視覚情報処理における2種類の干渉

千葉大学¹

箱田 裕 司²

TWO KINDS OF INTERFERENCE IN VISUAL INFORMATION PROCESSING

YUJI HAKODA

Chiba University

An original stimulus (OS) containing three letters in a three by three matrix was briefly presented and followed, after various interstimulus intervals (ISIs), by an interpolated stimulus (IS) containing mask patterns. The exposure of IS impaired severely both position and identity recalls when ISIs were shorter than 20 ms. At longer ISIs, mere exposure of IS did not impair recall of OS, but, if the subjects were asked to make the recall, recognition, or reversal recall of IS before the recall of OS, these tasks caused the selective loss of position information of OS. The results suggested that visual backward masking originates in iconic storage, and visual retroactive interference originates in retrieval process from the visual short-term store.

従来、視知覚の分野で用いられてきた視覚的マスキング (visual masking) という概念と記憶の分野で用いられてきた視覚的干渉 (visual interference) という概念とが指し示す現象間には少なくとも3つの共通性が認められる。すなわち、(a) どちらの現象も2つ以上の刺激あるいは課題の処理間の相互作用の結果生じること、(b) とともに順向 (forward, or proactive), 逆向 (backward, or retroactive) という方向性を有すること、(c) どちらもパフォーマンスの低下を招くこと、例えばマスキングではある刺激特性の検出もしくは認知の低下が起こり、一方視覚的干渉では刺激材料の再生の低下が生じることである。しかし、視覚的マスキングに関する研究 (Kahneman, 1968; Turvey, 1973) と視覚的干渉に関する研究 (Den Heyer & Barrett, 1971; Hakoda & Nakamizo, 1975; Meudell, 1972; Murray & Newman, 1973) との間に刺激事態に関して大きな違いがあることが両者の直接的な比較を困難にしている。本稿の目的は両現象を比較可能な刺激条件下で生起させ、それらを操作的に定義し、それらの生起機序について考察することである。

挿入刺激の視覚的提示効果

挿入刺激 (interpolated stimulus, 以下 IS と略す) の視覚的提示による効果を調べるために2つの実験を行った。実験1では今後マスク (mask) 刺激あるいは干渉刺激として用いるドットの集合パターンの提示によって、瞬間的に提示されたひらがなの認知がどのような影響を受けるかを検討し、実験2では3個のひらがながランダムに配置された3×3のマトリックス刺激内の文字情報と位置情報が、同じく3×3のマトリックス内の空間的に対応するドットの集合パターンの提示によっていかなる影響を受けるかを検討した。

実験1: 1文字のひらがなの対する挿入刺激の視覚的提示効果

目的 1文字のひらがなの認知に及ぼす IS の提示による効果を最小 ISI (critical ISI) 値を指標にして検討する。

方法 刺激: 原刺激 (original stimulus, 以下 OS と略す) はひらがな (レトラセット JPN-1512) の19文字 (み, と, こ, か, よ, ま, む, る, す, へ, く, れ, て, つ, ち, え, や, い, ん) である。これらの文字の選出は他の研究 (南出・中溝・箱田, 1978) の結果に基づくものである。これらの19文字は白色背景光提示条件下の認知閾が13-15 ms であり極めて接近している。文字の大きさは約1 cm×1 cm, 視角で約0.69°×0.69°である。挿入刺激は小さなドットの集合パターン (レトラセット スクリーントーン 107) で大きさ1.5 cm×

¹ 本研究の実験は九州大学教養部においてなされた。また研究内容の一部は日本心理学会第43回大会において発表されている。

² 本稿をまとめるにあたり貴重な御助言を頂いた大山正, 野口薫, 御領謙, 中溝幸夫の各氏に謝意を表します。

TABLE 1
Mean critical ISI (ms) as a function
of OS duration

OS duration		Subject			
		K. S.	S. T.	K. H.	J. Y.
5 ms	$\bar{X}$	53.0	48.0	52.8	70.5
	SD	10.0	10.1	9.4	12.9
10 ms	$\bar{X}$	33.2	29.0	30.2	53.0
	SD	4.7	5.7	7.5	10.6

1.5 cm, 視角で $1.0^\circ \times 1.0^\circ$ である。凝視点と OS, IS の例を Fig. 1 に示す。凝視点, OS, IS の輝度は各々 2.23 cd/m^2 , 4.45 cd/m^2 , 2.23 cd/m^2 である。

装置：EL 式3チャンネルタキストスコープ（トーヨーフィジカル製）。

手続：凝視点, OS, IS の提示順序を Fig. 2 に示す。

OS と IS の ISI を極限法（上昇系列のみ）によって、明らかに OS が見えない時点から 2 ms ステップで増加させ、被験者が2枚の OS を連続して同定できる時の最小 ISI が求められた。最小 ISI は全ての被験者とも各文字について2回測定された。

被験者：大学生4名。視力 1.0—1.5（矯正視力を含む）。

結果 各被験者について、各提示時間条件における全ての文字の平均最小 ISI 値を Table 1 に示す。この値は次の実験2において使用される。

実験2：文字情報と位置情報に対する挿入刺激の視覚的提示効果

OS として 3×3 のマトリックスに3個のひらがなが配置されているものを用い、文字情報と位置情報に及ぼす IS の提示効果に違いが見られるかを検討する。

方法 刺激：OS は 3×3 のマトリックスに3個のひ

FIG. 1. Examples of fixation point, original stimuli and interpolated stimuli used in Experiment 1.

FIG. 2. Schematic diagram of temporal sequence of stimulus presentation in Experiment 1.

らがなが配置された透明なパネルである。ひらがなは実験1で用いた19文字である。ただしひらがなは次の制限の範囲内でランダムに配置されている。

1. 各文字の総出現頻度は等しい（12回）。
2. 各位置における各文字の出現頻度は2回以下である。
3. 同一マトリックス内での、各文字の出現頻度は1回である。
4. 文字の配置パターンは全ての OS において異なる。

このようにして OS が76枚作製された。IS は同じく 3×3 のマトリックスに実験1で使用されたものと同じ大きさのドットパターンが9個のます目すべてに配置された透明なパネルである。OS と IS の例を Fig. 3 に示す。凝視点は実験1のものと同じである。

装置：実験1と同じである。

手続：OS の提示時間が 10 ms であることと、OS と IS との ISI が変数であり、5, 20, 40, 100, 300, 500, 1000, 1500 ms のいずれかであることを除けば、手続は実験1と同じである。実験は3つのセッションからなり、各セッション内での ISI 条件の施行順序は被験者をブロックとした乱塊法に従っている。各セッションにおいて、被験者は各 ISI 条件について3試行連続して実験を受けた。従って各 ISI について合計9回の測定がなされた。また反応に際して、 3×3 のます目の反応用紙に OS の文字情報とその位置情報の両方に注意して再生するように求められた。

被験者：実験1と同一。

結果 位置情報ロス（position information loss, 以下 P ロスと略す）は誤って再生された位置の頻度と再生されなかった位置の頻度の和であり、情報の内容は考慮に入れない。

文字情報ロス（identity information loss, 以下 I ロスと略す）は誤って再生された文字の頻度と再生されなかった文字の頻度の和であり、位置は考慮に入れない。³

被験者ごとに、ISI の関数としての P ロス、I ロスを図示したものが Fig. 4 である。なお、ISI が 1000,

FIG. 3. Examples of original stimuli and interpolated stimuli used in Experiment 2.

1500 ms において被験者 J. Y. に若干の I ロスが見られることを除いては、全ての被験者が P ロス、I ロスともにほとんどゼロであるために、Fig. 4 から 1000, 1500 ms のデータを省いている。

Fig. 4 と分散分析の結果から以下のことが明らかである。

1. P ロス, I ロスともに ISI の増加とともに低下する ($F_{(7,60)}=76.17, p<.01$).
2. I ロスは P ロスより大である ($F_{(1,60)}=18.11, p<.01$).
3. 実験 1 で得られた最小 ISI 値をはさむ 2 つの ISI 値の間で, P ロス, I ロスともに急激な低下が生じる (Fig. 4).
4. ISI 5, 20 ms においてのみ, P ロスと I ロス間に有意差が認められない (5%水準の最小有意差を用いた検定による)。

以上の結果は, ISI が 5 と 20 ms では文字情報, 位置情報はともに極めて高いロスが生じるが, その後 ISI の増加に伴ない, P ロスの方が I ロスに比べてより急な勾配を示しながら低下し, 100 ms 以降では P ロスがほとんど無視できるのに対して, I ロスはごく低い水準を保ちつづけることを示している。

視覚的挿入課題の遂行による効果

原刺激の提示後に求められた視覚的挿入作業の遂行によって, 原刺激の位置情報が選択的に失われることが明らかにされている (Hakoda & Nakamizo, 1975 ;

箱田, 1975)。これをまとめたものが Table 2 である。Table 2 から, OS の再生前に視覚的挿入作業を行った方が再生後に行うよりも両情報ともにそのロスが多いことが示唆されるが, これらの研究は時間条件, OS と IS との空間的対応関係, OS の情報量, 挿入作業の内容の点で互いに異なっているので, このような一般化が妥当かどうか検討する必要がある。

そこで, 視覚的挿入作業の課題達成時と OS の再生時との時間的關係を除く全ての条件を一定に保ったときに, この時間的關係の違いによって原刺激の文字情報, 位置情報がいかなる影響を受けるかを実験 3 と 4 で検討する。ここでは, 実験 2 において認められた効果が生じない時間条件が選択された。

実験 3: 視覚的挿入課題の遂行による効果 (1)

目的 OS の再生後に IS の再生, 再認, 逆転再生を行うことによって, OS の文字情報, 位置情報が受ける影響を検討する。

方法 刺激: 凝視点, OS は実験 2 と同一である。IS は OS のひらがながある位置に対応する 3 つの位置と, 他の任意の 2 つの位置に実験 1 および 2 で用いた小さなドットの集合パターンが配置されている 3×3 のます目である。ただし, 同じ配置パターンはない。

装置: 実験 1, 2 と同じである。

手続: OS と IS の ISI が 1000 ms で一定であることを除けば各刺激の提示時間, 輝度は全て実験 2 と同じである。ただ本実験では IS の提示終了後, 即座に OS の再生が求められ, その後 IS について次の 3 つの課

FIG. 4. Mean percentage loss of two kinds of information as a function of ISIs in Experiment 2.

† The numbers indicate critical ISIs obtained in Experiment 1.

³ 位置情報と文字情報は偶然正答確率が異なる。しかし, ISI 5, 20 ms において位置情報ロスと文字情報ロス間に有意差が得られなかったことから (190 ページ, 左 14 行) 偶然正答確率の影響はないと考え, データの修正は行わなかった。

TABLE 2
Summary of studies investigating selective loss of position information

Studies	OS	Exposure duration of OS	ISI	IS (IT)	The time of accomplishment of IT	Results	
						P loss	I loss
Hakoda & Nakamizo (1975) Exp. 1	Three by four matrix. Four Japanese cursive characters	100 ms	2 s	Recall of dot pattern	Before the recall of OS	64%	43%
Hakoda & Nakamizo (1975) Exp. 2	Four by four matrix. Four Japanese cursive characters	100 ms	5 s	Recognition of dot pattern	After the recall of OS	40%	21%
箱田 (1975)	Four by four matrix. Four Japanese cursive characters	100 ms	800 ms	Recognition of dot pattern	After the recall of OS	25%	9%

題のうちのひとつが要求される。

1. 再生：IS 内にある小さなドットパターンの位置を反応用紙に○印で記入する。
2. 再認：IS と同じものを2つの選択肢から選ぶ。
3. 逆転再生：IS の位置関係を左右逆転して反応用紙に○印で記入する。
4. 統制条件：IS についてなんら課題要求はないが、IS を見終って OS の再生をするよう注意される。

なお、OS、IS とその反応用紙は3×3のます目である。

実験は4つのセッションからなり、各セッションに4つの課題条件の1つが割りあてられた。この割りふりは被験者をブロックとした乱塊法に従っている。被験者は各セッションにおいて、ひとつの課題条件のもとで連続的に16試行行う。

被験者：実験1、2とは異なる、視力.9—1.5の大学生4名。実験に先だって OS に用いる19個のひらがなの各文字が10 ms の提示時間で全て認知できることを確認した。

結果 OS 再生における情報ロスについて、情報のタイプ（文字情報、位置情報）、課題条件を2要因とした2要因乱塊法による分散分析を行ったところ、個人差が統計的に有意 ($F_{(3,21)}=3.68, p<.05$) であっただけで、情報のタイプ、課題条件の主効果は見られず、また交互作用も有意ではなかった。再生、再認、逆転再生の各課題条件は統制条件と同様、OS の文字情報、位置情報にほとんどロスを生じていない。

実験4：視覚的挿入課題の遂行による効果（2）

目的 OS の再生前に IS の再生、再認、逆転再生を行うことによって、OS の文字情報、位置情報が受ける影響を検討する。

方法 刺激：凝視点、OS、IS とともに実験3と同じ。

装置：反応時間記録のための電鍵、デジタルタイマー、デジタルプリンターが加わった点を除いては実験

1、2、3と同じである。

手続：OS の再生前に IS の再生、再認、逆転再生のいずれかを行い、その終了を知らせるために電鍵をたたいた後に OS の再生に移った。統制条件では、IS の提示終了から6 s 後に出される実験者の合図を聞いた後に、OS の再生に移った。実験者は IS の提示終了から再生、再認、逆転再生の課題遂行までに要した時間を記録した。その他の手続は実験3と同じである。

被験者：実験1、2、3とは異なる、視力1.1—1.2の大学院生（1名）、大学生（2名）、女子事務員（1名）、計4名。

結果 OS 再生における情報ロスについて、情報のタイプ、課題条件を2要因とした2要因乱塊法による分散分析を行ったところ、個人差、情報のタイプ、課題条件の主効果、および情報のタイプと課題条件の交互作用が有意であった ($F_{(3,21)}=4.01, p<.05$; $F_{(1,21)}=26.33, p<.01$; $F_{(3,21)}=11.26, p<.01$; $F_{(3,21)}=5.57, p<.01$)。ステューデント化した範囲を用いた最小有意差法（5%水準）によって情報のタイプ別に各課題間の比較をした結果、I ロスにはいずれの課題間にも有意な差が認められなかったが、P ロスについては統制条件と残る3つの課題条件との間に、再生条件と逆転再生条件との間にいずれも5%水準の有意差が得られた (Fig. 5)。

各課題において両情報ロス間の比較を行うと、統制条件を除く3つの課題条件において5%水準の有意差が認められた。また、統制条件を除く3つの課題の遂行に要した時間を検討したところ、再生条件が平均4.2 s（標準偏差1.1 s）、再認条件が平均4.2 s（標準偏差1.4 s）、逆転再生条件が平均5.0 s（標準偏差1.4 s）であり、いずれも統制条件の6 s を超えていなかった。

以上の結果は、OS の再生前に IS の再生、再認、逆転再生を行うと位置情報が失われるが、文字情報はごくわずかしかな失われないことを示している。また IS の提示終了後から OS の再生までの時間が他の課題条件よ

りも長い統制条件において、両情報にほとんどロスが見られないことから、これらの課題条件下のロスが単に OS の再生時期の遅れにのみ帰因するわけでないことは確かである。

討 論

以上 4 つの実験結果をもとに、文字と位置という 2 つの情報を有する刺激事態での視覚的逆行性マスキングと視覚的逆行性干渉を操作的に定義することができる。典型的には実験 2 の ISI 5 ms と 10 ms において認められた、文字情報と位置情報がともに極めて高く失われる現象を視覚的逆行性マスキングとする。これらの ISI 値は明らかに実験 1 で得られた最小 ISI 値以下であり、これはまた被験者の“見えない”という内省報告と一致する。次に、視覚的逆行性干渉については、実験 4 において見いだされたところの、挿入課題の遂行による位置情報の選択的ロスを視覚的逆行性干渉と定義することができる。さらにこれは“見えたけれど、忘れてしまった。”という被験者の内省報告と一致する。

刺激作用の開始から反応に到るまでの情報処理という連続体を仮定するならば、視覚的逆行性マスキングはその初期段階である *iconic storage* の段階で生起していると考えられる。一方、視覚的逆行性干渉については、OS の再生を行った後に IS の報告を行う実験 3 の事態では干渉が起こらず、IS の報告を行った後に OS の再生をする実験 4 の事態において干渉が認められたことから、視覚的逆行性マスキングとは異なり、かなり後の情報処理段階で生じることは確かである。では、いかなる段階で生じているのであろうか。Compton & Flowers (1977) は逆ストロープ課題 (*reverse-Stroop task*) において見いだされる視覚的干渉が (a) 視覚的短期ストアの処理容量の限界、あるいは (b) 出力干渉 (Tulving &

Arbuckle, 1963) のいずれか、あるいはその両方に基づくものであると考えている。この考えを本研究に適用するならば、(a) は視覚的短期記憶の処理容量に限界があるために IS の位置情報の処理によって OS の位置情報の処理が妨害を受けることを意味し、(b) は IS の位置情報の検索 (*retrieval*) によってまだ検索されずに視覚的短期記憶内にある OS の位置情報が損なわれることを意味する。実際、本研究では検索過程が関与しないと考えられる実験 3 では情報ロスが起こらず、検索過程が関与すると考えられる実験 4 においてのみ、情報ロスが観察されたことは (b) の説を支持するものであると考えられる。

それでは、本稿の実験 3 と同じく OS の再生後に IS についての反応を求めている以前の研究 (Hakoda & Nakamizo, 1975, Exp. 2; 箱田, 1975) においても若干の情報ロスが認められている (Table 2 参照) ことはどのように解釈できようか。これは視覚的短期記憶が過負荷な状態にあるときは、視覚的干渉についての 2 つの原因のうち前者も十分に原因となりうるという仮定によって説明できると思われる。本研究の実験 3 と Hakoda & Nakamizo (1975) の実験 2 および箱田 (1975) を比較すると OS の情報量に違いが見られる。前者が 3×3 のマトリックスに文字を 3 個配したものをを用いているのに対し、後者は 4×4 のマトリックスに文字が 4 個のものをを用いている。情報ロスに及ぼす提示時間と情報量の効果に関する我々の研究 (箱田, 1976) によると、3×3 の刺激では文字情報、位置情報ともにロスがほとんど見られないのに対し、4×4 の刺激では文字情報、位置情報ともに提示時間 50—200 ms にわたってロスが認められる。このように OS の情報処理によって短期記憶が過負荷な状態にあるときに後続する IS の情報が同記憶に入りこみ、IS 情報の処理が OS の処理を妨害すると考えられる。

要 約

本稿の目的は視覚的逆行性マスキングと視覚的逆行性干渉を同一の刺激条件下で生起させ、それらを操作的に定義し、生起機序について考察することである。原刺激 (OS) の提示後、短い ISI (5, 20 ms) をおいて挿入刺激 (IS) を提示すると、文字情報とその位置情報の再生がともにほとんど完全に損なわれた。また OS の提示後、比較的長い ISI (1000 ms) をおいて IS を提示する実験では、IS を提示するだけでは OS の情報の再生はほとんど損なわれなかったが、OS の再生前に IS について再生、再認、あるいは逆転再生を求めると、OS の位置情報の再生が損なわれた。文字とその位置という 2 つの情報を有する刺激事態における、前者が視覚的逆行性マスキング、後者が視覚的逆行性干渉であると定義さ

FIG. 5. Mean percentage loss of two kinds of information as a function of type of interpolated task in Experiment 4.

れた。また、前者は iconic storage 段階での情報処理に、後者は視覚的短期ストアからの情報の検索に起因していると考えられた。

引用文献

- Compton, R. P., & Flowers, J. H. 1977 Pictorial interference with geometric shapes and achromatic shades. *Perception & Psychophysics*, **22**, 303-309.
- Den Heyer, K., & Barrett, B. 1971 Selective loss of visual and verbal information in STM by means of visual and verbal interpolated tasks. *Psychonomic Science*, **25**, 100-102.
- 箱田裕司 1975 情報処理過程における2次元性——時間特性について—— 中国四国・九州心理学会第5回連合大会発表論文集, 13.
- 箱田裕司 1976 情報処理過程における2次元性——文字情報と位置情報の保持に及ぼす提示時間の選択的効果—— 心理学研究, **47**, 222-225.
- Hakoda, Y., & Nakamizo, S. 1975 Dual-encoding hypothesis in short-term memory: How does the nature of interpolated task affect information loss? *Japanese Psychological Research*, **17**, 91-97.
- Kahneman, D. 1968 Method, findings and theory in studies of visual masking. *Psychological Bulletin*, **70**, 404-426.
- Meudell, P. R. 1972 Short-term visual memory: Comparative effects of two types of distraction on the recall of visually presented verbal and nonverbal material. *Journal of Experimental Psychology*, **94**, 244-247.
- 南出好史・中溝幸夫・箱田裕司 1978 ひらかなとカタカナの認知に関する研究(未刊)
- Murray, D. J., & Newman, F. M. 1973 Visual and verbal coding in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, **100**, 58-62.
- Tulving, E., & Arbuckle, T. Y. 1963 Sources of intratrial interference in immediate recall of paired associates. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **1**, 321-334.
- Turvey, M. T. 1973 On peripheral and central processes in vision: Inferences from an information processing analysis of masking with patterned stimuli. *Psychological Review*, **80**, 1-52.

——1979. 12. 21. 受稿——

SUMMARY

An attempt was made to explore mechanisms underlying two interference phenomena, visual backward masking and visual retroactive interference.

Experiment 1 was designed to measure the temporal range of the interpolated stimulus affecting letter identification. Four students participated in this experiment. They were instructed to identify each of nineteen Japanese cursive characters (original stimuli, OSs) tachistoscopically presented for 5 or 10 ms, which was followed by small black dots on a white background (interpolated stimuli, ISs) exposed for 200 ms (Fig. 1). The critical interstimulus intervals (ISIs) at which the subjects correctly recognized OSs twice in succession were measured.

Experiment 2 was designed to examine the deleterious effects of IS on the retention of identity (I) and position (P) information of OS. OS was a three by three matrix containing three randomly positioned letters (Fig. 3). IS was a three by three matrix containing the same dot pattern in each cell as the IS in Experiment 1. The subjects were the same as those in Experiment 1. The results showed that both P- and I-information were lost mostly within the critical ISI obtained in Experiment 1, and that as the ISI increased further, P-loss decreased more drastically than I-loss (Fig. 4).

Experiments 3 and 4 were designed to examine the effects that the recall, recognition, or reversal recall of the IS has on the retention of P- and I-information. The OSs used in Experiments 3 and 4 were the same as in Experiment 2, but the ISs were five dot patterns located randomly in a three by three matrix. The recall, recognition, or reversal recall of IS was asked after the recall of OS in Experiment 3, and before the recall of OS in Experiment 4. Four subjects, who did not participate in the previous experiments, were employed in Experiments 3 and 4. There was no loss for both P- and I-information in Experiment 3, but a selective loss of P-information in Experiment 4 (Fig. 5).

Based on the results of these experiments, visual backward masking and visual retroactive interference were defined operationally as follows: Visual backward masking was an exhaustive loss of P- and I-information that was caused by the exposure of IS, while visual retroactive interference was a selective loss of P-information that was caused by the recall, recognition, or reversal recall of IS. It was tentatively suggested that visual backward masking originates in the iconic storage, and visual retroactive interference originates in the retrieval process from the visual short-term storage.