

# 系列再生による視覚記憶と 聴覚記憶の相互作用の検討

濱田 治良<sup>1)</sup>

人間の記憶過程に関して、入力刺激は感覚受容器を介して、種々なる情報へと変換され、記憶系に記録され、保持され、種々の反応が想起される。Atkinson & Shiffrin (1971) はこれらの記憶情報の伝達過程を解明するために、人間の記憶の機構は感覚貯蔵庫と短期記憶と長期記憶の三段階からなるとするモデルを提案した。このモデルでは、外界からの刺激が視覚、聴覚等の感覚貯蔵庫を通過し、短期記憶に登録され、そこで復唱がなされながら長期記憶へと記憶情報が転送されると仮定されている。そして、視覚と聴覚の感覚貯蔵庫についての減衰過程は、視覚については Sperling (1960)、聴覚については Darwin, Turvey & Crowder (1972) 等によって明らかにされている。しかし、Atkinson & Shiffrin のモデルでは視覚的情報と聴覚的情報が感覚貯蔵庫以降においてどのような関係を持ちながら処理されているかについての検討がなされていないように思われる。そこで、本研究ではランダム数列を記憶材料にした系列再生の方法を用いて、視覚と聴覚の記憶情報の処理形式の差異とその相互作用について検討したい。

記憶の自由再生実験においては、例えば被験者に単語の系列を提示して記録させ、できるだけ多くの単語を提示順序には無関係に再生させる。この手続きによって得られる系列位置曲線の再生率を見ると、系列の始めと終わりの部分の単語の成績は相対的に良く、中央部の成績は相対的に悪い。ここで、

---

1) 770 徳島市南常三島町1-1 徳島大学総合科学部行動科学教室  
Jiro Hamada (Department of Behavioral Science, University of Tokushima,  
Minami-Josanjima, Tokushima 770, Japan)

系列の始めの方の単語の成績が相対的に良くなることは初頭効果と呼ばれている。一方、系列の終わりの方の単語の成績が相対的に良くなることは、これらの単語が最近に記録され比較的早く再生されるので、新近効果と呼ばれている。そして、多くの自由再生実験の結果は、新近部分の成績に影響する諸変数が初頭部分の成績になんの効果も持たないこと、逆に初頭部分の成績に影響する諸変数が新近部分の成績になんの効果も持たないことを示した (Loftus & Loftus, 1976)。自由再生実験の結果に見られる初頭効果と新近効果のこの独立性が、Atkinson & Shiffrin の模型において、短期記憶と長期記憶を区別する一つの根拠になっている。

系列再生実験においても系列位置の始めの部分と終わりの部分の項目の再生率が相対的に高くなることが知られている。しかし、系列再生実験においては項目は提示順に再生されるので、系列位置の終末部の項目は遅く再生される。従って、この項目の成績が相対的に良くなる効果を、自由再生の場合のように、新近効果と名付けるのは適当でないと考えられる。そこで、本研究では系列再生において系列位置を始めと終わりの項目の成績が相対的に良くなる効果を、それぞれ初期効果と終末効果と名付けることにする。また、これらの効果をもたらす記憶成分を初期成分と終末成分と呼ぶことにする。

従来の系列再生実験の結果はランダム英数字列を聴覚的あるいは視覚的に提示し系列再生を課すと、いわゆるモダリティ効果が現れることを示している。モダリティ効果とは聴覚的音声刺激と視覚的文字刺激に対する系列位置曲線の形が異なることを言う。即ち、系列位置曲線の形に関して、聴覚的刺激の場合には初期効果と終末効果が顕著に現れ、視覚的刺激の場合には初期効果は強く現れるが終末効果は弱くなる (Murray, 1966; Corballis, 1966; Crowder & Morton, 1969; Watkins & Watkins, 1980; Baddeley, 1982; 濱田, 1986, 1989, 1990 a, 1990 b; Greene, 1987; Gregg, 1986; 今井・細田, 1988)。このモダリティ効果の存在は視覚と聴覚の記憶情報の処理形式が異なっていることを示唆している。

Conrad (1964) は文字系列がたとえ視覚的に提示されてもそれが再生される場合の誤りが聴覚的に類似した文字との混同であることを明らかにし、視

覚的に提示された文字系列が聴覚的符号へと変換されて記憶されることを示した。そして、Loftus & Loftus (1976) はこの音響的混同の知見等から文字系列に対する短期記憶の情報は基本的に聴覚的形式を取っているとした。しかし、モダリティ効果に典型的に見られるように視覚と聴覚の系列位置曲線の形が大きく異なる以上、文字系列に対する記憶情報が全て聴覚的符号に変換され、視覚的符号化がなされないとは考えにくい。そこで、本研究では視覚的文字刺激と聴覚的音声刺激が視覚的符号化と聴覚的符号化をどのように受けるかを検討し、視覚と聴覚の記憶情報の処理形式の差異と相互作用を考察し、記憶情報の流れを解明したい。

Hebb (1961) は被験者に9桁のランダム数列を聴覚的に提示し、直後再生を求める試行を繰り返す実験を行った。ただし、同一の数列を三試行目ごとに反復して提示した。その結果、三試行目ごとに反復提示された同一数列の成績は試行を重ねるに従って動揺しながら上昇し、繰り返して提示されなかった異なる数列の成績はほぼ一定であった。このように、同一数列の反復提示によって進行する学習は反復学習と呼ばれている。一方、今井・細田(1988)

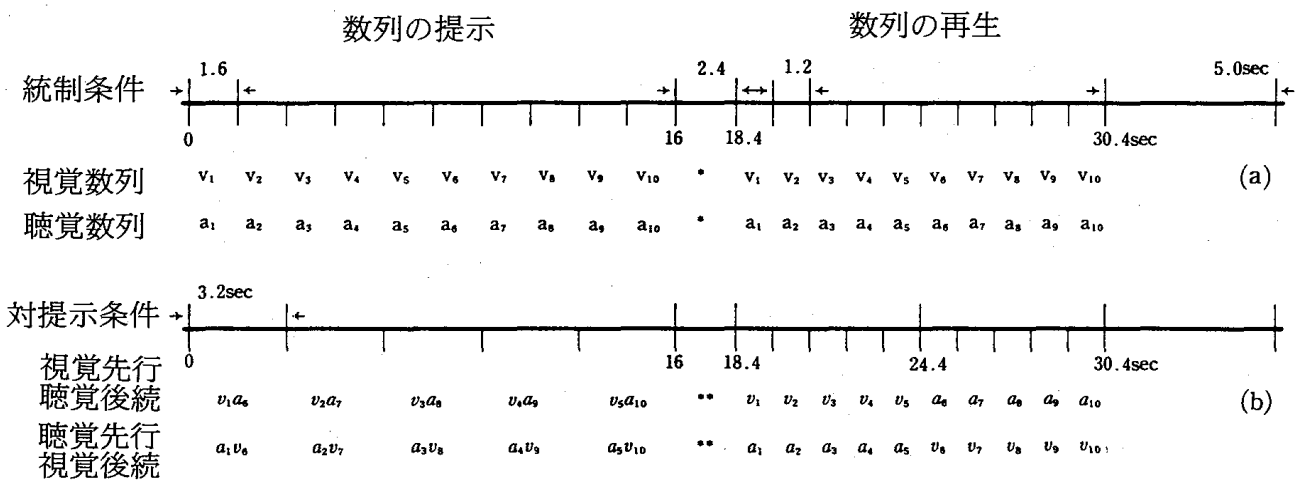


図1 実験IIの統制条件(a)と対提示条件(b)における数字の提示と再生の時間経過。vあるいは $v$ は視覚的、そしてaあるいは $a$ は聴覚的に提示される数字を示し、添え字は出力系列位置を示す。\*は提示終了と再生開始の合図、\*\*は提示終了と再生順序の指定を示す。エリート体は視覚的数字と聴覚的数字が別々に提示されることを意味し、イタリック体はこれらの数字が同時に提示されることを意味する。

はランダム数列を視覚的に提示して同様の実験を行った。そして、彼らは、反復試行の成績は反復一回目から二回目へと上昇するが二回目から三回目では常に下降し、反復学習は規則的に動揺しながら進行することを示した。このように、聴覚的提示であれ視覚的提示であれ、同一の数列を反復提示すると反復学習は、単調増加的に進行するのではなく、動揺しながら進行する。しかし、もし視覚と聴覚の記憶情報の符号化の形式が異なるのであるならば、数列の提示を視覚的提示から聴覚的提示へ、あるいは逆に聴覚的提示から視覚的提示へと切り換えた場合に、反復学習に何らかの差異が生ずることが予想される。そこで、本研究の実験 I では数列の提示を視覚と聴覚の間で切り換えることにより反復学習がどのような影響を受けるかを検討し、視覚と聴覚の記憶情報の相互作用を考察する。

### 一般的方法

**数列の作成** 乱数表により、ただし例えば56あるいは65のように連続する数が隣り合わないよう配慮して、実験 I では1から9までの数字、実験 II と実験 III では0から9までの数字を用いて、ランダム数列を作成した。これらの数列はパソコンに入力された後、ディスプレイ上に提示されてVTRに録画され、その画像（縦6.0cm、横4.5cm）が再生されて視覚的文字刺激となった。同様に、ディスプレイ上に提示される数字が刺激作成者により朗読されてVTRに録音され、その音声再生されて聴覚的音声刺激となった。

**数列の提示と再生の時間経過** 従来の系列再生では数列の提示時間の統制だけがなされ、再生時間の統制がなされていないように思われる。そこで本研究では、Imai (1979) によって開発された系列再生の方法、即ち周期的な音信号に合わせて数字を1個ずつ書記再生させて再生時間を統制する方法を用いる。図1 a と b に実験 II の統制条件と対提示条件における数列の提示および再生の時間経過を示す。統制条件における数列の提示に関しては、視覚的数字は提示時間0.8秒、提示間隔0.8秒で1桁ずつ提示され、聴覚的数字は1.6秒に1桁の割合で通常の発音で朗読されて提示された。そして、提示の終了と再生開始の合図が視聴覚的に発せられ、2.4秒の空白期の後、再生は1.2

秒周期で発せられる音信号に合わせて1桁ずつ、反应用紙に記入してなされた。対提示条件では視覚的数字とそれとは異なる聴覚的数字が一對ずつの五対として継時的に提示された。ここで、視覚数列は提示時間1.6秒、提示間隔1.6秒で1桁ずつ提示された。一方、聴覚数列は3.2秒に1桁の割合で通常の発音で朗読されて提示された。そして、数列の提示終了直後に視覚数列あるいは聴覚数列のどちらを先に再生すべきかがディスプレイ上で指定され、以下、統制条件と同様な時間経過に沿って再生がなされた。各数列の試行間隔は約5秒であった。

**被験者および実験手続き** 徳島大学の学部生が被験者として実験に参加した。3名以下の被験者が一組になり約2mの距離をおいてVTRの画面の前に着席して実験に参加した。被験者は全ての条件に参加した。全ての条件において2種類の数列AとBが用意され、半数ずつの被験者によって使用された。条件の実施順序は被験者間でカウンターバランスされた。記録および再生の方法に習熟するために各条件の実施前に若干の練習試行を行った。1つの条件の終了後、数分の休憩を挟んで次の条件を実施した。復唱は声に出さず内的になされた。

**結果の分析** 系列位置曲線の再生率の算出に際しては所定の再生位置に正しく記入された数字だけを正答とし、再生位置がずれた場合あるいは隣り合う数字が入れ代わった場合などは全て誤答とした。統計的有意差の検定は被験者を繰り返しとする二あるいは三要因の分散分析によった。

## 実験I：反復学習に見られる視覚記憶と 聴覚記憶の加算性と非加算性

**目的** 異なる数列の中に配置された同一の数列を視覚的あるいは聴覚的に反復提示することによりそれらの成績がどのように変化するのかを検討する。そして、これらの数列の提示を視覚的提示から聴覚的提示へ、あるいは逆に聴覚的提示から視覚的提示へと切り換えることにより反復学習がどのように変化するのかを検討する。

表1 4種類の実験条件で用いられた視覚数列と聴覚数列の系列。

| 条 件         |             | 前 半 試 行        |   |   |                |   |   |   |                |   | 後 半 試 行 |                |    |    |                |    |    |    |                |
|-------------|-------------|----------------|---|---|----------------|---|---|---|----------------|---|---------|----------------|----|----|----------------|----|----|----|----------------|
|             |             | 1              | 2 | 3 | 4              | 5 | 6 | 7 | 8              | 9 | 10      | 11             | 12 | 13 | 14             | 15 | 16 | 17 | 18             |
| 継 続 提 示     | 視 覚・視 覚 条 件 | V <sub>F</sub> | v | v | V <sub>F</sub> | v | v | v | V <sub>F</sub> | v | v       | V <sub>L</sub> | v  | v  | V <sub>L</sub> | v  | v  | v  | V <sub>L</sub> |
|             | 聴 覚・聴 覚 条 件 | A <sub>F</sub> | a | a | A <sub>F</sub> | a | a | a | A <sub>F</sub> | a | a       | A <sub>L</sub> | a  | a  | A <sub>L</sub> | a  | a  | a  | A <sub>L</sub> |
| 切 り 換 え 提 示 | 視 覚・聴 覚 条 件 | V <sub>F</sub> | v | v | V <sub>F</sub> | v | v | v | V <sub>F</sub> | v | a       | A <sub>L</sub> | a  | a  | A <sub>L</sub> | a  | a  | a  | A <sub>L</sub> |
|             | 聴 覚・視 覚 条 件 | A <sub>F</sub> | a | a | A <sub>F</sub> | a | a | a | A <sub>F</sub> | a | v       | V <sub>L</sub> | v  | v  | V <sub>L</sub> | v  | v  | v  | V <sub>L</sub> |

小文字のvとaは全て異なる9桁の数列であり、統制試行で用いられた。大文字のVあるいはAは反復して提示される同一の9桁の数列である。添え字のFは反復前半試行で、Lは反復後半試行で用いられた数列を意味する。

## 方 法

**実験条件** 9桁のランダム数列を、実験IIの統制条件と同様の時間経過で提示して、系列再生を課した(図1aを参照されたい)。表1に示されるように、実験条件は数列の提示方法によって4種類に分類される。各実験条件は、数列の提示と再生を1試行として、18試行から成る。この18試行で用いられる数列のうち、添え字の付いた大文字のVとAで記されている6個の数列(1, 4, 8, 11, 14, 18試行の数列)は、それぞれ、視覚的および聴覚的に反復提示される同一の数列であるので、それらの数列を用いる試行を視覚的あるいは聴覚的反復試行と呼ぶ。そして、V<sub>F</sub>とA<sub>F</sub>の数列を用いる1, 4, 8試行を視覚的あるいは聴覚的反復前半試行と呼び、V<sub>L</sub>とA<sub>L</sub>の数列を用いる11, 14, 18試行を視覚的あるいは聴覚的反復後半試行と呼ぶ。小文字で示されているvとaの数列は、それぞれ、異なる数列であり、それらの数列を用いる12試行を視覚的あるいは聴覚的統制試行と呼ぶ。実験条件は18試行の前半と後半で数列の提示が視・聴覚的に切り換えられるか否かにより切り換え提示と継続提示に分かれ、更に数列が視覚的あるいは聴覚的に提示されるか否かにより次の4種類の実験条件に分かれる。即ち、継続提示の視覚・視覚条件と聴覚・聴覚条件では18試行の数列が全て視覚的あるいは聴覚的に提示される。一方、切り換え提示のうち視覚・聴覚条件では前半9試行の数列が視覚的に後半9試行の数列が聴覚的に提示され、聴覚・視覚条件ではそ

系列再生による視覚記憶と聴覚記憶の相互作用の検討

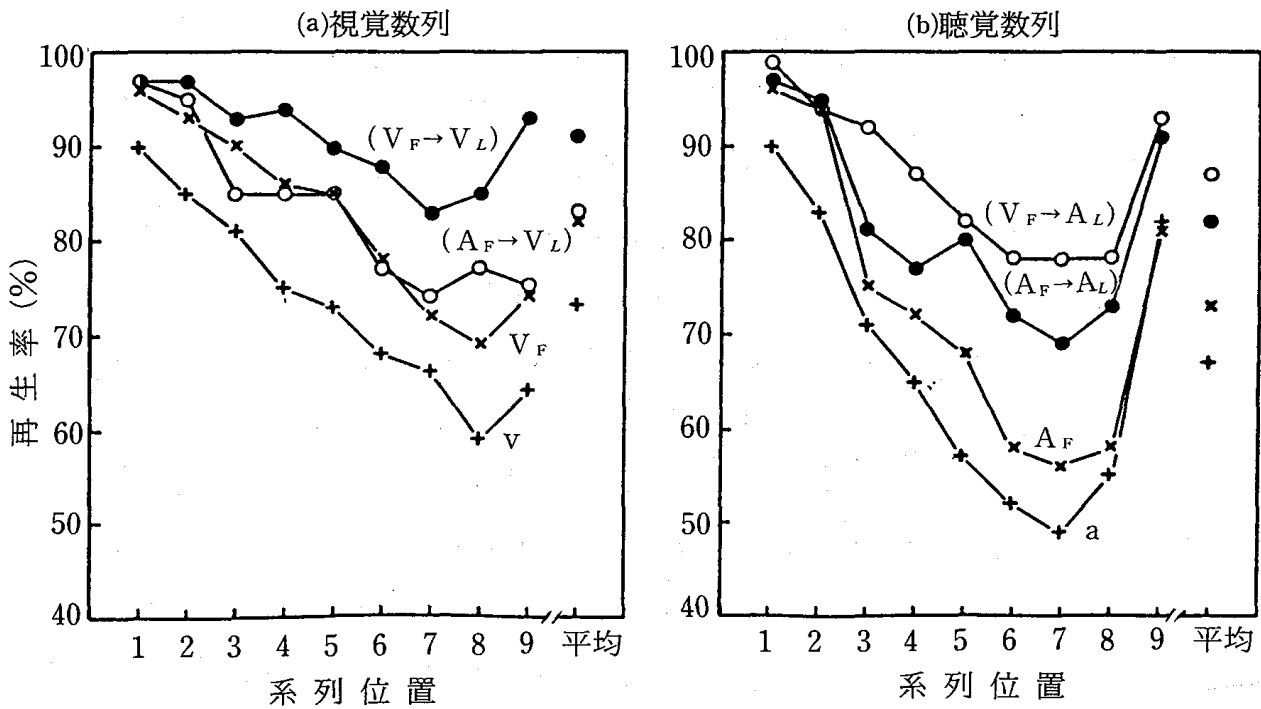


図2 視覚数列(a)と聴覚数列(b)に対する系列位置曲線と平均再生率。

れらが逆に提示される。

**実験手続き** 48名の被験者が4種類の実験条件に1回ずつ参加した。被験者は統制試行と反復試行の区別については何の教示も受けなかった。

## 結 果

**統制試行** 図2 a と b の比較から明らかなように、統制試行の視覚と聴覚の系列位置曲線の形は明確に異なり、モダリティ効果が現れている。即ち、初期効果は視覚と聴覚に共通に現れたが、終末効果は聴覚にのみ顕著に現れ、視覚には僅かしか現れていない。

ところで、統制試行を前半と後半に分けてそれらの平均再生率を列挙すると、視覚に関しては視覚・視覚条件の前半で73%、後半で76%、視覚・聴覚条件の前半で74%、聴覚・視覚条件の後半で71%である。また、聴覚に関しては聴覚・聴覚条件の前半で67%、後半で65%、聴覚・視覚条件の前半で68%、視覚・聴覚条件の後半で68%である。一方、統制試行の前半と後半を込みにした平均再生率は、視覚では73%、聴覚では67%であり、視覚の成績の方が聴覚よりも良い。これらの成績に有意差が認められるかどうかを検討す

るために、(前半又は後半：4)×(視覚と聴覚：2)×(系列位置：9)の分散分析を行った。その結果、(前後)の主効果には有意差が認められず〔F(3, 3384)=0.29,  $P > 0.05$ 〕、(視聴)および(位置)の主効果には有意差が認められた〔F(1, 3384)=65.5, F(8, 3384)=94.3でいずれも $P < 0.01$ 〕。また、(前後)×(視聴)と(視聴)×(位置)の交互作用に有意差が認められたが〔F(3, 3384)=3.89, F(8, 3384)=21.2でいずれも $P < 0.01$ 〕、(前後)×(位置)と(前後)×(視聴)×(位置)の交互作用には有意差が認められなかった〔F(24, 3384)=0.37, 0.26でいずれも $P > 0.05$ 〕。このように、統制試行の前半と後半の平均再生率の間には有意差が認められないで、これらの再生率を込みにした値を図2に+印で示す。ここで、視覚と聴覚の統制試行の平均再生率をO(v)とO(a)で表すと、O(v) > O(a)の関係が有意に認められると言える。

#### 統制試行と反復試行の比較

統制試行と反復前半試行の成績を比較することにより、同一のランダム数列の成績が3回の反復的提示により如何に変化したかが検討できる。ところで、継続提示と切り換え提示における反復前半試行の平均再生率を列挙すると、視覚に関しては視覚・視覚条件で82%、視覚・聴覚条件で83%であり、聴覚に関しては聴覚・聴覚条件で74%、聴覚・視覚条件で72%である。そして、継続提示と切り換え提示を込みにした平均再生率は視覚では82%、聴覚では73%である。これらの成績に有意差が認められるかどうかを検討するために、(反復前半試行：2)×(視覚と聴覚：2)×(系列位置：9)の分散分析を行った。その結果、(前半)の主効果には有意差が認められず〔F(1, 1692)=0.05,  $P > 0.05$ 〕、(視聴)および(位置)の主効果には有意差が認められた〔F(1, 1692)=44.0, F(8, 1692)=30.8でいずれも $P < 0.01$ 〕。また、(視聴)×(位置)の交互作用に有意差が認められたが〔F(8, 1692)=5.09,  $P < 0.01$ 〕、(前半)×(視聴)と(前半)×(位置)および(前半)×(視聴)×(位置)の交互作用には有意差が認められなかった〔F(1, 1692)=0.97, F(8, 1692)=0.39, 0.36でいずれも $P > 0.05$ 〕。このように、反復前半試行の再生率の間には有意差が認められなかったので、これらの再生率を込みにした値



を図2に×印で示す。ここで、視覚と聴覚の反復前半試行の平均再生率を $O(V_F)$ と $O(A_F)$ で表すと、 $O(V_F) > O(A_F)$ の関係が有意に認められると言える。また、統制試行の成績と比較すると、 $O(V_F) > O(A_F) \doteq O(v) > O(a)$ の関係があると言える。次に、視覚と聴覚における反復学習を別々に検討する。

**視覚的反復学習** 図2 aの視覚数列の統制試行(+印)と反復前半試行(×印)の再生率は初期成分を示す系列位置1-8の間では直線的に低下し、最終系列位置で僅かな終末効果が現れている。この初期成分に直線を当てはめると統制試行と反復前半試行には勾配が-4.5%と-3.9%の直線が高い相関係数( $r = -0.98, -0.99$ )で当てはまる。そして、反復前半試行(×印)の平均再生率[ $O(V_F) = 82\%$ ]は統制試行(+印)の平均再生率[ $O(v) = 73\%$ ]よりも9%高く、 $O(V_F) > O(v)$ の関係がある。(統制試行と反復前半試行: 2)×(系列位置: 9)の分散分析によるとこれらの主効果に差が認められる[ $F(1, 846) = 47.2, F(8, 846) = 26.2$ でいずれも $p < 0.01$ ]。また、それらの交互作用は認められない[ $F(8, 846) = 0.32, p > 0.05$ ]。このように、視覚数列の成績は反復提示を3回繰り返すと向上するので、この学習を視覚的反復学習と呼ぶ。

**聴覚的反復学習** 図2 bの聴覚数列の系列位置曲線に関して、統制試行(+印)と反復前半試行(×印)はV字形に類似したものであり、系列位置1-7の間の初期成分と系列位置7-9の間の終末成分に分離される。それぞれの成分に直線を当てはめると、統制試行には勾配が-7.1%と+16.5%の直線( $r = -0.99, +0.94$ )が、反復前半試行には勾配が-7.1%と+12.5%の直線( $r = -0.97, +0.90$ )が当てはまる。そして、反復前半試行(×印)の平均再生率[ $O(A_F) = 73\%$ ]は統制試行(+印)の平均再生率[ $O(a) = 67\%$ ]よりも6%高く、 $O(A_F) > O(a)$ の関係がある。(統制試行と反復前半試行: 2)×(系列位置: 9)の分散分析によるとこれらの主効果に差が認められる[ $F(1, 846) = 19.0, F(8, 846) = 53.3$ でいずれも $p < 0.01$ ]。また、それらの交互作用は認められない[ $F(8, 846) = 0.87, p > 0.05$ ]。従って、視覚の場合と同様に、聴覚的反復学習が認められると言える。

### 継続提示による反復学習の向上

継続提示における反復後半試行の再生率を図2の●印で示す。この系列位置曲線に直線を当てはめると、視覚の系列位置1—8には勾配が $-2.1\%$ の直線 ( $r = -0.96$ ) が、聴覚の系列位置1—7と7—9には勾配が $-4.7\%$ と $+11\%$ の直線 ( $r = -0.94, +0.94$ ) が当てはまる。そして、継続提示の反復後半試行の平均再生率を、視覚については $O(V_F \rightarrow V_L)$ 、聴覚については $O(A_F \rightarrow A_L)$ で表すと前者は $91\%$ で後者は $82\%$ であり、 $O(V_F \rightarrow V_L) > O(A_F \rightarrow A_L)$ の関係が明らかに存在する。ところで、反復前半試行の成績と継続提示の反復後半試行の成績を比較することにより、視覚的あるいは聴覚的提示の継続による成績の上昇が検討出来る。図2 a について、視覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 [ $O(V_F) = 82\%$ ] と視覚的反復後半試行(●印)の平均再生率 [ $O(V_F \rightarrow V_L) = 91\%$ ] の間の差は $9\%$ である。(前半と後半試行: 2) × (系列位置: 9) の分散分析によると(前後)と(位置)の主効果には差が認められ [ $F(1, 846) = 40.8, F(8, 846) = 11.6$ でいずれも  $P < 0.01$ ]、それらの交互作用にも差が認められる [ $F(8, 846) = 2.01, P < 0.05$ ]。一方、図2 b について聴覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 [ $O(A_F) = 73\%$ ] と聴覚的反復後半試行(●印)の平均再生率 [ $O(A_F \rightarrow A_L) = 82\%$ ] の差は、視覚的反復試行の場合と同様に、 $9\%$ である。視覚と同様の分散分析によると(前後)と(位置)の主効果には差が認められ [ $F(1, 846) = 23.4, F(8, 846) = 21.5$ でいずれも  $P < 0.01$ ]、それらの交互作用には差が認められない [ $F(8, 846) = 1.01, P > 0.05$ ]。従って、反復試行を3回繰り返した後、更に3回の反復試行を繰り返すと、視覚的および聴覚的反復学習は共に一層向上すると言える。

### 切り換え提示による反復学習の加算性と非加算性

切り換え提示における反復後半試行の再生率を図2の○印で示す。この系列位置曲線に直線を当てはめると、視覚の系列位置1—8には勾配が $-3.2\%$ の直線 ( $r = -0.94$ ) が、聴覚の系列位置1—7と7—9には勾配が $-3.8\%$ と $+7.5\%$ の直線 ( $r = -0.99, +0.87$ ) が当てはまる。そして、切り換え提示の反復後半試行の平均再生率を、視覚数列については $O(A_F \rightarrow V_L)$ 、聴覚数

列については $O(V_F \rightarrow A_L)$ で表す。反復前半試行の成績と切り換え提示の反復後半試行の成績を比較することにより、視覚と聴覚の提示切り換えによる反復学習の加算性を検討することが出来る。以下、聴覚的提示から視覚的提示への切り換え、次いで視覚的提示から聴覚的提示への切り換への効果を検討する。

**聴覚的提示から視覚的提示への切り換えによる反復学習の非加算性** 図2 aの視覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 [ $O(V_F) = 82\%$ ]と視覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 [ $O(A_F \rightarrow V_L) = 83\%$ ]の間には差が認められず、 $O(A_F \rightarrow V_L) \doteq O(V_F)$ の関係がある。即ち、(前半と後半試行：2)×(系列位置：9)の分散分析によると(前後)の主効果には差が認められず [ $F(1, 846) = 0.53, p > 0.05$ ]、(位置)の主効果には差が認められる [ $F(8, 846) = 14.1, p < 0.01$ ]。また、それらの交互作用は認められない [ $F(8, 846) = 0.48, p > 0.05$ ]。従って、聴覚的提示から視覚的提示へと切り換えられた場合に、切り換え後の視覚的反復学習が切り換え前の聴覚的反復学習へ加算することはないと結論される。

**視覚的提示から聴覚的提示への切り換えによる反復学習の加算性** 図2 bの聴覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 [ $O(A_F) = 73\%$ ]と聴覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 [ $O(V_F \rightarrow A_L) = 87\%$ ]の間には14%の差があり、明らかに $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F)$ の関係がある。従って反復学習の改善が認められる。このように、視覚的提示から聴覚的提示へと切り換えられた場合には、切り換え後の聴覚的反復学習が切り換え前の視覚的反復学習に加算されると結論される。また、切り換え提示の聴覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 [ $O(V_F \rightarrow A_L) = 87\%$ ]が継続提示の聴覚的反復後半試行(●印)の平均再生率 [ $O(A_F \rightarrow A_L) = 82\%$ ]よりも有意に高く、 $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F \rightarrow A_L)$ の関係がある。即ち、(切り換への有無：2)×(系列位置：9)の分散分析によるとそれらの主効果に差が認められる [ $F(1, 846) = 7.82, F(8, 846) = 10.9$ でいずれも  $p < 0.01$ ]。そして、それらの交互作用は認められない [ $F(8, 846) = 0.54, p > 0.05$ ]。この結果は、聴覚的提示から聴覚的提示へと継続される場合よりも、視覚的提示から聴覚的提示へと切り換えられる方が

聴覚的反復後半試行の成績が向上することを意味する。

## 考 察

統制試行における視覚と聴覚の系列位置曲線の形は明確に異なり、モダリティ効果が現れた。このモダリティ効果の存在は人間の記憶系における視覚的文字刺激と聴覚的音声刺激に対する記憶機構が異なること、即ち視覚と聴覚の記憶情報の処理形式が異なることを示している。また、本実験の結果を要約すると、視覚と聴覚の統制試行および反復試行の成績には次のような関係が成立した。即ち、聴覚の成績よりも視覚の成績が良く、 $O(V_F \rightarrow V_L) > O(A_F \rightarrow A_L) \doteq O(V_F) > O(A_F) \doteq O(v) > O(a)$ の関係があった。そして、視覚的反復学習の聴覚的反復学習への非加算性を示す $O(A_F \rightarrow V_L) \doteq O(V_F)$ の関係、そして逆に聴覚的反復学習の視覚的反復学習への加算性を示す $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F)$ の関係があった。以下において、視覚と聴覚の記憶情報の処理形式がどのように異なるかを検討する。

**聴覚変換に起因する反復学習の加算性と非加算性** 視覚数列と聴覚数列に共通して、反復試行を繰り返すとその成績は上昇した。即ち、 $O(V_F \rightarrow V_L) > O(V_F) > O(v)$ 、および $O(A_F \rightarrow A_L) > O(A_F) > O(a)$ が成立した。このように、反復試行を繰り返すと視覚あるいは聴覚における反復学習は加算的に進行する。

反復前半試行の成績と切り換え提示における反復後半試行の成績を比較すると、視覚数列と聴覚数列の間には特徴的な差異がある。即ち、聴覚数列に関しては $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F)$ の関係があるが、視覚数列に関しては $O(A_F \rightarrow V_L) \doteq O(V_F)$ の関係がある。ここで $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F)$ の関係は、反復後半試行の聴覚的反復学習が反復前半試行の視覚的反復学習へと加算することを意味する。このことは視覚数列に対しては視覚的符号化がなされ、更に視覚的符号が聴覚的符号へと変換されることを示唆している。本研究では、この視覚的符号が聴覚的符号へと変換される操作を聴覚変換と呼ぶことにする。このように視覚数列に対しては視覚的符号化と聴覚的符号化の操作がなされるので、切り換え提示後の聴覚的反復学習が視覚的反復学習へと加算され、

系列再生による視覚記憶と聴覚記憶の相互作用の検討

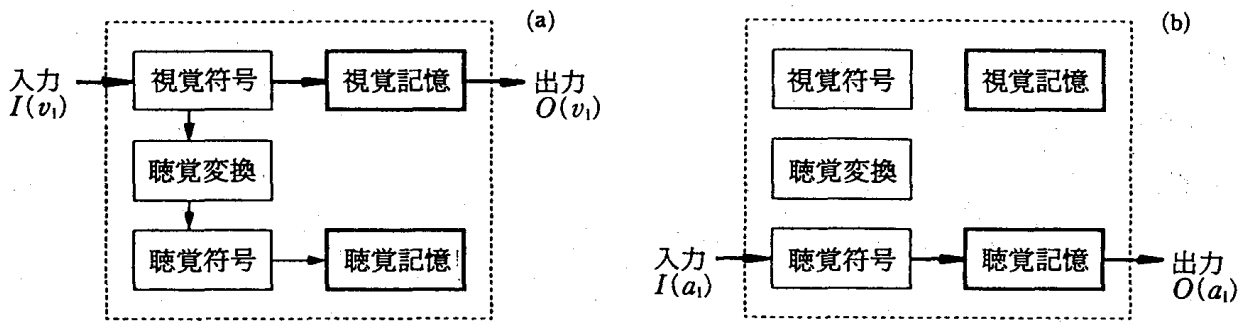


図3 視覚数列(a)および聴覚数列(b)が提示されたときの入力刺激と出力反応および記憶情報の流れ。視覚的刺激は視覚的符号化の操作と視覚的符号を聴覚的符号へと変換する聴覚変換の操作を受け、視覚記憶のみならず聴覚記憶として定着する。一方、聴覚的刺激は聴覚的符号化の操作だけを受けて、聴覚記憶として定着する。視覚的符号が聴覚変換を介して聴覚的符号へと変換され、聴覚記憶へ流れる過程が↓で示されている。

聴覚記憶の成績は一層上昇する。

一方、 $O(A_F \rightarrow V_L) \cong O(V_F)$ の関係は、提示の切り換えによって反復後半試行の視覚的反復学習が反復前半試行の聴覚的反復学習へと加算しないことを意味する。この関係は聴覚数列が聴覚的符号化を受けた後、その聴覚的符号が視覚的符号へと変換されることはない、即ち視覚変換の操作を受けないことを示している。このように、視覚数列が視覚的符号化と聴覚変換の操作を受けるのとは対照的に、聴覚数列は聴覚的符号化の操作だけを受け視覚変換の操作は受けないと結論される。

ところで、視覚的反復試行の後の聴覚的反復後半試行の成績は聴覚的反復試行に継続する聴覚的反復後半試行の成績よりも高く、 $O(V_F \rightarrow A_L) > O(A_F \rightarrow A_L)$ の関係が認められた。この結果は、視覚の成績が聴覚の成績よりも優れていること、そして聴覚的反復学習が聴覚的反復学習のみならず視覚的反復学習にも加算されることに起因する。即ち、反復前半試行の平均再生率は視覚では82%、聴覚では73%であり、前半試行において視覚的反復学習の方が聴覚的反復学習よりも高い水準に達している。そして、後半試行の聴覚的反復学習は、反復学習の加算性により、高水準にある視覚的反復学習に加算さ

れる方が聴覚的反復学習に加算されるよりもより一層向上することになる。

**結論** 視覚と聴覚の系列位置曲線の形が異なり、明確なモダリティ効果が現れたことから、視覚と聴覚の記憶情報の処理形式は異なると結論される。このように、視覚と聴覚の記憶情報の処理系を区別する必要があるので、以下においてはそれらを視覚記憶と聴覚記憶と呼ぶことにする。そして、反復学習が視覚記憶と聴覚記憶の間で加算性と非加算性を示したことから、視覚記憶と聴覚記憶の間の情報の流れは相互往来的ではなく、視覚記憶から聴覚記憶へと流れる一方向的な流れであると考えなければならない。更に、この記憶情報の流れは視覚的あるいは聴覚的に符号化された情報によってもたらされるので、記憶系の中に符号化の過程があると考えなければならない。そして、視覚的文字刺激は視覚的符号化と聴覚変換を介した聴覚的符号化の操作を受けながら視覚記憶と聴覚記憶として定着し、聴覚的音声刺激は聴覚的符号化の操作を受けて聴覚記憶として定着すると結論する。この結論に基づき、記憶系における視覚的情報と聴覚的情報の流れを図3に示す。図3 aには視覚数列  $I(v_i)$  が入力されると、視覚的符号化を受けて視覚記憶として定着し、反応  $O(v_i)$  として出力されることが示されている。それと共に、この視覚的符号が聴覚変換を介して聴覚的符号化を受けて聴覚記憶へと流れることが細い矢印(↓)で示されている。一方、図3 bに示されているように聴覚数列  $I(a_i)$  は聴覚的符号化を受けて聴覚記憶として定着し、反応  $O(a_i)$  として出力される。

## 実験II：聴覚記憶の視覚記憶への妨害効果

**目的** 視覚数列とそれとは異なる聴覚数列を対提示して同時に記憶させ、それらの数列に対する成績を相互に比較して視覚と聴覚の記憶情報間の妨害効果を検討する。

## 方 法

**実験条件** 実験は統制条件と対提示条件に分かれた。数列の提示と再生の時間経過は図1に示された通りである。統制条件では10桁の視覚あるいは聴

系列再生による視覚記憶と聴覚記憶の相互作用の検討

覚数列が継時的に提示され、再生された。対提示条件では5桁の視覚数列とそれとは異なる5桁の聴覚数列が1桁ずつ対になって継時的に提示された。数列の提示後に視覚と聴覚のどちらの数列を先に再生するかが指定され、統

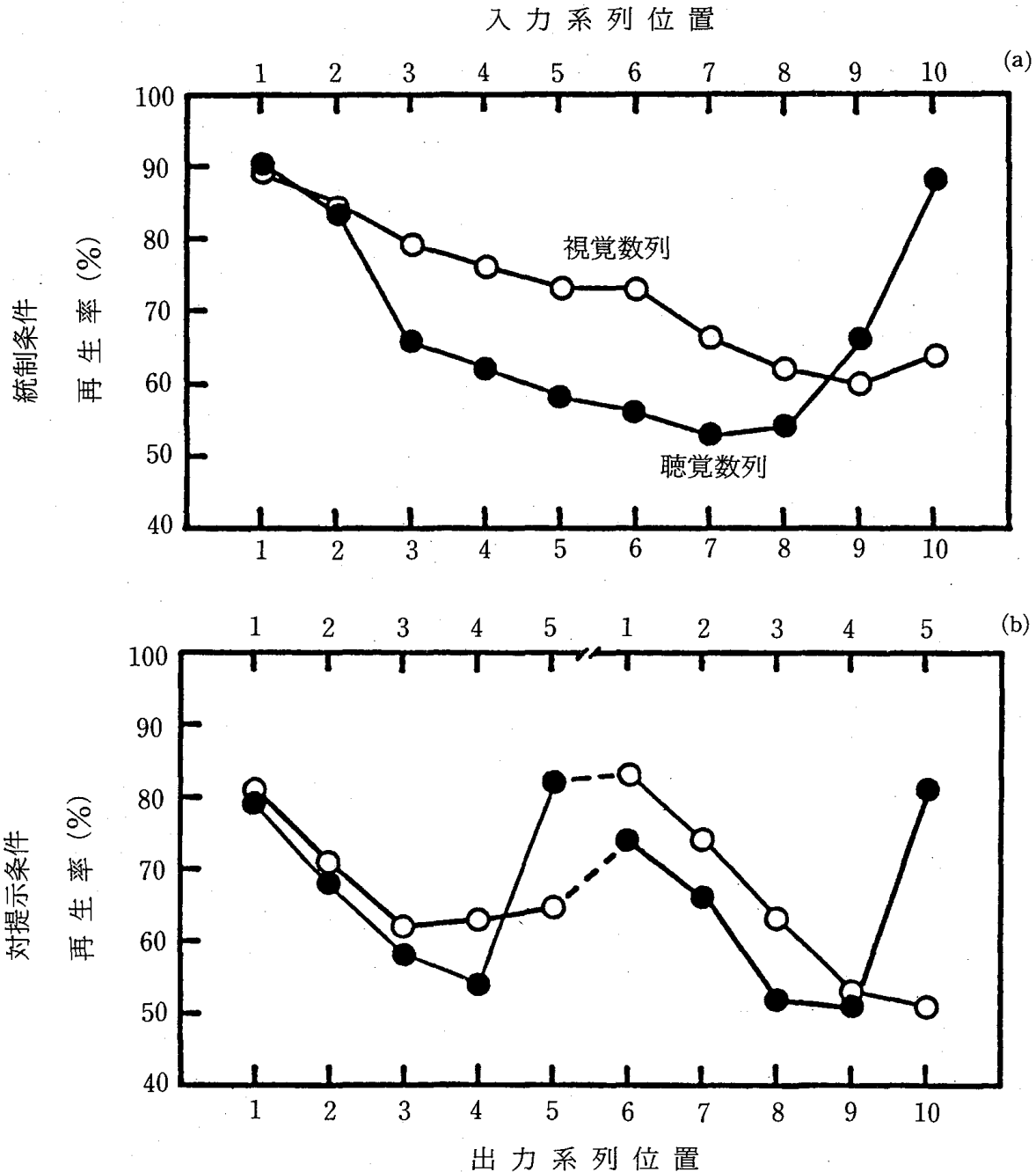


図4 統制条件(a)と対提示条件(b)における視覚数列と聴覚数列に対する系列位置曲線。図の下方に出力系列位置が、上方に入力系列位置が示されている。対提示条件における太線は視覚先行・聴覚後続再生、細線は聴覚先行・視覚後続再生の成績を示す。

制条件と同様の方法で再生がなされた。この対提示条件では被験者は視覚と聴覚の数列を対にして記憶し、全ての数字の提示終了後に再生順序が指定され、まず最初に視覚あるいは聴覚数列（以下、先行再生数列と呼ぶ）を再生し、次いで聴覚あるいは視覚数列（以下、後続再生数列と呼ぶ）を再生することになる。ここで被験者は視覚と聴覚のどちらの数列を先に再生するかが事前に知らされないため、それらの記憶に際しては両方の数列に同程度の注意を配分することになる。統制条件では視覚数列と聴覚数列が8系列ずつ、合計で16系列がランダムに配置され、対提示条件では視覚数列が先に聴覚数列が後に再生される視覚先行・聴覚後続数列とその逆順で再生される聴覚先行・視覚後続数列が8系列ずつ、合計で16系列がランダムに配置された。

**実験手続き** 24名の被験者が統制条件と対提示条件を日を変えて2回繰り返した。初日と2日目の実験では異なる系列AとBが使用された。即ち、12名の被験者は初日に系列Aを2日目にはBを使用し、他の12名の被験者は初日に系列Bを2日目にはAを使用した。また、統制条件と対提示条件の測定順序は被験者間でカウンターバランスされた。

## 結 果

**統制条件** 図4aに示されているように統制条件における系列位置曲線を比較すると、聴覚（●）においては終末効果が明確に現れ、視覚（○）においては終末効果が僅かしか認められない。ここで、視覚数列と聴覚数列の平均再生率を、それぞれ $O(v)$ と $O(a)$ で表すと、前者は73%、後者は68%であり、 $O(v) > O(a)$ の関係がある。以上の結果は実験Iの結果に一致している。視覚と聴覚の成績、系列位置の成績、そして初日と2日目の練習効果を分析するために、(視覚と聴覚：2) × (系列位置：10) × (初日と2日目：2)の分散分析を行った。その結果、全ての主効果に有意差が認められた〔 $F(1, 920) = 11.5$ ,  $F(9, 920) = 20.3$ ,  $F(1, 920) = 45.1$ でいずれも  $p < 0.01$ 〕。また、(視聴) × (位置) および (位置) × (日) の交互作用が認められ〔 $F(9, 920) = 7.87$ ,  $2.53$ でいずれも  $p < 0.01$ 〕、(視聴) × (日) と (視聴) × (位置) × (日) の交互作用には有意差は認められなかった〔 $F(1, 920) = 2.94$ ,  $F(9,$



表2 統制条件の圧縮系列位置と対提示条件の出力系列位置の関数としての再生率および平均再生率。

|                | 視覚/聴覚 |       |       |       |       | 平均      |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|                | 1-2   | 3-4   | 5-6   | 7-8   | 9-10  |         |
| 圧縮系列位置<br>統制条件 | 87/87 | 78/64 | 73/57 | 64/54 | 62/77 | (73/68) |
| 出力系列位置<br>先行再生 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | (68/68) |
| 出力系列位置<br>後続再生 | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | (65/65) |

920) = 0.51でいずれも  $P > 0.05$ ]

**対提示条件** 図4bに示されているように、視覚先行・聴覚後続再生（太線）と聴覚先行・視覚後続再生（細線）にかかわらず、また先に再生されようと後に再生されようと、視覚（○）と聴覚（●）の系列位置曲線の形は統制条件における系列位置曲線に類似している。一方、視覚先行・聴覚後続再生と聴覚先行・視覚後続再生の平均再生率は共に67%であり、再生順序の逆転による平均再生率の差異は認められない。

### 統制条件と対提示条件の比較

対提示条件の再生率と比較するために、統制条件の系列位置曲線を圧縮する。即ち、統制条件における隣り合う2つの系列位置（例えば、1番と2番、3番と4番のように）の平均再生率を算出した。そして、表2に、圧縮系列位置の関数として、視覚の値を左側に、聴覚の値を右側に示す。また、表2には、先行再生と後続再生の再生率が出力系列位置の関数として視覚は左側に、聴覚は右側に示されている。まず最初に、統制条件における圧縮系列位置曲線の成績と対提示条件の先行再生の成績を比較し、次に対提示条件における先行再生と後続再生の成績を比較する。

**統制条件と先行再生の成績** 視覚数列については、先行再生の平均再生率  $[O(v_{1-5}) = 68\%]$  は統制条件の平均再生率  $[O(v) = 73\%]$  よりも低い。（統制条件と先行再生の数列：2）×（系列位置：5）×（初日と2日目：2）の分

散分析によると、(数列) および (位置) の主効果には有意差が認められ〔 $F(1, 460) = 3.90, p < 0.05, F(4, 460) = 13.1, p < 0.01$ 〕, (日) の主効果には有意差が認められなかった〔 $F(1, 460) = 2.83, p > 0.05$ 〕。そして、全ての交互作用に有意差は認められなかった〔 $F(4, 460) = 1.26, F(4, 460) = 1.00, F(1, 460) = 3.00, F(4, 460) = 0.56$ でいずれも  $p > 0.05$ 〕。従って、 $O(v) > O(v_{1-5})$  の関係が認められると結論される。一方、聴覚数列に関しては、先行再生の平均再生率〔 $O(a_{1-5}) = 68\%$ 〕は統制条件の平均再生率〔 $O(a) = 68\%$ 〕と等しい。視覚数列と同様の分散分析の結果、(数列) の主効果には有意差が認められず〔 $F(1, 460) = 0.08, p > 0.05$ 〕, (位置) および (日) の主効果には有意差が認められた〔 $F(4, 460) = 34.1, F(1, 460) = 32.5$ でいずれも  $p < 0.01$ 〕。そして、全ての交互作用に有意差は認められなかった。〔 $F(4, 460) = 1.29, 1.02, F(1, 460) = 0.22, F(4, 460) = 0.89$ でいずれも  $p > 0.05$ 〕。従って、 $O(a) \doteq O(a_{1-5})$  の関係が認められると結論される。

**先行再生と後続再生の成績** 対提示条件における先行再生と後続再生の成績を比較すると、視覚および聴覚に共通して、後続再生の平均再生率は先行再生の平均再生率よりも3%低い。しかし、次の分散分析で示されるように、先行再生と後続再生の間には有意差は認められない。即ち、(先行と後続再生：2) × (系列位置：5) × (初日と2日目：2) の分散分析の結果によると、(先後) の主効果には有意差は認められず〔視覚では  $F(1, 460) = 2.32$ , 聴覚では  $2.82$ でいずれも  $p > 0.05$ 〕, (位置) の主効果には有意差が認められた〔視覚では  $F(4, 460) = 17.5$ , 聴覚では  $29.8$ でいずれも  $p < 0.01$ 〕。そして、(日) の主効果に関しては視覚では有意差が認められないが〔 $F(1, 460) = 0.26, p > 0.05$ 〕, 聴覚では有意差が認められた〔 $F(1, 460) = 14.5, p < 0.01$ 〕。そして、全ての交互作用に有意差は認められなかった〔視覚では  $F(4, 460) = 2.32, 0.03, F(1, 460) = 0.21, F(4, 460) = 0.29$ , 聴覚では  $F(4, 460) = 0.19, 0.63, F(1, 460) = 1.29, F(4, 460) = 0.50$ でいずれも  $p > 0.05$ 〕。従って、 $O(v_{1-5}) \doteq O(v_{6-10})$  と  $O(a_{1-5}) \doteq O(a_{6-10})$  の関係が認められると結論される。

## 考 察

視覚と聴覚の系列位置曲線は統制条件と対提示条件に共通した形を示し、モダリティ効果が明確に現れた。このように統制条件のみならず、対提示条件においてもモダリティ効果が同様に現れる事実は、視覚と聴覚の記憶情報の処理の形式が異なるとする実験 I の知見を再確認するものである。以下において統制条件における成績を基準にして対提示条件の成績を検討し、聴覚情報の視覚記憶に及ぼす妨害効果について検討したい。

**聴覚数列の視覚数列に及ぼす記憶妨害の効果** 表 2 に示されるように、対提示条件において先行再生と保持時間が 6 秒間長い後続再生の成績の間には  $O(v_{1-5}) \doteq O(v_{6-10})$  と  $O(a_{1-5}) \doteq O(a_{6-10})$  の関係が認められた。この結果は保持時間の長短が成績に違いをもたらすとは言えないことを意味する。更に、保持時間の短い先行再生の成績と保持時間の長い統制条件の成績を比較すると、聴覚に関しては  $O(a) \doteq O(a_{1-5})$ 、視覚に関しては  $O(v) > O(v_{1-5})$  の関係が認められた。このように、 $O(v) > O(v_{1-5}) \doteq O(v_{6-10})$  と  $O(a) \doteq O(a_{1-5}) \doteq O(a_{6-10})$  の関係が認められた。この結果は、視覚数列とそれとは異なる聴覚数列を対にして記憶する場合、視覚数列の記憶は聴覚数列の記憶に対して何の影響も及ばさないが、聴覚数列の記憶は視覚数列の記憶に対して妨害効果を及ぼし視覚数列の成績を低下させることを意味する。更に、保持

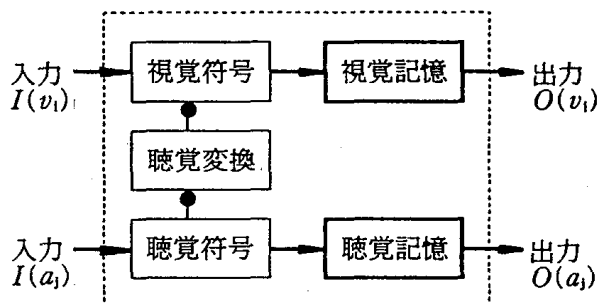


図 5 異なる数列が視覚と聴覚に同時に提示されたときの入力刺激と出力反応および記憶情報の流れ。聴覚的刺激に対する聴覚的符号が、聴覚変換と視覚的符号化を妨害し、視覚記憶の成績を劣化させる。この妨害効果が●で示されている。

時間の長短が成績に差異をもたらさないことは、この妨害効果が記憶の保持の段階ではなく、記録の段階、即ち符号化の段階で生じていることを示している。

**結論** 以上の考察から、異なる視覚数列と聴覚数列を対にして提示して記憶すると、視覚の記憶情報が聴覚記憶を妨害することはないが、聴覚の記憶情報が符号化の段階で視覚記憶を一方向的に妨害すると結論される。この結論と実験Iで得られた知見に基づいて、視覚数列とそれとは異なる聴覚数列を対にして記憶する場合の入力刺激と出力反応の関係、そして記憶情報の流れを図5に示す。ここで、聴覚数列  $I(a_j)$  が入力されると聴覚的符号化を受け聴覚記憶として定着し、反応  $O(a_j)$  として出力される。一方、視覚数列  $I(v_i)$  が入力されると視覚的符号化と聴覚変換を介した聴覚的符号化を受けるのであるが、聴覚数列から直接的に符号化された聴覚的符号の方が聴覚変換を介して間接的に符号化された聴覚的符号よりも強固なために、視覚的符号は聴覚的符号から妨害を受けながら視覚記憶として定着し、反応  $O(v_i)$  として出力される。

### 実験III：初期成分の聴覚記憶依存から 視覚記憶依存への移行

**目的** 視覚数列と聴覚数列の他に、同じ数列を視覚的および聴覚的に同時に提示する視・聴覚数列を用い、それらの数列の提示周期を長短に設定して系列再生を課する。そして、それらの数列に対して得られる系列位置曲線を比較して、初期成分および終末成分に見られる視覚記憶と聴覚記憶の相互作用を考察する。

## 方 法

**実験条件** 実験条件は、数列の提示周期の長短により、短周期と長周期の2つの提示条件に分かれた。数列の提示と再生の方法は実験IIの統制条件の場合と同じであったが、数列の提示周期が次のように設定された(図1aを参照されたい)。即ち、視覚数列は、1桁ずつ、短周期提示条件では提示時間

系列再生による視覚記憶と聴覚記憶の相互作用の検討

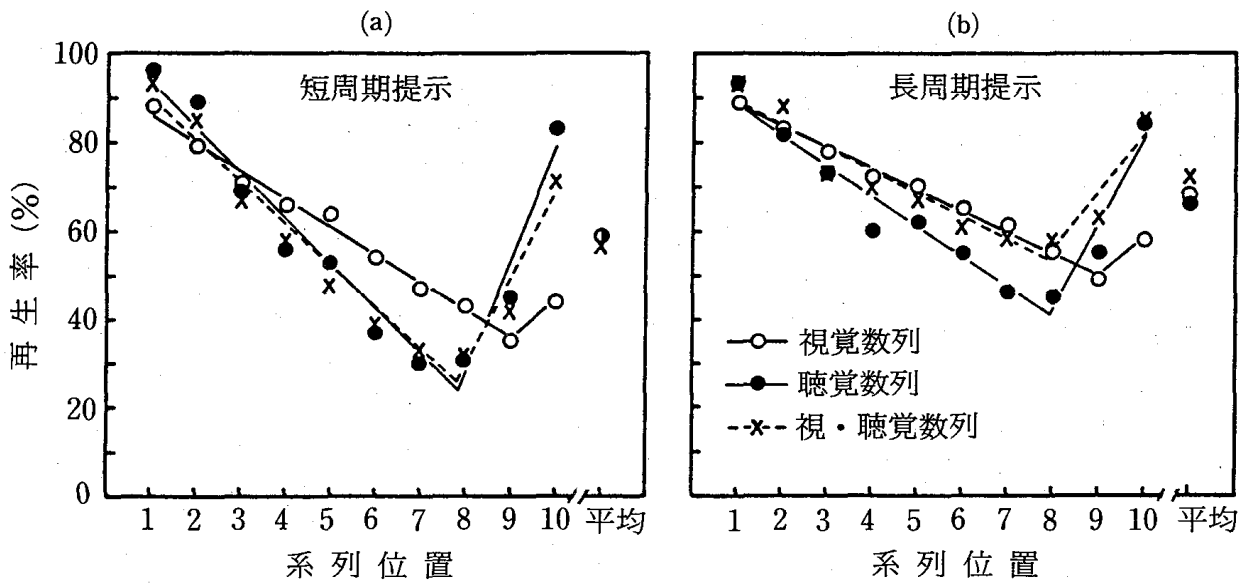


図6 短周期提示条件(a)と長周期提示条件(b)における視覚数列，聴覚数列そして視・聴覚数列に対する系列位置曲線および平均再生率。全ての系列位置曲線は初期成分と終末成分に分離され，それぞれの成分に直線が当てはめられている。

0.8秒，提示間隔0秒で，また長周期提示条件では提示時間0.8秒，提示間隔1.6秒で継時的に提示された。聴覚数列は短周期提示条件では0.8秒に1桁の割合で，また長周期提示条件では2.4秒に1桁の割合で提示された。そして，視覚数列と聴覚数列が同時に提示されて視・聴覚数列となった。短および長周期提示条件で用意された視覚数列，聴覚数列，視・聴覚数列は5数列ずつ合計15数列であり，それらがランダムに配置され使用された。

**実験手続き** 24名の被験者が短周期と長周期の両提示条件に参加し，それらを日を変えて2回繰り返した。実験IIの場合と同様に12名の被験者は初日に系列Aを2日目にはBを使用し，他の12名の被験者は初日にBを2日目にはAを使用した。また，短周期提示条件と長周期提示条件の測定順序は被験者間でカウンターバランスされた。

## 結 果

**短周期提示と長周期提示の比較** 図6 aとbに示されているように，提示周期を0.8秒から2.4秒へと延長すると平均再生率は次のように変化してい

る。即ち、数列の平均再生率を比較すると、視覚 (○) は59%から68%へ、聴覚 (●) は59%から66%へ、視・聴覚 (×) は57%から72%へと全ての成績が上昇している。因みに、(提示周期：2)×(数列：3)×(初日と2日目：2)の分散分析によると、(周期)と(日)の主効果には有意差が認められるが〔 $F(1, 276) = 19.8, 16.0$  でいずれも  $P < 0.01$ 〕、(数列)の主効果および(周期)×(数列)と(数列)×(日)と(周期)×(日)と(周期)×(数列)×(日)の交互作用には有意差が認められない〔 $F(2, 276) = 0.28, 1.18, 0.32, F(1, 276) = 1.01, F(2, 276) = 0.27$  でいずれも  $P > 0.05$ 〕。そして、短周期と長周期の提示条件に共通して、それぞれの系列位置曲線において初期成分と終末成分が現れている。

**短周期提示** 図6 aに示されているように、視・聴覚の系列位置曲線は視覚の曲線よりも、聴覚の曲線によく近似している。ここで、視覚の系列位置1—9には-6.3%の勾配をもつ直線が高い相関係数 ( $r = -0.99$ ) で当てはまり、最終系列位置で僅かな終末効果が現れている。一方、聴覚の系列位置1—8には-10%の勾配をもつ直線が当てはまり ( $r = -0.98$ )、その下降勾配は視覚の場合よりも大きい。そして、聴覚の系列位置8—10には勾配が26%の直線が当てはまり ( $r = 0.97$ )、顕著な終末効果が現れている。また、視・聴覚の系列位置1—8には-9.3%の勾配をもつ直線が当てはまり ( $r = -0.98$ )、8—10には20%の勾配をもつ直線が当てはまる ( $r = 0.96$ )。次に、これらの3本の系列位置曲線を系列位置1—8の初期成分と9—10の終末成分に分けて分析する。

初期成分の成績を視覚と視・聴覚の組、聴覚と視・聴覚の組に分けて検討する。ここで、短周期提示による視覚、聴覚、視・聴覚の初期成分の平均再生率を、それぞれ、 $O_r(v_{1-8})$ 、 $O_r(a_{1-8})$ 、 $O_r(av_{1-8})$ と表現する。視覚数列と視・聴覚数列の成績を(数列：2)×(系列位置：8)×(初日と2日目：2)の分散分析で検討すると、(数列)と(位置)と(日)の主効果および(数列)×(位置)の交互作用には有意差が認められるが〔 $F(1, 736) = 13.2, F(7, 736) = 48.5, F(1, 736) = 43.0, F(7, 736) = 2.59$  でそれぞれ  $P < 0.01, 0.01, 0.01, 0.05$ 〕、(位置)×(日)と(数列)×(日)と(数列)×(位置)×(日)

の交互作用には有意差が認められない〔 $F(7, 736)=1.09$ ,  $F(1, 736)=0.86$ ,  $F(7, 736)=0.24$  でいずれも  $P>0.05$ 〕。一方、聴覚数列と視・聴覚数列の成績を同様の分散分析で検討すると、(位置)と(日)の主効果には有意差が認められるが〔 $F(7, 736)=85.4$ ,  $F(1, 736)=26.1$  でいずれも  $P<0.01$ 〕、(数列)の主効果と(数列) $\times$ (位置)と(位置) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (位置) $\times$ (日)の交互作用には有意差が認められない〔 $F(1, 736)=0.18$ ,  $F(7, 736)=0.34$ ,  $1.07$ ,  $F(1, 736)=0.66$ ,  $F(7, 736)=0.53$  でいずれも  $P>0.05$ 〕。従って、 $O_r(v_{1-8}) > O_r(av_{1-8}) \doteq O_r(a_{1-8})$  の関係があると結論される。

次に、終末成分の成績を検討する。視覚数列と視・聴覚数列の成績を(数列:2) $\times$ (系列位置:2) $\times$ (初日と2日目:2)の分散分析で検討すると、(数列)と(位置)と(日)の主効果および(数列) $\times$ (位置)の交互作用には有意差が認められるが〔 $F(1, 184)=17.6$ ,  $22.3$ ,  $13.6$ ,  $5.94$  でそれぞれ  $P<0.01$ ,  $0.01$ ,  $0.01$ ,  $0.05$ 〕、(位置) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (位置) $\times$ (日)の交互作用には有意差が認められない〔 $F(1, 184)=0.61$ ,  $1.69$ ,  $0.13$  でいずれも  $P>0.05$ 〕。一方、聴覚と視・聴覚の系列位置の再生率を同様の分散分析で検討すると、(数列)と(位置)と(日)の主効果には有意差が認められるが〔 $F(1, 184)=4.35$ ,  $91.9$ ,  $4.35$  でそれぞれ  $P<0.05$ ,  $0.01$ ,  $0.05$ 〕、(数列) $\times$ (位置)と(位置) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (日)と(数列) $\times$ (位置) $\times$ (日)の交互作用には有意差が認められない〔 $F(1, 184)=1.88$ ,  $1.03$ ,  $0.43$ ,  $0.09$  でいずれも  $P>0.05$ 〕。従って、短周期提示条件における終末効果は聴覚で最も強く、次いで視・聴覚であり、視覚で最も弱いと言える。

**長周期提示** 図6bに示されるように視・聴覚の系列位置曲線は視覚と聴覚の系列位置曲線の包絡線に一致している。ここで、視覚の系列位置1-9には、-4.8%の勾配をもつ直線が当てはまる ( $r=-1.00$ )。一方、聴覚と視・聴覚の系列位置1-8には-6.8%と-5.2%の勾配をもつ直線が当てはまる ( $r=-0.97$ と $-0.95$ )。また、聴覚と視・聴覚の系列位置8-10には20%と14%の勾配をもつ直線が当てはまる ( $r=0.96$ と $0.94$ )。

次に、短周期提示条件と同様に初期成分の成績を視覚と視・聴覚の組、聴覚と視・聴覚の組に分けて検討する。ここで、長周期提示による視覚、聴覚、視・聴覚の初頭成分の平均再生率を、それぞれ $O_s(v_{1-8})$ 、 $O_s(a_{1-8})$ 、 $O_s(av_{1-8})$ と表現する。視覚数列と視・聴覚数列の成績を(数列: 2) × (系列位置: 8) × (初日と2日目: 2)の分散分析で検討すると、(位置)と(日)の主効果には有意差が認められるが[ $F(7, 736) = 22.1$ ,  $F(1, 736) = 15.0$ でいずれも $p < 0.01$ ]、(数列)の主効果と(数列) × (位置)と(位置) × (日)と(数列) × (日)と(位置) × (数列) × (日)の交互作用には有意差が認められない[ $F(1, 736) = 0.14$ ,  $F(7, 736) = 0.50, 0.81$ ,  $F(1, 736) = 0.06$ ,  $F(7, 736) = 0.05$ でいずれも $p > 0.05$ ]。一方、聴覚数列と視・聴覚数列の成績を同様の分散分析で検討すると、(数列)と(位置)と(日)の主効果に有意差が認められるが[ $F(1, 736) = 11.8$ ,  $F(7, 736) = 32.4$ ,  $F(1, 736) = 14.7$ でいずれも $p < 0.01$ ]、(数列) × (位置)と(位置) × (日)と(数列) × (日)と(位置) × (数列) × (日)の交互作用には有意差が認められない[ $F(7, 736) = 0.75, 0.75$ ,  $F(1, 736) = 0.05$ ,  $F(7, 736) = 0.30$ でいずれも $p > 0.05$ ]。従って、長周期提示条件における初期成分に関して、 $O_s(v_{1-8}) \div O_s(av_{1-8}) > O_s(a_{1-8})$ の関係があると結論される。

最後に、終末成分の成績を検討する。まず、視覚数列と視・聴覚数列の成績を(数列: 2) × (系列位置: 2) × (初日と2日目: 2)の分散分析で検討すると、(数列)と(位置)の主効果には有意差が認められるが[ $F(1, 184) = 26.1, 13.7$ でいずれも $p < 0.01$ ]、(日)の主効果と(数列) × (位置)と(位置) × (日)と(数列) × (日)と(数列) × (位置) × (日)の交互作用には有意差が認められない[ $F(1, 184) = 1.21, 2.57, 0.00, 1.45, 0.81$ でいずれも $p > 0.05$ ]。一方、聴覚数列と視・聴覚数列の成績を同様の分散分析で検討すると、(位置)の主効果と(位置) × (日)に有意差が認められるが[ $F(1, 184) = 54.5, 3.92$ で $p < 0.01, 0.05$ ]、(数列)と(日)の主効果と(数列) × (位置)と(数列) × (日)と(数列) × (位置) × (日)の交互作用には有意差が認められない[ $F(1, 184) = 1.90, 1.30, 1.04, 1.59, 0.81$ でいずれも $p > 0.05$ ]。従って、長周期提示条件における視覚の終末効果は視・聴覚よりも



弱く、聴覚と視・聴覚の終末効果は同程度であると言える。

## 考 察

提示周期の延長に伴い視・聴覚の系列位置曲線は聴覚の系列位置曲線から視覚と聴覚の系列位置曲線の包絡線へと変化した。このことは、提示周期の延長に伴い視・聴覚数列の初期成分が聴覚記憶依存から視覚記憶依存へと変化したし、終末成分は提示周期に関係なく聴覚記憶に依存していることを示唆している。以下、これらの点を検討したい。

終末成分の聴覚記憶依存と初期成分の聴覚記憶依存から視覚記憶依存への移行 短および長周期提示条件に共通して、視覚の系列位置曲線において終末成分は僅かにしか現れず、聴覚と視・聴覚の系列位置曲線においては顕著に現れた。そして、視・聴覚の終末成分は提示周期に関係なく聴覚と同程度に顕著であるので、この成分は聴覚記憶に起因していると結論される。

初期成分の成績は、短周期提示条件では  $O_r(v_{1-8}) \div O_r(av_{1-8}) \div O_r(a_{1-8})$ 、長周期提示条件では  $O_s(v_{1-8}) \div O_s(av_{1-8}) > O_s(a_{1-8})$  の関係を示した。一方、濱田 (1986) は数列の提示周期を本実験の中間 (1.6秒) にして系

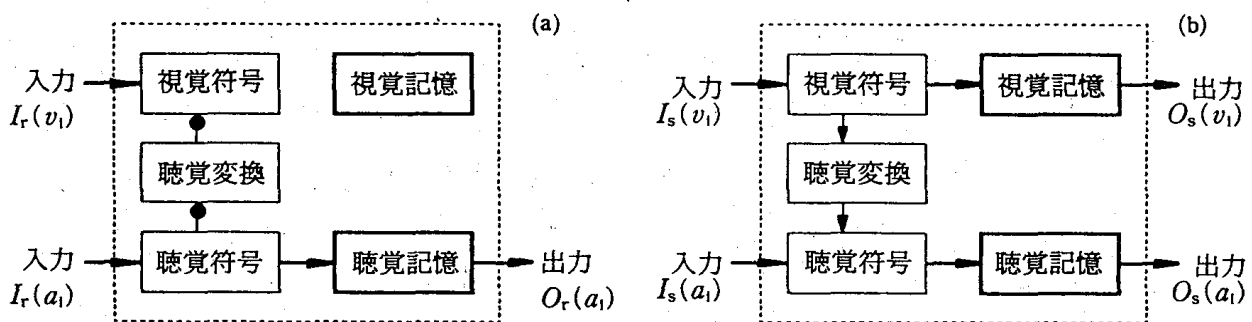


図7 短周期(a)と長周期(b)の提示条件で、同一の数列が視覚的および聴覚的に同時に提示されるときの入力刺激と出力反応および記憶情報の流れ。短周期提示では聴覚的刺激からの聴覚的符号が聴覚変換と視覚的符号を妨害する。長周期提示では視覚的刺激の視覚的符号と聴覚変換を介した聴覚的符号および聴覚的刺激の聴覚的符号が統合される。↓印と●印は視覚的符号が聴覚的符号へと変換される過程と妨害効果を示している。

列再生実験を行い視・聴覚の初期成分の成績が視覚と聴覚の間になること、即ち  $O_m(v_{1-8}) > O_m(av_{1-8}) > O_m(a_{1-8})$  の関係があることを示した。これらの結果は、視・聴覚数列に対する初期成分は、短周期提示においては劣った成績を示す聴覚記憶に依存し、長周期提示においては優れた成績を示す視覚記憶に依存することを示している。そして、視・聴覚の初期成分の成績が、提示周期を0.8秒から1.6秒を経て2.4秒へと延長すると、聴覚記憶依存から視覚記憶依存へと連続的に移行することを示している。

**結論** 以上の考察から、視・聴覚の終末成分の成績は、提示周期の長短にかかわらず、聴覚記憶に依存していると結論される。そして、視・聴覚の初期成分は、短い提示周期では成績の劣る聴覚記憶に依存し、長い提示周期では成績の優れた視覚記憶に依存すると結論される。ところで、視・聴覚数列の記憶において視覚の記憶情報が有効に寄与するためには比較的長い提示周期が必要である。しかし、短周期提示される視覚数列の初期成分の成績が優れていることを考慮すると、視覚の記憶情報の処理に長時間が要することが原因で、短周期提示される視・聴覚数列の初期成分の成績が劣化すると考えることはできない。この成績の劣化は、実験IIの対提示条件の場合と同様に、聴覚の記憶情報が視覚記憶に対して妨害効果を及ぼした結果である。この結論と実験Iおよび実験IIで得られた知見に基づき、短周期と長周期の各提示条件において、同一の視覚数列と聴覚数列が同時に提示される場合の入力刺激と出力反応、そして記憶情報の流れを図7に示す。短周期提示の場合(図7 a)、視覚数列  $I_r(v_i)$  が入力されてもその視覚的符号は聴覚変換の段階で聴覚数列  $I_r(a_i)$  の聴覚的符号によって妨害され、聴覚的反応  $O_r(a_i)$  だけが出力される。一方、長周期提示の場合(図7 b)にはこの妨害効果が消失し、逆に視覚数列  $I_s(v_i)$  の入力によって視覚的符号化と聴覚変換がなされ、同時に入力される聴覚数列  $I_s(a_i)$  に対する聴覚的符号と統合されて視覚的および聴覚的反応、即ち  $O_s(v_i)$  および  $O_s(a_i)$  が出力される。

## 全体的考察

系列再生を課した場合、視覚的文字刺激と聴覚的音声刺激に対する系列位置曲線の形が異なり、モダリティ効果が現れることは多くの研究によって指摘されている。本研究の実験結果の全てにおいても、聴覚の系列位置曲線は典型的なV字形曲線であり初期成分と終末成分が顕著に現れ、視覚の系列位置曲線には初期成分は現れたが終末成分は僅かしか現れなかった。そして、実験IIで示されたように、このモダリティ効果は視覚数列とそれとは異なる聴覚数列を対提示して記憶させた場合にも同様に現れた。この結果は、視覚的文字刺激と聴覚的音声刺激に対する記憶情報の処理形式が異なり、視覚記憶と聴覚記憶を相互に区別する必要があることを示している。ところで、Crowder & Morton (1969) 等のモダリティ効果に関する研究では、視覚と聴覚の系列位置曲線の初期成分の成績には差がみられず、その終末成分の成績が視覚よりも聴覚の方が良いことによってモダリティ効果が生ずるとされている。しかし、本研究で得られた平均再生率を比較すると、例外なく、視覚が聴覚よりも優れていた。特に、初期成分の成績は視覚の方が聴覚よりも優れていた。本研究と従来の研究の結果に見られるこの不一致は、本実験で採用した音信号に合わせて周期的に再生をさせる系列再生の方法に起因すると考えられるので、この不一致についてこれ以上考察することを差し控えることにする。

本研究の全ての実験結果において、視覚と聴覚の系列位置曲線は初期成分と終末成分に分離できた。そして、実験IIIの結果は、刺激の提示周期の延長に伴い視・聴覚数列の初期成分が聴覚依存から視覚依存へと変化し、終末成分は提示周期に関係なく聴覚によって規定されることを示した。この結果は、初期成分と終末成分が別々の記憶機構に起因することを示している。ところで、Atkinson & Shiffrinの自由再生実験の結果に基づくモデルにおいては、系列位置曲線は長期記憶を反映する初頭成分と短期記憶を反照映する新近成分に分離されると考えられている。ところで、終末部の項目は自由再生では比較的早く再生され、系列再生では最も遅く再生される。このように自由再

生と系列再生の方法には、項目の再生順序に関して大きな違いがあり、それらの系列位置曲線を等価なものとして見做すことはできない。更に、最も遅く再生される終末成分の記憶機構を短期記憶と呼ぶのは不適當である。従って、本研究では、系列再生によって得られた初期成分と終末成分が長期記憶と短期記憶の成分を反映していると結論せず、初期成分と終末成分をもたらす記憶機構は別の記憶機構であると結論する。

Loftus & Loftus は Conrad の音響的混同の知見等から短期記憶における文字系列に対する記憶情報は基本的には聴覚的形式を取っているとした。本研究で示されたように、聴覚数列は視覚的符号化の操作を受けないが、逆に視覚数列は聴覚的符号化の操作、即ち聴覚変換を受けると言う結果は、Loftus & Loftus 等の主張に矛盾しないと言えるであろう。しかし、本研究の実験結果はそれだけに止まらず、聴覚数列は聴覚的符号化を受け聴覚記憶として定着するが、視覚数列は視覚的符号化と聴覚変換を介した聴覚的符号化の操作を受け視覚記憶と聴覚記憶として定着することを示した。このように、文字系列に対する記憶情報が全面的に聴覚的形式を取っていると考えすることは困難であり、視覚的形式としての性質も備えていると考えなければならない。

### 全体的結論

以上の実験結果と考察から、視覚と聴覚の系列位置曲線はそれぞれ異なる記憶機構に起因する初期成分と終末成分に分離されると結論する。また、視覚と聴覚の記憶情報の処理形式は異なり、視覚記憶と聴覚記憶を区別する必要があると結論する。そして、人間の記憶系において、視覚あるいは聴覚的に提示される文字あるいは音声刺激を視覚および聴覚的符号へと変換する符号化の過程が存在すると結論する。更に、視覚的符号を聴覚的符号へと変換する聴覚変換の過程が存在するが、逆に聴覚的符号を視覚的符号へと変換する過程は存在しないと結論する。このように、視覚的文字刺激は視覚的符号化の操作と聴覚変換を介した聴覚的符号化の操作を受けて視覚記憶のみならず聴覚記憶として定着するが、聴覚的音声刺激は聴覚的符号化の操作だけを

受けて聴覚記憶として定着すると結論する。そして、この聴覚変換の過程を介して、視覚的反復学習と聴覚的反復学習の加算性と非加算性が生じ、視覚記憶と聴覚記憶の相互作用が生ずると結論する。

**謝辞** 本研究の遂行にあたり北海道大学今井四郎教授、大阪教育大学北尾倫彦教授、北海道大学阿部純一助教授から有益な討論を頂きました。また、本稿は濱田（1986, 1989, 1990 a, 1990 b）に基づいて新たな考察を加えたものである。これらの論文の審査の過程で「基礎心理学研究」「心理学研究」の審査者から貴重なコメントを頂きました。ここに記して謝意を表します。

### 引用文献

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. 1971 The control processes of short-term memory. *Scientific American*, 224, 82-90. アトキンソン, シフリン (著) 船津孝行 (訳) 1971 記憶をコントロールする機構 サイエンス 日本経済新聞社
- Baddeley, A. 1982 *Your Memory: A User's Guide*. Book Club Associates, London. バッドリー (著) 川幡政道 (訳) 1988 記憶力—そのしくみとはたらき 誠信書房
- Conrad, R. 1964 Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.
- Corballis, M. C. 1966 Rehearsal and decay in immediate recall of visual and aurally presented items. *Canadian Journal of Psychology*, 20, 43-51.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Crowder, R. G. & Morton, J. 1969 Precategorical acoustic storage(PAS). *Perception & Psychophysics*, 5, 365-373.
- Darwin, C. J., Turvey, M. T. & Crowder, R. G. 1972 An auditory analogue of the Sperling partial report procedure: Evidence for brief auditory storage. *Cognitive Psychology*, 3, 255-267.
- Gregg, V. 1986 An introduction to human memory. London: Routledge & Kegan Paul. グレグ (著) 梅本堯夫 (監修)/高橋雅延・川口敦生・菅真左子 (共訳) 1988 ヒューマンメモリ サイエンス社

- Greene, R. L. 1987 Stimulus suffixes and visual presentation. *Memory & Cognition*, 15, 497-503.
- 濱田治良 1986 順向および逆向復唱・再生条件におけるランダム数字列に対する視覚的記憶と聴覚的記憶の相互作用 基礎心理学研究 5, 55-61.
- 濱田治良 1989 記銘周期に依存する聴覚的初頭効果と視覚的初頭効果の優位性 基礎心理学研究 7, 85-89.
- 濱田治良 1990 a 短期記憶における視覚記憶と聴覚記憶の差異 心理学研究 61. (印刷中)
- 濱田治良 1990 b 反復学習に見られる視覚記憶と聴覚記憶の相互作用 (投稿中)
- Hebb, D. O. 1961 Distinctive features of learning in the higher animal. In J. F. Delafresbaye(Ed.), *Brain mechanisms and learning*. London: Oxford University Press. pp. 37-46.
- Imai, S. 1979 Die antizipative Natur der Wiedergewinnung aus dem menschlichen Gedächtnis: Die Wirkung von Aufgabenwechsel und- unterbrechung auf die Reproduktionsleistung. In F. Klix und K. -P. Timple (Eds.), *Arbeits-und Ingenieurpsychologie und Intersivierung*. Berlin: VEB, Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- 今井四郎・細田 聡 1988 ランダム数字列の反復学習における逆説的下降 心理学研究 59, 227-233.
- Loftus, G. R. & Loftus, E. F. 1976 *Human memory: The processing of information*. Lawrence Erlbaum Associate. ロフトス, ロフトス (著) 大村彰道 (訳) 1980 人間の記憶—認知心理学入門 東京大学出版会.
- Murray, D. J. 1966 Vocalization-at-presentation and immediate recall, with varying recall methods. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 9-18.
- Sperling, G. 1960 The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74, 1-29.
- Watkins, O. C., & Watkins, M. J. 1980 The modality effect and echoic persistence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 251-278.