

200401090B

厚生労働科学研究費補助金  
労働安全衛生総合研究事業

不安全行動の誘発・体験システムの構築と  
その回避手法に関する研究

平成14～16年度 総合研究報告書

主任研究者 白井 伸之介

平成17(2005)年 4月

## 目 次

I. 総合研究報告	
1. 不安全行動の誘発・体験システムの構築とその回避手法に関する研究-----	1
臼井 伸之介	
2. 外乱により誘発されるエラー体験システムの構築に関する研究-----	9
太刀掛 俊之	
臼井 伸之介	
篠原 一光	
3. 「注意の偏り」に起因する新たなエラー誘発課題の構築と体験システムへの適用-----	39
神田 幸治	
4. 違反行動の生起におけるコスト要因とリスク要因の影響についての実験心理学的研究-----	81
和田 一成	
臼井伸之介	
5. 日常的注意経験質問紙の作成と信頼性・妥当性の検討-----	103
篠原 一光	
6. ヒューマンエラー要因の検討と教育的フィードバックのための災害事例の活用方法について-----	145
中村 隆宏	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表-----	163
III. 研究成果の刊行物・別刷-----	164

## 不安全行動の誘発・体験システムの構築とその回避手法に関する研究

### 研究組織

#### 主任研究者

臼井 伸之介      大阪大学大学院人間科学研究科      教授

#### 分担研究者

篠原 一光      大阪大学大学院人間科学研究科      助教授

神田 幸治      名古屋工業大学大学院工学研究科      専任講師

中村 隆宏      独立行政法人産業安全研究所      主任研究官

太刀掛 俊之      大阪大学大学院人間科学研究科      助手

#### 研究協力者

和田 一成      大阪大学大学院人間科学研究科      大学院研究生  
中央労働災害防止協会      リサーチ・レジデント

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
（総合）研究報告書

1. 不安全行動の誘発・体験システムの構築とその回避手法に関する研究

主任研究者 臼井伸之介 大阪大学大学院人間科学研究科 教授

不安全行動の誘発・体験システムを確立するため、「作業の中断（外乱の挿入）」「注意の偏り」「違反」の各要因を操作した課題を作成し、実験の結果分析からヒューマンエラーを誘発し、体験可能とする実験システムを構築した。また個人の注意コントロール特性の個人差を測る日常的注意経験質問紙を開発するため、質問項目を作成・分析するとともに、関連する質問紙結果との関連性を多変量解析等を用いて分析し、その信頼性、妥当性を確認した。さらに不安全行動を回避するための効果的な手法について災害事例分析等から検討した。これらの研究成果から、不安全行動誘発・体験システムの基本的仕様を確立したが、現場に違和感なく体験可能とするコンテンツの改訂およびその有効性評価が今後の課題とされた。

主任研究者	
臼井伸之介	大阪大学大学院人間科学研究科・教授
分担研究者	
篠原 一光	大阪大学大学院人間科学研究科・助教授
神田 幸治	名古屋工業大学大学院工学研究科・専任講師
中村 隆宏	独立行政法人産業安全研究所・主任研究員
太刀掛俊之	大阪大学大学院人間科学研究科・助手

1. 研究目的

労働災害を防止するためにはヒューマンファクターへの対策を構築することが危急の課題となっている。しかし人間はエラーをおかすものという見解が今日広く認識され、その観点からの安全教育が徹底されているにもかかわらず、ヒューマンファクターに起因する類似の労働災害が繰り返されていることも事実であり、ここに新たな視点からの対応策を考慮する必要がある。

そこで本研究は不安全行動を誘発する事態を実験的にシミュレートし、作業員の不安

全行動をパーソナルコンピュータベースの比較的簡便な設備を用いて自ら体験させる、すなわち人間はどのような事態でどのような心理的状况になりエラーをおかすのかを観念としてではなく経験として体験可能とするシステムを開発することを目的とする。

研究はA～Eの5つのグループにより実施された。本報告書では各グループの研究の前半部を「研究1」、後半部を「研究2」として各パート毎にまとめられている（グループCのみ分離されていない）。

研究1では以下の3点を目的として研究を実施した。

1) これまで事故発生 of 主要な要因であることが明らかにされている「作業の中断（外乱の挿入）」「注意の偏り」「急ぎ・慌て」の各要因を操作した複数の課題を作成し、実験の実施及びその結果分析からヒューマンエラーの誘発状況およびその発生メカニズムを検討する

2) 個人の日常的なエラー傾向を測定する質問紙を作成し、質問紙結果と実験課題パフォーマンスの関連性を検討する

3) 実験課題として抽出した心理的事象要因と災害発生 of 関係を、災害事例の内容分析から詳細に検討する

また研究2では以下の4点を目的として研究を実施した。

1) 外乱の挿入や注意の偏り要因に焦点を当てたエラー誘発課題について、昨年度指摘された課題内容および実験手続きの問題点に修正を加え、課題をより現実場面に則した内容とし、誘発システムの一般化を図るとともに、ヒューマンエラー発生メカニズムをより精緻化させる

2) ヒューマンエラーと並び事故の主要な要因となる人間の違反行動について、その発生プロセス、発生メカニズムを実験的に検討する

3) 日常的注意質問紙を一部修正し、その信頼性を確認するとともに、関連する心理的概念に基づいて構成された質問紙の心理尺度との関連分析から、その妥当性について検討する

4) 災害事例分析から得られた知見を基に不安全行動の体験から事故防止の回避方略を体得するまでのプロセスを検討し、効果的なフィードバック手法のプロトタイプを提起する

## 2. 研究方法

次のA-Eの5グループにより、以下の方法によって研究を行った。

### A. 外乱により誘発されるエラー体験システムの構築に関する研究

#### 【研究1】

ある作業系列を実施途中に、作業系列とは別の作業が挿入された場合、本来行うべき作業の一部が省略され、事故やトラブルが発生する可能性がある。本研究ではパーソナルコンピュータを用いた認知的弁別課題により構成される一連の課題を構築し、ある法則性を持った外乱課題を挿入させることにより誘発されるエラーの実態及びそのメカニズムを明らかにする実験を37名の被験者を対象に行った。

#### 【研究2】

本実験では昨年度実施した外乱挿入実験の実験および手続きを一部修正することにより、外乱侵入によるエラー誘発メカニズム

のさらなる精緻化を図った。実験は20名の被験者を対象に行った。

### B. 「注意の偏り」に起因する新たなエラー誘発課題の構築と体験システムへの適用

#### 【研究1】

ヒューマンエラーの発生要因となる「注意の偏り」及び「急ぎ・慌て」の要因を考慮した課題（数字刺激呈示による偶奇判断）を、基礎心理学的知見に基づき設定した。そこで、各要因に対するエラーが適切に誘発されるか、また誘発されるエラーが体験者にとって自覚可能であるかどうか、さらにCFQ（Cognitive Failures Questionnaire：認知的失敗傾向質問紙）によって得られた日常生活での失敗経験の程度と、設定された課題パフォーマンスがいかなる関係にあるか、等を検討するため、39名の被験者を対象に実験を実施した。

#### 【研究2】

ヒューマンエラー誘発体験システムの導入課題を策定するため、ヒューマンエラーの主要な発生要因である注意の偏りを生起させる、change blindness 課題（視覚的呈示場面内の一部の対象のみを変化させた二つの場面を一組としてフリッカー呈示すると、その変化がたとえ劇的に大きいものであってもその変化は見落とされてしまう現象）を設定した。実験では周辺部における周辺円変化検出課題をあわせて課すことにより、注意の偏りエラーが誘発される可能性を検証した。また周辺円変化検出課題への回答に対する確信度（自信の程度を0から100までの任意の値で評定させる）を求めることにより、体験者によるエラー生起の自覚可能性について検討した。実験は20名の被験者を対象に行った。

### C. 違反行動の生起におけるコスト要因とリスク要因の影響についての実験心理学的研究

作業中、決められた作業を省略する、すなわち違反行動が生起する心的メカニズムについて、二重課題パラダイムから実験的に検討した。ただしここでは認知負荷の高まりに基づいた省略でなく、課題の冗長さ等を強調

することによる省略への動機づけの高まりによる行動に焦点を当てた。実験1ではコンピュータを用いた一連の知覚判断課題において、各課題終了後に毎回上書き保存を要求し、一回の上書きにかかる時間(コスト要因)を操作することにより違反がどのように誘発されるのか、また実験後に実施した質問紙への回答結果から、違反への自覚的な動機づけが違反行動といかなる関連を持つのかについて検討した。実験2では実験1と同課題で実施したが、コスト要因に加えて違反による結果の重大性(リスク要因)を操作し、両要因が違反行動の出現にどのように影響しあうのかについて検討した。実験1は32名、実験2は24名の被験者を対象に行った。

#### D. 日常的注意経験質問紙の作成と信頼性・妥当性の検討

##### 【研究1】

日常生活の中で経験する注意に関係する出来事への回答から、人間の注意の制御特性を明らかにするとともに、注意経験の個人差について検討することを目的とした、日常的注意経験質問紙を作成した。そして465名を対象として調査を実施し、因子分析等の多変量解析法を用いて結果を分析した。さらに、この質問紙で測定される日常的注意特性と2つの認知的課題パフォーマンス、すなわちストループ課題およびクレペリン検査結果との関係について実験的に検討し、日常的注意経験質問紙で測定される心理的特性について考察した。

##### 【研究2】

研究1では、日常生活の中で経験する注意に関係する54の質問項目から構成される質問紙(日常的注意経験質問紙: Questionnaire of Everyday Attention ver.1.0 以下QEA1と呼ぶ)への回答から、人間の注意の制御特性として、「注意制御不全感」「多重課題遂行能力」「ながら作業傾向」の3因子を抽出した。研究2では、QEA1の有用性を高めるため、QEA1から上述した3因子に高く負荷する項目をそれぞれ8項目取り出し、24項目から構成される新たな質問紙(QEA2)を作成した。また本質問紙と関連する心理的概念に基づいて

作成された質問紙、すなわち失敗傾向質問紙<sup>1)</sup>、没入尺度質問紙<sup>2)</sup>、特性不安尺度質問紙(STAI日本語版)<sup>3)</sup>を同時に実施し、QEA2の信頼性、および構成概念の妥当性の検証を行った。質問紙調査は606名の大学生を対象に実施した。

#### E. ヒューマンエラー要因の検討と教育的フィードバックのための災害事例の活用方法について

##### 【研究1】

今回の研究で着目した「作業中断」「注意の偏り」「急ぎ・慌て」要因等が関与して発生した労働災害事例を4事例抽出し、その調査記録書で記述された災害発生状況及び災害発生原因を詳細に内容分析することにより、ヒューマンエラーや違反行動の背景にある心理的事象要因と災害発生の因果関係を時系列的観点から検討した。

##### 【研究2】

不安全行動誘発・体験システムの利用から効果的な回避手法を体得するまでの問題点とその対応策について、1. 体験内容のリアリティに関する問題、2. 実際の作業場面における不安全行動や事故との関連づけの重要性の問題、3. 事故事例の効果的な提示方法の問題、の観点からそれぞれ考察した。

#### 倫理面への配慮

本研究では人間を対象に実験および調査を実施しているが、その際は被験者の人権と尊厳を護るべく最大限の注意と努力を払い、特に実験では心的・身体的苦痛が発生する可能性のないように、実験の設定において注意深く配慮した。また研究の目的、実験の内容について可能な限り説明し、理解を求めた。

労働災害の調査記録書の分析においては、被災者およびその関係者が報告書内容で特定されないように、個人名、事業所名、場所等を伏せるなど、その匿名性には十分配慮した。

#### 3. 結果と考察

A-Eの各グループにより、以下のような成果を得た。

## A. 外乱により誘発されるエラーの発生メカニズム解明に関する研究

### 【研究1】

実験結果の分析から、作業中断要因である外乱課題が侵入することにより、外乱課題以降の作業系列でエラー発生率が上昇することが見出された。また、課題遂行時間もエラー発生率と類似の傾向を示し、課題遂行時間がエラー発生メカニズム解明の指標として捉えることが可能であることが示唆された。さらに当エラーは、メカニズム的にはこれまで、Reason (1984)<sup>4)</sup> 仁平ら (2002)<sup>5)</sup> により提唱されているカウンター説やトリガー説では説明が困難であることが実験結果から認められ、本課題のエラー発生メカニズムについて、さらに詳細な検討が必要であることが指摘された。また中断要因となる外乱課題の内容により、エラー誘発のメカニズムは異なることが示唆された。すなわち作業系列の中で、時間的に後に遂行すべき課題が外乱として侵入する場合には、課題侵入直後より、しばらく後で作業パフォーマンスが低下するとの結果が得られた。この結果から、ある作業系列を実行する際には、処理中の課題だけでなく、ある程度先に行うべき課題に対しても心的なモニターが行われており、将来実行すべき課題が外乱として侵入した場合には、一種の緊張体系の解消から、将来行うべきモニター機能が低下し、その結果作業パフォーマンスが低下するのではないか、というエラーメカニズムに関する新たな解釈が提起された。今後は今回得られたエラー発生メカニズム的知見を明確化するため、条件をさらに精緻化した実験を実施すること、及びそこで得られた結果をいかに体験システム内容に適用させるかについて検討する必要がある。

### 【研究2】

外乱侵入のタイミングを固定する、外乱侵入の頻度を下げるなど、実験条件をより厳格にして実験を実施した結果、外乱タスクが侵入することにより、それ以降の作業系列で、エラー発生率および反応時間が上昇した。そこで外乱の種類別の分析からエラー発生メ

カニズムの詳細な検討を試みたが、エラー発生率は研究1と変化がなかったため、発生数の少なさから分析は困難であった。ただし本実験の分析結果から、メカニズム的にはこれまで、Reason (1984) 仁平ら (2002) により提唱されているカウンター説やトリガー説では説明できないことが見出され、研究1の知見を確認した。また外乱タスクが、2ないし3ステップ先のタスクであった場合、外乱タスク以降の作業系列で、反応時間の遅延が回復しない、およびエラー率が増加するなど、パフォーマンスが回復する傾向は認められなかった。すなわち実際に作業系列を遂行する際には、現在のタスク遂行とともに、ある程度先に行うべきタスクに関するモニターが行われており、将来行うべきタスクが外乱タスクとして侵入することがタスクの準備性に影響を及ぼしその結果パフォーマンスが低下する、とのエラーメカニズムを提起した。

## B. 「注意の偏り」に起因する新たなエラー誘発課題の構築と体験システムへの適用

### 【研究1】

刺激呈示画面の前方中央部に注意を集中する条件では、中央部、周辺部に呈示される事象の見落とし及び反応の遅れが有意に増大し、注意の偏り事態を実験的にシミュレートすることが確認された。また刺激呈示速度を増大させることにより時間的圧力を高めた結果、見落としエラーは増大したが、その傾向は注意の偏りの設定がゆるやかな条件で、より顕著であった。すなわち、時間的圧力が低い場合には、エラーは対象そのものの性質による影響を受け、時間的圧力が高まると、エラーは課題となる対象の性質に関係なく、急ぎの影響により規定されることが示唆された。失敗確信度は、急ぎ事態、および注意の偏りが大きい事態で得点が高かった。すなわち刺激や時間的圧力のデマンド操作によるエラーが、被験者に正しく自覚されることが明らかになった。CFQは全体的な注意行動の失敗を予測することができなかったが、注意の行動様式を区別することが可能であり、各々の特異な課題結果パターンからの教

育的フィードバックが可能であることが見出された。

#### 【研究2】

周辺円変化検出課題のみを求める基準課題と、change blindness 課題をさらに課した二重課題の両パフォーマンスを比較することにより、ディスプレイ中央部への注意の偏りが周辺部位へ注意配分に及ぼす効果について検討した。change blindness 課題そのものの誤答率（対象変化を見落とす率）は60.0%と高く、特に変化の対象が「消滅する」刺激に対して、誤答率が高い傾向にあった。一方周辺円変化検出課題誤答率は、基準課題2.0%、二重課題6.3%と二重課題で有意に高かったが、誤答率そのものは全体的に低い傾向にあった。また周辺円変化検出課題への平均確信度は基準課題93.5、二重課題84.1と二重課題で確信度が有意に低かった。

以上、change blindness 課題を付加することにより、周辺円変化誤答率は有意に増加し、その確信度は有意に低下するとの結果を得た。すなわち change blindness 課題を付加することにより注意の偏り現象を実験的にシミュレート可能なことが示された。そこでエラー体験システムに本課題を導入するための問題点として、

1. change blindness 課題の課題要件、すなわちディスプレイ中心部への注意の偏り事態をある程度均一化するようにし、周辺部検出課題へのパフォーマンスをできるだけ均等にするように刺激を策定すること
2. 今回の周辺部課題は変化量が大きく、誤答率が低い、すなわち変化がポップアウトしていた可能性があるため、注意の偏りによるエラー増加を一層体験させるためには、周辺部刺激を再検討する必要があること
3. change blindness 課題の難易度が異なる場合、特に容易な刺激ではすぐに周辺部課題に集中出来るため、周辺部刺激変化のタイミングも同時に変化させる必要がある。そこで今後さらなる実験を行うことで、change blindness 画像呈示時間を基準化する必要があることなどが指摘された。

### C. 違反行動の生起におけるコスト要因とリスク要因の影響についての実験心理学的研究

実験1の結果では、高コスト条件での違反率が低コスト条件より高くなる傾向が見られた。実験1では違反による失敗時のコスト（リスク）を不要としていたため、コストの要因、すなわち実際行動の負担に関わる認識が作業の遂行に関与し、コストが大きく感じられるほど省略への動機づけが高まり、違反が誘発されることが明らかになった。その一方、実験2で操作されたリスクの効果はコストの効果ほど顕著でなかった。この理由として、実験1、2でのコスト要因の操作は上書き時間の長短等、被験者の体感を通して行われたが、実験2のリスク要因の操作は、実験の教示で示されただけであり、現実の作業として呈示されなかったことがあげられる。今後は省略による失敗で生じるコストを体感させるなど、リスク要因の操作をより明示する必要性が示された。ただし実験2ではリスク評価すなわち省略によるリスク発生の主観的確率を統制して結果を分析したところ、リスク要因の効果が一部で得られた。

以上の結果から、作業にかかるコスト要因に加えて、違反による失敗時の結果の重大性、すなわちリスク要因を操作することにより、違反行動は誘発、または抑制されること、また違反行動の意思決定にはコストとリスクの評価が独立して行われ、両者は加算的な効果を持つことが示唆された。ただし実際問題として違反行動の生起に関して、両要因が単純に加算的処理されているとは考えにくく、そのメカニズムはより統制された実験でさらに検討すべきであるとした。

### D. 日常的注意経験質問紙の作成と信頼性・妥当性の検討

#### 【研究1】

日常的注意経験質問紙を因子分析した結果、「注意制御不全感」「多重課題遂行能力」「ながら作業傾向」の3つの因子が得られた。また項目分析と信頼性の分析から、そのそれぞれが日常生活の中で行われる注意制御の3つの特性を測定する尺度として一定の



信頼性があることがわかった。次に課題切替を含むストループ課題の成績と、日常的注意質問紙との対応を調べた結果、「多重課題遂行能力」得点と正答率の間に負の相関が見られ、「ながら作業傾向」得点と反応の標準偏差との間に負の相関が見られた。この結果は、多重課題遂行能力因子に関係する項目で測定されるものは、課題遂行能力そのものではなく、被験者が自分自身の多重課題遂行能力についてもつ認知であるとの可能性が示唆された。さらに、作業検査であるクレペリン検査を実施し、その成績と日常的注意経験質問紙の関係を検討した。クレペリン検査の数量的指標や作業量に基づいたクラスター分析では、日常的注意経験質問紙との間に明瞭な関係は見られなかったが、作業量が多く、後期の作業量増大の程度が小さく、各試行における作業量の変動が少ない、という特性を持ったクラスターに属する被験者で、注意制御不全感の得点が高くなることが示唆された。

#### 【研究2】

QEA2 を因子分析した結果、質問項目のまとまりを考慮して、QEA1 の因子名に若干の変更を加え、以下の3因子を得た。

1. 認知制御能力 (旧多重課題遂行能力)
2. 注意集中不全感 (旧注意制御不全感)
3. ながら作業傾向

失敗傾向質問紙では「アクションスリップ」「認知狭窄」「衝動的失敗」の3因子が得られているが、それらとQEA2 で得られた3因子の尺度得点間との相関係数を算出したところ、「認知制御能力」と「認知狭窄」に負の相関が(-.526)、「注意集中不全感」と「アクションスリップ」「認知狭窄」間にそれぞれ.503、.596の正の相関が得られた。すなわち日常的注意経験質問紙から、回答者の失敗傾向の種類がある程度予測可能であることが示された。

没入尺度質問紙との関係では、「自己没入」と「注意集中不全感」との間に負の相関(-.426)が得られ、自己没入傾向の強い人は自己に注意が向かい、本来集中すべき対象から注意が逸れる傾向があると解釈された。

また特性不安尺度質問紙との関係では、「特性不安」と「認知制御能力」に負の相関が(-.426)、「注意集中不全感」との間に正の相関(.368)が得られ、ストレス時に不安を感じやすい人ほど、注意機能をネガティブに捉える傾向があると解釈された。

以上、今年度開発した日常的注意経験質問紙 EAQ2 を用い、因子構造および既存の尺度との関連性について検討した結果、抽出された3因子と日常的失敗のタイプ、自己没入傾向、特性不安との間に関連性が見られ、既存尺度で測られるいくつかの行動・特性の背後にある注意機能を QEA2 の質問項目によって評価しうる可能性が示された。

#### E. ヒューマンエラー要因の検討と教育的フィードバックのための災害事例の活用方法について

##### 【研究1】

実際に発生した災害事例の経緯について、被災者や周辺作業者の行動や認知・判断、関係する作業内容や作業環境等を詳細に記述し、そこに潜む要因や問題点を時系列的に分析した。その結果、災害は複数の些細な要因が複雑に絡み合い、様々な条件が積み重なった結果、最終的に発生していることが示され、特にヒューマンエラーや違反行動発生の背景にある当事者の心理的側面とその事態が発生する条件を明らかにし、ヒューマンファクターレベルへの対策の構築を可能とする新たな研究手法の重要性が指摘された。

##### 【研究2】

不安全行動を回避するための効果的な手法について、災害事例分析等を通じて検討した。その結果は以下に示すようにまとめられた。

1. バーチャルリアリティシステム等、リアリティの優れたシミュレータを利用した危険体験システムは存在するが、体験者がそれをバーチャルな体験と認識する限り、教育効果はあまり期待出来ない。
2. 実技による疑似的な危険体験により、体験者に強いインパクトを与えることができるが、実技による疑似的危険体験は、事故発生に至る経緯や背景要因を考える手がかりと

位置づけ、体験すること自体が目的でないことを明確にするべきである。

3. 危険体験（またはエラー体験）から自身の実体験を想起させる、すなわちその発生過程や発生要因をイメージ化することにより、適切な回避手法を体得することが求められるが、そこでは適切な事象事例を体験とセットにして呈示することが効果的である。

以上の指摘を踏まえて、体験システムのテーマである「作業の中断」「注意の偏り」「違反」などの体験から、事故防止の回避方略を体得するまでの効果的なフィードバック手法のプロトタイプを提起した。

#### 4. 結論

本研究では不安全行動を誘発する事態を実験的にシミュレートし、作業者の不安全行動をパーソナルコンピュータベースの比較的簡便な設備を用いて自ら観念としてではなく、経験として体験可能とするシステムを開発することを目的の一つとした。各グループの実験的検討により、ヒューマンエラーの主要な要因である「作業の中断（外乱の挿入）」「注意の偏り」要因から生起するエラーを体験させる課題、およびリスクを認識しつつ敢えて不安全行動をおかすという「違反」を誘発し、体験させる課題を完成することができた。

さらに不安全行動体験システムの結果を適切にフィードバックすることにより、リスクを効果的に回避する手法を教育的にフィードバックすることもまた本研究の目的の一つであった。そこで日常的注意経験の質問項目への回答から、回答者の注意コントロールの個人差および個人の失敗傾向を診断し、教育による改善可能性を求めた日常的注意経験質問紙を開発するとともに、不安全行動体験システムによる経験を、実作業での回避行動に効果的にリンクさせる災害事例集を構成し、効果的なフィードバックに関するプロトタイプを提起した。

以上の研究成果から、不安全行動誘発・体験システムの基本的仕様は確立されたが、今後はシステムの課題を現場作業に則した内

容とし、現場作業員が違和感なく体験可能とするよう、そのコンテンツを一部改訂すること、日常的注意経験質問紙の具体的診断化を確立すること、また本システムを用いた教育の有効性を評価し、システムをさらに改善、改良すること、などが課題としてあげられた。

#### 5. 健康危険情報

特に健康に危険を及ぼすようなことはなかった。

#### 6. 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況

特になし。

#### 7. 参考文献

- 1) 山田尚子 (1999). 失敗傾向質問紙の作成及び信頼性・妥当性の検討 教育心理学研究 47 501-510.
- 2) 坂本真士 (1997). 自己注目と抑うつ の社会心理学 東京大学出版会
- 3) 清水秀美・今榮国晴 (1981). STATE-TRAIT ANXIETY INVENTORY の日本語版 (大学生用) の作成 教育心理学研究 29 62-67.
- 4) Reason, J. (1984). Lapses of attention. In R. Parasuraman & R. Davies (Eds), Varieties of Attention. New York: Academic Press.
- 5) 仁平義明・佐々木宏之・守川伸一・大橋智樹・板井尚憲 (2002). ステップ抜かしエラーにおける基礎的研究, (株)原子力安全システム研究所共同研究報告, 1-22.

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
総合研究報告書

2. 外乱により誘発されるエラー発生メカニズムの解明と体験システム構築に関する研究

分担研究者 太刀掛俊之 大阪大学大学院人間科学研究科 助手  
主任研究者 臼井伸之介 大阪大学大学院人間科学研究科 教授  
分担研究者 篠原一光 大阪大学大学院人間科学研究科 助教授

本研究は作業系列の遂行中に外乱が侵入することにより誘発されるエラーについて、外乱の種類を複数設定することにより、その発生メカニズムについて検討を行った。結果、外乱タスク直後にパフォーマンスが一様に低下するわけではなく、作業系列の中で、特に将来遂行すべきタスクが外乱として侵入する場合に、外乱タスク以降の作業系列において、作業が進行するにつれてパフォーマンスが次第に低下する傾向が認められた。それゆえ、外乱侵入の頻度及びタイミングにおいて実験手続きを改良し、以上のメカニズムについて更なる検討を試みたところ、同様の現象が認められたが、エラー発生数が減少し、メカニズムの詳細を明らかにすることはできなかった。しかしながら、この点は、現実場面のルーティン化した作業の遂行においても、ある程度先に行うべきタスクに関するモニターが行われており、モニターに対する干渉が、産業場面および日常生活場面におけるヒューマンエラー発生メカニズムに関連している可能性を示唆するものである。また、実験課題後に行われたパフォーマンス評価と実際のパフォーマンスとの比較を行い、外乱侵入の頻度及びタイミングと併せて、エラー体験システムの構築に必要な仕様について論じた。

【研究1】

1 - 1. 研究目的

産業場面および日常生活場面において、ある作業系列の遂行途中に、作業系列とは別の作業を遂行した場合、元の作業系列に復帰しようとしても、作業系列のどの部分から再開すればよいかわからなくなったり、行うべき作業系列の一部を飛ばして作業を再開したりすることがある。仁平・佐々木・守川・大橋・板井（2002）は、原子力発電所内でのヒューマンエラーに注目し、ある一定の系列作業の中で特定のステップが抜かされる「し忘れ」の現象について「ステップ抜かしエラー」と総称して、背後に潜むメカニズムの仮説に対する実験的検討を試みた<sup>1)2)</sup>。

仁平ら（2002）は T-STEP(Tohoku Sequential Task for Error Probing)と呼ば

れる、コンピュータ画面上の単純な連続作業を、マウス操作で遂行することで、「ステップ抜かしエラー」における理論的説明の検証を行った。T-STEP では、学習段階として、はじめに、7 ステップから構成される一定の作業系列の学習を行う。また、実験段階として、作業系列を安定して遂行できるようになった段階で実験を行い、作業系列の途中ステップで外乱となる侵入課題（外乱タスク）を付加する。このように、ある作業系列の遂行途中に、作業系列とは別の作業を遂行させることにより、本来の作業系列に復帰したときに、作業系列のどこで、どのようなエラーが発生するかが分析された。

この結果、T-STEP においては、作業系列に外乱タスクが侵入した後、本来の作業系列に復帰したときに、エラー発生率が上昇する

ことが明らかとなり、ステップ抜かしエラーの誘発が実験的に可能であることが示された。一方、外乱タスクと抜かされたステップにはなんら関連性が見られず、従来から唱えられていた「ステップ抜かしエラー」における理論的説明を検証することはできなかった。しかしながら、仁平ら(2002)のT-STEPによる実験においては、外乱タスクの侵入タイミングと外乱タスクそのものの種類に関する実験上の統制が不明確であったため、これらの条件を統制することにより、外乱タスク侵入後にエラーが増加する現象の背後に潜むメカニズムを検討する余地は残されているものと考えられる。

ここで「ステップ抜かしエラー」における理論的説明について、仁平ら(2002)が紹介する2つの説を挙げておく。「ステップ・カウンター誤カウント説」(以後、カウンター説とする)では、系列作業を行うとき、現在の作業がどのステップまで進行したかをカウントする機構が存在することを想定している。外乱タスクが侵入した場合には、外乱タスクの遂行についてもカウントを行ってしまい、元の作業系列に復帰したときに、余計なカウントを遂行した分だけ、元の作業系列のステップを抜かしてしまうというものである。また、「隠れたトリガー信号説」(以後、トリガー説)は、例えば書字スリップに挙げられるように、あるステップが抜かされるとき、そのステップが終了したことを知らせて、次のステップの引き金となる要素が、以前のステップに含まれているケースがあることから予想されるものである。つまり、作業系列の復帰に際して、外乱タスクの遂行が、外乱タスクそのもの続くタスクを予想させるため、本研究では、本来の作業系列の復帰に際して、状況に応じて消極的もしくは積極的影響を及ぼすという解釈を与えた。

今回の実験では、T-STEPと同じく、6つのタスクから構成される作業系列を記憶するが(Figure 1 参照)、外乱タスクの侵入タイミングを統制するとともに、外乱タスクとして、i) 現在行っている作業系列のタスクからひとつ前のタスクを遂行する条件

(Figure 2 参照)、ii) 現在行っている作業系列のタスクと同じタスクを遂行する条件(Figure 3 参照)、iii) 現在行っている作業系列のタスクからひとつ後のタスクを遂行する条件(Figure 4 参照)、もしくはiv) 一定時間待機をする条件(Figure 5 参照)、の4条件を設定する。仮にカウンター説が正しければ、いずれの条件設定においても、元の作業系列に復帰後のエラーの発生は同様に増加すると考えられる。また、トリガー説に従えば、ii) の条件において、外乱タスクが元の作業系列に正しく復帰する引き金となるため、エラーの発生はi) もしくはiii) と比較して抑制されるであろう。

以上より、外乱タスクが侵入した場合にエラー発生が増加するメカニズムについて、既に挙げられた「ステップ抜かしエラー」における理論的説明の検証を中心に、実際のエラー発生率に加えて、各タスクの遂行にかかる時間を分析することにより、詳細な実験的検討が可能となる。

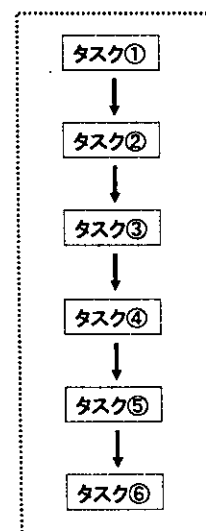


Figure 1 通常の作業系列例

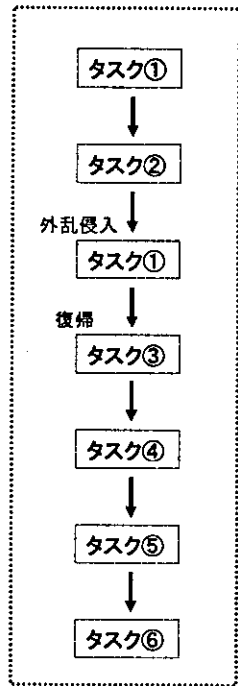


Figure 2 i) に準じた外乱タスク侵入例

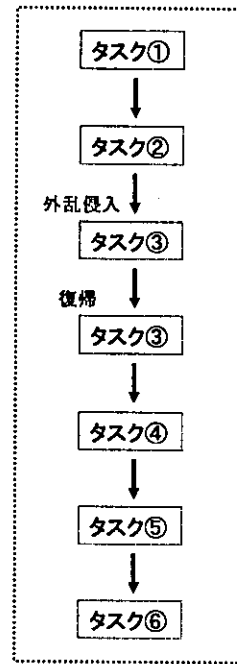


Figure 4 iii) に準じた外乱タスク侵入例

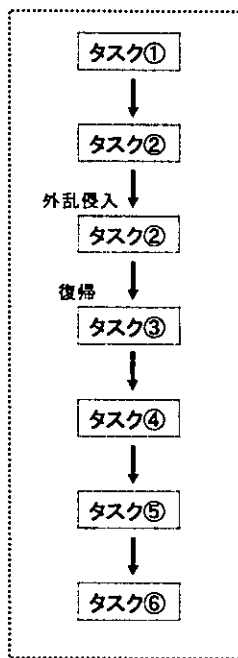


Figure 3 ii) に準じた外乱タスク侵入例

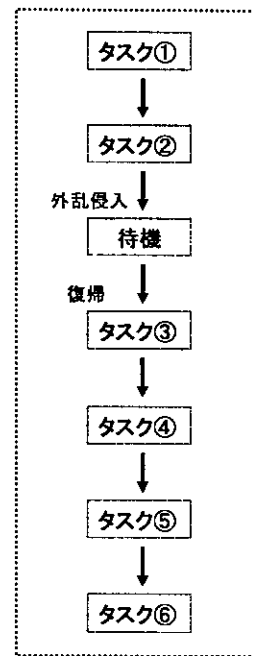


Figure 5 iv) に準じた外乱タスク侵入例

## 1 - 2. 研究方法

概要：はじめに篠原（2002）が作成した注意質問紙『日常生活の中での注意の働きに関する調査』<sup>3)</sup>に回答する。その後、実験承諾書に記入の上、実験フェーズに移った。コンピュータ画面中央に表示された文字刺激が、あらかじめ決められたルールに従って表示されているかどうかを弁別反応した。1つの試行は、6つのタスクから構成された。1つのタスクごとに、1つの文字刺激が提示され、あらかじめ記憶していた判断ルールに従って、文字刺激が正しく表示されているかどうかを、なるべく速く正確に弁別反応を行った。提示された刺激に対する弁別反応を遂行した時点で、次の刺激が提示されたが、反応がない場合には、刺激の提示時間は5秒を限度として、次の刺激を提示した。6つのタスクを順次遂行する途中に、外乱タスクが侵入する場合があります。統制条件（各セッションは外乱タスクが侵入しない場合）と外乱条件（侵入する場合があります）によって構成された。また、各条件におけるメンタルワークロードについてNASA-TLXを用いて測定を行った。

〔文字刺激〕各文字刺激は、“0”、“O”、“1”、“I”を除く、数字もしくはアルファベット大文字であり、色の属性は赤色、黄色、青色のいずれかであった（Figure 6参照）。画面中央に提示される文字刺激までの焦点距離は約50cmであり、視角は約1.2°であった。なお、1番目および2番目の刺激は、数字のみが提示された以外は、文字刺激はランダムに提示された。1試行における6タスクにおいて、正しい判断を行った場合の、判断ルールに従った提示確率は50%であった。

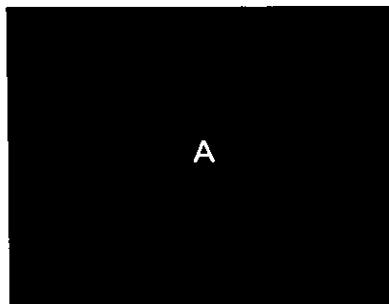


Figure 6 画面上における文字刺激提示

〔判断ルール〕1番目に提示された刺激：偶数、以下2番目：奇数、3番目：アルファベット、4番目：数字、5番目：赤色、6番目：青色（Figure 7参照）であり、提示された刺激が判断ルールに合致している場合には右手人差し指で“O”ボタンを、ルールにあっていない場合には右手中指で“X”ボタンをなるべく早く押すように教示した。“O”ボタンはテンキーの1を、“X”ボタンはテンキーの2に対応していたが、機材の都合上、一部の被験者については、キーボード上のJキーおよびKキーを代用とした。

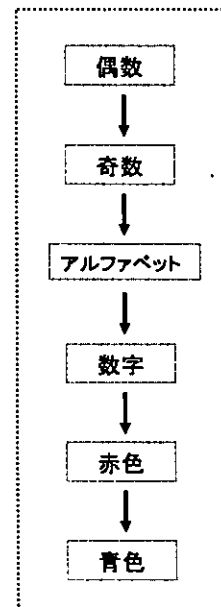


Figure 7 1試行内における判断ルール

〔統制条件〕1つの試行は、6つのタスクから構成され、1つのタスクごとに、1つの文字刺激が提示されるので、あらかじめ記憶していた判断ルールに従って、文字刺激が正しく提示されているかどうかを、なるべく速く正確に弁別反応を行った。ただし、外乱タスクが侵入することはなかった。

〔外乱条件〕統制課題と同様に、あらかじめ記憶していた判断ルールに従って、文字刺激が正しく提示されているかどうかを、なるべく速く正確に弁別反応を行ったが、試行の途

中に、外乱タスクが付加されることがあった。外乱タスクの侵入時には、画面中央に黄色の枠、および通常の判断ルールとは異なる判断基準が1秒間出現した後（Figure 8 参照）、文字刺激が提示された（Figure 9 参照）。つまり、通常の判断ルールとは異なる判断基準に従って、文字刺激を判断し、その後は、従来の作業系列に復帰して課題を遂行した。また、画面中央に黄色の枠、および、「待機」という指示が出た場合には、次のタスクまで6秒間待機した。

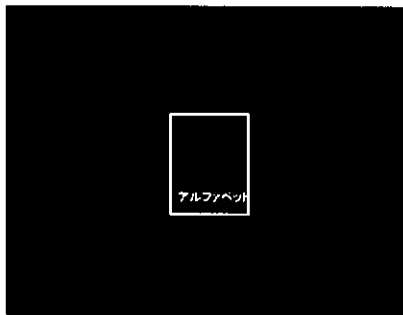


Figure 8 外乱タスクの予告

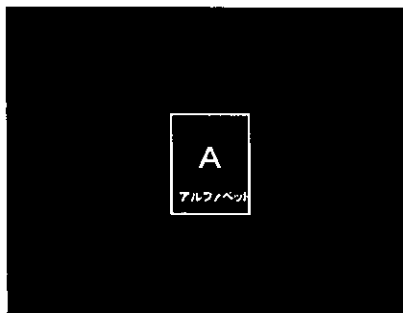


Figure 9 外乱タスクの刺激提示

外乱タスクの侵入タイミングは、2番目と3番目のタスクの間、3番目と4番目のタスクの間、4番目と5番目のタスクの間、の3箇所であり（Figure 10 参照）、外乱タスクの判断基準については、i) 外乱タスクが入る直前のタスクを基準にして、ひとつ前タスクにおける判断基準（以降 Pre 水準と呼び、

タスク遂行の順序関係は Figure 2 を参照）、ii) 外乱タスクが入る直前のタスクと同じタスクにおける判断基準（以降 Same 水準と呼び、タスク遂行の順序関係は Figure 3 を参照）、iii) 外乱タスクが入る直前のタスクを基準にして、ひとつ後のタスクにおける判断基準（以降 Aft 水準と呼び、タスク遂行の順序関係は Figure 4 を参照）、iv) 待機（以降 Wat 水準と呼び、タスク遂行の順序関係は Figure 5 を参照）の4水準を準備した。つまり、各侵入タイミングにおいて、4種類の外乱タスクの種類が準備された。外乱タスクが入る試行は全体の試行数の20%であり、1試行につき、2回以上の外乱タスクは侵入しなかった。

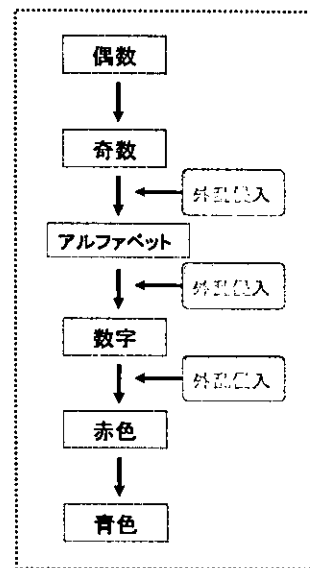


Figure 10 1試行内における外乱タスクの侵入タイミング

#### 〔NASA-TLX〕

NASA-TLX は課題に関して作業者がどの程度の負担を感じるかを主観的に測定する方法のひとつである。本研究では外乱タスクが侵入する事態に対する主観的な負荷を NASA-TLX によって比較することを主な目的とした。NASA-TLX では「知的・知覚的要求」「身体的要求」「タイムプレッシャー」

「作業成績」「努力」「フラストレーション」の6つの尺度評定を行い、各尺度に対して重み付けを与えて作業負荷（WWL）を測定する。また、6つの尺度の評定と同様に全体的負荷の評定（OW）を行う。それぞれの尺度の説明は次の通りである。

**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。課題が易しいか難しいか、単純か複雑か、正確さが求められるかおおざっぱでよいか。

**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。ペースはゆっくりとし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か考えるか。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、いらいら、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。

なお、本研究においては、課題を遂行することの「きつさ」に影響する程度を考え、その程度が低い順番に並べ替えることによって尺度項目の重み付けを行う簡便法を用いた。ただし、重み付けに関する方法が複数存在するため、各方法を採用した際の結果の整合性については問題点が残されている<sup>4)</sup>。

**被験者：**男性 16 名および女性 21 名の計 37 名（平均 24.4 歳）が参加した。

**装置：**15 インチ CRT ディスプレイを備えたノートブック型コンピュータ（デル株式会

社製 Inspiron 1100 OS は Windows XP）および USB 接続の反応用テンキーを使用した。実験プログラムは Visual Basic 6.0 を使用し、実験プログラム実行中は他のタスクを並行しないようにした。

**独立変数：**主な独立変数は、外乱タスクの種類であり、4 水準（Pre・Same・Aft・Wat）が設定され、被験者内要因計画であった。

**従属変数：**1 タスクごとの弁別反応にかかる時間と弁別反応が誤答か否かを記録した。

**手続き詳細：**所要時間は平均して 1 時間程度であった。実験手続きについては Figure 11 に示されており、次の通りであった。①注意質問紙『日常生活の中での注意の働きに関する調査』に回答記入する。②本実験に関する承諾書を記入する。③教示の説明後、練習試行 20 試行を実施する。ただし、データを確認し、記憶間違いが認められたり、被験者の記憶が曖昧であったりする場合には、20 試行を追加して実施する。④NASA-TLX の重みづけを行う。NASA-TLX の要因カードをきつさの軽い順に並べ替え、重みづけの基準とする。ただし、複数の要因カードが同じ順番とならないようにする。⑤実際に練習試行について NASA-TLX を実施する。⑥統制条件の 20 試行を実施する（統制条件セッション 1）。⑦統制条件 20 試行について NASA-TLX を実施する（NASA-TLX1 回目）。⑧外乱条件について、外乱の出現をデモンストレーションした後、120 試行を 60 試行ずつのセッションに分けて実施する（外乱条件セッション 1 およびセッション 2）。⑨外乱条件 120 試行について NASA-TLX を実施する（NASA-TLX2 回目）。⑩統制条件の 20 試行を実施する（統制条件セッション 2）。⑪統制条件 20 試行について NASA-TLX を実施する（NASA-TLX3 回目）。⑫内観質問紙に従って内観を得る。⑬実験協力者に謝礼を支払う。



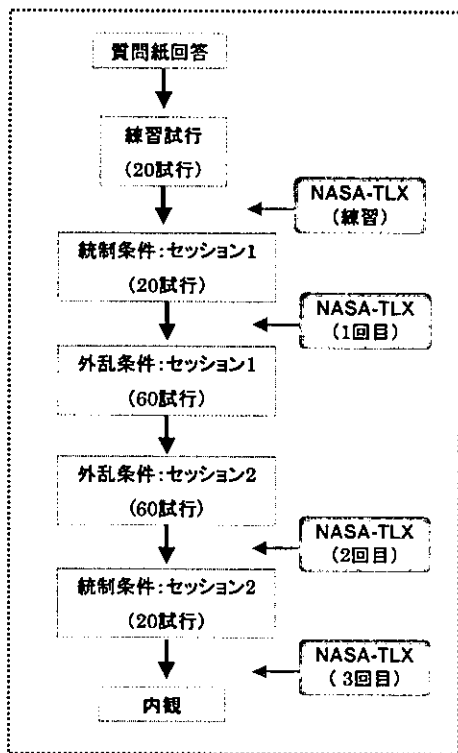


Figure 11 実験の流れ

### 1 - 3. 結果と考察

外乱タスクの侵入する試行を設定することにより、外乱タスクが侵入するタイミング上、外乱タスクを構成するタスクの種類、および外乱タスク侵入以後のタスクの総数は変化している。よって、はじめに外乱タスクの侵入する試行を除去し、Figure 12 では統制・外乱条件の各タスクの反応時間を、Figure 13 ではエラー発生率の比較を行った。凡例の数字はタスクの遂行順序に応じたタスクの種類を示している。反応時間において、2 (統制・外乱条件) × 6 (タスク種類) の 2 要因分散分析を行った結果、タスク種類の主効果 ( $F(5,180) = 38.99, p < .001$ ) が認められ、統制・外乱条件の主効果は見出されなかった ( $F(1,36) = 3.40, p = .074$ )。ただし、2 要因の交互作用が認められた ( $F(5,180) = 2.87, p < .05$ )。各タスクに関して、概ね 1 番目および 2 番目のタスクである偶奇の判断、

3 番目および 4 番目のタスクである文字種類の判断、5 番目および 6 番目の色相の判断、の順に短くなっている。つまり、それぞれのタスクが文字刺激の意味的処理、形態的処理、視覚的処理に対応し、高次の処理から低次の処理を順に要求していることから、以上の結果が得られたものと考えられる。また、交互作用が得られていることから、外乱タスクが侵入することにより、各タスクの処理レベルに何らかの影響を及ぼしている。一方、エラー発生率に関しては、2 番目のタスクが、他のタスクよりも高くなった。2 番目のタスクは、提示された文字刺激に対して奇数の正誤判断を求めるタスクであったが、被験者が内観においてすでに挙げているように、黄色と奇数との正誤判断を混同してしまう可能性があったことが一因に挙げられる。なお、各タスクによって難易度が異なる点については、以後の分析において考慮すべき点である。

次に、外乱タスクが侵入するタイミング上、同じ理由をもって、外乱タスクの侵入する試行を除去し、統制・外乱条件のパフォーマンスの比較を行った。この結果、Figure 14、Figure 15 に示されるとおり、反応時間およびエラー発生率は、条件間においてほぼ同様の傾向を認めており、外乱タスクは、外乱タスクの侵入する試行以外の課題遂行に影響を及ぼしていないようにみえる。しかしながら、外乱タスクが侵入する試行内において、外乱タスクが外乱タスク侵入以降のタスクに関するパフォーマンスを低下させる可能性がある。Figure 16 は、外乱タスクそのものと外乱タスク侵入以降のタスクについて、エラー発生率をまとめたものである。ただし、統制条件および外乱以外 (外乱条件で外乱タスクの侵入しない試行) のデータについては、Figure 15 に示すデータを使用している。この結果、セッション 1 において、外乱タスクと外乱以降でエラー発生率が上昇しており、外乱タスクをきっかけにエラーが誘発されていることを示している。他方、セッション

2 においては、外乱以降において、むしろエラー発生率は低下しており、外乱タスクの侵入に対する方略が次第に形成されていることを示している。ただし、すでに述べているとおり、外乱タスクおよび外乱以降において

は、外乱タスクが侵入するタイミング上、外乱タスクを構成するタスクの種類、および外乱タスク侵入以後のタスクの総数が変化していることに注意する必要がある。

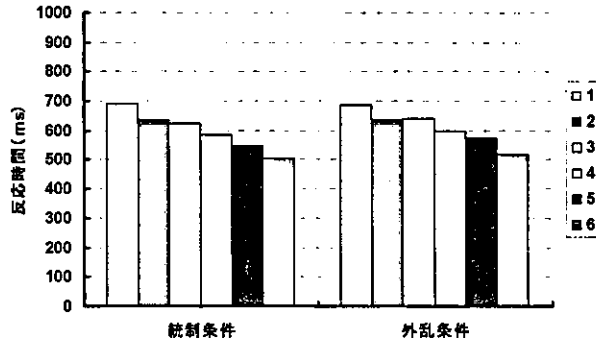


Figure 12 各タスクにおける反応時間 (ms)

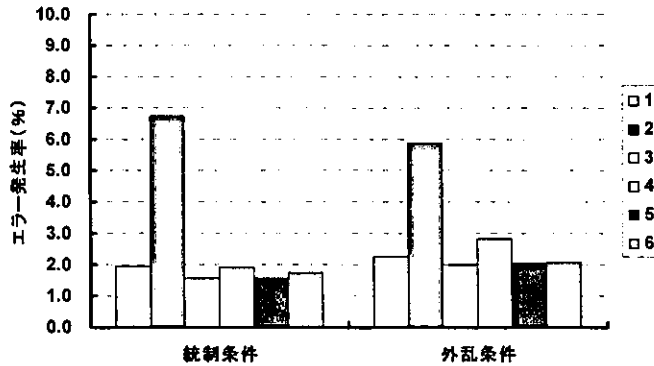


Figure 13 各タスクにおけるエラー発生率 (%)

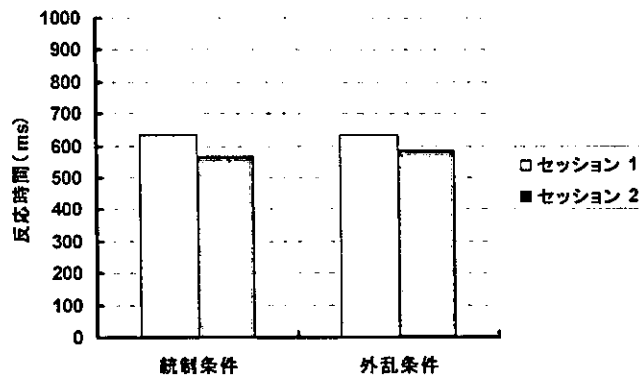


Figure 14 外乱タスクが侵入しない試行における反応時間 (ms)

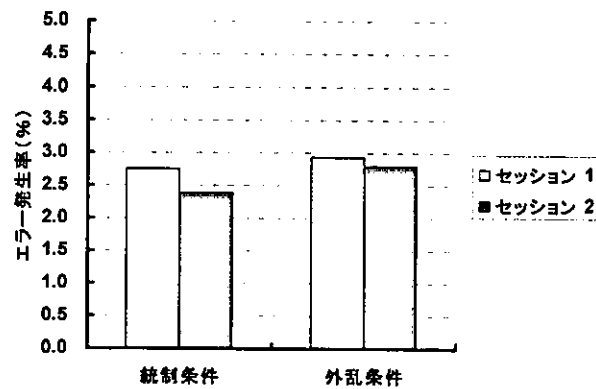


Figure 15 外乱タスクが侵入しない試行におけるエラー発生率 (%)

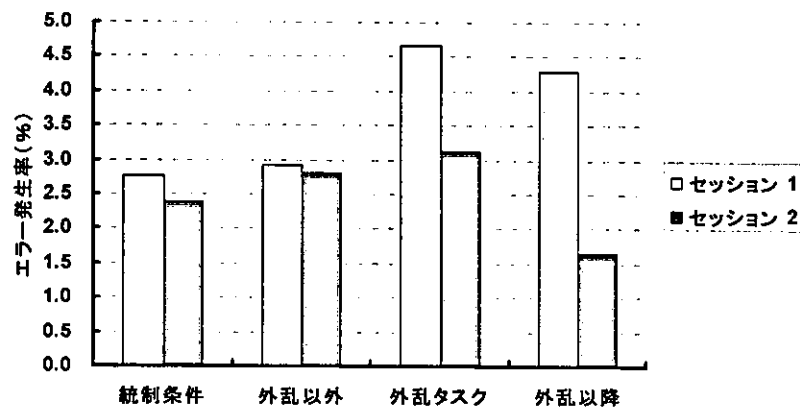


Figure 16 外乱タスクおよび外乱以降のエラー発生率 (%)

ところで、外乱タスクが侵入することにより、以後のパフォーマンスが低下することは、すでに仁平ら (2002) によって示されているが、さらに、外乱タスクの種類は、如何なる影響を及ぼすのであろうか。Figure 17 および Figure 18 は各セッションに分け、外乱タスクの種類が外乱侵入以降のタスク遂行のパフォーマンスに対してどのような影響を及ぼすのかを反応時間からまとめたものである。また、Figure 19 および Figure 20 は、同様の観点よりエラー発生率からまとめたものである。なお、横軸について、外乱直後 1 であれば外乱タスクが侵入した後の 1 タスク目を示している。この結果、外乱タスクそ

のもののパフォーマンスが低下する点に加えて、外乱タスク以降のパフォーマンスが外乱タスクの種類によって異なる傾向を示していることが明らかとなった。ところで、例えば外乱タスクの種類が Pre で、侵入タイミングが第 2 タスクと第 3 タスクの間にある場合、外乱タスクは文字刺激に対して奇数かどうかを弁別判断する、第 2 タスクに該当し、Figure 13 ですでに論じられているとおり、エラー発生率がそもそも高くなる可能性がある。この問題点を解決するために、次に外乱タスクを構成するタスクと外乱タスクのタイミングを吟味し考察を加える。

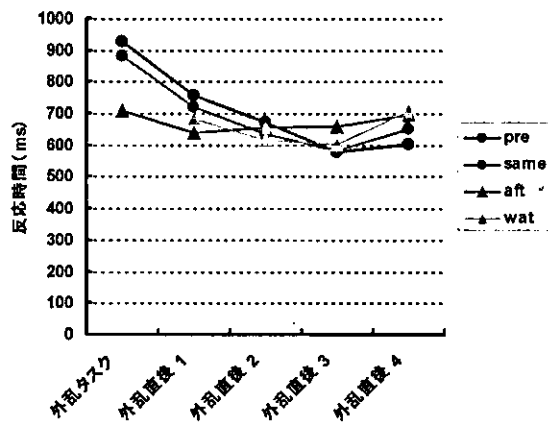


Figure 17 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション 1

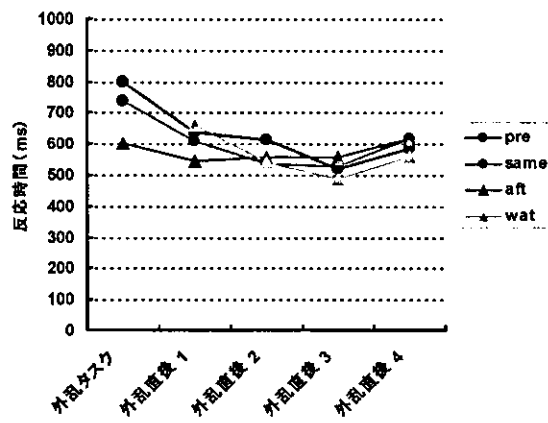


Figure 18 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション 2

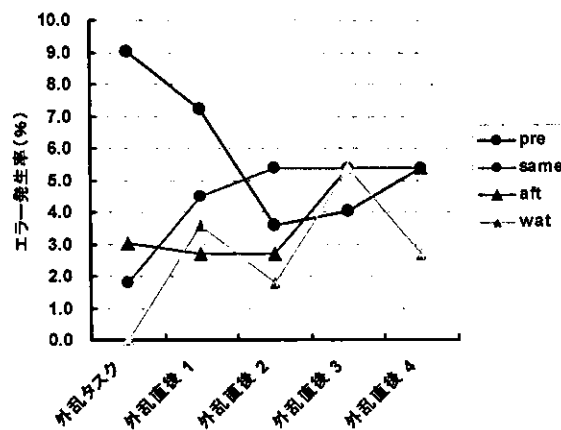


Figure 19 外乱タスクの種類におけるエラー発生率 (%) - セッション 1