

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：26402  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23700316  
 研究課題名（和文）断片的視覚情報の認知メカニズムとその神経学的基盤の解明および応用  
 研究課題名（英文）Cognitive and Neural Mechanism for the Recognition of Fragmented Visual Information  
 研究代表者  
 姜 銀来（JIANG YINLAI）  
 高知工科大学・公私立大学の部局等・講師  
 研究者番号：70508340

研究成果の概要（和文）：ヒトは、断片的な図形や文字から元の図形や文字を推理、認知できる能力を持っている。本研究では、（1）最短距離連接モデルを提案し、ヒトは断片情報の距離を基に、断片情報を認識していることが実証された。（2）完全な文字の認知に比べて、断片文字の認知の場合には、脳の両側前頭葉の活動が有意に増加することが分かった。（3）断片文字の認知力と無症候性白質病変との関連性が認められた。断片文字の認知力による認知障害の予測の可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：The visual recognition system has a capability, called visual interpolation ability, to identify objects that exist in part behind some bodies or are seen through apertures in something. We have studied the computational model and the neural basis of the visual interpolation ability using fragmented letters. A least-distance connection model, which hypothesize that the fragmented visual information is recognized based on the distances between the information, was proposed and validated. Functional imaging of the brain showed that that fragmented-letter identification was accompanied by greater activation in the bilateral dorsolateral, inferior, and lateral frontal cortices, compared to complete-letter identification. Experimental results illustrated that the bilateral extent of leukoaraiosis, however small it may be, was significantly associated with the decline of the visual interpolation ability. The results showed the useful possibility of our method for early detection of cognitive impairment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：脳認知科学、視覚補間、欠損文字、認知症、介護予防

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトは、一部が欠けた図形や文字から元の図形や文字を推理、認知できる“視覚補間”能力を持っている。断片的視覚情報を脳内で補い、再構成する視覚補間は、視覚認知において重要な役割を果している。現在、断片的視覚情報の認知メカニズムとその神経学的基盤はまだ確立されておらず、補間能力の定

量的評価方法はない。視覚補間は、脳内の視覚情報処理の重要な特徴である。本研究は、世界で初めて開発した視覚補間能力の定量化法をベースに、本申請の最短距離連接モデルを検証し、断片的視覚情報の認知における神経学的基盤を明らかにすれば、脳内視覚認知メカニズムの解明に貢献する。

また、日本の認知症高齢者は 2025 年に 550

万人にも達すると推計されており、その介護と治療は極めて重要である。この課題の解決には認知症になる前の早期予防が最も有効であるが、現在の診断法（改定長谷川式簡易知能評価スケールなど）は、認知症の診断に有用であっても、初期患者や発症前患者の発見には適用できない。したがって、安価で手軽に使える認知力測定システムの開発が期待されている。

## 2. 研究の目的

本研究は、視覚補間の能力を定量化することにより、認知力の新たな指標として提案する。視覚補間の認知メカニズムとその神経学的基盤を解明し、加齢および認知症の危険因子との相関を明らかにすることで、簡便に実施できる認知症の早期発見法への展開を図る。本申請の断片文字の認知力測定システムは、安価で使用しやすく専門知識も必要ないので、高齢者が在宅でも使用可能なシステムである。このシステムは、集団検診あるいは在宅で実施できる認知症早期発見法へ発展し、認知症の介護予防に貢献できる可能性がある。

## 3. 研究の方法

### (1). 認知メカニズム

本研究は、最短距離接続モデル提案し、実験による検証を行った。被験者は45名（男35, 女10, 年齢平均24.6歳、標準偏差5.1歳）であった。実験システムは、図1に示す。実験の時、刺激提示画面に3点か一瞬(200ms)で表示される。被験者は、表示された間の中で、その3点を折れ線で結ぶ。その後の回答画面に表示される選択肢から、自分の結び方を選ぶ。三点の位置関係は、図2に示すパラメーター $\theta$ は3種類(90°, 120°, 150°)、 $a/b$ は2種類(1, 2)、 $\beta$ は6種類(0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300°)に決められた。

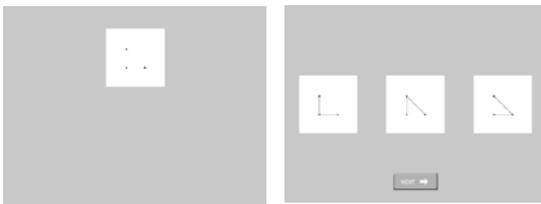


図1 最短距離連結モデルの検証実験

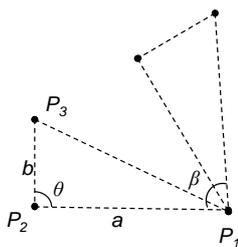


図2 刺激のパラメーター

### (2). 神経学的基盤

機能的近赤外分光法 fNIRS と fMRI により、完全文字と断片文字の認知における脳活動を比較することで、神経心理学的に視覚補間に関与する脳神経学的基盤を検討する。被験者は健康的な男性13人（年齢平均21.8歳、標準偏差0.7歳）であった。

完全文字と断片文字の例は図3に示してある。実験の流れとして、30sの安静状態(Rest)を挟んで36秒の完全文字の識別タスク(TaskA)はと36秒の断片文字の識別タスク(TaskB)を行った。文字ごとの呈示時間は1200msと設定し、文字の呈示中に識別して答えてもらうように指示した。

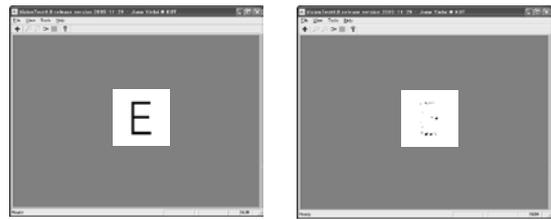


図3 完全文字と断片文字の表示画面

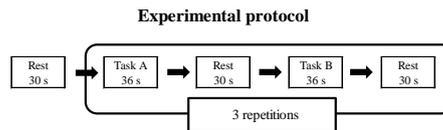


図4 実験の流れ

### (3). 認知機能との相関

加齢と断片文字の認知力低下との相関を調べ、欠損文字の認知力により認知症を早期発見する可能性を探るために、高齢者でも手軽に使える断片文字の認知力測定システムを開発した。



図5 測定画面

実験装置の使用と持ち運びを容易にするため、iPad2を使用し、測定システムを開発した。iPad2の画面サイズと画面解像度に適するために、測定システムの画面は図5の様に作った。ほぼすべての被験者は、説明を読んだ上で、自分で測定を完成した。

このシステムを30歳~79歳の健常者1,108名の被験者に適用し、欠損文字の認知

力と認知症の兆候となる脳の無症候性病変との関連を定量的に調べた。実験は、断片文字の欠損率 (70%, 86%, 90%) により、三つの難易度 (70%は最も容易) に分けて行った。被験者毎に、70% → 86% → 90%の順で実験をもらった。実験結果の解析は、35歳～69歳の905人のデータに着目して行った。

#### 4. 研究成果

視覚補間の認知メカニズム、神経学的基盤、および認知機能との相関について実験を行った。各研究課題の具体的な成果は、以下のとおりである。

表1 最短距離連結モデル検証実験の結果

$\theta$ [°]	$a/b$	$\beta$ [°]	Shortest polyline	2nd shortest polyline	3rd shortest polyline
90	1	0	(44, 1005) *	(1, 1231)	(0, n/a)
90	1	60	(39, 1054)	(3, 1396)	(3, 1596)
90	1	120	(40, 1089)	(4, 1628)	(1, 1453)
90	1	180	(44, 1142)	(1, 2641)	(0, n/a)
90	1	240	(36, 1228)	(7, 1369)	(2, 1405)
90	1	300	(41, 1180)	(2, 1383)	(2, 1584)
90	2	0	(44, 1137)	(1, 1249)	(0, n/a)
90	2	60	(34, 1051)	(10, 1273)	(1, 2042)
90	2	120	(32, 1215)	(10, 1348)	(3, 942)
90	2	180	(43, 1078)	(1, 2031)	(1, 2263)
90	2	240	(31, 1271)	(12, 1380)	(2, 1107)
90	2	300	(36, 1296)	(8, 1591)	(1, 1859)
120	1	0	(44, 979)	(1, 983)	(0, n/a)
120	1	60	(42, 1043)	(2, 1094)	(1, 983)
120	1	120	(44, 1128)	(1, 987)	(0, n/a)
120	1	180	(44, 1056)	(0, n/a)	(1, 1156)
120	1	240	(45, 1184)	(0, n/a)	(0, n/a)
120	1	300	(45, 1125)	(0, n/a)	(0, n/a)
120	2	0	(44, 1112)	(0, n/a)	(1, 1125)
120	2	60	(42, 1005)	(2, 1537)	(1, 1453)
120	2	120	(45, 990)	(0, n/a)	(0, n/a)
120	2	180	(44, 1074)	(0, n/a)	(1, 2031)
120	2	240	(40, 1113)	(3, 1821)	(2, 1339)
120	2	300	(45, 1192)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	1	0	(45, 940)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	1	60	(45, 1045)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	1	120	(45, 1023)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	1	180	(44, 1130)	(1, 1734)	(0, n/a)
150	1	240	(44, 1193)	(1, 843)	(0, n/a)
150	1	300	(44, 1082)	(1, 1779)	(0, n/a)
150	2	0	(45, 982)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	2	60	(45, 1144)	(0, n/a)	(0, n/a)
150	2	120	(43, 1139)	(2, 1600)	(0, n/a)
150	2	180	(44, 1072)	(0, n/a)	(1, 1170)

\* (回数, 平均反応時間 [ms])

##### (1). 認知メカニズム:

最短距離連結モデルの検証実験の結果は、表1にまとめている。この実験結果より、(a) 被験者は最短距離の点を先に結び、3点の成す三角形の最大角  $\theta$  の角度が大きいほど、最短距離で結ぶ傾向が強い。(b) 最短距離で

結ぶ場合の平均反応時間は、最短距離でなく結ぶ場合より短い。ということが分かった。ヒトは残された情報の間の距離を基に断片的視覚情報を認識していることが示された。断片文字を認知する時、最短距離の関係にある断片情報を結ぶことによって構築される構造と、記憶にある文字の構造との照合によって文字を認識していることが実証された。

##### (2). 神経学的基盤:

完全文字の認知タスクと断片文字の認知タスクにおける脳活動を比較した結果を図6に示している。図6において、Task AとTask B、Task AとRest、Task BとRestにおける酸素化ヘモグロビン濃度 (OxyHb) と還元化ヘモグロビン濃度 (DeoxyHb) に有意な差のある脳部位を、それぞれ△、●、□で示している。断片文字の認知の場合には、両側前頭葉を中心として、酸素化ヘモグロビン濃度に有意な増加があることが分かった。それらの脳部位は、視覚認知における形状・色の認知と視覚的ワーキングメモリと記憶に基づく行動決定に重要な領野である同時に、断片的視覚情報を認知する役割もあることが示された。

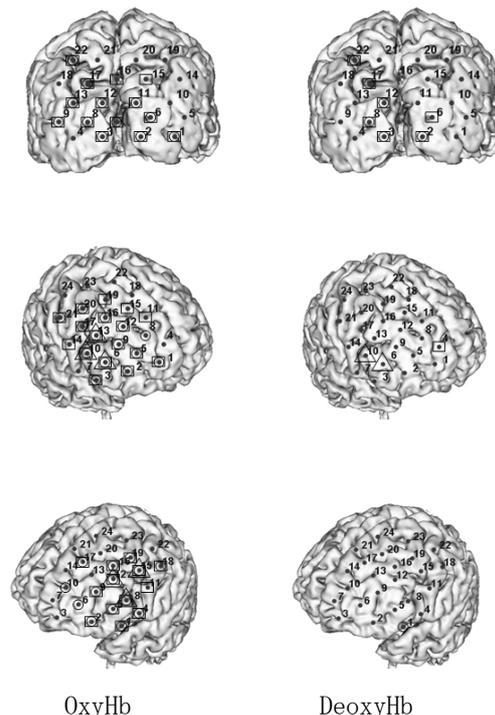


図6 完全文字と断片文字における脳活動の比較

##### (3). 認知機能との相関

MRIによる白質病変 (leukoaraiosis, LA) の分類は、深部皮質下での白質病変の広がりに応じて3段階 (G0:なし、G1:片側性、G2:両側性) にグレード分類し、正答率と無症候性白質病変との相関を調べた。905人のうち、G0は657人、G1は69人、G2は179人であった。3段階における正答率の平均値を図7に示す。

一元配置の分散分析を行った結果、3段階の正答率平均に差異があると認められた。

広範囲な白質病変は認知機能低下や認知症との併発率が高いと報告されている。軽微から広範囲の病変までの時間的連続性を考えると、断片文字の認知力は認知症の有用な早期診断ツールとなる可能性が高い。すなわち、欠損文字の認知力と無症候性白質病変との関連性が明らかになり、断片文字認知力による認知障害の予測および予防の可能性が、本研究の実験結果で示された。

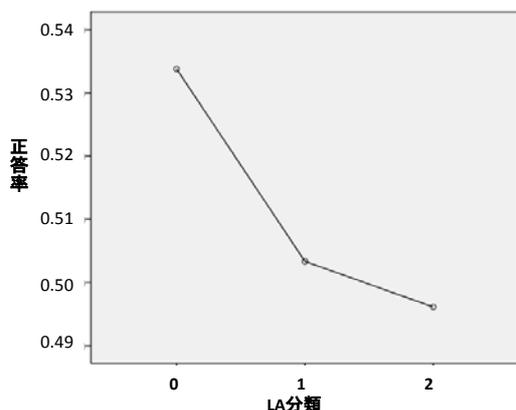


図7 LA分類による平均正答率

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

(1) Yinlai Jiang, Hiroataka Yanagida, Tatsuhisa Takahashi, Shuoyu Wang. Bilateral Frontal Cortex Activation during Fragmented-Letter Identification is Greater than that during Complete-Letter Identification, Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, 50, 2012, 219-226.

DOI : dx.doi.org/10.11239/jsmbe.48.369

(2) Tatsuhisa Takahashi, Tadashi Saitoh, Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Akiyoshi Okada, Hiroataka Yanagida, Effects of changes in the apparent viscosity of blood with vessel size on retinal microcirculation: Significance of the Fahraeus-Lindqvist effect, Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, 49, no. 4, 2011, 533-543.

DOI:dx.doi.org/10.11239/jsmbe.49.533

[学会発表] (計4件)

(1) Shinichiro Ueta, Yinlai Jiang and Shuoyu Wang Effect of different induction videos on brain activity during virtual walking The 4th International Symposium on Frontier Technology, 20130727, Shenyang, China.

(2) Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Kenji Ishida, Yo Kobayashi, and Masakatsu G. Fujie User Directional Intention Identification for a Walking Support Walker - Adaptation to Individual Differences with Fuzzy Learning The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and the 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS-ISIS), 20121122, Kobe Convention Center, Kobe, Japan.

(3) Yinlai Jiang, Isao Hayashi, Shuoyu Wang Embodied Knowledge Extraction from Human Motion Using Singular Value Decomposition The 2012 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI), 20120613, International Convention Center, Brisbane, Australia.

(4) 姜銀来, 王碩玉, 石田健司, 安藤健, 藤江正克, 仮想歩行における運動野の賦活に関する検討, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 20110528, 岡山.

[図書] (計2件)

(1) Kaechang Park, Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Relationship between visual interpolation ability and leukoaraiosis in healthy subjects, In Jinglong Wu ed. Early Detection and Rehabilitation Technologies for Dementia: Neuroscience and Biomedical Applications, pp.1-8, IGI Global, Hershey, PA, USA, 2011.

(2) Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Rengeng Tan, Kenji Ishida, Takeshi Ando and Masakatsu G. Fujie, Comparison of cortical activation during real walking and mental imagery of walking: the possibility of quickening walking rehabilitation by mental imaginary of walking, In Theophanides Theophile ed. Infrared Spectroscopy - Life and Biomedical Sciences, pp.133-150, InTech, 2012.

[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

<http://www.lab.kochi-tech.ac.jp/robotics/freesoft.htm>にて脳内視覚情報処理能力測定システム(体験版)が公開されている。

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

姜 銀来 (JIANG YINLAI)

高知工科大学・公私立大学の部局等・講師  
研究者番号：70508340