

継続的フラッシュサプレッション下での系列学習における刺激の遷移確率による学習の妨害効果

Inhibitory effects by the transition of the stimulus in serial learning under continuous flash suppression.

城戸 楓, 牧岡 省吾
Kaede Kido, Shogo Makioka

大阪府立大学
Osaka Prefecture University
kido@hs.osakafu-u.ac.jp

Abstract

Ability to learn and predict the sequence of events in environment is important for organisms. We can learn the statics of sequence of events without awareness. In this article, we examined the nature of sequence learning when participants cannot see the stimuli at all. As a result, when we cannot perceive the stimuli, we can only learn spatio-temporal changing, but not transition probability of stimuli. In other words, we can learn the VSL in supraliminal learning without awareness, but we can only learn visual serial order in subliminal learning. These finding insists that we have multi-stage learning between subliminal and supraliminal.

Keywords — Visual Statistical Learning, Multi-stage learning, Perception

1. はじめに

環境内におけるイベントの連続を予測し、学習する能力は多くの生物にとって非常に重要である。この能力はとりわけヒトにとってはより重要であり、言語や運動など様々な場面でなくてはならない能力である。

イベントの連続の中から頻回する連続の組の存在を学習できる能力を統計学習と呼ぶが、こうした学習は閾下でも、或いは乳幼児でも可能であることが明らかになっている。Saffran, Aslin and Newport, 1996 は8か月の幼児が、3音節語の連続によって形成されたスピーチから各連続する音節を統計的に学習できることを示した。Saffranらの調査は視覚的にも再現されており、Fisher and Aslin (2001)は空間的なオブジェクトの配置

をヒトは意識しないままに統計的に学習することが示された(視覚的統計学習:以下, VSL)。また, Kim et al., (2009) は, VSL が空間的配置に対してだけでなく, 時間的連続性を持った刺激の組に対しても起こることを明らかにした。Kimらの実験では, Fisher and Aslin (2009) で用いられた無意味図形を用いて, それぞれを3つの組(トリプレット)にした後, トリプレット内の順序は固定したままで, トリプレット間の順序をランダムに被験者に呈示した。このとき, 被験者は呈示された刺激の系列がトリプレットによって構成されているとは気づかないにも関わらず, 後のテストフェイズにおいてターゲット検出課題を行った際に, トリプレットの1番初めのシンボルよりも2番目以降のシンボルのほうが早くなることが分かった。これは, 1番目のシンボルがターゲット検出課題時に2番目のシンボルの直前に出たことによるプライミング効果であると考えられ, このことから, 被験者は刺激系列の法則や統計的頻度に気づかないままでも, 刺激の時間的統計学習が可能であったことを示している。

しかしこうした閾下での学習はその多くが, 刺激は見ており, 非意識性が頻度や法則に対する気づきの欠如を中心とした調査となっている。よって刺激そのものが意識出来ない状態で呈示されたとしても, 同様に VSL が可能かは分からない。また学習が単一のステージで起こる現象ではなく, マルチステージで段階的に行われているのであれば, 刺激が知覚出来るかどうかによって, 学習の性質そのものが変化するかもしれない。よって本

研究において我々は、刺激を意識から抑制した状態で、時間的系列学習が可能かを調査した。

2. 実験

刺激を知覚できる状態の群と知覚出来ない群とで時間的視覚刺激系列に対する学習を比較した。なお、知覚の有無による学習ステージの違いを明らかにするために、系列をクアッドラプレット(4つ組)として、最後の遷移確率を操作した。

方法

被験者

正常な視力を有する大学生の男女 44 名 (男性 20 名, 平均年齢 20.8 years ; このうち 20 名が刺激を意識出来るグループに割り当てられた)。実験の目的は前もって知らされていないかった。また実験に際して大阪府立大学の倫理審査委員会による承認を受けた。

刺激

視覚刺激は視角 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ で呈示された。視覚刺激は涼山規範イ文と呼ばれる被験者にとって新奇な文字を用いた (図 1 参照)。また刺激は灰色で呈示し、すべての刺激に 5° のガウシアンフィルタをかけた。地の領域は灰色で視覚 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ で呈示された。刺激はステレオスコープを通して、前方に配置された CRT ディスプレイ (NANA Flex Scan 54T) に呈示。モニターと眼球との距離は 43cm, モニターの垂直同期周波数は 75Hz。実験で用いられた刺激の輝度は、白色 105.94cd/m^2 , 黒色が 0.81cd/m^2 だった。実験には Apple 社製コンピュータ, Mac mini (1.66Ghz Intel Core Duo) を使用し、制御には Matlab 及び Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997) を使用した。

また競合刺激の作成には継続的フラッシュサプレッション (CFS) と呼ばれる手法を用いた。フラッシュサプレッション (FS) は、競合刺激をフラッシュさせることによって統制的な競合を引き起こすことが出来る (e.g. Wolfe, 1984; Lansing, 1964)。CFS は優位眼に継続的なフラッシュ刺激

を呈示することによって、FS による統制的な不可視状態をより強力に持続させることが出来るよう考案された手法である (Tsuchiya et al., 2006)。

フラッシュ刺激は文字刺激に構成要素を類似させるために、四角形, 三角形および楕円をランダムに 200 個並べて呈示した。各フラッシュ図形は赤, 緑, 青, 黄色, シアン, マゼンタの 6 種類から成り立っていた。各図形の大きさはランダムに決定された。またフラッシュは 200ms ごとに更新され、視覚刺激は 400ms ごとに更新された。

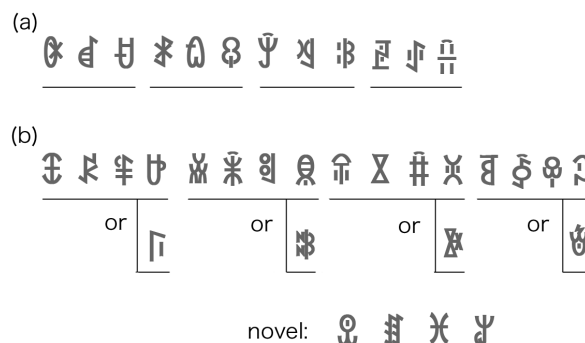


図 1. 実験に使用したシンボル刺激
(a) 実際の実験で使用したシンボル刺激のストリーム (遷移確率ブランク) の例
(b) 実際の実験で使用したシンボル刺激のストリーム (遷移確率 0.5) の例

手続き (図 2 参照)

実験開始後、被験者の一方の目にはフラッシュが呈示され、もう一方の目には刺激のフラッシュストリームが呈示された (どちらの目に呈示されるかは被験者によってカウンターバランスがとられていた; なおフラッシュサプレッションによる刺激の抑制を行わない群では、フラッシュは呈示されなかった)。まず学習フェイズでは被験者はフラッシュの中に埋め込まれた白い枠線が黒く変わったらボタンを押すということを繰り返す。これは被験者がモニターを見ているということを担保するためのフィラー課題である。フラッシュが呈示されている間、被験者は逆側の目に呈示されている視覚刺激が抑制された知覚することができない。また学習フェイズでの視覚刺激の呈示は以下

の点を除いて Kim et al., (2009)と同様である；視覚刺激はクアドラプレットで構成され，最後のシンボルは「必ず決まった刺激が呈示される（遷移確率 1.0）」「1:1 の確率で呈示刺激が交代する（遷移確率 0.5）」「何も呈示されない（遷移確率 blank）」の 3 種類があり，これにより 3 番目のシンボルから 4 番目のシンボルに遷移する際の遷移確率を操作した。

次にテストフェイズでは，ターゲットとなる刺激が最初に呈示され，次に呈示されるシンボル刺激のストリームからターゲットと同じ刺激が呈示されたらボタン押しで反応するターゲット検出課題が用いられた．なおここではターゲットを含むクアドラプレットは学習フェイズのまま呈示されたが，それ以外のシンボル刺激は組も解体され完全にランダムに呈示された．またこのときターゲット刺激はクアドラプレットの 3 番目のシンボルのみを選出した。

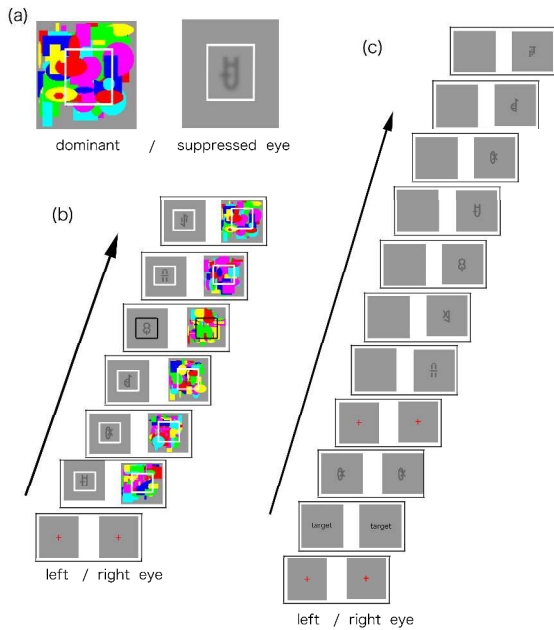


図2 実際の刺激の例
 (a) 実験で用いた刺激
 (b) 学習フェイズの例
 (c) テストフェイズの例

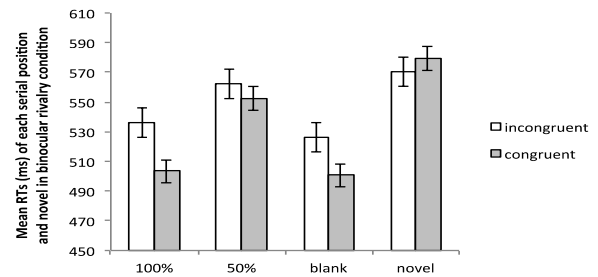
3. 結果

結果は被験者間要因 1 被験者内要因 2 の 2

(抑制：BR or Non BR) × 2 (呈示眼：一致 or 不一致) × 3 (遷移確率：1.0 or 0.5 blank) でターゲット検出課題における第 3 シンボルへの反応時間に対して分散分析を行った．この結果，呈示眼の主効果と遷移確率の主効果がともに有意(呈示眼; $F(1,42)= 10.37, p < .01$; 遷移確率; $F(2,84)= 6.23, p < .01$)であったが，抑制の主効果は見られなかった($F(1,42)= 0.20, n.s.$)．また抑制と遷移確率の交互作用が有意であった($F(2,84)= 3.30, p < .05$)．単純主効果の検定の結果，BR 条件において，遷移確率の主効果が有意であり，Non BR 条件では有意ではなかった (BR condition: $F(2, 46)= 8.06, p < .01$; NBR condition: $F(2,38)= 1.31, n.s.$)．多重比較 (修正 Bonferroni 法, $p < .05$) によって，BR 条件における遷移確率要因の各条件での比較を行った．0.5 と 1.0 の間に有意な反応時間の差 (50% > 100%)，そして 0.5 と blank の間に有意な反応時間の差 (50% > blank) が見られた (図 3 参照) ．

これらの結果は，BR でも Non BR であっても，遷移確率が 1.0 もしくは blank であれば共に系列に対する十分な学習が可能であるが，遷移確率が 0.5 の時には，BR 条件 (刺激を知覚できない条件) でのみ，学習に妨害効果が起こることが明らかになった。

A



B

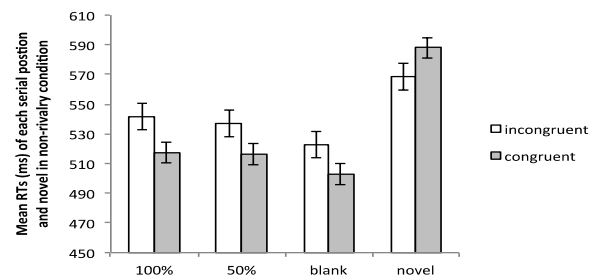


図3 各条件の平均反応時間

A. 両眼視野闘争下 (BR 条件)

B. 刺激が学習フェイズ時に知覚出来る (Non BR 条件)

4. 結論

時間的刺激系列において，組となる刺激の遷移確率を操作して，各遷移確率を刺激が見えている

状態でも見えていない状態でも学習することができるのかを検討した。

この結果、遷移確率が 1.0 もしくはブランクの場合では、被験者が学習フェイズに刺激が見えているかどうかにかかわらず、系列を学習することができた。これに対して、遷移確率が 0.5 の場合、つまりターゲット刺激の後に呈示される刺激が固定されていない場合には学習に妨害効果が見られた。これは、刺激が知覚できない場合の学習が、刺激の物理属性の変化（時空間変化）を学習することはできるが、刺激の連続の統計的学習（VSL）はできなかつたことを示している。これらの結果は、知覚できない状態で引き起こされる低次レベルでの学習が存在し、高次の学習とは異なった特徴を持っている（学習がマルチステージにおいて行われている）ということを示唆する。こ

suppression, flash suppression, and binocular rivalry, *Journal of vision*, 6, 1068-1078

- [6] Wolfe, Barbara L., and Jere R. Behrman. 1982. "Determinants of Child Mortality, Health, and Nutrition in a Developing Country." *Journal of Development Economics* 11 (October): 163-94.

5. 引用文献

- [1] Aslin, H. J., Connor, R. D., & Fisher, M. (2001). *Sharing in the catch or cashing in the share? Social impacts of Individual Transferable Quotas and the South East Fishery*. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.
- [2] Kim, R., Seitz, A., Feenstra, H., & Shams, L. (2009). Testing assumptions of statistical learning: is it long-term and implicit?. *Neuroscience letters*, 461(2), 145-149.
- [3] Lansing, R. W. (1964). Electroencephalographic correlates of binocular rivalry in man. *Science*, 146(3649), 1325-1327.
- [4] Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.
- [5] Tsuchiya N., Koch C., Gilroy L. A., Blake R. (2006). Depth of interocular suppression associated with continuous flash