

## 視覚マスクングと視覚記憶

菊地 正

筑波大学 心理学系

〒305 つくば市天王台 1-1-1

### 1. はじめに

我々の眼は景色や小説などを見ているとき休みなく動く。眼は短時間静止したのち、すぐ跳躍的に別の位置を見つめる。眼は静止している間に情報を獲得するので、視覚の研究者は、古くから一度の注視でどの程度の情報が獲得されるかという問題に興味を抱いていた。この問題は「知覚の範囲」(span of perception)、「注意の範囲」(span of attention)、あるいは「理解の範囲」(span of apprehension)と呼ばれてきた。

初めて実験的にこの問題に挑戦したのはイギリスの Jevons (1871)<sup>1)</sup>であった。彼は大きな黒いトレイの上に小さい白いトレイを置いて、黒い豆をひとにぎりつかんで放った。そして、豆が止まった時、白いトレイの上に何個あったか出来るだけ素早く判断して記録し、実際の豆の数をかぞえた。彼はこのような試行を千回以上行ない、5個の豆の時でさえもエラーを犯すことに驚いた。エラーは豆の数が多くなるにつれて次第に多くなった。

Oyama, Kikuchi and Ichihara (1981)<sup>2)</sup>は Jevons よりもより精巧な方法で知覚の範囲の問題をあつかった。彼らはターゲット刺激として黒い豆をトレイのうえに放り投げる代りに発光ダイオードを点灯させて提示時間を厳密にコントロールした。さらに視覚マスクングの手法と反応時間計測を用いて、ものを数えるという計数過程を調べた。彼らは短時間提示された発光ダイオードの数を出来るだけ正確に素早く報告させ、提示から報告までに要した時間を測定した。この時、彼らはターゲット刺激の提示後

に、いろいろな時間間隔においてマスク刺激を提示し、ターゲット刺激の処理に利用できる時間をコントロールした。この実験から、1) マスク刺激の提示されない場合、知覚の範囲は10個程度であること、2) 計数過程には二つの系列的な過程が存在しており、4個までは1個につき約40msという高速な個数の把握がなされ(subitizing 過程)、5個以上となると約370ms程度で数がかぞえられていること(counting 過程)、3) マスク刺激からの視覚的妨害を受けず、情報の保存時間が長い視覚的処理段階(短期視覚記憶)が存在すること、4) アイコニック記憶から次の処理段階である短期視覚記憶への情報の転送速度が1個につき約8msであること、5) マスクングはアイコニック記憶と短期視覚記憶への転送過程に影響を与えること、などが分った。

この研究例にみられるように、視覚的な処理過程を研究する場合には視覚マスクングの手法は非常に役に立つ。

### 2. 視覚マスクングの用語

視覚マスクングとは、二つの視覚刺激が時間的空間的に接近して提示されるとき、二つの刺激間に知覚的妨害効果が生じる現象である。二つの視覚刺激はそれぞれテスト刺激(test stimulus)(あるいはターゲット刺激)とマスク刺激(mask stimulus)と呼ばれる。被験者の観察対象となる刺激はテスト刺激と呼ばれ、テスト刺激の知覚に妨害的效果を与えると想定される刺激はマスク刺激と呼ばれる。

通常のマスクング事態ではテスト刺激とマス

ク刺激が同時に提示された時に空間的に重なり合う空間配置となる。普通、マスキングはフラッシュ光によるマスキング (masking by light flash) , ノイズによるマスキング (masking by noise) , パターンによるマスキング (masking by pattern) のようにマスク刺激のタイプによって区別される。テスト刺激とマスク刺激が空間的に重なり合わずに隣接した配置となる場合は、特にメタコントラスト (metacontrast) と呼ばれ、通常の重なり合う配置とは異なる名称が与えられている。

視覚マスキングでは、空間的配置と同様に、二つの視覚刺激の時間的關係も重要な要因である。テスト刺激が先に提示され、その後マスク刺激が提示される提示順序では、後に提示されたマスク刺激が先に提示されたテスト刺激の知覚に影響を与えるので、逆向マスキング (backward masking) と呼ばれる。逆に、マスク刺激、テスト刺激という刺激順序で提示される場合には、先に提示されたマスク刺激が後に提示されるテスト刺激の知覚に妨害効果を与えるので、順向マスキング (forward masking) と呼ばれている。テスト刺激とマスク刺激が空間的に隣接して重なり合わないメタコントラスト事態での逆向マスキング事態はメタコントラストと呼ばれ、順向マスキング事態は特にパラコントラスト (paracontrast) と呼ばれて区別されることもある。

テスト刺激とマスク刺激の時間關係の記述には SOA あるいは ISI という用語が使用される。SOA とは stimulus onset asynchrony の略で、テスト刺激の提示開始からマスク刺激の提示開始までの時間間隔を表す。ISI は interstimulus interval を示し、テスト刺激の提示終了からマスク刺激の提示開始までの時間間隔を表す。

テスト刺激とマスク刺激の時間間隔の関数としてのマスク刺激のテスト刺激に及ぼす妨害効果 (マスキング量) はマスキング関数 (masking function) と呼ばれる。マスキング関数は二つのタイプに分れる。一つは単調型のマスキング関数で、マスキング量はテスト刺激と

マスク刺激が同時に提示された時に最大となり、2刺激の時間間隔が増加するにつれて次第に低下する曲線となる。もう一つは逆U字型の関数で、マスキング量は二つの刺激の時間間隔が増加するにつれて次第に増加した後に減少する曲線を描く。

### 3. アイコニック記憶とマスキング

視覚情報処理に関する研究において、視覚マスキングの手法が使用されるようになったきっかけを作ったのは Sperling (1960)<sup>3)</sup> である。Sperling は部分報告法と呼ばれる手法をもちいて、視覚刺激が提示終了後も利用可能な状態で 1/4 秒程度存続することを示した。彼はこの視覚情報の存続を視覚情報保存 (visual information storage; VIS) と呼んだ。しかし、現在では視覚情報保存の代わりにアイコニック記憶 (iconic memory) という名称が使用されることが多い<sup>4)</sup>。

Averbach and Coriell (1961)<sup>5)</sup> も部分報告法をもちいてアイコニック記憶とマスキングの關係を調べている。Averbach and Coriell は 2 列 8 文字の配列のなかの 1 文字を手がかりを与えて報告させた。報告すべき文字を指示するプロンプトは 3 種類のマーカー (棒, 円, 格子円) でなされた。棒マーカーは報告すべき文字の上方または下方の位置に、円マーカーは文字を囲む位置に、格子円マーカーは文字を覆う位置に提示された。マスキングの用語で言えば、棒マーカーはマスク刺激としての役割をほとんどなさない刺激であり、円マーカーはメタコントラスト用のマスク刺激、格子円マーカーはパターンによるマスキングのマスク刺激となる。棒マーカーを使用した実験は Sperling の結果と一致して、棒マーカーの提示が遅延されるにつれて、利用可能文字数は約 10 個程度から次第に低下したのち 4~5 文字のレベルに落ち着いた。円マーカーを用いた実験では、円マーカーが遅延して提示されるにつれて、成績は急激に低下した後に再び上昇する曲線を描いた。格子円マーカーは円マーカーの内部に格子模様を入れたも

ので、文字と模様が重なり合うために文字は読みにくくなる。このマーカーで実験した結果、成績は SOA の増加とともに単調に上昇し、この上昇部分は円マーカーの成績上昇部と一致した。つまり、円マーカーによるマスク関数は U 字型であり、一方格子円マーカーによるマスク関数は単調型であった。

Averbach and Coriell (1961) の研究は Sperling と同様に短時間だけ持続する視覚記憶が存在することを示すと同時に、後続の刺激がアイコニック記憶を妨害することを示した。Averbach and Coriell のデータは短い SOA では時間的統合 (temporal integration) が、それ以上の SOA では干渉 (interruption) が生じていることを示している。つまり短い SOA ではテスト刺激とマスク刺激が重なり合って知覚されることによりテスト刺激の知覚の妨害が生じ、長い SOA ではテスト刺激がマスク刺激に置き換えられてしまうために妨害が生じると考えた。

このような研究から、短時間提示される視覚刺激は提示終了後もその刺激はアイコニック記憶としてしばらくの間被験者に情報取得の機会を提供すること、そしてアイコニック記憶は後続のマスク刺激の提示によって妨害されることが分った。Sperling の研究以降、実験者はテスト刺激とマスク刺激の時間間隔を変化させて、被験者が情報取得に利用できる時間をコントロールするようになった (さらに詳しい解説は菊地 (1994) <sup>6)</sup> を参照のこと)。

#### 4. 視覚的持続

Sperling は部分報告法を用いて、手がかり提示の遅延の関数としての利用可能な情報の減損によってアイコニック記憶を測定した。この方法は部分報告の全体報告に対する優位性によって視覚情報の持続を測定するもので間接的な測定方法と言われる。視覚刺激の提示終了後も見え続けているのであれば、視覚的持続の時間を短時間提示されるプローブ刺激のオンセットと同期するように調整して直接的に測定すること

も出来る。

Efron (1970 a, b, c) <sup>7-9)</sup> の研究では、ターゲット刺激やプローブ刺激として小さいスポット光が使用されている。ある実験では、オレンジ色のターゲット光が左視野に、緑色のプローブ光が右視野に提示された。ターゲット光の提示時間を 500 ms に固定して、プローブ光の提示時間を変化させた場合には、視覚的持続時間は一定であったが、逆にプローブ光の提示時間を 500 ms に固定して、ターゲット光の提示時間を変化させた場合には、ターゲット光の提示時間が 150 ms 以上の条件では視覚持続時間はほぼ一定の値を示したが、100 ms 以下の条件では、「ターゲット光の提示時間+視覚的持続時間=一定」(この実験では約 230 ms) という関係が得られた。

短時間提示した視覚刺激が提示終了後も見え続けているのであれば、直後に提示される視覚刺激と一つに統合されて見えることも考えられる。例えば、Eriksen and Collins (1967, 1968) <sup>10, 11)</sup> は見かけ上ランダムパターンに見える二つのパターンを継時的に提示し、これらのパターンを重ね合わせた時に形成される 3 文字のナンセンスシラブルを被験者に報告させ、視覚的持続時間の測定を行っている。

DiLollo はこの時間的統合の方法を用いて一連の興味深い実験を行っている。彼は 5 × 5 のマトリックスを構成する 25 ドットのうちの 24 ドットを一つずつ継時的に提示してゆき、被験者に提示しなかった一つのドットの位置を報告するように求めた <sup>12)</sup>。24 個のドットはランダム順に一定の時間間隔で提示されてゆく。24 個のドットの全提示時間が短い場合には欠落ドットの位置報告は誤りがなかったが、全提示時間が長くなるとエラーが増加した。エラーの分析から大部分の誤りが系列初期に提示されたドット位置が欠落位置であると誤って報告されていた。この結果は視覚的持続の予想と一致するものである。DiLollo (1977) <sup>13)</sup> はさらに研究を進めた。ある実験では、同様に 24 個のドットが規則的な時間間隔 (10 ms) で継時的に提示

されたが、ただ 12 番目のドットだけが変則的に提示された。この 12 番目のドットは 2 番目のドットと同時に提示され、そしてそのまま提示され続け、11 番目のドットの提示終了から 10 ms 後に提示が終了される。つまりこの 12 番目のドットは 2 番目のドット以下 11 番目のドットが継時的に提示される間の 100 ms 提示され続け、そして 13 番目からは再び一つずつのドットが提示される。被験者は提示されなかった欠落ドットの位置を報告する課題が与えられる。その結果、実際には提示されていたにもかかわらず欠落位置と誤って報告される割合はドット系列の提示位置が若い程、高くなった。そして 12 番目のドットが欠落していると誤って報告された割合は、その前後の 11 と 13 番目のドットと比較して著しく上昇していた。提示時間が長くされたために欠落したものとして誤って報告された割合が上昇したのである。

また DiLollo (1980)<sup>14)</sup> は Eriksen and Collins と同様に、24 個のドットを 2 分割して、第 1 パターンの提示時間を 10 ~ 200 ms の範囲で変化させた。第 2 パターンの提示時間は 10 ms、第 1 と第 2 のパターンの ISI も 10 ms と一定にされた。この 2 分割事態でも、第 1 パターンの提示時間が長くなる程、欠落位置の報告の正答率は低下してゆき、しかも第 1 パターンの構成ドットが欠落していると誤る割合は増大した。DiLollo (1980) は文字刺激を使用した順向マスクング事態でも、刺激提示時間と視覚的持続との逆比例関係を得ている。このことから、DiLollo は視覚的持続は一般にアイコニック記憶として考えられているような視覚刺激提示後に減衰を開始するものではなく、刺激の提示時に視覚的持続は開始され、提示時間とは無関係に、ある一定の時間だけ持続すると主張した。この考えは Efron の主張と一致する。

このような直接的な視覚的持続の測定研究から、(1) 視覚的持続は刺激強度が増すと減少する、(2) 視覚的持続時間は刺激提示時間が長くなると減少し、近似的に、「刺激提示時間 + 視覚的持続時間 = 一定」という関係が成立す

る、などの結論がえられている。

## 5. 視覚マスクングにおける高次の処理

1973 年に Turvey によって視覚マスクングにとって重要な一連の実験が報告された<sup>15)</sup>。ある実験で Turvey はテスト刺激を子音トリグラム、マスク刺激をパターンマスクとし、テスト刺激がマスク刺激よりも 2 倍明るい条件 (TM 比 2 : 1) と逆にマスク刺激がテスト刺激よりも 2 倍明るい条件 (TM 比 1 : 2) を作った。テストとマスク刺激はそれぞれ 10 ms 提示され、テスト刺激とマスク刺激の SOA が変化された。TM 比 1 : 2 の条件では、子音トリグラム報告の成績は SOA の増加に従って単調に増加する単調マスクング関数が得られた。一方 TM 比 2 : 1 の条件で、被験者は短い SOA で良い成績を示した。しかし、SOA が増加するにつれて成績は低下し、さらに SOA が長くなると成績は再び上昇し、U 字型のマスクング関数が得られた。つまり、テスト刺激とマスク刺激のエネルギーに影響される時間帯とされない時間帯があることが分る。この結果は先の Averbach and Coriell (1961) の得た U 字型と単調型の結果と類似している。

Turvey (1973) は、またある実験でランダムノイズのマスク刺激とパターンマスク刺激のマスクング効果を比較している。この実験で、Turvey はテスト刺激の提示時間と 50 ms のマスク刺激の提示開始までの ISI の二つの要因を変化させ、マスクング効果が認められなくなる最小の ISI (臨界 ISI) を測定した。またある実験では順向マスクングと逆向マスクングを比較し、またある実験では異眼間マスクングを検討した。

これらの精力的な実験から、Turvey (1973) は視覚マスクングが異なるレベルで引き起こされていることを証明した。一つは比較的末梢の処理レベルで生じ、もう一つは中枢的な処理レベルで生じる。末梢レベルと中枢レベルの視覚マスクングはそれぞれ異なる法則に従う。末梢レベルでは「テスト刺激のエネルギー × 臨界

ISI = 一定」という乗法則に従い、中枢レベルでは「テスト刺激の提示時間 + 臨界 ISI = 一定」という加法則に従う。マスクのタイプによってマスキング効果が異なるのである。末梢レベルでは 1) エネルギーがマスキングで主要な役割をはたし、2) フラッシュ、ノイズ、パターンマスクで生じ、3) 逆向マスキングも順向マスキングも生じるが、4) 異眼間では生じない。中枢レベルでは 1) SOA が主役を演じ、2) パターンマスクでのみ生じ、3) 単眼および異眼間マスキングで生じ、そして 4) 逆向マスキングだけが関係する。Turvey (1973) は末梢レベルのマスキング (統合マスキング) はアイコニック記憶への入力段階で生じ、中枢レベルのマスキング (干渉マスキング) はアイコニック記憶から次の処理段階 (短期記憶) への読み取り (readout) の段階で生じるとしている。

しかし、後の研究から、この末梢レベル—統合マスキング、中枢レベル—干渉マスキングという単純な二分法が必ずしもあてはまらないことが分ってきた。例えば、統合マスキングは末梢レベルでも、中枢レベルでも生じることが分ってきた<sup>16)</sup>。

前述したように、ノイズによるマスキングとパターンによるマスキングは異なる妨害効果を示した。ノイズマスク刺激は統合マスキングだけを生じさせ干渉マスキングを生じさせず、テスト刺激とマスク刺激の類似性によって妨害の仕方が異なっていた。干渉マスキングはテスト刺激とマスク刺激が共通のパターン分析を受ける処理過程における競合を反映しているようである。では、マスク刺激として単語が使用されると、ノイズやパターンマスク刺激とは異なるマスキング効果を与えるのであろうか。マスク刺激がテスト刺激と同様に貯蔵されている知識へのアクセスを必要とする可能性がある場合にはそうではない場合とは異なるマスキング効果が得られるのであろうか。

Taylor and Chabot (1978)<sup>17)</sup> はマスキングにおける高次の過程の役割をマスク刺激のタイプ

を変化して調べた。彼らはテスト刺激として、アルファベット 1 文字、5 文字単語、マスク刺激としてフラッシュ、重ね合った文字列、単語を使用した。そして、テスト刺激の提示時間、25 ms のマスク刺激提示までの ISI の二つ要因を変化させ、マスキング効果が認められなくなる臨界 ISI を測定した。

マスク刺激の効果は、フラッシュ、重ね合った文字列、単語の順で高くなった。フラッシュのマスク刺激はマスキング効果は小さく、しかも文字と単語のテスト刺激に差を生じさせなかった。一方、重ね合った文字列と単語のマスク刺激の場合には、マスキング効果は大きく、しかも単一文字のテスト刺激は単語のテスト刺激よりもよりマスキング効果を受け、単語が単一文字よりもより容易に同定されるという単語優位性効果 (word-superiority effect) を示した。単語のマスク刺激の効果は、末梢マスキング成分よりもより後期の成分である中枢マスキングに強く反映され、単語に関する貯蔵された知識へのアクセスと関係しているようである。

## 6. 短期視覚記憶

Oyama, Kikuchi and Ichihara (1981) の知覚の範囲の研究に関連して、マスク刺激からの知覚的妨害を受けず、情報の保存時間が比較的長い短期視覚記憶が存在することを述べた。恐らく、このような短期視覚記憶に言及した最初の研究は Posner and Keele (1967)<sup>18)</sup> であろう。彼らは、被験者に二つの文字を継時提示してマッチング課題を与え、A と A のように文字の形態と名称が同じ条件 (形態マッチ) の反応時間と A と a のように形態は異なるが名称が同じ条件 (名称マッチ) の反応時間を比較した。2 文字の提示の時間間隔の関数として、形態マッチと名称マッチの反応時間の差をプロットしたところ、約 2 秒の時間間隔が経過すると反応時間の差はほとんど認められなくなった。この反応時間差の曲線は視覚的コードの減衰過程を反映しており、アイコニック記憶よりも保持時間の長い視覚記憶の存在を示す証拠と考えられ

た。この段階では視覚マスクングの妨害を受けないことも分ってきた。

この2秒という保持時間に関する結論は過小評価されているという批判がなされた。この2秒という値は、単にマッチング課題が相対的に音韻的コードよりも視覚的コードに基づいてなされている時間帯を示しているだけであって、音韻的コードの利用が優勢になった後でも、まだ視覚的コードが失われてしまったわけではない。従って、本来の短期視覚記憶の保持時間を測定してはいないという批判である。また、文字を使用しているのも、被験者は文字の視覚イメージを形成することも可能である。そこで、純粋な短期視覚記憶を研究するために、言葉では簡単に記述できないような無意味なランダム図形が使用されるようになった<sup>19, 20)</sup>。

無意味なランダム図形が使用された実験では、二つのランダムパターンが継時的に提示され、二つのパターン間の異同判断が行なわれた。複雑なランダムパターンが使用された場合でも、二つのパターンの提示時間間隔が約9秒や12秒になっても、まだチャンスレベルよりも高い異同判断の成績が得られた<sup>20, 21)</sup>。このような研究から、短期視覚記憶は10秒以上の持続時間をもつことが証明された。

アイコニック記憶と短期視覚記憶との分離には、二つのパターンの提示位置を移動する方法 (Phillips, 1974)<sup>20)</sup> や視覚マスクングの方法 (Kikuchi, 1987)<sup>21)</sup> が使用されている。例えば、Kikuchi (1987) の実験では、二つのランダムドットパターンが継時的に提示され (テスト刺激と比較刺激)、被験者にこの二つのパターンの異同判断が要求される。ただし、この二つのパターン間のインターバルにマスク刺激が挿入されている。テスト刺激とマスク刺激はともに5 ms 提示され、マスク刺激と比較刺激の SOA は 100 ms に固定されている。そしてテスト刺激とマスク刺激の間の ISI が変化された。テスト刺激とマスク刺激の ISI の関数として、異同判断の正答率をプロットすると、ISI が 500 ms のときにピークをなす山型の曲線が

得られた。500 ms よりも短い時間間隔では明らかに視覚マスクングが生じていた。500 ms 以上の時間間隔ではマスク刺激がテスト刺激と比較刺激の間に挿入されていない場合と同じ時間経過をたどって、成績は次第に低下していった。さらに行なわれた Kikuchi (1987) の実験で、第2のテスト刺激がマスク刺激の代りに 500 ms の ISI の時点で提示された。そして、この第2のテスト刺激と比較刺激の ISI が変化された。被験者の課題は、比較刺激が二つのテスト刺激のどちらかと同じパターンであるか否かの判断を行うことであった。実験の結果、比較刺激で第2のテスト刺激の記憶が検査された場合には、異同判断の成績は第2テスト刺激と比較刺激の間の ISI が増加するにつれて次第に低下する曲線を描いた。この曲線はただ一つのテスト刺激で検査された場合と同じ曲線を描いた。一方、第1のテスト刺激が検査された場合には、第2テスト刺激と比較刺激の ISI の長さに関係なく常にチャンスレベルの成績が得られた。第1のテスト刺激は第2のテスト刺激と 500 ms の ISI で提示されているので、視覚マスクングを受けない。しかし、それにも係らず、異同判断の成績はチャンスレベルであった。この第1のテスト刺激の記憶に対する妨害は明らかに通常の視覚マスクングとは異なるレベルで生じていた。被験者は課題を解決するために、第1と第2のテスト刺激を記憶する必要があったが、第1のテスト刺激から第2のテスト刺激を記憶するために注意を移動すると、第1のテスト刺激を忘れてしまうようである。

短期視覚記憶は、明らかにアイコニック記憶と性質が異なる。アイコニック記憶は 500 ms 程度の持続時間を持ち、情報の保持容量は大きい。一方、短期視覚記憶は、マスク刺激の妨害を受けず、長い保持時間をもっている。しかし、保持できる容量は制限されており、ランダムパターンの場合にはただ一つのパターンしか保持できない。他のパターンに注意を移行すると、短期視覚記憶の内容は置き換えられてしまう。

言語材料の短期記憶は $7 \pm 2$ であるが、空間的位置の記憶はせいぜい4程度である<sup>22-24)</sup>。また、言語材料の系列位置曲線はリストの先頭部分と終了部分で成績が高くなる初頭効果と新近性効果を示すが、ランダムパターンの場合には初頭効果は認められず、しかも新近性効果はリストの最後の一つのパターンだけに限定される<sup>25)</sup>。提示速度の効果も言語材料ほど顕著には認められないのでリハーサルの効果はほとんど認められない<sup>24, 25)</sup>。言語材料では、同じ項目がある間隔で繰り返して提示されると、反復された項目の記憶成績は向上するというHebb効果を示すが<sup>26, 27)</sup>、空間位置の記憶保持は反復の効果がそれほど認められない<sup>22, 28)</sup>。このように、視覚的材料の記憶は言語的材料の記憶とはかなり異なっているようである。

## 7. 概念的マスキング

画像の記憶は数秒の観察でも非常に良いことが再認実験から明らかにされている。例えば、Shepard (1967)<sup>29)</sup>は、大学生に600枚以上のスライド写真を一枚ずつ観察させた後に、再認テストを行っているが、直後の再認テストでも、2時間後の再認テストでも90%以上の成績を得ている。提示時間がずっと短く、100ms程度であっても、ISIが長ければ、ISIがブランクであっても画像であっても再認成績は高い。ところが、ISIが取り除かれ、眼球運動の停留時間程度やより速い速度で(例えば、1画像につき125ms程度)提示されると、普通の高い再認成績は劇的に失われることが知られている。

この画像の高速系列提示課題(rapid serial visual presentation task; RSVP課題)での再認成績の低下は無関連な画像が提示されているので、同定が困難になるからではない。Potter (1976)<sup>30)</sup>は多くの雑誌の写真を113~333msで次々と提示して、ターゲット写真の検出と再認の実験を行った。彼女は検出の手がかりとして、写真の題目の記述(例えば、車のある道路)を与えた。113msの提示速度では言語手がかりでターゲットの検出は64%であったが、

一方再認の成績は11%であった。Potterの研究から、画像は迅速に理解され200~300msのあいだ短期概念記憶に保持されるが、この段階での情報は非常に不安定であり、新しい画像が提示されると失われてしまうことが示唆された。妨害は同定過程ではなく、記憶の固定化の過程になされるようである。

Potter (1976)は高速系列提示事態で2種類のマスキングが作用していると主張した。一つは知覚マスキング(perceptual masking)であり、他方は概念マスキング(conceptual masking)である。知覚マスキングは視覚刺激の同定過程に妨害を与え、概念マスキングは同定終了後の長期記憶への転送過程に妨害を及ぼすとした。

Intraub (1981, 1984)<sup>31, 32)</sup>は概念マスキングをさらに検討した。Intraub (1981)の実験では、カラー写真12個からなる刺激系列が短時間ずつ高速で提示された。系列は11刺激が同じカテゴリーに属し、一つが異なるカテゴリーに属すように作成されていた。被験者には、3種類のターゲットに関する手がかりが試行開始前に与えられ、ターゲットを検出するように要求された。3種類の手がかりは名前(例えば、look for a butterfly)、カテゴリー(look for an animal)、否定カテゴリー(look for a picture that is not house furnishings and decorations)であった。写真の提示時間が258msの時には、名前、カテゴリー、否定カテゴリー手がかりでの検出率はそれぞれ、89、69、79%であった。また、提示時間が114msの時には、名前、カテゴリー、否定カテゴリー手がかりでの検出率はそれぞれ、71、46、35%であった。提示直後の再認テストでは、提示時間が258msの時には58%、114msの時には19%であった。この結果から、高速系列提示条件下では100ms程度の短時間提示でさえも直ちに画像が理解されるが、しかし忘れ去られてしまうことが分かる。

新しい画像が提示されると以前の画像の記憶が失われるという概念マスキングはどのような

画像でも新しい画像であれば引き起こるのであろうか。Intraub (1984) は 16 個の画像を 100 ms で提示し、画像間の ISI を 1.5 s とした。この ISI には、4 種類の画像が挿入された（同一画像、異なる画像、倒立画像、無意味な画像）。被験者は挿入された画像を無視し、短時間提示された画像を記憶するように教示された。異なる画像提示、同一画像の繰り返し提示、無意味な画像提示、倒立画像の提示での再認テストの結果は、それぞれ 75, 90, 88, 84 % であった。これらの ISI に画像を挿入した条件は ISI 無しで短時間提示した場合よりもかなり高い成績であった（114 ms 提示で、19 % の再認成績）。また、同じ画像が繰り返し提示された場合の成績は ISI に画像が提示されないブランク条件と同じ成績であった（ブランク刺激の時の成績は 89 %）。異なる画像の提示は同じ画像の繰り返し提示よりも再認成績を低下させた。同じ画像の繰り返し条件は高い再認成績を示したので、異なる画像条件での成績の低下が知覚的なマスクングによるものではなかった。無意味な画像や倒立画像条件との比較から、毎回画像が変化することが大きな妨害効果を生じさせているわけではないことも分った。倒立画像と異なる画像条件の間には有意な再認成績の差異が認められなかったが、倒立画像は概念的な情報が失われているわけではないので、このことは概念マスクング仮説と矛盾するものではない。Intraub (1984) は他の実験で被験者の随意的なコントロールの可能性も検討している。ある被験者グループには短い提示時間の画像に注意を向けさせ、他の被験者グループには長い提示時間の画像に注意を向けさせ、再認テストを行った。その結果、両グループとも注意するように教示された画像の再認成績が教示されなかった画像の再認成績よりも高い成績が得られ、被験者が随意的なコントロールを行なえることが実証された。

Loftus and Ginn (1984)<sup>33)</sup> は画像が提示された 300 ms あるいは 600 ms 後に提示した画像でさえも概念マスクングを生じさせることを見い

だしている。この結果は Kikuchi (1987) の 500 ms の ISI をおいて提示された第 2 のパターンが第 1 のパターンの記憶を妨害することと一致する。概念マスクングは後続の注意を引かれた対象によって妨害が生じているようである。

この概念マスクングと関連した現象に注意の瞬き (attentional blink; AB) がある<sup>34)</sup>。この現象は RSVP 課題において、二つの項目の報告が要求される場合に、第 1 のターゲットが同定された後に生じる後続ターゲットの検出の妨害を意味する。実験条件での被験者は、灰色の背景位置に高速 (提示時間 = 15 ms, ISI = 75 ms) で次々と提示される黒いアルファベット文字の系列の中に埋め込まれている白い文字 (ターゲット) を報告し、さらにこのターゲット後の系列に X という文字 (プローブ) が出現していたか否かを報告するように要求された。プローブは 50 % の割合で提示され、そして提示される場合には、ターゲット文字提示後の 8 文字以内の範囲に提示されていた。コントロール条件では、ターゲットを無視して、単に X が文字系列のなかに存在していたか否かを答えるように求められた。実験の結果、被験者はコントロール条件でターゲット文字提示後のプローブの系列位置に関係なく、85 % 以上の正確さでプローブを検出できた。しかし、実験条件では、ターゲットを正確に報告した試行のなかで、プローブも正確に検出できた割合は、ターゲット後 180 ~ 450 ms の時間帯で 60 % 以下にまで低下した。この結果はプローブの検出がターゲットの同定過程によって影響を受けること、ターゲット後のプローブの検出が通常のマスキングのような知覚レベルのものではなく、注意によるものであることがわかる。Raymond, Shapiro and Arnell (1992)<sup>34)</sup> は、ターゲット同定後のプローブ検出の失敗現象は、新しい視覚的情報がターゲットの同定や特徴結合のための処理が完了する以前に出現するとターゲットの処理に混乱を引き起こすので、その混乱を回避するために注意過程において目の瞬きによく似た抑制過程が解発されるために



生じると論じた。

## 8. 視一空間スクラッチパッド

Baddeley (1986)<sup>35)</sup> は短期記憶を柔軟な認知的作業空間と考えるべきであると主張して作業記憶 (working memory) と呼んでいる。彼の提唱した作業記憶システムには中央制御部 (central executive agency) が中心的位置を占めるが、さらに音声ループ (articulatory loop) と視一空間スクラッチパッド (visuo-spatial scratch pad; VSSP) という二つの独立したサブシステムが加わっている。中央制御部は処理容量を配分して、下位のサブシステムを管理・制御する注意システムである。音声ループは聴覚材料の保持や処理に利用される内的なりハーサルループであり、視一空間スクラッチパッドは視覚的空間的情報の保存やイメージ操作などを行なう。作業記憶が音声ループと視一空間スクラッチパッドという二つの独立したサブシステムを持っているというアイディアは選択的干渉 (selective interference) の実験結果から得られたものである。選択的干渉の検討には2重課題 (dual task) が使用される。

音声ループを検討する研究では、“the the the the.....”あるいは“12345.....”のように単語や数字を反復させてりハーサルを妨害する articulatory suppression という方法が考案されてきている。VSSPについては、Logie (1986)<sup>36)</sup> は、まだ articulatory suppression のような非常に簡単で良い研究手法が発見されておらず、Brooks (1968)<sup>37)</sup> のような研究方法では課題が困難なので中央制御部も関与している可能性が高い、と主張している。

そこで、ここでは VSSP を検討した Logie (1986) の研究を紹介する。この実験では、被験者は7個の単語からなるリストを機械的に記憶する条件とイメージを利用する記憶術の1種であるペグワード法を使用して10個の単語のリストを記憶する条件が与えられる。単語リストの提示は聴覚提示と視覚提示がある。また、第二課題として線画のスライドの提示と線画の

対象の名前のスピーチ提示がある。聴覚リスト・スライド提示の被験者グループは、聴覚的に提示された単語リストを機械的または記憶術 (ペグワード法) で学習し、リストの順番を示す数字に対応する単語を再生するように要求される。第二課題のスライドは単語リストの提示と再生中にも提示される。しかし、被験者は目を閉じないでスライドを観察するが、スライドを無視するようにと教示されている。一方、視覚リスト・スピーチ提示の被験者グループは、視覚的に提示された単語リストを機械的または記憶術 (ペグワード法) で学習し、リストの順番を示す数字に対応する単語を再生する課題が与えられる。第二課題のスピーチは線画と同じ名前からなっており、ヘッドフォンを通して与えられる。被験者はこの音を無視するように教示される。

単語の聴覚提示の場合には、線画スライド提示は機械的記憶に対して影響を与えなかったが、記憶術の成績を選択的に低下させた。一方、単語の視覚提示の場合には、機械的記憶はスピーチによって妨害を受けたが、記憶術の成績は影響を受けなかった。つまり、記憶術による記憶は線画のスライド提示によって選択的に妨害を受け、機械的記憶はスピーチの提示によって選択的な影響を受けた。第二課題は何の判断も要求されておらず、無視するように教示を受けている。ただ単に見たり聴いたりするだけで、スライドやスピーチの提示が選択的に記憶課題に影響を与えたのである。この発見は個別の処理メカニズムが関与しているという考え、つまり specialized visuo-spatial system の存在を支持する。

作業記憶に視一空間スクラッチパッドが存在することは、上記の研究からも明らかである。そして、視一空間スクラッチパッドはナビゲーションにも利用されているであろう。Thomson (1983)<sup>38)</sup> が非常に興味深い研究を行なっているので紹介する。彼は平地を被験者に歩かせる歩行実験を行なった。木製のマーカーが道の側に置かれ、被験者はこのマーカーまで歩くよう

に依頼された。マーカーは3～21 mの範囲の距離に置かれている。被験者は5秒間マーカーを観察した後、閉眼してマーカーまで歩く。その結果、歩行距離の分散が12 mで突然大きくなるが発見された。閉眼でも平均歩行距離は正確にガイドされたが、しかし正確さが9～12 mの距離で壊れたのである。被験者は最初はターゲットの位置について明確なアイデアを持っているが次第に失われると内観報告した。このことはエラーが記憶にあり、知覚にあるのではないことになる。

そこで、Thomson は閉眼から歩行開始までに遅延時間（0～4秒）を置いて実験した。その結果、歩行距離の分散の大きな変化は、0秒遅延では12 m、2秒遅延では9 m、4秒遅延では6 mで生じた。到着時間の関数としての分散を示すと、8～9秒の時に歩行距離のバラツキが急に大きくなり、時間経過が閉眼歩行精度の決定要因であることが示された。彼は到達時間を短縮する方法として、被験者を歩行させる代りに走らせた。その結果、やはり7～8秒を境に分散が大きくなった。距離の知覚によるというよりも、記憶した空間レイアウト情報の減衰によるという仮説を強く支持した。被験者は21 mの距離でさえも、制限時間内（8秒）であれば短い距離条件と同様に正確に移動できた。歩行精度は記憶要因によるものであって、知覚要因によるものではない。空間的なレイアウトの視覚的記憶は8秒を境に急速に衰えるようである。この結果は短期視覚記憶の結果と一致している。

#### 9. おわりに

視覚マスキングと視覚記憶に関する研究を簡単に概観してきた。多くの研究から、視覚マスキングの妨害効果はいくつかの異なる処理段階で引き起こされていることがわかった。視覚マスキングの現象はそれ自体大変興味深く、特に1947年のCrawfordの研究以降1970年代後半にかけて精力的に研究されてきた。この間の視覚マスキングの研究については Breitmeyer

(1984)<sup>39)</sup>が詳しく解説している。しかし、視覚マスキングの研究は反応時間の研究と同じ経過をたどってきており、研究者は80年代後半には視覚マスキングそれ自体についての興味をほとんど失ってしまったかのようで、研究対象から方法論的な道具へと移行してしまった感がある。今回紹介した視覚記憶に関する研究は、視覚マスキングと関係の深い、アイコニック記憶、視覚的持続、短期視覚記憶に関する一部の研究に限定されている。今回扱っていないトピックについては他書を参考にしていただきたい。

#### 文 献

- 1) W. S. Jevons: The power of numerical discrimination. *Nature*, 3, 281-282, 1871.
- 2) T. Oyama, T. Kikuchi and S. Ichihara: Span of attention, backward masking, and reaction time. *Perception and Psychophysics*, 29, 106-112, 1981.
- 3) G. A. Sperling: The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74 (Whole No. 498), 1960.
- 4) U. Neisser: *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts, New York 1967.
- 5) E. Averbach and E. Coriell: Short-term memory in vision. *Bell System Technical Journal*, 40, 309-328, 1961.
- 6) 菊地 正: 視覚マスキング. 大山 正, 今井省吾, 和気典二(編): *新編感覚・知覚心理学ハンドブック*. 誠信書房, pp. 59-680, 1994.
- 7) R. Efron: The relationship between the duration of a stimulus and the duration of a perception. *Neuropsychologia*, 8, 37-55, 1970.
- 8) R. Efron: The minimum duration of a perception. *Neuropsychologia*, 8, 57-63, 1970.
- 9) R. Efron: Effect of stimulus duration on perceptual onset and offset latencies. *Perception and Psychophysics*, 8, 231-234, 1970.
- 10) C. W. Eriksen and J. F. Collins: Some temporal characteristics of visual pattern perception. *Journal of Experimental Psychology*, 74, 476-484, 1967.
- 11) C. W. Eriksen and J. F. Collins: Sensory traces versus the psychological moment in the temporal organization of form. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 376-380, 1968.

- 12) J. H. Hogben and V. DiLollo: Perceptual integration and perceptual segregation of brief stimuli. *Vision Research*, 14, 1059-1069, 1974.
- 13) V. DiLollo: Temporal characteristics of iconic memory. *Nature*, 267, 241-243, 1977.
- 14) V. DiLollo: Temporal integration in visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 75-97, 1980.
- 15) M. T. Turvey: On peripheral and central processes in vision: Inference from an information processing analysis of masking with pattern stimuli. *Psychological Review*, 80, 1-52, 1973.
- 16) C. F. Michaels and M. T. Turvey: Central sources in visual masking: Indexing structures supporting seeing at a single, brief glance. *Psychological Research*, 41, 1-61, 1979.
- 17) D. A. Taylor and R. J. Chabot: Differential backward masking of words and letters by masks of varying orthographic structure. *Memory and Cognition*, 6, 629-635, 1978.
- 18) M. I. Posner and S. W. Keele: Decay of visual information from a single letter. *Science*, 158, 137-139, 1967.
- 19) W. A. Phillips and A. D. Baddely: Reaction time and short-term visual memory. *Psychonomic Science*, 22, 73-74, 1971.
- 20) W. A. Phillips: On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, 16, 282-290, 1974.
- 21) T. Kikuchi: Temporal characteristics of visual memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 464-477, 1987.
- 22) F. A. Sanders: Short-term memory for spatial position. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 23, 1-15, 1968.
- 23) 熊田孝恒, 菊地 正: 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, 1988.
- 24) 菊地 正, 熊田孝恒: 位置記憶の時間経過. *筑波大学心理学研究*, 15, 11-21, 1993.
- 25) W. A. Phillips and Christie: Components of visual memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 117-133, 1977.
- 26) D. O. Hebb: Distinctive features of learning in the higher animal. *J. F. Delafresnaye(ed): Brain mechanisms and learning*. Oxford University Press, pp. 37-46, 1961.
- 27) 今井四郎, 細谷 聡: ランダム数列の反復学習における逆説的下降. *心理学研究*, 59, 227-233, 1988.
- 28) 菊地 正, 熊田孝恒: 位置記憶における繰り返し効果について. *筑波大学心理学研究*, 16, 1-14, 1994.
- 29) N. R. Shepard: Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156-163, 1967.
- 30) M. C. Potter: Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 509-521, 1976.
- 31) H. Intraub: Rapid conceptual identification of sequentially presented pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 604-610, 1981.
- 32) H. Intraub: Conceptual masking: The effects of subsequent visual events on memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 115-125, 1984.
- 33) G. R. Loftus and M. Ginn: Perceptual and conceptual processing of pictures. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 237-282, 1984.
- 34) J. E. Raymond, K. L. Shapiro, and K. M. Arnell: Temporal suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860, 1992.
- 35) A. D. Baddeley: Working memory. Oxford University Press, 1986.
- 36) L. R. Brooks: Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349-368, 1968.
- 37) R. H. Logie: Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 229-247, 1986.
- 38) J. A. Thomson: Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 427-443, 1983.
- 39) B. G. Breitmeyer: Visual masking: An integrative approach. Oxford University Press, 1984.