

視覚運動性手続き記憶の再生における視覚情報の役割

坂田正伸
森田ひろみ

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

視覚運動性の手続き系列は、視空間座標系の系列として記憶されると同時に、運動座標系の系列としても記憶され、再生時には運動座標系の系列の情報が主に利用されるという報告がある(Hikosaka et al., 1999) . 本研究では、運動座標系の系列の情報にもとづく再生に視覚情報がどのように係わるかを検討した. 実験協力者は、試行錯誤しながら 20 回のボタン押しの正しい順序を探し、学習するというボタン押し課題を行った. このとき、通常のボタン押し課題を行った直後に、全く同じボタン押し系列をボタンを点灯させずに再学習させた. 再学習の学習曲線から、視覚入力がなくとも最初に数回のエラーを犯すだけで、学習したボタン押し順序を思い出せることがわかった. このことから、運動座標系の系列の情報にもとづく再生の際に、視覚入力は必ずしも必要でないと考えられる. また、個々のボタン押しに要する時間の分析から、再学習のボタン押しは、原学習と同じタイミングで行われていることがわかった. このことから、ボタン押しのタイミングは、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の記憶にもとづく可能性が考えられる.

Keywords: procedural memory, sequential learning, button press task.

問題・目的

携帯電話を使う、ピアノを演奏するといったように、日常生活において、我々は学習により習得した多種多様な行動を行っている. このような行動が1つの単発的な動作から達成されることはまれで、ある目的のために複数の動作を決められた順序で組み立てて行うことが求められる. 特に、我々の日常生活においては、視覚情報を参照し、動作を順序立てながら行い、行動の目的を達成することが多い. このような行動に関する視覚運動性手続き記憶に関して、Hikosakaらが考案した連続ボタン押し課題を用いた研究が行われている(Hikosaka et al., 1999; Watanabe et al., 2006 など).

Hikosaka et al.(1999)は、ボタン押し系列が、視空間座標系の系列として記憶されると同時に、運動座標系の系列としても記憶されるという並列神経ネットワークモデルを提案した. このモデルでは、十分に学習したボタン押し課題の遂行時に視空間座標系より運動座標系の系列の情報が主に利用されると仮定されているが、運動座標系の系列の情報にもとづく再生に視覚情報はどのように係わるのだろうか.

本研究では、ボタン押し課題を用いて、通常のボタン押し課題を行った直後に、全く同じボタン押し系列をボタンを点灯させずに再学習させ、視覚運動性の手続き系列の再生における視覚情報の役割を検討した.

方法

実験協力者は19名(男性9名, 女性10名, 平均年齢21.3歳)で、すべて右利きであった.

手続き

実験には、4ボタン押しからなるセットが5個提示されるボタン押し課題([4 x 5]課題)を用いた. まず、通常のボタン押し課題である原学習(Fig.1参照)を行い、

その直後に、原学習と同じボタン押し系列を用いるが押すべきボタンが点灯しない再学習を行った. このようなボタン押し系列を5種類学習した. 実験協力者には、原学習を行った直後に再学習を行うこと、課題を行う際に利き手の人差し指を使ってボタンを押すこと、

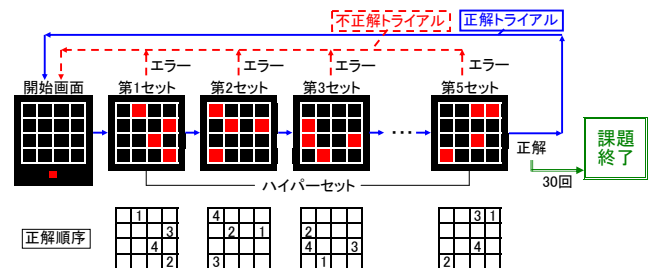


Figure 1. [4x5]課題の手続き. 【原学習】まず、タッチパネル (FlexScan L560T-C)に 4x4 行列のボタン枠が提示される. 開始ボタンを押すと、第1セットの4つのボタンが赤く点灯することにより、最初の試行(トライアル)が始まる. 4つのボタンにはあらかじめ順序が割り当てられている(図下段の数字が押す順序を示す). 実験協力者はこの順序を知らず、試行錯誤により正しい順序を探す. 4つのボタンを正しい順序で押し終わると、瞬時に次のセットが提示される. 一方、どのセットにおいてもボタンを押す順序を間違えると、当該トライアルはその時点で終了となり、実験協力者は再度開始ボタンを押すことで第1セットから始める. 実験協力者はこのようなボタン押しを繰り返し、第5セットまで正解することを目標とする. この第1～第5セットをハイパーセットと呼ぶ. なお、トライアルはハイパーセットを正解する(正解トライアル)か、途中のセットで間違えた時点(不正解トライアル)で1回と数える. 正解トライアルを合計 30回達成することで課題終了とした. 【再学習】セットのボタンが点灯しないこと、正解トライアルを合計 40回達成することで課題終了としたこと以外は原学習と同じ手続きである. ただし、不正解トライアルが 30回連続した場合、課題達成は困難と判断し、そのハイパーセットを中止した.

出来るだけ素早くかつ正確に課題を遂行することを教示した。

結果と考察

データ分析では、最初に学習した系列を練習課題として除いた。

再学習の学習成績について

視覚入力、ボタン押し系列の再生に影響するかを確認するため、再学習の学習成績を分析する。

まず、再学習の達成率について検討する。実験協力者19名が4種類の系列の再学習を達成できた割合は88.9%であった。その内訳は、12名が4系列全て達成、4名が3系列、2名が2系列、1名が未達成であった。このように、視覚入力がなくとも課題を遂行できる場合が多いことがわかった。なお、再学習を1系列も達成できなかった1名は、以降の分析対象から除外した。

次に、課題遂行に要するトライアル数について検討する。一度正解トライアルを達成すると以降のエラーが少なくなる傾向がみられた。ここまで要するトライアル数は、ボタン押し系列の正しいボタン押し順序を見つけるまでに要するトライアル数だと考えられる。この初めて正解トライアルを達成するまでに要するトライアル数は、再学習において平均3.6トライアルであった(原学習: 平均24.5トライアル)。このことから、視覚入力がなくとも数回のエラーを犯すだけで、学習したボタン押し順序を思い出せることがわかった。

以上のことから、十分に学習を重ねることにより、視覚入力がなくとも、運動座標系の系列の情報にもとづいて4ボタン押しからなるセットが5個で構成されるボタン押し系列を再生することができると考えられる。

ボタン押しタイミングの分析

ボタン押しのタイミングに対する視覚入力の影響を検討するため、各ボタン押しに要する時間(ボタン押しタイミングと呼ぶ)を分析する。

Sakai et al.(2003)は、[2×10]課題を用いた実験の分析に際して、ボタン押しタイミングを選択時間と動作時間に分類した。選択時間とは、セット提示から第1ボタン押しまでの時間のことで、記憶に基づき正しいボタンを選択する時間を含む。動作時間とは、第1ボタン押しから第2ボタン押しまでの時間のことで、自動的に決まる2番目のボタンを押すのに要する時間を反映している。ここでもこの2通りに分類してボタン押しタイミングを分析するが、本実験では、1セット当たり4ボタン押しの課題となっている。そこで、原学習について、単純にセットの各ボタン押しに分類した(Fig.2)。その結果、第2,3ボタン押し時間は、ボタンの選択の余地があるにもかかわらず、すでに決定されているかのように短く、かつ、第4ボタン押しと同程度であった。これは、第1ボタンを押した時点でその後のボタン押し順序が決定されている、つまり、第1ボタン押しが選択時間で、それ以降のボタン押しは動作時間とみなせることを意味する。

一方、再学習については、視覚情報がないまま20回のボタン押しを続けるため、原学習のような選択時間と動作時間という分類が成立しないことが予測された。しかし、原学習と同じボタン押しタイミングがみられる。つまり、視覚情報にもとづいた原学習によってボタン押しのタイミングがいったん形成されると、その後、視覚入力が与えられなくてもこのタイミングにもとづいたボタン押しがなされる。したがって、このタイミングは、再生時の視覚入力にもとづくだけでなく、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の情報とともに記憶されていると考えられる。

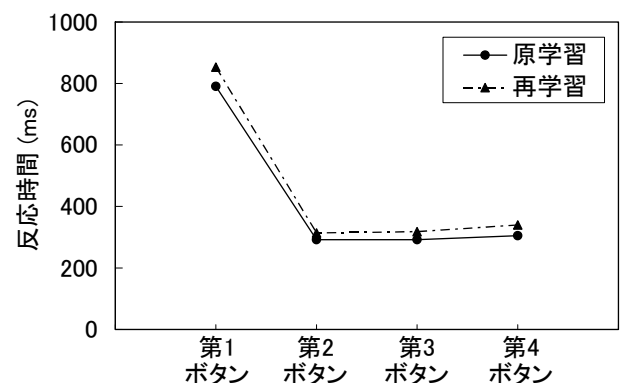


Figure 2. セット内のボタン押しタイミング。

結論

ボタン押し課題を用いて視覚運動性の手続き系列の再生における視覚情報の役割を検討したところ、視覚入力がなくとも運動座標系の系列の情報にもとづいてボタン押し系列を再生できること、また、ボタン押しのタイミングは、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の情報とともに記憶されていることが示唆された。このことから、運動座標系の系列の情報にもとづいた再生時に、視覚情報は必ずしも必要ではないが、学習時の視覚情報が再生時のタイミングの基礎となっていることが考えられる。

引用文献

- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., Miyachi, S., & Doya, K. (1999) Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends In Neurosciences*, **22**, 464-471.
- Sakai, K., Kitaguchi K., & Hikosaka, O. (2003) Chunking during human visuomotor sequence learning. *Experimental Brain Research*, **152**, 229-242.
- Watanabe, K., Ikeda, H., & Hikosaka, O. (2006). Effects of explicit knowledge of workspace rotation in visuomotor sequence learning. *Experimental Brain Research*, **174**, 673-678.