

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00368

研究課題名(和文) 障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション

研究課題名(英文) Cooperative Cognitive Behavior Navigation and Cognitive Rehabilitation based on Reflection according to Disabilities

研究代表者

佐野 睦夫 (Sano, Mutsuo)

大阪工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：30351464

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：認知症患者や高次脳機能障害者などの障害者の社会復帰を実現するため、実生活行動をセンシング・認識して獲得される生活行動履歴に対し、脳内の認知行動生成モデルから導かれる認知機能を評価・理解する手法を提案し、1) 障害起因行動を内包した生活行動認識方式、2) 生活行動に対する認知機能評価・理解システム、3) 振り返りによる気づき・やる気の想起手法、4) 片麻痺などに対応する身体的インタラクションの観点から、障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションおよび振り返りを通じた生活行動認知リハビリ支援システム構成法を明らかにした。本システムを認知リハビリテーション実験に適用し、リハビリテーション効果を確認した。

研究成果の概要(英文)：We proposed a method on evaluating and understanding cognitive functions which can be derived from brain cognitive behavior model for life log obtained by sensing and recognizing real living activities in order to realize a rehabilitation for dementia patients and higher brain dysfunction people. And we clarified cooperative cognitive behavior navigation and cognitive rehabilitation based on reflection according to the level of disabilities as the followings; 1) life activities recognition method with behavior disorder, 2) cognitive function evaluation & understanding for life activities, 3) awareness and motivation recalling method based on reflection, 4) embodied interaction for hemiplegia. The effectiveness of the proposed method was confirmed through cognitive rehabilitation experiments.

研究分野：知能ロボット

キーワード：認知リハビリテーション 生活行動ナビゲーション 振り返り支援 認知行動評価 認知行動理解 行動認識

1. 研究開始当初の背景

認知症患者は460万人、認知機能の低下が見られる認知症予備軍は400万人、脳血管障害や脳の外傷により脳機能が一部損傷する高次脳機能障害を有する患者は年間48000人以上発生し総計30万人の患者がいると報告されている。我々は、このような認知症患者や高次脳機能障害者（以後、認知障害者と呼ぶ）などに対する認知リハビリの有力な手段として、生活の要であり、五感を総動員する料理行動に着目し、障害の度合いに応じて手順生成を支援する料理ナビゲーションシステム構築・認知リハビリ実験をリハビリ施設において推進し、実験参加者全員に自己効力感の向上が認められ、認知リハビリ全体にも効果があることが確認された。さらに、在宅で安心して認知リハビリを進行できる遠隔認知リハビリ支援システムをリハビリ機関と連携して構築し、認知リハビリ実験を推進し、実験参加者全員に依存心を排除でき自立に結び付ける効果を確認した。

しかし、これまで開発された認知リハビリ支援システムは、調理などのように種類が限定されており、生活復帰や職場復帰を目指したリハビリを行うには、多くの行動要素が存在し、制限された時間で行動要素が動的に連携し、並行的・因果的に進行する中で、生活行動種別およびその振る舞いの仕方を認識する必要がある。

また、従来の認知リハビリの評価・理解支援は、リハビリ担当者が定期的・定期的にししか実施しておらず、現在の認知状態や行動イベントをタイムリーに把握できず、即座での対応や、多様な認知障害の原因究明や詳細なリハビリプランを立てることが困難な問題があった。

さらに、現在、病識が希薄な障害者に対してリハビリ映像に基づく基礎的な振り返り実験を行っているが、しばしば、追体験を通じて気づきが誘発されるのを確認している。しかし、多様な脳機能障害がある中で自身の体験映像と模範となる映像をどう提示すればいいか、気づきからやる気に誘導するにはどのようなコミュニケーションを生成すべきかは、解明されていない。

最後に、認知障害者には、片麻痺など身体麻痺が併発していることが多く、片麻痺の認知障害者においては、感覚-運動系へ認知障害が影響し、認知障害が動作生成の再学習に影響を与えるため、以前とは違う自己の運動記憶を修正し、脳内の身体像（身体図式）の再構成・運動パターンの学習が要求される。身体的障害の病識欠如（身体失認・失行）や、自信の低下・やる気の低下も大きな問題であり、歩行や腕動作など個々の身体動作のリハビリ手法研究は多くあるが、身体と認知を統合し、実生活に則したリハビリモデルに関する研究はこれからである。

2. 研究の目的

社会復帰を目指し、実際の生活行動履歴に対して脳内の認知行動の生成モデルから導かれる認知機能評価・理解手法に基づく協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づくりハビリ支援システムを目指すものである。研究のスコープは、大きく2つある。1つ目は、社会復帰を目的とし、生活行動履歴に対し、認知行動生成モデルから導かれる認知機能を評価・理解する手法を確立し、障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションおよび振り返りを通じた生活行動認知リハビリ支援システム構成法を解明し、その技術的な解決策を提案し実現することである。2つ目は、提案する支援システムを実生活に則したりハビリ実験に活用することで、社会復帰に向けた持続的・効果的なシステム要因の解明にチャレンジすることである。

3. 研究の方法

障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション支援システムの流れを図1に示す。大きく、(1) 障害起因行動を内包した大規模生活行動認識方式の実現、(2) 認知障害に応じた認知行動生成モデルに基づく生活行動に対する認知機能評価・理解システムの実現、(3) 振り返り支援による気づき・やる気の想起手法、(4) 認知・身体的インタラクションとリハビリ支援の4つの要素技術から構成される。

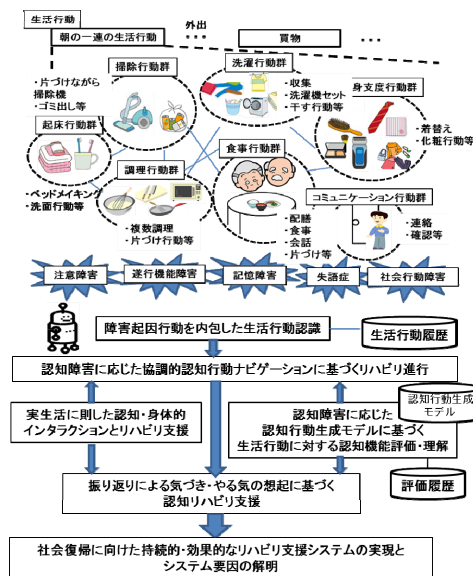


図1 障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション支援

以下、障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション支援システムを構成する要素技術について述べる。

(1) 障害起因行動を内包した大規模生活行動認識方式の実現

1 人称視点のカメラ等のウェアラブルセ

ンサとロボットによる能動視覚や環境カメラを併用したセンシング環境を基本とする。これにより、生活空間の情報をオクルージョンなく取り込むことが可能となる。

図2に示すように、生活資源物体の概念モデルから推定される生活対象物との共起性を積極的に活用し、行動認識の精度を向上させる方針をとる。

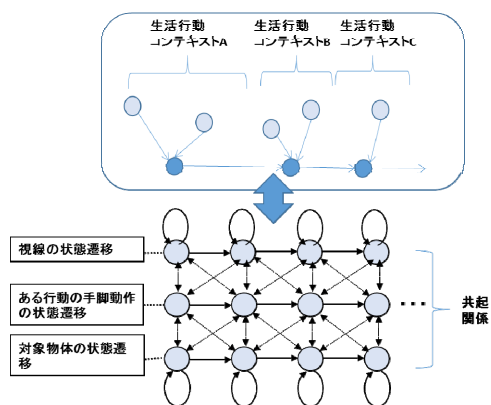


図2 生活行動認識方式

(2) 認知障害に応じた認知行動生成モデルに基づく生活行動に対する認知機能評価・理解システムの実現

障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションや振り返り支援を実現するために不可欠な、認識された生活行動履歴から認知機能評価・理解システムのプロトタイプを構築する。

注意行動に関する認知行動生成モデルとしては、顕著性マップに予測・検証機能を付与した注意機構に着目し、限定されたタスクから注意力の自動評価を行うことが重要となる。しかし、認知障害では、脳の障害が広範囲に及ぶことが多く、注意・遂行機能・記憶などの障害の症状が重なっており、これらを統合した認知行動モデルの構築と、実際の行動履歴から認知障害の振る舞いを同定・分析するための評価・理解ネットワークが必要となる。

本研究では、一連の生活行動の構造化・体系化を行い、各行動要素から起因するトップダウンの認知プロセスと、知覚反応から起因するボトムアップの認知プロセスを統合した認知行動生成モデルを構築し、そのモデルに基づき障害理解を行う方式を追求する。

(3) 振り返り支援による気づき・やる気の想起手法

体験映像と教師映像・認知機能評価履歴・障害理解履歴に基づき、生活行動に対する認知リハビリを振り返ることにより、気づきやる気を想起させるための支援システムを構築する。具体的には、図3に示すように、ミ

ラーニューロンに基づく気づきや共感の発現、および報酬系に基づくやる気の想起をシミュレート可能な脳内計算論的モデルを構築し、障害者のプロフィールとリハビリ経過に基づき、事前に戦略的に振り返り予測・検証が可能なシステム構成法を追求する。また、障害に応じた追体験映像視点に関する人称別（1人称，3人称等）構成法についても検討を行う。

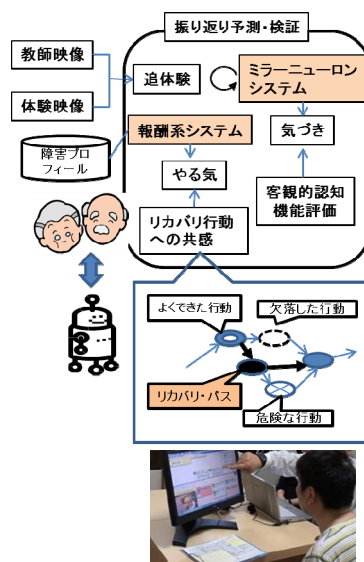


図3 振り返り支援による気づき・やる気の想起

(4) 認知・身体的インタラクションとリハビリ支援

他者の脳内の身体像を自己の脳内で再現するミラーニューロンシステムに着目し、1人称視点の没入型VRディスプレイを用いて、仮想的な身体表現を提示し、認知行動の脳内生成モデルと連携して脳内で身体像の再構成を図る。

4. 研究成果

4つの技術課題と、障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション支援システム構成法に関する研究成果を示す。

(1) 障害起因行動を内包した大規模生活行動認識方式の実現

1人称視点を3人称視点により補完することで、認知障害者に生活空間における危険領域を検出し、認識させることが可能である。3人称視点による3次元空間情報の取得では、1人称視点でのオクルージョンなどによる観測することができない空間情報に対して、ロボットを用いて補完する。1人称視点では観測できない空間情報を、ロボットが能動的に移動することで詳細な料理空間全体の状態を取得することが可能である。

1人称視点では、ウェアラブルカメラを用

いて手元の 3 次元空間情報を取得することを想定するため、SfM アルゴリズムを採用する。3 人称視点では、SLAM 術を採用する。一方、1 人称視点では RGB-D カメラを頭部に搭載することは困難であるので、SLAM ではなく SfM アルゴリズムを採用することとした。

下記では、1 人称視点による生活行動認識および 3 人称視点による生活行動認識の信頼性向上を目指した認識手法をそれぞれ示す。

< 1 人称視点による生活行動認識手法 >

・認知機能自動評価システムのための 1 人称視点による調理動作認識

調理リハビリテーションにおける遂行機能や注意機能等の認知機能の自動評価を目標とし、ウェアラブルカメラから取得した 1 人称視点映像を視覚情報とし、深層学習を用いた調理器具・腕領域認識から得られる使用調理器具情報と腕の軌跡情報の情報統合による調理動作認識方式の提案を行い、その有効性を検証した。

・連続 DP マッチングを用いた調理動作認識手法

ウェアラブルカメラにより撮影された 1 人称視点映像に着目し、特に生活行動に欠かせない調理動作を認識する手法を提案する。具体的には、1 人称視点映像から手の軌跡・移動方向ヒストグラムを算出し、調理動作を認識する。始めに軌跡データを固有空間へ変換し、固有空間上の軌跡データに対する主成分の分散と軌跡の長さから決定木により大まかな分類を行う。分類後、連続 DP マッチングを用いて、調理動作の認識を行う。しかし、連続 DP マッチングではデータの系列情報の類似度の計算は可能であるが、移動方向に対する大きさは不明である。そこで、移動方向ヒストグラムを用いる。移動方向ヒストグラムは手領域のオプティカルフローから算出し、手の移動方向を 16,32 分割しヒストグラムを作成し、適切な識別関数により識別を行った。

< 3 人称視点による生活行動認識手法 >

・3 人称視点での認知リハビリテーションのための行動認識手法

本研究では、動きの全体的な特徴量に着目するのではなく、3 次元の骨格情報のセンサーデータを動作ごとにそのまま学習し、最尤推定する方式にチャレンジする。2 次元の情報では表現できない奥行きを含めた情報が利用可能となり、動作の表現が幅広くなると期待される。提案する全体の処理系は、骨格データを用いて動作認識層にて動作認識を行い、動作認識層より出力される動作情報を元に行動認識層で入力に対して行動を識別するフローにより構成される。

基づく生活行動に対する認知機能評価・理解システムの実現

<生活行動における配分的注意評価・理解方式>

1 人称視点カメラを用いた日常生活における注意行動理解する方式を提案する。これまでの視覚的注意モデルとしては人間の注意モデルとして、ボトムアップ注意 (Bottom-up attention) とトップダウン注意 (Top-down attention) を結合したモデルが提案されている。ただし、人間の脳には顔やボディパーツなどに特異的に反応する機能がある。そこで、特異的に反応する機能を本論文では特異注意モデルと定義し、トップダウン注意、ボトムアップ注意、特異注意 (Category-specific attention) の 3 種類のモデルを統合し、注意度マップを生成した。この注意度マップの顕著度の高い部分に対して領域抽出し、物体認識を行い見ているものの判断と、食材を固定する手の動きに着目し、オプティカルフローより算出した移動方向ヒストグラムを用いて、配分的注意が働いているか検出する。具体的には、調理中において、切る動作のみの単独作業と鍋のふきこぼれ確認動作を加えた並行作業の課題を与え、それぞれに対して、認知負荷課題を与えた場合と与えなかった場合による注意配分の評価を行った。

<生活行動における持続的注意評価方式>

調理時における持続的注意の評価指標の提案について述べる。具体的には、視覚的注意モデルから視線を推定し、視線の滞留時間、軌跡を求めることで持続的注意の評価を行うアルゴリズムの検討を行った。今回、健常者に対して認知負荷の有無により、作業中の滞留時間や視線の移動量に有意差があり本手法で持続的注意の評価が可能であることを確認した。

<仮想空間における生活行動の遂行機能評価方式>

本研究では、より簡便で、拡張性が高い仮想生活空間を構成し、遂行機能を評価する方式にチャレンジした。具体的には、日常生活に必須である掃除行動に着目し、その中でも、掃除行動遂行能力に大きく影響する机拭き行動に着目した。VR 空間でのリアルタイム遂行機能評価システムを提案した。具体的には、机拭き行動の遂行機能の評価項目としては、BADS から着想を得た、入路、終点、連続性、平行性、水平/水平、パターン、網羅性に加え、机と接触している時の布巾の時系列座標、布巾を持った回数、生活用品を移動させたときの移動量、生活用品を移動させた回数、検査時間を加えた 1 2 種類の評価項目に着目し、これらを持った評価方式を提案している。

(2) 認知障害に応じた認知行動生成モデルに

(4) 振り返り支援による気づき・やる気の想

起手法

<高次脳機能障害者に対する掃除行動振り返り支援システムに基づく認知リハビリテーション>

施設入居中の高次脳機能障害者2名に対し、自室の掃除の習慣化を目指し、ADLの中で掃除を題材とした振り返り支援システムに基づく認知リハビリテーションプログラムを実施した。プログラムは、1週間の中で週末1回の掃除リハビリテーションとその振り返りを、4週に渡り進めた。認知機能評価として、掃除の手順生成・動作の効率性・きれいさを新たに定義し、教師映像と記録した掃除行動映像の対比および評価結果の提示を患者にし、自身の行動に対する「気づき」やリハビリテーションに対する「意欲」付けを行った。その結果、自身の障害への理解と工夫が観察され、2名とも回を追うごとに3つの評価尺度の値も向上し、提案した掃除行動振り返り支援システムの高次脳機能障害者に対する有効性が確認された。

<仮想空間における片づけ行動の振り返りによる認知トレーニングシステム>

認知トレーニングを円滑に進めていくためには、病識の改善が不可欠である。認知機能をリアルタイムで評価しながら、体験映像から気づきを発現させる振り返り支援による認知リハビリテーションの研究を推進しているが、認知トレーニング空間には制約があるため、空間を症状に応じて拡張できる機能が求められている。遂行機能のトレーニングとして、生活行動として片づけ行動を採り上げ、仮想空間における片づけ行動の振り返りによる認知トレーニングシステムを提案するとともに、既存の認知トレーニング手法と対比し、提案する認知トレーニングシステムの検証を行った。

<振り返り支援エージェントにおける対話パターン生成>

認知リハビリテーションにおいて、気づきの発現は最重要課題である。コミュニケーション履歴からベイジアンネットワークに基づき、振り返り支援エージェントのインタラクションを通して、気づきを発現させる対話パターン生成法を提案した。具体的には、グループワークの振り返りを題材とし、提案方式による振り返り支援エージェントの振る舞いを検証すると同時に、認知リハビリテーションの可能性について明らかにした。

4.4 認知・身体的インタラクションとリハビリ支援

他者の脳内の身体像を自己の脳内で再現するミラーニューロンシステムに着目し、1人称視点の没入型VRディスプレイを用いて、仮想的な身体表現を提示し、脳内の身体像の再構成を図る方式を提案し、効果検証を行う。具体的には、VR模倣運動のための視覚呈示だけでなく、電気刺激や振動刺激も呈

示し、身体所有感や運動主体感の想起にどのように関与しているのか、片麻痺患者にとって、どのような身体的インタラクションが好ましいのかについて検証した。

(5) 障害に応じた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく認知リハビリテーション支援システム構成法

認知リハビリテーションを円滑にするための生活行動ナビゲーション支援システム構成法を総括し、行動モニタリング・理解、行動予測、介助、声掛け、ヘルプ機能、振り返りの観点から論じる。記憶障害が顕著な症例の掃除リハビリテーションを対象とし、振り返りを伴う生活行動ナビゲーションが認知リハビリテーションにどのように関わっていくかについて考察し、効果検証を行う。同時に、ヘルプ機能が、生活行動を進めていく上での安心感にどのような影響を与えるのかを考察した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① 大井翔, 池ヶ谷剛, 佐野睦夫: “DP マッチングと移動方向ヒストグラムに基づく一人称視点調理行動認識”, 画像電子学会誌, Vol. 46, No. 4, pp.570-578, 2017/11/7. 査読ありジャーナル
- ② 佐野睦夫, 中川葵, 小谷凌和, 大井翔, 小山智美, 西野朋子, “高次脳機能障害者に対する掃除行動振り返り支援システムに基づく認知リハビリテーション”, “認知リハビリテーション Vol.22, No.1, pp. 31-40 (2017.10) 査読付きプロシーディング
- ③ S. Ooi, T. Ikegaya, M. Sano: “Cooking Behavior Recognition using Egocentric Vision for Cooking Navigation”, Journal of Robotics and Mechatronics (JRM), Vol.29, No.4, pp.728-736, (2017.8) 2017/8/20 doi: 10.20965/jrm.2017.p0728 査読ありジャーナル
- ④ Sho Ooi, Tsuyoshi Ikegaya, Mutsuo Sano, Hajime Tabuchi, Fumie Saito, Satoshi Umeda, “Attention Behavior Evaluation during Daily Living based on Egocentric Vision,” Journal of Advances in Information Technology, Volume 8, No.2, pp.67-73 (2017.5) ISSN: 1798-2340 査読ありジャーナル
- ⑤ 佐野睦夫, 宮脇健三郎, 大井翔, “ウェアラブルセンサを用いた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく生活行動認知リハビリテーション支援システム,” 高次脳機能研究 第36巻第3号, pp. 410-417 (2016.9.30) 査読なしジャーナル
- ⑥ 大井翔, 佐野睦夫, 渋谷咲月, 水野翔太,

大出道子, 中山佳代, “高次脳機能障害者の自立に向けた調理行動振り返り支援システムに基づく認知リハビリテーション,” 認知リハビリテーション Vol.20, No.1, pp.51-61 (2015.10) 査読有ジャーナル

[学会発表] (計 43 件)

- ① S. Ooi, M. Sano, H. Tabuchi, F. Saito, and S. Umeda: “Sustained Attention Function Evaluation during Cooking based on Egocentric Vision”, The 19th IEEE International Symposium on Multimedia (ISM2017), pp.107-113 (2017.12.12) Full paper, acceptance rate 23.7%
- ② 佐野睦夫, “認知症の在宅リハビリテーション支援システム,” 第 31 回日本老年精神医学会 シンポジウム「認知症を支えるハイテク機器の活用」 招待講演 (2016. 6. 24)
- ③ 佐野睦夫, “ウェアラブルセンサを用いた協調的認知行動ナビゲーションと振り返りに基づく生活行動認知リハビリテーション支援システム,” 第 39 回日本高次脳機能障害学会学術総会 シンポジウム: 電子機器のリハビリテーション 招待講演 (2015. 12. 11)

[その他]

報道発表 (計 3 件)

- ① NHK E テレ「あしたも晴れ! 人生レシピ」 「AI でどう変わる? 超高齢社会」 本放送 2018. 6. 8 再放送 2018. 6. 15 <http://www4.nhk.or.jp/jinsei-recipe/x/2018-06-08/31/27412/1481310/>
- ② サン TV きらりけいざい トピックス (大阪工業大学情報メディア学科) 空間認知能力改善や認知症の予防の研究, 2107 年 12 月 17 日
- ③ 読売新聞 サイエンス BOX {探る} 仮想現実, AI 体験 脳トレーニング, 認知症の「特効薬」 2017 年 7 月 15 日 <http://www.yomiuri.co.jp/osaka/feature/C0022791/20160719-OYTAT50012.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野 睦夫 (SANO, MUTSUO)
大阪工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 30351464

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者

田淵 肇 (HAJIME TABUCHI)
慶應義塾大学・医学部・講師
(平成 27 年度から連携研究者)
研究者番号: 10286578
三村 將 (MIMURA, MASARU)

慶應義塾大学・医学部・教授
(平成 27 年度から連携研究者)

研究者番号: 00190728

梅田 聡 (MUMEDA, SATOSHI)

慶應義塾大学・文学部・教授
(平成 27 年度から連携研究者)

研究者番号: 90317272

稲邑 哲也 (INAMURA, TETSUNARI)

国立情報学研究所・准教授

(平成 28 年度から連携研究者)

研究者番号: 20361545

出水 紳一 (IZUMI, SHINICHI)

東北大学・医学部・教授

(平成 28 年度から連携研究者)

研究者番号: 80176239

(4) 研究協力者

大井 翔 (OOI, SHO)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士後期課程

池ヶ谷 剛 (IKEGAYA, TSUYOSHI)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

皆本 光 (MINAMOTO, HIKARU)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

三原 顕仁 (MIHARA, AKIHITO)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

谷本 鯛介 (TANIMOTO, TAISUKE)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

大北 拓哉 (OHKITA, TAKUYA)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

兒島 宏樹 (KOJIMA, HIROKI)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

梁 泳成 (RYAN, YONGSONG)

大阪工業大学大学院・情報科学研究科・博士前期課程

斎藤 文恵 (SAITO, FUMIE)

慶應義塾大学医学部・医学部・助教

堀込 俊郎 (HORIGOME, TOCISHIRO)

慶應義塾大学医学部・医学部・医師