系列的事象の潜在的学習

広島大学¹ 水原幸夫²

Implicit learning of event sequence

Yukio Mizuhara (*Department of Psychology, Faculty of Education, Hiroshima University, Kagamiyama, Higashihiroshima 724*)

This research examined whether an event sequence of spatially ordered stimuli can be learned implicitly in a modified procedure of the task developed by Nissen and Bullemer (1987). A stimulus (asterisk) was presented in one of four spatial locations on each trial and subjects responded by pressing a corresponding key and they were not instructed to learn the sequence. In a 100-trial block, two kinds of 10-trial sequences, one was a repeating sequence and the other was a random one, occurred alternately. After eight blocks were administered, although all subjects were not aware of the presence of the repeating sequence, it was learned as assessed by performance measure, that is, reduction of reaction time. It is concluded that learning of the repeating sequence was implicit because subjects had neither intention to learn nor awareness of the repeating sequence.

Key words: implicit learning, learning of event sequence, awareness, performance measure.

人間が学習し遂行している行動は、機械の操作や言語の使用など、時系列的なものが多く含まれていることから、系列的事象の学習は古くから学習研究における重要な関心事の一つであった。最近この種の学習を取り扱ったものに Nissen & Bullemer (1987) による反応時間課題を用いた系列学習研究があり、彼らの実験パラダイムを踏襲した研究がいくつか行われている。

諸研究で問題とされているのは、注意と学習 (Cohen, Ivry, & Keele, 1990; Curran & Keele, 1993; Nissen & Bullemer, 1987)、事象系列の構造性と学習 (Cohen et al., 1990; Stadler, 1992)、学習システムの区分 (Perruchet & Amorim, 1992; Willingham, Nissen, & Bullemer, 1989) などである。そして、これらの諸研究の関心は、学習の意図がない上に、学習した内容や学習経験に対する気付き (意識性) がない場合の学習、すなわち潜在的 (implicit) な学習にある。系列学習の研究に限らず、潜在的な学習あるいは記憶は、学習・記憶研究における最近のトピックスの一つであり、(直接) プライミング研究を代表として盛んに研究されている (レビューとして例えば、Roediger, 1990, Schacter, 1987 など、また Reber, 1989 も参照)。

Nissen & Bullemer (1987) の先駆的研究で被験者に要求された課題は、CRT 上の水平軸上の 4 カ所に設定された位置のいずれかに提示される刺激 (アスタリスクの印) に対して、それらの位置に対応している四つの反応キーを用いてできるだけ速く反応することであった。これらの刺激の提示が、例えば D-B-C-A-C-B-D-C-B-A (4 カ所の刺激位置を左から順に ABCD とする) という系列に従い、それが反復される場合には、反応時間が訓練に伴い減少する。しかし、提示順序が毎回ランダムな場合はそのような反応時間の変化は見られなかった。

この反応時間課題においては、刺激系列を学習することや学習したことを報告することなどは被験者に要求していない。学習効果は、反応時間の変化すなわちパフォーマンスから間接的に測定される (Richardson-Klavehn & Bjork, 1988 参照)、この点に、この種の研究の特徴がある。このような間接的な学習測度が用いられていることに加え、同じ系列が反復されていることに被験者が気付いていないのに反応時間の減少が見られることから (Willingham et al., 1989)、この課題下における系列学習は潜在的である (Stadler, 1992)。

とはいえ、同じ系列が反復されれば、被験者の多くがそのことに気付く場合が多い。例えば、Nissen & Bullemer (1987) の研究においては、100 試行からな

¹ 現所属、日本学術振興会。

² 本論文の作成にあたり、御指導いただきました広島大学教育学部教授羽生義正先生に厚く感謝いたします。

る一つのブロック内では、10 試行からなる系列が 10 回反復提示された。このようにすると、そのブロックを 3, 4 回繰り返しただけで、ほとんどすべての被験者が系列の繰返しに気付いた。このように系列の反復に被験者が気付いている状態になると、潜在的な学習だけでなく、その中に顕在的 (explicit) な成分も含まれてしまうことになる。

この可能性を排除するためにいくつか方法が考えられる。その一つは、Nissen & Bullemer (1987) が第 4 実験で行ったように、健忘症者を被験者とする方法である。彼らの実験では、健忘症者 (コルサコフ症) は系列の反復に気付いたと報告することは全くないが、反応時間は減少した。すなわち、系列が反復することに気付かなくても学習が起こることが示されている。また、健常者を被験者とする方法として、Willingham et al. (1989) が行った方法がある。彼らは被験者に言語報告を求め、系列を再生できる程度によって、系列に関する顕在的知識の獲得の程度を査定し、それに基づき被験者を分類した。彼らはこの方法で、系列の繰返しに気付かないか、あるいは気付いていても再生はほとんどできない被験者においても反応時間は減少していくことを見出し、潜在的な学習の成立を示した。

Willingham et al. (1989) が行ったように、被験者の言語報告に基づき、系列の反復に気付いていない被験者を分離するのも一つの方法ではある。しかしながら本研究では、彼らの研究のようにいわば事後的に被験者を分離するのではなく、全員とはいかないまでも被験者の大半が系列の反復に気付かないような刺激系列を工夫し、系列的事象の潜在的学習を検討する。

刺激系列の構成については、Nissen & Bullemer (1987) の実験パラダイムを踏襲した先行研究では (例えば、Howard & Howard, 1989; Howard, Mutter, & Howard, 1992; Stadler, 1992; Willingham et al., 1989)、いずれにおいても、100 試行からなる一つのブロック内では、10 試行からなる同一系列が 10 回反復されている。従って被験者は系列の反復に気付きやすく、半数程度の被験者は一つか二つのブロックを経験しただけで、系列の反復に気付いた (Nissen & Bullemer, 1987)。本研究では、同一系列が繰返し生起していることを被験者に気付かれないようにするために、一つのブロックの中に、反復される系列のほかに、刺激の生起順序がランダムな系列も混在させてブロックを構成する³。反復される刺激系列が潜在的に学習されるのであれば、このような事態下においても、反復される系列に対する反応時間は、ランダム系列に対するそれよりも、より大きな減少を示すことが予想される。

以上に述べた反応時間課題の終了後に、系列の手がかり再生である生成課題を与え、反応時間課題とは異なる測度 (直接的測度) によっても系列学習を検討する。

以上、本研究の目的をまとめると、次のようになる。先行研究における (記憶の) 正常な被験者を対象とした場合の系列的事象の潜在的な学習は、言語報告から学習内容や経験に関する被験者の気付き (意識性) を査定し、気付きの有無で被験者を事後的に分離することでその成立が確認されてきた。本研究では、そのように事後的に被験者を分離する方法ではなく、被験者に与える刺激系列を操作することで、なるべくすべての被験者が、学習内容である刺激系列の存在に気付かないようにした条件を設定し、潜在的な学習が成立するかどうかを検討する。

方 法

被験者 大学生および大学院生 28 名 (男 20 名, 女 8 名) が実験に参加した。被験者は実験群 (18 名) と統制群 (10 名) に、無作為に分けられた。

装置と刺激 NEC 社製パーソナルコンピュータ PC-9801VX とカラーディスプレイ PC-KD853 を用いた。刺激は CRT 上に現れるアスタリスクの印で、これらは画面の下辺から 60 mm の高さの水平軸上に等間隔 (刺激間隔 48 mm) で設定された 4 カ所の位置 (左から順に A, B, C, D とする) のいずれかに、1 試行当たり一つずつ提示された。この刺激の位置と対応する反応キーが、キーボードの “X”, “C”, “>”, “?” のキーであり、これらには他のキーと区別しやすいように緑色のテープを貼っておいた。被験者はこれらのキーに両手の中指と人差し指をおいておくように教示された (左手の指は “X” と “C”, 右手の指は “>” と “?” のキー)。

課題 反応時間課題と生成課題があったが、実験群は両課題を、統制群は生成課題のみを受けた。

反応時間課題は、CRT 上に現れたアスタリスクの印に対応するキーをできるだけ速く、間違えずに押すというものであった。正反応の場合はアスタリスクの印が消え、500 ミリ秒後に次の位置の刺激が現れた。誤反応の場合は正しいキーを押すまで、もとの刺激は提示されたままであった。

この課題のために、100 試行からなるブロックを八

³ 著者が論文を投稿した時点 (編集部受稿 1993 年 10 月 27 日) では、本研究と同様のデザインで行われた先行研究はなかったが、その後公刊された Stadler, M. A. Implicit serial learning: Questions inspired by Hebb (1961). *Memory & Cognition*, 1993, Vol. 21, No. 6 (November), 819-827 の実験 1 において、本実験とほぼ同様の実験条件が設定されたことを記しておく。

つ用意した。各ブロックには反復系列とランダム系列が提示される試行が含まれていた。その構成は以下のようであった。まず、100 試行を 10 試行ごとのセットに分割し、このうち奇数セットには反復系列が、残りの偶数セットにはランダム系列が割り当てられた。反復系列は 10 試行からなり、D-B-C-A-C-B-D-C-B-A という順序で刺激が生じた。但し、どの系列位置の刺激からこの系列が始められるかは、ブロックごとにランダムにした。ランダム系列は、同じ位置の刺激が連続して生じないという条件のもとで、ランダムな順序で生じるものであった。各セットの始まりにも終わりに、そのことを示す刺激を何も提示しなかった。従って、系列に関する何らかの情報がない限りは、被験者にとっては 100 試行が連続しているように見えた。

生成課題は、ある位置に刺激を提示し、その次にどの位置に刺激が現れるのかを予測し、その位置のキーを押すことであった。正反応の場合は、もとの刺激は消え、500 ミリ秒後に次の刺激が提示された。誤反応の場合は、正しいキーを押すまでもとの刺激は提示されたままであった。ここでは反応時間は記録せず、正反応率だけが測度とされた。この課題で用いた系列は、反応時間課題で用いた反復系列と同じであり、10 試行からなるこの系列が 10 回繰り返されるブロック（すなわち 1 ブロック 100 試行）を 2 回行った。

手続き 反応時間課題の施行に際しては、被験者を装置の前に座らせた後に、両手の人差し指と中指を指定したキーの上に置くこと、それらのキーに対応した CRT 上の位置のいずれかにアスタリスクの印が提示されること、そしてその位置のキーをできるだけ速く、間違えずに押すことという教示を与えた。教示では、刺激系列の性質（刺激の生起順序など）に関しては一切伝えなかった。各ブロックは、被験者自身がスペースキーを押すことによって始められた。それぞれのブロック終了後、30 秒程度の休憩をとり、被験者のペースで次のブロックが開始された。また、休憩中には、何か課題について気付いたことがあるかどうか、被験者に言語報告を求めた。

8 ブロックの反応時間課題が終了し、休憩をとった後、生成課題を行った。ここでの教示は、今後の課題はそのとき提示されている刺激の次にはどの位置に刺激が現れるかを予測するものであること、反応の速さは課題には関係なく、正確に予測することだけを心がけること、というものであった。

結 果

反応時間課題において、8 ブロック全体の正反応率の平均が 90% を下回った被験者 5 名のデータを除外

したので、以下の分析における実験群のデータは 13 名分のものである。

反応時間課題 誤反応試行および各ブロックの第 1 試行の反応時間を分析から除外した。ブロック第 1 試行の反応時間を除外したのは、この試行がブロック開始のために被験者がスペースキーを押した直後であり、この試行の反応時間が他の試行に比べ相対的に長くなったためである。次に、被験者ごとに、各ブロック内の 10 個のセットそれぞれについて平均反応時間を算出し、更に反復系列セット、ランダム系列セットごとに各ブロックでの平均反応時間を算出した。以上のように算出した各被験者についての反応時間を、実験群全体の平均で示したのが、Figure 1 である。第 1 ブロックでは両系列に対する反応時間はほぼ同じである。しかし、第 2 ブロック以降は、ランダム系列に対してよりも、反復系列に対する反応時間の減少度が大きいことがうかがわれる。第 1 ブロックでの反応時間から第 8 ブロックでの反応時間を減じたものを反応時間の減少の程度とすると、反復系列では 57 ミリ秒であるが、ランダム系列では 27 ミリ秒であった。

系列の種類（反復とランダム）×ブロックの 2 要因分散分析を行ったところ、系列の種類 [$F(1, 12) = 64.77, p < .0001$] とブロック [$F(7, 84) = 10.95, p < .0001$] の主効果、そして系列の種類×ブロックの交互作用 [$F(7, 84) = 6.10, p < .0001$] のいずれもが有意であった。

交互作用が有意であったので、下位検定を行いそれぞれの要因の単純主効果を算出した。その結果、系列の種類の効果が第 2 ブロック以降においてすべて有意であり（すべて $p < .01$ ）、これらのブロックでは反復系列に対する反応時間の方が短かったことが示された。また、ブロックの効果はどちらの系列に対しても有意であった（いずれも $p < .001$ ）。

次に、それぞれの系列に対する反応時間をブロック

Figure 1. Mean reaction times in milliseconds in each block. (Filled circles=repeating sequence; open circles=random sequence.)

Table 1
Mean percent correct during reaction time task

Sequence	Block							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Repeating	97.4	95.7	95.5	94.9	93.5	96.6	96.0	95.7
Random	92.3	92.9	94.0	92.5	92.5	91.1	89.7	93.1

間で比較した (Newman-Keuls 法: 5%水準)。その結果、反復系列においては、第1ブロックと第2-8ブロックの間、第2, 3ブロックと第7, 8ブロックの間の反応時間に有意差があった。ランダム系列においては第1ブロックと第2-8ブロックの間に有意差が見られただけであった。この結果は、反復系列に対しては、後半のブロックでも反応時間が減少していくが、ランダムブロックに対しては、このような傾向がないことを示している。このことを裏づけるために、第1ブロックを分析から除外し、第2ブロック以降のデータだけで分散分析を行った。その結果、ブロックの単純主効果が反復系列に対しては有意である ($F(6, 144) = 4.38, p < .001$) が、ランダム系列に対しては有意な効果が見られなかった。これは、反復系列に対して第2ブロック以降でも反応時間が減少しているが、ランダム系列に対しては変化していないことを示している。これらのことから、ランダム系列に対する第1ブロックから第2ブロックへの反応時間の減少は、課題全般に対する練習効果を反映したものであると言える。一方で、反復系列に対する反応時間の減少は、練習効果に加えて、系列の学習の進行を反映しているものであると言える。

正反応率 反応時間課題遂行中における両系列に対する正反応率をブロックごとに示したものが Table 1 である。全体的に反復系列を受けているときの方が、ランダム系列のときよりも正反応率が高い。被験者ごとに正反応率を角変換した後、系列の種類×ブロックの分散分析を行ったところ、系列の種類の主効果 [$F(1, 12) = 29.34, p < .001$] と系列の種類×ブロックの交互作用 [$F(7, 84) = 2.51, p < .05$] が有意であった。系列の種類の効果があったことは、反復系列を受けていたときの正反応率が、ランダム系列のときよりも高かったことを示している。交互作用が有意であったが、下位検定をしたところ、ブロックの単純主効果が反復系列において有意であった。この系列に対する正反応率がブロックの進行に伴い常に増加あるいは減少する傾向が見られないことから、この効果が有意であったのは、ブロックごとでの正反応率の変動が、ランダム系列に対してよりも大きかったためであろう。

言語報告 各ブロック間の休憩中に被験者に課題について気付いたことを報告させたが、同じ系列が繰返し生起していることを報告した被験者は1人もいなかった。従って、同一ブロック内に反復系列とランダム系列を混在させ、系列の繰返しに気付くことを妨害するという当初の目的は果たせたとと言える。

生成課題 実験群と統制群における生成課題の正反応率の推移を Figure 2 に示す。各ブロックには 100 試行含まれていたが、それを 10 試行ごとのセットに分割して表してある。先行経験のない統制群は当然のことながら、ブロック1の第1セットでは正反応率はチャンスレベル (33%) であり、その後正反応率が上昇していく。一方、反応時間課題中に既に反復系列を経験していた実験群は、生成課題初期においても正反

Figure 2. Mean percent correct in Block 1 (upper) and Block 2 (lower) of the generate task. (Filled triangles=Experimental Group; open triangles=Control Group.)

応率はチャンスレベルを上回っており、また一貫して統制群よりも正反応率が高い。各被験者の正反応率を角変換した後に、ブロックごとに群×セットの分散分析を行ったところ、両ブロックとも群とセットの主効果が有意であった（ブロック 1: 群 [$F(1, 21) = 7.22, p < .05$]; セット [$F(9, 189) = 7.79, p < .0001$]; ブロック 2: 群 [$F(1, 21) = 13.03, p < .01$]; セット [$F(9, 189) = 3.72, p < .001$]) が、交互作用は有意ではなかった。

考 察

本研究では、Nissen & Bullemer (1987) 以降、一連の系列学習研究で用いられてきた刺激系列に、反復される系列とランダム系列を混在させるという操作を加え、被験者が反復系列の存在に気付くことを妨害した事態での系列学習を検討した。その結果、反応時間の変化（パフォーマンス）を学習の測度とした場合、反復系列に対する反応時間の減少がランダム系列に対するそれよりも大きく、反復系列が学習されていたことが示された。ここでの学習が潜在的に生じたことは、刺激系列を学習するには被験者に教示せず、刺激に対する反応だけを要求したこと（学習の意図性の欠如）、同一系列の反復に気付いた被験者が全くいなかったこと（学習内容あるいは経験に関する意識性の欠如）によって裏づけられる。

このように系列の反復に関する意識性がなくても学習が成立することは、先行研究（Nissen & Bullemer, 1987; Willingham et al., 1989）でも示されていたことであり、本研究でもそのことが確認された。本研究の結果で特筆すべき点は、健忘症者を被験者として（Nissen & Bullemer, 1987; 実験 4）、被験者を事後的に分離した（Willingham et al., 1989）先行研究とは異なり、学習材料である刺激系列そのものに操作を加え、潜在的な学習の成立を示したことである。

以上、本研究では、学習内容あるいは経験に関する被験者の意識性を妨害する刺激系列を用いても、先行研究と同じく、潜在的な学習の成立を示し得た。しかしながら、先行研究の結果と比べた場合、いくつかの相違点が挙げられる。以下では、反応時間と生成課題それぞれについて考察する。

まず反応時間に関しては、反復系列に対する反応時間の減少度が——統計的に検定するわけにはいかないので本研究と先行研究の反応時間の差異は相対的なものでしかないが——先行研究に比べて少なかったことが挙げられる。本研究ではブロック 1 からブロック 8 にいたるまでの反復系列に対する反応時間の減少は 57 ミリ秒であった。しかしながら、同じ系列を用い同程度の訓練を施した先行研究では、おおよそ 100 ミ

リ秒かあるいはそれ以上の反応時間の減少が見られる（Howard & Howard, 1989; Howard et al., 1992; Nissen & Bullemer, 1987; Willingham et al., 1989）。これは、本研究で用いたいわば特殊な刺激系列のためであろう。系列の反復に関する意識性あるいは刺激の生起順序に関する顕在的な知識は、系列学習の成立に不可欠な条件ではないことが本研究でも示された。しかし、顕在的な知識は、系列学習を促進する条件であることが Willingham et al. (1989) で示唆されている。本研究では、系列の学習は成立するにはしたが、反復系列とランダム系列を混在させ、被験者が系列の反復に気付かないようにしたことにより（つまり顕在的な知識の獲得を妨害したことにより）、ある程度のパフォーマンスの向上が妨げられたと考えられる。

次に生成課題についてであるが、本研究では生成課題における実験群の成績は、統制群よりも優れていた。実験群の被験者は、反応時間課題中には誰も系列の反復に気付いていなかったのも、生成課題の成績は統制群とほぼ等しくなることが予想される。事実、Willingham et al. (1989) では、反応時間課題中に系列の反復に気付かなかった被験者の生成課題における成績は、生成課題のみを受けた統制群の成績と差異が見出されなかった。なぜ、本研究においては、反応時間課題中に系列の反復に気付かなかった被験者の生成課題の成績が統制群より優れていたのかは不明であり、今後の検討課題の一つである。生成課題は、課題の性質から見ると手がかり再生であるので、先行研究（例えば、Howard & Howard, 1989; Howard et al., 1992; Willingham et al., 1989）では顕在的な記憶の測度とされている（但し研究者により測度を分類する際の用語法の相違はある）。しかしながら、このことに関しては、生成課題において被験者に先行経験を想起してそれを産出するには教示していないので、実験手続的にはむしろ潜在的な記憶の測度であるはずであるという指摘もある（Perruchet & Amorim, 1992）。本研究においても、生成課題では、反応時間課題の際に既に経験した系列が提示されるとは一切教示せず、ただ単に刺激の生起を予測するようにだけ教示した。そのため潜在的に学習した刺激系列の生起順序を、潜在的な測度を用いて測定していたことになるのならば、実験群の成績が統制群を上回っていたのはむしろ当然であったのかもしれない。生成課題に関しては、教示の有無がパラドキシカルな効果を有している可能性もあり、今後更に検討する必要があるであろう。

引用文献

- Cohen, A., Ivry, R. I., & Keele, S. W. 1990 Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **16**, 17-30.
- Curran, T., & Keele, S. W. 1993 Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **19**, 189-202.
- Howard, D. V., & Howard, J. H. 1989 Age differences in learning serial patterns: Direct versus indirect measures. *Psychology and Aging*, **4**, 357-364.
- Howard, J. H., Mutter, S. A., & Howard, D. V. 1992 Serial pattern learning by event observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **18**, 1029-1039.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. 1987 Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, **19**, 1-32.
- Perruchet, P., & Amorim, M. 1992 Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **18**, 785-800.
- Reber, A. S. 1989 Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, **118**, 219-235.
- Richardson-Klavehn, A., & Bjork, R. A. 1988 Measures of memory. *Annual Review of Psychology*, **39**, 475-543.
- Roediger, H. L. 1990 Implicit memory. *American Psychologist*, **45**, 1043-1056.
- Schacter, D. L. 1987 Implicit memory: History and current status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **13**, 501-518.
- Stadler, M. A. 1992 Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **18**, 318-327.
- Willingham, D. B., Nissen, M. J., & Bullemer, P. 1989 On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15**, 1047-1060.

——1993. 10. 27 受稿, 1994. 5. 7 受理——