

# 幼児と祖父母をつなぐテレプレゼンス子育て支援ロボット —ニーズと課題の検討—

Telepresence Childcare Support Robot Connecting Young Children and Their Grandparents  
: Needs and Problems

阿部香澄 裴雅超 張亭芸 日永田智絵 長井隆行  
Kasumi Abe Yachao Pei Tingyi Zhang Chie Heida Takayuki Nagai

電気通信大学

The University of Electro-Communications

The burden of childcare on mothers are increasing, stemming from the trend toward the nuclear family in Japan. It causes a problem that many mothers have to do both of housework and childcare at home by themselves. Mothers cannot even do any housework if their children are crying. Grandparents have the intention to join grandchild-care, but they cannot give frequent support because they live apart with their grandchildren. Here, we surveyed these needs of domestic childcare. In order to help solving this problem, we proposed childcare robot ChiCaRo that a grandparent can play with his/her grandchild in a remote location. Finally, we carried out a trial to use the robot with a 2-year-old child, and found the child could keep playing longer with this robot than general video chat.

## 1. はじめに

近年の日本では核家族化や地域のつながりの希薄化を背景に、母親の育児負担が増大している。6歳未満の子どもをもつ世帯の8割は核家族で、アジア諸国のように祖父母の日常的な育児参加は一般的ではない。様々な社会的育児支援は整いつつあるものの、育児は主に母親の役割とされてきたため、依然として育児の負担は母親に偏りがちである。その結果、家庭内では、多くの母親が一人で育児も家事もこなさなければならないという問題が起きている。

本研究では、そういった育児問題の解決の一助として、子どもと遊ぶことができる実用的なテレ保育ロボットを開発することを目的とする。テレ保育ロボットとは育児を補助するための、ビデオチャットを基本とした小型のテレプレゼンスロボット（遠隔操作型ロボット）である。例えば母親が食事を作る30分程の間、遠隔地の祖父母がロボットを操作して子どもを見ているといった用途を想定している。本稿では、このようなテレ保育ロボットのプロトタイプの実現を目的とする。このロボットは祖父母や乳幼児が使うことを想定しているため、安全性や機能などについて、従来のテレプレゼンスロボットに対するものとは異なる要求がある。本稿ではそれらを踏まえてテレ保育ロボットをデザインする。中でも操作性は重要な要素の一つであり、本稿ではロボットの子ども追跡における問題を議論し、半自動人追跡を提案する。そして最後にロボットと2歳児で全体システムの試用実験を行った結果を報告する。

## 2. 家庭内育児支援の欠如

母親の育児ストレスが問題視されてきた一方で、この問題に有効な支援策も明らかにされてきた。父親や祖父母からの育児支援が推奨され、近年では、共働き世帯の増加にともない祖父母の育児サポートも増えてきている[中見 12]。保育施設や子育て支援センターの拡充など社会的支援も整いつつある。

しかし、そういった育児支援は昼間だけ、週1日だけなどと限定的なものである。祖父母は孫育てへの参加意向をもつ人も多いが、近居や同居など条件が整わなければ頻繁な支援は難し

い。融通の利くベビーシッターは高額で、短時間・気軽に使えるわけではない。その結果、家庭内では、多くの母親が一人で育児も家事もこなさなければならないという問題が取り残されている。子どもが泣けば母親は家事もままならない。現在、そんなときの子守りの代替策となっているのはテレビやDVDで、7割以上の母親が「家事などで手が離せないときの子守りのため」に幼児にテレビを見せている[田中 11]。日本小児科学会は長時間の視聴が言語発達の遅れといった悪影響を及ぼし危険だと提言しているが、幼児の6割以上が一日にテレビを2時間以上、多くは朝と夕方に視聴している[ベネ 10]。つまり、母親が一人で家事をしながら子どもも見なければならない状況において、現状では有効な子育て支援が存在しないのである。

そこで本研究では、この家庭内における育児問題の解決の一助として、遠隔地の祖父母が孫と遊ぶための実用的なテレ保育ロボットを開発することを目的とする。

## 3. テレ保育ロボット ChiCaRo

### 3.1 テレ保育ロボットの位置づけ

現存する子どもを対象としたロボットには、教育支援ロボット（例：韓国の Kibot, ケアレシーバー型ロボット）やコミュニケーションロボット（例：PaPeRo）がある。これらのロボットの制御方法は主に自律型や、操作者が操作していることを明示しない遠隔操作型である。そのため祖父母が孫とコミュニケーションを楽しみながら面倒を見るといった用途には向かない。操作者と対話者のコミュニケーションが行える遠隔操作型のロボットには、近年開発が盛んなテレプレゼンスロボット（例：Beam+, VGo）がある。しかしその用途は主に遠隔会議といったビジネスを考えられており、機構・デザイン・機能ともに家庭内で幼児の相手をするには適さない。子どもを対象としたテレプレゼンスロボットもわずかに存在する。例えば、田中らは3歳以上の子どもがテレプレゼンスロボットを操作するための操作システムを提案している[Tanaka 14]。このシステムは、システムを介した英語教師とのレッスンや他の子どもとの対話において、コミュニケーションを促進する効果をあげている。

一方本研究で扱うのは、育児支援を目的として幼児とコミュニケーションするための遠隔操作型移動ロボット（テレプレ

連絡先: 阿部香澄, 電気通信大学情報理工学研究所, 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, k.abe@apple.ee.uec.ac.jp

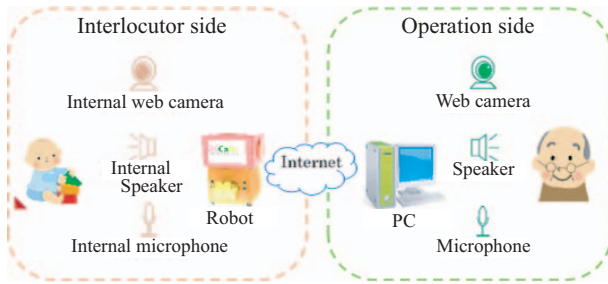


図 1: テレ保育ロボットのシステム構成図

ゼンスロボット)である。このような育児支援を目的としたシステムに相当するものは存在せず、これをテレ保育ロボット ChiCaRo (Child Care Robot: チカロ)と命名する。

### 3.2 テレ保育ロボット ChiCaRo

ChiCaRo は、操作者が遠隔地にいながら実物のおもちゃなどを使って子どもとフィジカルに遊ぶことを目的とした遠隔育児支援ロボットである。本ロボットを介して祖父母が孫と遊ぶことで、母親は家事や自分の時間を確保できてストレスを減らせ、祖父母もまた遠くに住む孫とのコミュニケーションの機会を増やせる。子どもの育ちの観点からも、母親が家事をする間にテレビを見ているより、ロボットを介して祖父母と遊ぶ方が良いはずである。ChiCaRo が実現すれば核家族が抱える育児の問題解決の一助となり、祖父母と孫をつなぐホットラインになることが期待できる。ChiCaRo が社会に与えるインパクトは大きいと我々は考えている。

ChiCaRo は 0~6 歳の乳幼児を対象とする。ChiCaRo は子どものいる部屋に置かれ、ChiCaRo のシステムはインターネットを介して遠隔地にいる操作者の操作端末 (PC やタブレット) につながっている。操作者はこの操作端末を使って、ビデオチャットをしながらロボットを操作して子どもと遊ぶ (図 1)。

### 3.3 デザイン

本ロボットは乳幼児と直接対面するため、そのサイズや重さは重要である。子どもがロボットと同じ目線で遊べるよう、ロボットの高さは子どもが座った時の平均的な高さよりやや低く設計する。さらに子どもの安全性も考慮して、ChiCaRo のサイズは高さ 350mm、幅 270mm、重さを 3kg 以内に収める。ChiCaRo の外観は、ユーザである子どもや祖父母が親しみやすいよう、丸みを帯びさせ、頭を大きくすることでかわいらしくする。ただし、ChiCaRo はあくまでも祖父母とのコミュニケーションの媒介であるため、あまり強いキャラクター性を持たないように考慮する。さらに設計の制約条件として重要なのは、ビデオチャットの際に操作者の顔がロボットに大きく映るように、7 インチの液晶モニタを搭載できる大きな頭部を設置することである。

ロボットの機械部分への要求仕様は、子どもを対象としたロボット PaPeRo の機構の安全方策に倣い、次のようにする [西沢 12]。(1) 機構は基本的に指などの巻き込み、引き込み、挟み込みが起きない構造であること。(2) 筐体は曲面を基調とし、先端部、エッジ部はすべて丸みを帯びた曲面とすること。(3) 可動部の隙間はすべて 3mm 以下とすること。この要求を踏まえた上で、ChiCaRo は図 2 に示すように、上下に動くヘッドとスライドして開閉するハンド、そして移動機構を有する。ヘッドの動作は 2 個のデジタルサーボモータ、ハンドの動作は 1 個の小型のデジタルサーボモータを使って制御する。安全性の考慮と、サーボモータの損傷を防ぐために、ハンドの

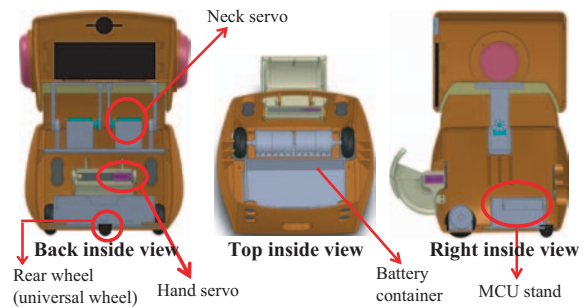


図 2: 3D CAD 図 (ChiCaRo の内部構成)

サーボモータは動作中のみ通電させる。移動は 2 個の個別に動作する駆動輪と 1 個のキャスターで行う。

### 3.4 身体的コミュニケーション

一般に、単純なビデオチャットで 30 分間子どもの興味を引き続けたり、親しみをもってもらうのは難しい。そこで ChiCaRo では身体や実物のおもちゃを使った身体的コミュニケーション (遊び) ができることとする。これまでの研究から、ロボット対子どもの身体的な遊びの有効性が明らかになっている。例えば、保育者がロボットを遠隔操作して幼稚園児と対面すると 30 分間遊び続けることができ [阿部 14]、また、ロボットと手をつなぐと子どもの緊張が和らぐことが分かった [Heida 14]。これらは操作者が操作していることを明示しない遠隔操作型ロボットの話ではあるが、テレプレゼンスロボットでの遊びにおいても同様な効果が期待できると考えている。

そこで本研究では、ChiCaRo のボディの前面にハンドを搭載する。ハンドは物を包んだような形をしており、スライドして開閉する。このハンドは機構部の安全面を考慮しているため非常に単純である。しかし子どもたちはそれをロボットの手であるとみなし、子どもの豊かな想像力で、様々な身体的遊びのきっかけにしてくれるだろう。また、今後は ChiCaRo に身体的な遊びをサポートする機能 (絵本の読み聞かせや物の受け渡しなど) を実装していく予定である。

このように本ロボットは子どもとの身体的コミュニケーション機能を重視しているため、タッチセンサ、距離センサ、加速度センサ、カメラ、人感センサなど複数のセンサ類を搭載する必要がある。本ロボットの外観と、搭載する各センサの位置を図 3 に示す。ロボットコントロールシステムは、PC の演算能力とマイコンの応答性の長所を組み合わせ、小型 PC (Windows8) とマイコン (Arduino) の二層構造とする。上層部の小型 PC ではビデオチャットや遠隔操作処理を行い、マイコンではセンサ処理や安全判断、センサフュージョン手法を用いた子ども追跡を実行する。ビデオチャットソフトには Skype を用い、遠隔操作のソフトウェアは本研究グループで独自開発した DiGOROnet と呼ばれるミドルウェア上に実装する。

### 3.5 主要機能

ChiCaRo の主要機能は、次の 4 つである。

- ビデオチャット:** ロボット本体と操作端末それぞれのディスプレイ、マイク、スピーカで、映像と音声のやりとりをする。
- 安全機能:** 距離・加速度・温度情報を用いてロボットの動作環境の安全性を判断する。例えば、子どもがロボットに接触してタッチセンサが有効になると、ロボットの移動が止まる。
- 遠隔移動操作:** ロボットの前進と左右回転を、操作者が手動で操作できる。安全性を考慮し、後退はあえて操作不可とする。
- 半自動人追跡:** ロボットが自動的に子どもの方向を向き続け

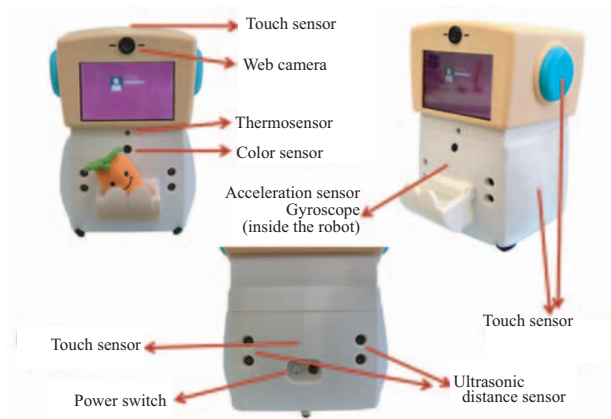


図 3: ロボット外観と各センサの位置

る。本稿ではこの機能の実現方法の検討も目的としている。詳細は次章で述べる。

## 4. 半自動子ども追跡

### 4.1 子ども追跡の問題

テレ保育ロボットに対する重要な要求の一つは、操作性である。幼児はビデオチャットの画面の前に長い間留まることはできず、カメラの視界からよく消えてしまう。そこで ChiCaRo には、操作者が自由にロボットを移動操作できる機能を備える。そうすることで、部屋の中を自由に動き回る子どもを祖父母がカメラの視界に捉え続けることができる。しかし、動き回る子どもについていくという複雑な操作を、ビデオチャットの限られたカメラ視界で行うのは容易ではない。子どもと会話したり遊んだりしつつ、さらにロボットの移動操作までやることは、高齢者にとって困難である。ロボットの本来の目的である孫との遊びを楽しんでもらうためには、ロボットの遠隔操作に伴う操作者の負担を減らす必要がある。これは単にインタフェースの問題ではなく、特に移動をどこまで操作させるかを考える必要がある。例えば、人追跡機能などの自動ナビゲーション（例：Beam+, iRobot 社の Ava）の搭載は、操作者の負担軽減に効果的だろう。ChiCaRo もよく動き回る子どもと対面することが主目的であるため、同様に人追跡機能が必要であると考えられる。

しかし、この直感的な利点とは裏腹に、完全自動の人追跡には二つの問題がある。一つは、子どものように激しく不規則に動き回る対象を完全に追跡することが難しいことが挙げられる。二つ目は、自動で動くよりも、手動で操作させた方が、操作者の感じる社会的テレプレゼンス（その場にいるような感覚）が高くなるという問題である [村上 10]。つまり、祖父母は孫と遊びたいという思いでロボットを使っているのに、ロボットを自分で全く操作しないと孫と一緒に遊んでいるような感覚を満足に得られない可能性がある、ということである。テレ保育ロボットのインタフェースを設計する際には、操作のしやすさだけでなく、操作者が感じる社会的テレプレゼンスも考慮する必要がある。そこで、この相反する二つの重要な要素を共に考慮するために、本研究では自動操縦と手動操作の間を取る半自動操作を考える。

ここで、人間の大人が幼児と遊ぶ場面を考えてみる。大人は座るかしゃがんだ状態で、基本的には身体の向きだけを変えて子どもの方向を追い、子どもが遠く離れるなど必要が生じたときだけ移動を行うことが多い。そこで本研究では、ロボットの

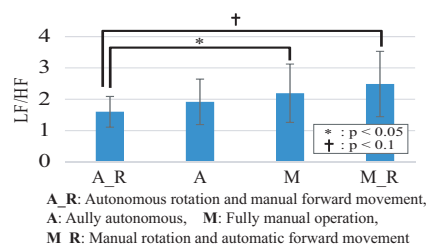


図 4: 4 条件ごとのストレス値 (LF/HF 値) の平均得点

移動を回転と前進に分けて考え、ロボットが自動で回転方向の動作を制御して可能な限り子どもの方向を捉え、操作者は必要に応じてロボットを前進操作するという半自動人追跡を考える。この半自動人追跡を、遠隔地から子どもと遊ぶ目的の人追跡機能として提案する。

この提案方法の有効性を検証するために予備実験を行った。予備実験では、Wizard of OZ 法 (WoZ) を用いて全自動、全手動、手動回転—自動前進、自動回転—手動前進（提案手法）の 4 条件を用意し、大学生 10 名の被験者内計画によって 4 条件を比較した。各条件ごとに社会的テレプレゼンスはアンケートによる主観評価で、操作性をアンケートとストレスに相関があるといわれる LF/HF 値を心拍から算出して比較した。その結果、提案手法である自動回転—手動前進は、社会的テレプレゼンスを損なわず、なおかつ操作者のストレスも自動操作と同程度に低いということがわかった。結果の一例として、ストレス指標である LF/HF 値の条件間の比較を図 4 に示す。予備実験の結果から、提案方法が操作性と社会的テレプレゼンスを共に考慮したテレ保育ロボットの人追跡方法として適していることが確認できた。

### 4.2 半自動子ども追跡の実装

予備実験によって有効性が確かめられた半自動人追跡（ロボットが自動で回転することで子どもの方向のみ追跡し、前進を操作者が手動で行う）を実装する。高速色検出センサ Pixy (CMUcam5) と低解像度熱源センサを用い、これらの情報を統合して子どもの高速追跡を実現する。このようなモダリティの異なる複数の感覚器からの情報を統合し、それぞれの感覚情報の欠陥を相互に補完するなどして高度な認識機能を実現する技術をセンサフュージョンという。色センサの検出は 60fps と高速だが、誤認識が多い。サーモセンサは低速ではあるが、人体やストーブなどの熱源を検知できる。そこで 2 つのセンサ情報を統合することで、高速で、ある程度の精度をもつ人追跡が実現できると考える。

### 4.3 色センサとサーモセンサの統合

ロボットはあらかじめ追跡対象の色（服など）と温度を登録する。まずロボットは色センサからの情報を用いて対象色の領域を見つけ、その領域の温度をサーモセンサからの情報を用いて登録した体温と比較する。そして、登録温度と近い温度の領域を一つ追跡対象として選び、色情報を用いて追跡する。

上記のアルゴリズムを ChiCaRo に実装し、温度を変えた同色の 2 個のボールを使って動作確認をしたところ、実装したアルゴリズムが正しく機能していることが確かめられた。

## 5. システムの試用実験

最後に、半自動人追跡機能をロボットに実装し、テレ保育ロボットの試用実験を行った。この実験の目的は、実際の子どもの半自動人追跡の有効性の確認と、全体の ChiCaRo シ

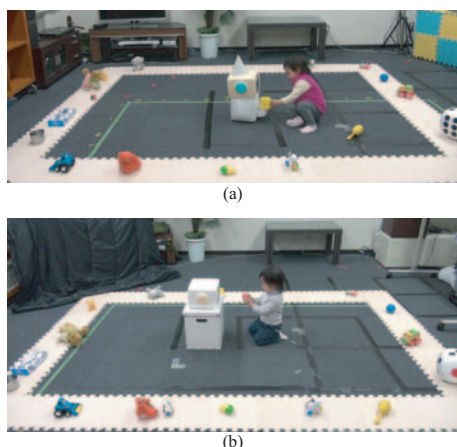


図 5: 子供追跡実験の様子（上は提案するロボット，下は一般的なビデオチャットシステム。）

表 1: 試用実験の結果

	ロボット	ビデオチャット
遊び継続時間 [秒]	297	190
子どもが画面に映った割合	0.79	0.54

システムが遊びの継続時間におよぼす影響を評価することである。実験には 1 名の 2 歳女兒とその母親が参加した。母親は ChiCaRo を離れた場所から操作し、子どもとビデオチャットをしながら物取りゲームで遊んだ。物取りゲームでは、子どもの周りに置かれた物体の中からいくつかを母親が選び、子どもに取ってきてくれるよう頼んだ。これは、4.1 節の予備実験タスクの応用である。この実験では 2 つの条件を用意し、各条件を別の日に行った。まず 1 日目は半自動人追跡が実装された ChiCaRo を用い、これをロボット条件と呼ぶ (図 5 (a))。2 日目は ChiCaRo のボディを箱に置き換えたものを使用し、これをビデオチャット条件と呼ぶ (図 5 (b))。これらの条件間の違いは、(1) 子どもの追跡有無、(2) 下半身が手のついたボディか単純な箱か、である。ロボットのボディの代わりとして箱を用いた理由は、子どもがビデオチャットシステムを ChiCaRo と同様に動くものだと予想してしまうのを防ぐためである。同時に、ビデオチャットシステムと ChiCaRo の存在感 (大きさ) の違いによる影響を排除するためでもある。遊びは、子どもが実験場から出てしまうか、遊びを終わらせたがるまで続けた。

### 5.1 試用実験の結果と考察

表 1 に、各条件での遊び継続時間と、その遊び時間中に子どもが操作画面に映った割合を示す。ロボット条件において、ChiCaRo に搭載されたカメラは子どもを約 80% の高い割合で捉えた。ロボット条件で母親はほとんど ChiCaRo の操作を行っていなかったため、ChiCaRo はほぼ常に半自動人追跡手法によって回転していた。これらの結果は、素早くそして不規則に動く実際の子どもに対して半自動人追跡が有用であることを示唆する。ただ、ロボット条件で 20% は子どもを見失っており、半自動人追跡が時々失敗したことがわかる。その理由として、子どもがロボットの背後に回りこむとき、予想していたよりもロボットに接近して通り抜けたことが挙げられる。半自動人追跡の精度向上は今後の課題である。

子どもはビデオチャットを使ったときよりも ChiCaRo を使ったときの方が長く遊べた。この結果が示唆するのは、遠隔地から幼児と長く遊ぶという目的における子どもの追跡の重要性で

ある。ビデオチャット条件では操作画面上から子どもがたびたび消え、母親が子どもの様子をあまり知らないために子どもへの反応の質が劣り、その結果遊びが長続きしなかったのではないかと我々は推測する。また、ロボット条件で遊びが長続きした別の要因として、ロボットの身体性の影響が挙げられる。特にロボットのハンドは有効であった。図 5 (a) のように、子どもは数回おもちゃをロボットのハンドに乗せたり入れたりして、それが遊びを進展させるきっかけとなった。一方、ビデオチャット条件では、子どもはおもちゃをシステムの頭上に一度乗せたただけであった。これが意味するのは、子どもを追跡することだけでなく、身体的コミュニケーションもまた幼児との遊びの継続に重要であるということだろう。今回は被験者数が少なく、今後の追加実験は必須であるものの、この試用実験によって ChiCaRo システムが遠隔地からの子どもとの遊びに有効である可能性は示すことができたと思われる。

## 6. まとめ

本稿では、遠隔地から祖父母が幼児と遊ぶためのテレ保育ロボット “ChiCaRo” のプロトタイプの実現を目指した。まず家庭内育児支援のニーズと、テレ保育ロボットに対する要求を議論し、それを踏まえてロボットをデザインした。また子どもの追跡方法として、操作者に社会的テレプレゼンスを与えつつ操作のストレスをかけにくい半自動人追跡を提案した。最後に 2 歳児との試用実験を行った結果、ChiCaRo を使う方がビデオチャットシステムを使うよりも子どもと長く遊べることがわかった。今後は、ChiCaRo を使ってさらに遊びを長続きさせるよう、遊びをサポートする機能を充実させ、複数の幼児と祖父母に ChiCaRo を使ってもらい、テレ保育ロボットの育児支援の有効性を確かめていきたい。

## 参考文献

- [Hieida 14] Hieida, C., Abe, K., Attamimi, M., Shimotomai, T., Nagai, T., and Omori, T.: Physical Embodied Communication between Robots and Children: An Approach for Relationship Building by Holding Hands, in *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3291–3298 (2014)
- [Tanaka 14] Tanaka, F., Takahashi, T., Matsuzoe, S., Tazawa, N., and Morita, M.: Telepresence Robot Helps Children in Communicating with Teachers who Speak a Different Language, in *Proc. of the 2014 ACM/IEEE Int. Conf. on Human-robot Interaction*, pp. 399–406 (2014)
- [ベネ 10] ベネッセ次世代育成研究所: 第 4 回 幼児の生活アンケート・国内調査 報告書 (2010)
- [阿部 14] 阿部 香澄, 日永田 智絵, アツタミミ ムハンマド, 長井 隆行, 岩崎 安希子, 下斗米 貴之, 大森 隆司, 岡 夏樹: 人見知りの子どものロボットとの良好な関係構築に向けた遊び行動の分析, *情報処理学会論文誌*, Vol. 55, No. 12, pp. 2524–2536 (2014)
- [西沢 12] 西沢 俊広, 木下 和樹, 高野 陽介, 藤田 善弘, 油田 信一: 家庭用ロボットの事故発生リスク低減を目的とする取り扱い方法確認対話システム, *日本ロボット学会誌*, Vol. 30, No. 5, pp. 544–551 (2012)
- [村上 10] 村上 友樹, 中西 英之, 野上 大輔, 石黒 浩: ロボット搭載カメラの移動がテレプレゼンスに与える影響, *情報処理学会論文誌*, Vol. 51, No. 1, pp. 54–62 (2010)
- [中見 12] 中見 仁美, 桂田 恵美子, 石 曉玲: 幼児子育て期における家族からのサポートの重要性, *園田学園女子大学論文集*, Vol. 46, pp. 227–239 (2012)
- [田中 11] 田中 洋一: 幼児教育におけるメディア, *仁愛女子短期大学研究紀要*, Vol. 44, (2011)