

(資料)

79	建設その他	扶まれ、巻き込まれ	32	M	仕上工	5				2	9	13					<p>配管工事において、配管を支持する支持金具を取付ける作業を工場内の1階天井付近の配管上において、被災者と元請のAの2名で行っていた。1個目の支持金具を取り付けた後、Aが工場建屋の西側壁面の配管を通す場所に移動し配管を通す場所の寸法を測っていたところ被災者が配管上に仰向けに倒れかけていたものである。被災者は、Aの方の配管上を移動し立ち上がったところ上方に設置してある様気のための換気扇に頭部が接触し被災したものである。</p>	<p>被災者が上方の換気扇に気が付かなかつた？ 換気扇に気が付いてはいたが、何かに気をとられた？ 管理側が作業環境の危険性を把握して作業前に適切な対応をとらなかつた(換気扇を停止する、囲いを設ける等)</p>
80	建設その他	扶まれ、巻き込まれ	65	M	溶接工	40	2	5		13	11	2	9				<p>被災者らは工事の最終確認を行うため、工事箇所であるゲート内のピットまで、ゲート前の構内通路を横断した。この時、被災者以外の作業員は、構内通路を横断しゲート前の路上で構内通路をかけた。被災者は、構内通路を横断しゲート前の路上で構内通路をかけた。その時、ゲート前の構内通路に停車していたこみ取集車が、隣のピットにこみを降ろす為後進し被災者を左側後輪でひいた。</p>	<p>こみ取集車の運転手は、被災者ら数名が横断するのをミラーで確認し停車した。数名が横断した終わったので後進を開始した→全員が走り去ったものと思いこんだ 被災者は横断途中で携帯電話をかける→接近してくる車両に気が付かなかつた？注意の偏り？</p>

2. メンタルワークロードの基礎的理論と測定技法

研究分担者 篠原一光 大阪大学大学院 人間科学研究科

1. 研究目的

エラーが発生する一つの要因として、課題を行うための処理要求が作業者の用いる注意資源の限界を超えてしまうというメンタルワークロードの問題がある。本研究では、メンタルワークロードに関してこれまでの研究の中で用いられてきた定義や、メンタルワークロードを説明する上で不可欠な注意研究の諸知見、および実際の測定法について概観することを目的としている。測定法に関しては、今後の研究で用いられる行動的手法および主観的手法について重点的に概観を行う。

1.1. メンタルワークロードの定義

メンタルワークロードの概念に関しては、ISO10075(JIS Z8502)「精神的負荷に関する人間工学的原則」に整理されている。ここでは、精神的負荷(mental stress)を「外部から人間に対して及ぼし、かつ精神的に作用する評価可能な影響の全体」として定義し、精神的負担(mental strain)を「精神的負荷によって個人の内部に直ちに起こる影響(長期にわたる影響ではない)であって、各人の対処様式を含み、個人の習慣およびそのときの条件に依存するもの」と定義している。後者の精神的負担には、促進的効果と減退的効果があるとされる。前者は、ウォーミングアップ効果、活性化であり、後者は精神疲労、疲労様状態(単調感、注意力低下、心的飽和¹⁾)である。また、その他の効果として練習効果が挙げられている。各用語の定義は、ISO10075の中で規定されている。

このISO10075のメンタルワークロード概念は、メンタルヘルスの領域で論じられるストレス概念に類似しており、作業負荷の影響を疲労・疾病といった長期的影響に結びつけるものである(藤垣・飯田,1996)。しかし実際のメンタルワークロード測定では、作業を遂行する上での諸要因が、即座に作業成績や作業者の心理的変数に影響を与えるものとしてとらえられている。ここでいう諸要因とは、課題の困難度や複雑さといった課題の側の要因と、作業を遂行することに対して向けられる努力や注意など作業側側の要因である。実際のメンタルワークロード測定では、課題成績と、作業者の注意に関連する測定指標(副次課題成績・生理的指標・主観的評価)が具体的な測定対象となる。

先行研究ではさまざまなメンタルワークロードの定義が行われてきたが(詳細については芳賀(2001)を参照)、これらのメンタルワークロードの定義に基づき、課題デマンド・作業側の側の要因とメンタルワークロードの関係についてまとめた(図1)。この図式では、課題

¹同じ課題を繰り返し行わなければならない状態で、「うまくいっていない」という印象を持ち、その課題または状況に対して強い感情的な拒否を示すような状態。

の困難さや複雑さが作業者の側に課題デマンドとして影響を与える。課題の困難さについては、たとえば一定の時間当たりに行わなければならない処理の量などが課題の困難さを規定すると考えられる。すなわち、課題遂行の量的側面を反映するものとする。課題の複雑さについては、一つの刺激に対しいくつの判断のための条件があるかということで規定されるような、課題遂行の質的側面を反映するものとする。

作業者の側は、これらの課題デマンドを認知して、その課題に対してどの程度の注意資源を向けるかを決定する。同じ課題デマンドが与えられても、作業者の諸条件によってどの程度の注意配分が必要かの評価は異なる。たとえば作業者がその課題に対して十分に習熟している場合には、習熟していない場合に比べて、課題デマンドの変化に対応して注意配分量を変化させる必要はあまりないはずである。そしてメンタルワークロードの量はこの注意配分量から決まってくると考えられる。すなわち、現在直面している課題デマンドから考えて、課題の遂行に多くの注意資源配分が必要であると判断されるならば、メンタルワークロードは高まるといえる。ここでいう注意配分量は実際の配分量と完全に対応しているわけではない。なぜなら、配分可能な注意資源には限界があり、その限界を超えた状態ではそれ以上メンタルワークロードが高まらない、ということできないからである。限界を超えた状態では、配分必要量と実際に配分が可能な量とのギャップがメンタルワークロードを反映するといってもよいだろう。

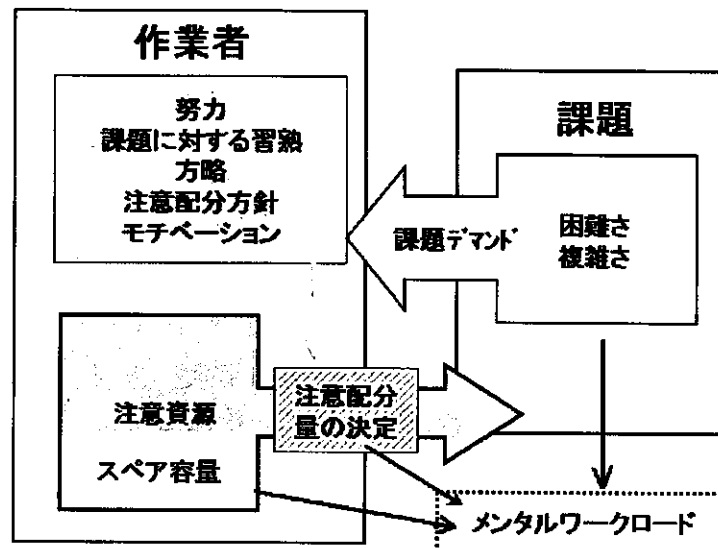


図1 メンタルワークロードにおける作業者の認知過程と課題デマンド特性の関連

このモデルは包括的なものではなく、メンタルワークロードに影響を与える多くの要因を含まないものである。しかし、「作業者の注意の一時的な状態を測定する」という目的で用いるには十分と考える。また、このような捉え方はメンタルワークロードを、課題を遂行するのに必要となる心的容量の大きさと定義する立場(O'Donnell and Eggemeier, 1986)と同

じものである。

1.2 注意資源理論

メンタルワークロードの測定を作業中の注意の状態の測定として捉える場合、注意を認知的活動のエネルギーとして捉える資源(resource)メタファがしばしば用いられる単一資源理論 1。本節ではこの資源メタファについて概観する。

1.2.1 単一資源理論

Kahneman(1973)は、注意の単一資源モデルを提案した。彼のモデル(図2)では、あらゆる課題の遂行に必要とされる単一の処理容量(processing capacity)プールが仮定されている。処理容量は有限であり、その上限は覚醒水準等によって変動する。いくつかの実行中の活動に対してこの処理容量が割り当てられるが、どのように割り当てられるかは、ある時点での意図や容量の需要評価によって決定される。

この単一資源理論に従う場合、処理容量とパフォーマンスの関係は図3のようになる。横軸は課題を遂行する際の資源要求量を示し、縦軸は供給される資源量と主課題のパフォーマンスを示す。資源要求量が小さく、余裕容量が残されている場合にはパフォーマンスの低下は少ない。しかし、資源要求量が大きくなって余裕容量がなくなるにつれ、資源要求量に伴って次第に主課題のパフォーマンスが低下する。また非常に資源要求量が高い場合には、主課題の遂行は不可能になるか、あるいは最低の水準となる。

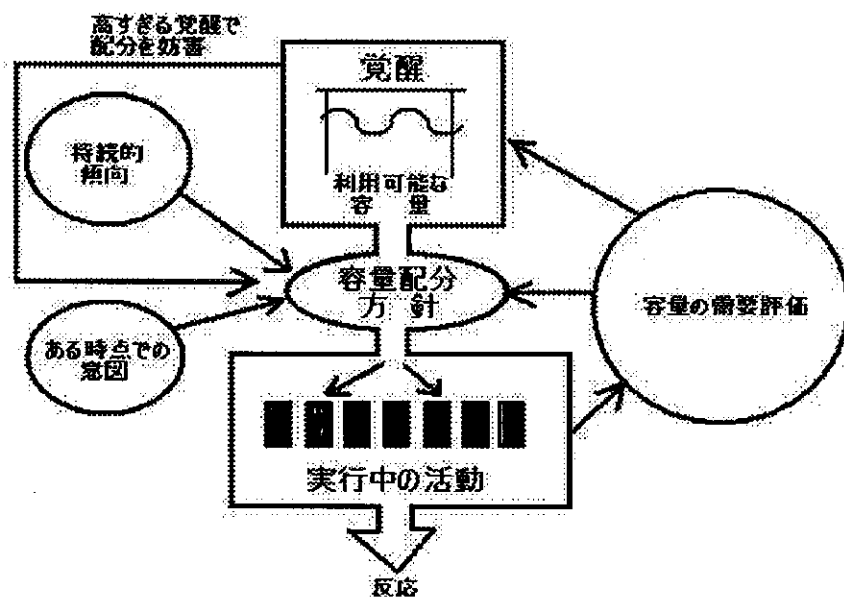


図2 Kahneman(1973)による単一資源理論

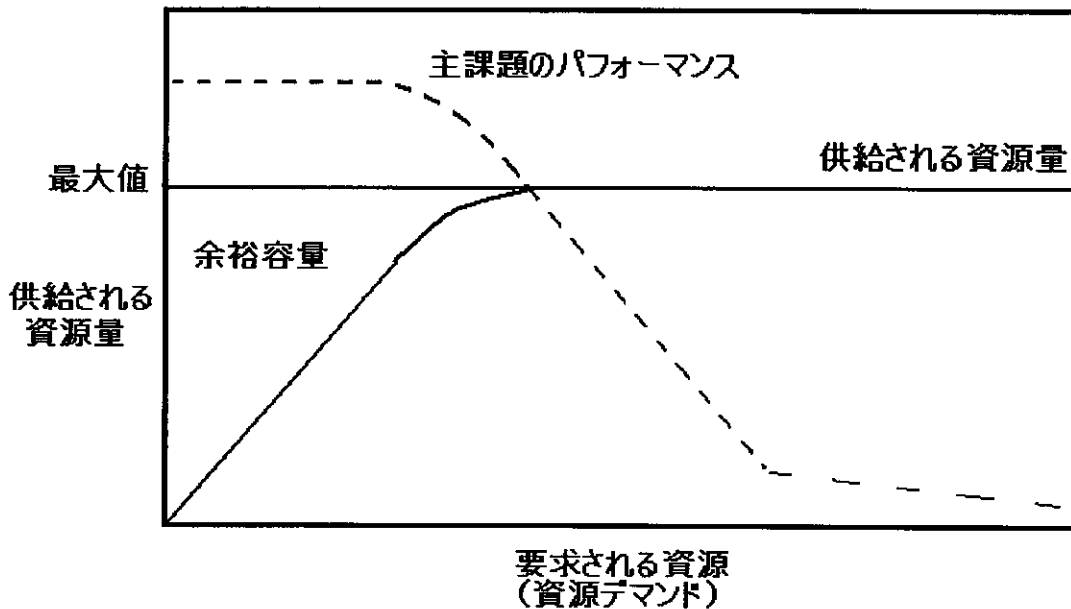


図3 資源とパフォーマンスの関係

1.2.2 多重資源理論

単一資源理論に基づくならば、二つの課題を同時に行う必要がある場合には必ず干渉が起こるはずである。しかし、課題の組み合わせによっては、あまり干渉が起こらずに同時遂行が可能な場合もある。例えば自動車を運転するときにラジオを聞く場合には、通常、問題は生じない。このことから、注意にはいくつかの種類があり、異なる種類の注意を用いる課題であれば同時に遂行できる、と考えられる。これを定式化するものが多重資源理論(multiple resource theory)である。

Wickens (Wickens, 1984, 1991; Wickens and Hollands, 1999)による多重資源モデルでは、図4に示すように、いくつかの注意の次元が仮定されている。

「処理段階」に関しては、知覚的・中枢的处理が重要な課題と、運動的反応が重要である課題の間では干渉が起こりにくいことが予想される。例えば、風景を眺めながら自転車に乗るという場合を考えてみると、風景を眺めることは知覚的・中枢的处理を必要とする課題だが、自転車に乗ることは運動的課題である。

「知覚モダリティ」に関しては文字通り、視覚的課題と聴覚的課題の間で干渉が起こりにくいことを示している。また、「符号」については、提示された情報が空間的に符号化されるか、あるいは言語的に符号化されるかで、用いられる注意資源が変わることを示している。

「反応」の次元に関しては、一方の課題の反応を手で行い、もう一方の課題の反応を声で行う場合には干渉が少ないことが予想される。具体的には、自動車運転時の携帯電話の使用の問題は、携帯電話にハンズフリー装置をつけることで、携帯電話を用いる際の手による反

応を抑えることで、運転に対する妨害が起りにくくなるということがあげられる。

メンタルワークロード測定時に、測定対象となる主課題がどのような注意資源を必要とする課題なのか、考察が必要である。後で説明する副次課題法でメンタルワークロードを測定する場合には、主課題が必要とするものと同じ特性の注意の変動を観測できる副次課題を選択する必要がある。

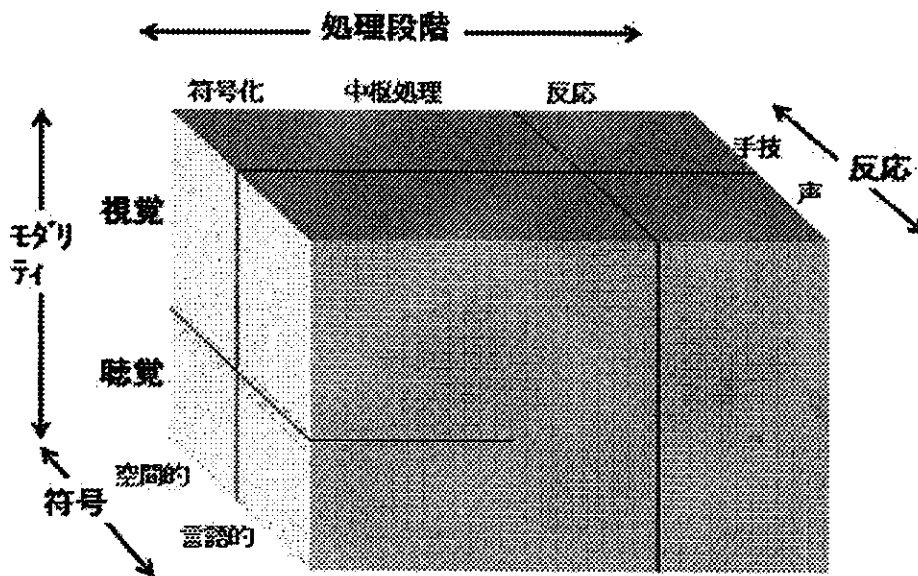


図4 Wickens(1984)による多重資源理論

1.3 メンタルワークロードの測定技法

メンタルワークロードの測定技法としては、主課題を遂行しながら別の副次課題を遂行し、主課題と副次課題それぞれの成績をメンタルワークロード指標として用いる副次課題法、主課題を遂行した後に主観的なメンタルワークロードの大きさを報告する主観的測定法、および心拍など生理的データをメンタルワークロード指標とする生理的測定法がある。

どのような測定技法を用いるかは、メンタルワークロード測定対象となる課題の特性や、課題を遂行する状況によって異なってくるが、一般的には以下のような条件を考慮すべきである(O'Donnell and Eggemeier, 1986)。

- ・ 感度(Sensitivity) : メンタルワークロードの変化を反映しうるか。
- ・ 診断性(Diagnosticity) : 多次元的なメンタルワークロードのどの側面を測定しうるか。
- ・ 主課題に対する影響(Primary-task intrusion) : 主課題に対してどのような影響を与えるか。
- ・ 実装上の問題(Implementation requirements) : 測定するにあたり、どのような装置・訓練を必要とするか。

- ・ 作業者の許容(Operator acceptance) : その技法を適用することを作業者が受け入れられるか。
- ・ 選択性(Selectivity) : その指標がメンタルワークロードの変動に対してのみ反応するものであり、身体的負荷のような別の要因による影響を受けるかどうか。

1.3.1 副次課題法

主課題パフォーマンス 課題の困難度が高くなると課題の成績が低下するという予測はごく自然なものである。課題の成績低下はメンタルワークロードの増大を反映しているという前提で、主課題の成績がメンタルワークロード指標として用いられる。

ただし、図4に示すように、主課題の成績はメンタルワークロード水準が低い場合には資源の追加投入によって維持される。また、メンタルワークロードの水準が高い場合には、パフォーマンスは最低の水準で保たれ、多少のメンタルワークロード変動では変化しない。よって、主課題パフォーマンスは中程度のメンタルワークロード水準でのみ有効であるといえよう。

副次課題としてはさまざまな課題が利用可能だが、具体的には刺激検出課題、周辺視野検出課題、暗算課題、記憶探索課題、時間評価課題などがある。これらの各課題はその基盤となる認知過程に違いがあるので、どのような注意資源を要求するのかについて確認しておく必要がある。

上記の副次課題の中から一例として時間評価課題を取り上げる。時間評価課題はこれまで行われてきた多くの二重課題研究において、ほとんどの課題との組み合わせで干渉が生じることが示されており、単一資源理論で仮定されるような汎用的な処理資源に基づく課題であると考えられ、また作動記憶モデルで仮定されるようなさまざまな認知過程の制御を行う中央実行系の機能とも関連が強い課題であると考えられる(Shinohara,1999; 篠原,2002)。また、主課題と組み合わせた場合に主課題のパフォーマンスに影響を与えず、課題のデマンドにのみ反応するため、副次課題として望ましいという指摘もある(Brown, 1997)。

1.3.2 主観的測定法

「どの程度の負担を感じるか」ということの自己報告は、容易かつ低コストで実施できる。また、観察される課題のパフォーマンスに変化がないような場合でも、作業者が感じている負荷を表現することができるという利点もある。主観低速度は心理学で否定された内観であり安直に過ぎるという批判もあるが(Kantowitz, 1987)、主観的測度を用いると同時に客観的(生理的・行動的)測度を導入した多くの研究で測度間の相関が見出されており(例えば Haga, Shinoda, and Kokubun, 2002)、また特に実際の製品デザインの評価を行うユーザビリティ研究の中では主観的報告が活用されて成果をあげていることを考えれば、メンタルワークロード測定においても主観的測定法の有効性は否定できないと思われる。

具体的な主観的評価法はたくさんあるが、単一の評価で測定する修正 Cooper-Harper 尺度、RSME(Rating Scale Mental Effort)、メンタルワークロードを多次元的に捉えようとする NASA-TLX、SWAT などがある。

修正 Cooper-Harper 尺度は、もともと航空機のパイロットが機体の操縦特性を評価するために開発された Cooper-Harper 尺度を、メンタルワークロードを評価するために変更したものである(Skipper, Rieger and Wierwille, 1986)。評価者はツリー図に示された質問に対して回答し、最終的に1～10点の範囲のメンタルワークロード評価点を得ることができる。RSME は、作業を行った後に、「今終わった課題はあなたにとってどのくらい努力を必要としましたか」という質問を行い、作業者は示される 15cm のスケールの上に印をつけて答えるというものである(Zijlstra, 1993; (De Waard(1996)より引用))。これらは一つの指標だけでメンタルワークロードを表現するというものであるが、長所としては非常に容易であらゆる状況で評価を行うことができるという面がある一方、多次元的なメンタルワークロードの限られた一面しか知ることができないという大きな欠点がある。ただし、主課題の危険度が高くパフォーマンス低下が許容されず適用可能な評価方法が少ない場合、あるいは他の評価手法の補助的位置付けで使用する場合には、これらの単一評価指標も有効であろう。

NASA-TLX は「精神的負荷」「身体的負荷」「時間的負荷」「パフォーマンス」「努力」「葛藤水準」の6つの尺度評定(各尺度の説明を表 1 に示す)と、各尺度に重みを与える手続きで構成される評価法である(Hart and Staveland,1988; 日本語版としては三宅・神代(1993),芳賀(2001)がある)。まず、各尺度がその課題にとってどの程度重要かということについて、各尺度間での一対比較を行い、重みを算出する。作業後に6つの尺度それぞれについて、スケールの上に印をつけるという方法で評価を行う。各尺度の評価値に対して重みづけを行い、それらの和を重み係数の総和で割ることでワークロード得点を計算する。一対比較により各尺度の重みを算出せず、各尺度の平均値をワークロード得点とする方法や、各尺度の評定値の順位を重みとして用いる方法(三宅・神代,1993)も提案されているが、いずれの方法でも、重みづけを行ったワークロード得点との間に有意な相関が得られている。

NASA-TLX は日本国内においては、主観的評価法として最もよく用いられているように思われる。SWAT と異なり、ワークロード得点の算出方法が単純であること、他の尺度に比べて妥当性に関する検証がなされていること、その内容や実施方法に関する資料が得やすいことが原因と思われる。ただし、各下位尺度の内容が多義的で理解に難しく、被験者によって各下位尺度の意味の理解に違いが生じる可能性が考えられる。また、正規の手続きによって得られたワークロード得点と簡便法で得られるワークロード得点の高さから、一対比較法によって重みづけを行う意義を検証していく必要があると思われる。

尺度名	説明文
知的・知覚的要求	どの程度の知的、知覚的活動（考える、決める、計算する、記憶する、見る、など）を必要とするか。課題がやさしいか難しいか。単純か複雑か。正確さが求められるか大ざっぱでよいか。
身体的要求	どの程度の身体的活動（押す、引く、回す、制御する、動き回る、など）を必要とするか。作業がラクかキツイか。ゆっくりできるかキビキビやらなければならないか。休み休みできるか働きづめか。
タイムプレッシャー	仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感がどの程度か。ペースはゆっくりしていて余裕があるものか。それとも速くて余裕のないものか。
作業成績	作業指示者（またはあなた自身）によって設定された課題の目標をどの程度達成できたと考えるか。目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足しているか。
努力	作業成績のレベルを達成・維持するために、精神的・身体的にどの程度いっしょうけんめいに作業しなければならないか。
フラストレーション	作業中に、不安感、落胆、イライラ、ストレス、悩みをどの程度感じるか。あるいは逆に安心感、満足感、充足感、楽しさ、リラックスをどの程度感じるか。

表 1 日本語版 NASA-TLX における尺度名とその説明文

SWAT は時間切迫性、精神的努力、心理的ストレスの 3 つの項目で構成されており（各項目の説明は表 2 に示す）、被験者は各項目について 3 段階の評価（高・中・低）を行う。3 項目を 3 水準で評定すると全部の組み合わせは 27 通りとなるが、この組み合わせのそれぞれについて 0～100 の尺度値を与えるため、各組み合わせをワークロードが低いと思う順に並べ替える作業を行う。これは具体的には、各組み合わせを記したカードを並べ替える、という作業である。この結果を計量的手法により分析することで尺度値を計算する。実際に作業者が行う評価は、各項目について「3、1、2」というように評価値を口頭で報告するという簡単なものである。尺度値の算出の手続きが困難という問題があるが、素点の大きさの順番に基づいてワークロード得点を計算する方法(三宅・神代,1993)など簡便法がいくつ

か提案されている。また、カードソート以外に一对比較を用いる方法等についての検討や、異なる重みづけの手続きを用いた場合の結果の比較検討も行われている(Luximon and Goonetilleke, 2001)。

表 2 SWAT における各評価項目

評価項目	段階
時間切迫性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 時間的余裕がかなりある。作業間の妨害またはオーバーラップは全くないか、まれにしか起こらない。 2. 時間の余裕がたまにある。作業間の妨害またはオーバーラップはしばしば起こる。 3. 時間の余裕はほとんどない。作業間の妨害またはオーバーラップは頻繁に、または常に起こっている。
精神的努力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 意識的精神的努力または精神の集中はわずかしかな必要でない。作業はほとんど自動的に行われ、注意を払う必要は全くないか、わずかの注意が必要である。 2. 意識的精神的努力または精神の集中はある程度必要である。不確かさ、予測不能、または馴染みのなさによる作業の複雑性は中くらいである。 3. 意識的精神的努力または精神の集中を非常に必要とする。非常に複雑な作業のため総合的な注意を必要とする。
心理的ストレス	<ol style="list-style-type: none"> 1. わずかな混乱、危険、欲求不満、不安があるが容易に順応できる。 2. 混乱、欲求不満、不安のために中程度のストレスが作業負担に加わる。十分な作業遂行量を維持するためにかなりの代償が必要である。 3. 混乱、欲求不満、不安による非常に強いストレスがある。非常な決断と自己統制が必要である。

1.3.3 生理的測定法

生理的指標としては、事象関連電位(ERP)、脳波(EEG)、心拍(HR)、心拍変動(HRV)、眼球運動、瞳孔直径、瞬目、皮膚電位活動などが用いられる。

生理的指標を用いるメリットとしては、以下の4点が挙げられる。

1. 副次課題法を用いる場合と異なり、主課題に余計な課題を加える必要がなく、作業者は通常作業と同じ内容で作業すればよい。

2. 生理的指標に対しては意図的な操作がしにくい。
3. 連続的に測定できる。
4. 主課題に対する妨害が少ない。
5. 課題のメンタルワークロードの直接的指標となりうる。

一方、デメリットとしては、測定のために特殊で高価な装置が必要であることがあげられる。

1.4 メンタルワークロードとエラーの関係

図4にも示されるように、主課題での注意要求が大きくなって余裕容量が消費され尽くすとパフォーマンスが低下し始める。パフォーマンスの低下とは、反応の速度と正確さの低下であるが、正確さの低下はエラーの発生と同義である。どのようなエラーが発生するかについては、主課題の特性や、作業者の方略（例えば速さ優先、正確さ優先など）によって異なってくるであろう。

メンタルワークロードとステップ抜かしエラーの関係については、次のような問題が考えられる。ステップ抜かしエラーも高メンタルワークロード時には多くなるだろうと考えられるが、ステップ抜かしエラーはこのメンタルワークロードの高まりに直接的に影響を受けて多くなるのであろうか。あるいは、メンタルワークロードの高まりが「速さ優先」方略を促進し、その結果としてステップ抜かしエラーを増大させるのだろうか。もし前者であれば、作業者に対して「速さ優先方略」をとらないような教示（例えば「作業が難しくなったら慌てずに、正確に作業を行う」ように方向づけるなど）を行っても、ステップ抜かしエラーの増大を抑えることはできないことになる。一方後者であれば、ステップ抜かしエラーの前提として「速度優先」方略が適用されることになるので、この方略がとられないようにすることがステップ抜かしエラーを抑制することにつながるだろう。

2. タイムプレッシャー（時間圧力）に関して

前節で述べた主観的メンタルワークロード評価法としてしばしば用いられる NASA-TLX と SWAT では、タイムプレッシャー（時間圧力）、あるいは時間ストレスは、メンタルワークロードにつながる要因として捉えられている。タイムプレッシャーが増大することがメンタルワークロードを高め、エラーに結びつくということは容易に予想できることである。

タイムプレッシャーは、意思決定の研究の中でしばしば研究テーマとしてとりあげられてきている(例えば Edland and Svenson, 1993; Keinan, 1987; Miller, 1960; Svenson and Edland, 1987; Svenson, Edland, and Slovic, 1990; Zakay and Wooler, 1984)。タイムプレッシャーの下での意思決定について、Miller (1960)は以下3つのタイムプレッシャーに対する対処方略がとられることを指摘している。

- ・ 情報をより速く処理する。
- ・ 意思決定を避け、ランダムに選択したり、あるいはその瞬間においてのみ妥当な選択肢を選択する。
- ・ 重要と思われるデータのみを考慮して意思決定する。

また、Zakay(1993)は先行研究で得られている時間ストレスの意思決定に及ぼす効果として、以下の8つをあげている。

- ・ 情報探索と処理の低下
- ・ 否定的情報の重要性の増大
- ・ 重要な情報の無視や拒絶といった防衛的反応
- ・ 選択された選択肢の強化(bolstering)²
- ・ 情報の濾過(filtration)方略を使う傾向。重要と知覚された情報から処理し、時間がくるまで処理を続ける。
- ・ 補償的方略のかわりに、非補償的方略を使う確率が高まる。
- ・ 重要なデータを忘却する。
- ・ 誤った判断・評価をする。

これらはステップ抜かしエラーを考える上で参考になる知見である。例えば、情報の探索と処理の質を低下させることによって処理の速度を確保しようとする、一連のステップのどの段階でも全体的に処理が不十分になってしまう。また、時間圧力によって情報の濾過方略が重視されるとすると、一連のステップの中でも重要と思われる段階に処理資源を集中することになる。そのため、重要でないと知覚されるステップに対する処理は不十分になったり、あるいは省略されてしまったりすると考えられる。

3. メンタルワークロードへの対処

Wickens and Hollands (1999)は、作業者は最適なメンタルワークロード水準で課題を遂行するように調整しつつ作業を行う、と述べている。また、課題デマンドが大きくなったときにとられうるワークロード・マネジメント方略として、(1) 課題パフォーマンスの低下を許容する、(2) より効率的で、より資源消費の少ない方法で課題を遂行する、(3) 低い優先度の課題のパフォーマンスを削減することで、遂行しなければならない課題を減らす(最

² 強化とは、どれか一つの選択肢が他の選択肢に比べて優れているという方向で状況を捉えなおすということであり、意思決定のコンフリクトが生じた場合の防衛的回避のメカニズムと言える(Janis and Mann, 1977)。

適なやり方での課題の削減)、(4) 遂行しなければならない課題のパフォーマンスを低下させることによる課題デマンドの低減(最適でないやり方での課題の削減)、の4つをあげている。どのような条件の場合にこれらの方略がとられやすいか、ということに関してはまだ解明されておらず、今後の研究が必要である。

また、訓練によってメンタルワークロードへの対処をより効率化することも可能であると考えられる。この効率化は、訓練によって各課題の自動化(Schneider and Shiffrin, 1977)を進め、必要な注意資源量を低下させることと、各課題に対する注意配分の技能を獲得させること(Gopher, 1991)によって達成される。作業者の最適な注意方略という観点から、訓練の内容について検討することが重要であるといえる。

4. まとめ

本研究では、メンタルワークロードの定義、メンタルワークロードを課題によるデマンドと作業者の持つ注意資源の関係という観点から捉える場合に重要になる注意研究の諸知見、および行動的・主観的・生理学的指標によるメンタルワークロード測定技法についてまとめた。また、エラーとメンタルワークロードの関係、タイムプレッシャーとの関係についても考察した。次年度以降行う実験では、これらの手法を用いてメンタルワークロードを測定し、エラーとの関係について詳細に検討を行う予定である。

5. 参考文献

Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception and psychophysics*, 59, 1118-1140.

De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. PhD thesis, University of Groningen. Haren, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre

Edland, A. and Svenson, P. (1993). Judgment and decision making under time pressure. In O. Svenson and A. Maule (Eds.), *Time pressure and stress in human judgment and decision making*, 27-40, New York: Plenum Press.

Gopher, D. (1991). The skill of attention control: acquisition and execution of attention strategies. In D. Meyer and S. Kornblum (Eds.), *Attention and performance, IVX*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

芳賀繁 2001 メンタルワークロードの理論と測定 日本出版サービス

Haga, S., Shinoda, H. and Kokubun, M. 2002 Effects of task difficulty and time-on-task on mental workload. *Japanese Psychological Research*, 44, 134-143.

Hart, S. and Staveland, L. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index). In

P.Hancock and N.Meshkati (Eds.), Human mental workload, 185-219, Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

藤垣裕子・飯田裕康 1992 メンタルワークロード概念の諸相 人間工学 68 549-559

Kahneman, D. (1987). Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

Kantowitz, B. (1987). Mental workload. In P. Hancock (Ed.), Human factors psychology, 81-122, Amsterdam: North-Holland.

Keinan, G. (1987). Decision making under stress: Scanning of alternatives under controllable and uncontrollable threats. Journal of personality and social psychology, 52, 639-644.

Liximon, A. and Goonetilleke, R. S. (2001). Simplified subjective workload assessment technique, 44, 229-243.

三宅晋司・神代雅晴 1993 メンタルワークロードの主観的評価法－NASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案 人間工学 29 399-408.

Miller, J. G. (1960). Information input overload and psychopathology. American Journal of psychiatry, 116, 685-704.

O'Donnell, R. and Eggemeier, F. 1986 Workload assessment methodology. In K. Boff and L. Kaufman, (Eds.), Handbook of perception and human performance. II, cognitive processes and performance. 42/1-42/49, New York: Wiley.

Schneider, W. and Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing I: Detection, search, and attention. Psychological review, 84, 1-66.

Shinohara, K. (1999). Resource for temporal information processing in interval production. Perceptual and motor skills, 88, 917-928.

篠原一光 2002 時間評価における注意資源と作動記憶の役割 心理学評論 45 195-209

Svenson, O. and Edland, A. (1987). Change of preferences under time pressure: choice and judgments. Scandinavian journal of psychology, 29, 322-330.

Svenson, O., Edland, A., and Slovic, P. (1990). Choices and judgments of incompletely described decision alternatives under time pressure. Acta Psychologica, 75, 153-169.

Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. In Parasuraman and R. Davis (Eds.), Varieties of attention, 63-101, New York: Academic Press.

Wickens, C. D. (1991). Processing resources and attention. In D. Damos (Ed.), Multiple task performance. London: Taylor and Francis.

Wickens, C. D. and Hollands, J. (1999). Engineering psychology and human performance (3rd Edition), Chap.11, 483-479. New Jersey: Prentice hall.

Zakay, D. (1993). The impact of time perception processes on decision making under

time stress. In O, Svenson and A. Maule (Eds.), *Time pressure and stress in human judgment and decision making*, 59-72, New York: Plenum Press.

Zakay, D. and Wooler, S. (1984). Time pressure, training and decision effectiveness. *Ergonomics*, 27, 273-284.

Zijlstra, F.R.H. (1993). *Efficiency in work behavior. A design approach for modern tools*. PhD thesis, Delft University of Technology. Delft, The Netherlands: Delft University Press.

3. 注意の偏り現象に関する理論的機制及び諸側面の分類化

分担研究者 神田 幸治 名古屋工業大学

1. 研究目的

作業者が不安定な足場の上で作業をする際には、よく「足元に注意をしなさい」といわれる。そこで足元が滑らないように気をつけていると、上から落下してきた物体が頭に当たってしまう。これは一般に注意の偏り（*attentional bias*）と呼ばれる現象によって生じる事故の典型例である。

このような注意の偏りに起因する失敗は、日常生活の様々な場面においても頻繁に発生している。しかし、日常生活における注意の偏りによる失敗は、その被害も大きなものではない場合が多い。一方、産業場面における労働災害では、同じような注意の偏りによっても、大きな被害をもたらすことが少なくない。

では、こうした注意の偏り現象には、一体いかなる機制がはたらいているのであろうか。注意はあまりに日常的な言葉として定着しているために、その本質が曖昧なものとなりがちである。それゆえ、注意の偏り現象の機制を考えるにあたり、本報告では最初に心理学的な立場から注意の概念を整理する。そして、整理された知見を踏まえた上で注意の偏り現象の諸相を先行研究より体系的に概説し、それより考えられる労働災害事故への対策を検討することを、本報告書の目的とする。

2. 注意の偏り現象に関する注意の理論的機制

注意には様々な諸相が存在する。その中でも注意の偏り現象の理解のために重要となる考え方は、注意の選択的側面及び分割的側面である。選択的側面とは、多数の情報の中からある特定の情報を選び出す注意のはたらき方のことであり、選択的注意（*selective attention*）と呼ばれる。また、分割的側面とは複数の情報や課題に注意を振り分けて遂行することに関する注意のはたらき方のことであり、分割的注意（*divided attention*）と呼ばれる。この注意の2つの側面に関わる理論を中心に概説することにより、注意の偏り現象の機制を検討していくことにする。

2. 1. 生理学的構造

注意が偏ることを示す一つの知見として、人間の生理的構造の制約が挙げられる。視覚に関して、人間の目は顔面より前方の対象を知覚するような構造を持ち、視点を固定した状態では、その視野は水平方向にして 180° から 210°

程度である。しかし、外界の視覚情報を処理する場合には、我々はその対象を特に注視する。網膜部位の視力の広がり方は不均等であり、網膜の中心部位である中心窩 (fovea) 付近の最も感度の良い範囲は、視角にして $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 程度である。その範囲を超えると、視力は極端に低下する (Alpern, 1967)。従って、同一視野に存在していても、新たに処理をすべき対象に対しては視線を向けなおす必要がある。それは、中心窩付近で対象を捉える、すなわち中心視で対象を見る必要があるからである。

聴覚の場合は、刺激音の持つ周波数にもよるが、およそどの方向からも定位が可能である。しかし、我々の作業の大部分が視覚情報の処理により行なわれていることは経験的にもいえるであろう。従って、こうした生理学的構造の制約を受けることとなり、注意を向けられていない対象の処理は困難となる。

2. 2. 心理学的説明

2. 2. 1. 構造理論 — 選択的注意：ハードウェア的理論 —

注意の選択性を説明するモデルの一つとして、古典的ではあるが有力な理論が構造理論 (structure) である。これは、人間の感覚・知覚から反応過程に至る注意の処理システムを一種の情報処理系とみなすものである。特に、Broadbent(1958)の提唱した単一チャンネル限界容量モデル (single channel limited capacity model) では、その処理器は単一なチャンネルであり、ある特定の情報処理段階において、入力情報は直列処理しか行なわれないと仮定される。その部分はボトルネック (bottleneck) と称される。従って複数の対象が入力された場合は、その入力情報に対してフィルターがかけられ、不必要な情報はそれ以上の処理を受けなくなる。このように処理器にフィルターの存在を仮定することから、この Broadbent(1958)により提起された理論は、フィルター理論 (filter theory) とも呼ばれる。

このフィルターは、大量の情報により、以後の処理に過剰な負荷がかかることを避けるために必要であると考えられている。そして、ある対象に注意を向ける行動は、注意を向けている情報のみを通過可能なように選択フィルターを準備することであると説明される。

構造理論の初期の議論の焦点は、処理のいかなる時点でフィルターがかけられるかということであった。例えば、Broadbent(1958)は、フィルターが刺激対象の物理的情報 (声の性別や機械音など) の処理直後、すなわち知覚・認知レベル以前の感覚レベル処理段階直後にあるとする前期選択説 (early selection theory) を主張している。それに対し、Deutsch & Deutsch(1963)は、入力され

る全ての対象は意味情報も含め完全に処理されているが、最も高次の反応生成の直前に選択フィルターが存在すると仮定する後期選択説 (late selection theory) を提起している。また、注意を向けていないとされる対象もまた実際には分析されているという実験結果から、注意を向けていない情報はフィルターにより完全に棄却されるのではなく単に減衰するだけであり、他の対象も高次処理を受けうると仮定する減衰モデル (attenuation model) も主張されている (Treisman, 1960, 1964)。さらに、注意を向けたチャンネルが非注意チャンネルからの妨害を受ける実験例が報告されていることから、前期選択説と後期選択説の双方とも、構造理論を十分に説明していないという指摘 (Lachman, Lachman, & Butterfield, 1979) や、注意された刺激内容の物理的特徴を検出するのではなく、意味的特徴を検出する場合のように負荷が高い課題を遂行する場合には前期選択説が有効であるという知見もある (Lavie, 1995)。

近年の議論では、処理段階には、並列処理が可能な段階と直列処理のみ可能である段階の双方があり、直列にしか処理されない段階を特定することが盛んに行なわれている。これらの理論はボトルネックモデル (bottleneck model) または延期モデル (postponement model) と呼ばれ (e.g. McCann & Johnston, 1992; Pashler, 1998)、厳密には構造理論とは異なるが、処理段階の途中にボトルネックの存在を仮定している点においては、構造理論と類似すると考えてもよいだろう。

こうしたフィルターまたはボトルネックの特定化に関する精緻な議論は、現実場面におけるダイナミックな注意行動を説明するという本質からはやや離れることになるので、本項では省略する。注意の偏り現象説明する上で重要となるのは、処理に必要なチャンネルがある対象に独占的に使用されている場合、他の対象への処理が実行されないということである。

2. 2. 2. 資源理論 — 分割的注意：ソフトウェア的理論 —

Broadbent 等の構造理論は、処理器の「構造」を議論の対象とし、主としてフィルターまたはボトルネックの場所が問題となっていた。その議論では複数の情報の選択性を前提としていた。しかし、構造理論はもっぱら外界の刺激への注意の選択性に注目し、処理すべき対象の難易度や内的な事象への注意過程に関しては十分に説明していない。そのような中、注意に「エネルギー」のメタファーを用いることにより、注意の「配分」を主として説明する概念が提起された。すなわち、分割的注意の考え方から提起された概念が資源理論 (resource theory) である。

資源理論には、処理資源が単一的・汎用的である単一資源理論 (Kahneman,

1973; Moray, 1967; Norman & Bobrow, 1975) と、ある次元に基づいて分類される多重資源理論 (Wickens, 1984) が存在する。資源理論に関しては、研究分担者による「メンタルワークロードの基礎的理論と測定技法」に概略が記述されているので、そちらを参照してほしい。

注意に関連する行動において、いずれの理論がより説明力が高いかという問題は、これまでも議論の対象となってきた。しかし、Heuer(1985)が指摘するように、比較的容易な作業で行なわれるような低次処理においては、多重資源理論で想定されるモダリティや符号化等の次元に従って資源が分割利用されるが、高次の処理が必要とされる場合にはいかなる課題にも共通の非可分な汎用資源が利用されると考えるのが妥当なように思われる。資源理論とは異なるが、Norman & Shallice(1986)の提唱する監視注意システム (Supervisory Attentional System : SAS) や、Baddeley(1986)による作業記憶 (working memory) の中央実行系 (central executive) の提起に認められるように、こうした共通実行処理系の存在は、様々な認知モデルにおいても設定されている。従って、資源理論においても、こうした共通実行処理系における干渉の有効性は今後も検討されるべき課題である (Matthews, Davies, Westerman, & Stammers, 2000)。また、多くの注意研究において、汎用的な資源の概念は当然のように使用されているのも事実である。

2. 2. 3. 構造理論と資源理論の関係

構造理論によると、注意の偏りが意味するのは、処理器のチャンネルがある対象の処理に使用されているために、他の対象に注意を向けるためには、そのチャンネルにおける処理過程を完了または中断しなければならないということである。一方、資源理論の立場では、注意の偏りはある特定の対象への資源投入量が多くなるために、他の対象に使用すべき処理資源が少ないことを意味する。

いずれの理論がより優れているかは、各理論が提起された立場が異なるために、一概には決められない。実際には、外界の対象の選択 (すなわち探索) に関わる行動が構造理論で説明され、全体的な課題や外界の対象をいかに首尾よく処理するかの方略に関わる行動が資源理論で説明されると考えられよう。このように、いかなる環境でいかなる課題を遂行しているかにより、その処理機制は異なると考えられる。また、構造理論においても、フィルター後の処理段階にPシステムと呼ばれる容量限界の存在を仮定しているように (Broadbent, 1958)、両者の理論は必ずしも背反するものではない。

以上挙げられた理論より注意の偏り現象を説明するならば、その注意の選択

性に関わる構造的問題、及び処理方略における容量の問題が関与するといえる。これらはいずれも注意には限界があることに起因するものである。

2. 2. 4. スポットライト説

前項では注意の選択性と分割性の二側面を検討したが、その両者に共通するのが、注意の限界性である。つまり、特定の対象に注意を向けることは、その存在や微妙な変化への気づきが促進されるが、周囲の対象の存在や変化への気づきが遅れてしまう。また、周囲の環境を均等に見渡すと個々の対象への注意が不十分になる。

また、選択的注意の考え方より、注意はある特定の対象や範囲（空間的だけでなく時間的な範囲、対象の数なども含む）に意識を向ける仕組みであるといえる。その注意を向けられる範囲は限定されるため、その範囲内にある対象は明確に処理されるが、その範囲外にある対象は、その存在が十分に認識されることなく、処理が困難となる。

特に、空間的な視覚的注意（visual attention）では、この考え方をスポットライト説と呼ぶ（Posner, 1980）。すなわち、この注意の考え方は、舞台上にスポットライトを当てることにより、特定の対象を浮かび上がらせる状況に例えられる。注意の移動（shift）は、そのスポットライトを移動させることである。そして、処理すべき対象を求めて注意を移動させる行為を探索（search）と呼ぶ。注意の偏りは、このような注意移動または切替（switching）が円滑になされず、ある特定の対象に注意が固定されることを意味する。

この注意の範囲は時間的な範囲においても適用可能である。例えば、ある刺激を提示後、その刺激に対してできるだけ速く判断及び反応を行なう場合、その刺激が提示されるタイミングが既知であるならば、その刺激提示の時点に向けられる注意の量は最大となる（e.g. Posner & Boies, 1971）。刺激提示時に最も正確かつ最も迅速な処理を行なおうとする反応者の構え（set）が反映されるからである。このことは、時間軸においても注意配分が設定されているといえる。

以上から、我々が注意を向ける範囲には限界があるため、ある特定の対象または方向に注意が向けられることにより、注意を向けるべき範囲が適切に決定されない場合、注意の偏りが生じるといえる。

その注意の偏り現象は、その注意の方向性やはたらかせ方によっていくつかのタイプに分類されるだろう。注意の偏り現象によって生起すると考えられる事故において講ずるべき対策は、各々の注意の偏り方により異なると考えられる。そこで次項では、注意の偏り現象の諸側面を分類することを試みる。