

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21243040

研究課題名(和文) コミュニケーション基盤の発達と脳機能の特殊化・可塑性

研究課題名(英文) Neurocognitive plasticity and development of communication bases

研究代表者

積山 薫 (Sekiyama, Kaoru)

熊本大学・文学部・教授

研究者番号：70216539

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,100,000円、(間接経費) 10,530,000円

研究成果の概要(和文)：発達初期や後年に受けた刺激の種類が、コミュニケーション基盤にどのような影響を与え
るかを調べ、以下の点を明らかにした。対面での音声知覚における視聴覚統合が母語環境によって異なることを、乳幼
児における視線行動の発達、成人における事象関連電位、反応時間、視線行動、fMRIで示した。人工内耳装用者のノイ
ズ下での音声知覚では、聞き取りの高成績群は低成績群に比べ、健聴者に近い脳活動を回復し始めていることを、事象
関連電位で示した。共感の脳内基盤に関して、自身の母親の表情認知に特有な脳活動を、fMRIで示した。高社交不安群
の特徴と認知行動療法による介入効果を、眼球運動、fMRI、NIRSによって示した。

研究成果の概要(英文)：This study investigated how different types of experiences in early and later in li
fe affect human communication bases. The results are as follows. The type of native language (Japanese ve
rsus English) affects auditory-visual integration in speech perception, as evidenced by gaze behavior in i
nfancy, adult brain responses (ERP, fMRI) and behavior (RT and gaze). In cochlear implant user's speech pe
rception, good performers' brain responses (ERP) showed a component similar to that of normal hearing, ind
icating the beginning of restoration of speech perception in noise, as compared with poor performers. Conc
erning neural bases of empathy, fMRI revealed an own-mother-specific activation for recognizing facial exp
ressions. A cognitive behavioral therapy program for students with high social anxiety indicated an interv
ention effect in brain responses (NIRS).

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：視聴覚音声知覚 言語特殊性 人工内耳 共感 社交不安 発達 脳機能画像 事象関連電位

1. 研究開始当初の背景

(1) 経験による脳の可塑性

対面でのコミュニケーションには、言語情報として、音声の聴覚的な音韻情報と口の動きに関する視覚的な読唇情報、非言語情報として、声のトーンや表情などが大きな役割を果たす。このような手がかりを認知できるコミュニケーション基盤の獲得過程では、音声を聞き口の動きを見る感覚言語経験や、情動的に安定した社会的経験が必要と考えられる。近年、「経験によって脳が形作られる」ことを示す脳科学研究への関心が高まっている (e.g., Mayr et al., 2005)。これらの研究を鑑みれば、コミュニケーション基盤の成立は、その人が発達初期にうけた感覚刺激・言語刺激・社会的刺激による脳の可塑的な変化に基づくこととらえることができる。特に、発達初期に生じた可塑的变化は、後年までその影響が続くことはよく知られている (Best et al., 1995; O'Connor et al., 2000; Werker & Tees, 1984)。一方、このような初期経験の影響に比べ、その後の経験がどの程度の脳の可塑性をもたらすかは、よくわかっていない。

(2) 視聴覚音声知覚の視点から

代表者は、マガーク効果 (McGurk & MacDonald, 1976) と呼ばれる「矛盾した口の動きの映像が音声の聞こえを変える」イリュージョンを用い、日本語母語者は視覚的な読唇情報を英語母語者ほどは用いないことを見出した (e.g., Sekiyama & Tohkura, 1991; 1993)。このような読唇情報利用度への母語の影響は6歳以降と比較的遅く出現するが (Sekiyama & Burnham, 2008)、本研究では、このような発達の道筋をより精細にとらえることもめざしている。

最近急速に普及してきた人工内耳の埋め込み手術は、聴覚野の可塑性および音声知覚の可塑的变化を調べる恰好の臨床例である。行動的には、一定の装用期間後に音声知覚の改善がみられるが、その脳内基盤はまだ十分に研究されておらず、発展の余地が大きい。

(3) コミュニケーションの情動面に関して

分担者の篠崎は、fMRI を用いて、自分の母親や他人の母親の表情を見たとき、共感性の強い人ほど自身の母親の笑顔を見たときに扁桃体が強く活動することを見出した (篠崎ら、未公刊)。この手法は、コミュニケーションにとって重要な機能である共感を研究する上で、大きな可能性を秘めている。

分担者の松本と伊丸岡は、臨床的に問題になるコミュニケーション不安に関して、実験心理学と脳科学の手法を併用した介入研究を開始している。認知行動療法による介入で生じる脳の可塑的变化には、興味もたれる。

2. 研究の目的

本研究では、コミュニケーションに必要な言語情報や感情を認知する基本的機能を「コ

ミュニケーション基盤」と定義し、1)発達初期に受けた刺激の種類によってコミュニケーション基盤にどのような差異が生じるのか、2)その後新たに経験する感覚言語刺激・社会的刺激によってコミュニケーション基盤にどのような可塑的变化が生じるのか、を検討することを目的とした。具体的には、次に示す5つの研究項目を設定した。

- A. 視聴覚音声知覚の発達
- B. 視聴覚音声知覚の脳内過程の言語間比較
- C. 人工内耳装用者の音声知覚
- D. 共感の脳内基盤とその個人差
- E. 社交不安への介入効果

3. 研究の方法

A. 視聴覚音声知覚の発達

乳児の注視行動発達について、日本語環境下で養育された6ヵ月齢から3歳の乳幼児を対象に視線計測実験を行った。この実験では、女性話者による10秒程度の子どもに向けた発声を、ノイズ無、ノイズ小 ($S/N=+4$)、ノイズ大 ($S/N=-4$) の3条件で呈示し、その間の視線データをアイトラッカー (TobiiX120) で記録した。ノイズはピンクノイズを用い、ノイズ条件の呈示順序 (なし 小 大、大 小 無) は被験者間で相殺した。

B. 視聴覚音声知覚の脳内過程の言語間比較

B-1. 脳波実験

母語による視聴覚音声知覚の脳内過程の違いを調べるために、英語母語者 (11人) と日本語母語者 (23人) の比較を行った。刺激には、2名 (英語母語者と日本語母語者) の話者が発話する /ba/ と /ga/ のムービーを使用した。/ba/ と /ga/ のどちらに知覚したかを反応してもらう課題を、AV (視聴覚一致) 条件、AO (聴覚のみ) 条件で実施した。この課題を用い、事象関連電位実験、反応時間実験、視線計測実験をおこなった。

B-2. fMRI 実験

視聴覚音声知覚時の脳賦活部位の言語間比較をおこなうために、英語母語者22人と日本語母語者22人を対象にfMRI実験を行った。課題は、B-1 とほぼ同様であった。刺激条件として、AV (視聴覚刺激)、AO (音声のみ刺激)、VO (動画のみ刺激) を用い、これらをブロック内に配置したデザインとした。fMRI撮像にはATRの3テスラスキャナを用いた。撮像された機能画像についてSPM8にて個人解析および集団解析を行った。脳内ネットワークの検証のためにDCMを用いた。

C. 人工内耳装用者の音声知覚

長期使用でも困難を伴うノイズ下での音声知覚向上に関連する脳活動基盤を調べるために、人工内耳装用者17名、健聴統制群12名の事象関連電位、ならびに行動実験を行った。脳波実験では、/ba/ と /ga/ の音声刺激を用いたオドボール課題をおこない、逸脱音

声の察知に関わるミスマッチ陰性電位、ならびに P3 の生起を調べた。最終的に、これらの事象関連電位と単語知覚 (CI2004 テスト) を含めた音声知覚成績の相関関係を調べた。

D. 共感の脳内基盤とその個人差

共感という因子が、情動の生起にいかに関与するのか、その神経基盤を明らかにするために、健常被験者 12 人を対象に fMRI 実験を行った。共感に関連するさまざまな情動を惹き起こすために、被験者自身の母親の怒り・中性・幸福表情を、非常に短い提示時間 (16.6 ms) に提示した。対照として、他の被験者の母親顔表情および自身の友人の顔表情を提示した。実験デザインは事象関連デザインとし、被験者はボタン押しで表情を分類した。fMRI 撮像には札幌医科大学の 3 テスラスキャナを用いた。撮像された機能画像について SPM8 で個人解析と集団解析を行った。

E. 社交不安への介入効果

社交不安および不安への介入が社会的情報処理過程に与える影響を調べるために、情動刺激を用いた眼球運動/fMRI 実験、および対人場面を用いた NIRS 実験を行った。実験参加者は社交不安の高さによって分類を行い、高社交不安群では認知行動療法的手法による介入の前後で測定を実施した。fMRI 測定では fear (高情動価) と中立 (低情動価) の 2 種類の表情刺激に対する視線定位課題を行った。対人場面実験では、対人刺激なし・ビデオカメラのみ・聴衆一名ありの 3 つの状況でスピーチ課題を行い、課題中および課題前後の脳活動を NIRS によって測定した。

4. 研究成果

A. 視聴覚音声知覚の発達

乳児の視聴覚音声知覚時の視線を計測し、声と口の動きが一致している連続音声の知覚時に、音声聞き取りにくくなると話者の口への注視が増加する傾向の発達の变化を調べた。その結果、4~8 か月で口への注視が増大するという英語圏の乳児に比べ、日本語母語の乳児は口への注意の発達が少し遅い傾向がうかがわれた。また、2~3 歳では全般に目への注視が増大することが分かった。

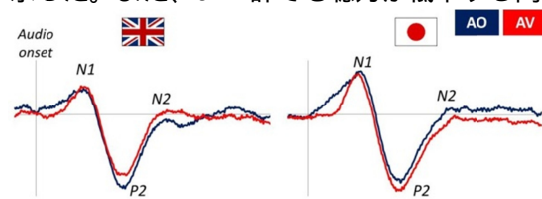
B. 視聴覚音声知覚の脳内過程の言語間比較

顔と声による音声知覚で視覚情報への依存度に差異が報告されている日本語母語者 (低依存) と英語母語者 (高依存) の脳内処理過程の違いを明らかにするために、脳波実験と fMRI 実験で検討した。

B-1. 脳波実験

脳波 (事象関連電位: Event-Related Potentials, ERP) 実験では、聴覚刺激 (/ba/ と /ga/) の立ち上がりから起算し、刺激誘発性成分である N1, P2, および制御的成分であ

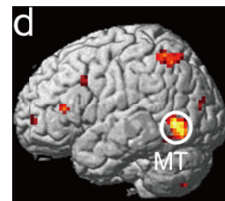
る N2 を解析対象とした。その結果、日本語母語者 (JPN) と英語母語者 (ENG) の違いが視聴覚呈示条件の P2, N2 潜時において有意にみられ、反応時間 (RT) の言語差との対応もみられた (下図)。また、ERP の振幅を含めた解析をおこなった結果、ENG において後頭部の脳電位が口の動きの視覚情報に大きな影響を受けるのに対して、JPN では影響がみられないことが明らかとなった。さらに、同じ刺激を提示したさいの視線をアイトラッカーを用いて計測した結果、両群が話者の口を注視する時間の割合に違いがあり、この違いは脳波実験の ERP の N2 潜時と強い相関を示した。また、JPN 群でも聴力が低下する高



齢者では、ENG 群と似た傾向を示した。

B-2. fMRI 実験

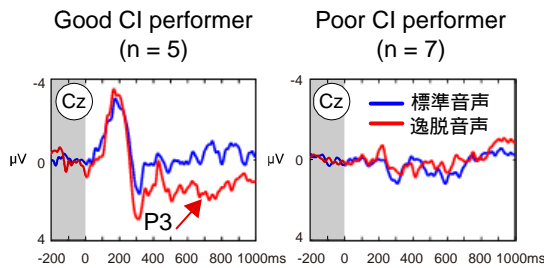
fMRI 実験では、視聴覚呈示条件において、JPN 群は ENG 群より MT 野の活動が強くみられた (下図)。一方、脳内ネットワークの言語差を解析した結果、ENG 群では、話者の口の動きが直接的に視聴覚統合に関わる上側頭溝に入力されるのに対して、JPN 群ではそのような入力は見られなかった。



C. 人工内耳装用者の音声知覚

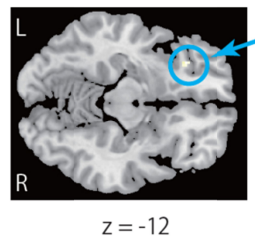
熊本大学医学部附属病院で人工内耳埋め込み手術を受けた患者の特性を整理して被験者リストを整備するとともに、行動実験に用いるビデオ版検査を「CI2004」検査語を用いて作成し、健聴者および人工内耳装用者に共通して用いる聴取テストとした。

人工内耳埋め込み手術を受けた患者 24 名に対して、「CI2004」検査語を用いて作成したビデオ版視聴覚音声知覚検査をおこなった。また、それらの人工内耳装用者に対して、音声知覚時の ERP を測定する実験を実施し、特にノイズ環境での音声聴取における脳電位の特徴を検討した。その結果、人工内耳装用者は、反復提示条件下での少数刺激に対して、音声刺激提示後 200 ミリ秒付近に現れる自動的検出の指標であるミスマッチ陰性電位が騒音下で見られない点で、健聴者と違いがあった。一方、意図的処理の指標である 300 ミリ秒以降の陽性電位は、人工内耳装用者のなかでも聞き取り成績の高い群においてのみ、健聴者と同様に観察され (下図) 人工内耳装用者のノイズ下での音声聴取は、かなり高次の注意を要することがうかがわれた。



D. 共感の脳内基盤とその個人差

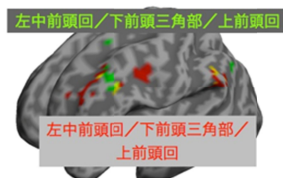
共感の脳内基盤とその個人差の検討では、痛みを予期させる視覚刺激に対する脳活動を fMRI で計測することにより、帯状皮質で痛み経験に伴って活動レベルが変化すること、この帯状皮質の活動は共感性尺度と相関があることが示された。しかし、被験者数をさらに増やして実験を行ったところ、痛み経験に伴う帯状皮質の変動および共感性尺度との相関は傾向としてはみられたが、統計的有意性をもって示すことはできなかった。次に、母親の笑顔・真顔・怒り顔を用いた fMRI 実験のプロトコルを検討し、実験を開始した。また、参加者の共感性を調べるのに適切な心理尺度を選定した。12 人の健常被験者を対象に、心理尺度を用いて共感性の評価を行った。また、fMRI 実験を行い、意識にのぼらない程度の刺激提示時間にて自身の母親の怒り顔を提示すると、外側眼窩皮質が賦活されることがわかった（右図）。この領域が怒り顔によって引き起こされる共感に関与しているかもしれない。



E. 社交不安への介入効果

社交不安が高い被験者について、脅威表情認知の脳内基盤と不安傾向の関係を質問紙、眼球運動を用いて、また社交場面で感じる不安の脳内基盤を NIRS で検討した。また、fMRI を用いて脅威表情認知の脳内基盤と不安傾向の関係を検討した。不安水準の違いによって脅威表情認知課題中の脳活動の強さが異なる領域が複数あることが明らかとなった。次に、高社交不安者に対する認知行動療法による介入が脳活動および眼球運動に与える影響を調べるために、fMRI 実験と眼球運動計測を行った。その結果、高社交不安者で不安喚起事態に見られる特徴的な眼球運動が介入群で消失、変化することが示された。

社交場面における不安に対する介入の NIRS 測定では、不安群で課題前に見られた右前頭の活動が介入によっ



て消失し、統制群と同水準となった。

これまでの研究成果を元に、高社交不安者に対するより客観的で効果的な査定方法と集団認知行動療法を作成し、臨床応用することが今後の課題となる。

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 43 件)

Sekiyama, K., Sohi, T., & Sakamoto, S. (2014). Enhanced audiovisual integration with aging in speech perception: A heightened McGurk effect in older adults. *Frontiers in Psychology, Language Sciences*. Pages 1-12. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00323 査読有

Matsui M., et al (2014). Referential framework for transcranial anatomical correspondence for fNIRS based on manually traced sulci and gyri of an infant brain. *Neuroscience Research*, 80, 55-68. DOI: 10.1016/j.neures.2014.01.003 査読有

Teramoto, W., Nozoe, Y., & Sekiyama, K. (2013). Audiotactile interactions beyond the space and body parts around the head. *Experimental Brain Research*, 228, 427-436. DOI: 10.1007/s00221-013-3574-5 査読有

Sambul AM, Murayama N., Igasaki T. (2013) Event-related potential study on image-symmetry discrimination in the human brain. *Proc. of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5938-5941. 査読有 . doi: 10.1109/EMBC.2013.6610904,

Sekiyama, K., Hashimoto, K., & Sugita, Y. (2012). Visuo-somatosensory reorganization in perceptual adaptation to reversed vision. 査読有, *Acta Psychologica*, 141, 231-242. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.05.011.

Teramoto, W., Tao, K., Sekiyama, K., & Mori, S. (2012) Reading performance in middle-aged adults with declined accommodation. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74, 1722-1731. doi: 10.3758/s13414-012-0360-6. 査読有

Uematsu A, Matsui M., Tanaka C, Takahashi T, Noguchi K, Suzuki M, Nishijo H: Developmental trajectories of amygdala and hippocampus from infancy to early adulthood in healthy individuals. *PLoS*

ONE, 7(10), e46970, 2012 DOI: 10.1371/journal.pone.0046970 査読有

久永聡子、積山薫、伊賀崎伴彦、村山伸樹 (2012)「ERPと視線にみられる日英間の視聴覚音声知覚の差異」『日本音響学会聴覚研究会資料』42(7), 559-564. 査読無

Sadakata, M. & Sekiyama, K. (2011). Enhanced perception of various linguistic features by musicians: a cross-linguistic study, *Acta Psychologica* 138, 1-10. doi:10.1016/j.actpsy.2011.03.007. 査読有

Hisanaga, S., Sekiyama, K., Igasaki, T., & Murayama, N. (2010). An ERP examination of audiovisual speech perception in Japanese younger and older adults. Proc. of the 2010 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing, 116-120.

http://www.isca-speech.org/archive/avsp10/papers/av10_S5-3.pdf 査読有

Kanekama, Y., Hisanaga, S., Sekiyama, K., Kodama, N., Samejima, Y., Yamada, T., & Yumoto, E. (2010). Long-term cochlear implant users have resistance to noise but short-term users don't. Proc. of the 2010 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing, 54-58. http://www.isca-speech.org/archive/avsp10/papers/av10_S4-1.pdf 査読有

Shinozaki, J., Sekiyama, K., Hiroe, N., Yoshioka, T., & Sato, M. (2010). Impact of language on audiovisual speech perception examined by fMRI. Proc. of the 2010 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing, 111-115.

http://www.isca-speech.org/archive/avsp10/papers/av10_S5-2.pdf 査読有

Hisanaga, S., Sekiyama, K., Igasaki, T., & Murayama, N. (2009). Audiovisual speech perception in Japanese and English: Interlanguage differences examined by event-related potentials. Proc. of the 2009 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing, 38-42. <http://www2.cmp.uea.ac.uk/~bjt/avsp2009/proc/papers/paper-38.pdf> 査読有 .

[学会発表](計 105 件)

Matsui M, Nakagawa M, Katagiri M, Hoshino T: Brain activity in cognitive conflict using face expression stimuli: A study of near-infrared spectroscopy.

International Neuropsychological Society 42nd Annual Meeting, 2014, 2, 12-15, Seattle, USA.

Shinozaki J., Murahara T., Saito H., Harada K., Nagahama H., Sakurai Y., Nagamine T. 'Unconscious perception of own mother's anger face enhances the lateral orbitofrontal cortex activity' "Society for Neuroscience" 2013 年 11 月 10 日 San Diego, U.S.

松本圭「スピーチ不安を有する大学生の自己評価バイアス - 社交不安との関連と集団認知行動療法による変化」『日本心理学会第 77 回大会』2013 年 9 月 19 日 札幌市産業振興センター(札幌)

伊丸岡俊秀・関大輔「視線方向は自伝的記憶想起に影響するか」『日本心理学会第 77 回大会』2013 年 9 月 19 日 札幌市産業振興センター(札幌)

Sekiyama, K. Speech perception by face and voice in speakers of Japanese and English. Invited symposium at the 30th International Congress of Psychology. Cape Town: South Africa. July 25, 2012.

Shinozaki, J., Hiroe, N., Yoshioka, T., Sato, M., and Sekiyama, K. 'Visual motion in audiovisual speech perception affects superior temporal sulcus in English speakers more strongly than in Japanese speakers: An effective connectivity analysis' "Society for Neuroscience 42nd annual meeting" New Orleans, USA, 2012 年 10 月 15 日

Matsui M, Takeuchi A, Katagiri M, Matsuda Y, Suzuki M : Deficit in shifts of attention to different levels of global-local stimuli in patients with schizophrenia. Cognition in Schizophrenia 2012: A Satellite Meeting of the Schizophrenia International Research Society, 2012, 4, 14, Florence, Italy

Masuda M, Minoda R, Yumoto E. Hearing impairment in nasopharyngeal carcinoma patients. 9th International Conference on Cholesteatoma and Ear Surgery, 2012.6.3-7 長崎 長崎ブリックホール

Shinozaki J, Hiroe N, Yoshioka T, Sato M, Sekiyama K. 'Visual motion in audiovisual speech perception affects superior temporal sulcus in English speakers more strongly than in Japanese speakers: An effective connectivity analysis' "Society for Neuroscience" 2012 年 10 月 14 日 New Orleans, U.S.

Nozoe Y., Sekiyama K., & Teramoto W. 'Auditory modulation of somatosensory spatial judgments in various body regions and locations,' "The 12th International Multisensory Research Forum," 福岡市、アクロス福岡、2011年10月17日

Hisanaga S., Sekiyama K., Igasaki T., & Murayama N. 'A cross-linguistic ERP examination of audiovisual speech perception between English and Japanese,' "The 12th International Multisensory Research Forum," 福岡市、アクロス福岡、2011年10月17日

Fextha S., Murayama N., Igasaki T., Hayashida Y. Effects of emotional stimulation on cortico-muscular coherence in humans. 第34回日本神経科学大会 2011年09月14日 横浜市パシコ横浜

廣江総雄・篠崎淳・吉岡琢・佐藤雅昭・積山 薫 「視聴覚統合における脳内神経機構の解明」『第33回日本神経科学大会』神戸市、神戸国際展示場、2010年9月3日 (Neuroscience Research, Vol.68, supplement 1, 2010, page e332)

Matsuda, Y., Imaruoka, T., Kunimi, M., Matsumoto, K., & Matsui, M. 'The brain mechanism underlying interaction of processing bias and anxiety level,' "Symposium: Attention and Cognition." 仙台市、東北大学、2010年9月18日

〔図書〕(計6件)

(ア) Burnham, D. & Sekiyama, K. Cambridge University Press. Investigating auditory-visual speech perception development. In G. Bailly, P. Perrier, & E. Vatikiotis-Bateson (Eds.), *Audiovisual Speech Processing*. 2012, Pp. 62-75.

(イ) 積山 薫 ナカニシヤ出版、音声知覚における多感覚情報の統合、川崎恵理子(編)「認知心理学の新展開:言語と記憶」、2012、21

(ウ) 松井三枝 新曜社、認知発達の脳科学的基盤、根ヶ山光一・仲真紀子(編)「発達科学ハンドブック4 発達の基盤:身体、認知、情動」、2012、Pp105-118

(エ) Sekiyama, K. et al. (Eds.) (2010) *Proceedings of the 2010 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing*. ISBN 978-4-9905475-0-9.

〔その他〕

ホームページ等

http://www.let.kumamoto-u.ac.jp/ihs/hum/psychology/sekiyama/kibanA_home.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

積山 薫 (SEKIYAMA KAORU)
熊本大学・文学部・教授
研究者番号: 70216539

(2) 研究分担者

篠崎 淳 (SHINOZAKI JUN)
札幌医科大学・医学部・助教
研究者番号: 30510953

伊丸岡 俊秀 (IMARUOKA TOSHIHIDE)
金沢工業大学・情報フロンティア学部・准教授
研究者番号: 20387351

松本 圭 (MATSUMOTO KEI)
金沢工業大学・基礎教育部・准教授
研究者番号: 40367446

松井 三枝 (MATSUI MIE)
富山大学・医学薬学研究部・准教授
研究者番号: 70209485

村山 伸樹 (MURAYAMA NOBUKI)
熊本大学・自然科学研究科・教授
研究者番号: 60094108

伊賀崎 伴彦 (IGASAKI TOMOHIKO)
熊本大学・自然科学研究科・准教授
研究者番号: 70315282

湯本 英二 (YUMOTO EIJI)
熊本大学・生命科学研究部・教授
研究者番号: 40116992

(3) 連携研究者

鮫島 靖浩 (SAMEJIMA YASUHIRO)
熊本大学・生命科学研究部・講師
研究者番号: 50206009

佐藤 雅昭 (SATO MASAOKI)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・ATR 脳情報研究所・研究室長
研究者番号: 90395129