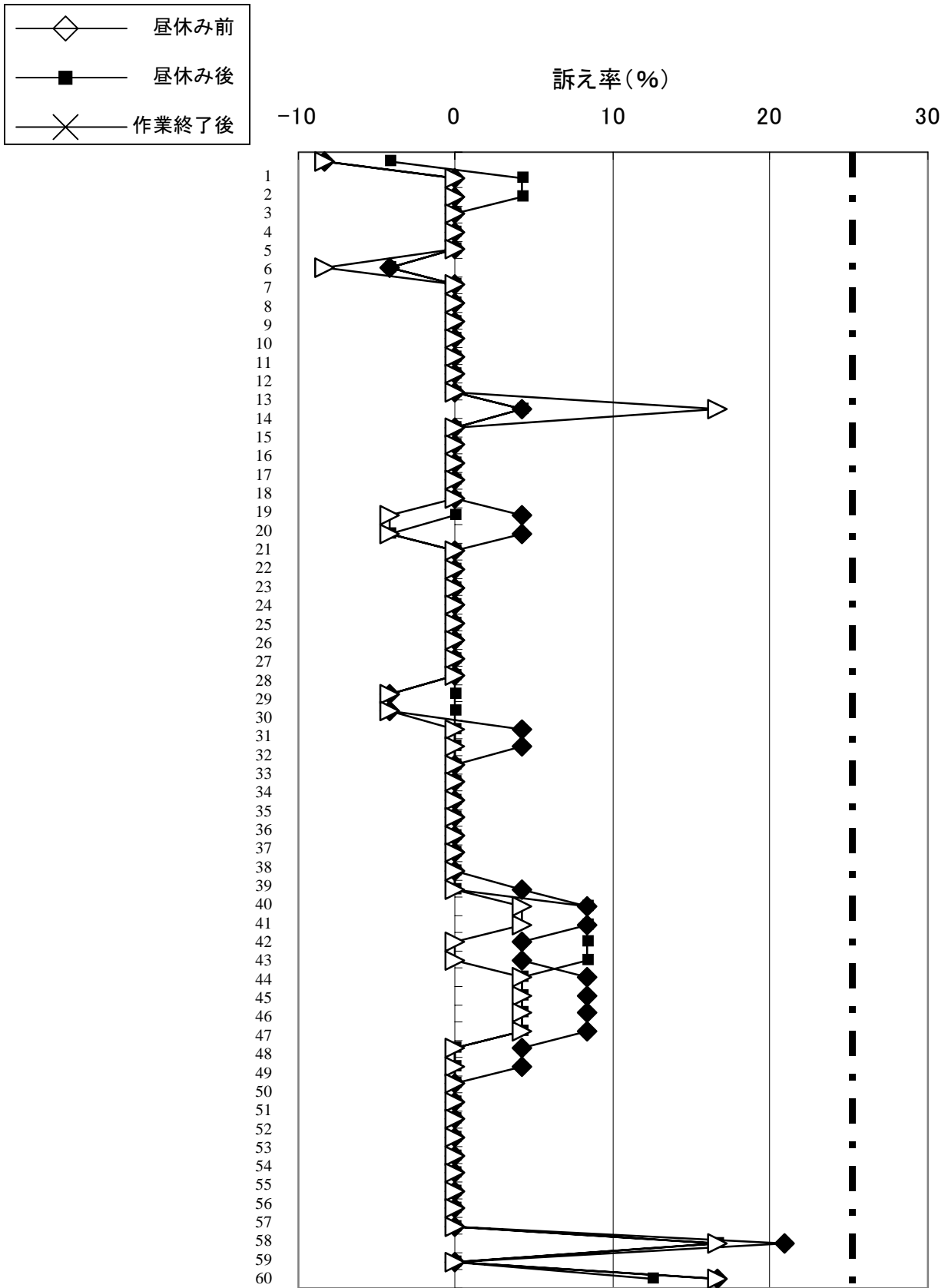


図3-2-19 作業前との身体疲労部位訴え率の差異(条件3)

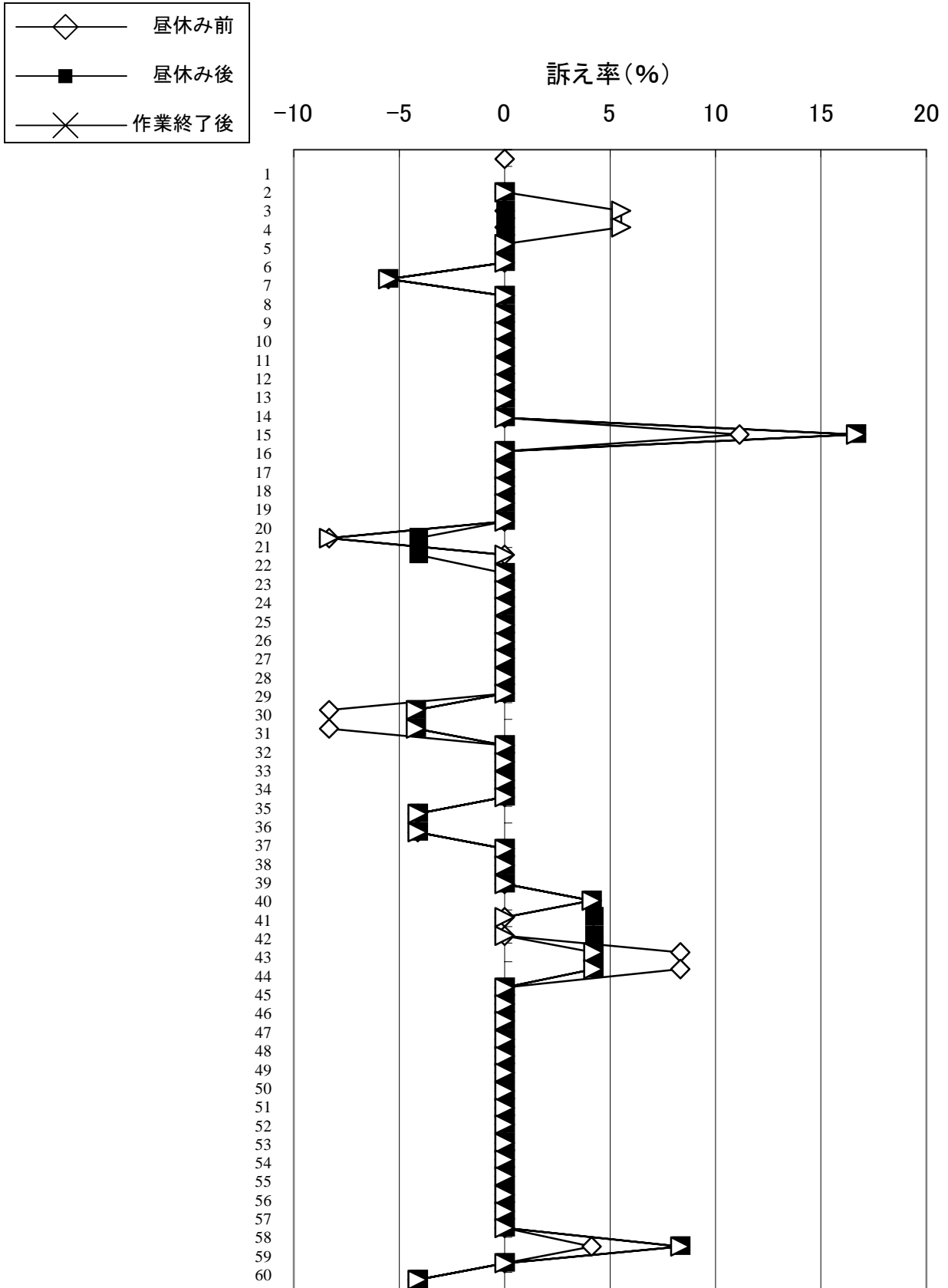


図 3-2-16 の結果から、作業前の訴え率は、毎日の作業により蓄積疲労の現象を示していることがわかる。この結果から、「目」、「肩」、「足」の訴え率がほぼ 25%を超えていることがわかる。訴え率が 25%以上の項目は問題視すべき項目であり、この点は、疲労自覚症状訴え率の結果とも整合している。

図 3-2-17～図 3-2-19 の結果から、条件 1 において訴え率の高かった項目が、条件 2 および条件 3 においてはおおむね減少していることがわかる。この点から、黄色の照明条件では白色の照明条件に比べ、疲労の発現を抑制する効果に期待できる。また、訴え率が 25%以上の「左右ふくらはぎ」の項目が、条件 2 および条件 3 においては顕著に減少していることがわかる。

### 3-2-3 考察のまとめ

#### (1) 作業意欲

フリッカー検査によるフリッカー値の変化率の結果から、白色の照明条件では、作業者は作業の単調性を感じているが、黄色照明と香り要因の作業環境条件では白色の照明条件に比べ、作業者の大脳中枢機能の活性水準が高いことがいえる。また、心拍数変化の結果から、作業者は黄色照明と香り要因の作業環境条件では白色の照明条件に比べ、心拍数が低いことがわかる。これらの観点から、作業者は黄色の照明条件において高進を維持し、かつ精神的に作業活動に集中している状態といえる。

#### (2) 作業負担

疲労自覚症状訴え率の結果から、作業者は作業前から第 I 群のねむけとだるさの症候群における疲労が発現していることがわかる。また、疲労自覚症状訴え率および身体疲労部位調査の両調査において、作業者は作業前から足、眼、腰の痛みや疲れを感じている。この点は、加齢現象による人間の諸機能の低下傾向に順ずることが考えられる。特に、足、腰の痛みや疲れは、立ち作業に起因している可能性が考えられる。この改善案としては、床にクッション性の高いマットを敷くことや、足の形態を考慮した作業靴を使用することが挙げられる。

また疲労自覚症状訴え率および身体疲労部位調査の両調査において、黄色の照明条件では白色の照明条件に比べ、作業前との訴え率の差異はおおむね減少している。特に、条件 1 で訴え率の高かった「目のつかれ」、「肩こり」、「足のだるさ」の項目において顕著に減少していることから、黄色の照明条件では、これらの疲労発現の度合を抑制する効果が期待できる。