

Figure 20 外乱タスクの種類におけるエラー発生率 (%) - セッション2

Figure 21 および Figure 22 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例で挙げられるとおりである。

外乱タスクについては、外乱タスクの種類が Pre 水準の場合、侵入タイミングが第 2 タスクと第 3 タスクの間であれば、外乱タスクは第 2 タスクに該当する。第 3 タスクと第 4 タスクの間であれば、外乱タスクは第 3 タスク、第 4 タスクと第 5 タスクの間であれば、外乱タスクは第 4 タスクとなる。よって、第 2 タスク、第 3 タスク、第 4 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 3 タスク、第 4 タスク、第 5 タスクにおける平均反応時間、同様に、外乱タスクの種類が Aft 水準の場合は、第 3 タスク、第 4 タスク、第 5 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 4 タスク、第 5 タスク、第 6 タスクにおける平均反応時間が基準となる。

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 タスク目に該当するタスクとは、外乱タスク

侵入のタイミングが、第 2 タスクと第 3 タスクの間であれば第 3 タスク、第 3 タスクと第 4 タスクの間であれば第 4 タスク、第 4 タスクと第 5 タスクの間であれば第 5 タスクとなる。つまり、外乱タスク侵入以降の 1 タスク目の反応時間の基準は、第 3 タスク、第 4 タスク、第 5 タスクの平均反応時間である。同様に、外乱タスク侵入以降の 2 タスク目の反応時間の基準は、第 4 タスク、第 5 タスク、第 6 タスクの平均反応時間、外乱タスク侵入以降の 3 タスク目の反応時間の基準は、第 5 タスク、第 6 タスクの平均反応時間、4 タスク目の反応時間の基準は第 6 タスクの平均反応時間となる。

次に Figure 23 および Figure 24 は統制条件におけるエラー発生率から求められる基準と外乱条件におけるエラー発生率との比をセッションごとに示している。統制条件におけるエラー発生率から求められる基準とは、反応時間と同様に求められる。

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論じる。なお、Figure 16 で示されているとおり、セッション 2 においては、外乱タスクにおける対処法

略が形成されている可能性がある点について考慮する必要がある。

統制条件における反応時間から求められた基準との差で分析においては、セッション間においては同様の傾向が認められている。Wat 水準においては、外乱タスクのデータが取得できないため、外乱タスクのデータを除き、かつセッション1およびセッション2を合わせて、4（外乱タスク侵入以降のタスク順序）×4（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の主効果（ $F(3,108)=4.84$ ,  $p<.001$ ）が認められ、外乱タスクの種類条件の主効果は見出されなかった（ $F(3,108)=0.18$ , n.s.）。ただし、2要因の交互作用が認められた（ $F(9,324)=2.47$ ,  $p<.001$ ）。

特に、試行内において将来行うべきタスクが外乱タスクとして侵入する Aft 水準と比較して、現在もしくはすでに行ったタスクが外乱タスクとして侵入する Pre 水準および Same 水準について、外乱タスク以降の1タスク目の反応時間が最も長い。これは侵入する外乱タスクの種類により、エラー発生メカニズムが異なる可能性を示唆している。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ている。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と予想されたが、結果はその予想に反している。

次に、Aft 水準は他の水準と比較してセッションを問わず、外乱タスクの反応時間は短いものの、外乱タスク侵入直後より、次第に反応時間が長くなってきている。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ことは興味深い点であるとい

える。なお、外乱タスク侵入以降の4タスク目において反応時間が長くなる傾向は、水準を問わず全般的な傾向として捉えることも可能であり、分析対象となる試行数が減少していることや、試行単位の枠の効果が影響していると考えられる。そこで、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。

統制条件におけるエラー発生率から求められる基準と外乱条件におけるエラー発生率との比においては、セッション2は、セッション1と比較して、全般的にエラーの発生比が低くなっている。セッション1に注目すると、Pre 水準では、特に外乱タスク侵入直後にエラーの発生比が高く、反応時間と同様にパフォーマンスが低下している。また、外乱タスク侵入直後から、次第にエラー発生比が高くなっている傾向が認められ、この傾向は反応時間と同様に、分析対象となる試行数が減少していることや、試行単位の枠の効果が影響していると考えられる。両セッションともに、Aft 水準は他の水準と比較して外乱タスク侵入直後より、次第にエラー発生比が高くなっており、次第に反応時間が長くなる傾向と合わせて、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ことを示唆している。つまり、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と推測される。この説明は精緻ではないにせよ、すでに遂行されたタスクが外乱タスクとして侵入した場合には、外乱タスク侵入直後から次第にパフォーマンスが低下するわけではないことから、解釈が可能である。また、セッション間において以上の傾向に大きな変化が認められないことから、本研究によっ

て推測されるエラーの発生メカニズムは作業遂行の習熟によって変容するものではないことが示唆される。

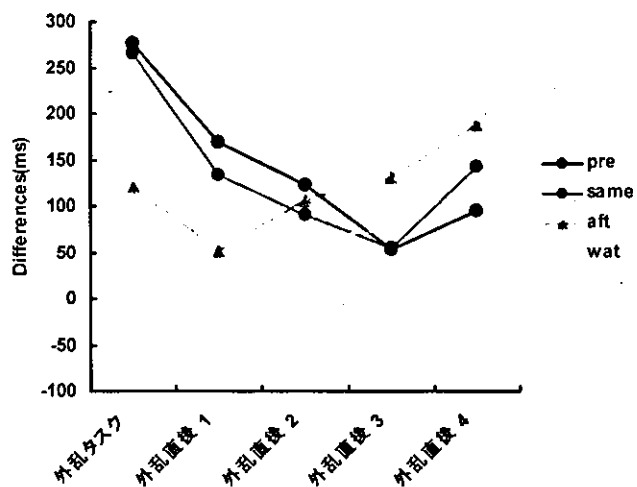


Figure 21 外乱タスクの特性における反応時間差 (ms) - セッション1

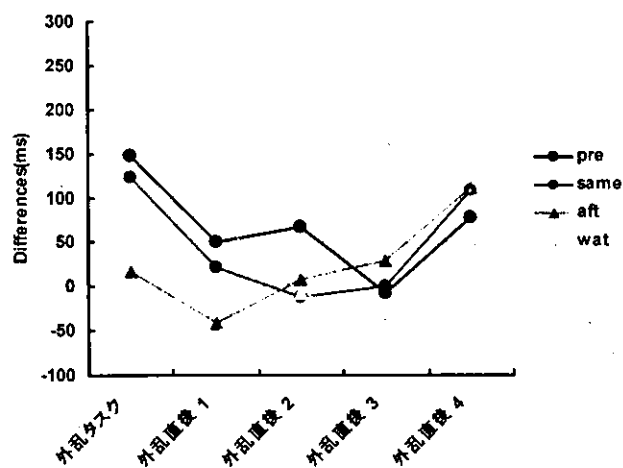


Figure 22 外乱タスクの特性における反応時間差 (ms) - セッション2

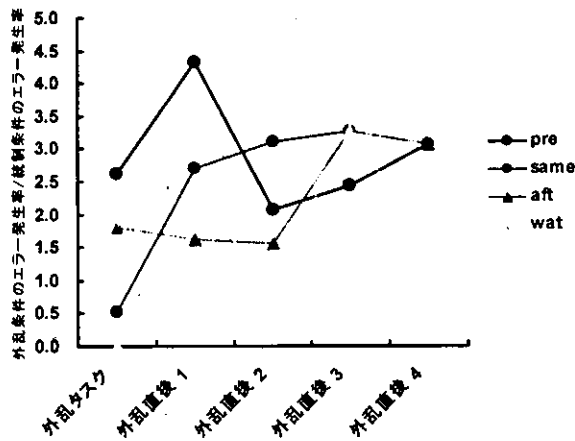


Figure 23 外乱タスクの特性におけるエラー発生比 - セッション1

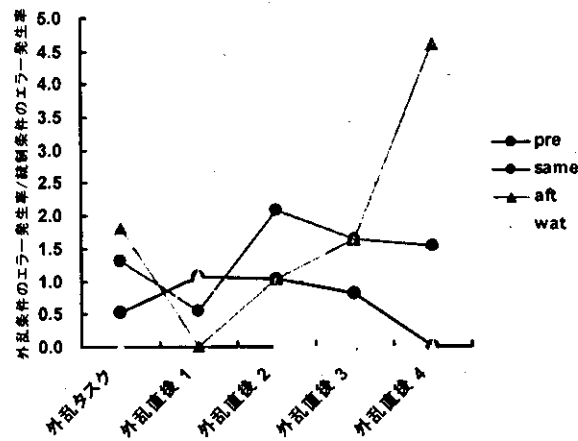


Figure 24 外乱タスクの特性におけるエラー発生比 - セッション2

Figure 25 は NASA-TLX により、条件間の主観的ワークロードを比較したものである。WWL とは評定された各尺度について重み付けを与えて得られた得点であり、OW は各尺度評定の最後に作業負荷の全体的な評定項目を与えて評価を行った結果である。この結果、全体の実験を通して、主観的ワークロードは一貫して低下傾向にあることが示唆される。ただし外乱条件においては、WWL ではいったん下げ止まり、OW ではむしろ上昇している。つまり、外乱タスクの侵入は、

実際のパフォーマンスを低下させるとともに、以上の傾向から、被験者にとってパフォーマンス低下が主観的にも予想可能であることが推測される。なお、Figure 26 については各下位尺度の得点についてまとめたものである。タイムプレッシャーに関しては、他の下位尺度と比較して、統制条件よりも外乱条件において高い得点を得ていないことから、今回の外乱によるパフォーマンスの低下は、外乱が侵入することによる急ぎが原因ではないことを示唆している。

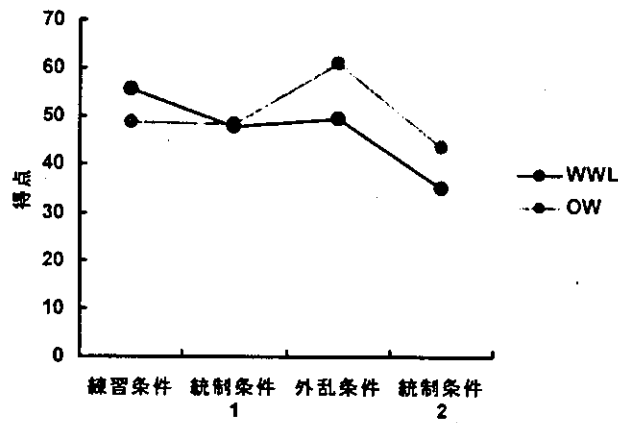


Figure 25 NASA-TLX 得点による条件間比較

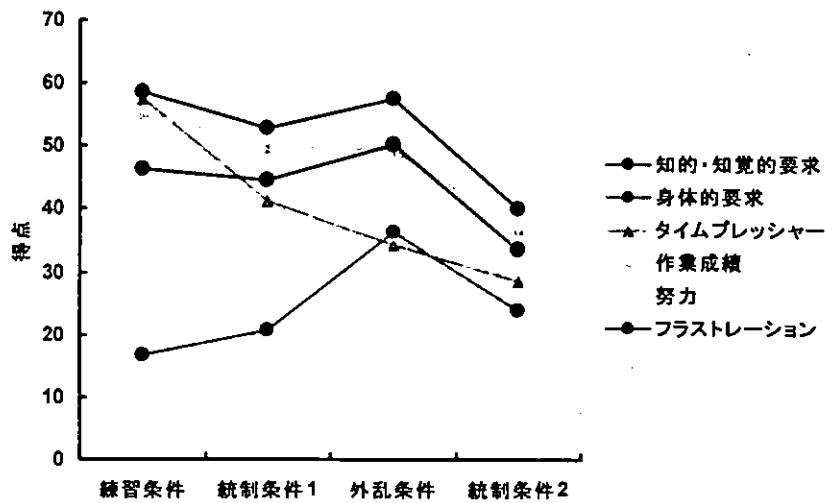


Figure 26 NASA-TLX 得点による条件間比較

#### 1 - 4. 問題点および今後の展開

作業系列の遂行途中で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た。ただし、試行を重ねると外乱タスクに対する方略が形成されるため、外乱タスク侵入の影響が認めにくくなる可能性がある。本課題は、連続して呈示される刺激の弁別反応であったため、被験者はタスク遂行の順序保持に注意を払うことが

可能であった。そのため、今後は、タスク遂行の順序保持のみに注力しないように課題を工夫し、また、外乱によってエラーの発生が増加する現象だけではなく、外乱の種類によりエラーが誘発されるメカニズムが異なる点について、課題を遂行する者に体感可能なものとする必要があると考える。また、作業系列を用いた検討においては、連続するタスクの難易度に関する等質性を確保することで、外乱タスク侵入のタイミングなどに影響されず、設定される条件に

おけるパフォーマンスが容易に比較・検討が可能となるよう配慮する必要がある。

ところで本研究は、実験室内実験であり、すでに指摘したとおり、外乱に対する構えや方略を作りやすい状況下にある。また、NASA-TLX の得点にも認められるとおり、外乱条件は統制条件と比較して、主観的ワークロードがやや高く、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。課題の選定を産業・日常生活場面と関連づけ、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最も考慮すべき点であると考え。

また、本研究では、各個人におけるパフォーマンスの比較、および各個人におけるパフォーマンスと課題遂行前に回答した注意質問紙との関連性について検討を行っていないが、今後は実際場面における注意配分の方法と、実験場面におけるパフォーマンスとの関係について検討することで、不安全行動の誘発・体験システムが各個人に対して有益な情報を提供できるものとする。

## 1 - 5. 結論

1. 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。従来、エラー発生メカニズムについては、主にカウンター説とトリガー説が存在するが、本研究の結果から、カウンター説のみによる説明は不足である。つまり、侵入した外乱タスクは全てについて、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拘わらず、設定された条件により、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ており、本課題の結果について、さらに詳細な検討が必要である。

2. 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ということが明らかとなった。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。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いると考えられ、具体的事例との関連性を今後検討していく必要がある。

なお、本研究で得られた知見の理論的説明は可能であるとしても、不安全行動の誘発・体験システムとして実際に体感かつ理解可能なものとするためには、実験事態に対する構えなど、引き続き、すでに挙げられたいくつかの問題点が残されているといえる。

## 【研究2】

### 2 - 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で、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、研究1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ことを明らかにすることである。

仁平ら(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。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。

研究1では、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。

その結果、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、一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には、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には、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、研究1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、研究1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で、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。

## 2 - 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 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。

[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 - 2. 研究方法と同様である。

[外乱条件] 1 - 2. 研究方法とほぼ同様である。なお、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 27参照)、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。

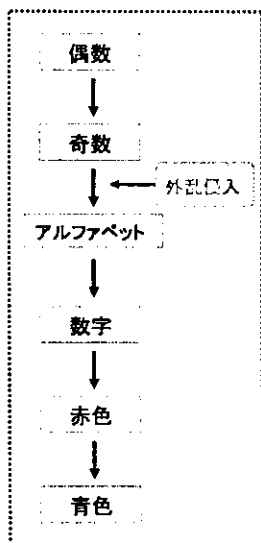


Figure 27 1 試行内における外乱タスクの侵入タイミング

[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。

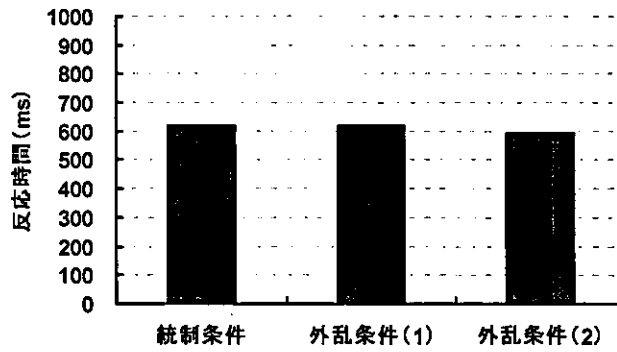


Figure 31 外乱タスクが侵入しない試行における反応時間 (ms)

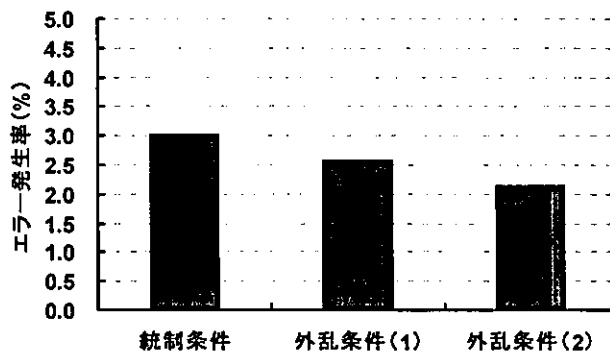


Figure 32 外乱タスクが侵入しない試行におけるエラー発生率 (%)

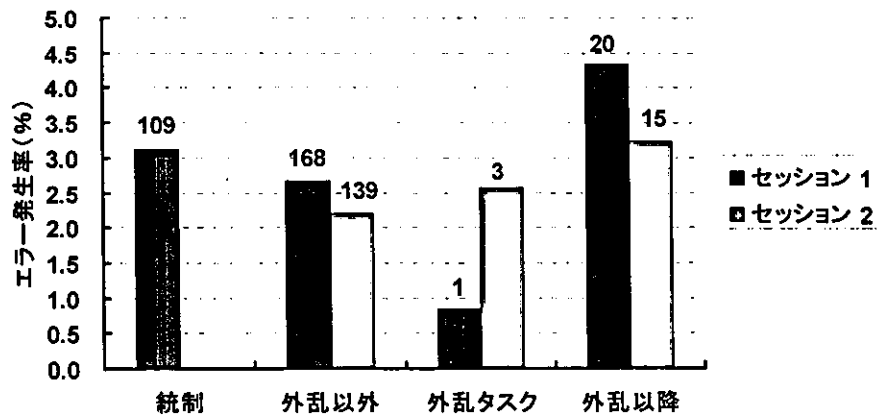


Figure 33 外乱タスクおよび外乱以降のエラー発生率 (%)

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、研究 1 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 34 および Figure 35 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 36 および Figure 37 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 36 および Figure 37 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 36 および Figure 37 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、研究 1 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、研究 1 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 38 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。研究1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。

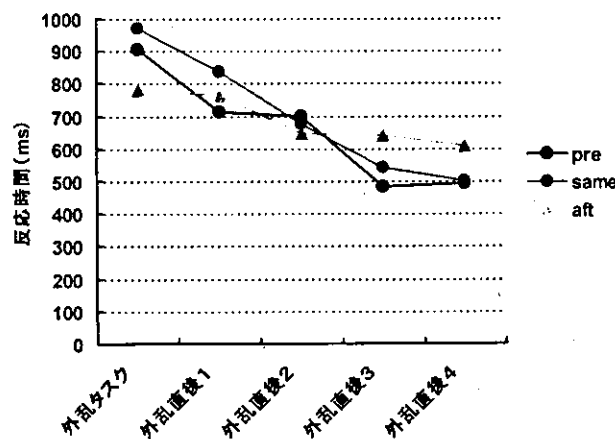


Figure 34 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション1

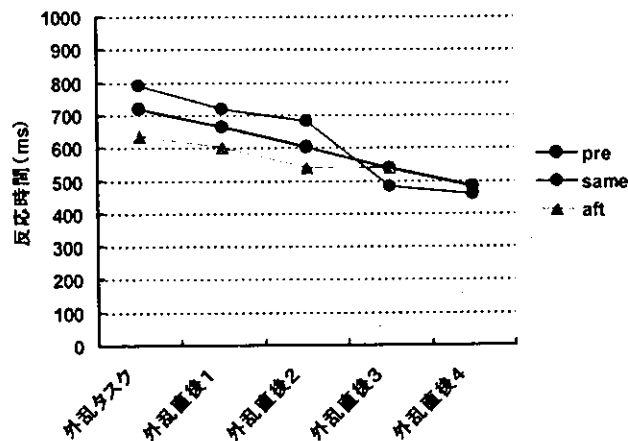


Figure 35 外乱タスクの種類における反応時間 (ms) - セッション2

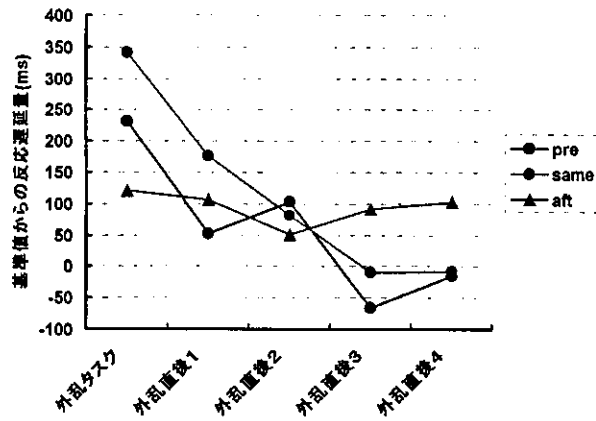


Figure 36 外乱タスクの特性における反応時間差 (ms) - セッション 1

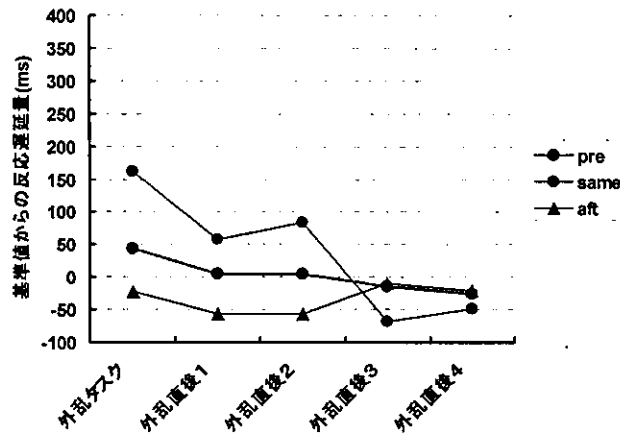


Figure 37 外乱タスクの特性における反応時間差 (ms) - セッション 2

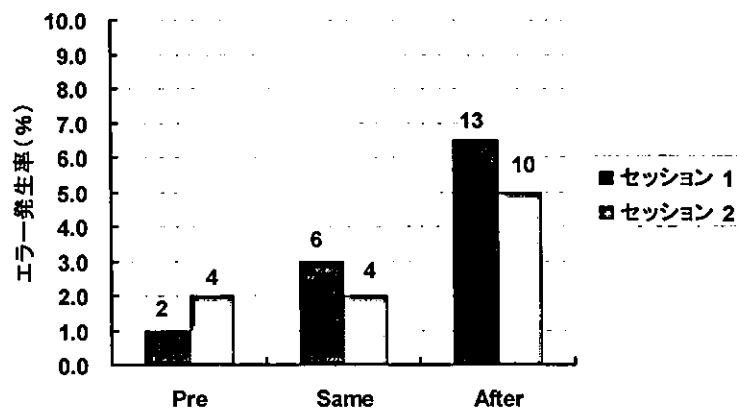


Figure 38 外乱タスクの特性におけるエラー発生率 (%)

るわけではないことが示された。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により、ある程度先に行うべきタスクがすでに実行され、モニター機能が低下すると考えられる。パフォーマンス質問紙による 2 群の比較からも同様の傾向が得られており、このメカニズムは内在的なものであることが示唆された。

2. 外乱侵入の頻度とタイミングを操作したうえでエラー発生メカニズムについての解明を試みたが、エラー発生数の問題点から困難であった。ただし、本研究の結果から、カウンター説のみによる説明が不足であること、また、トリガー説においても説明が困難な結果が反復されており、外乱侵入の頻度とタイミングを再度吟味したうえで、さらなる検討が必要である。

3. 実験実施後のパフォーマンス評価は、実際のパフォーマンスをある程度反映していることが示唆された。体験システム構築にあたっては、実際のパフォーマンス及びパフォーマンス評価がともに良好である場合の教育方法について考慮する必要性がある。体験者の能力等を考慮し、タイムプレッシャー等により課題の困難度が操作可能な柔軟なシステムとする必要性があることが示唆された。

なお、研究 1 と同様、研究 2 で得られた知見について、不安全行動の誘発・体験システムとして実際に体感かつ理解可能なものとするためには、引き続き、すでに挙げられたいくつかの問題点を解消し、具体的事例に沿った教育効果の検証が必要であることを、重ねて指摘しておきたい。

### 健康危険情報

健康に危険を及ぼすような事態は特に存在しなかった。

### 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。

### 参考文献

- 1) 仁平義明・佐々木宏之・守川伸一・大橋智樹 2001 ステップ抜かしエラーの実験的誘発 (1) -T-STEP による検討-, 産業・組織心理学会第 17 回大会論文集, 158-161.
- 2) 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.
- 3) 篠原一光・小高恵・三浦利章 2002 質問紙による日常的注意経験の構造に関する研究, 日本心理学会第 66 回大会発表論文集, 641.
- 4) 臼井伸之介・篠原一光・神田幸治・中村隆宏 2003 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 14 年度総括・分担研究報告書, 41-54.

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

3. 「注意の偏り」に起因するエラー誘発課題の新たな構築と体験システムへの適用可能性

分担研究者 神田幸治 名古屋工業大学大学院工学研究科 講師

本研究では、ヒューマンエラー誘発体験システムで導入する課題の適用可能性を探ることを目的として、二つの実験研究より検討した。研究 I では、作業者のヒューマンエラーの発生要因である「注意の偏り」及び「急ぎ・慌て」の要因を考慮した課題を、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なものであるが調べられた。さらに、CFQ (Cognitive Failures Questionnaire) 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との関係が検討された。結果より、設定課題はエラー誘発体験システムへ導入可能であることが明らかとなったが、いくつかの問題点も指摘された。研究 II では、研究 I で提起された問題点を考慮した上で課題の改善を図り、change blindness 課題を導入した「注意の偏り」エラー誘発課題を考案した。そこで、研究 I 同様、考案された課題によって注意の偏り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なものであるか調べられた。結果から、設定課題によって注意の偏り事態が生起し、エラーを誘発可能であることが示された。また、被験者はその困難さを自覚することが可能であった。多角的な検討を通して、本課題に関するエラー誘発体験システムへの導入可能性が議論され、パーソナルコンピュータに実装するためのプロトタイプが提案された。

研究 I : 「注意の偏り」及び「急ぎ・慌て」要因を考慮したエラー誘発課題の構築

1. 研究目的

1. 1. 対象とするエラー要因

産業事故や交通事故の原因としてのヒューマンエラーは、注意に関する心理的事象と密接な関係にある。産業安全研究所が保有する平成 12 年度の労働死亡災害資料のうち、80 例を基にした事故事例の分析においても、「注意の偏り」「急ぎ・慌て」「注意の損失・利得」などの要因が高い割合を示している（中村, 2003）。それゆえ、ヒューマンエラーの誘発事態を策定するためには、こうした注意の向け方に関する課題を体感させる場面をシミュレートし、検討することが必要である。特に、注意の向け方に関するいくつか

の条件を設定し、その条件の差によって注意の払われ方がいかに異なるかを体験することは、いかなる状況で注意に関するヒューマンエラーが発生しやすいかを理解する上で大切である。

ある一点に注意を集中し、他の部位に注意が向けられない場合に注意の偏り現象は発生する。すなわち、ある特定の作業に集中していると、他の情報を効率的に処理することができない。このことは、注意の選択性の立場から、ある特定の対象に集中しているために、その対象からの注意の解放（disengagement）が遅れることが考えられる（Posner & Petersen, 1990）、注意を

限界ある資源 (resource) とみなすことにより、集中すべき対象に処理資源を投入することから、他の情報へ振り向ける資源が少なくなる結果であるとも考えられる。また、特定対象への集中の程度は、その対象の重要度や出現の予測性が高まると大きくなるために (Posner, Nissen, & Odgen, 1978)、これらの要因もまた、特定部位への注意の偏りを生じさせる一因ともなる。これらは注意の空間的配分の問題と考えることができる。

急ぎや慌てによるエラーは、時間的圧力 (time pressure) 下ないしはストレス下における作業への対処が不十分であった場合に生じると考えられる。時間的圧力は、ある一定の期限内に遂行しなければならないという内的な時間的圧力と、扱うべき対象の強制的な出現タイミングや作業手順により規定される外的な時間的圧力とを分類する必要がある。しかし、いずれにしても作業者にとっては、情報探索と処理の低下が生じたり、誤判断を犯したりといった傾向 (Zakay, 1993) が認められるであろう。また、時間的な注意の偏りという観点に立てば、対象の出現タイミングに対して予測的に注意の焦点を当てることにより、処理効率を最大にしようとする方略の失敗の程度も指摘される。この場合、時間軸上の処理資源の配分程度により、その結果が変化しうることがいえ (例えば、Jolicoeur, 1988)、時間当たりの処理すべき対象が増加すると、対象において処理資源が十分に利用されずパフォーマンスが低下することとなる。これらの機制は注意の時間的配分に関わる問題として考えることができる。

### 1. 2. 本研究の意義

このような注意の空間的及び時間的配分における実験的研究は多くの研究者によって取り組まれ、数多くの成果や知見が存在する。しかしこうした基礎心理学的知見を基盤として、エラーの誘発事象そのものを志向した研究はほとんどみられない。さらに、時間的圧力下により、それらの配分パフォーマンスがどのように変化するかを検討した研究

は、現実場面を前提とした注意行動を説明するための基礎資料を提供するものとなる。

そこで本研究では、「注意の偏り」、及び「急ぎ・慌て」を規定する要因の一つである時間的圧力の体験を考慮した実験課題を設定し、体験システムで採用する課題への適応可能性を探ることを目的とする。また課題は、誘発されるエラーが体験者にとって自覚可能なものでなければならない。それゆえ発生するエラーの程度が、自ら体験したエラーの確信度と関係があるかどうかを調べることもまた、本研究の目的とする。

### 1. 3. 個人差要因の検討 —CFQの利用—

エラー誘発システムを構築する際に、個人の日常のエラー傾向と課題のパフォーマンスとの関係を調べることも必要である。すなわち、課題パフォーマンスの個人差を検討することが重要となる。個人間の注意特性の差が課題パフォーマンスにどのように反映されるかを調べることにより、そのシステムの測定対象とする注意機制を論議することが可能となるからである。加えて、実際の作業場面でエラーを犯しやすい作業者の方が、そのシステムによるエラーの頻度が高くなるものであるならば、そのシステムは実際の使用において妥当性が高く、作業者に対して説得力があり、教育的な説明効果が増すものと考えられるからである。

日常的な失敗の頻度を指標として、その個人の行動や注意に関する特性を測定する質問紙に、Broadbent, Cooper, Fitzgerald, & Parkes(1982) が考案した CFQ(Cognitive Failures Questionnaire)がある。CFQは25項目の日常的な行動の失敗に関する質問で構成され、各設問につき「まったくない」から「非常によくある」までの5段階尺度により評定される。この質問紙は注意や行動に関する比較的安定した特性を測定していると考えられ、高得点者であるほど日常的な失敗傾向が強いことを示す。ただし、CFQ高得点者は記憶や注意パフォーマンスが総じて低下する傾向を示すものではなく、標的検出実験の結果より、CFQ高得点者は刺激探索課題



に、低得点者は注意集中課題にそれぞれ適した処理方略を有することや (Broadbent, Broadbent, & Jones, 1986)、両者の持つ特徴は、課題に応じてそれぞれ有利に働いたり不利に働いたりする可能性が指摘されている (山田, 1993)。

また、CFQ は事故経験や事故傾向性との関連性があると考えられている。Larson & Merritt (1991) は、アメリカ海軍兵を対象とした調査により、CFQ 高得点者は交通事故頻度が高いことを示した。その後、Larson, Alderton, Neideffer, & Underhill (1997) は、同じくアメリカ海軍兵を対象とした調査により、CFQ 高得点者は交通事故頻度や病院への入院回数が多いことを明らかにした。そして、大橋・行場・守川 (2000) は、交通事故多発傾向を調べる質問紙との関係において、CFQ が事故を予測する可能性を提起した。医療現場においても、医療事故の一つである針刺し事故の有無と CFQ 得点の間には相関があることが報告されている (布施, 1998)。

こうしたことから、CFQ を個人のエラー並びに事故傾向性を予測する尺度としてとらえ、エラー誘発システム開発における基礎注意実験との関連性を調べることもまた、本研究の目的とする。特に、CFQ 高得点者は認知的な脆弱性があり、外界の刺激やストレスの影響を受けやすく、そのために行動を失敗することが多くなることが指摘されている (Broadbent et al., 1982)。従って、本研究では時間的圧力を考慮することにより、この負荷の影響が CFQ 得点とどのように関係するかを調べることも重要であると考えられる。このような実験事態において CFQ との関連をみる学術的意義は、従来の CFQ 研究において、集中的課題と探索的課題が別々の事態として検討されてきた注意課題を、現実的な設定を前提として双方の課題を融合させ、総合的に捉えようとする点にある。加えて、自ら犯したエラー傾向をどの程度自覚しているかが、CFQ 得点により変わりうるかどうかを検討することも必要である。CFQ 得点は自己報告によるものであるために、低得点者は実際に犯しているエラーを自覚していない

ことも考えられるからである。

なお、CFQ は 5 因子構造 (Pollina, Greene, Tunick, & Puckett, 1992) や 2 因子構造 (Larson et al., 1997; Matthews, Coyle, & Craig, 1990) であるとする結果が報告されているが、全体的な失敗傾向を示す総得点を算出して使用する場合が多い。

本研究では CFQ を使用することにより、日常的な失敗行動傾向と課題との関係を検討することを試みる。

#### 1. 4. 実験の概要

今回の検討課題として、本研究ではディスプレイ上における数字弁別課題を設定した。この課題ではディスプレイ中央部または周辺部のいずれかに数字刺激が呈示され、その偶数奇数判断をキー押しによる選択反応で行なうよう被験者に要求した。中央部の数字出現が優位になるように出現確率を設定し、被験者にあらかじめ教示することにより、中央部への注意の集中状態をシミュレートした。また、中央部数字のサイズが異なった条件を設定することにより、注意資源量の操作を行なった。すなわち、中央部数字が大きいと、周辺部数字へ振り向ける注意に余裕があるが、中央部数字が小さくなると、より注意を集中させる必要があるため、周辺部への注意が十分に配分されないことが仮定された。さらに、時間的圧力の影響を考慮するため、刺激が呈示されてから後続刺激が呈示されるまでの時間間隔 (SOA: stimulus onset asynchrony) を操作することにより、刺激の呈示速度が操作された。これより、刺激サイズ、呈示速度が「注意の偏り」や「急ぎ・慌て」などのエラー誘発要因として有効であるか、またその要因間の相互作用がいかなるものであるのか、発生したエラーは体験として自覚できるものなのか、日常的な失敗や事故経験に関する個人差はどのようにあらわれるのか、などが検討された。

## 2. 研究方法

### 2. 1. 課題

課題はディスプレイ上に強制ペースで連

続呈示される数字刺激の偶奇判断であった。数字刺激はディスプレイ中央部またはディスプレイの四隅のいずれかに位置する周辺部に出現した。被験者は連続して呈示される各数字に対して、各々偶数であるか奇数であるかを判断し、キー押しによる選択反応を行った。

## 2. 2. 被験者

名古屋工業大学大学生及び大学院生の男性 39 名が実験に参加した (20-27 歳、平均年齢 22.1 歳、標準偏差 1.5)。矯正視力は全員正常であった。また、1 名のみが左利きであり、他の被験者は右利きであった。

## 2. 3. CFQ

本研究の CFQ 調査では、Broadbent et al. (1982) をもとにして、大橋・行場・守川 (2000) で使用された日本語版 CFQ を使用した。この日本語版 CFQ は、翻訳の際に難解な表現

や日本の習慣には適さない表現について、より理解可能な表現を使用している。過去半年間における日常生活上の失敗経験を問う計 25 項目の各質問につき、「なかった」から「非常によくあった」までの 5 段階評定値によって回答が実施された (表 1.2.1)。

## 2. 4. 刺激

本研究の実験では、黒色背景にゴシック体による白色数字またはアスタリスク文字を配置した刺激が使用された。刺激例を図 1.2.1 に示す。刺激はディスプレイ中央部及び周辺部となる四隅の計 5 箇所配置された。周辺部刺激位置は、実験時の視角にして中央部刺激より 14.3° 離れた箇所に位置した。垂直方向の周辺部刺激間距離は視角にして約 20°、水平方向の周辺部刺激間距離は約 22° であった。中央部に 0~9 のいずれかの数字を配置した中央部数字刺激では、周辺部の刺激には全てアスタリスク文字が配置された。

表 1.2.1 日本語版 CFQ 質問項目 (大橋・行場・守川, 2000)

- 
1. 本を読んでいるときに、よく考えずに読んでいたことに気づいて、もう一度読み直すこと。
  2. 家の中で何をするためにそこに来たのか思い出せないこと。
  3. 道路に出ている看板や標識に気づかないこと。
  4. 道順などを人に説明するとき、左右を間違えること。
  5. 歩いていて人にぶつかること。
  6. 外出してから、明かりや火を消したか、鍵をかけたかどうかを忘れること。
  7. 初対面の人にあつたときに、名前を聞き忘れること。
  8. 失礼なことを言ったかもしれないと、あとになって気づくこと。
  9. 何かをしているときに、話しかけられてもそれに気づかないこと。
  10. かんしゃくを起こして、あとになって悔やむこと。
  11. 大切な手紙に、何日も返事を書かないこと。
  12. よく知ってはいるものの、めったに通らない道を通ったとき、どこでどう曲がればいいのか思い出せないこと。
  13. 買い物に行ったときに、欲しい品物が目の前にあるのに見つけられないこと。
  14. 正しい意味で言葉を使っているかどうか急に気になること。
  15. なかなか決心がつかないこと。
  16. 約束を忘れること。
  17. 新聞や本などをどこに置いたかを思い出せないこと。
  18. 例えば捨てようと思っていた包み紙を残してチョコレートの方を捨ててしまうように、欲しいものを捨てて、捨てようと思ったものごとくしておくようなこと。
  19. 何か聴かなければいけないときに、ぼんやりと他のことを考えてしまうこと。
  20. 人の名前を思い出せないこと。
  21. 家の中で何かをやり始めたあとに他のことに気をとられ、気づいたら(最初の目的と違う)そちらの方をやっていること。
  22. のどまで出かかっているのに、どうしても思い出せないこと。
  23. 何を買いにその店まで来たのかわからなくなること。
  24. うっかり物を落としてしまうこと。
  25. 何を言おうとしていたのかわからなくなること。
-

中央部の文字サイズは、実験時の視角にして縦 $1.8^\circ$  × 横 $1.1^\circ$ の大条件及び、縦 $0.7^\circ$  × 横 $0.4^\circ$ の小条件となるような2パターンが作成された。周辺部の文字サイズは実験時の視角にして縦 $0.7^\circ$  × 横 $0.4^\circ$ で統一された。従って、中央部数字刺激は中央数9種類 × 文字サイズ2種類の計18種類が作成された。一方、中央部にアスタリスク文字を配置した刺激では、周辺部の四隅の一箇所に0~9のいずれかの数字を配置した。この場合、残りの3箇所の周辺部にはアスタリスク文字が配置された。周辺部の文字サイズはすべて実験時の視角にして縦 $0.7^\circ$  × 横 $0.4^\circ$ であった。

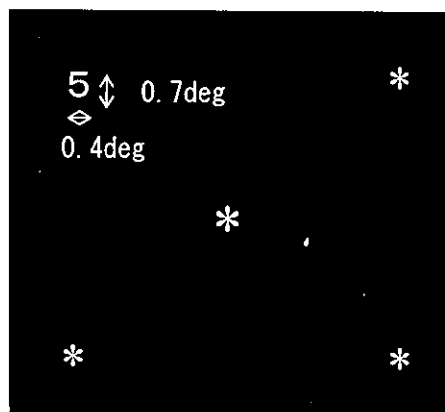
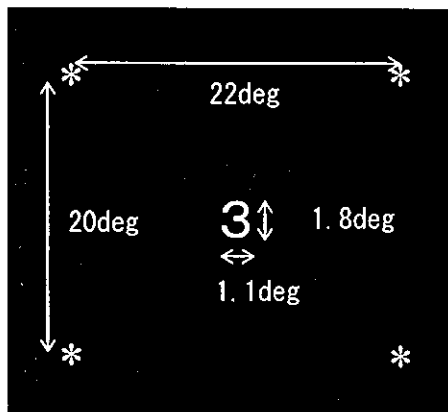
また、これらの刺激は、中央部の文字サイズ大条件、小条件の各条件について作成された。これより、周辺部数字刺激は数字9種類 × 出現場所4種類 × 中央文字サイズ2種類の総計72種類作成された。これらの刺激は縦1024pixel × 横1024pixelのBMPファイルにて保存された。

同様に、中央部及び周辺部の計5箇所の刺激部分を覆う長方形のマスク刺激が、白色のノイズパターンにより作成された。

## 2. 5. 装置

刺激呈示及び反応時間測定にはカラーA

### 中央部サイズ大条件



### 中央部サイズ小条件



図 1.2.1 使用刺激

Vタキストスコープ（岩通アイセック IS-703）を使用した。AVタキストスコープのディスプレイは22インチであり、その中央部にBMPファイルによる刺激が各試行において連続して呈示された。刺激は白黒2階調、縦1024pixel×横1024pixelの解像度であった。本実験におけるディスプレイの黒色背景輝度は約6cd/m<sup>2</sup>であり、白色文字部分は約31cd/m<sup>2</sup>であった。

## 2. 6. 実験計画

実験では、画面中央部に呈示される文字サイズ2種類（大、小）×刺激呈示速度2種類（SOA=2.5s、1.5s）の2要因の変数を設定した。結果の分析には、CFQ得点の個人差を被験者間要因として考慮するために、実験は文字サイズ×呈示速度×CFQの3要因混合計画として実施された。

## 2. 7. 手続き

実験に先立ち、事前に大学生被験者の所属する各研究室を訪問してCFQ調査を実施した。また、事前に調査が実施されずに実験に参加した被験者に対しては、本実験終了後にCFQに回答させた。その結果、CFQの事前調査人数は26名、実験後のCFQ調査人数は13名であった。

被験者は防音された通常照明の部屋（顔面照度約110lx）で、ディスプレイ正面の所定の位置に設置された椅子に着座した。被験者の前の机にはあご台が設置され、ディスプレイから被験者の視距離が85cmに固定された。

被験者は最初に約20分程度の短期記憶に関する実験を実施（本研究では報告を省略する）した後、5分間の休憩後に実験を実施した。

実験に先立つ教示では、被験者はディスプレイに出現する数字が偶数ならば手元に置かれたスイッチボックス上の左のスイッチを、出現数字が奇数ならば右のスイッチを押すよう求められた。そして、数字の判断においてはできるだけ速く正確にスイッチを押すよう強調された。さらに教示では、数字は中央部に主として出現するが、時おり周辺部に数字が出現することがあり、見逃しのないように周辺部にも注意を向けることが指示された。

教示後、中央部文字サイズ2水準×刺激呈示速度2水準の計4条件について、各条件別に実験を実施した。最初に「いずれかのボタンを押すと開始します」の画面が呈示され、被験者が任意のスイッチを押すことにより、実験が開始された。スイッチ押下500ms後に数字1箇所及びアスタリスク4箇所からなる刺激が呈示され、呈示300ms後に5箇所の刺激位置全てにマスク刺激が700ms呈示された。マスク刺激消失後、500ms（SOA1.5s条件）または1500ms（SOA2.5s条件）後に、次の刺激が呈示された。試行の流れは図1.2.2の通りである。各条件は180試行で構成された。本試行の前には練習を12試行実施した。また、各条件において、中央部数字は120試行、周辺部数字は60試行出現した。各条件で、同一数字は2度連続出現しなかった、中央部

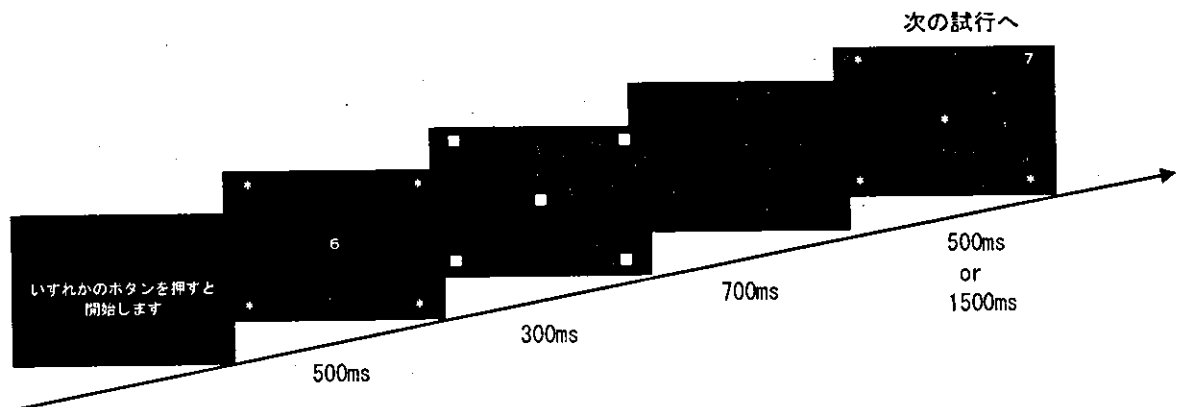


図 1.2.2 試行の流れ