

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：16101
研究種目：基盤研究(A)
研究期間：2010～2014
課題番号：22240021
研究課題名(和文) ロボットの心の創造・開発・介護ロボットへの応用

研究課題名(英文) To Create Robot Mind and Apply it to Nursing Robots

研究代表者
任 福継 (Ren, Fuji)
徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究部・教授

研究者番号：20264947

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,700,000円

研究成果の概要(和文)：ロボティクス技術は飛躍的に向上し、容姿に加えてしぐさや表情まで人間そっくりなロボットも開発されている。しかし、情報の提供や定型の動作は可能であっても、相手の感情を理解し、自分自身が感情を持って動作する、といった心の部分の開発は、ほとんど行われていないのが現状である。

本研究は心的状態遷移ネットワークを用いて、ロボットの心の創造、さらにはロボットの感情表出の方法論と構築技術を確立した。ユーザの発話内容、音声、表情と簡単な動作を入力とし、それらからの感情認識、ロボット自身の感情創生、更には表情としぐさ、発話内容、音声の韻律変化による総合的な感情表出までを行うアクトロイドを開発した。

研究成果の概要(英文)：In recent years, robotics technology has been dramatically improved. Also some humanoid robots have been developed to look. However, the robots can not understand human emotions yet. In other words, there is no mind in the robot. This research presented a methodology which creates robots mind using the mental state transition network we proposed. We focus on human psychological characteristics to develop the mind that can recognize human emotion and create machine emotion. We analyze and estimate many statistical data based on emotion corpus in order to derive transition networks for human psychological states. This research also presented modules that can recognize human emotion and create machine emotion. And a method for constructing mental state transition network for emotion interface has been proposed. We have developed a humanoid robot as a prototype of emotion robot.

研究分野：感性情報処理

キーワード：人工知能 知能ロボティクス 感性情報処理 情報システム 言語理解 感情計算 心的状態遷移ネットワーク 感情ロボット

1. 研究開始当初の背景

近年のロボティクス技術の向上は目覚ましく、人間に非常に近い外見や動きをするロボットがいくつも開発されている。これらのうちいくつかは、気持ちや感情を表出するために、表情を変化させるメカニズムや細かい動作を行う自由度を持ち、それらを適切に制御することで自然な感情表出を可能としている。

しかし、それはロボットが心を持っているということではない。こうしたロボットは、「ある感情を表出するためには、こう動けばよい」ということは知っているが、どのような時にどの感情を表出すべきか、といった感情の創生に関する機能は一切ない。つまり、感情の表出は可能であっても感情は持っていない状態であるといえる。

人間は一般に、

- (1) 相手の声のトーン、しぐさ、表情、対人距離等から相手の気持ちを推定する
- (2) 現在の状況、過去の経験などを総合的に判断し、自身の感情を創生する
- (3) 現在の状況にあわせて、自身の感情を適切に表出する

といったことを行っている。ロボットに心を持たせるためには、上記3つの機能が必要である。

これらのうち、最初の機能についてはいわゆる「感情認識」と呼ばれ、いくつかの研究グループで研究が行われている。我々のグループもすでにテキスト、表情、音声のそれぞれに対して感情を認識する方法の開発を進めており、一定の成果が得られている。また3番目の機能については、すでに述べたようにいくつかのロボットで実装が行われており、今後更なる発展が期待される。

しかし、2番目の機能についての研究例は少ない。ここはロボット自身の感情を創生する部分であり、心の創造において一番重要な部分である。そのため、本研究においてはこの機能の開発を中心的課題と設定し、入力される音声や画像、また常識や過去の経験といった様々な要因から適切な感情を創生することを目的とする。研究代表者はすでにこの問題に着手しており、人間の心の動きを「心的状態遷移ネットワーク」と呼ばれる統計的モデルで表現する方法を提案している。現在の方法では相手からの言葉をテキストとして入力し、現在の心の状態とあわせて感情を創生している。本研究ではこの心的状態遷移ネットワークの枠組みを更に発展させ、様々な要因からの入力を可能とすることでロボットの心を創造する。

更に、3つの機能すべてを統合システムとして実際のロボットに搭載することで、実際の現場での効果について詳細に検証する。実際の対話実験を行い、ロボットが心を持つことでユーザに対してどのような影響を与えるか、といった点についてアンケートやユー

ザの生理学的指標を用いて明らかにし、今後のマンマシンインターフェイスを設計する上での指針を得る。

2. 研究の目的

ロボティクス技術は飛躍的に向上し、容姿に加えてしぐさや表情まで人間そっくりなロボットも開発されている。しかしこうしたロボットには心がない。情報の提供や定型の動作は可能であっても、相手の感情を理解し、自分自身が感情を持って動作する、といった心の部分の開発は、ほとんど行われていないのが現状である。

本研究は心的状態遷移ネットワークを用いて、言葉使い・音声・表情・生理情報等から人間の感情認識、ロボットの心の創造、さらにはロボットの感情表出の方法論と構築技術の確立を目的とするものである。そのため、各要素技術の開発を進めつつ、早めにシステム全体を統合しロボットに実装を行う。

3. 研究の方法

本研究では、ユーザの発話内容、音声、表情と(首をかしげる、といった)簡単な動作を入力とし、それらからの感情認識、ロボット自身の感情創生、更には表情としぐさ、発話内容、音声の韻律変化による総合的な感情表出までを行うロボットを開発する。なお、ハードウェアとしてのロボットの開発は行わず、表情変化などの機能を持つロボットを購入して実験に用いる。

本研究の目的を達成するために、次のような研究方法で研究を行った。

(1) ロボットの心の創造

まず、心をモデル化する。心のモデル化において、まず必要なのは実際の人間の感情の動きを示すデータベースである。そこで、被験者に映画の一部分を見せ、自分が登場人物の一人であったと想定した時の自分自身の感情とその強さを答えてもらう、という実験を行い、感情の動きを示すデータベースを構築する。心理学的な実験結果をもとに統計的な手段を用いて、「心的状態遷移ネットワーク」を構築し、人の心の状態を推定する方法を提案する。

(2) 発話内容から感情の認識

テキスト情報から発話者の感情を推定する方法は、我々によるものも含めて様々な研究が行われている。本研究において問題となる点は、ひとつは入力音声認識の結果であり、誤りが多く含まれていること、もうひとつは自由な発話を想定しているため、文法的に曖昧であったり、未知語が多く含まれたりすることである。こうした問題点を解決し、精度の向上をはかる。

(3) 音声から感情の認識

音声の韻律的特徴(声の高さや大きさ、発話速度など)を用いて感情を推定する

方法はいくつか研究されているが、従来から研究されている様々な特徴量を実際に試し、性能を評価する。またモデル化の部分においても、HMM や GMM, SVM, CRF といった統計的モデルを用いて、それぞれの性能を評価する。

- (4) 表情やしぐさから感情の認識
表情からの感情認識においては、静止画を対象とした研究が行われている。しかし、実際に入力されるのは動画であり、そのうち最もよく感情を表している時刻の静止画のみ利用する、といった選別ができない以上、動画全体の特徴から表情の推定を行う必要がある。そこで本研究では、動画の各フレームから特徴量を抽出し、それらの動きを HMM でモデル化することで動画に対応した表情からの感情認識アルゴリズムを構築する。なお、実際のユーザとの対話においては、正面だけではなく様々な角度を向いている顔画像から表情の認識をする必要がある。そのため、ビデオカメラを購入し、現在構築している表情データベース（正面と 45 度から撮影）とは角度の異なる表情の動画像についても撮影を行う。

- (5) 感情表出パターンの定義
購入したロボットのモータ等を制御し、感情の表出パターンを定義する。まずは表情に注目し、6 感情×3 段階の強さのそれぞれを表現するような表情パターンを手で作成する。
- (6) ロボットの開発と制御プログラムの構築
感情ロボットを設計し、感情表出できるロボットを特製する。プロトタイプを構築するため、今まで開発してきた各部を統合して動かすための制御プログラムを開発する。

4. 研究成果

- (1) ロボットの心の創造理論の提出と実現
- ① 心のモデル化において、まず必要なのは実際の人間の感情の動きを示すデータベースであるが、被験者に映画の一部を見せ、自分が登場人物の一人であったと想定した時の自分自身の感情とその強さを答えてもらう、という実験を行い、感情の動きを示すデータベースを構築した。
- ② 発話内容からの感情の認識を行った。音声認識の誤りに対しては、認識時の下位候補まで考慮して感情を推定する。音声認識器は複数の認識候補をスコアとともに出力する。通常は 1 位候補のみを用いるが、ここでは下位候補の情報を用い、それらの候補群内で頻出する単語のみを用いることで、誤認識単語の影響を低減させることが分かった。
- ③ 心的状態ネットワークを発展させた心のモデル化を行い、各種入力からの感情

の認識、心の創生手法を開発した。

- (2) 大規模感情コーパスの構築と感情推定アルゴリズムの提案
- ① 言葉遣い・音声・顔表情に基づく感情推定を行う際には、それぞれの感情コーパスが必要となる。本研究ではすでに大規模な感情コーパスを構築し、一部を公開している。
- ② ブログ感情コーパスを構築し、従来から研究されている様々な特徴量を実際に試し、性能を評価した。またモデル化の部分においても、HMM や GMM, SVM, CRF といった統計的モデルを用いて、それぞれの性能を評価した。実験により、多階層情報付け感情コーパスの重要性が確かめられた。
- ③ 発話内容から感情の認識について、テキスト情報から発話者の感情を推定する問題として、ひとつは入力が音声認識の結果であり、誤りが多く含まれていること、もうひとつは自由な発話を想定しているため、文法的に曖昧であったり、未知語が多く含まれたりすることが挙げられる。音声認識の誤りに対しては、認識時の下位候補まで考慮して感情を推定する。音声認識器は複数の認識候補をスコアとともに出力する。通常は 1 位候補のみを用いるが、ここでは下位候補の情報を用い、それらの候補群内で頻出する単語のみを用いることで、誤認識単語の影響を低減させる。
- ④ 音声から感情の認識について、従来から研究されている様々な特徴量を実際に試し、性能を評価した。またモデル化の部分においても、HMM や GMM, SVM, CRF といった統計的モデルを用いて、それぞれの性能を評価した。
- (3) アクトロイドの制作及び感情表出
- ① 感情の表出パターンを定義してみた。まずは表情に注目し、6 感情×3 段階の強さのそれぞれを表現するような表情パターンを手で作成した。更に頭部の動きや手の動きなどを加えて、よりそれらしいポーズを設計した。ただし、近くに人や物があることなどを想定し、頭部以外の部分については大きくは動かさないこととする。その後表出パターンを被験者に見せ、意図した感情と強さが伝わるかどうかの確認を行いながら、パターンの修正をしていく。また、応答音声の表現と韻律を制御することでも感情の表出を行った。
- ② 研究代表者とソックリなアクトロイドを設計し、制作した。図 1 にアクトロイドと本人との感情対比図を示した。一部対話デモは Web からアクセスできる。
- ③ プロトタイプを構築するため、今まで開発してきた各部を統合して動かすための制御プログラムを開発した。ロボッ

トは感情を表出する以外は動かさず、また情報を提供するといった機能もないものとする。このようにしてプロトタイプを構築し、それをを用いて感情の認識、創生、表出がどのような効果を生むのかについて実験を行った。



図1 アクトロイドと人との表情対比

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 22 件)

- ① Fuji Ren, Yu Wang, Changqin Quan, TFMSM-based dialogue management model framework for affective dialogue systems, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.10,

- pp.1-7, DOI: 10.1002/tee.22100, 2015
- ② Fuji Ren, Zhong Huang, Facial Expression Recognition Based On AAM-SIFT and Adaptive Regional Weighting, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.10, pp.1-11,2015
- ③ Yan Sun, Changqin Quan, Xin Kang, Fuji Ren. Customer Emotion Detection by Emotion Expression Analysis on Adverbs. Information Technology and Management. 査読有, DOI 10.1007/s10799-014-0204-2
- ④ Jun Wang, Fuji Ren, Lei Li, Recognizing Sentiment of Relations between Entities in Text, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.9, Issue 6, pp.614-620, 2014, DOI:10.1002/tee.22017
- ⑤ Changqin Quan, Fuji Ren. Visualizing Emotions from Chinese Blogs by Textual Emotion Analysis and Recognition Techniques. International Journal of Information Technology & Decision Making. 査読有, Vol.13, pp.1-20, 2014, DOI: 10.1142/S0219622014500710
- ⑥ Changqin Quan, Meng Wang, Fuji Ren. An Unsupervised Text Mining Method for Relation Extraction from Biomedical Literature. PLOS ONE, 査読有, DOI:10.1371/journal.pone.0102039, Vol.9, Issue 7, pp.1-8,2014
- ⑦ Changqin Quan and Fuji Ren : Target Based Review Classification for Fine-Grained Sentiment Analysis, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 査読有, Vol.10, No.1, pp.257-268, 2014
- ⑧ Haotao Yu, Fuji Ren, Automatic Role-explicit Query Extraction: A Divide-and-Conquer System Leveraging on Users' Reformulating Behaviors, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.9, Issue1, pp.62-70, 2014, DOI:10.1002/tee.21937
- ⑨ Fuji Ren, Ye Wu, Predicting User-topic Opinions in Twitter with Social and Topical Context, IEEE Transactions on Affective Computing, 査読有, Vol.4, No.4, pp.412-424, 2013, DOI:10.1109/T-AFFC.2013.22
- ⑩ Fuji Ren, Bo Li, Qimei Chen, Single Parameter Logarithmic Image Processing For Edge detection, IEICE Transaction INF. & SYST, 査読有, Vol.E96-D, No.11, pp.2437-2449, 2013. DOI 10.1587/transinf.E96.D.2437
- ⑪ Ji Li, Fuji Ren, Hybrid Approach for Word Emotion Recognition, IEEJ, 査読有, vol.8, no.6, pp.616-626, DOI:10.1002/tee.21905
- ⑫ Mahmoud Elmarhoumy, Mohamed Abdel Fattah, Motoyuki Suzuki, Fuji Ren, A New Modified Centroid Classifier Approach for Automatic Text Classification, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.8, Issue 4, pp.364-370, 2013 DOI:10.1002/tee.21867
- ⑬ Fuji Ren, Changqin Quan, Kazuyuki Matsumoto, ENRICHING MENTAL ENGINEERING, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 査読有, Vol.9, No.8, pp.3271-3286, 2013
- ⑭ Fuji Ren, Mohammad Golam Sohrab, Class-indexing-based term weighting for automatic text classification, Information Sciences, 査読有, 236(2013), pp.109-125, DOI: 10.1016/j.ins.2013.02.029
- ⑮ Fuji Ren, Changqin Quan, Linguistic-Based Emotion Analysis and Recognition for Measuring Consumer Satisfaction - An Application of Affective computing, Information Technology and Management, 査読有, Vol.13, Issue 4, pp 321-332, 2012, DOI: 10.1007/s10799-012-0138-5
- ⑯ Fuji Ren, Xin Kan, Employing Hierarchical Bayesian Networks in Simple and Complex Emotion Topic Analysis, Computer Speech and Language, 査読有, 27 (2013) 943-968, DOI:10.1016/j.csl.2012.07.012.
- ⑰ Ji Li,Fuji Ren, Emotion Recognition of Weblog Sentences Based on an Ensemble Algorithm of Multi-label Classification and Word Emotions, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 査読有, Vol.132, No.8, pp.1362-1375, 2012, DOI:10.1541/ieejieiss.132.1362,
- ⑱ Wei Wang, Fuji Ren, Motoyuki Suzuki: A Novel Fast Fractal Image Coding Algorithm Based on Texture Feature, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.7, Issue 5, pp.521-528,2012, DOI:10.1002/tee.21768
- ⑲ Fuji Ren: Robotic Cloud and Robotic School, Science and Technology Review, 査読有, Vol. 30, No.9, pp73-79,2012
- ⑳ Kazuyuki Matsumoto, Kenji Kita, Fuji Ren : Emotional Vector Distance Based Sentiment Analysis of Wakamono Kotoba, China Communications, 査読有, 2012, 9(3): 87-98.
- [学会発表] (計 26 件)
- ① Haotao Yu, Xin Kang, Fuji Ren, TUTA1 at the NTCIR-11 Temporalia Task, Proceedings of the 11th NTCIR Conference, pp.461-467, 学術総合センター(東京・千代田区), December 9-12, 2014
- ② Haotao Yu, Fuji Ren, TUTA1 at the NTCIR-11 IMine Task, Proceedings of the 11th NTCIR Conference, pp.41-48,学術総合センター(東京・千代田区), December 9-12, 2014

- ③ Haotao Yu, Fuji Ren, Search Result Diversification via Filling Up Multiple Knapsacks, Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Conference on Information and Knowledge Management, pp.609-618, Shanghai(China), November 3-7, 2014,
- ④ Kazuyuki Matsumoto, Fuji Ren, Qinmei Xiao, Minoru Yoshida, Kenji Kita, Emotion Predicting Method Based on Emotion State Change of Personae according to the Other's Utterance, Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems, Shen Zhen(China), Nov.27, 2014
- ⑤ Changqin Quan, Fuji Ren, Gene-disease association extraction by text mining and network analysis, Proceeding of the Fifth International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis EACL 2014, pp.54-63, Gothenburg(Sweden), April 26-30, 2014
- ⑥ Haotao Yu, Fuji Ren, Ta, Advances in Knowledge Discovery and Data Mining - 18th Pacific-Asia Conference, PAKDD 2014, Tainan, Taiwan, May 13-16, 2014. Proceedings, Part I. Springer 2014 pp.337-347, 2014
- ⑦ Lei Wang, Fuji Ren, Duoqian Miao, A Novel Method for Recognizing Emotions of Weblog Sentences, 2013 IEEE/SICE Internatioanl Symposium on System Integration, Kobe International Conference Certter(Kobe, Japan), 15-17 Decemeber, 2013, pp.358-363.
- ⑧ Zhong Huang, Fuji Ren, Facial Expression Recognition Based on Active Appearance Model & Scale-Invariant Feature Transform, 2013 IEEE/SICE Internatioanl Symposium on System Integration, Kobe International Conference Certter(Kobe, Japan), 15-17 Decemeber, 2013, pp.94-99.
- ⑨ Mohammad Golam Sohrab, Fuji Ren, THE EFFECTIVENESS OF CLASSS-PACE-DENSITY IN HIGH AND LOW-DIMENSIONAL VECTOR SPACE FOR TEXT CLASSIFICATION, Proceedings of IEEE CCIS, Hangzhou(China), Oct. 30-Nov.2,2012, pp.2034-2042, 2012
- ⑩ Haitao Yu, Fuji Ren, Role-explicit Query Identification and Intent Role Annotation, The 21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'12), October 29-November 2, 2012, Maui, HI(USA), pp.1163-1172,2012
- ⑪ Yan Sun, Fuji Ren, Xin Kang, Changqin Quan, A Japanese Adverb - Emotion Corpus for Japanese Emotion Analysis, Proceedings of 8th NLP-KE, Hefei (China), sep. 20-24, 2012, pp.418-423, 2012
- ⑫ Changqin Quan, Xiao Sun, Fuji Ren, Feature Based Review Classification for Fine-grained Sentiment Analysis, Proceedings of 8th NLP-KE, Hefei (China), sep. 20-24, 2012, pp.106-116, 2012
- ⑬ Kazuyuki Matsumoto, Nobushiro Yoshioka, Kenji Kita, Fuji Ren, Judgment of Depressive Tendency from Emotional Fluctuation in Weblog, Proceedings of the 16th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems - KES2012, San Sebastian(Spain), pp.545-554, Sep.10-12, 2012,
- ⑭ Jia Ma, Fuji Ren: DETECT AND TRACK THE DYNAMIC DEFORMATION HUMAN BODY WITH THE ACTIVE SHAPE MODEL MODIFIED BY MOTION VECTORS , Proc. of IEEE CCIS 2011, Beijing(China), pp. 587-591, Sep. 16-18, 2011
- ⑮ Ye Liu, Fuji Ren: Japanese Named Entity Recognition for Question Answering System , Proc. of IEEE CCIS 2011 , pp.402-406, Beijing(China), Sep. 16-18, 2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

任 福継 (REN FUJI)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
 研究者番号：20264947

(2) 研究分担者

- 北 研二 (KITA KENJI)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
 研究者番号：10243734
- 獅々堀 正幹 (SHISHIBORI MASAMI)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
 研究者番号：50274262
- 谷岡 哲也 (TANIOKA TETSUYA)
 徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス研究部・教授
 研究者番号：90319997
- 松本 和幸 (MATSUMOTO KAZUYUKI)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・助教
 研究者番号：90509754
- 鈴木 基之 (MOTOYUKI SUZUKI)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授
 研究者番号：30282015
 (平成 24 年度削除)