

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007 年 ～ 2010 年

課題番号：19200011

研究課題名（和文）

実観測データを用いた時空間コンテキストに基づく人間行動モデルの構築

研究課題名（英文）

Human Action Modeling from Observation via Spatio-Temporal Context

研究代表者

美濃 導彦（Minoh Michihiko）

京都大学・学術情報メディアセンター・教授

研究者番号：70166099

研究成果の概要（和文）：講義や調理など、日常生活で行われる人間の自然な行動を対象として、様々なセンサを用いてさりげなく観測したデータを処理することで、データに現れた人間の行動を推定する手法を提案した。さらに、例えば講義内容の理解度など、データに現れない人間の心理状態についても、行動を介した推定を試みた。また、推定された行動・心的状態を利用して人間の活動、コミュニケーションの支援を試みるシステムを構築した。

研究成果の概要（英文）：In this project, we collected the various sensor data of human observing daily activity, and proposed a method of estimating human actions from the data. We also attempt to estimate affective state via estimated actions. We constructed a system for testing to assist human activity and communication based on estimated actions and affective states.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	12,100,000	3,630,000	15,730,000
2008 年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
2009 年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010 年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
総計	34,700,000	10,410,000	45,110,000

研究分野：画像処理，パターン認識，人工知能，知的コミュニケーション

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知能情報処理，環境メディア，行動モデル，支援システム，時空間コンテキスト，スマートクラスルーム，スマートキッチン

## 1. 研究開始当初の背景

人間の行動をさりげなく観測し、人間を支援する母親のようなメディアである、「環境メディア」の構築を目指してユビキタス環境での情報収集システムの構築を行ってきた。人間の対話行動と日常行動を対象に、これまで「人間同士の1対1の対話」、「講師と生徒の1対多の対話」、「キッチンでの調理活動」、「家の中での日常生活」の4つをフィールドとして、人間の自然な行動を妨害しない情報収集システムの構築とデータの収集を行っ

てきた。

## 2. 研究の目的

対象としてきたフィールドで人間は様々な行動をする。本研究では、前述のフィールドで人間を支援するシステムの実現を目指して、「環境メディア」が集めた人間の自然な行動情報にもとづき、観測したデータに基づく人間の行動のモデル化、及びその記述法を確立することを目的とする。具体的には、既に構築した4つの環境で重要と考えられる

行動を選択する。

- (1) 人間同士の対話環境で人間が情報を理解した時の行動
- (2) 講義室で授業が盛り上がっている時の生徒の行動
- (3) キッチンで人間が困っている時の行動
- (4) 家庭環境では忘れ物をする時の人間の行動

データに現れる人間の行動を、空間と時間に基づいた一連の要素のパターンとして記述する(時空間コンテキスト)手法を研究する。こうして構築したモデルを評価するため、これまで観測・収集してきたデータからモデル化した行動に該当する部分を探索・同定する。

### 3. 研究の方法

- (1) 膨大なデータを扱うツール群の構築

これまでに蓄積してきた様々なデータ整理のためのツール開発、データへのタグ付け、メディアデータ検索システムを構築する。まず、タグをどうつけるかを行動モデルの記述方法と絡めて各フィールドで検討する。作成するツールが研究対象とするフィールドに過度に依存しないよう、全フィールドで検討したタグを統合し、それら全てを汎用的に扱うことができる方法を検討する。検討した方法を実現できるツールを開発する。

- (2) データの再取得

これまでに蓄積しているデータがここで進める研究にとって不適切な場合は、現在動いている環境を改造し、データを再取得する。

- (3) 環境における行動モデルの探索

各フィールドで蓄積されているデータの整理、行動モデルのためのメタデータの決定と付与、メタデータに基づく映像データからの対応する行動部分の抽出を行う。

- ① 人間とシステムの1対1の対話

人間とエージェントが対話しているときに、情報が伝わったときの行動モデルを構築する。情報伝達は日常活動の最も基本であり、この行動パターンを解明できればその意義は大きい。個人差もあるので、様々な人間を対象にしてモデル化を考える。具体的には、情報伝達の場合としてe-learningによる学習を取り上げ、情報伝達の度合いとして、内容を把握できたか否かを示す「主観的難易度」を題材として研究を進める。

- ② 講師と生徒の1対多の対話

講義が盛り上がっているときの講師と生徒の行動モデルの構築を目指す。これまで蓄積した講義アーカイブ映像にどのようなメタデータをつけるのがよいかを研究し、行動モデル抽出のためのメタデータセットを決定する。このために、教育学の専門家、心理学の専門家の協力を求める。講義中、講師と生徒のあいだにはその役割に大きな違いがあるため、この2者を区別して分析を進める。

講師や生徒がどのような行動をしたかという外部から観測可能なのは行動だけではなく、講義内容を理解したかという意味のような直接観測できない内部状態を把握することも講義の支援(FD)においては重要となる。このようなFDへの利用に有効な行動モデルの構築に向け、本研究では行動の起点となる内部状態の推定に取り組む。

- ③ キッチンでの調理活動

調理アーカイブを取得するシステムにより、調理のアーカイブ映像を現在蓄積中である。調理はタイミングが大切であり、支援を行うためには次に何をすべきかを必要に応じてタイミングよく教示しなければならない。このために、現在人間が行っている作業が、調理全体の過程においてどこにあるのか、進行状況を把握することが重要となる。このような進行状況把握を目的としたとき、調理アーカイブ映像に対してどのようなメタデータを付加するかについて議論を深め、メタデータのセットを決定する。また、作成したルールでメタデータを付与し、調理の進行状況を把握するために必要なモデルを構築してゆく。

- (4) インタビューによる行動モデルの評価  
外部から観測可能な行動のみであれば、観測データを客観的に分析すれば十分であるが、「人間とシステムの1対1の対話」における主観的難易度や「講師と生徒の1対多の対話」における講義に対する理解度など、内部状態は直接観測することができず、観測データを客観的に分析するだけでは不十分である。実時間で観測する環境がすでに存在するので、観測されている人にインタビューをして、その内部状態を明確化し、それと観測したデータから検出した行動モデルを比較・検討することにより、行動モデルを評価する。

- (5) 支援システムの構築

それぞれの環境で構築した行動モデルを利用して、人間の情報伝達コミュニケーション、人間の作業を対象とした支援が実現できる。このような支援を行うシステムの構築を目指す。

### 4. 研究成果

- (1) 膨大なデータを扱うツール群の構築

さまざまなフィールドで収集したデータは、センサを取り付けた環境や観測対象の特性に応じて多様である。また、メタデータも分析対象となる行動の種類に応じて多様になる。そこで、センサデータを映像、音声、その他一般的な時系列数値の4種類に分け、それぞれを任意の数、同期して再生できるツールを開発した。また、分析対象による多様性によらず統一的に扱えるよう、メタデータの定義に格構造を導入した。

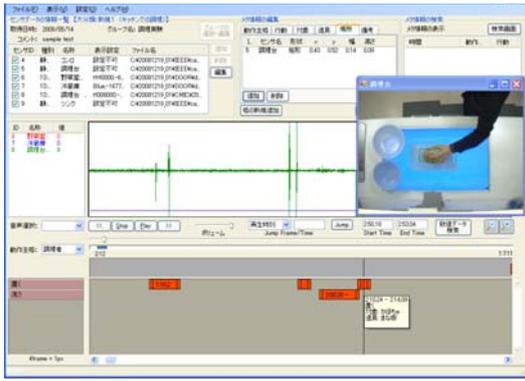


図1：観測データ同期再生・メタデータ付与ツール

(2) データの再取得

キッチンにおける調理者行動の観測を充実させるため、調理者の立ち位置や姿勢を広範囲で観測できるように、三次元位置センサの観測範囲を拡大した。また、調味料の使用量/タイミングを観測するため軽量計測器IM-7000を導入し、コンロの鍋底温度を計測するために熱電対を導入した。

(3) 各フィールドにおける行動モデルの探索

① 人間とシステムの1対1の対話

まず、人間とシステムが対話するe-learningシステムにおいて、ユーザの振る舞いとユーザが感じた難易度や興味をメタデータとして付与した。これらのメタデータを基に、実際に表出した振る舞いと興味などの関係を分析し、行動モデルを試作した。

次に、e-learning中の学習者の顔の傾き角度、注視位置、マウス操作発生間隔を特徴量として、その学習者の主観的難易度を推定する手法を検討した。特徴量と主観的難易度との相関のパターンが学習者ごとに異なることを確認し、主観的難易度の識別器を学習者ごとに構成することで、平均で85.8%の識別率が得られた。

② 講師と生徒の1対多の対話

講師と生徒のインタラクションから行動モデルを獲得するため、講師行動や生徒行動を獲得した。

講師の行動を「語りかけ」「スライド説明」「板書説明」「説明なし」の4種とした。講師が身に付けたピンマイク、三次元位置センサ、および電子白板から得られる観測データと講師行動の遷移確率から、講師行動を認識する手法を確立した。また、指示棒にも三次元位置センサを取り付け、講義中に講師が指示した対象や指示の仕方を認識する手法を確立した。

生徒の行動は、「講師の説明を聞く」「スライドを見る」「ノートをとる」「板書を見る」を挙げた。講義室内に配置されているスクリーンや電子白板、講師の演台の近くに設置したカメラによって生徒を観測し、その映像から

顔検出することで生徒行動を獲得した。

講義中の生徒の様子を観測した映像に対し、生徒の振る舞いや講義への興味・集中度合をメタデータとして付与した。これらのメタデータを基に、実際に表出した振る舞いと興味などの関係を分析し、行動モデルを試作した。人間は意思に基づいて行動を表出していると考えられるが、外部から観測可能なのは行動のみであり、意思のような内部状態を直接観測することはできない。有効な行動モデルの構築に向け、本研究では行動の起点となる内部状態の推定アルゴリズムを試作した。

また、講義アーカイブを見た生徒の行動も獲得できるように、視聴ツールを試作した。このツールでは講義シーンの全景を提示し、生徒が注目したい領域を指定することで、その拡大映像を別途提示する。これにより、生徒の注目行動が獲得できる。拡大時に十分精細な映像が得られるよう、講師を追跡撮影した映像、スクリーンや電子白板を定点観測した映像から、高解像度映像を合成した。

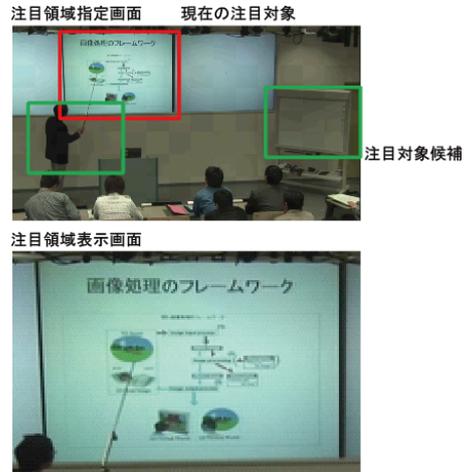


図2：注目行動獲得ツール

③ キッチンでの調理活動

料理のレシピには調理者が必ず行う操作が記述されていると考え、キッチンでの観測データから大まかに分類した調理者行動と、行動の対象となった食材の色を基に、観測データとレシピとを対応付ける手法を提案した。一方で、支援を行なうためには調理者の行動を予測することが必要となるが、それにはレシピに記述された大まかな調理操作だけでなく、例えば食材や調理器具を持ちたり置いたりする、レシピには記述されないような細かい行動まで必要になると考え、メタデータとして付与を行なった。

調理者の行動を予測するためには、手に取った食材が受けた操作の履歴が必要となる。この履歴は、手に取った食材に関するメタデータを収集することで得られるが、調理では食材は自由に分割・統合され、操作を受ける“まとまり”が変化していくため、関連するメタデータを収集する際に問題となる。このよう

な分割・統合にも柔軟に対応して操作履歴が獲得できるよう、メタデータに含まれる操作対象（食材）の記述方法を定めた。

調理行動をカメラで観測したデータから、調理者が扱おうとしている物体、および扱っていた物体をロボストに検出する手法を開発した。調理者が扱っていた食材が加工を受けた前後で変化しても、その検出結果を基に追跡し続ける手法を開発した。調理者が扱う食材を把握できるようになるため、調理に関する支援情報提示や、遠隔地にいる調理者同士が対話する際の支援に繋がる。支援システムのプロトタイプとして、調理者が扱っている物体を提示するシステムを開発した。



図3：物体の検出・追跡結果例

#### (4) インタビューに基づく行動モデルの評価

人間がシステムとの対話を通して学習を進めるような e-learning において、人間の振る舞いと興味度・理解度等の内部状態との関係を分析し、内部状態に起因する学習行動についての行動モデルを構築した。これにより、学習時の人間の行動からその内部状態が推定可能であることを検証した。

講義の受講生に対して実施したミニテストを通し、授業内容・授業で使われたスライド・ミニテストの結果・受講生間の関係を基に、講義に対する理解度を分析する手法を開発した。講義中の受講生を観測した映像に対して、前年度付与した受講生の振る舞いや講義内容への興味度合などのメタデータに加え、講義中の講師の発話、板書、ジェスチャ等の行動をメタデータとして付与した。講師行動と受講生の振る舞いととの関係を分析することで、講師と受講者の相互行動に関する行動モデルを構築した。さらに支援システムの一例として、受講者の行動を5種類に分類し、受講者に対するアンケートおよび小テストの結果との関連を解析する手法を開発した。教育学分野のテスト理論のモデルを用いて、アンケートや小テストに存在する個人差や問題の難易差などを補正することで、受講者行動と理解度を関連付けることを可能とした。

#### (5) 支援システムの構築

キッチンで観測した調理者の映像を基に、調理者に対して支援情報を提示したり、遠隔地にいる調理者同士が対話したりするためのプロトタイプシステムとして、遠隔調理コミュニケーションシステムの開発を行った。カメラで撮影した映像をリアルタイムで遠隔地に伝送するだけでなく、行動検出に必要なバッファリング・処理を同時に行ない、その結果に応じて支援情報を伝送するシステム

を設計し、構築した。このシステムにより「キッチンでの調理活動」、「人間とシステムの対話」、「人間と人間の対話」の全てに関する支援システムの検証が可能となる。

#### 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 17 件)

- ① 橋本敦史, 森直幸, 船富卓哉, 山肩洋子, 椋木雅之, 角所考, 美濃導彦, “把持の順序と外見の変化モデルを利用した調理作業における食材追跡 (掲載確定)”, 電子情報通信学会和文論文誌 (査読有), Vol. J94-A, No. 7, 2011.
- ② 橋本敦史, 船富卓哉, 中村和晃, 椋木雅之, 美濃導彦, “TexCut: GraphCut を用いたテクスチャの比較による背景差分 (掲載確定)”, 電子情報通信学会和文論文誌 (査読有), Vol. J94-D, No. 6, 2011.
- ③ 村上正行, 丸谷宜史, 角所考, 東正造, 畠田聡, 美濃導彦, “映像シーンをを用いた授業要約作成システムを活用した大学授業の実践と評価”, 日本教育工学会論文誌 (査読有), Vol. 34 No. 3 P. 299-307, 2010.
- ④ 中村和晃, 角所考, 村上正行, 美濃導彦, “e-learning における学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定”, 電子情報通信学会和文論文誌 (査読有), Vol. J93-D No. 5 頁未定, 2010.
- ⑤ 山肩洋子, 船富卓哉, 上田博唯, 辻秀典, 美濃導彦, 中内靖, 宮脇健三郎, 中村裕一, 椎尾一郎, “生活に役立つメディア処理—料理行動を科学する— 3. 料理を作る”, 電子情報通信学会誌 (査読有), Vol. 93 No. 1 PP. 39-47, 2010.
- ⑥ 角所考, 村上正行, 西口敏司, 丸谷宜史, 中村和晃, 美濃導彦, “学習現場におけるアンビエントなコミュニケーション支援のための人物行動観測”, ヒューマンインタフェース学会誌 (査読有), Vol. 11 No. 4 PP. 249-254, 2009.
- ⑦ 西口敏司, 角所考, 八代武大, 森村吉貴, 美濃導彦, “講義アーカイブのための広視野高解像度合成 講義室内の被写体の特徴に応じた射影変換の適用”, 画像ラボ (査読有), Vol. 20 No. 10 P. 7-11, 2009.
- ⑧ Lin Wei-Jane, Yueh Hsiu-Ping, Murakami Masayuki, Minoh Michihiko, “Exploring students’ communication and project-based learning experience in an international distance course”, International Journal of Digital Learning Technology (査読有), Vol. 3 No. 1 P. 140-155, 2009.

- ⑨ 八代武大, 森村吉貴, 西口敏司, 角所考, 美濃導彦, “講師追跡撮影カメラと平面対象撮影カメラを併用した講義室の高解像度画像合成”, 電子情報通信学会論文誌 D (査読有), Vol. J92-D No. 2 PP. 236-246, 2009.
- ⑩ 山肩洋子, 船富卓哉, 角所考, 美濃導彦, “Smart Kitchen Project”, 画像ラボ (査読無), Vol. 19 No. 1 PP. 49-53, 2008.
- ⑪ 山肩洋子, 角所考, 美濃導彦, “調理コンテンツの自動作成のためのレシピテキストと調理観測映像の対応付け”, 電子情報通信学会論文誌(D-II) (査読有), Vol. J90-D No. 10 PP. 2817-2829, 2007.
- ⑫ 丸谷宜史, 杉本吉隆, 角所考, 美濃導彦, “講師行動の統計的性質に基づいた講義撮影のための講義状況の認識”, 電子情報通信学会論文誌 (査読有), Vol. J90-D No. 10 PP. 2775-2786, 2007.
- ⑬ 山肩洋子, 尾原秀登, 沢田篤史, 角所考, 美濃導彦, “食材に視覚的特徴変化を生じさせる加工における食材と加工動作の同時認識”, 電子情報通信学会論文誌 (査読有), Vol. J90-D No. 9 PP. 2550-2561, 2007.
- ⑭ 丸谷宜史, 西口敏司, 角所考, 美濃導彦, “講義における教材中の指示対象の抽出”, 電子情報通信学会論文誌 (査読有), Vol. J90-D No. 5 PP. 1238-1248, 2007.
- [学会発表] (計 35 件)
- ① 上松信, 椋木雅之, 美濃導彦, “項目反応理論に基づく理解度データの補正とその応用”, 2011 年 電子情報通信学会総合大会, 2011 年 3 月 15 日, 東京都市大学世田谷キャンパス(東京都世田谷区).
- ② 土本良樹, 橋本敦史, 船富卓哉, 山肩洋子, 上田真由美, 美濃導彦, “調理における切断加工時の荷重特徴を用いた食材認識”, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎 (MVE) 研究会, 2011 年 3 月 7 日, やすらぎ伊王島(長崎県長崎市).
- ③ YAMAKATA YOKO, KAKUSHO KOH, MINOH MICHIIHIKO, “Object Recognition based on Object’s Identity for Cooking Recognition Task”, 2nd Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities : CEA2010, in conjunction with The IEEE International Symposium on Multimedia, 2010 年 12 月 14 日, The Splendor Hotel (Taiching, Taiwan).
- ④ 山根卓也, 中村和晃, 上田真由美, 椋木雅之, 美濃導彦, “講義中の行動分析に基づく講師受講者間インタラクションの検出”, 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, 2010 年 11 月 20 日, 静岡大学浜松キャンパス(静岡県浜松市).
- ⑤ Wei-Jane Lin, Tetsuo Shoji, Hsiu-Ping Yueh, Michihiko Minoh, “The design of an interactive shooting system to support distance teaching and learning”, Asia-Pacific Conference on Technology Enhanced Learning 2010, 2010 年 9 月 24 日, 関西大学(大阪府吹田市).
- ⑥ 吉次孝太, 森村吉貴, 上田真由美, 椋木雅之, 美濃導彦, “講義室の状況把握を支援する講師受講者映像の同期再生システムの構築”, 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2010 年 3 月 1 日, 淡路夢舞台国際会議場(兵庫県淡路市).
- ⑦ 船富ら他, “双方向映像配信技術により遠隔地間での共食・共同調理を支援するコミュニケーションツール - 基盤ソフトウェアの開発報告 -”, 2009 年度 HCG シンポジウム, 2009 年 12 月 10 日, 札幌コンベンションセンター(北海道札幌市).
- ⑧ Nimit Pattanasri, Masayuki Mukunoki, Michihiko Minoh, “ComprehEnRank: estimating comprehension in classroom by absorbing random walks on a cognitive graph”, Conference on Information and Knowledge Management, 2009 年 11 月 4 日, Asia World Expo (香港, Lantau).
- ⑨ 上田真由美, 村上正行, 服部博憲, 森村吉貴, 椋木雅之, 美濃導彦, “顔検出結果を用いた受講生群の注視方向の推定”, 教育システム情報学会 第 34 回全国大会, 2009 年 8 月 21 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市).
- ⑩ Mayumi Ueda, Hironori Hattori, Yoshitaka Morimura, Masayuki Murakami, Takafumi Marutani, Koh Kakusho, Michihiko Minoh, “STUDY ON ACQUISITION OF LECTURER AND STUDENTS ACTIONS IN THE CLASSROOM”, International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2009), 2009 年 3 月 25 日, Lisboa (Portugal).
- ⑪ 吉次孝太, 森村吉貴, 丸谷宜史, 角所考, 美濃導彦, “講義アーカイブ映像視聴時における視聴者の能動的注目行動の獲得”, 電子情報通信学会総合大会, 2009 年 3 月 18 日, 愛媛大学(愛媛県松山市).
- ⑫ 橋本敦史, 大岩美野, 船富卓哉, 上田真由美, 角所考, 美濃導彦, “調理行動モデル化のための調理観測映像へのアノテーション”, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009), 2009 年 3 月 10 日, ヤマハリゾートつま恋(静岡県掛川市).

- ⑬ 上田真由美, 服部博憲, 森村吉貴, 角所考, 美濃導彦, “学習者の視点にあわせた講義アーカイブ作成のための講義室内インタラクション獲得に関する検討”, 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), 2008年11月15日, 京都外国語大学(京都府京都市).
- ⑭ 服部博憲, 正司哲朗, 丸谷宜史, 森村吉貴, 角所考, 美濃導彦, “講義時における講師・受講者の行動に基づく時系列コンテキストの獲得”, 電子情報通信学会総合大会, 2008年3月18日, 早稲田大学(東京都新宿区).
- ⑮ 大岩美野, 船富卓哉, 角所考, 美濃導彦, “調理アドバイスの適切なタイミングでの音声提示に利用可能な調理状況の選定”, 電子情報通信学会技術研究報告MVE, 2008年1月25日, 神戸臨床研究情報センター(兵庫県神戸市).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

美濃 導彦 ( MINOH MICHIIHIKO )

京都大学・学術情報メディアセンター・教授

研究者番号：70166099

### (2) 研究分担者

椋木 雅之 ( MUKUNOKI MASAYUKI )

京都大学・学術情報メディアセンター・准教授

研究者番号：20283640

(H21～H22)

飯山 将晃 ( IIYAMA MASAAKI )

京都大学・経済学研究科・准教授

研究者番号：70362415

山肩 洋子 ( YAMAKATA YOKO )

京都大学・学術情報メディアセンター・特定講師

研究者番号：60423018

(H22)

上田 真由美 ( UEDA MAYUMI )

京都大学・情報学研究科・研究員

研究者番号：30402407

(H20～H22)

船富 卓哉 ( FUNATOMI TAKUYA )

京都大学・学術情報メディアセンター・助教

研究者番号：20452310

(H20～H22)

丸谷 宜史 ( MARUTANI TAKAFUMI )

京都大学・法学研究科・助手

(現：名古屋大学・情報科学研究科・研究員)

研究者番号：30452311

(H20～H21→H22：連携研究者)

角所 考 ( KAKUSHO KOH )

京都大学・学術情報メディアセンター・准教授

(現：関西学院大学・理工学部・教授)

研究者番号：50263322

(H19～H20→H21～：連携研究者)

西口 敏司 ( NISHIGUCHI SATOSHI )

大阪工業大学・情報科学部・講師

(現：同・准教授)

研究者番号：80362565

(H19→H20～H21：連携研究者)

村上 正行 ( MURAKAMI MASAYUKI )

京都外国語大学・マルチメディア教育研究センター・准教授

研究者番号：30351258

(H19→H20～H22：連携研究者)

正司 哲朗 ( SHOJI TETSUO )

奈良大学・社会学部・講師

(現：同・准教授)

研究者番号：20423048

(H19→H20～H22：連携研究者)