

令和元年6月17日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00208

研究課題名(和文)モダリティ間マッピングの自己組織化学習モデル

研究課題名(英文)A self-organization learning model of between modalities

研究代表者

牧岡 省吾 (Makioka, Shogo)

大阪府立大学・人間社会システム科学研究科・教授

研究者番号：60264785

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：数字や曜日について考えると、それらが特定の配列で並ぶイメージが自動的にかつ強制的に喚起される共感覚を持つ人々がいる。数字や曜日の配列は個人ごとに異なっており、曲線やジグザグなど不規則な形状を持つ場合もある。このような現象は、数字の量や曜日の順序を扱う脳の部位と空間を扱う脳の部位の間で自己組織化学習が生じているという考え方でうまく説明できる。本研究では、そのような不規則な形状が共感覚を持たない人々の脳内に意識されることなく存在するかどうかを検証した。様々な心理実験を行った結果、非共感覚者においても数字や曜日の配列について共感覚者と同様な特性が存在することが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の研究においては、共感覚を持たない人々は左から右に向かう「心的数直線」をもつという説が有力であった。本研究では、「心的数直線」の向きや形状について、特定の仮説によらずに検証を重ねることにより、実際にはその向きや形状が個人間で多様であり、不規則な場合もあることを明らかにした。これが本研究の学術的な意義である。さらに本研究によって、共感覚を持たない人には意識できない数や曜日と空間との対応関係を、心理実験を通して可視化する方法を開発することができた。これは自らの心について知りたいという多くの人々の欲求を叶えるものであり、それが本研究の社会的意義である。

研究成果の概要(英文)：When thinking about numbers and days of the week, people with spatial sequence synesthesia automatically "see" the images of number (or week) array. The arrangement of numbers and days is different for each individual, and often have irregular shapes such as curves and zigzags. Such a phenomenon can be explained by the idea that self-organizing learning occurs between the part of the brain that handles the quantity of numbers (or that handles the order of the days of the week) and the part of the brain that represents the space. In this study, we examined whether such irregular shapes exist unconsciously in the brains of people without synesthesia. A series of psychological experiments revealed that people without synesthesia also has idiosyncratic correspondence between numbers (or days) and space.

研究分野：認知心理学

キーワード：共感覚 自己組織化学習 ニューラルネットワーク モダリティ間マッピング

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

空間的配列共感覚(Spatial Sequence Synesthesia)を持つ人は、数や曜日、月などについて考えるときに、それらが特定の配列で並ぶ視覚的イメージを自動的に想起する。この現象は数字列形(Number Forms)とも呼ばれ、共感覚の中でも比較的発生頻度が高い。配列の形状は、個人内では一貫性があり、数ヶ月程度の間隔を置いても見えないことが多い。一方、個人間では多様であり、直線、円環、ジグザグなど様々な形状がみられる(Eagleman, 2009)。ジグザグ状のような一見不規則に見える形状であっても数字は大きさの順に、曜日や月はその順序に従って並ぶ。思考内容(体重、年号など)によって異なる配置をもつ人もいる。配列が依拠する座標系は人によって異なり、網膜中心座標、頭部中心座標、身体中心座標のすべての報告例がある。不規則性を持つ共感覚現象は、単なる入出力間のマッピングの最適化という考え方では説明できない。Makioka (2009)は共感覚現象の背後に異なるモダリティ間の自己組織化学習が存在するという枠組みを提案した。このような枠組みの妥当性を検証することで、モダリティ間のマッピングから生体にとっての意味が抽出される過程について新たな洞察が得られる可能性がある。

一方、非共感覚者における数字の空間的配列については、大きさの順に左から右に向かう空間的配列の存在を示唆するSNARC効果が知られている。SNARC効果とは、画面の中央に呈示された数字の偶奇判断を行うとき、大きな数字に対しては右手で、小さな数字に対しては左手でキーを押した方が反応時間が短いという現象である。SNARC効果は文字や数字の書記法のような文化的要因の影響を受けることが知られているが、アルファベット文字を使う文化圏においても6割程度の参加者しかSNARC効果を示さないという報告がある。

牧岡(2012)は、数字の大小判断課題を用いて非共感覚者における数字の空間的配列について検討した。2つの数字を8種類の配置のいずれかで呈示し、大きい方の数字を読み上げるという課題を用いて、反応潜時に対する空間的配置の効果について個人ごとに検討したところ、個人間で異なる空間的配列が得られることが分かった。配列は左から右に向かう直線状である場合もあったが、逆方向に配列する場合、上下方向に並ぶ場合、途中で折れ曲がる場合などがあった。

### 2. 研究の目的

本研究では、非共感覚者においてモダリティ間の自己組織化学習が行われているという仮説を更に検証するために、曜日の空間的配置に焦点を当ててシミュレーションと心理実験による検証を行う。

### 3. 研究の方法

#### <シミュレーション>

Makioka (2009)と同様、KohonenのSOM(Self-Organizing Map)を用いて、曜日と空間のマッピングに関するシミュレーションを行った。曜日は循環する性質を持つため、最初と最後の曜日の脳内表現は類似していると予想される。そのような特性を持たせた入力パターンに対してSOMによる学習を行った。

#### <心理実験>

非共感覚者を対象として、曜日の前後判断課題を用いて心理実験を行った。従来の研究においては様々な空間的配置の影響を一つの心理実験で検証することが困難であったが、試行錯誤を繰り返して、新たな課題を考案することによってそれを可能にした。最終的な実験の方法を次に記す。

刺激は、月-火、火-水、水-木、木-金、金-土、月-水、火-木、水-金、木-土の9種類であった。刺激ペア月-火の空間的配置の例を図1に示す。キーボードとディスプレイの空間的配置を近づけるため、ディスプレイアームを用いて画面の角度が水平に近くなるように配置した。キーボードが置かれた机と画面が成す角度は10°だった。

1回の試行の流れは次の通り。画面中央に凝視点(黒い円)が呈示されると、参加者はテンキーの5のキーを長押しした。そのままキーを押し続けると凝視点の色が赤に変わり、刺激ペアが呈示された。参加者は、後の方に来る曜日の位置を、テンキーを押して答えることを求められた。たとえば、図1の45°配置の場合、5のキーの右斜め奥に位置する9のキーが正答となる。凝視点の色が赤に変わってから刺激ペアが呈示されるまでの時間間隔は、300msecから500msecの間でランダムに変動させた。刺激ペアが呈示されてから参加者がキーを押すまでの時間が自動的に計測された。1回の実験の試行数は、刺激ペア9種類×空間配置8種類×繰り返し16回=1,152回であった。本試行に先立ち、72回の練習試行を行った。練習試行では、参加者が誤ったキーを押したときにピープ音によるフィードバックを行った。

### 4. 研究成果

#### <シミュレーション>

シミュレーションの結果、共感覚者と同様、円環状やジグザグ状の曜日の配置が得られた。これは、共感覚者における曜日と空間のマッピングに関しても自己組織化学習原理に基づく説明が可能であることを意味する。

#### <心理実験>

誤答及び反応時間が200msec未満あるいは2000msecを超える試行のデータは分析から除外し

た. 平均反応時間は1日目が819.14msec 2日目が653.76msecだった. 誤答率は1日目が4.71%, 2日目が3.97%だった. 参加者の心的空間における曜日の配置を推定するために, 各曜日ペアに対する8つの配置における反応時間の重心を参加者ごとに算出した(図2). 重心は反応時間が長い配置の方に偏るため, 原点から見た重心の反対方向が, その参加者の心的空間において曜日が並ぶ方向であるとみなすことができる. この仮定に基づいて参加者ごとに各曜日ペアの配置をプロットしたものが図3である. 曜日の配置は, 参加者1の2日目を除いて直線的ではないことが見て取れる. 参加者2では折れ曲がった直線状, 参加者3では円環状の配置が見られる. 1日目と2日目の配置は, 参加者1では異なっているが, 参加者2と3では類似している. 他の参加者においても同様な傾向が得られている.

このような配置が反応時間のランダムな変動に起因するものではないことを確かめるために, 月-火と火-水のような連続するペアが構成する配置(配置1)が, 月-水のような連続するペアの両端の配置(配置2)と一致するかどうかを確かめた. 曜日の配置が空間的属性を反映しているなら, 配置1と配置2の差異はランダムな変動から期待される値より小さくなるはずである. 反応時間が正規乱数のみに依存して変動する場合に, 実験と同じ数の試行を行ったときに配置1と配置2が成す角度の平均値を算出することを100万回繰り返し, 1°刻みの累積分布を算出した. その結果, 個々の参加者のデータから得られた配置1と配置2が成す角度の平均値が46°を下回る確率は5%未満であることが分かった. これを臨界値とみなしたとき, 16人中8人の参加者で配置1と配置2が成す角度の平均値が臨界値を下回っていた. これは, すくなくとも8人の参加者において, 曜日の配置が空間的属性を反映していることを意味する.

以上の心理実験の結果は, 非共感覚者の心的空間における曜日の配置が, 共感覚者と同様に個人間で多様性を持つことを示唆している. また, シミュレーションの結果から, 非共感覚者における曜日と空間的配置の対応関係は, 自己組織化学習原理に基づいて獲得されているものと考えられる.

以上の研究成果に基づき, 現在, 英文誌への論文投稿を進めている.

#### 引用文献

- Eagleman, D. M. (2009). The objectification of overlearned sequences: a new view of spatial sequence synesthesia. *Cortex*, 45(10), 1266-1277.
- Makioka, S. (2009). A self-organizing learning account of number-form synaesthesia. *Cognition*, 112(3), 397-414.
- 牧岡省吾(2012). 非共感覚者における数の大小判断と空間配置の関係性, 日本認知科学会第29回大会発表論文集.

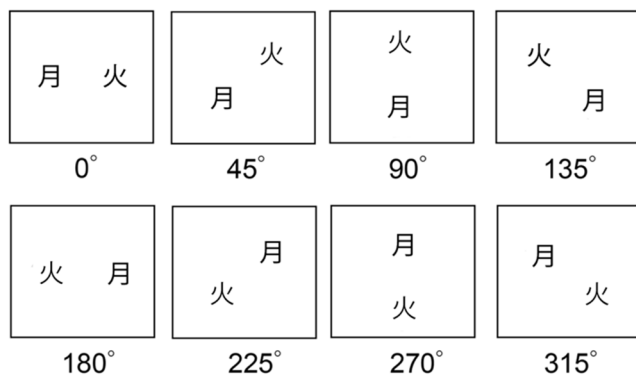


図1 刺激の空間的配置

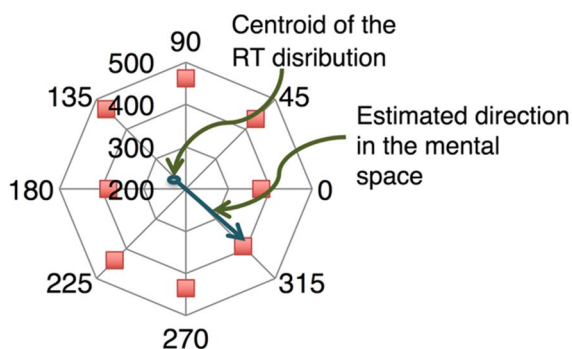


図2 反応時間の重心と心的空間における配置

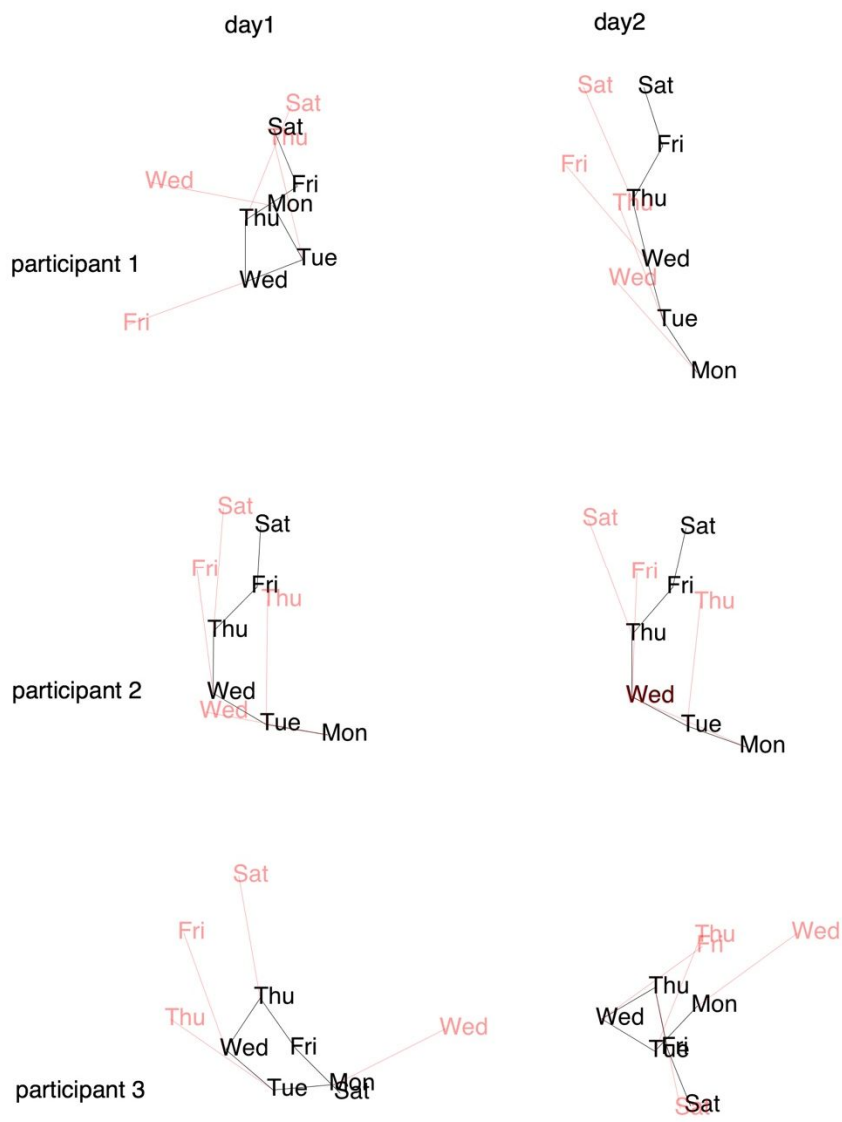


図3 反応時間から推定された曜日の配置

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

牧岡省吾(2012). 空間的配列共感覚の自己組織化学習モデル, 日本神経回路学会第25回大会.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。