

## 注意による選択の位置を巡る議論の変遷

筑波大学大学院（博）心理学研究科 八木 善彦

筑波大学心理学系 菊地 正

A review of the debate over the locus of selection

Yoshihiko Yagi and Tadashi Kikuchi (*University of Tsukuba, Institute of Psychology 1-1-1 Tennoudai Tsukuba Ibaraki 305-8572*)

Numerous psychological experiments have been conducted to test *early* (e.g., Treisman, 1969) and *late* (e.g., Deutsch and Deutsch, 1963) selection models of attention. Lavie (1995) claims that perceptual load plays a causal role in determining the locus of selection (load theory). However, there are difficulties in defining exactly what load is. To consider this point, this paper reviews the existing literature on the early vs. late selection debate and on load theory. Some of the findings are inconsistent with load theory. This review supports the conclusion that the number of stimuli to be simultaneously processed determines the locus of selection.

**Key words:** selective attention, attentional load theory, perceptual load.

### 1. はじめに

我々は屋外の雑踏の中でも、不自由なく友人との会話を楽しむことができる。周囲には自動車の騒音が鳴り響き、大音量のアナウンスが流れている。すぐ側を歩く人々は、自分たちとは全く無関係な会話を大声で交わしている。友人の声よりも明らかに大きな音量の刺激が数多く存在する環境の中で、我々はどのような能力に基づいて、このような行動を可能にしているのだろうか。

認知心理学の領域において、こうした現象はカクテル・パーティ現象と呼ばれる。カクテル・パーティ現象は、人間に特定の感覚情報を選択的に処理する能力、すなわち選択的注意の機能が備わっていることの証拠と考えられてきた。過去50年の間、認知心理学は、選択的注意のメカニズムを解明することを主要なテーマの一つとしており (e.g., Ashcraft, 2002), このテーマにおける中心的問題は、人間の情報処理過程のどの段階で、こうした選択が生じるのかというものであった (Palmer, 1999, p. 533)。

本稿の目的は、注意による選択が生じる位置を巡る議論と実験的証拠を概観し、これらの証拠を包括的に説明可能な注意のモデルを提唱することである。

この目的のために、本稿ではまず、注意による選択の位置に関する伝統的な二つの理論的立場（初期選択理論と後期選択理論）を紹介する。次に、二つの理論的立場による初期・後期論争を、互いの立場から報告された代表的な実験的証拠とともに概観する。続いて、初期・後期論争を統合する可能性があるとしてされる近年の選択的注意の理論（注意の負荷理論）とその実験的証拠について言及し、最後にこの理論の問題点を指摘し、修正モデルの提案を行う。

### 2. 初期選択と後期選択

#### 2-1. 初期選択理論

選択的注意の機能に関する最初の実験的検証は、両耳分離聴取と追唱と呼ばれる手法を用いて行われた (Cherry, 1953)。被験者には、ヘッドフォンを通して、左右の耳に別々の刺激が呈示された。被験

者の課題は、一方の耳に呈示される刺激を無視しながら、もう一方の耳に呈示される刺激を即座に声に出して反復（追唱）することであった。追唱課題の後、被験者は無視すべき側の耳に呈示された刺激に対するいくつかの質問に回答するように求められた。この再生手続きにおいて被験者は、物理的特徴（例えば、音声の性別や、メッセージ中に挿入された純音の存在）以上の情報を報告することができなかった。つまり、無視すべき側の耳に呈示された刺激の意味的内容（例えば、呈示されていた言語が英語かドイツ語かなど）について、被験者はほとんど何も再生できないことが明らかにされた。この結果から Cherry は、人間には極めて強力な注意の選択機能が存在すると結論づけている。

Broadbent (1958) は、Cherry (1953) や自らの実験結果を基に、選択的注意に関する最初の情報処理モデルを提唱している。彼のモデルの特徴は、情報の選択を行う単一チャンネルのボトルネック機構が、意味的处理段階以前に存在すると仮定されている点にある。ボトルネック機構を通過した情報はさらなる分析を受け、同定されるが、ボトルネックにおいて選択されなかった刺激の処理は物理的特徴レベルにとどまり、その後完全に消失する。Broadbent (1958) の提唱した注意のモデルは、情報処理過程の比較的初期の段階で選択が生じると仮定されていることから、初期選択モデルと呼ばれる。

## 2-2. 後期選択理論

数年後、Moray (1959) は、Cherry (1953) の用いた両耳分離聴取と追唱の手続きにわずかな変更を加え、Broadbent (1958) の注意モデルに対する反証を提供している。彼は、無視すべき側の耳に呈示された文章中に被験者自身の名前が挿入された場合、およそ30%程度の被験者が自身の名前の呈示に気づくことを明らかにした。このことは、無視すべき側の耳に呈示された刺激でさえ、ある程度の意味的分析が行われている可能性を示唆している。

Deutsch & Deutsch (1963) は、Moray (1959) をはじめとするいくつかの実験的証拠を概観し、Broadbent (1958) とは異なる選択的注意のモデルを提唱している。彼らの注意モデルにおいては、すべての刺激情報が一度意味レベルまで分析を受けた後、反応選択の段階で初めて選択を受けると仮定されている。意味的处理を受けた複数の刺激情報は、現在の行動の目的等に基づいて重み付けされ、最も重要な情報を決定するための比較処理の結果にしたがい選択される。Deutsch & Deutsch (1963) の提

唱した選択的注意のモデルは、情報処理過程の比較的後期の段階で選択が生じると仮定されていることから、後期選択理論と呼ばれる。

## 2-3. 初期・後期論争の始まり

Deutsch & Deutsch (1963) が注意の後期選択モデルを提唱した数年後、Treisman (1969) は、Broadbent (1958) のモデルに若干の改良を加えた初期選択的モデルを提唱している。彼女のモデルにしたがえば、注意による選択を受けない刺激は、完全に消失するのではなく、減衰する。したがって、被験者自身の名前は検出のための閾値が他の刺激よりも相対的に低いと仮定することで、Moray (1959) の結果を初期選択的モデルで説明することが可能となる。実際、Howarth & Ellis (1961) は、マスキングを用いた手法により、被験者自身の名前が他人の名前と比較して、検出のための閾値が低いことを実証している。

Treisman (1969) の初期選択理論は、Deutsch & Deutsch (1963) の後期選択理論と共に、両耳分離聴取課題における被験者のパフォーマンスを適切に説明することができるモデルであり、初期・後期論争の契機となった。Luck (1998) が指摘するように、後期選択理論はあらゆる行動学的証拠を説明することが可能なモデルであったものの、Howarth & Ellis (1961) をはじめ、1960年代から70年代後半にかけて報告された実験的証拠の多くは、Treisman (1969) の初期選択モデルによってより妥当に解釈されるものであった (e.g., Snyder, 1972; Sperling, 1960; Von Wright, 1970)。後に Kahneman & Treisman (1984) が指摘するように、当時の注意研究におけるこうした背景が、以後20年あまり続けられる初期・後期論争を盛んにした一つの要因となっているようである。

## 2-4. 両耳分離聴取課題の衰退

1960年代にはいると、初期・後期論争が盛んになる一方で、論争の契機となった証拠を提供した両耳分離聴取課題は、その後衰退する。その主な理由は聴覚刺激の統制（呈示時間、強度、声質など）が、視覚刺激と比較して、困難なことがあげられる (Wood & Cowan, 1995)。このため、注意による選択が生じる位置を巡る議論は、視覚において、より洗練された実験手法によって検証された (e.g., Eriksen & Eriksen, 1974)。

Moray (1959) の報告した興味深い現象が再び注目されたのは、コンピュータ等の刺激呈示装置がより高度に発達する1990年代半ば以降であった。例え

ば、Wood & Cowan (1995) は、Cherry (1953) および Moray (1959) における手続き的問題点を指摘し、より厳密な手法を用いて Moray (1959) の実験を再検証している。彼らは、あらゆる手続き的問題点を改善してもなお、やはり30%程度の被験者が無視すべき側の耳に呈示された自身の名前に気づくことを報告している。Conway, Cowan, & Bunting (2001) は、自身の名前の呈示に気づく被験者とそうでない被験者の相違は、個人間のワーキングメモリ容量の相違に帰属される可能性があることを指摘している。彼らはワーキングメモリスパン得点 (e.g., LaPointe & Engle, 1990) の低い個人は、得点の高い個人と比較して、自身の名前に気づく可能性が高いことを実証した。また、Shapiro, Caldwell, & Sorensen (1997) は視覚においても Moray (1959) と同様の現象が生じることを明らかにしている。

### 3. 視覚における諸パラダイムと初期・後期論争

#### 3-1. Eriksen パラダイムとスポットライトメタファー

視覚における初期・後期論争で最も頻繁に用いられた実験パラダイムは、Eriksen & Eriksen (1974) によって考案された。Eriksen パラダイムの基本的な刺激画面は、一つのターゲットと一つもしくはそれ以上の数の課題無関連刺激から構成される (e.g., Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & Hoffman, 1972, 1973)。ターゲットとは、課題遂行と直接的な関係を持ち、被験者が注意を向け、何らかの反応を求められる刺激を意味する。また、課題無関連刺激とは、課題の遂行に直接関係がなく、被験者が無視するように教示される刺激を意味する。課題無関連刺激が受ける情報処理の程度を検討するために、ターゲットと課題無関連刺激の間の適合性が、適合、中性、不適合の3条件に操作される。例えば、H, S, U, K の四つの文字がターゲット文字として用いられ、H または S が呈示された場合には左手のボタンを押し、U または K が呈示された場合には右手のボタンを押すことを、被験者が求められているとする。この状況において、ターゲット文字 H が呈示された場合、課題無関連刺激がターゲットと同じ反応カテゴリ (つまり左手のボタン) に割り当てられている文字 (つまり H または S) である場合を適合条件、競合する反応カテゴリ (つまり右手のボタン) に割り当てられている文字 (つまり U または K) である場合を不適合条件、課題無関連刺激がターゲット候補以外の文字 (例えば、P や L) であ

る場合を中性条件と呼ぶ。課題無関連刺激の情報処理の程度は、3条件の反応時間の比較によって推測される。仮に、課題無関連刺激の処理が物理的レベルにとどまっていれば (つまり初期選択的に排除されていけば)、いずれの条件においても、ターゲットに対する反応時間に差が認められないはずである。一方、3条件の反応時間の間に有意な差が認められる場合には、課題無関連刺激の処理が意味的レベルに到達した (つまり後期選択的に処理された) 証拠となると考えられる。これは、課題無関連刺激の意味的表象が形成された場合、反応選択段階において、ターゲット刺激の意味的表象と競合 (または一致) することで、反応時間に対して遅延 (または促進) 的な影響が生じると考えられるためである。適合条件と不適合条件の反応時間の有意な差は刺激反応適合性効果と呼ばれ、課題無関連刺激の処理が意味的レベルまで到達した証拠とされる。

Eriksen & Eriksen (1974) においては、被験者に三つの文字刺激が水平に呈示された。被験者は、両脇の課題無関連刺激文字を無視しながら、中央のターゲット文字に対する弁別反応を求められた。ターゲット文字は二種類の反応キーに割り当てられ、被験者は呈示されたターゲットに割り当てられた反応キーを押さなくてはならなかった。ターゲットと課題無関連刺激の間の適合性および両者の間の空間的距離が操作された。実験の結果、不適合条件の反応時間は適合条件の反応時間と比較して有意に遅延し、刺激反応適合性効果が認められた。一方、この効果は、課題無関連刺激がターゲットから視角  $1^\circ$  以上離れて呈示された場合には認められなかった。Eriksen & Eriksen (1974) はこれらの結果から、課題無関連刺激がターゲットと視角  $1^\circ$  以上離れている場合には、課題無関連刺激の意味的処理は生じず (つまり初期選択的になる)、両者の距離が  $1^\circ$  以内である場合には課題無関連刺激の不随意的な意味処理が生じる (つまり後期選択的になる) と結論づけた。

Posner (1980) は、Eriksen & Eriksen (1974) や自らの一連の実験結果に基づき、選択的注意が視野内を照らすスポットライトの様なものであると提唱している。スポットライトが照らす領域は明瞭な境界線を持ち、領域内に呈示された刺激情報のみがさらなる処理を受ける。また、スポットライトの焦点化には限界が存在するため、注意の向けられた刺激から一定範囲以内に呈示されている刺激は、不随意的に意味レベルの処理を受ける。Posner (1980) のスポットライトメタファーは、ターゲットと課題無関連刺激の間に十分な物理的分離容易性 (つまり空

間的距離)が存在する場合には、注意が基本的に初期選択的な性質を持つことを意味している。

### 3-2. 物理的分離容易性の有効性を巡る議論とズームレンズメタファー

Posner (1980) のスポットライト説にしたがって Eriksen & Eriksen (1974) を解釈した場合、ターゲットと課題無関連刺激の間の空間的距離が $1^\circ$ 以上存在する場合、課題無関連刺激の処理は初期選択的となるはずである。

しかしながら、こうした予測とは一致しない結果を示す研究が数多く存在する。例えば、Gatti & Egeth (1978) は課題無関連刺激がターゲットの反応に及ぼす影響力を増加させたストループ様課題を用いて Eriksen & Eriksen (1974) を再検討している。ストループ様課題とは、周辺に呈示される色名単語を無視しながら、画面中央の色パッチの色名をできるだけ速く口頭で報告するというものである。彼らは、ターゲットと課題無関連刺激の間の空間的距離が視角 $5^\circ$ の場合にも、課題無関連刺激がターゲット色と不一致(または一致)な単語である場合の反応時間が、課題無関連刺激が中性語である場合と比較して有意に長く(短く)なることを明らかにした(ストループ様の刺激反応適合性効果)。彼らはこの結果から、課題無関連刺激とターゲットの間の空間的距離(約 $1^\circ$ )という物理的分離容易性によって、課題無関連刺激の処理が規定される可能性を否定している。Merikle & Gorewicz (1979) や Hagenaar & van der Heijden (1986) もまた、課題無関連刺激のサイズやターゲットと課題無関連刺激の間の空間的距離を様々に変化させて Gatti & Egeth (1978) を再検討し、同様の結果を報告している。これらの結果は、Eriksen & Eriksen (1974) や Posner (1980) の予測に反し、ターゲットと課題無関連刺激の間の物理的分離容易性が十分に存在する状況においても、被験者にとって、課題無関連刺激を初期選択的に排除することが困難であることを実証している。

こうした結果を受け、Eriksen & St. James (1986) は、注意のズームレンズメタファーを提唱している。彼らによれば、刺激情報の処理を促進する注意の領域は、注意の向けられた空間的位置を中心に緩やかに広がっている。したがって、周辺領域においても、より顕著な物理的特性を持つ刺激や、被験者にとって重要である刺激は検出される。スポットライトからズームレンズへの移行は、Broadbent (1958) の厳格な初期選択モデルから Treisman (1969) のより柔軟な初期選択モデルへの

移行と類似している。ズームレンズメタファーによって、上述の証拠の多くが、説明可能となっている。

スポットライトとズームレンズという二つのメタファーは、課題無関連刺激とターゲットの間の空間的距離という物理的分離容易性の存在が、情報の選択にとって最も重要であるという点において一致している。しかし、この可能性に対して批判的な見解を提唱する研究も存在している (Baylis & Driver, 1992; Driver & Baylis, 1989; Kramer & Jacobson, 1991)。これらの研究は、物理的な分離容易性よりもむしろ、ターゲットと課題無関連刺激が知覚的にグルーピングされることの重要性を主張している。例えば、Baylis & Driver (1992) は、空間的距離は近いが、ターゲットと異なる知覚的グループに属する課題無関連刺激と比較して、空間的距離は遠いが、ターゲットと同じ知覚的グループに属する課題無関連刺激が、より大きな刺激反応適合性効果を生じさせることを明らかにしている。

したがって、ターゲットと課題無関連刺激の間の物理的分離容易性は、課題無関連刺激を初期選択的に排除する十分条件とはなり得ないようである。また、Baylis & Driver (1992) において、異なる知覚的グループに属する課題無関連刺激からも有意な刺激反応適合性効果が認められている点を考慮すれば、知覚的グルーピングの概念もまた同様である。

### 3-3. ネガティブ・プライミング効果

ターゲットと課題無関連刺激の間の物理的分離容易性が初期選択における必要十分条件とはなり得ないことが明らかになるにつれ、初期・後期論争は次第に後期優勢へと推移する。こうした議論の変遷を象徴する二つの研究が存在する。一つは、ターゲットと課題無関連刺激の間の物理的分離容易性が十分であれば、初期選択が可能であると主張した Francolini & Egeth (1980) である。もう一つは、Francolini & Egeth (1980) と全く同様の課題を用いて、後期選択機能の強固な証拠を提供した Driver & Tipper (1989) である。

Francolini & Egeth (1980) は、空間的距離と色という二種類の物理的属性において、ターゲットと課題無関連刺激の間の分離容易性を強調し、Eriksen パラダイムを発展させた実験を行っている。被験者の課題は、仮想円上に配置された赤と黒の刺激(数字もしくはアルファベット文字)の中から、赤い刺激の個数を数えるというものであった。例えば、刺激画面が赤い三つの“Y”と黒い五つの“4”で構成されている場合には、被験者は“3”

と口頭で報告することが求められていた。被験者には、黒い刺激の意味的内容（この場合“4”）は課題とは無関係であり、刺激の意味的内容を無視することによってよりスムーズな反応が可能になることが伝えられていた。実験の結果、黒い課題無関連刺激が赤いターゲット刺激の個数と同じ意味的内容である場合（適合条件）の反応時間と両者が異なる場合（不適合条件）の反応時間の間に有意な差は認められなかった。彼らは、この結果から、ターゲットと課題無関連刺激の間に十分な物理的分離容易性（空間的距離と色）が存在する場合には、課題無関連刺激の処理は初期選択的になると結論づけている。

これに対し、Driver & Tipper (1989) は、刺激反応適合性効果が認められないことは、課題無関連刺激が初期選択的に排除されている証拠とはなり得ないと反論した（同様の示唆として、Duncan, 1980）。実際、彼らはネガティブ・プライミング効果（e.g., Tipper, 1985）を指標として、Francolini & Egeth (1980) において干渉効果を生じさせなかった黒い課題無関連刺激が、実際には同定レベルまで処理されていたことを実証している。ネガティブ・プライミング効果とは、 $n$  番目の試行で課題無関連刺激として呈示された刺激と意味的に関連する刺激が、 $n+1$  番目の試行でターゲット刺激として呈示される場合、両者の関係が無関係である場合と比較して、反応時間が遅延する現象を意味する（Tipper, 1985; Neill & Westberry, 1987）。Driver & Tipper (1989) の用いた課題は Francolini & Egeth (1980) とほぼ等しいものであった。ただし、ネガティブ・プライミング効果を測定するため、課題無関連刺激とターゲット反応の適合性の要因に加えて、 $n$  番目の試行において無視された黒い課題無関連刺激の意味的内容と、 $n+1$  番目の試行において計数された赤い刺激の数との関係が操作された。 $n$  番目の試行における黒い課題無関連数字が、 $n+1$  番目の試行における赤い刺激の数と一致している無視関連条件と、両者の関係が無関係である統制条件が設けられた。実験の結果、Francolini & Egeth (1980) と同様に、課題無関連刺激による有意な刺激反応適合性効果は認められなかった。しかしながら、無視関連条件における反応時間は、統制条件における反応時間と比較して有意に遅延し、ネガティブ・プライミング効果が生じたことが明らかにされた。こうした結果は、 $n$  番目の試行における課題無関連刺激が、一度意味的レベルまで処理された後、抑制的処理を受けていたことの証拠であると解釈された。

ネガティブ・プライミング効果が生じるメカニズムに関しては、Tipper (1985) が提唱した表象抑制説以外に、記憶痕跡検索説等の複数の仮説が提唱されており、今日においても議論が続けられている（レビューとして、永井・横澤, 2001）。しかし、いずれの仮説においても、無視された課題無関連刺激の意味的処理が、ネガティブ・プライミング効果にとっての必要条件と見なされている。したがって、この効果は、後期選択説に対する最も強力な証拠の一つと考えられている。

### 3-3. Eriksen パラダイムに対する反証

Driver & Tipper (1989) の結果は、後期選択理論を支持する証拠の一つであると同時に、Eriksen パラダイムに対する反証ともなっている。初期選択論者の多くは、刺激反応適合性効果の消失を、初期選択にとっての十分条件であるかのように見なしてきた。Driver & Tipper (1989) はこの解釈が誤りであることを実証した。また、すでに述べた様に、ストループ様課題を用いた一連の研究（Gatti & Egeth, 1978; Merikle & Gorewicz, 1979; Hagenaar & van der Heijden; 1986）もまた、刺激反応適合性効果の消失が、必ずしも、課題無関連刺激の初期選択的排除を示す証拠とはなり得ないことを示している。

より最近の研究から、刺激反応適合性効果の消失が課題無関連刺激の初期選択的排除を示す証拠とはなり得ないことが、ネガティブ・プライミング効果以外の指標によって明らかにされている。

例えば、Paquet & Merikle (1989) や Braind (1994) は、一方が円でもう一方が四角形で囲まれた二つの複合文字図形を注視点の左右に同時に呈示した。複合文字図形とは、小さな文字（部分レベル）の配列によってより大きな文字（全体レベル）が表記されている図形を意味する（e.g., Navon, 1977）。被験者の課題は、四角形に囲まれた複合文字を無視しながら、円に囲まれた複合文字図形の部分レベルの文字（ターゲット）に対する弁別反応を行うことであった。実験者によって、ターゲット文字と四角形に囲まれた複合文字図形の部分レベルの文字（課題無関連刺激）の間の適合性が操作された。実験の結果、ターゲットと課題無関連刺激が同じ形態を示す適合条件と両者が異なる反応キーと連合している不適合条件における反応時間の間に有意な差は認められなかった。Eriksen パラダイムや初期選択理論にしたがえば、このことは、四角形に囲まれて呈示された複合文字図形の部分レベルの文字が意味的処理を受けていないことの証拠と解釈される。しかしな

がら、適合条件と不適合条件の反応時間は、課題無関連刺激がいずれの反応キーにも割り当てられていない文字である中性条件における反応時間と比較して、有意に遅延した。この結果は、少なくとも課題無関連刺激が反応キーと連合しているものであるか否かについて被験者が“知っていた”ことを示している。Paquet & Merikle (1989) は、この現象をカテゴリ効果と呼び、刺激反応適合性効果の消失が、課題無関連刺激の初期選択的排除を示す証拠とはなり得ないことを実証するものと論じた。

また、Braind (1994, Experiment 2) や Bavelier, Deruelle, & Proksch (2000) は、Paquet & Merikle (1989) と同様の課題を用いて、適合条件の反応時間が不適合条件の反応時間と比較して有意に遅延することを明らかにしている。この効果は、適合条件と不適合条件の反応時間の差に関して、伝統的な刺激反応適合性効果とは対照的なパターンとなるため、負の刺激反応適合性効果と呼ばれる。

カテゴリ効果や負の刺激反応適合性効果は、ターゲットと課題無関連刺激の間に意味的な関連のみが存在する状況においても、生じることが明らかにされている(カテゴリ効果を示す例として、Kahneman & Henik, 1981; Lambert, Beard, & Tompson, 1989; Lambert & Voot, 1993, 負の刺激反応適合性効果を示す例として、Yagi & Kikuchi, 2002)。これらの証拠は、ネガティブ・プライミング効果とともに、課題無関連刺激の情報処理に関する二つの重要な示唆を含んでいる。第一に、Eriksen パラダイムにおいて刺激反応適合性効果が消失することは、課題無関連刺激の初期選択的排除の証拠とはなり得ないという点である。こうした経緯から、近年では、課題無関連刺激の情報処理を検討する研究においては、刺激反応適合性効果だけでなく、ネガティブ・プライミング効果を含めた様々な指標において、同一の結論を示すことが求められている (e.g., Braind, 1994; Lavie, 1995; Lavie & Fox, 2000)。また、第二には、後期選択理論を支持する多くの理論家が示唆しているように、注意による情報の選択は、同定処理後に生じる、課題無関連刺激の抑制的処理によって、機能している可能性があるという点である (Tipper, 1985; Neill & Westberry, 1987)。

### 3-4. 論争の焦点の推移

これまで述べてきたように、1980年代の後半までには、後期選択を支持する実験的証拠が数多く報告された。したがって、今日では、我々の選択的注意に何らかの後期選択的機能が備わっているというコ

ンセンサスが得られている (Luck, 1998)。こうした経緯から、1990年代に入ると、注意による選択の位置を巡る議論は、初期か後期かという二者択一の議論から、完全な初期選択的排除は可能か、また、それを可能にする実験条件とはどのようなものかといった問題へと推移している (Lavie, 1995)。

この問題を解決するための手がかりが、Kahneman & Treisman (1984) によって提唱されている。彼らは課題無関連刺激の処理が初期選択的となり得るか否かという問題は、実験課題の難易度に依存していると述べている。つまり、初期選択理論と後期選択理論のどちらか一方を支持する証拠を提供している実験パラダイムでは、それぞれ異なる注意メカニズムが関与している可能性がある。注意に関する初期の研究は、課題と関連する刺激および課題とは無関係な刺激を過負荷な状態において被験者に呈示し、複雑な反応を求めるといった“フィルタリングパラダイム”の中で行われていた。このパラダイムの古典的な事例が追唱課題 (e.g., Cherry, 1953) や部分報告法 (Sperling, 1960) である。一方で、1970年代後期や1980年代に行われた後の研究においては、離散的に呈示される単独もしくは少数の刺激に対し、単純な反応が求められる“選択的セットパラダイム”に属するものであった。このパラダイムの典型的事例には、Gatti & Egeth (1978) や Tipper (1985) が含まれる。

こうした示唆を受け、Miller (1991) や Yantis & Johnston (1990) は、物理的分離容易性を含めた、様々な変数を操作し、初期選択が生じる実験状況を探索している。二つの研究では、いずれも、同時に処理が要求される刺激の個数の増加によって、課題無関連刺激の処理が初期選択的に排除される可能性が示されている。同時に処理が要求される刺激とは、課題遂行の為に同定 (もしくはそれ以上の) 処理が求められる刺激を意味する。したがって課題無関連刺激はこの中に含まれない。例えば、Miller (1991, Experiment 7) では、一つのターゲット文字と複数の中性的な文字刺激が仮想円上に呈示され、ターゲットの反応に対して適合、中性、または不適合な課題無関連刺激は、仮想円の両側に二つ呈示されていた。被験者は、画面の両側に呈示される課題無関連刺激を無視しながら、円上に配置される文字刺激の中からターゲットを検出し、ボタン押しによって報告するように求められていた。ターゲットと課題無関連刺激の適合性に加え、同時に処理が要求される文字刺激の数 (2, 4, 8個のいずれか) が操作されていた。実験の結果、課題無関連刺激による刺激反応適合性効果が認められたのは、同時に

処理が要求される文字刺激の数が2個の場合（ターゲット1個，中性的な文字刺激の数が1個）のみであり，それ以上の場合には，刺激反応適合性効果が消失した。これらの結果は，Kahneman & Treisman (1984) の示唆と一致している。

#### 4. 注意の負荷理論

##### 4-1. 負荷理論とは

Lavie (1995, 2000; Lavie & Tsai, 1994) は，Kahneman & Treisman (1984) の示唆を拡張し，課題無関連刺激の処理が実験課題の複雑さ（負荷量）によって規定されるという注意の負荷理論を提唱している。負荷理論は以下の三つの仮定から成り立っている。1) 注意を情報処理に必要な有限の心的資源としてとらえる。2) 注意資源は課題の要求する負荷量に応じて必要量が投入される。3) 課題の要求する負荷量が注意資源の総量を上回らない場合，残された注意資源は周辺刺激に対して自動的に配分される。この理論にしたがえば，課題負荷の低い条件では課題無関連刺激に注意資源が自動的に配分されるので，課題無関連刺激の処理は後期選択的になる。一方，課題負荷の高い条件では注意資源が残されていないので，課題無関連刺激の処理は初期選択的になる。つまり，課題負荷の低い実験状況においてのみ，課題無関連刺激の意味的処理の証拠（刺激反応適合性効果，ネガティブ・プライミング効果，負の刺激反応適合性効果，カテゴリ効果等）が認められ，課題負荷の高い状況においては認められない。

負荷理論は，課題負荷という単一の変数によって，初期選択説と後期選択説を融合した注意モデルを構築している点が非常に興味深い。

##### 4-2. 負荷理論を支持する間接的証拠

Kahneman & Treisman (1984) が指摘しているように，後期選択を支持する多くの研究は，一つのターゲットと一つの課題無関連刺激を用いている (e.g., Gatti & Egeth, 1978)。また，これらの研究においては，課題を遂行するための記憶負荷量や反応選択肢の数も少ない。一方，初期選択を支持する研究の多くは，ターゲットや課題無関連刺激を含め，刺激画面上に多数の刺激が呈示されていることが多く (e.g., Yantis & Johnston, 1990; Miller, 1991)，あるいは，課題を遂行するための作業負荷が高く，反応選択肢の数も膨大であった (e.g., Cherry, 1953)。Lavie & Tsai (1994) は，初期・後期論争の中で報告されてきた多くの研究結果を研究

間で比較することで，注意の負荷理論に対する間接的な証拠が得られると主張している。

その一方で，Lavie (1995) が指摘するように，課題負荷を直接操作している研究は非常に数が少ない。例外の一つは，ストループ様課題において，刺激画面に同時に呈示される刺激の個数を操作している Kahneman & Chajczyk (1983) の研究である。彼らは，刺激画面に課題無関連刺激以外の中性的な刺激を付加的に呈示することによって，ストループ様の刺激反応適合性効果が著しく減少することを明らかにした（ダイリュション効果）。こうした結果は，付加的に呈示された中性語の呈示により，不一致の課題無関連刺激に配分される注意資源が減少したために生じたと解釈された。この結論は注意の負荷理論と一致するものであるが，異なる解釈の可能性も残されている。彼らの実験で用いられた刺激画面においては，付加的な中性語が呈示されていたことにより，課題無関連刺激の目立ち安さを減少させてもいる。周辺視において課題無関連刺激が単独で呈示されることは，周辺視に二つの課題無関連刺激が呈示されるよりも，より注意を引きつける力を持つことが実証されている (Jonides, 1981)。

また別の研究では，LaBerge, Brown, Carter, Bash, & Hartley (1991) が，刺激画面の呈示時間を変化させることで，課題の負荷を操作している。彼らの実験において，一試行は二つの刺激画面から構成されていた。いずれの刺激画面にも，17個の文字刺激が水平に呈示されていた。被験者の課題は，TとZが交互に配置された文字列の中心の文字が数字の7である場合にのみ (例，TZTZTZTZTZTZTZTZTZTZTZ)，第二画面の中央の文字が何であるかをボタン押しにより報告することであった (例，HHHHHHHHCHHHHHHHH)。実験者により，第一画面の呈示時間おび，第二画面におけるターゲット文字とターゲットに近接して呈示される16個の文字（課題無関連刺激）の適合性が操作された。LaBerge et al. (1991) によれば，第一画面の呈示時間の減少は，第一画面の中央の文字の同定難易度を増加させ，被験者に，注意のスポットライトあるいはズームレンズを画面中央の文字に焦点化させる必要を生じさせる。この焦点化が，一定時間持続すると仮定すれば，第一画面の呈示時間の減少とともに，第二画面における刺激反応適合性効果量もまた減少すると予測される。実験の結果，彼らの予測と一致して，第一刺激画面の呈示時間が十分に短く (50ms)，ターゲットと課題無関連刺激の間の空間的距離が十分に存在している場合 (0.32°) には，刺激反応適合性効果が完全に消失することが明らか

にされた。

Weisgerber & Johnson (1989) は、二つの同じ課題無関連刺激に近接して画面中央にターゲット文字を呈示した。ターゲットと各課題無関連刺激の距離は $0.34^\circ$ であった。課題無関連刺激はターゲットに対する反応と適合的または不適合的であり、ターゲットと同時に呈示されるか、ターゲットよりも100ms または300ms 先行して呈示されていた。被験者は、ターゲットが親近性の高いものであれば一方のボタンを (i.e., 四つの英文字のうちのいずれか)、見慣れないシンボルであればもう一方のボタンを (i.e., ヘブライトとアラビアから二文字ずつ) 押すように求められた。実験の結果、ターゲットの親近性が高く、課題無関連刺激が親近性の低いものである場合には、有意な干渉効果が認められたが、ターゲットの親近性が低く、課題無関連刺激の親近性が高い場合には、そのような効果は認められなかった。こうした非対称性は、親近性の低い項目がその処理により多くの注意資源を要求したため、課題無関連刺激の処理に不随意的に配分される注意資源の量が減少したために生じたと考えられる (Lavie & Tsai, 1994)。

プライミングパラダイムを用いた研究からも注意の負荷理論を支持する証拠が提供されている。Dark, Johnston, Myles-Worsley, & Farah (1985) は、同時に呈示される刺激個数の増加により、ポジティブ・プライミング効果が消失したことを明らかにしている。また、Neuman & DeSchepper (1992) は、課題無関連刺激が一つのみ呈示される場合には、ネガティブ・プライミング効果が認められたが、プライムとプローブの両方に三つの課題無関連刺激が呈示されていた場合には、そのような効果は認められなかったことを明らかにしている。

#### 4-3. 負荷理論を支持する直接的証拠

注意の負荷理論に対するより直接的な証拠は、すでに述べた Miller (1991) や Yantis & Johnston (1990) に加え、課題負荷を操作した Lavie と彼女の同僚による一連の実験から得られている (Lavie, 1995; 2000; Lavie & Cox, 1997; Lavie & Fox, 2001; Rees, Frith, & Lavie, 1997)。

Lavie (1995, Experiment 1) は、Miller (1991) や Yantis & Johnston (1990) の結果を受け、同時に処理が要求される刺激の個数が課題無関連刺激の情報処理に与える影響を検証している。画面中央の高さに呈示されるターゲットと、ターゲットの上または下に呈示される課題無関連刺激の適合性に加え、知覚的負荷が操作された。知覚的負荷は、画面

の中央の高さにターゲットと近接して呈示される中性文字 (フランカー) の呈示の有無によって操作された。低負荷条件では、フランカーは呈示されず、ターゲットと課題無関連刺激のみが同時に呈示された。高負荷条件では、五つのフランカーが呈示され、被験者はターゲット文字を五つのフランカーの中から検出しなければならなかった。実験の結果、低負荷条件においてのみ、刺激反応適合性効果が認められた。

また、Lavie (1995, Experiment 2) では、同一の刺激項目に対する処理水準を変化させることで、刺激画面の見えを変化させずに、課題の負荷を操作している。このために、Lavie は、弁別反応が求められるターゲットに近接して、四角または丸の図形を赤または青色で呈示した (反応キュー)。被験者は、ターゲットの上または下に呈示される課題無関連刺激を無視しながら、反応キューがあらかじめ決められたカテゴリに属する場合にのみ、ターゲット文字に対応するボタンを出来るだけ速く押すように求められた (Go/No-go 課題)。課題無関連刺激の適合性と課題負荷が実験者によって操作された。課題負荷は、4種類の反応キューをどのような基準に基づいて分類するかによって操作された。色特徴のみに基づいて反応キューが分類された条件 (例、赤い丸と赤い四角) が低負荷条件とされ、色特徴と形態を組み合わせて反応キューが分類された条件 (例、赤い丸と青い四角) が高負荷条件とされた。実験の結果、やはり刺激反応適合性効果が認められたのは、低負荷条件においてのみであった。しかしながら、高負荷条件においては、不適合条件の反応時間と中性条件の反応時間の間に有意な差は認められていないものの、適合条件の反応時間が他の2条件の反応時間と比較して有意に遅延していた。Lavie (1995) は、この結果をターゲットと課題無関連刺激の間の形態的類似性による初期知覚的な干渉効果であると解釈しており (e.g., Bjork & Murray, 1977; Bavelier et al., 2000)、負荷理論の妥当性に疑問を生じさせるものではないと主張している。この点については、後に、負荷理論の問題点と併せて詳細に議論される。

Lavie & Cox (1997, Experiment 2) では、仮想円上に1, 2, 4または6個の文字が配置された。このうち一つはターゲット (X または N) であり、他の文字はターゲットの検出を困難にするために呈示された中性的な文字刺激であった。また、これらの刺激と同時に、ターゲット反応に対して適合または不適合な課題無関連刺激が一つ、仮想円の左右どちらか一方に呈示された。被験者は、仮想円の左右に



呈示される課題無関連刺激を無視しながら、ターゲット文字に対応するボタンを出来るだけ速く正確に押すことであった。実験の結果、仮想円に呈示される刺激個数が7個の場合にのみ、刺激反応適合性効果が消失することが明らかされた。負荷理論にしたがってこの結果を解釈すれば、我々は同時に7個の刺激（6個の中性文字と1個のターゲット）を同時に処理した時点で注意資源を完全に消費し、課題無関連刺激を初期選択的に排除することが（受動的にはあるが）可能になる。言い換えれば、我々は刺激の呈示個数が5個以下である場合、このうちのいずれかを、初期選択的に排除することが不可能であることが示唆される。

Rees et al. (1997) は、脳機能画像研究の手法を用いて、注意の負荷理論を支持する証拠を提供している。被験者には二つの構成要素からなる刺激画面が呈示された。刺激画面の周辺部では、白いドットが散在していた。画面の中央には、ドット背景との境界をつくる楕円と、その中心にターゲット単語が呈示された。ドットは、画面奥から手前に向けて運動していた（オプティックフロー）。被験者は単語に注目し、ドットを無視するように教示された。低負荷条件において、被験者は、単語が大文字で呈示されている場合にのみキーを押すように求められた。高負荷条件においては、被験者は同じ文字列を呈示されたが、二音節単語が呈示された場合のみボタンを押すように求められた。各被験者は、fMRIの計測状況下で、低負荷および高負荷課題をオプティックフローがある場合とない場合においてそれぞれ行った。脳機能画像に関する以前の研究によって、視覚的な運動は、V5を活性化させることが知られている（e.g., Zeki, Watson, Lueck, Friston, Kennard, & Frackowiak, 1991）。したがって、オプティックフローによるV5の活性化を調べることによって、課題とは無関係な視覚的運動の処理が生じていたか否かを規定することができたと推測された。実験の結果、低負荷条件においてのみ、顕著なV5領域の活性化が認められた。

本稿で紹介したように、初期・後期論争の経緯から、初期選択を巡る議論は、刺激反応適合性効果だけでなく、ネガティブ・プライミング効果を含めた様々な指標において、同一の結論を示すことが求められている。これを受けて、Lavie & Fox (2000) は、課題負荷がネガティブ・プライミング効果に及ぼす影響を検討している。課題負荷は、Lavie (1995, Experiment 1) と同様の方法で操作された。彼女らは、低負荷条件においては、刺激反応適合性効果、ネガティブ・プライミング効果がともに認め

られた一方で、高負荷条件においては、いずれの効果も消失したことを報告している。

## 5. 負荷理論の問題点と修正モデルの提案

### 5-1. 負荷理論の問題点

Styles (1997) は、注意の負荷理論について次のように述べている。注意の負荷理論は“注意による選択が情報処理過程の初期において生じるのか、あるいは後期において生じるのか、という論争における矛盾を説明し、論争を解決する可能性を内包している。（中略）その一方で、課題負荷や注意資源容量をどのように定義するかといった難解な問題も残されている（p. 55）”。つまり、どのような負荷がどの程度課せられた場合に、課題無関連刺激が初期選択的となるかという点が明確にされていない。

残念ながら、これまでの注意の負荷理論において、注意資源容量がどのように定義されるかについては述べられていない。Lavie (1995; Lavie & Cox, 1997) では、実験の結果、課題無関連刺激の意味的処理の指標である刺激反応適合性効果が消失した場合にはじめて、課題負荷が注意の容量限界を超えていたと判断され、そうでなければ、課題負荷が容量制限を超えていなかったものと解釈されているが、この解釈は循環論法的であろう。この問題を解決する方法は、課題負荷をどのように定義すべきかという問題と密接に関わっている。なぜなら、課題負荷が定義され、課題負荷量を規定する指標が定められれば、注意資源容量をある一定の課題負荷量として議論することが可能となるからである。

課題負荷の定義の問題に対する一つの回答は、Rees et al. (1997) において述べられている。彼らは、課題無関連刺激の情報処理に影響を及ぼす課題負荷の操作には大別して二つの種類が存在すると示唆している。一つは、同時に処理が要求される刺激の数を操作することであり、もう一つは、同一の刺激に要求される処理水準を操作することである。八木・菊地 (2003) は、刺激画面の知覚的な変化を伴うという理由で、前者を知覚的負荷と呼び、刺激画面の知覚的变化はないが、課題について記憶すべき内容が変化するという理由で (Styles, 1997)、後者を認知的負荷と呼んでいる。Rees et al. (1997) は、知覚的負荷と認知的負荷が注意の選択機能に同様の影響を与えると仮定しているが、実験的証拠は得られていない。知覚的負荷の増加によって課題無関連刺激の処理が初期選択的に排除される可能性を示唆する研究が多く存在する一方で (e.g., Eriksen & Hoffman, 1972, 1973; Lavie 1995, Experiment 1;

Lavie & Cox, 1997; Lavie & Fox, 2000; Miller, 1991; Yantis & Johnston, 1990), 課題の認知的負荷の増加によって課題無関連刺激が初期選択的に排除されるという証拠を報告する例は少ない。

課題の認知的負荷が知覚的負荷と同様に課題無関連刺激の処理を初期選択的に排除する効果を持つと主張する研究は、本稿で紹介された Lavie (1995, Experiment 2) および, Rees et al. (1997) であるが、これら二つの研究の結果には、異なる解釈の可能性も残されている。

すでに述べたように、Lavie (1995, Experiment 2) は、Go/No-go 課題を用いることで、低負荷条件と高負荷条件の刺激画面の見えを変化させずに、課題の難易度を操作している。結果パターンは、低負荷条件においてのみ、有意な刺激反応適合性効果を示し、注意の負荷理論からの予測と一致している。しかしながら、高負荷条件においては、適合条件の反応時間が不適合条件および中性条件の反応時間と比較して有意に遅延しており（つまり、負の刺激反応適合性効果と同様の結果パターンが得られている）、この結果は、注意の負荷理論からの予測と一致しない。最近、Yagi & Kikuchi (2002) は、ターゲットと課題無関連刺激の形態が異なるストループ様課題において、負の刺激反応適合性効果が生じることを明らかにし、この効果が、ネガティブ・プライミング効果と同様に、課題無関連刺激表象の抑制によって生じている可能性を示唆している。つまり、Lavie (1995, Experiment 2) の高負荷条件における適合条件の反応時間の遅延は、課題無関連刺激表象の抑制によって生じていた可能性がある（八木, 2000; 八木・菊地, 2003）。不適合条件および中性条件における課題無関連刺激が抑制的処理を受けていたとしても、ターゲット反応には何の影響も与えず、両者の反応時間は等しくなると予想される。一方で、適合条件においては、抑制された課題無関連刺激表象と実際に反応が求められるターゲットが同一であるため、反応時間の遅延が生じると考えられる（e.g., Driver & Tipper, 1989; Neill & Westberry, 1987; Tipper, 1985）。

また、Rees et al. (1997, Experiment 1) は、画面中央の単語刺激に対する処理水準を変化させることで、課題の認知的負荷を操作し、高負荷条件において、課題無関連な運動情報の処理を反映する V5 領域の活性が減少したことを示した。一方で、彼らの実験 2 では、実験 1 と同様の課題が用いられたが、オペティックフロー刺激が停止した後、被験者は運動残効の持続時間を報告するように求められている。オペティックフロー等の運動刺激を一定時

間呈示した後、運動を停止させると、反対方向への運動の知覚を誘発する（運動残効）。彼らの実験 2 では、運動残効が課題無関連な運動刺激の処理の程度に対する指標として用いられていた。高負荷条件における運動残効の持続時間（6.4sec）は低負荷条件におけるそれ（9.3sec）と比較して有意に短かったものの、高負荷条件においても顕著な運動残効が認められていた。この結果は、高負荷条件においても、課題無関連な運動刺激が十分に処理されていたことを示すものであり、Rees et al. (1997) における認知的負荷の操作が課題無関連刺激の情報処理に及ぼす影響については、慎重に議論されるべきであると考えられる。

すでに述べたように、Lavie & Fox (2000) は、知覚的負荷の操作を用いて、高負荷条件では刺激反応適合性効果のみならず、ネガティブ・プライミング効果もまた消失することを明らかにしている。この一方で、彼らは、認知的負荷の操作がネガティブ・プライミング効果に及ぼす影響については全く検証していない。

したがって、課題の認知的負荷が課題無関連刺激の処理を初期選択的に排除する効果を持つか否かは、未だ明らかではない。むしろ、この可能性に対しては否定的な見解を示す研究もいくつか存在する。例えば、Kumada & Humphreys (2002) は、脳損傷患者を用いた研究から、概念駆動型の注意資源の配分と刺激駆動型の注意資源の配分が異なるメカニズムに依存している可能性を示唆している。また、八木・菊地 (2002, 2003) は認知的負荷の増加が課題無関連刺激の処理に及ぼす影響を再検討している。八木・菊地 (2003) では、実験 2 において知覚的負荷、実験 3 において認知的負荷がそれぞれ操作され、課題無関連刺激がストループ様干渉効果に及ぼす影響が検討された。彼らは、2 種類の負荷の操作の負荷量（低負荷条件の反応時間と高負荷条件の反応時間の差、Lavie, 1995）や、ターゲットと課題無関連刺激の間の空間的距離が同程度であるにもかかわらず、知覚的負荷が増加した場合にのみ、ストループ様干渉効果が消失することを明らかにしている。このことは、課題の認知的負荷が課題無関連刺激の処理を初期選択的に排除する効果を持たない可能性を示唆している。

## 5-2. 修正モデルの提案

Rees et al. (1997) は課題無関連刺激を初期選択的に排除する課題負荷として、同時に処理が要求される刺激の個数（知覚的負荷）と同一の刺激に対する処理水準（認知的負荷）をあげていた。しかしな

がら、これまで述べてきたように、課題の認知的負荷の増加が課題無関連刺激の処理に及ぼす影響については未だ明らかではない。また、上記以外の課題負荷を操作している研究からは、負荷の増加によって、刺激反応適合性効果がむしろ増加する傾向にあることが示唆されている (e.g., Lavie, 2000; 八木・菊地, 2001)。

したがって、負荷理論における課題負荷とは同時に処理が要求される刺激個数 (知覚的負荷) と定義されるべきであろう (同様の示唆として、八木・菊地, 2003)。課題負荷を同時に処理が要求される刺激個数と定義することにより、注意資源容量は刺激個数という観察可能な量的変数として議論されうる。こうした修正は、Styles (1997) が指摘する負荷理論における二つの問題点を克服することを可能にするであろう。

Lavie (1995, 2000) の負荷理論は以下の三つの仮定で構成されていた。1) 注意を情報処理に必要な有限の心的資源としてとらえる。2) 注意資源は課題の要求する負荷量に応じて必要量が投入される。3) 課題の要求する負荷量が注意資源の総量を上回らない場合、残された注意資源は周辺刺激に対して自動的に配分される。課題負荷の定義を同時に処理が要求される刺激の個数と定義することで、負荷理論の三つの仮定は以下の二つの仮定に集約される。1) 注意を一定数の処理経路を持った並列処理システムとしてとらえる。2) 我々が、処理経路を随意的に閉鎖または統合し、経路の数を制御することは不可能である。したがって、負荷理論は、同時に処理が要求される刺激個数が課題無関連刺激の処理を決定する、と修正される。

課題の知覚的負荷を直接操作している研究から、同時に処理が要求される刺激の個数がおおよそ  $4 \pm 1$  個を超えた場合に、画面周辺に呈示されている課題無関連刺激の処理が初期選択的となることが明らかにされている (Miller, 1991, 4 個; Lavie & Cox, 1997, 5 個; 八木・菊地, 2001, 3 個)。したがって、処理経路の数とはおおよそ 4 個程度であると考えられ、注意資源容量とは同時に処理が要求される刺激の個数 4 個としてとらえ直すことが可能であろう。

注意の負荷理論の修正モデルの利点は、Styles (1997) の指摘する問題点を克服するだけでなく、視覚情報処理研究における他の領域 (特に視覚的短期記憶) からの示唆とより高い整合性を持つ点にもある。例えば、視覚的短期記憶に関する古典的研究である Sperling (1960) では、被験者に  $3 \times 3$  のマトリックス上に配置されたアルファベット文字が瞬間呈示された。彼は、被験者が全ての文字を報告す

るよう求められる場合に報告できる文字の数が、おおよそ 4 個程度であることを明らかにしている。また、熊田・菊地 (1988) は、同時に呈示される刺激の個数が 4 個程度の場合に限り、被験者は刺激の数や刺激の呈示位置を正確に処理することが可能であると示唆している。Luck & Vogel (1997) によれば、同時に呈示される刺激の個数が 4 個以下である場合、被験者は、個々の刺激が持つ特徴次元 (色や形) の数に関わらず、視覚的短期記憶内に同時に保持することが可能となる。さらに、最近 Cowan (2001) は、ワーキングメモリ容量に関する広範なレビューの中で、伝統的なマジカルナンバー  $7 \pm 2$  (Miller, 1956) を  $4 \pm 1$  に修正している。初期選択理論が示唆するように、注意がワーキングメモリ以前の段階に存在するボトルネック (あるいはフィルタ) 機構であるとすれば、課題の知覚的負荷を操作した一連の研究とこれら視覚的短期記憶に関する研究結果が一致することを適切に説明できる。

視覚的短期記憶に関する研究以外にも、視覚探索課題 (レビューとして、Wolfe, 1998) やマルチオブジェクト・トラッキング課題 (レビューとして、Pylyshyn, Burkell, Fisher, Sears, Schmidt, & Trick, 1994) において、我々が 4 個程度の刺激を同時に処理できる可能性が指摘されている。視覚探索課題とは、複数の刺激項目の中からある特徴を持ったターゲット刺激の検出を行うものである。この時、ターゲットを定義する特徴が 2 種類以上の刺激属性の組み合わせによってなされている場合 (例えば、赤く左に傾いた長方形)、同様の特徴を持った妨害刺激 (例えば、赤く右に傾いた長方形や緑色で右または左に傾いた長方形) の個数の増加に伴って、ターゲット検出までの時間が増加する。しかしながら、こうした反応時間の単調増加現象は、ターゲットと妨害刺激の個数が 4 個以下の場合には認められない。また、マルチオブジェクト・トラッキング課題とは、画面中をランダムに移動する複数の刺激の中で、特定の複数の項目を同時に追跡するものである。Yantis (1992) は、追跡項目の数が 5 個を超えると、多くの被験者にとって困難が生じると述べている。これらの証拠は、同時に処理を行うことが可能な刺激個数の制約が、純粋に記憶容量の問題ではなく、何らかの記憶以前の処理段階で生じている可能性を示唆している。

### 5-3. まとめと今後の課題

本稿では、注意による選択の生じる位置を巡る初期・後期論争を概観し、論争を統合する可能性を持つとされる注意の負荷理論を紹介した。さらに注意

の負荷理論の問題点について言及し、負荷理論の修正モデルを提唱した。修正モデルは、課題負荷を同時に処理が要求される刺激の個数（およそ4個程度）と定義し、これまで抽象化されていた課題負荷や注意資源容量の概念を明確にしている。この結果、選択的注意に関する研究だけでなく、視覚情報処理に関する他の領域の研究からの示唆と高い整合性を持つことが可能となった。

一方で、以前の負荷理論において抽象化されていた負荷や注意資源容量の概念が具象化されることにより、新たな問題も生じる。修正モデルでは、同時に処理が要求される刺激の個数が4個以下であれば、課題無関連刺激の処理が後期選択的となり、それ以上であれば、初期選択的となることを予測する。では、刺激の個数とはどのように定義されるべきであろうか。Kahneman & Chajczyk (1983) や Gatti & Egeth (1978) のストループ様課題で、green といった4文字以上の課題無関連刺激によってストループ様干渉効果が生じている結果を考慮しても、刺激の個数が文字の個数と対応しているとは考えにくい。したがって、注意資源容量についても、記憶研究と同様に、チャンクという概念を導入する必要があるであろう。すなわち、注意資源容量は4チャンクとして定義されるべきなのかもしれない。Cowan (2001) によれば、チャンクとは、強い連合を持った概念の集合体である。彼が示唆する様に“fbicbsimirs”は、その関係に気づく被験者にとっては4チャンク(FBI, CBS, IBM, IRS)であり、そうでない被験者にとっては12チャンクとなる。

どのような神経生理学的制約によって、我々の注意資源容量が4チャンク程度となっているのかについては明らかではない。しかしながら、注意資源容量に関する研究は、今後、視覚的短期記憶と密接な関係を持って行われることが、さらに望まれる。

## 要 約

注意による選択に関する初期モデル(e.g., Treisman, 1969)と後期モデル(e.g., Deutsch and Deutsch, 1963)を検証するために数多くの研究が行われてきた。Lavie (1995)は、知覚的負荷が注意による選択の位置を決定する主要な役割を果たしていると主張した(負荷理論)。しかしながら、負荷理論には、負荷をどのように定義するかという難題も含まれている。この点を検証するために、本稿は、初期 v.s. 後期論争に関する過去の研究と負荷理論に関する過去の研究を概観した。いくつかの証拠

は負荷理論からの予測と一致していなかった。こうしたレビューにより、同時に処理が要求される刺激の個数が、注意による選択の位置を決定するという結論が導き出された。

## 引用文献

- Ashcraft, M.H. 2002 *Cognition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Inc.
- Bavelier, D., Deruelle, C., & Proksch, J. 2000 Positive and negative compatibility effects. *Perception & Psychophysics*, 62, 100-112.
- Baylis, G.C., & Driver, J. 1992 Visual parsing and response competition: The effect of grouping factors. *Perception & Psychophysics*, 51, 145-162.
- Bjork, E.L., & Murray, J.T. 1977 On the nature of input channels in visual processing. *Psychological Review*, 84, 472-484.
- Braind, K.A. 1994 Selective attention to global and local structure of objects: Alternative measures of nontarget processing. *Psychological Research*, 55, 264-269.
- Broadbent, D.E. 1958 *Perception and communication*. London, UK: Pergamon Press.
- Cherry, E.C. 1953 Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- Conway, A.R., Cowan, N., & Bunting, M.F. 2001 The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 331-335.
- Cowan, N. 2001 The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-114.
- Dark, V.J., Johnston, W.A., Myles-Worsley, M., & Farah, M.J. 1985 Levels of selection and capacity limits. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 472-497.
- Deutsch, J.A., & Deutsch, D. 1963 Attention, some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Driver, J., & Baylis, G.C. 1989 Movement and visual attention: The spotlight metaphor breaks down. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 15, 448-456.
- Driver, J., & Tipper, S.P. 1989 On the non-

- selectivity of selective seeing: Contrasts between interference and priming in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 15, 304-314.
- Duncan, J. 1980 The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, 87, 272-300.
- Eriksen, B.A., & Eriksen, C.W. 1974 Effects of noise letters upon the identification of a target in a non-search task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, C.W., & Hoffman, J.E. 1972 Temporal and spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 12, 201-204.
- Eriksen, C.W., & Hoffman, J.E. 1973 The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 14, 155-160.
- Eriksen, C.W., & St. James, J.D. 1986 Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Francolini, C.M., & Egeth, H.E. 1980 On the nonautomaticity of "automatic" activation: Evidence of selective seeing. *Perception & Psychophysics*, 27, 331-342.
- Gatti, S.V., & Egeth, H.E. 1978 Failure of spatial selectivity in vision. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 11, 181-184.
- Hagenaar, R., & van der Heijden, A.H.C. 1986 Target-noise separation in visual selective attention. *Acta Psychologica*, 62, 161-176.
- Howarth, C.I., & Ellis, K. 1961 The relative intelligibility threshold for one's own name compared with other names. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 13, 236-239.
- Jonides, J. 1981 Voluntary versus automatic control over the mind's eye movement. In J.B. Long, & A.D. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, Pp. 187-204.
- Kahneman, D., & Chajczyk, D. 1983 Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 9, 497-509.
- Kahneman, D., & Henik, A. 1981 Perceptual organization and attention. In M. Kubovy, & J.R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 181-212.
- Kahneman, D., & Treisman, A. 1984 Changing views of attention and automaticity. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*, New York: Academic Press. Pp. 29-61.
- Kramer, A.F., & Jacobson, A. 1991 Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual processing. *Perception & Psychophysics*, 50, 267-284.
- Kumada, T., & Humphreys, G.W. 2002 Early selection induced by perceptual load in a patient with frontal lobe damage: External vs. internal modulation of processing control. *Cognitive Neuropsychology*, 19, 49-65.
- 熊田孝恒・菊地 正 1988 位置の再認における空間的注意の分布 心理学研究, 59, 99-105.
- LaBerge, D., Brown, V., Carter, M., Bash, D., & Hartley, A. 1991 Reducing the effects of adjacent distractors by narrowing attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 65-76.
- Lambert, A., Beard, C.T., & Thompson, R.J. 1989 Selective attention, visual laterality, awareness and perceiving the meaning of parafoveally presented words. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 615-652.
- Lambert, A., & Voot, N. 1993 A left visual field bias for semantic encoding of unattended words. *Neuropsychologia*, 31, 67-73.
- LaPointe, L.B., & Engle, R.W. 1990 Simple and complex word span as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 16, 1118-1133.
- Lavie, N. 1995 Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21, 451-468.
- Lavie, N. 2000 Selective attention and cognitive control: Dissociating attentional function through different type of load. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of Cognitive Processes (Attention and Performance: XVIII)*, Cambridge, MA: MIT Press, Pp. 175-194.
- Lavie, N., & Cox, S. 1997 On the efficiency of visual selective attention: Efficient visual search

- leads to inefficient distractor rejection. *Psychological Science*, 8, 395-398.
- Lavie, N., & Fox, E. 2000 The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1038-1052.
- Lavie, N., & Tsal, Y. 1994 Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, 56, 183-197.
- Luck, S.J. 1998 Neurophysiology of selective attention. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. East Sussex, UK: Psychology Press Ltd. Pp. 257-295.
- Luck, S.J., & Vogel, E.K. 1997 The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Merikle, P.M., & N.J. Gorewicz, 1979 Spatial selectivity in vision: Field size depends upon noise size. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 14, 343-346.
- Miller, G.A. 1956 The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller, J. 1991 The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception & Psychophysics*, 49, 270-288.
- Moray, N. 1959 Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56-60.
- 永井淳一・横澤一彦 2001 負のプライミング—現象の合目的性と生起メカニズム— 心理学評論, 44, 289-306.
- Navon, D. 1977 Forest before the tree: The precedence of global feature in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Neill, W.T., & Westberry, R.L. 1987 Selective attention and the suppression of cognitive noise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 13, 327-334.
- Neuman, E., & DeSchepper, B.G. 1992 An inhibition based fan effect: Evidence for an active suppression mechanism in selective attention. *Canadian Journal of Psychology*, 46, 1-40.
- Palmer, S.E. 1999 *Vision science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Paquet, L., & Merikle, P.M. 1989 Global precedence in attended and nonattended objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 14, 89-100.
- Posner, M.I. 1980 Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Pylyshyn, Z., Burkell, J., Fisher, B., Sears, C., Schmidt, W., & Trick, L. 1994 Multiple parallel access in visual attention. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 48, 260-283.
- Rees, G., Frith, C., & Lavie, N. 1997 Modulating irrelevant motion perception by varying the attentional load of an unrelated task. *Science*, 278, 1616-1619.
- Shapiro, K.L., Caldwell, J., & Sorensen, R.E. 1997 Personal names and the attentional blink: A visual "cocktail party" effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 504-514.
- Snyder, C.R.R. 1972 Selection, inspection, and naming in visual search. *Journal of Experimental Psychology*, 92, 428-431.
- Sperling, G. 1960 The information available in brief visual presentation. *Psychological Monographs*, 74 (Whole No. 498).
- Styles, E.A. 1997 *The psychology of attention*. East Sussex, UK: Psychology Press Ltd.
- Tipper, S.P. 1985 The negative priming effect: Inhibitory effects of ignored primes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37, 571-590.
- Treisman, A. 1969 Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Von Wright, J.M. 1970 On selection in visual immediate memory. *Acta Psychologica*, 33, 280-292.
- Weisgerber, S.A., & Johnson, P.J. 1989 Effect of familiarity and category contrast on stimulus and response priming. *Perception & Psychophysics*, 46, 592-602.
- Wolfe, J.M. 1998 Visual search. In Pashler, H (Eds.), *Attention*. East Sussex, UK: Psychology Press Ltd. Pp. 13-73.
- Wood, N., & Cowan, N. 1995 The cocktail party phenomenon revisited: How frequent are attention shifts to one's name in an irrelevant

- auditory channel? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **21**, 255-260.
- 八木善彦 2000 課題の認知的負荷と妨害刺激の表記の種類が選択的注意の効率に及ぼす影響 筑波大学大学院心理学研究科中間論文(未公刊).
- 八木善彦・菊地 正 2001 知覚的負荷の種類が非注意刺激の情報処理に及ぼす影響 日本心理学会第65回大会発表論文集, 126.
- Yagi, Y., & Kikuchi, T. 2002 Negative compatibility effect at post-categorical level. In Yokosawa, K. (chair), First international workshop on attention and cognition, Odaiba, Japan.  
<http://www.l.u-tokyo.ac.jp/AandC/>
- 八木善彦・菊地 正 2002 課題の認知的負荷が非注意刺激の情報処理に及ぼす影響 筑波大学心理学研究, **24**, 27-35.
- 八木善彦・菊地 正 2003 ストループ様課題を用いた注意の負荷理論の検討 心理学研究, **74**, 131-139.
- Yantis, S. 1992 Multielement visual tracking: Attention and perceptual organization. *Cognitive Psychology*, **24**, 295-340.
- Yantis, S., & Johnston, J.C. 1990 On the locus of visual selection: Evidence from focused attention tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16**, 135-149.
- Zeki, S., Watson, J.D., Lueck, C.J., Friston, K.J., Kennard, C., & Frackowiak, R.S. 1991 A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *Journal of Neuroscience*, **11**, 641-649.

(受稿3月20日：受理5月21日)