

なんだコイツは？ -

子どもたちはゴミ箱ロボットをどのような存在として捉えたのか

What's That? - How did Children Regard the Sociable Trash Box?

三宅 泰亮^{1*} 森 達哉¹ 吉田 紀子¹ 吉池 佑太¹ P. Ravindra S. De Silva¹ 岡田 美智男¹
Taisuke Miyake¹, Tatsuya Mori¹, Noriko Yoshida¹,
Yuta Yoshiike¹, P. Ravindra S. De Silva¹, Michio Okada¹

¹ 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹ Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

Abstract: Infants have “ the Power of weakness ” which gains parents ’ assistance to fulfill their mutual terminus. Since, we have developed Sociable Trash Box robot as a child-dependent robot that gains children’s assistance by its behaviors. In this study, we motivate to explore how the children regarded the Sociable Trash Box based on the fieldwork.

1 はじめに

本来「ゴミ箱」は「生き物」や「社会的な存在」からは最も遠い、モノや道具の代表格だろう。もし、この「ゴミ箱」が「生き物らしさ」や「ソーシャルな性質」を備えていたとしたら、私たち人とその「ゴミ箱」とはどのような関係を生みだすだろうか。

本研究では、これまで自らの能力に閉じた形で目的を達成する個体能力主義的なロボットではなく、むしろ幼児と養育者との関係論的なあり方を参考にして、他者の手助けを上手に引き出しながら、結果として目的を達成してしまうような「弱さをちから」にする関係論的なロボットを構想し、そのプロトタイプを「ゴミ箱ロボット」として構築してきた [1][2]。

この「ゴミ箱ロボット」はどのように振る舞うことで他者からの手助けを上手に引き出せるのだろうか。認知哲学者のデネット (Dennett) は、私たちがなにか動くものを目にした時に、おおよそ「物理的な構え」「設計的な構え」「志向的な構え」のいずれかの構えで解釈するのだという [3]。「ゴミ箱ロボット」は、本来はモノであり、子どもたちの乱暴な扱いの中で、倒れてしまうということもある。あるいは、ロボットであり、プログラムに従って動作しているという側面をもつ。ただ、その動きのデザインによっては、あたかも意思や意図を持ち、合目的に行動しているような振る舞いを生み出すことも可能だろう。小林らはロボットに擬人化可能な行動を行わせることでロボットの内部状態を表出し、人の協力的行動を引き出すという効果を確



図 1: ゴミ箱ロボット

認している [4]。その意味で、「ゴミ箱ロボット」も他者から意思や意図を持った存在として、つまり「志向的な構え」で捉えてもらうことは、一つの大きな要素といえるだろう。

実際のところ、ゴミ箱ロボットと関わる子どもたちは、このロボットをどのような存在として捉えているのだろうか。「心はだれにも見えないけれど、心遣いは見える」という言葉にあるように、子どもたちの心を推し量ることは難しいものの、その振る舞いを手がかりにできないだろうか。本研究では、「ゴミ箱ロボット」と子どもたちとの間に生まれるパーソナルスペースを手がかりに、それぞれの状況において、子どもたちがロボットをどのように捉えるかを考察した。

エドワード・ホール (Hall) は、人との関わり方に応じて、4種類の対人距離を取っていることを指摘している [?]。それぞれ、密接距離 (0 [m] ~ 0.45 [m])、個体距離 (0.45 [m] ~ 1.2 [m])、社会距離 (1.2 [m] ~ 3.6 [m])、公衆距離 (3.6 [m] 以上) と呼んでいる。もし、人とロボットの間でこのような距離の調整を確認できるので

*連絡先: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系
愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
E-mail: miyake@icd.cs.tut.ac.jp

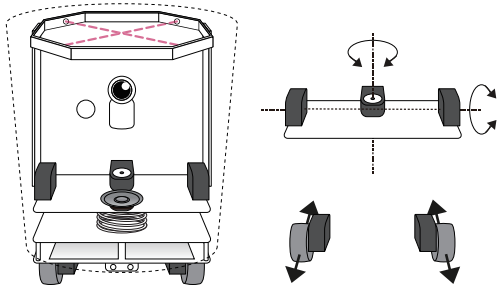


図 2: ゴミ箱ロボットのハードウェア

あれば、それを手掛かりに、人はロボットをどのように捉えたのかを議論できると考えられる。

本論文では、「弱さをちから」にする関係論的なロボットのプロトタイプである、「ゴミ箱ロボット (Sociable Trash Box)」の詳細について述べる。そして、ゴミ箱ロボットを用いた二つのフィールドワークの様子を考察した結果を述べる。また、それらのフィールドワークの結果に基づいて、子どもたちはゴミ箱ロボットをどのようなものとして捉えたかについて議論する。

2 ゴミ箱ロボット

本研究で構築してきた「ゴミ箱ロボット」を図 1 に示す。このロボットは、子どもたちの手助けを上手に引き出すことで結果としてゴミを集めてしまう他力本願なロボットである。単独での動作に加え、複数で群れをなすことで、ロボット同士の連携を可能とする。また、どのような振る舞いが子どもたちを手助けを引き出すのかを探るような、社会的な知性の獲得を目指している。

2.1 ハードウェア

ゴミ箱ロボットのハードウェア構成を図 2 に示す。

大きく分けて上半身と下半身という二つの部位に分けることができる。上半身は、左右に体を捻ったり、前後に体を曲げるためのサーボモーター、コンテナ内へのゴミの通過を検出する赤外線センサ、周囲の温度を測る焦電型赤外線センサ、カメラ、スピーカ、バネで構成されている。下半身は、移動するためのタイヤと、周囲との距離を測る距離センサ、バッテリー、小型 PC で構成されている。

図 2 でも示しているように、ゴミを拾うためのアームといった機構は備えていない。



図 3: フィールドワークの様子

2.2 ソフトウェア

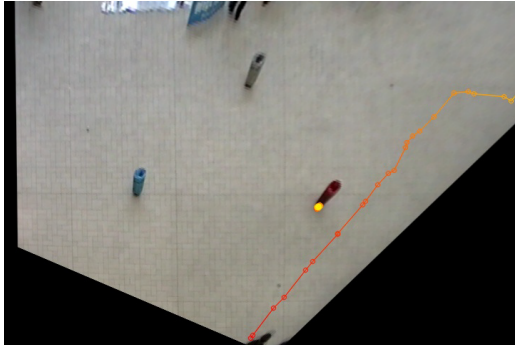
ゴミ箱ロボットは小型 PC (Fit-PC2, Atom Z530 1.6 GHz) 上で動作する Linux により制御されている。この PC を用いて前進やお辞儀、鳴き声を上げるなどのアクションを行う。自律的な動作と、遠隔操作を切り替えることができる。

3 フィールドワーク

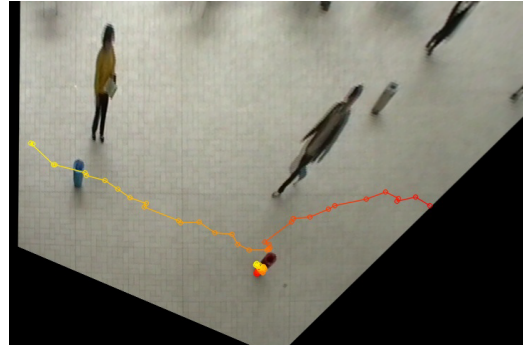
豊橋市こども未来館 ここにこの中央広場にてゴミ箱ロボットを遠隔操作で動作させ、広場を見渡せる 2 階の通路と、1 階の広場奥から広場の様子をビデオカメラで撮影した。2 階から撮影した映像を図 3 に示す。遠隔操作は、広場を見渡すことのでき、かつ子どもたちの気付きにくい 2 階の通路から行った。施設を利用する子どもたちは主に幼児から小学校高学年までの男女である。広場は施設入口に面しており、施設内を移動する際には必ず通る場所である。ゴミ箱ロボットと子どもたちの自然なインタラクションを観察するため、子どもたちに対して呼び込みや事前のロボットに関する説明は行わないこととした。広場は清掃されており、ゴミが落ちていることはなかった。そのため、本物のゴミの代わりに、洗浄し安全に配慮した空き缶やペットボトル、紙くずなどをゴミとして用意し、広場に 3 つ設置した。ゴミがなくなると、少し離れた所に子どもたちに気付かれぬよう注意しながらゴミの補充を行った。フィールドワークで得たデータは、研究目的のみ利用するという条件のもとで、施設の管理者や子どもの保護者からの許可を得ている。

3.1 子どもたちの取る距離と角度

人は相手に対して丁度良い距離でコミュニケーションを行う。そして、それは正面同士や隣同士、背中合わせなど、角度の違いでも変化する。子どもたちは口



静止している場合の子どもの軌跡



動いている場合の子どもの軌跡

図 4: ゴミ箱ロボットが動く場合と動かない場合の移動する子どもの軌跡

表 1: ゴミ箱ロボットの行動パターン






記号	振る舞い
MT-I	単独でゴミに向かって移動する 
MT-G	群れでゴミに向かって移動する 
MC-I	単独で子どもに向かって移動する 
MC-G	群れで子どもに向かって移動する 
NMB	静止する 

表 2: 関わっている距離のクラスタ

行動パターン	クラスタ数	距離の範囲
MT-I	2	0.25 ~ 2.88
		2.16 ~ 6.93
MT-G	3	0.56 ~ 1.54
		1.81 ~ 4.8
		4.9 ~ 6.56
MC-I	2	0.145 ~ 1.40
		1.28 ~ 9.183
MC-G	3	0.32 ~ 0.60
		0.63 ~ 1.452
		1.607 ~ 4.160

ロボットに対してどのような距離や角度をとるのか。また、ロボットの振る舞いを変化させることで、それらは変化するのだろうか。そこで、ゴミ箱ロボットの行動パターンに対する、子どもたちのロボットに対して取る距離や角度を調査した。表 1 に、用いた行動パターンを示す。3 人の遠隔操作者は、これらの行動パターンにしたがってゴミ箱ロボットのコントロールを行った。

2 階から撮影した映像から、子どものゴミ捨てを確認した時間から遡って 50 フレーム (10 fps, 5 sec) を各行動パターンから 15 例ずつ抜き出し、ゴミ箱ロボットと子どもたちの位置と、ゴミ箱ロボットの向いている方向を記録したロボットと子どもたちの距離や角度を求めるためには、広場を真上から見た映像を必要とした。そこで、広場の床に敷き詰められた 3 [m] 四方のタイルを利用してホモグラフィ変換を行い、擬似的に真上から見た映像へと変換した。

まず、静止したロボットと動いているロボットに対する子どもたちの振る舞いを示す。図 4 は、ゴミ箱ロボットが静止している場合 (右図) と動いている場合 (左図) での、子どもの動きの軌跡である。静止している場合の子どもの軌跡は直線であり、ロボットに対して興味を持っていないように見える。一方で、動いている

場合はロボットに引き込まれるような軌跡であり、ロボットに対して興味を持っているように見える。

次に、動いているロボットの行動パターンによる距離と角度の違いを示す。ゴミ箱ロボット - 子ども間の関わっている距離を静止を除いたゴミ箱ロボットの行動パターン毎に混合正規分布モデルを用いてクラスタリングを行った。その結果を表 2 にまとめた。

MT-I, MC-I はどちらも 2 つのクラスタ数で、距離の範囲を他のクラスタと重複しているが、MT-G, MC-G はどちらも 3 つのクラスタ数で、距離の範囲を他のクラスタと重複していなかった。また、MT-I, MC-I, MC-G は密接距離の範囲内に最小値を持っている。MC-G の各クラスタは、MT-G のものと比べてゴミ箱ロボットにより近い距離の範囲となっている。

ゴミ箱ロボット - 子ども間の関わっている角度を距離と同様にクラスタリングを行った。ロボットの正面に対する子どもの位置から算出した角度を以下の sociopetal-sociofugal スペースに分類した。FA: 正面 ($-45^\circ \sim 45^\circ$), LA: 左側面 ($-135^\circ \sim -45^\circ$), RA: 右側面 ($45^\circ \sim 135^\circ$), BA: 背面 ($-180^\circ \sim -135^\circ, 135^\circ \sim 180^\circ$)。その結果を表 3 に示す。

単独の場合では BA からの関わりが見られ、群れの

表 3: 関わっている角度のクラスタ

行動パターン	クラスタ数	スペース
MT-I	3	FA, RA, BA
MT-G	3	FA, RA, LA
MC-I	2	FA, BA
MC-G	3	FA, RA, LA

表 4: アクションパターン

アクションパターン	内容
A1 お辞儀	上体を前方に曲げる
A2 キョロキョロ	上体を左右に捻ることでカメラを左右に向ける
A3 クルクル	その場で回転する
A4 声	「もこもん」と聞こえる音を発する
A5 子どもに近寄る	子どもに向かって前進する
A6 ゴミに近寄る	ゴミに向かって前進する
A7 静止	移動をやめる
A8 ありがとう	A1 + A4

場合では見られなかった。

3.2 子どもたちの関わり方

フィールドワークを行っているとき、ゴミ箱ロボットに対し子どもたちは、一人で関わってくるだけでなく、親や兄弟、他の子どもと一緒にという関わり方も観察された。渋谷は、見知らぬものと関わる幼児の母親の足元を足場としたおそろおそろ関わる様子を報告している [5]。一緒に居る存在によって関わり方に変化があるのではないだろうか。そこで、関わっている子どもと一緒に居る存在とその子どものゴミ箱ロボットへの関わり方を調査した。表 4 に、用いたアクションパターンを示す。1 人の遠隔操作者は、これらのアクションパターンを組み合わせることでゴミ箱ロボットのコントロールを行った。

記録された映像を調べた所、子どもとゴミ箱ロボットの関わりには、親と一緒に、他の子どもたちが一緒に、一人の 3 パターンを確認した。映像や測距センサ、行ったアクションパターンのログから、各パターンの一連の関わり方をまとめた。母親と一緒に関わった子ども (C1) とロボットの一連の関わり方を表 5 に、他の子ども (C3) と一緒に関わった子ども (C2) とロボットの一連の関わり方を表 6 に、一人でロボットと関わった子ども (C4) とロボットの一連の関わり方を表 7 に示す。距離の分類は、Hall の対人距離を参考に、ロボットを中心にそれぞれ A: 密接距離 (~0.45 [m])、B: 個体距離 (0.45 [m] ~ 1.20 [m])、C: 社会距

表 5: 母親と一緒に関わった子ども

No.	AP	C1 の振る舞い	母親の振る舞い	距離の分類
1	A2		C で抱いている子どもを下す	C
2	A2	近寄る	領域 C から見守る	B
3	A1	離れる	領域 C から見守る	B
4	A4	近寄る	領域 C から見守る	A
5	A7		「ゴミを拾ってあげて」	C
6	A3	拾う	領域 C から見守る	—
7	A8	入れる	領域 C から見守る	B
8	A3	拾う	領域 C から見守る	C
9	A8	入れる	領域 C から見守る	—
10	A3	拾う	領域 C から見守る	B
11	A8	入れる	領域 C から見守る	C
12	A5	逃げる	領域 C から見守る	C
13	A2	バイバイ	「そろそろ行こうか」	C

離 (1.20 [m] ~ 3.60 [m])、D: 公衆距離 (3.60 [m] ~) とした。また、ロボットを中心に各距離を同心円状に広げたものを、領域 A,B,C,D とした。

3.2.1 母親と一緒に関わった子ども

図 5 は、表 5 の関わりがどの領域で行われていたかを示す。なお、表 5 の No.6 と No.9 において、子どもはゴミを拾うために移動したため、距離の分類は行わないこととした。

この場面の様子は次のようなものであった。まず、母親 (以下 M) は、子ども (以下 C1) を降ろした後も、その場から動かず、子どもを領域 C から見守っている。C1 は、ゴミ箱ロボット (以下 R) の A2 を行う様子を 1m ほど離れて観察し始めていた。そして、R の A4 の動作をきっかけに、C1 との距離はさらに短くなった。しかし、その後、C1 は M の付近に戻った。そこで M は「ゴミ拾ってあげて」とゴミのある方向に指を指しながら、C1 に声をかけ、ゴミを入れるよう促した。C1 は、そのゴミを拾い、再び R に近づいた。そして、ゴミを入れ、R の反応を見た。その後、C1 は自発的にゴミを拾い、捨てるという行為を繰り返した。しばらくして、C1 は再び領域 C に移動し、R を観察していた。すると、M が「そろそろ行こうか」と C1 と手をつなぎながら離れて行った。その際 C1 は R に向けて手を振り続けていた。

表 6: 他の子どもと一緒に関わった子ども

No.	AP	C2の 振る舞い	C3の 振る舞い	距離 の分類
1	A2			D
2	A2	「入れて良い ですか？」		B
3	A4			B
4	A7	「入れて良い ですか？」		B
5	A7	ゴミを入れる		B
6	A8			B
7	A5	後ろに逃げ 再び戻る		—
8	A7	「こっちおいでー、 あっかんべー」	ロボット に近寄る	B
9	A5	後ろに逃げる		C
10	A2	ロボットの後ろに 回り込もうとする		C
11	A7		ロボット に触れる	C
12	A2	控えめに蹴る		B
13	A4			B
14	A2	控えめに蹴る		B
15	A7			C

3.2.2 他の子どもと一緒に関わった子ども

図 6 は、表 6 の関わりがどの領域で行われていたかを示す。なお、表 6 の No.7 において、子どもは領域 B から領域 C に移動し、すぐに領域 B に戻ったため、距離の分類は行わないこととした。

この場面の様子は次のようなものであった。まず、子ども（以下 C2）がゴミを持ちながら、R に走り寄ってきて、R に対して「入れて良いですか？」と聞いた。R は A4 の動作をしたところ、再度 C2 が「入れて良いですか？」と聞いた。そして、C2 はゴミをいれ、R の反応があるまで、その場でじっとしていた。その後、R が A2 の動作をすると、C2 はすぐに後ろに下がった。しかし、すぐ R に近寄り C2 は「こっちおいでー、あっかんべー」と言った。R は C2 に対し A5 を行ったが、C2 は R から遠ざかった。その際に、もう一人の子ども（以下 C3）が R に近づき、R を触ったり、押したりした。すると、C2 は C3 がそうする様子を見て、控えめに蹴った。そして、R は A4 の動作をし、C2 は再度蹴った。

表 7: 一人でロボットと関わった子ども

No.	AP	C4の 振る舞い	距離 の分類
1	A5		B
2	A4		B
3	A2	カメラを覗き込む	A
4	A1	「怖い」	D
5	A2	「こっち見ないで」	A
6	A6	ゴミを投げ入れた	B
7	A8		C
8	A7	歩きながら ゴミ箱ロボットを見る	—
9	A2		C
10	A1		B
11	A7		A
12	A5		B
13	A4		A

3.2.3 一人でロボットと関わった子ども

図 7 は、表 7 の関わりがどの領域で行われていたかを示す。なお、表 7 の No.8 において、子どもは領域 C 付近にて移動し続けていたため、距離の分類は行わないこととした。

この場面の様子は次のようなものであった。まず R は、A5 や A4 の動作をしたものの、子ども（以下 C4）は反応を示さなかった。しかし、R が A2 の動作をした時、C4 は R のカメラ部分をのぞき込んだ。R は A1 の動作をすると、C4 は少し笑いながら「怖い」と言い、R から離れた。そして、少し経ってから、C4 は領域 A まで接近した。R はその際、A2 の動作をしており、C4 は R のカメラを見ながら「こっちを見ないで」と言った。その後、C4 は近くあったゴミを拾い、R の反応を見ていた。すると、C4 は R に「タッチして」と言い、R が A1 の動作をして C4 に接触すると、C4 は R から遠退いた。しかし、C4 は A7 の動作をする R を見て、再度、領域 A まで接近した。最後に、C4 は領域 B に移動し、座って手を広げて R の反応を見ていた。

4 考察

子どもたちはゴミ箱ロボットをどのような存在として捉えたかについて考察する。

まず、図 4 の軌跡から考える。本来はモノであるゴミ箱ロボットは、静止している場合はモノに変わらず、動いている場合は「何だコイツは？」といったように子どもたちを引き寄せる存在となっている。このことから、動いているゴミ箱ロボットを子どもたちは、モ

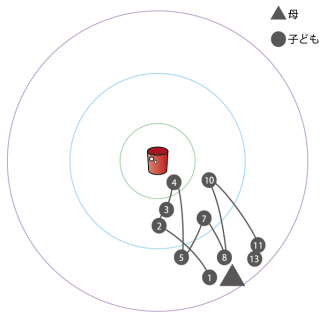


図 5: 母親と関わった子ども

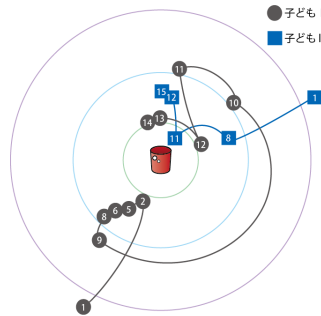


図 6: 他の子どもと関わった子ども

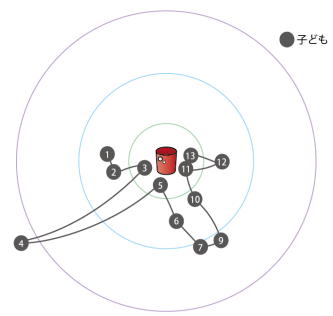


図 7: 一人で関わった子ども

ノとしての物理的な構えではなく、ロボットとしての設計的な構え、あるいは意図や意思を持った存在としての志向的な構えで捉えていたと考えられる。

次に、行動パターンを変化させた場合の子どもたちの取る距離と角度から考える。MT-G, MC-G は、重複なく 3 つに分かれた子どもの関わる距離の範囲を持ち、背面から関わる子どもがいない行動パターンである。神田らはロボット同士の対話を観察させることにより、人はそのロボットを自然なコミュニケーションの対象とみなすようになると述べている [6]。群れて行動していたゴミ箱ロボットを観察をしたことで、志向的な構えで捉えた結果、背面から関わる子どもが居なくなり、関わる距離も重複なく 3 つに分かれたのではないかと考えられる。

一方で、MT-I, MC-I は、重複した 2 つの子どもの関わる距離の範囲を持ち、背面から関わる子どもがいた行動パターンである。ここで、子どもたちの関わり方を見る。図 5, 図 6, 図 7 において、どの子どもも近寄りたり離れたりを繰り返し、密接距離まで近づいていることがわかる。母親や他の子どもの存在により、C1, C2 では捉え方を変化させていたことから、総じてゴミ箱ロボットをどのような存在か探索していたと考えられる。MT-I, MC-I は密接距離の範囲内に距離の範囲の最小値を持っている。また、ロボットの背面からも関わろうとしていた子どももいることから、MT-I, MC-I では、子どもたちはゴミ箱ロボットを捉えかねていたのではないかと考えられる。このとき、親や他の子どもなどの存在により、意思や意図を持った存在として捉えてもらう余地は十分にあるだろう。

5 まとめ

本稿では、子どもたちはゴミ箱ロボットをどのような存在として捉えているのかを明らかにするために、公共施設でのフィールドワークを実施した。ゴミ箱ロボットに対する周囲の参加者の振る舞いや距離の取り方を

調べることで、ゴミ箱ロボットに対し子どもたちが探索的に関わる様子や、志向的な構えを取っていると考えられる場面を確認した。今後は、こうして得られた知見を元に、子どもの振る舞いからさらに考察を重ねていく。

謝辞

フィールドワークの実施を快諾して頂いた豊橋市子ども未来館 ここにこの皆様に感謝の意を表する。本研究の一部は科研費補助金 (基盤研究 (B) 21300083) によって行われている。

参考文献

- [1] 岡田 美智男: 人とロボットとの相互行為とコミュニケーションにおける身体性, 現代思想, Vol. 36, No. 16, pp. 300-311 (2008)
- [2] 吉田 善紀, 吉池 佑太, 岡田 美智男: SociableTrash-Box: 子どもたちと一緒にゴミを拾い集めるロボット, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 27-36 (2009)
- [3] Dennett, D.: *Kinds of minds*, Harper Collins Publisher (1996), (土屋 俊訳: 心はどこにあるか, 草想社 (1997))
- [4] 小林 一樹, 山田 誠二: 擬人化したモーションによるロボットのマインド表出, 人工知能学会論文誌, Vol. 21, pp. 380-387 (2006)
- [5] 渋谷 昌三: 人と人との快適距離, 日本放送出版協会 (1990)
- [6] 神田 崇行, 石黒 浩, 小野 哲雄, 今井 倫太, 中津 良平: 人 - ロボットの対話におけるロボット同士の対話観察の効果, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-D-I, No. 7, pp. 697-700 (2002)