

平成 22 年 03 月 24 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19700477  
 研究課題名（和文）  
 自閉症を持った子供の社会参加を促すロボットを用いたセラピーシステム  
 研究課題名（英文）  
 Therapeutic-based robotic system for children with autism to enhance their social communication skills  
 研究代表者  
 ラビンドラ エス. デシルバ (Ravindra S. De Silva)  
 豊橋技術科学大学・工学部・研究員  
 研究者番号：20449490

研究成果の概要（和文）：子ども—ロボットインタラクションにおいて、自閉児の社会的スキルの獲得を支援するソーシャルアシストロボットを本研究で提案します。本インタラクションでは、特に自閉児の動作模倣能力・共同注意能力の向上が期待できます。

研究成果の概要（英文）：We have developed a social assistive robot for children with autism to improve their basic communication skills through child-robot interactions。Specially, our robotic system has developed to enhance their joint attention skills with basic imitation skills。

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,400,000	0	2,400,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	300,000	3,700,000

研究分野：社会的支援ロボット

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：セラピーロボット，共同注意，動作模倣能力，コミュニケーション能力

## 1. 研究開始当初の背景

自閉症とは、生まれつき脳の機能に障害を持ち社会性や他者とのコミュニケーションの発達が遅滞する発達障害の一つである。現在その原因は明確にされていないが、中枢神経系を含む生物学的レベルの障害であると言われており、生涯にわたって種々の内容や

程度の発達障害を示している。この自閉症について近年では、様々な国において増加傾向にあることが社会的問題となっている。自閉症の定義によって大きく違うが、世界的に影響力の大きい 2 つの診断分類の体系である ICD-10（アメリカの精神医学会の診断基準のマニュアルの第 4 版）と DSM-IV（世界保健機

構(WHO)の国際疾病分類の第10版)の基準では、日本国内に推定36万人、知的障害や言語障害を伴わない高機能自閉症(アスペルガー症候群、またはアスペルガー障害)などを含めると120万人で、男性と女性の比率は4:1程度と言われている。しかし、日本をはじめ多くの先進国においても自閉症に関する統計は少なく、現段階では増加傾向にあることだけがはっきりしているのみである。

自閉症の特徴である他者とのコミュニケーションは苦手という点が挙げられるが、行動・興味が限定的で反復的な動作を行うことや、物を覚えることが得意である傾向がある。そのため、家庭環境においては、そのような特徴をうまく利用し、衣服の着脱、排泄、睡眠等の日常生活に必要な行動を身に付けさせるための取り組みが行われている。衣服の着脱を例にとると、まず両親が手本となって着る(脱ぐ)順番を示し、何度も繰り返し行わせパターンとして覚えさせることが主に行われている。同様に排泄や睡眠等においても、排泄するための手順・行く時間と寝る時間を指定し、それまでの一連の行動の一つ一つをすべてパターンとして覚えさせ、生活のリズムを確立することが一般的に行われている。

次に、自閉児が通う養護学校等の教育現場における取り組みを示す。ここでも、家庭環境と同様に、登校してからの下校するまでの行動(例:朝教室に入ったら帽子とかばんを決まった場所に置く、トイレに行く、着席する、朝の会に参加するなど)を、順序付けて身に付けさせることが行われている。それに加えお手本と同じものを順番に組み立てる課題や、同じ色・形のを正しい位置に配置するマッチング課題等の自立課題と呼ばれる課題がある。これらは、課題が進むにつれて材料が減っていくことで終わりの意

味を理解しやすいものであり、目と手を使うためこれから学ぶ技能の基礎となる。そして、社会に適合するための能力を身に付けさせるために用いている。この課題は子供が一人で行え、かつ日常で役立つ課題を覚えさせることによって、日常生活に適応できるようにしている。

自閉症児のコミュニケーション能力の向上や社会に適合するための能力を向上させるために、ロボットを用いた自閉児のためのインタラクティブ技術が盛んである。近年ロボット技術の進歩は著しく、産業界に留まらず我々の日常生活に様々なロボットが進出し始めている。その中でも、ロボットの進出が特に注目されている分野として、介護・療育・セラピーが挙げられる。介護現場においては、要介護者の立ち上がりを補助するロボットや、介護者と協調して要介護者を移動させるパワーアシストロボット等が挙げられ、療育やセラピーの分野では、病院や老人福祉施設において動物の容姿で癒しを目的としたセラピーロボットが注目されている。このような療育やセラピーに対して近年では、自閉児のコミュニケーション能力向上や社会への適合能力を向上させるためにロボットを用いた研究も進められている。

小嶋らは、アイコンタクトやコミュニケーションを行う相手が示した対象に対して注意を向ける行為の共同注意を通じた自発的なコミュニケーションを促すためにKeeponを用いた研究を行っている。共同注意とは、相手の注意が向けられている対象を相手の視線方向から理解し、自らもその対象に注意を向ける行為と定義されている。Keeponは、オペレータにより頭部を遠隔操作により上下左右に動かし、眼球に取り付けられたカメラで検出した映像を確認しながら、対面している子どもの顔や物体にKeeponの顔を向け

るようなインタラク션을を行う。しかし、Keepon が子どもとインタラク션을行うためには、オペレータが逐次子どもが現在どこを見ているかを確認しなければならないため、Keepon が自律的に子どもの状況を判断したインタラク션을行うことはできない。

次に Robins らは、自閉児の腕や顔の簡単な動きを真似することによりコミュニケーションをとるロボットとして Robota を用いた研究を行っている。Robota の前の子どもが行った簡単な動作を、オペレータが確認しその動作と同じような動作をロボット動作ライブラリから選択し、子どもの動作模倣を行う。しかし、簡単な動作のみで複雑な動作を模倣することはできず、またすべてオペレータの判断で動作を出力しなければならない。上記のような背景から、自閉児のコミュニケーション能力向上や社会への適合能力を向上させるための療育支援ツールとしてロボットを用いるためには、自閉児とロボットがいかにうまくインタラク션을行えるかという点を重視する必要がある。そのためには、自閉児のロボットに対して興味を示しやすい特徴や、彼らにとって面白いインタラク션을うまく組み合わせたシステムを提案する必要がある。また、自閉児のコミュニケーション能力の向上や社会に適合するための能力を向上させるために、自閉児とロボットがどのようなやりとりを行うのかを考える必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、発達障害の患者を支援するためのヒューマノイドロボットを開発することを目的としている。自閉児には、(1)ロボットが子どもの行動を真似して彼らの非言語コミュニケーション能力を高めるようなロボットとのゲームをすることで、彼らのイン

タラクション能力を訓練し高める(2)異なった事象に応じて共同注意することを大幅に改善する、などの機会を与える。本研究の新規性は、ヒューマノイドロボットに動作模倣や共同注意の能力を持たせることである。また、ロボットの機能に治療者や心理学者の専門知識が組み込まれているため、ロボットが熟練した治療ができるよう設計されている。

## 3. 研究の方法

本研究で提案する自閉児の動作模倣能力向上のためのロボット機能を構築するために、ロボットが自閉児に対してどのようなインタラク션을行えば良いかということについて提案する。3.1 では、はじめに、ロボット-自閉児インタラクションの定義について説明する。この定義を基に、ロボットと自閉児がどのようにインタラク션을行うかを明確にする必要がある。続いて、ロボットと自閉児がやり取りをするためのシナリオについて述べる。このシナリオの中で、自閉児とのやり取りを長く続けることができるようにするために、ロボットに様々な動作や反応を行えるようにすることを考えている。また、3.1.1 ではこのロボット-自閉児インタラクションを行うために必要となるロボットシステムの構成を述べる。

### 3.1 ロボットによる動作模倣について

ロボット-自閉児インタラクションとは、自閉児の共同注意能力向上のためにロボットが療育者として様々な動作や自閉児に対する課題を通して、ロボットと自閉児のやりとりを行うことと定義する。これらの機能を利用し、自閉児の動作模倣能力向上のために、自閉児の特徴を考慮しながらロボットの動作や課題を盛り込む必要がある。そこで、我々は自閉児が通う養護学校の先生方と議論させていただき、ロボット-自閉児インタラクションのシナリオについて考案した。

シナリオの初期設定として、はじめにロボットと自閉児が対面した状態で座る。Step1では、自閉児の興味をロボットにひきつけるためのインタラクション動作(あいさつや自己紹介、音楽を組み合わせた動き、眼を光らせる)を行う。Step1で行った動作によって自閉児の興味がロボットにひきつけられたことが確認できたら次のStepに進む。Step2では、ロボットが自閉児に対して課題の動作を提示する。自閉児にロボットが提示した動作を真似してもらい、Step2で行った自閉児の動作が間違っていたら、正しい動作が得られるまで間違っている部分を指摘する。Step2で行った自閉児の動作が正しいことが確認できたら自閉児を褒める動作等を行い、次のStepに進む。Step3では、自閉児にStep2でやった動作をもう1度やってもらい、Step3で自閉児が行った動作を今度はロボットが模倣する。自閉児が行った動作が課題の動作と違う場合、再びStep2に戻り動作を教えなおす。自閉児が行った動作が課題の動作と同じ場合、自閉児を褒める動作等を行い、別の動作課題に進む。

### 3.1.1 ロボットシステム構成

自閉児とロボットがやりとりをするためのロボットシステムの構成を示す。まず、自閉児の動作をステレオカメラによって取得し、それぞれの関節角度を求める。その後、ロボットが子供の動作を模倣する際には、取得したデータからロボットの動作生成を行う。また、見本の動作モデルと自閉児の動作を比較して動作の評価を行い、結果をフィードバックする。以下にそれぞれのステップについて詳細に説明する。

人間の動作データを収集するために1台のステレオカメラと各関節に色がついた服を使って動作のデータ化を行う。動作データとして12個の関節角度を求める。動作データ

の中から特徴的な姿勢データ(キーフレーム)を抽出し、それらのデータのみを使って動作生成することにより、動作解析時間の削減を実現する。特徴的な姿勢となる動きの変化や動きの方向が変化する状態では、関節角の角速度や角加速度が大きくなるが、複数の関節について計算する必要があり、計算効率が悪くなる。そこで、各フレームの関節角度の相関値、およびその差分を求めることによって、角速度や角加速度に対応する値を1つにまとめ、それらの値が大きい状態をキーフレームの候補として抽出する。この候補の中にはノイズとなるデータも含まれており、それらを除いたキーフレーム選択を行うためにQ学習を用いる。Q学習では、相関値の差分を報酬として与え、ランダムで試行を繰り返すことによって、誤差によるフレームを取り除き、最適なキーフレームを選択する。最後に、区分的な3次のスプライン補間を用いて選択されたキーフレーム間を補間することによって、滑らかで精度の良い動きを生成する。

動作評価を行う際には、評価する動作と見本の動作を比較するために、見本動作のモデル化が必要となる。そこで、簡単なパラメータだけで表現できる混合ガウスモデルを用いる。また、被験者の動作をより詳細に評価しフィードバックするために、動作と姿勢の2つのモデルを作る。姿勢モデルは動作の初期・途中・終了姿勢で構成し、順序どおりに評価されているかどうかで動作の正誤を判断する。動作や姿勢のモデルを定めるには、見本のデータを効率よく分割し、それらのデータのガウス分布のパラメータを推定する必要がある。そこで、まず主成分分析を用い、見本データの特徴を損なわずに低次元の潜在空間に写像する。そしてその空間において、凝集型クラスタリングを使用して動作データを複数のクラスタに分類する。そして、混

合ガウスモデルを生成する。このときに、それぞれのクラスタのパラメータを推定するために、期待値最大化アルゴリズムを用いる。動作評価において、被験者の動作が入力されるとリアルタイムでモデルとの照合ができ、最も値が大きい動作や姿勢を出力する。

### 3.2 ロボットによる共同注意について

ロボットとの共同注意で提案するインタラクティブシナリオを示す。Step1 で、自閉児の興味をロボットに向けさせるために、音楽や話しことばを組み合わせたアトラクション動作を行う。自閉児の興味に向けられたことが確認できたら、Step2 で、ロボットはインタラクティブを変更し、机に置かれた複数の物体の中から一つの物体に対して指差し、自閉児の共同注意を促す共同注意課題を行う。自閉児の共同注意を確認できたら、Step3-1 でロボットは褒める動作を行い、確認できなかつたら Step3-2 でもう一度ロボットに興味を持たせる動作を行い、Step2 に戻り繰り返し共同注意課題に取り組ませる。

#### 3.2.1 ロボットのシステム構成

ロボットシステムとしては、自閉児の視線方向を検出するための Windows ベースのカメラシステム (faceLAB)、Linux ベースのロボットを用いる。カメラシステムで検出した自閉児の視線方向のデータと、机 (平面) との交点を現在の自閉児の注意位置データとし算出する。被験者が注意を向けた物体の推定方法を次に示す。被験者の注意位置データに対して一定の時間間隔でセグメント化し、ガウス混合分布を用いた教師無しクラスタリングにより、時間毎にどの位置に注意が向けられているかを表す確率的なモデルと物体の幾何的モデルを作成する。

## 4. 研究成果

### 4.1 ロボットによる動作模倣について

ロボットを自閉児の動作模倣能力向上のため

の療育支援ツールとして用いるために、どのようなインタラクションやロボットの動作、自閉児のための課題を組み込めばいいかを明らかにし、自閉児の動作模倣能力向上のための自律的ロボット機能を提案し自閉児とインタラクションを行った。具体的には、動作模倣課題に取り組む自閉児は、課題を何度も繰り返し行うことによって、課題に対する取り組みかたの変化が見られ、ロボットを自閉児の動作模倣能力獲得のための療育支援ツールとして用いることの可能性が示された。

また、ロボットと人間が動作模倣を行うために、人間の動作を解析・評価することができる手法とその動作をロボットが模倣することができるアルゴリズムを提案しその有効性を検証した。

### 4.2 ロボットによる共同注意について

ロボットを自閉児の共同注意能力向上のための療育支援ツールとして用いるために、どのようなインタラクションやロボットの動作、自閉児のための課題を要素技術として組み込めばいいかを明らかにし、自閉児の共同注意能力向上のための自律的ロボット機能を提案し自閉児とインタラクションを行った。また、ロボットと人間が共同注意を行うために人間の視線パターンに対して、人間の注意対象を検出できる手法を提案しその有効性を検証した。具体的には、複雑な人間の注意位置データに対してガウス混合分布を用いた教師無しクラスタリング手法を用いることで、時間毎の人間の注意位置または物体を適切に推定できることが確認でき、本手法が人間の注意位置推定に有効であることが示された。

また、共同注意課題に取り組む自閉児は、課題を繰り返すにつれてロボットの示す物体に対する注意を向けた時間が増加するこ

とが確認でき、ロボットを自閉児の共同注意能力向上のための療育支援ツールとして用いることの可能性が示された。

#### 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 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① Ravindra S. De Silva, Tohru Matsumoto, Azusa Saito, Stephen G. Lambacher, Masatake Higashi, The Development of an Assistive Robot as a Therapeutic Device to Enhance the Primal Imitation Skills of Autistic Children, Workshop at ACM/IEEE Human-Robot Interaction Conference, ACM Society, 2008, pp. 9-16
- ② Ravindra S. De Silva, Tohru Matsumoto, Stephen G. Lambacher, Masatake Higashi, Development of a Social Learning Mechanism for a Humanoid Robot, International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, IEEE Computer Society, 2008, pp. 243-248
- ③ Ravindra S. De Silva, Katsunori Tadano, Stephen G. Lambacher, Susantha Herath, Masatake Higashi, Unsupervised Approach to Acquire Robot Joint Attention, International Conference on Autonomous Robots and Agents, IEEE Computer Society, 2009, pp. 601-606
- ④ Ravindra S. De Silva, Katsunori Tadano, Azusa Saito, Stephen G. Lambacher, Masatake Higashi, The Development of an Assistive Robot for Improving the Joint Attention of Autistic Children, International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR09)、

IEEE Computer Society, 2009, pp. 694-700

- ⑤ Ravindra S. De Silva, Katsunori Tadano, Azusa Saito, Stephen G. Lambacher, Masatake Higashi, Therapeutic-Assisted Robot for Children With Autism, International Conference on Intelligent Robots and System (IROS09), IEEE Computer Society, 2009, pp. 3561-3567

[図書] (計 1 件)

- ① P. Ravindra S. De Silva, 他, IN-TECH Scientific, Intelligent and Biosensors, 2010, pp. 147-162

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織 (1) 研究代表者

P. Ravindra S. De Silva (ラビンドラ エス. デシルバ) 豊橋技術科学大学・大学院理工学研究科・研究員  
研究者番号：20449490