

逸脱刺激を含む系列反応時間課題における系列学習

山本文枝・宮谷真人

(2001年9月28日受理)

Sequence learning with deviant stimuli in a serial reaction time task

Fumie Yamamoto and Makoto Miyatani

In a typical serial reaction time task developed by Nissen and Bullmer (1987), acquisition of the event sequence is assessed by verbal reports and performance change with a repetition of fixed serial pattern. Eimer, Goschke, Schlaghecken, and Stürmer (1996) reported that when one item of a repeatedly presented 10-item sequence was replaced by a deviant item, knowledge of sequence was reflected in a faster reaction times for standard compared with deviant items and in an enhanced ERP negative component for deviant items. In this experiment, sequence learning with deviant stimuli in a serial reaction time task was evaluated with and without a concurrent tone-counting task. The results showed that the shorter and less repetitive sequence compared to Eimer et al. (1996) replicated their effects in performance measures. This confirmed the validity of a deviant-stimulus-paradigm and usefulness of psychophysiological measures to evaluate explicit and implicit aspects of and the role of attention in sequence learning.

Key Words: Sequence learning, Serial reaction time task, Deviant stimuli

キーワード：系列学習，系列反応時間課題，逸脱刺激

我々の認知活動や行動における系列的秩序の問題は、心理学における重要な研究課題の一つである (Lashley, 1951). 情報や行動の系列化は人間の基本的能力 (Clegg, Digirolamo, & Keele, 1998) であり、その獲得の過程を調べることは、人間の認知や行動の性質を明らかにするために不可欠であると考えられる。系列的な事象に関する学習は、非意図的に生じる潜在的な学習として、その機序について古くから研究がなされており (水原, 1994; 水原・石田, 1998), 近年では、Nissen & Bullemer (1987) によって考案された系列反応時間課題 (serial reaction time task, 以下 SRT 課題) を用いた検討が行われている (Cohen, Wasserman, & Soroker, 1997; Hsiao, & Reber, 1998).

SRT 課題とは、例えば次のような課題である。被験者の前に置かれたスクリーンあるいは CRT に、刺激の呈示位置を示す 4 つの印 (線分) が横一列に呈示される。被験者は、その印の上のどこかに刺激 (*) が呈示されると、それぞれの位置に対応するキーをできるだけ早く押して反応する。刺激が出現する位置はあら

かじめ決められており、向かって左から A, B, C, D とすると、例えば D-B-C-A-C-B-D-C-B-A (これを刺激系列とよぶ) となる。ただし、刺激が出現する位置に順序性があることは被験者に知らせない。1 つの実験ブロック内で、この系列が何度か (6~10 回程度) 繰り返し呈示される (反復系列)。被験者は、反復系列ブロックを複数回続けて実行する。このような事態で、刺激呈示から被験者のキー押しまでの反応時間を記録すると、実験ブロックが進むにつれて、各ブロックの平均反応時間は次第に短縮するが、途中で刺激系列の順序性をなくし、ランダムな位置に呈示する (ランダム系列) ように変更すると、反応時間は長くなる。この結果は、刺激系列の繰り返しによって、被験者が刺激の順序性に関する何らかの学習を行ったことによるものであると考えられている。多くの研究で、ランダム系列ブロックとその直前の反復系列ブロックの反応時間の差が、学習量の指標とされてきた (Willingham, Greenberg, & Thomas, 1997).

Nissen & Bullemer (1987) は、系列学習における

注意の役割について検討するために、SRT 課題と同時に二次課題を被験者に課した。二次課題として、SRT 課題の視覚刺激に対して被験者が反応するのとほぼ同時に高さの異なる2種類の音刺激を呈示し、被験者には、あらかじめ指定した高さの音が1ブロック中に何回呈示されるかを教えさせた(計数課題)。計数課題条件では、SRT 課題を単独で行う場合に比べ、反応時間が全体的に遅延し、ランダム系列ブロックとその直前の反復系列ブロックとの反応時間の差が消失した。彼らは、二次課題を課した条件で系列学習が生じなかった原因を、二次課題の遂行には注意の配分が必要であり、それによって系列学習が妨害されたためであると考えた。

一方、Stadler (1992, 1993, 1995) は、二次課題である計数課題が刺激系列の学習を妨害するのは、学習に必要な注意配分を減少させるためではなく、SRT 課題における系列の構造化が行われにくくなるためであると考えた。まず、Stadler (1992) は、刺激系列の冗長性(系列内で同一の位置の組み合わせが繰り返して出現する頻度)が学習量に影響し、冗長性が大きいほど系列学習が生じやすいことを示した。また、通常のSRT 課題では、視覚刺激に対する反応から次の視覚刺激の呈示までの間隔(response-stimulus interval, RSI)は一定であるが、Stadler (1993) は、RSI が長い試行をランダムに挿入することによって、系列学習が妨害されることを見いだした。RSI が長い試行を規則的に挿入しても妨害効果はないことから、Stadler (1993) は、RSI の長い試行がランダムに挿入されることによって、系列の構造化が困難になり、学習の妨害が生じたと考えた。

さらに、Stadler (1995) は、Nissen & Bullemer (1987) が用いた計数課題条件に加え、SRT 課題遂行中に文字リストを保持しておく条件(記憶負荷条件)と、Stadler (1993) と同様のRSI の長い試行をランダムに挿入する条件(ポーズ挿入条件)で、系列学習の学習量を比較した。その結果、3条件ともSRT 課題を単独に遂行する条件に比べて学習量が低下した。低下の程度は記憶負荷条件で最も小さく、計数条件とポーズ挿入条件ではほぼ同程度であった。Stadler (1995) は、①注意の配分を必要とする記憶負荷条件で計数課題条件よりも大きな学習量が得られたこと、②注意の配分が必要とは考えられないポーズ挿入条件で大きな妨害効果が見られたこと、③計数課題条件における学習の妨害の程度がポーズ挿入条件とほぼ同じであったことから、①系列学習には注意の配分はそれほど大きな役割を果たしていないこと、②計数条件における学習量の低下は、計数という作業を系列の構造とは無関係

係に行うことによる系列の構造化の妨害が原因であると主張した。

山本(1999)は、Stadler (1995) と同様の刺激を用い、反応時間による学習量だけではなく、いくつかの指標を加えて、SRT 課題で生じる系列学習における注意の役割について検討した。その際、二次課題である計数課題に必要な注意の配分を、“数の更新”の要素を除くことによって少なくすることを意図した弁別課題条件を追加した。この課題は、高低2種類の音刺激のどちらか一方に対し、フットペダルで反応するというものであった。“数の更新”の要因を取り除いて“音の弁別”のみを課した弁別課題条件においてもポーズ挿入条件と同程度の学習の妨害効果が生じた場合には、Stadler (1995) の主張通り、系列の構造化の妨害が原因である可能性が高い。逆に、計数課題条件における学習量の低下が弁別課題条件よりも大きければ、計数課題における学習妨害は、Nissen & Bullemer (1987) の考えるように、配分される注意の不足によるものであると結論できる。

指標として新たに加えたのは、誤反応率と反応時間の標準偏差(変動誤差)であった。ランダム系列ブロックにおける誤反応率には、反復系列ブロックを経験したことで生じる予想に基づく誤反応が反映されると考えられる。予想に基づく誤反応は、二次課題による負荷がかかった場合に減少することがわかっており(Schvaneveldt & Gomez, 1998)、したがって、ランダム系列ブロックにおける誤反応率の上昇の程度が、反復系列ブロックにおける何らかの学習を反映すると考えられる。一方、変動誤差は、被験者ごとに各刺激系列における反応時間の標準偏差を求め、それを実験ブロック別に平均した値である。この測度は、反応における不安定性の程度を示し(Reason, 1990)、反応の変化や非一貫性に対して非常に敏感である(Schmidt, 1988) ことがわかっている。

山本(1999)の実験では、実験ブロックの進行にともなう反応時間の短縮は、対照条件(SRT 課題単独実施条件)で最大であり、計数課題条件と弁別課題条件が同程度であった。ポーズ挿入条件では、ブロックの進行にともなう反応時間の短縮が認められなかった。誤反応率を調べると、すべての条件でランダム系列に移行後の上昇が認められた。その程度は対照条件が最大で、ついで弁別課題条件、計数課題条件、ポーズ挿入条件の順であった。反応時間では全く観察されなかった弁別課題条件と計数課題条件の差が、誤反応率では認められた。変動誤差は、常に対照条件が最小で、弁別課題条件、計数課題条件、ポーズ挿入条件の3条件間に明瞭な違いは認められなかった。このように、指

標によって条件差の出現の仕方が異なると、どの指標が系列学習の指標として最も適切かという問題が生じる。各指標がどのような内的過程を反映するのかが明確でないと、実験結果の説明や、異なる指標を用いる実験間の比較が困難である。

行動指標とそれが反映する心理的過程を対応づけるには、行動指標の変化と脳の構造や機能との関係を調べるのが有効である。系列学習についても、神経心理学的研究 (Cohen et al., 1997; Dorminey, & Georgieff, 1997; Dominey, Ventre-Dorminey, Broussolle, & Jeannerod, 1997; Molinari, Leggio, Solida, Ciorra, Misciagna, Silveri, & Petrosini, 1997; Nissen, & Bullemer, 1987; Reber & Squire, 1998), ニューロイメージング技法を用いた研究 (Curran, 1998; Grafton, Hazeltine, & Ivry, 1995; Hazeltine, Grafton, & Ivry, 1997), および SRT 課題遂行中の脳波の変化に注目する心理生理学的研究 (Eimer, Goschke, Schlaghecken, & Stürmer, 1996; Schlaghecken, Stürmer, & Eimer, 2000; Zhuang, Toro, Grafman, Manganotti, Leocani, & Hallett, 1997; Zhuang, P., Dang, N., Warzeri, A., Gerloff, L. G., & Hallett, M., 1998) など、脳の構造・機能との関連づけが試みられてきた。中でも脳波は、課題を遂行中の被験者から行動指標と同時に記録でき、測定が簡便で非侵襲的に行われ、また時間的分解能が高いことから、系列学習における注意の働きを調べるための有力な手段になると考えられる。

Eimer et al. (1996) は、逸脱刺激を刺激系列に挿入する、すなわち系列中の 1 刺激をその順序規則から逸脱した位置にランダムに置き換えた SRT 課題を実施し、課題遂行中の被験者から事象関連電位 (event-related potentials, ERP) を記録した。言語報告や生成テストの成績によって被験者を系列の顕在的 (意識的) な学習の有無によって群分けし、それぞれの P 3 成分, N 2 成分の違いを調べた。その結果、顕在的知識がある場合には、逸脱刺激以外の刺激に対する反応時間は逸脱刺激に比べ短縮し、さらに逸脱刺激に対する N 2 成分の振幅が実験ブロックの進行につれて増大した。このことから、彼らは、N 2 成分を指標として系列学習における顕在的側面を測定できる可能性を示唆している。

Eimer et al. (1996) の用いた ERP 測定は、SRT 課題と二次課題を同時遂行することで生じる内的な心理過程の変化、例えば、計数課題が SRT 課題を妨害する原因が注意の配分によるものなのか、系列の構造化の問題なのかについての解答を得たり、行動測定間の不一致の原因を明らかにするための手がかりを得たりす

るための有力な指標となりうる。しかし、刺激系列中に逸脱刺激をランダムに挿入するという手続きは、系列の構造化を妨害し、系列学習を生じにくくさせる可能性がある。Eimer et al. (1996) と山本 (1999) では、用いた刺激 (アルファベット vs. *印) や刺激系列の長さ (10項目 vs. 7項目)、1 ブロック中の系列繰り返し回数 (12回 vs. 6回) などが異なり、山本 (1999) で用いた SRT 課題に Eimer et al. (1996) と同様の方法で逸脱刺激を挿入した場合にも系列学習が生じるのかどうかは、不明である。

本実験では、山本 (1999) の課題に逸脱刺激を挿入した場合に系列学習が生じるか生じないかを、SRT 課題を単独で実施する条件と、計数課題を二次課題として課す条件で観察した。

方 法

被験者 視力 (矯正視力を含む) の正常な大学院学生 8 名 (男性 2 名, 22 歳~28 歳) を被験者とした。全員右手利きであった。2 つの課題条件に 4 名ずつ (両条件とも男性 1 名) を割り当てた。

条件 二次課題の有無と刺激の種類を組み合わせ、6 条件を設定した。第 1 の変数は被験者間変数で、SRT 課題を単独で実施する条件 (対照条件) と、計数課題を二次課題として課す条件 (計数課題条件) の 2 水準を設けた。第 2 の変数は被験者内変数で、逸脱刺激、後続刺激、標準刺激の 3 種類があった。逸脱刺激は、刺激系列中の 1 項目が、系列を定める規則とは異なる位置に呈示されたものである。後続刺激とは、逸脱刺激の直後に呈示された刺激で、規則どおりの位置に出現するが、逸脱刺激によって大きく影響を受けることが予想される。標準刺激は、逸脱刺激と後続刺激以外の刺激とした。

刺激と装置 刺激は、直径 0.35 cm の刺激 (*) をあらかじめ CRT 上に描かれている 4 箇所のアンダーライン (長さ 0.5 cm, 刺激の中心間の間隔 2.9 cm, 観察距離 58 cm において刺激間間隔は視角 2.87° を張る) 上にひとつずつ順次呈示した。画面は黒地で、刺激と下線は白であった。下線を左から A, B, C, D とすると、刺激が呈示される位置の順序 (刺激系列) は、B-C-A-D-B-C-A (系列 1), C-D-B-A-C-D-B (系列 2), A-B-D-C-A-B-D (系列 3) の 3 種類であった。これは Stadler (1995) が用いた 4 系列の内の 3 つと同じであった。各課題条件において、2 人の被験者に系列 1 を、系列 2, 3 には 1 人ずつを割り当てた。

刺激系列中のどれか 1 個を、逸脱刺激と入れ替えた。系列内のどの項目が逸脱刺激となるかと、逸脱刺激が

呈示される CRT 上の位置はランダムに決定したが、刺激が同じ位置に連続して呈示されないようにした。

計数課題用の音刺激として、800 Hz または 1200 Hz の純音 (65 dB SPL) を呈示した。音は、SRT 課題に用いる刺激系列中、逸脱刺激とその前後を除く 4 刺激から 3 つをランダムに選択し、それに対する正反応から 17 ms 後に 83 ms 間呈示した。2 種類の音刺激の呈示順序はランダムとしたが、どちらの音刺激も 1 ブロック中の出現確率が約 50% となるようにした。逸脱刺激とその前後の刺激位置での音呈示を避けたのは、今後、本実験と同様の事態で逸脱刺激に対する ERP を測定する予定であり、その際、逸脱刺激の直前直後に音刺激を呈示することによる ERP 波形への影響を排除したいからである。

SRT 課題の刺激用の呈示には、パーソナル・コンピュータ (PC-9801 RA, NEC) とパソコン用 CRT (PC-KM 171) を用いた。刺激の時間的制御と反応時間の測定には、吉田 (1994) のプログラムを用いた。音刺激はファンクション・ジェネレータ (FG-122, NF Electronic Instruments) を用いて作成し、アンプ (A-535, Pioneer) で増幅したものを、被験者の正面手前 1.5 m の位置においたスピーカ (SS-SR 17, SONY) によって呈示した。反応には、パソコン用キーボード上の “X”, “V”, “M”, “>” の 4 つのキーを使用した。

課題 SRT 課題では、被験者は、刺激が呈示された位置に対応したキーをできるだけ速くかつ正確に押すことを要求された。左側 2 つの位置に出現する刺激に対し、“X” キーを左手中指で、“V” キーを左手人差し指で押して反応した。右側 2 つの位置に対しては、“M” キーを右手人差し指で、“>” キーを右手中指で押して反応した。正しい反応キーが押されるまで刺激は画面上に呈示された。RSI は、常に 600 ms であった。1 被験者につき 1 種類の系列を使用し、系列のどの位置から試行が始まるかは各ブロックでランダムとした。7 刺激系列 × 6 回 = 42 試行で 1 ブロックとした。系列が存在することは被験者には告げなかった。

計数課題では、被験者は、SRT 課題遂行中にランダムに呈示される高低 2 種類の音刺激のうち、高い音の出現回数を数えた。各ブロック終了後にその数を報告し、回答の正誤に関するフィードバックを受けた。対照条件でも計数課題で使用する音刺激を同様に呈示したが、被験者には無視するように教示した。計数課題条件では、SRT 課題にも計数課題にも同じように真剣に取り組むよう教示した。

両課題条件とも、すべてのブロック終了後、被験者に「何か気づいたことはありませんか？」と質問し、

課題についての気づきの言語報告を求めた。その後、被験者は、刺激系列の存在についての気づきの有無にかかわらず、刺激の呈示位置に順序性があったことを告げられ、生成課題を行った。

生成課題では、刺激系列の最初の 1 項目を呈示し、被験者には刺激系列を想起しながら、次の試行以降の刺激呈示位置を、SRT 課題で用いたのと同じキーを押して答えるよう求めた。反応は被験者ペースで行い、反応時間は記録しなかった。反応の正誤に関するフィードバックはなく、被験者が押したキーに対応する画面位置へ、刺激を呈示した。

手続き どちらの課題条件でも、前半 14 ブロック、後半 14 ブロックの計 28 ブロックを実施した。第 13 ブロックと第 27 ブロックは、ランダム系列ブロックであった。各ブロックは、被験者がスペースキーを押すことによって始まった。前半ブロックと後半ブロックの間に、1 ~ 2 分程度の休憩を入れた。

分析方法 反復系列ブロックを 1 - 4, 5 - 8, 9 - 12, 15 - 18, 19 - 22, 23 - 26 の 6 群に分け、各ブロック群における刺激タイプ別の平均反応時間を、課題条件別に算出した。ただし、各ブロックの第 1 試行は分析から除外した。また、ランダム系列ブロック (13, 27) のランダム刺激、その直前の反復系列ブロック群 (9 - 12, 23 - 26) の標準刺激、およびランダム系列ブロックの直後の反復系列ブロック (14, 28) の標準刺激に対する反応時間を課題条件別に算出し、比較した。ただし、誤反応は反応時間の分析から除いた。さらに、各課題条件ごとに、刺激タイプ別の誤反応率 (誤反応数 ÷ それぞれの刺激の総呈示回数) を算出した。

なお、本実験では被験者が少数であったため、統計的検定は行わなかった。

結 果

反応時間 SRT 課題で呈示された刺激のタイプ (逸脱刺激、後続刺激、標準刺激) 別に、反復系列ブロック群ごとの反応時間の平均値を算出した。対照条件の結果を Figure 1 に、計数課題条件の結果を Figure 2 に示した。逸脱刺激と標準刺激の反応時間の差が最も小さかったのは、対照条件では 5 - 8 ブロック (10 ms)、計数課題条件でも 5 - 8 ブロック (4 ms) であった。差が最も大きかったのは、対照条件では 9 - 12 ブロック (23 ms)、計数課題条件では 19 - 22 ブロック (39 ms) であった。両課題条件とも、標準刺激に対する反応時間は、反復系列ブロックが進行するにつれて短縮したが、その程度は逸脱刺激と後続刺激については小さかった。

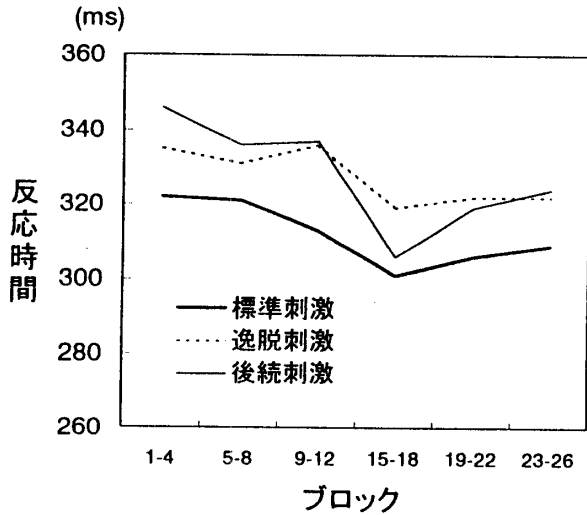


Figure 1. 反復系列ブロックの進行にともなう反応時間の推移 (対照条件)

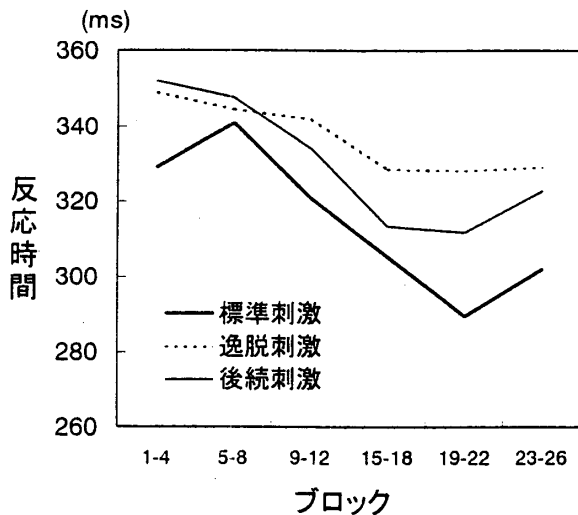


Figure 2. 反復系列ブロックの進行にともなう反応時間の推移 (計数課題条件)

ランダム系列ブロック (13, 27) とその直前の反復系列ブロック群 (9 - 12, 23 - 26), およびランダム系列直後の反復系列ブロック (14, 28) の平均反応時間を課題条件別に算出し, Figure 3 に示した. 全体の反応時間は, 対照条件の方が計数課題条件よりも長かった. 対照条件における前半のランダム系列と第14ブロックの間を除き, 両課題条件において, ランダム系列ブロックとその前後の反復系列ブロックとの間に反応時間の差が見られた. 前半ブロックにおける差の平均値は, 対照条件で 9 ms, 計数課題条件で 24.5 ms であった. 後半ブロックにおける差の平均値は, 対照条件で 34 ms, 計数課題条件で 36.5 ms であった.

誤反応率 反復系列ブロックにおける 3 種類の刺激 (逸脱刺激, 後続刺激, 標準刺激) とランダム系列における刺激について, 誤反応数をそれぞれの刺激の呈

示総数で割って誤反応率を算出し, 実験の前半と後半に分けて Figure 4 に示した. ランダム系列における誤反応率は, 対照条件では実験の前半よりも後半で高く, 逆に計数課題条件では前半ブロックでの誤反応が多かった. 反復系列ブロックの後続刺激に対する誤反応率についても, ランダム系列と同様の結果が得られた.

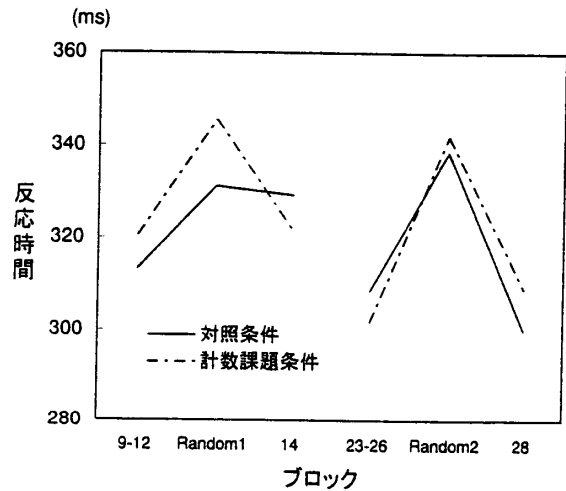


Figure 3. ランダム系列ブロック (前半: Random 1, 後半: Random 2) とその前後の反復系列ブロック (群) の平均反応時間の違い

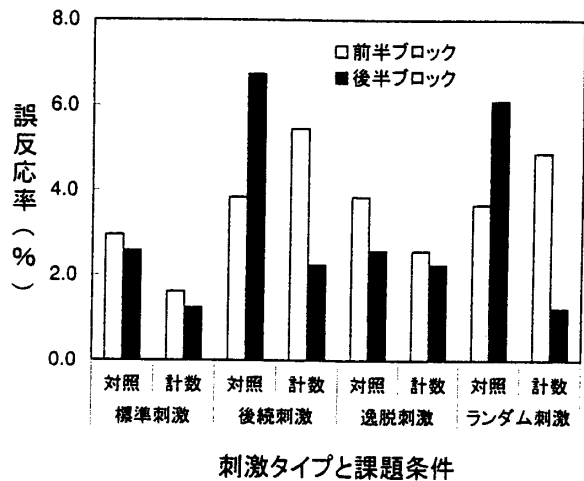


Figure 4. 刺激タイプと課題条件別の誤反応率

言語報告 刺激の順序性の存在について気づいた被験者は対照条件で 4 名全員, 計数課題条件で 1 名であった. ただし, 気づきがあっても, どのような順序であったかを具体的に報告できる被験者はいなかった.

計数課題 計数課題の正答率は 83.1% で, 1 名の被験者 (60.7%) を除いて, 高成績であった.

生成課題 最初の 7 試行について正答率を算出した. その結果, 対照条件の正答率 (32.1%) は計数課題条件 (39.3%) とほぼ同じであった.

考 察

本実験の目的は、Eimer et al. (1996) が用いた逸脱刺激パラダイムを、山本 (1999) で使用した SRT 課題に適用した場合に、行動指標上で系列学習が生じるかどうかを確認することであった。具体的には、繰り返し呈示される刺激系列中に逸脱刺激を挿入し、逸脱刺激やその他の刺激に対する反応時間の推移を観察した。その結果、SRT 課題を単独に実施した条件（対照条件）において、①反復系列ブロックの進行に伴って標準刺激に対する反応時間が短縮し、②逸脱刺激に比べて標準刺激に対する反応時間が短く、その差は前半ブロックより後半ブロックでより大きくなった。さらに、③従来から SRT 課題の学習量の指標とされてきた反復系列ブロックとランダム系列ブロックとの反応時間の差も観察できた。これらのことから、逸脱刺激を挿入した本実験でも、系列学習は生じたといえる。ただし、③の指標について山本 (1999) では約100 ms の条件差があるのに対し、本実験では最大でも36.5 ms であり、逸脱刺激が学習量を減少させたといえる。

これらの結果は、二次課題を課した条件（計数課題条件）においてもほぼ同様であった。反応時間に関しては、二次課題の妨害効果は得られなかった。しかし、刺激の順序性に対する気づきがあった被験者は回数課題条件よりも対照条件で多かった。これは、それぞれの指標が、系列学習の異なる側面を反映すること示唆する。さらに、生成課題の成績は、平均値では対照条件と計数課題条件でほぼ同じであったが、計数課題条件の被験者1名は、他の被験者に比べ、生成課題の成績が高い（85.7%）一方、計数の正確さでは劣っていた。この結果は、計数課題に注意を配分することにより、生成課題に反映される系列学習が妨害を受けることを示す結果であると考えられる。

対照条件では、ランダム系列における誤反応率は実験後半で高く、計数課題条件では逆に、前半ブロックの誤反応が多かった。実験後半に誤反応が増加することは、山本 (1999) や Schvaneveldt & Gomez (1998) でも見られたように、系列学習の進行にともない、ランダム刺激に対して予想に基づく誤反応がより多く出現するようになったことが原因と考えられる。しかし、前半ブロックにおける誤反応が後半よりも多いという結果は、学習の進行ということでは説明できない。ランダム系列と同様の結果が、反復系列における後続刺激の誤反応率にも出現しており、今後、系列学習の行動指標としての誤反応率の意味について検討していかなければならない。

以上のように、本実験の結果は、系列学習の評価に

は複数の指標を同時に記録することが必要であることを示すものであった。逸脱刺激を挿入するという手続きで、学習量は小さくなったものの系列学習そのものは生起することが確認できたので、従来から使用されている測度に加え、逸脱刺激に対する行動的および心理生理学的反応を指標とすることが、系列学習の背後にある心理的過程を検討するための有効な手段になると期待できる。

引用文献

- Clegg, B. A., Digirolamo, C. G., & Keele, S. W. 1998 Sequence learning. *Trends of Cognitive Sciences*, 2, 275-281.
- Cohen, A., Wasserman, A., & Soroker, N. 1997 Learning serial sequences in neglect. *Psychological Research*, 60, 42-52.
- Curran, T. 1998 Implicit sequence learning from a cognitive neuroscience perspective. In M. A. Stadler, & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning*. London: Sage Publications. Pp.365-400.
- Dorminey, P. F., & Georgieff, N. 1997 Schizophrenics learn surface but not abstract structure in a serial reaction time task. *NeuroReport*, 8, 2877-2882.
- Dominey, P. F., Ventre-Dorminey, J., Broussolle, E., & Jeannerod, M. 1997 Analogical transfer is effective in a serial reaction time task in Parkinson's disease: Evidence for a dissociable form of sequence learning. *Neuropsychologia*, 35, 1-9.
- Eimer, M., Goschke, T., Schlaghecken, F., & Stürmer, B. 1996 Explicit and implicit learning of event sequences: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 22, 970-987.
- Grafton, S. T., Hazeltine, E., & Ivry, R. 1995 Functional mapping of sequence learning in normal humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 497-510.
- Hazeltine, E., Grafton, S. T., & Ivry, R. 1997 Attention and stimulus characteristics determine the locus of motor-sequence encoding: A PET study. *Brain*, 120, 123-140.
- Hsiao, A. T., & Reber, A. S. 1998 The role of

- attention in implicit sequence learning. In M. A. Stadler, & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning*. London: Sage Publications. Pp.471-494.
- Lashley, K. S. 1951 The problem of serial order in behavior. In L. A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior. The Hixon symposium*. New York: John Wiley & Sons. Pp.112-136.
- 水原幸夫 1994 系列的事象の潜在的学習 心理学研究, **65**, 383 - 388.
- 水原幸夫・石田雅人 1998 潜在的系列学習—系列的反応時間課題の動向と問題— 心理学評論, **41**, 446 - 461.
- Molinari, M., Leggio, M. G., Solida, A., Ciorra, R., Misciagna, S., Silveri, M. C., & Petrosini, L. 1997 Cerebellum and procedural learning: Evidence from focal cerebellar lesions. *Brain*, **120**, 1753-1762.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. 1987 Attention requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, **19**, 1-32.
- Reason, J. 1990 *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reber, P. J., & Squire, L. R. 1998 Encapsulation of implicit and explicit memory in sequence learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **10**, 248-263.
- Schlaghecken, F., Stürmer, B., & Eimer, M. 2000 Chunking processes in the learning of event sequences: Electrophysiological indicators. *Memory & Cognition*, **28**, 821-831.
- Schmidt, R. A. 1988 *Motor control and learning*. Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Schvaneveldt R. W., & Gomez, R. L. 1998 Attention and probabilistic sequence learning. *Psychological Research*, **61**, 175-190.
- Stadler, M. A. 1992 Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **18**, 318-327.
- Stadler, M. A. 1993 Implicit serial learning: Questions inspired by Hebb (1961). *Memory & Cognition*, **21**, 819-827.
- Stadler, M. A. 1995 Role of attention in implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **21**, 674-685.
- Willingham, D. B., Greenberg, A. R., & Thomas, R. C. 1997 Response-to-stimulus interval does not affect implicit motor sequence learning, but does affect performance. *Memory & Cognition*, **25**, 534-542.
- 山本文枝 1999 系列学習における二次課題の影響 平成10年度広島大学大学院教育学研究科修士論文抄, 101 - 104.
- 吉田弘司 1994 心理学実験におけるコンピュータの利用— NEC PC-98シリーズコンピュータによるミリ秒単位のタイマー— 広島大学教育学部紀要 第1部 (心理学), **43**, 11 - 19.
- Zhuang, P., Toro, C., Grafman, J., Manganotti, P., Leocani, L., & Hallett, M. 1997 Event-related desynchronization in the alpha frequency during development of implicit and explicit learning. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **102**, 374-381.
- Zhuang, P., Dang, N., Warzeri, A., Gerloff, L. G., & Hallett, M. 1998 Implicit and explicit learning in an auditory serial reaction time task. *Acta Neurologica Scandinavica*, **97**, 131-137.

(指導教官：宮谷真人)