

資料

資料1 第1・第2モデル企業調査 評価指標の概要

資料2 第1モデル企業調査 詳細データ

資料3 作業集約化方式（セル生産方式）導入企業 管理者ヒアリング結果（詳細）

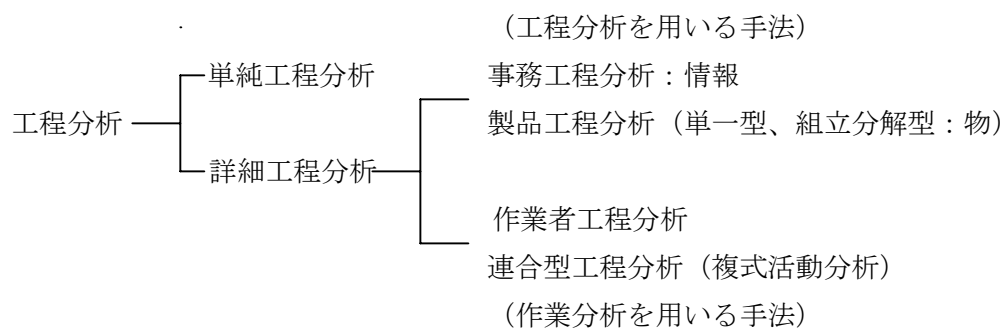
資料1 第1・第2モデル企業調査 評価指標の概要

(1) 生産性

① 作業工程分析

a. 工程分析

工程分析は生産対象物や情報の変化や流れの状況、すなわち、連続したものや情報の変化のプロセスと、これに関連する空間的、時間的な条件を検討し作業システムを改善、設計するとともに生産計画と統制の諸方法に関する基礎資料を求めるための分析研究体系をさす。一般に工程分析の手法には、次のような種類がある。



なお上述の工程分析に用いる手法によって具体的に分析するには、資料1表1に示すような工程分析記号が用いられる。この工程分析記号は、その基本工程である、加工、運搬、検査、停滞の4現象から、一般によく用いられる記号として要約したものである。

資料1表1 工程分析記号

区分	手法名	説明
○	加工	物が作業目的に従って物理的、科学的に変化を受けている状態、およびそのための付随作業が加えられている状態
◦	運搬	物の位置が変化される、すなわち物がある位置から他の位置へ移動される状態
□	量の検査	物が量的になんらかの方法で測定され、その結果を基準と比較して、合否が判定されている状態
◇	質の検査	物が質的に検査されている状態
△	原材料の貯蔵 または停滞	原材料が加工または検査されないで、ある場所にとどまっている状態で、その場所が貯蔵場所として、あらかじめ指定されている所であるならば貯蔵、そうでなく加工するために、一時そこにもってきてあるならば停滞
▽	工程間の 停滞	物が加工途中において、加工または検査されずにとどまっている状態
▽	半製品、製品の 貯蔵	製品に完成されて貯蔵状態にある場合、または半製品が他の半製品との組立等を待って、一時半製品貯蔵場所におかれている状態

b. 製品工程分析

1) 製品工程分析とは

製品工程分析とは、「工程を材料、部品、製品などが、加工されながら完成品へと変化していく流れの状態を、加工、運搬、検査、停滞を表す記号により分類し、線で結んだ図表を作成することにより、物の流れの大筋をつかむための手法」である。また、各工程の作業内容、使用機械、治工具、所要時間、運搬距離などの条件を調査、記録することにより、製品の流れに関する問題点を見つけ、改善の見通しを見つめることができる。

分析に用いる記号は資料1表2の製品工程分析図示記号のように定められている。工程は全てこの4つの記号で表す。

資料1表2 工程図示記号の要約

基本記号	意味	応用記号 (例)
○ 加工	物が変形実質・組立・分解される単位工程	③ 第3加工工程 B5 部品品の第5加工工程 ⊗ 加工中に検査を同時に行う(外注が主となる工程)
○ 運搬	物の位置が変化する単位工程	Ⓜ 男工による運搬 Ⓣ トラックによる運搬
□ 検査	物の特性が標準と比較される単位工程	◇ 品質の検査 □ 数量の検査 ◊ 品質と数量の検査(品質が主)
▽ 停滞	物が停滞している単位工程(変化を目的としない停滞)	△ 素材の貯蔵 ▽ 半製品・製品の貯蔵 ▽ 工程間の滞留 ☆ 加工中の一時的滞留

2) 製品工程分析の実施手順

製品工程分析は以下の実施手順により行われる。

- a) 分析目的を確認する。製品工程分析は、生産対象についての問題点の所在を知るため、または問題を解決するための基礎資料を得るために行われる。まず、何が問題なのかをはっきり決めて対象を選択し、分析にかかる。
- b) 分析単位数量を決定する。分析表を作成する場合には単位数量をあらかじめ決めておく必要がある。分析単位数量を決めたら通常はどの工程についても一貫してこの数量で分析を行なう。
- c) データを収集する。データ収集に関しては、必ず現場に出て行なう、一般的な場合を主としてデータをとる、「物本位」の研究であることを忘れない、工程の記号は現象ではな

く目的で決める、以上のことに注意し、データを収集する。

- d) 製品工程分析表を作成する。製品工程分析表を作成する時には表示方法に注意する。一連の工程を製品工程分析表で表現することにより、その内容が明確になる。また、普段あまり関心が払われていない事項についても浮き彫りにされる。
- e) 改善案を考察する。分析し分類整理して得られた情報に基づいて、5W1H、チェックリストなどを使い改善の構想をたて、考察を進める。

3) 経路及びレイアウト分析

工程分析では、個々の製品または部品のような対象物の処理過程やそれぞれの過程における時間的なこと、距離的なことなど対象物のさまざまな情報を提供するが、これらの対象物の処理過程を総合的にとらえ、その特性や問題点を明確にする分析手法として、経路分析、流れ分析があり、これらの結果と作業場所との関係を研究するレイアウト分析がある。

経路分析では、工程分析した結果または直接調査によって、各種の対象物の流れる経路をひとつの表にまとめ、これより工程順序の共通性や類似性を見出し、それに基づいて対象物を分類し、生産時期や各工程時間などの関係から、類似工程の作業編成の可能性を検討したり、レイアウト改善のための資料に用いたりする。したがって、経路分析を行うことによって、次のような利点が得られる。

- a) 多くの種類の対象物のさまざまな経路を一つの表にまとめ一覧化できるので、対象物全体の関係をすっきりした形で把握できる。
- b) 工程、機能、生産時期などの関係より、対象物の類似性の高いもの同士に分類でき、複雑な工程状態をできる限り簡単にするような類似工程物の工程設計を促進する。
- c) 工程別に負荷の合計が得られるので、工程間の負荷バランスを向上させる資料にすることができる。

c. 作業工程分析

一人の作業者が担当する製品工程分析の中のひとつの工程または連続するいくつかの工程について、より詳細な研究をするために作業者の一連の行為を分析する場合に、作業工程分析が行われる。

作業工程分析では、一連のまとまった仕事を進める一人の作業者の行為過程を、「作業」「検査」「移動」「手待ち」を表す記号を用いて図表化することで、作業プロセスに関する総合的な情報に変え、作業システムの改善を組織的に進める手がかりをつかむことを目的とする。

作業工程分析の結果は作業工程分析表によって表す。作業工程分析表の分析記号は製品工程分析と同じ物を用いる。しかし、このとき作業者の行動を主体とする「人本位」の分析であることを忘れてはいけない。

分析を行うには、これらの記号を作業プロセスに従って線をつないでいき、作業者の活動内容を表現する。

② 動作解析（動作速度・動作軌跡）

・三次元動作解析（Vicon250）

マーカートラッキング方式三次元計測システムである。ダイナミックキャリブレーション方式を採用し、システムのセットアップも簡単に行えるものである。また、複数台のカメラを使用することで、より高精度な動作分析が可能となる。

また、どのような計測空間もカバーでき、驚くほどの長時間でも連続撮影が可能となっている。また低速から高速撮影まで各種カメラを接続でき、標点マーカ数に制限無く、緻密な計測要求にも対応可能なシステムであるといえる。

三次元動作解析装置を用いて作業者の動作計測を行うにあたり、標点マーカを各作業者の上半身部に取り付けた。正面からの写真を資料1図1に示し、後面からの写真を資料1図2に示す。

資料1図1 マーカ装着（正面）



資料1図2 マーカ装着（後面）



5台のカメラをセルを囲むようにして設置した。
側面部からのカメラ設置風景を資料1図3に示し、側面部からの作業者の作業風景を資料1図4に示す。

資料1図3 カメラ設置風景



資料1図4 作業風景



③ 製品総移動距離

研究対象となるライン工程において、製品工程分析表および、工程レイアウトをもとに、製品総移動距離の測定を行う。

(2) 作業負担 (疲労度)

① フリッカー検査

a. フリッカーとは

ある一点の光源をかなりの速さで点滅させると、ちらついて見える。この点滅の頻度をさらに高めるとちらつき感は消える。そして、ちらつき感が消えたと感じたときの光の点滅頻度をちらつきの融合閾値、あるいはフリッカー (CFF) 値と呼んでいる。

人が疲労すると、フリッカー値は低い水準を示すことから、疲労の指標として利用されている。すなわち、フリッカー値の変動を通じて大脳の皮質における情報処理能力の状態を推測できる。しかし、ちらつきをとらえる最初の機能は眼である。

それ故に、視覚機能の水準に大きく左右される。

一般的に中高年齢者のフリッカー値の水準は若年者の水準に比べて低い傾向があるといわれている。この原因の一つとして、視覚機能の加齢による低下が大きく影響するのではないかと考えられる。

フリッカー値に表現される視覚機能及び大脳における視覚情報処理能力は加齢と共に低下し、同時にこの種の機能に個人差が大きく表れることが示唆された。概して、年をとることによって情報処理能力のキャパシティが狭小化することは間違いのない現象のようである。

b. フリッカー検査の実施手順

フリッカー検査は以下の実施手順により行われる。

- 1) 被験者の下へフリッカー計測器を運び、検査してもらう。
- 2) 1) の検査を一人につき、1日 (1時間毎) 8回検査してもらう。
- 3) 検査結果の平均値を出し、作業内容別、年代別に分ける。
- 4) 1回目にとった値を100パーセントとし、グラフ化する。

② 疲労自覚・部位調査

a. 疲労自覚症状・部位調査とは

作業システムの運用状況や改良評価の際、実際にその中で作業をする作業員自身の主観的判断や意見、感想を評価することも非常に重要である。主観的評価は一般的に生理的判定などに比較して軽視されがちであるが、いかなる作業も人が介在する以上、最終的には作業員の主観的判断によらなければならない。この領域に属する測定法には評定尺度法、質問紙法、自由回答法、面接法などがある。評定尺度法や質問紙法は作業員から見た作業システムの評価などによく用いられる。評定尺度法は、機器操作の難易度や機器操作の可否、望ましい状態などを二者択一的に評価して、該当する評価点を作業員自身が与える方法であり 10 点尺度と記述語から成っている。問題となる点としては、心理的な連続度に照らして等間隔尺度をとることが難しく個人間にバラツキを生じることである。この方法を用いる場合には関連する他の評価パラメータ（たとえば心身反応測定や作業アウトプットなど）との対応関係をはっきりさせることが大切である。質問紙法は作業システムの評価に関連して用いられる場合が多く、評価項目設定に際しては「作業の人間工学チェックリスト」や「人間工学の指針」などが参考にされる。人間工学の分野でよく用いられる疲労感調べに日本産業衛生協会・産業疲労研究会によって考案された疲労自覚症状調べ（資料 1 図 5）と産業疲労委員会選の身体疲労部位調査票（資料 1 図 6）がある。前者は A 群は眠けとだるさを中心とする疲労一般の訴え 10 項目、B 群は注意集中の困難さを示す作業意欲の減退を中心とする心的症状についての訴え 10 項目、C 群は局在した身体の違和感で体の特定部位に現れる心身症的訴えの 10 項目、合計 30 項目より構成されていてこの質問用紙を 1 枚ずつわたして自分が感じたとおりの項目に○×をする。データのまとめ方は 30 項目の質問項目別、各群別、30 項目全体について作業前後の頻度との関係や複数日の頻度と変動などを平均訴え率で比較する。訴え率の計算のしかたの例は次式のとおりである。

$$\text{各群別頻度 (\%)} = \frac{\sum (\text{訴えた項目})}{10 \times \text{被験者数}} \times 100$$

身体疲労部位調査についても、ほぼ同じ方法によって特定の作業動作や作業姿勢によって生じる骨格や筋肉に対するだるさや痛みの場所を、それが生じた部位別に図中に○印をつけたり斜線や塗りつぶして示す方法である。この他にも生活時間調査や睡眠調査などもあるが、これらすべての主観的評価法は心身反応測定とともに欠くことができない大切な情報である。心身反応測定との関連で主観的評価法を行うに際して注意する点としては (1) 質問項目を作成する段階でその目的や判断基準を明確にしておく、(2) 質問はできるだけ具体的に、(3) 質問には自由方式を含める、(4) 質問には心身反応を引き起こす条件をすべて含むようにする、(5) 回答方法はイエス・ノー形式だけでなく定量的評価も可能なようにする、(6) 評価の妥当性をあげるため評価者選定には細心の注意を払う、(7) 評価の偏りを防ぐため、実施手順を考慮する、(8) 分析に際しては被験者の背後要因も調査する、などである。

b. 疲労自覚症状・部位調査の実施手順

疲労自覚症状・部位調査は以下の実施手順により行われる。

- 1) 朝礼後に記録用紙を配る。(資料 1 図 5、資料 1 図 6)
- 2) 新セル 4 班を対象に午前作業前、午前作業後、午後作業前、午後作業後の 4 回に記録用紙を記入してもらう。
- 3) それぞれのチェック項目を集計し、全被験者の訴え数の変化を表す。また、全被験者の訴え率の変化も表す。この結果から I 群、II 群、III 群それぞれにおける年代別の変動を調べ、考察する。

資料1図5 疲労自覚症状調査票

疲労自覚症状しらべ

2001年 月 日

名前 _____

年齢 _____

性別（男・女）

測定時間（午前作業前・昼休み前・昼休み後・作業終業後）

今のあなたの状態について、お聞きします。

次のようなことが { あったら○
ない場合は× } のいずれかを、□のなかに必ずつけて下さい。

I

1	頭がおもい	
2	全身がだるい	
3	足がだるい	
4	あくびがでる	
5	頭がぼんやりする	
6	ねむい	
7	目がつかれる	
8	動作がぎこちない	
9	足もとがたよりない	
10	横になりたい	

II

11	考えがまとまらない	
12	話をするのがつらい	
13	いらいらする	
14	気がちる	
15	物事に熱心になれない	
16	ちょっとした事が思い出せない	
17	することに間違いが多くなる	
18	物事が気にかかる	
19	きちんとしていられない	
20	根気がなくなる	

III

21	頭がいたい	
22	肩がこる	
23	腰がいたい	
24	いき苦しい	
25	口がかわく	
26	声がかすれる	
27	めまいがする	
28	まぶたや筋肉がびくびくする	
29	手足がふるえる	
30	気分がわるい	

資料1 図6 身体疲労部位調査票 (日本産業衛生協会・産業疲労委員会選)

身体疲労部位調査票

(日本産業衛生協会 産業疲労委員会選)

作業前(後) (昭和 年 月 日記入) 被検者姓名 _____ 性別 _____ 職種 _____
 (不要の方を消すこと) 年齢 _____ 歳 勤務 _____ 年 職場 _____ 学歴 _____

作業前(後)で……つかれ、こり、いたみ、だるさ等のある部位に○印をつけて下さい。

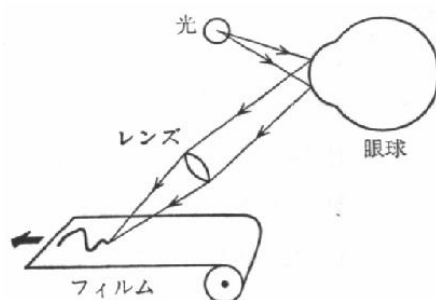
The form includes two main human figures: a front view (前面) and a back view (後面). Each figure is divided into numbered regions for marking fatigue. The front view includes regions 1-60, and the back view includes regions 1-60. There are also separate diagrams for the hand (手) and foot (足) areas, labeled '手掌部' (Palm area) and '足背部' (Dorsal foot area) respectively. The hand diagrams show the palm and back of the hand with numbered points. The foot diagrams show the top and bottom of the foot with numbered points.

③ 注視点分析法

a. 注視点分析とは

眼球は網膜上の視力が優れた中心窩に視対象の像を結ぶために動く。視対象が動いていれば、それを追跡して像を中心窩上に保つような運動をし、対象物が大きい運動をする場合には注視点を敏捷に移動して次々と追っていく。眼球運動は視対象の種類やそれらの動きによって断続性運動 (saccadic movement) や随従運動 (pursuit movement)、さらには固視微動や輻輳・開散運動を行う。断続性運動は読書時や静止している対象物を見るときに注視線を移す運動であり、目のすばやい跳躍運動で、その立ち上り時間は $1/20 \sim 1/100$ sec 程度、最高速度は 300 (deg/sec) 以上になる。随従運動は運動物体を視線が追うときや頭の動きに抗して眼球が一点を注視し続けようとするときなどに生じる滑らかな眼球運動で、視対象が静止している場合には意識的にこの運動をしようとしてもできない。最高速度 35 (deg/sec) 程度である。固視微動とは固定された視対象を注視している際に常に起きるノイズ状の微細変動をいう。輻輳・開散運動とは遠近方向に動く視対象を視線が追うときに両眼の視線が閉じたり、開いたりする運動である。眼球運動を測定する方法は古くから試みられているが、それらは大別して (1) 直接目を観察する方法、(2) 自分の眼球方向を観察させる方法、(3) 客観的な方法の三つがある。ここでは客観的方法について述べる。眼球運動を測定する際に最も重要なことは、精度よくしかも簡単に測定できて被験者にあまり負担をかけないことであり、客観的方法を大別すると光学的方法と電気的方法がある。光学的方法の代表的なものは角膜反射法であり、角膜に可視光あるいは赤外線を直接与えて角膜突出部からの反射を撮影する方法である。資料 1 図 7 にこの方法の原理を示す。

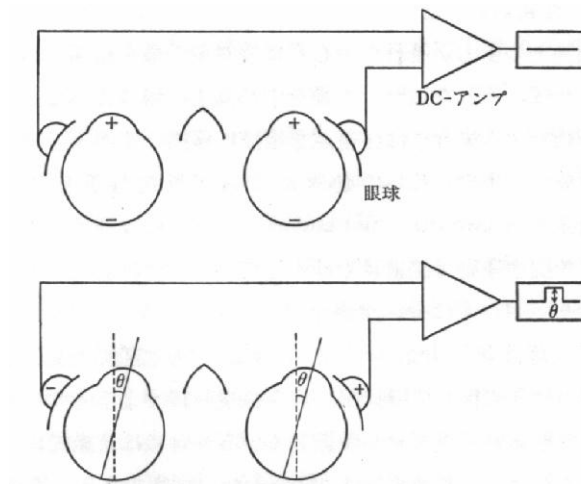
資料 1 図 7 角膜反射法の原理



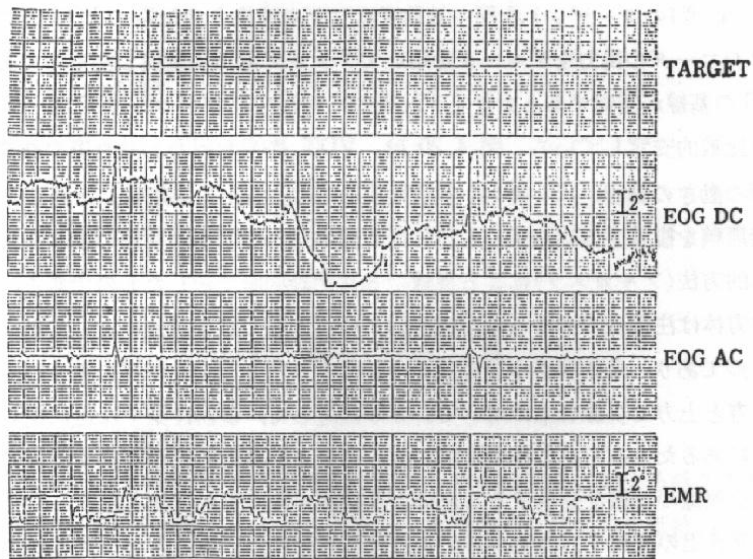
この方法の長所としては筋電図混入や交流障害がないことや基線の変化が生じないこと、分解能が高く垂直方向の測定範囲が広いことなどがあげられる。しかし、装置が大掛かりであること、頭部への装着のしかたや個人差によりある程度影響をうけること、長時間の使用は負担になること、眼球の回転角度が著しく大きいと強膜反射が現われることなどが欠点としてあげられる。これの測定にはアイマークレコーダ（NAC社製EMR-V型）が最近よく用いられている。これに対して、電気的方法としては定常電位法がある。資料1図8に示すように、眼球は網膜側に負、角膜側を正とする10~30mV程度の分極電位をもっている。この性質を利用して、両眼球の外側皮膚面の2ヵ所に電極を貼り、それを直流増幅器に入力すると、眼球の水平方向における回転角に比例した波形が得られる。この方法を定常電位法（electro-oculography : EOG）という。電極を眼裂の上下に貼れば垂直方向のEOGを測定することが可能である。出力される電圧は各方向とも、眼球の回転角に比例して得ることができ、ふつうは水平方向±40度、±15度程度の直線性が限界である。分解能は1~2度程度でEOG法の最大の長所は暗室や閉眼時の眼球運動測定が可能であること、顔面に電極を貼るだけで被測定者の負担が少ないことがあげられるが、他方、一点を凝視していても検出系のドリフトや網膜の順応レベルにより電位の変化を生じること、顔面のEMGや交流障害が混入しやすいといった短所もある。資料1図9は50(cm)前方のCRTディスプレイ上に表示される左右2点(±1.55度)のターゲットを同一被験者に交互に注視させた際のEOGとアイマークレコーダの出力をデコーダを用いてアナログ電圧に変換したものである。EOGの基線が増幅すると大きくずれるのに対して、アイマークレコーダの出力は比較的安定している。

資料1図10は、VDT作業を行わせた際における作業者の視線の動く範囲、A4判400字詰原稿用紙にあらかじめ用意した同じ形式の模擬原稿を複写する事務作業を行わせた際における同一作業者の視線の動く範囲を光学的方法（アイカメラ）による視線の3次元計測値で示したものである。図中の立方体は注視点の水平・垂直成分および視距離の標準偏差によって構成されたものであり、各作業時の視線移動の特徴をみるとVDT作業の場合は原点より左方と上方で視線を主に用いているのに対して、事務作業では逆に視対象が机上にあるため右下方に集中している。このように比較的精度高く注視対象の特徴を視線の特徴を分析することにより把握することが可能となり、作業による視覚負担の軽減や、作業システム設計に有効に用いることができるので、操作上の制約はあるものの利用価値は高い。

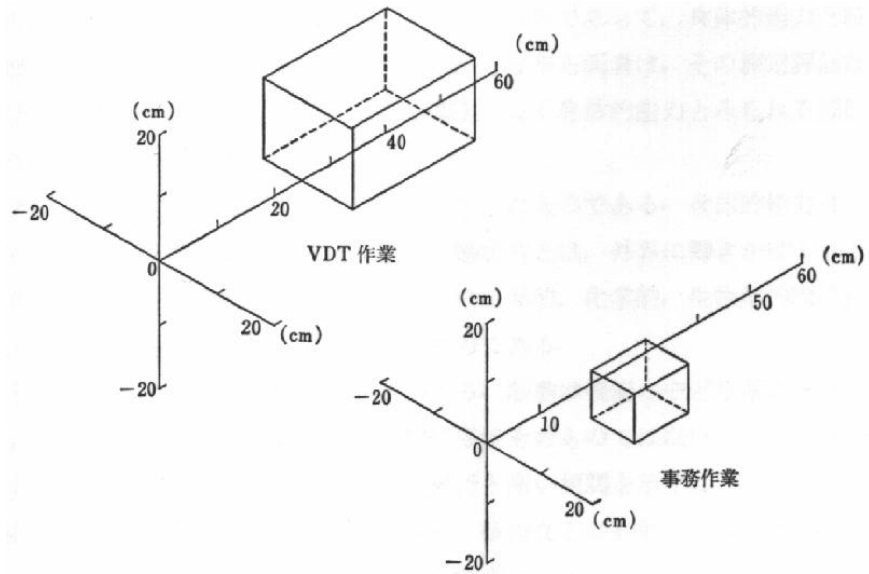
資料1 図8 定常電位法(EOG)の原理



資料1 図9 EOG とアイマークレコーダの出力比較



資料1 図10 アイマークカメラ解析によるVDT作業と事務作業時の
注視点の3次元分布 (大久保、斎藤進、斎藤真)



b. 注視点解析の実施手順

調査する工程は、ランプメガネ端子部締め付け作業である。アイマークレコーダーを使用し、作業者の視線の動き・視点の停留時間を計測する。作業方式の違いが、作業に与える影響を比較し、考察する。15 サイクルのデータから、停留データ視線軌跡を計測し、注視点の停留時間点の頻度を算出する。また停留時間別にグラフを作成し、流れ作業方式における高齢作業者のビス締め作業と、作業集約化方式における高齢者のビス締め作業の停留時間の比較をする。

④ 心電図分析

a. 心電図

作業者の作業負担を心電図を分析することにより調査する。調査では、次のことを分析した。

- ・作業を継続することにより、心電図の平均 R-R 間隔にどのような変化があるか。

以上を分析することにより、現状の作業負担の把握のための基礎資料を得ることを目的とする。

b. 心電図分析の実施手順

測定は、組立工程における高齢作業者を対象とし、対象者の心電図のデータを収集した。心電図は、対象者の上半身に表面電極を装着し、心電図の信号をテレメーターポリグラフにより受信し、そのデータをパソコンに収集するものとした。サンプルは、午前・午後とも4回とし、1回あたり5分間のデータを用いて測定結果とした。