

## 生産ラインにおける同一繰り返し作業負担が 疲労と生産効率に与える影響

摂南大 ○川野常夫, 榎デンソー 飯田康博, 藤岡克樹

### 1. はじめに

昨今の労働集約型生産・組立ラインでは、新しい生産方式が一部取り入れられつつあるものの、始業時から終業時まで同一の作業を繰り返す方式が依然として主流を占めている。この方式においては、作業者の疲労をいかに最小限に抑え、生産効率をいかに最大限に向上させるかが問題となる。

本研究では、榎デンソーにおける同一繰り返し作業に着目し、その作業負担が作業者の疲労と生産効率に与える影響を明らかにすることを目的とし、疲労を最小限に抑え、生産効率を最大限に向上させる方策を見いだす。

### 2. 実験方法<sup>1)</sup>

部品組立ラインに見られるモデル作業として、重量物(10kgの鋼製円盤)の運搬とネジ締め作業の組合せを取り上げ、これらの作業を8時間繰り返し継続する実験を19～55歳の男性被験者7名について行った。作業スピードは25～35秒/サイクルとし、この内、ネジ締め作業は15～20秒/サイクルとなるようにした。作業時間は合計8時間の実作業時間となるように設定し、休憩は午前、午後ともに作業開始後2時間目に各10分間とすることとし、昼休憩は午前の作業(実作業時間4時間)終了後に45分間とした。

運搬作業では運搬距離を3mと6mとする2種類を取り上げ、歩行の他に、高さ約80cmの作業台と37cmの棚との間の上げ下ろし作業も含めている。ここで運搬距離3mおよび6mの作業は、榎デンソーにおける作業強度評価基準に則って、それぞれDAS20点作業(やや重筋作業)およびDAS30点作業(重筋作業)となるように設定した。以後、それぞれの作業を20点作業、30点作業と呼ぶ。

各作業の評価指標として、本研究では主観指標、生理指標、および客観指標を取り上げた。主観指標は、被験者の身体各部および全身の疲労感(0～100%)を、作業開始時、30分経過ごと、午前・午後の休憩および昼休憩後に調査した。

生理指標は、フリッカー検査、筋電図、および皮膚血流量を取り上げ、作業開始時、午前・午後の休憩および昼休憩後、および作業終了時に測定した。筋電図および皮膚血流量は、測定用に設定したマスター作業を休憩時に行ってもらって測定した。ここで、マスター作業は動的、静的に分け、前者は10kgの円盤の床から腰までの両手による持ち上げ、持ち下ろし作業とし、後者の静的マスター作業は、立位姿勢で10kgの円盤を両手で1分間保持する作業とした。筋電図測定箇所は腰、腹、大腿筋、すね、腓腸の8箇所とした。皮膚血流量はアドバンス製レーザードップラー血流計を使用し、測定箇所は右足親指爪上部1箇所とした。

客観指標は、重量物を運搬した台数とし、これを生産台数と呼ぶ。

### 3. 実験結果

作業の進行とともに調査した主観的疲労感には人によって評価基準が異なるため、次式で標準化し、それを相対的疲労度と定義する。

$$\text{相対的疲労度} = 50 + 10 \times (\text{原データの値} - \text{個人内平均}) / \text{個人内標準偏差} \quad (1)$$

各作業について相対的疲労度の時間的変化を求めた結果、30点作業の方がどの時点においても疲労度が大きいこと、また、疲労度の増加率が休憩前後で変化する箇所があることなどが認められた。そこで作業の8時間を、休憩を挟む4つの時間帯に区分し、時間帯ごとに1時間あたりの相対的疲労度の増加率を求めた。その結果を図1に示す。図は20点作業と30点作業の別に全被験者の平均で示している。時間帯ごとの平均の差の検定を行った結果、30点作業の午前の前半と後半の間にのみ有意差が認められた。すなわち20点作業ではほぼ同じ率で疲労度は増加し、30点作業では午前の後半から疲労度は急増すると言える。

図2にフリッカー値の低下量からみた疲労度の時間的変化を示す。この図からも30点作業の方がフリッカー値の低下量は大きく、疲労度が大きいことがわかる。また、20点作業では時間の経過とともに徐々に増加しているのに対して、30点作業では作業開始後2時間目の増加が大きく、10分の休憩後も増加していることがわかる。

図3に静的マスター作業における全部位平均の筋電図のグラフ例を示す。筋電図は一般に、疲労によってその周波数成分が除波化され、高周波成分が減少すると言われている。ここではFFTによって筋電図を周波数成分に変換し、測定した筋肉ごとに平均周波数を求めた。図は測定した4名分

を平均し、作業開始前を100として指数化して示している。

図から20点作業ではほぼ安定した値となっているのに対し、30点作業では作業開始後2時間目に疲労が現れていることがわかる。

図4に30分あたりの生産台数の時間的変化を示す。図は全被験者の平均値を示している。図から20点作業の方が全体的に高い値となっている。また、20点作業では午前中の3時間後まで徐々に増加し、その後、ほぼ一定の生産台数を維持していることがわかる。一方、30点作業では、午前中の2.5時間後まで徐々に増加し、その後、6時間後まで下降していることがわかる。この2.5時間後以降の生産台数の下降は、先に述べた主観指標および生理指標において作業開始後2時間後以降に現れる疲労との関連性が極めて高いと考えられる。

### 4. おわりに

作業負担の異なる2つの繰り返し作業が疲労と生産効率に与える影響を調べる実験を行った結果、30点作業においては、作業開始後2時間後に適当なジョブローテーションが必要であることが示唆された。

### 参考文献

- 1) 川野ほか: 生産ライン作業における姿勢拘束の効果的緩和に関する研究, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2001)

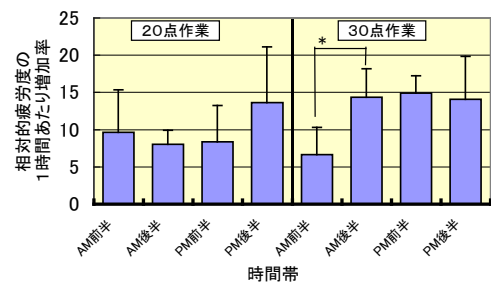


図1. 各時間帯の全身主観的疲労度の増加率(\*p<0.05)

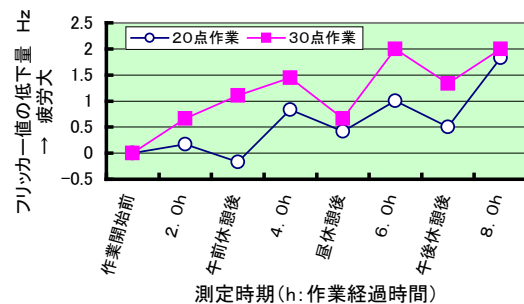


図2. フリッカー値の低下量からみた疲労度の時間的変化

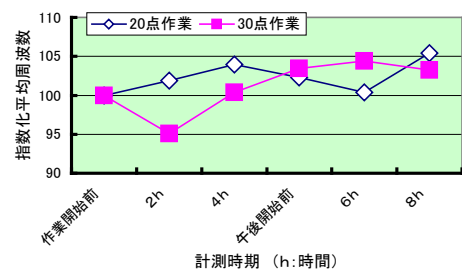


図3. 全部位平均の筋電図平均周波数変化 (4名平均, 作業開始前を100として指数化)

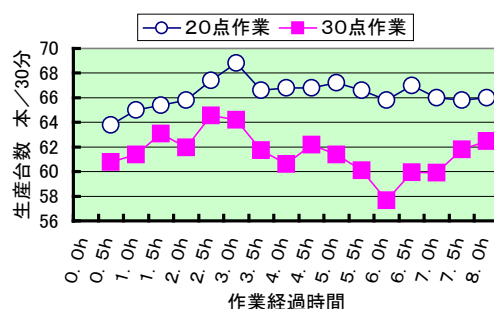


図4. 生産台数の時間的変化