

平成30年6月22日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26381350

研究課題名(和文) 視覚障害者の学習における手書き行動の有効性と脳メカニズム

研究課題名(英文) Effectiveness of Handwriting Behavior and Brain Mechanisms for Learning in Acquired Visual Disabilities

研究代表者

伊藤 和之 (Itou, Kazuyuki)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・自立支援局(併任 研究所)・主任教官

研究者番号：10501091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：重度の中途視覚障害者の手書き行動が学習に影響を与えるかを検証するため、新規外国語単語学習課題を手書き有り無しの2条件で行う行動実験及びfMRI撮像を行った。その結果、聴くだけの学習は短期記憶で、手書きとの併用は長期記憶で有効との示唆を得た。また、視覚障害者群で、両側の運動野を含む前頭頭頂葉から後頭葉に亘る広い領域で、晴眼者に比して強い神経活動が見られた。特に、左前楔状回を中心とする視覚領域では、手書き条件で、非手書き条件より強い神経活動が観察された。重度の中途視覚障害者の手書き行動は、長期記憶に有効であり、視覚心像に関わる視覚連合野を中心とする神経活動を介して学習促進が起こることが示された。

研究成果の概要(英文)：We performed experiments and fMRI imaging to memorize new foreign language learning tasks in handwritten or non-handwritten state. Subjects are visually impaired. As a result, we got suggestion that learning to listen is effective in short-term memory, and that combined use with handwriting is effective in long-term memory. Compared to the sighted control participants, visually impaired participants showed strong neural activity in broad brain areas including the bilateral motor cortex, which extended from frontoparietal to occipital regions in both hemispheres. Especially, the left visual cortex surrounding the precuneus showed greater neural response in the "handwriting condition" as compared to the "no-handwriting condition". These findings suggest that handwriting actions enhance long-term memory in people with severe visual disabilities, whereas this facilitation of learning relies on the neural activation in visual association cortex involved in visual mental imagery.

研究分野：視覚障害リハビリテーション

キーワード：視覚障害 手書き 学習 脳機能画像

1. 研究開始当初の背景

わが国の中途視覚障害者の多くは、国立施設や特別支援学校で療養教育を受け、あん摩マッサージ指圧師、はり師、きゅう師の国家資格取得を目指している。教育カリキュラムは、解剖学など西洋医学系科目と、経絡経穴概論など東洋医学系科目及び実技科目から構成される。科目内容の理解には漢字の知識が役立つと考えられるが、専門用語や経穴に用いられている漢字を口頭で説明するには限界がある(表 1)。したがって、十分な教授学習活動が成立しているとは言い難い。

筆者らは、これまで、重度の中途視覚障害者がやむを得ず音訳教材や授業の録音による学習を選択する実態を見出している。そして、筆記行動の促進を目的とした文字入力システムの研究開発を行い、一部は製品化を実現した。しかし、読み返せなければ書く意味がないという理由の下、音声支援のみでの学習を余儀なくされる者は後を絶たない。

一般に、新しいテーマの学習をする際、書籍など言語によって情報を得ることが多い。中途視覚障害者は、殊に障害が重くなるほど視覚言語の利用が難しいため、音声に頼ることになる。しかし、日本語は漢字に大きく依存した表記法をとっており、同音異義語が多く、抽象語などでは音声のみでは意味が分かりにくいなどの特徴があり、音声を通じた学習は困難である。よって、視覚言語、即ち漢字を可能な限り使い続けられるようにすることが望ましい。視覚に障害を受けた後も、空書などの筆記行動によって文字の記憶の強化を続けることが漢字の知識の保存に有効であれば、積極的に視覚障害者のリハビリに取り入れるべきであろう。

健常成人の文字認知理解においては、言葉の聴覚イメージを介する認知経路(音韻経路)と語彙・意味記憶を介する認知経路(意味経路)という2つの認知機構が存在すると考えられており、その脳内メカニズムとして

表 1 経穴に使われる漢字例

(番号は、世界保健機関<WHO>による国際番号)

ST1.承泣(しょうきゅう)
ST2.四白(しはく)
ST3.巨膠(こりょう)
ST4.地倉(ちそう)
ST5.大迎(だいいげい)
ST6.頰車(きょうしゃ)
ST7.下關(げかん)
ST8.頭維(ずい)
ST9.人迎(じんげい)
ST10.水突(すいとつ)

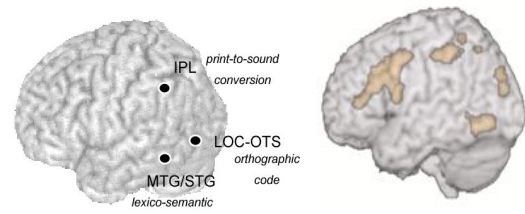


図 1 読み書きに関わる脳内機構

読み書きの能力の学習・獲得には、従来から知られている左半球の頭頂・側頭葉を中心とする後方領域(左)に加えて、左運動前野を含む前頭葉に及ぶ広汎な神経ネットワーク(右)が関わる

は、左頭頂側頭葉から古典的な言語野に広がる神経回路(図 1)が主要な役割を担うと考えられている。さらに、近年の学童などを対象とした発達行動研究からは、このように従来から知られている2重経路だけでなく、書字のための運動記憶が学習獲得過程では従来考えられてきた以上に重要な役割を担っていることが明らかにされており(Longcamp et al., 2005; Tan et al., 2005)、神経レベルでは、左半球後方部を中心とする上記の神経ネットワークに加えて、左運動前野を含む前頭葉に及ぶ広汎な神経ネットワーク(図 1)を構成していることが明らかになっている(Nakamura et al., 2012)。

このような読み書きにおける運動記憶の重要性は、後頭葉損傷に起因する文字認知障害(純粋失読)において、字形をなぞる動作によって文字を認識できるといふ、古くから知られている現象(kinesthetic reading)や、また、手書き習慣の変化により、学童期の文字学習に影響が起これるとする最近の発達研究(Tan et al., 2013)ともよく一致する。これらの知見は、文字の学習・認知理解には運動・感覚記憶が強く関与しており、従って、視覚障害者の学習においても、筆記行動を適切に活用することで学習をさらに支援・促進できる可能性を示唆している。

2. 研究の目的

本研究では、手書きによる筆記行動が中途視覚障害者の学習に有効であることを実証することを目的とする。

そのエヴィデンスとして、健常人を対象に、筆記行動の効用について、文字の視覚認知や長文読解の過程における影響を、反応時間などの行動指標を用いて検証し、更にその神経基盤について脳機能計測(機能的磁気共鳴画像)を用いて明らかにする。

本研究の最終的な目標は、鍼灸等療養教育における手書きを活用した教育プログラムの提案である。そして、研究の成果を、全国の視覚障害関連施設並びに療養科・保健療養科が設置されている特別支援学校で学ぶ成

人の中途視覚障害者の学習支援のために提供することである。

3. 研究の方法

(1) 鍼灸マッサージを学ぶ中途視覚障害者の漢字の読み書き能力の実態調査

ア 対象

2013～2017年度理療教育専門・高等課程新入生99名(全在籍者のうち、漢字教育を受けている者)

イ 調査内容

中途視覚障害者を対象とした教育心理学的研究として、日本漢字能力検定2～10級の漢字各級4問ずつ40問の書き取りを行うこととした。漢字は単漢字乃至2字の熟語とした。実施者が当該漢字を含む文を2度読み上げ、対象者は全員、鉛筆などの筆記具で、当該漢字のみ書き取ることとした。熟語は全て書けた場合に正答(1点)とした。

なお、各級の漢字の選定は、本調査に利害関係のない学習支援担当の非常勤講師に依頼した。

ウ 分析の方法

対象者の回答を集約し、ヒストグラムを作成して分析するとともに、2013～2015年度については、学年末全学科及び受験科目の成績の平均点との対比を行うこととした。

エ 実施時期

各年度とも、4月オリエンテーション期間中とした。

(2) 筆記行動が学習効果に与える影響の検証

ア 対象

理療教育2年次在籍者26名

イ 実験の手続き

事前知識のない医学英単語20語の課題を2つ用意し、2週間間隔で、読みと和訳の録音を3回聴いて憶える学習Aと、書字を併用する学習Bを行うこととした。各学習終了後、20語をランダムに提示して和訳を口答する短期記憶と、1週間後の長期記憶を評価した。

(3) 筆記行動に関する認知神経科学的行動実験(予備実験)

ア 対象

晴眼の大学生14名(平均年齢22.3歳)

イ 実験の手続き

対象者を任意に2グループに分け、これまで学習経験のない単語(アイヌ語、フィンランド語)20単語の学習と試験を行うこととした。グループA(7名)は、各単語を3回聴くだけで記憶することとした。グループB(7名)は、3回聴き、3回手書き行動を行うこととした。各グループとも学習終了後に簡単な計算問題を解き、その後、単語の想起問題に回答した。2回目のセッションも20単語に取り組み、試験は1回目のセッションで誤答だったもののみ回答することとした。セッションは3回行い、その後、1週間後に再度全問に

回答することとした。

(4) 中途視覚障害者を対象にした認知神経科学的行動実験と機能的磁気共鳴画像法(MRI)による読み書きの脳メカニズムの検討

ア 対象

理療教育課程在籍者16名(うち左利き1名は解析対象から除外)、晴眼者11名

イ 実験の手続き

アイヌ語とフィンランド語各10語から成る課題を2つ用意し、読みと和訳の録音を3回聴いた直後、20語をランダムに提示して和訳を口答する実験を行った。正答率が50%超でMRIスキャナに移り、同じ課題で記憶と評価、撮像を行った。1週間後、口答で長期記憶を評価した。2回目の実験は1ヶ月後とした。手書きは空書を用い、条件は、記憶の際に日常行う行動を1回目とした。

4. 研究成果

(1) 鍼灸マッサージを学ぶ中途視覚障害者の漢字の読み書き能力の実態調査から

2013年度から2017年度まで99名中78名の結果を得た。平均 22.5 ± 7.6 点、中央値23.0点の結果を得た。

また、2013～2015年度分39名については、全問正答40点中、平均 23.1 ± 7.8 点、中央値23.5点であった(図2)。

対比する学業成績は、39名中、中途退所者を除く35名分とした。当センター利用可能年齢である中学校卒業レベル(3級)及び中学校在学レベル(4級)の8問中、正解がある群24名では、全学科平均 81.0 ± 9.1 点、受験科目平均 81.9 ± 13.7 点であり、正解が無い群11名では、全学科平均 72.5 ± 9.1 点、受験科目平均 65.7 ± 14.8 点であった。

研究期間中、同様の結果が得られたことから、当課程在籍者の初年度の実態を表すと考えられる。大卒でも、全盲となり筆記行動から離れると、同検定6級レベル(小学校5年修了レベル)まで落ち込むケースがあることがわかった。

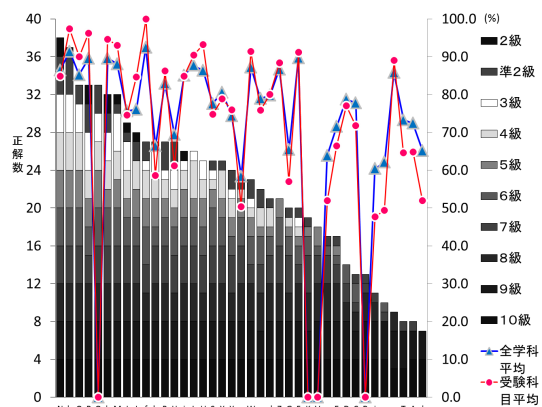


図2 漢字力判定調査結果と1年次学年末成績 (n=39)

(2) 筆記行動が学習効果に与える影響の検証から

学習直後の平均正答率は、学習 A が 64.8%、学習 B が 40.6% であり、学習 A の成績が有意に高かった ($p < 0.05$)。1 週間後の平均正答率は、学習 A が 36.0%、学習 B が 29.2%、差は学習 A で 28.8%、学習 B で 11.4% 減少していた。学習直後の正答数を 100% とした時、1 週間後の正答率は、学習 A で 64.4% に落ち、短期記憶時と比較して有意に低かったが ($p < 0.05$)、学習 B は 80.0% であり、有意差はなかった (図 3)。

視覚障害者が短期に課題を解決するには、視覚障害を有してからの学習方法に依存するが、長期的に知識の定着を図るには、手書き筆記が効果を発揮することが示唆された。

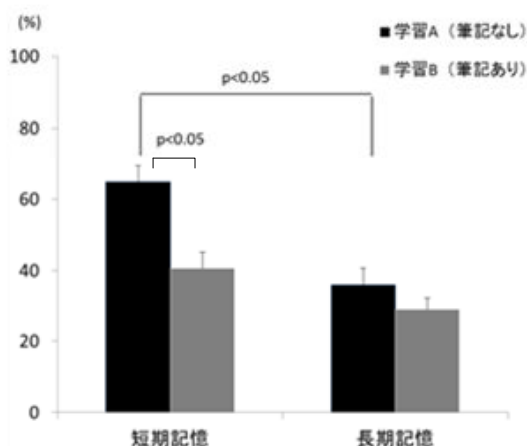


図 3 学習 A と学習 B の正答率の比較

(3) 筆記行動に関する認知神経科学的行動実験 (予備実験)

「手書きなし」のグループでは、セッション 1 で全問回答が 1 名、平均誤答数 8.57 ± 6.55 、セッション 2 で全問回答が 2 名、平均誤答数 2.67 ± 3.20 、セッション 3 で全問回答が 4 名、平均誤答数 0.20 ± 0.45 、1 週間後、受験者 7 名の平均誤答数 7.00 ± 2.83 であった。それに対し、「手書きあり」のグループでは、全問回答は 0 名、平均誤答数 6.29 ± 5.15 、セッション 2 で全問回答が 4 名、平均誤答数 1.43 ± 2.57 、セッション 3 で全問回答が 2 名、平均誤答数 0.33 ± 0.58 、1 週間後、受験者 4 名の平均誤答数 6.00 ± 4.40 であった (表 2, 3)。

聴いて書くグループが、第 1 セッションから回答率が高く、早い段階で全問回答する割合が高いことが判った。晴眼者において、初めて体験する知識を学習する際、手書きによる筆記行動が学習内容の定着に良い影響を与える可能性があることが示唆された。

(4) 中途視覚障害者を対象にした認知神経科学的行動実験と機能的磁気共鳴画像法 (MRI) による読み書きの脳メカニズムの検討から

視覚障害者群、晴眼者群とも、1 回目の成績が 2 回目には有意に低かった (両群とも:

表 2 「手書きなし」群の誤答数と 1 週間後の成績

手書きなし						n=11
被験者	年齢	性別	session1	session2	session3	1week
a	21	f	1	0	x	7
b	22	f	11	1	0	2
c	32	m	15	8	1	10
d	23	f	0	x	x	10
e	20	m	6	0	x	5
f	36	m	17	5	0	8
g	22	m	10	2	0	7
h	22	m	11	2	0	1
i	22	f	9	2	0	8
j	19	m	11	5	0	12
k	24	f	14	2	0	16
Ave.	25.1		10.50	2.70	0.11	7.82
SD	5.20		4.58	2.54	0.33	4.29

表 3 「手書きあり」群の誤答数と 1 週間後の成績

手書きあり						n=11
被験者	年齢	性別	session1	session2	session3	1week
l	19	m	12	2	0	4
m	21	m	12	7	1	11
n	21	f	1	0	x	5
o	19	f	1	0	x	1
p	19	m	1	0	x	8
q	20	m	9	1	0	15
r	22	m	8	0	x	4
s	20	f	10	1	0	10
t	20	m	7	0	x	11
u	22	f	0	x	x	10
v	20	m	6	0	x	10
Ave.	20.1		6.09	1.00	0.25	8.09
SD	1.10		4.61	2.10	0.50	4.11

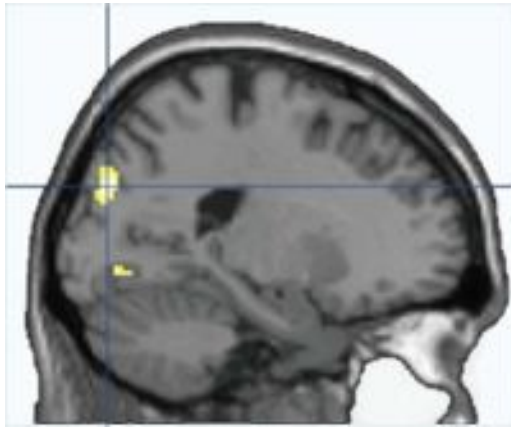
$p < 0.05$)。MRI 内での成績を 100 とした時、1 週間後の成績は、視覚障害者群のみ普通の学習方法が有意に高かった ($p < 0.05$)。手書きの有無による差や群間の差は認められなかった。

行動実験に続く MRI 撮像では、視覚障害者群で、両側の運動野を含む前頭頭頂葉から後頭葉に亘る広い領域で、晴眼者に比して強い神経活動が見られた。特に、左前楔状回を中心とする視覚領域では、手書き条件で、非手書き条件より強い神経活動が観察された (図 4)。

理療教育課程在籍者の日常の学習環境下で行った行動実験の結果は、MRI 撮像のための行動実験の結果を補完すると考えられる。中途視覚障害者が短期に課題を解決するには、視覚障害を有してからの学習方法に依存するが、長期的に知識の定着を図るには、手書き筆記が効果を発揮することが示唆された。

脳画像データから、このような手書きによる言語学習の促進効果は、視覚心像に関わる視覚連合野を中心とする神経活動を介して起こることが示された。

以上の知見から、今後は、理療教育で使用する教科書の漢語を手書きで学習する教育プログラムの開発と提案を手掛けることとする。



**図4 視覚障害者群 > 晴眼者群
handwriting > no handwriting**

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Pas, M., Nakamura, K., Sawamoto, N., Aso, T., Fukuyama, H. Stimulus-driven changes in the direction of neural of neural priming during visual word recognition. *Neuroimage*, 査読有, Vol.125, 2016, 428-436
DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.10.063.
Epub 2015 Oct 26.

Chang, C.H., Pallier, C., Wu, D. H., Nakamura, K., Jobert, A. Kuo, W. J., Dehaene, S. Adaptation of the human visual system to the statistics of letters and line configurations, *Neuroimage*, 査読有, Vol.120, 2015, 428-440
DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.07.028

Nakamura, K., Makuuchi, M., Nakajima, Y. Mirror-image discrimination in the literate brain: a causal rule for the left occipitotemporal cortex. *Front Psychol*, 査読有, Vol.5, 2014, 1-7

Pegado, F., Nakamura, K., Braga, L. W. Ventura, P., Nunes Filho, G., Pallier, C., Jubert, A., Morais, J., Cohen, L., Kolinsky, R., Dehaene, S. Literacy breaks mirror invariance for visual stimuli: a behavioral study with adult illiterates. *J Exp Psychol Gen*, 査読有, Vol.143, 2014, 887-894
DOI:10.1037/a0033198

Pegado, F., Comerlato, E., Ventura, F., Jobert, A., Nakamura, K., Buiatti, M., Ventura, P., Dehaene-Lamberg, G., Kolinsky, R., Morais, J., Braga, L. W., Cohen, L., Dehaene, S. Timing the impact of literacy on visual processing. *Proc Natl Acad Sci USA*, 査読有, Vol.111, 2014, E5233-42

DOI:10.1073/pnas.1417347111

〔学会発表〕(計 11 件)

伊藤和之, 加藤麦, 池田和久, 幕内充, 水落-遠藤智美, 中村仁洋. 中途視覚障害者の学習における手書き行動は有効か(第 3 報). 日本リハビリテーション連携科学学会第 19 回大会, 2018

伊藤和之, 加藤麦, 池田和久, 幕内充, 水落智美, 中村仁洋. 中途視覚障害者の学習における手書き行動は有効か(第 2 報). 日本リハビリテーション連携科学学会第 18 回大会, 2017

伊藤和之, 加藤麦, 池田和久, 幕内充, 中村仁洋. 中途視覚障害者の学習における手書き行動は有効か(第 1 報): 晴眼者による実験から. 日本リハビリテーション連携科学学会第 17 回大会, 2016

加藤麦, 池田和久, 伊藤和之. 視覚障害者の筆記行動が学習に与える影響 単語暗記における短期記憶と長期記憶の比較 . 日本特殊教育学会第 54 回大会, 2016

Inomata, T., Nakamura, K., Uno, A., Fukuyama, H. Fast right-hemisphere neural systems for reading emotion from written words. The 21th Annual Cognitive Neuroscience Meeting, 2014

Dinh Ha Duy Thuy, Kimihiro Nakamura, Tania Fernandes, Hidenao Fukuyama, Regine Kolinsky. Task-dependent changes of mirror-image sensitivity in visual processing streams. 第 37 回日本神経学大会, 2014

〔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) 研究代表者

伊藤 和之 (ITOU, Kazuyuki)

国立障害者リハビリテーションセンター・自立支援局理療教育・就労支援部・主任教官

研究者番号: 10501091

(2)研究分担者

加藤 麦 (KATO, Baku)
国立障害者リハビリテーションセンター・自立支援局理療教育・就労支援部・教官
研究者番号：30574488

中村 仁洋 (NAKAMURA, Kimihiro)
筑波大学・人間系・研究員
研究者番号：40359633

池田 和久 (IKEDA, Kazuhisa)
国立障害者リハビリテーションセンター・自立支援局理療教育・就労支援部・教官
研究者番号：60728153

幕内 充 (MAKUUCHI, Michiru)
国立障害者リハビリテーションセンター・研究所脳機能系障害研究部・研究室長
研究者番号：70334232

(3)連携研究者

水落 智美 (MIZUOCHI, Tomomi)
国立障害者リハビリテーションセンター・研究所脳機能系障害研究部・流動研究員
研究者番号：90568859

岩淵 俊樹 (IWABUCHI, Toshiki)
浜松医科大学・子どものこころの発達研究センター・特任助教
研究者番号：20711518

(4)研究協力者

なし