

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16年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 臼井 伸之介

平成17(2005)年 4月

目 次

I. 総括研究報告	
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	
II. 分担研究報告	
1. 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-----	7
太刀掛 俊之	
臼井 伸之介	
篠原 一光	
2. 「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-----	27
神田 幸治	
3. 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-----	49
和田 一成	
臼井伸之介	
4. 日常的注意経験質問紙の作成と信頼性・妥当性の検討-----	71
篠原 一光	
5. 不安全行動回避手法の検討と災害事例の活用方法について-----	91
中村 隆宏	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表-----	103
IV. 研究成果の刊行物・別刷-----	104

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16年度 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

I. 総括研究報告書

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

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を確認するとともに、そのそれぞれの発生メカニズムを検討した。また昨年度作成した個人の注意コントロール特性を測る日常的注意経験質問紙について、項目内容の再検討、関連する質問紙結果との関連性を分析することから、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など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。

研究の2年目である昨年度研究¹⁾では、事故発生の主要な要因である「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した。また個人の日常的な注意コントロール特性の解明を目的とした質問紙を作成し、結果の多変量解析からその因子構造を明らかにした。さらに上述した作業の中断、注意の偏り等が関与して発生した労働災害事例をバリエーションツリー法を用いて詳細に分析し、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明らかにした。

昨年度研究結果を踏まえて、研究の3年面である本年度は、

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、ヒューマンエラーの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

以上の4点を目的として研究を実施した。

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

ある作業系列を実施途中で、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場合がある。本実験では昨年度実施した外乱挿入実験の課題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

本研究では、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

昨年度研究では、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。今年度研究では、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²⁾、没入尺度質問紙³⁾、特性不安尺度質問紙(STAI日本語版)⁴⁾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. 不安全行動回避手法の検討と災害事例の活用方法について

本研究では、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

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

生率は昨年度実験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)⁵⁾ 仁平ら (2002)⁶⁾ 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、昨年度研究の知見を確認した。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、との新たな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

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

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(-.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. 不安全行動回避手法の検討と災害事例の活用方法について

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、ここでは適切な事故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) 臼井伸之介・篠原一光・神田幸治・中村隆宏 2004 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、厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業 平成 15 年度総括・分担研究報告書。
- 2) 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.
- 3) 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

- 4) 清水秀美・今栄国晴 (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.
- 5) Reason, J. 1984 Lapses of attention.
In R.Parasuraman & R.Davies (Eds),
Varieties of Attention. New York:
Academic Press.
- 6) 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.

Ⅱ. 分担研究報告書

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

1. 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

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

作業系列の遂行中に外乱が侵入することによりエラーが誘発されることが知られているが、外乱侵入直後にパフォーマンスが一様に低下するわけではない。本研究では将来遂行すべきタスクが外乱として侵入する場合にパフォーマンスが低下するメカニズムの検討を試みた。結果、同様の現象が認められたが、手続き上の理由によりエラーのサンプル数が減少し、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、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を比較することで、パフォーマンス評価に係わらず、以上のメカニズムが内在することが示唆された。また、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。

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。本研究の目的は、以上の現象について論じた、太刀掛・臼井・篠原（2004）の問題点を明らかにするとともに、以上のようなエラーを体験することが可能なシステムの構築において、どのような基本的仕様が必要であるかを明らかにすることである。

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¹⁾。この結果、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。

太刀掛ら（2004）は、仁平ら（2002）らが用いた実験的方法である 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参考に、新たな実験手法を構築したうえで、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を明確にし、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した²⁾。なお、「ステップ抜かしエラー」における理論的説明については、主に仁平ら（2002）が紹介する 2 説を検討した。2 説については以下のとおりである。

「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、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に続くタスクを予想させるため、太刀掛ら（2004）においては、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。

太刀掛ら（2004）においては、第1に、作業系列の遂行途中に外乱タスクが侵入する場合、外乱タスクおよび外乱タスク侵入以降のタスク遂行において、全般的にエラー発生率の上昇とタスク遂行時間の増加が認められ、外乱タスクが侵入することにより、外乱タスク以降の作業系列でエラー発生率が上昇するという過去の知見を反復した。また、エラー発生率だけではなく、タスク遂行時間についても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。

第2に、エラー発生メカニズムについて、得られた結果からは、カウンター説のみによる説明は不足であることが示された。つまり、侵入した外乱タスクは全ての条件について、カウンターをひとつ進める役割を果たしており、エラー発生について同程度の影響を及ぼすと考えられるにも関わらず、設定条件により、エラー発生率に変化が認められたためである。一方、トリガー説によっても説明が困難な結果が認められ、さらに詳細な検討が必要であることが示され

た。

第3に、侵入する外乱タスクの質により、エラー誘発のメカニズムは異なることが示された。つまり、作業系列の中で、将来遂行すべきタスクが外乱として侵入する場合には、外乱タスク以降の作業系列で、作業が進行するにつれて次第にパフォーマンスが低下する傾向が認められ、外乱タスク以降の作業系列でパフォーマンスが一様に低下するわけではないことが示唆された。

本研究では、以上の結果を受け、従来の実験手法の問題点を改善し、前述のエラー発生メカニズムの精緻化を目指す。従来においては、作業系列を構成する各タスクのパフォーマンスが異なるにも関わらず、外乱侵入のタイミングがランダムであり、各タスクの外乱侵入後のエラーの系列的分析が困難であったことから、外乱侵入のタイミングを固定することとした。また、用いられるタスクの種類を変更し、難易度の調整を試みる。さらに、課題に対する構えそのものを低減することは、不安全行動の誘発・体験システムの構築において、教育上の効果を高めるために必要である。このことから、外乱侵入の頻度を低くすることで、作業における外乱侵入の構えを低減させる試みを行うこととした。以上の変更点を踏まえ、第1に、すでに得られたエラー発生メカニズムについての知見をより明確にする。

また、太刀掛ら（2004）においては、外乱が侵入する条件は、外乱が侵入しない条件と比較して、主観的ワークロードがやや高い結果となった。エラーを体験することが可能なシステムの構築を念頭においた場合、作業負荷が高い課題についてエラー発生率が高くなるという状況は、課題を遂行する者にとって当然の結果と捉えられる危険性がある。本研究においては、第2に、実験終了後に被験者に対して、実際のパフォーマンスに対する評価を実施し、評価と実際のパフォーマンスとの関係を明らかにすることで、体験システムにおける結果のフィードバック方法について検討を行う。

本研究の実験では、太刀掛ら（2004）とほぼ同様の手続きを用いる。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）、の3条件を設定する。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。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。なお、本研究では、外乱侵入の代わりに待機を実施する条件は省略し、かつ外乱タスクの侵入頻度は全体的に低くなっている。

学習段階として、はじめに、6タスク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る。

以上の手続きから、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、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、検証を進めることが可能となる。

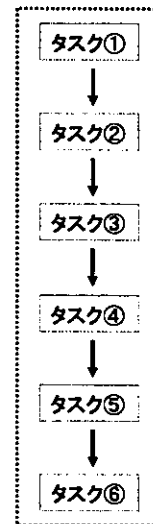


Figure 1 通常の作業系列

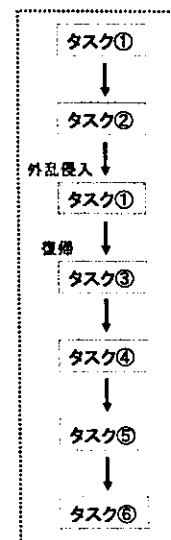


Figure 2 i) に準じた外乱タスクの侵入

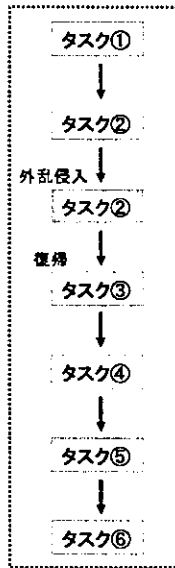


Figure 3 ii) に準じた外乱タスクの侵入

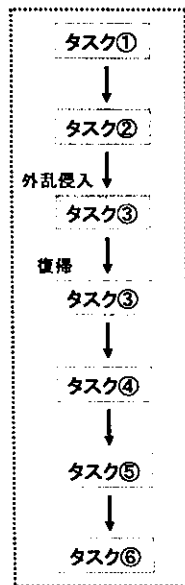


Figure 4 iii) に準じた外乱タスクの侵入

2. 研究方法

概要：はじめに実験承諾書に記入のうえ、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）によって構成された。

〔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、白色、青色のいずれかであった（Figure 5 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。

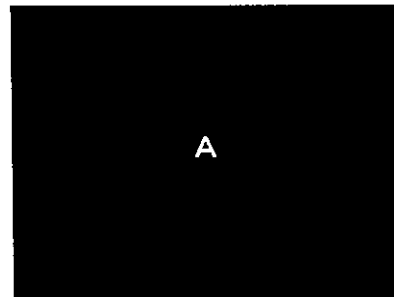


Figure 5 画面上における文字刺激提示

〔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“○”ボタンを、ルールにあっていない場合には右手中指で“×”ボタンをなるべく早く押すように教示した。“○”ボタンはキーボード上のテンキーの1を、“×”ボタンはテンキーの2に対応していた。

〔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。ただし、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 6 参照）、文字刺激が提示された（Figure 7 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。

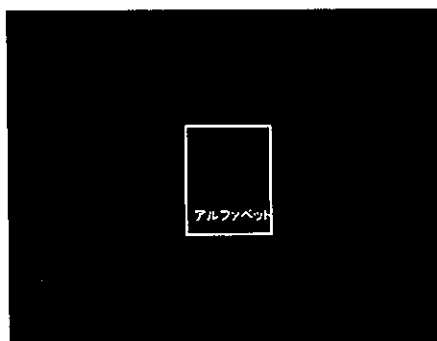


Figure 6 外乱タスクの予告

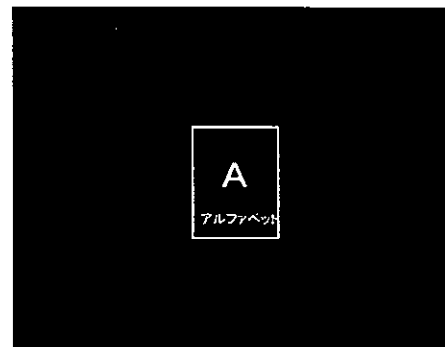


Figure 7 外乱タスクの刺激提示

外乱タスクの侵入タイミングは、2番目と3番目のタスクの間に固定され（Figure 8 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、ひとつ前の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）、3水準を準備した。つまり、1箇所に固定された侵入タイミングにおいて、3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10%であった。

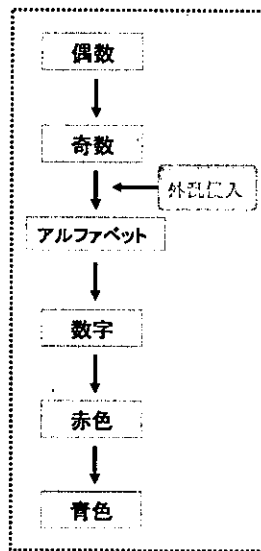


Figure 8 1 試行内における外乱タスクの侵入タイミング

〔パフォーマンス質問紙〕

実験終了後に実施されたパフォーマンス質問紙は、主に次の3点から構成された。

第1に、統制条件と比較して外乱条件において次の回答を求めた。

(1. 1) 課題の全体的な難易度について、
1. 易しくなった、2. やや易しくなった、3. 同じくらい、4. やや難しくなった、5. 難しくなった

(1. 2) 判断にかかる全体的な時間について、1. 短くなった、2. やや短くなった、3. 同じくらい、4. やや長くなった、5. 長くなった

(1. 3) 判断の全体的な間違い数について、1. 少なくなった、2. やや少なくなった、3. 同じくらい、4. やや多くなった、5. 多くなった

第2に、外乱条件において、外乱侵入がない試行と比較して、外乱侵入がある試行において外乱が入った後の判断について次の回答を求めた。

(2. 1) 課題の難易度について、1. 易しくなった、2. やや易しくなった、3. 同じくらい、4. やや難しくなった、5. 難しくなった

(2. 2) 判断にかかる時間について、1. 短くなった、2. やや短くなった、3. 同じくらい、4. やや長くなった、5. 長くなった

(2. 3) 判断の間違い数について、1. 少なくなった、2. やや少なくなった、3. 同じくらい、4. やや多くなった、5. 多くなった

第3に、外乱条件において、次の回答を求めた。

(3. 1) 外乱が入ってくるタイミングと種類について、1. 気づいた、2. なんとなく気づいた、3. 気づかなかった

また、以上の回答について理由等がある場合には具体的に記述するように求めた。

被験者：男性9名および女性11名の計20名（平均25.0歳）が参加した。

装置：17インチ液晶ディスプレイを備えたデスクトップ型コンピュータ（日本ゲートウェイ株式会社製 OSはWindows 98）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、3水準（Pre・Same・Aft）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約1時間であった。実験手続きについてはFigure 9に従い、次のとおりであった。①本実験に関する承諾書を記入する。②教示の説明後、練習試行30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、30試行を追加して実施する。③統制条件の30試行を実施する（統制条件セッション）。④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）。⑤パフォーマンス質問紙に従って内観を得る。⑥実験協力者に謝礼を支払う。

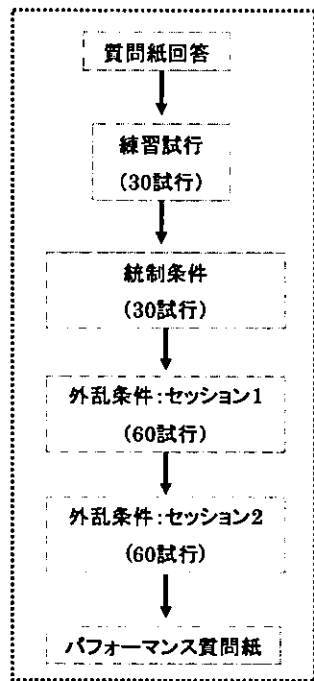


Figure 9 実験の流れ

3. 結果と考察

太刀掛ら (2004) と同様、はじめに外乱タスクの侵入する試行を除去し、Figure 10 では統制・外乱条件の各タスクの反応時間を、Figure 11 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 ($F(5,95) = 26.5, p < .001$)、及び統制・外乱条件の主効果が認められた ($F(1,19) = 5.63, p < .05$)。また、2 要因の交互作用が認められた ($F(5,95) = 2.02, p < .10$)。結果の解釈については、太刀掛ら (2004) と同様であり、各タスクに関して、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を反映している。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。本研究においては、黄色と奇数との正誤判断を混同してしまう可能性を排除するため、文字色に黄色を使用せず白色に変更したが、2 番目のタスクについて難易度がなお高くなった。各タスクによって難易度が異なる点は、今後の分析において考慮すべき点であり、今後の改良点として引き続き指摘される。

次に、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 12 に示されるとおり、反応時間について、セッション (統制条件・外乱条件 1 セッション目・外乱条件 2 セッション目) に注目して 1 要因分散分析を行った結果、有意水準 5% において、外乱条件 2 セッション目が他のセッションと比較して有意差が認められた。これは外乱セッション間において習熟が行われていることを示している。また、Figure 13 に示されるとおり、エラー発生率は、セッション間において次第に低くなる傾向となり、反応の正確さにおいても習熟が行われていることを示している。

さらに、Figure 14 では、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。なお、統制条件は 1 セッションのみであるため、2 セッション目は存在しない。またプロット内の実数はエラーの発生数を示す。この結果、太刀掛ら (2004) と同様、特に外乱条件 1 セッション目において、外乱タスク侵入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が示された。本研究と太刀掛ら (2004) の実験手続きを比較した場合、外乱侵入の頻度を従来の 1/2 とすることで、作業者における外乱侵入の構えを低減させ、エラー発生率が上昇すると予測されたが、外乱タスクそのものにおいてはむしろ低くなり、ま

た、その他については同程度となった。外乱侵入の頻度を低減させると同時に、外乱侵入のタイミングを固定したことで、対処

の方略が形成された可能性がある。外乱侵入の頻度の課題については、4. 問題点と今後の展開において後述する。

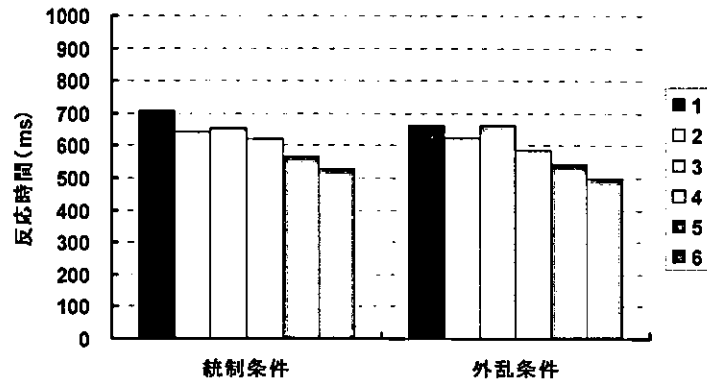


Figure 10 各タスクにおける反応時間 (ms)

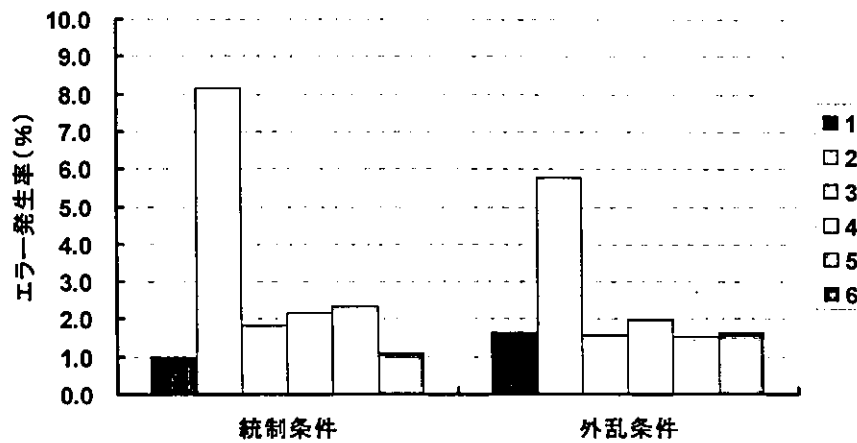


Figure 11 各タスクにおけるエラー発生率 (%)

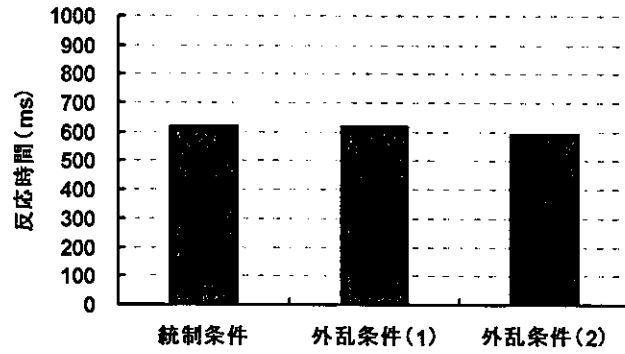


Figure 12 外乱タスクが侵入しない試行における反応時間 (ms)

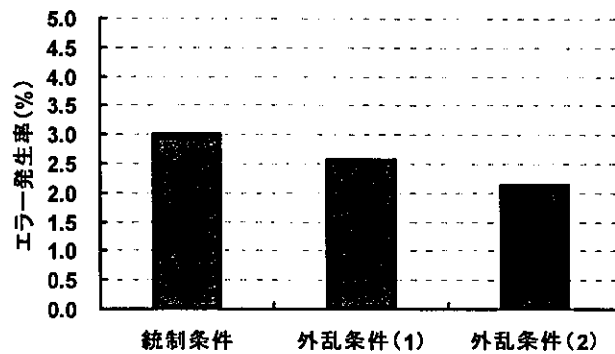


Figure 13 外乱タスクが侵入しない試行におけるエラー発生率 (%)

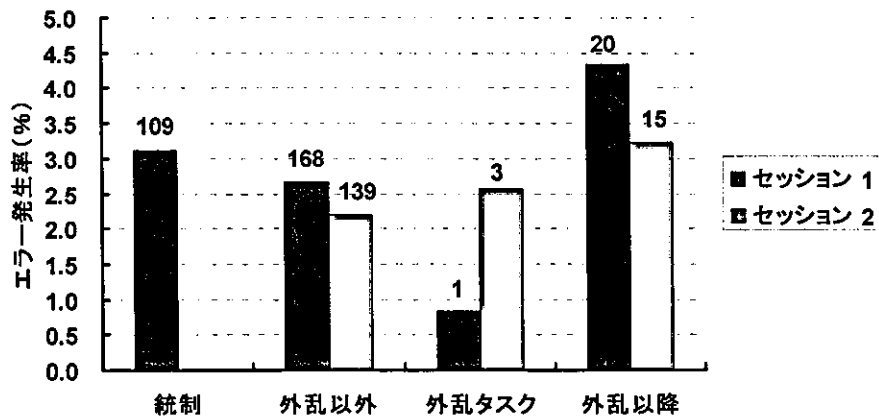


Figure 14 外乱タスクおよび外乱以降のエラー発生率 (%)

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。また、太刀掛ら (2004) から、侵入する外乱タスクの質により、エラー誘発のメカニズムは異なることが示されている。Figure 15 および Figure 16 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 17 および Figure 18 は、統制条件における反応時間から求められる基準と外乱条件における反応時間との差をセッションごとに示している。統制条件における反応時間から求められる基準とは次のとおりである。

外乱タスクについては、外乱侵入のタイミングは第 2 タスクと第 3 タスクの間に固定されているので、外乱タスクの種類が Pre 水準の場合、外乱タスクは第 1 タスクに該当し、第 1 タスクにおける平均反応時間を基準とする。同様に、外乱タスクの種類が Same 水準の場合は、第 2 タスクにおける平均反応時間、外乱タスクの種類が Aft 水準の場合は、第 3 タスクにおける平均反応時間を基準とする。また、外乱タスクが侵入以降における反応時間の基準として、外乱タスク侵入以降の 1 タスク目 (外乱直後 1) に該当するタスクとは、第 3 タスクであり、それ以降については、2 タスク目 (外乱直後 2) は第 4 タスク、3 タスク目 (外乱直後 3) は第 5 タスク、4 タスク目 (外乱直後 4) は第 6 タスクの平均反応時間をそれぞれ基準として、得られた反応時間との差を求めた。

ここで、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、つまり反応時間およびエラー発生率に対してどのような影響を及ぼしているのかを、外乱侵入の頻度を下げ、かつ外乱侵入のタイミングを固定することにより再度検証する。

Figure 17 および Figure 18 について、外

乱条件における 2 つのセッションを併せて、4 (外乱タスク侵入以降のタスク順序) × 3 (外乱タスクの種類) の 2 要因分散分析を行った。その結果、外乱タスク侵入以降のタスク順序、及び外乱タスクの種類条件の主効果は見出されなかった ($F(3,57)=2.08$, n.s.; $F(2,38)=1.28$, n.s.)。ただし、2 要因の交互作用が認められた ($F(6,114)=3.35$, $p<.001$)。

外乱条件においては、Figure 17 および Figure 18 ともに、外乱タスク以降の 1 タスク目の反応時間が、侵入する外乱タスクの種類によって変化している。つまり、カウンター説は、外乱タスクの種類を問わないと考えられるので、この結果に対して明確な説明を与えることはできない。一方、トリガー説は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に続くタスクを予想させるため、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考えられる。よって、外乱タスク以降の 1 タスク目において、作業系列の復帰を促すと考えられる Same 水準では、反応時間が短くなるはずであるが、結果は予想に反している。以上の点は、太刀掛ら (2004) の知見を反復している。また、Aft 水準は他の水準と比較して、特にセッション 1 において外乱タスクの侵入後においても反応時間の減少が見られず、太刀掛ら (2004) の知見と同様に、将来行うべきタスクが外乱タスクとして侵入することにより、タスク遂行の準備性に影響を与えることが確認された。それでは次に、外乱侵入の頻度の観点から、以上の傾向と実際のエラー発生との関連性について検討を行う。

本研究では、外乱侵入の頻度を従来の 1/2 にすることでエラー発生率を上昇させ、さらなる検討を行う予定であったが、エラー発生率は変化せず、エラー数そのものが減少した。そのため、Figure 19 では、外乱タスク侵入後のタスクを合わせて、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

ぼすのかをエラー発生率からまとめることとした。その結果、外乱タスク侵入後のエラー発生率の推移を検討することはできないが、Aft 水準は他の水準と比較して、エラー発生率が高くなっており、反応時間における Aft 水準の傾向と併せて、将来行うべきタスクが外乱タスクとして侵入することにより、タスク遂行の準備性に影響を与える可能性がある。太刀掛ら（2004）の指摘と同様に、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いる。それゆえ、将来行うべきタスクが外乱タスクとして侵入することにより、ある程度先に行うべきタスクがすでに実行されてしまい、モニター機能が低下することが確認された。本研究においては、エラー発生数の問題から、この説明についての精緻化を行うことができないが、以上の知見を反復することにおいて意義が認められるものと考えられる。

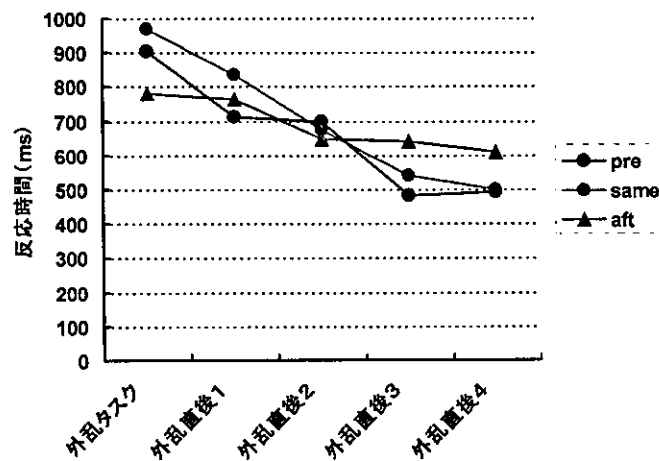


Figure 15 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション1

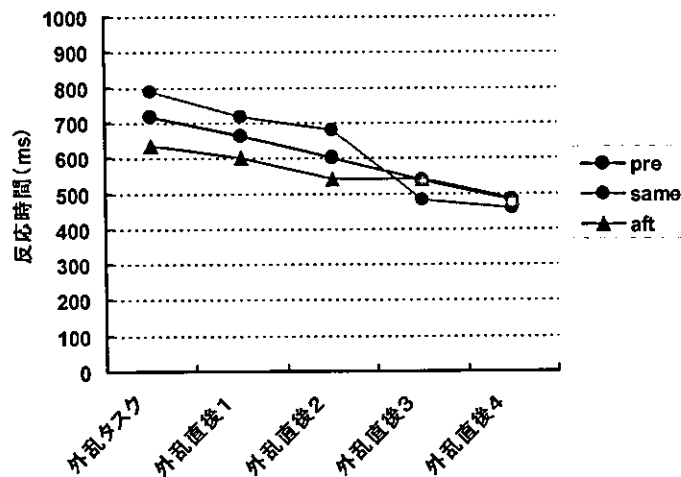


Figure 16 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション2