

機関番号：32660

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21800058

研究課題名（和文） アンドロイドロボットを用いた臨場感溢れる遠隔授業システムの開発と実践

研究課題名（英文） Development of High-realistic Remote Class System using Android Robot and Field Trial

研究代表者

橋本 卓弥 (HASHIMOTO TAKUYA)

東京理科大学・工学部・助教

研究者番号：60548163

研究成果の概要（和文）：

本研究では、姿形が人間に酷似したアンドロイドロボット（以下、アンドロイド）を先生役に用いた遠隔授業支援システムを開発し、実際の小学校にて実証実験を行うことを目的とする。そして、実証実験を通して本システムが児童に与える影響を調査し、提案システムが教育現場（特に小学校）において有効な教育システム（教育ツール）になり得るかどうかを調査する。

研究成果の概要（英文）：

The main goal of this study is to develop the remote class support system by using the android robot which has human-like appearance, and to carry out field trials in elementary schools. Through the experiments, the effects of the proposed system on children are evaluated, and it is verified whether the proposed system is effective and useful educational tool or not.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,040,000	312,000	1,352,000
2010 年度	830,000	249,000	1,079,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,870,000	561,000	2,431,000

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：教育工学，機械力学・制御

## 1. 研究開始当初の背景

近年、機械技術の進展により、ロボットなどの知能機械と人間との共存が現実的なものになってきている。そこで、現在、人間との自然で円滑なコミュニケーションを実現するためのコミュニケーションロボットの研究・開発が、国内外を問わず、企業や大学、各種研究機関で数多く行われている。さらに最近では、新たなコミュニケーションメディアとして、姿形が人間に酷似したロボット、いわゆるアンドロイドロボット（以下、アン

ドロイド）の研究・開発も行われている。このアンドロイドを人間とのコミュニケーションのインターフェースに用いることにより、ロボットとコミュニケーションする場合でも、本当の人間と接しているような感覚でロボットと対話できるようになると期待できる。そこで我々は、人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを実現することを目的とし、これまでの研究において人間のような外見を持つアンドロイドロボット SAYA の開発を行ってきた（図 1）。

アンドロイドの一つの応用として、遠隔地間コミュニケーションでの利用が考えられている。そして、アンドロイドを用いた遠隔コミュニケーションシステムが、テレビ会議システムなどの既存メディアよりも、“存在感”の伝達において効果があることが見出されている[坂本ら 2007]。つまり、遠隔地間コミュニケーションの媒体にアンドロイドを用いることにより、その存在感を活かした臨場感のあるコミュニケーションシステムの実現が期待できる。これが実現すれば、遠隔地で暮らす家族（例えば子供や孫）の顔を持つアンドロイドを開発し、独居老人などがそのアンドロイドを介して遠くにいる家族と対話しているような感覚が得られるようなシステムや、より一般的には遠隔会議システムなどにも応用できると考えられる。また、ロボットの知能化や自律化の技術は未熟であるが、遠隔操作型のロボットであれば、オペレータが判断してロボットを操作すればよいため、実用性が高いと考えられる。

以上の観点から、本研究では、アンドロイドロボット SAYA の一つの応用として、SAYA を先生役に用いた遠隔授業支援システムを開発する。上述のように、SAYA のようなアンドロイドを遠隔授業のインタフェースに用いることにより、先生が本当にいるかのような臨場感を演出することができ、実際に先生が行っているような緊張感のある授業が実現できると期待できる。また、将来的に活躍が見込まれるコミュニケーションロボットの教育現場での利用方法や、教育現場におけるロボットと生徒とのコミュニケーション手法について重要な示唆を与えるものと期待できる。



図1 アンドロイドロボット SAYA

## 2. 研究の目的

本研究では、アンドロイドロボット SAYA を先生役に用いた臨場感溢れる遠隔授業支援システムの開発と実際の小学校における

実証実験を主な目的とする。具体的には、

- (1) SAYA の遠隔操作システムと操作インタフェースの開発。
- (2) 授業コンテンツの制作と実際の小学校における実証実験。
- (3) 実証実験において、従来メディア（スピーカー、テレビ会議システム）や機械的な外見を持つロボットを用いた場合と比較し、アンドロイドを用いることの効果の解明。
- (4) 実証実験において、アンケートやビデオを用いて生徒の心理状態や発話・行動を分析し、本システムの児童に対する影響を調査する。

の4項目を行う。最終的には、得られた結果を基に、アンドロイドを用いた遠隔授業支援システムを実用化するための設計指針を確立する。

## 3. 研究の方法

これまでの研究の成果物として、姿形が人間に酷似したアンドロイドロボット SAYA

(図1)を開発した。また、コミュニケーションにおける非言語情報の重要性に着目し、表情や視線、頷きなどの頭部の動き、待機中における自然な頭部の動き（揺らぎ）、などの非言語的な動作の実装に成功している。本研究では、まず、開発したアンドロイドをインタフェースに用いた遠隔授業支援システムの開発を行う。次に、実際の小学校にて実証実験を行い、アンドロイドのコミュニケーション能力（話し易さや親しみ易さなど）や統率力を検証する。また、既存メディアとの比較を行い、提案システムの有効性と実用性を評価する。具体的な研究方法を以下の(1)~(3)に示す。

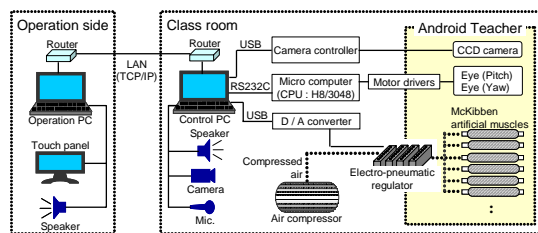


図2 システム構成

- (1) アンドロイドロボット SAYA を用いた遠隔授業支援システムの開発：

本システムの構成を図2に示す。本システムでは、アンドロイドロボット SAYA を教師役として使い、教室の前方に配置する。さらに、教室の後方に環境カメラとマイクを設置することにより、教室全体の映像や音声を取得できるようにする。また、SAYA の眼球内には小型の CCD カメラを内蔵し、SAYA の視点からも教室の様子を観察できるようにする。そして、これらの映像や音声を教室

から操作者側へとリアルタイムに伝送する。操作者は、送られてくる映像や音声を手掛かりとしてロボットの操作を行う。また、操作 PC から送られる制御コマンドは、LAN を介して教室内の制御 PC へと送られる。そして、制御 PC では、受信したコマンドを基にロボットの動作制御を行う。さらに、操作者の声は、音声変換ソフトにより SAYA の声に変換され、教室側へ出力されるようにする。

以上の構成を基本とし、実証実験を通してシステムの高度化を図る。

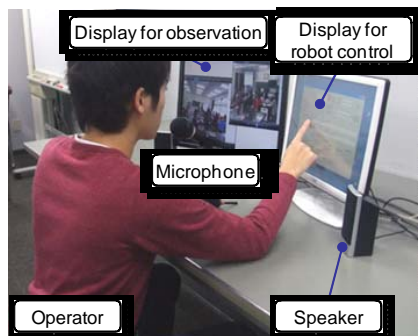


図 3 操作インターフェース

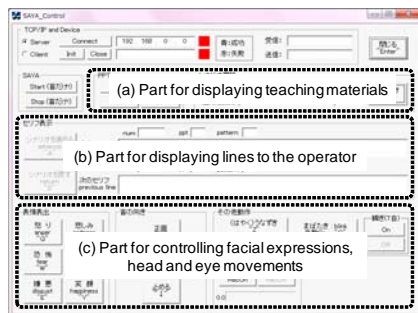


図 4 操作 GUI

## (2) 操作インターフェースの開発 :

操作インターフェースは図 3 に示す通りである。図のように、操作者側には観察用モニターと操作用モニター、スピーカ、マイクを設置する。観察用モニターの画面上には環境カメラの映像や SAYA の眼球内 CCD カメラの映像を並べて表示し、スピーカからは教室内の音声を出力する。操作者は、これらの映像や音声を通して教室の様子を観察し、授業の進行状況や児童の反応に応じて SAYA の操作を行う。

操作用モニターには GUI の操作画面があり(図 4)、主に、(a)“授業教材の表示制御部”、(b)“操作者用の発話文表示部”、(c)“表情・頭部・眼球運動制御部”、の 3 つから構成する。具体的に、(a)では、教室のディスプレイに表示する内容を切り替えられるようにする。また、(b)では、(a)で選択された表示内容に応じて、操作者が発話すべき説明文が表示されるようにする。さらに、(c)では、SAYA の表

情や頭部運動、眼球運動を制御するためのアイコンを用意し、SAYA の動作を簡単に制御できるようにする。操作者は、このようなアイコンをタッチパネルを用いてクリックすることにより、教室のスクリーンに表示する内容の切り替えや SAYA の動作制御を容易に行うことができる。

なお、SAYA の動作は、表情と視線の移動(眼球+頭部)、発話、に限られているため、操作者への負担は少ない。また、何も操作が行われない場合(待機状態)、一定時間静止した状態が続くと機械的な印象を与えてしまうため、“瞬き”などの無意識的な動作や、これまでの研究成果物である“待機状態での頭部動作 [橋本ら 2007] [橋本ら 2009]”などは常に実行する。つまり、人間が無意識に行っているような動作を自動化し、待機中であってもアンドロイドロボットの人間らしさを損なわない演出をする。

## (3) 教育現場(小学校)での実証実験 :

実際の小学校で本システムの実証実験を行う。主に以下の 3 種類(①~③)の実験を行う。

### ① SAYA の統制力の検証

一つ目の実験として、自習中の生徒の行動を観察し、励ましたり注意したりするような生徒との簡単なインタラクションを行う授業を実施する。つまり、先生が本システムを用いて遠隔から自習中の生徒の様子を観察し、SAYA を操作して生徒に視線を向けたり、『〇〇さん、頑張ってる』や『〇〇さん、静かにしなさい』のような発話とそれに合わせた表情を表出することにより、生徒を励ましたり注意したりする。実験終了後、生徒に対してアンケートを実施する。さらに、自習中の教室の映像や音声を記録しておき、私語を注意したときの生徒の発話量の減少度合いを環境音圧の変化から推定したり、映像を用いて生徒の反応や行動を分析したりすることで、アンドロイドロボットの子供に対するコミュニケーション能力や統制力(例えば、私語を注意した際に生徒を静かにさせられるかどうか、など)を検証する。

### ② 既存メディアとの比較

二つ目の実験として、本システムと既存メディアとの比較を行う。具体的には、a) カメラ+スピーカ、b) テレビ会議システム、d) アンドロイドロボット SAYA (提案システム)、の 3 種類を比較する。

現在、遠隔授業システムにはテレビ会議システムが用いられているが、お互いに視線が一致しないといった問題が生じる。これに対して本システムでは、ロボットの眼球や頭部

を操作することにより、生徒と目を合わせる事が可能である。また、操作者はロボットの眼球に内蔵されている小型 CCD カメラの映像を参照することにより、生徒と視線が一致している感覚を得やすいと予想される。視線は、対面コミュニケーションにおいて意図や親和感の表出に大きな役割を果たすことから、互いに視線の一致感を得られることは重要と言える。

なお、授業内容としては、「ロボット」に関する授業を行い、現在活躍しているロボットや将来に活躍が期待されるロボットに関する授業を行う。

### ③ 実際の授業における本システムの有効性・有用性の検証

三つ目の実験として、実際の授業で本システムを運用した際の有効性または有用性に関する検証を行う。ここでは、小学校で行われている理科の授業の単元として、「電気のはたらき」と「ふりこ」に関する授業コンテンツを製作し、実際の小学校にて実証実験を行う。そして、児童の理科の授業に対する興味や関心、授業への集中度合等を評価する。

授業の始めでは、導入として SAYA による挨拶と自己紹介を行い、授業の内容について簡単に説明する。そして、身の回りにある「電気のはたらき」または「ふりこ」の利用例や応用例を紹介する。次に、「電気のはたらき」または「ふりこ」の原理について、簡単な実験を通して体験してもらい、さらに詳細な説明も加える。なお、教室の前方には大型ディスプレイを置き、音声だけでなくスライドや動画なども用いて説明を行う。また、操作者は、説明の合間に SAYA を操作し、生徒に視線を向けたり声をかけたりするようなインタラクション行動を行うようにする。

## 4. 研究成果

本研究の成果を以下の (1) ~ (3) に述べる。

### (1) アンドロイドロボット SAYA を用いた遠隔授業支援システムの開発：

当初の計画通りのシステム構成をほぼ実現できたが、LAN を介して教室内の映像や音声を伝送することは未だできていないため、今後、システムの改良を行う。

### (2) 操作インタフェースの開発：

当初の計画通りのインタフェースを構築した。今後、使い勝手に関する評価を行う。

### (3) 教育現場（小学校）での実証実験：

3. で述べた各実験の結果について以下①~③に述べる。

### ① SAYA の統制力の検証

本システムを用いて自習中の児童の行動を監視し、注意したり励ましたりするような実証実験を行った。実験では、本システム

(SAYA) を用いた場合とカメラ+スピーカを用いた場合との比較を行った。そして、それぞれのシステムを用いた場合の児童に対する統制力（例えば、私語を注意した際に児童を静かにさせられるかどうか、など）を検証した。また、評価方法として、アンケート（6項目）と児童を注意した際の環境音圧の変化（児童の私語の量と仮定）を用いた。カメラ+スピーカの実験には 13 名の児童が、SAYA の実験には 14 名の児童が参加し、アンケートの各質問に 5 段階で回答してもらった。

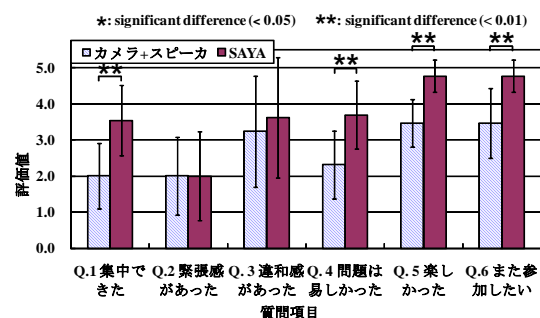


図 5 アンケート結果（実証実験①）

アンケートの結果から、“Q.1 集中しやすさ”、“Q.4 説明の理解度”、“Q.5 楽しさ”、“Q.6 参加意欲”、といった項目において SAYA の方が有意に高い結果が得られた（図 5）。また、生徒の私語を注意した際には、SAYA の場合の方が環境音圧の減少率（私語の減少割合）が大きくなり（表 1）、児童の統制には有効であることが判明した。

表 1 環境音圧の変化

カメラ+スピーカ			SAYA		
注意前 [db]	注意後 [db]	減少率 [%]	注意前 [db]	注意後 [db]	減少率 [%]
62.86	56.97	9.37	65.22	57.09	12.47
58.13	53.88	7.31	57.06	51.24	10.20
58.96	55.70	5.53	60.32	55.12	8.62
61.24	54.77	10.56	59.72	49.30	17.45
57.16	55.31	3.22	63.80	55.21	13.46
60.66	51.87	14.49	58.96	48.11	18.40
平均		8.41	平均		13.43

### ② 既存メディアとの比較

本実験では、SAYA だけではなく、スピーカやテレビ会議システムなどの既存のメディアと比較することにより、SAYA をインタフェースに用いた場合の有効性を比較検討した。また、評価方法として以下の 10 項目

から成るアンケートを用いた。

- Q.1 授業に集中できた
- Q.2 授業は楽しかった
- Q.3 いつもの授業と比べて緊張した
- Q.4 授業は分かり易かった
- Q.5 先生に質問しやすかった
- Q.6 先生に親しみを持てた
- Q.7 このような授業なら理科が好きになれる
- Q.8 このような授業なら勉強が好きになれる
- Q.9 このような授業なら科学技術に興味を持てる

Q.10 このような授業にまた参加したい

参加した児童の数は全部で74名で、各質問に-3~3までの7段階で解答してもらった。また、最後に自由記入欄を設けて感想を書いてももらった。

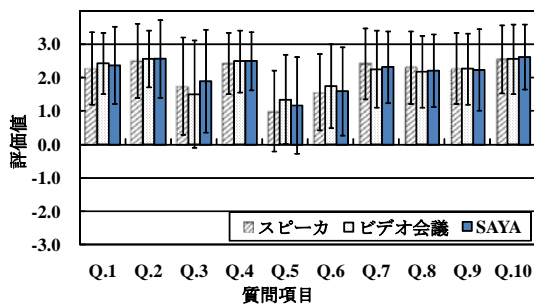


図6 アンケート結果(実証実験②)

実験の結果は図6に示す通りで、いずれの項目にも有意差は認められなかった。つまり、SAYAを用いたことでの有意性は得られなかったと言える。これは、小学生にとってどの授業形態も体験する機会が少なく、一様に児童の興味を引いたからだと考えられる。一方で、自由記述では以下のような回答が得られており、遠隔授業のインタフェースとしてロボットを用いることの有効性が確認できる。

- ・最後のロボット SAYA が面白かったです
- ・ロボットの先生がいるといつも面白いなと思いました
- ・ロボットの SAYA と勉強したことがとっても良かったです
- ・人間よりロボットの方が楽しく勉強できました
- ・ロボットの先生が普通の授業で教えてくれたら、理科がすごく好きになります

### ③ 実際の授業における本システムの有効性・有用性の検証

実際の授業の中で本システムを運用し、児童に与える影響を調査することで、本システムの有効性または有用性を検証した。実験では、4年生と5年生それぞれ14人が参加し、4年生には「電気のはたらき」の授業を、5年生には「ふりこ」の授業を行った。評価方

法として以下の6項目からなるアンケートを用いた。アンケートは授業の前後に実施し、SAYAによる授業を受けた際の児童の理科の授業やロボットなどの科学技術に対する興味や関心の変化を評価した。

- Q.1 科学・技術に興味・関心がある
- Q.2 ロボットに興味・関心がある
- Q.3 SAYAのような人間型のロボットに興味・関心がある
- Q.4 ロボットが行う授業に興味・関心がある
- Q.5 理科の授業に興味・関心がある
- Q.6 「電気のはたらき」または「ふりこ」の授業に興味・関心がある

児童には、アンケートの各項目に対して-3~3までの7段階で評価してもらった。

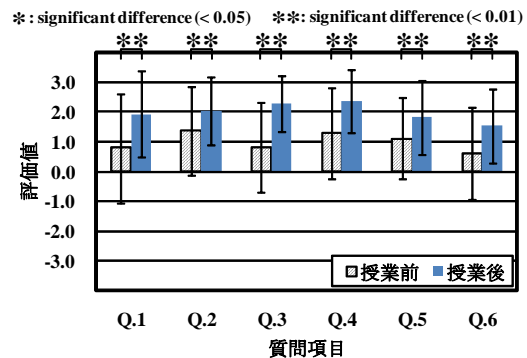


図7 アンケート結果(実証実験③)

アンケートの結果を図7に示す。いずれの項目においても有意差が認められ、授業後に評価が向上した。このことから、アンドロイドロボット SAYA を用いて授業を行うことで、児童の理科やロボットなどの科学技術に対する興味や関心が向上したことが分かった。また、自由記述でも、

- ・いつも理科が苦手でした。でも「サヤ」さんみたいな先生がいて良かったです
  - ・今度からロボットで授業をしたい
  - ・とても楽しい授業ができて良かったです
- という回答が得られ、本システムの有効性や有用性が確認できた。

本研究のように遠隔授業のインタフェースにアンドロイドを用いた研究は世界的に見て例がなく、先駆的な研究と言える。また、実際に小学校で運用し、アンドロイドの小学生に対する影響を検証する研究は国内外問わず例がなく、非常に独創的かつユニークな研究であると言える。

本研究の成果として、教育現場におけるアンドロイドロボットの統制力が明らかとなった。また、アンドロイド型の遠隔授業システムが、有効な教育システム(教育ツール)になる可能性があることが示唆された。

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 件)

- ① Takuya Hashimoto, Naoki Kato, Hiroshi Kobayashi, “Development of remote education system with android robot and evaluation”, Assistive Robotics with Control Applications (in press)
- ② 橋本卓弥, 小林宏, “豊かな表情を有するアンドロイドロボットSAYAによる遠隔授業”, O plus E (特集), Vol. 31, No. 12, pp.1418-1422, 2009年12月.

[学会発表] (計 件)

- ① Takuya Hashimoto, Naoki Kato, Hiroshi Kobayashi, “EVALUATION OF REMOTE CLASS SUPPORT SYSTEM WITH THE ANDROID ROBOT SAYA IN ELEMENTARY SCHOOLS”, Proceedings of IASTED Technology and Management Conferences on Robotics 2010 (Robo 2010), 703-015, 2010.
- ② Takuya Hashimoto, Naoki Kato, Hiroshi Kobayashi, “Study on Educational Application of Android Robot SAYA: Field Trial and Evaluation at Elementary School”, Proceedings of Third International Conference on Intelligent Robotics and Applications 2010 (ICIRA2010), pp. 505-516, 2010.
- ③ 加藤尚樹, 橋本卓弥, 小林宏, “アンドロイドロボットによる遠隔授業システムの開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’10, 1P1-D06, 2010年.
- ④ Takuya Hashimoto, Naoki Kato and Hiroshi Kobayashi, “Field Trial of Android-type Remote Class Support System in Elementary School and Effect Evaluation”, Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2009), pp. 1135-1140, 2009.
- ⑤ Takuya Hashimoto, Masato Suzuki and Hiroshi Kobayashi, “Development of Remote Class Support System and Field

Trial using an Android Robot”, Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2009), pp. 2042-2047, 2009.

- ⑥ Akihiro Yorita, Takuya Hashimoto, Hiroshi Kobayashi, Naoyuki Kubota, “Remote Education based on Robot Edutainment”, Proceedings of The 5th International Symposium on Autonomous Minirobots for Research and Edutainment (AMiRE 2009), pp. 204-213, Aug. 2009.
- ⑦ 橋本卓弥, 加藤尚樹, 小林宏, “アンドロイドロボットSAYAを用いた臨場感ある遠隔授業支援システムの開発と評価”, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3H3-2, 2009年.
- ⑧ 橋本卓弥, 加藤尚樹, 小林宏, “アンドロイド型遠隔授業支援システムによる小学校における実証実験とその影響評価”, 第27回日本ロボット学術講演会, 2L1-01, 2009年.
- ⑨ 橋本卓弥, 鈴木将人, 小林宏, “アンドロイドロボットによる遠隔授業システムの開発と評価”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’09, 1P1-E19, 2009年5月(於:福岡).

[その他]

ホームページ等

<http://kobalab.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

( )

研究者番号:

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: