

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：32203

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K19816

研究課題名（和文）文字を書くときの座標系はどのように決定されるのか？

研究課題名（英文）Brain Mechanisms for Determining Writing Coordinates

研究代表者

高橋 俊光（Takahashi, Toshimitsu）

獨協医科大学・医学部・助教

研究者番号：00250704

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、書字方略の個人差とその背景を調査した。書字板裏面への書字課題では、鏡文字または正字のどちらかを書く、2つのタイプがあることを発見した。また、視覚フィードバックの視点を操作することで方略が変更される可能性を示した。さらに、新しく学習した文字も既存の書字方略に従って書かれ、文字表象と表出過程の独立性が示唆された。また、他人に見せることを意識することの方略への影響を確認した。さらに、書字方略には認知的・行動的特徴が影響する可能性を見出した。これらより、書字方略の選択には、身体表象と空間表象の統合過程のメカニズムの一端を捉えており、これには認知発達や性格形成が影響する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
考案した書字座標決定の書字実験系は、到達・把持運動といったこれまでの手の運動制御に関する多くの身体性研究の自然な拡張として、より高次な人のコミュニケーションに関わる身体表象と空間表象の統合過程を探ることの可能な、単純で再現性の高い実験系を提供すると考えられる。また、「自分が見る」のか「他人に見せる」かの条件の違いなどが書字方略に影響し、またそれが認知的・行動的特徴と関連する可能性があるという発見は、自己と他者の問題に関わる脳科学分野に貢献する。さらに、ヒューマンインターフェースやインタラクション技術、知能ロボティクスなど、広く人間情報学分野の研究に新たな視点を与える可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated individual differences in writing strategies and their backgrounds.

We found two types of writing strategies on the reverse side of the writing board, either mirror or regular writing. We also showed that the strategy could be modified by manipulating the viewpoint of the visual feedback. Furthermore, the newly learned characters were also written according to the existing writing strategy, suggesting the independence of the character representation and the representation process. In addition, we confirmed the effect of intention of showing the script to others on the writing strategy. Furthermore, we found the possibility that cognitive and behavioral characteristics influence writing strategies.

These findings suggest that the choice of writing strategy captures part of the mechanism of the integration process of body and spatial representations, which may be influenced by cognitive development and personality development.

研究分野：神経科学

キーワード：身体表象 書字

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

通常、鏡文字を書くには困難を強いられる。しかし、我々の予備実験において、右利きの人が左の手のひらを目の前にかざし、その甲にすらすらと書いた文字が、客観的にみて鏡文字になった。ここで注目すべきは、このとき手関節の撓尺方向の書字運動コマンドは正字の場合と逆になっていることである。つまり、状況に応じて、脳内の文字表象を左右反転させて出力する脳内機構が存在することを示している。被検者に聞くと、見えている手のひらを透かして正字になるように、つまり、自分から見て正字になるように、甲に字を書いていたという。その結果、鏡文字をすらすら書くことになったのだ。なお、この人は、甲に正字を書くのは困難であった。

一方で別の被験者は、かざした手の甲に正文字を書いた。つまり、かざした手の向こう側にいて被検者の方を見ている他人に見せるように字を書いた。この人の場合、手の甲に鏡文字を書くのは困難であった。

これらの予備実験から、2つの論点が生じた。すなわち(1)書字座標に応じて瞬時に撓尺方向の運動コマンドを切り替える機構はどうなっているのか、(2)人は排反な2つの書字方略のどちらか一方の機構を獲得するのはなぜか、である。

### 2. 研究の目的

本研究では、文字という脳内表象を状況に応じて適切に運動出力する脳内メカニズムを解明する。これにより身体表象と空間表象の行動への統合過程の一端を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1)書字面に応じた書字座標決定に関わる脳内メカニズムを、心理物理実験を用いて明らかにする。

(2)書字座標決定方略の獲得について、質問紙法による両群の行動的特徴抽出による説明をする。

### 4. 研究成果

#### 実験1 さまざまな書字面の角度での書字実験

予備実験で見られた「右利きの人が左の手のひらを目の前にかざし、その甲にすらすらと書いた文字が、客観的にみて鏡文字になった。」を確かめるための心理物理実験を行った。

身体正面に対する書字面の角度が何度かときに書字運動コマンドが切り替わるかを調べるために、座位の被験者の前に書字板を立て(図1B)、書字面を被検者の身体正面に対する書字面の角度をさまざまに設定し、1文字の書字課題を行った。書字面の角度は図1Aのように定義した。右利き被験者に対し、図1Cのグラフの横軸の様に、0°から90°へ変化する7通りの角度の条件と、逆向きに7通りの角度の条件での書字課題を行った。

**結果** 書字方略が2つのタイプに別れた。13名中8名は、後面0°で鏡文字を書き、後面90°では正字を書いた。一方、5名(38.5%)はどの角度でも常に正字を書いた。前者を「鏡文字群」、後者を「正字群」とする。

**考察** この結果より下記の作業仮説を設定した。

筆順などの触運動表象の表出には、

鏡文字群では、書き手の視点から見た身体中心座標系に視覚イメージが強固に対応しており、この投影された視覚イメージをなぞるように触運動表象が手中心座標系に適するよう座標変換され、表出され、

正字群は、触運動表象は手中心座標系に強固に対応しており、視覚イメージや身体中心座標系とは関係は弱く、書字面上に触運動表象が常に正字まます手運動座標系を通して表出される(自動化されている1文字分の書字運動シーケンスをフィードフォワード出力)。

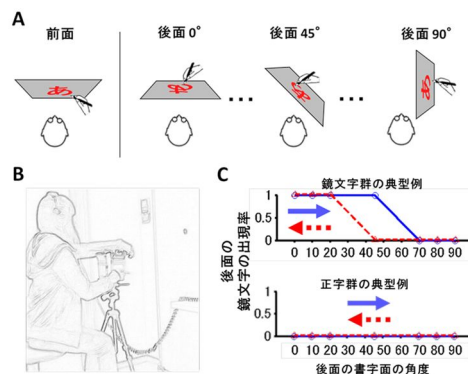


図1 さまざまな書字面の角度での書字実験

## 実験2 HMD を装着しビデオ映像を見ながら書字する実験

実験1で得た作業仮説を検証するために、視点の移動が、視覚イメージと身体中心座標系との関係に影響をあたえるかを調べる実験を行った。

図2のように、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着し椅子に座った被験者を、正面よりビデオカメラで撮影した。被験者は、非利き手で書字板を持ち、書字板の後面(カメラの側の面)に以下の書字課題を利き手でいった。被験者はHMDに映る自分の映像をリアルタイムでみた。事前の書字板の裏面への書字テストでは、鏡文字群8名、正字群9名であった。



図2 HMD を装着しビデオ映像を見ながら書字する実験

**結果** 鏡文字群では、8名中5名が正しく文字が書けず、3名が鏡文字を正しく書いた。正文字群では、9名中4名が正しく文字が書けず、5名が正文字または鏡文字を正しく書いた。

**考察** 鏡文字群は、「身体中心座標系に視覚イメージが強固に対応している」と仮定したが、視覚情報に惑わされずに、正しく書ける場合があり、また、正字群は、「視覚イメージや身体中心座標系とは関係は弱い」と仮定したが、視覚情報の影響を受ける場合があった。したがって、鏡文字群、正字群は、どちらかの書字方略のみを取るようにははっきりと分かれるのではなく、被験者によっては、置かれた条件により、書字方略を変更可能なケースもあることが示された。その条件を突き詰めることで、書字座標決定の脳内過程の解明に迫ると考えられる。

## 実験3 学習したばかりの文字を書字板の後面に書字する実験

文字表象とその表出過程の関係を調べるために、よく学習された文字(ひらがな)と、学習したばかりの文字(7個のHindi文字を筆順も含め10分で学習)とを書字板の後面に書字する実験を行った。

**結果** 基本的に、鏡文字群では後面に鏡文字を(8名中7名)、正字群では後面に正字を(9名中8名)書いた(図3A)。さらに、ひらがなと、獲得したばかりのHindi文字の鏡文字出現率は有意な相関を示した( $r = 0.74, p < 0.001$ , 図3B)。

**考察** 学習したばかりの文字の書字でも、各群はそれぞれよく学習した文字と同じ書字方略で書字することから、文字表象と表出過程とはある程度独立である可能性がある。

## 実験4 「他人に見せる」ように書く実験

作業仮説の、鏡文字群では、書き手の視点から見た身体中心座標系に視覚イメージが強固に対応しているとしたことを検証する実験を行った。

漢字1文字を、

1. まず、前面に普通に書く(「通常」)。
2. 書字板前面に、「透明なガラス板だと思って、向こう側の人に読めるように書いてください」と指示。
3. 書字板後面に、「向こう側の人に読めるように書いてください」と指示。

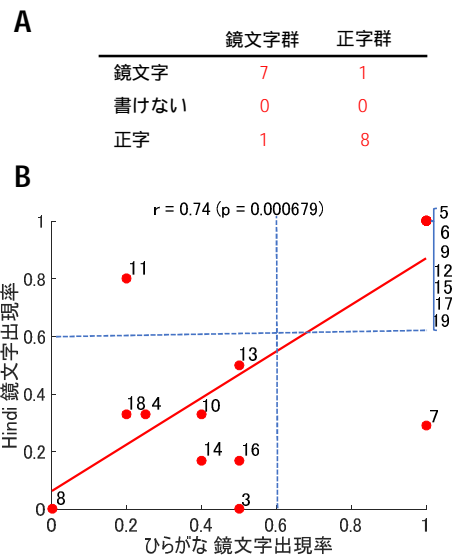


図3 学習したばかりの文字を書字板の後面に書字する実験

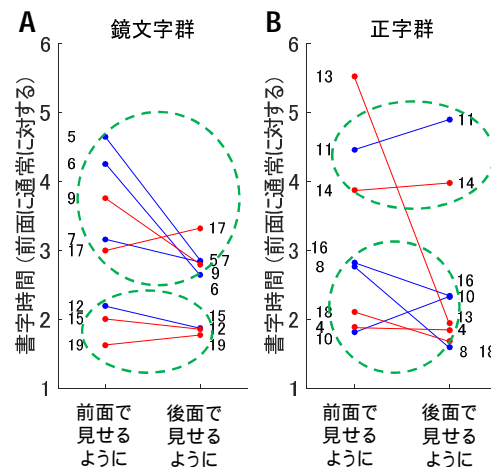


図4 「他人に見せる」ように書く実験

結果 鏡文字群では、書字時間が2群に分かれ、「通常」と左右反転の文字を書くにも関わらず、素早く書ける被験者がいた(図4A)。正字群も、2群に分かれ、前面でも素早く書ける被験者がいた(図4B)。

考察 「他人に見せる」ことを意識して書く場合、鏡文字群でも、通常困難な鏡文字を素早く書くことが可能である。

#### 実験5 鏡文字群と正字群の認知のおよび行動的相違の検討(質問紙による調査)

「自分で見る」結果になるよう書字する鏡文字群と、「他人に見せる」結果になるよう書字する正字群の間にどのような認知のおよび行動的な相違があるのかを調べるために、質問紙によるアンケートを実施した。

アンケートは、方向感覚のテスト(竹内, 1990)、ひとり遊びの習慣の有無、空想の会話をする習慣の有無、暗算問題を行った。また、対象は、実験1の被験者13名(男性7、女性6)であった。

実験1の2群を更に分類した。鏡文字群は、角度条件の順序が昇順の場合も降順の場合も鏡文字出現率が同じであった者が3名おり、これを対称型とし、その他を非対称型(5名)とした。また、正字群は、角度によらず鏡文字出現率がゼロであった者を完全型(3名)、その他を不完全型(2名)とした。

表1 認知的・行動的特徴を調査するアンケート

	鏡文字群(8)		正字群(5)	
	対称型(3)	非対称型(5)	不完全型(2)	完全型(3)
女性(6/13)	0	1	2	3
方向音痴(7/13)	0	2	2	3
ひとり遊び(5/13)	0	3	2	0
空想の会話(7/13)	1	4	2	0
暗算(8/13)	3	3	2	0

結果 表1の様に、方向感覚のテストでは、正字群5名はすべて40点以下の低得点の「方向音痴」であり、また、すべて女性であった。これに対し、鏡文字群の対称型は、方向感覚が優れていた。暗算問題では、鏡文字群は得意であったのに対し、正字群の完全型は不得意であった。さらに、ひとり遊びや空想の会話の習慣は、鏡文字群の非対称型と正字群の不完全型で高い割合を示した。

考察 今回はサンプル数が少ないため断定的なことは言えないが、書字方略の選択には、性差、方向感覚、主体感覚、作業記憶の機能の組み合わせが関わる、認知発達や性格形成が関係する可能性がある。

#### 全体の考察と結論

書字方略は、人により、「自分が見る」ように書字するタイプと、「他人に見せる」ように書字するタイプに分かれる。しかし、人により、書字方略を視覚情報や学習経験により変える者もいれば、頑健に1つの方略を保持する者もいる。また、どちらのタイプをとるかは、性差や方向感覚、認知特性が影響し、個人の認知発達や性格形成が関与する可能性がある。

これは、身体表象と空間表象の行動への統合過程の一端を示していると考えられる。すなわち、運動出力のペン先の空間位置と、文字の視覚イメージの投影される平面の位置を、客観的な座標系(外部座標系)の位置ではなく、「主観として」空間のどこにあるかを想定した上で、その文字の視覚イメージを「自分が見る」あるいは「他人に見せる」結果となるよう運動指令を出力する、という過程が想定される。この過程に個人の認知発達や性格形成が影響するものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Moharramipour A, Takahashi T, Kitazawa S	4. 巻 31(3)
2. 論文標題 Distinctive modes of cortical communications in tactile temporal order judgment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/cercor/bhac255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tang L, Takahashi T, Shimada T, Komachi M, Imanishi N, Nishiyama Y, Iida T, Otsu Y, Kitazawa S	4. 巻 31 (3)
2. 論文標題 Neural Correlates of Temporal Presentness in the Precuneus: A Cross-linguistic fMRI Study based on Speech Stimuli	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 1538-1552
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/cercor/bhaa307	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋俊光
2. 発表標題 文字を書くときの座標系はどのように決定されるのか？
3. 学会等名 日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------