

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2007～2009
課題番号：19203032
研究課題名（和文） ワーキングメモリの制御に及ぼす情動脳と社会脳の影響—fMRI と TMS による検討—
研究課題名（英文） Influence of the Emotional and Social Brain on Executive Attention of Working Memory —Studies with fMRI and TMS—
研究代表者
 荻阪 直行 (OSAKA NAOYUKI)
 京都大学・大学院文学研究科・教授
 研究者番号：20113136

研究成果の概要（和文）：情動的あるいは社会的な情報が、ワーキングメモリの注意制御系に対して与える影響を、認知神経科学的手法を用いて明らかにすることを目的とした。人間の感情状態を描写する擬態語呈示中や、自己や他者の内面的特性に注意を向ける自己参照課題遂行中の脳活動を、fMRI（機能的核磁気共鳴画像法）を用いて測定し、情動脳・社会脳とワーキングメモリの注意制御系が相互に作用する脳領域を特定した。また、TMS（経頭蓋磁気刺激法）やSEM（共分散構造分析）を駆使して、ワーキングメモリの注意制御を担う脳内ネットワークを解明した。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed to reveal how emotional and social information affects the central executive of working memory. In order to achieve the goal, we employed onomatopoeia that describes one's affective state, and a self-reference paradigm that directs participants' attention toward their own or other's personality trait. Brain activation was measured while participants were performing the task with a functional magnetic resonance imaging (fMRI), which allowed us to specify brain regions integrating emotional brain, social brain, and intelligent brain (central executive). We also performed a transcranial magnetic stimulation study and the structural equation modeling analysis to investigate the neural network underlying the central executive of working memory.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|------------|------------|
| 2007年度 | 18,200,000 | 5,460,000 | 23,660,000 |
| 2008年度 | 12,500,000 | 3,750,000 | 16,250,000 |
| 2009年度 | 5,700,000 | 1,710,000 | 7,410,000 |
| | | | |
| | | | |
| 総計 | 36,400,000 | 10,920,000 | 47,320,000 |

研究分野：社会科学

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，実行系，fMRI，情動脳，社会脳

1. 研究開始当初の背景

ワーキングメモリ (working memory; WM) は知覚から思考まで、われわれの日常生活に与する多くの高次認知機能の基礎を支えている。WMは課題の遂行に必要な情報を「一時的に活性化状態で保持することに加えて、並行して処理をおこなう」機能を持っており、短期記憶と比べて目的志向的な側面を強く持っている。たとえば、暗算を考えてみると、暗算中に桁上がり情報を一時的に活性化状態で「保持」することに加えて、それを利用しつつ、暗算の計算処理そのものを実行する「処理」のはたらきが必要になる。これらのはたらきを、情動的なあるいは社会的な情報が抑制したり促進したりすることがあるが、これは WM が個人ごとに一定の容量制約を持つという性質に依拠する。この 30 年の WM 研究は言語・空間性の WM の実行系機能の認知的側面を中心に展開されてきたが、これは知情意のカテゴリーでいえば WM の知的側面の理論的・実験的研究が中心であった。しかし、最近では WM の知的機能が、実際は情動や社会的認知とも深くかかわることが認知神経科学的研究から明らかになってきた。WM に固有の志向性が、実際は情動的基盤により駆動され、その志向的目標には社会的認知における自己達成が含意されることが示唆されるようになってきた。

2. 研究の目的

情動脳と社会脳の実行系制御を担いながら、それらを統合する知的制御系を fMRI (機能的核磁気共鳴画像法) と TMS (経頭蓋磁気刺激法) を用いて検討するのが本研究課題の目的である。実行系の注意制御の脳内メカニズムについては、従来から指摘されてきた前頭前野の背外側領域 (DLPFC) (この領域は自己モニタ、判断やプランニングの知的制御機能をもつ) 以外に、情動性や社会性の負荷によって影響を受ける WM 関連領域が内側や外側前頭前野に推定される。情動制御を担う前部帯状回 (ACC) が情動とかかわる情報の更新や注意のシフティングに重要な役割を果たすことも最近明らかになってきた。われわれは、情動脳と社会脳の“ホット”な実行系を従来の“クール”な制御実行系とあわせて複合実行系 (Executive complex) と呼んでみる。

3. 研究の方法

(1) 言語理解に対する情動の影響—擬態語を用いた fMRI 研究—

擬態語とは、人間の感情状態を描写し、また、心的状態を模倣する音韻表象である。この擬態語の性質を利用することで、言語理解における情動の影響を、fMRI を用いて検討した。擬態語には、歩行状態に関わる「テクテク」

や「スタスタ」といったものを用いた。統制語には、音素数は同じであるが、意味をもたない「ヘユヘユ」や「リニリニ」といったものを用いた。刺激は、ヘッドフォンを介して被験者に呈示された。擬態語を聞いているときのイメージ喚起を反映する脳活動と統制語を聞いているときの脳活動を測定し、比較することにより、擬態語に対して活動の増加を示す脳領域を特定した。

(2) 他者の心の状態や自己に対する注意の脳内メカニズム

① ワーキングメモリの注意制御系が、他者の心の状態に対して注意を向けるときの認知神経プロセスを明らかにするために、2 つの文章間で主人公の心の状態が一致するか否かを判断させる心の理論課題中の脳活動を測定した。そして、文章の時制判断を要求する統制条件との比較をおこなった。さらに、心の理論課題の成績に基づいた分析を実施することにより、他者の心の状態を推定する個人々の能力と関係する脳領域の特定をおこなった。

② 自己や他者に対して注意を向ける際の認知神経基盤を解明するために、自己参照課題遂行中の脳活動を、fMRI を用いて測定した。自己参照課題とは、ある単語 (例えば性格特性を示す形容詞) について、それがどの程度自分に当てはまるかを判断させる課題である (図 1)。本研究では、自己に関する知識やエピソードを参照させる self 参照条件、身近な他者を参照する close other 条件、表面上の情報しかもたない他者を参照させる distant other 条件を設定した。尚、統制条件には、単語の文字数を数えさせる課題を用いた。

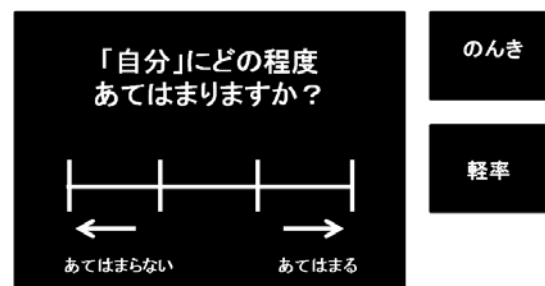


図 1. 自己参照課題

(3) TMS と SEM によるワーキングメモリの脳内ネットワークの解明

① 前頭前野背外側部 (DLPFC) が、ワーキングメモリの注意制御系を担うことは、多くの脳画像研究により支持されているが、その因果関係を示した研究はほとんど見当たらない。そこで、言語性ワーキングメモリ課題遂行中に、左側の DLPFC に TMS を与え、その効果を測定した。統制条件では、左側の DLPFC

に TMS 装置を触れさせたが、刺激音を発生させるだけで、実際には、磁気刺激は与えられなかった（シャム条件）。

② ワーキングメモリによるトップダウンの注意制御を支える神経ネットワークを解明するために、fMRI と共分散構造分析（Structural equation modeling; SEM）を用いた研究を実施した。実験課題では、被験者は、予め呈示される音声指示に従って、その後に表示される刺激の場所に対して注意を向けるよう教示が与えられた。続いてマスク刺激が呈示され、その後、被験者は、ターゲットの見えを6段階で評定するように指示された。前運動野、前頭葉眼球運動野、頭頂間溝、紡錘状回、舌状回、鳥距溝を関心領域に設定し、SEMを実施した（図2）。

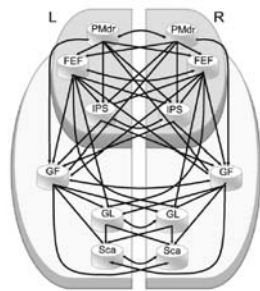


図2. SEMのデフォルトネットワーク

4. 研究成果

(1) 言語理解に対する情動の影響—擬態語を用いた fMRI 研究—

擬態語条件と無意味語条件の脳活動を比較したところ、擬態語条件で、視覚領域 (BA18, 19) や角回、上側頭回の活動の増加が認められた。これらの結果から、歩行に関する擬態語は、視覚野や、言語性ワーキングメモリの保持に関わる角回、そしてバイオリジカルモーションの認識に関わる上側頭回を介して理解されることが示唆された。このように、感情や心の状態を反映する日本語独特の擬態語は、複数の脳領域の協調的働きにより、イメージ化されていると考えることができる。

(2) 他者の心の状態や自己に対する注意の脳内メカニズム

① 心の理論課題遂行中には、両側の上側頭溝や側頭頭頂接合部、そして、言語性ワーキングメモリの一部を構成する左側下前頭回の活動の増加が認められた。また、興味深いことに、左側の上側頭溝の活動が、他者の心の状態を推定する能力を予測することがわかった。ワーキングメモリ研究においても、個人差が重視されていることから、今後、この課題は、ワーキングメモリと社会脳の関係性を理解していく上で、重要な役割を担うことが推定される。

② self 参照条件, close other 条件, そして distant other 条件の全ての条件において、前頭前野内側部、側頭頭頂接合部、角回、中

側頭回、後部帯状回の活動の増加が認められた（図3）。しかしながら、それぞれの条件間では、活動に差のある領域は認められなかった。従来の研究では、前頭前野内側部 (MPFC) が、self 参照プロセスに関わることが示されているが、本研究の結果は、MPFC は、自己だけでなく、他者の参照にも重要な役割を果たすことを示したという点で重要である。

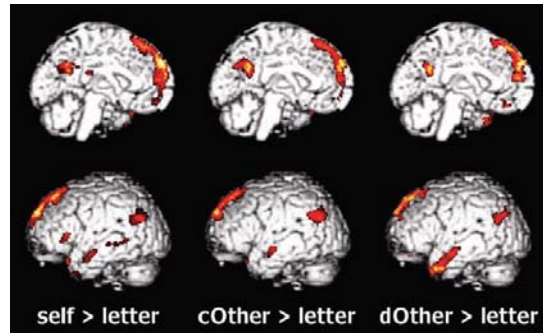


図3. 自己・他者参照に関わる神経基盤

(3) TMS と SEM によるワーキングメモリの脳内ネットワークの解明

① 記憶文章呈示語に、TMS を左側の DLPFC に与えたところ、課題成績の低下が認められた。このような成績の低下は、シャム条件では認められなかったことから、左側の DLPFC が、言語性ワーキングメモリ内の情報の保持を担うことが示唆された。

② SEM の結果は、右側の前頭葉眼球運動野から、頭頂間溝、紡錘状回を介して、舌状回に至るモデルの適合度が高いことを示した（図4）。すなわち、この脳内ネットワークが、ワーキングメモリのトップダウンの注意を担っているということである。さらに、個人差について分析を進めたところ、右側の頭頂間溝と紡錘状回の結合度の強い個人ほど、高い注意の効果を示すことがわかった。

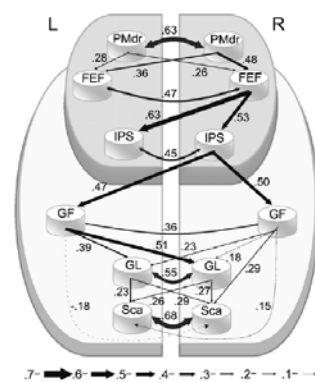


図4. トップダウンの注意ネットワーク

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 35 件）

① Matsuyoshi, D., Ikeda, T., Sawamoto, N., Kakigi, R., Fukuyama, H., & Osaka, N.,

Task-irrelevant memory load induces inattentional blindness without temporo-parietal suppression. *Neuropsychologia*, 査読有, 48, 2010, 3084-3101.

② Osaka, N., Matsuyoshi, D., Ikeda, T., & Osaka, M. Implied motion because of instability in Hokusai Manga activates the human motion-sensitive extrastriate visual cortex: An fMRI study of the impact of visual art. *Neuroreport*, 査読有, 21, 2010, 264-267.

③ Kihara, K., Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Hirose, N., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, N. Differential Contributions of the Intraparietal Sulcus and the Inferior Parietal Lobe to Attentional Blink. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 査読有, 23, 2010, 245-256.

④ Minamoto, T., Osaka, M., & Osaka, N. Individual differences in working memory capacity and distractor processing: Possible contribution of top-down inhibitory control, *Brain Research*, 査読有, 1335, 2010, 63-73.

⑤ Otsuka, Y., Osaka, N., & Osaka, M. Individual differences in the theory of mind and superior temporal sulcus. *Neuroscience Letters*, 査読有, 463, 2009, 150-153.

⑥ Osaka, N., & Osaka, M. Gaze-related mimic word activates the frontal eye field and related network in the human brain: an fMRI study. *Neuroscience Letters*. 査読有, 461, 2009, 65-68.

⑦ Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. Is the self special in DMPFC? An fMRI study. *Social Neuroscience*, 査読有, 4, 2009, 455-463.

⑧ Hirose, N., & Osaka, N. Asymmetry in object substitution masking occurs relative to the direction of spatial attention shift. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 査読有, 36, 2009, 25-37.

⑨ 荻阪満里子・荻阪直行, 記憶と言葉の理解をつなぐワーキングメモリ, *言語*, 査読有, 38, 2009, 46-53.

⑩ Hirose, N., & Osaka, N. Object substitution masking induced by illusory masks: Evidence for higher object-level locus of interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 査読有, 35, 2009, 931-938.

⑪ Osaka, N. Walk related mimic word activates the extra-striate visual cortex

in the human brain: An fMRI study. *Behavioral Brain Research*. 査読有, 198, 2009, 186-189.

⑫ Tsubomi, H., Ikeda, T., Hanakawa, T., Hirose, N., Fukuyama, H., & Osaka, N. Connectivity and signal intensity in the parieto-occipital cortex predicts top-down attentional effect in visual masking: an fMRI study based on individual differences. *NeuroImage*, 査読有, 45, 2009, 587-597.

⑬ Tanabe, A., & Osaka, N. Picture span test: Measuring visual working memory capacity involved in remembering and comprehension. *Behavior Research Methods*. 査読有, 41, 2009, 309-317.

⑭ 荻阪直行, 意識と注意のトップダウン制御, *分子精神医学*, 査読無, 9, 2009, 123-130

⑮ 廣瀬信之・荻阪直行, オブジェクト置き換えマスキングの脳内機構, *心理学評論*, 査読有, 51, 2009, 301-317

⑯ 荻阪直行, メタ記憶とワーキングメモリの脳内表現 —社会脳をめぐる自己知 (TOMS) と他者知 (TOMO) の問題—, 清水寛之編, 『メタ記憶』, 査読無, 2009, 105-118.

⑰ 木原健・荻阪直行, 注意の瞬きの神経基盤, *心理学評論*, 査読有, 51, 2008, 415-430.

⑱ Kaneda, M., & Osaka, N. Role of anterior cingulate cortex during semantic coding in verbal working memory. *Neuroscience Letters*. 査読有, 436, 2008, 57-61.

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

⑳ 荻阪直行, 意識論の最前線: メタ意識としてのセルフアウェアネスの脳内表現, *理論心理学研究*, 査読有, 10, 2008, 33-34.

㉑ 荻阪直行, メタ認知の脳科学, *現代のエスプリ*, 査読無, 497, 2008, 18-28.

㉒ 荻阪直行, 作業記憶と意識・無意識, *生体の科学*, 査読無, 50, 2008, 444-445.

㉓ 池田尊司・荻阪直行, 視覚的美しさの評価の神経基盤 —神経美学的アプローチ—, *心理学評論*, 査読有, 51, 2008, 318-329

㉔ Osaka, M., Komori, M., Morishita, M., & Osaka, N. Neural basis of focusing attention in working memory, *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 査読有, 7, 2007, 130-139.

㉕ Kihara, K., Hirose, N., Mima, T., Abe, M., Fukuyama, H., & Osaka, N. The role of left and right intraparietal sulcus in the attentional blink: Transcranial magnetic stimulation study, *Experimental Brain Research*, 査読有, 178, 2007, 135-140

㉖ Hirose, N., Kihara, K., Mima, T., Ueki,

Y., Fukuyama, H., & Osaka, N. Recovery from object substitution masking induced by transient suppression of visual motion processing: A transcranial magnetic stimulation study, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 査読有, 33, 2007, 1495-1503.

㉗ Matsuyoshi, D., Hirose, N., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, N. Repetitive transcranial magnetic stimulation of human MT+ reduces apparent motion perception, *Neuroscience Letters*, 査読有, 429, 2007, 131-135.

㉘ Logie, R.H., Osaka, N., & D'Esposito, M. Working memory capacity, control, components and theory. In N. Osaka, R. Logie, & M. D'Esposito (eds.), *Cognitive Neuroscience of Working Memory*, 査読無, 2007, x iii-x vii.

㉙ 森下正修・近藤洋史・蘆田佳世・大塚結喜・荻阪直行, 読解力に対するワーキングメモリ課題の予測力: リーディングスパンテストによる検討, *心理学研究*, 査読有, 77, 2007, 495-503.

㉚ 金田みずき・荻阪直行, 言語性ワーキングメモリと長期記憶情報とのかかわりにおける実行系機能の役割, *心理学研究*, 査読有, 78, 2007, 235-243

㉛ 荻阪直行, 志向する意識の脳内表現, 紀平英作(編) *グローバル化時代の人文学* (下巻), 査読無, 2007, 41-65

㉜ 荻阪直行, 記憶の適応メカニズム, *教育と医学*, 査読無, 6, 2007, 4-11

㉝ 荻阪直行, 笑い痛み - 擬音・擬態語の脳内表現 -, *人工知能学会・ことば工学会研究会資料*, 査読無, SIG-LSE-A602-6, 2007, 55-64.

㉞ Osaka, M., & Osaka, N. Neural bases of focusing attention in working memory: An fMRI study based on individual differences. In N. Osaka, R. Logie, & M. D'Esposito (eds.), *Cognitive Neuroscience of Working Memory*, 査読無, 2007, 99-117.

㉟ Osaka, N., Otsuka, Y., Hirose, N., Ikeda, T., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, M. Transcranial magnetic stimulation (TMS) applied to left dorsolateral prefrontal cortex disrupts verbal working memory performance in humans. *Neuroscience Letters*, 査読有, 418, 2007, 232-235.

[学会発表] (計 15 件)

① 荻阪直行, 「意識の脳内表現」, 東大コロキアム, 2010年11月18日, 東京大学文学部

② Osaka, N., Cognitive aspects of social brain -Neural representation of the s

elf: An fMRI study, 29th Int'l Congress of Clinical Neurophysiology, 2010年10月29日, Portopia Hotel, Kobe, International Conference Center

③ Osaka, N., Tsubomi, H., Osaka, M., fMRI BOLD signal changes as a power function of luminance: An internal psychophysics approach, *Fechner Day 2010*, 2010年10月20日, Padua, Italy

④ 荻阪直行, セルフの脳内表現, 日本心理学会シンポジウム「社会脳」, 2010年9月21日, 大阪大学

⑤ Osaka, N., Osaka, M., Attentional control of executive function in elderly working memory: An fMRI study, 27th Int'l Congress of Applied Psychology, 2010年7月7日, Melbourne, Australia

⑥ Osaka, M., Otsuka, Y., Kinoshita, Y., Yaoi, K., Training of inhibitory control of attention introduce effective control of executive function in elderly working memory: An fMRI study., *The 39th Annual Meeting of the Society for Neuroscience*, 2009年10月19日, Chicago, Illinois, USA.

⑦ Osaka, N., Osaka, M., Walk-related mimic word activates the extrastriate visual cortex in the human brain: An fMRI study., *The 32nd European Conference on Visual Perception*, 2009年8月28日, Regensburg, Germany

⑧ Osaka, N., Visual awareness without prefrontal cortex., *Kyoto-Lancaster Joint Symposium on Psychological Sciences: New Directions of Memory Research*, 2009年7月24日, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Japan

⑨ Osaka, N., Osaka, M., Visual awareness without prefrontal consciousness., *Toward a science of consciousness 2009*, 2009年6月11日, Hong Kong, China

⑩ 土河宏行・大塚結喜・荻阪満里子・荻阪直行, 注視時間分布を指標としたリーディングスパンテストにおける注意制御機構の検討, *日本基礎心理学会第27回大会*, 2008年12月6-7日, 仙台国際センター

⑪ 荻阪直行, 前頭葉の認知心理学, *京都府作業療法学会*, 2008年10月26日, 京都大学医学部

⑫ 荻阪直行, 色彩記憶の脳内表現, *情報処理学会関西支部大会*, 2008年10月24日, 京都リサーチパーク (KR P)

⑬ Osaka, N., Neural aesthetics of beauty: An event-related fMRI study., *ICP Congress*, 2008年7月25日, Berlin, Germany

⑭ 十河宏行・佐藤貴之・大塚結喜・荳阪満里子・荳阪直行, リーディングスパンテストにおける注意制御と眼球運動, 日本ワーキングメモリ学会第5回大会, 2008年3月8日, 京都大学文学部

⑮ Osaka, N., & Osaka, M., Focusing attention in working memory: An event related fMRI study based on group differences, Society for Neuroscience 2007, Nov. 6, 2007, San Diego, CA

[図書] (計7件)

① 荳阪直行, 岩波書店, 笑い脳; 社会脳からのアプローチ (岩波科学ライブラリー), 2010, 118

② 荳阪直行 (編), 培風館, 脳イメージングワーキングメモリと視覚的注意から見た脳, 2010, 199

③ 荳阪直行, 北大路書房, メタ記憶とワーキングメモリの脳内表現 —社会脳をめぐる自己知 (TOMS) と他者知 (TOMO) の問題—, 清水寛之編, 『メタ記憶』, 2009, 105~118

④ 荳阪直行, 培風館, 意識の脳内表現: 心理学と哲学からのアプローチ (翻訳書 (監訳), 原書 Rose, D. (2006). Consciousness: Philosophical, Psychological and neural theories. Oxford University Press.), 2008, 577

⑤ 荳阪直行 (編著), 京都大学学術出版会, ワーキングメモリの脳内表現, 2008, 273

⑥ Osaka, N., Logie, R., & D'Esposito, M. (Eds.), Oxford University Press, Cognitive Neuroscience of Working Memory, 2007, 389

⑦ Osaka, N., Rentschler, I., & Biederman, I. (Eds.), Springer Verlag, Object Recognition, Attention, and Action, 2007, 250

[その他]

ホームページ等

<http://www.social-brain.bun.kyoto-u.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

福山 秀直 (FUKUYAMA HIDENAO)
京都大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号: 90181297
美馬 達哉 (MIMA TATSUYA)
京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号: 20324618

蘆田 宏 (ASHIDA HIROSHI)
京都大学・大学院文学研究科・准教授
研究者番号: 20293847

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

(H20→H21: 連携研究者)

内藤 智之 (NAITO TOMOYUKI)
大阪大学・大学院医学研究科・助教
研究者番号: 90403188

(H20→H21: 連携研究者)

近藤 洋史 (KONDO HIROHITO)
日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・研究員

研究者番号: 30396176

(H20→H21: 連携研究者)

十河 宏行 (SOGO HIROYUKI)
愛媛大学・法文学部・准教授
研究者番号: 90359795

(H20→H21: 連携研究者)