反復学習に見られる視覚記憶と聴覚記憶の相互作用¹

徳島大学 濱 田 治 良

Interaction between visual and auditory memories in repetitive learning

Jiro Hamada (*Department of Behavioral Science, Faculty of Integrated Arts and Sciences, University of Tokushima, Minami-johsan-jima, Tokushima 770*)

A serial recall experiment under same- and cross-modality conditions was carried out according to Hebb's (1961) paradigm. Subjects memorized strings of nine digits in 18 trials, which were divided into early trials and late ones. Under the same-modality condition the strings used in the 18 trials were presented through the same modality, i.e., visual or auditory, whereas under the cross-modality condition the strings used in the early and late trials were presented through two different modalities. A repeated string and unrepeated strings were presented 3 and 6 times respectively in both early and late trials. The results showed that (1) repetitive learning in the same-modality occurred for both visual and auditory; (2) there was a non-additivity of cross-modal repetitive learning from auditory to visual, whereas there was an additivity of cross-modal repetitive learning from visual to auditory. We inferred that the visual inputs received both visual coding and auditory coding through an audio-transformation so as to be separately memorized in visual and auditory memories, whereas the auditory inputs were memorized in the auditory memory through the auditory coding alone.

Key words: serial recall, repetitive learning, visual memory, auditory memory, modality-specific coding, audio-transformation.

記憶の自由再生実験においては、被験者に例えば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再生率は相対的に高く、中央部の再生率は相対的に低い。系列の始めの部分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、系列の終わりの部分の単語の成績が相対的に良くなることは、それらの単語が最近に記憶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, 大村訳, 1980)。また、Atkinson & Shiffrin (1971) は、人間の記憶系には系列位置曲線の近成分に対応する短期記憶と初頭成分に対応する長期記憶の2つの過程が存

在するとするモデルを提案した。

系列再生実験においても系列の始めと終わりに位置する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。そこで、本研究では系列再生において系列の始めと終わり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。

ランダム英数字列を被験者に継時的に提示し系列再生を課すと、いわゆるモダリティ効果と呼ばれる現象が現れる。モダリティ効果とは聴覚的提示と視覚的提示の系列位置曲線の形が異なることを言う。即ち、聴覚的提示の場合には初期効果と終末効果が顕著に現れ、視覚的提示の場合には初期効果は現れるが終末効果は弱くなる (Murray, 1966; Corbalis, 1966; Crowder & Morton, 1969; Watkins & Watkins, 1980; 濱田, 1986, 1989; 今井・細田, 1988)。また、濱田 (1990b) は視覚的数字刺激と聴覚的音声刺激に対する記憶の相互干渉効果を検討するために、異なる2個の1桁数字を視覚的および聴覚的に組み合わせて5対の数字を一定の時間間隔で1対ずつ

¹ 本論文の執筆にあたり北海道大学文学部今井四郎教授、阿部純一助教授から有益な討論を頂きました。また、本研究の実験データは筆者の指導下で執筆された小池晴美氏の昭和61年度徳島大学教育学部卒業論文に基づいている。記して謝意を表します。

継時的に提示した。そして、被験者に、視覚の5桁数列を先に聴覚の5桁数列を後に再生させるか、あるいはその逆順に再生させるか、の系列再生を課した。その結果、異なる視覚的数字と聴覚的数字を対にして同時に記憶させた場合でも、初期効果は視覚的提示と聴覚的提示に程度の差はあれ共通して明確に現れたが、終末効果は聴覚的提示にのみ顕著に現れ視覚的提示では僅かにしか現れなかった。視覚的および聴覚的に提示されるランダム数列に関する系列位置曲線の形に現れる質的な差異と聴覚的記銘から視覚的記銘に働く妨害効果に基づき、彼は短期記憶における無意味数字列に対する視覚記憶と聴覚記憶の処理形式は異なるものであり、それらの記憶は比較的独立した形式を取っていると結論した。

また、ランダム数列の学習に対する反復提示の効果がHebb (1961) の実験によって示された。彼は被験者に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した。但し、この実験では同じランダム数列が3回目ごとに繰り返して提示された。その結果、繰り返して提示された同じ数列の成績は試行を反復するに従って動揺しながら上昇したが、繰り返されなかった数列の成績はほぼ一定であった。この成績の向上は一般に反復学習と呼ばれている。一方、今井・細田(1988)はランダム数列を視覚的に提示し、同じ数列をスペースを置いて反復学習する場合、成績は反復1回目から2回目へと上昇するが、2回目から3回目へと逆に下降することを見出した。そして、彼らはこの現象を逆説的の下降と呼んだ。このように逆説的の下降の現象は存在するが、Hebb と今井・細田の研究は、繰り返して提示されるランダム数列の成績が、聴覚的提示であれ視覚的提示であれ、同一のモダリティ内での反復学習によって向上することを示している。

しかし、ランダム数列から成る無意味刺激に対する視覚記憶と聴覚記憶が独立して存在し、それらの符号化の形式が異なるのであるならば、同じ数列の繰り返し提示をそれらのモダリティ間で初り換えた場合(即ち、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)、反復学習に何らかの差異が生ずることが予想される。

目 的

そこで、本研究では視覚的および聴覚的に提示される9桁のランダム数列を記憶材料にした系列再生を被験者に課し、まず第1に、異なるランダム数列の中に配置された同じランダム数列を同一モダリティ(視覚的あるいは聴覚的)で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かを検討する。第2に、これらのランダム数列の提示モダリティを視覚から聴覚へ、あるいは逆に聴覚から視覚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かを検討する。そして、同一モダリ

ティと交差モダリティによる提示で達成される成績を比較して、ランダム数列に対する視覚情報と聴覚情報の流れを考察し記憶系における情報処理の過程を解明する。

方 法

数列の作成 乱数表により、1から9までの数字を1個ずつ用いた9桁のランダム数列(例えば、739685142)を作成した。但し、これらの数列は連続する数(例えば56あるいは65のように)が隣合わないよう配慮して作成された。これらの数列はパソコン(沖電気 IF 800 model 20)に入力された後、ディスプレイ上に提示されてVTR(ソニー VO 2900)に録画され、その画像(縦6.0 cm、横4.5 cm)が再生されて視覚的数字刺激となった。同様に、ディスプレイ上に提示される数字が刺激作成者(女性)により朗読されてVTRに録音され、その音声は聴覚的音声刺激となった。

数列の提示と再生 提示開始の合図の後、9桁の数列が1.6秒に1桁の割合で継時的に、視覚的あるいは聴覚的に提示され、次いで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秒周期の音信号に合わせて1個ずつ、反応用紙に記入してなされた。再生の終了後5.0秒の空白期があり、次の試行が始まった。なお、視覚的数字は提示時間0.8秒、提示間隔0.8秒で提示され、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。

実験条件 実験はTable 1に示されるように数列の提示と再生を1試行とした18試行から成り、実験条件は数列の提示モダリティによって4種類に分類される。まず、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、交差モダリティ条件と同一モダリティ条件に分かれ、更に提示モダリティの違いにより次の4種類の実験条件に分かれる。即ち、同一モダリティ条件のうちで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のが視覚・視覚条件と聴覚・聴覚条件である。交差モダリティ条件のうち、数列の提示が前半9試行の視覚的提示から後半9試行の聴覚的提示へと切り換わるのが視覚・聴覚条件、それらが聴覚的提示から視覚的提示へと切り換わるのが聴覚・視覚条件である。

18試行で用いられる数列のうち、小文字で示されているvとaの数列は、それぞれ、視覚的あるいは聴覚的に提示される異なる数列であり、それらを用いる12試行を視覚的あるいは聴覚的統制試行と呼ぶ。大文字の英字で記されている6個の数列(第1, 第4, 第8, 第11, 第14, 第18試行の数列)は同じ数列から成る反復数列である。そして、試行の前半(第1, 第4, 第8試行)の反復数列をVあるいはAで示し、それらを用いる試行を視覚的あるいは聴覚的反復前半試行と呼ぶ。一方、試行の後半(第11, 第14, 第18試行)で反復数列を用いる試

Table 1
String of nine digits presented visually or auditorily and percent of correct recall (%)
under four experimental conditions

Conditions		Early trials									Late trials								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Same modality	Visual / Visual	V_{79}	v ₇₉	v ₇₄	V_{79}	v ₇₁	v ₇₁	v ₇₃	V_{87}	v ₇₁	v ₇₈	V_V	v ₇₂	v ₇₅	v ₈₉	V_V	v ₈₄	v ₇₅	V_V
	Auditory / Auditory	A_{68}	a ₆₆	a ₆₄	A_{76}	a ₆₂	a ₇₁	a ₆₅	A_{78}	a ₇₂	a ₇₀	A_A	a ₈₀	a ₅₈	a ₆₃	A_A	a ₆₇	a ₇₂	A_A
Cross modality	Visual / Auditory	V_{83}	v ₇₉	v ₇₇	V_{84}	v ₇₁	v ₇₆	v ₇₀	V_{81}	v ₇₁	a ₆₉	A_V	a ₇₁	a ₆₈	A_V	a ₆₉	a ₆₃	a ₇₁	A_V
	Auditory / Visual	A_{68}	a ₆₄	a ₇₀	A_{71}	a ₆₆	a ₇₁	a ₆₉	A_{78}	a ₆₅	v ₆₃	V_A	v ₇₆	v ₇₇	V_A	v ₆₉	v ₆₉	v ₇₃	V_A

Note. Small elite letters, v and a, indicate the unrepeated strings presented visually and auditorily, respectively. Capital italic letters without suffix, *V* and *A*, indicate the repeated strings presented visually and auditorily in early trials. Capital italic letters with suffixes, *v* or *a*, indicate the repeated strings in late trials. The suffix indicates the modality in the early trials. Elite and italic numerals refer to the performances for the unrepeated and the repeated strings, respectively.

行を視覚的あるいは聴覚的反復後半試行と呼ぶ。この後半試行のうち、同一モダリティ条件において視覚的あるいは聴覚的に反復提示される数列を *V_v* あるいは *A_a* と記し、交差モダリティ条件において反復提示される数列を、それぞれ、*V_a* あるいは *A_v* と記す（ここで、添字は前半の提示モダリティを表す）。

手続き 徳島大学の学生 48 名（男性 18 名、女性 30 名）が被験者として実験に参加した。4 種類の実験条件において、それぞれ、18 個の 9 桁数値が 2 種類ずつ用意され、被験者の半数が一方の 18 個の数値を使用し、残りの半数が他方の 18 個の数値を使用した。被験者は 4 種類の実験条件に 1 回ずつ参加した。各実験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。各実験条件の実施に先立って再生の方法に習熟するために、若干の練習試行を行った。復唱は声に出さずに、積極的に示すよう指示した。被験者は統制試行と反復試行の区別については何の指示も受けなかった。実験は VTR の画面の前 2.7 m の距離に 3 名以下の被験者が着席して実施された。1 つの実験条件の終了後、数分の休憩を挟んで次の実験条件を実施した。

結 果

各実験条件における 18 試行、それぞれ、の平均再生率を Table 1 に記す。それによると、反復数値の成績は試行を重ねるにつれて多少変動しながら向上する。また、視覚的提示と聴覚的提示ごとの系列位置曲線を Fig. 1a と b に示し、同時に図の右端に系列位置を込みにした平均再生率を示す。結果の分析に際しては、反応

用紙の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合う数字が入れ代わった場合などは全て誤答とした。まず最初に統制試行の成績を検討する。

統制試行

Fig. 1a と b に示されているように、統制試行における視覚的提示と聴覚的提示の系列位置曲線の形は異なり、モダリティ効果の存在が明らかである。ところで、統制試行の前半と後半を込みにした平均再生率は、視覚的提示では 73%（その内訳は視覚・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%）であり、聴覚的提示では 67%（同様に聴覚・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。このように、視覚の成績の方が聴覚よりも有意に良いかどうかを検定するために、（統制試行の前半又は後半：4）×（視覚と聴覚：2）×（系列位置：9）の分散分析²を行った。その結果、（統制試行の前半又は後半）の主効果には有意差が認められず [$F(3, 3384) = 0.29, p > .05$]、（視覚と聴覚）および（系列位置）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 $p < .01$]。また、（統制試行の前半又は後半）×（視覚と聴覚）と（視覚と聴覚）×（系列位置）の交互作用に有意差が認められたが [$F(3, 3384) = 3.89$; $F(8,$

² 本研究における統計的検定は全て被験者（48 名）を繰り返しとする 3 要因あるいは 2 要因の分散分析によった。

3 384)=21.2 でいずれも $p<.01$], (統制試行の前半又は後半)×(系列位置)と(統制試行の前半又は後半)×(視覚と聴覚)×(系列位置)の交互作用には有意差が認められなかった [$F(24, 3 384)=0.37$; $F(24, 3 384)=0.26$ でいずれも $p>.05$]. 統制試行において前半と後半の違いによる平均再生率の間には有意差が認められないので、これらの再生率を込みにした値を Fig. 1 に+印で示す。ここで、視覚的提示と聴覚的提示による統制試行の平均再生率を v と a で表すと、 $v>a$ の関係がある。

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、同じランダム数列の成績が3回の繰り返し提示により如何に変化したかが検討できる。ところで、同一および交差モダリティ条件における反復前半試行の平均再生率は、視覚的提示では82% (その内訳は視覚・視覚条件で82%, 視覚・聴覚条件で83%)であり、聴覚的提示では73% (同様に聴覚・聴覚条件で74%, 聴覚・視覚条件で72%)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定するために、(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、(反復前半試行)の主効果には有意差が認められず [$F(1, 1 692)=0.05$, $p>.05$], (視覚と聴覚)および(系列位置)の主効果には有意差が認められた [$F(1, 1 692)=44.0$; $F(8, 1 692)=30.8$ でいずれも $p<.01$]. また、(視覚と聴

覚)×(系列位置)の交互作用に有意差が認められたが [$F(8, 1 692)=5.01$, $p<.01$], (反復前半試行)×(視覚と聴覚)と(反復前半試行)×(系列位置)および(反復前半試行)×(視覚と聴覚)×(系列位置)の交互作用には有意差が認められなかった [$F(1, 1 692)=0.97$; $F(8, 1 692)=0.39$; $F(8, 1 692)=0.36$ でいずれも $p>.05$]. 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ため、これらの再生率を込みにした値を Fig. 1 に×印で示す。ここで、視覚的提示と聴覚的提示の反復前半試行の平均再生率を V と A で表すと、 $V>A$ の関係が有意に認められると言える。また、先の統制試行の成績と比較すると、 $V>A \equiv v>a$ の関係があると言える。次に、視覚数列と聴覚数列における反復学習を別々に検討する。

視覚的反復学習 Fig. 1a の視覚数列の統制試行 (+印)と反復前半試行 (×印)の再生率は、初期効果を示す系列位置 1—8 の間では直線的³に低下し、最終系列位置で僅かな終末効果が現れている。そして、反復前半試行 (×印)の平均再生率 ($V=82\%$)は統制試行 (+印)の平均再生率 ($v=73\%$)よりも9%高く、 $V>v$ の関係が

³ この区間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。

Fig. 1. Serial position curve and mean percent correct recall for the visual- and the auditory-strings (a and b). The plus signs (+) show the performance for unrepeated visual- and auditory-strings (v and a). The crosses (×) indicate the performance for repeated visual- and auditory-strings (V and A) in early trials. The filled circles (●) show the performance for the repeated visual- and auditory-strings (V_v and A_a) in the late trials under the same-modality condition. The open circles (○) indicate the performance for the repeated visual- and auditory-strings (V_a and A_v) in the late trials under the cross-modality condition.

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 $p < .01$]. また, それらの交互作用は認められない [$F(8, 846) = 0.32$, $p > .05$]. 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, これを視覚的反復学習と呼ぶ。

聴覚的反復学習 Fig. 1b 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 の初期効果を示す成分と系列位置 7—9 の終末効果を示す成分に分離される⁴. そして, 反復前半試行(×印)の平均再生率 ($A = 73\%$) は統制試行(+印)の平均再生率 ($a = 67\%$) よりも 6% 高く, $A > a$ 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 $p < .01$]. また, それらの交互作用は認められない [$F(8, 846) = 0.87$, $p > .05$]. 従って, 視覚数列の場合と同様に, 聴覚的反復学習が認められると言える。

同一モダリティ条件における反復学習の向上

同一モダリティ条件における反復後半試行の再生率⁵を Fig. 1 の●印で示す。そして, 系列位置を込みにした平均再生率を視覚的提示については V_V , 聴覚的提示については A_A で表すと, 前者は 91% で後者は 82% であり, $V_V > A_A$ の関係が明らかに存在する。

さて, 反復前半試行の成績と同一モダリティ条件における反復後半試行の成績を比較することにより, 視覚あるいは聴覚による継続的提示による成績の向上が検出される。Fig. 1a について, 視覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 ($V = 82\%$) と視覚的反復後半試行(●印)の平均再生率 ($V_V = 91\%$) の間の差は 9% である。(反復の前半と後半試行: 2) × (系列位置: 9) の分散分析によると(反復の前半と後半試行)と(系列位置)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 $p < .01$], それらの交互作用にも差が認められる [$F(8, 846) = 2.01$, $p < .05$].

一方, Fig. 1b について聴覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 ($A = 73\%$) と聴覚的反復後半試行(●印)の

平均再生率 ($A_A = 82\%$) の差は, 視覚的反復試行の場合と同様に, 9% である。(反復の前半と後半試行: 2) × (系列位置: 9) の分散分析によると(反復の前半と後半試行)と(系列位置)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 $p < .01$], それらの交互作用には差が認められない [$F(8, 846) = 1.01$, $p > .05$]. 従って, 反復試行を 3 回繰り返した後, 同一モダリティで更に 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。

交差モダリティ条件における反復学習の加算性

交差モダリティ条件における反復後半試行の再生率⁶を Fig. 1 の○印で示す。そして, 系列位置を込みにした平均再生率を視覚数列については V_A , 聴覚数列については A_V で表す。反復前半試行の成績と交差モダリティ条件における反復後半試行の成績を比較することにより, 視覚的提示と聴覚的提示の提示切り換えによる反復学習の加算量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えの効果を検討する。

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 Fig. 1a の視覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 ($V = 82\%$) と視覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 ($V_A = 83\%$) の間には明らかに差が認められず, $V_A \approx V$ の関係が存在する。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されることは無いと結論される。

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 Fig. 1b の聴覚的反復前半試行(×印)の平均再生率 ($A = 73\%$) と交差モダリティ条件における聴覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 ($A_V = 87\%$) の間には $A_V > A$ の関係が明らかに存在し, 反復学習の改善が認められる。従って, 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反復学習に加算されると結論される。また, 交差モダリティ条件における聴覚的反復後半試行(○印)の平均再生率 ($A_V = 87\%$) が同一モダリティ条件における聴覚的反復後半試行(●印)の平均再生率 ($A_A = 82\%$) よりも有意に高く, $A_V > A_A$ の関係がある。即ち, (同一と交差モダリティ条件: 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 $p < .01$].

⁴ 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。

⁵ 系列位置曲線に直線を当てはめると, 視覚的提示の系列位置 1—8 には勾配が -2.1% の直線 ($r = -0.96$) が, 聴覚的提示の系列位置 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。

⁶ 系列位置曲線に直線を当てはめると, 視覚的提示の系列位置 1—8 には勾配が -3.2% の直線 ($r = -0.94$) が, 聴覚的提示の系列位置 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。

.01]. そして、それらの交互作用は認められない [$F(8, 846) = .54, p > .05$]. この結果は、聴覚的提示から聴覚的提示へと提示モダリティが継続されるよりも、視覚的提示から聴覚的提示へとモダリティが切り換えられる方が後半の聴覚的反復学習が向上することを意味する。

考 察

本実験の結果から、同じ数列を視覚的あるいは聴覚的に繰り返して提示することによる反復学習の過程は次のように特徴づけられる。(1) ランダム数列に対する成績は聴覚よりも視覚による提示の方が良いが、同一モダリティで同じ数列を反復提示するとその成績は非反復試行の成績よりも向上し、視覚的ならびに聴覚的反復学習が認められた ($V_V > A_A \equiv V > A \equiv v > a$ の関係があった)。ここで統制試行に関して注目したい点はモダリティ効果に関してである。即ち、系列位置を込みにした平均再生率は聴覚的提示よりも視覚的提示の方が高かった。系列の初めの部分では視覚の成績が優ると言う視覚記憶の優位性は、濱田 (1986, 1989, 1990b) によって繰り返して示されている。しかし、従来の英語圏の被験者を対象にした系列再生の結果によると、初期効果の程度は視覚と聴覚の間で差が認められず、系列位置を込みにした成績は聴覚記憶の優位性を示している (例えば Gregg, 1988 参照)。この不一致は、被験者の使用言語による処理過程の違いを示しているかも知れない。即ち、系列の初めの部分の成績を英語圏と日本語圏の被験者の間で比較すると、視覚的提示では日本語圏の被験者の方が相対的に良いこと、あるいは逆に聴覚的提示では英語圏の被験者の方が相対的に良いことを示唆しているのかも知れない。一方、反復試行に関しては、Table 1 に示されたように、今井・細田の研究で報告された逆説的下降を確認することはできなかった。(2) モダリティを交差させて数列を提示する場合、聴覚的提示から視覚的提示へと切り換えると切り換え前に成立した聴覚的反復学習が後の視覚的反復学習に寄与せず、反復学習の非加算性 ($V_A \equiv V$ の関係) が現れた。(3) 逆に、視覚的提示から聴覚的提示へと切り換えた場合、切り換え前の視覚的反復学習がそれに続く聴覚的反復学習を向上させ、視覚的反復学習から聴覚的反復学習への加算性 ($A_V > A$ の関係) が現れた。(4) 後半の聴覚的反復学習は同一モダリティによる継続提示よりも異なるモダリティによる切り換え提示の方が効率的であった ($A_V > A_A$ の関係が認められた)。以下、これらの特徴を考察したい。

視覚モダリティと聴覚モダリティの間の情報伝達 反復前半試行の成績と交差モダリティ条件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認められた。即ち、聴覚数列に関しては $A_V > A$ の関係があるが、視覚数列に関しては $V_A \equiv$

V の関係があった。この $V_A \equiv V$ の関係は、モダリティを切り換えた後の視覚的反復学習が切り換え前の聴覚的反復学習へと加算されないことを示している。濱田 (1990b) が提案しているランダム数列に対する視覚記憶と聴覚記憶の独立性を考慮すると、この反復学習の非加算性は聴覚的音声刺激に対する情報が聴覚記憶には貯えられるが、視覚記憶には伝わらないことを示唆している。何故ならば、聴覚的音声刺激に対する情報が視覚記憶に伝達されて貯えられるならば、切り換え前の聴覚的反復試行の効果がそれに続く視覚的反復学習に何らかの形で貢献する筈である。しかし、実験結果はそのような効果を示さなかった。

一方、 $A_V > A$ の関係は、モダリティを切り換えた後の聴覚的反復学習が切り換え前の反復学習へと加算されることを意味する。このことから、視覚的数字刺激に対する情報は視覚記憶のみならず聴覚記憶にも伝わり、同じ数列を視覚的に繰り返して提示すると視覚的および聴覚的反復学習が同時に成立すると考えることができる。このようにして、後半試行で進行する聴覚的反復学習がそれに先立つ視覚的反復試行による聴覚的反復学習に累積されるので、交差モダリティ条件での聴覚的反復学習の加算性が可能になる。

以上のように、交差モダリティ条件における反復学習の加算性と非加算性は、無意味数字列の記憶におけるモダリティ間の情報の伝達が視覚モダリティから聴覚モダリティへと通じる経路を経て達成されること、そして逆方向の経路は存在しないことを示している。即ち、この種の記憶情報は視覚と聴覚のモダリティ間で双方向的に往来するのではなく、視覚から聴覚へと一方向的に伝わると結論される。

視覚的刺激と聴覚的刺激に対する符号化の過程 以上の考察および系列再生に関する一連の研究 (濱田, 1986, 1989, 1990b) に基づき、濱田 (1990a) は視覚記憶と聴覚記憶の前段階に符号化の過程を置く模型を提案した。そこで、本研究ではこれに準じた模型として Fig. 2 に示される模型を提案する。この模型では、視覚的数字刺激に対しては視覚的符号がなされ、それと同時に聴覚的変換の操作を受けて聴覚的符号化がなされ、それらの情報は視覚記憶と聴覚記憶の両方の記憶として別々に貯えられる、視覚的出力と聴覚的出力として再生されると仮定されている (Fig. 2a を参照されたい)。従って、同じ視覚数列の提示を繰り返すと視覚的反復学習のみならず聴覚的反復学習も同時に進行する。但し、聴覚的出力は弱く、無視しうると考える。これとは対照的に、聴覚的音声刺激に関しては聴覚的符号化だけがなされ、その情報は聴覚記憶としてだけ貯えられ、聴覚的出力として再生されると仮定されている (Fig. 2b を参照されたい)。従って、同じ聴覚数列の提示を繰り返すと聴覚的反復学習だけが

成立し、視覚的反復学習は成立しない。

以上のように考えると、交差モダリティ条件における反復学習の加算性・非加算性が無理なく説明できただけでなく、提示モダリティを聴覚から聴覚へと継続するよりは視覚から聴覚へと切り換える方が後半の聴覚的反復学習が強まること ($A_V > A_A$ の関係) も、次のように説明できる。ここで、反復学習は聴覚的提示 (反復試行前半の再生率は 73%) よりも視覚的提示 (同様に 82%) の方が良いことを考慮して、視覚的提示によって視覚的反復学習に並行しながら進行する聴覚的反復学習は聴覚的提示で直接的に生ずる聴覚的反復学習よりも学習効率が

高いと考える。このように仮定すると、反復試行後半の聴覚的反復学習は、聴覚的提示から直接的に生じた聴覚的反復学習に加算されるよりも視覚的提示により聴覚変換を通して到達した比較的高い水準の聴覚的反復学習に加算される方が、より一層強まると説明される。

Conrad の音響的混同の知見との比較 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として変換され、記憶されることを示した。そして、Loftus & Loftus (大村訳, 1980) はこの音響的混同

Fig. 2. Information flow from stimulus input to response output in visual modality (a), and in auditory modality (b), through a coding system and a memory system. When a visual string is input, the information is not only memorized as a visual memory through visual coding, but also as an auditory memory through an audio-transformation and auditory coding (a). On the other hand, when an auditory string is input, the information is memorized as an auditory memory only through the auditory coding. The boxes indicated by = and — indicate the visual and auditory systems respectively. Thick arrow, $\Rightarrow$, indicates direct information flow within one modality, whereas thin arrow, $\rightarrow$, indicates indirect information flow between the two modalities.

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。本実験で示された聴覚的音声刺激は視覚的符号化を受けないが、視覚的数字刺激は聴覚的符号化を受けると言う結果はこの Conrad 等の知見に矛盾しないと言えるであろう。しかし、本研究はそれだけに止まらず、視覚的数字刺激は聴覚変換を介した聴覚的符号化のみならず視覚的符号化を受けながら聴覚と視覚の両方の記憶として別々に貯えられることを明らかにした。但し、ここで問題になるのは Fig. 2a の流れ図のように符号化の過程以降での視覚記憶と聴覚記憶の完全な独立性を仮定すると、英語圏の被験者を対象にした Conrad の音響的混同をどのように説明できるかと言う点である。本実験では視覚記憶の優位性が現れたが、聴覚記憶の優位性が強力に現れる条件が存在するならば、その条件においては視覚記憶と聴覚記憶の独立性の下でも音響的混同は生ずるであろう。何故ならば、聴覚的変換を介して生じた誤りが記憶の段階後の再生の過程で視覚的出力と競合し、聴覚的出力が優勢になることが起こりうるからである。視覚と聴覚の優位性がどのような条件で生起するかの検討は今後の研究課題であろう。また、先にモダリティ効果に関連して考察したように、音響的混同が英語圏だけでなく日本語圏の被験者においても同様に生ずるかどうかも含めて、被験者の使用言語が異なれば記憶情報の処理過程に差異が現れるかどうかの検討も今後に残された課題である。

結 論 以上のように、同じ数列が同一のモダリティで継続して繰り返し提示される場合とモダリティを途中で切り換えた場合の反復学習の成績を比較した結果、反復学習は視覚的提示から聴覚的提示へと提示モダリティを切り換えると加算されるが、聴覚的提示から視覚的提示へと切り換えた場合には加算されないことが実験的に明らかになった。視覚的あるいは聴覚的に提示されるランダム数列に関する情報は独立に処理され、視覚記憶と聴覚記憶として別々に貯えられるとする知見 (濱田, 1990b) を前提にして、我々は視覚的数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を受けながら視覚記憶と聴覚記憶として別々に定着すると結論する。一方、ランダム数列から成る聴覚的音声刺激は聴覚的符号化だけを受けながら聴覚記憶として定着し、聴覚的符号を視覚的符号へと変換する操作はないと結論する。このようにして、無意味刺激としての数列の反復提示に基づいた視覚と聴覚のモダリティ間に生ずる学習加算性と学習非加算性は、モダリティに固有な符号化の段階とモダリティに固有な記憶の段階から構成される情報処理過程を通して、選択的に生ずると結論する。

引用文献

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. 1971 The control processes of short-term memory. *Scientific American*, **224**, 82-90.
- 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.
- Crowder, R. G., & Morton, J. 1969 Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception & Psychophysics*, **5**, 365-373.
- グレッグ V. 梅本堯夫 (監修) 高橋雅延・川口敦生・菅眞左子 (共訳) 1988 ヒューマンメモリ サイエンス社
- (Gregg, V. 1986 *An introduction to human memory*. London: Routledge & Kegan Paul.)
- 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 記憶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 1990a 系列再生による視覚記憶と聴覚記憶の相互作用の検討 徳島大学社会科学 研究, **3**, 165-194.
- 濱田治良 1990b 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**, 8-14.
- 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.
- 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.
- ロフタス G. R., ロフタス E. F., 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.
- (Loftus, G. R., & Loftus, E. F. 1976 *Human memory: The processing of information*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate.)
- Murray, D. J. 1966 Vocalization-at-presentation and immediate recall, with varying recall methods. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **18**, 9-18.
- Watkins, O. C., & Watkins, M. J. 1980 The modality effect and echoic persistence. *Journal of Experimental Psychology: General*, **109**, 251-278.