

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18330156

研究課題名（和文） 高齢者のワーキングメモリの訓練とその神経基盤に関する研究

研究課題名（英文） The neural bases of training of working memory in elderly

研究代表者

芋阪 満里子（OSAKA MARIKO）

大阪大学・人間科学研究科・教授

研究者番号：70144300

研究成果の概要：

本研究は、高齢者を対象として、ワーキングメモリの注意制御機能を訓練により促進することを目的とした。訓練前後にワーキングメモリ課題（リーディングスパンテスト）遂行中の脳機能画像を撮像して、訓練効果を確認した。訓練の結果、訓練前の脳活動には認められなかった前部帯状回の活動増強が認められた。この研究結果は、本実験で用いたイメージ訓練が注意の制御機能を高め、ワーキングメモリ機能を促進することを示唆するものである。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,100,000	0	7,100,000
2007年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2008年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	2,430,000	17,630,000

研究分野：認知心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：ワーキングメモリ・高齢者・訓練・脳イメージング

1. 研究開始当初の背景

ワーキングメモリはダイナミックな active memory であり、われわれの日常生活に関与する多くの高次認知機能の基礎をささえる重要な役割を担っている。

ワーキングメモリは、加齢とともに減衰することが知られていて、高齢者のワーキングメモリの脆弱化は、「うっかりミ

ス」や、「もの忘れ」を引き起こし、社会問題となりつつある。

ワーキングメモリの中央実行系 (Central Executive) は、Baddeley (1986) によるワーキングメモリのモデルの中心をなし、注意の制御系とも呼ばれるように、課題の遂行を進めるための統御システムである。また、中央実行系は、

サブシステムの調整を行い、課題遂行への重要な役割を受け持つ。

本研究は、高次脳の基盤となるワーキングメモリについて、加齢による神経基盤の変化を解明するとともに、神経基盤に基づいたワーキングメモリの機能強化に取り組むことを目的とする。特に、高齢者を対象として、その訓練を計画して、その効果を脳画像における変化により確認する。

2. 研究の目的

本研究は、ワーキングメモリの脆弱化が進む高齢者を対象として、ワーキングメモリの中核をなす中央実行系機能とその脳内機構にどのような変化が生じているのかを確認することを目的の1つとした。加えて、加齢によるワーキングメモリの脆弱化を導く要因を明確化することを目標とした。さらに、衰退化したワーキングメモリの機能強化を、脳画像から検証することを第2の目的とした。

研究代表者は、中央実行系機能の中でも、注意の維持、そして抑制制御の役割が特に重要であると考え。中央実行系機能を評価するリーディングスパンテスト (reading span test: RST) やリスニングスパンテスト (listening span test: LST) などを用いた研究から、ワーキングメモリの脳内基盤は前頭前野を中心として、背外側領域 (DLPFC: Brodmann, BA46/9 野) や前部帯状回 (ACC: BA32) のネットワークを中心として制御されている知見を得ている (Osaka, et al., NeuroImage, 2003; 2004)。

本研究では、この研究結果に基づいて、中央実行系の機能強化訓練に取り組み、DLPFC と ACC の活動の変化を検討することを目指した。

3. 研究の方法

ワーキングメモリの制御機能を測定する二重課題である RST を用いて、その遂行にイメージを適用することにより、注意の焦点化を高め、注意制御の効率性を高める訓練を考案した。さらに、音韻ループのみに依存せず、視覚空間的スケッチパッドを併用することにより、言語からイメージへの注意の変換を行わせることにより、注意制御にかかわる ACC 領域の強化をはかった。

具体的には、図1のように、RSTのターゲット語を実際に絵に書くことにより、イメージを用いる訓練を行なった。

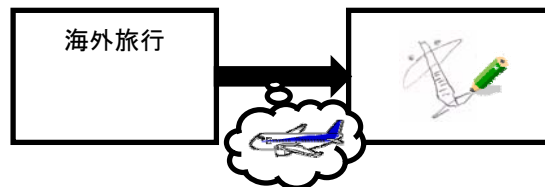


図1：RSTを用いた、ターゲット単語を画像化する訓練

高齢者のワーキングメモリの神経基盤を明確にするため、ワーキングメモリ課題遂行時の脳活動を機能的磁気共鳴画像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) により測定した。訓練による脳内基盤の変化を測定するため、訓練前後で脳画像の撮像を行った。

4. 研究成果

4-1. 行動データ

訓練の効果は、反応時間を指標とした行動データからは、遂行成績の向上と反応時間の短縮化、侵入エラーの減少が認められた。この結果から、ワーキングメモリ強化訓練により、注意の焦点化と抑制制御が促進していることが確認できた。行動データのエラー分析から、訓練後には侵入エラーの減少も確かめられた。

4-2. 脳画像データ

訓練前後の fMRI を用いた脳活動の測定から、訓練前には高齢者の脳活動に DLPFC の活動が確認された。言語を用いたワーキングメモリ課題であるため、おもに左半球の DLPFC の活動が顕著であった (図 2 上図を参照)。

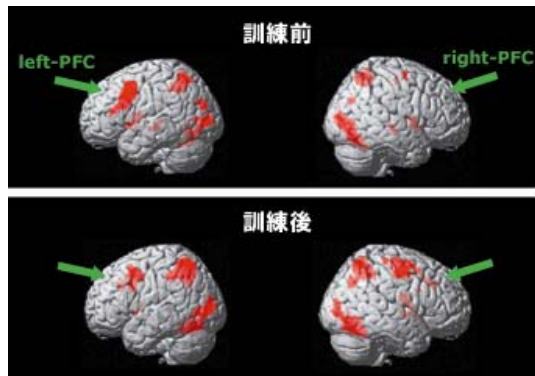


図 2 : 訓練前後の DLPFC の活動。

上図は訓練前を、下図は訓練後の活動を示す。いずれも左図は左半球を、右図は右半球の活動を示す。

図 2 に示すように、訓練後には左半球のみならず DLPFC の右半球の活動増強も認められた。これは、イメージを用いる訓練により、ターゲット語の記憶保持に際して、音韻的ループを用いた保持方法を採用するのではなく、イメージを用いた視覚・空間的スケッチパッドに依存した保持方法を用いていることを推察させる。高齢者の実験参加者が、実験後に報告した内容では、ほとんどが視覚イメージを用いた保持方法を採用していることとも合致する。このような視覚・空間的スケッチパッドの適用が右半球での活動を高めたものと考えられる。

一方、訓練前には ACC の活動はほとんど認められなかった (図 3 参照)。

しかし、図 3 の内側面図が示すように、訓練後の測定では、ACC の活動増強が認められた。

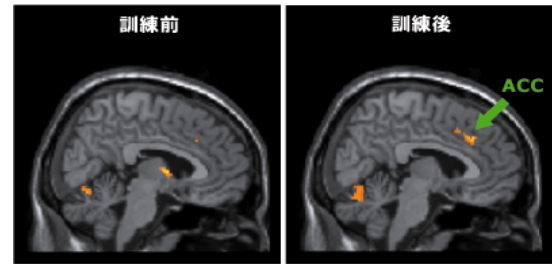


図 3 : 訓練前後の ACC の活動変化

左図は訓練前を、右図は訓練後の活動を示す。

結果から、訓練後には音韻ループのみに依存せず、視覚空間的スケッチパッドを併用することにより、言語からイメージへの注意の変換を試みていたことが推察できる。このような言語情報から視覚情報へ変換を行うことには注意制御が必要であり、このような変換と関連して注意制御にかかわる領域である ACC 領域が活動増強したものと考えられる。訓練後には、このような ACC、DLPFC の活動増強により、2 領域を中心とする実行系機能の働きが強化され、課題遂行を促進したものと推察できる。

DLPFC の活動は、訓練前には予想していたよりも低下が認められず、高齢者のワーキングメモリの脆弱化は、記憶の保持機能の低下ではなく、注意の制御機能が効率よく作動できないことが記憶の低下を引き起こしていることを示唆する知見を得た。

つまり、直面する課題に必要な情報に注意を焦点化しつつ、不必要な情報を抑制制御するなどの注意の制御機能が大切であるが、このような注意制御の低下が、高齢者のワーキングメモリの機能低下を導いていることがわかった。

訓練後には、ACC、DLPFC を中心とする実行系機能の働きが高まり、課題遂行を促進したものと結論づけられた。

本研究結果より、注意の制御訓練が、AC

C, DLPFCを中心とする中央実行系機能の強化に有効である知見を得たことは、高齢者の脳機能を健康に維持することを考える上で、重要であると考えられる。

また、本研究によるワーキングメモリ強化訓練の成果は、高齢者の脳の機能における情報処理能力の特徴を考える契機にもなりうるものと考えられる。

さらに、本研究では、強化訓練の対象を高齢者に限定したが、今後は、若年者やワーキングメモリの機能的低下が引き起こすさまざまな問題にも適用することにより、注意制御機構の機能促進効果が期待される。

本研究成果は、幼児、児童の言語発達や学習面における言語獲得過程においても、重要な示唆を与えることができると思われる。加えて、第二言語習得などの言語学習過程においても、役立つものと考えられる。

本研究では、訓練の効果を長期間にわたり継続して検討することはできなかったが、今後は長期的訓練効果の維持およびその転移効果に関する研究推進が求められる。

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 6 件)

① 荻坂満里子 (2009) 高齢者のワーキングメモリとその脳内機構, 心理評論, 53, 276-288. 査読有

② Otsuka, Y., Osaka, N., Ikeda, T., & Osaka, M. (2009) Individual differences in the theory of mind and superior temporal sulcus. *Neuroscience Letters*, 463: 150-153. 査読有

③ Otsuka, Y., Osaka, N., & Osaka, M. (2008). Functional asymmetry of superior parietal lobule for working memory in the elderly., *NeuroReport*, 19, 1355-1359. 査読有

④ Osaka, M., Komori, M., Morishita, M., Osaka, N. (2007). Neural bases of focusing

attention in working memory: An fMRI study based on group differences., *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7, 130-139. 査読有

⑤ Osaka, N., Otsuka, Y., Hirose, N., Ikeda, T., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, M., (2007). Transcranial magnetic stimulation (TMS) applied to left dorsolateral prefrontal cortex disrupts verbal working memory performance in humans., *Neuroscience Letters*, 418, 232-235. 査読有

⑥ Otsuka, Y., Osaka, N., Morishita, M., Kondo, H., Osaka, M. (2006). Decreased activation of anterior cingulate cortex in the working memory of the elderly., *NeuroReport*, No.17., pp.1479-1482. 査読有

[学会発表] (計 10 件)

① Osaka, M., & Osaka, N. (2009. 10. 20). Inhibitory training produce: An fMRI based on group differences. *Proceeding of the SFN Neuroscience 2009 meeting* (Chicago, USA).

② Minamoto, T., Osaka, M., & Osaka, N. (2009. 10. 20). Incident encoding of goal-irrelevant information can be predicted by activation of the left middle frontal gyrus. Society for Neuroscience 39th Annual Meeting, 575, 21, Chicago, USA,

③ Otsuka, Y., Osaka, N., & Osaka, M. (2009. 6. 16) "Functional asymmetry of the superior parietal lobule in working memory of the elderly" Working Memory Meeting 2009, Shengen, Luxembourg.

④ Otsuka, Y., Osaka, N., & Osaka, M. (2008. 12. 5) "Functional asymmetry of the superior parietal lobule in working memory of the elderly" International Seminar on "Neuroscience and Cognitive control", Ghent, Belgium.

⑤ Minamoto, T., Osaka, M., & Osaka, N. (2008. 11. 16). Individual differences of working memory capacity related as the different pattern of functional connectivity during visual working memory task., Society for Neuroscience 38th Annual

Meeting, 288, 13, Washington, D. C., USA.

⑥勝原摩耶, 大塚結喜, 苧阪満里子, 苧阪直行 (2008. 9. 20). 高齢者において感情情報がワーキングメモリに及ぼす影響、言語性ワーキングメモリを用いた検討、日本心理学会,

⑦源 健宏, 苧阪満里子, 苧阪直行 (2008. 3. 8) .

視覚性ワーキングメモリの情報保持に関わる神経基盤の検討—ワーキングメモリの個人差からのアプローチ. 日本ワーキングメモリ学会第5回大会抄録、11, (京都、3月)

⑧ Osaka, M., & Osaka, N. (2007. 11. 6). Focusing of attention: An fMRI based on group differences. *Proceeding of the Society for Neuroscience 37th Annual Meeting*, (San Diego, USA, November).

⑨ 大塚結喜, 苧阪直行, 苧阪満里子. (2007. 9. 20). 言語性ワーキングメモリを支える脳内ネットワークに対する加齢の影響., 日本心理学会第71回発表論文集., 797.

⑩ Osaka, M., Otsuka, Y., & Osaka, N. (2006. 10. 17). Effect of training on elderly working memory: An fMRI study., *Proceeding of the Society for Neuroscience 36th Annual Meeting, Atlanta, USA*, (November)

[図書] (計 2 件)

①苧阪満里子. (2008). ワーキングメモリにおける注意のフォーカスと抑制の脳内表現, 苧阪直行(編). ワーキングメモリの脳内表現. 京都大学学術出版会. 77-102.

②Osaka, M., & Osaka, N. (2007). Neural basis of focusing attention in working memory. An fMRI study based on individual differences., In Osaka, N., Logie, R, H., D'Esposito, M. (Eds.) *The cognitive neuroscience of working memory: Behavioral and neural correlates*. Oxford:Oxford University Press. 99-117.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

苧阪 満里子 (OSAKA MARIKO)
大阪大学・人間科学研究科・教授
研究者番号：70144300

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

苧阪 直行 (OSAKA NAOYUKI)
京都大学・文学研究科・教授
研究者番号：20113136