

修士論文

移動ロボットによる ダイレクトメソッド語学学習の評価

平成 26 年度

三重大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

南 貴 済



平成 26 年度 修士論文

移動ロボットによる ダイレクトメソッド語学学習の評価

専攻 三重大学大学院 工学研究科 機械工学専攻
研究室 メカトロニクス研究室

平成 25 年度入学 412M149

氏名 南 貴済

目次

第1章 緒言	3
1.1 研究背景	3
1.2 従来研究	4
1.3 研究目的	5
1.4 ダイレクトメソッド	5
第2章 提案手法	8
2.1 提案手法	8
2.2 シナリオ	9
2.3 アンケート	10
2.4 分析方法	10
2.4.1 因子分析の概要	10
2.4.2 因子分析の計算	10
2.4.3 因子分析の適用	12
第3章 簡易実験	13
3.1 実験	13
3.1.1 装置概要	13
3.1.2 実験条件	13
3.1.3 実験手順	13
3.2 シナリオ	14
3.2.1 シナリオの基本構成	14
3.2.2 シナリオ「別れのあいさつ」	15
3.2.3 シナリオ「色」	16
3.2.4 シナリオ「左右」	17
3.3 アンケート	18
3.4 実験結果	18
3.5 評価方法	18
3.6 分析結果	19
3.7 考察	20
第4章 分析結果を参考にしたシナリオ作成	24
4.1 シナリオ	24

4.1.1	シナリオ「自己紹介」	24
4.1.2	シナリオ「はい・いいえ」	25
4.1.3	シナリオ「数」	25
4.1.4	シナリオ「買い物」	25
4.2	実験	25
4.2.1	アンケート	26
4.2.2	実験結果	26
4.3	分析	26
4.3.1	評価方法	26
4.3.2	分析結果	26
4.4	考察	27
第5章	シナリオ改良と検証実験	35
5.1	改良点	35
5.2	改良シナリオでの実験結果	36
5.3	評価方法	36
5.4	評価結果	36
5.5	考察	36
第6章	アフレコ型学習法の開発	38
6.1	学習システム	38
6.2	アフレコ型学習法の目的	38
6.3	シナリオ	38
6.4	評価方法	40
6.4.1	アンケート	40
6.4.2	理解度調査表	40
6.5	実験結果	40
6.6	考察	40
第7章	結言	44
	参考文献	45
	謝辞	46

目 次

1.1	KIST「Engkey」	6
1.2	BDLのコミュニケーションロボット「ifbot」	6
1.3	MOBiMac	7
2.1	学習システム構成	9
3.1	レゴマインドストーム EV3	14
3.2	ロボット配置図	15
3.3	出会いのあいさつ	16
3.4	別れのあいさつ	17
3.5	シナリオ「色1」2色2形状	18
3.6	シナリオ「色2」3色2形状	20
3.7	シナリオ「左右1」	22
3.8	シナリオ「左右2」ロボット2台	22
4.1	自己紹介	25
4.2	シナリオ「はい・いいえ」	28
4.3	シナリオ「数」	29
4.4	シナリオ「買い物」	30
4.5	アンケート「自己紹介」	31
4.6	アンケート「はい・いいえ」	31
4.7	アンケート「数」	32
4.8	アンケート「買い物」	32
5.1	ロボットの立ち位置:改善前	35
5.2	ロボットの立ち位置:改善後	37
6.1	シナリオ：レストラン	39
6.2	ウェイタ	41
6.3	理解度調査表	42

目 次

2.1	ロボット学習に対するアンケート（例）	11
2.2	相関行列	11
2.3	因子負荷量	12
3.1	出会いのあいさつ（動作・発話）	15
3.2	色1(2色2形状)(動作・発話)	19
3.3	色2(3色2形状(発話)	19
3.4	左右1(動作・発話)	21
3.5	左右2 ロボット2台(動作・発話)	21
3.6	アンケート結果[シナリオについて](横軸：被験者，縦軸：質問)	23
3.7	実権結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）	23
3.8	因子負荷量	23
4.1	出会いのあいさつ（動作・発話）	24
4.2	シナリオ[はい・いいえ]（動作・発話）	28
4.3	シナリオ[数]（動作・発話）	29
4.4	シナリオ[買い物]（動作・発話）	30
4.5	実権結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）	33
4.6	アンケート[自己紹介]	33
4.7	「自己紹介」因子負荷量	33
4.8	「はい・いいえ」因子負荷量	34
4.9	「数」因子負荷量	34
4.10	「買い物」因子負荷量	34
4.11	各シナリオの第一・第二因子	34
5.1	実験結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）	36
5.2	シナリオ毎の総合点	37
6.1	シナリオ[入店]	39
6.2	シナリオ[注文]	41
6.3	シナリオ[注文2]	41
6.4	シナリオ[会計]	42
6.5	実権結果	43

第1章 緒言

1.1 研究背景

近年、ロボットはさまざまな分野で活躍の場を増やしている。工場内で活躍する産業用ロボットや、災害時に被災者救助を助けるレスキューロボットなどがある。中でも今後の活躍を期待されるロボットの一つにコミュニケーションロボットがある。コミュニケーションロボットは、会話によって癒しを与えることや高齢者の認知症予防などに使用されている。

ここで人の語学学習を支援するコミュニケーションロボットについて考える。グローバル化によって外国語を学習する機会はますます増え、平成 23 年度より小学校 5・6 年生に対し、外国語活動が必修化し、実質的な英語教育が始まった。しかし、教え方が明確には定まっておらず、外国人教師が教える場合もあれば、英語教育の経験のない先生が教える場合もあるなど、英語教員の確保に問題がある。また、入門期の段階で正しい発音を学ぶことが英会話において大事だとされているが、義務教育機関において適切な発音ができない指導者から学ぶため、現状は日本人の英語の発音は、世界的にも評価が低いとされている。正しい発音を学ぶのには、ダイレクトメソッドによる基礎語学学習が有効であるとされている。しかし、全ての義務教育機関で、正確な発音ができる教師を就かせる事は難しい。このように、地域によって差が生まれる事で、先生の質を求めて、子供を都会の学校に入れる親が増え始めている。

ダイレクトメソッドとは、言語学習法の一つであり、教師は生徒に対して学習限度のみを用い、生徒の母国語を用いない語学学習である。ダイレクトメソッドにより学習をすると、日本語を介さずに英会話ができるようになると考えられる。ただ、短所もやはりある。長い英語の会話を聞いても、初めから分からない場合は、さっぱり分からなくなってしまう危険がある。

そこで本研究では、ロボット教師によるダイレクトメソッドを用いた外国語会話学習を提案する。本研究では、あらかじめ外国語会話学習用に作成したシナリオを、2機の小型移動ロボットで再現し、学習者にロボットの行動から得られる情報（ロボットの行動やロボットが発する言語）を元に、その言語がどのような意味を持つのかを推測させる。ロボットを対象とする事で、聞き取れなかった場合や、理解できなかった場合、何度でも繰り返し行える。また、どのようなシナリオが、ロボットを用いたダイレクトメソッドに適しているかを、何度か実験を重ね、その被験者から得たアンケートを元に因子分析を行い、どの因子が有効かを導き、数値的に示す。最終的に、これらの結果から、語学学習において移動ロボットを用いたダイレクトメソッドが有効であることを示す。

1.2 従来研究

これまで多くのコミュニケーションロボットが人と共生するために開発されてきた。家庭用、博物館などの案内用、ロボットセラピーなどの分野では実用化され、成功を収めている。しかし、認知発達ロボティクスでは、構成論的アプローチにより、人間の認知を明らかにすることを目指しているが、それによって飽きないコミュニケーションも可能になると考えられる。そこで、予め登録されている言葉を話すだけでなく、人間が使いやすいようにロボットに言葉を教えることで、決まったインタラクションをするだけでなく、新しいインタラクションを追加していくことで、飽きないようにすることを目指す研究が数多くなされている。用事が言語を獲得していくように、名刺概念を学習していく方法^[1]や、中野による音声対話で言葉を学習させていくコミュニケーションロボットの研究等がある^[2]。

また、教育の分野では、コミュニケーションロボットを用いた学習方法が研究されている。KISTのコミュニケーションロボット「Engkey」は、遠隔操作によりロボットを操作し、ロボットを介しての数学・英語学習を行うための学習ロボットである。Fig.1.1に示す様に学習ロボット「Engkey」はロボットの正面にモニターを搭載しており、ロボットを遠隔操作で移動させながら、モニターを介して操作者が直接教育するといった方法である。

また一柳らは、BDLのコミュニケーションロボット「ifbot」Fig.1.2を用いて語学学習を行い、実際の英会話を行うときの練習用として、会話の相手になってくれるロボットの会話モデルの構築と、それを用いた英会話の効果について実験的に考察している。この「ifbot」は、相手を認識する識別技術、相手の話を聞きとり方向を確かめる音声認識・方向検知技術、感情を目とまぶたを動かして表す感情認識表現力や話し相手との距離を測るセンサー技術等を搭載しており、頭、表情や手の簡単な動作が可能である。このロボットを用いて学習者に、予め用意したシナリオに沿って英語で会話を行ってもらい、英会話ツールとしてのロボットがさらに発展を遂げられるために、それを使った時人はどのように感じるのか、また、どんなモノを求めるのか、ツールとして話すシナリオには何が求められているのかを、アンケートを取って調査する。その要因を特定するために因子分析を行っている^[3]。

寄田らは、パートナーロボットとして一体型のパソコンの筐体を用いた「MOBiMac」Fig.1.3を開発した。このロボットは2つのサーボモータ、7つの超音波センサ、Pan-Tilt CCDカメラを搭載する。センサ情報やCCDカメラから得られた画像の処理を通し、ロボットは、障害物回避や目標追従を行うことができる。また、ロボットが自然な会話に必要な環境情報を取得するために、人間検出、物体認識、顔の向き検出などを行う。この対話システムでは、音声認識と画像処理によって対話を行う。この実験の結果、人間とロボットが長期間インタラクションしつつ、日常生活で用いる方法として、相互学習することを提案し、ロボットは人間のペースに合わせて学習できた^[4]。

1.3 研究目的

本研究では、移動ロボットを用いた、ダイレクトメソッドによる語学学習の提案と、その実用性を因子分析により数値的に示すことを目的とし研究を進める。ネイティブにその言語を扱う講師が、全ての小・中等教育機関に配置されておらず、間違った発音や言い回しを教えてしまっている現在の語学教育問題に対して、この移動ロボットを用いたダイレクトメソッドを導入させることで解決を図ることを、最終目標とする。移動ロボットを用いて学ぶことで、初期教育段階で語学に対する苦手意識を植え付けることを防ぎ、学習者が語学に対して興味を持つことを期待する。また、この研究の実用性を明確に示す為に、因子分析を用いて数値的に示す。因子分析の際に用いるアンケートについては、シナリオ毎に、そのシナリオの評価や、ロボットを用いる事の優位性を確かめる質問を用意する。また、実験を繰り返し行い、そのアンケート結果を元に、実用性の高いシナリオを作成する。

1.4 ダイレクトメソッド

本研究では、語学教育方法としてダイレクトメソッドを用いる。ダイレクトメソッドとは、主に海外で用いられている学習法の一つであり、教師は生徒に対して学習言語のみを用い、生徒の母国語は一切用いないで学習をすすめる方法である。本来、私たちが生まれてから母国語を習得する際に意味はわからずとも周囲の大人の言語をまねて使用することによって習得されている。ダイレクトメソッドはこの手法からきている。語学学習において、日本人は英文の読み書きは得意であるが会話は不得手であると言われている。その理由の一つには、発話するときには日本語で考え英文に訳して発話し、英語を聞いてから日本語に訳し理解し、常に日本語を介するためであるといわれている。このときに、文法を複雑に組み上げて会話文を構成しようとするために時間がかかり、会話になりにくくなる。しかし、ダイレクトメソッドには他の言語で説明するメソッドにはない良い点がある。ネイティブの先生の自然な発話は場面に合っており、頭に残りやすいし、学習内容が現実（動作、その時その場の話題）に直結しているので不思議と記憶に残る。何より、学習言語のリズムというか音声が自然に体に染み付くので、授業を終えて外を歩きながらも、その言語のリズムなり抑揚が体の中に流れているように感じられる。こういう経験を繰り返すと発音もよくなり聞き取りも上達する。さらに翻訳に時間を取られないので授業中に扱う原文の量が多く、ネイティブの先生は量が多かろうと多少難しかろうと、気にせずにとんとんと教えていける。また何度も耳にするので自然に覚えてしまう要素も多い。他の言語を介さず学習言語のみに集中し、その中で何かをつかんでいくやり方は有効であると思う。ダイレクトメソッドの問題点としては、初めから分からない言語だけで進めるため、自分も発言できず、先生によるフォローも分からないため、やはり面白くなくなり、やる気もなくなる。また、ダイレクトメソッドは、生徒に一種の勘が必要で、勘が働かない場合は難しくなる。また先生は生徒の勘に頼ってあまり細かく説明しない傾向に陥りやすい。文法の説明ももちろんあるのだが、文法用語が既に外国語であるため、それに慣れるのに時間が必要で、既に知っている言語で説明を受けるのに比べて学習者の労力が増えると思われる。

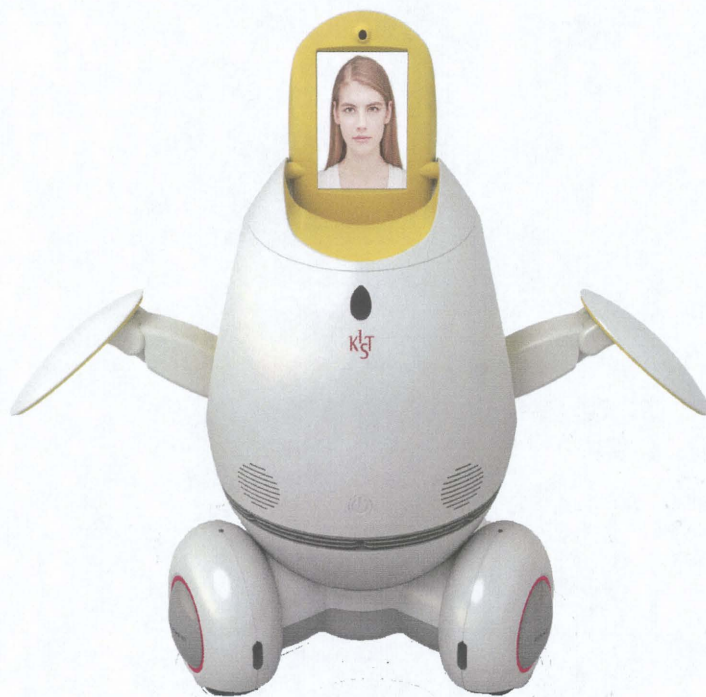


Fig. 1.1 KIST 「Engkey」



Fig. 1.2 BDL のコミュニケーションロボット 「ifbot」

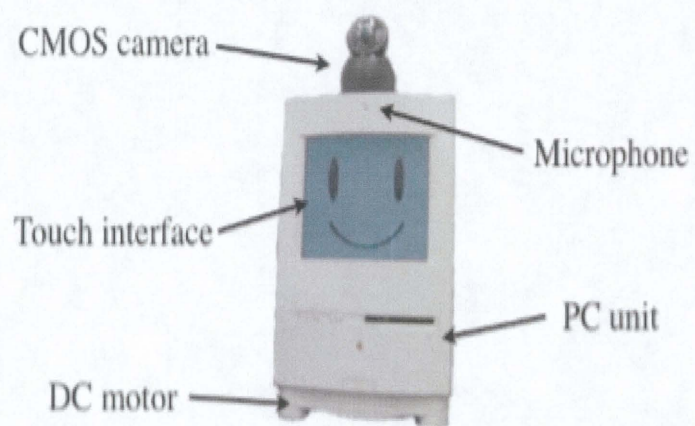


Fig. 1.3 MOBiMac

第2章 提案手法

2.1 提案手法

本研究の提案手法であるシステムの構成を Fig.2.1 に示す。入力は（１）「認識モジュール」から出力される学習者の発話やロボットのまわりにある視覚情報や聴覚情報やロボットの状態をシナリオの内部状態により選択し入力とする。出力は、ロボットの発話や音や光学的出力やロボットの動作をシナリオの内部状態により選択し（２）「表現モジュール」へ出力される。「シナリオ」は学習者がロボットの発話の意味を類推できたり、学習者がロボットに発話しロボットの反応で発話の正しさを確認できるように、言語表現と非言語表現を組み合わせる。シナリオの選択は、学習者の学習状況により、既学習と判断される単語と文法を考慮して決める。提案システムは

1. 「認識モジュール」
2. 「表現モジュール」
3. 「シナリオ」
4. 「シナリオ理解度評価」
5. 「既学習リスト」

からなる。以下に個々の役割を明記していく。（１）「認識モジュール」は、音声や外部環境を認識するモジュールであり、学習者の発話する言語を認識し、どの程度うまく発話されているかの判定、個体識別、物体の形状識別、色認識などの認識をするモジュールである。（２）「表現モジュール」は、発話や移動や視線表現などの言語・非言語表現を表現するモジュールである。（３）「シナリオ」は「認識モジュール」からの情報とシナリオの状態に対応して、どのように表現行動すべきかを決定するものである。（４）「シナリオ理解度評価」は、シナリオの流れから、理解している単語と文法を選び、既学習リストを更新するものである。（５）「既学習リスト」は、次シナリオの選択に、学習者が現在理解しているとロボットが認識する文法や単語とその学習度を蓄積するものである。学習の流れの例を以下に示す。まず、（５）既学習リストを初期化した状態で考える。初期の場合、（３）「シナリオ」から「挨拶」が選択する。これをシナリオ１とおく。シナリオ選択で、シナリオ１が選択され、（２）「表現モジュール」に出力され、ロボットは「シナリオ１」を再現する。ここで、学習者はロボットがどのような会話をしているのか考える。次に、学習者に向かい同じ内容を問いかける。ここで（１）「認識モジュール」により学習者の反応を認識する。この時の学習者の反応で、「シナリオ選択」から違う解答、または沈黙ならば同じシナリオを繰り返し（シナリオ１）、正答ならば、次のシナリオへ（例：シナリオ２）へすすむようにする。このような流れで学習をすすめていく。現段階では、（１）「認識モジュール」と（５）「既学習リスト」は手動で行う。本年度の目標は「ロボットを教師としたとき、ダイレクトメソッドでの語学学習の有効性の確認」である。まず、「シナリオ」の有

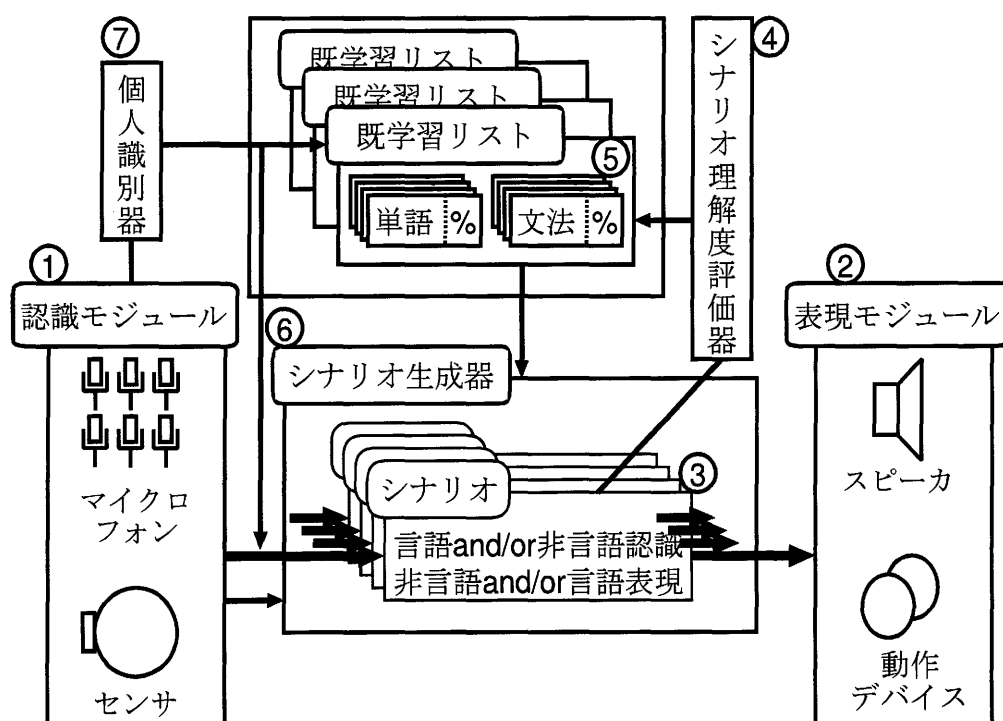


Fig. 2.1 学習システム構成

効性の確認が必要であると考えたためである。(1)「認識モジュール」や(5)「既学習リスト」といったものは既存の技術を応用すればよいと思われるので本研究の最終段階で付ける予定である。有効性のあるシナリオ作成には、実験後に被検者にアンケートを取り、それを分析し、その分析結果を元に新しいシナリオ作成する。

2.2 シナリオ

「シナリオ」は、人の発話や人の提示するものなどの環境を認識して、コミュニケーションロボットがどのように発話したり動作したりすべきかを記述するものである。本研究において単純な動きのロボットでも表現できるシナリオを作成することが必要である。本研究の目標は、目標の言語すべての単語や文法の学習をさせることは目的とはしていないので臨場感と視線によるロボットの意図の表現ができれば十分であると考え、この限られた自由度でも表現できるシナリオを作成していく。シナリオは、受け身学習と能動学習の部分を持つ。受身学習は、学習者がコミュニケーションロボットの言語表現と非言語表現を観察し、言語表現の単語や文法を理解するものであり、能動学習は、学習者が、言語表現や非言語表現をコミュニケーションロボットに提示し、そのロボットの反応で言語の認識と表現を確認するものである。またダイレクトメソッドは言語を変えても、同じ効果が得られるといわれている。よって、基本となるシナリオをつくり、言語を変えるだけで何か国語もの学習ができるよう応用できるものにする。また本研究では実験を通して、より効果的なシナリオを探索する。

2.3 アンケート

アンケートは因子分析がかけられるように、シナリオ毎にアンケートを取り、質問を項目分けし、それぞれの項目事に五段階で評価する。例として、項目を「シナリオについて」,[移動ロボットについて],[英会話ツールとして]と分け、それぞれの項目内で同じ質問を用意する。質問は; 分かり易さ, 動きから推測できるか, 親しみやすさ, 飽きにくいか, 次のシナリオをやりたいか, クリアしたいか, おしゃれ感などである。実験後, 学習者にこれらの質問を五段階で評価付けをしてもらう, そのアンケート結果を元に分析を行い, 学習者がこの学習を通して, どのような感覚を持ったかを数値で示す。

2.4 分析方法

本研究では, 実験のアンケート結果を, 因子分析を用いて分析をかける。因子分析とは, データの変動を説明する隠された因子を発見するための多変量解析手法の一つである。

2.4.1 因子分析の概要

因子分析では, 変数間に関係を生じさせている原因として, 「共通因子」(単に「因子」と呼ばれることが多い) という変数が仮定される。すなわち, 変数間に関係が生じるのは, 個々の変数が何らかの程度で共通因子の影響を受けているため, あるいは共通因子を含んでいるためだと考えるのである。これにより, 変数間の関係を, 変数と因子の関係で説明できることになる。もし比較的少数の因子と変数の関係によって, 変数間の関係を適切に説明できるならば, そのことにより, 変数間の関係についての情報を圧縮できるはずである。

因子分析というのは, 変数間の関係を成り立たせている「因子」を見つけだし, 変数と因子との関係で, 変数間の関係を説明しようとする分析方法である。因子は, 実際に測定することのできない潜在的な変数であるから, 測定された変数間の相関関係から出発して, 相関関係の背後に存在する道の因子を探っていかなければならない。そのとき, 因子をいくつ, どのような形で取りだす(抽出する)かによって, 分析結果は当然異なってくる。因子の抽出方法を異にするさまざまな手法が開発され, 用いられてきたのはそのためである。因子分析を行う際は, 因子をいくつ, どのような手法で抽出するかを決めなければならない。そして, 因子分析の結果を読む際は, その決定が妥当なものであったかどうかを確認しつつ読む必要がある。

2.4.2 因子分析の計算

因子分析を行うために最も重要な因子を決定づける因子負荷量の計算を行う。まずはじめに, アンケート (Table 2.1) 上の質問のそれぞれの点数から基準値をとる。基準値の計算式を式 (2.1) に示す。

Table 2.1 ロボット学習に対するアンケート (例)

質問	学習者 A	学習者 B	学習者 C	学習者 D	...	学習者 m
使いたいとおもうか	3	2	3	2	...	
パートナー性	4	3	5	4	...	
興味深さ	3	5	1	2	...	
親しみやすさ	5	3	2	4	...	
可愛さ	1	2	4	3	...	
使い勝手	5	2	3	5	...	
...	...	...	...	...	$x_{i,j}$	
n						$x_{n,m}$

Table 2.2 相関行列

	A	B	C	D	...	n
A	$r_{1,1}$	$r_{1,2}$	$r_{1,3}$	$r_{1,4}$	...	$r_{1,n}$
B	$r_{2,1}$	$r_{2,2}$	$r_{2,3}$	$r_{2,4}$	...	$r_{2,n}$
C	$r_{3,1}$	$r_{3,2}$	$r_{3,3}$	$r_{3,4}$	...	$r_{3,n}$
D	$r_{4,1}$	$r_{4,2}$	$r_{4,3}$	$r_{4,4}$	...	$r_{4,n}$
...	...	...	...	...	$r_{i,j}$	
n	$r_{n,1}$	$r_{n,2}$	$r_{n,3}$	$r_{n,4}$	...	$r_{n,n}$

$$Z_{ij} = \frac{x_{i,j} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \quad (2.1)$$

ここで σ は偏差を意味する．この基準値を元に変数となる質問同士の相関係数を取る．相関係数の式と相関行列を式(2.2)とTable 2.2に示す．

$$r_{ij} = \frac{\sum Z_{i,j} Z_{i,j+1}}{n} \quad (2.2)$$

例えば、質問 A と質問 A は全く同じなので相関係数は $r_{1,1} = 1$ ．質問 A と質問 B において、もし A を高く評価した人が B も高く評価する傾向があれば、 $r_{1,2}$ は 1 に近い値を示す．逆に A を高く評価した人が B を低く評価する傾向がある場合は、 $r_{1,2}$ はマイナス 1 に近づく．その全ての変数同士（ここでは質問同士）の相関係数を算出し行列式になおす．それを相関行列 $[R]$ と呼ぶ．その相関行列 $[R]$ から固有値 λ 式(2.3)・固有ベクトル \vec{e} 式(2.4)を導き、こちらの因子負荷量 a の式(2.5)に当てはめ算出する．

$$\det(R - \lambda E) = 0 \quad (2.3)$$

$$(R - \lambda E) \vec{e} = \vec{0} \quad (2.4)$$

Table 2.3 因子負荷量

	第一因子	第二因子
使いたいと思うか	0.4324	0.2786
パートナー性	0.7654	0.4519
興味深さ	-0.2869	-0.7843
親しみやすさ	0.5452	-0.4378
可愛さ	0.5006	-0.6508
使い勝手	0.8632	0.6098

$$a_{j,k} = \sqrt{\lambda_k} \vec{e}_{j,k} \quad (2.5)$$

また、その固有値から寄与率を求め、寄与率が高い順に第一因子、第二因子と枠決めする。以下に寄与率 C の式 (2.6) を示す。

$$C = \frac{\lambda_k}{\vec{e}_{j,k}} * 100 \quad (2.6)$$

したがって、因子の数は固有値の数すなわち変数の数と等しくなる。これにより因子負荷量と因子のその因子が影響を与える大きさの順番が決まる。

2.4.3 因子分析の適用

本研究では、この因子分析を使って、被験者がこの実験を通して、どのような印象を得たのかを分析する。実験後、上記に述べたアンケートに回答していただく。ここで、それぞれの質問に対し、五段階で評価する：5点（そう思う）、4点（ややそう思う）、3点（どちらでもない）、2点（あまり思わない）、1点（思わない）の五段階評価。質問を変数とし、それぞれの因子負荷量をアンケート評価を元に算出する。

因子分析では、変数の数と因子の数は等しいとされるが、本研究では寄与率の高い上位2つまでを抽出し、それらを第一因子、第二因子とする。この第一因子、第二因子を決めるための寄与率は、それぞれの因子の持つ固有値から算出できる。そのため、全ての変数の固有値・因子負荷量を算出する。一番寄与率の高い因子の中で、因子負荷量の絶対値が最も高い変数2つから因子を決定づける。先ほどのアンケート Table 2.1 の因子負荷量を表にした Table 4.1 を見てみる。第一因子では「使い勝手」と「パートナー性」が最も値が高い。この2つからこの第一因子を共存性因子と名付ける。また、第二因子では、「興味深さ」と「可愛さ」が最も絶対値が高い。そこから、この因子を親愛因子と名付ける。ここで、第二因子の因子負荷量はマイナス(-)の値であることに注目する。因子分析の解釈では、因子負荷量がマイナス(-)の値は、最も相関が無い項目として捉えることができる。よって、このシナリオは、共存性の点被験者に興味を抱かせ、親愛性の点で被験者は飽きてしまったと、データから捉えることができる。この分析を用いて優位性の高いシナリオ作成に活かす。

第3章 簡易実験

3.1 実験

効果的なシナリオを作成するために、まず既存のシナリオを用いて実験を行う。その結果からロボットを用いたダイレクトメソッド語学学習のシナリオにはどのような要素が必要なのかを分析する。

3.1.1 装置概要

ロボットはレゴマインドストーム EV3 で組み立てた左右 2 輪の小型移動ロボット Fig.3.1 を用いた。ロボットの動作は教育版 EV3 ソフトウェアを用いてプログラミングをした。レゴで作成したロボットには、左右 2 輪の車輪による移動機構、小型モータによる首ふり機構、タッチセンサーによる切り替えスイッチを持つ。移動機構と首ふり機構の制御は、プログラムにより自動で動作させた。学習者の音声入力の結果に応じて手動スイッチで動作を切り替えた。音声入力は手動とし、学習者の発音の正誤は人が判断した。音声出力は手動とし、ロボットの動作に合わせて人が声をあてた。

3.1.2 実験条件

ロボットは、1,000mm × 1,800mm のアクリル板の上に印をつけて、毎回同じ位置で動作を始める (Fig.3.2)。そして被験者には黒いテープの枠内に座って頂き、被験者 1 人に対して、ロボット 2 台を使用する。シナリオに応じて小道具を配置するなど、学習者によりシナリオを具体的に捉えやすくできるように工夫する。

今回用いる学習言語は韓国語とし、実験に協力する学習者は原則として韓国語を全く知らない人とする。

3.1.3 実験手順

実験手順として、まず初めに、この実験での注意事項記した文章を読んでもらう。その文章の内容としては

1. 韓国語学習であること。
2. 2 台のロボットが韓国語で会話するので、それを聞いて韓国語で会話に参加すること。
3. ロボットの会話と動作を関連付けて答える事

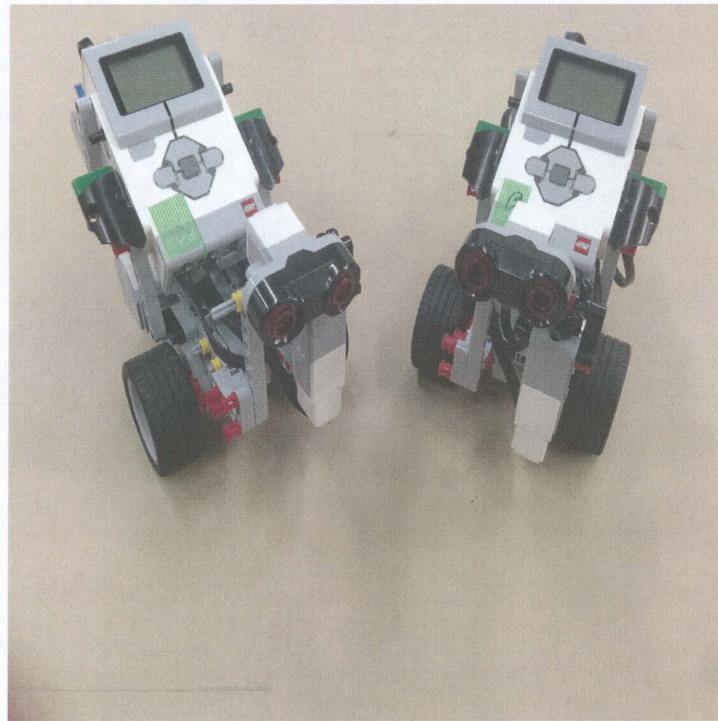


Fig. 3.1 レゴマインドストーム EV3

である。次にロボットによる学習を始め、シナリオに応じて会話に参加する。答えられなかったり、回答が間違っている場合は、同じシナリオを繰り返し替える。全ての学習終了後、学習した韓国語の意味を日本語で答えてもらう。その後アンケートに回答してもらう。

3.2 シナリオ

本研究では、実験ごのアンケートを元に因子分析をかけ、新たなシナリオを作成していく。従って、初期シナリオを用意する必要がある。単にシナリオを作成するのではなく、単純な動きのロボットでも表現できるシナリオを作成することが必要である。そこで、簡易シナリオとしていくつか用意した。

3.2.1 シナリオの基本構成

シナリオは、移動経路を記した Fig.3.3 と、動作と発話を記した Table 4.1 としてまとめた。移動経路図の左の黄色のロボットをロボット A、右のオレンジのロボットをロボット B とする。図の上の顔マークで学習者を示し、表では L で表す。ロボットは初期位置 S の位置から動作を開始し、番号の順番で動作と発話をする。学習者 L への発話後、学習者の回答が表とは違ったとき（無回答・誤回答）、落ち込み動作を見せ、終了地点 G に移動する。その後シナリオをやり直す。学習者が正答した場合は、うなずき動作を見せ終了地点 G に移動し、次のシナリオに

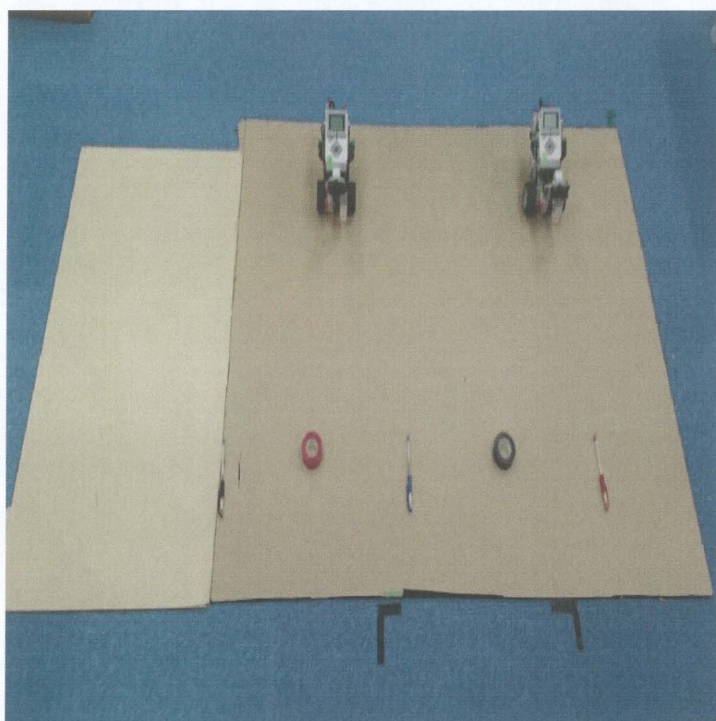


Fig. 3.2 ロボット配置図

移る。動作の間には1秒の待ち時間を入れ、動作が分かり易いようにする。発話時には首を上下に振り、話している様を表す。学習者に発話するときは、少し上を向くことで学習者を見ている様を表す。速度はすべて一定とし、落ち着いて見れる速度とする。

Table 3.1 出会いのあいさつ (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A・B(動作): スタート地点(S) から中央に移動	
2	A(発話): アンニョン.	こんにちは
3	B(発話): アンニョン.	こんにちは
4	A(動作): 学習者Lの前に移動	
5	A(発話): アンニョン.	
6	L(発話): アンニョン.	
7	A・B(動作): それぞれのゴール地点(G) に移動	

3.2.2 シナリオ「別れのあいさつ」

シナリオ「別れのあいさつ」の移動経路を Fig.3.4 に、動作・発話についてを Table 4.1 に示す。「別れのあいさつ」は、出会いのあいさつ後少しの間会話しその後別れる様子を、発話なし

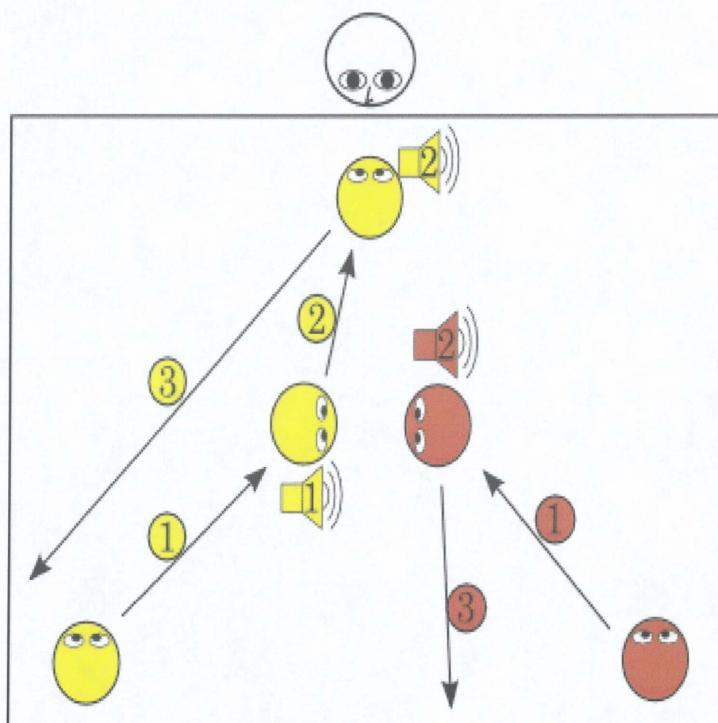


Fig. 3.3 出会いのあいさつ

の首振り動作と別れのあいさつ発話後お互いが逆方向に分かれて移動させ表現した。別れのあいさつ発話と同時に右車輪を2回前後させ、バイバイと手を振っている様子を表した。

3.2.3 シナリオ「色」

色表現を学習する内容とし、赤色のものを提示し、「(これは)何色?」「(それは)赤色(です)」といった表現を学習する。使う色は赤(パルガン), 青(パラン), 黒(ゴムン)とする。

シナリオ「色1」2色2形状

シナリオ「色1」の移動経路を Fig.3.5 に、動作・発話についてを Table 4.3 に示す。2色2形状の小道具を使用した。ビニールテープの赤青, ボールペンの赤と青を Fig.3.5 のように並べ、左から順に A「(これは)何色?」B「赤色(Aの見ている色)」と会話を繰り返し、右端のものの色を学習者に質問する。小道具の前で首を下に向け道具を見てることを表現する。ロボット B は初期位置から移動せず、目線だけ変えるようにその場で回転動作をする。

シナリオ「色2」3色2形状

シナリオ「色2」の移動経路を Fig.3.6 に示す。動作については、シナリオ「色1」に会話を一つ増やしたものとなる。発話について Table 4.4 に示す。2色で学習すると「はい/いいえ」の

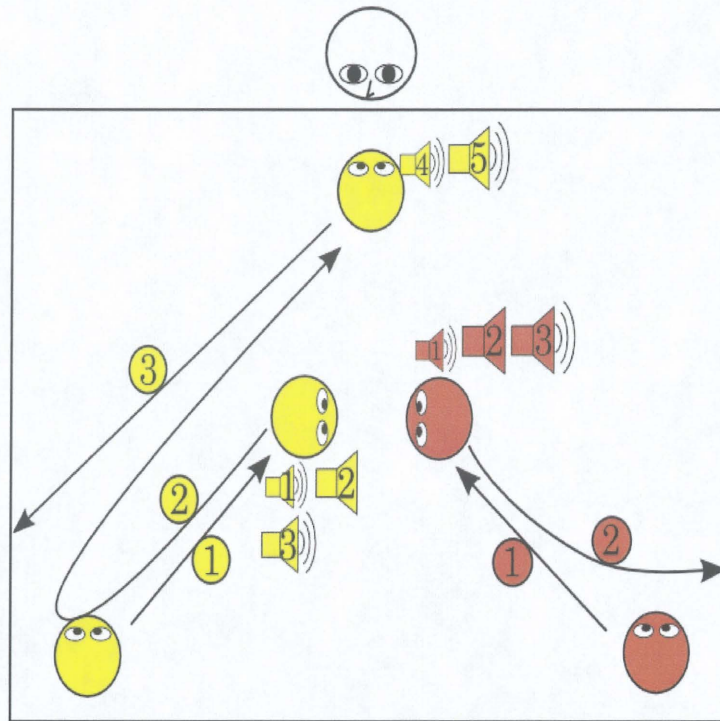


Fig. 3.4 別れのあいさつ

疑問文であるという推測も可能であるため、この問題に対して色を1色加えてその推測ができないようにした。そして3色3形状の小道具を用いる。基本の動作は色2とほぼ等しい。

3.2.4 シナリオ「左右」

方向表現の左右を学習する内容とし、「右へ(行く)」と言い右へ行く動作を「左へ(行く)」と言い左へ行く動作をするものを見せるものとする。学習者への問いがないため、その韓国語の意味を日本語で答えてもらう。

シナリオ「左右1」

シナリオ「左右1」の移動経路を Fig.3.7 に、動作・発話についてを Table 3.4 に示す。「右へ(行く)」と言い右に大きく曲がり、「戻る」と言い元の位置に戻る。「左へ(行く)」と言い左に大きく曲がり、「戻る」と言い元の位置に戻る。右と左を繰り返す、意味を推測させる。

シナリオ「左右2」ロボット2台

シナリオ「左右2」の移動経路を Fig.3.8 に、発話と動作についてを Table 3.5 に示す。2台のロボットを使い、命令と応答を学習させる。

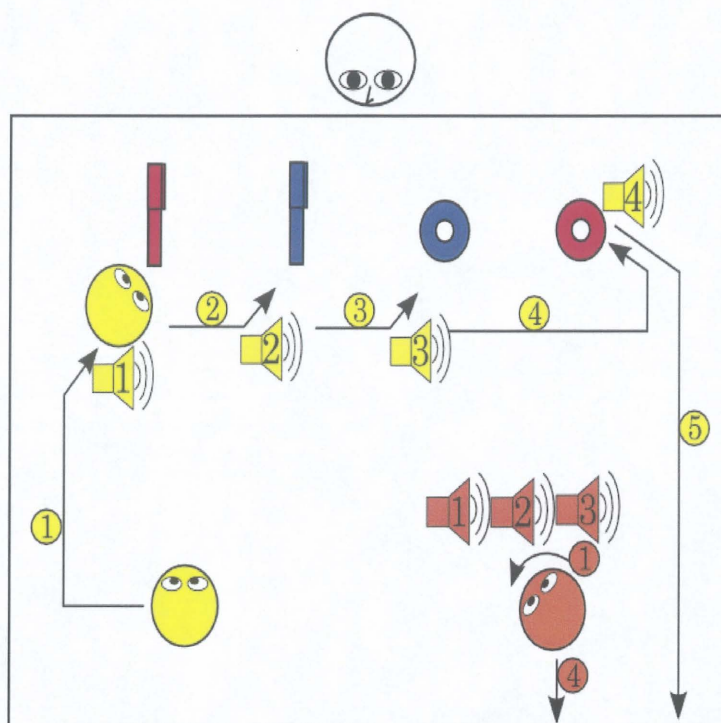


Fig. 3.5 シナリオ「色1」2色2形状

3.3 アンケート

アンケートは因子分析がかけられるように、この学習方法全体に対するアンケートを取り、それぞれの質問に五段階で評価する。質問は；分かり易さ、動きから推測できるか、印象に残る等である。実験後、そのアンケート結果を元に分析し、学習者がこの学習を通してどのような感覚を持ったかを調査する。Table 3.6 にアンケート結果を示す。

3.4 実験結果

今回は男10人、女2人の大学生を対象に実験した。その結果をTable 5.1に示す。Table 5.1では一度で正解した場合を1、二度目なら2と記載している。この結果から、半数以上が一度や二度、問いかけとかみ合わない答えをしたが、数回繰り返すと、被験者は全員答えを推測できた。この結果とアンケートの結果とを照らし合わせ、この学習方法が効果的な学習法であるか否かを評価し、どこに改善点があるかを探索する。

3.5 評価方法

アンケート結果に因子分析をかけ、この学習方法を評価する。因子分析とは、データの変動を説明する隠された因子を発見するための多変量解析手法の一つである。この因子分析を使っ

Table 3.2 色1(2色2形状)(動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A(動作): スタート地点(S) から左端赤ペン前に移動 B(動作): S で左端赤ペンの方向を向く	
2	A(発話): ムスン セ?	何色?
3	B(発話): パルガン.	赤
4	A(動作): 左端から2番目青ペン前に移動 B(動作): S で左端から2番目青ペンの方向を向く	
5	B(動作): ムスン セ?	何色?
6	A(発話): パラン.	青
7	A(動作): 左端から3番目青テープ前に移動 B(動作): S で左端から3番目青テープの方向を向く	
8	A(発話): ムスン セ?	何色?
9	B(発話): パラン.	青
10	A(動作): 左端から4番目赤テープ前に移動 B(動作): ゴール地点(G) に移動	
11	A(発話): ムスン セ?	何色?
12	L(発話): パルガン.	赤
13	A(動作): ゴール地点(G) に移動	

Table 3.3 色2(3色2形状 (発話))

	韓国語	日本語
1	A(発話): ムスン セ?	何色?
2	B(発話): パルガン.	赤
3	A(発話): ムスン セ?	何色?
4	B(発話): ゴムン.	黒
5	A(発話): ムスン セ?	何色?
6	B(発話): パラン.	青
7	A(発話): ムスン セ?	何色?
8	L(発話): ゴムン.	黒

て、被験者がこの実験を通して、どのような印象を得たのかを分析する。全ての分析結果から、寄与率の高い因子を2つ選び、それぞれ因子負荷量の値が最も高い変数2つから因子を決定づける。Table 3.8 に第一・第二因子の因子負荷量計算の結果をいくつか示す。

3.6 分析結果

今回のアンケート結果から、因子分析し、第一・第二因子を導いた。第一因子は「(シナリオが) 分かり易い」, 「イメージができる」において、因子負荷量の大きい値を示した。このことから、現実にあるシナリオほど、分かり易いのだと解釈し、第一因子を現実性と名付ける。また、第二因子は「(対ロボットだと) 気が楽」, 「(英会話ツールとして) 取組易い」におい

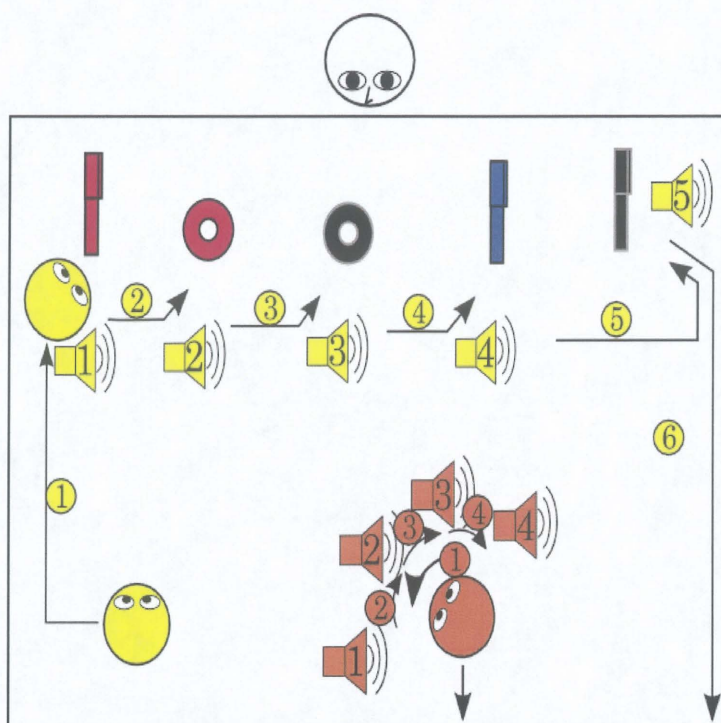


Fig. 3.6 シナリオ「色2」3色2形状

て、大きい値を示した。ここから、ロボットが人に余裕や癒しを与えている事がうかがえ、第二因子を親近感と名付ける。この第一・第二因子から、この語学学習法はロボットを使うことで、初期学習者にとっても簡単に組み組めるものであり、実用性があると評価できる。

3.7 考察

この実験では因子分析をこの学習法全体にかけた。したがって、この分析結果からこの学習法に求められている要素を抽出できた。その実験から導いた第一・第二因子から、ダイレクトメソッドのシナリオには現実性と親近感が重要ということが分かった。

Table 3.4 左右1(動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A(発話): オルンツチョ.	右へ
2	A(動作): スタート地点 (S) から右に大きく曲がりながら移動	
3	A(発話):トラガタ.	戻る
4	A(動作): 元の位置 S に戻る	
5	A(発話): オルンツチョ.	右へ
6	A(動作): S から右に大きく曲がりながら移動	
7	A(発話):トラガタ.	戻る
8	A(動作): 元の位置 S に戻る	
9	A(発話): ウェンチョ.	左へ
10	A(動作): S から左に大きく曲がりながら移動	
11	A(発話):トラガタ.	戻る
12	A(動作): 元の位置 S に戻る	
13	A(発話): ウェンチョ.	左へ
14	A(動作): S から左に大きく曲がりながら移動	
15	A(発話):トラガタ.	戻る
16	A(動作): 元の位置 S に戻る	
17	A(発話): オルンツチョ.	右へ
18	A(動作): スタート地点 (S) から右に大きく曲がりながら移動	
19	A(発話):トラガタ.	戻る
20	A(動作): 元の位置 S に戻る	
21	A(発話): ウェンチョ.	左へ
22	A(動作): S から左に大きく曲がりながら移動	
23	A(発話):トラガタ.	戻る
24	A(動作): 元の位置 S に戻る	
25	A(動作): ゴール地点 (G) に移動	

Table 3.5 左右2 ロボット2台 (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	B(動作): S でロボット A の方向を向く	
2・5・14	B(発話): オルンツ チョグロ.	右に行け
3・6・15	A(発話): Si. オルンツ チョ.	右へ
4・7・16	A(動作): 右に大きく旋回移動し元の位置に戻る	
8・11・17	B(発話): ウェン チョグロ.	左に行け
9・12・18	A(発話): Si. ウェン チョ.	左へ
10・13・19	A(動作): 左に大きく旋回移動し元の位置に戻る	
20	A・B(動作): ゴール地点 (G) に移動	

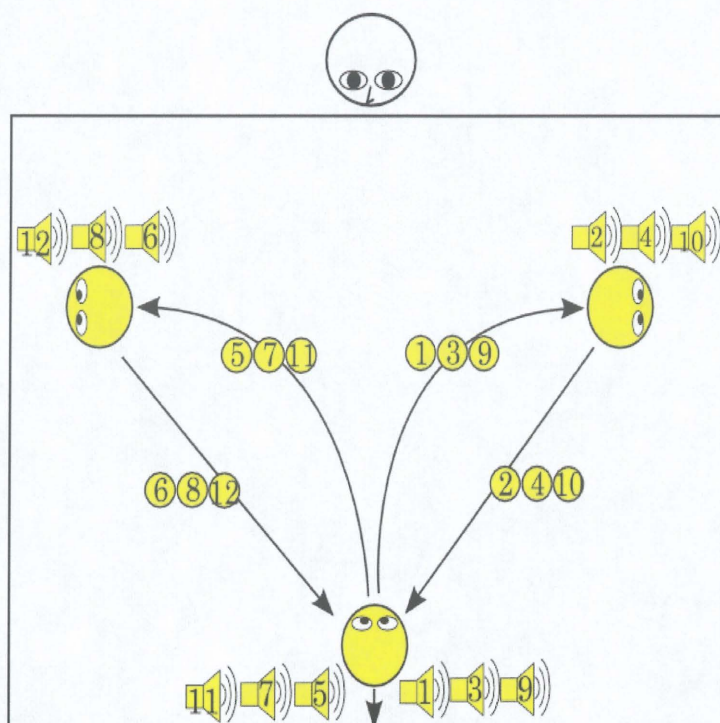


Fig. 3.7 シナリオ「左右1」

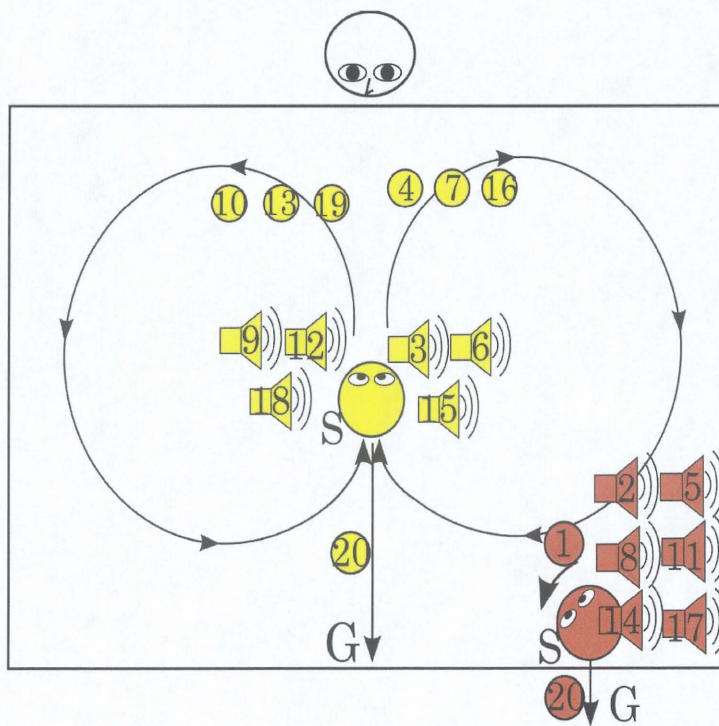


Fig. 3.8 シナリオ「左右2」ロボット2台

Table 3.6 アンケート結果 [シナリオについて](横軸：被験者，縦軸：質問)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
分かり易い	4	4	4	4	5	4	4	5	2	5	4	4
イメージ可	5	4	5	4	4	4	4	5	2	5	4	5
印象に残る	5	4	3	4	5	3	5	4	3	5	5	5
速度が適度	5	5	4	5	5	3	4	4	2	5	3	4
取組易い	3	5	4	4	3	5	3	2	1	5	3	5
気が楽	5	2	2	5	5	4	4	4	1	5	4	5
単語が理解できる	4	3	4	5	5	4	5	5	2	2	4	5
おもしろい	5	4	3	5	5	4	5	5	3	2	5	3
使った単語を忘れにくい	5	3	2	3	4	2	2	2	2	2	4	2
続きもやりたい	5	4	3	5	5	2	3	4	3	5	3	5

Table 3.7 実権結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
出会い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
別れ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
色	1	2	3	2	1	1	1	2	3	3	1	1
左右	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1

Table 3.8 因子負荷量

	因子1	因子2
分かり易い	0.312669	0.06762
イメージ可	0.218814	0.07313
印象に残る	0.147345	0.190082
取組易い	0.1608	0.24971
速度が適度	0.150074	-0.092827
気が楽	0.146655	0.391133
おもしろい	0.200416	-0.1029
単語が理解できる	0.182943	-0.200932
使った単語を忘れにくい	0.036398	0.015297
続きもやりたい	0.083416	0.148572

第4章 分析結果を参考にしたシナリオ作成

本研究では、実験後のアンケートを元に因子分析をかけ、新たなシナリオを作成していく。初期シナリオでの実験では、学習方法自体に因子分析をかけ、ロボットを用いたダイレクトメソッドには何が求められているのかを分析した。その結果、上記したように第一因子は現実性、第二因子は親近感となった。本研究ではこれらを参考に新シナリオを作成していく。

4.1 シナリオ

新シナリオの作成の際、前の実験で得た分析結果をシナリオ作成の指標に用いる。前回実験の分析結果から、シナリオには現実にあリうるシナリオほど分かり易い事が分かった。また、ロボットが人に余裕や癒しを与えている事もうかがえた。そこで新しく作成するシナリオには、シナリオに現実性を持たせるために、現実頻に起こりうるシチュエーションを舞台にし、ストーリー性を含ませた。また親近感を感じれるように、2台のロボットそれぞれに名前を付け、そしてシナリオ同士を関連付けた。これにより、ロボットのキャラクターが生まれると期待する。新シナリオは4つ作成した。「自己紹介」、「はい・いいえ」、「数」と「買い物」である。

4.1.1 シナリオ「自己紹介」

シナリオ「自己紹介」の実験風景を Fig.4.1 に、動作・発話についてを Table 4.1 に示す。「自己紹介」では、最初に出会ってお互いが「はじめまして」と同じ言葉の挨拶をし、自分の名前を紹介する。キャラクター性を持たせるため、ロボットそれぞれに、韓国の有名人の写真を張っておく (Fig.4.1)。

Table 4.1 出会いのあいさつ (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A・B(動作): スタート地点から中央に移動	
2	A(発話): チョンベッケ スンミダ	初めまして
3	B(発話): チョンベッケ スンミダ	初めまして
4	A(発話): チョヌン ベ・ヨンジュ イムニダ	私はベ・ヨンジュンです
5	B(発話): チョヌン チェ・ジュウ イムニダ	私はチェ・ジュウです
6	A(動作): 学習者Lの前に移動	
7	A(発話): チョンベッケ スンミダ	初めまして
8	L(発話): チョンベッケ スンミダ	初めまして
9	A(発話): チョヌン ベ・ヨンジュ イムニダ	私はベ・ヨンジュンです
10	B(発話): チョヌン ○○ イ○○ムニダ	私は○○です
11	A(動作): ゴール地点に移動	

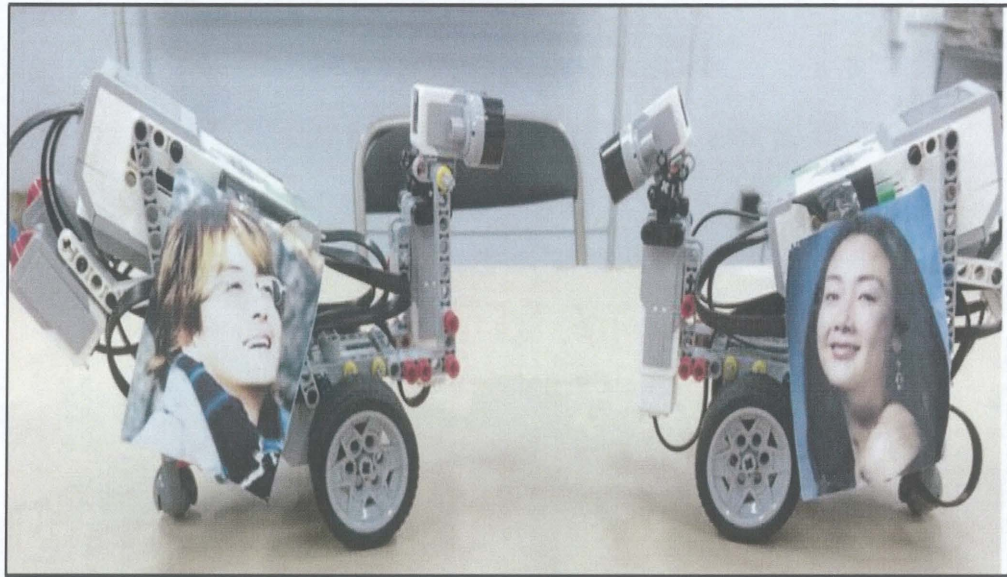


Fig. 4.1 自己紹介

4.1.2 シナリオ「はい・いいえ」

シナリオ「はい・いいえ」の実験風景を Fig.4.2 に、動作・発話についてを Table 4.2 に示す。シナリオ「自己紹介」で付けた写真を取り外さず、同じキャラクターでシナリオを進める。「はい・いいえ」だけでなく、指示形容詞「これ・それ」も含めたシナリオを作成した。

4.1.3 シナリオ「数」

シナリオ「はい・いいえ」の実験風景を Fig.4.3 に、シナリオ「数」の動作・発話についてを Table 4.3 に示す。次のシナリオ「買い物」で、金額の韓国語表現ができるように、1 ウォン、10 ウォン、100 ウォンと 1,000 ウォンの小道具を用いる。

4.1.4 シナリオ「買い物」

シナリオ「買い物」の実験風景を Fig.4.4、動作・発話についてを Table 4.4 に示す。このシナリオは、1 台が品の前に行き値段を尋ね、もう一台がメニューを見て答える。

4.2 実験

今回は男 9 人、女 1 人の大学生を対象に実験した。実験条件、実験装置や実験手順は前回と同様とする（3 章参照）。

4.2.1 アンケート

前回は、本研究の学習方法全体に因子分析をかけるため「シナリオ」、「ロボット」、「学習ツール」についてのアンケートのみだった。しかし今回は、シナリオの明確な改善を目的として分析をかけるため、アンケートもシナリオ分析に適したアンケートを作成した。また、アンケートに定量的に表す質問と、感覚的な質問を混ぜ、ロボットの各動作が人間の感覚に与える影響を探った。以下に実際に使用したアンケートを示す (Table 4.5, Table 4.6, Table 4.7, Table 4.8)。

4.2.2 実験結果

その結果を Table 5.1 に示す。この結果を見ると、シナリオ「自己紹介」が最も悪い結果となっている。これはシナリオ「自己紹介」が理解しにくいシナリオであるということが窺える。また、初めのシナリオということで、この学習の要領が掴めていなかったことも考えられる。また実験を通して、それぞれのシナリオ毎に改善点があると感じられた。

4.3 分析

実験結果からのみでは、分析が曖昧で確証が持てない。そこでデータの変動を説明する隠された要因を発見できる因子分析を行う。

4.3.1 評価方法

今回はそれぞれのシナリオに因子分析がかけられるように、シナリオ毎にアンケートを取り、それぞれの項目事に質問を十個用意し、五段階で評価する。質問は；動きの速さは適度か、動きから推測できるか、首ふり回数は適度か等である。実際に使用したアンケートを 4.5 に示す。

4.3.2 分析結果

アンケートの結果からそれぞれのシナリオ毎に因子分析を行う。以下にシナリオ [自己紹介] のアンケート結果 (Table 4.6) と、それぞれのシナリオの第一因子・第二因子を Table 4.7, Table 4.8, Table 4.9, Table 4.10 に示す。また、全シナリオの第一因子・第二因子を Table 4.11 にまとめて示す。Table 4.11 では、△は因子負荷量が正の最大値を持った因子、▼は因子負荷量が負の最大値を持った因子を意味する。シナリオ「自己紹介」の第一因子では、[首ふりの回数が適度] と [動きから意味を推測できる] に高い正の相関が見て取れた。このことから、発話を表現している時の首ふり動作が、学習者の推察に影響しており、今回のシナリオでは適度な首ふり回数であった事を示している。第二因子では、[使った言葉を忘れにくい] と [ロボット同士の距離感が適度] に高い負の相関があった、これより、ロボットの距離感が悪い事で被験者

に余計な違和感を感じさせ、集中力を削いでいる事が覗える。シナリオ [はい・いいえ], [買い物] の両方で, 【文章の長さが適度】と【分かり易い】について高い負の相関が見て取れた。このことから, 文章を短くする必要があることが分かる。シナリオ「数」の分析結果では【動きの速度が適度】と【繰り返しやりたい】について高い負の相関が見て取れた。アンケートによると, ロボットの動きが遅すぎるため, 時間がかかり過ぎ, 再び学習することを拒んでいることが分かった。

4.4 考察

今回のアンケート結果を因子分析し, 第一・第二因子を導いた。もっとも悪い結果となったシナリオ「自己紹介」についての分析結果を見てみる。「自己紹介」の第一因子は「首ふりの回数が適度」, 「動きから意味を推測できる」において, 因子負荷量の大きい値を示した。また, 第二因子は「ロボット同士の距離感が適度」, 「使った言葉を忘れにくい」において, 負の大きい値を示した。この第一このシナリオ「自己紹介」は首ふり回数が, 学習者の推測力に大きく寄与している事が分かった。またこの第二因子から, ロボットの距離感が悪い事で被験者に余計な違和感を感じさせ, 集中力を削いでいる事が覗える。因子分析の結果から, ロボットの動きが人間の感情にどのように影響を与えているかを掴めた。因子分析において, アンケート内容を変更することで, 知りたいものが定量的に示すことが可能であることが確認できた。



Fig. 4.2 シナリオ [はい・いいえ]

Table 4.2 シナリオ [はい・いいえ] (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A(動作): スタート地点から左端小道具前に移動 B(動作): 左端小道具の方向を向く	
2	A(発話): イゴスン ハンバーガ エヨ?	これはハンバーガですか?
3	B(発話): ネエ, クゴスン ハンバーガ エヨ.	はいハンバーガです.
4	A(動作): 左端から2番目に移動 B(動作): 左端から2番の方向を向く	
5	A(発話): イゴスン ハンバーガ エヨ?	これはハンバーガですか?
6	B(発話): アニョ、イゴスン ハンバーガ ガアニエヨ	いいえ, これはハンバーガではありません
7	A(動作): 左端から3番目前に移動 B(動作): Sで左端から3番の方向を向く	
8	A(発話): イゴスン Iphone エヨ?	これはIphoneですか?
9	B(発話): ネエ, クゴスン Iphone エヨ.	はいIphoneです.
10	A(動作): 左端から4番目前に移動 B(動作): Sで左端から4番の方向を向く	
11	A(発話): イゴスン Iphone エヨ?	これはIphoneですか?
12	B(発話): アニョ、イゴスン iphone ガアニエヨ	いいえ, これはIphoneではありません
13	A(動作): 左端から5番目前に移動 B(動作): ゴール地点(G)の方向を向く	
14	A(発話): イゴスン Iphone エヨ?	これはIphoneですか?
15	L(発話): アニョ、イゴスン iphone ガアニエヨ	いいえ, これはIphoneではありません
16	A(動作): ゴール地点(G)に移動	



Fig. 4.3 シナリオ [数]

Table 4.3 シナリオ [数] (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A(動作): スタート地点 (S) から1ウォン前に移動	
2	A(発話): イル ウォン?	1ウォン
3	A(動作): 10ウォン前に移動	
4	A(発話): シブ ウォン.	10ウォン
5	A(動作): 100ウォン前に移動	
6	A(発話): 벅크 ウォン.	100ウォン
7	A(動作): 1,000ウォン前に移動	
8	A(発話): 천 워곤.	1000ウォン

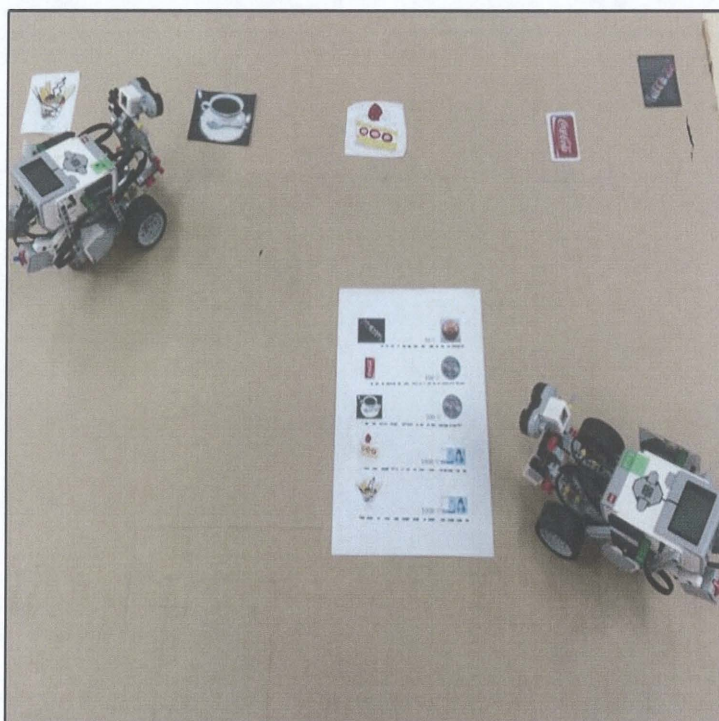


Fig. 4.4 シナリオ [買い物]

Table 4.4 シナリオ [買い物] (動作・発話)

	韓国語	日本語
1	A(動作): スタート地点から左端小道具前に移動 B(動作): メニュー前に移動	
2	A(発話): イゴ 올마요?	おいくらですか?
3	B(発話): クゴ스н 베크 워온 에요.	それは100ウォンです
4	A(動作): 左端から2番目に移動 B(動作): メニューを見る	
5	A(発話): イゴ 올마요?	おいくらですか?
6	B(発話): クゴ스н чон 워온 에요.	それは1000ウォンです
7	A(動作): 左端から3番目前に移動 B(動作): メニューを見る	
8	A(発話): イゴ 올마요?	おいくらですか?
9	B(発話): クゴ스н 베크 워온 에요.	それは100ウォンです
10	A(動作): 左端から4番目前に移動 B(動作): メニューを見る	
11	A(発話): イゴ 올마요?	おいくらですか?
12	B(発話): クゴ스н чон 워온 에요.	それは1000ウォンです
13	A(動作): 左端から5番目前に移動 B(動作): メニューを見る	
14	A(発話): イゴ 올마요?	おいくらですか?
15	L(発話): クゴ스н 시브 워온 에요.	それは10ウォンです
16	A(動作): ゴール地点 (G) に移動	

1. 自己紹介	
I. 動きの速度が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
II. ロボット同士の距離感が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
III. 動きが	<u>スムーズ 5・4・3・2・1 鈍い</u>
IV. 首ふり動作の意味が理解	<u>しやすい 5・4・3・2・1 しにくい</u>
V. 首ふりの回数が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
VI. 学習言語の数が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
VII. 学習に集中	<u>できる 5・4・3・2・1 できない</u>
VIII. 続きも	<u>やりたい 5・4・3・2・1 やりたくない</u>
IX. 使った言葉を	<u>忘れにくい 5・4・3・2・1 忘れ易い</u>
X. 動きから意味を推測	<u>できる 5・4・3・2・1 できない</u>

Fig. 4.5 アンケート [自己紹介]

2. はい・いいえ	
I. 文章の長さが	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
II. 動きの速度が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
III. ロボット同士のやり取りが	<u>分かり易い 5・4・3・2・1 分かりにくい</u>
IV. 動きが	<u>スムーズ 5・4・3・2・1 鈍い</u>
V. モノの数が	<u>適度 5・4・3・2・1 違和感を感じる</u>
VI. 本での学習より集中	<u>できる 5・4・3・2・1 できない</u>
VII. 間違うのが	<u>怖くない 5・4・3・2・1 怖い</u>
VIII. 動きから意味を推測	<u>できる 5・4・3・2・1 できない</u>
IX. 使った言葉を	<u>忘れにくい 5・4・3・2・1 忘れ易い</u>
X. 実際にすぐ	<u>使える 5・4・3・2・1 使えない</u>

Fig. 4.6 アンケート [はい・いいえ]

3. 数

I. ロボット1台で推測	<u>できる5・4・3・2・1できない</u>
II. 文章の長さが	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
III. 動きの速度が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
IV. 首ふりの回数が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
V. 動きが	<u>スムーズ5・4・3・2・1鈍い</u>
VI. 数字の数が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
VII. 普通に暗記するより	<u>早い5・4・3・2・1遅い</u>
VIII. 普通に暗記するより	<u>忘れにくい5・4・3・2・1忘れ易い</u>
IX. 分かるまで繰り返し	<u>したい5・4・3・2・1したくない</u>
X. この言語に興味がある	<u>湧く5・4・3・2・1湧かない</u>

Fig. 4.7 アンケート [数]

4. 買い物

I. モノの配置が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
II. 文章の長さが	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
III. 動きの速度が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
IV. 首ふりの回数が	<u>適度5・4・3・2・1違和感を感じる</u>
V. 動きが	<u>スムーズ5・4・3・2・1鈍い</u>
VI. この勉強法は	<u>実用的5・4・3・2・1空想的</u>
VII. 小道具が	<u>分かり易い5・4・3・2・1複雑</u>
VIII. 動きから推測	<u>可能5・4・3・2・1不可能</u>
IX. 前シナリオとの関連が	<u>分かる5・4・3・2・1分からない</u>
X. 使った単語を	<u>忘れにくい5・4・3・2・1忘れ易い</u>

Fig. 4.8 アンケート [買い物]

Table 4.5 実権結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
自己紹介	1	7	1	4	6	1	1	2	3	2
はい・いいえ	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1
数	3	1	1	1	1	1	1	1	3	2
買い物	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Table 4.6 アンケート [自己紹介]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
動きの速度が適度	4	3	5	4	3	2	5	3	5	5
ロボット同士の距離感が適度	5	4	4	2	4	4	5	3	5	5
スムーズな動きである	2	2	4	2	3	4	5	2	3	3
自己紹介のワードの数が適度	3	1	4	1	4	2	5	2	4	4
首ふりの回数が適度	3	5	4	1	4	3	5	2	5	4
首ふり動作の意味が理解しやすい	4	4	4	2	5	5	5	3	5	3
学習に集中できる	5	4	5	4	4	5	5	2	2	4
続きもやりたい	3	3	4	3	4	4	3	2	5	3
使った言葉を忘れにくい	2	3	3	2	4	4	3	4	4	5
動きから意味を推測できる	5	3	4	3	3	3	4	2	3	5

Table 4.7 「自己紹介」因子負荷量

	因子1	因子2
動きの速度が適度	0.3557	0.3047
ロボット同士の距離感が適度	0.0451	-0.6130
スムーズな動きである	0.3111	0.0962
自己紹介のワードの数が適度	0.2155	-0.3833
首ふり回数が適度	0.5374	-0.0982
首ふり動作の意味が理解しやすい	0.2859	-0.1862
学習に集中できる	0.1608	-0.0459
続きもやりたい	0.1368	0.1049
忘れにくい	-0.0302	-0.7190
使った言葉を忘れにくい	0.2476	0.0852
動きから意味を推測できる	0.4608	0.0469

Table 4.8 「はい・いいえ」因子負荷量

	因子 1	因子 2
文章の長さ適度	0.2128	-0.6442
速度が適度	0.5107	0.1191
ロボットの動きが分かり易い	-0.1732	-0.5462
動きがスムーズ	0.4391	-0.1374
小道具の数が適度	0.4755	0.1099
集中できる	0.0561	-0.3326
恐怖心	0.4417	0.2883
推測可	0.4835	-0.2818
忘れにくい	0.2120	-0.0023
実用的	0.1182	0.1490

Table 4.9 「数」因子負荷量

	因子 1	因子 2
ロボット1台で推測できる	-0.3058	0.0788
文章の長さ適度	-0.4817	0.0925
速度が適度	0.3024	-0.5531
首ふり回数が適度	-0.4879	-0.0202
数字の数が適度	-0.4014	-0.0637
動きがスムーズ	-0.3541	-0.5097
早く記憶できる	0.3396	-0.0450
忘れにくい	0.1785	0.0530
繰り返しやりたい	0.1788	-0.6009
興味が湧く	0.3812	0.3496

Table 4.10 「買い物」因子負荷量

	因子 1	因子 2
モノの配置が適度	0.2517	-0.3044
文章の長さ適度	0.3677	0.4769
速度が適度	0.4439	-0.1257
首ふり回数が適度	0.3169	-0.2215
動きがスムーズ	0.4065	-0.3399
実用的	0.4062	0.2022
小道具が分かり易い	0.3596	0.5022
推測可	0.3444	-0.3011
シナリオの関連性が分かる	0.3589	0.2435
忘れにくい	0.4577	-0.1769

Table 4.11 各シナリオの第一・第二因子

シナリオ	第一因子		第二因子	
自己紹介	△首ふりの回数が適度	△動きから推測できる	▼忘れにくい	▼距離感が適度
はい・いいえ	△動きの速度が適度	△動きから推測できる	▼文章の長さが適度	▼やり取りが分かり易い
数	▼首ふりの回数が適度	▼文章の長さが適度	▼繰り返しやりたい	▼動きの速度が適度
買い物	△動きの速度が適度	△忘れにくい	▼小道具が分かり易い	▼文章の長さが適度

第5章 シナリオ改良と検証実験

分析結果を下にシナリオ改良後、改良前との比較検証のための実験を行い、因子分析適用の有効性を示す。

5.1 改良点

シナリオ「自己紹介」の分析結果では【距離感が適度か】と【忘れにくい】について高い負の相関が見て取れた。アンケートによると、ロボット同士の距離感が遠いと指摘が多かった。そこで、ロボットの立ち位置を以前より 100mm 縮めた。(Fig.5.1, Fig.5.2)

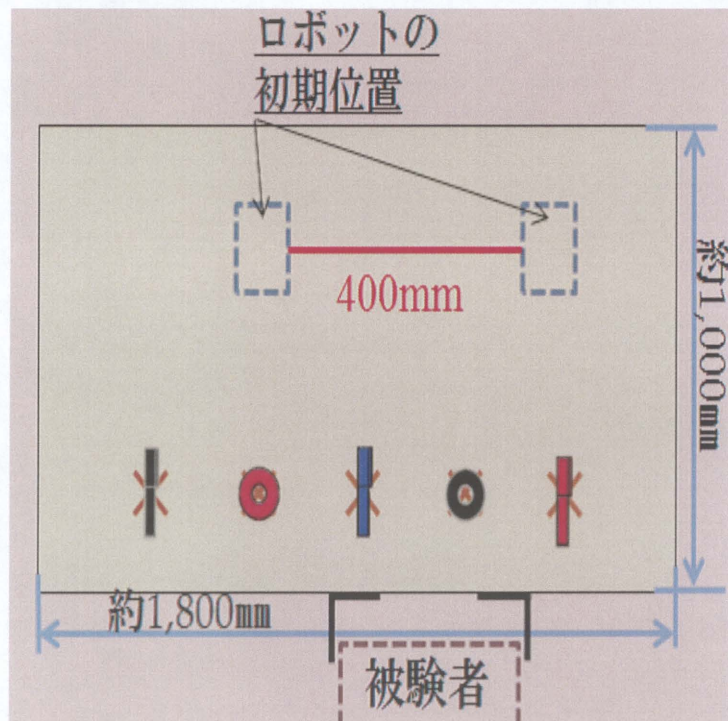


Fig. 5.1 ロボットの立ち位置:改善前

シナリオ「はい・いいえ」の分析結果では【文章の長さが適度】と【分かり易い】について高い負の相関が見て取れた。アンケートによると、文章の長さが長すぎると指摘が多かった為、被験者に答えて頂く「クゴスン ハンバーガ ガアニエヨ」を「アニエヨ」と短縮させた。シナリオ「数」の分析結果では【動きの速度が適度】と【繰り返しやりたい】について高い負の相関が見て取れた。アンケートによると、ロボットの動きが遅すぎるため、時間がかかり過ぎ、

再び学習することを拒んでいることが分かった。そこで、ロボットの速さを通常の1.5倍速にした。シナリオ「買い物」の分析結果では【文章の長さが適度】と【分かり易い】について高い負の相関が見て取れた。アンケートによると文章の長さが長すぎると指摘が多かった為、被験者に答えて頂く「クゴスン チョンウォン エヨ」を「チョンウォン」と短縮させた。

5.2 改良シナリオでの実験結果

今回は男10人の大学生を対象に改良したシナリオを用いて実験した。その結果をTable 5.1に示す。この結果と改良前とを比べてみると、大きな変化が見られなかった。ここで注意しないといけないのが、少ない回数で答える事を高く評価する評価方法だ。そもそもダイレクトメソッドは失敗を繰り返し、推察を何度も修正し、その言語の印象を深め学習していく方法である。そのため、実験結果からでは評価できない。そこで新しい評価方法を用いる必要がある。

Table 5.1 実験結果（横軸：被験者，縦軸：シナリオ）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
自己紹介	1	3	2	2	2	6	2	5	2	4
はい・いいえ	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
買い物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

5.3 評価方法

今回の実験から新しい評価基準を用いた。因子分析のためのシナリオ毎のアンケートの点数の総合点を評価し、総合点が高いほど評価の高い学習法としていく。

5.4 評価結果

今回の評価方法では、シナリオ毎に10項目を5段階で評価するので満点が50点になる。今回の実験では被験者は10人である。評価にはその平均点を取る。今回の結果と前回の結果の比較した表をTable 5.2に示す。これを見ると、いずれのシナリオにおいても点数が上がっている。このことから、因子分析を用いたシナリオ改良は効果があったと言える。

5.5 考察

検証実験の結果、改善しても失敗回数を減らすことはできなかった。しかし、新たな評価方法を導入することで、そのシナリオに対する点数付けが可能となった。この評価方法で評価したところ、改良前に比べ、改良後の点数は全てのシナリオで向上した。このことから因子分析を用いる有効性を確認できた。今後はこの点数の高得点を目指しシナリオを作成していく。

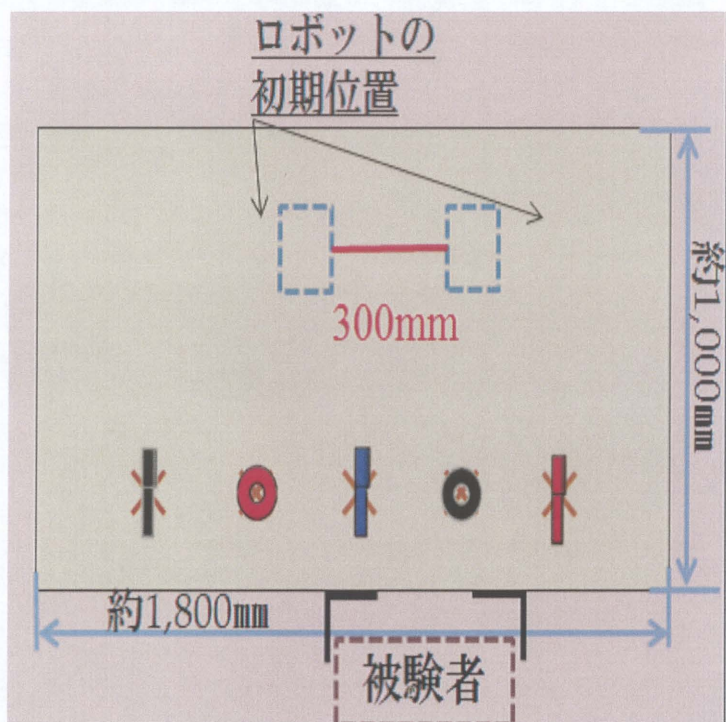


Fig. 5.2 ロボットの立ち位置:改善後

Table 5.2 シナリオ毎の総合点

	改良前	改良後	差
自己紹介	35.5	35.9	+0.4
はい・いいえ	35.9	36.9	+1.0
数	36.2	37.8	+1.6
買い物	39.5	40	+0.5

第6章 アフレコ型学習法の開発

これまで学習方法では、ロボットが学習者に質問を投げかけて、学習者の理解度を確認してきた。この学習法では、学習できるワードに限りがあり、学習者は一回のシナリオで一つ二つのワードを答えるだけである。これでは、その学習者がシナリオで用いた全てのワードを理解しているかは不確かである。また既存の評価方法では、何回目で答えることができたかのみを評価している。それでは、実際に学習者が理解できたのかどうかを評価するのに不十分であった。そこで今回はそれらを補う新たな学習方法を提案し、既存の学習法と組み合わせて、このロボットを用いたダイレクトメソッドを改良する。

6.1 学習システム

この新学習法のために適したシナリオを4つ用意した。その4つのシナリオは全て繋がっており、ストーリー性を含ませた。まず、学習者はこの4つのシナリオをそれぞれ3回づつ繰り返し見る。その際、学習者はシナリオを見ながら、理解度調査表に聞き取れた韓国語とその韓国語の意味を推測し記入して頂く。一つのシナリオを3回繰り返した後、次はそのシナリオを学習者がロボットの動きに合わせてアフレコをする。この時、学習者は何も見ずに、覚えている範囲でアフレコする。最後にまた理解度調査表に回答する時間を与える。これをシナリオ毎に行い、最後にアンケートを取り実験を終了する。

6.2 アフレコ型学習法の目的

この学習法では、一つのシナリオで用いられるワードを全て学習者に発話してもらう。この学習法では、語学学習において、あるシチュエーション上で、自らそのワードを声で発して使用することにより、記憶に残りやすいといった点を、取り入れた。また理解度調査票に記入しながら学習することにより、学習者がそのシナリオに対する意欲や集中力を高める事を期待する。

6.3 シナリオ

アフレコ型学習法のために、新しくシナリオを作成した。その際、前回までの実験から得た分析結果を参考にした。これまでの分析結果では、シナリオに必要な要素として、4つのシナリオにストーリー性を持たせ、ロボットにキャラクター付けをし、学習者がロボットに親近感を持ちやすくする事が挙げられる。また、ロボット同士の距離感や、ロボット動作のスピード、小道具を多く使うといった事が、学習者にシナリオを理解しやすくする要素である。これらを踏まえて、新しくシナリオを作成した。今回のシナリオの舞台はレストランとした。ロボット

Aはレストランのウェイタで、ロボットBはその店に来たお客とする。このシナリオの風景をFig.6.1に示す。またロボットAにウェイタの写真を貼り、キャラクター付けをする (Fig.6.2)。

シナリオ1では「いらっしゃいませ」、「何名様ですか」といった、入店時のやり取りから、「こちらのお席にどうぞ」といったところまでを行う (Table 6.1)。シナリオ2では「すみませーん」、「〇〇を下さい」といった、韓国語での注文の仕方を教える (Table 6.2)。シナリオ3では、「お待たせしました」、「ありがとうございます」、「お水を下さい」、「お待たせしました」、「ありがとうございます」といった様に、同じ言葉を何度も使用する (Table 6.3)。シナリオ4ではお会計時のやり取りを行う (Table 6.4)。全てのシナリオにおいて、分かり易い様に短いワードだけを用いる。また小道具は、お店の雰囲気を出す為に、数多く用意した。



Fig. 6.1 シナリオ：レストラン

Table 6.1 シナリオ [入店]

	韓国語	日本語
1	A [客ロボット](動作):入口から入店	
1	B [ウェイタロボット] (動作):客の前に移動	
2	B(発話): オソオセヨ. ミョッ プニセヨ?	いらっしゃいませ. 何名様ですか?
3	B(発話): ハンミョンイエヨ	一人です.
4	A(発話): ヨギ アンジュセヨ	こちらへどうぞ
5	A(発話): コマッサムニダ.	ありがとうございます
6	A・B(動作):Bが席に向かう. AがBの後ろに続く	

6.4 評価方法

この学習法ではアンケートの他に、実験的に理解度調査表を用意する。アンケートでは計測できない部分を補うことを理解度調査表に臨む。また理解度調査表を記入しながらこのダイレクトメソッド学習法することで、学習効果が向上する相乗効果を期待する。

6.4.1 アンケート

アンケートは前章同様アンケートに定量的に表す質問と感覚的な質問を混ぜ、ロボットの各動作が人間の感覚に与える影響を探った。アンケートの点数づけも5段階で評価する。

6.4.2 理解度調査表

この学習法では評価方法に、理解度調査表 (Fig.6.3) の点数を採用する。シナリオ毎に25点を持たせた計100点満点とし、高得点の場合、そのシナリオは効果的なシナリオであったとする。また同時に、前回と同様のアンケートを行い、理科度調査の点数結果と比較し、シナリオ毎の改善点を探る。

6.5 実験結果

三重大学生10人を対象に、アフレコ型学習法を実験した。その結果をTable 6.5に示す。この結果を見ると、平均点の合計が75.3と高い値を示した。ここから、このアフレコ型学習方法において、このシナリオは実用性があると言える。しかし、シナリオ1だけを見てみると、多くの学習者が理解できていなかった。この原因として、4つのシナリオにストーリー性があるため、シナリオをこなす毎に、学習者は全体像が見えてくる。そのため初めのシナリオ1は比較的点数が低くなる。またシナリオ3では、同じワードを繰り返し用いることから、学習者が容易に理解でき、高得点を出したと推測できる。

6.6 考察

- シナリオをこなすに比例し、点数が高くなっていく。4つのシナリオがストーリーとなっていることで、推測しやすくしている。
- 一番結果の良いシナリオ3では、繰り返し同じ言葉を用いている。その結果、学習者にヒントを多く与えられた。
- 実験しながらテストを行うことで、集中力と意欲が増していることがアンケート結果から分かった。
- 複数人同時学習を試みた。結果、学習者たちはより集中し全員が平均点以上を出した。

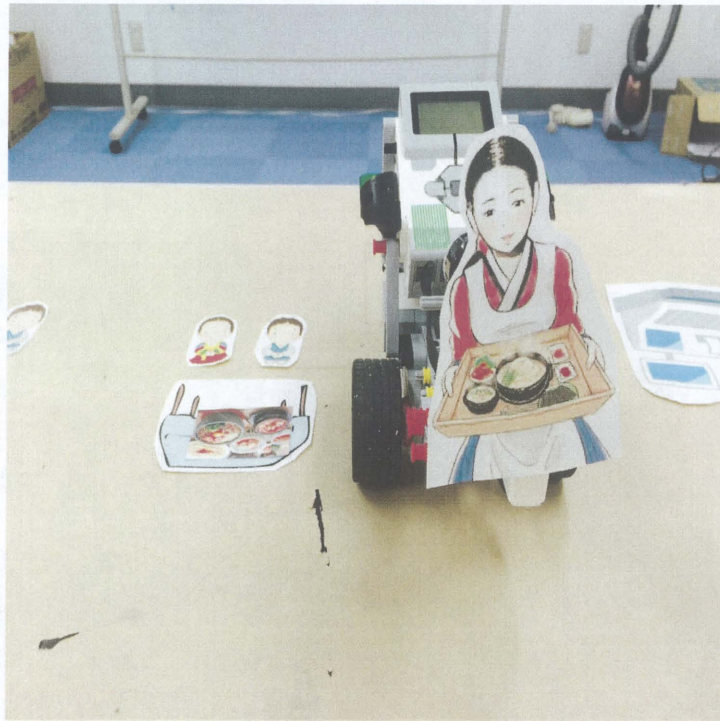


Fig. 6.2 ウェイタ

Table 6.2 シナリオ [注文]

	韓国語	日本語
1	A [客ロボット](発話): チョギヨ	すみません
2	B [ウェイタロボット] (動作): 客の前に移動	
3	B(発話): イエー ムオ(ル) トウシゲッス(ム) ニッカ?	はい, 何を注文しますか?
4	A(発話): キムチワビビンバ ジュセヨ	キムチとビビンバを下さい
5	B(発話): ネ、 アルゲッス(ム) ニダ	キムチとビビンバを下さい
6	A(発話): コマッスムニダ.	ありがとうございます

Table 6.3 シナリオ [注文2]

	韓国語	日本語
1	B [ウェイタロボット] (動作): キッチンから客の前に移動	
2	B(発話): ヨギ イッスムニダ	お待たせしました
3	A [客ロボット] (発話): コマッスムニダ	ありがとうございます
4	A(発話): ムル チュセヨ	水を下さい
5	B(発話): イエー	はい
6	B(動作): キッチンに戻り, 水を取り, 再び客前に戻る	
7	B(発話): ヨギ イッスムニダ	お待たせしました
8	A(発話): コマッスムニダ	ありがとうございます

Table 6.4 シナリオ [会計]

	韓国語	日本語
1	A [客ロボット] (動作):席からレジ前に移動	
2	A(発話):케사네 จู세요	お会計お願いします
3	B [ウェイタロボット] (発話): 이어, 쵸ン웁슨 임니다	1000 웁슨です
4	A(発話): 요기 이썬스민다	はい, どうぞ
5	B(発話): 코맬스민다	ありがとうございます
6	A(発話):샬르·모고썬스민다	ご馳走様でした
7	A(動作):出口に移動	
8	B(発話): 코맬스민다	ありがとうございます

理解度調査

[シナリオ1]

Q1:シナリオの題名は? A1, _____

Q2:どのような場面か? A2, _____

Q3:使った言葉の意味は?

	韓国語		日本語の意味
ロボットA「	」	「	」
ロボットB「	」	「	」
ロボットA「	」	「	」
ロボットB「	」	「	」

Fig. 6.3 理解度調査表

Table 6.5 実権結果

	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4	合計
A	2	25	25	24	76
B	20	23	25	16	84
C	18	15	25	22	80
D	5	6	23	22	56
E	25	25	25	25	100
F	2	8	22	14	46
G	3	22	25	16	66
H	2	24	19	24	69
I	2	25	25	25	77
J	25	25	25	24	99
平均	10.4	19.8	23.9	21.2	75.3

第7章 結言

因子分析を用いることで、効果的なシナリオ作成がかのうとなり、移動ロボットを用いたダイレクトメソッド語学学習を改良できた。以前まではシナリオ作成を無作為に行い、その評価をできていなかった。因子分析をそのシナリオ評価に用いたことで、この学習法のシナリオには何が求められているかが定量的に把握できた。因子分析の結果から、ロボットの動きが人間の感情にどのように影響を与えているかを掴めた。因子分析において、アンケート内容を変更することで、知りたいものが定量的に示すことが可能であることが確認できた。検証実験の結果、改善しても失敗回数を減らすことはできなかった。しかし、新たな評価方法を導入することで、そのシナリオに対する点数付けが可能となった。また、新たにロボットを用いた学習方法の作成を試みた。それが6章で提案したアフレコ型学習法だ。この学習法では、学習者は発話と聞き取りに加え、書き取りの仕事が科せられる。この学習法の実験を複数人に行ったところ、学習者は全てのシナリオにおいて集中して取り組んでいた。これらのことから、ロボットを用いた学習法は学習者に既存の学習法とは違う感覚を与えていることが分かった。既存の学習法とは、ここでは教科書やビデオ、パソコンを使った学習法を指す。このロボットを用いた学習法の得意な効果を、少なからず示したことが今回の研究の最たる結果だと考える。

参考文献

- [1] 内田 ゆず, "荒木 健治, 画像に対する発話を対象とした名詞概念獲得システム SINCA", 知能と情報, Vol. 20, No. 5. pp.685-695, 2008
- [2] M.Nakano et al., "Grounding New Words on the Physical World in Multi-Domain Human-Robot Dialogues", Dialog with Robots: Papers from the AAAI Fall Symposium (FS-10-05), pp.74-79, 2010.
- [3] 一柳 亜衣, 椎塚 久雄, "英会話ロボットとそのシナリオの印象", 日本機械学会, 名古屋大会, [No.08-4], 6/5-7, 2008
- [4] 寄田明宏, 久保田直行, "第 2 言語学習のためのロボット援用教育", The 25th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, pp.ROMBUNNO.3B1-OS22C-3, 2011
- [5] .Yorita, N.Kubota, "Cognitive Development in Partner Robots for Information Support to Elderly People", IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, Volume 3, Issue 1, pp.64-73, Mar. 2011.
- [6] 黒 浩 宮下敬宏 神田崇行, "コミュニケーションロボット 人と関わるロボットを開発するための技術", オーム社, 2005
- [7] ook,V."Second Language Learning and Language Teaching 4th ed.", London: Hodder Education. 2008
- [8] toqa Paul Alexander "three Countries:Cameroon,France, Japan and Thir Language Policies" 嘉悦大学研究論集, 54(2), pp.51-61 2012
- [9] ee Sungjin, Noh Hyungjong, Lee Jonghoon, Lee Kyusong, Lee Gary Geunbae, "Foreign Language Tutoring in Oral Conversations Using Spoken Dialog Systems", IEICE Transactions on Information and Systems Vol.E95. D No.12, 2012
- [10] 永法明, 宮下隆宏, 吉川雄一郎, 石黒浩, 小暮潔, 萩田紀博"日常空間で対話できるコミュニケーションロボット Robovie-IV" 電子情報通信学会信学技報, 105(536), pp.47-52, 2006
- [11] 田崇行, 石黒浩, 石田亨, "人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価", 日本ロボット学会誌, vol.19, No.3, pp.362~371, 2001
- [12] .A.Richards, Chrstrine M.Gibson, "English through pictures Book1", 2005

謝辞

本論文作成にあたり、テーマの決定、史料の読み方、研究の考え方、方法、まとめ方など全てにおいて、長期にわたって厳しくも熱意のあるご指導、ご鞭撻していただいた、松井博和先生に厚く御礼申し上げます。特に実験においても論文の書き方においても、お忙しいにもかかわらず、私の論文を何度も読んでいただき、指導・訂正していただき、松井先生には感謝しております。松井先生のおかげで、自分がやりたい研究を十分な研究環境で自由に研究させて頂きました。また、学会にも参加させて頂いた際には、提出論文の文章構成を細かくチェックし、手ほどきを頂きました。この一年を松井先生の下で研究できたことに、改めて感謝いたします。査読をしていただいた加藤典彦先生、矢野賢一先生、プロセス解析研究室の野村由司彦先生には、本論文を完成させるにあたって、大変有意義且つ的確なご意見をいただき、深く感謝しております。

また4年間のメカトロニクス研究室の研究生活を通して、矢野先生には一年目から大きな企業さんとの共同研究を未熟な私に担当させて頂き、おかげさまで多くの貴重な経験を積むことができました。また、毎週のミーティングで進捗状況の確認や的確な指示を下され、時には人生相談や進路の件にも親身になって相談に乗って頂きました。留学を希望した際も、矢野先生からアメリカ、マサチューセッツのウースター工科大学（Worcester Polytech Institute）への研究留学を紹介して頂き、1年間のアメリカ留学ができました。この研究留学を経験できたおかげで、自分のやりたい仕事を見つけることができました。多くの学会にも参加、または付添わさせて頂き、見聞を広める事が出来ました。矢野先生には心より感謝申し上げます。日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた金澤賢一先輩、水谷直人先輩には深く感謝致します。研究遂行にあたり、直接的なご助言ご協力をいただいたプロセス解析研究室の大池隼君に感謝致します。

最後に、本研究に取り組む中でご協力下さったすべての皆様に感謝を申し上げ、謝辞とさせていただきます。です。ありがとうございました。