

氏 名	芳 賀 繁 ^{は が しげる}
学位(専攻分野)	博 士 (文 学)
学 位 記 番 号	論 文 博 第 361 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	精神的作業負担に関する実験心理学的研究

(主査)

論文調査委員	教 授 清水御代明	教 授 苧阪直行	助教授 乾 敏 郎
--------	-----------	----------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

現代の多くの仕事においては身体的負荷の要素よりも精神的負荷の要素が強い。とくに、自動車、列車、船舶、航空機の運転・操縦、工業施設のプロセス監視、航空管制などにおいては、過重負荷や過小負荷が操作の誤りにつながり、大きい事故の要因となる可能性がある。このため、精神的作業負荷・負担の測定・評価法について社会的要求が高まり、人間工学者や労働生理学者によって盛んに研究されるようになった。しかし、さまざまな精神的作業負荷要因と、それに対する人間の心理・生理的反応である精神的作業負担との関係は十分には解明されておらず、どのような作業にどのような作業負担指標を用いるべきかを定める指針もない。本研究は精神的作業負荷の要因とその相互関係構造を解明して既存のさまざまな作業負担評価指標をその中に位置づけ、不足部分を新たに開発することを目的としている。論文は7章からなる。

第1章では上記の問題と研究目的を述べ、第2章には作業負担研究の歴史の大筋が示される。第3章で各種の精神的作業負担評価指標とその問題点を検討し、第4章では、作業負荷、作業負担、作業時間など精神的作業負担に関する諸概念の関係を考察して関連する概念を整理するとともに、作業強度と作業時間が作業負担に及ぼす影響の検討の必要性を論じた。この準備作業に基づいて、第5章では精神的作業負担に関する一連の室内実験の結果が報告される。

第5.1節では、水平追尾課題を用いて各種の精神作業負荷指標が検討された。パソコン画面を等速で左右に動き、ランダムなタイミングで運動方向を変える標的を、マウスボタンによるカーソル制御で追尾する課題で、カーソルの制御特性を等速度(0次制御)または等加速度(1次制御)とすることで作業負荷条件が設定された。副次課題として追尾作業中5～25秒に一度、カタカナ2文字の単語が2つ提示され、同じ文字が含まれているか否か(文字判断)、または同じ意味カテゴリーに属するか否か(意味判断)の電鍵反応が求められた。作業負担評価指標として、追尾作業成績、副次課題の反応時間と正答率、米国NASAの課題負荷指標(NASA-TLX得点:三菱電機訳版)、状態評価(覚醒、気分、リラクセス感、快・不快、いらいら感、疲労感の6尺度)、心拍数、自発脳波が測定された。作業時間(5～15分)や追尾作業の表示形式などを変えた4回の実験の結果、追尾誤差とTLX得点は作業負荷条件に感度が高いこと、状態評価は主に作業時間の影響を受けることが明らかになった。

第5.2節は日本語版NASA-TLXの開発に当てられる。NASA-TLXは簡便な主観的作業負荷評価尺度として実験室でも実作業でも広く使われているが、日本語版の定訳がなく各所の試訳版が用いられてきた。そこで、尺度名や尺度の説明の翻訳を再検討し、標準版として通用するような日本語版を作成し、2つの室内実験でこの「日本語版NASA-TLX」の妥当性(困難度に対する感度)と下位尺度の整合性を検討して、NASA-TLXの標準的な日本語版としての役割を果たし得ることを確認した。

第5.3節では、まず、円周追尾作業を用いて作業時間と作業困難度の関係を検討した。主課題はパソコン画面内の円周上を動く小さな標的を、回転ノブで制御するカーソルで追跡するもので、困難度はカーソルの制御回数で3段階に設定された。副次課題は、円の中央にランダムな時間間隔で表示される1文字のカタカナが、あらかじめ記憶した5カタカナ文字中

にあるか否かを判断する記憶検索課題である。作業時間条件や測定指標を変えた3回の実験の結果、(1) 副次課題の反応時間は主課題困難度に伴って延長するが、被験者が課題に慣れると差がなくなる、(2) 副次課題提示に伴う事象関連電位は主課題困難度が低いほどP300成分の振幅が大きく、これも被験者の慣れとともに条件差が不明瞭になる、(3) 追尾作業に対する日本語版NASA-TLX得点には困難度条件の間に有意差が見られ、作業時間や被験者の慣れの影響を受けない、(4) 記憶検索課題に対するTLX得点は追尾作業の困難度の影響も作業時間の影響も受けない、(5) 状態評価と精神疲労尺度は作業時間の影響を受ける、(6) 作業困難度が低い課題の方が長時間作業ではかえって精神疲労の蓄積が大きくなることもある、(7) 心拍変動指標は、作業時間とともに、交感神経系の活動水準を示すといわれる低周波成分/高周波成分比が大きくなる傾向を示す、などの結果を得た。作業時間の経過に伴い作業負担の影響が蓄積することから、それを調べるための「精神疲労尺度」が、精神的作業負担の効果に精神疲労、単調感、注意力低下、心的飽和を仮定して、それぞれに「休みたいと思った」など5項目ずつ合計20項目を問う形式で作成された。さらに、この20項目を4項目に縮減した「簡易精神疲労尺度」が構成され、その妥当性が実験的に検証された。

第5.4節では、操船シミュレータを用いて、混雑海域における操船作業負担を測定した。他船が接近してくる際の船長の作業負担を、距離や方位の測定回数および航跡などの行動指標、心拍数、日本語版NASA-TLX、および危険感測度で測定した。操船条件は見合い角度（自船と他船の航路が交わる角度）と衝突可能性の有無で6条件設定した。見合い角度が大きいほど距離も方位も測定回数が増え、TLX得点が高いこと、危険感測度の値は他船までの距離が小さくなると急上昇することなどが明らかになった。

第5.5節では視覚探索課題における作業時間と作業負担の関係が検討された。前方の数字表示パネルに提示されている2桁の検索数字がランダム順に5秒間隔でパソコン画面上に提示される。パソコン画面上の検索数字には、その四隅のいずれかに赤い丸印が付いており、パネル上の数字の四隅には1桁の数字が書かれている。数字パネル上の検索数字を探し、見つけたら赤い丸印の位置の数字をテンキーで入力することが被験者の課題である。この課題を90分間行わせ、反応時間から作業習熟過程を分析すると同時に、作業中の心電図を記録し、作業前後と作業中30分ごとに点滅光融合臨界周波数、自覚症状、日本語版NASA-TLX、簡易精神疲労尺度の測定を行った。点滅光融合臨界周波数、自覚症状の訴え率、簡易精神疲労尺度の得点が作業時間の経過とともに上昇した。

第5.6節では、鉄道列車運転の作業負担構成要素に似せて、追尾作業、信号監視、暗算の3課題を同時に課し、作業時間と作業密度の効果を検討した。作業負担条件は列車の運転速度の変更を想定して、追尾作業困難度と信号および暗算問題の提示間隔で操作された。実験Ⅰでは2段階の作業負担条件と2種類の作業時間条件（30分と90分連続作業）を組み合わせた4条件を設定、実験Ⅱでは3段階の作業負担条件のもとで90分作業（30分ごとに負担測定のために中断）を課した。実験の結果、追尾作業成績、赤信号に対する反応時間、自覚症状、精神疲労尺度、日本語版NASA-TLX得点に作業時間条件による差がみられた。作業負担が2段階の実験Ⅰでは30分条件の追尾作業成績と90分条件の信号検出時間以外は有意差がなかったが、さらに高い作業密度条件を加えた実験Ⅱでは、作業密度と作業時間の間に様々な相互関連性が見出された。両実験で得られた日本語版NASA-TLXと精神疲労尺度の得点をまとめて多変量解析した結果に基づき、鉄道運転士用の作業負担評価尺度が試作された。

これら一連の室内実験から、既存の精神的・作業負担指標の有用性と限界が明らかになり、その限界を補う新しい主観的評価尺度が開発された。また、作業時間、作業負担（課題困難度、作業密度）、および習熟が作業負担に及ぼす効果と、各種測定指標がその効果に対してどのような感度を持つかが解明された。

以上の検討を受けて、第6章で精神的作業負担と作業負担のモデルが提案される。このモデルの特徴は、作業時間を「2次的作業負担」として、作業の強度や密度（1次的作業負担）から分離したことと、「作業負担」と「作業負担の影響」を分離したことである。これにより、作業負担や疲労に関わる様々な要因が体系的に整理され、各種の作業負担指標が、1次的負担、1次的負担、1次的負担の影響、2次的負担、および2次的負担の影響のいずれかに関連づけられた。

第7章は残された課題と今後の研究方向を論じている。

論文審査の結果の要旨

作業の機械化や自動化、産業構造の変化などにより、身体的作業負荷にかわって精神的作業負荷の比重が増大している。慢性的に過重負荷状態におかれている労働者も多く、原子力発電所や化学工場の異常発生時の操作者の過重負荷が重大な事故を招くことが心配されている。逆に、国際線操縦士や深夜の貨物列車の機関士のように長時間の過小負荷が問題となる場合もある。このような作業負荷の内容や作業負担評価に対する要請の変化にもかかわらず、我国の実用的作業負担測定は旧来の手法に頼らざるをえない状況が続いており、妥当性と実用性を兼ね備えた新しい精神的作業負担評価手法の開発は、社会的要請の強い極めて現代的な課題である。本論文は、精神的作業負担に関わる測定法を理論的および実験的に点検し、必要な測定法を開発してその有用性を検証しようとする論者の多年の研究成果をまとめたものである。

米人間工学会を中心に最近活発に展開されている精神的作業負荷研究を、論者は次のように特徴づける。これらの研究の中心的な目的は、航空機操縦者や緊急時の原子力発電所運転員などの負荷を評価してシステム設計に反映させようとするもので、彼らが測ろうとしているものは課題遂行に必要な人間の情報処理資源の量である。実際、アメリカで開発された多くの精神的作業負担測定手法は作業時間の要因をほとんど考慮しておらず、自動車や鉄道の運転、VDT作業、自動化の進んだ工場での労働などには適用できない。論者は精神的作業負荷について、課題のもつ負荷と作業時間が作業負担に作用し、作業負担がさらに二次的な影響（ストレス、疲労、覚醒水準低下、心的飽和など）を生むという関係を総合的に捉え、既存の様々な指標をその中に位置づけて、不足している部分を新たに開発する試みを行っている。様々な作業負担要因と測定指標を関連づけた論者の包括的なモデルは今後の作業負担測定・評価とその研究のカイドラインの一つとなるであろう。

本論文は、作業負荷と作業時間の関係の解明という点でも重要な成果を挙げた。従来の精神的作業負荷研究では、5～20分くらいの作業課題の負荷条件を制御して、副次課題成績や心拍数変動などの作業負担指標の有効性を議論し、新しい主観的評価尺度の妥当性を検証してきた。他方、疲労研究では1～数時間の作業遂行に伴って発生する作業負担の影響を、点滅光融合臨界周波数、平均心拍数、質問紙などで捉えようとする。論者は、両者の違いを明確にしないまま長時間作業に米国の精神的作業負荷研究の手法をそのまま応用する現状を批判し、作業負荷と作業時間の関係に実験的な検討を加えた。身体的作業の場合、負荷が高ければ一定時間作業後の疲労は大きく、ある疲労水準に達するまでの時間は短い。精神的作業では負荷が小さい方が作業者の負担感が大きい場合もある。単純で易しい課題より適度に複雑で難しい仕事の方がやりがいがあり、長時間の作業に耐えられることは日常的にも経験されるところであるが、論者はこの現象を実験室で再現し、関連する作業負担指標の変化を測定することにより、作業負荷と作業時間の関係を理論的に整理・統合することに成功した。一連の実験で得られた次のような結果はこの分野の研究者に貴重な知見をもたらすものといえる。(1) NASA-TLXなど課題遂行に必要な心的資源の測定を主眼とする指標は30分くらいまでは作業時間の影響を受けないが60分を越えると影響が現れる。(2) 自覚症状調べや精神疲労尺度はもっぱら作業時間の影響を受け、作業負担の蓄積的效果を反映すると考えられる。(3) 作業負荷の低い条件で長時間作業を行うと作業成績が低下し、副次課題成績が高負荷条件よりも悪くなる場合がある。

本研究で取り上げられた作業負担評価指標は、脳波、心拍、筋電図など心理生理学的なもの、反応時間、作業成績など行動的なもの、および各種の主観的評価尺度と多岐にわたっている。精神的作業負担の研究には多様な指標が用いられ、一人の研究者がそのすべてをカバーすることは困難である。論者は、JR鉄道総合技術研究所などの研究機関や、各地の生理心理学、電気工学、経営工学、人間工学の専門家らとの共同研究を組織することでこの困難を克服した。それでもすべての指標が網羅されているわけではないが、国内には他に類を見ないほど幅の広いものである。

研究の過程で開発された新しい主観的精神負担評価尺度の内、日本語版NASA-TLXは他に先駆けて翻訳と妥当性の検証が行われたもので、既に各所で利用されている。精神疲労尺度はISOによる精神的作業負荷の効果の分類に基づく最初の評価尺度である。この種の調査票としては記入時点の症状の有無を問う「自覚症状調べ」が広く使われているが、単調感や注意力低下、心的飽和などの疲労様状態は作業が終了すると消滅してしまう。論者は作業中に感じた疲労様状態を問う調査票の必要性を主張し、新たに精神疲労尺度を開発し、実用性を考慮した簡易版も作成した。JR鉄道総合技術研究所との共同研究から生まれた列車運転士用の作業負担尺度はなお試行・改良の段階にあるが、実用化されれば鉄道会社で広く使われるものと期待される。

総括していえば、本論文は、社会的要請の高い精神的作業負担の測定・評価手法の確立に向けて、様々な負担要因とそれに対する作業者の反応を理論的に整理し、作業負担に関わる心理的、生理的指標の位置づけを実証的に検討して、必要な精神負担尺度を開発したものとして高く評価できる。とくに、作業負荷と作業時間の関係について行われた実験はこの分野の先駆的研究である。

広範な指標を取り上げてそれぞれを適切に位置づけた点に本論文の一つの重要な意義が認められるが、第7章で論者自身も述べているように、血圧や発汗をはじめ本論文で取り上げられなかった指標もあり、さらに、より巨視的には、作業分析や負担測定法の選択、負担評価を改善対策に関連づける手法の確立など、残された課題も大きい。論者のますますの研鑽を期待する。

以上審査したところにより博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。なお1999年1月26日調査委員3名が論文内容とそれに関連した事柄について口頭試問を行った結果、合格と認めた。