

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：12611
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22530791
 研究課題名（和文） 離散量表象の認知過程とその発達の検討

研究課題名（英文） Approximate numerical representation and its development

研究代表者

時田 みどり (TOKITA MIDORI)
 お茶の水女子大学・文教育学部・非常勤講師
 研究者番号：40571112

研究成果の概要（和文）：

本研究では、先行研究で支持されている数表象過程について、議論上並びに実験手続き上の問題点を明らかにし、独自の測定法と測定対象の統制によって信頼性の高い行動データを示した。行動実験の結果から、物の“数”を抽出する過程の前段階に、入力時の提示フォーマットに固有の処理過程が存在することを示した。さらに、統計的効率分析を用いて離散量処理過程における内部ノイズを推定し、よりの確な数表象過程のモデルを提案した。尚、本研究では、一般的な「数」という表現について、その量的側面にも注目し、独自のモデル化過程において「離散量」という用語を用いた。

研究成果の概要（英文）：

A genuinely abstract number representation is thought to be capable of representing the numerosity of any set of discrete elements whether they were sequentially or simultaneously presented. Recent neuroimaging studies, however, demonstrate that different area of intraparietal sulcus have been found to play a role in extracting numerosity across simultaneous or sequential presentation during a quantification process, suggesting the existence of a format-dependent numerical system. To test whether behavioral evidence exists for format-dependent numerical processing in human adults, we measured Weber fractions of numerosity discrimination in sequential stimuli, simultaneous stimuli, and cross-format stimuli with a carefully controlled experimental procedure. Results showed distinct differences between the performance of the simultaneous and that of the sequential condition, supporting the existence of the format-dependent process for the numerosity representation. Taken together, our findings suggest that the numerical representation may involve a complex set of multiple stages.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：認知科学 実験心理学

科研費の分科・細目：実験心理学

キーワード：数の表象 心理物理 モダリティ効果

1. 研究開始当初の背景

対象物の数に基づく判断や心的操作は、ヒトに特有の能力であると考えられてきた。しかし、1980年代後半から、数の識別について、鳥類、爬虫類、哺乳類等を対象とした数多くの実験が行われ、動物にも数表象能力が備わっているとする議論が支持されるようになった (Meck & Church, 1983; Davis & Peruss, 1988; Emmerton & Renner, 2006; Beran, 2008; Cantlon et al, 2009; Nieder & Dehaene, 2009)。また、乳幼児を対象とした数識別実験の結果から、数表象システムは、生後早い時期から存在することが示唆されている (Xu, 2003; Xu, Spelke, & Goddard, 2005)。数表象システムの重要な特性として、1) 知覚的要因 (大きさや時間等) の効果を受けない、2) 提示フォーマット (空間同時提示 vs. 逐次提示) や感覚モダリティ (視覚 vs. 聴覚) に依存しない、3) その識別精度がウェーバーの法則に従うといった点が主張されている (Nieder, 2004; Brannon, 2006; Cantlon et al, 2009)。しかし、先行研究における行動データには、1) 対象とするアイテム数が一貫していない、2) 研究によって測定の精度が異なる、3) 練習効果が考慮に入られていない等、実験手続き上の問題点が指摘され、数表象システムの系統発生的連続性を証明する十分な検討がなされていない。

2. 研究の目的

数表象システムに関する先行研究の行動データには、実験手続き上の問題点が指摘される。また、空間処理と時間処理とが異なる神経基盤を有することから推測するに、空間同時提示されたアイテムと逐次提示されたアイテムの数把握には、独立した処理過程が存在する可能性が考えられる。本研究では、先行研究の問題点を明確にし、独自の測定法と統制された測定対象によって、数表象の認知過程の精緻化を試みた。また、その発達的要因を検討するために、5-6歳児を対象とした実験を行った。尚、本研究では、数表象について、その量的側面にも注目し、離散量表象という用語を使用した。

3. 研究の方法

(1) 離散量表象における知覚的要因の効果とその発達の検討-5歳児と成人の比較-: アイテム数の識別における連続量の効果について、空間同時提示フォーマットについての実験では空間次元を、時間逐次提示フォーマットについての実験では時間次元を操作して、各々、連続量が刺激数の識別の精度と正確さにどのような効果を示すのかを検討した。また、5-6歳児を対象として、空間提示フォーマットでの連続量の効果を検討した。実験手続きの例を図3-1に示す。

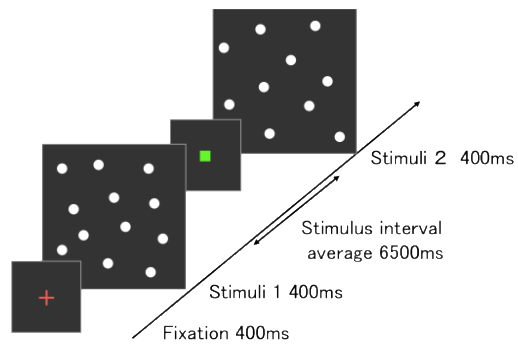


図3-1. 空間同時提示の刺激提示の略図

(2) 離散量表象における提示フォーマットの効果の検討: 離散量の処理過程は、提示フォーマットに依存しないことが示唆されているが、対象刺激の数範囲及び測定の精度等について疑問が残されている。本研究では、同時提示、逐次提示、クロスフォーマット提示刺激を用いて、同一フォーマット及びクロスフォーマットの3条件における刺激数の識別課題を行った。

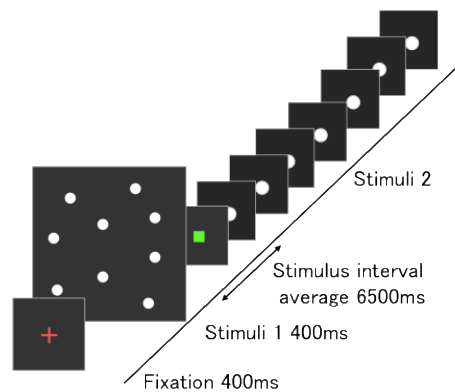


図3-2. クロスフォーマットの刺激提示の略図

(3) 離散量表象における感覚モダリティの効果：入力時の感覚モダリティが離散量の処理に及ぼす効果を検討した。2系列の視覚、聴覚刺激を用いて、同一モダリティ及びクロスモダリティの3条件における刺激数の識別課題を行った。全ての条件において数唱の不可能な速度で刺激を継時提示し、数識別における精度とバイアスを測定した。

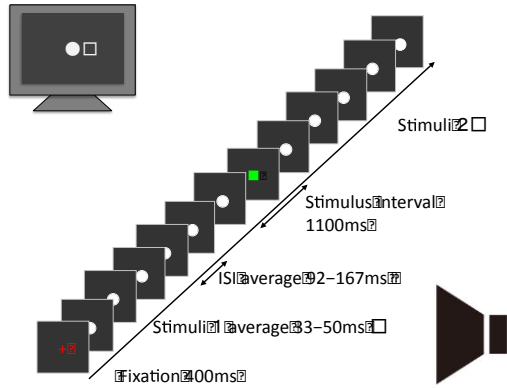


図 3-3. クロスモダリティの刺激提示の略図

4. 研究成果

(1) 離散量表象における知覚的要因の効果とその発達の検討-5歳児と成人の比較-:5歳児、成人の被験者ともに、刺激面積、提示画面の効果が示された。識別精度の低下及びバイアス傾向は、5歳児においてより顕著であった。結果の一部を図 4-1 に示す。

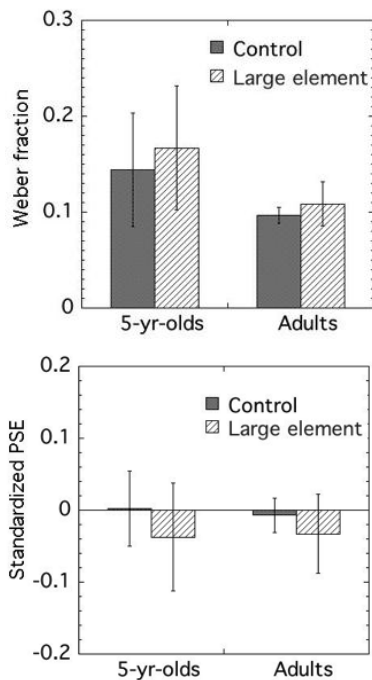


図 4-1. 知覚的要因の効果

(2) 離散量表象における提示フォーマットの効果の検討：同時フォーマット、逐次フォーマットの両条件で、離散量の識別精度に系統的な差が示され、フォーマットごとに固有のシステムが介在する可能性が示唆された。

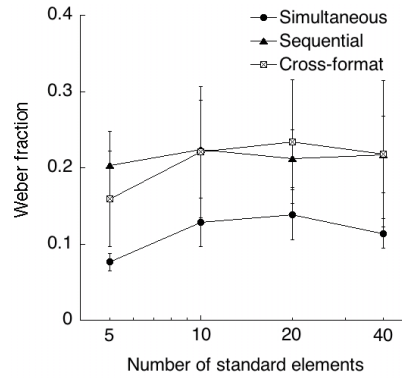


図 4-2. 提示フォーマットの効果

(3) 離散量表象における感覚モダリティの効果：視覚条件と比較して、聴覚条件で高い識別精度が示された。クロスモダリティ条件での識別精度は、視覚と聴覚条件との間の値が示された。また、視覚刺激数の過大評価という一貫したバイアスが示された。結果の一部を図 4-3 に示す。

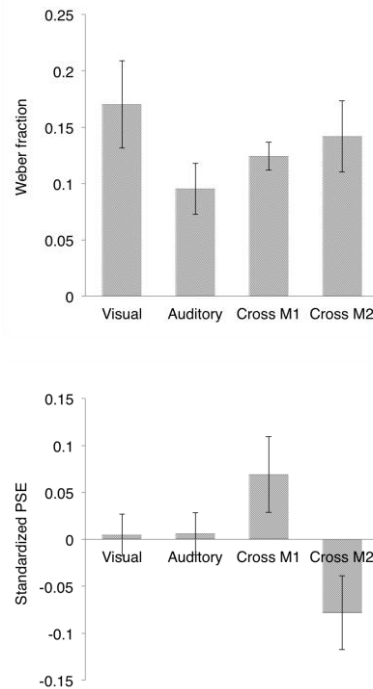


図 4-3. 感覚モダリティの効果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① Midori Tokita, Akira Ishiguchi, Evidence for Modality-Specific Processes in Approximate Numerical Comparison, *In N. Miyake, D. Peebles, & R. P. Cooper (Eds.), Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2440-2445). Austin, TX: Cognitive Science Society, 2012.
<http://mindmodeling.org/cogsci2012/papers/0424/paper0424.pdf>. 原著, 査読あり, 第一著者, 学術雑誌
- ② Midori Tokita, Akira Ishiguchi, Behavioral evidence for format dependent processes in approximate numerosity representation, *Psychonomic Bulletin & Review*, 2012, Volume 19(2), pp 285-293, 2012, doi:10.3758/s13423-011-0206-6. 原著, 査読あり, 第一著者, 学術雑誌
- ③ Midori Tokita, Akira Ishiguchi, Temporal information affects the performance of numerosity discrimination: behavioral evidence for a shared system for numerosity and temporal processing, *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(3), pp550-556, 2011, doi 10.3758/s13423-011-0072-2. 原著, 査読あり, 第一著者, 学術雑誌
- ④ Midori Tokita, Akira Ishiguchi, How might the discrepancy in the effects of perceptual variables on numerosity judgment be reconciled? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(7), p1839-1853, 2010, doi 10.3758/APP.72.7.1839, Psychonomic Society. 原著, 査読あり, 第一著者, 学術雑誌

[学会発表] (計7件)

- ① Midori Tokita, Akira Ishiguchi, Evidence for Modality-Specific Processes in Approximate Numerical Comparison, 2012, the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Sapporo, Japan, August 1-4,

2012.

- ② Midori Tokita, Akira Ishiguchi, Test for the Cross-modal transfer for approximate numerosity comparison, 2012, Proceedings of 24st annual convention of Association for Psychological Science, Chicago, Illinois, USA, May 24-29, 2012.
- ③ 時田みどり, 石口彰, 刺激数と系列時間の相互干渉過程の検討 (日本基礎心理学会第30回大会, 2011年12月3-4日, ポスター発表, 責任発表者), 慶應大学.
- ④ Midori Tokita, Akira Ishiguchi, “Psychophysical Test for the Interaction between Numerosity and Area”, 2011, Abstract of 52st annual meeting of the Psychonomic Society, Seattle, Washington, USA, November 3-6, 2011.
- ⑤ Midori Tokita, Akira Ishiguchi, “Perceptual variables affect the performance of numerosity judgment in preschoolers and adults” 2011 May 26-29, Proceedings of 23st annual convention of Association for Psychological Science, Washington, DC, USA.
- ⑥ 時田みどり, 5歳児における離散量識別の精度と正確さの検討 -連続量の効果と数唱流暢性との関連-, 日本発達心理学会第22回大会, 2011年3月25日, ポスター発表, 責任発表者), 東京学芸大学.
- ⑦ 時田みどり, 石口彰, 「離散量識別における練習効果の感覚モダリティ間転移の検討」(日本心理学会第74回大会, 2010年9月21日, ポスター発表, 責任発表者)

[図書] (計1件)

時田みどり著「離散料表象の認知過程」風間書房、2012年1月15日 (総155頁)

6. 研究組織

(1)研究代表者

時田 みどり (TOKITA MIDORI)
お茶の水女子大学・文教育学部
非常勤講師
研究者番号: 40571112

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし