

展示空間における体験共有を促すロボットガイド

角 康之¹ 松村 耕平^{†1} 権瓶 匠^{†2}

概要：本研究は、博物館や学会における展示見学者同士の気づきや興味の共有を促すことを目的とする。本研究の特徴は、見学者同士の何気ない会話の中から得られる、展示に対する気づきや面白さを、展示会場に常駐するロボットが収集し、新たな見学者に提示することで、展示空間内での気づきや知識を流通させることである。見学者の気づきや見学者同士の会話の収集には、PhotoChat と呼ばれる、写真撮影とその上への書き込みによって他のユーザと気軽に「会話」できるモバイル端末システムを利用した。PhotoChat システムは、本来、コミュニケーション促進を目的として人同士が利用することを想定しているが、今回は、展示空間に常駐するロボットが見学者の興味対象や見学者同士のコミュニケーションの様子をセンシングする手段としても利用した。具体的には、ユーザの滞り場所をセンシングし、写真や書き込みデータを展示エリアと紐づける仕組みを開発した。また、蓄積された写真データを、書き込みの量や写真間のリンク数などの特徴から自動的に分類する仕組みを開発した。見学者への情報提示を行うロボットについては、見学者の行動状況、つまり、特定の展示エリアでの滞在時間や PhotoChat 写真の撮影数に応じて、過去の PhotoChat 上の会話シーンを提示する仕組みを開発した。さらに、見学者への語りかけのシーン（他の展示エリアを推薦する等）に応じて、ロボットの発話や身ぶり動作を設計・実装した。展示会ワークショップにおける提案システムの動作実験を行い、ロボットの身ぶりによる空間情報提示の効果を確認した。また、ロボットの語りかけによる見学者同士の会話の発生など、興味深い現象が観察された。これらの観察から得られた知見を基に、ロボットの社会的メディアとしての価値について議論する。

Robot Guidance that Facilitates Visitors' Exxperience Sharing in Exhibition Space

YASUYUKI SUMI¹ KOHEI MATSUMURA^{†1} TAKUMI GOMPEI^{†2}

1. はじめに

本稿では、展示空間に常駐し、見学者の気づきや会話を活用して展示ガイドを行うロボットを提案する。図1は、試作したロボットガイドシステムを展示空間で動作させている様子である。見学者各々は、PhotoChat^[1] と呼ばれる、写真とその上への書き込みに基づいたコミュニケーションツールを使って、展示に関する気づきを共有し、チャットしている。展示会場の中心にいるロボットは、PhotoChat 上でなされる「会話」から、見学者たちの興味や展示間の関

連性を読み取り、新しい見学者に対して展示ガイドを行う。



図1 見学者間の「会話」を利用したロボットガイド

本稿では、展示の関連情報を提示するにあたって、ロボットの身ぶりや語りかけが、見学者の情報提示に対する

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan
^{†1} 現在, 立命館大学
Presently with Ritsumeikan University
^{†2} 現在, 野村総合研究所
Presently with Nomura Research Institute

受け入れの志向や見学者間のインタラクションに与える影響を議論する。

2. 見学者間の「会話」を利用したロボットガイド

本稿で提案するロボットガイドは、センサや携帯情報端末システムによって人の活動を見守り、そこから得られた状況解釈に基づいて情報強化を行う。

具体的なフィールドとして複数の見学者が行き来する展示空間を利用した。見学者一人一人は携帯情報端末を持ち、見学者同士で気づきや興味に関する情報交換を行う。一方で、環境に設置されたモーションキャプチャシステムによって、見学者の移動やエリア滞在の様子を実時間で認識する。

展示会場にはガイドロボットが常駐し、必要に応じて見学者に話しかけ、滞在中の展示エリアに関する話題を紹介したり、他の展示エリアを推薦する。その際、ロボットは、環境センサから得られる各見学者の立ち位置や、これまでの行動履歴を参照し、話しかけの相手やタイミングを図る。また、見学者たちが利用している携帯情報端末システム上での「会話」を参照する。すなわち、目の前の見学者の興味対象やその深さを推定するとともに、他の見学者によってなされた過去の「会話」を推薦情報として利用する。

このように、あらかじめ我々が用意した情報を提示するのではなく、利用者が我々のシステムを利用する経過で発した行動や情報を利用し、新たな利用者に情報提示するのが本研究の特徴である。また、情報提示の手段として、携帯情報端末で個人個人に提供するだけでなく、ロボットによる話しかけを利用することで、情報空間にある情報を物理空間の状況に埋め込む。その際に、ロボットの立ち位置、顔向け、方向指示のジェスチャなどが、情報の空間化や情報利用における社会的効果にどう影響するかが、本研究の興味である。

3. 関連研究

環境を理解しながら自律移動し、対面する人と対話しながら情報提供するロボットは、人工知能の典型的な研究目標の一つであり、これまでも多くの研究がなされてきた（例えば、博物館 [2] やオフィス [3] を案内するロボット）。それら黎明期のロボットは、主に、画像に基づいた環境理解や自律移動、そして音声対話の精度向上に注力していた

それに対して、人とロボットの間の社会的インタラクションに注目した研究が増えてきた。例えば、神田らのグループ [4], [5] は、小学校や科学博物館にロボットを長期的に滞在させ、子どもたちとロボットの間のインタラクションの蓄積データから、子どもたちの間の友人関係等も見えてくることを示した。また、山崎や葛岡らのグループ [6], [7], [8] は、博物館のガイドロボットの開発において、

人のガイドに学び、ガイドロボットの状況に合わせた立ち位置の変化や発話に合わせた指差しや頭部運動の調整について詳細な分析を行っている。

これらのガイドロボットの研究では、ガイド情報自体はあらかじめ研究者が用意したものが使われていた。それに対し我々の研究では、見学者同士が協調的に体験を通して得た知識や気づきを共有し合う環境の構築を目指し、知識や気づきの流通を促すメディアとしてのロボットを実現することを目指している。

人に話しかけて実世界コンテンツ獲得を目指す試みとして、話題性のあるニュースを取材するジャーナリストロボット [10] が提案されている。これは、画像特徴からニュース性のある対象物を発見して、音声対話によって取材を行うロボットの構築を目指しているが、画像特徴だけから体験の現場における重要シーンを見極めることは現状ではかなり困難である。それに対し本研究では、PhotoChat[1] で人やロボットが目じた対象を撮影した写真やその上への書き込みを共有することで、より深い意味理解に基づいた人ロボット間の知識共有をねらう。また、その知識を対象世界に対応付けて蓄積・提示することで、知識流通の直感性を高められると考える。

我々はこれまでも、展示会場における見学者間のインタラクションを計測・記録し、その一人称映像や発話音声をも仮想的に展示対象に貼り付けることで、展示空間での体験共有を促す方法を提案してきた [9], [11]。本稿では、展示空間内の見学者間の気づきや知識の獲得手段として、PhotoChat[1], [13] と呼ばれる、写真とその上への書き込みを共有できるチャットツールを利用する。そして、情報提示の手段として、ロボットの立ち位置、顔向け、方向指示のジェスチャなどが、見学者のサービス受け入れに与える影響 [12] を観察することが、本研究の大きな興味の一つである。

4. システム実装

図 2 はシステム構成図である。書籍展示を行う展示会をフィールドとし、あらかじめ展示見学者間の「会話」をコンテンツ化して、その後の展示会でロボットガイドを行う、という構成になっている。PhotoChat を利用して見学者間でなされた「会話」データは、その書き込みの量や状況に応じた閲覧量などから、写真ごとの重要性や展示に対する関連性を推測し、ロボットからの情報提示の際の話題として選択される。

システム構築の最初のステップとして、まず、2 回の書籍展示ワークショップを行い、参加者の展示に対する気づきや興味を収集した。図 3 がそのときの様子である。5 つの展示エリアが用意され、展示された書籍を手に取りながら各自自由に見学し、その際の気づきや知識を PhotoChat を通じて交換し合った。

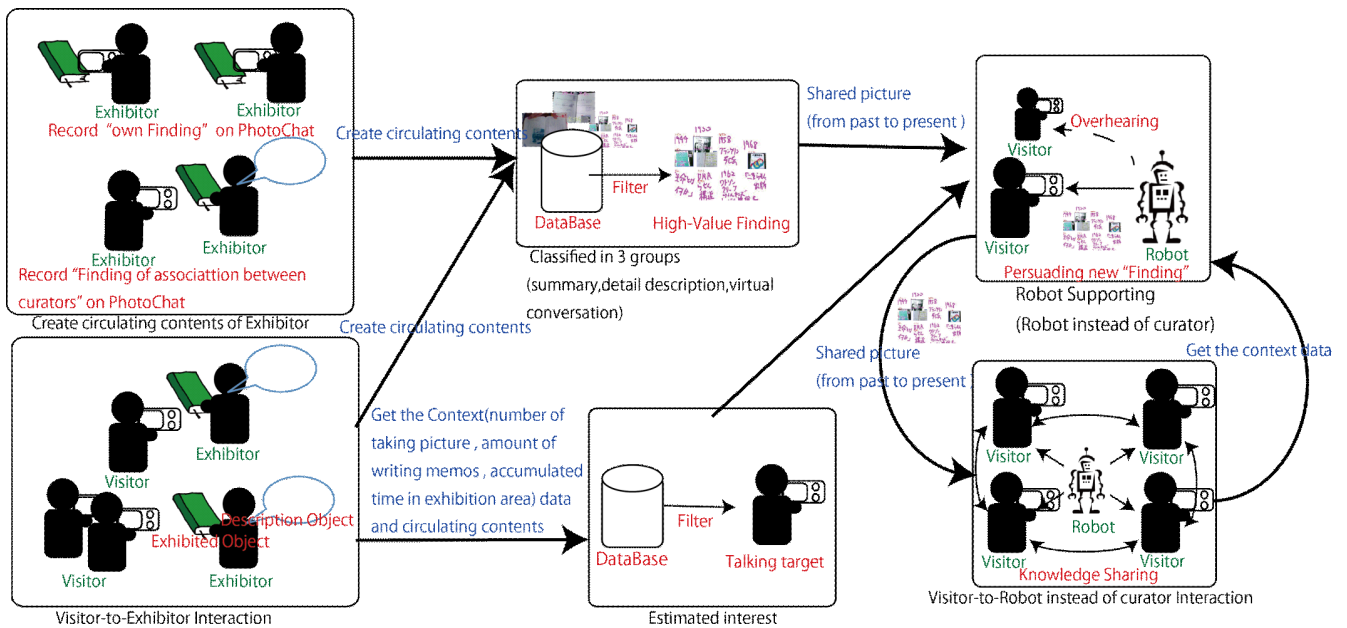


図 2 展示エリアで過去の会話情報を提示するロボットメディアのシステム構成図



図 3 書籍展示ワークショップの様子

図 4 は、ワークショップの際の PhotoChat の画面の一例である。PhotoChat は、カメラとペンタブレットを組み合わせたシステムで、写真撮影と、写真への書き込みができる。撮影された写真や書き込みは、実時間で他のユーザの端末にも送信され、twitter のようにタイムライン上に写真や書き込みが共有される。そのため、互いのちょっとした気づきや注目対象を気軽に共有することができ、写真の上でチャットをすることが可能になる。

2 回のワークショップで収集された PhotoChat データは、各端末で撮影された写真や書き込みデータである。それに加えて、いつ誰がどこで撮影、書き込みを行ったのか、といった状況情報が蓄積される。したがって、写真に写っている画像や書き込み文字の言語的な情報を読み取ることなく、状況情報のみの時系列パターンから、注目された展示

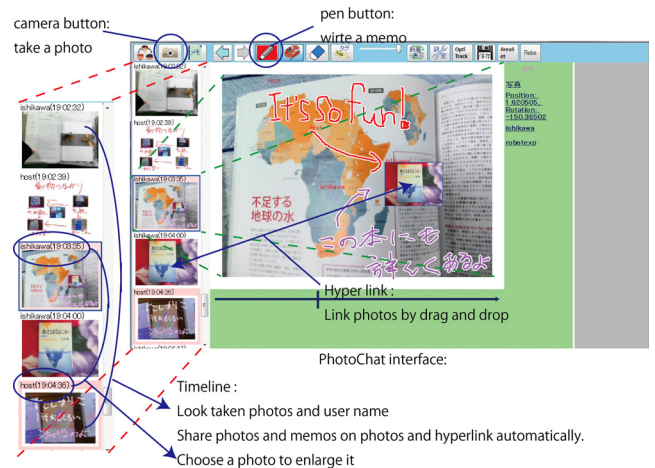


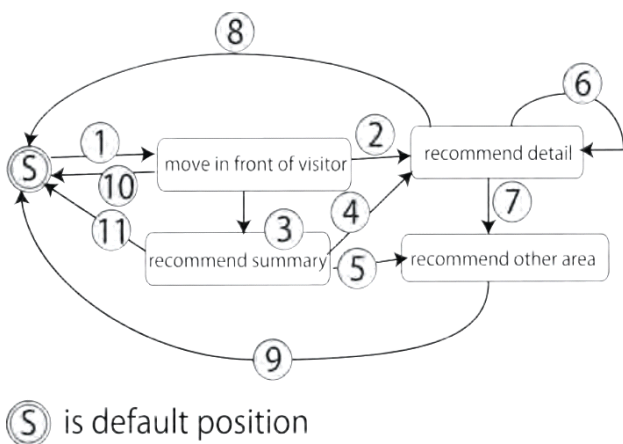
図 4 PhotoChat の画面例

エリア、会話の盛り上がり、見学者間の会話のパターンなどを推定することができる。なお、見学者の位置を判定するために、モーションキャプチャシステム (NaturalPoint 社製の OptiTrack) を利用した。展示空間を取り囲むようにカメラを設置し、PhotoChat 用の携帯情報端末にタグをつけて、間接的に各見学者の位置を計測することとした。

本稿では、後述の実験において、ロボットが展示内容に関連する会話情報を提示することと、他のエリアを推薦することを想定し、PhotoChat データから、個別の展示エリアについて会話の盛り上がった写真と、複数の展示エリア間の関係を示す写真の 2 種類を抽出し、ロボットによる語りかけ時の提示情報とすることとした。今回は我々の手作業によって、蓄積された会話データ (写真や書き込み) の分類とコンテンツ化を行ったが、Support Vector Machine を使った自動分類でも 86% 程度の精度で分類が再現できる

ことを確認した。

2回のワークショップとPhotoChatデータのコンテンツ化を経て、ガイドロボットを展示会場に常駐させた展示見学実験を実施した。ロボットは、個別の展示エリアにしばらく滞在し続けている見学者を見つけてその展示エリアでなされた会話（会話が盛り上がった写真）を提示する。また、2回のワークショップで収集された見学者の見学行動履歴から展示間の関連性を推定し、現在滞在している展示エリアと関係する他のエリアを推薦する。ガイドロボットの語りかけ行動のパターンは図5にあるように、あらかじめルール化した。



Ⓢ is default position

図5 ガイドロボットの動作ルール

5. 展示見学実験の実施と観察

書籍展示に関する2回のワークショップと、ロボットガイドを用いた実験を行った。ワークショップについては、図3にあるように、5脚の長机を用意して、各机ごとに展示エリアを作った。5人の展示者があらかじめ10冊前後の書籍を持ち寄り、独自の興味やストーリーで書籍展示を行った。1回のワークショップでは、展示者同士で各自の展示を見学して回り、各自の興味を語り合った。その際に、PhotoChatを使って、個別の書籍に関する気づきや付加情報、エリアごとのストーリー、複数のエリア間の関連性への気づき等を、写真や書き込みで記録した。もう1回のワークショップでは、他の見学者を招き、PhotoChat端末を携帯しながら自由に見学してもらった。その際、展示者が展示スペースの内側に立ち、展示説明を行った。

この2回のワークショップの後、先述した通り、PhotoChatデータからロボットガイドの語りかけ行為に伴うコンテンツを用意した。また、ロボットの語りかけ行動の設計と実装を行った。ただし、ロボットの移動に関しては実験者による遠隔操作とし、語りかけのタイミングや内容はシステムが実験者にプロンプティングするようにした。

ロボットガイドを用いた実験は2セッション行った。そ

こから興味深い観察結果を紹介する。

見学者は、自由に展示会場を歩き回りながら、書籍を手にとったり、気になった書籍を写真撮影したりメモをとったりしていた。ある程度の条件（滞在時間や写真撮影数）を満たすとロボットが近寄り、「このエリアではこういった会話がされていたよ」と話しかけ、過去に盛り上がった会話写真をPhotoChatに提示する。

多くのユーザはロボットの語りかけに反応してロボットの方を見た（11人中9人）、そして、9人中7人が、提示されたPhotoChat写真を確認した。さらにそのうちの5人が、その会話に対応した書籍を手にとった。このことから、提案システムは、過去の見学者による会話情報の提示によって、新たな見学者の見学体験にある程度影響を与えることができた、と言えよう。図6は、そういった典型的なシーンの例である。

さらに興味深い現象としては、ロボットによる語りかけによって、見学者同士の会話が発生したことである。ロボットの行動自体は、個別の見学者の状況に応じて個人向けの語りかけをするようにしか設計されていなかった。しかし、ロボットが話しかけると少なからぬ割合で、他の見学者（ロボットにとっては対象外の見学者）がそこに寄ってきて、一緒に展示書籍を手にとったり、そこでしばらく会話が始まる、ということが観察された（図7）。

個人化され過ぎた情報提示（携帯端末などを通じた情報提示や情報サービス）は、ターゲットとなるユーザしか情報享受することができない。それに対し、このようにロボットを通じた情報提示をすることで、情報提供が周辺に漏れ出し、結果的に、ユーザ間のインタラクションを促すことができたと考えている。このことは、情報空間の情報流通性の高さ、物理空間の状況依存性の柔軟さがうまく融合できた例と考えることができるのではないかと考える。

6. まとめと今後の課題

情報リッチな仮想空間と実在感リッチな物理空間を融合することを目指し、センサ環境とロボットを統合した空間の構築を行った。具体的には、複数の人が行き来する展示空間にガイドロボットを常駐させ、見学者間の情報端末上の「会話」を活用して、展示情報の提示や展示エリアの推薦を行うシステムを構築した。展示空間における小規模な実験から、情報提示の効果だけでなく、見学者同士の会話インタラクションを促す効果が観察された。

今回は会話収集のワークショップと、ロボットガイドの実験が別のフェーズに分かれてしまったが、展示の実フィールドにおいてより長期的な運用を行い、会話収集と再利用のループを同時に回すことが、これからの課題である。

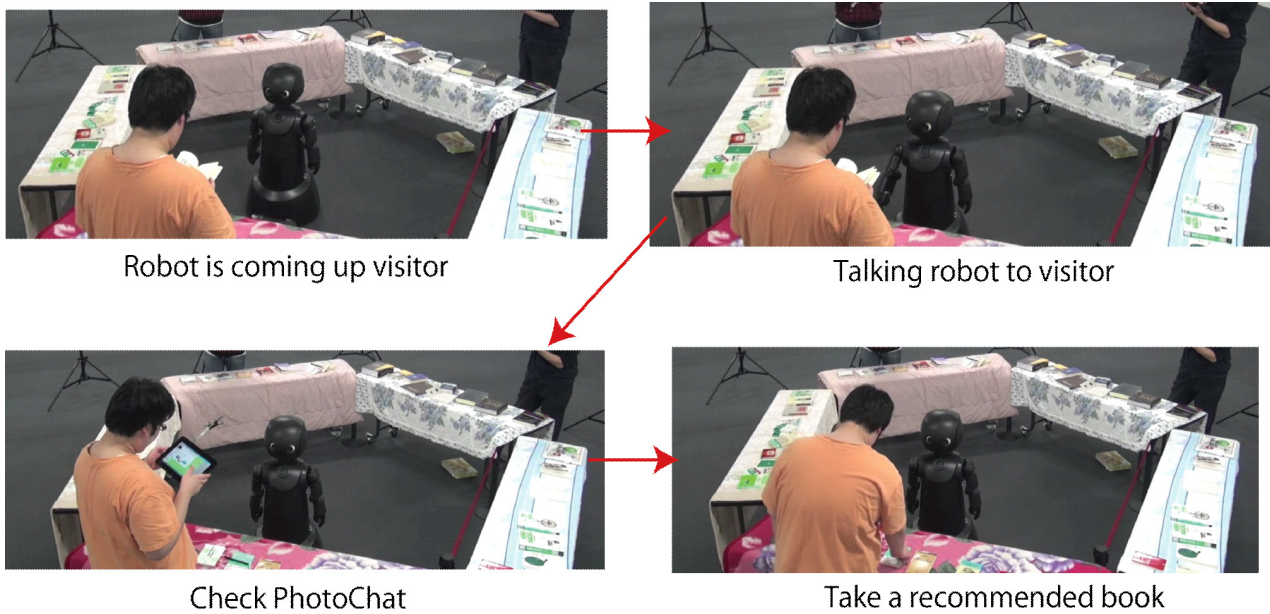


図 6 ロボットの話しかけへの反応 1：紹介された本を手にする

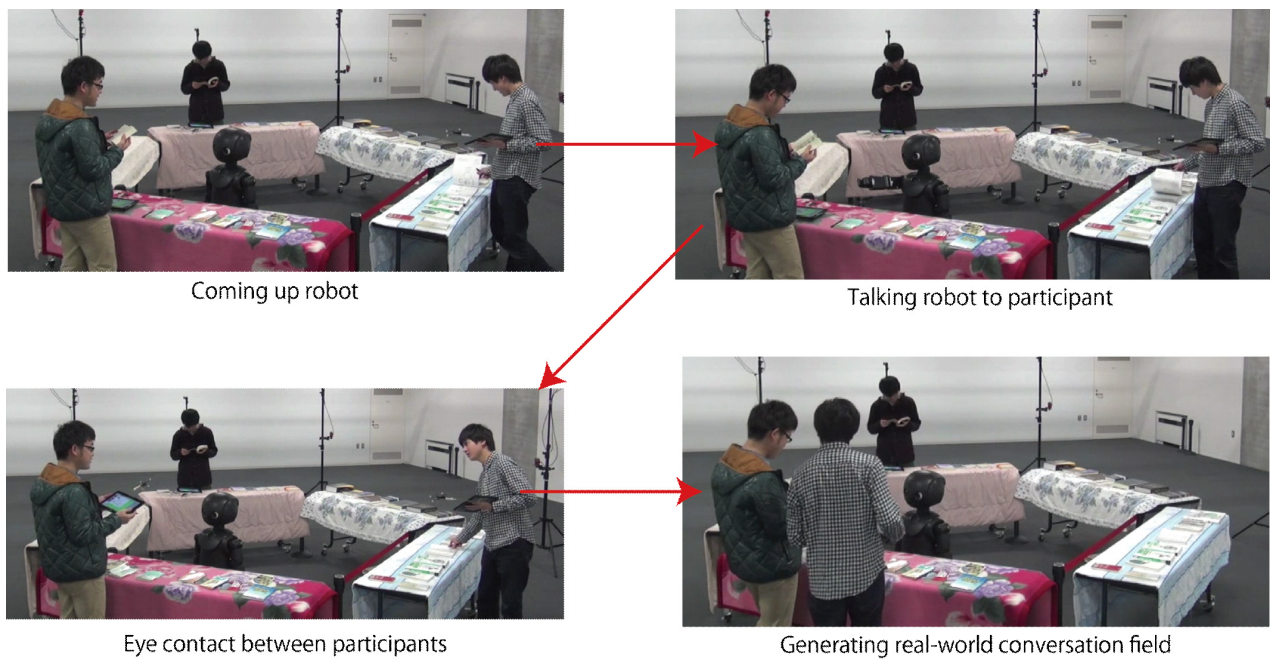


図 7 ロボットの話しかけへの反応 2：見学者同士の会話の発生

参考文献

- [1] 角康之, 伊藤惇, 西田豊明. PhotoChat: 写真と書き込みの共有によるコミュニケーション支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 6, pp. 1993–2003, 2008.
- [2] Wolfram Burgard, Armin B. Cremers, Dieter Fox, Dirk Hähnel, Gerhard Lakemeyery, Dirk Schulz, Walter Steiner, and Sebastian Thrun. The interactive museum tour-guide robot. In *Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98)*, pp. 11–18, 1998.
- [3] Hideki Asoh, Nikos Vlassis, Yoichi Motomura, Futoshi Asano, Isao Hara, Satoru Hayamizu, Katsunobu Ito, Takio Kurita, Toshihiro Matsui, Roland Bunschoten, and Ben Kröse. Jijo-2: An office robot that communicates and learns. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 16, No. 5, pp. 46–55, 2001.
- [4] Takayuki Kanda, Takayuki Hirano, Daniel Eaton, and Hiroshi Ishiguro. Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial. *Human-Computer Interaction*, Vol. 19, No. 1, pp. 61–84, 2004.
- [5] Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. Interactive humanoid robots for a science museum. In *ACM/IEEE 1st Annual Conference on Human-Robot Interaction (HRI2006)*, pp. 305–312, 2006.
- [6] Yoshinori Kuno, Kazuhisa Sadazuka, Michie Kawashima, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, and Hideaki Kuzuoka. Museum guide robot based on sociological interaction analysis. In *Proceedings of CHI*

- 2007, pp. 1191–1194. ACM, 2007.
- [7] Akiko Yamazaki, Keiichi Yamazaki, Yoshinori Kuno, Matthew Burdelski, Michie Kawashima, and Hideaki Kuzuoka. Precision timing in human-robot interaction: coordination of head movement and utterance. In *Proceedings of CHI 2008*, pp. 131–140. ACM, 2008.
 - [8] Hideaki Kuzuoka, Karola Pitsch, Yuya Suzuki, Ikkaku Kawaguchi, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, Yoshinori Kuno, Paul Luff, and Christian Heath. Effect of restarts and pauses on achieving a state of mutual orientation between a human and a robot. In *Proceedings of CSCW'08*, pp. 201–204. ACM, 2008.
 - [9] 川口洋平, 角康之, 西田豊明, 間瀬健二. 展示会場における過去の対話データを利用した分身プレゼンテーション. 情処研報 (モバイルコンピューティングとユビキタス通信/ユビキタスコンピューティングシステム), Vol. MBL-32/UBI-7, pp. 225–232, March 2005.
 - [10] Rie Matsumoto, Hideki Nakayama, Tatsuya Harada, and Yasuo Kuniyoshi. Journalist robot system: Robot system making news articles from real world. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS) 2007*, pp. 1234–1241, 2007.
 - [11] Yasuyuki Sumi, Kenji Mase, Christof Müller, Shoichiro Iwasawa, Sadanori Ito, Masashi Takahashi, Ken Kumagai, Yusuke Otaka, Megumu Tsuchikawa, Yasuhiro Katagiri, and Toyoaki Nishida. Collage of video and sound for raising the awareness of situated conversations. In Leonard Bolc, Zbigniew Michalewicz, and Toyoaki Nishida, editors, *Intelligent Media Technology for Communicative Intelligence (Second International Workshop, IMTCI 2004, Revised Selected Papers)*, Springer LNAI3490, pp. 185–194, 2005.
 - [12] Yoshikazu Koide, Takayuki Kanda, Yasuyuki Sumi, Kiyoshi Kogure, and Hiroshi Ishiguro. An approach to integrating an interactive guide robot with ubiquitous sensors. In *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004)*, pp. 2500–2505, 2004.
 - [13] 角康之, 小笠原遼子. 写真への書き込みによって気づきと表現を促す体験共有ワークショップ. 人工知能学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 449–456, 2011.