

数の空間配置に関する共感覚の生成メカニズム

The ghosts of number forms: irregular mental number lines in non-synaesthetes.

牧岡省吾

Shogo Makioka

大阪府立大学 人間社会学部 人間科学科

Department of Human Sciences, Osaka Prefecture University

makioka@hs.osakafu-u.ac.jp

Abstract

Some people automatically and involuntarily “see” mental images of numbers in spatial arrays when they think of numbers. This phenomenon, called number forms, shares three key characteristics with the other types of synaesthesia, within-individual consistency, between-individual variety, and mixture of regularity and randomness. An experiment was conducted to investigate whether mental number lines of non-synaesthetes share the properties above.

Keywords — number forms, synaesthesia, numerical comparison

1.はじめに

数について考えるときに数字の配置に関する心的イメージが強制的に喚起される人がある。この現象はナンバーフォームズ(number forms)と呼ばれ、19世紀に Galton によって初めて報告された^[1]。この現象は数の概念と空間知覚の間の共感覚であると考えられている^[2]。Makioka は、ナンバーフォームズの形状が脳内の自己組織化学習によって決まるという見方(SOLA: Self-Organizing Learning Account of number forms)を提案した^[3]。この枠組みは、a.規則性と不規則性の混交、b.個人間での多様性、c.個人内での一貫性というナンバーフォームズの特徴を説明する。a は自己組織化学習が本来もつ特性である。b は自己組織化学習の結果がネットワークの初期状態に依存することにより説明される。c は安定したマップの形成後に学習が停止すると仮定することで説明される。Makioka は、数の大きさを符号化した入力を SOM^[4]に与えて自己組織化学習を行わせることにより、ナンバーフォームズと類似したマップが形成されることを見出した。

数の大きさと空間知覚との対応はナンバーフォームズ保持者に特有のものだろうか。Sagiv らは、ナンバーフォームズ保持者が二つの数の大小判断を行う場合、それらが刺激画面上で本人のナンバー

フォームズと一致する向きに並んでいる場合の方が、そうでない場合より反応時間が短くなることを見出した^[5]。一方、非共感覚者においては、数の奇偶判断における反応時間がディスプレイと反応に用いる手との位置関係の影響を受ける SNARC 効果が知られている^[6]。Deheane は非共感覚者においても空間表現と対応づけられた心的数直線(mental number line)が存在すると主張している^[2]。しかし興味深いことに、非共感覚者において、数の大小判断と画面上の位置の関係性について一貫した傾向は見出されていない。非共感覚者の持つ心的数直線は、個人間で一定していないのかもしれない。これは、非共感覚者においてもナンバーフォームズ保持者と同様な自己組織化学習が行われているという見方と符合する。ナンバーフォームズが「見える」かどうかは、数の表現と空間の表現の間の相互作用がフィードバックループにより維持されるかどうか依存するのかもしれない。

2.方法

非共感覚者を対象に、数の大小判断の反応時間と刺激の空間的位置の関係について検討した。Sagiv ら^[5]と同様、ディスプレイ上に2個の数字を呈示し、

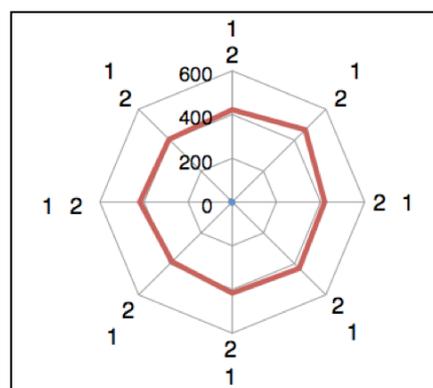


図1 数字ペア1-2に対する被験者1の反応時間(数字の配置はディスプレイ上の位置関係を示す)

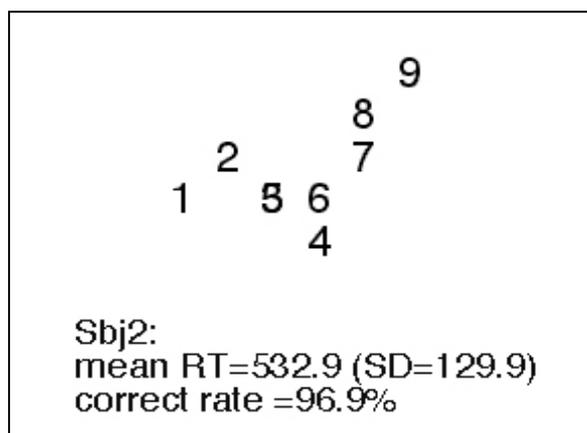
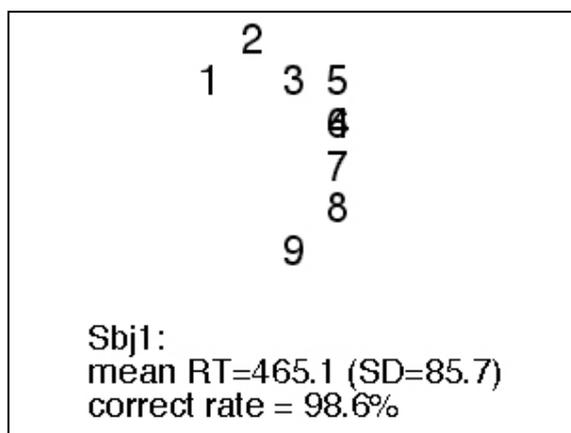


図2 実験結果から導出された被験者の心内マップ (左: 被験者1, 右: 被験者2)

どちらの数が大きいのかを、画面上の数字の位置に対応させた反応キーを押すことによって答えもらい、反応時間を計測した。2つの数の位置関係は、上下/左右/斜め(右上がり)/斜め(右下がり)×昇順/降順の8方向とした。数の大きさの差は1~3の3条件とし、1桁の数字のみを使い合計21個の数字ペア(e.g. 1-2, 2-3, ..., 1-3, ..., 6-9)を用いた。総試行数は1,344回だった。共感覚をもたない3名の大阪府立大学学部生・大学院生を対象に実験を行った。刺激呈示と反応時間の計測にはMATLAB 2009aとPsychtoolbox-3^{[7][8]}を用いた。

3. 結果と考察

被験者ごとに、各条件の反応時間の中央値を算出した。各数字ペアに関して、昇順と降順の反応時間の中央値の差の絶対値が最大となる方位が、その被験者の心内表現において、その数字ペアが並ぶ方位に対応すると仮定した(図1)。この方位に従って各数字ペアを接続すれば、被験者の心内空間における1~9の数字のマップを描くことができる。図2は、2名の被験者について、大きさの差が1の場合のデータに基づいて作成したマップである。どちらのマップにおいても、不規則ではあるが、おおむね数の大きさの順に数字が並んでいる。このような特徴はナンバーフォームズのそれと共通している。

しかし、反応時間が単にランダムに変動している場合にも同様な形状が得られる可能性がある。実際、8方向のどちらに進むのかをランダムに決定した場合に数が大きさの順に並ぶマップが形成される確率は無視できない。そこで、数字ペアの大きさの差が1である場合のデータから算出した位置関係が、

差が2の場合と適合するかどうかを検討した。つまり、図2における1と3の位置関係が、1と3を直接比較した場合の反応時間から導出される方位と適合する割合を算出した。図2の2名の被験者では、実験データから算出された適合度が偶然に生じる確率は共に1.3%であった。この確率は十分に低く、反応時間の分布が刺激の空間的位置関係から一貫した影響を受けていることを意味する。以上の結果は、非共感覚者が「見えない」ナンバーフォームズを持つ可能性を示唆する。

参考文献

- [1] Galton, F. (1880). Visualised numerals. *Nature*, 21, 252-256.
- [2] Dehaene, S. (1997). *The number sense*. New York: Oxford University Press.
- [3] Makioka, S. (in press). A self-organizing learning account of number-form synaesthesia, to appear in *Cognition*.
- [4] Kohonen, T. (1982). Analysis of a simple self-organizing process, *Biological Cybernetics*, 44, 135-140.
- [5] Sagiv, N., Simner, J., Collins, J., Butterworth, B., Ward, J. (2006). What is the relationship between synaesthesia and visuo-spatial number forms?, *Cognition*, 101, 114-128.
- [6] Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and numerical magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396.
- [7] Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision* 10, 433-436.
- [8] Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision*, 10, 437-442.