

# 形の判別に関する系列依存性を反応時間から考える

## Serial dependence on shape classification in terms of response time

森本 優洸聖<sup>†</sup>, 牧岡省吾<sup>‡</sup>  
Yukihiro Morimoto, Shogo Makioka

<sup>†</sup>大阪府立大学, <sup>‡</sup>大阪公立大学  
Osaka Prefecture University, Osaka Metropolitan University  
sza02290@st.osakafu-u.ac.jp

### 概要

系列依存性は、直前の情報によって知覚や判断が変化する現象である。本研究は、系列依存性が形の判別において生じるかを追試した。また従来の刺激の主観的等価点での分析に加えて反応時間分析を行い、系列依存性が反応時間に影響するも検討した。

その結果、形の判別の系列依存性が確認された。また反応時間においても系列依存性が確認された。これらは過去の刺激の影響が刺激の判別に関する基準点そのものに影響することを示唆している。

キーワード：系列依存性, 視覚, 図形

### 1. はじめに

系列依存性(serial dependence)は知覚や判断が直前の知覚や判断に引き付けられる現象である[5, 11]。この現象は、傾き知覚[5]、数知覚[6]、顔の表情知覚[8]、形の知覚[4]など、視覚を中心に多くの刺激で確認されている。ターゲットの遅延再生法、強制二肢選択法など複数のパラダイムで観測されており、知覚判断一般に発生すると考えられている。この現象は、ノイズが多く、連続性を持つ環境の中で安定した知覚世界を成立させるための仕組みの一つとして注目されている。一般にこの現象は、過去の刺激や反応履歴がターゲット刺激の再生や判別における主観的等価点にどのような影響を与えるかで測定されている。また系列依存性の強さに影響を与える要因として刺激自体の不確実性が挙げられており、曖昧な刺激を判断するには過去の刺激により大きく引き付けられることが報告されている[2]。発生機序に関しては、低次知覚処理と意思決定過程に関わる高次な処理のいずれが主であるかで議論があり、最近の研究では高次処理の結果が低次処理に影響を与えるトップダウンの側面が大きいという見解が有力になっている[3, 10]。

本研究ではCollinsら[4]の正方形と円の図形判別課題における系列依存性のオンライン実験を実験室実験で再現し、過去の刺激の形によるPSEの違いを追試するとともに、反応時間を測定することにより判断に至るまでの過程を捉えることで系列依存性の発生機序の考

察を試みる。実験は、追試にあたる図形判断の強制二肢選択課題と、刺激が知覚されるまでの時間を計測するGo/No-go課題の二つから構成されており、参加者には両課題を連続して行ってもらった。

### 2. 方法

#### 実験参加者

大阪公立大学の学生 23名。参加者数は先行研究[4]の参加者数 22人を参考に募集を行った。本実験は大阪公立大学現代システム科学研究科研究倫理委員会の承認を得て行われた。

#### 使用機器等

PC, ディスプレイ (ASUS, VG248), キーボード。実験の制御はLinux (Ubuntu 16.4)上のMATLAB及びpsychtoolbox 3を用いて行った。実験参加者はディスプレイから50cmの距離に座って実験を行った。

#### 独立変数と従属変数

独立変数は正方形から円までを連続的に変化させた図形の形(11条件)であった。本稿では、刺激の条件は正方形を0, 円を1とした際に等間隔になるように小数値で刺激の形を示す。この値を形状値と呼ぶ。また実験後に決定する説明変数として、1試行前の刺激の形が正方形と円のどちらにより近い(2条件)を用いた。従属変数は、正方形か円であるかの参加者の判別結果と反応時間であった。

#### 使用刺激

ターゲットは正方形と円およびその間で連側的に変化する図形 11種類であった。すべての図形の面積は可能な範囲で近い値になるように操作した。図形は灰色で塗りつぶされており、画面背景は黒色。注視点は十字を用い、刺激と同じ灰色だった。

#### 実験手続き

図1に示すように、注視点の後ディスプレイ中央に刺激が呈示された。

強制二肢選択課題ではターゲットへの反応として、図形が正方形に近ければキーボードの→キー、円に近

ければ←キー(カウンターバランスとして逆の場合もある)を押すように教示した。参加者には、本課題に正解はないが参加者本人の基準において出来るだけ速く反応することを求めた。強制二肢選択課題の試行数は図形 11 種類 × 6 回の繰り返し 10 ブロックで計 660 試行。ブロック内の刺激の順番はランダムだった。

Go/No-go 課題では、図形が出ればどんな形であってもスペースキーをできるだけ速く押すことを教示した。強制二肢選択課題とは異なりターゲットが出ない試行が 1 ブロックに 6 試行含まれていた。よって試行数は図形の種類 12 種類 (No-go 試行を含む) × 6 試行 × 10 ブロックで計 720 試行。ブロック内の刺激順番はランダムだった。参加者は両課題で合計 1,380 試行を行った。総実験時間は約 60 分だった。

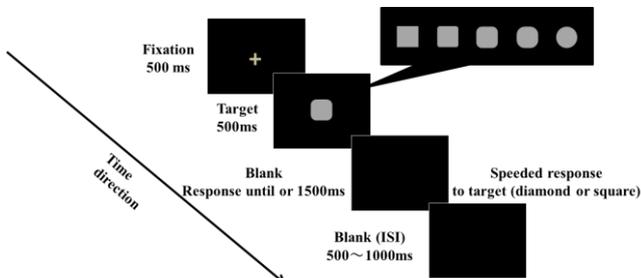


図 1. 課題の流れ

参加者は強制二肢選択課題と Go/No-go 課題のいずれかを先に行った。また課題のブロック毎には参加者が任意で延長できる最低 15 秒の休憩時間が設けられた。参加者にはコースクレジットもしくは 1,000 円の謝金を支払った。

### 3. 結果

本分析では強制二肢選択課題について各参加者の結果に Psychometric function を当てはめた。図 2 では平均正答率に基づく Psychometric function と刺激条件ごとの平均反応時間を示した。横軸は前述の形状値である。PSE は、参加者が半分を正方形、半分を円形と回答した刺激に対応しており、平均 PSE は 0.745(SD:0.097)だった。平均 PSE が 0.5 より大きいということは、正方形に対して反応の偏りがあることを意味する。

Psychometric function の分析では、前の試行で提示された形状によって PSE が異なるかを確認した。正方形

に近い刺激(0-0.4)が先行する試行での平均 PSE は 0.754(SD:0.100)、円に近い刺激(0.6-1)が先行する試行では 0.731(SD:0.105)であった。対応ありの t 検定の結果は  $t(22) = 2.721, p = 0.012, d = 0.23$  で有意差があった。小さい効果量であるが、1 試行前の刺激が円に近い場合円を選択しやすいことが示された(その逆の正方形の場合も同じ)。

さらに、強制二肢選択課題の反応時間について、前試行が円に近いか、正方形に近いかによって形状値毎の平均反応時間が異なるかを検討するために被験者内 2 要因分散分析を行った。要因は 1 試行前の刺激が正方形に近い(0-0.4)か、円に近い(0.6-1)の 2 水準と現試行の形状値の 11 水準。1 試行前の刺激要因に有意差  $F(1,22) = 9.441, p = 0.006, \text{partial } \eta^2 = 0.300$ 、形状値要因に有意差  $F(2.62,57.59) = 21.871, p = 6.04 \times 10^{-9}, \text{partial } \eta^2 = 0.499$ 、および交互作用に有意差  $F(10, 220) = 6.341, p = 1.52 \times 10^{-8}, \text{partial } \eta^2 = 0.224$  が認められた。下位検定の結果、1 試行前の刺激が正方形に近い場合と円に近い場合を比べると形状値が 0 から 0.6 までの間には有意差があり、1 試行前が正方形のときに反応時間が短かった。0.7-1 の形状では 1 試行前の形状による影響があるとはいえなかった。

また形状値に対する反応時間の変化を見ると、最も反応時間が長い形状値を中心に山形になっている。山のピークを参加者毎に算出するために平均反応時間を  $y$  として、形状値(0-1)を  $x$  とした関数  $y = a \cdot x^2 + b \cdot x^3 + c \cdot x^4 + d$  で最小二乗法を使って回帰した。回帰した結果の平均パラメーターのプロットを図 3 に示す。その結果、最も反応時間が遅い形状値の平均は 1 試行前の刺激が正方形に近い場合では 0.803 (SD:0.115)、円に近い場合は 0.741 (SD:0.138)であった。対応ありの t 検定の結果は  $t(22) = 3.06, p = 0.006, d = 0.481$  であり、有意差があった。つまり、1 試行前の刺激が正方形に近い場合と円に近い場合では反応が最も遅くなる形状値が異なり、1 試行前が円に近い場合では、現試行の刺激が正方形に近い形状値で最も遅い反応時間になっていた(これは逆も言える)。この差は psychometric function での PSE の変化と対応していると考えられる。

次に図 4 に Go/No-go 課題の平均反応時間を示した。Go/No-go 課題の反応時間でも前試行が円に近いか、正方形に近いかによって形状値毎の平均反応時間が異なるかを検討するために被験者内 2 要因分散分析を行った。要因は 1 試行前の刺激が正方形に近い (0 - 0.4)か、円に近い (0.6 - 1)かの 2 水準と、現試行の形状値の 11 水準だった。1 試行前の形状値要因 ( $F(1, 22)=0.504, p=0.485, \text{partial } \eta^2=0.022$ )、現試行の形状値要因 ( $F(10, 220)=0.926, p=0.510, \text{partial } \eta^2=0.040$ )、交互作用のいずれも有意差はなかった ( $F(4.24, 93.28)=1.428, p=1, \text{partial } \eta^2=0.061$ )。よって Go/No-go 課題においては刺激の形や過去の刺激の形による反応時間の変動があるという証拠は得られなかった。

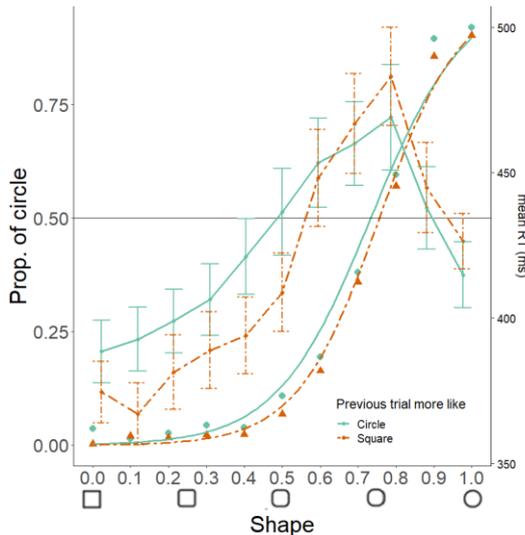


図 2. 強制二肢選択課題での形毎の参加者全体の平均 RT と参加者全体の円を選んだ割合の Psychometric function. 直前試行の形が円と正方形どちらに近いかで線種を分けている。また誤差棒 (標準誤差) のある方が反応時間を示す。

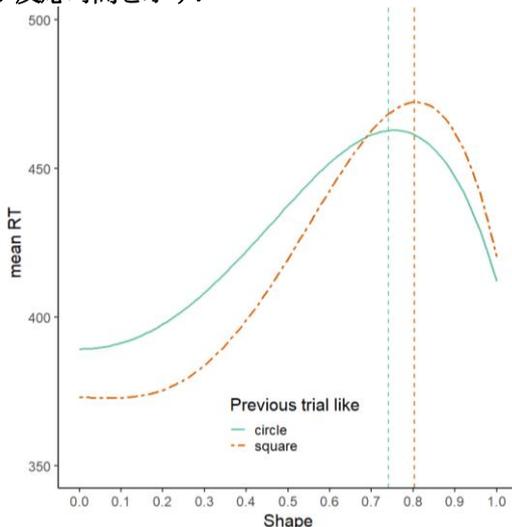


図 3. 強制二肢選択課題での形毎の平均 RT を参加者毎に多項式モデルで近似した際の、平均パラメータでのプロット。線種は直前試行の形が円と正方形どちらに近いかを示す。点で書かれた垂直線はそれぞれの最も反応時間が遅い形状値を示す。

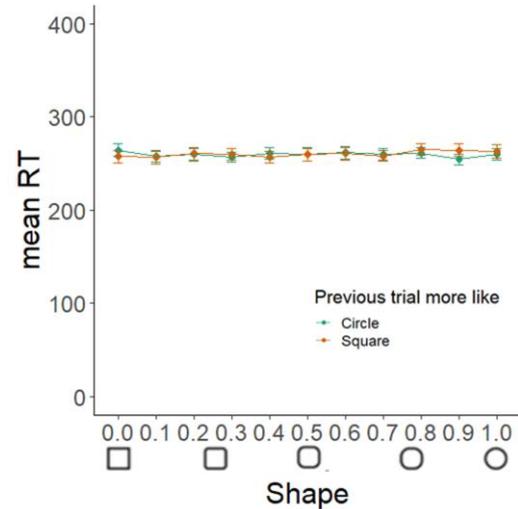


図 4. Go/No-go 課題での形毎の参加者全体の平均 RT. 直前試行の形が円と正方形どちらに近いかで色を分けている。

#### 4. 考察

本研究では、図形判別課題における系列依存性が追試できるか、また判別課題における反応時間によっても系列依存性が確認できるかを検証した。

その結果、図形の判別についての PSE の分析より、Collins ら[4]の実験結果と同様の結果が得られ、1 試行前の形状値が円に近い場合は、正方形に近い場合と比べて円と判別しやすくなることが確認できた。

平均反応時間の分散分析の結果からは、1 試行前の刺激によるプライミングと解釈できる現象が、正方形に近い形状値において見られた。つまり 1 試行の前の刺激が正方形に近い場合は円に近い場合と比べて、現試行が正方形に近い形状値への反応時間が短くなっていった。この逆の現象については分散分析の下位検定の結果からは得られなかったが、平均反応時間のプロットからは 1 試行前が円に近い場合と正方形に近い場合を比べた際に、現試行が円に近い形状値では 1 試行前が円に近い方の反応時間が短い傾向が見られる。これらは前試行と同じ判断をする場合に反応時間が短くなるという現象の存在を示唆する。円に近い場合に有意差が見られなかったのは、円だと判別される割合が刺激全体の中で相対的に少なかったためだと考えられる。

上記は、1 試行前の刺激が現在の試行の反応時間に影響を与えることについての解釈であるが、もう一つの観点として、現在の試行における反応時間のピーク (最も反応が遅くなる形状値) の変化の分析がある (図 3)。この分析は判断を行う際の形状値の基準点

の変化を捉えている。判別しやすい対象、つまり極端な特徴をもつ対象では、弁別反応に必要な反応時間が短く、判別しにくい中間的な特徴を持つ場合は反応時間が長くなることは一般的に知られている。本実験では、判別しやすい刺激は形状値が 0 や 1 のものであり、判別しにくい刺激は PSE 付近の形状値 0.7 と 0.8 のものであった。最も反応時間が遅くなった形状値は、1 試行前の刺激の形によって有意に変化していた。1 試行前が円に近い場合は、1 試行前が正方形だった場合に比べて、現試行の刺激が正方形に近い形状値で最も遅い反応時間になることが確認でき(逆も同じ)、1 試行の前の刺激の形が反応時間に対しても影響することが示唆された。

Go/No-go 課題の反応時間の分析では、1 試行前の刺激の形や、現試行の形状値によって反応時間の変化は見られなかった。強制二肢選択課題でみられた効果は、刺激の検出に関する処理には影響しないようである。過去の刺激の影響は、刺激の検出に関する処理よりも高次の、刺激の特徴処理以降の寄与によって発生していると考えられる。これは、これまでの系列依存性の研究における高次の表象がのちの知覚や判断に影響しているという結果と一致している[7, 9]。

一方で、高次表象の影響を考える際には、刺激自体ではなく反応の影響が強い影響を与えるという見方[1, 10, 9]もあり、今後は過去の反応について着目した分析も含めて形の判別に関する系列依存性の検討を進める必要がある。

## 5. 結論

本研究では、図形判別に関する系列依存性の実験を追試し、反応時間を含めて分析を行った、その結果、1 試行前の刺激によって判別に関する PSE が異なり、反応時間の分布も変化するという系列依存性が確認できた。これらは過去の刺激が判別に関する基準点を変化させ、反応時間にも影響することを示唆する。またこの現象は Go/No-go 課題では見られず、強制二肢選択課題でのみ見られたことから、刺激の検出に関わる低次処理ではなく、刺激の特徴に関する処理以降において発生することが示唆された。

## 6. 参考文献

[1] Akaishi, R. et al. 2014. Autonomous Mechanism of Internal Choice Estimate Underlies Decision Inertia. *Neuron*. 81, 1 (Jan. 2014), 195–206. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.018>.

- [2] Ceylan, G. et al. 2021. Serial dependence does not originate from low-level visual processing. *Cognition*. 212, (Jul. 2021), 104709. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104709>.
- [3] [Cicchini, G.M. et al. 2018. The functional role of serial dependence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 285, 1890 (2018), 20181722. DOI:<https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1722>.
- [4] Collins, T. 2022. Serial Dependence Occurs at the Level of Both Features and Integrated Object Representations. *Journal of Experimental Psychology: General*. 151, 8 (2022). DOI:<https://doi.org/10.1037/xge0001159>.
- [5] Fischer, J. and Whitney, D. 2014. Serial dependence in visual perception. *Nature Neuroscience*. 17, 5 (Mar. 2014), 738–743. DOI:<https://doi.org/10.1038/nn.3689>.
- [6] Fornaciai, M. and Park, J. 2018. Serial dependence in numerosity perception. *Journal of Vision*. 18, 9 (Sep. 2018), 15. DOI:<https://doi.org/10.1167/18.9.15>.
- [7] Fornaciai, M. and Park, J. 2022. The effect of abstract representation and response feedback on serial dependence in numerosity perception. *Attention, Perception, & Psychophysics* 2022. (May 2022), 1–15. DOI:<https://doi.org/10.3758/s13414-022-02518-y>.
- [8] Liberman, A. et al. 2016. Serial dependence promotes object stability during occlusion. *Journal of Vision*. 16, 15 (Dec. 2016), 16. DOI:<https://doi.org/10.1167/16.15.16>.
- [9] Morimoto, Y. and Makioka, S. 2022. Serial dependence in estimates of the monetary value of coins. *Scientific Reports*. 12, 1 (Nov. 2022), 20212. DOI:<https://doi.org/10.1038/s41598-022-24236-z>.
- [10] Pascucci, D. et al. 2019. Laws of concatenated perception: Vision goes for novelty, decisions for perseverance. *PLoS Biology*. 17, 3 (Mar. 2019), e3000144. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000144>.
- [11] Pascucci, D. et al. 2023. Serial dependence in visual perception: A review. *Journal of Vision*. 23, 1 (Jan. 2023), 9. DOI:<https://doi.org/10.1167/jov.23.1.9>.