

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：94305

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21118004

研究課題名(和文) ロボットのコミュニケーション戦略の生成

研究課題名(英文) Generation of robot communication strategy

研究代表者

前田 英作 (Maeda, Eisaku)

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所・ 所長

研究者番号：90396143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 53,400,000 円、(間接経費) 16,020,000 円

研究成果の概要(和文)：人・ロボット共生環境では、ロボットが人とのコミュニケーションを行うための対話処理と、ロボットに適切な行動をさせるためのロボットの意思決定手段が必須となる。(1)統計手法POMDP(部分観測マルコフ過程)を非タスク指向型対話(雑談など)制御に適用し、その有効性を実証した。(2)「ロボットの介在による人間同士の学びあいの促進」の実現を見据え、「思考喚起型インタラクション」と呼ぶ新しいコミュニケーション形態に着目し、ロボットが思考喚起型多人数対話を活性化させる効果をもつことを明らかにした。(3)協調学習におけるリボイス(学習者が発言した単語をくり返して発話すること)の自動化を試み、主要機能を実現した。

研究成果の概要(英文)：In society of human-robot symbiosis, the dialog processing for human-robot communication and the decision making methods for suitable robot action are needed. (1) A statistical modeling technique, POMDP (Partially Observable Markov Decision Processes) technique, was applied to non-task-oriented dialogue like chat and its potency was demonstrated. (2) Toward promoting human cooperative learning by robot's intervention, the effect of robots on communication activation in thought-evoking multi-party dialogue was demonstrated. (3) Automatic re-voice in cooperative learning (repeating key-words spoken by learners) was tried, and partially realized by agent robots (computer).

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：対話 コミュニケーション 環境知能 ロボット共生学 画像、文章、音声認識 機械学習 協調学習

1. 研究開始当初の背景

ロボット共生とは、日常生活の中で人とロボットとがごく自然な形で共存し、人・ロボット間のコミュニケーションを経ることによって人間や人間社会に様々な良い効能をもたらす環境のことである(図1)。これを実現するためには、ロボット(計算機)が、人とそれを取り囲む環境とを正確に分析、理解するだけではなく、人間に対して適切な方法で何らかの働きかけをすることが必要となる。しかしながら、ロボットの側から人に対してコミュニケーションをはかるための戦略(方法論)とそれを実現するための情報学的手段(アルゴリズム)については十分な検討がなされていない。



図1：人・ロボット共生図

2. 研究の目的

そこで本研究では、教室を想定した学習環境に複人数のコミュニケーションロボットが生徒として参画している状況(人口ロボット協創学習)を研究対象として取り上げ、効果的な学習を実現するための戦略と実現手段とを明らかにする。人口ロボット協創学習は、ロボットを人間に相(あい)対する個として生徒の側に配置したという点で従来のIT支援型学習とは一線を画するものであるとともに、少子化時代における実際的な教育学習手段としても期待できる。また、現時点における情報技術の限界(どこまで人間に近づけるか)と優位性(人間を超えるところは何か)とを斟酌しつつ柔軟に学習課題を設定することができるので、人口ロボット協創学習は情報学にとっても魅力的且つ挑戦的な研究課題を提供する。既に、統計的機械学習、自然言語処理、信号処理技術に関する十分な経験と技術的蓄積を有しており、思考・共感喚起対話に関する最近の研究成果を踏まえ、さらに認知科学など領域内の他の研究計画との相互交流により、人口ロボット共生に向けたロボットのコミュニケーション戦略に関する研究を推進する。

3. 研究の方法

初年度及び2年目には、人口ロボット協創学習実験のための学習課題の検討を行った。これと並行して、複数ロボット・人間共存環境下における思考・共感喚起対話の実現、及び、統計的意思決定モデルの検討を行った。人口ロボット協創学習における学習課題は、現在の情報技術の水準で実現可能で且つ生徒にとっても魅力的なものであることが望ましい。学習課題の検討は、本研究計画の根幹をなすものであり、十分な時間をかけて慎重に検討

した。既に実績のある人名当てクイズ形式の学習課題を基礎に、本研究の目的に最も適当な学習課題を選択し、そのための対話データの収集を行った。学習課題の候補としては、例えば、人物の事典的知識、人物間の社会的関係、事象間の時間的關係などを候補とした。複数ロボット・人間共存環境下における思考・共感喚起対話の実現、及び、統計的意思決定モデルの検討について、既に進めている予備検討を基礎に、協創学習という目的にどのように適合させていくかを検討する。

2年目には、上記3点の検討結果を踏まえ、テキスト対話以外のモダリティを対話手段として利用した協創学習の可能性、効果的な協創学習における先生・生徒・ロボット間のインタラクション、実ロボットを用いた人口ロボット協創学習の実装などの検討を行った。上記計画に基づいて研究を進めるにあたっては、(イ)学習課題の設定が適切かどうか、(ロ)人口ロボット間の対話手段が現実的かどうか(ハ)統計モデル、学習アルゴリズムの選択が適切かどうかの3点を常に吟味し、必要に応じて計画を変更した。

3年目以降は、中間評価のコメントを踏まえ、A03-01計画研究班「ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成」との協力関係を強化し、学習支援タスクを具体的事例としてとりあげて次の2点に焦点を当てた。(1)【人・ロボット間コミュニケーションプロセスのモデル化】対話制御における統計的意思決定モデル、複数モダリティによるコミュニケーション戦略に関する基礎検討を踏まえ、協調学習の課題遂行とインタラクションプロセスの進行状況を表現する確率的状態遷移モデルを構築し、このプロセスモデルに基づいて、人間の発言・身振りなどの情報から、課題遂行とインタラクションの状態を推定する方法を開発した。(2)【POMDPによるロボットの行動制御と協調学習支援への適用】POMDPを利用した非タスク指向型対話の制御に関するこれまでの検討を踏まえ、協調学習支援においてロボットが行うコミュニケーション行動の中で、発話行為タイプを取り上げ、POMDPによる半自動化を試みた。

4. 研究成果

本計画研究では、下記に掲げる6つの項目について、意思決定方式および対話処理方式という2つの技術的側面から検討を行った。意思決定方式については、近年対話制御にも試みられているPOMDP(部分観測マルコフ過程)を基盤技術として選択し、この実装と機能拡張を行うとともに、非タスク指向型対話の制御への適用を試みた。対話処理方式については、本新学術領域全体で取り組む「ロボットの介在による人間同士の学びあいの促進」の実現を見据え、「思考喚起型インタラクション」と呼ぶ新しいコミュニケーション形態に着目し、複数モダリティを使ったロボ

ットのコミュニケーション戦略生成技術に
取り組んだ。

(1) 【統合化プラットフォームの構築】

人ロボット共生環境の実現に向け、実環境
下におけるデータを扱うことが可能な、評価、
検証のための実験プラットフォームを構築
した。音声・画像等の複数モダリティによる
入力から音声、顔方向、動作、視線方向の認
識が可能で、且つ、音声・身振り・顔向き等
の複数モダリティによる表出が可能な小型
コミュニケーションロボットを開発し、複数
ロボットと複数の人間が様々なモダリティ
を使ってコミュニケーションできる統合化
プラットフォーム環境を構築した。

(2) 【対話制御における統計的意思決定モ デルの検討】

POMDP (部分観測マルコフ決定過程) は、
一定時刻毎に遷移する複数の状態を持つシ
ステムの挙動を、限られた観測データから決
定する方法であり、あらかじめ定義された
「報酬」を最大化するようにシステムの行動を
最適化することができる。既存の対話処理研
究で扱われていた、情報案内やチケット予約
のようなタスク指向型対話であればシステム
の状態を明示的に与えることができるが、
本研究で扱う「聞き役対話」のような非タ
スク指向型対話では、大量の会話データから
学習によってシステムの挙動を記述しなけれ
ばならない。そこで、DBN (Dynamic Bayesian
Networks) を用いて学習により対話をモデル
化した後に、POMDP の最適化を行った。これ
を「聞き役対話」に適用し、「聞き役対話」
における発話タイプの自動制御 (発話タイプ
列の生成) が可能であることを示した。これ
らの研究は Coling 2010 において Best Paper
Finalist を受賞した。

(3) 【複数ロボット・複数人環境下での思 考喚起型対話の実現】

ロボットが対話を通して人間の学び合い
を促進するためには、ロボットの介在により
人間のコミュニケーションが活性化するこ
とが必要である。そこで、ロボットが人間の
コミュニケーションに与える効果を調べる
ため、(1) の統合化プラットフォームの上
に、思考喚起型対話の実現例としてクイズ型
多人数対話システム「キャンプ」を開発した。
「キャンプ」では、複数の人間と2体のロボ
ットが、音声・身振り等の複数のモダリ
ティを使ってクイズ型の対話を行う。1体
のロボットは名前当てクイズを出題し、も
う1体のロボットは人間と一緒にクイズ



図2：多人数対話システム「キャンプ」

に答える。ロボットが対話の状況に応じて共
感的あるいは自己中心的な感情を表出する
よう対話戦略をモデル化し、その効果を調べ
た。その結果、ロボットの共感的感情により、
人間を感じる満足度が改善し、人間の発言数
が増加した。このことから、ロボットの介在
により人間のコミュニケーションが活性化
する可能性が示唆された。

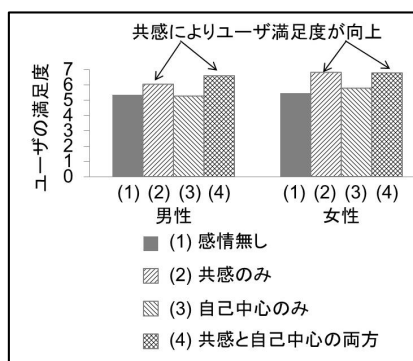


図3：ロボットによる共感的対話の効果

(4) 【複数モダリティを対話手段としたロ ボットのコミュニケーション戦略の生成】

ロボットが対話を通して人間の学び合い
を支援するためには、ロボットが適切なコ
ミュニケーション戦略にしたがって行動する
ことが必要である。そこで、まず、音声とい
う言語モダリティによる対話行動と、顔向き
により相手を注視するという非言語モダリ
ティによる対話行動に着目し、ロボット対話
行動のタイミングをユーザに適應させる方
法を開発した。この方法により、ロボットは
ユーザと対話を繰り返しながら、徐々に適
切な対話行動のタイミングを学習し、人間
とのコミュニケーションを円滑化すること
ができる。さらに、対話各時点のユーザの
対話意欲をユーザの対話行動から推測する
方法を開発した。この方法を利用すること
により、ユーザ対話意欲を最大化するよう
にロボットのコミュニケーション戦略を最
適化することにつながる。これらの研究は、
人工知能学会 2010, 2011 年度全国大会
優秀賞を受賞した。

(5) 【ロボットによる人間の学習支援に向 けた検証実験】

上記(1)から(4)の研究進捗を踏まえ、
成果として得られた知見、技術を A03 班で
取り上げている具体的な協調学習課題の中
で活かすための予備検討を H23 年度より開
始した。現在、A03-01 班で得られた人・ロ
ボット間インタラクション (1体のロボット
が傍らにいて、人間の発言の特定部分をリ
ヴォイシング (繰り返し) することにより、
新たな観点からの発想や理解を人間に促す
という協調学習) のデータを利用し、課題
遂行とインタラクションの流れのモデリン
グに向けて分析を行っている。

(6) 【リボイス生成のための CRF に基づく 会話状態推定法と評価】

上記(5)で述べた協調学習課題を取り上

げ、ペアの生徒と遠隔操作ロボットの間で行われる協調学習において、ロボットのリボイスを自動生成するための要素技術の開発を狙いに研究を進め、次の二つの結果を得た。この結果により、会話各時点の生徒のメンタルモデルの変化を識別することにより、リボイスの自動生成につながることを示した。(a) ペアの生徒とオペレータが遠隔操作するロボットの間での会話データを分析し、オペレータは生徒のメンタルモデルの変化直後にリボイスを生成することが多いことを示した。(b) 会話各時点の生徒のメンタルモデルを推定する識別器を CRF (条件付き確率場) により対話データから学習し、生徒のメンタルモデルは約 83% の正解率で推定できることを示した。

(7) 【対話制御のための DBN モデル作成と POMDP による対話制御の検討】

A03 班での知見を利用し、ロボットを介入させた協調学習場面 (ボビンの運動の理解) における会話プロセスモデルの高度化を行い、以下の結果を得た。(a) 正解に導くようなシステムと、相手の言ったことをリボイスするだけのシステムでの会話状態を DBN でモデル化した分析した結果、リボイスだけのシステムの方が、より多くの状態遷移を生じ、複雑なモデルを構成していることが分かった。これは、先行研究で確認されたりボイスだけのシステムの方が学習効率が高いということを確認する結果となっている。(b) SVM による自動対話行為認識を用いた DVN による会話プロセスモデルにおいて、SVM の誤認識が、DBN に揺らぎを与える効果を示し、ロバストなモデルを構築することが確認された。この結果により得られた会話状態の推定精度は、50% である。(c) 部分観測マルコフ決定過程による対話制御が上記 DBN を用いて実現できることを確認した。

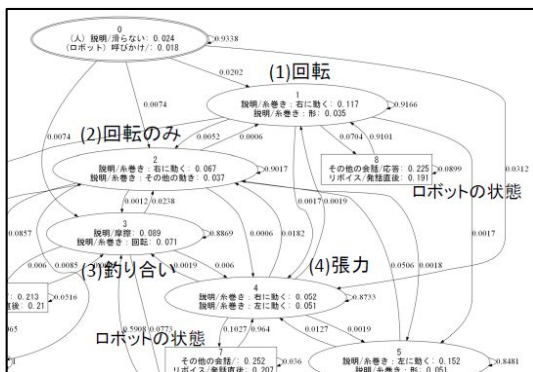


図 4 : 生成した会話プロセスモデルの一部

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 17 件)

1. Kohji Dohsaka, Ryota Asai, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Eisaku Maeda: Effects of Conversational Agents on Human Communication in Thought-Evoking Multi-Party Dialogues, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 査読有, Vol.

E97 - D, 印刷中 (2014)

2. 南泰浩, 目黒豊美: 対話処理における強化学習計測と制御, 査読有, Vol. 52, pp. 916-921 (2013)

3. Toyomi Meguro, Yasuhiro Minami, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka: Learning to control listening-oriented dialogue using partially observable markov decision processes, ACM Trans. on Speech and Language Processing (TSLP), 査読有, Vol. 10 Issue 4, pp. 15:1-15:20, 10.1145/2513145 (2013) .

4. Akisato Kimura, Hiroaki Sugiyama, Mitsuhiro Nakano, Hirokazu Kameoka, Hitoshi Sakano, Eisaku Maeda, Katsuhiko Ishiguro: SemiCCA: Efficient Semi-supervised Learning of Canonical, IPSJ Trans. Mathematical Modeling and its Applications, 査読有, Vol.6, pp.136-1456, 10.1.1.185.2012. (2013)

5. Toyomi Meguro, Yasuhiro Minami, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka: Learning to Control Listening-Oriented Dialogue Using Partially Observable Markov Decision Processes, ACM Transactions on Speech and Language Processing, 査読無, Vol.10 Issue 4, pp.15-20, 10.1145/2513145 (2013) .

6. 南泰浩: 統計的手法による音声対話制御, 情報処理学会学会誌, 査読無, Vol. 53, No. 10, pp.1088-1094 (2012) .

7. 目黒豊美, 南泰浩, 東中竜一郎, 堂坂浩二: 聞き役対話の分析及び分析に基づいた対話制御部の構築, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 53, No. 12, pp.2787-2801 (2012) .

8. 前田英作, 南泰浩, 堂坂浩二: 人・ロボット共生におけるコミュニケーション戦略の生成, 日本ロボット学会誌, 査読有, Vol. 29, No.10, pp.21-24 (2011) .

9. Yasuhiro Minami: Statistical Dialogue Processing for Ambient Intelligence, NTT Technical Review 査読有, Vol. 9, No. 11, ページ無 (2011) .

10. 杉山弘晃, 南泰浩: 環境知能を実現する統計的対話処理の研究, NTT 技術ジャーナル, 査読有, Vol. 23, No. 9, pp. 10-13 (2011) .

11. 中村和晃, 角所考, 正司哲朗, 美濃導彦, 澤木美奈子, 南泰浩, 前田英作: 擬人化エージェントとの音声対話時におけるユーザの非言語動作からの難/易及び興味/退屈の推定, 信学論, 査読有, Vol. J95-A, No. 1, pp.85-96. (2012) .

12. 南泰浩, 東中竜一郎, 堂坂浩二, 目黒豊美, 森啓, 前田英作: Trigram 対話制御を包含する POMDP 対話制御, 電子情報通信学会論文誌(A), 査読有, Vol. 95-A, No. 1, pp. 2-15 (2012) .
(他 5 件)

[学会発表](計 40 件)

1. 南泰浩: データに基づく対話制御, 人工知能学会(招待講演), キャンパスイノベーションセンター 東京 (2013) .

2. Toyomi Meguro, Yasuhiro Minami, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka: Wizard of Oz Evaluation of Listening-Oriented Dialogue Control Using POMDP, In: ASRU, Hawaii USA (2011).

3. Ryuichiro Higashinaka, Noriaki Kawamae, Kugatsu Sadamitsu, Yasuhiro Minami, Toyomi Meguro, Kohji Dohsaka, Hirohito Inagaki: Building a Conversational Model from Two-Tweets, In: ASRU, Hawaii USA (2011).

4. Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Kohji Dohsaka: Evaluation of Listening-oriented Dialogue Control Rules based on the Analysis of HMMs, In: Interspeech, Florence Italy (2011).

5. Ryuichiro Higashinaka, Noriaki Kawamae, Kugatsu Sadamitsu, Yasuhiro Minami, Toyomi Meguro, Kohji Dohsaka: Unsupervised Clustering of Utterances using Non-parametric Bayesian Methods, In: Interspeech, Florence Italy (2011).

6. 堂坂浩二, 奥梓, 東中竜一郎, 南泰浩, 前田英作: 思考喚起型対話におけるユーザ対話意欲の分析, 第 25 回人工知能学会全国大会論文集, 3C2-0S19-7, 岩手(盛岡市)アイーナいわて県民情報交流センター (2011) .

7. Yasuhiro Minami, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Toyomi Meguro, Eisaku Maeda: Trigram dialogue control using POMDPs, IEEE Workshop on Spoken Language

Technology (SLT2010), UCB Berkeley (2010) .

8. Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Hitoshi Nishikawa, Kohji Dohsaka, Toyomi Meguro, Satoshi Kobashikawa, Hirokazu Masataki, Osamu Yoshioka, Satoshi Takahashi, Genichiro Kikui: Improving HMM-Based Extractive Summarization for Multi-Domain Contact Center Dialogues, IEEE Workshop on Spoken Language Technology (SLT2010), UCB Berkeley (2010).

9. Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Kohji Dohsaka, Toyomi Meguro: Issues in Predicting User Satisfaction Transitions in Dialogues: Individual Differences, Evaluation Criteria, and Prediction Models, In: IWSDS, Gotenba (2010).

10. Kohji Dohsaka, Atsushi Kanemoto, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Eisaku Maeda: User-adaptive Coordination of Agent Communicative Behavior, In: SIGDIAL, U. Tokyo, Tokyo (2010) .

11. Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Kohji Dohsaka: Controlling Listening-oriented Dialogue using Partially Observable Markov Decision Processes, In: COLING, Beijing (2010).

12. Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Hitoshi Nishikawa, Kohji Dohsaka, Toyomi Meguro, Satoshi Takahashi, Genichiro Kikui: Learning to Model Domain-Specific Utterance Sequences for Extractive Summarization of Contact Center Dialogues, In: COLING, Beijing (2010).

13. 堂坂浩二, 金本淳志, 東中竜一郎, 南泰浩, 前田英作: 音声対話におけるエージェント発話行動の適応的調整, 人工知能学会 2010 年度全国大会, 長崎(2010) .

14. Ryuichiro Higashinaka, Noriaki Kawamae, Kohji Dohsaka, Hideki Isozaki: Using Collaborative Filtering to Predict User Utterances in Dialogue, In: Proceedings of IWSDS 2009 (1st International Workshop on Spoken Dialogue Systems Technology), Germany (2009).

15. Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Yasuhiro Minami, Hideki

Isozaki: Effects of Personality Traits on Listening-oriented Dialogue, In: Proc. of IWSDS 2009 (1st International Workshop on Spoken Dialogue Systems Technology), Germany (2009).

16. Yasuhiro Minami, Akira Mori, Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Eisaku Maeda: Dialogue Control Algorithm for Ambient Intelligence based on Partially Observable Markov Decision Processes, In: Proceedings of IWSDS 2009 (1st International Workshop on Spoken Dialogue Systems Technology), Germany (2009).

17. Eisaku Maeda, Yasuhiro Minami, Kohji Dohsaka, Akira Mori: Transdisciplinary Approach for Constructing Ambient Intelligence Environments, In: Proc. of AMI 09 (3rd European Conference on Ambient Intelligence), Salzburg (2009).

18. Kohji Dohsaka, Ryota Asai, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Eisaku Maeda: Effects of Conversational Agents on Human Communication in Thought-Evoking Multi-Party Dialogues, In: Proc. the 10th Annual SIGDIAL Meeting on Discourse and Dialogue (SIGdial 2009), London (2009).

19. Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Yasuhiro Minami, Hideki Isozaki: Analysis of Listening-oriented Dialogue for Building Listening Agents, In: Proc. of the 10th Annual SIGDIAL Meeting on Discourse and Dialogue (SIGdial 2009), London (2009).
(他 21 研)

〔図書〕(計 3 件)

1. 島津明, 中野幹生, 堂坂浩二, 川森雅仁: 話し言葉対話の計算モデル, 2014 年, 電子情報通信学会, 210 ページ.

2. Eisaku Maeda: Dimensionality reduction, Encyclopedia of Computer Vision (Editor in chief, K. Ikeuchi), 2013, Springer.

3. Yasuhiro Minami, Akira Mori, Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Eisaku Maeda: Dialogue control by POMDP using Dialogue data statistics, Spoken Dialogue Systems Technology and Design, 2010, Springer-Verlag, pp.163-186 (24).

〔産業財産権〕

出願状況 (特許権計 8 件)

1. コミュニケーションエージェントの動作制御装置, コミュニケーションエージェントの動作制御方法, 及びそのプログラム: 森啓, 南泰浩, 堂坂浩二, 前田英作, NTT, 2011139777, 2011/06/23, 国内.

2. 対話評価装置, 方法及びプログラム: 堂坂浩二, 南泰浩, 東中竜一郎, 前田英作 NTT, 2011-110989, 2011/05/18, 国内.

3. 行動制御装置, 行動制御方法及び行動制御プログラム: 南泰浩, 目黒豊美, 東中竜一郎, 堂坂浩二, 前田英作, NTT, 2011050493, 2011/03/08, 国内.

4. 情報要否学習推定装置, 情報要否学習推定方法, およびそのプログラム: 杉山弘晃, 南泰浩, NTT, 2011035826, 2011/02/22, 国内.

5. コンテンツ認識モデル学習装置, コンテンツ認識モデル学習方法及びコンテンツ認識モデル学習プログラム: 木村昭悟, 南泰浩, 前田英作, 坂野鋭, NTT, 2011017057, 2011/01/28, 国内.

6. 行動制御装置, 行動制御方法及び行動制御プログラム: 南泰浩, 東中竜一郎, 堂坂浩二, 目黒豊美, 前田英作, NTT, 2010272627, 2010/12/07, 国内.

7. 行動タイミング決定装置, 行動タイミング決定方法, およびそのプログラム: 杉山弘晃, 南泰浩, NTT, 2010203895, 2010/09/13, 国内.

8. 対話学習装置, 対話分析装置, 対話学習方法, 対話分析方法, プログラム: 東中竜一郎, 南泰浩, 堂坂浩二, 目黒豊美, NTT, 2010126882, 2010/06/02, 国内.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 英作 (MAEDA, Eisaku)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 所長

研究者番号: 90396143

(2) 研究分担者

堂坂 浩二 (DOHSAKA, Kouji)

秋田県立大学システム科学技術学部 教授
研究者番号: 70396191

南 泰浩 (MINAMI, Yasuhiro)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所
グループリーダー

研究者番号: 70396208