九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

反応時間に及ぼす補償型トラッキング作業の影響

松永，勝也

志堂寺，和則
九州大学文学部

https://doi.org/10.15017/2328496

出版情報：哲學年報. 50, pp.77-88, 1991-03-30. 九州大学文学部
バージョン：
権利関係：

反応時間に及ぼす補償型トラッキング作業の影響

松　永　勝　也　　志堂寺　和　則

日常生活において，人間はごく普通に同時に幾つかの処理をおこなっている。自動車の運転動作を例にとると，ハンドルを操作しつつ，ギアの選択やアクセル操作をおこない，しかも前方や周囲に対して絶えず気を配っている。さらに，ラジオを聞いたり，考えごとをしながらの運転をすることもある。運転場面では，多くの作業を同時にしかもすばやく処理する必要がある。丸山（1982）は，運転時の注意の分散が事故を引き起こしていると報告している。自動車運転の場合には，このような複数作業の同時処理の他に視野の問題が絡んでくる。同じ動作をおこなっているときでも，視野の中心部に処理対象が現われた場合と周辺部に現われた場合とでは，対応に差が出てくる可能性がある。

自動車運転場面では，運転者の反応時間の変動が事故発生と関連があるとの報告がある（松永・原口・末永，1985）。自動車運転時に要求されるようなトラッキング課題と刺激の検出課題を組み合わせた二重課題による実験的研究は乏しく，基礎的研究が必要である。

本研究の実験Ⅰでは，広範囲（水平方向）にわたって提示した視覚刺激に対する検出反応時間を測定し，視野内の刺激位置と反応時間との関係を調べた。次に，実験Ⅱにおいて，検出課題と視覚トラッキング課題とを二重課題として作業させ，トラッキングによる負荷量が視覚刺激に対する反応時間にどのような影響を及ぼすかを実験的に検討した。

二重課題（dual-task）に関する理論的背景*

Kahneman（1973）は，人間の種々の課題解決に使用できる容量は，単一でしかも一定の限界をもったものであり，課題の成績はその課題に配分された容量に比例すると述べている。容量の限界を越えない限りいくらでも配分できるが，複数の課題を同時に遂行しなければならない場合には，いくつかの分配方針に従って容量が分配される（Wickens，1984a，p. 293より引用）。Norman and Bobrow（1975）は，Kahnemanのモデルに修正を施し，作業遂行には，資源依存的過程（resources-limited process）とデータ依存的過程（data-limited process）があり，課題の成績が配分された資源に比例するのは前者の過程であり，後者ではいくら資源を多く割り当てても成績を向上させることはできないとした。しかし，これらの考え方では課題によって干渉の受け方が異なるという現象を説明できない。暗算をしながら文章を考えることは，普通の人にはほとんど不可能なことであろうが，暗算をしながら文章を写すことは不可能なことではないと考えられる。

Navon and Gopher（1979）は，Kahnemanの一般的限定容量モデルをもとに，課題間の相互干渉をより詳しく説明するために多元的特殊資源群（multiple resources）という概念を提案した。彼らによると，従来考えられていたような一定の汎用資源は存在せず，処理毎に特殊化された資源が，多数存在すると考える。したがって，もし，2つの課題が，同一の特殊資源を必要とするような場合では相互作用が大きく，逆にまったく重複しない特殊資源を使用する場合では相互作用がないことになる。

Wickens（1984b）によると，処理資源は，処理の段階（stages），処理の様相（modalities），処理の符号（codes）の3つの次元によって表わすことができる。これらの処理の3つの次元が同一である課題を同時に遂行させる実験では，一般に，競合の影響が大きい。しかし，同時に遂行される課題が異なる特殊資源を用いる場合は，これにあてはまらない。

Kramer, Wickens, and Donchin（1985）は，「ある課題の処理ルーチンを，他の課題の処理にも使用可能にするもの」を，共同的処理ストラテジー（coop

erative processing strategies）とよび，特に注目している。この共同的処理ストラテジーの研究は，二重課題パフォーマンスに対する他のアプローチとは対比をなしている。一般的には，ひとつの課題に対して一定レベルの成績を収めるのに必要な処理は，他の課題の処理とは独立的であるか，依存的であると推定されている。つまり，課題間の競合に焦点があてられている。しかし，彼らは，異なった課題に関して，共同的随伴の効果が表われるように刺激を操作することができると主張している。

Kramer らは，これまでの二重課題の研究結果から，課題間の干渉をもとに特殊資源の関係を次の3つにまとめている。1）資源相互性（resource reciprocity），2）分離資源（separate resources），3）二重課題インテグラリティ（dual-task integrality）。資源相互性の場合には，第一課題が難しくなると，第二課題の成績が低下する。つまり，第一課題の困難度が上昇することによって，第一課題を遂行するための資源の割り当て量が増大する。その結果，第二課題のための資源供給が減少し，第二課題の成績が低下するのである。分離資源のケースでは，第一課題の困難度上昇は，第二課題の成績には影響しない。このことは，第一課題に必要な資源と第二課題に必要な資源とは，無関係であることを意味している。二重課題インテグラリティの場合は，第二課題の成績は，第一課題の困難度とともに向上する。第一課題が難しくなり，さらに多くの資源が必要とされる状況において，付加的に割り当てられた資源のために第二課題の遂行も容易になると仮定できる。この二重課題インテグラリティを引き起こす要因のひとつとして，一方の課題状況の変化が，もう一方の課題における変化をある程度予測させるような状況を考えることができる。

*阿部（1983）も参照した。

周辺視野を問題とした二重課題

Smith, Farrell, and Gonzalez (1967) は，トラッキング課題を被験者の正面に，そして，針の位置をレバーで調整するモニタ課題を正面と両側面の3ヵ所に配置して，二重課題実験をおこなった。彼らの結果では，側面部のモニタ課題が

不慣れな場合（調節レバーの動かす方向が，通常とは逆，つまりレバーを動かした方向とは逆の方向に針が振れる）には，トラッキング成績が低下した。この時，モニタ課題自体の成績には影響はなかった。

Leibowitz and Appelle（1960）は，視野の中心部に提示された課題を遂行しているときの周辺視野の閾値をもとめている。彼らの用いた中心部での課題は，毎分15回あるいは53回消える凝視点を，すみやかにスイッチを押して点灯させるというものであった。中心部の閾値の方が周辺部よりも低く，また，左視野の閾値の方が右視野より低いという結果を得ている。左右90度の場合を除いて，統制条件の閾値がもっとも低いが，作業負荷の小さな毎分15回の凝視点消灯条件の方が，毎分53回消灯条件の閾値よりも高かった。

Marincola and Long（1985）は，中心視野でのトラッキング課題と周辺視野（4ヵ所）での光刺激検出課題の組み合わせによる二重課題実験をおこなっている。彼女らは，この研究で，認知スタイルにおける場依存—場独立と二重課題の成績との関連を検討している。

Hockey（1970）は，二重課題遂行時のノイズの影響を調べている。被験者は正面でトラッキング作業をおこないつつ，周辺での光の点灯に対してどの位置で光がついたか反応することを求められた。ノイズの有無に関わらず，視野の中心部での光の点灯に対する反応の方が周辺部での点灯に対する反応よりも正答率が高かったが，視野の中心部での光の点灯に対しては，ノイズのある方がノイズがない場合よりも正答率が高かった。一方，トラッキングに関しては，ノイズの影響は認められなかった。

実　験　I

目　的

視覚刺激の検出課題において，水平方向の刺激提示位置および刺激輝度が反応時間に与える影響を検討する。

方　法

装置および刺激　実験装置を図1に示す。黒色のつや消し塗装を施したアクリル板を半径56cmの半円状に曲げ木枠で固定し，アクリル板上に9.8cm間隔で赤色発光ダイオード（TOSHIBA, TLR209，以下赤色 LED）を取り付けた。すなわち，被験者をアクリル板の中心に座らせた場合，被験者の正面にある赤色 LED を中心（0度）として，そこから左右に視角10度ステップで90度まで計19個の赤色 LED が設置されていることになる。さらに凝視点として，0度位置の赤色 LED から7cm上の位置に黄色 LED を取り付けた。刺激提示の制御および被験者の反応の記録のために，パーソナル・コンピュータ（SHARP, MZ-2000）を用いた。刺激の提示時間は250 msec であり，刺激の提示間隔は5秒から15秒の範囲でランダムとした。刺激の強度については，電圧調整によって，2種類の輝度条件（147 mcd，37 mcd）を設定した。

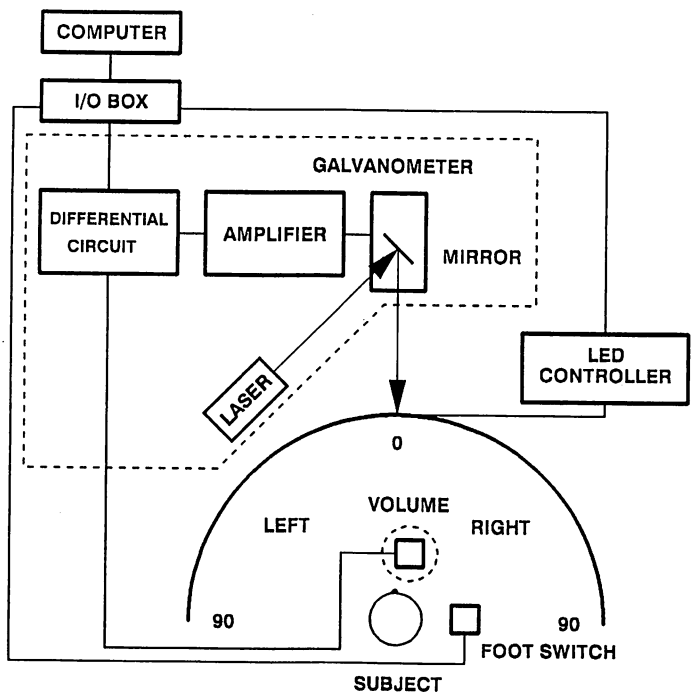

図1　実験装置
破線内は実験Ⅱで使用

手続き　実験は暗室で実施した。被験者は入室してから約5分間の順応をおこなった。頭の位置が半円状アクリル板の中心からずれないようにチンレストを用いた。赤色LEDが被験者の眼の高さの位置にくるようにアクリル板の高さを調節した。被験者には，試行中点灯している黄色LEDを両眼で常に注視しておくように教示した。被験者の課題は，いずれかの赤色LEDが点灯したらすみやかにフットスイッチを踏むことであった。高輝度条件，低輝度条件ともに19個の赤色LEDをそれぞれ10回ずつ合計190回ランダムに提示した。各輝度条件における実験時間は約40分間であった。輝度条件ごとに実験日をかえて実験をおこなった。また，半数の被験者では高輝度条件を先におこない，残りの被験者では低輝度条件を先におこなった。

被験者　被験者は正常な視力をもつ大学生および大学院生6名（男3名，女3名，20歳-25歳）であった。

結果と考察

被験者全体の反応時間の平均値および見落しエラー率を図2に示す。左右90度の位置の刺激に対しては，高輝度条件で6人中3人，低輝度条件で6人中5

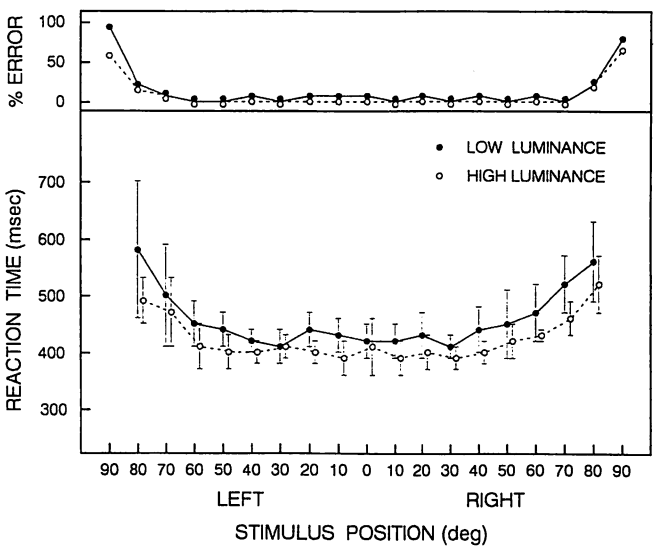

図2　単一課題での反応時間および見落しエラー率

人が全く認知できなかった。反応できた被験者においても，見落しエラー率が非常に高かった。そこで，以下の分析では，左右90度の刺激位置の結果を省き，それら以外の17の刺激位置での結果について分析をおこなった。

分散分析の結果，輝度条件で有意な主効果がみられ（$F(1,165)=44.29$，$p<.01$），低輝度条件では反応時間が遅くなった。刺激位置間でも有意な主効果がみられた（$F(16,165)=18.43$，$p<.01$）。テューキー法によって刺激位置に関する多重比較をおこなった結果，左右70度および左80度の刺激位置とそれ以外の刺激位置間に差が認められ，中心から離れた70度および80度の刺激位置の反応時間が，中心部の刺激位置の反応時間よりも遅かった。このことは，視野の中心から60度の位置を境に，刺激に対する処理・反応プロセスに，なんらかの差異が存在する可能性を示唆するものと解釈できる。網膜上の刺激位置の問題だけでなく，中心部では両眼で刺激を見ているのに対し，周辺部では単眼で刺激を見ていることによる可能性，あるいは刺激光の入射角度の影響による可能性がある。中心部と周辺部とでは処理・反応プロセス自体には違いはなく，本実験で用いた刺激強度によってこの差異はもたらされたと考えることもできるが，この場合には，刺激強度に応じて，臨界位置が変動すると考えられる。しかしながら，刺激輝度条件と刺激位置条件の間に交互作用がなかったことからこの可能性は少ない。次の実験Ⅱでは，この点を明らかにするため，刺激強度をさらに弱くした。また，被験者の疲労や飽きを考慮して，刺激位置を減らし，単一課題と二重課題での反応時間の比較を試みた。

実　験　Ⅱ

目　的

被験者に補償型トラッキング課題と視覚刺激検出課題を課し，トラッキング課題の有無あるいは負荷量の違いが，視覚刺激に対する反応時間に及ぼす影響について検討する。

方　法

装置および刺激　実験Ⅰと同じ装置にトラッキング課題のための装置を付け加えた（図1参照）。視覚刺激検出課題の刺激は，中心点（0度）と中心から左右それぞれ20度ステップで80度まで計9個の赤色LEDとした。刺激の提示時間は100 msec，輝度は17 mcd，提示間隔は5秒から10秒の間でランダムにした。補償型トラッキングをおこなうため，凝視点である黄色LEDと赤色LEDの間に幅29cm，高さ3.5cmの窓を設け，乳白色のアクリル板を貼った。乳白色アクリル板上に裏から赤色レーザー光を投影し補償型トラッキングのための輝点とした。トラッキング用のデータは，あらかじめコンピュータで発生させた疑似乱数にフーリエ変換を施し，一定の周波数（トラッキング条件1では0.8 Hz，トラッキング条件2では0.3 Hz，練習試行として0.5 Hz）以上をカットした後，逆フーリエ変換を施し作成した。実験中，このデータをDA変換した値と反応つまみの回転によって入力される電圧の差が，ガルバノメータの駆動軸上に取り付けた鏡の角度を決定した。この鏡の角度によってレーザー光の輝点位置が変化した。反応つまみは直径30mmの大きさで，つまみ10度の回転が輝点1度の変位と対応する。

手続き　実験は実験Ⅰと同様，暗室で，5分の暗順応の後，チンレストに顎を固定しておこなった。課題条件は，トラッキング課題と同時に視覚刺激検出課題をおこなう二重課題条件（トラッキング・データの違いにより2種類）と，トラッキング課題を含まない単一課題条件であった。二重課題条件での被験者の課題は，反応つまみを調節して，乳白色のアクリル板上を左右に変位する輝点を黄色LEDの真下に保つと同時に，赤色LEDの点灯に対しては，すみやかにフットスイッチを踏むことであった。単一課題条件では，実験Ⅰと同じ課題であった。3条件とも，9個の赤色LEDをそれぞれ10回ずつ提示した。二重課題条件の場合には，トラッキング操作になれるために，本試行前に約2分間，トラッキング練習用データを用いて練習をおこなった。各条件ごとの試行時間は約15分間であった。実験は条件別にランダムに3日にわたって実施した。

トラッキング成績（RMS偏差）は，中心からの輝点のずれを，いずれかの

赤色 LED が点灯する 3 秒前から点灯するまでの 3 秒間，100 msec ごとにサンプリングして算出した。

被験者　被験者は正常な視力をもつ大学生および大学院生 6 名（男 3 名，女 3 名，19歳-33歳）であった。

結果と考察

被験者全体の反応時間の平均値と見落しエラー率を図 3 に示す。左右80度の刺激位置については，ほとんど認知がおこなわれておらず，反応がある被験者においても見落しエラー率が著しく高かったため，左右80度を除いた 7 つの刺激位置について分散分析をおこなった。

視覚刺激に対する反応時間に関して，分散分析の結果，課題条件間において主効果が認められた（$F(2,10)=4.1$，$p<.05$，バートレットの分散の等質性の検定により誤差の分散に差が認められたため誤差項をプールしていない）。

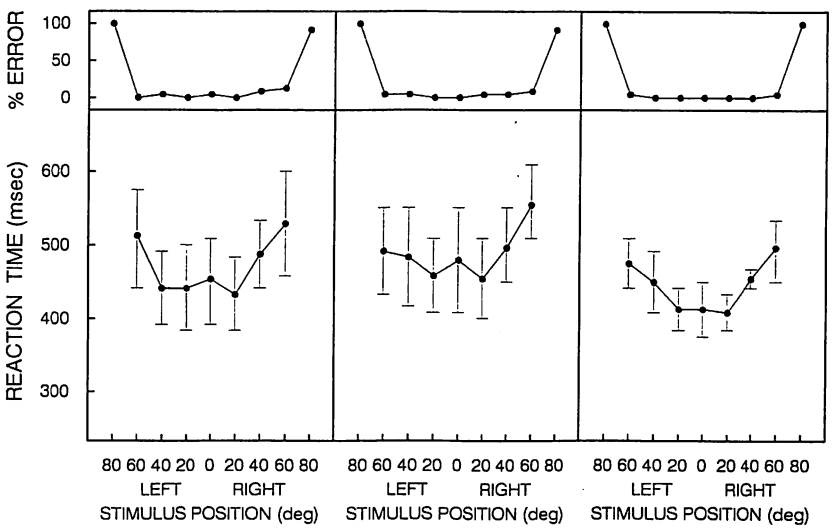

図 3　単一課題と二重課題での反応時間および見落しエラー率
左から二重課題（トラッキング条件 1），二重課題（トラッキング条件 2），単一課題

テューキー法による多重比較の結果，単一課題条件と二重課題条件（トラッキング条件１と２）の間に差がみられたが，トラッキング条件１と２の間には差はなかった。単一課題条件の平均反応時間は，二重課題条件よりも短かった。刺激の提示位置に関しては，有意差が認められた（$F(6,30)=28.6$, $p<.01$）。右60度の位置の反応時間が中心部（左40度，左20度，中心０度，右20度）に比べて長かった。左60度の位置の反応時間は右20度の位置の反応時間と比べて長かった。この刺激位置に関する結果は，60度付近に処理・反応プロセスの変化点があるという実験Ｉの結果とほぼ同じものである。

図４にトラッキング成績であるRMS偏差の結果を示す。RMS偏差については，トラッキング条件間において主効果がみられ（$F(1,85)=178.39$, $p<.01$），トラッキング条件１の方がトラッキング条件２よりも偏差量が大きく，成績が悪いことを示した。トラッキング条件１の方が２よりも課題の遂行がより困難であり，処理資源を多く要求していると考えられる。刺激位置間では差がみられなかった（$F(8,85)=1.56$, ns）ため，被験者はトラッキング作業をへだたりなくおこなっていると考えられる。

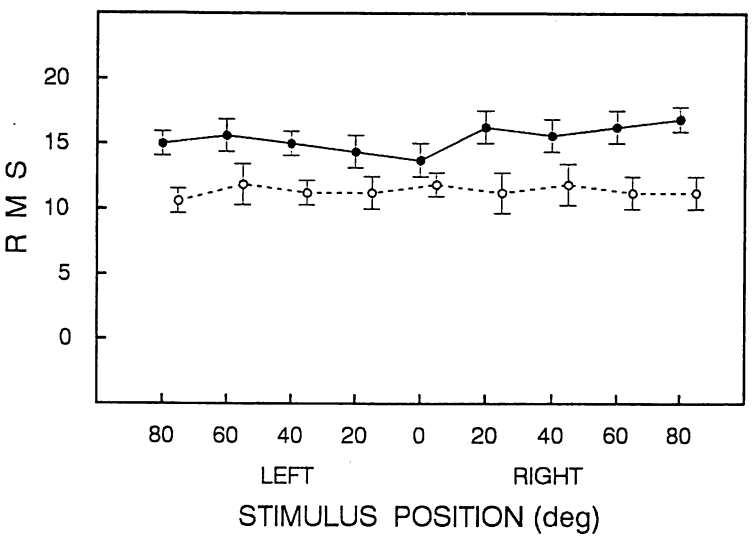

図４　トラッキング課題のRMS偏差量
黒丸はトラッキング条件１，白丸はトラッキング条件２

本研究で用いた二重課題は，刺激の様相が同一であり，Kramer（1985）らの分類によるところの資源相互性に属すると仮定していた。確かにトラッキング課題を同時におこなわせる二重課題条件では単一課題条件と比べて刺激に対する反応時間が遅くなり，資源が競合するものであることを示唆している。しかし，トラッキング条件間では反応時間に差がなかった。これは，実験Ⅱで用いたトラッキング条件の資源要求量の差が反応時間に影響を与えるほど大きくなかったか，あるいは，被験者が反応時間の成績の方を重視し，余った資源をトラッキング課題遂行に割り当てていたためと考えられる。個人別にみると，6名中3名の被験者で，トラッキング条件1の方がトラッキング条件2よりも平均反応時間が短くなった。このことは，トラッキング課題の困難度の上昇が覚醒水準を引き上げ，その結果として反応時間が短くなったためではないかと考えられる。

実験結果から，二重課題下では反応は遅延するといえよう。この結果は，実際の交通場面において，探索をしていたために障害物の発見が遅れ，事故を起こしたという報告，すなわち，二重課題下の情報処理の遅延が事故の原因であるということを支持するものである。さらに，周辺視では反応の遅延が大きい。交通場面では，これらが原因となって事故が発生することもあると考えられる。これらのことから自動車の運転時には，運転に集中すること，さらに視線を動かして視覚情報を取り込むことが重要であろう。

ま と め

視覚刺激に対する反応時間は，視覚トラッキング作業を同時におこなうことにより単一課題下よりも長くなることが認められた。また，単一反応時間課題の結果から，視野の中心部と60度以上の周辺部との間に，瞬間提示刺激に対する処理プロセスの差がある可能性が示唆された。

註

本研究は，第一筆者の指導の下におこなった井上美保の卒業研究（反応時間に及ぼす作業負荷の影響，1986）の資料をまとめなおしたものである。

引 用 文 献

阿部純一　1983　人間の情報処理と注意。サイコロジー，**40**，20-27.

Hockey, G. R. J. 1970 Effect of loud noise on attentional selectivity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **22**, 28-36.

Kramer, A. F., Wickens, C. D., & Donchin, E. 1985 Processing of stimulus properties : Evidence for dual-task integrality. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **11**, 393-408.

Leibowitz, H. W., & Appelle, S. 1969 The effect of a central task on luminance thresholds for peripherally presented stimuli. *Human Factors*, **11**, 387-392.

Marincola, L. B., & Long, G. M. 1985 Perceptual style and dual-task performance as a function of task difficulty and task emphasis. *Perceptual and Motor Skills*, **61**, 1091-1105.

丸山康則　1982　ヒヤリハット体験—その原因と対策。日本交通心理学会編，交通安全の人間科学１，事故はなぜ起こるか。企業開発センター，230.

松永勝也・原口雅浩・末永一男　1985　自動車の運転事故者の脳波と認知，応答時間について。脳波と筋電図，**13**，169-177.

Navon, D., & Gopher, D. 1979 On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, **86**, 214-255.

Norman, D., & Bobrow, D. 1975 On data-limited and resource-limited processing. *Journal of Cognitive Psychology*, **7**, 44-60.

Smith, S., Farrell, R. J., & Gonzalez, B. K. 1965 Effects of control-display compatibility and monitoring cues on multiple-task performance. *Perceptual and Motor Skills*, **20**, 781-785.

Wichens, C. D. 1984a *Engineering Psychology and Human Performance*. Charles E. Merrill, Columbus.

Wichens, C. D. 1984b Processing resources in attention. In R. Parasuraman and D. R. Davies (Eds.), *Varieties of Attention*. Academinc Press. Pp 63-102.