

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500245

研究課題名(和文)生活密着型認知リハビリテーションの遠隔支援方式と在宅リハビリ効果に関する研究

研究課題名(英文)A study on remote support for ADL cognitive rehabilitation and its rehab effects

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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、認知障害者に対して、日常生活行動を認知リハビリテーション対象とし、認知障害者の自立を促進するために、「遠隔認知リハビリテーション方式」という新しい認知リハビリ方式を提案した。具体的には、3つの基本技術：1)生活空間の環境構造化と安心なリハビリテーション進行支援(危険行動を予測し事故を未然に防ぐ)、2)認知障害モデルに基づくインタラクション制御(共同注意や共感を示す情動行動を伴う)、3)気づきの誘発に基づく自立支援のための振り返り支援から構成される。在宅を想定した遠隔認知リハビリテーション実験を通して、実験参加者全員に対して、自立へのステップとしての効果が確認された。

研究成果の概要(英文)：We proposed a new cognitive rehabilitation method called "Remote Cognitive Rehabilitation" on Activities of Daily Life (ADL) for cognitive disabled patients. It has three basic techniques, i.e., 1) environment structuralization of daily life space and rehabilitation support with high safety (risk prediction and accident prevention), 2) interaction control based on cognitive disabled model (joint attention and sympathy with emotional behaviors), 3) reflection support based on awareness induction method to promote self-reliance of cognitive disabled patients. Throughout remote cognitive rehabilitation experiments on the assumption of in-home care, the effectiveness of self-reliance was confirmed to all participants.

研究分野：情報学

キーワード：認知リハビリテーション 行動環境認識 知能ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

認知症患者は430万人、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）などに対する認知機能リハビリテーション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、手順生成を支援する料理行動ナビゲーションシステム構築の研究を進め、構築したシステムを用いた認知機能リハビリテーション実験をリハビリテーション施設において3年に渡り推進してきた。その過程において、実験参加者全員に自己効力感の向上が認められ、特に女性にとっては関心が非常に高く、認知リハビリテーション全体にも効果があることが明らかになった。しかし、ここで開発されたナビゲーションシステムは、料理行動を想定しており、自立を促進するには、行動認識対象を拡大し、支援機能を生活行動全体に一般化する必要がある。

また、障害者の危険行動に対処するためリハビリ担当者が常に側で監視していなければならない問題があった。リハビリテーションの専門家や介護福祉士の数は患者数に比べて圧倒的に少ない。家族の介護も期待できない場合も多く、障害者の独居化も深刻な問題となっている。この課題を解決するためには、医療機関・リハビリ施設・家庭・地域社会との連携体制の再構築が必要であるが、技術的支援として、遠隔でリハビリテーションの専門家や介護福祉士を代行するシステム化技術の確立が要求されている。上肢や下肢のリハビリテーション代行するロボットは種々に報告されているが、生活行動に対する認知リハビリテーションの代行を行う研究事例はない。ここで、遠隔でリハビリテーションを行う際の安全性を支援システムがいかに確保できるかが重要となる。危険行動予測の研究開発事例としては、加速度センサを用いた転倒防止の試みがあるが、生活行動全体における危険を体系化し支援するものではない。また、幼児の生活行動における危険要素を分析し支援する研究も報告されているが、認知障害者に対する危険行動予測に関するものではない。

2. 研究の目的

認知症患者や高次脳機能障害者などの障害者に対して、日常生活行動全体を認知リハビリテーション対象とし、障害者の自立を促進するために「遠隔認知リハビリテーション」という新しいリハビリテーション方式にチャレンジする。具体的には、安全性を考慮した生活密着型の認知機能リハビリテーションの遠隔支援を行うシステム構成法を追究するとともに、自立へのステップとして期

待される本システムを適用したリハビリテーション効果を検証することを目指す。

3. 研究の方法

本研究で取り組む遠隔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)生活空間の環境構造化とそれに基づく安心なリハビリテーション進行支援、2)認知障害モデルに基づくインタラクション制御、3)気づきの誘発に基づく自立支援の3つの要素技術から構成される。

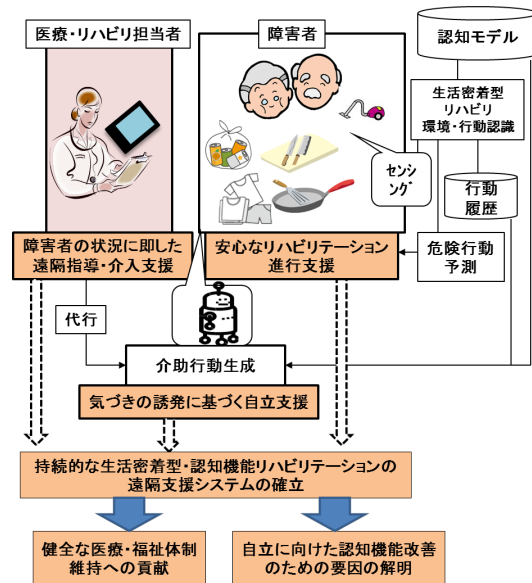


図1 遠隔認知リハビリテーション支援

以下、遠隔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)生活空間の環境構造化と安心なリハビリテーション進行支援

ロボット視覚およびウェアラブルセンサに基づき生活空間における物体認識と環境構造化を行う仕組みを実現するとともに、危険行動を予測し事故を未然に防ぐ安心なリハビリテーションの枠組みを示す。

生活空間における環境構造化

ロボット視覚とウェアラブルセンシングを統合した環境構造化方式をとる。

- ・ロボット視覚による物体認識および行動認識

距離センサによって獲得できるポイントクラウドデータに対して、ノイズにロバストな性質を有する3DSIFT特徴とRGBカメラによって獲得できる色相特徴を併用して、物体表現を行う。同時に、スケルトン情報から行動認識を行う。基本的には、ロボットに搭載されたRGB-Dセンサにより、物体の学習・認識を行う戦略をとる。

- ・ウェアラブルセンシングによる物体認識および行動認識

ロボット視覚を補完するものとして、1人称視点に基づくウェアラブルカメラセンシング方式を採用し、道具や日用品の物体認識

および認知リハビリテーションの際の行動認識を行う。手首に装着した慣性センサも併用し認識精度を高める。

危険行動を予測し事故を未然に防ぐ安心なりリハビリテーション進行支援

ベイジアンネットワークによる認知障害者の危険行動の予測に基づき、生活空間における危険物とのインタラクションの強さの度合いを示す危険度推定表を導入し、インタラクションスキーマにより、安心なりリハビリテーション進行支援を行う。

(2) 認知障害モデルに基づくインタラクション制御

認知障害パターンと障害レベルに応じてロボットインタラクションを変える必要がある。特に、アイコンタクトや共同注視などのロボットの身体性制御は、注意障害や遂行障害を始めとした広範囲の認知障害に対してインタラクションの質的向上を実現する可能性がある。また、感情認識機構を備え、共感モデルを介した引き込み制御は、記憶障害のケースにおいてエピソード記憶に働きかけ、対話を促進する効果が予測される。同時に、情緒コントロール障害の状況を平準化させ、ストレス感情を軽減する効果も期待できる。

(3) 振り返り支援システムに基づく気づきの誘発に基づく自立支援

図2に遠隔認知リハビリテーションのサイクルを示す。認知リハビリテーションにおいて向上が観察された行動や欠落した行動・危険な行動を抽出し、客観的な認知評価指標に基づいた振り返り対話を介して、気づきややる気の誘発を支援する振り返り支援システムを開発する。

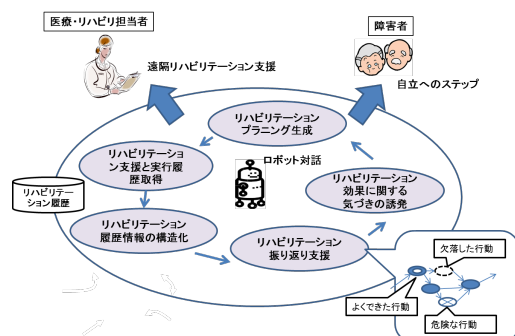


図2 振り返り支援を介したリハビリ効果の促進

4. 研究成果

高次脳機能障害者の遠隔認知リハビリテーションとして、献立・買い物・調理・食事から構成される食生活に着目し、献立作成の支援や、障害レベルに応じた調理ナビゲーションシステムを利用して、自立を促進させるための基本的なりリハビリプログラム(3か月

13週)を実施した。本リハビリプログラムを3名の高次脳機能障害者に対して実施したところ、自立性の向上や認知機能の向上を示唆する結果が得られた。

具体的には、高次脳機能障害者とリハビリ担当者間で、(i)「障害者は、リハビリテーション中、自力で問題解決ができないときにのみ問い合わせをする」、(ii)「リハビリ担当者は、行動が危険であると感じたときや、調理手順として大きな問題があると判断したときには、遠隔で指示を出すことができる。」コミュニケーションを行った。(図3)見守りカメラは、「全景撮影」「障害者の手元(加熱調理器)撮影」「障害者の手元(調理台)撮影」「表情撮影」の4台を用いた。評価指標は、目視で、(A)献立立案能力評価(3項目)、(B)パフォーマンス評価(10項目)、(C)グループ行動評価(4項目)、(D)システム操作能力評価(2項目)、(E)自立性評価(1項目)を5段階で実施した。結果として、回数を重ねるごとに、リハビリ環境が変わったケースを除いては、リハビリ担当者からの介入時間が減少するとともに、献立立案能力、パフォーマンス、自立性評価指標が上昇した。リハビリテーションプログラム全体を通し、実験参加者からは、「献立ゲームは楽しかった。」「スーパーに行ったとき視野が広がった。」「レシピどおりにつくれれば、本当においしいものができることがわかった。」「ナビゲーションシステムは、紙レシピより扱いやすい。音声ナビゲーションは適切であった」など、好意的なコメントを得ることもできた。このような感想と、各評価項目および行動観察の結果からは、本リハビリテーションプログラムが一定の効果を挙げていることが示唆された。

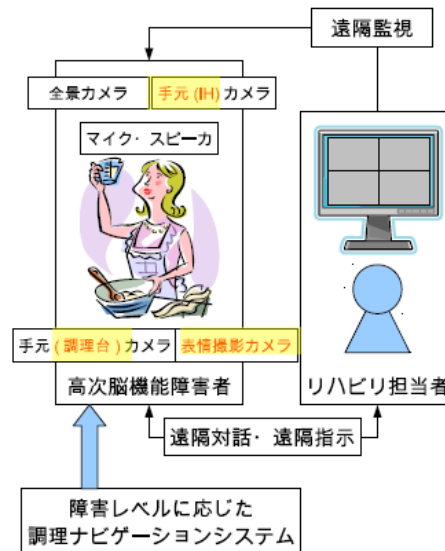


図3 遠隔認知リハビリテーション環境

この遠隔認知リハビリテーション環境に対して、下記の3つの支援方式の有効性を検証した結果を示す。

(1)生活空間の環境構造化と安心なりハビリテーション進行支援

生活空間における環境構造化
 ・ロボット視覚による物体認識および行動認識

調理で使用する道具を対象に、3DSIFT と色相を併用して k-NN 法を用いて認識を行ったところ、90%以上の認識率が達成された。光沢のあるモノは形状成分を示す 3DSIFT が、クラス内で形状の変動が大きいモノは色相が、それぞれ補完的に役割を果たしていることを確認した。

・ウェアラブルセンシングによる物体認識および行動認識

動作パターンを時系列移動方向ヒストグラムにより表現し、i) 色相 (HSV) による手領域の抽出、ii) 右手・左手領域の重心の算出、iii) 重心の時系列移動方向ベクトルを算出し、16 方向ベクトル特徴量として学習、iv) k-NN 法で学習し、未知データに対して認識した結果、代表的な調理動作に対して、82.9%以上の認識率となった。

手首に装着した慣性センサ (加速度・角加速度センサ) の出力信号に対して、エネルギーや周波数エントロピーなどの特徴を算出し、20 個の学習データと 20 個の未知データに対して、k-NN 法を用いて、代表的な調理動作について学習・認識を行った結果、認識率は 75%以上となった。

上記のように各単体の動作認識ではなく、レシピで規定された一連の調理行動に対する認識評価も実施した。学習サンプル 15、未知サンプル 15 を用意し、肉じゃがなどの代表的な 3 つのレシピフローに対して算出した、各調理ステップの認識率は平均 88.3%となり、リハビリ支援システムへの適用に目途をつけた。

危険行動を予測し事故を未然に防ぐ安心なりハビリテーション進行支援

調理行動の見守りにおいて生成した危険度推定表を図 4 に示す。物体種別・状態・位置・人との関係性で危険度が異なる。

内容			危険度
物体が何であるのか			0-1
物体の状態は			0-1
物体の位置はどこにあるのか	(1) 机の端に置かれていない	陶器類	0
		刃物類	0
	(2) 机の端に置かれている	(A) 刃が奥に向いている	0
		(B) 刃が手前にある	1
物体と人との関係は	(A) 物体との距離がある場合	(C) 机の端にある	2
	(B) 物体との距離は近く、手が台よりも下にある場合		1
	(C) 物体との距離は近く、手が台よりも上にある場合		2
	(D) 置かれている物体に対して、背を向けている場合		1

図 4 生成した危険度推定表例

危険度は 0~2 の 3 段階とした。

次に、ロボットと人との状態の関係性から導出される、ロボットの行動戦略としてのインタラクションスキーム例を図 5 に示す。

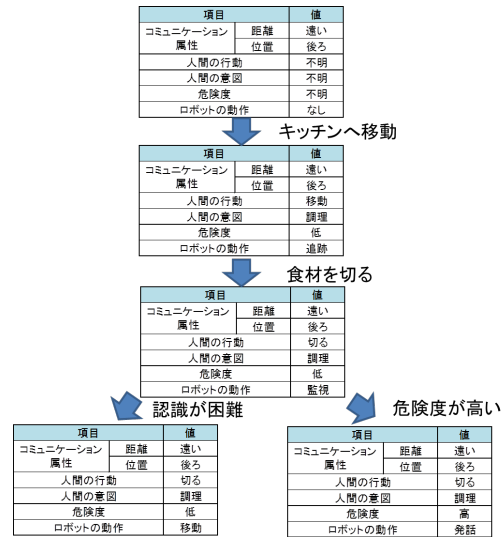


図 5 ロボットの行動戦略

一方、危険行動の予測信頼度は、物体認識率・動作認識率により規定される。

(2) 認知障害モデルに基づくインタラクション制御

調理タスクを題材としたリハビリ環境において、明示的なコンテキストをユーザに教えて示すのではなく、生活タスクの状態を反映したオノマトペによる直感的聴覚刺激や、ロボットによるアイコンタクト・体感表現に基づき、共同注意を促すことにより、タイミングを教示する支援インタフェースを構築した。ロボットに親しみを持てたか？、楽しいと感じたか？ 共に調理している気分になれたか？ に対する印象評価を健常者に行い、単にタイミングを示すより、アイコンタクトや共同注意を促す方が、統計的に優位であることを確認した。

また、ユーザのストレス感情と、表情(E)、韻律(P)、言語(W)、仕草(G)の関係性に着目し、4次元配列[E,G,P,W]に対して、ベイジアンネットワークによる確率推論機構を用いて、その関係性を学習し、ロボットコミュニケーションの中で、ストレス感情推定を行う方式を検討した。学習用に、18 個の質問、共感センテンスと肯定否定に対する回答センテンスを用意した。対話は、質問ターン、共感ターン、否定肯定反応ターンから構成した。学習データは、配列[E,G,P,W]+ストレス感情を示す配列[S]に蓄積し、合計 497 個準備した。1 週間に渡る在宅でのストレス感情推定を行い、結果としては 60%となった。音声認識率を改善することにより、推定精度向上が期待される。一方、共感を表出するロボットとコミュ

ニケーションすることにより、ストレスが軽減するケースも確認された。

さらに、ユーザが明示的に報酬を与えることなく、ロボットを注視している滞留時間および表情の同調性尺度により情動パラメータを学習する方式を検討し、学習結果に基づき、近づく、LEDの色を変化させ感情を表出を行う、LEDの点滅時間を変化させ感情や意志を表出するなどの共感を示す情報行動をとるコミュニケーションロボットを構築した。

(3) 振り返り支援システムに基づく気づきの誘発に基づく自立支援

基礎実験

気づきを誘発する振り返り支援システム構築のための基礎的検討として、記憶の想起を促し、マインド推定に必要な情報を獲得するために、映像（または画像）による追体験と、5つの対話戦略：「事実の再確認」、「自己開示による会話促進」、「評価に対する理由質問」、「相手を褒める行為」、「共感」が、振り返り時に、より多くの情報を引き出すという仮説を設定し、健常者10人に対して、演習授業内容のキャラクターエージェントとの振り返りによる検証実験を行った。結果として、「事実の再確認」、「自己開示による会話促進」、「画像の提示による追体験」が、多くの情報を引き出せることが確認された。

この知見に基づき、後述する振り返り支援システムをデザインした。

リハビリ行動データからの客観的認知評価指標の算出

以下、調理行動を例に認知評価指標を示す。

・タスク達成度評価指標

患者自らレシピを作成し、レシピ通りに遂行できるかで評価を行う。また、下準備工程における調理順序は問わない。処理の流れは、1)一般的なレシピから、必要な工程・食材を学習し、ToDoリストを作成する、2)患者自らレシピを作成、3)作成したレシピと学習レシピを照合し、ToDoリストがあるかチェックする。この時、ToDoリストがなければ、意図的に省いたのか、忘れていたのか対話してチェックする、4)レシピフローを作成する、5)センサを装着し、調理をする、6)カメラデータから、自動で調理動作認識し、調理過程を復元する、7)復元した動作順とレシピとの一致率で達成度を評価する、という一連の評価方式を示し、信頼性評価を行った。ここで、一致率は、認識された動作数÷レシピに示した動作数で算出される。タスク達成度の信頼性は、動作認識の性能で決定され、振り返り支援システムの中で活用した。

・注意機能評価指標

表1で示される評価指標を定義した。本指標は、レシピフローから決定される注意フローに基づくトップダウンの注意制御と、視覚系の知覚モデルから定義されるボトムアップの注意制御を統合した注意予測モデルから算出される(図6)。ここで、ボトムアップ

制御は、IttiらのSakiency Mapを拡張し、Optical FlowとParticle Filterを適用したFocus Mapとして新たに定義した。反応時間指標、維持指標、選択的注意指標、配分的注意指標は、トップダウンの注意制御から決定され、注意制御指標は、ボトムアップ制御とトップダウン制御の両要素から決定される。

表1 注意機能評価指標

指標	内容
(1) 反応時間指標	次の動作に対する反応がよいか
(2) 維持指標	継続して作業が行っているか
(3) 選択的注意指標	外乱がある場合に対して正しい選択をできているか
(4) 配分的注意指標	並行作業時に他の状態に気を配っているかどうか
(5) 注意制御指標	アクシデントに対して、きちんとした対応ができているか

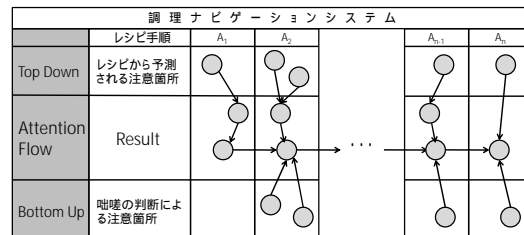


図6 注意予測モデル

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

病識の欠落や自信がないという理由で、認知リハビリテーションに対してきちんと取り組めない認知障害者が存在しており、改善が求められている。

図7に示す振り返り支援インタフェースを認知症患者に提示し、効果の確認を行った。具体的には、体験映像と教師映像および客観的認知機能評価結果（認知機能評価履歴・評価コメント）を提示した。

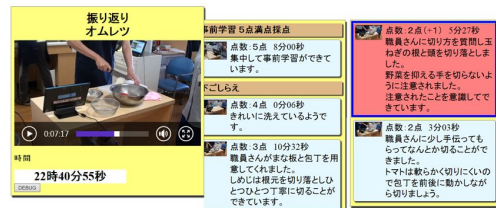


図7 振り返り支援インタフェース

具体的には、症例が異なる4人(A~D)の高次脳機能障害者に対して協力を得、振り返り実験を行った。Aは、顕著な記憶障害があり、病識が希薄になる傾向がある。Bは、固執が強く、自分の行動を認めない傾向がある。Cは、全般的に認知機能が低い傾向にある。Dは、右片麻痺で自信が持てない傾向にある。このように、4人とも、何らかの病識の欠如や自信の低下が確認されており、リハビリ行動に対する気づきや意欲の向上が望まれていた。1か月にわたり、それぞれ3回の調理リハビリテーションを行い、上記4人に対して、2回の振り返り実験(1次, 2次)を行

った。また、リハビリ行動評価は自動ではなく、2人の評価者の合議で点数化した。さらに、振り返りの対話生成も対話構造に従い、人が実施した。振り返り対話は、すべて人手で書きおこし、文末表現パターンにより類別し、気づきと意欲に関する発言回数の変化を確認した。実験参加者A、Dは失語症を有しており、そうでない実験参加者B、Cと較べて発言回数に差が生じたが、すべての実験参加者に対して、気づきまたは意欲に関する向上が確認された。

特に、固執傾向が強く、自分の行動を認めなかった実験参加者Bは、振り返りの追体験において、映像を凝視し、教師映像と見比べることにより、自分の行動を再認することができ、自宅に帰ってもこのシステムを使ってみたいなど意欲的発言が多く観察された。実験参加者Bについては映像プロンプトを積極的に活用することで遂行機能が大幅に改善できる症例が発見でき、リハビリ計画を立てるいい機会となった。実験参加者Cは、調理中に迷ったことを振り返りのときに質問し、適切な対処方法を知ることができ、意欲についても、「調理できるかどうか不安だったが実際にやってみて自信がついた。今後も使っていきたい」という発言があった。右片麻痺で行動に自信が持てなかった実験参加者Dは、振り返りにおいて、無意識に右手を使おうとする様子が発見でき、意欲の向上に繋がった。

<研究成果の総括>

遠隔認知リハビリという新しいリハビリ方式の確立に向けた取組を行った。具体的には、在宅での遠隔認知リハビリを想定し、様々な症例に対する認知リハビリを実施した。実験対象者として、当初、自立センタの患者や近隣の福祉施設に通う障害者に対して、在宅で実証実験を行うとしていたが、安全確保の観点から、自立センターの退所が近く、自宅で料理をする機会があり得る高次脳機能障害者（比較対象として健常者も）に対して、振り返り支援システムを用いたりハビリ実験を行い、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。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

宮脇健三郎, 佐野睦夫, 光森洋美, 松井元子, 大谷貴美子, 米村俊一, 大出道子, 廣畑史子, “食生活行動遠隔認知リハビリテーション支援システムに基づく高次脳機能障害者の自立に向けた介入,” 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム J97-D(1) ヒューマンコミュニケーション～価値ある生活環境構築のための情報技術～論文特集, pp.95-107 (2014.1) (2012年度HCGシンポジウム推薦論文)
佐野睦夫, 宮脇健三郎, 米村俊一, 大出道子, “調理ナビゲーションシステムに基

づく高次脳機能障害者の認知リハビリテーション,” 認知リハビリテーション Vol.18, No.1, pp.72-77 (2013.9)
光森洋美, 大出道子, 佐野睦夫, 宮脇健三郎, 松井元子, 大谷貴美子, “高次脳機能障がい者への食行動ナビゲーションによる認知リハビリテーションの有効性～健全な食生活遂行支援を目指して～,” 認知リハビリテーション Vol.19, No.1, pp.14-24 (2014.10)

〔学会発表〕(計 46 件)

Mutsuo Sano, “Reflection Support System based on an Attention Behavior Model for Cooking Cognitive Rehabilitation, Eight Asia International conference on Mathematical Modelling and Computer Simulation, Asia Modelling Symposium 2014 (AMS2014) pp.118-123 (2014.9), Taipei, Taiwan
Mutsuo Sano, Yuka Kanemoto, Syogo Noda, Kenzaburo Miyawaki, Nami Fukutome, “A cooking Assistant Robot using Intuitive Onomatopoeic Expressions and Joint Attention,” 2nd International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2014), pp.117-120 (2014.10), Tsukuba

〔その他〕

ホームページ

<http://www.oit.ac.jp/is/~sano/server/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐野 睦夫 (MUTSUO SANO)

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

宮脇 健三郎 (MIYAWAKI KENZABURO)

大阪工業大学・情報科学部・専任講師

研究者番号： 30585005