



Title	注意と運動対象の方向変化検出
Author(s)	駒田, 悠一
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/23467
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

注意と運動対象の方向変化検出

大阪大学大学院 人間科学研究科
適応認知行動学研究室

13516027 駒田悠一

注意と運動対象の方向変化検出

大阪大学大学院 人間科学研究科

適応認知行動学研究室

13516027 駒田悠一

要約

本研究の目的

本研究の目的は、人間が複数の対象の運動、特に方向変化をどのように認知しており、またどのようにその情報に従って行動しているのかを明らかにすることである。

日常、我々の周囲には運動する対象が多数存在する。例えば運転中には周囲の自動車、様々な歩行者、自転車などそれぞれが運動しており、それらの運動を認知し、対応しなければならない。我々はどのようにして複数の対象の運動に対応しているのだろうか、また対応の仕方は人によって異なるのだろうか。

本研究はまず非常に単純化された環境で我々の方向変化の検出力を検討し、ついでより現実的な、直線道路を想定した環境内で我々の方向変化検出力を検討した。その過程で我々の方向変化検出力と、注意との関係を検討した。

実験1 複数対象の追跡と方向変化検出

実験1では我々が複数の運動を同時に認知しなければならないときに、我々が複数の対象に対して同時に注意を向けることができるのかどうかを検討するために行った。そのため、ごく単純な状況で、複数の対象の運動に同時に注意を向けなければならない状況を作成した。結果、複数の対象に同時に注意を向けさせても、方向変化検出に対する注意の利益はあることが示された。また、注意を向けることによる効果は課題の難易度によらず、一定であることが示された。

実験2 方向変化検出における注意の効果に対する対象数の影響

実験2では実験1に続き、注意を向けることによる効果が注意を向けるべき対象数によってどのように変化するかを検討した。結果、注意を向けなければならない対象数が増加するにしたがって単純に成績が低下していくことが示された。これは、我々が複数の運動対象を同時に処理するときにも、良い成績を求めるならば対象一つ一つへの注意配分が必要であるということであり、我々が複数の対象に

同時に注意を向けることが難しいことが示された。

実験 3 道路上での飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果

実験2の結果、我々にとって複数の対象の運動を認識するのは注意を要する課題であり、容易ではないことが示された。では、我々は現実には複数の対象の運動を認知、対処しなければならなくなったとき、どのように対処しているのだろうか。

そこで実験 3 では実験 2 の結果を踏まえ、なるべく現実に近い環境において複数の運動対象へどのように注意を向けているのかを検討する為の実験を行った。本実験で模擬されたのは運転者による、直線道路での歩行者の飛び出し判断である。すなわち道路わきに複数の歩行者がおり、この中から飛び出してくる歩行者をなるべく早く発見するという課題であった。

結果、歩行者が道へ飛び出して来る場合、飛び出す速度が飛び出す場所に関わらず同じであるかぎり、右側から飛び出してくる歩行者の発見が左側に比べ困難であることが見出された。これはこれまでの運転経験から運転者が道路の左右に対する注意配分に差をつけている可能性を示す。

実験 4 道路上での衝突可能性のある飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果

実験 4 では実験 3 を踏まえたうえでさらに危険な場所の検討を進めることとした。実験 3 の条件では飛び出しても自車とは全く接触しない、危険性の低い条件が含まれていたため、実験 3 ではこの条件を統制し、真に危険な飛び出し場所はどこなのかを検討した。

結果、特に左奥が検出が困難であり、車の近くで飛び出す以上に遠方から飛び出すほうが危険である可能性も示された。これは運動方向変化検出が速度差に依存するといわれている(Dzhalov & Allik, 1993)ことから、飛び出し前後の速度差が最も小さくなったことに起因するのではないかと考えられた。実験 4 では、実験3のように場所によって注意配分に差をつけているのかどうかについては検討できなかった。

実験 5 飛び出し検出に対する視覚的負荷の効果

実験 5 では 4 に引き続き、衝突可能性を持たせて検討を行った。実験 5 では実験 4 に加え、さらに

画面の中央で視覚的副次課題を加え、成績低下量を検討した。結果、視覚的副次課題の効果は見られたものの、副次課題の効果と飛び出し場所との間に交互作用はなく、飛びだし場所によらず負荷による反応時間の増分は一定であるという結果となった。

また、実験5では数名、衝突してしまう寸前まで標的を発見できなかった実験参加者がおり、また特に左奥から飛び出してくる場合に多かった。しかし、これは実験参加者の差が大きく、ごく一部の実験参加者でそのような傾向が見られたにとどまった。

調査 注意の主観的評価と運転の関係

実験5で左奥から飛びだしてくるのが最も危険であることが示された。しかし、飛び出しに全く気がつかず衝突寸前まで接近する実験参加者もいれば、非常に反応時間が安定して短かった実験参加者もいた。実験2で示されたように、我々は複数の運動を同時に処理することは困難なはずである。では、安定して反応の早かった実験参加者と遅かった実験参加者の間にはどのような違いがあったのだろうか。

そこで、まず本実験のような状況を含む運転全般と、方向変化検出課題に関係するとおもわれる注意力の関係を、質問紙を利用して計測することとした。

具体的には海外で例のあった運転行動質問紙と、運転負担感受性質問紙、運転スタイル質問紙、日常注意経験質問紙を使用して実験参加者特性と運転行動の関係を検討した。

結果、運転者は遭遇する危険事象の種別から危険群、違反群、安全群の3つに分けることが出来、またその3つは質問紙によって計測された注意評価値と強い関係があることが示された。さらに、違反群は運転のせっかちさが事故の原因であり、危険群は注意力のなさや負荷への対応力の低さが事故の原因である可能性が示された。

実験6 注意評価値と方向変化検出力の関係

先の調査で運転行動と注意評価値の間に関係があることは確認された。そこで実験6では、質問紙で計測された注意評価値によって、実験参加者を注意評価値低群と高群にわけ、単純な運動変化検出自体に差があるのかどうかを検討することとした。

実験6では2次元平面上での運動変化検出を行わせ、同時に注意すべき対象数の違いによってどの程度成績が変化し、またその成績が質問紙で計測された注意評価値とつながりがあるのかどうか

を検討した。

結果、注意評価値の高低によって方向変化検出の精度自体が異なるわけではないにもかかわらず、注意評価値の高い群では対象数が増加しても成績低下が小さいことが示された。

実験 7 自由視条件における飛び出し検出と聴覚的負荷の影響

実験 7 では実験参加者の特性を測定し、直線道路での飛び出し検出を行わせることとした。また、先の実験 3-5 では固視点が表示されていたが、これは現実的状況から考えれば不自然な状況の為、注視点を計測し、注視点を固定していなくともこれまでの結果が再現されるかどうか確認することとした。

結果、左奥の反応の遅延に関しては再度確認され、自由視条件下においても我々は左奥への反応が遅れることが示され、その原因は変化前後の運動速度差の小ささによるものであると考えられた。

また、注意評価値の高低によって、注視傾向が全く異なることが示された。注意評価値の高い群は道路の中央付近を注視しているのに対し、注意力評価値の低い群は道路の両脇、検出すべき対象が出現する位置を集中的に見ていることが示された。注意評価値の高い群は有効視野が広い為、道路の中央を見ていれば両脇へ意識を向けることができるのに対し、注意の低い群はそれができない為、両脇を交互に見ることで検出に対応していると考えられた。我々が現実の状況に対応する際に、視点の動かし方を個人の注意に応じて変化させることで、その人にとって最も良い視覚情報を作り出そうとしていることを示していると考えられる。

総合論議

本研究は複数の運動対象を同時に処理することが人間にとって困難な課題であることを示し、方向変化検出の仕組みに関するモデルを提案した。モデルの中で、方向変化検出には並列的に可能なものと、系列的にしか出来ないものがあることを示した。また、検出の困難性は個人の注意によって異なり、またそれゆえ我々の対処方法も異なることを示した。

また、本研究では応用的な側面として運転場面を設定しており、研究を通して運転中における方向変化検出、すなわち飛び出しを検出する際に我々がどのように対応しているのかを検討し、飛び出し時の速度と車と人との位置関係の重要性について議論した。また、実験参加者の運転特性を計測する方法も同時に作成した。最後に、方向変化検出力、運転能力を高めるための方策について議論した。

目次

要約.....	2
第1部 序論.....	11
1章 序論.....	11
1.1 日常生活と運動.....	11
1.2 運動変化の検出方法.....	11
1.3 運動と注意配分.....	12
1.4 複数の運動対象の認知.....	13
1.5 複数の運動対象と注意配分.....	13
1.6 3次元空間での運動認知研究.....	16
1.7 現実場面における複数の運動と注意.....	17
1.8 本論文の構成.....	18
第2部 2次元運動対象における方向変化の検出.....	21
1章 実験1 複数対象の追跡と方向変化検出.....	21
1.1 実験方法.....	21
1.1.1 実験参加者	
1.1.2 装置と刺激	
1.2 手続きと課題.....	22
1.3 結果.....	24
1.4 考察.....	25
1.4.1 検出率と変化角度条件	
1.4.2 追跡と注意	
1.5 次の実験に向けて.....	27
2章 実験2. 方向変化検出における注意の効果に対する対象数の影響.....	28
2.1 目的.....	28
2.2 方法.....	29

2.2.1 装置	
2.2.2 手続き	
2.2.3 手がかりの設定	
2.2.4 データの処理	
2.3 結果.....	32
2.4 考察.....	34
3 章 総論:第2部.....	36
3.1 複数対象に注意を配分するということの意味.....	36
3.2 低下する検出力をどう補償するか.....	39
第3部 道路上を想定した運動対象認知.....	40
1 章 序論.....	40
1.1 複数対象運動の認知と交通環境.....	40
2 章 実験3. 道路上での飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果.....	41
2.1 目的.....	41
2.2 方法.....	41
2.2.1 実験参加者	
2.2.2 装置	
2.2.3 手続き	
2.3 結果.....	44
2.4 考察.....	45
2.5 次の実験に向けて.....	46
3 章 実験4. 道路上での衝突可能性のある飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果.....	47
3.1 目的.....	47
3.2 方法.....	47
3.2.1 実験参加者	
3.2.2 装置	
3.2.3 手続き	
3.3 結果.....	48
3.4 考察.....	49

4 章 総論:第3 部.....	51
4.1 同時注意対象数の3 次元環境における効果.....	51
4.2 第4 部に向けて.....	51
第4 部 利用可能な注意資源量の操作による方向変化検出への影響.....	53
1 章 序論	53
1.1 対象数の操作と注意力.....	53
1.2 第4部の目的.....	54
2 章 実験 5. 飛び出し検出に対する視覚的負荷の効果.....	54
2.1 目的	54
2.2 方法.....	55
2.2.1 実験参加者	
2.2.2 装置	
2.2.3 手続き	
2.3 結果 反応時間.....	56
2.3.1 衝突までの残り時間解析と検出における個人差	
2.4 考察.....	60
2.5 次の実験に向けて.....	60
3 章 調査. 注意の主観的評価と運転の関係.....	61
3.1 調査序論:注意と運転の計測手法.....	61
3.2 目的	66
3.3 手法.....	67
3.3.1 調査に用いた質問紙	
3.3.2 日常注意経験質問紙 (Everyday Attentional Experiences Questionnaire :EAEQ)	
3.3.3 運転行動質問紙 (Driving Behavior Questionnaire:DBQ)	
3.3.4 運転負担感質問紙(Workload Sensitivity Questionnaire:WSQ)	
3.3.5 運転スタイル質問紙 (Driving Style Questionnaire:DSQ)	
3.4 調査方法	69
3.5 結果.....	70
3.5.1 回答者の特性	

3.5.2 DBQにおける各質問項目の分類	
3.5.3 DBQとデモグラフィック属性	
3.6 結果.....	77
3.6.1 DBQと運転者の分類	
3.6.2 運転者タイプと・注意力・負荷耐性・運転スタイルの関係	
3.7 考察	80
3.7.1 DBQ の分類	
3.7.2 DBQ と注意,負担感と運転スタイル	
3.8 問題点.....	83
3.9 次の実験に向けて.....	85
4 章 実験6 注意評価値と方向変化検出力の関係.....	85
4.1 目的.....	85
4.2 方法.....	85
4.2.1 実験参加者	
4.2.2 装置	
4.2.3 手続き	
4.2.4 解析	
4.3 結果.....	87
4.4 考察.....	95
4.5 次の実験に向けて.....	97
5 章 実験7. 自由視条件における飛び出し検出と聴覚的負荷の影響.....	97
5.1 目的.....	97
5.2 方法.....	98
5.2.1 実験参加者	
5.2.2 仮想空間の設定	
5.2.3 装置	
5.3 手続き	99
5.4 結果	99
5.4.1 反応時間に関する結果	

5.4.2 注視点に関する結果	
5.5 考察	111
第5部 総合論議	114
1.1 運動認知の系列性と並列性	114
1.2 検出への注意による影響	124
1.3 飛び出し検出の成績とその改善可能性	125
1.4 結論とまとめ	128
1.5 研究の問題点	129
1.6 今後に向けて	130
2章 参考文献	131
3章 付録	138

第1部 序論

1章 序論

1.1 日常生活と運動

例えば、サッカーをしましょう。試合中、選手は何を見て、理解しなければならないのだろうか。適切にボールを渡していくためには、周囲の敵や味方の位置、そして彼らがどのように移動しているか、といったことから次の自分の行動を決めなければならない。しかも、敵や味方の動きに何らかの変化があれば、変化ににあわせて判断しなおさなければならないだろう。そのためには、今まで自分が、あるいは敵や味方がどのような運動をしていたか、という記憶も必要だといえる。

スポーツ場面に限らず、例えば運転中に他の車を回避するとき、空を飛び回るトンボを捕まえようとするとき、我々は周囲の運動を認知し、記憶して判断する、ということを行わなければならない。しかも、周囲の運動は往々にして複雑な動きであり、また一つの対象の動きだけ追っていればよいというものでもない。サッカーの例ならば、味方の動きだけ追っていても適切なパスは出来ないだろう。運動の認知や、変化の判断は我々が日常、常に直面する課題といえる。

本研究は、物体の運動変化、特に運動方向の変化に対する検出力について現実的な状況を含めて検討し、個人特性や負荷によってどのようにパフォーマンスが低下するか、などといった点について検討したものである。物体の運動方向が変わったことに我々はどれだけ素早く気がつくことができるのだろうか。そして、素早く気が付くために、我々はどのような方策を取っているのだろうか。

1.2 運動変化の検出方法

そもそも、我々は物体の運動の変化をどのように捉えているのだろうか。運動方向変化の検出に関しては、メカニズムが Sekular, Sekular & Sekular (1990)によって提案されている。この説では、各運動方向に特異的に反応する神経を監視する機構があり、運動が変化していないか判断しているとしている。ま

た、我々が変化後の運動方向を知っている場合には、その方向の刺激が出現した際の処理が早まり、素早い判断が可能となる。この説は運動方向変化の検出が基本的に運動が新たに出現することの検出、および速度変化の検出と同一のものであるとする説である。

Sekular, Sekular & Sekular (1990)の説は、後の様々な論文から裏付けられた。Dzhalof, Sekular & Allik(1993) は運動が逆方向の運動に変化した際の検出時間を調べた結果、検出時間が変化前後の速度差に依存する関数となり、また、変化前後の速度差に等しい速度の運動が出現したときの検出時間と等しいことを示した。この結果はその後さらに拡張され、逆方向以外の様々な変化角度においても変化角度量ではなく、2つの運動速度差が検出速度を決定することが示された(Hohnsbein & Mateeff, 1998)。ただ、方向変化検出と速度変化検出が全く同じ機構によって行われているのか、という点に関しては、新出運動検出における練習効果が変化検出に対して転移しないことから違う機構であるとも言われている(Saffell & Matthews, 2003)。

1.3 運動と注意配分

形状や色の変化検出であれば、一般に注意を向けることにより、検出率は向上することが知られている(Posner, Nissen, & Ogden, 1980)。そのため、注意を向けることにより、方向変化の検出率も向上するだろう、と推察される。従来は運動は独自に処理されるもので(Adelson & Bergen, 1985; Wilson, Ferrera & Yo, 1992)、注意による方向認知の精度や、運動印象への影響があるにしてもかなり高次の段階での処理であるとされていた。しかしながら、注意を向けることで運動の認知が初期段階で変わることには多くの証拠がある。例えば、同じ空間位置に二つの運動を提示した場合でも、どちらの運動に注意するかで全く神経反応が異なること(Treue & Maunsell, 1996) や、ある方向への運動に注意を向ければ、その方向の運動に対する検出閾値も低下すること(Raymond, O'Donnell, & Tipper, 1998) などが示されている。すなわち我々は注意を向けることで、神経的なレベルにおいてさえも、運動情報の選択を促進できるのである。

1.4 複数の運動対象の認知

運動認知の研究で広く使われてきた刺激はランダムドットパターンや、縞模様のパターンである。このようなパターンは、一つ、または複数の対象が同じ方向に動いている場合といえる。しかし、現実の運動は、重力や道といった制約はあれど、複数の物体の運動方向が一致しているなどという場合に比べて、繁華街の中など、たくさんの人がばらばらの方向へ歩いている状況は少なくない。単一の運動方向しか検討しないのでは、現実的な状況に対する我々の反応をみることはできない。しかし、運動認知の分野でこれまで扱われてきた、複数の運動対象を見るような課題は、停止した刺激群の中から運動刺激を探索するものであったり、あるいは特定の方向へ運動する対象を検出する(Thorton, & Gilden, 2001)ものもあり、運動の単純な検出に偏っていた。一方で、特に方向変化検出に関しては複数対象の変化検出を同時に行わせるような研究は数少ない。

そのような中で、複数の物体の運動方向の変化検出に関する研究としてあげられるのが Tripathy & Barrett (2004) である。Tripathy & Barrett (2004) の課題は、実験参加者にコンピュータディスプレイの端から端へ物体が移動するのを観察させ、物体が画面中心で向きを変えたかどうかを判断させる、というものであった。移動する物体の数や方向変化の数、変化の角度などを操作した結果、複数の物体が移動している場合に、運動物体のうち一つだけが方向変化するときには検出閾値が著しく上昇するが、どれが変化するかを先に示した場合には閾値の上昇は起こらないこと、また、変化する対象がわからない場合、全体の対象数が増加すると検出閾値が上昇することを示した。以上のことから、我々は運動方向変化検出に関して十分な並列処理機構を持っておらず、複数の対象の運動の方向変化を認識するときには単一の運動を認識する機構を使用して系列的探索を行っているのではないかと考えられる。

また、Blake, Cepeda & Hiris (1997) は複数の運動方向を同時に記憶させる実験を行った。結果、運動方向に関する記憶は 30 秒程度の長時間にわたっても持続するが、覚える対象数を増加させると成績は単調に低下する、ということが示された。記憶という観点から見ても、我々の運動を並列的に処理する能力は十分なものではないことがわかる。

1.5 複数の運動対象と注意配分

先に運動認知が注意の影響を受けることは示したが、運動方向変化検出への注意の効果は、物体が

複数になったときにはさらに変化する可能性がある。しかし、注意が複数に分割されたときに注意による運動方向変化検出への影響がどの程度あるか、といった点は十分に検討されたとはいえない。

注意が同時に複数の運動する対象に向けられた場合、注意はどのように作用するのかという点に関しては、Multiple Object Tracking (以下 MOT) 法(Pylyshyn & Storm, 1988) と呼ばれる手法を用いた研究が数多く見られる。

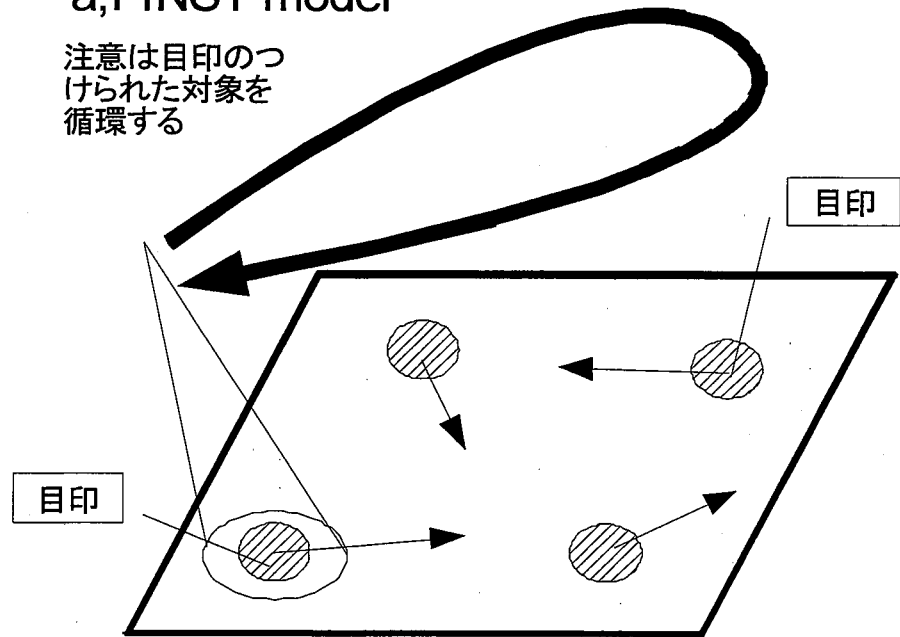
Pylyshyn & Storm (1988) を初めとする一般的な MOT 法はランダムに移動する物体を常に追跡し続ける、というものであり、追跡の最中に運動方向を何度も変化させる。一般に、移動対象の対象数が4つ程度までなら、同時に追跡することが可能であるとされる。

MOT 法において、対象を追跡する方法に関してはいくつかの説が唱えられてきた。Pylyshyn & Storm (1988) は Finger of Instantiation (FINST) モデルという前注意的システムを仮定している。FINST モデルでは一度に人間が注意できる対象数はあくまでも一つであると仮定する。しかし、それでは複数の対象を追跡することが出来ない。そこで FINST モデルでは、MOT 課題で追跡するべきターゲットが指定されたときに、何らかの『目印(index)』と呼ぶべきものが脳内で貼り付けられ、複数対象の追跡時にはその目印を頼りに複数の対象の中で注意を循環させることで追跡を維持する、と仮定する。この目印の貼り付け、維持は前注意的に行われるものであり、注意は必要がないとされている。一方、Cavanagh & Alvarez (2005) は Multifocal モデルを提唱し、複数のスポットライトを持つ分割された注意がそれを追跡しているのだとしている。Multifocal モデルは注意が必要に応じて分割され、同時に別々の方向に動かすことが出来ると考える説であり、そのため、複数の対象でも追跡することが出来る。ただし、分割されることによってそれぞれの注意のスポットライトは小さく、弱くなり、処理も遅くなる。以下の図1.1にそれぞれのモデルの概略を示す。

これらの説はそれぞれ、注意の働き方について異なる仮定を置いている。追跡対象に何らかの変化があり、検出しなければならない場合、FINST モデルでは注意は対象一つしか追わないと仮定するため、対象数が増加すれば各対象の注意を向けていない時間が延び、追跡対象における変化検出の成績は悪化する。一方で Multifocal モデルでは複数の対象を追うことは出来るが、注意の資源モデル(Kahneman, 1973; Wickens, 1984) を仮定しており、注意を分割すれば一つの物体に割り当てられる注意資源量も減少するために、注意による成績の改善効果は小さくなると考える。そのため、やはり FINST モデルと同様に対象数が増加すれば追跡対象における変化検出の成績は悪化する。どちらのモデルのほう正しいのかという点に関しては、まだ結論はでていないが、いずれにせよ対象数の増加は課題を困難にすると考えられる。

a;FINST model

注意は目印のつけられた対象を循環する



b;multifocal model

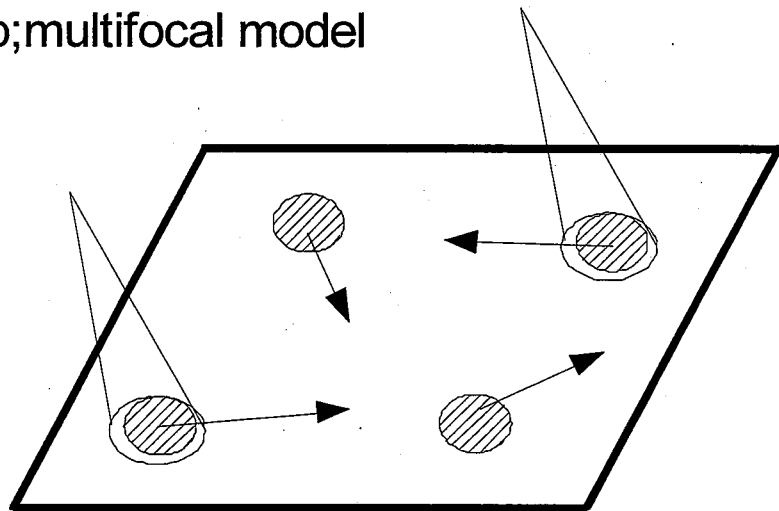


図 1.1:MOT 課題を行うためのモデル a:FINST (Pylyshyn & Storm,1988) b:Multifocal (Cavanagh & Alvarez,2005)

(図中の円錐は注意のスポットライトを示す)

さらに Scholl, Pylyshyn & Franconeri (1999) は MOT 法を用い, 追跡中における, 運動や, 色, 形など種々の情報について検討した。結果, 追跡している対象の運動方向は追跡していない対象の運動方向に比べて正確に保持されていることが示された。ただ, この実験では追跡対象数は操作していないため, 追跡対象数による成績の変化は検討されておらず, また方向変化検出という観点からの検討もされて

いない。運動認知における注意の役割の程度に関しては、検討しなければならない点だといえるだろう。

1.6 3次元空間での運動認知研究

以上のように、複数の運動の同時認識に関する検討は少ない。しかし、現実には複数の運動を認識し、方向変化判断をしなければならない事態を考えるのはたやすい。交通に関する例についていうならば、何らかの速度変化、方向変化がある事態というのは、方向変化検出に失敗すれば交通事故につながりかねないような事態であることがある。右左折、急停車、歩行者の飛び出しなどである。これらに関しては、全く見えていなかった場合も、見えていたけれども見逃している場合もありうる。しかし、運動の変化を検出するということは、事故を避けるための最低限必要な行為の一つである。

これまでの運動認知の研究の多くは平面的な運動である。しかし、実際の運動は決して平面的なものではなく、縦・横・奥行きを持つ3次元運動である。3次元運動の理解は2次元面運動と同一に考えることは出来ないだろう。だが、なにより、我々は現に飛来するボールをつかむことが可能であり、またバットで打つことも出来る。これは3次元運動に実際に対応しているということである。

では、3次元運動はどのように処理されているのだろうか。古くは Gibson(1950)がその運動認知の重要性を指摘しており、3次元の運動認知に関する研究は長らく行われて来た。3次元運動に関する認知は、まず対象のオプティカルフローなどの映像の動きを認識し、3次元座標に変換する過程であると考えられており、その数理モデルなどもすでに提案されている。(Heeger, & Jepsen, 1990)

だが、3次元運動の認知は議論が多く、一体運動をどの程度認知しているのか、という点で、決定的な結論にはいまだ至っていない。例えば先のバットでボールを打つ、という処理に関しても、ボールの運動の詳細がどの程度認知されているのか、という点で大きく分かれる。理論的には、物体の位置と運動ベクトルが理解できれば、もちろん、空気抵抗などの単純には計算しづらい要素があるとしても、ボールの将来のおおよその位置を理解することは出来る。しかし、McLeod & Diens(1996)はフライをキャッチするときを題材に、我々はボールの運動の詳細を認知していないことを示し、Peper, Boostma Mestre & Bakker(1994)もボールを受け取る時にはボールがどこに向かうのかは計算していないとしている。これらはすべて、基本的に今現在の位置を基準に、その時その時ごとに最適と考えられる行動を積み重ねていくことで結果的に最も良い行動に到達するというアプローチであり、対象の運動の詳細な認知は必要としない(Gray, Regan, Castaneda, & Sieffert, 2006)。運動情報は、対象を見ているときには認知されているとはいえないようである。

また、もっと基本的な3次元運動の方向認知の研究からも、3次元運動の認知の精度は著しく悪い(Harris, & Dean, 2003)ことが示されている。Harris & Ruston(2003)や Harris & Drga(2005)はそもそも我々は3次元運動の正確な認知は行っていないと提案している。Harris & Ruston(2003)や Harris & Drga(2005)は我々が3次元運動する対象の運動方向を判断するときには、奥行き情報を用いておらず、単純に視角のみで運動方向を推定していると主張している。この説では、両眼視差などの情報を利用して奥行きを計算する、という方法は取られず、正確な運動方向は求めることは不可能である。この結果は先の Peper, Bootsma, Mestre & Bakker(1994) の結果とも一致するものであり、我々の3次元運動認知の不確かさを示している。

では方向変化の検出に関してはどうか。正確な方向がわからないのと、そもそも方向が変化したこと気が付かない、というのは全く異なる問題である。1. 2節でもあげた、Dzharov & Allik(1993)の、変化検出時間が変化前後の速度差に依存する関数になるという説は2次元面に制限したものではないため、この説が3次元空間でも成り立つと考えるのが最も単純であるが、検証はほとんど行われていない。また、そもそも3次元空間で正確な速度の認識が出来るか、となると、正確な方向の認知が出来ない以上、それも出来ないといわざるをえない。ただ、3次元空間での微細な運動検出や、運動方向の差を検出させた Sumnal & Harris(2002)によれば、3次元運動を顔に対して平行な2次元面運動と顔に対して垂直方向の奥行き運動に分割すると、3次元運動の検出閾値をそれぞれの運動から予測された検出閾値の合算から予測できたことから、やはり3次元空間でも、基本的な変化検出の仕組みに違いがあるわけではないといえる。

1.7 現実場面における複数の運動と注意

注意が方向変化検出に影響を与える可能性があることは2次元平面の例で説明した。ではそれは3次元運動においても同様だろうか。先にふれたように、3次元運動を認識しなければならない事態として、交通場面というものが考えられる。交通場面における運動認知に関する研究は多く、左右から来る対象の経路判断や衝突判断の研究は多数存在する(Chardenon, Montagne, Laurent & Bootsma, 2005; Cutting, Vishton, & Braren, 1995; Andersen, & Kim, 2001)。また単一運動の検出力と運転成績に関係があるという検討も存在する(Conlon, & Herkes, 2008)。

その一方で、交通と注意に関する検討として、携帯電話で会話しているなどといった副次的な動作は運転の質を悪化させ、さまざまな検出を阻害する(Dressel, & Atchley, 2008)ことが知られている。携帯電

話による会話は注意を奪う課題であり、複数の対象を認知しなければならないような、特に注意を多く必要とする状況では注意を奪うような副次課題の効果はより強く表れる可能性がある。これは注意配分の問題が現実場面においても起こりえる、ということである。

しかし、複数対象の運動変化を認知する仕組みに関する検討や、複数対象の方向変化検出力と交行動の関係の検討、さらに3次元運動の方向変化検出力と注意に関する検討は、さほど多くはない。実際の交通環境をそのまま使用したような研究では、当然運動する対象はひとつではないため、複数対象の運動を検討しているが、実態環境を利用した研究では要因統制の難しさから詳しい検討が出来ないケースが多い。本研究ではなるべく実際に近い環境と、基礎的な視覚システムのつながりを検討することで、複数対象の運動認知、及び方向変化検出の仕組みと、それが実際にどのように行動に反映されるのかを検討した。

1.8 本論文の構成

本研究では複数の対象の運動を認知する際、とくに方向変化を検出する際の注意の働きの、そのパフォーマンスを決定するさまざまな要因の効果について検討し、現実場面での影響と効果について検討する。本論文は序論に当たる第1部を含め、大きく5部に分けられる(図1.2)。

第2部では、まず2次元運動を使用し、複数対象の運動認知に注意の与える影響を検討する。実験1でまず複数の対象に同時に注意しなければならない場合でも、注意を配分することで方向変化検出がより正確になることを確認し、続いて実験2では注意を配分しなければならない対象数を操作することで、同時に注意を向ける対象数が増加することで注意の効果がどのように変化するかを検討する。

第3部では、交通場面における歩行者の飛び出し検出を題材に、現実的状況で複数の運動対象への注意の効果がどのように現れるかを検討する。実験3, 4では同時に注意すべき対象数の効果がどのように飛び出し検出に影響を与えるのかを検討した。まず、実験3では歩道の様々な個所から同じように飛び出した際にどこからの飛び出しが検出しづらいのかを検討し、さらに実験4では事故につながる飛び出しではどこからの飛び出しが最も危険なのかを検討する。

第4部では、第3部で検討された飛び出しの検出事態において、利用可能な注意資源量を操作すると考えられる注意対象数以外の要因を操作することで、注意資源量が運動変化検出にどのような影響を与えるのかを検討し、飛び出し事故の視覚的原因を方向変化検出と注意の関連から検討することを目

的とした。そのために実験3, 4に加え, 個人の注意を質問紙法で評価し, さらに2重課題を用いて利用可能な注意資源量を操作することで, 検出成績が悪化する, つまり飛び出しの危険性が上昇する程度を検討した。実験5では視覚的負荷を与え, 負荷を与えることで検出成績が低下することを確認した。続いて質問紙調査を行い, 実験参加者の注意の評価方法の検討と, それが現実の交通行動にどのように影響を与えているのかを検討した。さらに実験6でこの質問紙で計測される注意力が, 運動変化検出とどのようなつながりを持っているのかを検討し, 最後に実験7で, 注意力の高低により飛び出し検出にどのような違いがあらわれるのかについて, 反応時間や注視点の動きなどを考察した。以上の結果を第5部でまとめ, 方向変化検出のモデル作成と, モデルからの予測について議論した。

複数対象運動時の方向変化検出

第1部 序論

2次元

第2部

実験1:
複数対象でも注意を向ける
ことの効果はあるか?

実験2:
運動対象数の増加と
注意を向けることの効果
:2次元

3次元

第3部

実験3:
運動対象数の増加と
注意を向けることの効果
:3次元

実験4:
危険性統一時の
個数と注意の効果

第4部

実験5:
視覚的負荷による
注意資源量の操作

調査:
注意力の測定法

実験6:
注意資源量と
複数対象への
対応力の関係

実験7:
注意資源量と
聴覚的負荷、
注視点の変化

第5部 総合論議

注意の効果は複数対象時にも
現れるか?

どのようなとき、どのような人に
検出は難しいのか?

図 1.2: 本論文の構成

第2部 2次元運動対象における方向変化の検出

1章 実験1 複数対象の追跡と方向変化検出

実験1は、運動方向変化の検出に与える注意の影響を見るために行った。具体的には、実験参加者の前方の画面に8つの対象を表示し、うち4つを実験参加者に追跡させた。これは典型的なMOT法の実験パラダイムである。Pylyshyn, & Storm(1988)によれば、MOT法を用いて複数の対象を同時に追跡させる場合、追跡可能な最大数は5個であり、よって本実験の追跡数は充分追跡可能な数であると考えられる。ただ、一般には対象の形状(Scholl, Pylyshyn, & Feldman 2001)などの条件を変えてこの追跡の正答率を計測するのに対し、本実験では、実験参加者が追跡している対象が方向変化した場合と、追跡しない対象が方向変化した場合の検出率の差を検討する。また、単一の対象の場合、変化角度によって変化検出成績が異なることはよく知られている(例えば Hohnsbein, & Mateeff, 1998)。検出の困難さに応じて注意による効果も変化するとも考えられたため、変化角度も4つの条件に分けた。

本実験では、実験参加者が追跡する対象には、注意が向けられていると仮定している。この仮定は、多くのMOT法の実験で確認されており、問題はないと考えられる(例えば Sears & Pylyshyn, 2000)。そのため、追跡している対象と、追跡していない対象における検出率の差を見れば、それが注意を向けていることによる効果であると考えられる。

本実験の目的は方向変化に対する注意の働きを検討するものであるため、本実験の課題は画面端で反射する等速直線運動を用いている。これは、常に方向を変え続ける運動が用いられる通常のMOT課題とは異なる点である。なお、このような等速直線運動を用いたMOTとしては Most, Simons, Scholl, Jimenez, Clifford, & Chabris, (2001)などがあげられるが、この実験はMOT課題は副次課題に過ぎず、詳細は分析されていない。

1.1 実験方法

1.1.1 実験参加者

実験参加者は大阪大学の学生、または大学院生14名(男性9名、女性5名)である。平均年齢は22.43歳であり、年齢の標準偏差は1.43歳である。全員が正常、または正常に矯正された視力を有して

いた。解析の際に、追跡課題に完全に正答した割合が2割に満たないとして1名を解析から除外した。

1.1.2 装置と刺激

装置は 17inch モニター(画面の視角 43.2deg, 解像度は 1024×768pixel)及びPC。OS は windowsXP で、実験プログラムは Visual Basic6.0 で記述した。実験プログラムによる描画ステップは 33Hz で動作した。

実験は暗室で行われた。ターゲットとしたオレンジ色の円, および追跡対象を示すための手がかりとした青円の輝度は, 11cd/m² であり, 視角は 1.37deg であった。また, 背景の輝度は 0cd/m² であった。また, 顎載せ台を使用した, 頭部は固定せず, あくまでおおよそその視距離を維持するためだけに用いた。視距離は 57cm である。また, 実験参加者には最初に画面の中心部を見るようには教示したが, 眼球運動を統制しなくとも追跡成績に差はないことが報告されている(Pylyshyn & Storm, 1988)ため, 特にモニターはせず, また実験中の眼球運動も禁止しなかった。

1.2 手続きと課題

実験の手続きを図2.1に示す。実験参加者は実験室に入ると, モニターの前に座り, 実験の教示を受けた。実験参加者が実験を開始すると, まず前方の画面のランダムな位置に8つのオレンジ色の円が表示された。続いてその内の追跡対象とする4個の円が青く5回 500ms 点滅した。

その後, 8つの円すべてが移動を開始した。各円は 6.3deg/s の等速直線運動を行い, 画面端で正反射した。実験参加者は円が運動している間, 最初に指示された4つの対象を追跡した。この追跡中に8個のうちの1個の円が画面端以外の位置で運動方向の変化を起こした。画面端での反射と区別するため, この運動方向の変化は画面端から 128pixel (視角 5.4deg) では起こらないよう計画した。実験参加者はこの変化を検出した場合, 即座にスペースキーを押した。スペースキーが押された瞬間に, すべての移動物体は停止した。実験参加者はどの物体が変化したかをマウスで示し, その後追跡対象である4つの円が, 今どこにあるかをマウスクリックで回答した。

実験参加者が運動方向の変化を検出できなかった場合, 運動開始からおおよそ10秒後に運動は自動的に停止した。その後, 実験参加者はどの4つが追跡対象であったかをマウスクリックで示した。最後に4つの正答が最初と同様に点滅することでどれが追跡対象であったかフィードバックした。このフィード

バックはどれが追跡対象であったか、というだけで、どれが方向変化を起こしていたかに対する回答はフィードバックしなかった。なお、正確に10秒後でないのは変化させるべき対象が画面端近くにあった場合、方向変化するタイミングを画面端から128pixel以上離れるまで遅らせ、それに伴い終了時間も延長したためである。

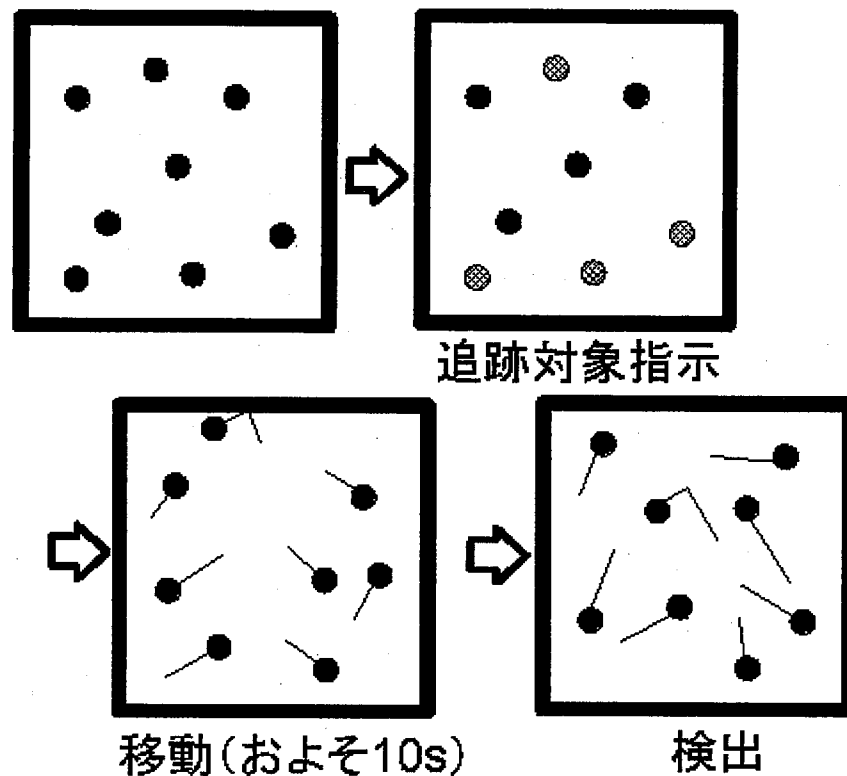


図 2.1:実験 1 流れ図

試行数は160回であり、練習試行は8回である。変化角度条件(4水準:45°,90°,145°,180°)×方向変化発生条件(2水準:追跡対象が方向変化, 追跡対象以外が方向変化)を20回繰り返した。運動方向の変化は全試行で発生した。運動方向変化の発生タイミングは、運動開始3秒後から7秒後までのランダムな瞬間であり、1試行に一回だけ必ず発生するが、これは実験参加者には知らせなかった。また、実験参加者には、運動方向の変化が起こることは知らされているが、全試行において運動方向の変化が発生していることは伝えず、運動方向の変化は時々起こると教示した。そのため、実験参加者は運動方向の変化が時々起こるものだと考えていると思われ、また実験後の内観報告でもこれは確かめられた。全試行において変化が起こっていたことに気がついた実験参加者はいなかった。

独立変数は角度(4水準)と、変化が追跡対象,または追跡対象以外のどちらに発生したか(2水準)で

あり,従属変数は追跡課題の正答率,及び変化検出の検出率であった。

1.3 結果

運動方向変化検出課題の結果を図2.2に示す。

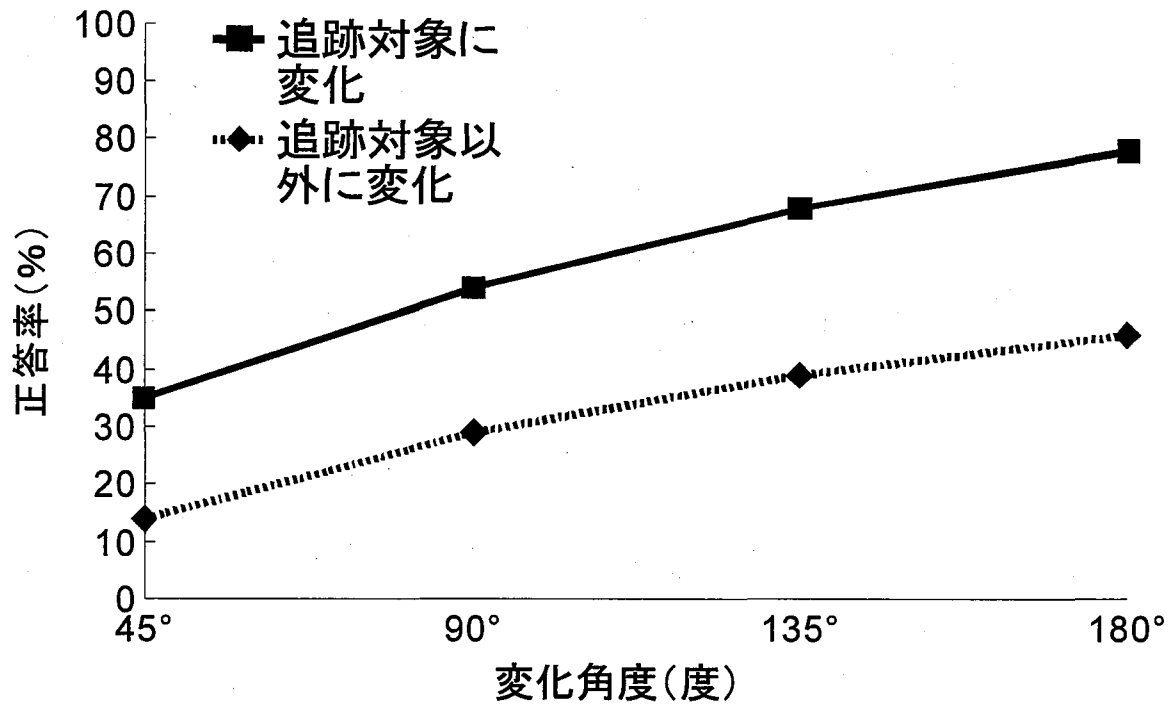


図 2.2:変化検出成績と変化角度

方向変化の検出率は, 追跡課題に完全に正解した試行だけを取り出し, その中で検出率を計算した。角度(4水準)と変化が追跡刺激,または追跡対象以外のどちらに発生したか(2水準)を要因とし,方向変化検出課題の正答率を従属変数として分散分析を行った。追跡条件の主効果($F(1,12)=28.25, p<.01$)と角度の主効果($F(3,36)=19.55, p<.01$)が見られ, 交互作用は見られなかった($F(3,36)=0.83, p>.01$)。下位検定の結果, 135°と180°の間以外のすべての区間に5%水準で有意差が見られた。

続いて追跡課題に正答した率を算出した。これはスペースキーを押した,あるいは押さなかったにかかわらず,運動が停止した後に最初に追跡する対象として指示された4つを正しく示すことが出来たかを示している。結果を図2.3に示す。なお,この正答率は追跡ターゲットを正しく答えた数が4個ならば

100%, 3つなら 75%, 2つなら 50%, 1つなら 25%とした。そのため, チャンスレベルは 50%であった。角度(4水準)と変化が追跡刺激, または追跡対象以外のどちらに発生したか(2水準)を要因とし, 追跡課題の正答率を従属変数として分散分析を行った。追跡条件($F(1,12)=1.45, p>0.1$), 角度条件($F(3,36)=1.01, p>0.1$)ともに有意差はなかった。

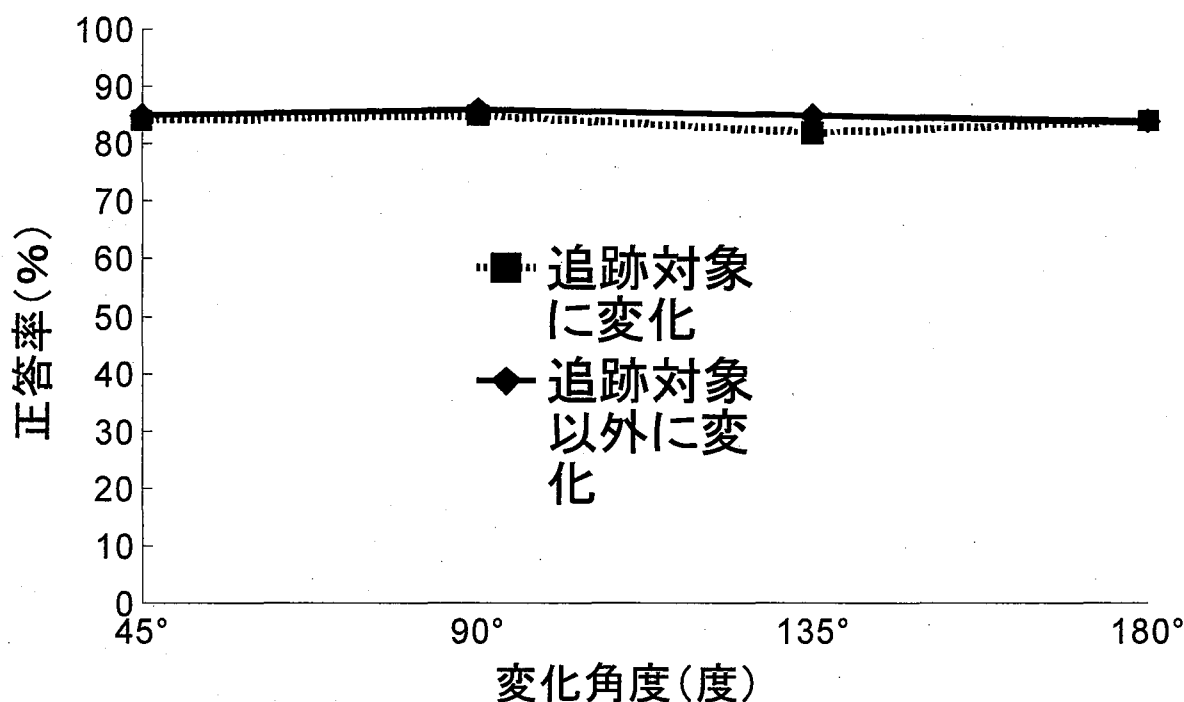


図 2.3: 追跡正答率と変化角度

1.4 考察

1.4.1 検出率と変化角度条件

まず運動方向の変化検出課題の成績と追跡の有無の関係をみると, 方向変化の角度の大きさに関わらず, 追跡対象である物体に方向変化がおきる場合が変化検出率は常に高くなった(図2.3)。この結果は, 追跡を行うことが変化の検出に対し効果がある, ということを示す。

次に角度と検出率の関係をみると, 追跡条件に関わらず, 変化角度が大きくなると検出率が上がる, という関係が見られた(図2.2)。唯一 135°-180°区間が有意な差とはなっていないが, 変化角度の増加に応じて成績は単調に増加することが示された。本実験で使用した角度変化量の範囲では, 急に検出

成績が上昇するような点はないといえる。

そこで、運動方向変化の角度ごとに、追跡対象の変化の検出率と、追跡対象でない物の変化の検出率の差をみたところ、角度に関わらず、ほぼ 20-30% で安定していた(図2.2)。この検出率の差は、追跡することによる検出率へ効果の大きさであり、注意を向けていることによる効果といえるが、この結果は変化角度が大きいなどの検出しやすいものでも注意の効果が一定である、ということを示す。

1.4.2 追跡と注意

興味深い点として、注意を払っている、つまり追跡対象に変化が起こる条件でも成績が余りよくない、という点がある。運動方向変化は対象が一つしかなければほぼ気が付くような非常に明白な変化であるが、90 度条件でも検出率は5割を超える程度である(図2.2)。本分析に用いたデータは追跡に成功した場合のみを取り出したものであり、追跡対象に注意が向けられていたと考えられる。

以上の結果は、追跡ができるのに、方向変化が認識できない場合があるということを示す。もし仮に方向変化にまったく気がついていないのであれば、方向変化をした際に対象を見失い、追跡は必然的に失敗するはずである。にもかかわらず、追跡課題にのみ成功している、ということは、追跡と方向変化の検出が直接には結びついていない、と考えられる。これは、物体の運動方向が変わるといった追跡に影響を与える重大な変化があったとしても、変化の存在が意識にまで上ることなく、処理されてしまう、ということを示す。

MOT 課題において、追跡の対象には注意が向けられていると考えられる(Sears, & Pylyshyn, 2000)。ならば、方向変化の際には注意は追跡対象に伴って移動しているはずである。もし自分の注意の位置を認識できるのであれば、運動方向が変わった際に注意の移動の変化から運動方向の変化に気がつくことができるはずである。以上から考えれば、方向変化に気がつかないという結果は、対象を追跡するときに用いられる注意では、注意を向けている位置情報は詳細にはモニターされないのではないかと考えられる。

以上から、追跡という処理と、方向変化の検出という処理は、位置情報という共通の情報を使用しているにもかかわらず、かなり異なるものであるといえる。ただし、追跡対象のほうが方向変化検出の成績が多少よかった点から、追跡という処理が追跡しかできない、という事ではなく、追跡のための処理は、方向変化の検出もある程度可能である、ということになるだろう。

しかし、そもそも本当に追跡対象に注意が向けられているのだろうか。多くの MOT 課題で説明に用いられる FINST モデルや Multifocal モデルは、追跡対象に注意が向けられている、ということを前提と

しているが、この説に関しても異論が存在する。Pylyshyn (2005)は追跡とは注意が対象を追いかけるのではなく、対象以外の物体を抑制することによって行われている、と考えた。つまり注意が対象を追いかけているのではなく、画面全体のうちで追いかけてはならないものだけ注意が向けられないようになっていくということである。この場合、追跡対象には特に多くの注意が向けられているというわけではない。この点は今後検討が必要であろう。

1.5 次の実験に向けて

実験1の結果から、追跡は方向変化の検出に対し効果があったことが示された。さらに、追跡のための処理と、方向変化を検出する処理が異なる、という可能性が示された。

今回の実験の問題点として挙げられる点は、一つはディスプレイ周辺部における方向変化を無視するような課題としていたことである。実験参加者が周辺部における反射と、検出すべき方向変化を区別できなかったために検出率が低下した可能性がある。この問題点に対しては、ディスプレイ周辺部での変化も含め、すべての変化に反応させるようにするか、あるいはそもそも端で反射しないようにすれば解決できる。

また、もう一つの問題点は本実験が追跡するか、しないか、という2段階しか用意していないことである。本実験で注意を向けるべき対象が複数でも、注意を向けることに意味があるという結果が示された。では、この対象の数はどのような意味があるのだろうか。注意している対象数が増加した場合、一つ一つへ向かう注意は減少すると考えられる。この場合、成績は減少するのだろうか。あるいは、一定数までは成績が減少しない、という可能性も考えられる。Pylyshyn & Storm (1988)によれば5つ程度までなら、同時に追跡することが可能である、とされる。方向変化検出にも、このような成績低下を避けられる限界数が存在するかもしれない。

最後に、我々が本当に方向変化の検出に対して、運動方向に関する記憶を利用していないのかどうかも検討が必要である。先にも触れたが、追跡していても、変化を検出できないということは、そのときそのときの運動方向を認知していない可能性がある。なぜならば、変化の瞬間を見ていなくとも、変化前後の方向に関する情報があれば、変化の検出は可能なはずだからである。では、変化の瞬間を見ることはどれほど重要なのだろうか。変化の瞬間を見なければ、その検出成績は大きく低下するのだろうか。

そこで、実験2ではこれらの点を克服し、注意しているかどうかだけではなく、対象数にいくつかの条件

を持たせることで、より多く注意を配分できる状況と、少ない注意しか配分できない状況を作ることとした。さらにそれに加え、変化の瞬間を見えなくすることで、変化検出に際し、変化の瞬間が見えていることがどれほど重要なのかも検討することとした。

2章 実験2. 方向変化検出における注意の効果に対する対象数の影響

2.1 目的

先に示したように、我々の周囲には運動対象が多数存在し、それらに同時に注意を配分しなければならない。一つの注意対象しかない場合は我々は利用可能な注意資源を 100 % それに振り分けることができる。しかしながら、二つの対象に注意を向けなければならない場合、二つの対象の一方に対して注意を向けられない瞬間ができたり、あるいはそれぞれの対象に対して十分な量の注意を配分できない可能性がある。

運動方向の変化の検出に注意が必要で、かつ注意を向けられる運動対象の数に限界があるのであれば、変化検出の成績は注意を向ける対象の対象数の増加に伴って減少していくはずである。ゆえに、この成績の低下のしかたを分析することで、我々が複数の運動に注意を向けたときの損失の大きさを検討できるといえる。さらに、注意を向けない対象を作っておくことで、注意を向けることによる利益がどの程度なのか、という点も検討することができるだろう。

なお、仮に運動方向の変化を検出できなかったとしても、方向変化が必ず起こっているのであれば、方向変化が起きていない物がわかっている場合には方向変化検出率は上昇してしまう。これは方向変化していないものがわかっているために、方向変化したものを回答する際に選択肢が減り、チャンスレベルが上昇してしまうためである。そこで本研究では方向変化の発生しない Catch 試行を入れることで、そのような消去法による反応を抑制し、また Catch 試行にどの程度反応しているかを解析すれば、消去法によって変化が起きた対象を類推する、といった反応がされているか判断できる、と考えた。

本実験では以上の理由から、実験参加者に複数の対象に対する Catch 試行を含む不確かな予測を持たせ、その予測が運動方向の検出に及ぼす効果を検討した。

2.2 方法

実験参加者は大阪大学の学生,または大学院生 16 名(男性 10 名,女性 6 名)である。平均年齢は 21.38 歳,年齢の標準偏差は 1.82 であった。全員が正常,または正常に矯正された視力を有していた。ただし,解析の際に一名が複数の条件で正答率が 5 % 以下となり,解析には用いなかった。

2.2.1 装置

17inch モニター(NANAO F557, 表示画面の視角は 43.2deg, 解像度は 1024×768 pixel)及び PC (E-machines J2924)。OS は WindowsXP で,実験プログラムは Visual Basic 6.0 で記述した。実験プログラムによる描画ステップは 33Hz であった。

実験は暗室で行われた。注意対象とした記号の輝度は 11 cd/m² であり,視角は 1.37 deg であった。また,背景の輝度は 0 cd/m² であった。また,顎載せ台を使用し頭部を固定した。視距離は 57 cm である。

2.2.2 手続き

実験参加者は実験室に入ると,PC の前に座り,実験の教示を受けた。図2.4 に以下の実験の流れを示した。

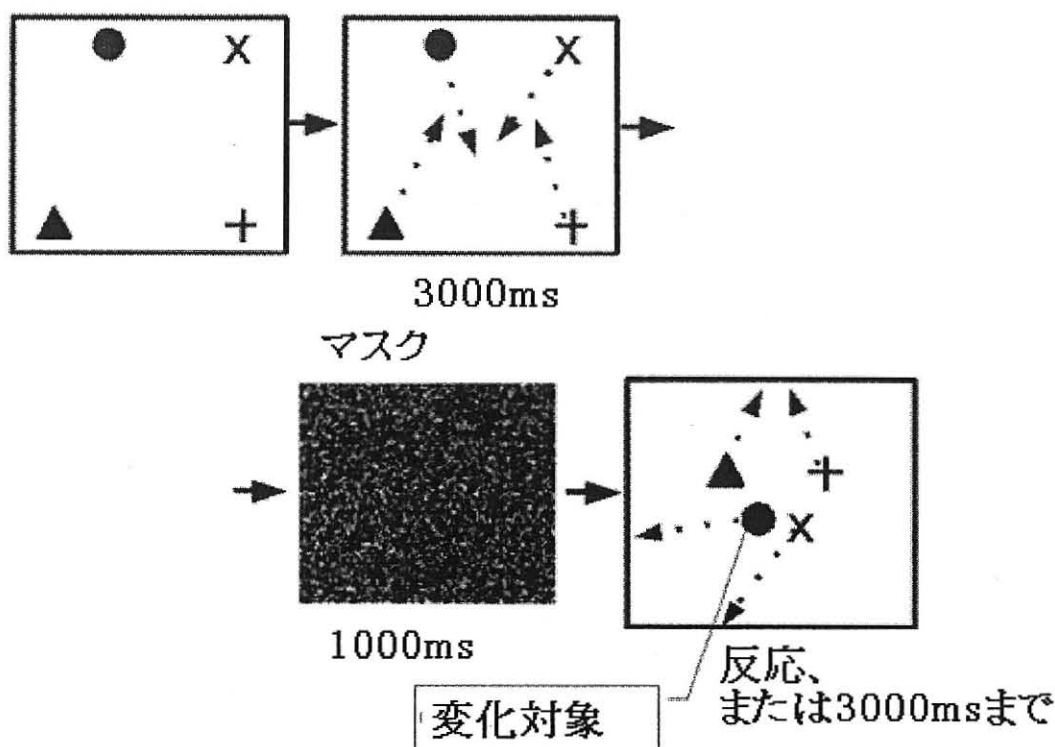


図 2.4:実験 2 流れ図

実験参加者が実験を開始すると、十字、バツ、四角、三角の4つのシンボルが画面の端に現れたのち、その内1～4個が5秒間かけて5回点滅した(500ms 明るくなり、500ms 元に戻るのを5回繰り返す)。点滅は点滅した対象がその試行において方向変化する可能性が高いことを示しており、実験参加者はこの対象に注意することを求められた。続いてそれらのシンボルが画面の反対側の端のどこかに向かって速度 6.3 deg/s で移動した。およそ3秒間の移動後、画面全体が1000msの間、ランダムドットによってマスクされた。このマスク中も、シンボルは移動を続けていた。

マスクが消失すると同時に、4つのシンボルのうち一つが運動方向を時計回り、または反時計回りに90度変化した。実験参加者はできるだけ早くこれを検出し、反応しなければならなかった。反応はまずスペースキーを押して運動を止め、その後、どれが変化したのかをマウスで回答する、という方法で行われた。なお、変化後3秒以内にキー押し反応がない場合はどれが変化したのか回答することなく、自動的に次の試行へ進んだ。ただし、本実験では変化した方向によっては方向変化を生じたシンボルが画面端から外に出てしまうことがあった。この際には、マウスクリックを可能にするためにスペースキーを押した際に一時的にシンボルを画面端の、画面外に消失する直前の地点に戻した。これは、全試行の1%程度発生した。なお、運動方向が変化しない Catch 試行も存在した。

実験で計測した従属変数は変化検出の反応時間と、正答率であった。反応時間は対象が方向変化

してから、スペースキーを押すまでの時間である。独立変数は同時に提示される手がかりの数と、手がかりの正しさであった。手がかりが1 つから 3 つまでの場合、各条件ごとに、手がかりで示されたうちのどれかが変化する Valid 条件 60 試行、手がかりで示されていないものが変化する Invalid 条件 20 試行、全く変化が起きない Catch 条件 20 試行が用意され、Validity は 75 % であった。また手がかりとして 4 つが点滅する場合は 20 試行存在した。この 4 つ点滅する条件では手がかり以外のものが変化するとはありえず、Valid 条件しか存在しない。なお、この条件の Catch 試行は 5 試行であった。結果として、全体の試行数は 325 回であった。練習試行は 8 回あった。

2.2.3 手がかりの設定

実験2における手がかりは、複数の対象が同時に手がかり提示された場合、その内のどれか一つが方向変化する確率が 75 % ある、という意味である。この変化確率を特定の一つが変化する確率という観点で計算しなおすと表 2.1 のようになる。例えば、注意対象数が 2 の場合、ある一つの注意対象が変化する確率は 37.5 % である(2 つのうちどちらかが変化する確率は 75 % である)。一方、この手がかりが外れる確率は 25 % であり、手がかりが示されていない対象数も 2 個なので、それぞれの変化する確率は半分の 12.5 % となる。今回の実験における、手がかりの意味と、その確率は実験参加者に口頭で伝えられた。

表 2.1:注意すべき対象数と一つあたりの変化確率

同時注意対象数	Valid	Invalid
1	75.0%	8.3%
2	37.5%	12.5%
3	25.0%	25.0%
4	25.0%	

なお、先にも示したように、表 2.1 中の注意対象数が 4 の条件では手がかりがすべての対象に提示されるため、手がかりは必ず正しかった。そのため、注意対象数が 4 のとき、Invalid 条件は存在しない。

2.2.4 データの処理

今回の実験では、まずボタンを押してから変化した対象がどれだったか指示するため、変化した対象を正しく指示できたかどうかにかかわらず反応時間を求めることができた。しかし、実験の結果、実験参加者は変化対象を検出できなかった場合にはボタンを押さないことが多かった。このため、ボタンを押したが変化対象の判断を誤った、という反応時間のある誤反応は誤反応全体の 15 % だけであり、統計的分析を行うには十分な数とはいえなかった。そのため反応時間は変化した対象を正しく指示できた場合のみを用いた。変化を検出しないかぎりボタンを押さないという回答傾向は Catch 試行に関しても同様であり、Catch 試行における反応時間も分析対象とはしなかった。この事は、先に示した消去法による反応を Catch 試行の存在で抑制することに成功したことを示す。

解析は実験参加者を変量因子、Validity (2 水準: Valid, Invalid) と注意対象数 (3 水準: 1, 2, 3) を独立要因として 2 要因一般線形混合モデル解析を正答率、反応時間の両方に対し行った。本実験では注意対象数が 4 のとき Invalid 条件が存在せず、不完全な配置となるため、注意対象数が 4 の場合を分析から除外した。その後、さらにこの Valid で注意対象数が 4 のときの効果を検討するために、Valid 条件のみを取り出して、再度 4 つすべての注意対象数における 1 要因一般線形混合モデル法で解析を行った。

2.3 結果

まず、反応時間に関する結果を図 2.5 に示す。

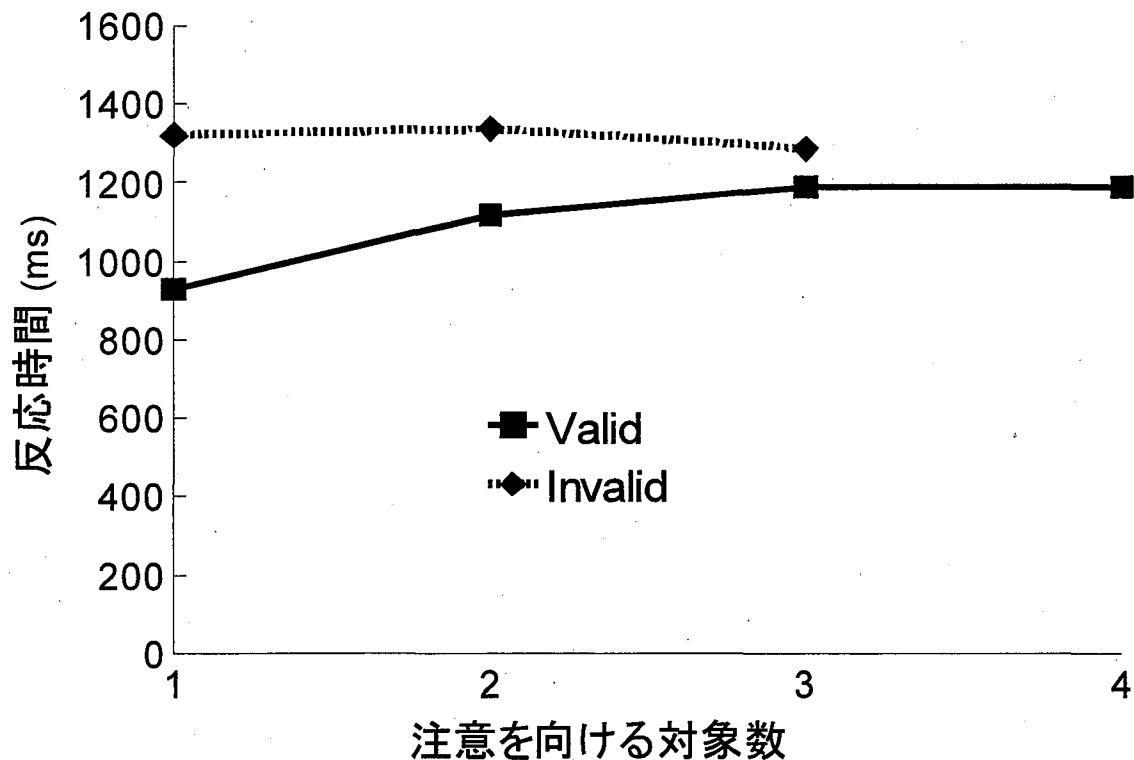


図 2.5:注意を向ける対象数と反応時間

注意対象数の主効果は有意であり($F(2,28)=9.71, p<0.01$), また Validity の主効果も有意 ($F(1,14)=65.00, p<0.01$) であった。さらに, その交互作用も有意であった($F(2,28)=12.12, p<0.01$)。Tukey の HSD 法による交互作用の下位分析の結果, 有意水準5 % で注意対象数の効果は Valid 条件の1 と2, 1 と3 の間で見られた。一方, Validity の効果は全対象数条件で見られた。再度, 4 水準で注意対象数の検定を行ったところ, 注意対象数の主効果は有意であった($F(3,42)=45.41, p<0.01$)。Tukey の HSD 法による多重比較の結果, 有意水準5 % で1 と2, 1 と3, 1 と4 の間, 2 と4 の間に有意差が見られた。

続いて正答率に関する結果を図2.6 に示した。

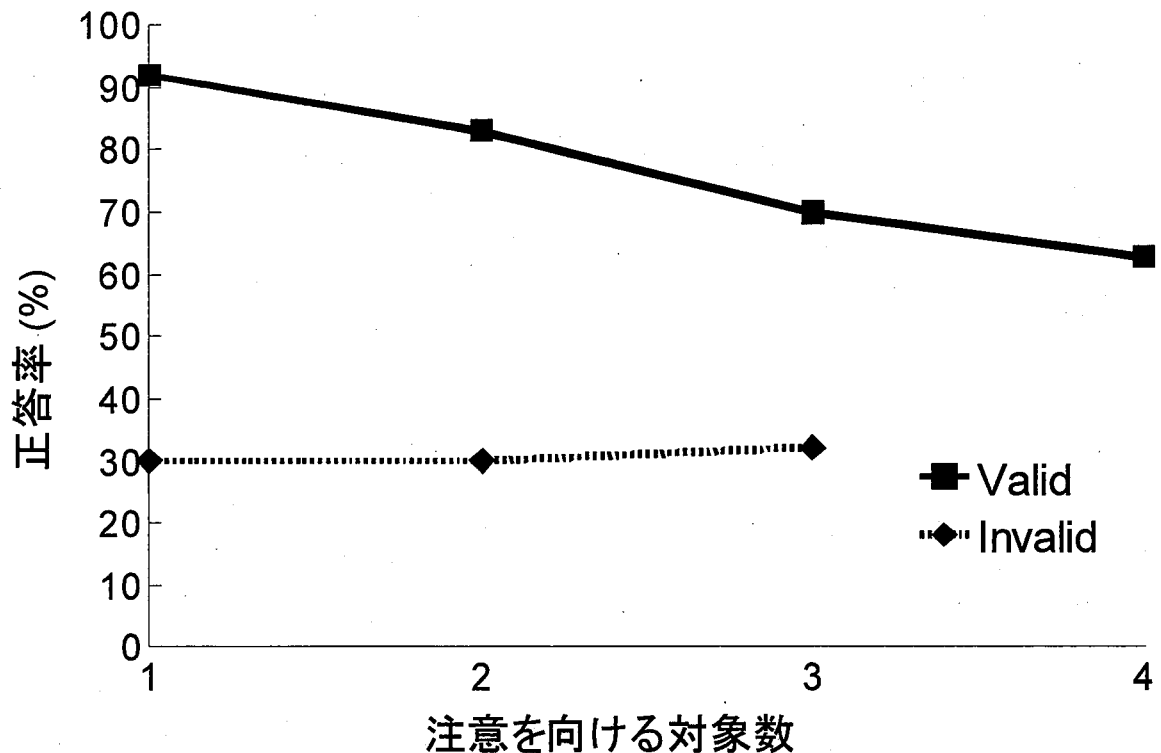


図 2.6: 正答率と注意を向ける対象数

注意対象数の主効果は有意であり($F(2,28)=11.56, p<0.01$), また Validity の主効果も有意 ($F(1,14)=95.89, p<0.01$) であった。さらに, その交互作用も有意であった($F(2,28)=13.08, p<0.01$)。交互作用の下位分析の結果, 注意対象数の効果は Valid 条件では1と3, 2と3の間で見られたが, Invalid 条件では一切差は見られなかった。また, Validity の効果は全対象数条件で見られた。

再度, 4 水準で注意対象数の検定を行ったところ, 注意対象数の主効果は有意であった ($F(3,42)=27.32, p<0.01$)。Tukey の HSD 法による多重比較の結果, 有意水準5 % で1と3, 1と4の間, 2と3, 2と4の間に有意差が見られた。

2.4 考察

まず本研究の目的であった, 対象数と方向変化検出率の関係に関しては, 反応時間では2と3, 3と4の間に, 正答率では1と2, 3と4の間に有意差がないものの, 注意対象として指示される対象数が増加するのに伴って基本的に Valid 条件の正答率は低下し, 反応時間が増加して行くことが示された。これはすなわち, 個々の対象に対して注意配分が必要となること, および, 対象数の増加に伴って一つ

あたりの注意資源量は低下していくことを意味しており、複数の対象の運動を効率的に処理できるような機構は存在しないことを示している。なお、実験1とは課題内容が大きく違うため直接の比較は出来ないが、変化の瞬間が見えていなくとも、変化検出が不可能となるようなことはなかったため、方向変化検出において運動方向に関する記憶を利用する可能性はある。

また、Invalid 条件においては、注意する対象数とは無関係に検出反応時間、及び正答率は一定となった。特に、本実験では注意を向ける対象数の増加に伴って Invalid 条件に割り当てられる対象数は減少していくため、一つ当たりの注意資源量が増え、成績が向上する可能性もあった、という点から見て興味深い。これは、特に注意するよう示された対象のみに注意を払い、たとえ変化する可能性があってもそれ以外の対象には注意を払っていないことを示す。

なお、この Invalid 条件の結果は床効果であるとは考えにくい。なぜならば、データの処理でも触れたように本実験では方向変化を検出できなかった場合は実験参加者は基本的にボタンを押さず、どれが変化したのかの回答を行わなかった。一方、実験参加者が回答した場合の 85 % は正答であり、これはチャンスレベルよりはるかに高い。つまり、実験参加者はどれが変化したかわかった上でボタンを押していることになり、床効果ではないと考えられる。

さらに、Valid 条件と Invalid 条件の間には、大きな差が確認された。しかもこの差は、注意を向ける対象を3つにまで広げてもなお正答率で 30 % , 反応時間で 100ms という大きな差であった。

この差が大きいということは興味深い。なぜならば、注意を向ける対象数の増加に伴って注意による反応促進、及び正確さへの効果は小さくなり、Valid 条件での成績は Invalid 条件での成績に近づいていくと考えられるが、少なくとも 4 つ程度ではその効果がなくなるわけではない、ということを示しているからである。

ただし、本実験のもっとも対象数の多い条件とは 4 つの対象に注意を向ける条件であり、より多くの対象に注意が向けられた場合、さらに成績が低下する可能性は十分考えられる。全体に注意を向けていても常に大きな効果が得られるかどうかは、本研究だけではわからない。

なお反応時間に対する対象数、および Validity の効果も正答率で見られたものと同じであり、反応時間と正答率のトレードオフによって結果が変化するとは考えられない。

以上の結果からこれまでの結果を総括すると、『注意を向けることによって方向変化検出成績は向上する。複数の対象に注意を向けるときにおいても同様であるが、注意対象が増えると注意を配分することによる検出の促進は低下していく。しかしその一方で、注意していない対象で変化が起こる場合の検出成績は一定に保たれる』ことが示されたといえる。

3章 総論:第2部

3.1 複数対象に注意を配分するというものの意味

本研究では手がかりを提示することによって注意をひきつけ、さらに実験2では特に変化の瞬間が見えないときの検出成績を検討した。その結果、変化の瞬間が見えるかどうかにかかわらず、複数の対象に注意が向けられた際には、注意による効果は対象数の増加に伴い減少するものの、注意を向けるよう指示されなかった対象と比較すればその正答率、反応時間にはたとえ同時に4つの対象に注意を向けなければならない条件でも、依然として大きな改善が見られることが示された。では、どのようなモデルならば、この結果を説明できるのだろうか。

そこでまず、Invalid 条件の成績に注目する。本研究では、注意対象において方向変化検出の成績が上昇することは注意による促進的効果であると仮定している。であれば、結果から示されたように、Invalid 条件の成績が注意対象の対象数によって変化しなかったということは、Invalid 条件では対象数や変化確率にかかわらず、配分された注意資源量に差がない、または注意自体が払われていないということとなる。事実、Alvarez, Amendo, & Cadaveira (2004) は、変化検出は注意を向けることで改善するが、根本的には注意を必要としない課題であることを示している。Invalid 条件で変化検出の生じた対象に対して注意が払われなかったとすれば、Invalid 条件での変化検出成績は、変化検出に対して注意を配分していない際の成績を示していると考えられる。すなわち、注意配分されなくても、一定程度の成績は保つことが出来るのである。

さらに、運動方向は視野全体で並列に処理しうるものである(Horowitz & Treisman, 1994) ことはすでに示されており、複数の場所における運動の認知に限界はない(Shaw, 1980) とされている点を含めて考えれば、本研究の結果は基本的な注意資源モデル(Kahneman, 1973; Wickens, 1984), およびそれを基本とした Multifocal モデル(Cavanagh & Alvarez, 2005) などで説明できる。すなわち、Invalid 条件の結果をベースラインとして、これに配分された注意資源量に応じた促進が見られるとするモデルである。全体としての注意を一定だとすれば、注意を向ける対象数が減少すれば一つあたりの注意資源量は増加するため、成績は良くなる。結果として、Valid 条件の対象数による成績の差はあくまで注意がいくつの対象に配分されたか、という点のみの差であり、その違いは配分された注意資源量を反映していることに

なる。あくまでベースラインとしての並列過程が存在するため、成績は注意が配分されなくとも、一定以下には低下しない。

もちろん、注意資源量は覚醒水準によって変わる可能性(Kahneman,1973)があり、本実験でも特に対象数が多い条件などでは覚醒水準が上昇した可能性がある。だが、対象が複数のときに成績低下が見られたことから考えれば、覚醒水準の効果は成績低下を補償するほどではなかったということだろう。以上の注意資源モデルによる説明は今回の実験の結果をよく説明できる。

運動方向変化の検出が対象数の増加に伴い困難になる、という結果は、Tripathy & Barret (2004) の結果を確認したものといえる。本研究では、Tripathy & Barret (2004) の検討に加え、条件ごとの全体としての刺激数を一定にし、手がかりが不確かである場合を加えている。本研究による新しい知見は Invalid な対象には注意が払われてない、あるいは少なくとも一定の注意しか払われないということを示したことであり、また、注意を払うことの利益は少なくとも対象数が4つまではなくなるらないということを示したことにある。ただし、Invalid な対象に注意が払われないという結果は本実験の実験参加者特有のストラテジーであった可能性も否定できないため、この点は今後検討の必要な点だろう。

また、異なる解釈として、Thorton, & Gilden(2001)は運動の検出閾値の研究で、限られた注意を複数の対象に分割し、並列的な走査を行うという Capacity limited parallel process を提案している。このモデルに基づいて本研究の結果を解釈するのならば、Invalid な対象には一定の注意が払われているために一定の反応時間である、という解釈になる。

この場合、注意すべき対象数が増えて、その一定の注意資源量すら賄うことが出来なくなればあるいは Invalid の成績も下がる、と解釈される。このとき、Invalid と Valid の成績の間に差は無くなるものとおもわれる。ただ、先にもあげたように運動の認知は限界のない並列過程であるという検討も存在 (Horowitz & Treisman, 1994) するため、運動の並列処理がどこまで可能なのかという詳細は今後の検討とせざるをえないだろう。

さて、以上を示したモデルは反応時間の減少を予測するものであり、正答率に関するものではない。しかし、正答率も反応時間と同様に、注意対象数の増加に伴い、Valid 条件の成績が悪化する一方で Invalid 条件の成績は一定であった。Wolfe, Reinecke & Brawn (2006)は注意を向けた対象で記憶に保持できるのは2, 3個程度である、としている。この記憶量の制約は注意対象数を増やしたときの記憶成績低下の原因かもしれない。また、この限界ゆえに注意対象だけで記憶の限界に達し、注意しない対象は記憶として保持されない、ということが考えられるが、この事は Invalid 条件で正答率が一定となることの原因のひとつと考えられる。

なお、本研究では手がかりで示した複数の対象のうちどれかが変化する、という手がかりの与え方であったため、対象一つあたりの手がかりの Validity と手がかり数の間に負の相関がある。そのため、反応時間、及び正答率の成績の悪化原因が手がかりの Validity の低下であるのか、あるいは手がかりの対象数の増加であるのかを厳密には区別できない。この点については今後の検討が必要である。ただ、Whitehead, Mackenzie, Schlibner, & Bachorowski (1997) は単純な視覚検出課題を用いて手がかりの Validity の効果を検討したが、その結果、手がかりの Validity の低下は成績を悪化させるどころか、むしろ改善させる効果があるとしている。この理由ははっきりとは断定されていないが、おそらく、Validity の低下によって課題の処理方式が変化し、意識的な処理方法から、より無意識的で、自動的な処理機構に依存する手法に変化したのではないかと述べられている。本実験との課題の違いからこの結果が直接適用できるとは考えにくい、やはり Validity の低下だけが成績悪化の原因なのではなく、対象数の増加が成績悪化の主要な原因であると考えられる。

では、以上の結果はどのような予測をもたらすのだろうか。本実験の結果は複数の対象に注意を向ける場合、一つあたりに向けられることのできる注意資源量は単純に注意を向けた対象数に反比例し、反応時間や記憶成績も注意資源量の減少に伴って低下するというものである。結果、複数の運動変化を同時に認知するのは困難なことになる。なぜならば、対象数が増えると、変化検出に十分なだけの注意を用意できなくなるためである。

ただ、それは複数の運動を処理することがまったくできない、というわけではない。方向の認知自体は並列的機構で行われているため、運動対象の数が増えたとしても、ある一定程度のパフォーマンスは維持される。結果として、実際に複数の対象が同時に動く場合においても、我々はある程度までは動きを同時に認知し、対処することができる。しかし、運動の変化をなるべく早く検出したい、という時にはそれでは不十分であり、行動にとって特に重要な対象の動きに注意配分し、成績を高めていると考えられる。現段階では可能性に留まるが方向変化検出には、注意力を必要とせず、複数の運動をある程度処理できる機構と、注意力が配分されることによって正確な認知を行う、二つの機構が存在するのかもしれない。

複数の対象が存在する場合には速度認知・運動方向認知のパフォーマンスが低下するということは、複数の対象が存在する中での正確な速度認知・運動方向認知が求められる場合、例えばスポーツや、交通環境などでは、求められるだけの正確な認知を実現することは困難であるということである。運動対象の数が増加すれば、注意を払っていたとしても注意による利益は薄れ、我々の反応時間は注意を払わなくても可能な一定の反応時間に近づいてゆく。注意を特に一つの対象に集中させることで、注意を集中させた対象に対する処理を促進させることはできるものの、集中している対象以外の場所に反応し

なければならなくなると、大きな損失をこうむるといえる。

本研究の結果から見れば、注意を方向変化が予測される特定のターゲットに集中すれば、予測が正しい場合にはより早い検出反応が可能だが、予測が間違っていた場合には反応は遅くなってしまう。むしろ全体を注意したほうが予測が外れたときの反応の遅れが生じないため、より有効な注意方略となるかもしれない。集中させるべきか否かという点は、その課題の難易度、及び対象数と、反応に失敗した際にどのような不利益、被害が発生するかという点を考慮し、状況に応じて変えなければならないだろう。

3.2 低下する検出力をどう補償するか

以上のように、我々は複数の運動対象の認知を並列的に処理することはできないと考えられる。しかし、我々はスポーツであれ、交通場面であれ、複数の対象に注意しなければならないような状況に遭遇することは数多いと考えられる。ならば、我々は複数の運動対象を同時に注意しなければならない状況に対し、どのような方策を採っているのだろうか。

我々が日常、普段から遭遇する状況であるからには、複数の運動対象を同時に注意しなければならない状況に対して、何らかの対策を講じているだろう、と考えることができる。では、それはどのような方法だろうか。また、その方法には個人差などが考えられるのではないだろうか。そもそも、実際の3次元空間運動に対して、我々はどのように認知をしているのだろうか。

以上のような点を踏まえ、より日常遭遇しうる状況に近い場面での、我々の注意と運動認知の関係を計測することで、我々の3次元・複数対象の運動の同時認知の仕組みを理解する一助としたい。そこで第3部は3次元空間における注意と方向変化検出の関係に基づき、特に交通場면을題材に、まず現実に近い状況での運動対象の方向変化検出の仕組みを検討する。

第3部 道路上を想定した運動対象認知

1章 序論

1.1 複数対象運動の認知と交通環境

すでに第2部で見てきたように、本研究では複数の運動対象の運動方向変化検出を取り扱っている。第2部では2次元空間での方向変化検出を取り扱ったが、方向変化検出を行うべき現実的な状況として、以下第3部では直線道路での方向変化検出を扱う。

先にも交通場面を例に3次元空間における運動を説明してきたが、交通場面は3次元運動認知研究の題材として、スポーツと並んで広く使用されてきた。様々な高速の運動を含みながら、安全上の要求も存在する、というのが理由だろう。交通場面における運動認知に限ってでも自己や対象の速度知覚(Conchillo, Recarte, Nunes, & Ruiz, 2006; Recarte, & Nunes, 2002), 方位判断(Lalish, & Andersen, 1995)など多数存在する。そのような交通と運動認知にかかわる研究の中で、広く使用される、運動に関連する指標として Time-To-Collision(TTC)(Lee, 1976)がある。TTC は主に交通環境を想定した研究で用いられる指標であり、衝突までの残り時間のことを示す。具体的には自車、及び周囲の運動する対象物が現在の移動速度を保ったまま進行した際に、自車が先行車や、その他の対象と衝突するまでの時間のことである。また TTC を推定させるのではなく、衝突するかどうか、という可能性自体を推定させることもある。もちろん、これは TTC が無限大かどうかを推定していると言い換えることもできるため、これも TTC を推定させているといえる。

しかし、翻って考えてみるに、TTC の推定が必要かどうかには疑わしい面もある。TTC の推定が仮に可能だとしても、衝突危険性に気が付いた瞬間の TTC が制動に必要な時間よりも少なければ、すなわち衝突を避けられないということである。また、厳密には現在衝突する可能性がないとしても、車両であれば、加速も、減速も、方向変化もする。現在衝突の可能性がないからといって、回避運動をしなくて良い、ということには決してならない。つまり、実際に衝突するかどうかよりも、もっと基本的にそもそも近くに対象があるかどうか、気づくことのほうが重要であるといえるのではないだろうか。

また、TTC の判断を失敗するというのは、見えている対象の動きを誤認することであり、そもそも

見えてもいない対象の TTC を計算することは出来ない。ゆえに、衝突する、しないに関わらず近くにある対象に気が付き、その運動を認知しておくことのほうが重要だといえるのではないだろうか。方向変化があったということは運動の認知を新しく書き換えなければならないということであり、方向変化に気が付くことは常に正しい運動情報を認知し、保持しておくための要件の一つである。以上の理由から、3次元空間においても、方向変化検出は重要である。道路上に対象が飛び出だしてきたことに気が付くかどうかという方向変化の検出は3次元運動においても有用なものである。

以上を踏まえ、まず直線道路を想定した映像内での飛び出し検出課題を行う。運転者はどこからの飛び出しに対して気がつきにくいのだろうか。

2章 実験 3. 道路上での飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果

2.1 目的

実験 3 の目的は道路環境を想定した映像内で、左右の歩行者の運動方向の変化検出を行う際に、検出時間が対象の数や変化位置によってどのように変化するかを検討することである。本来、方向変化検出の研究であれば対象の大きさや速度、画面内の位置など、統制すべきものは多数存在しうるが、本研究ではこれらの要素の統制は行わない。それは、実際の 3 次元空間では遠くのものは小さくなり、見た目上の速度は小さくなるという関係が存在するからであり、かえってこれらの条件を統制すると現実性が失われ、道路環境を想定する本研究の目的と反すると考えたためである。以降の実験においても、本研究ではこれらの要素の統制は最低限にとどめるかわりに、現実性の維持を目標とする。

2.2 方法

2.2.1 実験参加者

大阪大学の学生 12 名 (男性 5 名, 女性 7 名)。である。平均年齢は 21.38 歳, 年齢の標準偏差は 1.82 歳であった。全員が正常、または正常に矯正された視力を有していた。

2.2.2 装置

上記の CG 映像をプロジェクター (Canon LV7325) を通してスクリーンに投影した。投影面は 140*80(cm) であり、視距離は 1.5m であった。結果、視角は 43 度であった。被験者は顎乗せ台を用いて頭部を固定した。装置の配置図を以下の図 3.1 に示す。

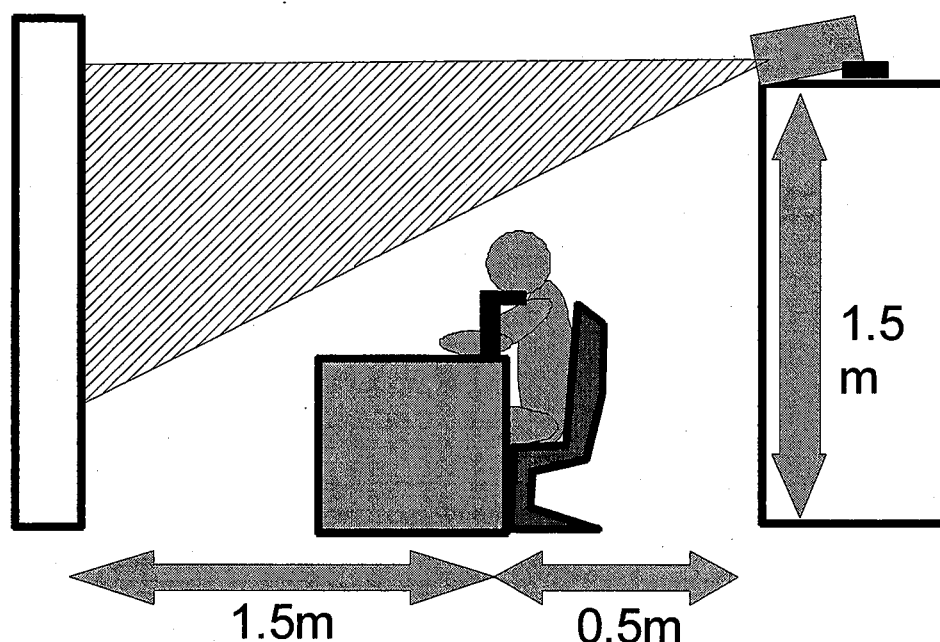


図 3.1: 実験装置配置図

仮想空間の設定

CG による仮想空間は VisualBasic.Net と DirectX 9.1 を使用して作成した。描画空間は仮想空間内でカメラから前方 1.5 m から 100 m までの空間であり、描画角度は 45 度であった。仮想空間内下側に 12 m × 100 m の灰色の板が配置され、これが道路を模していた。カメラは道路中央から仮想距離左側 1.2 m の位置に、ターゲットとなる円柱は仮想距離左右 5 m の位置に配置された。カメラが左側に寄っているのは左側通行である実際の交通環境を再現するためである。さらに、円柱の外側、仮想距離 6.5 m の地点に仮想サイズ 0.5 × 0.5 × 4 m の四角柱が遠近感と前進感を強めるために配置された。

2.2.3 手続き

実験手続きを以下の図 3.2 に示す。試行を開始と同時に、直線道路上を時速 40 km/h で前進してい

く際に見られる映像を模擬して表示した。画面中央部に黄色の四角が表示され、実験参加者は実験試行中これを固視していた。なお、画面内の背景に当たる場所の平均輝度は 65.2 cd/m^2 であり、ターゲットである円柱の平均輝度は 38.2 cd/m^2 であった。

実験参加者の課題は二つあった。一つは画面中央に出ている四角形の色変化を検出することであり、もう一つが、道路周辺にいる、歩行者を模した円柱の運動方向の変化を検出することである。四角形の色変化の検出は中央固視の維持のためにおこなわれたが、解析の対象とはしなかった。一方、円柱は初めは静止しており、画面内にある円柱のうち1本が試行開始時から5秒経過以降で特定の地点に到達したときに道路反対側に向かって 4 km/h で移動した。ただしカメラが前進しているため、円柱は静止していても接近してくるように見えた。実験参加者には、どの円柱が飛び出してくるか予測する方法はなかった。これらの変化は一試行ごとに開始から約10秒経過後にどちらかが必ず発生し、実験参加者は色変化、運動方向変化のどちらを検出してもキーボードの同じMのキー押しで反応した。なお、円柱の大きさは仮想空間内で半径 0.3 m 、高さ 1.7 m とした。これは一般的な人間がの大きさを参考に設定した。また、円柱がカメラの横を通り過ぎた場合はまた遠方に再配置しなおすことで、画面内の円柱の数は試行内で一定に保たれた。

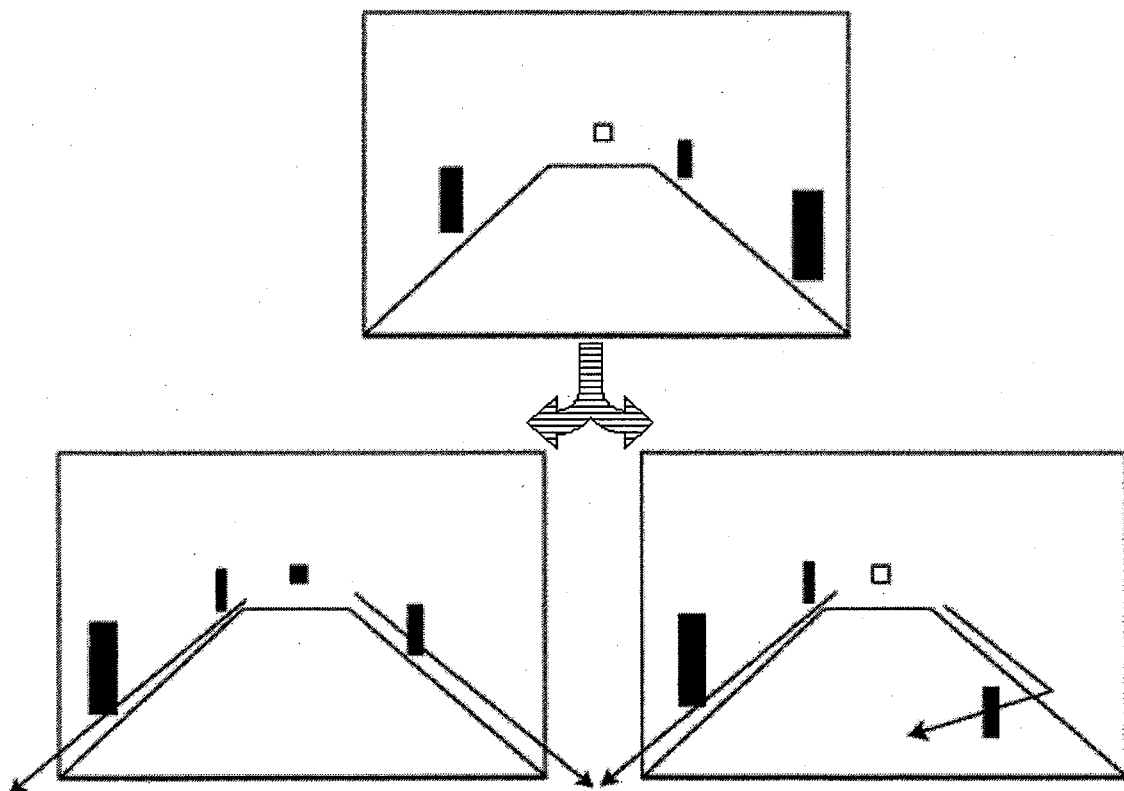


図 3.2: 実験 3 実験流れ図

独立変数は円柱の方向変化位置 (4 水準) * 円柱の数, すなわち変化する可能性のある対象の数 (3水準)。円柱の方向変化位置は手前 (仮想距離で自転車から 40m 前方) と奥 (仮想距離で自転車から 75m 前方) の 2 水準と歩行者が左右どちら側の歩道にいるか, の 2 水準をかけ合わせて 4 水準であり, 円柱の数は 2, 4, 8 の 3 水準であった。また実験試行数は 270 試行であり, うち 54 試行が中央の四角形の色変化であったため, 解析に用いられたのは 216 試行であった。なお練習試行は 8 試行であった。

2.3 結果

結果を図3.3に示す。

円柱の方向変化位置 (4 水準) * 変化する可能性のある対象の数 (3水準) を独立変数とし, 反応時間を従属変数とした分散分析の結果, 対象数の主効果は有意 ($F(2,20)=5.52$ $p<0.05$), 変化位置の主効果は有意 ($F(3,30)=40.35$ $p<0.001$), さらにその交互作用も有意 ($F(6,60)=2.69$ $p<0.05$) であった。

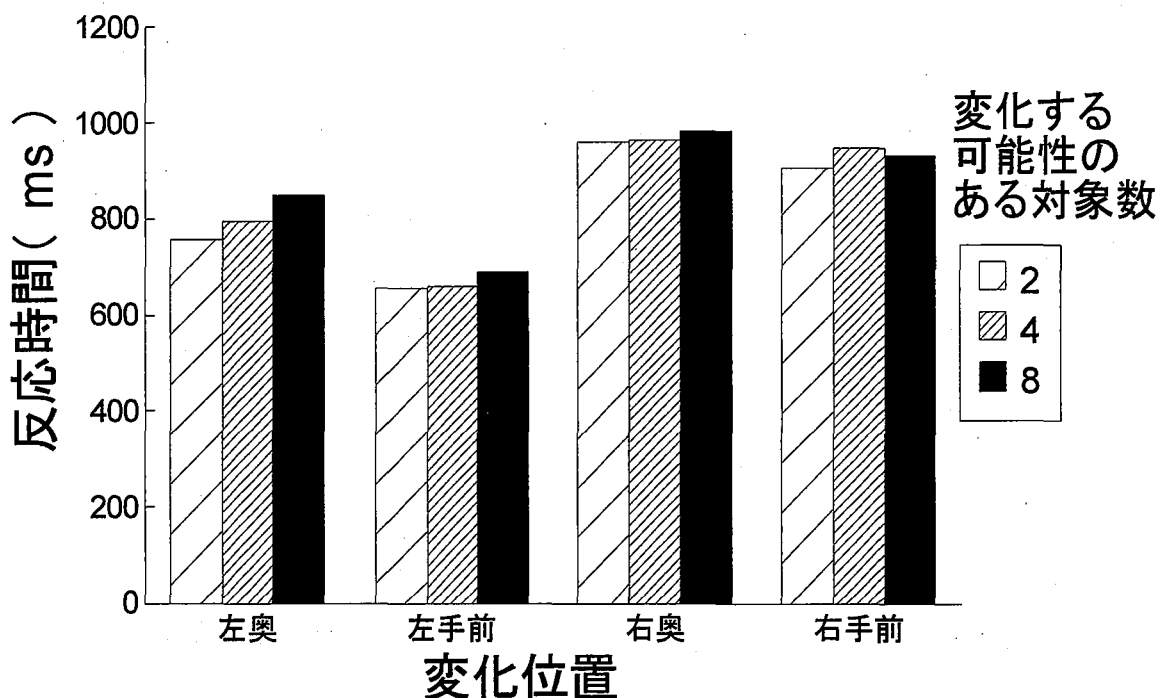


図 3.3: 対象数, 変化位置と反応時間

多重比較の結果, 対象数では 2 と 8 の間に有意差が見られ, また変化位置に関しては右奥と右手前

の間を除くすべての区間で有意差が見られた。さらに交互作用の多重比較の結果、左奥においてのみすべての対象数区間で有意差が見られた。

2.4 考察

本実験の条件では、3次元空間を2次元に投影したために、遠距離と近距離の間では刺激の大きさ、見えの速度、中心からの距離が異なっており、しかもその変化は連動した。そのため、結果がどのような物理的特性に依存するのかは厳密には判断のしようがない。しかし、本研究の目的は現実的なパラメータに揃えることでなるべく現実に応用できるデータを取得することにあるため、これは問題ではない。

ただ、それでも実際の物理パラメータと結果の一致度を見ることに意味はある。変化速度に関しては、2次元面での研究から、変化前の速度と変化後の速度の差分が重要であるとの結果を得ている。(Dzhalof, Sekular & Allik, 1993)。本実験の運動速度変化量を計算すると、本研究で用いられた4点における2次元投影後のX軸速度変化量は左40m前:0.278deg/s、左75m前:0.077deg/s、右40m前:0.138deg/s、右75m前:0.076deg/sとなる。速度変化量の大小と反応時間の大小は一致しておらず、速度によって反応時間が決定されているとは考えにくい。ただし、この速度は変化時の速度変化量を計算したものであり、本実験では変化後の速度が時々刻々変化するため、変化速度量が反応時間を決定付けるかどうかは保証できない。

変化速度量の大きさと反応時間で大きく違う点は、右車線のほうが総じて遅いという点である。先に示したように、その理由をはっきりと定めることは本実験では不可能である。しかし、右車線だけに特有の何かが存在する可能性は否めない。そこで、さらに詳しく検討するために、左奥と右奥の差に注目する。この2者は画面上の中心からの距離や見えの速度はほぼ同じであり、物理的性質でその差を説明することは難しい。にもかかわらず、反応時間は右車線のほうが明らかに遅い。この事は、実験参加者自身による注意配分の偏りなどの、物理的特性の大きさとは無関係な理由によって反応時間が影響を受けている可能性を示す。

また、主効果のみならず、左奥でのみ対象数の効果が表れたことも興味深い。対象数の効果は2次元での実験では見られていたことを考えると、多くの場所で対象数の効果が見られないのは不自然ではある。ただ、実験内容の大きな違いがあることは事実である。本実験は実験2のように変化の瞬間が見えない実験ではないし、また実験1と違い、視覚対象は観察者に近い空間では非常に大きくなる。また、

変化した対象がどれだったかという特定を求めている。これらの理由により、対象数の効果が見られなかった可能性はある。

左奥で対象数の効果があったということは系列探索が行われているということだが、一方右側ではそのような効果は得られず、変化を起こしたときにポップアウトすると考えられる。これはすなわち、左右で検出の仕組み自体が異なる可能性を示す。ただ、左手前では対象数の効果が見られていないために、左右ではなく、左奥のみにかかわる要素がある可能性も強い。これは次の実験でも検討する。

左右で検出の方略自体が異なっている仕組みを答えることは現時点では出来ないが、実際の状況を考えてみると、道路の左側の歩道のほうが自転車に近いため、右側よりも優先して変化を検出する必要がある。すなわち、本実験の結果は、現実環境に対する適応の結果かもしれない。また、左奥は最も見かけ上の運動速度が遅い場所でもあり、運動速度の遅さによる難易度によって対象数の効果が現れたのかもしれない。検出の難易度ではないが、Tipper, Weaver, Jerreat, & Burak, (1994)は運動方向や回転、拡大縮小などの運動の種類によって、並列走査可能な運動と、不可能な運動がある可能性に触れている。運動自体の検出難易度はなんらかの関係があるかもしれない。

また、近距離においても左右の間に大きな差が見られたが、近距離では双方の見えが相当異なっており、対称とはいえなかったため、詳細な検討は避けることにする。この非対称性は自転車が左車線を走っているために起きたものであり、おもに画面上での位置・加速度に大きな違いが見られたことに起因すると考えられる。

2.5 次の実験に向けて

本実験の結果、左右で検出の仕方が異なる可能性が示唆された。しかしながら、本実験の結果は右側からの飛び出しの方が危険であることを意味しない。

なぜならば、本実験では飛び出し速度を統一した結果、飛び出す場所によって衝突の仕方が異なり、一部には衝突の可能性がない条件も含まれているからである。本実験自体はあくまで飛び出しの検出課題であり、飛び出しが危険なものであるか、危険なものでないのかの判断は一切求めている。先に述べたように、衝突する危険の有無判断は必ずしも重要ではないと考えるからである。

しかし、やはり危険性のない対象は検出しなくてもよいというのも事実であり、本当にどこからの、どのような条件下での飛び出しが最も危険か判断するためには、すべての衝突可能性は統一しておくべき

といえる。このことによって、本当に最も危険な条件を判断することができ、安全にも寄与できると考えられるからである。

そこで、次の実験ではすべての飛び出し場所における衝突可能性をそろえ、すべての個所からの飛び出しで衝突するように飛び出し速度を変更する。このことによって、最も危険なケースとはどのような状況なのか、という判断することができると考えられる。

3章 実験 4. 道路上での衝突可能性のある飛び出し検出に対する飛び出し対象数の効果

3.1 目的

実験 4 の目的は道路環境を想定した映像内で、左右から飛び出してくる歩行者の検出を行う際に、検出速度が対象の数や飛び出し位置によってどのように変化するかを検討することである。実験 3 では自車と衝突しない変化も含まれていたため、危険性という観点から言えば、検出する必要性がない可能性が考えられた。そのため、実験 4 は衝突する可能性がある変化に絞り、運動の変化を検出させることを目的とした。

3.2 方法

3.2.1 実験参加者

大阪大学の学生 5 名 (男性 4 名, 女性 1 名) である。平均年齢は 23.4 歳, 年齢の標準偏差は 2.51 歳であった。全員が正常, または正常に矯正された視力を有していた。

3.2.2 装置

実験 3 と同一のものを使用した。

3.2.3 手続き

実験の手続きと課題は実験 3 と同様であった。ただし、本実験ではすべての変化が衝突する軌道を

描くようにするために、飛び出し位置に応じて飛び出し後の移動速度に後に示すような差をつけた。また、移動開始地点は近接(25m 前方),手前(45m 前方),奥(75m 前方)の 3 水準に増やされたが、変化する可能性のある対象数は 2,8 の 2 水準に減らした。結果、独立変数は円柱の方向変化位置及び変化後の速度(左 25m 前:6.08km/h, 左 45m 前:3.38km/h,左 75m 前:2.17km/h, 右 25m 前:9.92km/h, 右 45m 前:5.58km/h, 右 75m 前:3.54km/h の 6 水準)* 変化する可能性のある対象数(2,または 8 の 2 水準)であった。実験試行数は 240 試行であった。

3.3 結果

各変化位置ごとに平均反応時間を算出した。結果を図3.4に示す。方向変化位置(6 水準)*変化する可能性のある対象数(2 水準)を独立変数,実験参加者を変量因子とし,一般線形混合モデル法で解析した。変化位置の主効果は有意 ($F(5,20)=350.6, p<0.01$), 一方対象数の主効果は有意ではない ($F(1,4)=1.78, p>0.1$) が対象数と変化位置の交互作用は有意となり ($F(5,20)=2.21, p<0.01$), 多重比較の結果,変化位置に関しては左近接と右近接の間と,左手前と右手前の間を除く全ての区間で有意差が見られた。また,左奥でのみ対象数の効果が見られた。

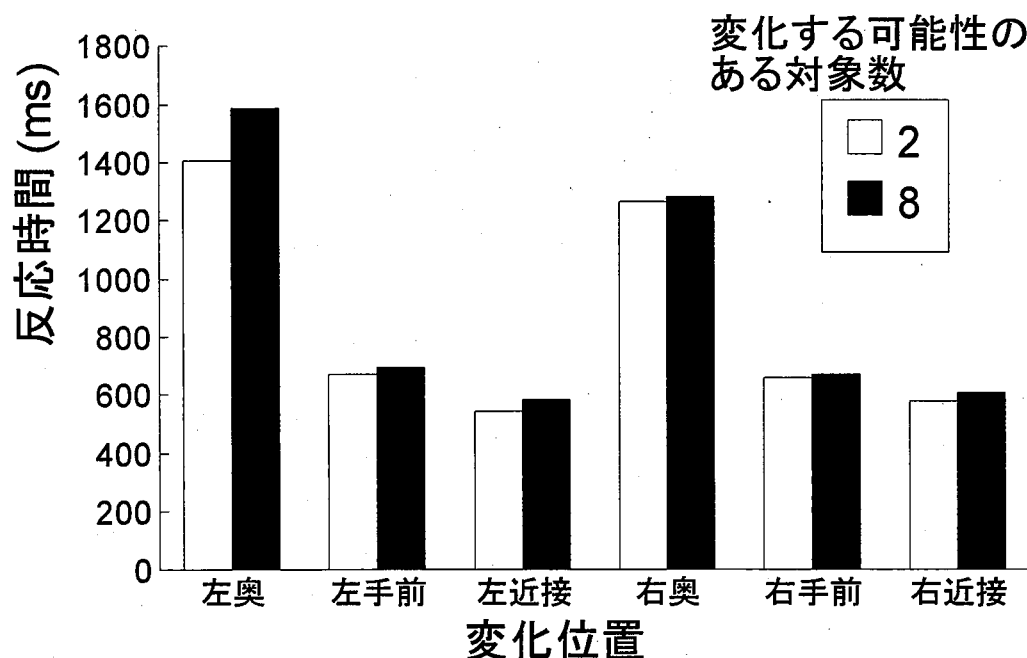


図 3.4:変化位置, 対象数と反応時間

3.4 考察

結果に示されたように、左奥がもっとも反応時間が遅い。左車線は自車の正面に当たり、もっとも注視点に近い位置にある。一般に注視点の周辺は検出力が高いが、本研究では逆に、注視点付近がもっとも検出が遅いという結論になった。

これはおそらく、本実験で各飛び出し位置ごとの衝突可能性をそろえたために、左奥がもっとも飛び出し速度が遅くなってしまい、移動速度が遅いことによる気づきにくさが中心視による気づきやすさを上回ってしまった、ということだろう。Dzhalof, Sekular & Allik(1993)は、方向変化検出速度に、最も重要なのはその速度変化量、すなわち変化前後の運動量の差分であるとしている。

本実験の運動は、対象がある点に到達したときにこちらに向かって運動しはじめるというものであり、本実験においてはカメラの位置に向かって移動するため、飛び出して以降は接近運動のみとなり、X 軸方向の運動は無くなる。拡大率の問題を除けば、本実験で変化する運動成分はこれだけである。すなわち、変化後の X 軸速度は0なのだから、変化する瞬間の速度－速度変化量＝0であり、速度変化量は変化する瞬間の速度に等しい。

本研究で用いられた6つの飛び出し場所における2次元投影後の X 軸速度、すなわち変化する瞬間の速度を計算すると左 25m 前:0.34deg/s、左 45m 前:0.107deg/s、左 75m 前:0.039deg/s、右 25m 前:0.535deg/s、右 45m 前:0.172deg/s、右 75m 前:0.069deg/s となる。速度と反応時間の順番はほぼ一致しているため、運動速度の変化量によって検出のしやすさが決まる可能性がある。本研究では飛び出し場所は6つしかないため、本当に速度を基準に発見がなされているのかどうか確証はできないが、先行研究などとも一貫する結果となっているといえよう。

また、左奥条件のみで対象数の効果が示されたことも興味深い。左奥だけ対象数の効果があるという結果は、実験 3 で確認されたものと同じである。実験 3 では左右の注意配分量に差があるのかもしれないという考察を行ったが、実験 4 の結果まで合わせて考えれば、むしろ検出の難易度が反応時間を遅延させると解釈するべきであろう。実験 3 と比較して実験 4 では多くの変化位置で飛び出しの速度がより遅くなったことで、発見しづらくなっており、特に難易度の高い課題に関して対象数の効果が表れるということである。

しかし、対象数の効果に関しては実験 1,2 では全ての条件で見られたものである。にもかかわらず、3 次元実験である実験 3,4 ではともに対象数の効果は多くの条件で見られなくなっている。これは2次元と3次元という実験環境の違いがあるため、また道路環境を模したことによって注意配分の偏りが見られ

た、という可能性がある。しかし、そもそも並列処理が可能かどうかは注意配分の影響を受けるのだろうか。対象数の効果が見られた理由を説明できる可能性のある、実験 1,2 と 3,4 の大きな違いの一つとして変化対象の特定が必要かどうか、という点がある。実験 1,2 はともにその対象の特定が必要であったが、3,4 ではともに変化を起こした対象の特定を不必要としていた。もしも変化した対象を特定せずに回答することが並列処理可能であり、変化した対象の特定が系列処理であるとするならば、実験 3,4 において多くの条件で並列処理が可能であった理由を説明できる。

だが、それでも左奥においては対象数の効果があり、系列的な処理が行われていたと考えられる。左奥と他の位置との間にはどのような違いがあったのだろうか。可能性に過ぎないが、左奥は方向変化検出に失敗しているのではないだろうか。本課題は、方向変化を検出する以外にも回答方法がある。基本的に他の対象は道路へ出てこないため、もし道路上に対象があることに気が付いた場合、道路上に存在する対象は過去に飛び出した対象である。また、画面上で停止している対象は飛び出した対象なので、現在停止している運動を探索することで回答することも出来る。

左奥が方向変化検出に失敗しているという可能性の根拠として、Snowden & Kavanagh(2006)によれば本実験の対象者であった20代の人間の運動速度検出閾値は平均 0.087deg/s であり、遠距離の2条件はこれを下回っている。また、方向変化検出の検出速度は、変化前と変化後の運動差分と同じ大きさの運動の出現の検出速度と一致する(Dzhalof & Alik, 1993)ことが知られている。すなわち、変化量が運動検出閾値を下回るということは、方向変化検出を行うことが出来ないということである。並列処理が可能と考えられる運動の検出(Thorton, 2001)が出来ず、他のもっと遅い検出方法、例えばカメラ位置に向かってきているかどうかを判断するなどの課題、となったために対象数の効果が見られたのではないかと考えられる。もちろん、右奥も閾値を下回っているため、対象数の効果がでなかったことは不自然ではあるが、Snowden & Kavanagh(2006)の検出閾値はあくまで平均値であることを考えれば、閾値を大きく下回ったときに初めて対象数の効果が表れる、という可能性は妥当なものである。ただ、実験1の変化速度はこの速度よりもかなり速く、また実験 3 では右奥も左奥もさほど速度に差がなく、むしろ右奥のほうがわずかながら遅い。速度による難易度だけでこの対象数による効果を説明することは不可能であり、実験 3 の考察で触れた注意の偏りが存在する可能性は否定できない。

とはいえ、自車線前方という、最も気がつきやすいとおもわれるところこそが最も危険である可能性がある、という結論はなかなか興味深い。対象数の効果はすなわち道の混雑度の効果と言い換えてもよく、混雑しているときにこそ正面が危険になるという、本実験の結論に関してはより詳細な分析が求められる。

4章 総論:第3部

4.1 同時注意対象数の3次元環境における効果

第3部の目的はなるべく現実環境に近い3次元環境下でも対象数の増加による運動方向変化検出への影響があるのかということを検討することであった。結果、2次元空間ほど全条件において確認されるような効果ではなかったものの、特に検出の難易度の高かった左奥条件で繰り返し確認されることとなった。ただ、左奥は飛び出し位置が遠くであるがゆえに、衝突までの残時間が多くあり、反応時間が長い＝危険であるという単純な関係にはならない。しかし、対象数の効果が左奥でのみ見られたことは興味深い。対象数の効果が近距離で見られなかった以上、対象数を増加させるということは左奥の危険性だけを高めることになる。

なぜこのような結果となったのか。実験4の考察でも取り上げたが、特に実験3,4においては検出の難易度が大きな意味を持っていたのではないかと考えられる。一定の検出可能水準を下回るような運動に関しては運動変化自体を検出することが出来ないために、より困難な探索を要求されたことが、視野中心で変化が起きたほうが検出が難しくなるという一見逆説的な結果を生み出したのではないかと考えられる。

しかし、実験1,2ではあらゆる位置で対象数の効果が見られており、検出の困難さによって対象数の効果が出るかどうかが変わるなどということではなかった。これは実験3,4においては実験1,2のような方向変化検出が行われていなかったという可能性を示す。変化を検出するのと、変化した対象を特定することの間に違いがあるのではないかとこの考察を行ったが、これに関しては、そもそも2次元運動において、さらに対象数の効果がでた理由についての考察が必要かもしれない。これに関しては後に実験6で部分的ながら再度扱う。

4.2 第4部に向けて

対象数の効果は3次元環境でも部分的ながら確認された。これは2次元環境で見られた結果が再確認されたものである。しかし、同時にこれは我々が現実的環境においても複数の対象の同時処理能力を持たないことの確認でもある。特に実験4は衝突危険性をそろえているため、危険性と直結している。

実験4の段階では、左奥が最も危険であるといえるほどの結果とはいえないが、対象数の増加はあくまで交通環境における負荷の一種に過ぎない。交通環境における負荷の研究は数多くあるが、負荷が与えられるのならばより成績は悪化し、場合によっては近距離と比較してすら左奥が最も危険となる可能性もある。対象数の増加だけでなく、対象数が増加している状況下で様々な負荷の効果がどのように現れるかということを検討することは、現実性の面から見ても重要であろう。

方向変化検出の際に負荷が与えられるケースは現実にも多数考えうるが、我々は負荷が与えられる場合にどのように対処しており、またすべきなのだろうか。以降、続く第4部においては対象数の増加の効果だけではなく、対象数が増加している状況下での人間の特性や、周囲環境による影響がどのように現れるのか検討することで、複数対象への同時に注意を配分する事態における人間の認知特性をより深く検討していく。

第4部 利用可能な注意資源量の操作による方向変化検出への影響

1章 序論

1.1 対象数の操作と注意力

第2部, 第3部に渡り, 注意を向けるべき対象数を操作することによってどのような影響が見られるのか, という検討を進めてきた。結果, やはり基本的に対象数の増加は難易度を上昇させることが示された。3次元空間では対象数の効果は全ての条件で現れたというわけではなかったが, 検出が困難であると考えられた低速の条件でのみ対象数の効果が見られたことは興味深い。すでにこれまでの考察でも触れたように, 対象数が増加することによって成績が低下することの主要な原因と考えられるのは, 一つ一つの対象に向けることの出来る注意資源量が低下することではないかと考えられる。ただ, 先にも触れたように3次元空間で対象数増加の効果がごく一部の条件でしか見られなかったことは, 対象数の増加による影響が必ずしも注意資源量の低下だけが原因なのではない可能性を否定できない結果である。

利用可能な注意資源量が減少することによって成績が低下することはしばしば見られる現象であるが, 注意資源量の操作は対象数の操作にとどまらず, さまざまな手法がある。例えば, 視覚的負荷や認知負荷などの各種負荷を与え, それによる成績変化を見る手法がある(Wickens, 1984)。実験4の結果からすれば, 対象数の効果は左奥でのみ見られた。ならば, 他の負荷を与えても負荷の効果は左奥でのみ見られるのだろうか。だとすれば, 負荷が与えられた場合に, 左奥の危険性のみ上昇するのだろうか。

また注意資源量は操作するばかりのものではない。元々, 個人の注意資源量には差があるといわれている。個人の注意資源量によっても, 当然様々な成績に差が見られるだろう。個人の注意資源量の効果は, 対象数が複数のときにはどのように現れるのだろうか。

1.2 第4部の目的

以上の理由から、第4部では様々な方法を用いて利用可能な注意資源量が操作された際に、飛び出し検出成績がどのように変化するかを検討することを目的とする。実験的に注意資源量を奪うような操作と、質問紙などにより注意資源量の高低で実験参加者を分類するような操作の両方を検討する。利用可能な注意資源量は飛び出し検出にどのような影響を与えるのだろうか。また、利用可能な注意資源量によって、複数の対象を並列して処理する能力に差はあるのだろうか。そこでまず実験5で単純な視覚的負荷によって、注意資源量に影響を与えると思われる操作を行うことで方向変化検出に影響があることを確認した後、注意資源量と交通行動の関係を質問紙調査によって検討し、次いで質問紙計測された注意評価値と複数対象の同時処理能力の関係を実験6で検討する。最後に実験7で、注意評価値の高低によって注視がどのように変化する、飛び出し検出に影響を与えるのか、飛び出し検出に大きく影響を与える要素は何かを検討する。

2章 実験5. 飛び出し検出に対する視覚的負荷の効果

2.1 目的

本研究の目的は道路環境を想定した映像内で、左右から飛び出してくる歩行者の検出を行う際に、検出速度が変化位置と視覚的負荷によってどのように変化するかを検討することである。負荷を与えることで方向変化検出の成績はさらに低下するだろうか。本実験では画面中央の固視点の位置に文字を表示し、文字の弁別を求めることで視覚的負荷を加え、高負荷時により飛び出しの検出が困難になるのかどうかを検討した。もともと運転中には外部からの情報を取り入れなければならないケースとして、看板を読むなど多々あり、視覚的な負荷が生じるケースというのは決して少なくない。負荷を加えることであえて困難な状況を作り出し、方向変化の検出時間が増加した結果、危険性が上昇することを確認しよう、というのが実験5の狙いである。なお、実験4と同様、飛び出してくる対象はすべて衝突可能性をもつようにした。

2.2 方法

2.2.1 実験参加者

大阪大学の学生 10 名。(男性 5 名, 女性 5 名)である。平均年齢は 21.8 歳, 年齢の標準偏差は 2.16 歳であった。全員が正常, または正常に矯正された視力を有していた。

2.2.2 装置

実験 3 に等しい。

2.2.3 手続き

実験内容は実験 4 とほぼ同様であった。画面中央部に白いプレースホルダが表示され, 実験参加者は実験中これを固視していた。

実験参加者の課題は二つあった。一つは画面中央の視覚 2 度四方のプレースホルダ内に出て来る文字群の中に T が含まれているかどうかを検出する視角探索課題であり, もう一つが, 道路周辺部の, 歩行者を模した円柱の運動方向の変化を検出することである。中央のプレースホルダのなかには 1 つ, または 16 個の T, または L を 90 度単位で回転させた文字が表示され, 実験参加者は中央のプレースホルダの中に表示された文字の中に T があれば, それを検出するたびに Z のキーを, 円柱が飛び出してきたときには M のキーを押して反応した。なお, 文字が 16 個表示される場合においても T の文字は一つしか提示されず, それ以外の文字は全て回転された L であった。中央の T の検出課題は 4 秒に一度提示され, 最大 3 秒間, または反応があるまで提示された。一試行において, 中央の探索課題はおよそ 3-5 回程度提示された。プレースホルダに文字が表示された場合のうち T の文字が含まれる確率は 50% であり, それ以外の場合には T は表示されなかった。T が表示されていない場合, 実験参加者は何の反応も求められなれなかった。この中央の視覚探索課題は負荷を与えるための課題であり, 視覚探索課題自身の正答率は解析の対象とはしなかった。なお, T と L の文字サイズはプレースホルダ内に 1 つの文字が表示される場合には 2 度, 16 個の文字が提示される場合には 0.5 度であった。また, 実験 4 と異なりプレースホルダ自体が色変化することはなかった。

実験 4 と同様, 飛び出し後に必ず自転車と衝突するようにするため, 円柱の移動開始地点と変化後の飛び出し速度は連動して変化した。独立変数は円柱の方向変化位置と飛び出し速度(左 45m 前:3.38km/h, 左 75m 前:2.17km/h, 右 45m 前:5.58km/h, 右 75m 前:3.54km/h の 4 水準)*負荷の高低

(探索課題の刺激数が1,または16の2水準)であった。変化位置は実験4から近接条件を外したものに等しい。なお、円柱の数は常に画面内に8個提示されるよう保たれていた。実験試行数は270試行であり、練習試行数は8試行である。

2.3 結果 反応時間

各変化位置ごとに平均反応時間を計算した。結果を図4.1に示す。円柱の方向変化位置(4水準)×視覚探索課題負荷の高低(2水準)を独立要因,実験参加者を変量因子とし,一般線形混合モデル法で解析を行った。変化位置の主効果は有意($F(3,9)=760.9$ $p<0.05$)で負荷の主効果も有意($F(1,9)=20.2$ $p<0.05$)だが,その交互作用は有意では無かった($F(3,9)=1.2$ $p>0.1$)。多重比較の結果,変化位置は全区間の間で有意差があった。

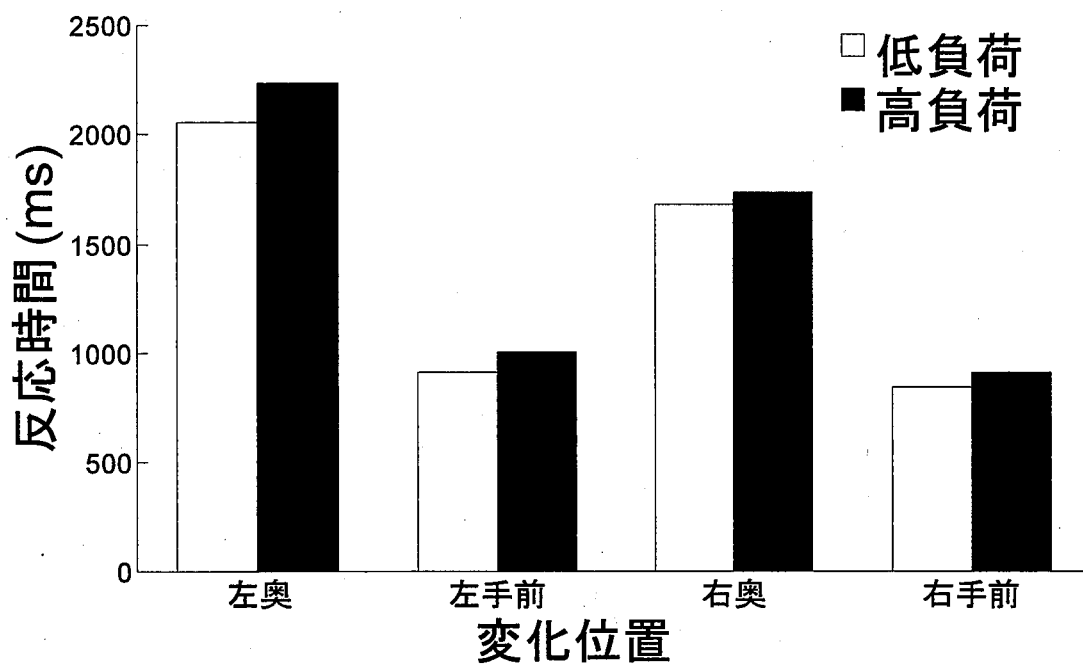


図 4.1:負荷, 変化位置と反応時間

2.3.1 衝突までの残り時間解析と検出における個人差

次に反応時間を元に、衝突までの残り時間を計算した。各変化位置ごとに平均反応時間とその分散を算出し、それを元に、検出したときの円柱までの距離から制動距離を除いた時の、衝突するまでの残り時間が1秒以下となる試行が各変化位置ごとに全体の何%あるかを計算した。結果を図4.2に示す。なお、制動距離に関しては道路摩擦係数を0.7、アクセルからブレーキへの踏み変え時間を0.2秒として計算された11.22mを用いた。

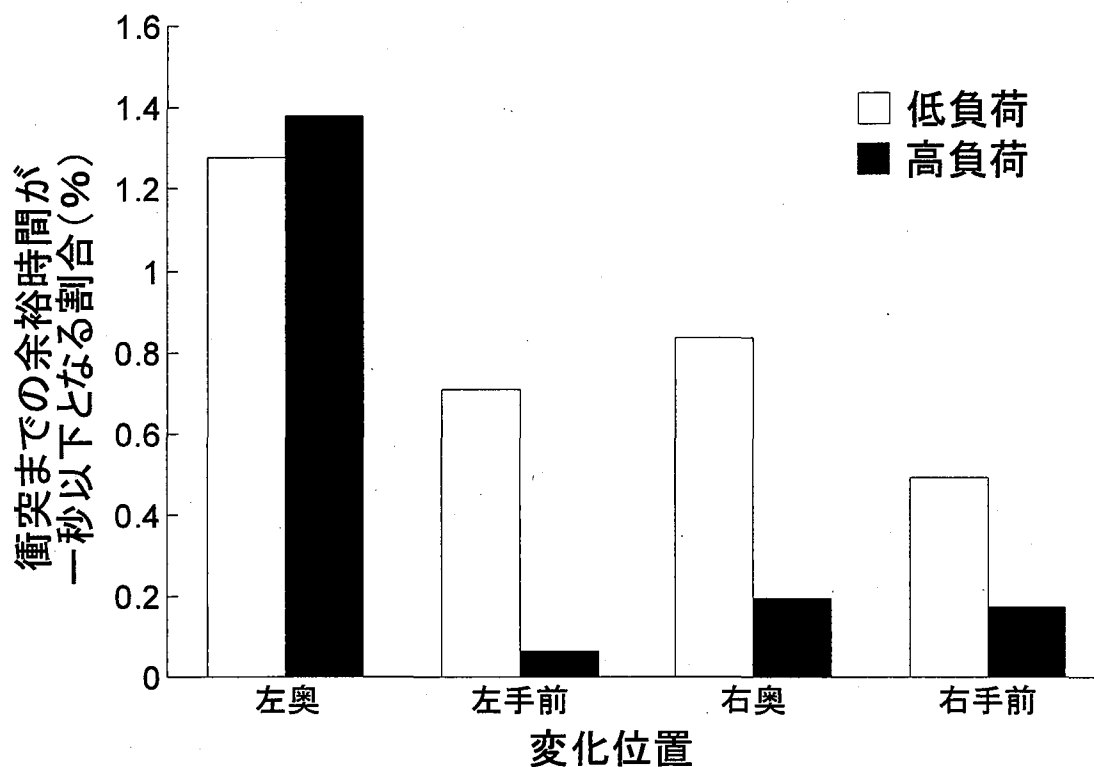


図 4.2:衝突まで一秒以下となる試行の割合

ただし、この衝突までの余裕時間が一秒以下となる割合に関しては非常に個人差が大きかった。各変化位置ごとの標準偏差を表4.1に示す。

表 4.1: 各変化位置における分散

	左手前	左奥	右手前	右奥
分散	1.73	3.05	0.95	0.56

左奥では標準偏差は 3.05 もあり, ごく一部, 突出して反応の遅い実験参加者がいることが明らかとなった。また, この1秒以下となるような確率がどの条件においても 0.1 以下である実験参加者も 4 名いたため, 統計解析には適さないとして行っていない。参考として特に衝突まで一秒以下となる試行の多かった被験者2名のデータを図4.3に示す。平均から大きく乖離していることがわかる。

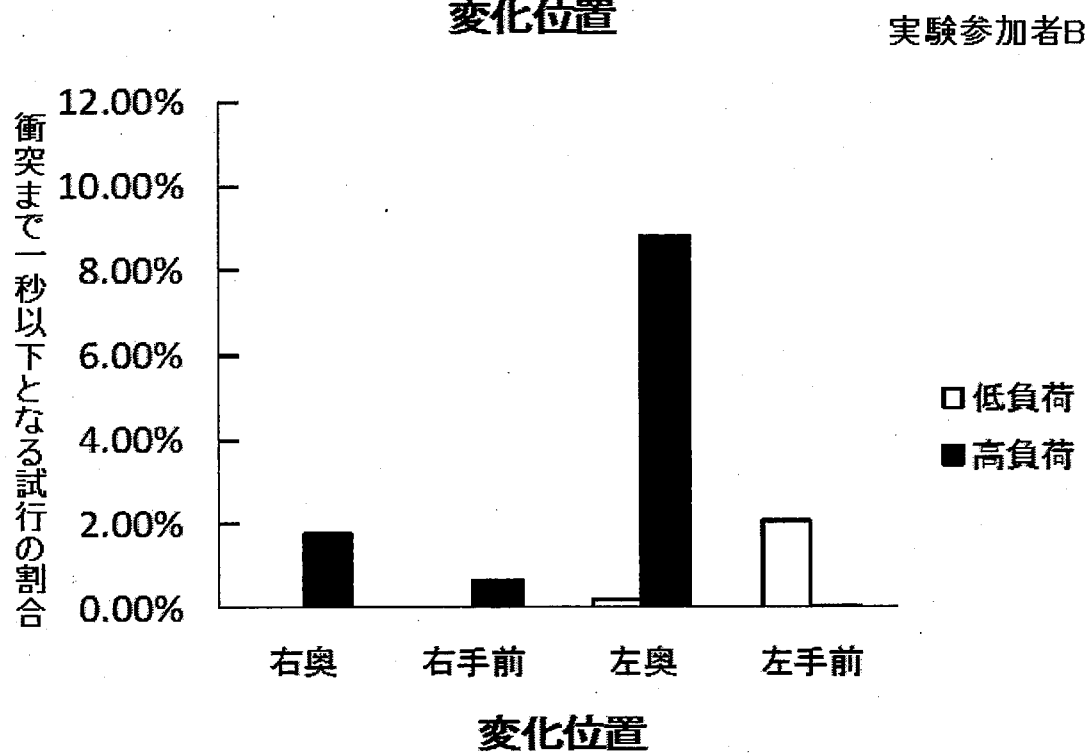
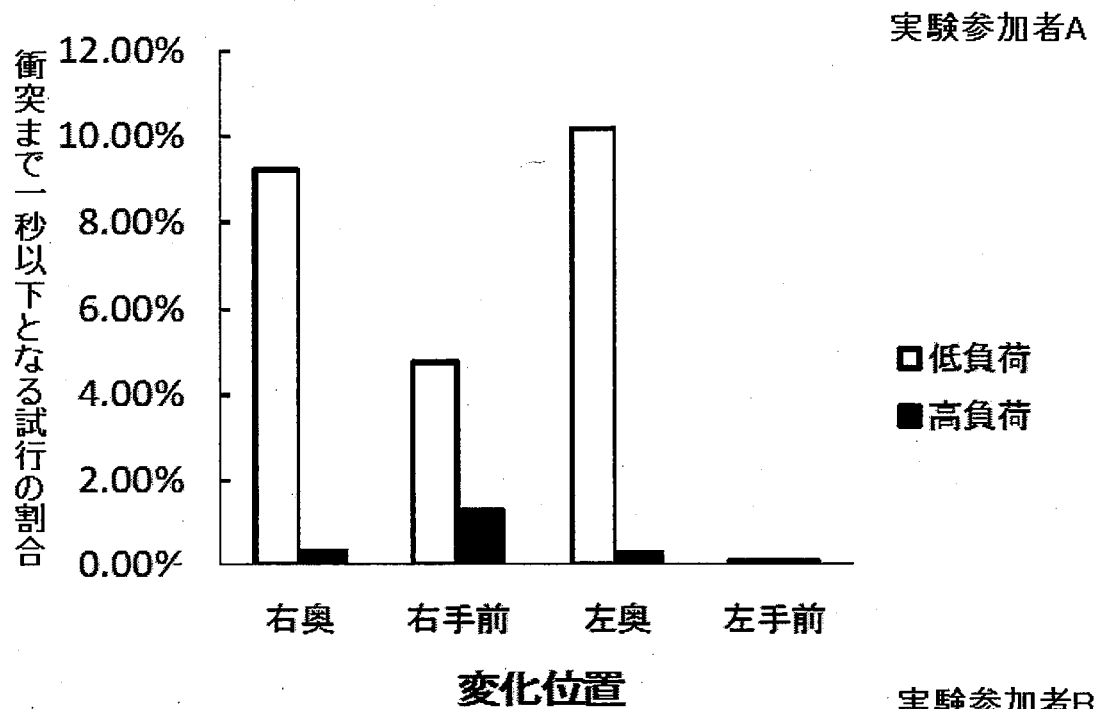


図 4.3:特に衝突まで一秒以下となる試行が多かった実験参加者 2 名のデータ

2.4 考察

本実験の目的であった視覚的負荷の効果はわずかながら見られた。しかし、交互作用が見られなかったことから、負荷には、反応時間を一定時間遅延させる効果はあるが、検出しにくい場所だからといって、とくに反応時間が遅延するわけではないことが示された。

さらに、結果に示されたように、左奥が残時間1秒以下という、非常に接近してしまうようなケースの数でも最も多くなった、というのは大変重要なことである。なぜならば、手前条件はもとも残時間が少ないため、検出時の残時間が少なくても当然であるが、結果からすれば、左奥条件ほど接近してしまうケースが多いわけではないのである。低速で飛び出してくる対象は特に危険であるということが示されたといえる。ただ、これに関しては先に示したように、あくまでごく一部の非常に反応の遅い実験参加者の影響が大きく、一貫性のある結果とはいえない。

2.5 次の実験に向けて

本実験の結果、飛び出し検出課題において最も難しい場所が左奥となる場合があることが示された。あくまでも推察に過ぎないが、左奥からの飛び出し速度の遅さが一因である可能性が強いと考えられる。しかし、まだなおこの実験には問題点が存在する。

最大の問題点は注視点の固定である。本実験では視覚的負荷を与えるために、画面中心に視点を固定した。しかし、通常運転時に視点を固定することはない。もちろん、先行車等がいれば前方を注視することをあり得る。だが、決して常に注視し続けるわけではない。本実験のように左右からの飛び出しを検出する場合であれば、視点を左右に移動させる可能性は高い。本実験で視点を固定した結果、視点を左右に移動させることができなくなり、結果として実際よりも方向変化検出の難易度を上げてしまったという可能性は考えられる。たしかに左奥はもとも注視点に近く、注視点を移動させるだけで成績が急上昇するとは考えにくい。しかし、現実的な視点移動下で今回の結果が再現されるかどうかという確認は必要である。

また、もうひとつ確認すべきなのは個人差の問題である。ここまでの研究で、運動方向変化検出の困難さが現実にも問題を起こしていることはある程度確認されたといえる。ならば、次に考慮すべきなのはその対策である。その際、個人差の検討はきわめて重要な問題である。本実験でも、大きな個人差は確認されている。左奥の検出の困難さはほぼ一貫した傾向ではあるが、衝突残時間が問題になるほ

ど低下したのはごくわずかな実験参加者のみであった。このような実験参加者に一貫する特性とはどのようなものだろうか。さらに、特に低下した実験参加者と低下しなかった実験参加者の反応時間や注視傾向の違いを検討することで、両者の間で何が異なるのかを見つけ出し、何らかの対策を考えることもできるかもしれない。

以上のような理由から、続いての実験では注視点を自由にしたうえで方向変化検出を行わせ、さらに実験参加者の注意特性を質問紙などを用いて計測することで、飛び出し検出を困難なものとする一貫した何かを見つけ出すことを主眼とする。

しかし、そのためには実験参加者の特性をなるべく広く検討するための質問紙が必要である。実験参加者の特性を計測するためには質問紙はどのようなものを用意すればいいのだろうか。また、質問紙で計測された注意と実際の交通行動との間には関連が見られるのだろうか。そこで、まずは実験を行う前に、注意や交通にかかわる個人特性を検討するための質問紙作成を先に行うこととした。

3章 調査. 注意の主観的評価と運転の関係

3.1 調査序論: 注意と運転の計測手法

個人の注意量には大きな個人差が見られる。注意の個人差がどのように日常の行動と関連があるのか、という点は多くの関心を集めてきており、何らかの関連が示されてきた分野は学習能力や作業能力など、幅広い分野に及ぶ。交通環境はそのような多くの課題の連関する課題であり、注意量と運転能力の間の関連も長く議論され、運転にかかわる様々な能力が見いだされてきた。(Shinar,1985)。

注意の個人差に関する研究の方法としては、実験・観察による方法と質問紙による方法がある。実験による方法としては、例えば視覚探索課題を用いるものや、ストループ課題を用いるもの、及びそれらの課題にさらに認知負荷、聴覚負荷などをかけることによって、成績や負荷による成績の低下量を見ることで個人の注意資源量を推定するという手法が多く見られる(山下,2004)。実験法や観察法は客観的データが得られ、また本人が気付かない点も明らかにする可能性がある点で優れている。しかし、実験法や観察法では測定のコストが本人にかかるうえ、分析の負担も大きいという問題がある。

一方、質問紙法では、行動の内容に関する質問群を用意し、日常的にどのような行動を行っているかを自己評価する。また、合わせて行動特性を調べ、行動の特徴との関連を調べる。質問紙法では回答

内容と実際の行動が一致しない可能性があるが、簡便に行動の特徴を評価できるという長所がある。このような質問紙法の長所は注意測定のみならず、注意の効果の現れる対象である運転行動の測定についても同様である。

注意資源量を質問紙によって測定しようという試みとしては、日常生活の中の失敗を報告させる認知的失敗質問紙(Broadbent, Cooper, Fitzgerald, & Parkes, 1982)や、記憶に関する失敗を計測する日常的記憶質問紙(Sunderland Harris & Badrey, 1983)などの質問紙が日常生活の中の行動から認知機能の程度を計測しようという試みを行なっている。これらも失敗の傾向からその背後にある注意との関連をうかがうことが出来るが、より直接的に注意の関連する行動を尋ねるものとして日常注意経験質問紙(篠原, 山田, 神田, 臼井, 2007:EAEQ)がある。日常注意経験質問紙は視覚課題との関連を示唆されている(篠原, 中村, 2007)ため、交通課題はもちろん、方向変化検出にも一定の関連がありえると考えられ、本研究で利用することとした。

一方、質問紙法による運転行動の調査手法としてしばしば用いられるものが、Reason, Manstead, Starding, Baxter, & Campbell, (1990)によって開発された運転行動質問紙(Driving Behavior Questionnaire:DBQ)である。そもそもDBQは、危険な運転行動を分類する理論の上に構成されている。もちろん、DBQ以前から、危険行動にはいくつかの分類基準が存在した。一つはその危険な行動が意図を持って行われたかどうか(Norman, 1983), という基準であり、また Skill-Rule-Knowledge という処理過程のどこに逸脱があったのか(Rasmussen, 1980), という点での分類基準も存在する。しかし、Reason, et al. (1990)はこれらの分類には社会環境的制約, という視点が欠けているとし、重要なのは、その逸脱が個人内の処理に依存するもの(Error)なのか、それとも社会的に見て容認できないのか(Violation)という点である, と主張した。この質問紙は50項目の日常的運転行動に関する質問で構成されており、回答者はそこに記されたような行動を行う頻度を回答する。Reasonらは因子分析の結果、各質問項目が3つの因子に分類されると考えた。この3つの因子とは、深刻な違反(Violations)、危険なエラー(Hazardous Error)、軽微のエラー(Non-Hazardous Error)であった。深刻な違反とは、他者に危険を及ぼすような違反のことであり、危険なエラーとは危険性のあるが、意図的ではないような失敗である。軽微のエラーとは危険というよりも『愚かな』失敗であり、基本的にそれを行ったものが不愉快になる, という結果しか起こさないような失敗であった。この3因子の分類は、ErrorとViolationの間に差がある, ということを確認したといえる。また、Lawton, Parker, Mansted, & Stradling (1997)は、違反をさらに通常の違反と攻撃的行動の二つに分割するという結果を得ている。通常の違反とは、意識的に交通法規を犯すこと(速度違反等)である。一方、攻撃的行動は、攻撃的な意志を持って他者に行う行動(車で追い回す等)の

ことである。

DBQ はイギリスのほか、オーストラリア、ブラジル、ギリシャ、中国、ブラジル、フィンランド、ニュージーランド、スウェーデン、トルコなど世界各国で用いられている(Ozkan, Lajunen & Summala, 2006)。これらの研究では、Reason と同様の3因子構造が得られた研究(Parker, Manstead, Stradling & Reason, 1992; Aberg & Rimmo, 1998), Lawton et al.(1997)とおなじ4因子構造を得た研究(Gras, Sullman, Cunill, Planes M, Aymerich, Font-Mayolas, 2006; Sullman, Meadows, & Pajo, 2002), またそれら以外の因子数を報告する研究もあり、その因子構造はかならずしも一定ではない。しかし、大きく違反とエラーに分割される、という点は共通しているようである(Ozkan, Lajunen & Summala, 2006)。なお、DBQ を用いた先行研究で得られた結果を表4.2にまとめる。

表 4.2:世界各国で行われたDBQを用いた研究

著者	年度	国	質問数	因子数	因子内容	回収数
Reason, J. T., Manstead, A. S. R., Starding, S. G., Baxter, J. S., & Campbell, K.K.	1990	イギリス	50 問	3 因子	『深刻なエラー』『重大な違反』『軽微なエラー』	420 名
Åberg L. & Rimmo P. A.	1998	スウェーデン	104 問 #1	4 因子	『違反』『ミステイク』『不注意』『不十分な経験』	2124 名
Xie C.& Parker D.	2002	中国	29 問。#2	6 因子	『エラー』『ラプス』『通常違反』『攻撃的違反』『不注意』『我慢できない』	520 名
Mesken, J., Lajunen,T., & Summala H.	2002	フィンランド	28 問。#3	4 因子	『エラー』『ラプス』『対人違反』『速度違反』	1126 名
Sullman, M. J. M. Meadows, M.L., & Pajo, K.B.	2002	ニュージーランド	28 問。#4	4 因子	『エラー』『ラプス』『通常違反』『攻撃的違反』	382 名 (トラックドライバー)
Kontogiannis,T Kossiavelou Z., & Marmaras N.	2002	ギリシア	112 問 #5	3 因子	『ミステイクまたはエラー』『違反』『ラプス』	1425 名
Sümer N., Ayva H. B., Er N., Hünler O. S., & Özdemir M.	2004	トルコ	104 問 #6	4 因子	『違反』『エラー』『攻撃的違反』『安全運転傾向』	418 名
Lajunen,T. Parker D., & Summala H.	2004	イギリス・フランス・オランダ	27 問。#7	4 因子	『エラー』『ラプス』『対人違反』『通常違反』	600 名 (各国 200 名)
Gras E. M. Sullman, J. M. M., Cunill M., Planes M., Aymerich M., & Font-Mayolas S.	2006	スペイン	28 問。#8	4 因子	『エラー』『ラプス』『対人違反』『通常違反』	350 名

Özkan T., Lajunen T., Chliaoutakis E.J., Parker D., & Summala H.	2006	フィンランド・イギリス・ギリシア・イラン・オランダ・トルコ	19 問。#9 4 因子	『エラー』『対人違反』『通常違反』	1452 名 (各国 242 名)
--	------	-------------------------------	--------------	-------------------	-------------------------

- #1Reason, et al.(1990)の 50 問から 6 問を除き, スウェーデン特有の質問文60問を追加
- #2Reason, et al. (1990)で因子負荷量が高いとして抽出された24問から, 負荷の低い2問を引き, Lawton et al.(1997)の攻撃的違反の 3 問と中国独自の質問文 4 問を追加。
- #3Lawton, et al. (1997)で追加された 4 問すべてを入れたものと同じ。
- #4Dimer & Parker (1999) で作成されたものと同じ。
- #5Reason, et al.(1990)の 50 問に Åberg et al.(1998)をベースにした質問を追加。
- #6DBQ を参考にして独自に作成。
- #7Lawton, et al. (1997)で作成されたものをドイツ語, フランス語に翻訳
- #8Dimer & Parker (1999) で作成されたものと同じ。
- #9Lawton et al. (1997)で作成されたものから lapse8 問を除いたもの。

このように DBQ は諸外国では多くの研究事例がある一方で, 日本では DBQ の適用事例はほとんど見られない。ただし, 質問紙を用いて日常的な運転内容の評価を行うという研究は日本でもよく行われている。例えば DBQ には攻撃的運転を行うことに関する質問が含まれているが, 同様に攻撃的運転に関する評価を含む運転態度の質問紙の構成が行われている(藤本・東,1996; 藤本,2000)。藤本らの作成した運転態度尺度は若年ドライバを対象とするもので, 111 項目の質問項目で構成され, 「運転における攻撃性」のほか, 「取り締まりや交通ルールに対する否定的態度」「享乐的運転志向」など全9因子で運転態度を評価するものである。藤本(2000)はこの運転態度尺度によりドライバの実際の運転における違反行為傾向性の予測が可能であることを示している。

なお, 攻撃的運転以外のさまざまな側面について注目するような運転態度に関する検査もこれまで多く開発され, 実際にドライバ教育の一環として利用されてきている。たとえば大塚・鶴谷・藤田・市川(1992)が作成し, 運転免許更新時講習で利用される SAS592(脚注:現時点では, さらに項目の検討がおこなわれた SAS806 が用いられている。)は「つい気軽に車線を変えてしまう」「信号が青に変わりそうなときは, 徐々に動き出すことが多い」といった, 32個の通常の運転行動の記述に対して, 「はい」または「いいえ」で答えるという方法により自らの運転行動を評価するものであるが, これにより他者迷惑性,

他者排除性, 総合安全態度, 感情高揚性, 自己顕示性, 非協調性, 攻撃性という7つの要素について評価することができる。また, 運転適性テストでも, その中に安全運転態度を評価する部分が含まれるものもある。たとえばNF式安全運転適性テスト(長山・藤本, 1971)では, 簡単な動作や弁別といったパフォーマンステストと同時に, パーソナリティ・安全態度テストが実施され, 安全運転態度, 気質, 社会的適応性の3つが得点化される。

また, 石橋基範, 大桑政幸, 古郡了, 赤松幹之(2002)は運転スタイルチェックシート(DSQ)及び, 運転負担感受性チェックシート(WSQ)を開発している。これらは日常の運転ぶりと, 運転中の負担の感じやすさを評定するものであり, 自動車の開発の過程で評価実験を行う際の, 実験参加者の属性を記述することを目的として開発されたものである。DSQは, 実験参加者の属性確認という本来の目的に沿った利用のほか, ドライバの属性(性別, 経験, 職業, 使用車両など)や運転を行う地域による差異による検討(赤松, 阿賀, 荒川, 石橋, 岩男, 上地, 大桑, 尾中, 城戸, 熊倉, 栗谷川, 佐藤, 高田, 富田, 増田, 2006), ドライビングシミュレータで運転を行って得られた走行データに基づくドライバのグループ分けとの関連性の検討(宮本・鈴木, 2007), などがおこなわれている。また, 人間生活工学研究センター(HQL)の公開している運転行動データベースでは, 実際に公道を自然な状態で走行して得られたデータ(自車前方の走行映像や車両に設置した各種センサで計測した速度やハンドル操舵角等のデータ)に合わせて, 各ドライバの特性としてDSQとWSQの結果が収録されている。

3.2 目的

本調査は実験参加者の注意力の測定方法の検討と, 測定された注意が交通行動にどのように影響を与えているかを検討するために行った。そのために4種類の質問紙を用い, 個人の注意力と交通行動をそれぞれ質問紙を用いて計測し, 注意と運転行動や運転中の負担感の程度などの関係を計測した。4つの質問紙のうち交通行動を測定するための質問紙であるDBQは日本語版が存在しなかったため, DBQ日本語版の構成も同時に行った。

3.3 手法

3.3.1 調査に用いた質問紙

本研究では日常注意経験質問紙(篠原ら, 2007), DBQ(Reason, et al., 1990)運転スタイルチェックシート(石橋, 大桑, 赤松, 2002), および運転負担感受性チェックシート(石橋ら 2002), の4種類の質問紙を用いることにした。以下にそのすべての質問紙の内容を示す。

3.3.2 日常注意経験質問紙 (Everyday Attentional Experiences Questionnaire :EAEQ)

本質問紙は個々の人物が日常生活の中でしばしば行うような, 注意のかかわる行動に焦点をあて, それらの行動が出来るかどうか, それらの行動をどのくらいの頻度で行うか, という点から個人の注意能力を測定しようとするものであり, 32項目, 4つの下位尺度, すなわち「注意集中能力: 集中力を思い通りに高められる能力」, 「認知制御能力: 複数の作業を平行して行う能力」, 「ながら作業志向性: 二つ以上の作業を同時に行う傾向」「注意転導傾向: 気の散りやすさ」からなる。これらの注意に関連する能力に問題がある場合には, 行動の失敗につながると考えられる。

注意機能の問題は事故の原因の一種と考えられる。乱暴な運転な人に事故が多い, という可能性はある。これは運転スタイルの問題である。しかし, 特別乱暴な運転ではなくとも注意力が足りない, などということも事故の原因となりうる。注意力が足らなければ, 運転上重要な対象を見逃す可能性があり, 危険な事態を招きかねない。注意は運転スタイル自身を変化させる可能性もあるため, 交通事故の間接的原因ともなり, 事故の重要な一因である。

この質問紙は他の3つの質問紙とは異なり, 交通環境に焦点を合わせていない。むしろ, もっと広範な日常生活全般における様々な活動から, 個人の人の注意力を測定しようというものである。本研究は注意力が交通行動にどのように影響を与えているのかを検討するための調査であるため, この質問紙と交通行動との間に関連が見られるかを確認するものである。

3.3.3 運転行動質問紙 (Driving Behavior Questionnaire:DBQ)

DBQは先に示したように, 個々のドライバーが実際に経験する可能性がある, 主に交通にかかわる様々な違反や失敗をここ3年間にどのくらい経験したか, という頻度を『全くしないーほぼ常にする』までの6段階で尋ねるものである。本質問紙で尋ねる項目には危険性の高いものも低いものも含まれているが, 特に危険性が高いものに関しては, 実際に事故になってしまう可能性が十分にあるような事象

が集められている(例:横道に曲がるときに横断していた歩行者に気が付かなかった...等)。そのため、DBQの結果でその人の運転の質を評価、分類できると考えた。

本実験で使用する質問紙のうち、運転スタイル質問紙、運転負担感質問紙、日常注意経験質問紙は日本で開発されたものであり、日本の交通環境に適応できていると考えてよい。しかし、すでに示したように、このDBQは数カ国版があるにもかかわらず、日本語版は存在しない。

そこで、本実験ではこのDBQの日本語版を作成するところから始めることにした。DBQの原著論文に当たる Reason, et al.(1990)では 50 の質問文を用意し、その結果を因子分析することで質問文を抽出、DBQを作成している。本研究もそれに習い、Reason, et al.(1990) の 50 の質問文を日本語訳し、それを因子分析し、質問文を抽出することで日本語版DBQとすることにした。これは海外の質問紙をそのまま翻訳しても交通環境の違いから、有用な質問紙にならない可能性が高いためである。

この事は、例えば計測された数値の大小などといった、海外の研究との直接的比較を不可能にする。しかしながら、DBQの目的である、Norman や Reason らの危険行動を分類する理論に基づいて運転行動を分類しようという考えは共通している。そのため、質問文の分類のされ方等の比較は十分に可能である。この日本語版DBQを作成することによって、日本における運転行動を諸外国と比較することが出来、またそれら外国ですでに得られている知見がどの程度適用可能なのか、ということについて検討することができるようになるといえよう。

3.3.4 運転負担感質問紙(Workload Sensitivity Questionnaire:WSQ)

本質問紙は個々のドライバーが運転中の様々な事態や運転環境に対して、どの程度負担を感じるか、またどのような事態や運転環境により強く負担を感じやすいかを個人特性として計測するための質問紙であり、38 項目、10 の下位尺度、すなわち「交通状況把握:周囲交通との関わり合いが負担」「道路環境把握:車外環境の複雑さが負担」「運転への集中阻害:車内の人、モノへの配慮が負担」「身体活動度の低下:心身状態の悪さが負担」「運転ペース阻害:自分にあった運転ペースの阻害が負担」「身体的苦痛:苦痛の発生、長時間の拘束が負担」「経路把握や探索:自車関係の位置関係の把握が負担」「車内環境:車内環境の悪さが負担」「制御操作:運転操作の煩雑さが負担」「運転姿勢:シートや車内レイアウトの悪さが負担」からなる。これらの尺度はそれぞれ、その状況が良くないときに特に強い負担感を感じることを意味する。本質問紙における負担とは、運転者が長期間に渡って感じ、疲労感の原因となるようなものである。

負担の感じやすさには個人差があることが考えられる。たとえば、混雑している道路が極端に苦手な

人もいるだろう。その一方で、すいていて、高速で走れるほうがかえって怖い、苦手だ、と感じる人もいるだろう。そのような個人の負担感によって、特定の道路を避けるなどというような運転の仕方に影響がある可能性がある。

また、ある特定の事態に対して負担感を感じるために、その様な事態における対処が苦手となる可能性もあるが、一方でそのような事態に対する対処が苦手であるために負担感を感じる、という可能性もある。運転者が苦手である、と感じるような場面において、苦手と感じる人のほうが事故率が高いなどという可能性はないだろうか。本研究では、以上のような可能性を検討するために、WSQを運転行動、及び交通事故にかかわる個人特性の重要な一変数と捉え、使用することとした。

3.3.5 運転スタイル質問紙 (Driving Style Questionnaire:DSQ)

本質問紙は個々のドライバーが運転に取り組む態度や嗜好、考え方を個人特性として計測するためのものであり、16項目、8つの下位尺度「運転スキル:運転に自信があるか」「運転に対する消極性:運転をしたがるか」「せっかちな運転傾向:せっかちな傾向があるか」「几帳面な運転傾向:几帳面を心がけているか」「信号に対する事前準備的な運転:信号に早めから対応するか」「ステイタスシンボルとしての車:車をステイタスシンボルと考えるか」「不安定な運転傾向:運転が気分の影響を受けるか」「心配性傾向:いつも事故の心配をしているか」からなる。本質問紙ではこのような運転中の態度や考え方、またそもそも運転するかどうかというレベルの態度も含め運転スタイルと呼んでいる。

運転の仕方そのものに個人差があるというのは当然の事実である。積極的に運転したがる人もいれば、運転自体を避けようとする人もいるだろう。なるべく速く走ろうとする人もいるし、逆に徹底して慎重な運転を心がける人もいるだろう。

運転の仕方によって事故の危険性が異なる、というのは十分に考えられることである。何か事故危険性の高い運転の仕方があるかも知れないし、また何か特別なタイプの事故をおこしやすい、という可能性もあるかもしれない。本研究では、以上のような可能性を検討するために、DSQを運転行動、及び交通事故にかかわる個人特性の重要な一変数と捉え、使用することとした。

3.4 調査方法

本研究では社団法人自動車技術会の協力を受け、主に自動車関連会社の社員を中心に質問紙に

回答を求めた。質問紙はアンケートシステムREAS (<http://reas2.nime.ac.jp/cgi-bin/WebObjects/top>)を用い、WEB上で質問紙を公開し、WEBを通して回答してもらう、という手法で行われた。尋ねたのは先に示した4種類すべての質問紙の内容、ならびに年齢・性別・年間走行距離・運転頻度と実際の事故件数である。

回答に際しては専用のポータルサイトを用意し、そこに4種類の質問紙とデモグラフィック特性を尋ねるための質問紙1種類を加えた5種類の質問紙のページをリンクした。このポータルサイトに入るためにはアカウントとパスワードの申請が必要であり、5種類の質問紙の回答はアカウントを基準として結び付けられた。

3.5 結果

3.5.1 回答者の特性

全体を通して有効となった回答者は243名(男性204名:女性39名)であった。年齢は37.33歳、標準偏差9.51歳であった。以下に回答者の年齢・及び性別の分布を図4.4に示す。

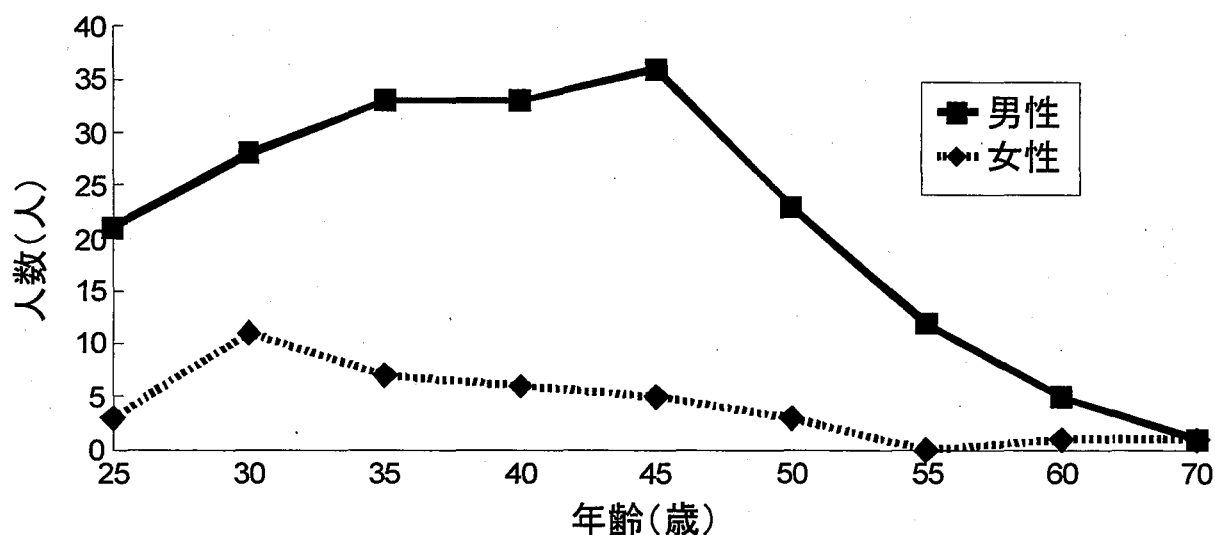


図 4.4:回答者の年齢・および性別 の分布

回答者の多くが自動車関連会社の社員であったためか、主に男性に偏っており、また年齢も65歳以上はいなかった。なお、平均運転経験年数は15.75年(標準偏差9.33年)、一年間における平均走行距離は10562km(標準偏差9599km)であった。

3.5.2 DBQにおける各質問項目の分類

本研究において第一に行う必要があったのが、日本語版DBQの作成であった。

まず、DBQの質問文のうち、回答の平均から標準偏差を引いた値が1.0を下回ったものを分析から除外した。DBQは何らかの事象の経験頻度を尋ねているが、回答の数値が1.0となる場合は『全くない』という回答を示しており、平均－標準偏差が1.0を下回るということはほとんどの人が全く経験していないということになる。また、このような質問文では値の正規性が保てないため、解析にも不適であるという理由で解析から除外した。なお、全質問文とその平均点に関しては付録に掲載した。

また、それ以外にも1割以上の人が回答出来なかった質問文も除外した。これは、1割以上の人が回答できない質問は、どのような理由にせよ、あらゆるドライバに対して適用可能な質問紙の作成を目標とする本研究の目的から外れると考えたためである。以上の処理を行った時点で解析に残った質問文は全50問中19問(38%)であった。続けて、残った質問文を因子分析し、因子負荷量の高いものだけを取り出すことで因子を構成することにした。

なお、この因子分析においては他のWSQ、DSQ、及びデモグラフィック属性のいずれかの回答に大きな不備があったとしても、データとして利用された。そのため、有効回答数は259名(男性215名、女性42名、不明2名)年齢は平均37.22歳(SD9.67歳)となった。実際に因子分析を行った結果、KMOの標本妥当性尺度=0.74、でBartlettの球面性検定も $p < 0.00$ のため、因子分析が可能であると判断した。手法は最尤法・プロマックス回転を用いた。因子数はスクリーンプットとモデル適合度から3因子を想定した。なお、モデル適合度検定の結果は > 0.19 で、モデルは棄却されなかった。

因子負荷量の小さい物を除き、各因子に対して0.4以上の負荷量を持つ群を抜き出した。なお、抜き出された群全体におけるクロンバックの α 係数は0.68であった。さらに、因子分析を行った結果、寄与率が少ないものを外して因子分析を繰り返し、結果が安定するまで質問項目を外し、最終的に9項目のみを用いることとした。その結果、全体の分散のうち40.1%を説明することが出来た。

因子内容は多少の差はあるものの、ほぼReason et al.(1990)と同様の分類となったため、因子の名称に関してはReason et al. (1990)とほぼ同じ意味になる日本語名称を採用することにした。表4.3にはカッコ内に英語名称も記載してあるが、これが英語版の対応すると考えられた因子の名称である。

表4.3に抽出された因子の名称とその因子に対する質問文の負荷量, およびクロンバックの α , 質問文の逸脱タイプ, 危険タイプを示す。逸脱タイプは『Mistake』, 『Slip』, 『Violation』, 『Unintentional Violation』の4種類であり, それらの事象がどのような行動に起因するかを分類したものである。また, 危険タイプは『危険性がない』, 『危険な場合がある』, 『危険である』の3種類であり, それらの事象がどの程度危険であるかを分類したものである。質問文の逸脱タイプ・危険タイプの分類は Reason et al., (1990)に従った。

表 4.3:各因子質問文一覧

質問文	因子 負荷	逸脱 タイプ	危険 タイプ
第1因子【危険性のあるエラー:Hazardous error】			
=重要な危険性を見落としのまま運転してしまうこと $\alpha = .6745$			
発進したり, 車線変更したり, 曲がったりする際, ミラーを確認し忘れた。	.680	S	C
幹線道路から横道に曲がるとき, 横断している歩行者に気づかなかった。	.627	S	C
考え事に夢中になったり, あるいは注意がそれたりして, 横断歩道で横断待ちをしている人や, 赤に変わったばかりの歩行者信号に気づかなかった。	.577	UV	C
第2因子【違反: Violation】			
=禁止されていることを積極的に行うこと $\alpha = .6431$			
追い越し車線の遅いドライバーにイライラして, 内側から追い抜いた。	.677	V	C
夜遅くあるいは早朝に, わざと制限速度を無視した。	.671	V	C
片側一車線の道路でゆっくりと運転する車の後ろにつき, いらいらして, 危険状況なのに追い越そうとする衝動に駆られた。	.476	V	C
第3因子【危険でないエラー: non-Hazardous error】			
=直接的に安全上の問題につながらないエラー $\alpha = .5722$			
ルートの選択が悪かったために, 避けることのできた渋滞に巻き込まれてしまった。	.694	M	A
立体駐車場の中の, どこに車を止めたかを忘れた。	.543	S	A
ほとんど動かない車の列を追い越したところ, 道路工事や一車線の道路を通過するための列だったことに気づいた。	.458	M	A

* 逸脱タイプ: M=mistake, S=slip, V=violation, UV=unintentional violation

* 危険タイプ: A=危険性がない, B=危険な場合がある, C=危険である

まず第1因子であるが、『危険性のあるエラー』とした。危険タイプはすべて「危険がある」であり、失敗タイプは「スリップ」と「無意識的違反」である。ただ、無意識的違反は無意識的であるという点においてスリップと同じである。この因子は基本的にスリップによる事故率を反映していると考えられる。これは、注意力が足りないなどの理由でいくつかの重要な情報を見落とし、あるいは利用できていない時に起きるような事象である。

ついで第2因子は危険タイプはすべて「危険がある」であり、失敗タイプは「違反」である。これはまさしく違反による危険事象の頻度を示すものであって、個人の違反傾向とも関連するとおもわれ、『違反』とした。

最後に第3因子は『危険でないエラー』とした。危険タイプはすべて「危険がない」であり、失敗タイプは「ミステイク」と「スリップ」が混合したものである。これは事故に直接的に結び付かないという点で実際の危険事象がないため、他と分類されたと考えられる。 ついで、表4.4に因子ごとの相互相関表を示す。

表 4.4: 因子相互相関表

因子	危険性のある エラー	違反	危険でないエラー
危険性のあるエラー	1.000	.359	.538
違反	.359	1.000	.250
危険でないエラー	.538	.250	1.000

因子抽出法: 最尤法

回転法: Kaiser の正規化を伴うプロマックス法

類似した概念を計測しているため当然ではあるが、因子間相関は高い。特に『危険なエラー』と『危険でないエラー』の相関は非常に高いため、類似した概念を計測している可能性高いといえるだろう。

『危険でないエラー』の因子は安全上の問題はないが、『危険なエラー』との相関が高いところを見ると、この二つのエラーを犯してしまう背景には類似の心理的要因が存在するのかもしれない。

3.5.3 DBQとデモグラフィック属性

構成したDBQの各因子得点が、年齢・性別・運転経験などによってどのように異なるかを検討した。年齢、運転経験は10年刻みでまとめ、年齢は4水準(21-30歳, 31-40歳, 41-50歳, 51-60歳)、運転経験も4水準(0-10年, 11-20年, 21-30年, 31-40年)として解析を行った。なお、この際年齢61歳以上、及び運転経験41年以上は解析に耐えうるだけの数がないとして除外した。なお、性別に関してはデータが非常にアンバランスであり、また特に女性のデータが不足しているため性別を要因とした解析は行わなかった。分析方法は分散分析を用い、まず各DBQ得点に対してドライバの年齢を要因とする1要因分散分析を行い、ついで運転経験を要因とする1要因分散分析を行った。

以下に年齢、運転経験ごとの結果を図4.5と4.6に示す。

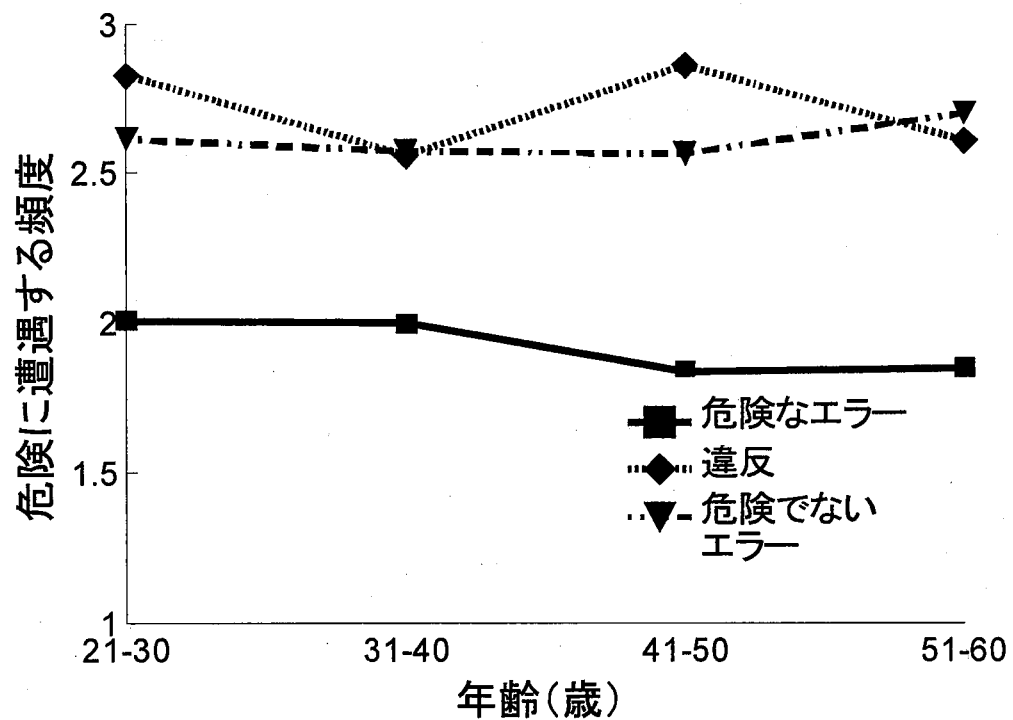


図 4.5:年齢群ごとにおけるDBQ因子得点

年齢を要因とした分散分析を行ったところ、危険なエラーにおける効果($F(3,239)=1.42, p>0.1$)、違反における効果($F(3,239)=1.65, p>0.1$)、危険でないエラーにおける効果($F(3,239)=.91, p>0.1$)のいずれも有意

とはならなかった。

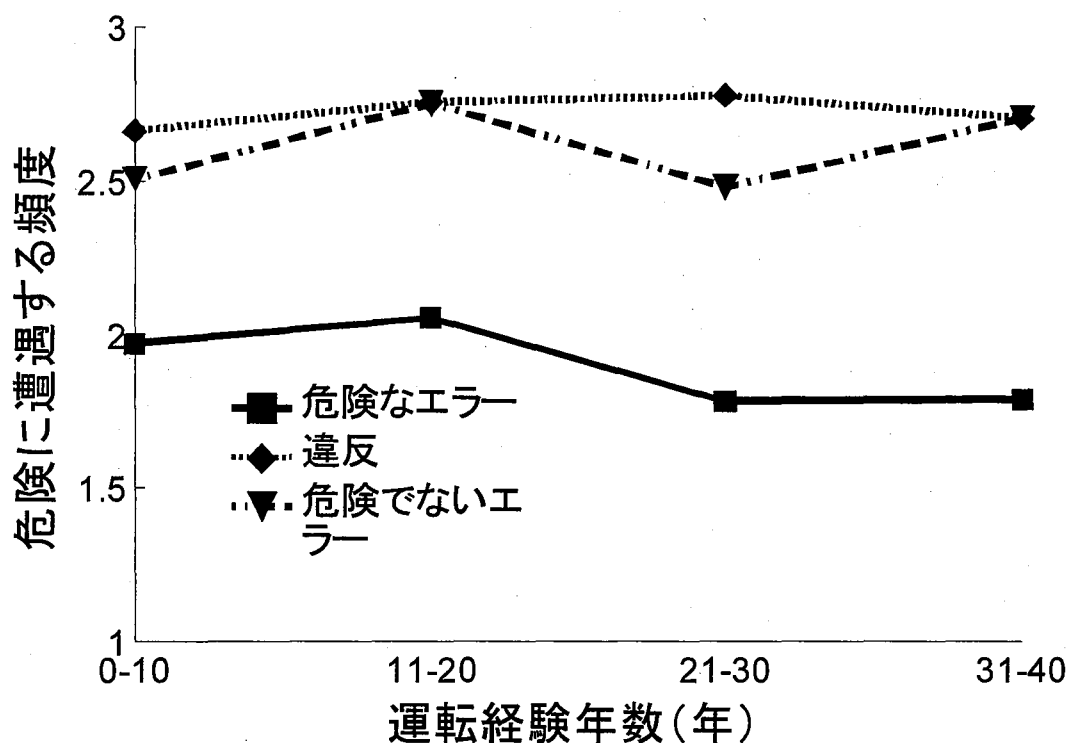


図 4.6:運転経験年数群ごとにおけるDBQ因子得点

一方、経験年数を基準とした分析では危険なエラーにおける効果($F(3,239)=2.85, p<0.05$)が有意となった。また危険でないエラーにおける効果($F(3,239)=2.06, p=0.1$)にも傾向差が見られた。しかし、違反における効果($F(3,239)=2.1, p>0.1$)は有意とはならなかった。危険なエラーにおける効果の多重比較の結果、11-20年と21-30年の間に有意差が見られた。

さらに、実際の事故件数とDBQの因子得点との間に相関関係があるかどうかを検討した。なお、本研究で尋ねたのはここ3年間に何件の事故を起こしたか、および、その事故が加害・被害のどちらであるのか、対人か対物か、という点のみで事故の詳細な内容は尋ねていない。DBQの因子得点、および一年間の走行距離を独立変数、加害事故件数を従属変数とし、ステップワイズ法で変数選択を行いながら回帰分析を行った。結果、『危険でないエラー』のみ効果が有意となり、回帰モデル全体では $F(1,242)=5.8, p<0.05, R=.154$ となった。また、『危険でないエラー』の標準偏回帰係数は-.154となった。なお、被害事故件数を従属変数とする回帰分析も行ったが、変数選択の結果有意な変数が一つも存在しなかったため、解析は出来なかった。

3.6 結果

3.6.1 DBQ と運転者の分類

次に日本語版 DBQ の得点を用い、運転者をどのような危険事象に遭いやすいか、という点から分類することが出来ないか検討する。

DBQ の得点はその運転手がどのような危険事象に出会いやすいかを評価するものである。しかし、例えば、危険エラーを起こしやすい人は、危険でないエラーも起こしやすいというような傾向はないのだろうか。違反の多い人はエラーも多いのだろうか。運転者を事故危険性を基準に分類することで、各運転タイプごとに注意との関係を検討し、適切な対策を採ることが可能なのではないだろうか。

具体的には、各 DBQ 得点を用い、two-step クラスター分析で運転者の分類を行った。AIC を用いて解析した結果、運転者は DBQ 得点によって3つに分類するのが最も適切であると示された。

以下の図4.7に各運転者分類の DBQ 得点の平均を示す。各運転タイプは危険型、安全型、違反型と名づけた。

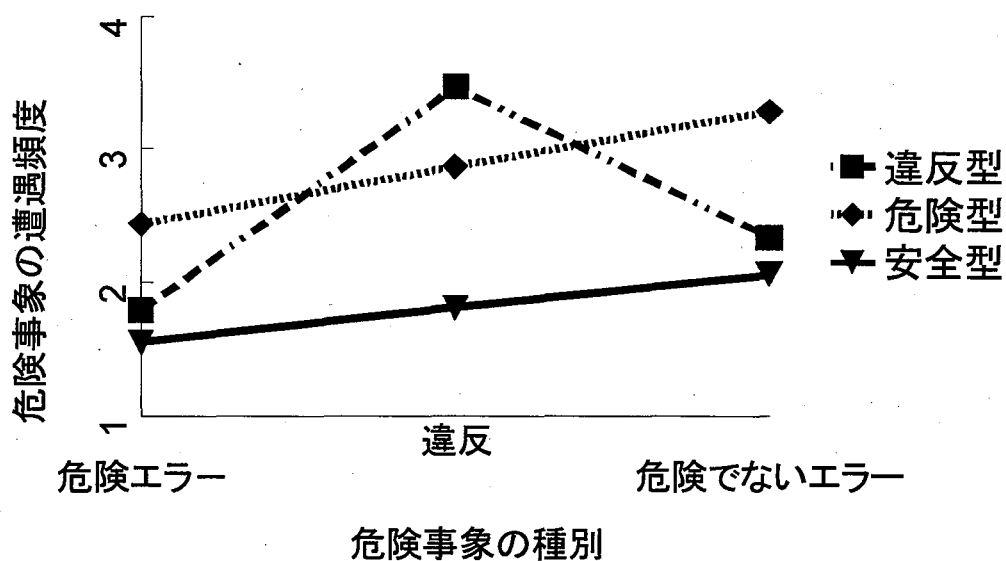


図 4.7: 運転タイプとエラー

運転タイプを独立変数、各 DBQ 得点をそれぞれ従属変数とし、分散分析を行った結果、危険エラー ($F(2,240)=83.88, p<0.01$)、違反 ($F(2,240)=125.64, p<0.01$)、危険でないエラー ($F(2,240)=106.89, p<0.01$) のすべてで有意差が見られた。多重比較の結果、危険エラーと危険でないエラーでは危険型、違反型、

安全型の順に、違反では違反型、危険型、安全型の順となり、すべての区間で有意差が見られた。危険型はすべてのタイプの事故に遭遇しやすく、違反型は違反だけ突出して多いのがわかる。

3.6.2 運転者タイプと・注意力・負荷耐性・運転スタイルの関係

次に本研究のそもそもの目的である、注意力と運転行動の関係を検討する。注意力の自己評価値との関係を以下の図4.8に示す。なお、注意転導傾向は本来得点が高いほど注意力がないことを示す尺度であるが、見やすさを考慮し、値を反転させてあるため、基本的に得点が高いほど注意力があることを示す。

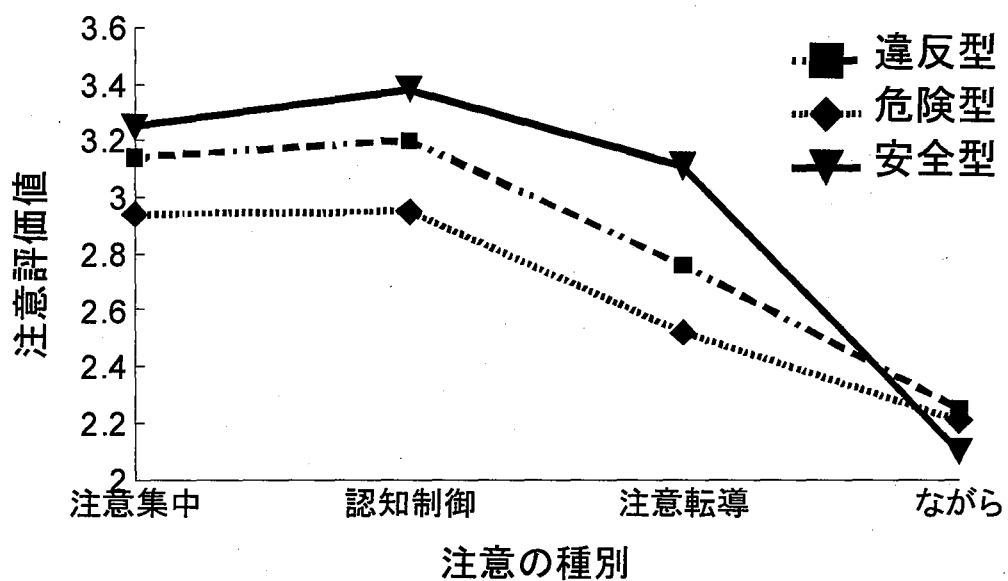


図 4.8:運転タイプと注意型

同様に注意分類ごとに運転タイプを独立変数として分散分析を行った結果、注意集中力 ($F(2,240)=6.49, p<0.01$), 認知制御力 ($F(2,240)=7.71, p<0.01$), 注意転導傾向 ($F(2,240)=15.917, p<0.01$), の各下位得点には有意差が見られたが、ながら作業志向性には有意差が見られなかった ($F(2,240)=.852, p>.1$)。多重比較の結果、注意集中力、認知制御力、注意転導傾向の3つではすべての区間で有意差が見られた。日常注意経験質問紙の結果と運転タイプとの関係は、ながら傾向以外の3つには大きな差が見られた。総じて、安全型が注意評価値が最も高く、ついで違反型、危険型の順になることがわかる。自身の注意力を安全型の運転手が最も高く評価しているといえよう。

次に負担感受性とDBQの関係を図4.9に示す。

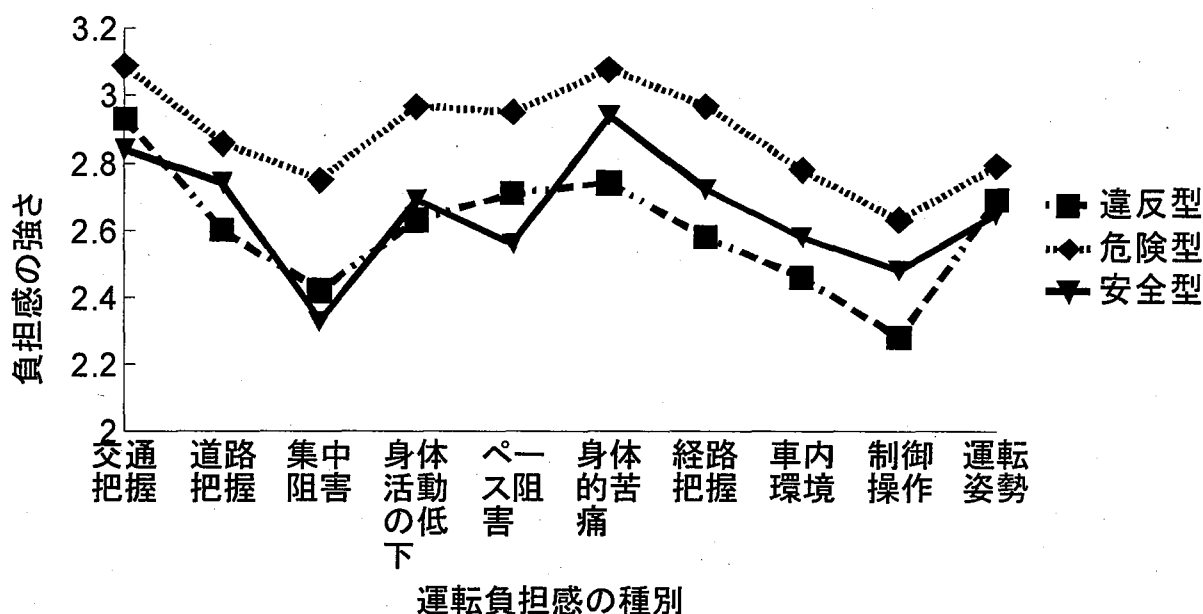


図 4.9: 運転タイプと負担感受性

これも同様に負担分類ごとに運転タイプを独立変数として分散分析を行った結果、運転姿勢以外のすべてにおいて有意差が見られた。(交通把握 $F(2,240)=3.78, p<0.05$, 道路把握 $F(2,240)=3.88, p<0.05$, 集中阻害 $F(2,240)=12.88, p<0.01$, 身体活動の低下 $F(2,240)=4.76, p<0.01$, ペース阻害 $F(2,240)=6.57, p<0.01$, 身体的苦痛 $F(2,240)=3.70, p<0.05$, 経路把握 $F(2,240)=5.15, p<0.01$, 車内環境 $F(2,240)=4.23, p<0.05$, 制御操作 $F(2,240)=5.44, p<0.01$, 運転姿勢 $F(2,240)=.76, p>.1$))

多重比較の結果、集中阻害、身体活動の低下では危険型と違反型、危険型と安全型の両方の間に有意差があった。交通把握、ペース阻害では安全型と危険型の間に有意差があり、道路把握、身体的苦痛、経路把握、車内環境、制御操作では違反型と危険型の間に有意差が見られた。運転姿勢では3群に有意差はなかった。また安全型と違反型で有意差のある区間は存在しなかった。

負担感受性に関しては危険型のみ特徴的な結果となったといえる。違反型、安全型の間に有意な差は見られないものの、危険型は他の二つと比較して、運転姿勢を除くほぼすべての要素で有意に高いという結果となった。これは、危険型の運転者は総じてあらゆることに負担を感じがちである、ということを示す。

最後に運転者タイプと運転スタイルの間の関係を図4.10に示す。

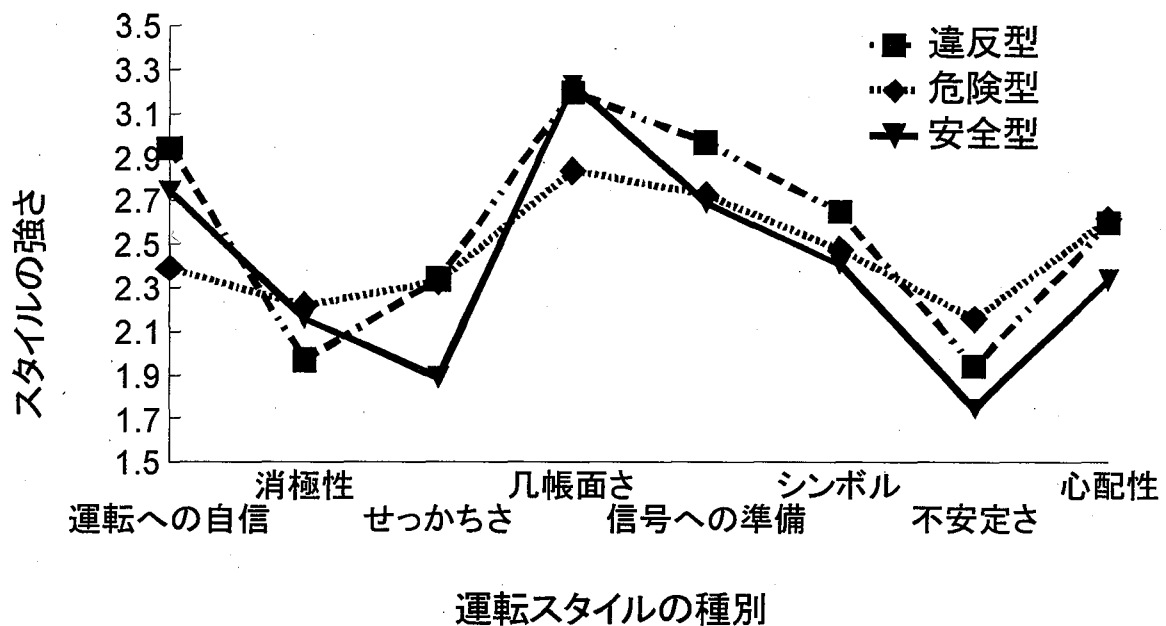


図 4.10:運転タイプと運転スタイル

これも同様に運転スタイルごとに運転タイプを独立変数として分散分析を行った結果、運転スタイルの各因子、すなわち運転への自信($F(2,240)=14.42, p<0.01$)、せっかちさ($F(2,240)=12.24, p<0.01$)、几帳面さ($F(2,240)=11.74, p<0.01$)、信号への準備($F(2,240)=4.07, p<0.05$)、運転の不安定さ($F(2,240)=9.92, p<0.01$)、心配性傾向($F(2,240)=3.05, p<0.05$)、には有意差が見られたものの、運転への消極性 $F(2,240)=2.74, p<0.1$ 、は有意傾向にとどまり、ステイタスシンボルとしての運転 $F(2,240)=1.83, p>0.1$ 、は有意とはならなかった。

多重比較の結果、せっかちさ、信号への準備、で特に違反型が安全型よりも高い値となった。また、几帳面さ、運転への自信に関しては違反型は危険型よりも高いことが示された。また、不安定さ、心配性傾向では危険型が安全型よりも高いことが示された。

3.7 考察

3.7.1 DBQ の分類

本研究の結果、運転行動は3つに分類できることが示された。すなわち、『危険なエラー』『違反』『危

危険でないエラー』の3つである。この結果は Reason et al.(1990)の『Hazardous Error』『Violation』『Non-Hazardous Error』という3分類とほぼ相当する。事実、今回作成した日本語版の方が質問数が少ないものの、Reasonらの3つの分類に含まれていた質問文からほぼ抜き出される形となっている。もともとのDBQは本実験の序論でも紹介したが、各国版が存在し、またその後も様々な研究が行われている。それらの研究によって、DBQにおける運転行動の3分類はかなり頑健なものであることが知られており、研究の行われた国家を問わず、ほぼ同様の分類が適用可能であることが示されている。本研究の結果、日本においてもこの傾向は変わらず、運転行動の分類は海外とほぼ同一のものが使いうる可能性が示された。これは海外のDBQ研究、たとえばDBQと性格特性などといった研究(Arthur,& Graziano,1996)や、DBQにさらに質問文を加え、より精緻な分類とする、といった研究(Lawton, et al.,1997)の結果も適用できる可能性があることを示している。

また、年齢、運転経験に関する解析の結果をまとめると、年齢では有意な効果は認められなかったが、運転経験では危険なエラー、危険でないエラーに対して効果が見られた。危険なエラーと危険でないエラーは強い相関があり、計測しているものも近いため、この二つに同時に有意差が見られるのは当然のことである。重要なのはむしろ、年齢において効果は見られなかったが運転経験年数では有意差が見られた、ということである。結果からすると、運転経験年数が20年を超えるとエラーは減少する。

経験によって行動が変化した、ということは、何らかの教育によって事故の原因となるような危険なエラーを減少させることが可能であるという可能性を示しており、興味深い。この点に関しては、この20年間に於いて運転行動にどのような変化が見られたのかを測定する必要があるかもしれない。

ただし、年齢とDBQ得点に関する結果は先行研究、すなわち海外で行われたDBQの結果とは少々異なる。先に示しているように、本日本語版DBQは海外の質問紙と同一のものではないため、完全に比較可能というわけではないが、類似した因子構造が見られていることから年齢群差に関しても同様の結果がみられても不思議ではない。しかし、Reason et al.(1990)においては年齢と違反との間に有意な関係が確認されている。この違いが質問紙の差や文化的な違い、の何れに起因するのかはわからない。また、そもそも本研究の回答者群は25-45歳位の男性に集中しており、年齢による変化を検討するには十分なデータとはいえなかったかもしれない。これは今後、高齢者群などを加えて研究を進める必要がある。

一方で、実際の事故件数とDBQのつながりを検討すると逆説的な結果が見られる。事故につながると想定された、危険なエラー、違反の得点は実際の事故件数とはつながりはなく、にもかかわらず危険でないエラーの得点には事故と負の相関が見られた。そもそも本調査で3年以内に一度でも事故を

起こしたことがある、と回答したのは全体の一割に過ぎず、元々相関分析を行うには不十分なデータであったのは事実である。だが、それでも『危険でないエラー』は有意な効果を示した。

この理由として一つ考えられるのは、ドライバ自身の意識という問題である。本調査では事故件数を「全くないーほぼ常にする」というように主観的な頻度で尋ねており、ドライバの安全に対する意識が高ければ事故はより多く認識され、報告されるDBQの得点は上昇する可能性がある。また、DBQの項目は違反行動にかかわるものであり、正直に回答しにくい内容であり、DBQの質問項目に対して正確に回答しない可能性も十分考えられる。この事はDBQの得点の高低が個人の安全性を直接に評価できるようなものではない可能性を示す。

なお、DBQと事故件数の関係は国家や集団によって大きく異なることが知られている。『違反』が事故件数を予測する、という研究は存在する(Parker, Reason, & Mansted, 1995)ものの、国際比較研究ではギリシアやオランダ、トルコではそのような傾向は見られなかった(Özkan et al., 2006)。さらに、高齢者群では『危険なエラー』が事故件数を予測する、という研究も存在する(Parker, McDonald, Rabitt, & Sutcliffe, 2000)。そのため、DBQと事故件数の関係は、特に年齢や性別による集団ごとに考慮する必要がある。

また、警察庁統計資料によれば違反を原因とする事故の2割弱は24歳以下の若年者によるものであり、免許保有者数まで計算にあれば、年代ごとに違反率には大きな違いが存在する。各年代ごとに運転傾向が異なる以上、年齢・性別群ごとによるDBQ因子と事故件数との関係が異なる可能性が高い。本研究における調査対象者集団の年齢分布は一樣とはいえず、今後さらに実験参加者数を拡大した研究が必要だろう。

3.7.2 DBQと注意、負担感と運転スタイル

次にDBQと注意、及びその他の質問紙との間の関係について検討する。まずDBQを分類したところ、3つに分類されることが示された。またさらに重要なことに、違反・危険・安全という3分類は注意力評価値との間に関連があった。すなわち、注意力の有無と運転行動との間には関係があることが示されたといえる。そこでさらに詳しく、各運転タイプと全ての質問紙との間の関係を検討したい。

まず危険型であるが、結果から、危険型は注意力がなく、また負担を感じがちであることがわかる。注意力の少ないことと、負担感の大きさに直接の関係があるかどうかは定かではないが、Simon & Corbett(1996)は負担を感じやすい人は事故が多いことを示しており、今回の研究もそれを再現したものといえる。これら危険型のドライバーはこの負担を軽減することによって、運転の質を高めることが出来

る可能性が高い。では、負荷に対応するとはどのようにすればよいのだろうか。

負荷に対応するためには、最も単純に考えられるのは様々な運転の自動化装置である。これらは運転から負荷を低下させることが出来るが、同時に負荷の低下しすぎは運転をかえって悪化させる可能性もある(Hancock, & Parasuraman,1992)。本研究では、危険型だけが負担感を強く感じるため、負荷の減少は危険型に対してより大きな効果を起こすだろうと考えることができ、また負荷を減少させた際に逆効果となる可能性も、危険群が最も低いのではないかと考えられる。

一方で、違反型は注意、及び運転スタイルに特徴が見られている。注意力は危険型ほどではないものの、やはり安全型には劣り、注意の有無が運転スタイルを変化させる可能性が見られる。さらに、運転スタイルを詳しく見ると、安全型と違反型の間では、2点に違いが見られる。すなわち、せっかちさと信号への準備、である。この二つは、ともにより速く何らかの反応をしよう、という点で類似しており、ともにせっかちな傾向を示しているのではないかと推理される。すなわち、せっかちさ、というものがこれらの運転者の運転を最も大きく変化させているのではないかと考えられる。これらの運転者では、このせっかちさ、という要素にどのように対応するのか、という点が最も重要だといえよう。

また、違反型はエラーが多いわけではないため、違反型のせっかちさというのはあくまで違反行動と関連するものであることがわかる。運転スタイルに見られた几帳面さに関しては安全型と違反型の間に差が無いという事実も違反型がエラーを起こしやすいわけではないことを反映しているのかもしれない。やはりこれらの運転者では、このせっかちさ、という要素にどのように対応するのか、という点が安全対策上、最も重要だといえよう。

3.8 問題点

本実験は注意力の測定質問紙を利用し、注意力と運転能力との間に関連があることを示すことを目的としたものであり、結果として運転行動を3つの種別に分類することに成功し、また運転タイプと注意力との間に関連があることが示された。

しかし、本研究にはまだいくつかの問題点が存在する。まず、DBQ分類はあくまで危険性がある様な行動を取ったか、という点で尋ねる物であり、実際に事故をおこしたことがあるかどうかではない。本研究では運転行動に事故との結びつきがあると仮定しており、これまでの考察でもそのように考察してきたが、実際の事故件数にはDBQの得点が反映されていなかった。この点に関しては、実際に危険エラー

の得点が高い人と違反の得点が高い人では、起こす事故の種別などが異なるのかどうかという点は今後検討していかなければならないことである。

また、質問紙法ゆえの問題点も存在する。井上・佐藤(2002)は、日常認知研究において自己報告法を用いる場合に、回答にバイアスがかかり、質問文の内容や構成によって得られる結果が変わりうることを指摘しているが、この問題は本研究においても重要である。本研究で計測された注意能力も、また運転行動も実際の行動に反映されるものかどうか、この調査だけでは確認できない。なお、この点は次の実験でもとり扱う。

また、本研究ではエラーに関して運転経験の効果があることが示されたが、先の考察でも触れたように、今回の研究で用いた質問紙は主観的な頻度を尋ねるものであり、数的基準を明確にしていない。そのため、個人の頻度評価が実際の回数を正確に反映しているという保証が出来ない。

ほかにも、経験年数の効果があったということに関しては、運転を経験することで実際にエラーが減少したという可能性以外にも、運転に慣れることでエラーを厳しく評価しなくなってしまったという可能性がある。これらの問題に関しては運転の質や能力を質問紙による自己評価以外の外的基準でもって評価する方法を検討しなければならない。ドライビングシミュレータを用いた実験的研究であればこの関係は検討可能であろう。事実、De Winter, Wieringa, Kupers, Mulder, & Mulder(2007)はシミュレータを用いて観測された危険行動のデータを因子分析することでDBQと同様の Violation と Error の2因子を抽出している。この研究では年齢の効果は検討されていなかったが、今後そのような検討も必要であろう。

最後に、本研究で作成されたDBQはあくまでDBQの原著論文をもとに生成したものであり、日本の道路事情によく対応しているとはいえない。日本において適切でないような質問文は解析の中で排除することは出来たと考えているが、結果として海外で使用されているDBQに比べ質問数は半分程度となってしまう。これは、中国(Xie & Oaker, 2002)や、スウェーデン(Aberg & Rimo, 1998)で行われたように、今後日本特有の質問文を追加することでよりよく対応した物とするべきである。また、DBQには質問文を追加しようとする研究が複数、存在する。たとえば Lawton, Parker, Mansted, & Stradling(1997)はDBQに攻撃的違反に関する質問文を追加し、4因子とした。Lawton, Parker, Mansted, & Stradling(1997)以外にも4因子説を採用している研究は多いため(eg., Åberg & Rimmo, 1998; Özkan, Lajunen, Chliaoutakis, Parker, & Summala, 2006), 今後このような方向性での質問文の追加も必要だろう。

3.9 次の実験に向けて

以上のように、いくつかの問題が残ったものの、本研究ではこの調査で使用された質問紙を利用して運転者の傾向を計測、分類することとする。

次の実験6では、日常注意経験質問紙を利用して、まず2次元環境下で注意力によって複数対象の処理能力に差があるのかどうかを確認する。これによって、本質問紙が適切な対象を計測しているのかどうか確認するとともに、質問紙計測された注意評価値の高低が運動方向変化検出におけるどのような性質に関連しているのかを検討する。

4章 実験6 注意評価値と方向変化検出力の関係

4.1 目的

本実験の目的は注意を測定する質問紙が実際に方向変化検出力や、複数の対象の運動を同時処理する能力と関係があるのか確認することである。そのために、本研究では複数の運動を同時に見て、そのうち変化を起こったものを回答する、という方法を用いた。実験2とは異なり、本実験では変化の瞬間も目視可能である。また、視野内の位置によって注意力による差がでないかということも検討するために、運動する対象ではなく、定点でテクスチャパターンが移動するように設定した。これは場所を移動する対象を刺激として用いると対象の視野内における位置が実験を通して変化するため、位置ごとの成績が算出できないためである(Nakayama,1985)。

4.2 方法

4.2.1 実験参加者

大阪大学の学生20名(男性11名、女性9名、)である。平均年齢は22.6歳、年齢の標準偏差は1.86歳であった。全員が正常、または正常に矯正された視力を有していた。

4.2.2 装置

実験 1 と同じ。プログラムは Visual basic .net で作成された。

4.2.3 手続き

まず、本実験を行う前に EAEQ への回答を求め、その後実験手法の説明を行った。大まかな実験中の画面の様子を図4.11に示す。

実験を開始すると、画面に固視点が表示された後、1-8個の半径 1 度の円形の区画が固視点を中心とした半径 4 度の円状の空間に等間隔に配置された。同時にその円形の区画の内部にランダムに点が配置され、各点がそれぞれの区画ごとに一方向に動き出した。区画自体は移動せず、点が区画外にでるときには消滅させたため、各点が区画の外に出ることはなかった。また、区画内の点の密度は常に一定に保たれた。点の移動する方向は各区画ごとにランダムに設定され、全体として一つの方向に移動するわけではなかった。運動開始から1-2秒後にその区画のうち一つで、内部の点の運動方向がすべて一定の方向に変化した。実験参加者はこれを検出した場合、スペースキーを押して反応した。スペースキーを押すとすべての運動が停止するため、さらにその変化がどの区画で起こったかをテンキーの 5 を除く1-9のキーのいずれか一つを押して回答した。テンキーと区画の位置は空間的に対応していた。

独立条件は同時に表示される対象区画数(1,2,4,8)4水準、変化角度(30°,45°,60°,90°)4水準、変化の起こる位置8水準であった。ただし、同時表示対象区画数が1, 2, 4の条件では上下左右の4方向にしか区画は現れず、斜め方向に区画が現れるのは8個条件だけであった。そのため、1, 2, 4個の条件では変化の起きる位置も4水準であった。

従属変数は反応時間、及び正答率であった。反応時間は基本的に、変化した区画がどれか正しく回答出来た場合のみを用いた。実験試行数は 640 試行であり、練習試行は 8 試行であった。

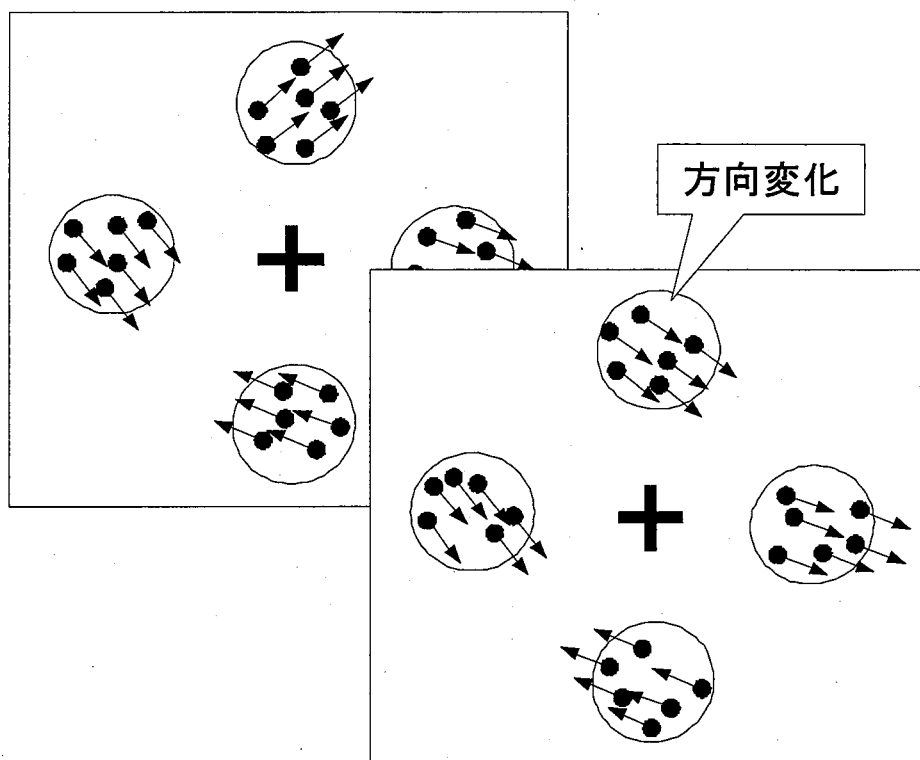


図 4.11:実験 7 刺激図

4.2.4 解析

注意力の評価に関しては、まず EAEQ の4因子ごとに因子得点を出し、それを因子ごとに標準化し、さらにその標準化得点の和の大小で実験参加者を2分した(注意転導傾向は反転してある)。そして、すでに説明した3つの独立変数、すなわち変化位置(4水準)、表示される対象区画数(4水準)、変化角度(4水準)に注意力評価値(2水準)を加えた4要因で実験参加者を変量因子とし、一般線形混合モデル解析を行った。なお、変化位置に関しては上下左右の4水準のみを用いた。

4.3 結果

まず正答率に関して解析を行った結果、表示される対象区画数($F(3,57)=1456.9, p<0.001$)、変化角度($F(3,57)=530.5, p<0.001$)、変化位置($F(3,57)=87.33, p<0.001$)の主効果は有意であったが、注意の主効果は($F(1,19)=1.23, p>0.1$)有意ではなかった。また、変化角度と対象数の交互作用($F(9,153)=44.03, p<0.001$)、注意力の大小と対象数の交互作用($F(3,57)=12.06, p<0.001$)、変化位置と対象数の交互作用($F(9,153)=12.06, p<0.001$)は有意であった。しかし、角度と注意($F(3,57)=1.01, p>0.1$)、角度と場所($F(9,171)=1.33, p>0.1$)の交互作用は有意とはならなかった。

以下の図4.12に同時に表示された対象区画数, 変化角度と正答率の関係を示す。

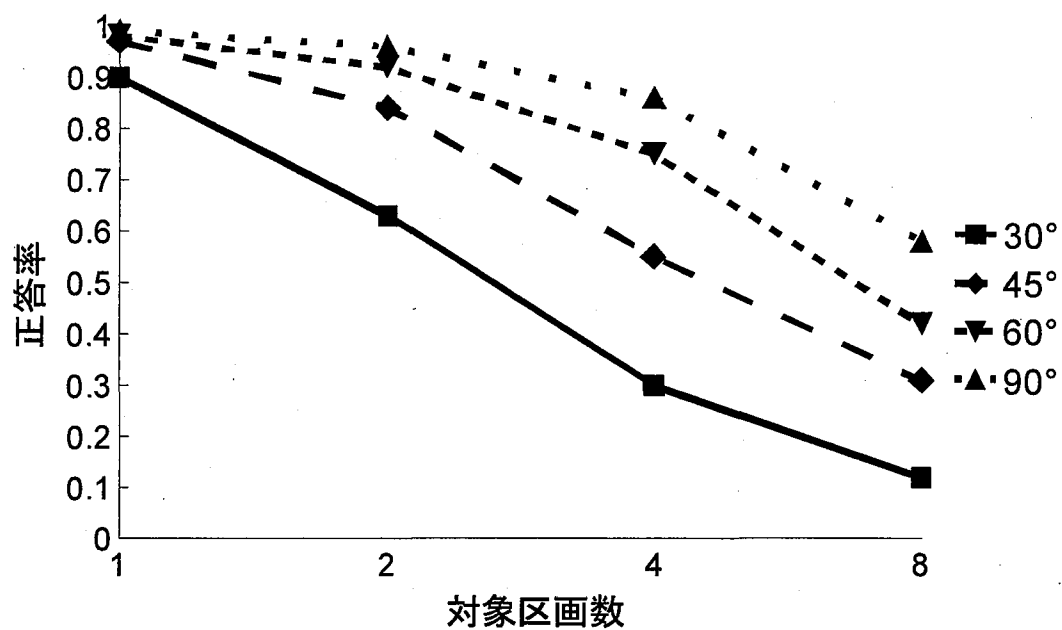


図 4.12:角度と対象数による正答率の変化

多重比較の結果, 1 個条件における 45-60 度, 45-90 度, 60-90 度区間を除く全区間で有意差が見られた。

次に注意力の大小と対象数による正答率のグラフを図4.13に示す。

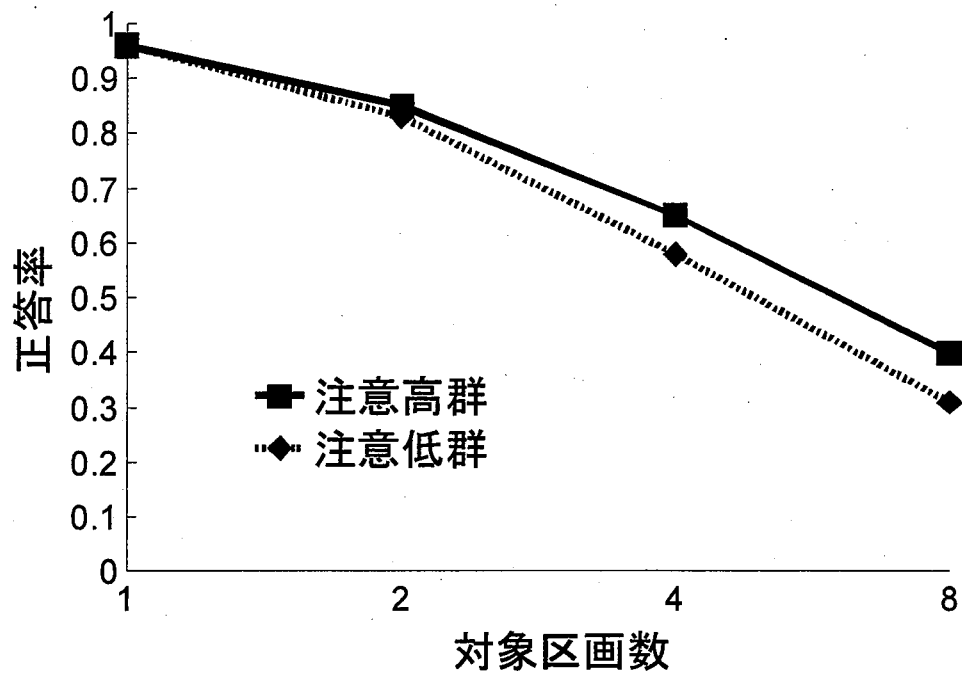


図 4.13: 注意力と対象数による正答率の変化

多重比較の結果, 8個条件の時に注意力の高群と低群の間で有意差が見られた。

最後に固視点を中心とした視野内の変化位置と対象数による正答率のグラフを図4.14に示す。

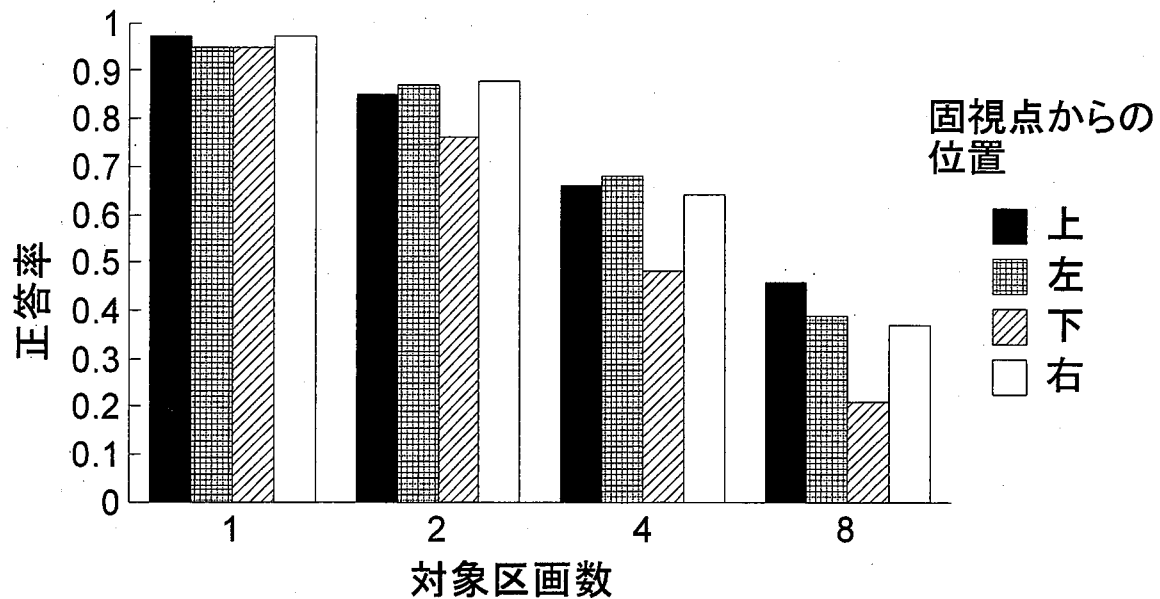


図 4.14:対象数と変化位置による正答率の変化

これも多重比較の結果, 2 個と 4 個の条件では下での変化だけ検出率が低く, 8 個の条件では上だけ成績が良く, 左右はついでよく, そして下での変化が一番検出が困難であることがわかった。

さらに反応時間に関しても同様の解析を行った。対象数($F(3,54)=240.5, p<0.001$), 変化角度($F(3,54)=179.6, p<0.001$), 変化位置($F(3,54)=14.85, p<0.001$)の主効果は有意であり, 注意の主効果は有意ではなかった($F(1,19)=0.42, p>0.1$)。また, 対象数と角度の交互作用, ($F(9,126)=2.54, p<0.01$)注意力の大小と対象数の交互作用($F(3,54)=5.84, p<0.001$), 変化位置と対象数の交互作用($F(9,126)=4.89, p<0.001$)は有意であったが, 角度と対象数($F(9,171)=4.89, p>0.1$), 角度と注意力の交互作用($F(3,57)=1.11, p>0.1$)は有意ではなかった。

まず対象数と角度ごとによる反応時間のグラフを図4.15に示す。

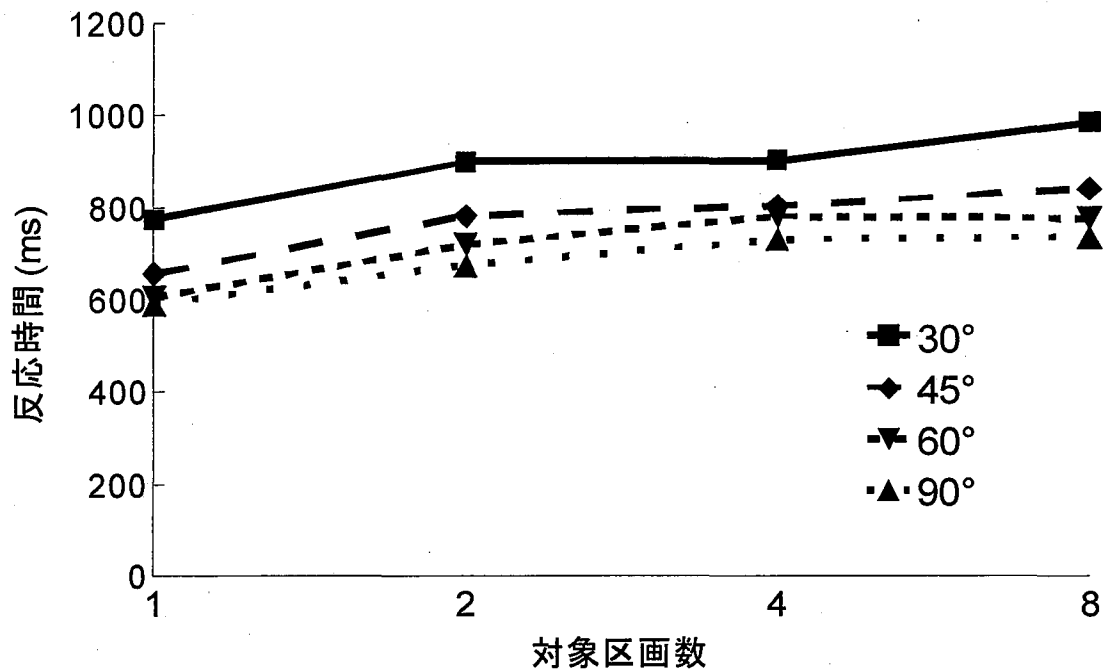


図 4.15:角度と対象数による反応時間の変化

多重比較の結果, 全対象数条件において 30 度が有意に他の角度に比べて早く, また, 30 度と 45 度条件では 1 と 2 の間にだけ有意差があり, 一方 60 度と 90 度では 1 と 2 の間に加え, 1 と 4, 2 と 4 の間にも有意差が見られた。

次に注意評価値の高低と対象数による反応時間のグラフを図4.16に示す。

多重比較の結果, 高群においては 4 個と 8 個の間で反応時間に差がないものの, 低群においては 4 個と 8 個の間で有意差が見られた。

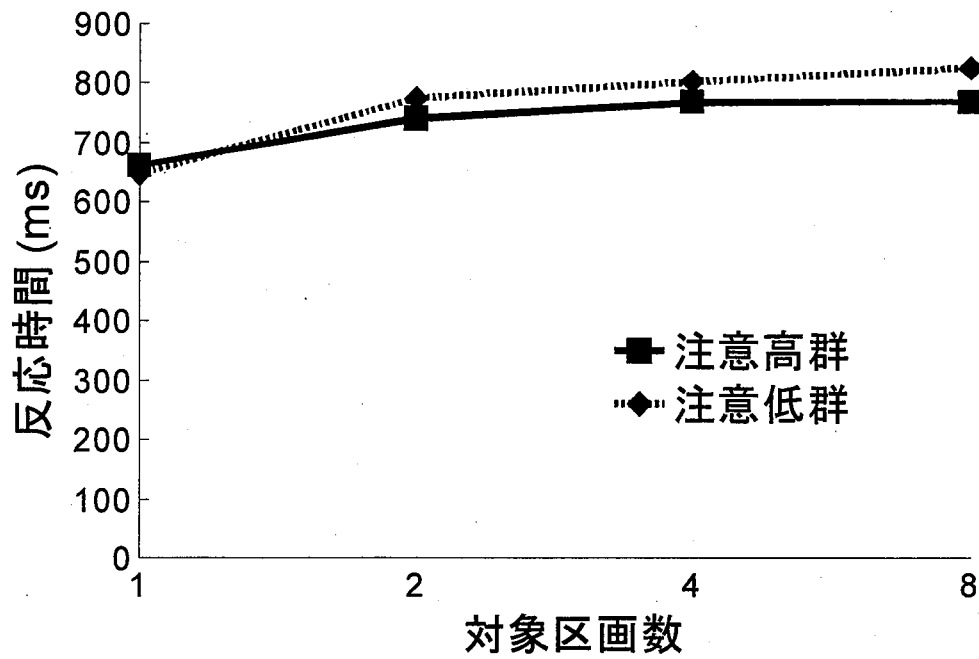


図 4.16: 注意力と対象数による反応時間の変化

さらに固視点を中心とした視野内の変化位置と対象数ごとの反応時間のグラフを図4.17に示す。

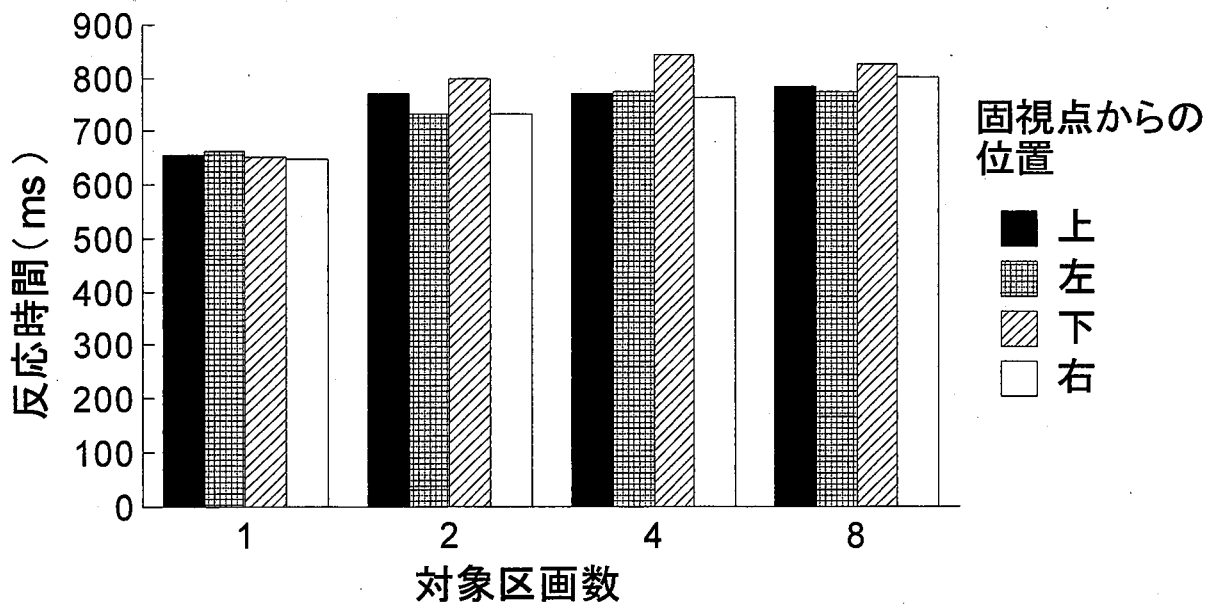


図 4.17: 対象数と変化位置による反応時間の変化

多重比較の結果, 1個の条件のみあらゆる方向において有意に早いことが示された。また, 2個のとき上下方向に比べて左右方向が早く, 4 個のときは下方向だけが遅いことが示された。

本実験でも変化がどこで起こったか, という回答は求めたが, どこで変化が起こったかわからなくとも回答しようとする可能性はあった。そこで, 対象数8個の条件で, 何らかの回答があったものの割合と, 変化位置まで正しかったものの割合を調べた。一般線形混合モデル法で角度を要因とし, 両群の差を検定したところ, 全ての角度で両群の間に有意差($F(3,48)=8.50, p<0.01$)が見られた。結果を角度ごとに図4.18示す。変化を検出したが, 変化場所を間違えたというケースは一定数ある可能性があることがわかる。ただし, その割合は全角度で10%程度であり, 変化自体が検出できていないケースも多数あることが伺える。

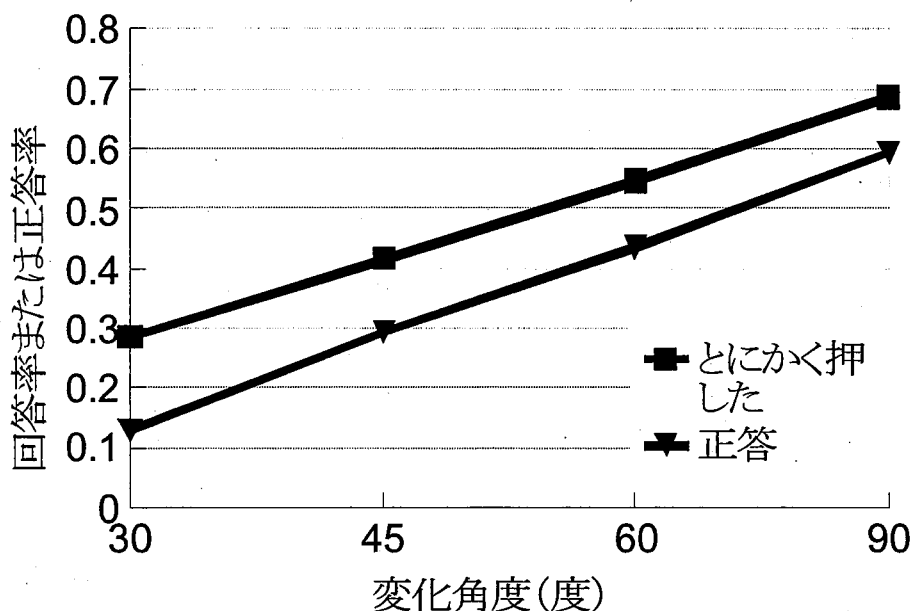


図 4.18: 角度ごとの回答率と正答率

また, さらに何らかの反応があったもののうち, どの程度が正答であったかという結果を反応時間ごとに注意群低群と高群に分け, 算出することとした。本実験は反応がなかった場合は一定時間で打ち切る形の実験であったため, 反応時間がないケースも多数存在する。まず反応時間ごとの回答数のデータを図4.19に示す。反応時間を, 50ms を最小単位とし, 回答数の和を示している。

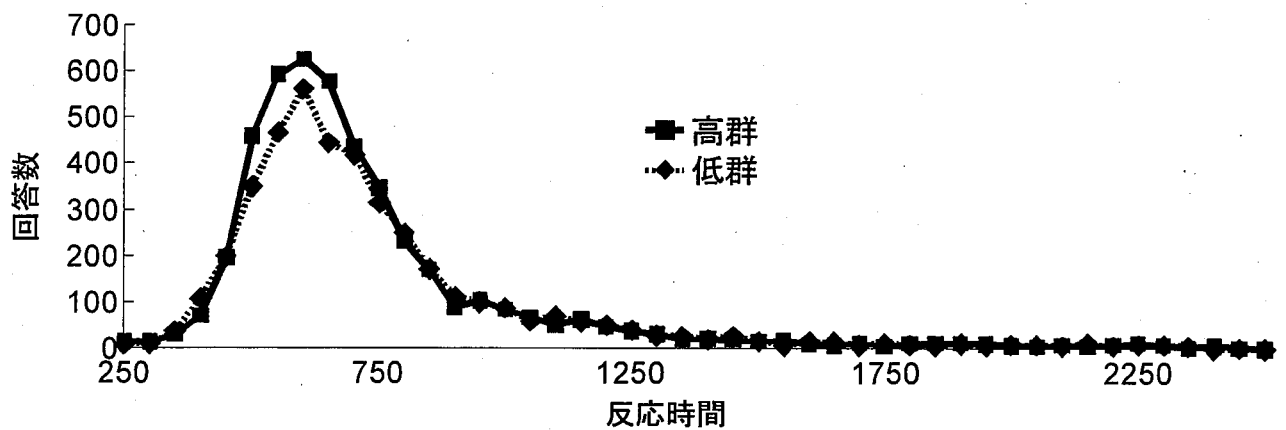


図 4.19:各反応時間における回答数

反応は 600ms 付近に集中していることがわかる。

正答率のデータは、50ms を最小単位とし、各反応時間ごとに正答率を算出したものである。なお、特に短い時間や長い時間においては回答数が少なかったため、区間におけるデータ数が 100 データを下回る場合は隣接した区間もデータに含めて算出した。そのため、区間幅は一定ではない。以下の図 4.20 にそのデータを示す。複数の区間にわたる場合は、使用した区間の中間点を表示に用いている。例数が少なすぎる区間が多かったため統計検定は行っていない。

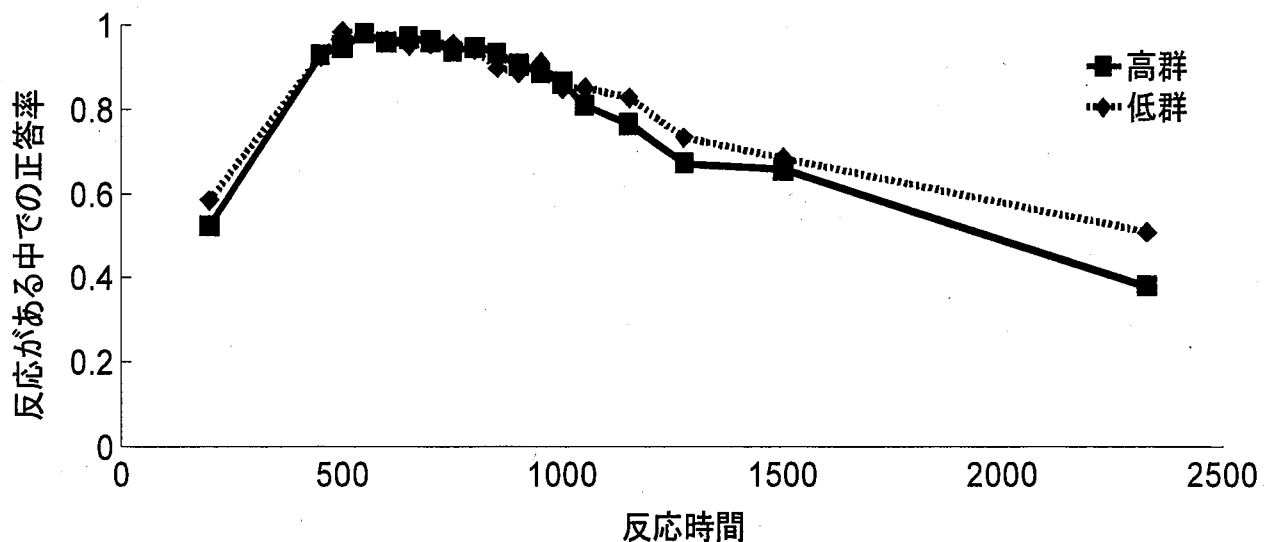


図 4.20:各反応時間ごとにおける正答率

4.4 考察

まず、角度と対象数、正答率の関係から考察すると、角度が小さくなり、対象数が増えると単調に方向変化検出の難易度が増加していくという関係があることがわかる。角度が小さい方が難しいのは当然であり、また、複数の対象の運動を同時に処理するのが難しいという結果はここまでの複数の実験で確認され続けてきた結果である。注目すべき点としては、1個でならほぼ完全に検出可能であり、角度の効果はあまり見られないが、2-8個ではその角度の効果が見られるということである。ただ、角度の効果が対象数の増加に伴って大きくなっていくのかどうかは明らかではない。すでにこれまでの実験で、注意を向ける対象数の効果を確認してきているが、そのうち、対象数と何らかの要素の間に交互作用が見られたものはさほど多くない。今回は交互作用は統計上得られている。ただし、対象数が一個の条件の際の結果には強い天井効果が考えられるため、角度と対象数の間の交互作用についてはまだ不明な点が残る結果となっている。

また、確証は出来ないが、複数対象の変化検出はどれが変化したのかわからないというだけではなく、実際に変化が検出できていない場合も多いようである。図4.18の結果からすると、変化が存在したこと自体に気が付いていなかったケースも多数見られる。変化が存在すること自体に気が付かなかったという結果は被験者の内観報告でも同じ報告が得られた。ただ、本実験は変化の存在の検出と位置まで含めた報告を明確に分離した実験ではないため、変化した位置がわからない場合に回答を控えた可能性がある。この点は更なる検討が必要である。

むしろ重要なのは本実験の主目的である注意高群、低群と正答率の関係である。図に示されるように、対象数8個の条件でのみ注意評価値高群のほうが成績が良くなっている。これは注意評価値高群のほうが対象数が増えたときの成績が良い、ということであり、対象数増加による影響を受けにくいということである。他の解釈として注意評価値高群のほうが方向判断の精度が良いだけなのではないか、という解釈も出来るが、この解釈では一個条件のときに差が見られないのは天井効果としても、天井とは考えにくい2個、4個条件でも差が見られない理由を十分に示すことができない。やはり、質問紙による注意評価値が高いということは複数の対象を同時に処理する能力が高いと考えるべきであろう。

対象数と変化位置に関しては若干、固視点よりも上のほうで正答率が高まる傾向が見られた。しかし、これは運動検出の研究には余り見られない結果である。なぜならば、一般的な運動検出の閾値は下半視野のほうが低く(Rezec & Dobkins, 2004; Edwards & Badcock, 1993)、脳波による検討でも確認されている(Kremlacek, Kuba, Chlubnova, & Kubova, 2004)ためである。逆に、上方で成績が向上するものとして知

られているものとしては、視覚探索課題(Previc & Blume,1993)や、物体認知課題(Chambers, McBeath, Schiano, Metz,1999)などがある。本課題に関しては、課題内容自体は運動の認知であるが、複数の対象を同時に認識しなければならないという点で、むしろ視覚探索課題に近かったのではないかと考えられる。この結果は興味深い。なぜならば、すでに実験 3,4 で特に飛び出し速度が低速であった左奥条件でのみ対象数の効果が見られたことから、左奥条件における方向変化検出は運動方向変化を検出できず、道路上に出てきている対象を探索するという、視覚探索課題としての面を持つ可能性が示唆されているからである。本実験では実験 3,4 とは違い、変化後に変化があったことを推察できるような情報は存在しなかった。にもかかわらず、視野ごとの成績から、本研究でも対象数が多く、変化検出難易度の高い環境において視覚探索課題としての面があらわれている。複数対象に同時に注意を向け、方向変化検出を行うという本研究の課題は運動の検出課題であるため、Rezec & Dobkins (2004)や Edwards & Badcock (1993)のように、下半視野のほうが成績が良くなって当然である。にもかかわらずむしろ上半視野のほうが良いという結果は、方向変化検出が運動の出現の検出と根本的に異なっている、という可能性を予測させるものである。

さて、続いて反応時間に関する考察を行う。対象数と角度のデータにおいては、反応時間では正答率と異なる傾向があった。対象数が増加すると正答率は低下していくが、反応時間は一定の反応時間から増加しなくなるように見える。これに関しては図4.19, 4.20のデータから説明が出来る。図からすれば、反応時間の長いものはそもそも回答数が少なく、また反応時間が増加するのに合わせて正答率は低下していく。本解析で使用した反応時間は正答の場合だけであるから、対象数が増えることによって方向変化検出の難易度が増加するのに合わせて反応時間が増加したとしても、反応時間が長い場合は正答が出来ないために、反応時間のデータには反映されず、結果として反応時間は増加しない。ある短い反応時間でしか正答できないという結果は記憶などに依存した変化判断を遂行しているわけではないということであり、変化の瞬間を検出するという課題となっているということと考えられる。もちろん、本研究では実験 2 において記憶を必要とする、変化の瞬間が見えない場合の変化検出を検討しており、その際に成績が著しく悪いということにはなかった。すなわち、記憶による方向変化検出は著しく悪いということはないものの、通常あまり行われず、方向変化検出は変化の瞬間を見ることで検出する、という手法をとりがちなのではないかと考えられる。

さて一方で、注意評価値と対象数のデータは、部分的ながら正答率と類似した結果が見られた。高群においては 4-8 の区間で成績は変化しないものの、低群では成績は悪化した。これもやはり高群においてのみ対象数が複数になったときの成績低下が少ない、ということを裏付けるデータである。

変化位置と対象数の関係に関しては、反応時間では正答率ほど単純な関係は見られなかった。4個のとき下での反応時間が遅い、という結果は見られているものの、8個のときはそのような効果はなく、また上の反応時間が早い、ということもない。これは先に考察したとおり、反応時間に関しては正答率ほど方向変化検出の精度を反映する実験になっていなかったことによる問題であろうとおもわれる。ただ、部分的に効果が見られている場所に関しては、更なる確認が必要かもしれない。

まとめると、本来の目的であった、注意評価値によって複数の対象への対応力に差が存在するという点は確認されたといえる。正答率、反応時間の両方で特に対象数が8個のときのみ質問紙によって評価された注意評価値の高低によって成績に差が見られた。対象数が少ないときにはそのような差が見られていないところから考えても、注意評価値の高低によって運動の検出閾に差があるというよりはむしろ複数の対象を同時処理するときだけに影響する要素が存在すると考えられる。そこで実験7では、この結果を踏まえ、これまでと同様の飛び出し検出課題で注意評価値の高低による影響がどのように現れるのかを検討することで、飛び出し検出の難しさをつくりだす正体を検討する。

4.5 次の実験に向けて

次の実験7では、以上の結果を踏まえ、質問紙を用い、実験参加者特性の計測を行うとともに飛び出し検出の成績を検討する。このことによって、どのような特性が飛び出し検出を悪化させるかを検討するとともに、質問紙の結果が自己報告や、2次元面での結果だけではなく、3次元条件における結果によって確認されるかどうかを検討することができ、このことによって質問紙の有用性をも確認することができると考えられる。

さらに実験7では実験5の問題点であった視点の固定を改善し、自由視条件下での飛び出し検出成績を検討することを目指して実験を行うこととする。

5章 実験7. 自由視条件における飛び出し検出と聴覚的負荷の影響

5.1 目的

本実験の目的は道路環境を想定した映像内で、左右から飛び出してくる歩行者の検出を行う際に、聴覚的負荷をくわえ、その効果を見ることである。また、あらかじめ質問紙を用いて実験参加者特性を

評価しておくことで、質問紙から計測される実験参加者特性によって反応時間などの予測ができないか検討した。なお、本実験ではこれまでの実験とは異なり、実験参加者の視点を固定していない。結果、より自然な環境下で実験参加者の注視特性も検討することが可能となった。

5.2 方法

5.2.1 実験参加者

大阪大学の学生 17 名(男性 8 名, 女性 9 名)。平均年齢 22.35 歳, 年齢の標準偏差は 1.69 歳。全員が正常か, または正常に補正された視力を有していた。ただし, うち一人は反応時間が他者の平均値の 2 倍以上遅かったため, 分析には用いられなかった。

5.2.2 仮想空間の設定

映像刺激は全て実験3と同様であった。

5.2.3 装置

基本的に実験 3 と同様である。また, Tobii technology 製 Tobii x50 eyetracker を用い視点の計測を行った。Tobii を管理する PC と映像, 音声を管理する PC は異なっていたが, この 2 台は LAN ケーブルで接続され, Tobii 管理側の PC で取得された注視点データは映像管理側 PC で受け取られ, 保存された。なお, Tobii は 50hz での視点計測が可能であるが, 映像は 30hz で管理されていたため, 映像と同じタイミングで注視点を計測した。

また, 本実験では質問紙の配布も行った。実験参加者には前の調査で使用された注意力測定質問紙・運転スタイル質問紙・負荷感受性質問紙と, 前の調査の結果抜き出された 9 問のみで構成された DBQ を実験前に配布し, 回答を求めた。ただし, 本実験が大学で行われたため, 日常的に運転を行っているものが少なく, 17 名中 3 名しか十分に回答できず, 結果として注意力測定質問紙以外は十分な回答が集まらなかったため解析には使用していない。

5.3 手続き

実験手続きは実験5とほぼ同様であった。ただし、中央固視課題の代わりに聴覚弁別課題が用いられた。聴覚弁別課題は実験参加者の背後から聞こえてくる、2秒にひとつのペースで読み上げられる数字音声の大小弁別課題であった。実験参加者は数字が6以上であった場合、Zのキーをその度ごとに押して回答した。数字は1-9までの整数であり、5は提示されなかった。スピーカーはプロジェクターの位置に配置されていた。聴覚弁別課題用の音声は実験を通して提示されたが、前半、または後半のどちらかのブロックでは課題への回答は求めなかった。課題順序はランダム化されている。

独立変数は負荷の有無(2水準)、変化の発生した位置(4水準)であり、さらにEAEQによって評価された注意評価値を実験6と同様の方法で2群に分けた注意評価の高低(2水準)であった。従属変数は反応時間、及び正答率と各フレームにおける注視位置である。試行数は1ブロック96試行を2ブロック行った結果、192試行であった。

5.4 結果

5.4.1 反応時間に関する結果

方向変化位置(4水準)と負荷の高低(2水準)、注意評価値群(2水準)を独立変数、反応時間を従属変数、実験参加者を変量因子として一般線形混合モデル分析を行った。結果、変化位置の効果($F(3,48)=218.83, P<0.01$)、負荷の高低の主効果($F(1,16)=37.13, p<0.01$)は見られたものの、注意評価値の主効果($F(1,16)=0.35, p>0.10$)は見られなかった。しかし、位置と注意評価値の交互作用は見られた($F(3,48)=4.48, P<0.01$)。位置と負荷($F(3,48)=1.98, p>0.10$)、負荷と注意($F(1,16)=0.00, p>0.10$)、場所、注意、負荷の3次の交互作用($F(3,48)=1.87, p>0.10$)はいずれもみられなかった。

図4.21に負荷と変化位置の関係を、図4.22に変化位置と注意評価値群の関係を示す。多重比較の結果、変化位置に関しては右手前と左手間の間に有意差は見られなかったものの、それ以外の全区間で有意差が見られた。また、位置と注意の交互作用に関しては、右奥で有意差が見られた。

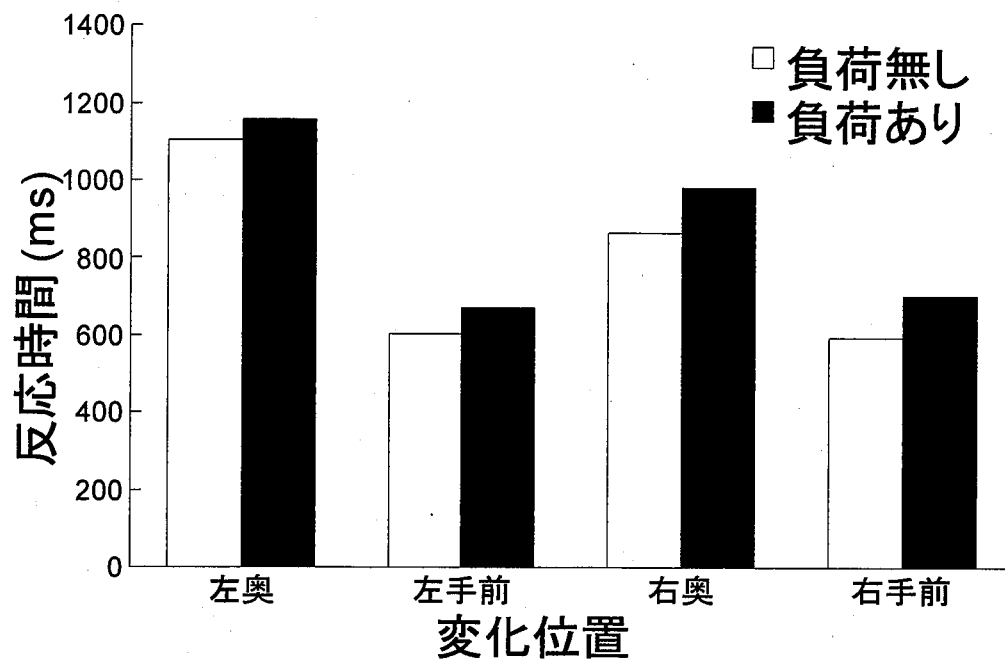


図 4.21: 負荷と反応時間, 変化位置の関係

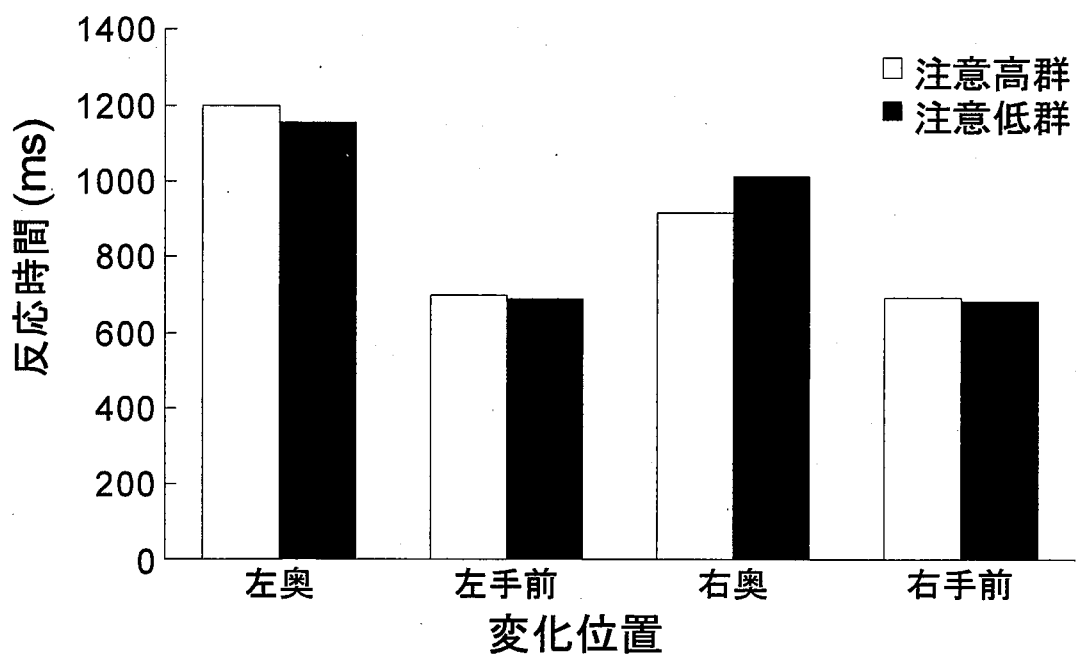


図 4.22: 変化位置と反応時間, 注意評価値の関係

5.4.2 注視点に関する結果

まず画面を視角2度刻みのセルに分割し、各セルごとに合計注視時間と全実験時間割合を算出した。画面の中央を0、右下方向を+として表示している。なお、本実験における変化位置は、横軸で左前-5.04°、左奥-3.37°、右奥 4.37°、右前 6.71°である。縦軸位置は対象の大きさが一定でないため、単純に評価できないが、検出対象である円柱の中心は 0.2°の地点にあった。図4.23、4.24に負荷条件ごとに注意力高群と低群に2分したときの注視点の分布を示す。なお、図表では各セルの中心点をセルの代表値として示している。

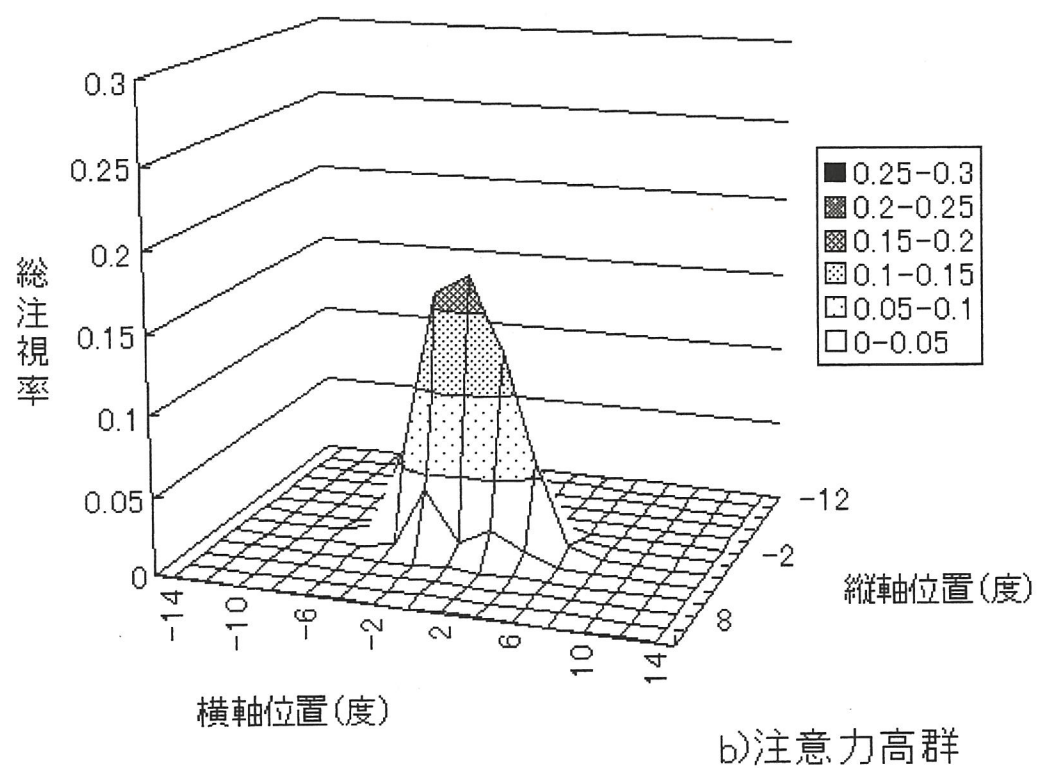
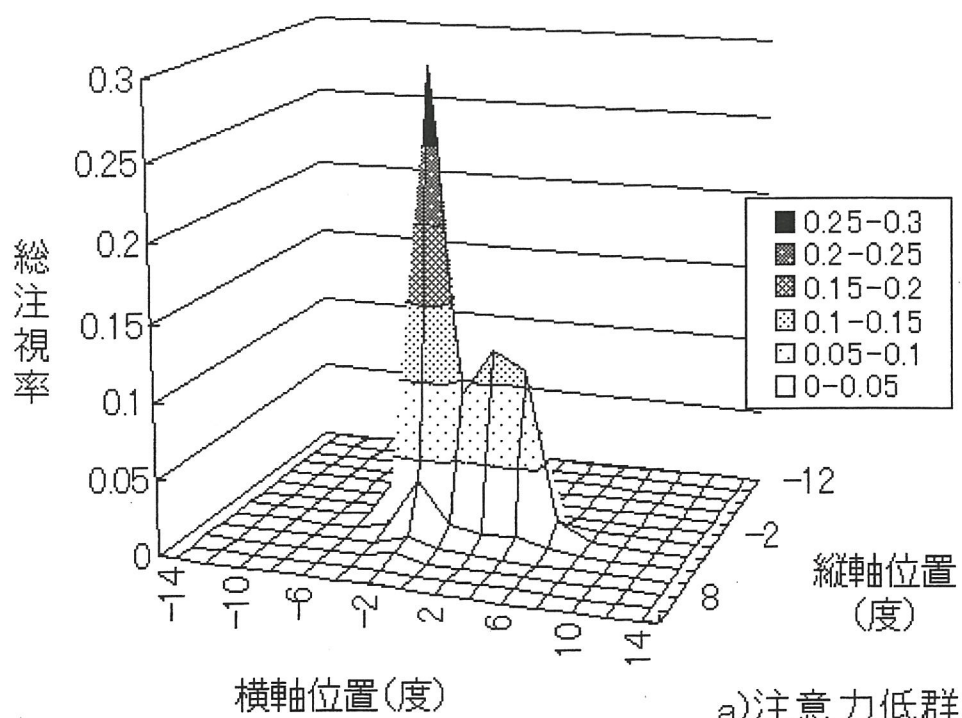


図 4.23: 負荷あり条件における注意力群による注視点の違い a) 注意力低群 b) 注意力高群

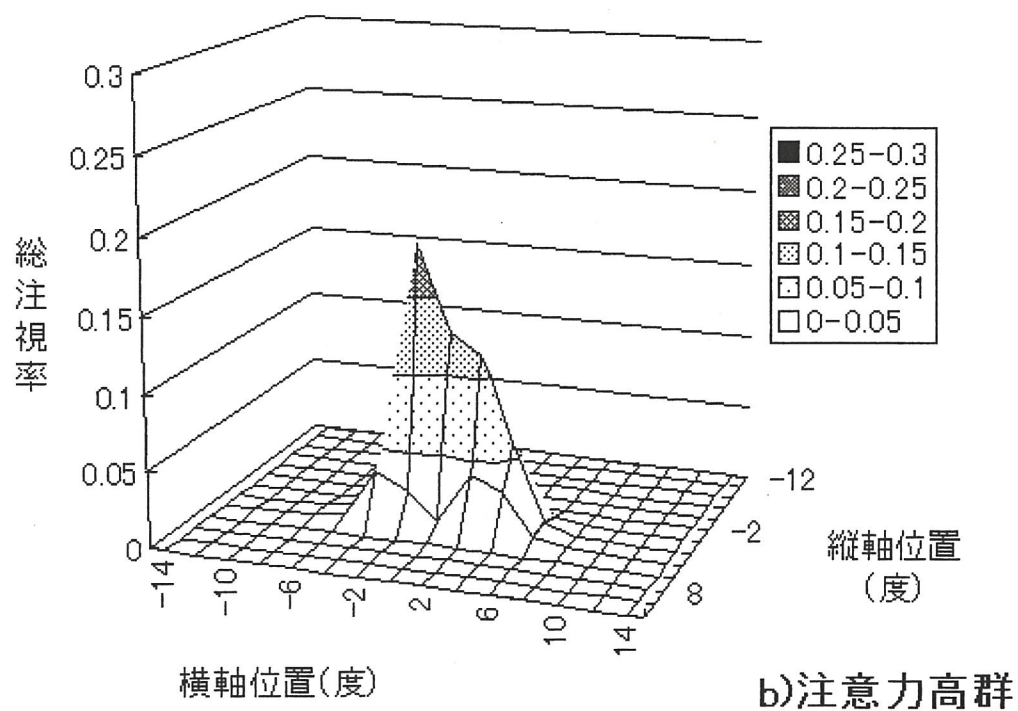
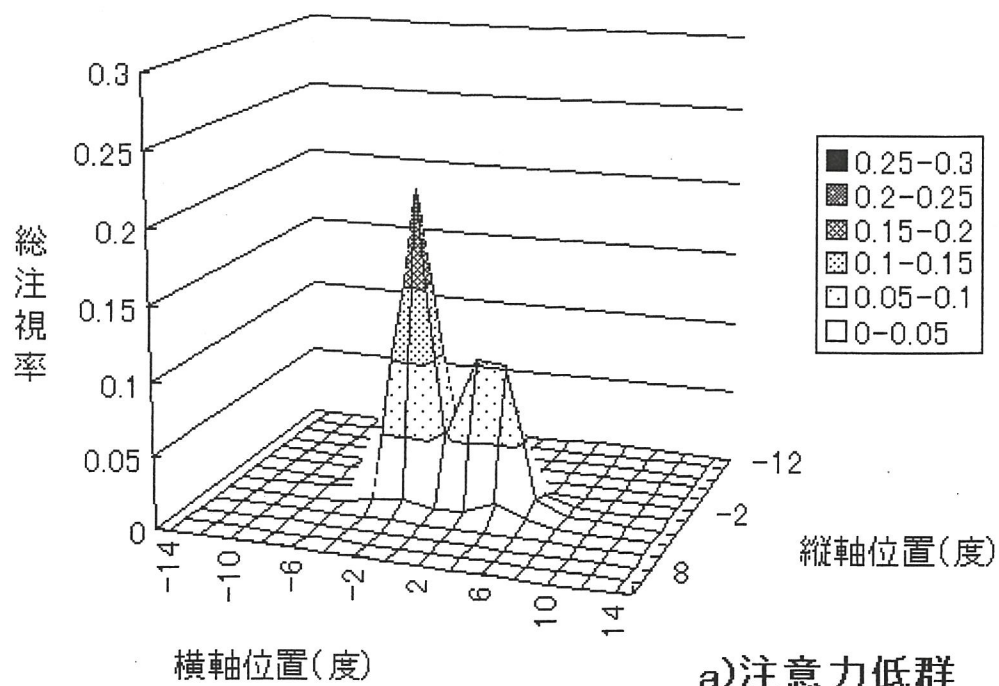
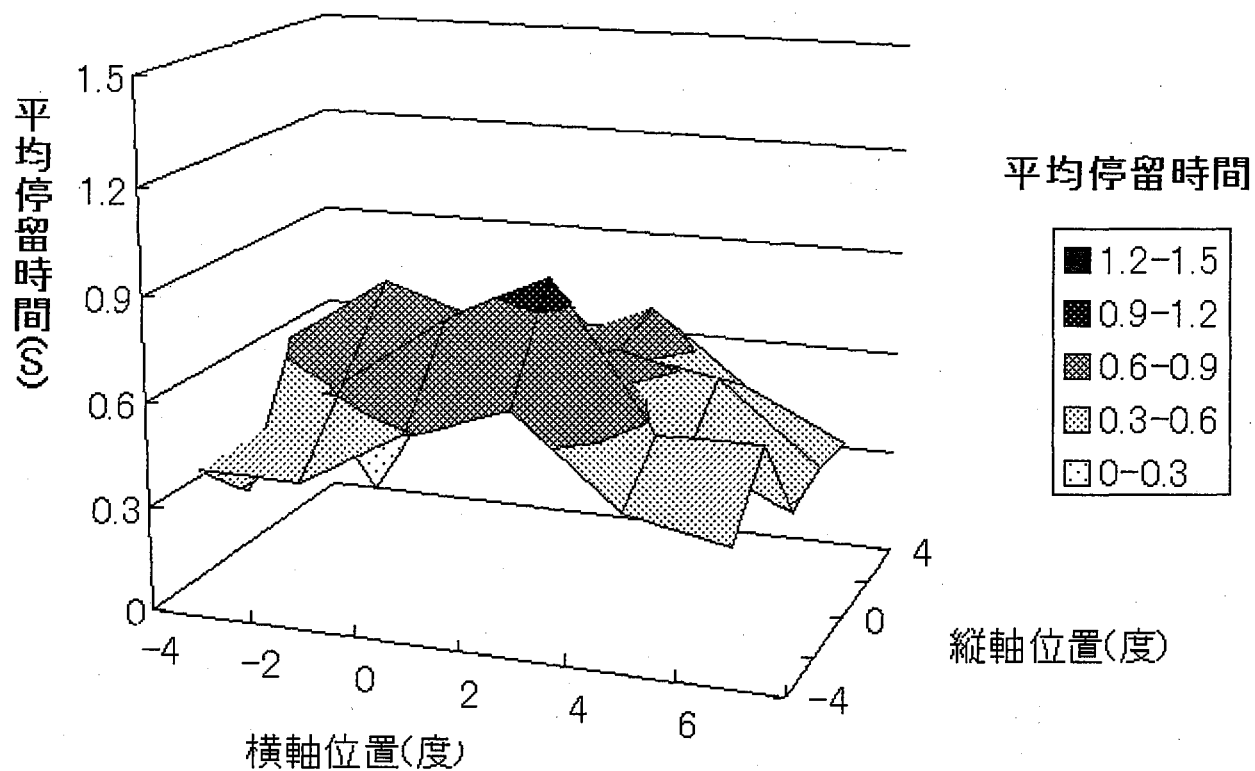


図 4.24: 負荷なし条件における注意力による注視点の違い a) 注意力低群 b) 注意力高群

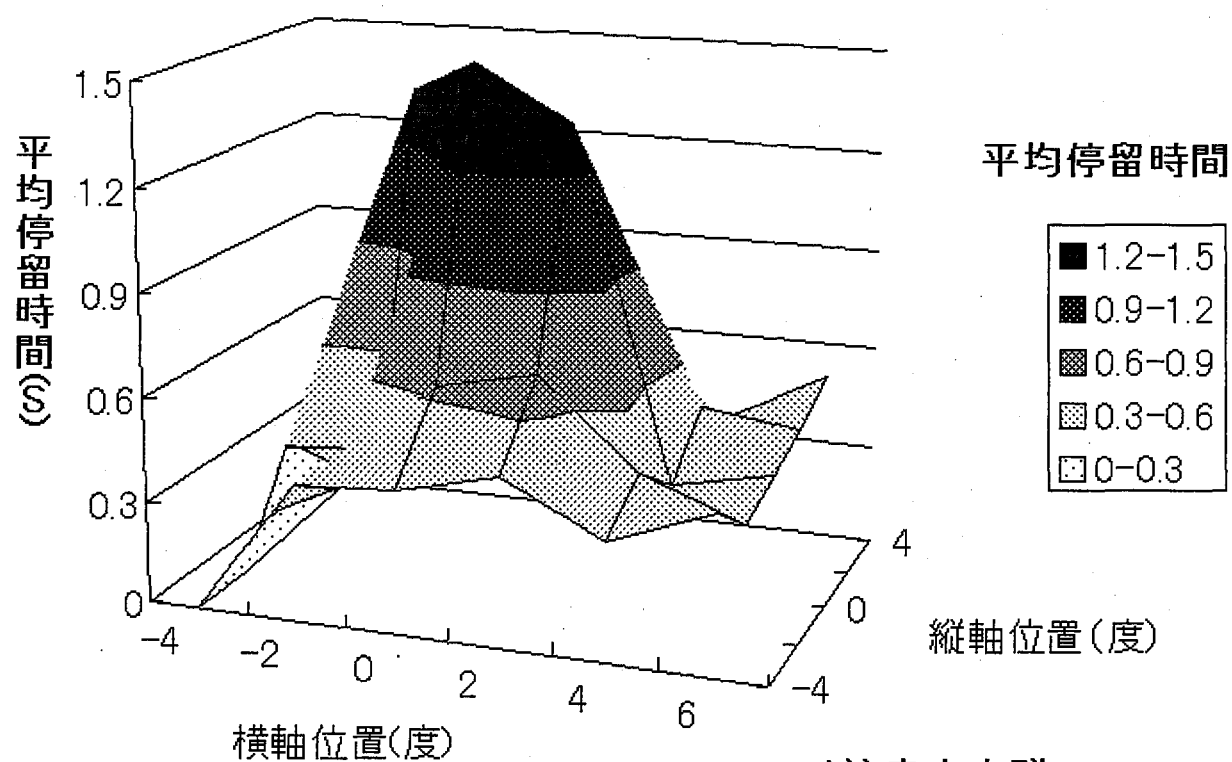
各セルに対して一般線形混合モデル法で解析を行うことで、負荷や個人特性によって差が現れな

いかどうか検討した。その際、十分なデータがない場所については解析が出来ないため、解析の対象としたのは横方向-4度から6度、縦方向-4度から4度までの区間であった。各セルに対して負荷と注意力の高低を独立変数として解析を行ったところ、注意力の主効果はなかった($F(1,16)=0.00$ $P>.1$)ものの、位置の効果($F(29,464)=23.8$ $P<.001$)はあり、また位置と注意力の交互作用($F(29,464)=1.84$ $P<.01$)はあった。しかし、負荷の主効果($F(1,16)=0.00$ $P>.1$)、及び負荷と位置の交互作用($F(29,464)=0.53$ $P>.1$)、さらに負荷と注意の交互作用($F(1,16)=0.00$ $P>.1$)もなかった。位置の効果に関しては画面中心ほど高くなる単純な傾向があった。一方で、位置と注意力の交互作用に関しては、(横軸,縦軸)で表記すると、(-2,0), (-2,2),(0,2),(4,2)で交互作用が見られた。特に、(-2,0),(-2,2),(4,2),では低群の方が注視時間が長いにもかかわらず、(0,2)では高群のほうが注視時間が長くなっていた。総じて、視点に関しては注意評価値の高い実験参加者のほうが一つ山のグラフであり、低い実験参加者のほうが二つ山のグラフとなっていることがわかる。

次に各区画の平均停留時間を求めた。各フレーム間の視点の移動量が2度以下であった場合を停留とみなし、各停留の平均停留時間を計算した。同様に図4.25,4.26に負荷、注意評価値群ごとに分割したグラフを示す。各セルに対して負荷と注意力の高低を独立要因として解析を行ったところ、注意評価値群のの主効果はなかった($F(1,16)=0.42$ $P>.1$)ものの、位置の効果($F(29,464)=3.19$ $P<.001$)はあり、また位置と注意評価値群の交互作用($F(29,464)=1.85$ $P<.01$)はあった。しかし、負荷の主効果($F(1,16)=0.52$ $P>.1$)、及び負荷と位置の交互作用($F(29,464)=0.54$ $P>.1$)、さらに負荷と注意評価値群の交互作用($F(1,16)=2.14$ $P>.1$)もなかった。多重比較の結果、位置の主効果に関しては(0,0)が多少ほかよりも高くなっていることが示された。また、位置と注意評価値群の交互作用に関しては(0,0)(0,2)点で有意差が見られ、高群のほうが高かった。総じて、高群のほうが一点に対する停留が長いことがわかる。



a) 注意力低群



b) 注意力高群

図 4.25: 負荷あり条件における注意力による平均注視時間の変化 a) 注意力低群 b) 注意力高群

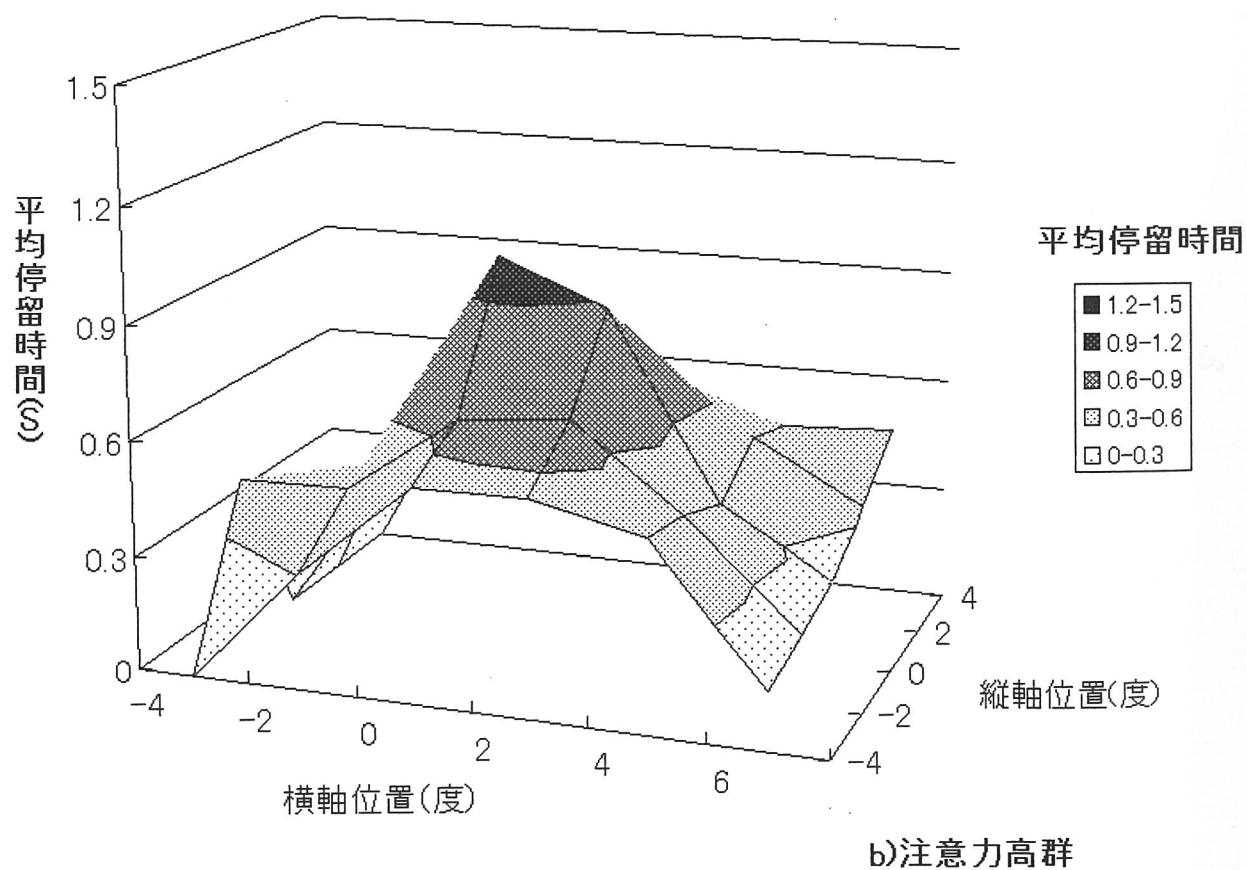
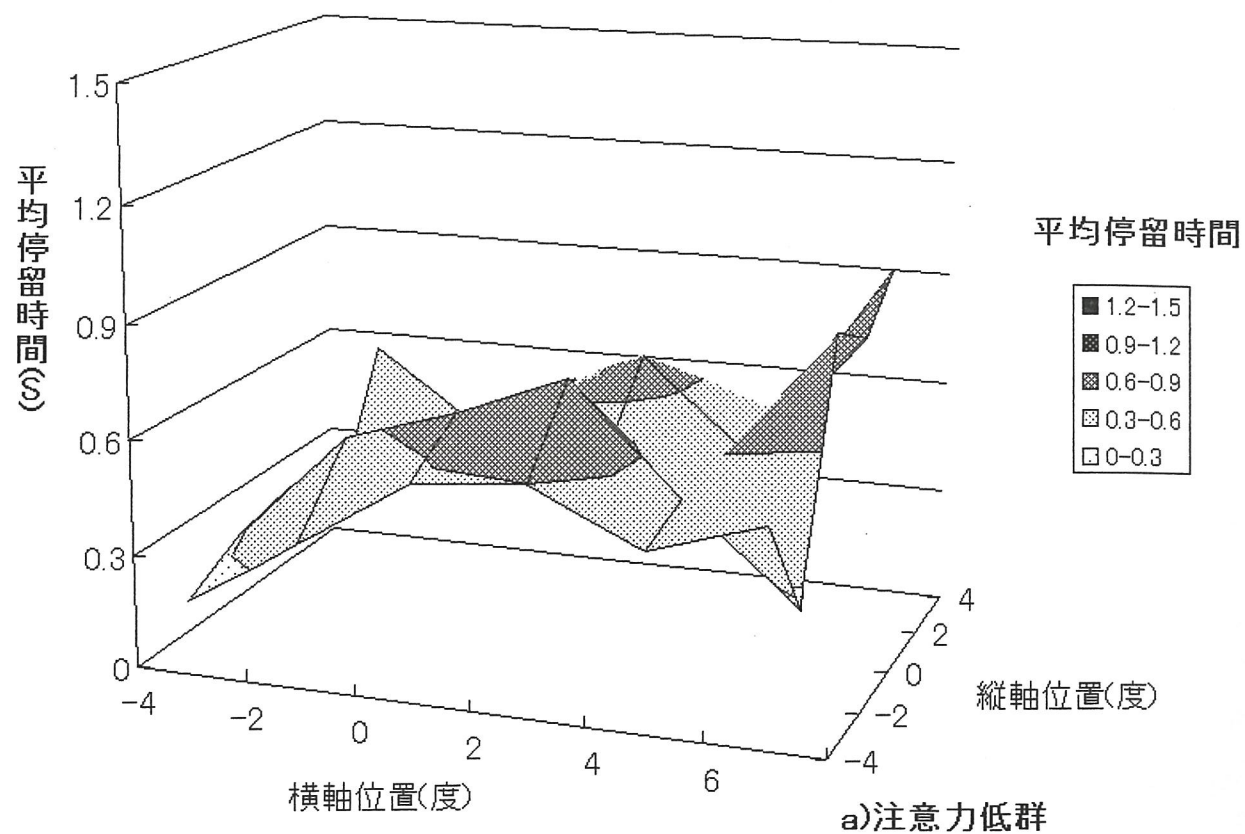


図 4.26: 負荷なし条件における注意力による平均注視時間の変化 a) 注意力低群 b) 注意力高群

続けて、注視点の移動回数、移動距離に関する統計解析を行った。移動回数に関しては、注意評価値の高低と負荷の有無を独立変数とし、実験時間 1 秒あたりの視点移動回数を従属変数として解析した。従属変数をこのようにしたのは、実験参加者や条件によって実験時間自体が異なっていたためである。結果、注意評価値群の効果は見られなかった($F(1,16)=0.06$ $p>0.1$)ものの、負荷の効果は見られ($F(1,16)=28.66$ $p<0.001$)、それらの交互作用は見られなかった($F(1,16)=0.14$ $p>0.1$)。結果を図4.27に示す。総じて、負荷は視点移動回数を減らすことがわかる。

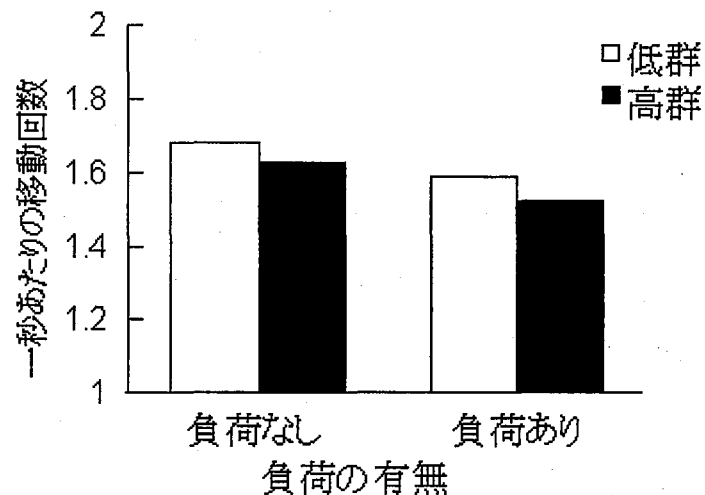


図 4.27: 負荷, 注意力と視点移動回数

移動距離に関しても同様の解析を行ったところ、注意評価値群の効果は見られなかった($F(1,16)=0.01$ $p>0.1$)ものの、負荷の効果は見られ($F(1,16)=2214.20$ $p<0.001$)、それらの交互作用は見られなかった($F(1,16)=1.68$ $p>0.1$)。結果を図4.28に示す。負荷は一回の視点移動距離を減少させることがわかる。

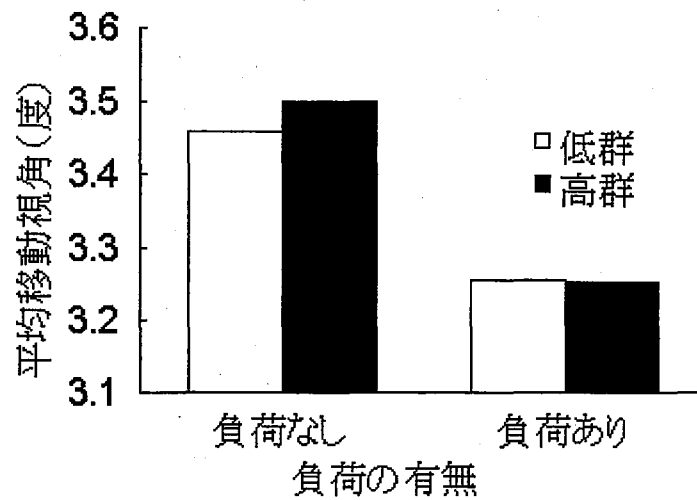


図 4.28: 負荷, 注意力と視点移動距離

また, 移動距離に関して注意評価値群等の分散の検討のためにルベーン検定をおこなったところ, 等分散性は確認されず ($F(1, 52708) = 155.65$ $p < 0.001$), 注意評価値低群の方が分散が小さかった。結果を表 4.5 に示す。注意評価値低群のほうが安定した視点移動を行っていることがわかる。

表 4.5: 負荷, 注意と移動距離の分散

	負荷なし	負荷あり
注意低群	1.7	1.7
注意高群	19.6	1.8

最後に, 注意評価値低群と高群それぞれの視点移動例をそれぞれ 1 名から 3 試行分ずつ図 4.29, 4.30 に示す。以下の図は視点の X 軸方向の移動を 3 試行分示したものである。すでに示してきたように, 低群のほうに左右 2 箇所へ注視が分かれる傾向があることがわかる。

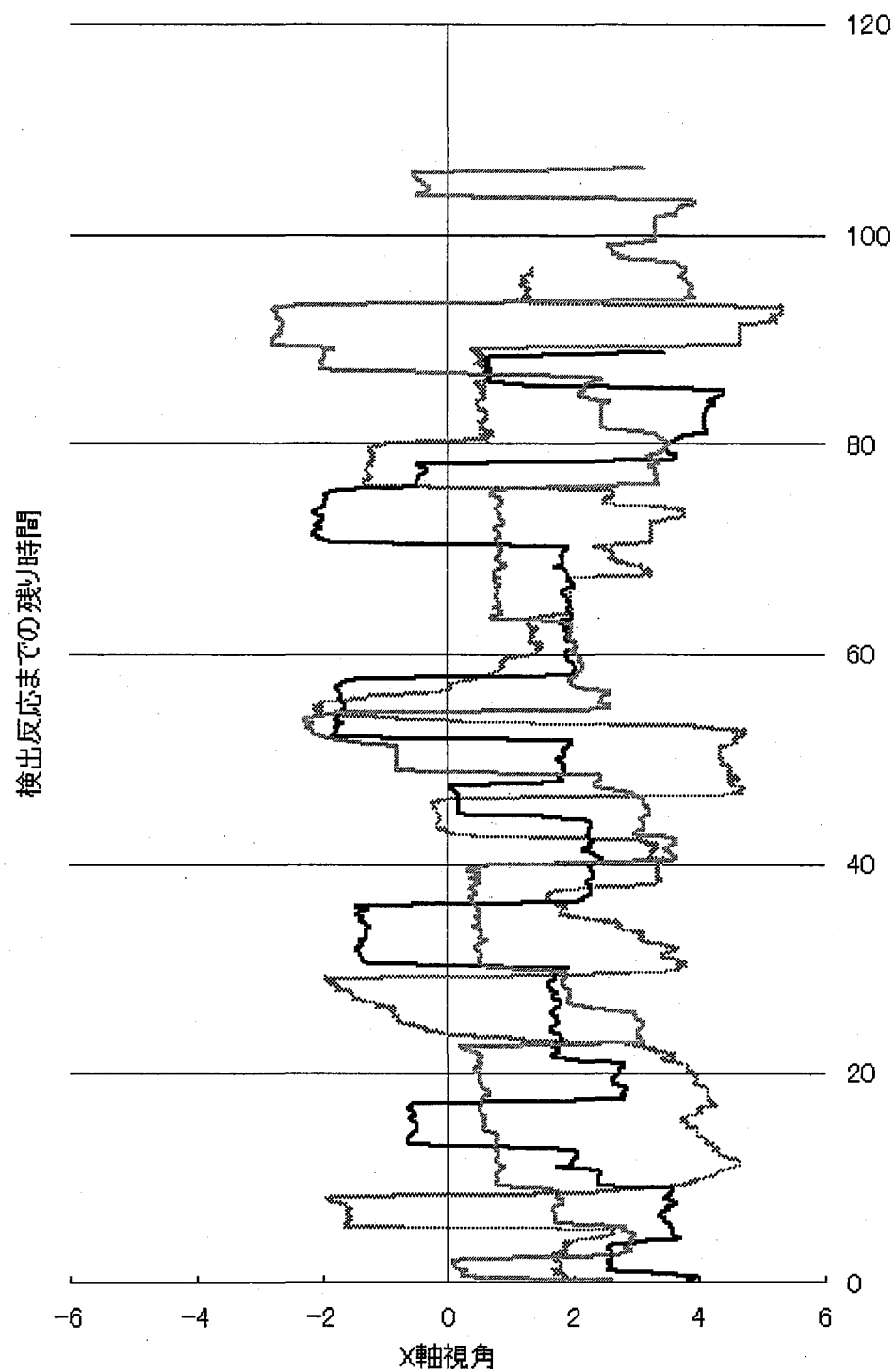


図 4.29:注意評価値高群の3試行分の視点移動例

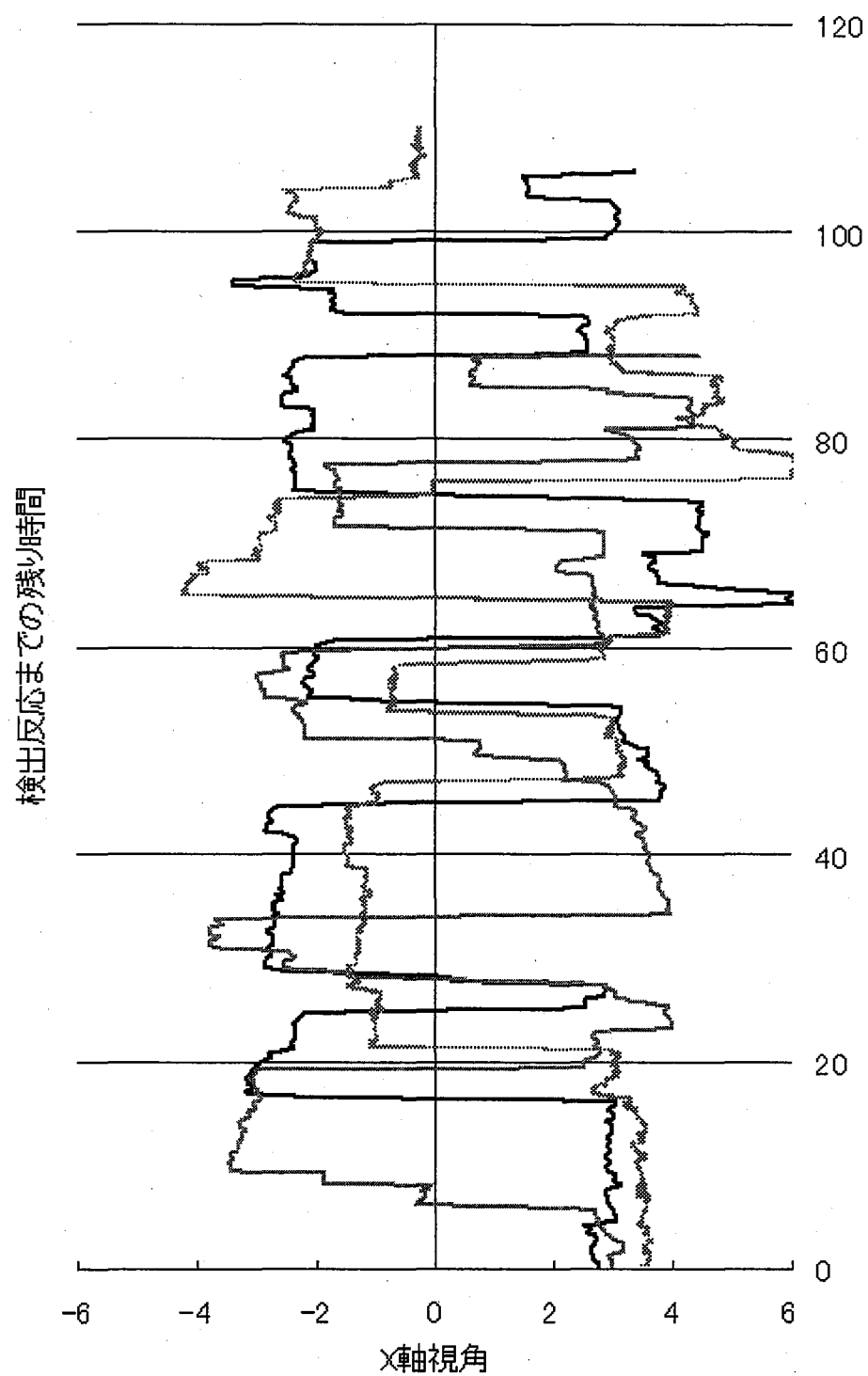


図 4.30:注意評価値低群の3試行分の視点移動例

5.5 考察

まず検出時間は、左奥が最も遅いという、実験 3,4,5 の結果を追認する形となった。これは、画面中央を固視させていたことが反応時間のパターンに対して決定的な影響を持つようなものではないことを示す。やはり左奥では運動速度も遅く、また見た目上の変化角も小さくなるため気がつきにくいと考えられる。

反応時間に対する負荷の効果も見られた。実験 5 とは負荷の種別が異なるものの、実験 5 同様、負荷の効果は全条件に対して一様にかかり、検出場所による効果等は見られなかった。負荷は検出自体の難易度と交互作用して影響するような類のものではなく、運動処理などの検出処理とは異なる段階に影響するような効果である可能性が示された。

反応時間と注意評価値の間の関係も見られ、特に右奥で変化が発生した場合に、高群で有意に反応時間が早いことが示された。ただ、これはこれまでの実験の結果からすれば、特異な結果である。右奥は一貫して対象数の効果が見られなかったことから、注意資源量の影響を受けない可能性もあった。また、逆にこれまで対象数の効果が見られてきた左奥では注意評価値の効果は見られなかった。実験 3, 4 で、左奥は右奥と異なる探索が行われているのではないかと考察してきたが、左奥で見られた対象数の効果は注意資源量とは関係のない、対象数が増加することで直接に変化する物理的パラメータによるものなのかもしれない。

一方、注視点の解析はいくつかの興味深い結果が得られた。まず、顕著な差として、個人の注意評価値による注視傾向に差が見られた。まず総注視時間で見ると、注意評価値が低いとされた実験参加者は大きく視点が二つに分かれる傾向を見せた。一方、注意評価値の高い実験参加者は中心付近の一点を注視する傾向が見られた。また、一点に対する平均注視時間の解析も行われたが、その結果、特に注意評価値高群の実験参加者では中央付近を長く注視する傾向が見られ、注意評価値低群の実験参加者では逆に注視場所で停留の長さを変えるという傾向は見られなかった。

加えて、平均移動回数・移動距離と移動距離の分散の解析からすると、負荷は視点移動距離を短くし、また移動自体を少なくすることがわかる。ただし、負荷の効果は注視位置や平均注視時間に対する解析で現れなかった。特に平均注視時間に関しては移動回数が減少すれば増加するはずなので、その結果が見られなかった理由は不明である。しかし、少なくとも負荷は注視目標を変えるのではなく、その

注視の動作傾向を変化させることがわかる。さらに重要な点として、注意評価値低群の実験参加者は視点移動距離の分散が小さくなった。先の注視点の結果と合わせて考えると、低群の実験参加者は2点を交互に往復して見るために一回一回の移動距離が一定の値となり、移動距離の分散が小さくなったと考えられる。

以上の注視点解析の結果からすると、注意評価値の高低によって、注視傾向自体に変化があるといえる。注意評価値の低い群のほうが道路の両脇に目を向けており、高い群はむしろ中央よりに目を向けていることがわかる。負荷の効果によって注視位置が変化するわけではないため、これはあくまでも個人の注意評価値に依存する傾向であることがわかる。視野の中心ほど運動の認知が正確になることもすでに示されているため(Fahle, & Wehrhahn, 1991), 視点を適切に移動させることは運動を認知するために重要なことであるといえよう。しかし、なぜ注意評価値低群のみが視点を移動させたのか。一つの説として、視点を意識的に移動させたのではなく、移動させざるをえなかったのではないかと考えることができる。すなわち、低群の実験参加者は注視点を移動させなければ左右を見ることが出来なかったのではないか。

注視傾向の違いは個人の有効視野からでてきていると考えるのが自然である。運転に対する有効視野の重要性はこれまでも何度も示唆されており(Ball, Clay, Wadley, & Roth, 2005), 有効視野が広いほど、実際の運転時における事故率が低いことは示されている。本研究で用いた注意能力測定質問紙と中心視での処理速度には相関があることは示されており(篠原, & 中村, 2007), またその処理速度と有効視野の広さにも相関が見られる(Calvanio, Williams, Burke, Mello, Lepak, Al-adawi, & Shah, 2004)ことから、注意評価値の高低は、少なくともある程度は、有効視野の広さと結びつけることが出来るといえる。

ただ、有効視野の違いがあると解釈する場合、本実験の結果のうち、負荷によって注視位置に変化がなかったという点は注目しておく必要がある。本実験で使用したような負荷は有効視野を狭める可能性がある(Owsley, Ball, Sloane, Roenker, & Bruni, 1991)。にもかかわらず、高群の実験参加者の注視位置に差が無かったということは、仮に有効視野が狭められたとしても、注視傾向が変化しない、ということになる。考えられる可能性として、個人は個人の普段の注視スタイルを学習しており、注視スタイルは負荷などが掛けられて利用可能な注意資源量が減少しても変化しないということが考えられる。ただ、本実験で有効視野が狭められたとしても、有効視野の変化量が注視傾向を変化させるのに不十分だったという可能性があるため、これは今後の検討が必要であろう。

しかし一方で、本研究では有効視野の大きさは計測しておらず、有効視野が注意評価値の高群と低群で差があった、ということを保証できない。そのため、単に注視方略が異なるだけという可能性もある。

すなわち、低群は中心視での検出に頼りがちであり、高群は周辺視に頼る傾向があるということである。注意評価値の低群と高群で反応時間に差があることから見ても、高群は反応が早いために周辺視でも十分な速度で反応できるが、低群は周辺視では不十分なために中心視に頼る傾向があるといった可能性が考えられる。いずれにせよ、注意力評価値によって注視傾向には差がある。視野の中心ほど運動の認知は正確なため (Fahle, & Wehrhahn, 1991), 中心視でとらえようとする低群の注視傾向は決して不合理なものではない。しかし、それでも反応時間に高群と低群の間で差があることからすると、注視傾向によって反応時間の差がなくなるわけではないと考えられる。

また、注意評価値の検出成績への影響という観点で言うならば、注意評価値による成績差は実験 6 でも見受けられたものである。実験 6 の結果からすると、注意評価値の高低は複数対象の並列処理能力自体と関連する。すなわち先の注視傾向の違いは並列処理能力によるものかもしれない。並列処理能力が低いために、同時に視野に入る対象数を減らそうとして注視傾向が変化するのである。並列処理能力が有効視野や、あるいは運動に対する感度とどのような関係があるのか、その詳細は不明であるが、少なくとも、注意測定質問紙の成績から考えて、この両者にはなんらかのつながりがある可能性がある。有効視野の広い人は、ある意味では多くのものを同時に見れるわけだから、両者につながりがあっても不思議はない。したがって並列処理能力という要素は現実の認知を考える上で欠かせない重要な要素となりうるだろう。

まとめると、本実験によって注意評価値の高低によって運転者は注視様式を変化させている可能性が示された。それぞれの運転者が自らの能力の範囲で最適な行動を取り、能力の不足による成績低下を補償しようとしている現われではないかと考えられる。だからこそ、低群の運転者は視点を左右に移動させているのであろう。ただし、道路の両脇を見る、という行動はこの実験の目的からすれば確かに有効であるが、それは通常の運転では取ることの出来ない行動である。本研究では左右の検出しか行わなかったが、中央の課題があれば左右を見るといった視点移動は当然制約されるはずである。そして、中央の課題がある状況、例えば先行車があるなどといった状況はありうるものである。すなわち、視点移動によって補償するからには視点移動が制限されることで成績が低下するであろうと考えられる。この点をさらに検討していくことは現実の複雑な環境を考えるにあたって必要なことであろう。

第5部 総合論議

1.1 運動認知の系列性と並列性

運動の認知は日常いたるところで行われている。例えばオプティカルフローを認知することはわれわれの自己運動を把握するための重要な情報源であり、また他の運動を認知しなければ人と出会うたびにぶつかるだろう。だが、運動の認知は決して容易な課題ではない。ましてや認知すべき対象が複数となったのならば、より困難となるはずである。

我々が3次元空間を、また3次元空間の運動対象をどのように認知し、対応しているのかという研究は数多い。基礎となる、拡大、縮小、平行移動からどのように運動を認知するのかという数理モデルもいくつも提案されている(Heeger & Jepson, 1990)が、その計算自体容易ではない。本研究はその困難な課題のなかでも、さらに困難な課題となると考えられた、複数の物体の運動への対応を扱った論文である。本研究における全実験の概要と、結果のあらましを表5.1に示す。

表 5.1:全実験の結果のあらまし

目的	実験番号	実験環境	課題内容	探索個数	その他の負荷	重要な結果
注意個数増加と方向変化検出の関係の検討	実験1	2D	追跡+方向変化検出	4	なし	<ul style="list-style-type: none"> 複数同時注意の利益はある
	実験2	2D	マスク+方向変化検出	1-4	なし	<ul style="list-style-type: none"> 複数同時注意の利益の大きさは注意個数に依存する
3次元空間における注意個数増加と方向変化検出の関係の検討	実験3	3Dを模擬	方向変化検出	2,4,8	なし	<ul style="list-style-type: none"> 複数同時注意の損失は自車線遠方にのみ表れる 自車線遠方の検出は難しい
	実験4	3Dを模擬	方向変化検出	2,8	なし	<ul style="list-style-type: none"> 複数同時注意の損失は自車線遠方にのみ表れる 自車線遠方の検出は難しい
注意量と成績の関係の検討	実験5	3Dを模擬	方向変化検出	8	視覚負荷	<ul style="list-style-type: none"> 負荷の効果は条件にかかわらず一定の大きさ 自車線遠方の検出は難しい
	実験6	2D	方向変化検出	2,4,8	なし	<ul style="list-style-type: none"> 複数同時注意の利益の大きさは注意個数に依存する 注意量は方向変化検出成績と関係がある
	実験7	3Dを模擬	方向変化検出	8	聴覚負荷	<ul style="list-style-type: none"> 負荷の効果は条件にかかわらず一定の大きさ 注意量は方向変化検出成績と関係がある 自車線遠方の検出は難しい

本研究ではまず初めに、2次元運動の認知を扱い、ついで3次元運動の認知を扱った。ともに複数の対象を同時に認知しなければならない際の影響と、特に3次元運動に関しては複数の運動に対処するためにどのような方略が取られているのかを検討した。

本研究のそもそもの目的の一つが、運動方向変化検出が複数の運動を同時に処理できるかどうか、ということを検討することにあった。例えば視覚探索課題においては、対象数の影響を受けない課題と、対象数の影響を受ける課題があることは広く知られている(Wolfe,2001)。前者を並列的な探索、後者を系列的な探索ということがある。運動方向変化検出は並列的に行うことが出来るのだろうか。あるいは系列的にしか行うことの出来ないものなのだろうか。そこで、本研究の結果をまとめつつ、本実験の結果から方向変化検出モデルの提案を試みる。

まず2次元運動を検討した実験1,2,及び6の結果をまとめると、複数の運動を認知するのは困難な課題であり、注意すべき対象数の増加は成績に直接的に影響することが示された。実験2のInvalid条件における一定の成績や、Valid条件における対象数と成績の関係も合わせて考えれば、運動方向変化検出は、並列処理可能な課題であるものの、注意を配分することによって検出成績を向上させることも出来ることがわかった。注意配分は配分する対象数の影響を受けるため、対象数が増えると成績が低下するという系列処理の性質も持つ。そのため、方向変化検出には並列処理と、系列処理の両者が関わっている可能性が示された。

また、実験1の結果から、対象に注意を向けていたとしてもその運動を常に認識し続けているわけではなく、追跡できるということと方向を記憶しているということに直接の関係はないといえた。すなわち、運動方向に関する情報は常に抽出されるものではなく、方向変化検出はまさに方向変化する瞬間を見ていることが重要となると考えられる。同様の結果は実験6の結果からも推察される。実験6において、反応時間ごとの正答率が示されたが、運動方向の記憶に基づいて変化が検出されるのであれば、何らかの情報が保持されているため、時間を経て回答することも可能なはずである。時間が経過するにつれて正答率が低下するということは、記憶による判断の可能性を否定するものではないせよ、記憶された運動方向と、現在見ることの出来る運動との一致判断による方向変化判断の精度は良くはないということを示す。

Horowitz & Treisman(1994)や Thorton et al.(2001)によれば運動が出現したり、あるいは単に停止したりする場合には並列的な検出が可能であるとされている。Triesman & Gelade(1980)は、視覚特徴には並列処理が出来る初期特徴があり、その初期特徴が注意によって結び付けられるという特徴統合理論を提案しており、また Horowitz & Treisman (1994) は、運動情報は初期特徴の一つであり、並列処理が出

来ると主張している。しかし、本研究で扱われた方向変化検出の結果は、単純な運動の有無の検出の結果とは異なり、ほぼすべての条件で系列処理の効果が見られた。特徴統合理論によれば、初期特徴は注意によって統合され、統合された後の情報を必要とする処理は系列処理になる。この理論からすれば、系列処理であった方向変化検出は、並列処理である運動の有無の検出とは行われ方が異なる可能性がある。本実験6の結果で見られた上半視野優位性も、運動の検出と方向変化検出が全く異なるものである可能性を支持する。なぜならば、運動の有無の検出課題においては下半視野優位性が見られるのが一般的である(Rezec, & Dobkins, 2004; Edwards, & Badcock, 1993)にもかかわらず、方向変化検出を行わせた本実験6では上半視野有意性が見られているからである。

Sekular, Sekular & Sekular (1990)は運動方向変化検出は、各運動方向ごとに運動量の変化を確認する機構が行うものであり、基本的に方向変化検出は運動の出現の検出と同じであるとしたが、少なくとも本研究の結果はこの説に反する。もし方向変化検出と運動の出現の検出が同じであれば、方向変化検出は運動の出現の検出と同様の並列的結果を示すはずである。おそらく、Sekular, et al. (1990)の方向変化検出システムは視野全体で働くのであり、複数対象のどれが変化したという情報を抽出できないものと考えられる。これは先の特徴統合理論の考え方に等しい。特徴統合理論では、運動情報は位置を特定しない形でまず並列処理され、その後注意を利用して位置情報と結び付けられると考えるからである。図5.1に方向変化検出に関わる部分を中心に、特徴統合理論の概略を示した。

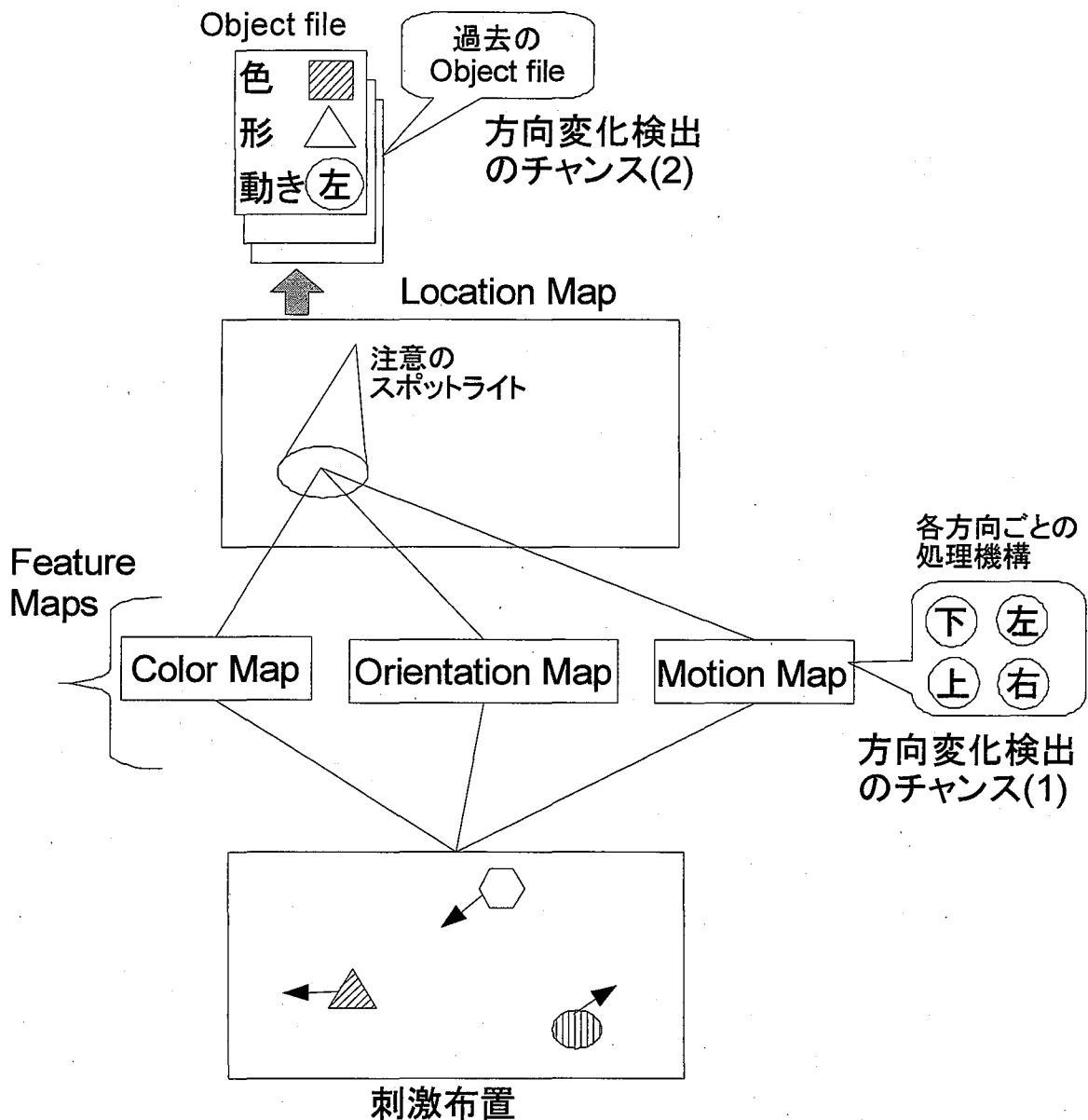


図 5.1:特徴統合理論の概略と,方向変化検出の説明

特徴統合理論によれば,我々が何らかの刺激布置を目にしたとき,その情報はまず,いくつかの初期特徴に分解される。各初期特徴はそれを処理する Map があり,まとめて Feature Maps と呼ばれる。具体的には色を処理する Color Map, 方位を処理する Orientation Map, 運動を処理する Motion Map などがある。視覚探索の研究によれば,これらの単一の Feature Map で処理できる課題に関しては並列処理が可能であるとされる。

これらの Feature Map に取り込まれた情報は続いて Location Map と呼ばれるところで,注意によって統合される。注意は Location Map 上を移動し,各 Map にアクセスすることでその位置に何があるのかという情報を統合する。その統合された情報は最終的に object file と呼ばれるものにまとめられ,各対象がど

ここにあり、どのような動きで、どのような形であるかという情報が認知できるようになる。図では Location Map の左下付近にアクセスすることで、その場にあった対象が左斜めの模様があり、三角形で、左に向けて運動しているという情報が統合された様を示している。

この特徴統合理論に基づき、本研究の結果から考えられる方向変化研究の行われ方を説明する。運動の情報は、まず右の Motion Map 上で処理される。Motion Map はあくまで現在の運動を認知し、処理する機構である。重要な点として、基本的に各方向を単位とし、視野全体のうちで特定の方向への運動が存在するか否かが判断される。あくまで存在するかどうかであり、複数同方向の運動があっても同一の運動をしている対象数が認知できるわけではない。

単一対象の方向変化検出はこの Motion Map 上で行うことができる。単一対象の運動変化が発生した場合には Motion Map 上である運動が消え、異なるある運動が出現する。Hohnsbein & Mateeff, (1998) は方向変化検出は変化前と変化後の速度差を基準として判断されるとしているため、おそらくこの変化前と変化後の運動成分の差を検出する処理が Motion Map 上で行われ、その情報を元に方向変化検出が行われると考えられる。また変化情報を利用するだけでなく、単純な運動検出と同様に変化後の運動を検出することで方向変化があったことを認識できるはずである。いずれにせよ、この Motion Map 上の変化があったときには方向変化があったということがわかる。また、Motion Map 上で判断を行うことができる場合には、並列処理が可能である。

しかし、複数対象の方向変化検出は Motion Map 上で行うにはいくつかの問題がある。まず、Motion Map は視野全体で処理するため、どの対象が変化したのか、という情報を持つことができない。ゆえに、変化した対象がどれか、という判断まで必要な場合には Motion Map 単体での判断は不可能である。変化した対象を特定するためには、Location Map を通じた情報の統合が必要である。図5.1では Location Map の左側にあった対象の情報が object file 上に統合される様子を図示している。object file では、各対象ごとに情報が統合される。おそらく、object file にはそれぞれの対象が現在どのような動きをしており、過去、どのような運動をしていたかという情報も存在するはずである。過去の運動と現在の運動の差分情報を参照することによって、変化の有無、及び変化を起こした対象がどれなのか、ということを判断できる。逆に言えば、変化した対象の特定が求められる場合には Location Map による情報統合は必須であり、ゆえに系列処理となる。Motion Map と Location Map の2つの処理過程はどちらかを選択するというわけではなく、常に両方機能するものであるが、Motion Map による処理のほうが先に働くため、Motion Map 上で処理できる場合には処理はそこで打ち切られることになる。

以上のように仮定すると、複数対象が存在する場合は方向変化検出は基本的に Location Map と

Motion Map の統合後の情報が利用されると考えられるが、構造上、Motion Map 単体で行うことも出来る場合もある。すなわち変化した対象の特定まで求められない限りは、変化の有無は検出できる可能性がある。しかし、変化した対象の特定が求められなくとも、常に変化の存在が検出できるわけではない。本研究の実験6の結果でも、変化位置の報告を間違えるだけでなく、変化が存在したことを自体を検出できていないケースも多い。

Motion Map の仕組みからすると、Motion Map 単体で変化を検出できる場合と出来ない場合が存在する。以下の図5.2に複数の運動対象がある条件で、Motion Map が変化を検出できる場合と出来ない場合の例を示した。図中の斜線のつけられた円が方向変化をする対象であり、斜線で塗られていない円は無関係な刺激である。a の場合、変化時の運動成分、すなわち変化前の運動と変化後の運動の差分は視野内でほかに見られない特異な成分である。故に、新たな運動成分が現れたということを判断できる。しかし、b の場合、変化成分と同等の運動を他の刺激がすでに行っており、視野内ですでに見られる運動成分であるが故に、新たに運動成分が増えた、ということを検出できない。Motion Map は同一の運動をしている対象数の増加を認識できないからである。変化成分による判断が行われていると考える理由は、Hohnsbein & Mateeff(1998) の変化検出速度は変化成分の大きさに依存するという結果に基づいたものであるが、変化後どのような運動をしているか、という点も重要かもしれない。このモデルに基づけば、複数の対象が運動している時にも視野内に他にどのような運動が存在するかによって変化を検出できるかどうかが決定的なことになる。複数対象時には並列処理が出来ないわけではないものの、並列処理を行うことの出来る可能性は複数対象時には大きく低下する。また、このモデルは単一対象時には Motion Map 単体で方向変化検出が出来ることを保証するため、運動検出と方向変化検出が同一の機構で行われているというこれまでの先行研究の結果(Sekular, et al., 1990)と矛盾しない。

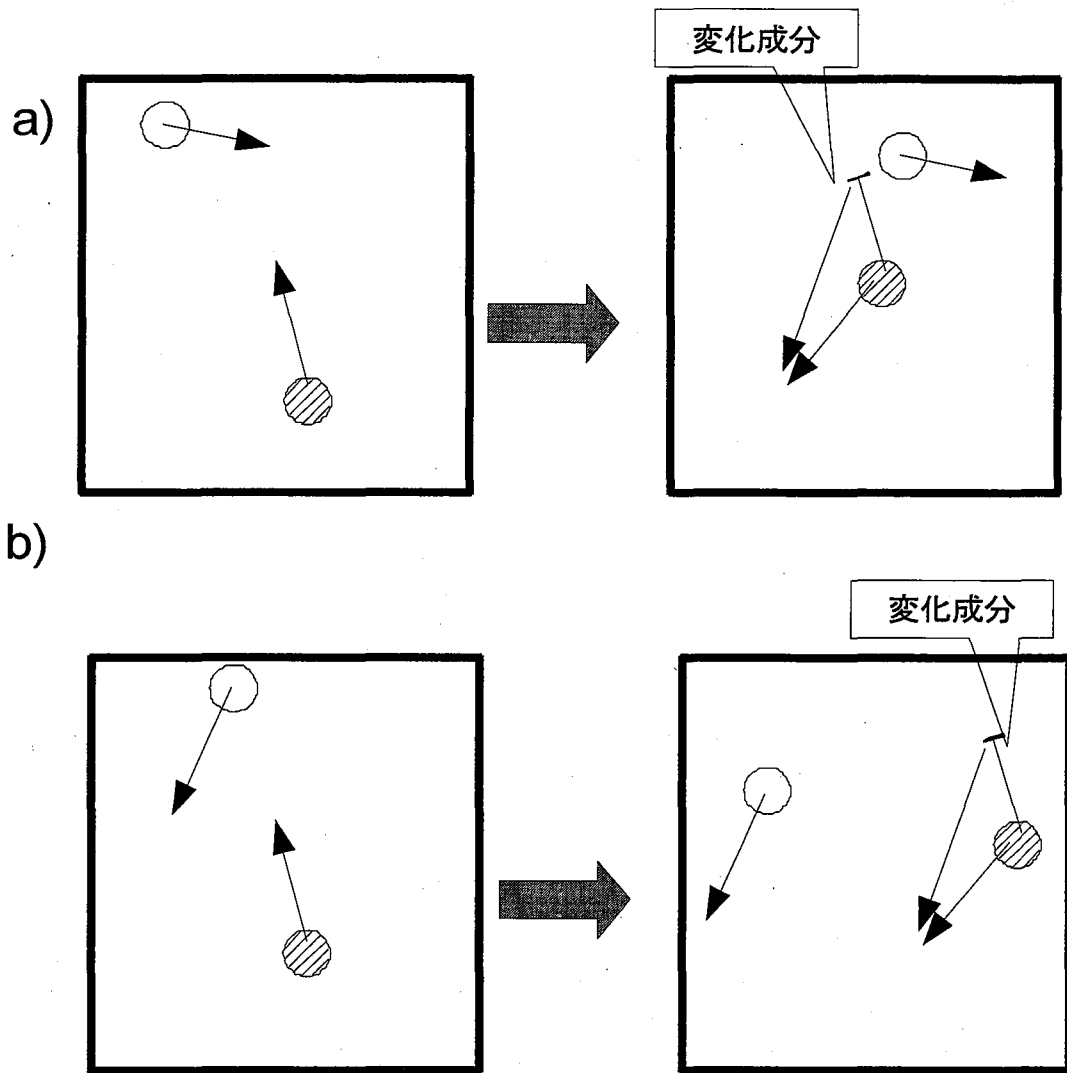


図 5.2: 変化検出の可能な場合と不可能な場合

このモデルの複数の対象が運動している時の方向変化検出成績にかかわる最も重要なところは、どれが変化したかという判断が必要かどうかにある。本研究における2次元実験(実験1,2)は全て変化対象の特定が必要であったが、3次元実験(実験3,4)は全て必要がなかった。そのため、2次元実験と3次元実験で方向変化判断の行い方自体に差があった可能性がある。すなわち、2次元実験はどの対象が変化したかという判断が必要のために統合情報を用いた系列処理が行われ、対象数の効果がみられた。しかし、3次元実験はどの対象が変化したかという判断が必要でないため、基本的に並列処理を行うことができた可能性がある。しかも3次元実験では、変化前と変化後の運動成分の差は左右どちらかの真横に向かう成分であり、画面内の他の場所には見られない。また、変化後の運動も他に見られない特異な運動であった。この変化成分の特異性、および変化後の運動の特異性のために並列処理が行われたのではないかと考えられる。これは3次元実験で対象数の効果がほぼ見られなかったことをよく説明

する。ただ、対象数の効果は左奥では見られており、一貫した結果が得られているわけではない。これについては左奥は基本的に中心視に近いが、最も速度が遅くなる。速度の遅さが検出のしにくさに直結するという結果(Dzhalof, et al., 1993)に基づけば、最も難しい左奥だけが反応時間の遅延を起こしているということである。これについては実験4の考察で、運動速度が検出閾値を下回っているのではないかと解釈された。つまり、閾値を下回っていたために、左奥からの飛び出しが Motion Map 上に取り込まれず、Motion Map 上で方向変化検出を行うことが出来なかった。そのため、道路上に対象があるということを検出するような課題になってしまい、根本的に課題が異なっていたのではないかと考えられる。また、実験7の考察でも触れたが、注意評価値による差が対象数の効果の見られた左奥ではなく、対象数の効果の見られなかった右奥で見られたという結果からすれば、左奥の対象数の効果は注意資源量とは関わりのないものである可能性がある。左奥は画面の性質上、対象が小さく、また対象の密度が高くなる。そのため、単純に左奥の見づらさが対象数の増加とともに上昇したのではないかとという可能性がある。この場合、対象数の効果が見られた理由は見づらさの上昇によるものであり、処理方法が並列処理が出来なかったわけではなく、他の飛び出し箇所と同様の処理が行われただけという可能性もある。左奥の難易度の高さは、注意資源量のみで解釈すべきではないのかもしれない。

さて、このモデルは基本的に結果を良く示すが、実験2の結果の一部はこのモデルの予想と反する。すなわち実験2の Invalid 条件はどれが変化した対象だったかを示す必要があったが、Invalid 条件では Invalid に割り当てられた対象数に関わらず成績は一定であり、Invalid 条件で並列処理が行われている事を予測させる結果であった。先に仮定したように並列処理は Motion Map 上で処理が行われているという可能性を示している。これは複数の対象が運動している際に、どれが変化した対象だったかを示す必要がある場合は系列処理になるという、モデルの予測と反する結果である。

しかしそもそも、実験2では方向変化の瞬間は見えなかった。すなわち、Valid 条件でも、方向変化検出は方向変化の瞬間を見る以外の方法で行われているはずである。実験2は他の実験といくつかの点で大きく異なる。重要な点として実験2では変化は必ずマスクの消滅する瞬間に起こっているため、変化が発生するタイミングははっきりとわかる。そのため、実験2の反応時間は他の実験と性質が異なる。また、実験2はマスクが提示されていたため、運動の方向を記憶し、運動方向を予測するという方略を取るように教示していた。そのため、おそらく Valid 条件に関しては方向を記憶しようとしたものと考えられる。Blake, Cepeda & Hiris (1997) によれば方向の記憶も対象数増加に伴って成績が低下するため、Valid 条件の結果を説明できる。

実験2の Invalid 条件の結果を説明する最も簡単な解釈は、あくまで系列処理が行われていたもの

の,Invalid の対象数の変化に合わせて配分する注意を変化させていたため,見た目上並列処理のような結果が見られた,と言うものである。Invalid 対象に全く注意が配分されていないと考えるのも不自然であり,Invalid 対象にも最低限の成績を維持するための注意が配分されていた,という説である。ただ,注意を向けるべき対象数が3個のときの Valid 条件に方向変化が発生する確率は同じ場合の Invalid 条件に方向変化が発生する確率と同じため,方向変化発生確率にしたがって注意が配分されていたとするならば Valid 条件と Invalid 条件の成績は同等になる可能性が高い。しかし,結果からすると注意を向けるべき対象数が3個のときの Valid 条件と Invalid 条件の成績には大きな差がある。実験参加者がこの手がかりの確率をよく理解できなかったか,あるいは Valid 対象に注意を向ける,という行動が手がかり1個や2個の条件で求められていたため,実際の変化確率とは関係なく注意を変化させていた,という可能性がある。

また異なる解釈として,モデルの予測とは異なり,実際に並列処理が行われていた,という説もありうる。Motion Map はあくまで運動方向を視野全体で捉えることしか出来ない。しかし,変化前に変化後の方向の予測を立てることは出来る。予測することで運動の単純検出速度を速めることが出来ることはすでに示されており(Raymond, O'Donnell,& Tipper, 1998),並列処理でも予測することによる効果は存在する。実験2では移動対象は4つしかないため,あらゆる方向の運動が常に生起しているということはなかった。このような場合,変化前にマスク後にありえない方向の予測を立てることができ,もしそのような運動が変化後に発生した場合にはすぐに検出できる。これは一つ一つの運動を変化前と変化後の比較から方向変化したかどうかを判断する,というのとは方略が異なり,基本的に予測されたありえない運動方向に運動する刺激があるかどうかを判断するだけである。この課題は Motion Map 単体で行うことが出来る可能性がある。残念ながら本研究ではすべての運動対象の運動方向を記録,統制していないため,この予測の妥当性を検討することはできない。Motion Map の詳細に関してはさらに検討が必要だろう。

以上のように,このモデルは一部解釈の難しいところはあるにしても,今回の実験の結果を十分説明できる。複数対象時の方向変化検出は,事前,事後の運動から方向変化を検出する以外の方法がない場合,系列処理となり対象数の効果を受けるといえる。ただ,現実場面においては方向変化検出は道路上に対象が存在するかどうかを判断するなど,他の方略がありうる場合も多く,実際に課題が方向変化検出を必要とせず,単純に現在の運動方向や位置などで回答できる場合には並列処理できる可能性がある。これは実環境における方向変化検出の働きを考える上では非常に重要な点といえるだろう。

1.2 検出への注意による影響

本研究の結果からすると、複数対象時には、方向変化検出は注意の影響を受ける系列処理であると考えられる。それはすなわち、注意力の大小によって、成績が変化しうる、ということである。2次元運動であった実験2, 6の同時に注意を向ける対象数を操作した実験は対象数を操作することで利用可能な注意資源量を操作しており、対象数の効果があったということは注意資源量による影響があるということである。ただし、3次元実験である実験3, 4に関しては並列的処理が行われてしまった可能性があり、対象数の効果が現れなかったと考えられる。

また、実験5, 7では負荷による注意資源量操作も行っている。負荷も、注意資源量を操作する一つの要因と考えられ、変化検出のために利用可能な注意資源量を減少させると考えられる。実験3, 4で左奥をのぞき対象数の効果は見られなかったことから見て、実験5, 7でも変化検出はMotion Map上での並列処理に依存すると考えられるが、負荷はすべての条件で成績を低下させた。このことから、Motion Map上での処理は並列的処理ではあるが、注意資源を奪うことで遅延する処理であることがわかる。これは通常の特徴統合理論の予測とは一致しないが、各方向に注意を向けることが可能であり、また注意を向けることによって運動の検出成績が変化するという結果は示されている(Raymond, et al., 1998)うえ、本研究の実験7でMotion Map上の処理であると考えられた右奥での変化検出でも個人の注意評価値によって反応時間が変化するという効果が見られており、本研究の結果からすれば、Motion Map上の各方向に反応する検出機構は注意の影響を受けると考えられる。

実験6, 7の、質問紙によって計測された注意評価値と方向変化検出成績との関係は注意によって方向変化検出に差が現れるということをさらに強化する。実験6において注意評価値の高い群は対象数が増加しても成績低下が少ないことが示され、実験7でも右奥からの飛び出しに関して注意評価値の効果が見られている。すなわち、方向変化検出成績の一部は注意評価値の高低によって変化することが示された。ただ、実験6, および7の両実験における注意の効果が見られた理由が同じであると保証出来ない点は注意が必要である。また、さらに本研究の一環として行われた調査によれば、注意評価値の高低によって運転の質が変化し、遭遇する事故の種別も異なることがわかる。特に、注意評価値の低い群はあらゆる種別の事故に遭遇しやすいことがわかる。実験7で見られたように少なくとも飛び出し検出においては注意評価値と変化検出の間には関係がある場合があり、質問紙法によって変化検出成績をある程度予測できる可能性が示されている。ただし、全ての事故に方向変化検出力が関わるとは考えられず、本研究の結果は特定の事故にのみ影響すると考えるべきであろう。

また、実験7の注視点解析の結果からすると、注意評価値の高低によって、注視様式自体に変化がある。実験7の考察でも触れたとおり、注意評価値の低い群はおそらく有効視野が狭く、これを補償するために、人間が意識的、または無意識的に注視様式を変化させているのではないかと考えられる。

先にも触れたが、実験6と7の結果からすると、注意評価値の高低によって複数対象処理時の成績低下量、言いかえるならば複数対象の並列処理能力と有効視野の広さに差がある可能性が示された。有効視野の広さと複数対象の並列処理能力は同じものなのだろうか。結果からすればこの二つはある程度相関する可能性があるが、この二つにお互いに関連がある必要はない。有効視野が狭くとも、同時に注意できる対象数が多い、という可能性を考えることは可能である。しかし、本研究の実験1でも扱ったようなMOTの研究によれば、MOTの追跡可能対象数には個人の能力による差があり、視覚作動記憶容量や注意の切り替え速度などによって予測可能であるという結果が示されている

(Oksama, Hyona, 2004)。本研究で見られた複数対象への並列処理能力も、課題の違いはあれどおそらくはこの同時追跡可能数と類似したものであろう。MOT課題における対象の追跡は、Multifocal model (Cavanagh & Alvarez, 2005)によれば、注意のスポットライトを分割して行うと考えられる。一方で、本研究のモデルでも、複数の対象の変化を検出するためには基本的にLocation Mapによって対象の運動情報が統合されなければならない。MOT課題における同時追跡可能数が多いということは利用可能な注意資源量が多く、より多くの対象に注意を分割できるということである。より多くの対象に注意を分割出来るのならば、方向変化検出においても、複数の対象を同時に処理することが出来、対象数が増加しても成績低下量が少ないと考えられる。複数対象への並列処理能力が個人の注意評価値によって異なり、またそれを質問紙によっても測定可能である可能性があるという結果は、人間の視覚課題の成績を説明するために複数対象への並列処理能力という概念が利用可能であることを示すものであろう。

1.3 飛び出し検出の成績とその改善可能性

本研究、特に実験3から5、および7では道路交通事態を想定した環境での方向変化検出を扱った。先にふれたモデルからいえば、本研究の2次元空間の実験と3次元空間の実験では方向変化検出の行われ方には大きな違いがあった可能性がある。具体的には、本研究における3次元実験は変化した対象の特定を求めておらず、そのため、並列処理可能な方向変化検出課題しか含んでいなかったということである。しかし、実験3から5、および7の内容は運転環境を想定した視覚課題を作成したものであり、

実験参加者の運転作業を含んでいないため、実際に運転を模擬しているとはいえないが、方向変化を検出するという視覚作業に関しては類似性を持っている。確かに変化した対象を特定する必要はないが、現実空間において飛び出しに気が付いたときに必要な行動は何はともあれブレーキを踏むことである。そのため、3次元実験の方向変化検出課題の内容は現実状況を考えれば決して非現実的な課題ではなく、むしろ交通環境における方向変化検出課題に関しては、2次元空間における方向変化検出の結果を単純に適用することができないことを明らかにしたといえる。すなわち、交通環境における飛び出し検出課題は、2次元運動と異なり、運動方向に一定の制約があるため、並列処理できる課題である場合も多いということである。以下、各実験の結果から、本研究が示す危険性や、有効性、そして利用法についてより詳細に考察する。

まず、飛び出し検出の反応時間に関する結果をまとめると、おおよそ2つの事実が導かれる。まず、負荷の効果は検出の難易度にかかわらず、一定にかかることである。すなわち、運転中の負荷は一様に危険性を増すということであり、負荷低減を目指すべきであるという結論が導かれる。もう一つは、注意すべき対象数の増加は左奥、すなわち自車線遠方における飛び出し検出の難易度のみを増加させることである。結果、混雑している環境下では衝突の危険性は常識とは異なり、近くからの飛び出しではなく、むしろ遠くからゆっくりと出てくるような出方の方が危険であるということである。遠くからの飛び出しの危険性は対象数が増加するにつれて増加していくため、混雑した環境下で特に留意すべき事実である。また、2次元環境の結果からすると、対象数の増加の影響に関しては個人差が見受けられ、注意評価値の高低によってこの対象数の増加の効果を強く受けるかどうかは異なるようである。これらの事実は交通安全に寄与する重要な発見であるといえよう。ただし、モデル作成でも触れたが、対象数の効果は2次元環境で見られたものとは現れた理由が異なる可能性があり、事実実験7では個人差の効果は対象数の効果が見られた場所とは無関係な場所に表れた。そのため、左奥で見られた対象数の効果は対象の特定が必要かどうかということとは関係のない要素で現れている可能性もあるが、この点は正確に検討していないため、変化した対象の特定まで求めれば、左奥のみならず、あらゆる場所での飛び出しにおいて対象数の効果が見られる可能性がある。これは今後の課題としたい。

続いて本研究では質問紙群を作成している。調査研究に関しては実験参加者の特性を容易に計測できることを目的とした質問紙の作成に、ある程度成功している。この質問紙群は実験参加者の事故特性の分類に利用することも可能であり、また実験6,7を通して実際に検出成績とある程度の相関が見られることも確認された。実験参加者の事故危険性を評価するための非常に簡便な手段として価値あるものである。

質問紙による調査研究の結果からすれば、運転者は事故特性から3つに分けられる。すなわち危険型、安全型、違反型である。まず安全型との違いからすれば、危険型はあらゆる事態で強い負荷を感じるため、負荷に対応することが重要であるとの結論を得た。事故経験のあるほうが強い負担感を口にする、との研究は他にも見られ(Hill, & Boyle, 2007), ある程度の一般性が見られる。調査における考察でも触れたように、本研究で扱われた質問紙は負荷軽減の指針を与えるものである。

一方、違反型の運転手はこれとは異なる。違反型は負荷の感じ方は安全群と変わらないため、負荷を減少させることが安全に寄与するとは必ずしもいい切れない。違反型はその運転スタイル自身に問題があり、そのスタイルに対処することが求められる。運転スタイルの教育と、運転技術の教育は異なる。運転の教育において、運転技術教育が行われることは良くあるが、これは必ずしも有用とは限らない。例えば Katila, Keskinen & Hatakka (1996)は凍結路での運転教育を行った結果、かえって事故率が上昇したという例を示している。これは運転に自信が出る余り、かえって行動が危険な方向に変化した、ということである。また、Hatakka, Keskinen, Gregersen, Glad & Hemetkoski (2002)は運転教育には4つの段階があると主張している。すなわち人生の目標、運転の目標、交通環境への適応、運転技術の4つである。運転スタイルは運転の目標と交通環境への適応に当たるが、これまでの運転教育は運転技術に偏りすぎていたため、それより上位のレベルに対する教育が必要だとしている。しかし、Hatakka, et al. (2002)ではその具体的な手法まで提案するには至っていない。しかし、Molina, Sanmartin, Keskinen, & Sanders (2007)でこの考え方にに基づき、運転者に自身の危険性を把握させる手法をとった結果、むしろ実際に運転し、運転成績のフィードバックを与えることよりも初心運転者にとっては良い結果を与える可能性があることが示された。すなわち、自身の運転スタイルを自覚させることで運転スタイルを安全なものに変容することができる可能性があり、特に違反型の運転者に対しては有用であると考えられる。ただ、過大な負荷は違反を増やすという報告もあり(Simon, & Corbett, 1996), 負荷低減の効果が違反型では逆効果にしかでない、と予測されるわけではない。

さて、本研究では注意評価値によって様々な点で差が見られることがたしかめられたが、そもそも、注意の評価値と運転スタイルの間に相関が見られたため、何らかの方法で注意評価値が高まるなら運転スタイル自体が変化する可能性もある。先に述べたように、注意評価値と有効視野の間にはある程度のつながりがあるとは想定されるが、有効視野は、トレーニングによる拡大を行うことが出来るとする報告が幾つも存在する(Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs, 1998; Edwards, Wadley, Vance, Wood, Roenker, & Ball, 2004)。さらに有効視野のトレーニング成績が運転成績にも転移する(Roenker, Cissell, Ball, Wadley, & Edwards, 2003)ことが示されているため、有効視野に対するトレーニングは安全に寄与するか

もしれない。ただし、そもそも本研究では正確に有効視野の広さを計測しているわけではない点は注意が必要である。また注意評価値の差ではないが、運転に熟練しているか、していないかという差では有効視野の広さに違いは無く、むしろ注意の開放の早さに差があるという結果がすでに存在する (Crundall, Underwood, & Chapman, 2002)。このように、有効視野以外の要因で注視位置が異なる可能性も存在するため、この点は検討するべきだろう。

1.4 結論とまとめ

本研究は運動方向の変化検出事態、特に複数の対象を同時に注意しなければならない場合について、その基礎的な仕組みと現実場面での意味について検討したものである。

まとめると、方向変化の検出は並列、系列の2段階で行われるものであるが、複数の対象が存在し、各対象の方向変化を判断するためには基本的に系列的な処理に頼らなければならないため、複数の対象を同時に処理する時にはある程度の成績低下は避けられない。本研究は複数の対象の同時処理を行わなければならない現実的な状況を考え、直線道路での飛び出し検出事態が用いられた。3次元場面でもこの対象数の効果は部分的ながら確認されたが、その原因は2次元平面における結果とは異なっていた可能性があり、複数の対象の運動でも並列的に処理できる場合があることが示された。

種々の負荷が加えられ、それによる成績変動が計測されたが、本研究で検討された視覚、聴覚負荷はほぼ一定程度の遅延をもたらす、特に大きな遅延をもたらす負荷は見出されなかった。

また、個人特性と方向変化検出検出課題の間の関係が計測され、特に注意資源量によって複数の対象に同時に注意を向ける能力自体に差があり、検出にかかる反応時間や、視点移動様式が変化することが示された。視点移動の違いはおそらく有効視野の違いによるものと見られ、個人がその注意資源量の範囲で最適な視点移動パターンを選択しているものと考えられた。

本研究の第1の成果は、2次元、及び3次元で、視覚における方向変化検出の機構を検討したことである。2次元平面での研究はいくつか見られるが、特に3次元空間における検討は少ない。また、負荷等による変化を幅広く検討し、確認した点は本研究の独自性といえる。

続いて本研究の第2の成果は、特に同時に注意を向ける対象数によってわれわれの検出力にどのような違いが表れるのかを検討したことである。また、この同時注意対象数による効果の大小が個人の注意力の影響を受けるということも重要な発見であろう。

本研究の第3の成果は、調査の過程で作成された質問紙である。すでに示したように、本調査で作成

された質問文は海外の Driving Behavior Questionnaire を翻訳したものであり、この研究成果が日本でも利用できる可能性を示したという点で意味が大きい。また、この DBQ だけでなく、様々な質問紙との関係、さらにはその分類に基づいて実験結果を解釈しようと試みられた意味で、この成果は特に有用なものということが出来るだろう。

1.5 研究の問題点

続いて本研究の問題点について触れる。まず本研究で提案する方向変化検出のモデルはこれまでの実験的研究で得られた知見を包括するものとして構築されたものである。よって、モデルから導かれる予測を十分に確認出来ておらず、また、このモデルで説明可能かどうか不明の点も残されている。これらの点は検討が必要である。

また、本研究のうち3-5、および7は3次元運動を扱ったものであり、それゆえ条件の統制が不十分であることはすでに重ね重ね触れてきた。この点を検討することは必要だといえるだろう。さらに同じく、本研究は各要因の効果を細かく検討しておらず、またある要因で効果があったとしてもなぜその効果が得られたのか、という点に関して詳細に検討していない。例えば、対象数の効果が左奥でのみ見られた理由は詳細に検討できていない。これらの点は安全対策を考えるためにも有効であるため、更なる検討が求められる。

また何よりも3次元空間における課題の違いから、3次元空間での運動に対して、Location Map を必要とするような判断を要求する課題となっていなかった点は大きな問題である。このため、2次元平面における方向変化検出と同じ課題としての方向変化検出を3次元空間で行った場合にどうなるのかは検討する必要がある。

また、作成された DBQ 日本語版は質問数が海外のものに比べて少なく、その精度には不確かさが残る。日本語版の質問を追加することで DBQ の分類の精度をより高めることは必要なことである。これらの検討を行うことで、より運動の認知に関する検討が深まり、また本研究で扱ったような交通に限らず、広い場面で人間の行動を変化させ、問題を解決するものとなるといえる。

1.6 今後に向けて

最後に、本研究の結果と、今後への展開について述べる。本研究ではいくつかの重要な知見が得られた。まず、複数対象の方向変化検出の仕組みをある程度明らかにしたことで、今後この能力が関係するとおもわれる様々な場面における人間の認知を検討することができよう。本研究では飛び出し検出を例を挙げ、検討を行ったが、交通場面だけでも車線変更や右左折など、方向変化といえる状況は多様に存在する。この様な場面においても、本研究におけるモデルは予測を立てることが出来る。例えば、本研究では飛び出し検出は画面内で他に存在しない特異な運動であるため並列判断できると考察したが、飛び出しに類似した運動、例えば横車線からの他の車の車線変更などがあれば、飛び出しは特異な運動ではなくなり、並列処理が出来なくなる可能性がある。このような方向変化検出の特性から現実環境において方向変化検出が困難な状況を予測することが出来れば、安全に寄与することが出来ると考えられる。

また、本研究における3次元空間での実験は道路環境を想定したものであったため、この結果はある程度実際の環境においても通用する効果であると考えられる。特徴的なこととして、一貫して判断が難しいとされた飛び出しは自車線遠方からゆっくりと飛び出してくる様な対象であった。この飛び出し方での運動速度は歩行速度としては少々遅めの飛び出し速度であり、走りこんでくるような飛び出し方ではなく、このような飛び出し方をするのは高齢者などではないか、と考えられる。ゆっくりとした飛び出し方は運動の変化を検出するのが難しく、また遠方であるが故に飛び出していることに気がつきにくい。実際の交通事故データで飛び出し時の車と歩行者の位置関係を検討すれば、これをさらに立証することが出来、高齢者事故の原因の一つを考える上で歩行者、及び運転者への安全教育に関する重要なデータとなると考えられる。

このような安全教育に関しては本研究の調査で検討した質問紙を利用することが出来る。注意と方向変化検出の間に一定の関係があることを本研究で示しており、また質問紙のうち本研究で日本語訳したDBQは海外の研究も多いため、注意、視覚機能、交通行動などの様々な知見を結びつけることが出来る。この事によって、人間の認知、視覚機能が交通行動という実際の場面においてどのように反映されているのか、その予測を立てることが出来る。本研究で扱われた質問紙群は多くの研究をつなぐための一つの道具とすることが出来る。この事によって、交通行動と視覚機能の関連がより深く明らかにされることを期待するものである。

謝辞

本研究のうち、調査、及び実験6、7は社団法人 日本自動車技術会 ドライバ評価手法研究委員会、及びドライバ記述ワーキンググループの協力の元行われました。つたない私の研究に協力していただきました多くの方々には多数のご助力をいただきました。ここでお礼を述べさせていただきます。

また、適応認知行動学研究室の篠原准教授・木村助教には、研究の実施におきましても、論文の作成段階に関ましても、何度も相談に応じていただき、多くの指導をいただきました。感謝の意を述べさせていただきます。同じく、同研究室の先輩、後輩にも細かな実験計画の立案からその実施に至るまで、大変お世話になりました。

そして何より、三浦教授にはこのような研究の場を与えてくださいましたこと、厳しくも暖かい言葉を何度もいただき、完成まで見守っていただきましたことを感謝いたします。本当にありがとうございました。

2章 参考文献

- Åberg, L., & Rimmo, P.A. (1998). Dimensions of aberrant driver behavior. *Ergonomics*, **41**, 39-56.
- 赤松幹之・阿賀正己・荒川俊也・石橋基範・岩男眞由美・上地正昭・大桑政幸・尾中潤一郎・城戸滋之・熊倉佐恵・栗谷川幸代・佐藤稔久・高田祐史・富田幸佳・増田貴之 (2006). ドライバ記述ワーキンググループ活動成果報告書(2003-2005 年度), (社)自動車技術会ドライバ評価手法検討部門委員会.
- Adelson, E.H., & Bergen, J.R. (1985). Spatiotemporal energy models for the perception of motion. *Journal of Optical Society of America*, **2**, 284-321.
- Alvarez, P. P., Amendo, E., & Cadaveira, F. (2004). Automatic detection of motion direction changes in the human brain. *European Journal of Neuroscience*, **19**, 1978-1986.
- Andersen, G. J., & Kim R. D. (2001). Perceptual Information and attentional constraints in visual search of collision events. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, **27**, 1039-1056.
- Arthur, W. Jr., Graziano W. G. (1996). The Five-Factor Model, Conscientiousness, and Driving Accident Involvement. *Journal of Personality*, **64**, 593-618.
- Ball, K.K., Beard B.L., Roenker, D.L., Miller R.L., & Griggs D.S. (1998). Age and visual search: expanding the

- useful field of view. *Journal of Optical Society of America*, **5**, 2210-2219.
- Ball, K. K., Clay, O. J., Wadley, V. G., & Roth, D. L. (2005). Predicting driving performance in older adults with the useful field of view test: meta analysis. *Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 53-57.
- Blake, R., Capeda, N. J., & Hiris, E. (1997). Memory for visual motion. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, **23**, 353-369.
- Broadbent, D. E., Cooper, P. F., Fitzgerald, P., & Parkes, K. R. (1982). The cognitive failures questionnaire (CFQ) and its correlates. *British journal of clinical psychology*, **21**, 1-26.
- Calvanio, R., Williams, R., Burke, D. T., Mello, J., Lepak, P., Al-adawi, S., & Shah, M. K. (2004). Acquired Brain Injury, Visual attention, and the useful field of view test: a pilot study. *Archives of physiological medical rehabilitation*, **85**, 474-478.
- Cavanagh, P., & Alvarez, A. G., (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, **9**, 349-354.
- Chambers, K. W., McBeath, M. K., Schiano, D. J., & Metz, E. G., (1999). Tops are more salient than bottoms. *Perception and psychophysics*, **61**, 625-635.
- Chardenon, A., Montagne, G., Laurent, M., & Bootsma, R. J. (2005). A Robust solution for dealing with environmental changes in intercepting moving balls. *Journal of Motor Behavior*, **37**, 2-64.
- Conchillo, A., Recarte, A., M. Nunes, L., & Ruiz, T. (2006) Comparing speed estimations from a moving vehicle in different traffic scenarios : absence versus presence of traffic flow. *The Spanish journal of psychology*, **9**, 32-37.
- Conlon, E., & Herkes, K. (2008). Spatial and Temporal processing in healthy Aging: Implications for Perceptions of Driving Skills. *Development and Cognition*, **15**, 446-470.
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (2002). Attending to the peripheral world driving. *Applied Cognitive Psychology*, **16**, 459-475.
- Cutting, J. E., Vishton, P. M., & Braren, P. A., (1995). How we avoid collisions with stationary and moving obstacles. *Psychological Review*, **102**, 627-651.
- De Winter, J. C. F., Wieringa, P. A., Kupers, J., Mulder, J. A., & Mulder, M. (2007). Violations and errors during simulation-based driver training. *Ergonomics*, **50**, 138-158.
- Dressel, J., & Atchley, P. (2008). Cellular phone use while driving: A methodological checklist for investigating

- dual-task costs .*Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **11**, 347-361 .
- Dzhalof, E.N., Sekular, R., & Allik, J. (1993). Detection of changes in speed and direction of motion :reaction time analysis. *Perception and Psychophysics*, **54**,733-750.
- Edwards, M., & Badcock, D R.(1993).Asymmetries in the sensitivity to motion in depth: a centripetal bias. *Perception*, **22**, 1013-1023.
- Edwards, J.D., Wadley, V.G., Myers, R.S., Roenker, D.L., Cissel, G.M.,& Ball, K. K.(2004).Transfer of a speed of processing intervention to near and far cognitive functions. *Gerontology* ,**48**,329-340.
- Fahle, M., & Wehrhan, C.(1991).Motion perception in the peripheral visual field. *Graefe's Archives of Clinical experimental ophthalmology*, **229**,430-436.
- 藤本忠明 (2000).攻撃とモデリング 蓮花一巳 編 交通行動の社会心理学 北大路書房,pp.100-110.
- 藤本忠明・東正訓(1996).若年運転者の運転態度尺度構成に関する研究 交通心理学研究,**12**, 25-35 .
- Gras, E. M., Sullman, J. M. M., Cunill, M., Planes, M., Aymerich, M., & Font-Mayolas, S.(2006). Spanish drivers and their aberrant driving behaviors. *Transportation research part F*, **9**,129-137.
- Gibson, J. J.(1950).*The perception of visual world*. Houghton Mifflin, Boston.
- Gray, R., Regan, D., Castaneda, B., Sieffert, R.(2006). Role of feedback in the accuracy of perceived direction of motion-in-depth and control of interceptive action. *Vision research*, **46**,1676-1694.
- Hatakka, M., Keskinen, E., Gregersen, N. P., Glad, A., & Hernetkoski, K.(2002).From control of the vehicle to personal self-control; broadening the perspectives to driver education. *Transportation research part F* **5**,201-215.
- Harris, J. M.,& Ruston, S. K.(2003).Poor visibility of motion in depth is due to early motion averaging. *Vision research* ,**43**,385-392.
- Harris, J. M.,& Dean, P. J. A.(2003).Accuracy and precision of binocular 3-D motion perception. *Journal of experimental psychology:Human perception and performance* ,**29**,869-881.
- Harris, J. M.,& Drga, V. F.(2005).Using visual direction in three-dimensional motion perception. *Nature neuroscience*, **8**,229-233.
- Hancock, P. A., & Parasuraman, R. (1992). Human factors and safety in the design of Intelligent Vehicle-Highway Systems (IVHS). *Journal of Safety Research*, **23**, 181-198.

- Heeger, D.J., & Jepson, A.(1993). Visual perception of Three-dimensional motion. *Neural Computation* ,**2**,129-137.
- Hill, J. D.,& Boyle, L. N.(2007).Driver stress as influenced by driving maneuvers and roadway conditions. *Transportation research part F* ,**10**,177-186.
- Hohnsbein, J., & Mateeff, S. (1998). The time takes to detect changes in speed and direction of visual motion . *Vision Research*, **38**, 2569-2573.
- Horowitz, T., & Treisman, A. (1994). Attention and apparent motion. *Spatial Vision*, **8**,193-219.
- 井上毅・佐藤浩一 (2002). 日常認知研究の意義と方法 井上毅,佐藤浩一(編) 日常認知の心理学 北大路書房 .
- 石橋基範・大桑政幸・古郡了・赤松幹之 (2002). 運転スタイル, 負担感受性チェックシートの開発と経路選択嗜好の分析への適用 シンポジウム「ケータイ,カーナビの利用性と人間工学」 ,15-18.
- 石橋基範・大桑政幸・赤松幹之(2002).運転者特性把握のための運転スタイル,運転負担感受性チェックシートの開発, 自動車技術会 2002 年春季大会学術講演会前刷集. **55-02**, 9-12.
- Kahneman, D.(1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs,NJ:Printice-Hall.
- Katila,A., Keskinen, E., & Hatakka, M.(1996).Conflicting goals of skid training. *Accident Analysis and prevention*, **18**,785-789.
- Kontogiannis, T., Kossiavelou, Z., & Marmaras, N. (2002). Self reports of aberrant behavior on the roads: errors and violations in a sample of greek drivers. *Accident Analysis and prevention*, **34**,381-399 .
- Kremlacek, J., Kuba, M., Chlubnova, J., & Kubova, Z.(2004) .Effect of stimulus localization on motion-onset VEP. *Vision Research* ,**44**, 2989-3000.
- Lawton, R., Parker D., Mansted A.S. R., & Stradling S.G. (1997). The role of affect in predicting social behaviors: the case of road traffic violations. *Journal of applied social psychology*, **27**,1258-1276.
- Lalish, J. F.,& Andersen, G. J.(1995).Active control in interrupted dynamic spatial orientation: the detection of orientation change. *Perception and performance*, **57**,533-545.
- Lajunen, T., Parker, D.,& Summala, H. (2004). The Manchester Driver Behavior Questionnaire: Cross-cultural study. *Accident Analysis and prevention*,**36**,231-238 .
- Lee, D. N.A.(1976) .Theory of visual control of braking based on information about time to collision. *Perception*, **5**, 437-459.
- Mcleod, P. & Diens, Z. (1996). Do Fileders know where to go to catch the ball or only how to get there?

- Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, **22**, 531-543.
- Molina, J. G., Sanmartin, J., Keskinen, E., & Sanders, N. (2007). Post-license education for novice drivers: evaluation of a training programme implemented in Spain, *Journal of safety research*, **38**, 357-366.
- Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., Jimenez, R., Clifford, E., & Chabris, C. F. (2001) How Not to Be Seen: The Contribution of Similarity and Selective Ignoring to Sustained Inattentional Blindness. *Psychological Science*, **12**, 9-17.
- Mesken, J., Lajunen, T., & Summala, H. (2002). Interpersonal violations, speeding violations and their relation to accident involvement in Finland. *Ergonomics*, **45**, 469-483.
- 宮本秀樹・鈴木 高宏. (2007). 速度調整操作モデルにおけるドライバー特性の解析, 生産研究, **59**, 201-204.
- Nakayama, K. (1985). Biological image motion processing: A review. *Vision Research*, **25**, 625-660.
- 長山泰久・藤本忠明 (1971). NF式安全運転適性テスト 企業開発センター
- Norman, D. (1983). Position paper on human error. NATO Advanced Research Workshop on Human Error, Bellagio, Italy.
- 大塚博保・鶴谷和子・藤田悟郎・市川和子 (1992). 安全運転態度検査 SAS592 の開発 科学警察研究所報告 交通編, **33**, 45-51.
- Oksama, L. Hyönä, J. (2004). Is multiple object tracking carried out automatically by an early vision mechanism independent of higher-order cognition? An individual difference approach. *Visual cognition*, **11**, 631-671.
- Owsley, C., Ball K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991) Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and aging*, **6**, 403-415.
- Özkan, T., Lajunen, T., & Summala, H. (2006). Driver behavior questionnaire: A follow up study. *Accident Analysis and prevention*, **38**, 386-395.
- Özkan, T., Lajunen, T., Joannes, E. C., Parker, D. & Summala, H. (2006). Cross-cultural differences in driving behaviors: a comparison of six countries. *Transportation Research Part F*, **9**, 227-242.
- Parker, D., Manstead, A. S. R., Stradling, S. G. & Reason, J. T. (1992). Determinants of intention to commit driving violations. *Accident analysis and prevention*, **24**, 117-131.
- Parker, D., McDonald, L., Rabitt, P., & Sutcliffe, P. (2000). Elderly drivers and their accidents: the aging driver questionnaire. *Accident analysis and prevention*, **32**, 751-759.
- Parker, D., Reason, J. T., & Mansted, A. S. R. (1995). Driving errors, driving violations and accident

- involvement. *Ergonomics*, **38**,1036-1048.
- Peper, L., Boostma, R. J., Mestre, D. R. & Bakker, F. C. (1994). Catching balls :How to get the hand to the right place at the right time. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, **20**,531-543.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1980). Attention and detection of signals. *Journal of Experimental Psychology, General*, **109**, 160-17.
- Previc, F. H., & Blume, J. L. (1993). visual asymmetries in three-dimensional space. *Vision research*, **34**,1029-1037.
- Pylyshyn, Z. W. (2005). Some puzzling findings in multiple object tracking: II. Inhibition of moving nontargets. *Visual Cognition*, **14**, 175-198.
- Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, **3**, 179-197.
- Rasmussen, J. (1980). What can be learned from human error reports? In K. Duncan, M. Gruneberg and D. Wallis (Ed). *changes in working life*. London: Wiley.
- Reason, J. T., Manstead, A. S. R., Starding, S. G., Baxter, J. S., & Campbell, K. K. (1990). Errors and Violations on the road : a real distinction? *Ergonomics*, **33**,1315-1332.
- Raymond, J. E., O'Donnell, H. L., & Tipper, S. P. (1998). Priming reveals attentional modulation. *Vision Research*, **38**,2863-2867.
- Recarte, M. A., & Nunes L. (2002). Mental load and loss of control over speed in real driving towards a theory of attentional speed control. *Transportation research Part F*, **5**,111-122.
- Rezec, A. A., & Dobkins, K. R. (2004). Attentional weighting: a possible account of visual field asymmetries in visual search? *Spatial Vision*, **17**,269-293.
- Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., & Edwards, J. D. (2003) Speed of processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human factors*, **45**,218-233,
- Saffell, T. & Matthews. N. (2003). Task-specific perceptual learning on speed and direction discrimination. *Vision Research*, **43**,1365-1374
- Sears, R. C., & Pylyshyn, W. Z. (2000). Multiple object tracking and attentional processing. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, **54**, 1-14
- Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Feldman, J. (2001). What is visual object? evidence from target merging in

- multiple object tracking. *Cognition*, **80**, 159-177
- Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Franconeri, S. (1999). When are spatiotemporal and featural properties encoded as a result of attentional allocation? *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, **40**, S797
- Sekular, A. B., Sekular, R., & Sekular E. B. (1990). How the visual system detects changes in the direction of moving targets. *Perception*, **19**, 181-195.
- Shaw, M. L. (1980). Identifying attentional and decision making components in information processing. R. S. Nickerson (Ed), *Attention & Performance VIII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum (pp. 277-296)
- Shinar, D. (1978). *Psychology on the Road - The Human Factor in Traffic Safety* New York : Wiley
(Shinar D., 野口, 山下 共訳 (1985). 交通心理学入門 サイエンス社)
- 篠原一光・山田尚子・神田幸治・臼井伸之介 (2007). 日常生活における注意経験と主観的メンタルワークロードの個人差 人間工学, **43**, 201-211.
- 篠原一光・中村隆宏 (2007) 日常生活における注意経験, 失敗経験と視覚課題パフォーマンスの関連性, 日本心理学会第 71 回大会発表論文集, 622.
- Simon, F., & Corbett, C. (1996). Road traffic offending, stress, and accident history among male and female drivers. *Ergonomics*, **39**, 757-780.
- Snowden R. J., Kavanagh E. (2006). Motion perception in the aging visual system: minimum motion, motion coherence and speed discrimination thresholds, *Perception*, **35**, 9-24.
- Sumnall, J. H., & Harris, J. M. (2002). Minimum displacement thresholds for binocular three-dimensional motion. *Vision research*, **42**, 715-724.
- Sullman, M. J. M., Meadows, M. L. M., & Pajo K. B. (2002). Aberrant driving behaviors amongst New Zealand truck drivers. *Transportation Research part F*, **5**, 217-232.
- Sümer, N., Ayvask, H. B., Er, N., Hunler, O., & Ozdemir, M. (2004). Multidimensional measurement of Turkish driving behavior. *Paper presented in 3rd International Conference on Traffic & Transport Psychology, Nottingham, UK* 5-9.
- Sunderland, A., Harris, J. E., & Baddeley, A. D. (1983). Do laboratory tests predict everyday memory? A neuropsychological study. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, **22**, 341-357.
- Thorton, T., & Gilden, D. L. (2001). Attentional limitations in the seeing of motion direction. *cognitive psychology*, **43**, 23-52.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, A. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition

- of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **20**, 478-499.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, **12**, 97-136.
- Treue, S., & Maunsell, J.H. R. (1996). Attentional modulation of visual motion processing in cortical areas MT and MST. *Nature*, **382**, 539-541.
- Tripathy, P. S., & Barrett, T.B. (2004). Severe loss of positional information when detecting deviations in multiple trajectories. *Journal of Vision*, **4**, 1020-1043.
- Whitehead, R., Mackenzie, T., Schlibner, S., & Bachorowski, J. (1997). Effects of cue Validity upon performance in the attention cueing paradigm. *Perceptual and motor skills*, **84**, 787-798.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.) *Varieties of attention* Orlando, FL: Academic Press. pp.63-102.
- Wilson, H. R., Ferrera, V.P., & Yo C. (1992). A psychophysically motivated model for two dimensional motion perception. *Visual Neuroscience*, **9**, 79-97.
- Wolfe, J.M. (2001). Asymmetries in visual search : an introduction. *Perception and Psychophysics*, **63**, 381-389.
- Wolfe, J. M., Reinecke, A., & Brawn, P. (2006). Why don't we see changes? The role of attentional bottlenecks and limited visual memory. *Visual Cognition*, **14**, 749-780.
- Xie, C., & Parker, D. (2002). Social psychological approach to driving violations in two Chinese cities. *Transportation research part F*, **5**, 293-308.
- 山下富美代.(2004)注意機能測定に関する一考察.-注意と精神的負荷作業の関係について-. 立正大学心理学部紀要, **2**, 1-14.

3章 付録

本研究の調査において日本語版DBQ作成の際に使用した 50 の質問文すべてと、その回答の平均値、標準偏差を添付する。表中の網掛け部は平均・標準偏差が1を超えていたため、因子分析に使用した質問文である。

質問文	平均	SD
ほとんど動かない車の列を追い越したところ、道路工事や一車線の道路を通過するための列だったことに気づいた。	2.26	1.036
追い越しの際、対向車の速度の判断を誤った。	1.59	0.644
罰金の危険があるにもかかわらず、駐車禁止の場所に駐車した。	1.93	0.861
ルートの選択が悪かったために、避けることのできた渋滞に巻き込まれてしまった。	3.17	0.957
バックするとき、見落としていたものにぶつかった。	1.82	0.757
考え事に夢中になったり、あるいは注意がそれたりして、横断歩道で横断待ちをしている人や、赤に変わったばかりの歩行者信号に気づかなかった。	1.88	0.699
夜遅くあるいは早朝に、わざと制限速度を無視した。	3.14	1.481
ミラーを確認せずに追い越しをしようとしたら、すでに追い越しを始めていた後ろの車にクラクションを鳴らされた。	1.55	0.646
幹線道路に左折で入る車の列の中にいる時、右から近づいてくる車両に注意しすぎて、もう少しで並んでいる前の車に追突しそうになった。	1.5	0.580
左折時に、内側に近づいてきた自転車をもう少しではねるところだった。	1.51	0.625
右折時に横断の間隔の判断を誤って、もう少しで衝突しそうになった。	1.4	0.536
地図を見たり、カセットやラジオのチャンネルを変えるために、わき見運転した。	3.32	1.101
発進したり、車線変更したり、曲がったりする際、ミラーを確認し忘れた。	2.12	0.920
狭い道や障害物のある道で、狭い区間を先に抜けようと対向車と争った。	1.63	0.715
幹線道路から横道に曲がるとき、横断している歩行者に気づかなかった。	1.84	0.651
バスが発進する合図をしていたのに、道を譲りそこなった。	2.23	0.882

右折でショートカットした時に、対向車を避けるために急な操作で道を逸れなければならなかった。	1.45	0.586
高速道路をゆっくり運転している車を、内側車線や路肩を使って追い越した。	1.97	1.108
標識を見誤って、ロータリーから間違った道に出てしまった。	1.73	0.787
注意がそれたり考え事をしていたため、先行する車が減速したことに気づくのが遅れ、追突を避けるために急ブレーキを踏んだ。	2.19	0.762
幹線道路へ左折した際、見落とした、あるいは速度を誤判断したために幹線道路側の車の進路を妨害した。	1.85	0.647
駐車場で隣の車との間隔を測り損ねて、もう少しで隣の車にぶつければよかった。または、実際にぶつけてしまった。	1.6	0.648
たった今運転していた道をはっきり覚えていないことに気づいた。	2.08	1.111
速度オーバーするつもりは無いのに、速度計を見たら、知らないうちに法定速度よりも早い速度で運転していたことに気づいた。	3.58	1.312
追い越し車線の遅いドライバーにイライラして、内側から追い抜いた。	2.65	1.160
もっと速く走るよう、または退くように合図するため、前の車に極端に接近したり、パッシングライトを浴びせたりした。	1.9	0.969
立体駐車場の中の、どこに車を止めたかを忘れた。	2.39	1.151
片側一車線の道路でゆっくりと運転する車の後ろにつき、いらいらして、危険状況なのに追い越そうとする衝動に駆られた。	2.46	1.114
いちかばちか、赤に変わりつつある信号を渡った。	2.74	1.073
目的地 A に向かって運転しているつもりなのに、ふと気がつくと普段よく運転する B に向かう道を走行していた。	1.97	1.047
ロータリーの中や、交差点の手前で、間違った車線に入ってしまった。	2.02	0.899
田舎の道路で夜間に、ハイビームで走るときと時と同じ速度で、ロービームで走った。	2.62	1.563
右折の合図をしているのに気づかずに、その車を追い越そうとした。	1.33	0.495
深夜にすいた道路で運転しているとき、信号を無視した。	1.2	0.471
人通りのない一方通行の道路をわざと逆走した。	1.11	0.335

他の運転者の行動に怒り、文句言おうと追いかけた。	1.31	0.547
滑りやすい道路で急ブレーキをかけたり、不適切なハンドル操作を行うことで、横滑りをして反対車線に飛び出してしまった。	1.23	0.456
間違ったギアに入れたまま信号待ちの状態から発進しようとした。	1.77	0.789
キーを挿したままうっかり車のドアをロックしてしまった。	1.23	0.512
他の運転者とのカーレースまがいのことをした。	1.43	0.746
現在どのギアに入れているのか忘れて、手で確認しなければならなかった。	1.99	1.007
バスや駐車車両の後ろから出てくる人に気づかず、もう少しでひいてしまふところだった。	1.34	0.514
血中アルコールの法的な規定値を越えていることに気づいてたが、パーティーや飲食店から車を運転して帰った。	1.1	0.319
高速道路の出口で降り損ねて、遠回りをしなければならなかった。	1.57	0.727
ある種の運転者に反感を持っていて、なにかにつけて敵意を示してしまう。	1.82	1.026
ワイパーを動かそうとしたのに、ウinkerを点灯させてしまった。あるいは逆に、ウinkerを点灯させようとしたのに、ワイパーを動かしてしまった。	1.79	0.974
エンジンをかけないまま発進しようとした。	1.05	0.287
【止まれ】の標識を無視したところ、優先権を持つ車との衝突をかわろうじて避けなければならなくなった。	1.26	0.448
考え事に没頭して、ほかの運転者にパッシングされるまでハイビームになっているのを忘れていた。	1.46	0.629
車検あるいは保険が切れていることを忘れて、気がついたら違法に運転していた。	1.07	0.334

