

日常社会で活動するコミュニケーションロボットを目指して

平野貴幸^{1&2}, 神田崇行¹, 石黒浩¹

¹ATR知能ロボティクス研究所, ²北陸先端科学技術大学院大学

概要: 日常社会で活動するロボットには周囲の人を識別し, 適応的に振舞う機能が求められる. 本稿では, まず無線タグを人に持たせることで達成される個人識別機能を用い, ロボットがその周囲の人間と社会的関係を築くために, 新たなロボットのメカニズムについて提案する. さらに我々はこのシステムによって実現したロボットを実際に小学校での英語教育に用いた実験について報告する. 実験は2週間にわたって行われ, 子供達は自由にロボットと相互作用した. 本稿ではこの探索的な実験の結果を報告する中で, 日常社会で活動するロボットの有用の可能性と課題を議論する.

Toward communication robots working in our daily life

Takayuki Hirano^{1&2}, Takayuki Kanda¹, Hiroshi Ishiguro¹

¹ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories and

²Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: Communication robots that work in our daily life should have person identification functions. At first, we suggest a mechanism of communication robots to establish social relationship between robots and humans, which is based on RFID technology. Next, we report results of an experiment we applied the developed robot for English education in an elementary school. In the experiment, students have interacted with the robot in English for two weeks. Through analyzing the results, we discuss a possibility and problems of future communication robots that would establish long-term relationships with humans.

1. はじめに

今日, 二足歩行ロボットをはじめとして, 次々にヒューマノイドロボットが開発されている. その一方で, 我々の日常社会において人間と関わりながら活動するロボット[1,2]の実現に向け, その研究が始まっている. しかしこれらの研究において, これまでのところロボットを人間の日常社会で動かす試みはあまり行われていない. 特に現在, 人間社会で活動するロボットの多くは, 道案内[3]や家庭内でのインタフェース[4]のような命令実行型のタスクを行うことで人を支援することを目指している. しかし実際の日常社会において, ロボットが人と共存するという状況を想定した場合には, 正確なタスク遂行よりも, むしろ人との円滑なコミュニケーションを実現することが重要な課題となる.

一方, これらのロボット開発の状況に対して, 人間自身と同様に, ロボットの持つ身体性を利用した研究が行われている. 特にこれらの研究では, ロボットの身体が人に対して引き起こす様々な相互作用を対象としている[5,6].

つまり, これらの研究を背景として, 我々は日常社会で活動するロボットには, まず人との相互作用を展開できる機能が求められると考える. そしてロボットが, 人同士のようなコミュニケーションを達成しなければならないという課題に基づき, 我々は, 日常社会において人間と様々な相互作用をしながらロボット自身と人間が社会的な関係を築くための方法論を考える. つまりタ

スク指向型ではなく, インタラクション指向型のロボットの実現を目的に, 日常社会で活動する人間共存型のロボットを目指す.

本稿では, まず実際の人間生活に対して, 人間と長期的な関係を築くために有効だと予想するコミュニケーション機能を付加したロボットの開発について報告する. このロボットは, 無線タグを人それぞれに持たせることによって, 個人識別を行うという技術に基づいており, ロボットは対話者を同時に識別し, 対話者個人に対して適応的に振舞うことができる.

そして我々は, 実際に人間の日常生活を対象にして, このロボットを動かすという探索的な実験を行った. ここでは, 人間が日常生活を行う環境として, 教育の現場「学校」を取上げた. さらにこのロボットを英語教育のツールとして位置付けた. つまり我々はこのタスクによって, このロボットの持つコミュニケーション能力について, 具体的な検証を試みた. 特に, 小学校での社会的実験の動機は, 日本における英語教育について着目した結果である. 日本では授業において単語や文法を優先して教える傾向が強く, 英語でのコミュニケーションのきっかけや会話の実体験が不足していると考えられる.

我々は, ロボットの一つのタスクがコミュニケーションのきっかけを与えるという側面を持つのかということ进行调查する一方で, その結果が従来からの語学教育を改善する有力な効果を発揮するのか否かについても検証する.

2. システム構成

2.1 個人識別によるロボット - 人間相互作用

一般に、従来のロボットの対話能力は、主に対話者を予め特定しない場合において、接する人のすべてに同一動作を提示し続けるという傾向にその特徴が見受けられた。これでは、居合わせる人に違和感を抱かせるばかりか、人間との相互作用を達成できないだろう。

本来個体群として存在している人間は、互いに長期的な関係を築くために記憶を活用している。誰が、「いつ」、「どこで」、「何をした」といった多くの共通カテゴリーを個人毎に設け、これらに基づいた振る舞いを対応する個人それぞれに出力することによって、無意識ではあるが個人と個人の間を育てている。つまりロボットが多量の個人との対話の場を通じて、有意義な相互作用行動を展開するためには、個人識別と同時に長期的な時間の中で各個人の情報をその都度取得し、人それぞれと互いの関係を形成していかなければならない。

まずこのような観点から、個人識別とそれによって可能となる個人情報に基づくコミュニケーションロボットの実現を目指す。

2.2 参加者と観察者による対話モデル

言語学の分野において、Clark[7]は、対話者を2つのカテゴリーである参加者と傍聴者にクラス分けし、誰が会話に関連しているかを定義している。この時、参加者は会話中において主に話し手と聞き手である。一方その会話に参加せず、ちょうど見聞する立場にあるのが傍聴者である。

我々は、以上のClarkの理論に基づいて、ロボットの周囲にいる人達を、「参加者」と「観察者」という2つのクラスに分類することにより、ロボットが人と密接した対話状況下で個人識別を行う機構モデルを定義した(図1)。参加者クラスは聞き手・話し手に相当する単数の会話相手である。一方、観察者クラスはロボットとの対話状況に近い密接した周囲の位置にあり、ロボットの認識のもとにあるが、ロボットとの会話には参加することなく見聞のみをする人達である。

さらに、ロボットがこれら2つのクラスを識別するために、我々はロボットと人間の間物理的な距離を利用する。

Hall[8]は、会話中における人同士の間でできる距離を幾つかのレベルを用いて定義している。この定義に従うと、対話者同士が必要とする会話

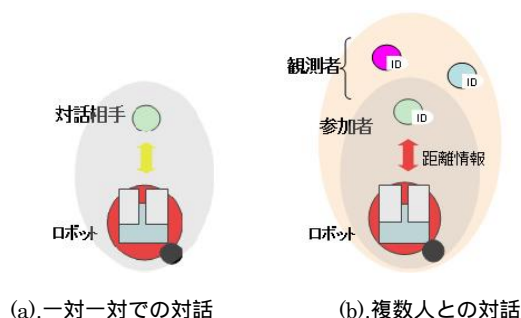


図1. ロボットと密接した状況での対話モデル

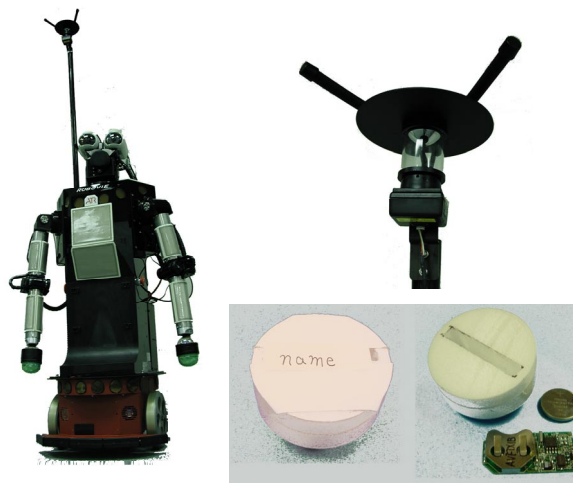


図2. Robovieと無線による識別システムの概観

距離は1.2[m]以内とされる。これに対し、始めて会った人同士が疎かな対話をする場面に際して使用する社会的距離は、1.2[m]から3.5[m]であると定義される。従ってロボットとの密接な位置において、会話に参加する人の誰もが、偶発的にこの状況下に達することができるよう、我々はロボットとの対話距離が1.2[m]の範囲内にいる最も近い人を参加者として仮定した。

3. ソフトウェア構成

3.1 ハードウェア構成

コミュニケーションロボット: Robovie

図2は本研究に用いたロボット: Robovie[9]の概観である。このロボットは人間とコミュニケーションすることを目的に開発された。特に多くの関節に取り付けられたモータ動作により豊かな身体動作の表出や発声等の機能を持つ。

また人との相互作用を有意義にするために、視覚、聴覚、触覚、超音波等の十分なセンサ群を装備している。さらに円滑な対話を促すために、無線LAN機能を備えている。この機能によりロボットは自律した動作を提示ことができ、インターネットからの情報を活用して対話に反映することもできる。

無線による個人識別システム

無線による個人識別システムにはスパイダシステム[10]を採用した。これはリーダーと受信アンテナ、ID発信タグから構成される装置である。

IDタグは、303[MHZ]の周波数でID情報を一定の時間間隔で発信する。またタグの大きさは、6[cm]と比較的小型であるため容易に人が持ち運ぶことができる。このタグをロボットと対話する人々に持たせることで多人数と同時に対話するロボットシステムを実現する。

3.2 ソフトウェア構成

3.2.1 アーキテクチャ

本章では多人数と同時に対話するコミュニケーションロボットのソフトウェアアーキテクチャについて報告する。ソフトウェアの基本は対話的行動を実現する状況依存モジュールと、状況依存モジュール間の実行順序を規定するエピソードルールから構成される(図3)。システムは逐

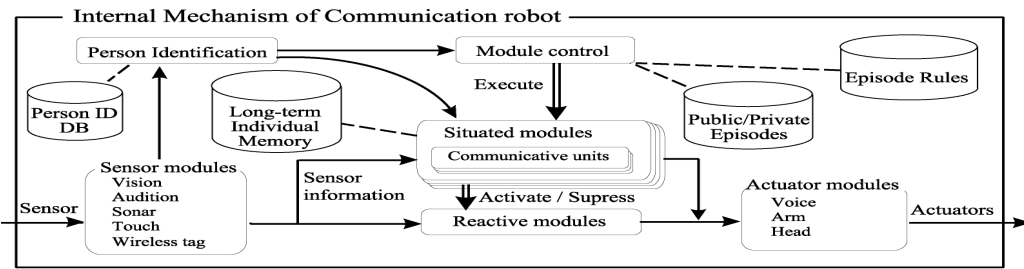


図3.ソフトウェアアーキテクチャの基本構成

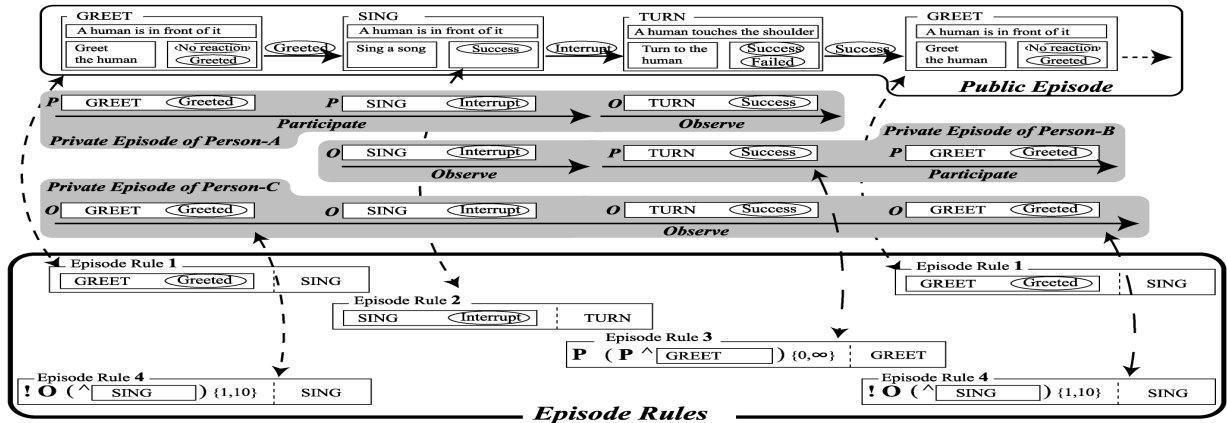


図5.エピソードとエピソードルールの振舞い

次的に状況依存モジュールを実行し続けることで、人間との対話を試みる。

また個人識別機能に対して4種類のデータベースを設けた。個人IDデータベース、個人的な情報を記憶するための長期記憶、エピソードルールを記録するデータベース、さらに人それぞれのコミュニケーション履歴を別々に保つための個人エピソードデータベースである。これら各要素の統合により、システムは個人情報の逐次取得を実行する。

3.2.2 状況依存モジュール (Situating modules)

我々は、人-ロボットインタラクションは、お互いの「動作」と「反応」が組み合わさって実現されるものであると考える。つまり人間がロボットに対して何か行動すると、ロボットはその人間の行動に反応する。またロボットが人間に対して行動すると人間はその動作に反応する。

このような動作と反応の連鎖を実現するために、状況依存モジュールは用意される。状況依存モジュールは特定の状況において相互的かつ反射的なビヘービア(表現と認識の組合せ)をロボットに実行させることで、人に働きかける。

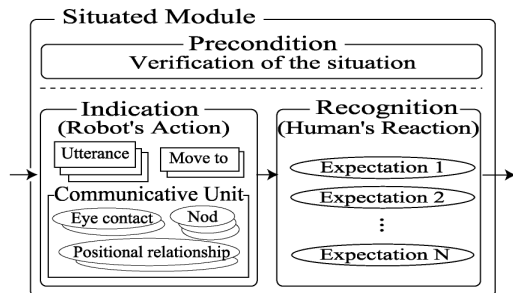


図4.状況依存モジュールの構成

状況依存モジュールは、前提条件部、提示部、認識部から構成される(図4)。前提条件部では、状況依存モジュールが実行できる状態にあるかどうかを調べる。そして提示部の実行により、ロボットは人間と相互作用するための動作を行う。

例えば、ある人がロボットの前にいる時、ロボットは握手をする状況依存モジュールを実行できる。この時、この状況依存モジュールは、提示部において、「握手しよう。」と言い、その手を差し出す動作を実行する。これに対して認識部は、提示部によって示されたロボットの動作に対して予期される数パターンの人間の反応を認識する。

3.2.3 参加者の識別

ロボットは、無線タグシステムの受信アンテナの感度を8段階に変化させることで、環境中のIDタグの距離を見いだすことができる。ロボットシステムはこのアンテナの最大感度を利用して観察者を見いだすと共に、受信感度を順に変化させて参加者を識別する。

3.2.4 エピソードとエピソードルール

エピソードルールは状況依存モジュールの実行順序を規定するルールである。ロボットは逐次的に状況依存モジュールを実行することで人間との間に対話のエピソードを作り出す。この作り出されたエピソードはロボットの内部においては実行された状況依存モジュールとその認識結果として記憶される。

エピソードは大きく2つのタイプに分類される(図5)。実行されたすべての状況依存モジュールの順序は公的なエピソードと言える。つまり、ロボットが公的にそれらの行動を提示したということを表す。一方、私的なエピソードは、ロボットと対話した人の個人毎の履歴に相当する。つまりロボットは対話したそれぞれの人の履歴を別々に記憶することによって、対話に参加し、

あるいは観察している全ての人に適切な行動を提示することができる。

この公的/私的なエピソードにシンプルなルールを適用することでロボットは次々に逐次実行する状況依存モジュールを作り出し、人間との間に新たな対話のエピソードを作り出す。図5はこのようなエピソードとエピソードルールの振る舞いの例である。図中のエピソードルール1と2はロボット自身に一貫した行動を実現するための公的なエピソードである。

エピソードルール1では“GREETを実行しそれが実際に終わり次第、状況依存モジュールSINGを実行する”という連続的な変化を表している。同様にエピソードルール2では、“もし人が、ロボットの肩に触れた場合、TURNの前提条件部を満たし、TURNを開始するために、SINGの実行を止める”という反射的な変化を表す。一方、エピソードルール3と4は、私的なエピソードに相当する。エピソードルール3は“参加者の私的なエピソード内の全ての状況依存モジュールがGREETでない時、GREETを実行する”を意味している。またエピソードルール4では、“もし一度だけでもその人がロボットの歌を聞いた場合、その状況において、同様の歌を歌わないということを実行する”。

3.2.5 ロボットの相互作用動作の実現例

我々はこのコミュニケーションロボットのシステムに約100のビヘービアを実装した。具体的には、握手、抱っこ、ジャンケン、体操、挨拶、歌を歌う等の相互作用行動や、頭をかくといった待機行動、環境の中を移動するような行動である。

特に、ロボットは個人識別機能を用いることによって、それぞれの対話者にその識別した結果を適確に伝達する行動をする。例えば対話者の名前を呼んだりする事ができる。また、まだ対話者が聞いたことのない歌をその場で歌ったりすることができる。さらにロボット自ら対話者にクイズを提示するというビヘービアもこの機能によって実現した。例えば、ロボットが自分の身体部分を触れるよう対話者に対し要求する。そしてこれに対して対話者がその部分を触られるか否かを判断する。この時、ロボットは対話者の過去の結果に基づいたりアクションを返すことができる。

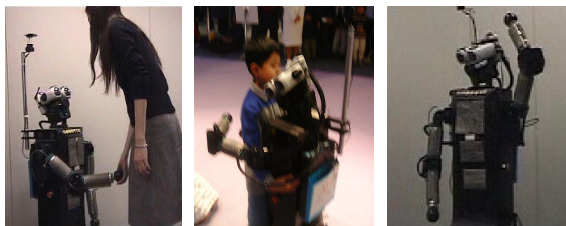


図6. Robovieの相互作用動作

4. 社会実験の試み

我々は以上のコミュニケーションロボットを小学校に導入し、ロボットと生徒とのコミュニケーションを通じて、このロボットの持つ相互作用行動の有用性を検証することを目的に次の実験を行った。特にここでは、ロボットを英語教育のツールとして使用して、ロボット自身の持っているコミュニケーション能力について検証を試みた。

4.1 小学校での社会実験の方法

実験の対象

生徒が自由に活動する場所及び時間帯を考慮して以下の方法で実験を行った。和歌山大学教育学部附属小学校の第1学年の生徒119名（男性59、女性60）と第6学年の生徒109名（男性53、女性56）を被験者として採用し、この小学校の施設内において実験を行った。ロボットはこの2つの学年の各教室が並ぶ廊下を利用し、2台のロボットをこの廊下で同時に動かした（図7）。なお、いずれのロボットも、生徒に対し英語のみでの会話を提示した。そして1日2回あるやや長い休み時間（20分）及び放課後（20分）において、生徒達がロボットと自由に触れ合える環境を設けた。また、ロボット動作時間の1日の合計は、1時間である。以上の試みを週末を挟んでの約2週間（9日間）という期間にわたり、毎日実施した。

評価方法

我々は以上の実験対象について次の評価項目を設け実験を行った。

- ビデオ観察（4台のカメラと2台のマイク）（図7）。
- IDタグ（ロボット及び生徒の行動を記録）。
- 英単語の聞き取りテストの実施。

なお、英語聞き取りテストは、実験開始前、1週間後、2週間後の計3回実施した。このテストは生徒達に対し、同一の質問を並べ替えたそれぞれ3種類のものが用意され、日常的に使用されると考えられる英単語を中心に満たしたセンテンスに加え、ロボットが使う英単語を含めたセンテンスによって構成した。

これら実験の対象と評価方法によって、我々が検証したい事項は次の通りである。

- ロボットが長期的時間の中で人間に与える影響。
- 英語を話すロボットと生徒の相互作用、及び英語習得に関する影響。
- 日常社会の中で、集団行動としてのロボットと人間の相互作用。

実験手法に関して、このような大規模な社会実験において統制郡を設けるということは難しい。本実験では、我々はロボットを設置したことで生じた現象と、実験前後における対象の変化や違いを中心に報告する。また我々は、このような探索的な評価が今後の社会的知能ロボットの研究に対して有益であると考えた。

4.2 実験結果

4.2.1 ロボットとの長期的関係に基づく結果

第1学年生徒および第6学年生徒に関する実験結果を表1、図10に、また実験の初日と2週間後のそれぞれの実験風景を図8、9に示した。

第1学年の生徒について、実験の初日には最大37人が一台のロボットの周囲に殺到した。その後、ロボット周囲の生徒数は減少していくが、第1週目の期間には、常に生徒の誰かがロボットと相互作用を続けたということがわかる。その後、ロボットの周囲に同時滞在する生徒数は徐々に減少し、平均2名前後滞在するようになった。



図8: 実験初日のロボットと触合う生徒の様子 (第1学年生徒)



図9: 実験開始2週間後のロボットと触合う生徒の様子(第1学年生徒)

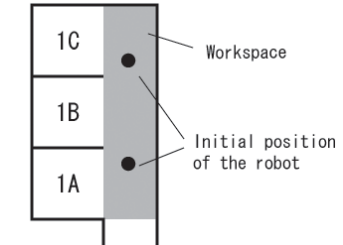


図7: 実験環境の概要

この状況はロボットと対話するという意味の上で、生徒とロボットの互いのコミュニケーションが容易となる人数であると考えられる。しかし、第2週目に入るとロボットの対話空き時間が増加し、同時にロボットとの対話人数が大きく減少し、第2週目の最後の日には、実験時間内の約50%の時間において、ロボット周囲に誰もいないという状況が生まれた。

第6学年の生徒では、実験の初日において、ロボットの周囲に集まった最大人数は17人である。これは第1学年の生徒の場合と比べ、落ち着いた反応を示していたと考えられる。また、ロボットの前に同時に滞在する人数は、第1学年の生徒の場合と異なり、平均数名である。その一方で、第1学年生徒と同様に、実験開始後の2週目には、ロボットの空き時間が増加し、対話人数がやや減少する傾向が見られた。

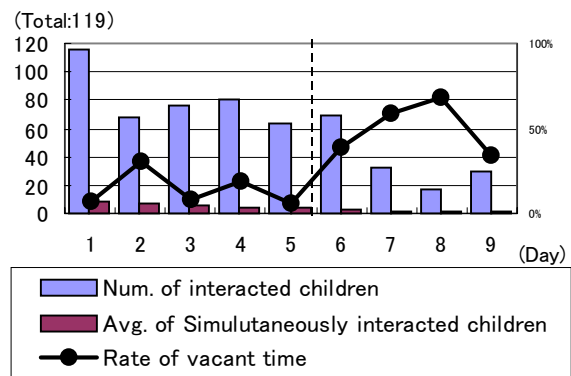
これらの結果から、ロボットは子供たちとコミュニケーションを通じて、短期的時間の中で関係を築いたと考える。しかしこの関係は、たいていは1週間程しか継続しなかったと言える。

一方で、実験の際には以下のような現象が見られた。特に実験の後半に「ロボットと遊ぶ人が減ってしまってかわいそうだった。」、「ロボットと遊んであげないとかわいそうだからロボットと遊んであげた。」と言った生徒がいた。これは、多くの生徒達がロボットの前に現れなくなった現象の傍ら、何人かの生徒らはロボットの存在を継続的に気に掛けていたということであり、ロボットと関係を維持した生徒も一部いたと考えられる。

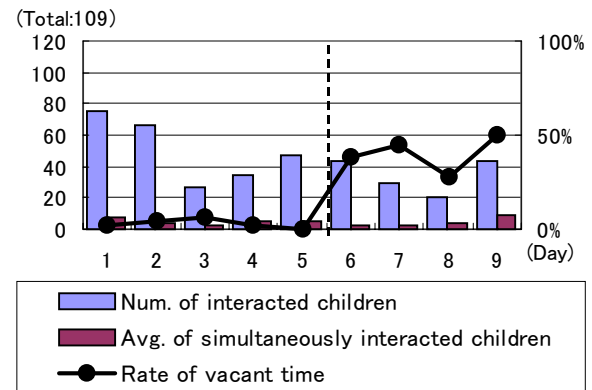
4.2.2 生徒の英語学習への効果

実験期間中には、実際にロボットとの対話をきっかけにして生徒自身が英語を話したり、英語を聞いたりする現象が生じた。発話使用される英語は主に「Hello」、「How are you」、「Bye Bye」といった簡単な挨拶であり、「I love you」、「See you again」、「I'm sorry」といったロボットが話す英語センテンスが中心であった。

さらに我々は、生徒の発話数を、実験時間中の1分間当たりの平均数として換算して求めた。第6学年の生徒に関しては、1週目については1分あたり2回前後の発話数であり、2週目では1回前後に減少した。これに対して第1学年の生徒



a). 第1学年生徒



b). 第6学年生徒

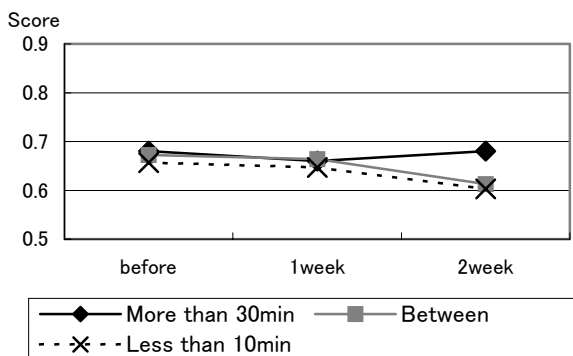
図10: ロボットとの対話時間と生徒数の関係

では、1週目が1分あたり3.8回の発話数、これが2週目では2.4回に減少した。この結果から、生徒がロボットと対話を通じて触合う際には、ロボットをきっかけに英語発話が生じたということがわかる。しかし生徒がロボットに飽きるに連れて、その発話数は減少したと考えられる。

さらに、生徒の英語聞き取りテストの結果から生徒の英語学習の効果について分析を行った。表2は、3回行った英単語の聞き取りテストの結果であり、その平均と分散を示している。

Grade	Num. of children		1st week					2nd week			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1st	119	Interacted children	116	68	76	80	64	69	33	17	29
		Avg. Simultaneously interacted	8.5	6.9	5.5	3.6	3.6	2.3	2.0	1.8	1.9
		Experiment time (min)	72	31	30	67	38	68	67	18	39
		Rate of vacant time	0.07	0.30	0.08	0.19	0.06	0.39	0.59	0.68	0.34
		Num. of utterance	420	152	162	165	78	125	81	23	41
		Num. of utterance / min	5.84	4.88	5.32	2.45	2.06	1.83	1.20	1.29	1.06
6th	109	Interacted children	75	67	27	34	47	43	30	21	43
		Avg. Simultaneously interacted	7.8	3.7	2.3	4.5	5.1	2.7	2.4	3.8	8.5
		Experiment time (min)	62	60	18	18	18	61	49	16	37
		Rate of vacant time	0.02	0.05	0.06	0.02	0.01	0.38	0.45	0.28	0.50
		Num. of utterance	137	154	19	48	31	70	48	15	28
		Num. of utterance / min	2.21	2.58	1.04	2.72	1.70	1.14	0.99	0.91	0.76

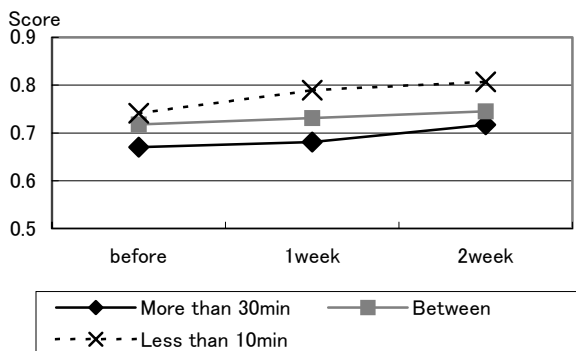
表1: ロボットと生徒の対話時間の変化



a). 第1学年生徒

Grade		Average of score			S. D.		
		Before	1week	2week	Before	1week	2week
1st	More than 30min	0.68	0.66	0.68	0.12	0.17	0.11
	Between	0.67	0.66	0.61	0.16	0.15	0.13
	Less than 10min	0.66	0.65	0.60	0.19	0.16	0.18
6th	More than 30min	0.67	0.68	0.72	0.15	0.14	0.17
	Between	0.72	0.73	0.75	0.14	0.15	0.15
	Less than 10min	0.74	0.79	0.81	0.17	0.15	0.14

表2: 生徒の英語テストのスコア変動 (英単語 / センテンスの理解)



b). 第6学年生徒

図11: ロボット対話時間に対する英語テストのスコア変動

Grade	Interacted time (min)			Friend time (min)		Friend time rate	
	Average	Max	S.D.	Average	S.D.	Average	S.D.
1st	21.4	162.9	21.7	10.2	12.5	0.48	0.30
6th	19.7	114.6	19.2	13.3	12.4	0.71	0.29

表3: 生徒が対話中に友達と一緒にロボットと接した時間

4.2.3 ロボットに対する生徒の行動

生徒がロボットと接する際の行動について分析を行った。表3に示すように、ロボットと生徒が接した時間の中で、第1学年の生徒について平均48%が友達と一緒にいたということがわかる。これに対して第6学年の生徒では、ロボットと接した時間の中で、平均71%がその友達と一緒にであった。特に表1のロボットとの同時滞在人数を参照すると、以上の結果と類似の傾向を認めることができる。つまりこの結果から、第1学年の生徒はロボットとの対話を目的として接し、第6学年の生徒は毎日友達と交わす遊びの一貫としてロボットの周囲に集まったのではと考えられる。

また、このようにロボットと生徒が触合う状況の中において、次のような行動が見出された。以下の記述は、両学年を対象に、実際に実験環境に実験者が入り、生徒の行動観察を通じて得た主な内容である。

この結果から第1学年の生徒について有意な差はなかったことがわかる。また第6学年の生徒については、実験前に比べ実験後のスコアが高いということが示された。これに対して第6学年の生徒はロボットと遊んだ時間による群間に有意な差が見られない。つまりスコアの正変動の要因は、英語テストの聴慣れの効果や、テスト試行をきっかけに学習が行われたことによるものではと考えられる。

以上の結果から、ロボットは、生徒が英語を話し、英語を聞くきっかけをつくることができたものの、生徒らの英単語の記憶と習得に関しては、ロボットの効果があつたとは言えない。

- 女子生徒Cは、英語をまったく聞き取れていないが、ロボットに自分の名前を呼ばれた瞬間に、非常に喜んでいて、それ以降、ロボットに頻りに接するようになった。
- 男子生徒Dと男子生徒Eは、ロボットが自分の名前を呼ぶそれぞれ回数を数え、回数が多かったDがEに対して、「自分の方がロボットに好かれているんだ」と誇らしげに話していた。
- ロボットと接することを目的としていない通りすがりであった男子生徒Fは、一対一でロボットと対話している女子生徒Gを見て、その対話に新たに加わった。
- 男子生徒Hは、通学用に毎日使用している帽子をかぶってロボットの前にやってきた。そしてその帽子を手に取り、ロボットの前に差出すと同時に、その帽子をロボットの頭にかぶせようとする動作をした。

このような現象から、我々はロボットに対する生徒の行動を次のように分析する。

ロボットとの対話を通じて、ロボットと関係を築いた生徒がいたと考えられる。「名前を呼ぶ」というビヘービアは、生徒達の注意を引き付ける効果があったと考えられる。ロボットと生徒の一対一の対話は、他の生徒を新たに、その対話に引き込むきっかけをつくることができたと考えられる。

以上の分析から、我々の開発したコミュニケーションロボットは、人間生活の中において生徒と自然に対話する能力を十分に備えていたと考えられる。しかしその対話の達成によって生徒個人にどのような効果を示したのかを、判断することは難しい。

しかし、我々が開発したロボットは、多人数を同時に識別するという機能を持つことで、生徒個人の名前を呼ぶ行動を実現し、この行動を通じて、ロボットは生徒の気を引き付けた。この現象の発生は、ロボット自身が、生徒の個人に対し、特に人間らしい対話行動を強く感じさせたからではないだろうか。つまり、名前を呼ぶというロボットビヘービアは、生徒に対して親和感をあたえる効果を持っていると考えられる。さらにこの効果は、ロボット上の対話者識別システムの技術的な有用性を評価する一つの基準としても捉えることができる。

4.3 考察

本実験は実社会で動くコミュニケーションロボットに向けた最初のステップであったと確信する。そして探索的分析を行うことによって、今後取り組むべき課題が多く見いだされたと考えられる。特に生徒たちはロボットとコミュニケーションを通じて、ロボットとの間に関係を築いた。しかし長期的な時間を伴った関係には至っていない。以下ではこれらの分析結果に基づいて、新たに見いだされた点から、我々の開発したコミュニケーションロボットについて達成されている面と未解決とされる面について着目する。そして今後、日常社会で活動する新たなコミュニケーシ

ョンロボットの開発に向けて、その可能性を議論する。

4.3.1 無線タグに基づく個人識別システム

小学校のように人間の日常社会では、図8、9に示されるように多数の人間が入り交じり、また個々の人間が大声で話しながら動き回っているといった状況が多く存在する。このような環境下において、ロボット自身が物理的なセンサ情報のみを頼りに処理し、的確に外部を認識するということは非常に困難である。

これに対し我々は、無線タグを使ったシステムの採用により、ロボットはこのような環境下であっても個人を特定し、個人毎にそれぞれ異なる行動をとることができたと考える。特にその中でも、ロボット自身が対話中の生徒の名前を呼ぶという行動は、生徒の興味を引き、生徒に親和感を抱かせたと見なせる。つまり我々は、この現象が生徒とロボットの相互作用をより活性化する状況を誘発させたと評価する。

4.3.2 ロボットと人間の関係の構築と継続

ロボットは、生徒とのコミュニケーションを通じて、名前を呼ぶ、抱っこ、歌を歌うといった対話的な動作や音声発話による自律的なビヘービアを起動させ、生徒との間に関係を築きあげた。特に子供達は実験の初期において、自らの言葉による話しかけや、身体動作によりロボットとの相互作用を展開しており、第1学年の生徒においては、一定の対話時間が経過した後に、ロボットと1対1に近い状態で接するという場面が生まれている。

さらに長期的時間の視野から、ロボットに同情的な気持ちをもつ生徒が一部に居たことが明らかとなった。これは人同士のようにロボットが生徒に関係をもたらしめた結果である。しかし、全体的な傾向として捉えると、生徒たちは飽きによって、この長期的な関係の維持を達成できなかったと見なせる。

4.3.3 「飽き」への対策

第1学年および第6学年の生徒に共通している傾向として、ロボットに対する飽きの発生する時間が上げられる。特に、我々は実験結果から、ロボットが生徒と触れ合い始めて1週間経過後の時点で、生徒のロボットに対する一つの飽き始めであると考えられる。確かに2週目の1日目については、対話者数はまだ減少し始めた位置であるとみなせるが、いずれの学年においても、2週目に入った時点では、ロボット自身の空き時間は急増する傾向が認められる。つまりいずれの学年においても、1週間を1サイクルとして対話時間が減少すると判断される。

この現象に対し、我々は様々な対策を考案する。

(a) 音声認識技術について

子供とロボットとのコミュニケーションが途絶え、関係の維持が達成できなかった原因の一つには、まずロボットの音声認識機能が上手く働かなかったのではという点があげられる。実験中には、生徒がロボットとの会話を求め何度も話しかけるが、ロボットは返答する事もせず、沈黙のまま背を向けてしまうという状況が多々見受けられた。

この理由を次のように考える。実験環境のノイズレベルは非常に高く、さらに多くの子供たちは

常に大声で叫びながら走り回っている状況であり、実験の現地は街中の雑音レベル以上の騒音環境であった。このため、実験者でさえも時に生徒の会話内容が聞き取れない状況を経験した。

従って、我々はノイズレベルの高い実験環境であっても、ロボットが十分に音声認識を達成するための機能を考える必要がある。例えば、生徒の一人一人がロボットと無線接続されたマイクロホンを装備することによって、ロボットがその送られる入力信号からのみにより音声情報を処理するといった手法が考えられる。

(b) 適切なコンテンツの提供について

さらに、飽きが発生する要因としてロボットが持つコンテンツを考える。例えば、ビヘービアについて、生徒のそれぞれは、何度も繰り返されるロボット側からの同一のビヘービアの提示動作や、発生順序の比較的安定したビヘービアの起動パターンに対して、それぞれ適当なロボットとの遊び方を見つけた。しかしその一方で、ロボットの動作やその出現パターンの内容を無意識のうちに学習してしまい、飽きを募らせるようになったのでは考えられる。このような要因を克服する手段として次のような対策を考案する。

2週目に入り、ロボットの飽き時間が急増する時点で、新たなコンテンツをロボットに対して追加または更新する。そして我々が再びこの飽きの始まる時点を予め把握しておくことで、その期間をサイクルに、ロボット内部からコンテンツを逐次変化させる。このようなシステムを考える必要がある。

(c) 自発的かつ必然的な役割について

生徒同士がいつも互いの対話を通じて遊んでいるように、ロボットとの対話の中身について、生徒とロボットが有意義な時間を展開できるような「遊び」を、ロボット自らが提示する必要がある。例えばロボットが生徒に対して、日常の話題や簡単なゲーム等を自発的に提供できるようなイベントの追加があげられる。

また、ロボットがそこにおいて活動するための必然性を周囲の人に認識させる必要があると考える。これは、実験時間中のみだけに生徒の目に触れられる状況を設けてしまえば、ロボットの活動する生活環境が周囲の人間に認知されにくいのではと考えられるからである。つまり生徒の目に触れることのない状態のロボットであっても、生き物のように生徒に対し、暗黙的にその生命活動の存在感を示すことで、関係を維持させられるのではと考える。例えば、飼育している動物のようにロボットを限定した場所に置くという内容があげられる。特に、生徒には、ロボットに餌をやるといった必然性によって対話の機会を発生させることができる。また同時に生徒はロボットを世話するといったタスクを得ることで、日常社会で共同生活をする仲間のような意識を獲得するのではと考える。

5. おわりに

我々の実現したコミュニケーションロボットは、無線タグを用いて周囲の個人を識別することで、個人のそれぞれに適応的に振る舞いながら人と相互作用を試みることができた。さらにこのロ

ボットは、今後、日常社会で活動する社会的ロボットの実現に向けて、小学校での語学教育というタスクを伴った形式で、探索的な実験に用いられた。この実験の結果、長期的な視野から、ロボットは生徒とコミュニケーションを通じ、一定の期間において関係を構築した。しかしこの関係の維持は、2週間という期間には至らず、生徒達の「飽き」の影響によって、相互作用は疎かとなっていた。またロボットに対して、予め設けた英語教育というコミュニケーション・タスクについても分析を行った。その結果、ロボットは生徒達の英語発話のきっかけを誘発したものの、言語としての英語を獲得するには至っていなかった。しかし、2週間という期間をさらに延長し、生徒の発話の機会をさらに多く設けることによって、その言語獲得の達成の可能性がうかがえる。

今後我々は、引き続き長期的な時間を伴った環境下で相互作用を展開することができるコミュニケーションロボットの実現を目指し、同時にロボットと人間が関係を維持するためのメカニズムについて探求してゆきたい。

謝辞

本研究は通信・放送機構の研究委託「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクティブ・メディアの研究開発」により実施したものである。また、本実験にご協力いただいた和歌山大学教育学部附属小学校の皆様方に感謝いたします。

参考文献

- [1] Sony Corporation: Aibo, <http://www.aibo.com/>
- [2] H. Asoh, S. Hayamizu, I. Hara, Y. Motomura, S. Akaho, T. Matsui, Socially Embedded Learning of the Office-Convassant Mobile Robot Jijo-2, Proc. of Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, 1997.
- [3] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, K. Fujimura, The intelligent ASHI-MO: System overview and integration, Proc. IEEE/RSJ. Int Conference on Intelligent Robots and Systems, 2002
- [4] NEC: パーソナルロボットR100, <http://www.incx.nec.co.jp/robot/indexj.html>.
- [5] B. Scassellati, Investigating Models of Social Development Using a Humanoid Robot, Biorobotics, MIT Press, 2000.
- [6] Y. Matsusaka, et al., Multi-person Conversation Robot using Multi-modal Interface, Proc. World Multi-conference on Systems, Cybernetic and Informatics, Vol.7, 1999.
- [7] H. H. Clark, Using language, Cambridge University Press, 1996.
- [8] E. Hall, The Hidden Dimension, AnchorBooks/Doubleday, 1990.
- [9] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平: 研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット“Robovie”の開発, 電子情報通信学会論文誌, Vol.4, 2002.
- [10] SpiderTag, <http://www.rfcode.com/includes/spiderTags.pdf>.