

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19200008

研究課題名(和文) マイクロインタラクション技術を核とした技と体験の支援・教示メディア

研究課題名(英文) Skill and Experience Instruction Media based on Micro Interaction

研究代表者

中村 裕一 (YUICHI NAKAMURA)

京都大学・学術情報メディアセンター・教授

研究者番号：40227947

研究成果の概要(和文):

実世界の情報をコンテンツ化しそれを利用するためのモデルとそのためのシステム及び支援技術の実現を目標として研究を行った。その結果、(1)作業支援環境と人間の新しい協調モデル、(2)生体信号等を用いた人間の状態推定手法とそれを用いたインタフェース構築、(3)人工エージェントを用いたコンテンツの自動取得モデル、環境記憶モデル、(4)会話・会議のリアルタイムコンテンツ化のための要素技術等に関し、新しいモデルや手法を提案し、有効性の確認を行った。

研究成果の概要(英文):

This research project investigated new models for obtaining real world information, methods for making multimedia contents from the information, and realizing systems for supporting humans. As the results, we obtained new frameworks and verified the functions of (1) new collaboration models between a human and a human-support system, (2) human condition and intention estimation by using physiological sensing, etc. and user interfaces based on sensing, (3) new contents acquisition model with the assists of artificial agents, and the ambient memory model, (4) realtime contents acquisition from conversation or meeting.

交付決定額

(金額:円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
20年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
21年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
22年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
総計	29,400,000	8,820,000	38,220,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース・コンテンツ

キーワード：マルチメディア，コンテンツ，さりげない支援，生体信号，マイクロインタラクション，筋電位，体験の記録，教示システム

1. 研究開始当初の背景

テキストや映像の形で知識を記録し、PC等を用いてそれを逐次提示するような支援は既に多く存在するが、高齢化社会、デジタルデバイス等の社会問題に対処するためには、利用者の知識や体力、置かれている状況によって、その支援方法を適切に変えることが必

須となる。しかし、現在の技術ではそのためのモデルや基礎技術の面で十分に対応できていない状況にある。また、2007年問題と呼ばれる技術の伝承の問題も無視できない。その多くは座学ではなく、体験や実習を必要とするため、単純なテキストやビデオ映像での教示では不十分なことが問題となっている。

さらに、こどもの理科離れでは、自然や様々な物理現象に触れる機会が少なくなっていることが一つの原因となっており、知的好奇心をくすぐる実体験を与える環境を作ることにも急務である。このような問題に共通するのは、技能や体験などのように非言語情報が重要となるタスクが社会に多いこと、また、そのための知識を蓄積したり、利用の支援や教示を行う情報メディアが十分に整備されていないことである。先生のように詳しく教えたり、逆にできるだけ自主性に任せて緊急時のみ支援したりする等、利用者や状況に応じて支援形態を変えるメディアの重要性が増している。

2. 研究の目的

「技と体験の支援・教示メディア」として、技や体験に関する知識を映像、テキスト、生体信号、その他の物理信号として記録・蓄積し、利用者とその状況に合わせた支援を行う枠組みを実証的に探ることを目的としている。そのための本研究のポイントとしては、以下の3つがあげられる。

- (1) ただ単に説明情報を提示するのではなく、順調に作業が進んでいる場合には、親のように見守ったり、さりげない支援を行うことが可能な設計とする。ただし、作業に困ったり、支援が必要とされる場合には、おせっかい、かつ詳細に説明情報を提示できるような、可変な枠組みでなければならない。このように、ユーザに適応することはユーザモデルの研究として行われてきたが、見守ったり、さりげない支援を与えるためには、ユーザの状況を詳しく認識する必要がある、この点で従来の研究には難しい課題が残っていた。
- (2) ユーザの状況をマイクロインタラクションによって引き出す。ユーザの状況を受け身的に認識することは人間にとっても難しい場合があるように、現在の自動認識技術では困難な問題となっている。そのため、本研究では人間に働きかけ、その反応を予測しながら読み取ることにより、人間の状態や意図を推定する。本研究では、このようなやりとりをマイクロインタラクションと名付け、その設計と実装を行う。このコミュニケーションが自然なものでないと人間に負担をかけるため、人間同士のコミュニケーションの解析とそれに基づくインタラクション設計を行う。
- (3) 生体信号を利用する。マイクロインタラクションを用いても、画像、音声などの信号だけではユーザの状況がわからない、また、わかって危険の回避には手遅れである場合がある。そのため、筋電位やその他の生体信号を利用し、外部から観測しにくい情報をできるだけ早く得て、情報呈示や支援に利用

する。そのために、「テキスタイルネット」と名付けられた導電性繊維を用いた服を用いることによって、比較的安価で小型のデバイスを複数装着したシステムを試作し、それを利用する。

これらのしくみを基に、対話的な機能やユーザ主導的な機能を持った教示メディアを実現する。その際に、支援の必要性や支援形態を推定するとともに、ユーザの注意を誘導したり、ユーザの自主性・創造性を尊重する。このようなメディアを4年間で試作し、こどもの創造性を伸ばす遊びや、生徒や学生の理科実験、京都の伝統工芸の教示等へ適用し、その有効性を確認するとともに、その問題点を洗い出し、更なる発展を目指す。また、スマートキッチン(料理支援)を題材として、家庭における生活支援への応用も目指す。

3. 研究の方法

本研究のために必要な要素技術を大きく分けると(1)インタラクションのモデル化と設計、(2)インタラクションのためのセンシング技術、(3)教示コンテンツ蓄積、(4)教示・支援システムとしての実装、があげられる。それぞれの項目に関する研究を4年間で進めると同時に、種々の実験を行い、問題点を洗い出すとともに、今後の方向性について検討した。

- (1) マイクロインタラクションの基礎調査と動作設計: 作業支援やスマートキッチンにおける調理支援、会話・会議における人間どうしのインタラクションの解析やその模倣による基礎実験を行う。インタフェースとしては、ロボットやCGエージェントを用いる場合、擬人化せずにデータを提示するシステム等、多くの形態について、ユーザとシステムのアクション・リアクションの設計等を行う。
- (2) マイクロインタラクションのためのセンシング技術: 音声認識、画像認識、生体信号計測等を用いる。その際に、外部表出された動作や発話等と筋電位などの生理的信号を相補的に用いるセンサ統合など、これまであまり研究が行われてこなかったセンシングの有効性を確かめる。センシングの対象として、ユーザの能動的なアクション、また、エージェントや環境からの働きかけに応えるリアクションを認識するための手法を研究する。生体信号の計測には、テキスタイルネットと小型センサを用いる。
- (3) 教示コンテンツ蓄積: 教示システムが用いるデータは、様々な支援形態が可能なように、豊富な情報と詳細なインデックスを含んでいなければならない。仮想アシスタントの機能として研究してきたコンテンツ取得

支援機能をマイクロインタラクション等を用いて強化し、種々の教示コンテンツの取得を行う。

(4) 教示・支援システムの実装と検証: 実際の課題に対して教示・支援システムを構築し、その有効性を検証する。具体的な対象は、組み立てや創作、理科実験、スマートキッチンでの調理支援とする。そのためのシステムの設計、教示コンテンツの取得、教示・支援手法の実装を行い、実際の問題に対して本研究の枠組みが適用可能であることを確かめる。

4. 研究成果

(1) 作業支援環境と人間の協調モデル:
環境や人間の状態を認識するための認識モジュールと、さりげないインタラクションによって人間を誘導する人工エージェントが協調することによって作業支援に必要な認識の精度を高めるモデル、人間とそれを支援する機械・情報システムの間の手本とするべきインタラクションを記録しておき、それを再生するように動作することによって適切な支援を行う「インタラクション再生モデル」、人間とシステムの協調によって環境やジェスチャ等の自動認識の精度を高め、支援の質を上げるための「協調的認識モデル」の提案とその有効性の確認を行った。

作業支援環境と人間の協調モデル

作業や生活をさりげなく支援するメディアを実現するために、ロボットなどの人工エージェントを画像認識システムとそれを用いる人間の間で介在させる枠組みを提案した[論文]。この枠組みでは、物体や人物動作を認識するための認識モジュールと、さりげないインタラクションによって人間を誘導するエージェントモジュールが協調して動作することによって、システムが必要な情報を必要な時に十分な精度で得ることを目的としている。そのプロトタイプとして犬型ロボット(AIBO)をエージェントとしたシステムを試作し、認識誤りが発生しそうな場合や、より詳細な認識が必要なタイミングにユーザにその対処方法をジェスチャで知らせる機能を実装した。試作システムを用いた実験において、エージェントを導入することにより認識率が上がること、および、人間に認識位置・姿勢を直接命令する場合に比べてユーザへの負担が減ることを確認した。

インタラクション再生モデル

人間の作業や日常生活をさりげなく支援するために「インタラクション再生モデル」を提案し[論文]、種々の検討と応用を行った。このモデルでは、ユーザの行動のみではなく支援側(支援者やシステム)の行動を含

めてモデル化(「手本」)するところに特徴があり、ユーザの内部状態を直接認識するのではなく、「手本」となるインタラクションのパターンが再現されるようにシステムを動作させる。これにより、被支援者の内部状態を直接認識していないにも関わらず、それに適したパターンを選ぶことができ、そのパターンを用いた支援が被支援者に良い評価を得ることを確認した。

また、スライドを読み上げながら学習者に説明をするような状況では[論文]、その場にエージェントロボットが介在し、説明に対して反応したり、注意を喚起したりすることが有効であることも実験によって示した。教示コンテンツや学習者の振舞いに合わせて熟練者がエージェントを操作し、望ましいエージェントの振舞いをパターンとして記録させることにより、それが可能になる。さらに、被支援者が体を動かさず作業を行う際にもこのモデルが有効であることを確認するために、調理の状況を設定し、簡単な調理支援を試みた[論文]。この場合には、注意喚起のためのエージェントロボットが介在することが特に有効であり、被支援者が調理する傍らで、擬似的に種々の確認や指示を行う振舞いを行うことにより、作業中でも効果的な教示や支援が行えることを確認した。

協調的認識モデル

人間を支援するシステムが人間やその状態、また周囲の環境を認識するための手法として、画像認識その他、種々の自動認識手法が提案されてきた。しかし、実用的な精度を得るためには、人間の行動や環境の設定に制限を設けなければならない場合が多い。「協調的認識モデル」では、人間とシステムとの協調によって自動認識の適用範囲や精度を高めることを目的とし、システムが認識困難な状況の検出を行い、その説明とともに協力して欲しい内容を人間に提示する。それによって、ユーザに小さな負担をかけるだけで、認識が困難な状況を改善させ、精度を向上させるとともに、システムを人間にわかりやすい道具とすることが可能になる。[論文]では、人間がそばに介在する際の物体認識についてシステムの設計・構築を行い、自動認識の前提条件が満たされているかどうかの認識、および、その状況わかりやすくユーザに提示することにより、ユーザの協力が誘発され、全体的な認識精度が大幅に向上することを確かめた。[発表]では、ジェスチャインタフェースに対してこのモデルを適用し、ユーザからの支援を誘発し、ユーザに負担を掛けることなく効果的なユーザ支援を行うことが可能であることを示した。

(2) マイクロインタラクションによる被支

援者の状態推定とインタフェース構築：
生体信号，特に筋電位を用いた被支援者の状態推定に関し，計測装置の小型化や簡易化を進め，外部からは観測しにくい様々な情報を種々の状況で計測するための基礎的なシステム設計とその有効性の確認，筋電の特性を生かしたインタフェースの設計論「EMGUI」を提案し，それによってインタフェースを構築することによって手法を提案し，その有効性を明らかにした．

筋電位を用いた生体情報の計測

これまでの筋電位取得で問題になっていた計測デバイスの改善に関し，導電布と多点計測による改善を図った[発表，発表]．まず，シールド効果のある導電布を利用することによって筋電計測の雑音レベルが大幅に低くなり，波形レベルで様々な解析が可能となることを確認した．また，冗長な電極を配置した簡易装着型のデバイスを提案し，多点計測の利点を生かすことによって，これまで筋電位の利用の障害とされてきた電極貼り付けの難しさや煩しさを軽減できることを確認した．さらに，このようなシステムを用いて，一般的な運動の検出だけでなく，体の震えや戸惑いのような微妙な現象が観測できること[論文，発表]，体の動きの巧みさを測るために主動筋と拮抗筋が成すスティフネス等が良い尺度となること[発表]，疲労に伴う現象なども推定できること[論文]等を確認し，人間の内部状態を推定する良い手段となっていることを確認した．

筋電インタフェース設計論「EMGUI」の提案

筋電位の性質を考慮することによって使いやすく精度が高いユーザインタフェースを構築する枠組み(EMGUI)を提案した[発表，他投稿中]．EMGUIでは，筋電位信号が認識しやすく，かつ人間にとって行いやすい動作を基本UI部品として選び，それを基に，筋電インタフェースを構築することを提案した．このような基本部品のタイプとしてボタン型，レバー型を設定し，これら部品が持つべき性質からボタン型には瞬時動作，レバー型にはある程度の時間継続する動作を対応づけた．ボタン型については短時間の窓特徴量で，レバー型については短時間の窓特徴量と時系列パターンを用いて動作を認識する．そのために，SVMとHMMを組み合わせて用いた．実験では，肩・腕，手(指)の動作をUI部品として定義し，提案手法の有効性を確かめた．

その考え方をさらに進め，UI部品の組合せに対して推定される認識精度をシミュレーションによって計算することを提案した[発表]．あらかじめ種々の筋電位データを取

得しておき，そこからUI部品を選ぶこと，また，ユーザインタフェースとして有効なUI部品の組合せを提案することをシステムが自動的に行うことが可能になる．これは，従来は人間の動に頼っていた筋電インタフェースの構築をシステムティックに行うための重要な技術となり得るものである．

また，筋電だけではユーザの意図の認識が難しい場合に，周囲の状況を視覚センサで認識し，それを基にインタフェースの動作を決定する手法の提案を行った[発表]．これにより，本来は体の動きからだけでは困難な人間の意図認識をコンテキストに合わせて行うことが可能になる．

(3) コンテンツの自動取得・再生モデル：

教育や訓練のためのコンテンツを取得する際に，人間のアシスタントが持つ機能を持つ人工エージェント，「仮想アシスタント」を介在させることにより，過不足なく必要な情報をコンテンツとして取得するモデル，人間を支援するシステムがユーザを囲む環境としてその場の記録をとり続け，システムの利用者に提示することを繰り返す「環境記憶モデル」等の提案とその有効性の確認を行った．

仮想アシスタントを用いた知識コンテンツ取得

「仮想アシスタント」はTV番組などで説明者を補助する人間のアシスタント(アナウンサーやインタビュアなど)の機能を模擬したエージェントであり，人間のアシスタントが，説明者との様々なインタラクションを活用し，説明者が話しやすくしたり，説明を視聴者にとってわかりやすくしたり，その場の雰囲気や状況を良くしたりする機能を代行することを目的とする[論文]．料理などの作業を対象として，仮想アシスタントが質問や注目動作をして付加的な説明を要求する仕組みを実現するために，状況認識，説明者の動作認識，エージェントの動作生成等の検討と実装を行った．現在はまだ簡単な実装であるが，仮想アシスタントが補助することによって，視線方向の改善など視聴者を意識した振る舞いが増えること，撮影中の説明行動が増えること，説明者がそれをあまり負担に感じないことなどがわかってきた．

環境記憶モデルの提案

人間を取り巻く情報システムがその「場」や「状況」を記録し，利用者の必要に応じてそれらを提示する機能を「環境記憶」とし，それを用いて利用者の行動支援を行うモデルを提案した[発表，発表]．これによって，家庭やオフィス，公共の場などにおける種々のシステムや設備の利用を支援したり，

記憶を補助したり、コミュニケーションを媒介するなど、環境記憶が様々な役割をはたすことを目指す。このような環境記憶を用いて作業などの行動支援を行うために必要とされる機能について検討し、調理支援のプロトタイプシステムを実装した。利用者の調理状況に合わせた記録提示手法、利用者の欲しい情報を提供する手法、アノテーションを記録に加える機能等を検討し、その有効性を検証した。

(4) 会議のリアルタイムコンテンツ化とそれによる会議の支援:

会議の参加者やその場の状況を自動認識し、それを議事録としたり実時間で提示して議論の支援とするための基礎的研究を行った[論文]。[論文]では、会議のコンテンツ化と実時間支援に向けて、会議中の各参加者の発現が果たしている形式的役割を分類し、実際に現在のパターン認識技術で識別可能だと考えられるものを選択した。「提案」、「コメント」、「了承」、「質問(情報の要求)」、「意見の要求」、「肯定意見」、「否定意見」、の7つの形式的役割を設定し、そのために、頭部ジェスチャとしての「うなずき」と他の参加者を見る「頭部の方向」、「発話のトーン」、「発話時間」、発言が「自発的」なものであるか、他人の発言に対する「反射的」なものであるか、また、その「前の発言のタイプ」の特徴を用いた。実験結果として、「コメント」、「了承」、「質問」等は比較的高い精度(80%以上)で認識できるが、その他についてはまだ難しい(50%程度かそれ未満)ことがわかった。用いた特徴の有効性として、頭部ジェスチャと発話の特徴の有効性が高く、発言の自発性や前発言のタイプなども、それらと組み合わせれば精度を上げる助けとなっていることがわかった。[論文]では、発言者の発現パターンの解析を行い、そのパターンを類型化することによって、議論の構造化を行うことが可能であることを示した。

さらに、会議のコンテンツ化に関しては、会議の進行状況を可視化するツールを作成し、その有効性を調べた。限られた時間で実際に会議の内容を閲覧し、その内容に関する質問に答える実験を行ったところ、映像を単純に早見したグループに対して我々のツールを閲覧したグループの方が有意に成績が良く、課題によっては劇的に良くなることが実証された。また、利用者による評価も良好であり、枠組みとしての有効性が示された。記各々の項目について以下のように研究を進め、良い進歩が得られた。

5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計66件)

近藤一晃, 西谷英之, 中村裕一: "人間との協調による物体認識のためのマンマシンインタラクション設計", 信学論 Vol.J94-D, No.8, 2011 (掲載決定済), 査読有

K.Kondo, H.Nishitani, and Y. Nakamura: "Human-Computer Collaborative Object Recognition for Intelligent Support", Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2010), 2010. 査読有

Zhiwen Yu, Zhiyong Yu, H.Aoyama, M.Ozeki, Y.Nakamura: "Capture, Recognition, and Visualization of Human Semantic Interactions in Meetings", IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.107-115, 2010. 査読有

Z.Yu and Y.Nakamura: "Smart Meeting Systems: A Survey of State-of-the-Art and Open Issues", ACM Computing Surveys, Vol.42, No.2, 2010. 査読有

M.Iemoto, M.Toda, S.Sakurazawa, J.Akita, K.Kondo, Y.Nakamura: "Human Fine Motion Analysis Using Biological Signals", 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, pp.509-512, 2010. 査読有

T.Sakurai, M.Toda, S.Sakurazawa, J.Akita, K.Kondo, Y.Nakamura: "Detection of Muscle Fatigue by the Surface Electromyogram and its Application", 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, pp.43-47, 2010. 査読有

青山秀紀, 尾関基行, 中村裕一: "ユーザの状態に適応した支援を行うためのインタラクションモデル", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J92, No.8, pp.1317-1328, 2009. 査読有

Zhiwen Yu, Zhiyong Yu, Y.Ko, X.Zhou, Y.Nakamura: "Inferring Human Interactions in Meetings: A Multimodal Approach" (Best Paper Award 受賞), Ubiquitous Intelligence and Computing, pp.14-24, 2009. 査読有

H.Aoyama, M.Ozeki, Y.Nakamura: "Smart Cooking Support System based on Interaction Reproducing Model", ACM Multimedia 2009 Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities, pp.39-45, 2009. 査読有

H.Aoyama, M.Ozeki, Y.Nakamura: "Interaction Reproducing Model for Intelligent Tutoring System Adaptive to User's Internal State", International Conference on Multimedia and ICT in Education, pp.766-770, 2009. 査読有

M.Ozeki, S.Maeda, K.Obata, Y.Nakamura:

"Virtual Assistant: Enhancing Content Acquisition by Eliciting Information from Humans", Multimedia Tools and Applications, Vol.44, No.3, pp.433-448, 2009. 査読有

Zhiwen.Yu, M.Ozeki, Y.Fujii, Y.Nakamura
Towards Smart Meeting:

"Enabling Technologies and a Real-World Application", Ninth International Conference on Multimodal Interfaces, pp.86-93, 2007. 査読有

M.Ozeki, Y.Miyata, H.Aoyama, Y.Nakamura: "Collaborative Object Recognition through Interactions with an Artificial Agent", Proc. International Workshop on Human-Centered Multimedia, 2007. 査読有

〔学会発表〕(計 48 件)

谷口充展, 青山秀紀, 近藤一晃, 中村裕一, 櫻沢繁, 戸田真志, 秋田純一: "筋電インタフェース: EMGUI の設計支援手法", 信学会 MVE 研究会, 長崎, 2011.3.8

高橋雄太, 戸田真志, 櫻沢繁, 秋田純一, 近藤一晃, 中村裕一: 表面筋電位信号を用いた拮抗力のばらつきによるスキル評価方法, 信学技報 MVE2010, 長崎, 2011.3.8

中野克己, 吉本廣雅, 近藤一晃, 小泉敬寛, 中村 裕一: "ジェスチャインタフェースにおける画像認識とフィードバックの構成論", HCG シンポジウム(C4-2), 宮崎, 2010.12.15

鐘ヶ江将詩, 近藤一晃, 小泉敬寛, 小幡佳奈子, 中村裕一: "観測・編集・提示機能の協調による環境記憶の設計 ~ キッチンにおける行動支援システムの構成 ~", 信学技報 MVE2009-144, 川崎, 2010.3.10

鐘ヶ江将詩, 近藤一晃, 小泉敬寛, 中村裕一: "環境記憶による行動支援 ~ キッチンにおける調理ログの利用 ~", 信学技報 MVE2009-47, 網走, 2009.10.9

青山秀紀, 伊藤大司, 中村裕一, 櫻沢繁, 戸田真志, 秋田純一: "視覚情報を援用した筋電ユーザインタフェース", 第 12 回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2009), 松江, 2009.7.22

伊藤大司, 尾関基行, 中村裕一, 櫻沢繁, 戸田真志, 秋田純一: "EMGUI: 筋電ユーザインタフェースのための動作認識手法" (MVE 賞受賞, HC 賞受賞), 信学技報, MVE2008-103, 宮崎, 2009.1.16

戸田真志, 秋田純一, 櫻沢繁, 中村裕一: "導電性布素材を用いたウェアラブル基盤環境と生体信号取得システムへの展開", 信学技報 MVE2008-22, 東京, 2008.6.3

伊藤大司, 尾関基行, 中村裕一, 櫻沢繁, 戸田真志, 秋田純一: "簡易装着型の筋電インタフェース実現に向けて ~ 多数電極から

の代表電極の選択 ~", 信学技報 MVE2008-20, 東京, 2008.6.3

飯岡祐貴, 国田美穂子, 櫻沢繁, 秋田純一, 戸田真志, 中村裕一: ウェアラブル多点筋電位計測システムによる振戦性指示動作時筋活動の計測, 信学技報 MVE2008-19, 東京, 2008.6.3

〔図書〕(計 2 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 裕一 (NAKAMURA YUICHI)
京都大学・学術情報メディアセンター・教授
研究者番号: 40227947

(2) 研究分担者

河原 達也 (KAWAHARA TATSUYA)
京都大学・学術情報メディアセンター・教授
研究者番号: 00234104
(H19 年度まで)

中村 素典 (NAKAMURA MOTONORI)
京都大学・学術情報メディアセンター・助教授 (H19 年度まで)
研究者番号: 30268156

尾関 基行 (OZEKI MOTUYUKI)
京都大学・学術情報メディアセンター・助手 (H19-H20 年度まで)
研究者番号: 10402744

秋田 純一 (AKITA JUNICHI)
金沢大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号: 10303265
(H20-H22 連携研究者)

戸田 真志 (TODA MASASHI)
公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・准教授
研究者番号: 40336417
(H20-H22 連携研究者)

(3) 連携研究者

櫻沢 繁 (SAKURAZAWA SHIGERU)
公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・准教授
研究者番号: 40325890

近藤 一晃 (KONDO KAZUAKI)
京都大学・学術情報メディアセンター・助教授
研究者番号: 30467609
(H21 年度から)