

称号及び氏名 博士（学術） 森本 優洸聖

学位授与の日付 2024年3月31日

論文名 知覚における先行経験の影響：系列依存性を用いた検討

論文審査委員 主査 岡本 真彦

副査 牧岡 省吾

副査 野津 亮

博士学位論文要旨

ヒトは日常において、知覚に基づいて行動する。しかし我々の知覚は大まかには外部世界を捉えているが完全に環境と一致しないことが知られている。

例えば、我々は外界の空間や物体の情報を視覚から得ている。これらは光が目に入ることによって達成されており、我々の視知覚は時空間的に安定している。しかし、実際の光刺激は我々が感じている世界よりも変化が大きい。外部世界には光源を遮る障害物があり、我々自身も視線運動や瞬きを行うため光刺激は安定して入力されるわけではない。入力が不安定であるにも関わらず我々の視覚世界は安定している。これは、我々が刺激に基づいてそのまま外部世界を知覚しておらず、部分的に得られた情報を補完し生成したものを知覚していることを示唆する。この情報の補完や生成の過程を反映するのが知覚のバイアスだと考えられている。近年、視知覚のバイアスの一つとして系列依存性(Serial dependence)の研究が進められている(Cicchini et al., 2024; Fischer & Whitney, 2014; Pascucci et al., 2023)。

系列依存性は、我々の知覚が過去に知覚したものに近くなるという現象であり、連続的に変化する世界に対応する情報処理の性質として捉えられている。この現象は傾き知覚(Fischer & Whitney, 2014)、数知覚(Corbett et al., 2011; Fornaciai & Park, 2018b)、運動知覚(Liberman et al., 2016)、顔の表情知覚(Liberman et al., 2018)、運動主体感(Stern et al., 2022)など多くの刺激を使った課題で確認されている。系列依存性とは逆に、過去に知覚されたものと反発的に知覚される(より異なったものに見える)という順応(visual adaptation)や残効(after-effect)と呼ばれる現象も存在する(Thompson & Burr, 2009)。順応や残効は光を受容する網膜や初期視覚野の神経活動の時間的変化によることが明らかになりつつある(Kohn, 2007; Webster, 2011, 2015)のに比べて、系列依存性のメカニズムについてはいまだ説明が進んでいない。過去の経験によって反応が誘発される場合を正の系列依存性、反発される場合を負の系列依存性と呼び、両者を統一的に説明する試みがされている(Cicchini et al., 2024; Pascucci et al., 2019)。

系列依存性の研究は初期に発見された傾き知覚の研究(Fischer & Whitney,2014)を中心に、その性質やメカニズムについて活発な議論がなされている。一方で、系列依存性は様々な刺激で確認されているが、系列依存性一般で共通するメカニズムと刺激固有の系列依存性のメカニズムの違いがあるかは詳細が検討されていないため、刺激によってメカニズムが異なる可能性ある。メカニズムのモデルは積み上げられてきた傾き知覚の知見が主となって構築されている。より詳細なモデルを考えるには各刺激特徴の系列依存性における刺激固有の性質の有無などの整理が必要となる。また系列依存性は成人でしか検討されておらず、その発達過程は明らかになっていない。

我々は数知覚の系列依存性を検討対象とした。数知覚の系列依存性は研究の数は傾き知覚ほどではないが、系列依存性研究の初期から検討されており(Corbett et al., 2011), 継続的に研究しているグループも存在する(Fornaciai et al.,2023; Fornaciai & Park, 2018b, 2018a, 2019b, 2019a, 2020, 2021, 2022; Togoli et al.,2021)。また数を使った認知課題は子どもにおける研究で用いられており、発達の検討にも適している。数知覚の系列依存性の知見を集め、傾き知覚と比較することで系列依存性の性質を整理を試みた。

我々は数知覚における系列依存性について3つの問題設定を行なった。1つ目は数知覚の系列依存性が日常生活で経験するものに近い刺激でも発生するかという点である。点配列よりも複雑な刺激で系列依存性が生じるかについて検討することは、系列依存性に関わる処理段階を捉える上でも重要であるが、我々の日常における系列依存性を考えるのに役立つ。

2つ目は数推定課題における反応の影響の検討である。数弁別課題においては誘導刺激に反応を行わない場合でも系列依存性が生じることが確認されているが、数推定においては反応の影響を直接評価した研究はない。数推定における系列依存性への反応の影響を直接的に確認することは、他の系列依存性刺激との比較しメカニズムを考える上で役立つ。

3つ目は発達過程の検討である。数の知覚は乳児や動物でも可能であり、数刺激を用いた実験によって系列依存性の発達過程を捉えられる可能性がある。系列依存性の発達過程はいまだ検討されておらず、メカニズムの解明にも役立つと考えられる。

2章では硬貨を刺激にした課題において系列依存性が発生するかを検討した。1円玉、5円玉、10円玉の3種類の硬貨を刺激として用いることで、枚数(硬貨の個数)と金額という数を推定する課題を2種類設定でき、両課題で正の系列依存性が確認できた。実験1で、参加者は画面上に短時間提示される8~32枚の硬貨の枚数推定課題を行った。その結果、点配列刺激の先行研究(Fornaciai & Park, 2018b)と同じく、参加者の推定値に正の系列依存性が見られた。実験2の金額推定課題では、硬貨の種類ごとの枚数を推定し、金額を合算するという高次な処理が必要になるため、先行研究や実験1で行われた数推定より高次な処理を要する。この場合でも、正の系列依存性が生じていた。

また過去の刺激の数と過去の反応の両方を説明変数として重回帰分析を行い、刺激の数と反応のどちらが強い系列依存性を生むかを比較した。その結果、枚数推定および金額推

定ともに、直前の反応で正の系列依存性が生じていた。また直前の反応が正の系列依存性を示すのに対して、直前の刺激の影響は負の系列依存性を示した。これは刺激そのものではなく、刺激に基づいて生成される課題に必要な表象が、後続の表象生成に影響を与えることを示唆する。

3章では画面上に短時間提示される8~32個からなる点配列の個数を推定する課題で反応なし試行と反応あり試行を混合し、反応すること自体の影響を検討した。実験3では、反応あり試行のみで構成された課題(実験3a)と、反応なし試行と反応あり試行の交互で構成された課題(実験3b)を同じ参加者に行ってもらった。実験3aと3bで過去の刺激に含まれる点の数による系列依存性の強さを比較した結果、実験3aでは直前試行の刺激による正の系列依存性が見られたが、実験3bでは直前試行の刺激による系列依存性は見られず、2試行前つまり直前に反応した試行の刺激による正の系列依存性が見られた。ただし、実験3bでは試行の提示パターンが固定であったため、参加者の注意の向け方が反応なし試行と反応あり試行で異なっていた可能性があった。実験4では反応あり試行と反応なし試行をランダムな順序で行い、反応プロンプトが提示されるまで反応の必要性の有無が予測できなかった。その結果、反応あり試行直後の系列依存性は有意であり、反応なし試行直後の系列依存性は有意傾向に留まった。さらに、反応あり試行の直後には、反応なし試行の直後と比べて有意に大きい正の系列依存性が生じていた。これは、反応すること自体の正の系列依存性への影響を示唆する。反応あり試行では、刺激に基づいて数表象を作り、キーボード入力により回答を行う。反応なし試行ではこの一連の流れは必ずしも必要ではない。課題に関する表象を生成する過程が、系列依存性の大きさに影響を与えている可能性がある。これらの結果は、表象の生成が後続の表象生成に影響を与えるという2章で議論した解釈を支持すると考えられる。

4章では、刺激の提示方法や試行数などを調整することで低学年児に遂行可能な数弁別課題を作成し、子どもにおいて系列依存性が生じるか検討した。参加者は、画面上に短時間提示される2つの点配列を比較し、どちらの点の数が多いのかを答えた。2つの点配列の前に誘導刺激を提示し、誘導刺激に含まれる点の数による反応の変化によって系列依存性を評価した。5から9歳、10歳から13歳、成人の、全ての年齢群で系列依存性が見られた。これは系列依存性がヒトに発達普遍的に存在することを示唆する。また発達差も見られ、5から9歳と成人の間では、5から9歳の系列依存性効果が大きかった。これは過去の刺激の影響は幼い子供の方が大きいことを示唆する。我々が開発した同時提示の弁別パラダイムが低学年児に利用可能であった。これは数以外の刺激においても、発達の検討を行うことができる可能性を示した。

第5章では、第2章から第4章の実験の結果を総合的に考察した。一連の結果は、課題遂行に必要な表象が生成されると、後続の試行で表象を生成する際に、前の試行で生成された表象が影響する、という一貫した解釈が可能である。この解釈は、系列依存性が特定の処理段階のみでなく、高次処理と低次処理の両方が関係しているというFornaciaiら

のグループの先行研究(Fornaciai et al., 2023;Fornaciai & Park, 2018b, 2018a, 2019b, 2019a, 2020, 2021, 2022; Togoli et al., 2021)の主張を支持するものであると言える。

また過去の傾き刺激の系列依存性との比較点として、反応の影響について検討した。2章と3章において、数の推定課題の正の系列依存性に反応が大きく関わるという結果が得られた。ただし、4章における数弁別課題では反応を要しない誘導刺激が後続の参照刺激の知覚に影響を与えており、反応を要しない刺激が系列依存性を起していた。これらは傾き知覚、数知覚両方で見られる知見であり高次処理と低次処理の両方が系列依存性の発生に関係することを示す。また系列依存性は特定の情報処理に特有のものではなく、ある課題に対して必要な表象を連続的に作る過程で発生することを示唆している。

初出一覧

1章 博士論文のために書きおろし

2章 Morimoto, Y., Makioka, S. Serial dependence in estimates of the monetary value of coins. *Sci Rep* 12, 20212 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24236-z> を日本語化し、再編集した。

3章 Morimoto, Y., Makioka, S. Response boosts serial dependence in the numerosity estimation task. *Sci Rep* 14, 2059 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52470-0> を日本語化し、再編集した

4章 現在、査読中の Morimoto, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, K.M., Makioka, S. Children's serial dependence in numerosity perception, *Frontiers in Cognition* ,(under review). を日本語化し、再編集した

5章 博士論文のために書き下ろし

学位論文審査結果の要旨

学位論文審査委員会

本学位論文審査委員会は、現代システム科学研究科現代システム科学専攻（心理学分野）の博士論文審査基準に照らして厳正な審査を行い、以下の評価と結論に至った。

審査委員会 第1階審査委員会 2024年2月9日~2月20日 メール審議
第2階審査委員会 2024年2月20日~2月28日 メール審議

1) 博士学位申請者が主体的に取り組んだ研究であること

本研究は、森本氏が先行研究を丹念に精査し、実験計画を立案、実験に実施、統計解析、考察に至るすべての研究段階で主体的に行った研究であると認められる。

2) 研究内容に新規性および独創性を有していること

本研究で取り上げられている系列依存性は、主に傾きの知覚、運動感覚などのプロセスにおいて検討がなされてきたが、森本氏の研究は数の知覚を中心に検討されたものであり新規性がある。

3) 当該研究分野の発展に貢献する学術的価値が認められること

森本氏が行った研究から、系列依存性が先行の反応から生じる可能性、10歳未満の子どもに系列依存性が大きいことなど、新しい知見を見出しており、系列依存性の発生機序を解明するための進展をもたらしている。

4) 論文の構成および内容が適切であり、論文としての体裁が整っていること

本研究は、先行研究を丁寧にレビューした上で課題を指摘し、研究目的が明確にされている。適切で明確な研究方法を用いて実験的検討がなされ、実験結果について最適な統計解析手法を用いて行われた分析に基づき、論理的に考察され、適切に結論が導き出されている。

5) 学位論文の公聴会での論文内容の発表および質疑応答が論理的に明確に行われていること

公聴会において、系列依存性とは何か、系列依存性の適応的意味は何か、数の推定課題の心的メカニズムをどのように想定しているか、などに関して質疑がなされたが、認知心理学の専門的な見地からの的確で論理的な応答を行った。