

学位論文

日本語発音習得における発音特徴分析と
遠隔教育システムの活用に関する研究

2008年3月

熊本大学大学院 自然科学研究科

山川 仁子

概要

日本語を学ぶ非日本語母語話者の数は国内外で年々増加の一途をたどっており、国内外で約 250 万人の非日本語母語話者が日本語を学んでいる。日本語を学習する目的は国や教育段階に応じて異なるが、「日本語を使ってコミュニケーションしたい」というのはどの教育段階においても学習目的として上位に挙げられている。コミュニケーション手段としてはさまざまなものが考えられるが、一番効率が良く、かつ日常よく用いられているのは音声であろう。しかし、言語技能の中でもとりわけ発音は母語話者に近いレベルまで学ぶのが難しい。母語話者には何でもない音であっても、非母語話者には発音するのが大変難しい音というものがある。そのため発音がぎこちなく稚拙に聞こえたり、意味の混同を引き起こしたりとコミュニケーション上の問題になることさえある。

そこで本論文では、日本語学習者の発音において問題となる音について日本語母語話者の発話と比較しながら発話分析を行い、その原因を明らかにする。

まず初めに、日本語を外国語として学ぶ人の学習上の障害となっている「拍」知覚について検証する。日本語では長母音と短母音の音韻対立があり、意味の弁別に用いられている。どの言語でも「音節」という聴感上のまとまりによる単位で音声を分けることが可能であるが、日本語はさらに「拍」という時間長を基準とした単位で音声を分けることが可能である。この「拍」感覚は他の言語には見られないため、日本語を外国語として学ぶ人にとっては長母音と短母音を区別することが困難であり、学習上の障害となっている。そこで、日本語母語話者の拍感覚を解明すべく、長母音と無声化母音を用いて知覚実験を行った。これにより、音節数は同じであっても拍数の違いにより意味が異なる長母音においては、日本語母語話者はアクセントを手掛かりに 1 拍目を知覚し、これを基準に後続の音声の拍数を知覚していることが明らかになった。また、狭母音が無声子音やポーズに挟まされると母音が脱落する、あるいはその響きがなくなる（無声化する）という母音の無声化により母音が聞こえなくなっても、日本語母語話者は無声化した部分の拍を知覚していることから、無声母音部分の持続時間長変化実験と音色変化実験を行い、無声化母音の音価の

検証した。その結果、無声破裂音に後続する無声化母音は無声摩擦音で発音されており、日本語母語話者はこの違いを手がかりに聞き分けていた。また、無声摩擦音に後続する無声化母音は先行する無声摩擦音と同じ調音点の無声摩擦音で発音されているため、無声化が起きても拍数を保持して知覚することが可能であることが示された。

次に、多くの学習者にとって習得が困難である日本語の破擦音について検証する。日本語の破擦音のうち、ツの子音に当たる無声歯茎破擦音 [ts] を持つ言語は稀であり、母語にない音を発音しなければならないことが学習者にとって習得困難な原因の一つと考えられる。母語にない音を発音する場合、母語にある最も近い音を代用して発音するため、学習者が発音する「ひとつ」は「ひとちゅ」と幼児語のようになってしまう。そこで無声歯茎破擦音について知覚実験と産出実験を行い、実験音声学的視点による客観的評価と日本人による評価実験の主観的評価の二つの面から検証した。その結果、学習者は独自の基準を持って無声歯茎破擦音とその周辺の音声を区別していたが、学習者の発話意図と日本人による知覚が必ずしも一致しないことが明らかになった。

これら発音上の問題点は、これまで得られた発音分析の知見を基に、専門の教師による徹底した発音練習を行うことで改善が可能だと考えられるが、実際の教育現場ではカリキュラム上、発音に十分な時間を費やすことは難しい。また、授業では教師一人に対して複数人の学習者がいることが普通であり、授業中、個別に発音の指導を学習者が納得いくまで行うことは困難である。しかし従来どおり、一斉練習で繰り返し発音し、間違いが訂正されないままでは学習者は「発音できたつもり」になって間違った発音が定着してしまうおそれがある。それを補うため、CDやビデオを使った発音のための自習教材は数多く提案されているが、これらは学習者が自分で発音を判断・評価しなければならないという本質的な欠点をはらんでいる。発音がうまくできない学習者は聞き取りもうまくできないことが多く、自分の発音に対して正しい評価を下すことはかなり難しい。そこで、本論文ではこれまでの発話分析より得られた知見を基に、音声に関する専門的な知識や自らの発音を評価できるような特別な「耳」を持たない学習者でも発音学習が可能であるよう、自動発音評価能を実装した発音学習システムを提案する。授業中における発音指導時間の不足を補えるよう、Web Based Training (WBT) システムを基に構築し、学習者が教室以外の場所からでも利用できるようにした。また、発音評価を行う教師の代わりに音声認識システムを実装して発音評価を行い、学習者へのフィードバックを提供する。構築したシステムの有効性を評価するために、熊本大学留学生センターで試用運転を行い、学習者と教師によ

る評価を行った。その結果、発音学習におけるシステムの必要性、有効性が示された。従来、外国語学習における恐怖心（Foreign Language Classroom Anxiety）は特に発音力との間に強い相関があることが言われており、外国語学習不安が強い学習者は発話力が伸びないことがわかっている。発音学習の全てを発音学習システムで行うことは、現在のところはまだ不可能であるが、WBTシステムによる発音学習は、外国語学習不安がある学習者にとっても一つの学習手段として有意義なものになると考えられる。さらに、学習者の多くは発音練習の必要性を強く感じていることから、今後、自動発音評価機能を実装した発音学習システムの大いなる利用が期待される。

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景と動機	1
1.1.1 発音教育の現状	1
1.1.2 言語転移	2
1.1.3 言語習得	2
1.1.4 発音学習に対するモチベーションとコミュニケーション	3
1.1.5 発音学習における学習不安	4
1.1.6 音声教育における e-Learning の可能性	4
1.2 本研究の目的	6
1.3 本論文の構成	7
第2章 日本語における拍知覚の検証	9
2.1 はじめに	9
2.2 日本語における拍知覚の先行研究	10
2.2.1 音節と拍	10
2.2.2 日本語のアクセント	13
2.3 長母音における拍知覚の検証	16
2.3.1 実験音声刺激	17
2.3.2 被験者	20
2.3.3 実験結果	21
2.3.4 考察	27
2.4 無声化母音における拍知覚の検証	29

2.4.1	母音の無声化	29
2.4.1.1	無声化母音とささやき声	29
2.4.1.2	無声化母音の役割	30
2.4.2	無声化母音に関する先行研究	32
2.4.3	無声化母音の音価検証実験	34
2.4.3.1	基準音声材料	34
2.4.3.2	被験者	39
2.4.3.3	無声化母音の知覚 (実験1)	39
2.4.3.4	無声子音の知覚 (実験2)	39
2.4.3.5	無声摩擦音挿入による知覚 (実験3)	41
2.4.3.6	無声化母音の音価検証実験についての考察	43
2.4.4	無声化母音における時間長操作の実験	44
2.4.4.1	時間長の実験目的	44
2.4.4.2	基準音声材料と原音声の作成	44
2.4.4.3	時間長短縮の実験 (実験4)	49
2.4.4.4	時間長伸長の実験 (実験5)	54
2.4.4.5	無声化母音における時間長操作実験についての考察	59
2.5	まとめ	61
第3章	日本語における破擦音の検証	65
3.1	はじめに	65
3.2	無声歯茎破擦音	66
3.3	韓国人母語話者を対象とした検証	70
3.3.1	被験者	70
3.3.2	評価対象音	70
3.3.3	産出実験	71
3.3.3.1	手続き	71
3.3.3.2	結果	72

3.3.4	知覚実験	73
3.3.4.1	手続き	73
3.3.4.2	結果	73
3.3.5	考察	74
3.4	タイ語母語話者における破擦音ツの産出	77
3.4.1	被験者	77
3.4.2	評価対象音	77
3.4.3	産出実験	78
3.4.3.1	手続き	78
3.4.3.2	結果	79
3.4.4	知覚実験	81
3.4.4.1	手続き	81
3.4.4.2	結果	82
3.4.5	考察	83
3.5	まとめ	87
第4章	日本語発話訓練システムの提案	89
4.1	はじめに	89
4.1.1	発音教育における遠隔教育の効果	90
4.1.2	発音教育における遠隔教育システム利用の背景	91
4.2	発話評価機能を有する日本語発話訓練システムの提案	93
4.2.1	提案システムのシステム概要	93
4.2.2	提案システムの構成	95
4.2.2.1	サーバーシステム	96
4.2.2.2	クライアントシステム	98
4.2.3	学習の流れ	99
4.2.3.1	発話訓練	99
4.2.3.2	聴解訓練	102

4.2.3.3	長母音の発話訓練	103
4.2.3.4	学習履歴	106
4.3	提案システムの有効性の評価	107
4.3.1	学習管理者を対象とした評価実験	107
4.3.1.1	被験者	108
4.3.1.2	実験方法	109
4.3.1.3	実験結果	109
4.3.2	学習者を対象とした評価実験	112
4.3.2.1	被験者	112
4.3.2.2	実験環境	112
4.3.2.3	実験方法	113
4.3.2.4	実験結果	115
4.4	まとめ	124
第5章	結論	127
	謝辞	131
	引用文献	133
	付録 A 藤崎モデル	143
	付録 B 提案システム搭載の教材詳細	145
	付録 C 日本語発話訓練システム インターフェース	147
	付録 D 学習管理者対象評価実験用アンケート	151
	付録 E 学習者対象評価実験用アンケート	155

目 次

2.1	拍と音節による数え方の違い	12
2.2	「刻」のイメージ	13
2.3	無アクセント方言の分布図	15
2.4	先行研究 [48, 49, 50] による拍知覚実験で用いた実験音声イメージ	16
2.5	PROSODY の画面	18
2.6	アクセント指令時刻 T_1 の操作イメージ	19
2.7	[koodes] の原音と加工音の振幅とピッチ変化	20
2.8	グループ Jp による拍知覚の結果	22
2.9	グループ Jp の拍知覚結果における標準偏差	22
2.10	グループ Jn による拍知覚の結果	24
2.11	グループ Jn の拍知覚結果における標準偏差	24
2.12	グループ En による拍知覚の結果	25
2.13	グループ En の拍知覚結果における標準偏差	25
2.14	グループ Ch による拍知覚の結果	26
2.15	グループ Ch の拍知覚結果における標準偏差	26
2.16	声門の形態略図 (a) 有声, (b) 無声, (c) ささやき	30
2.17	母音の無声化の分布	31
2.18	馬場 (1998) による無声化母音の音価の説	33
2.19	日本語母語話者の発話した「きゃっと」[k ^h atto] の振幅, スペクトル グラム, 母音部分のスペクトル	35
2.20	日本語母語話者の発話した「きっと」[k ^h itto] の振幅, スペクトル グラム, 母音部分のスペクトル	36

2.21	日本語母語話者の発話した「きゅっと」[kʲutto]の振幅, スペクトログラム, 母音部分のスペクトル	37
2.22	日本語母語話者の発話した「きよっと」[kʲotto]の振幅, スペクトログラム, 母音部分のスペクトル	38
2.23	(実験1) 提示した刺激音に対して選択された音の割合	40
2.24	原音声[kʲitto] (上段) と[kʲitto]の母音[i]の部分白色雑音と置換した音声(下段)の振幅	40
2.25	(実験2) 提示した刺激音に対して選択された音の割合	41
2.26	実験3における実験音声合成のイメージ	42
2.27	(実験3) 提示した刺激音に対して選択された音の割合	43
2.28	「すぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム	45
2.29	「すすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム	46
2.30	「これはすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム	47
2.31	「これはすすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム	48
2.32	時間長短縮操作イメージ	50
2.33	時間長短縮による拍数知覚の変化(平均値と標準偏差)	51
2.34	原音声と時間長短縮を施した加工音のアクセントの様子(上) 原音声「すすぎです」(中) 加工音「すすぎです」(下) 原音声「すぎです」	52
2.35	「すすぎです」における被験者の出身地別実験結果	53
2.36	「これはすすぎです」における被験者の出身地別実験結果	54
2.37	時間長伸長操作イメージ	55
2.38	時間長伸長による拍数知覚の変化(平均値と標準偏差)	58
2.39	原音声と時間長伸長を施した加工音のアクセントの様子(上) 原音声「すぎです」(中) 加工音「すぎです」(下) 原音声「すすぎです」	58
2.40	「すぎです」における被験者のアクセント聞き取り能力別実験結果	59
2.41	「これはすぎです」における被験者のアクセント聞き取り能力別実験結果	60

3.1	日本語母語話者の発話した [tsu] の振幅とスペクトログラム	66
3.2	破裂音, 摩擦音, 破擦音の開放の様子	67
3.3	韓国語母語話者が発話した破擦音・摩擦音に対する評価結果	72
3.4	日本語母語話者の発話した語中/ツ, チュ, ス/と韓国人学習者が発話した語中/ツ/の摩擦部分のスペクトル比較	76
3.5	日本語母語話者(上段)と韓国人学習者(下段)の発話した/マツマ/の振幅	76
3.6	タイ語母語話者が発話した破擦音・摩擦音に対する評価結果	79
3.7	タイ語母語話者が発話した/ツ/に対する評価結果	80
3.8	タイ語母語話者の発話に対して「ス」と評価された音の割合	80
3.9	タイ語母語話者における破擦音の知覚実験結果	82
3.10	日本語母語話者の発話した語中/ツ, チュ, ス/とタイ人学習者が発話した語中/ツ/の摩擦部分のスペクトル比較	84
3.11	日本語母語話者の発話した「マツマ」(上)と「マスマ」(下)のスペクトログラム	86
3.12	タイ語母語話者の発話した「マツマ」(上)と「マスマ」(下)のスペクトログラム	86
4.1	提案システムの利用対象者	93
4.2	提案システムを利用した学習の様子	94
4.3	提案システムの構成	95
4.4	音声認識処理の枠組	97
4.5	学習者の発話画像のフィードバック例	98
4.6	提案システムにおける学習の流れ	99
4.7	発話訓練の結果画面	100
4.8	音素持続時間比率情報と発音誤り情報のフィードバック	100
4.9	発音誤りの検出	101
4.10	聞き取り訓練の問題画面	102

4.11	聞き取り訓練の結果画面	103
4.12	長母音訓練の結果画面	104
4.13	発話訓練の履歴閲覧画面	106
4.14	プロトタイプシステムにおける発話訓練の教材作成	108
4.15	発話訓練教材の作成時間	111
4.16	聞き取り訓練教材の作成時間	111
4.17	成績の平均の推移	121
4.18	所要時間の平均の推移	121
1	提案システムの学習選択画面	147
2	発話訓練の問題画面	148
3	訓練終了の画面	148
4	正答率によって現れるエージェント	149
5	発話訓練の問題作成画面	149
6	アンケート画面 (1/3)	151
7	アンケート画面 (2/3)	152
8	アンケート画面 (3/3)	153

表目次

2.1	各言語のアクセントタイプ	14
2.2	刺激音の操作段階と T_1 の前後の時間・比率	19
2.3	原音声に対する正答率	21
2.4	原音声の各時間長	45
2.5	無声摩擦音の短縮段階別 [ss] の時間長	49
2.6	短縮操作に対して知覚された拍数の平均と標準偏差	51
2.7	CS 要因における短縮段階の単純主効果	53
2.8	無声摩擦音の伸長段階別 [s] の時間長	56
2.9	伸長操作に対して知覚された拍数の平均と標準偏差	57
3.1	日本語, 韓国語, タイ語における破擦音, 摩擦音の比較	68
3.2	世界の言語における破擦音の使用状況	69
3.3	実験音声試料	71
3.4	ターゲット音の提示位置別聴取正答率	74
3.5	実験音声資料	78
3.6	提示された音声に対するタイ語母語話者の選択結果	83
4.1	非日本語母語話者が間違いやすい発話規則	97
4.2	長母音訓練のミニマルペア例	103
4.3	教材管理のアンケート項目と評価結果	110
4.4	被験者プロフィール	112
4.5	クライアント側の実験環境	113
4.6	サーバ側の計算機環境	114

4.7	アンケート項目と評価結果	116
4.8	アンケートの因子分析結果 (1/2)	117
4.9	アンケートの因子分析結果 (2/2)	118
4.10	プロトタイプと本システムの評価値の比較	119
4.11	音響モデルの変化による正解数および正解率の比較	122
1	発話訓練の教材数	145
2	聞き取り訓練の学習内容	145

第1章 序論

1.1 研究の背景と動機

1.1.1 発音教育の現状

日本語を学ぶ非日本語母語話者の数は国内外で年々増加の一途をたどっており、2003年度の調査では国内で約12万人、国外で約235万人の非日本語母語話者が日本語を学んでいる [1, 2]。日本語を外国語として学ぶ学習者の学習目的は国や教育段階に応じて異なるが、ほとんどの学習者は「日本語を使って何かをしたい」ということが目的であり、日本語が話せるようになることを目標としている [1]。しかし、言語技能の中でもとりわけ発音は母語話者に近いレベルまで習得することが難しく、どんなに正確な文法で話していても、発音の誤りにより意味の混同が生じることがあり、コミュニケーション上の問題になる恐れがある [3]。このような問題点は従来より指摘されているが、日本語教科書における日本語の発音の取り扱い、初級教科書のはじめのほうに五十音図を使った単音レベルの説明やアクセント型の説明などがあり、それを音声テープやCDで練習するだけである。あとは、句型練習の例文を読むことが発音の練習を兼ねることになり、特に発音のための時間というのは日本語学校などのカリキュラムでは実施されない。また、入門段階の学習者に対しては媒介語を使わない方法（直説法）で指導を行うことが多いが、語彙も文法もあまり学んでいない段階での直接法による音声指導では限られた範囲の指導にとどまることになってしまう。そのため、初級の段階で発音に関して十分な指導を受けないまま誤った発音を繰り返し発音することで、それが身についてしまうことがある。これを発音の「化石化 (*fossilization*)」と呼んでいる。化石化は言語技能のすべてに見られるものであるが、特に発音の化石化は学習が進むにつれて矯正が難しくなるしまうため、早い段階で適切な矯正を行うことが重要である。しかし、実際の現場ではカリキュラム上の制約のため、初級レベルで徹底した発音指導を行うことは困難なことである。

1.1.2 言語転移

化石化がおこるのは第二言語習得¹における特有の現象であり、化石化により最終的に目標言語が母語話者レベルまで達成することが困難になるといわれている。化石化の原因の一つとして、Selinkerは「言語転移 (*language transfer*)」を挙げている [4]。言語転移とは、学習者の母語（または既習語）が第二言語（次に学習する言語）を習得する場合に何らかの影響を与えることをいう。言語転移は言語習得の上でプラスに働く場合もあるが（「正の転移」）、化石化の要因となるのはマイナスに働く場合、つまり「負の転移」の場合である。負の転移は、中・上級レベルに比べて、初級レベルの学習者に多く観察される [5] ことや、転移しやすい領域とそうでない領域がある [6] ことなどが明らかになっている。転移しやすい領域として、音声・音韻と語彙が挙げられるが、音声・音韻が転移しやすい理由としては、母語と目標言語の発音で、口内の筋肉の使用する部分が違うため、今まで使っていなかった筋肉を使おうとしてもなかなか活性化できず、普段使用している筋肉で代用するために起こるといわれている [7]。

1.1.3 言語習得

成人が外国語を学習する際に直面する問題もある。子供はすぐに外国語の発音が上手になるが、成人学習者の場合、文法や語彙などの領域においては学習次第で高度の運用能力の習得が可能であっても、発音には苦勞することが多い。第二言語習得研究では、母語以外の言語を習得することが可能な期間が存在するといわれており、これを「臨界期仮説 (*Critical Period Hypothesis*)」²と呼ぶ [8, 9]。一説では、6歳前後に学習を開始した場合はネイティブレベルの発音習得が可能で、12歳ぐらいまでは個人差が大きく、思春期を過ぎて学習を開始した場合は母語の「なまり」が残ることが多いといわれている。言語習得に年齢要因が影響を与える原因については、生態学的要因 [10]、認知心理学的要因 [11]、社会心理学的要因 [12] など諸説あり、現時点では明らかではない。また、言語領域によって異なる臨界期を認める立場もあり、特に母語転移が最も顕著に現れると言われる音声・音韻については、他の領域よりも早期に学習を開始しなければネイティブレベルの発音習得は難しいと考えられている。

¹ 「第二言語習得」という場合、外国語として学習する場合と、第二言語として主に定住型の外国人が日本で生活するために学習している場合を指すことがあるが、ここでは二つを区別していない。

² 「最敏感期」 (*sensitive period*) や「年齢制約」 (*Maturational Constraints*) ということもある。

しかし、最近の研究では、思春期以降にネイティブレベルの言語能力を達成した例 [13, 14] や、成人学習者でも学習動機が高ければネイティブレベルの言語習得が可能であるという例が報告されている [15]。日本語教育においても、臨界期を過ぎて学習を開始した学習者がネイティブレベルの発音習得を達成し得ることが報告されている [16]。さらに、言語習得には年齢要因だけでなく、社会言語学的な要因（年齢層による社会との関わり方の変化）や個人要因（アイデンティティ、言語の必要性）なども関与しているという指摘もある [17, 18]。つまり、言語を学習する上で「手遅れ」ということはない。習得するまでの時間は多少かかるが、習得することは可能である。ただし、学習方法、学習環境、学習者のモチベーション向上などさまざまな要因を考慮する必要が求められていることには間違いない。

1.1.4 発音学習に対するモチベーションとコミュニケーション

発音習得の困難さに併せ、学習者の発音に対するモチベーションの低さも、発音教育を困難にしている原因の一つであるといえる。発音学習に対するモチベーションの低さには、大きく分けて二つの原因が考えられる。一つは「通じさえすれば発音はどうでもいい」という考えによる。これにより発音学習に対する必要性を感じず、モチベーションがあがらないという学習者が見られる。その理由として、初級レベルでは、学習者は教師以外と話す機会が少なく、教師は学習者の発音が多少「外国語なまり」であっても、学習者の意図しているところをある程度汲み取ることが可能であるため、学習者は自分の発音が「通じる」と考えてしまい、発音学習に対するモチベーションが上がらないということが考えられる。

しかし、一步、教室の外へでると、とたんに自分のことばが思った以上に通じないことから、自信を喪失してしまう学習者を目にすることがある。また、学習中の過度の緊張や、人前での失敗による自信の喪失から、発音学習に対して嫌悪感を抱く学習者もいる。これが二つ目の理由である。二つは互いに関連している問題である。

安定して「通じる」状況を得るために学習者は、外国人の発話になれていない母語話者にも「通じる」発音をする必要がある。ここでいう「通じる」発音とは、話者の発話意図が聞き手に伝わることを意味する。発話意図が聞き手に伝わることで会話が成立し、会話が成立することでコミュニケーションは成り立つ。通じる発音を習得することで、円滑なコミュニケーションを行う第一歩となるであろう。しかし、「通じる」発音教育を行うためには、発音学習時間の確保、学習方法の確立と

いった、発音教育の根底に根差す問題の解決が必要である。

1.1.5 発音学習における学習不安

音響音声分析などから得られた学習者の音声学上の問題点をどのように教育に生かすかという視点から、効果的な指導法や音声教育教材の研究・開発が進められている。しかし、学習の主体は学習者であり、研究結果を実際のクラスに導入し十分に発揮させるためには、学習者の心理的な側面から検討、学習者の発音上の社会心理学的な問題点についても検討する必要がある。

クラスでの発音指導の際に、極度の緊張に陥って十分な発音練習ができない学習者や、発音練習に主体的に取り組もうとしない学習者などが見られることがある。学習において、適度な緊張は効果をもたらすが、適度な緊張を超えて引き起こされる過度の不安は、インプットからアウトプットの過程で、認知的阻害や学習回避行動などを引き起こし、第二言語習得に影響を与えることが示唆されている [19]。

第二言語習得における学習不安の概念的検討が進み、学習者のパーソナリティ、性格特性としての不安だけでなく、第二言語習得に関わる状況によって生じる不安として研究がすすめられており、学習不安の強い学習者は学習不安をあまり感じない学習者に比べ、聴解力や発話力が伸びないことなどが明らかにされている [20]。日本語教育においても池田 [21]、元田 [22] らによって研究が進められており、発音に対する学習不安、発音不安³に対する研究も進められている [23]。

発音学習不安は教師やクラスメートからの否定的評価を恐れたり、他人の前での間違いなどから起こる。そこで、学習者が一人で外国語を学習することができる環境を提供し、そのような不安を軽減するために、遠隔教育システムの利用が有効であると考えられる。調査研究からも外国語学習不安の強い学習者は遠隔教育システムによる外国語学習を好むということが明らかになっている [24]。このことから、発音教育において遠隔教育システムの利用は有効であることがいえるであろう。

1.1.6 音声教育における e-Learning の可能性

これらのさまざまな要因を克服する手段として、近年、コンピュータを利用した教育が注目されている。わが国で2001年に策定された「e-Japan 戦略」では、ネッ

³ここでいう「発音不安」とは、小河原 [81] の定義に基づき「現実の、あるいは想像上の日本語発音場面・発音指導場面において、日本人・教師・クラスメートなどの他者からの発音評価に直面したり、もしくはそれを予測したりすることから生じる不安」とする。

トワークの整備とともに、「教育及び学習の振興並びに人材の育成」、「ネットワークコンテンツの充実」などが急速に進められている。言語教育の現場においてもIT化は急速に進んでおり、コンピュータを利用した教育の可能性は大いに期待されている[25]。特に近年では「インターネットを活用して学習するオンライン型の遠隔学習」[26]である「e-Learning」の活用が期待されている。

言語教育にコンピュータを利用した場合のメリットとして、池田[27]は以下の7つを挙げている。

- (1) 個々の学習者に応じた学習が可能
- (2) 能動的、対話的な学習が可能
- (3) (個別化による) 学習の迅速化
- (4) 情報の視覚化、聴覚化
- (5) フィードバックの即時性
- (6) 学習者のモチベーション向上
- (7) 通信機能の活用による遠隔教育

発音は専門の教師による徹底した練習を行うことで改善が可能であると考えられるが、実際の教育現場では経済的、時間的制約のため、発音に十分な時間を費やすことは難しい。これらを補うためにCDやテープなど発音のための自習教材は数多く提案されているが、これらの教材は学習者が自分で発音を判断・評価しなければならないという本質的な欠点をはらんでいる。そこで、「能動的・対話的な学習が可能」であり、「情報の視覚化・通信化に優れている」コンピュータを利用した教育を発音教育に取り入れることは、問題点の解決に大いに役立つものと期待されている。現在みられる遠隔教育システムによる発音教材の多くは、従来の教材に比べ、視覚的・聴覚的であり、能動的であるとはいえるが、残念ながら、学習者が自分で発音を判断・評価しなければならないという問題点は解決されていない。学習システムが発音の自動評価機能を有することで、「フィードバックの即時性」というコンピュータを利用した教育のメリットをより生かすことが可能となり、ひいては「学習者のモチベーション向上」にもつながると考えられる。

遠隔教育システムによる学習のメリットを最大限に生かすことのできる、かつ専門の教師による発音指導を実現できるシステムの提案が求められている。

1.2 本研究の目的

本研究では、遠隔教育システムの発音学習への適応を念頭に、言語学的アプローチと工学的アプローチから発音学習における問題点の改善策を検討することを目的とする。ただし、実際に遠隔教育システムを発音学習へ利用するためには、まず学習者にとって習得が困難である発音について検証が必要である。

非日本語母語話者が日本語を習得する上で困難であるといわれる発音には、長母音と短母音の区別や、無声歯茎破擦音の発音、アクセント知覚などがあり、多くの研究者によって指摘されている [28, 29, 30, 31, 32, 33]。これらは日本語特有の発音であるため、学習者の母語に関係なく多くの学習者にとって発音習得が困難であるが、学習者の母語によって習得度が異なる場合があるため、母語別の分析・検証も求められる。

東間、大坪による外国人日本語学習者の発話を日本語母語話者がどのように評価しているのかを調べた実験では、日本語母語話者は音素の混同による発音の誤用には極めて非寛容であり、特に破擦音、摩擦音の混同による誤用には最も厳しい評価を下すことが示されている [34]。例えば、日本語を学ぶ外国人にとって長母音と短母音を区別することは大変難しく、「おじさん」と「おじいさん」を区別して知覚し、発音することは困難である。これらは上級レベルの学習者にも見られる問題である。また、日本語の「ツ」という音は発音するのが難しいといわれている。その原因の一つとして、日本語のツの子音に当たる音を持つ言語が少ないということが挙げられる。日本語のツの子音は無声歯茎破擦音 [ts] で発音されるが、母語にこの子音を持たない学習者は、ツをチュやスと発音する傾向が見られる。そのため、「いつも」を「いちゅも」と発音したり、「つくえ」を「すくえ」と発音することがあるが、学習者がどのように発音しているかについて実験音声学の立場から述べたものは管見の及ぶ限りではない。

どんなに正確な文法で流暢に日本語を話していても、「おじさん」と「おじいさん」を区別できないことで意味の混同が生じたり、「ツ」を「チュ」と発音するだけでとたんに稚拙な話し方に聞こえてしまう。これらのわずかな発音の誤りにより、コミュニケーションをとる上での問題を引き起こすことさえある。Thomas は文法能力が十分でも発話能力が不十分だと「外国語がうまいというよりも人としての印象が悪くなる」⁴と述べており [3]、円滑な人間関係を築く上で障害が出る可能性が考えられるが、詳細な分析研究や明確な指導法の確立はされていないのが現状であ

⁴“While grammatical error may reveal a speaker to be a less than proficient language-user, pragmatic failure reflects badly on him/her as a person.” (p.97)

る。日本語学習者によりの確な指導を示すためにも、学習者がどのように知覚、発音しているのかについてはまだ分析が必要である。

そこで本研究では、非日本語母語話者が日本語を習得する上で困難であるといわれる長母音、無声化母音の拍知覚と破擦音に焦点をあて、知覚・産出について実験的に検証を行う。これらの検証実験より得られた知見をもとに、発音自動評価機能を有する発音学習のための遠隔教育システムを提案することを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文は5章より構成される。各章の内容は以下の通りである。

第2章では日本語を外国語として学ぶ人の学習上の障害となっている「拍」について、日本語母語話者の知覚のメカニズムを提唱する。日本語は「拍」という時間長を基準とした単位で音声に分けることが可能であるが、外国語は拍による時間単位を用いないため、非日本語母語話者にとって「拍」の概念は難しい。ここでは知覚・産出に拍感覚が必要な長母音を取り上げ、長母音の拍数知覚に必要な要因を明らかにする。また、母音が無声化することにより拍数の保持が困難になると思われる状況下においても日本語母語話者は拍知覚ができることから、従来、「脱落した母音」「声帯が振動しない母音」などといわれていた無声化母音の音価に注目して検証し、母音の無声化における拍知覚のメカニズムを明らかにする。

第3章では多くの非日本語母語話者にとって発音が困難であるといわれる無声歯茎破擦音の産出・知覚について検証する。日本語の/ツ/の子音に当たる無声歯茎破擦音 [ts] を持つ言語は稀であり、母語にない音を発音しなければならないことが破擦音が習得困難な原因の一つであると考えられる。ここでは発話意図と産出音声との差異に着目して検証を行い、破擦音産出における問題点を明らかにする。

第4章では、前章までに検討した習得が困難である日本語発音をはじめ、日本語発音学習を効率的に行う方法として、発音学習における遠隔教育システム利用の提案、検討を行う。提案するシステムは音声に関する専門的な知識や自らの発音を評価できるような特別な「耳」を持たない学習者でも発音学習が可能であるよう音声認識システムを利用した自動発音評価機能を実装している。熊本大学留学生センターにて行った本システムの効果検証実験の結果をもとに、提案システムの有効性を検証する。

第5章では以上の研究を要約し、本研究の総括的結論を述べ、併せて今後の研究課題について述べることとする。

第2章 日本語における拍知覚の検証

2.1 はじめに

物理的には切れ目のない連続した音であっても、人はそれをいくつかのかたまりとして知覚している。例えば、日本語の「机」は「ツ・ク・エ」のように三つからなると感じることができる。この「それ自身の中に切れ目が感じられない音の連続」[35]を音節 (*syllable*) という。どの言語でも音節で音声を分けることが可能であるが、その定義は容易ではなく、聴覚的な面からの説明や生理的な面から説明したものなど諸説がある。また、音節と音節の境界も言語によってはその断定が難しく、音節数はわかっているにもかかわらず音節の境界がはっきりと分からないものもある¹。

日本語は音節のほかに、さらに「拍 (*mora*)」という時間長を基準とした単位で分ける事が可能である。例えば、日本語で「山」という単語は「ヤ・マ」という二つの拍から出来ており、「桜」は「サ・ク・ラ」の三つの拍からできている。日本語では、母音の長短が意味の弁別に用いられるが、「おばさん [obasan]」か「おばあさん [obaasan]」かの区別に、日本語母語話者は拍感覚を用いている。しかし「拍」は他の言語には見られないため、日本語を母語としない者にとっては長母音と短母音を区別することは困難である。

また、日本語ではある音環境で母音の聞こえがなくなる「母音の無声化」という現象が起こる。日本語母語話者は聞こえない母音を1拍として知覚することが可能であるが、日本語を母語としないものにとって「聞こえないものがあるように」知覚することは大変困難なことである。

さらに日本語は拍の上にアクセント、プロミネンス、イントネーションといった韻律が被さる形で成り立っており、より正確で流暢な発話のためには拍の習得は避けられない。しかし、日本語の韻律の基礎となる拍は、国語学の分野においては日本人の頭の中にある「観念」としてとらえられてきており、これでは日本語を母語としないものが日本語特有の「観念」を習得することは困難である。知覚と発話は

¹英語の 'extra' [ekst.rə] は2音節であることは分かっているが、[eks.t.rə] なのか [ekst.rə] なのかを決めることは難しい。

互いに密接に関係があり、知覚がうまくできない学習者は発話の習得が困難である事がいわれている [36]。そのため、拍知覚がうまくできない学習者は、発話にも混同がみられる。これらは単に言い間違い、聞き間違いというその場限りの問題だけでなく、時にはコミュニケーション上の問題にもなりかねない。

そこで、本章では日本語母語話者が拍をどのように知覚しているかを観察・分析し、日本語を母語としない日本語学習者へ「観念」を客観的に説明する方法を探る。なお、本研究では、母音の長短の知覚と母音の無声化における拍数保存に焦点をあてて、拍知覚のメカニズムを検証する。

以降、第2節では拍知覚における先行研究と問題点について述べ、第3節では母音の長短の知覚における拍知覚の関係を検証する。第4節で母音の無声化による拍数保存のメカニズムの検証を行い、第5節で本章のまとめを述べる。

2.2 日本語における拍知覚の先行研究

2.2.1 音節と拍

音節は聴感上のまとまりによる音の単位である。音節は一般的には母音だけ、あるいは母音の前後に子音を伴う形をとる。日本語における一音節とは以下のような場合を指す。

- (1) 母音 (V) のみ : /i/ (胃) , /e/ (絵)
- (2) 子音 + 母音 (CV) : /ki/ (木) , /ma/ (間)
- (3) 子音 + 母音 + 母音 (CVV) : /mai/ (枚)
- (4) 半母音 + 母音 ($\widehat{S}V$) : /wa/ (輪)
- (5) 子音 + 半母音 + 母音 ($CS\widehat{V}V$) : /tʃa/ (茶)
- (6) 上記 (1)~(5) + 長音, 促音, 撥音 : /kyoo/ (今日) , /kiN/ (金) , /aN/ (案)

拍は長さを基準とした時間的単位あり、時間的まとまりである。音韻 (音素) 上の単位で等時性をもつと言われているが、物理的な長さは厳密には一定でない。日本語における一拍とは以下のような場合を指す。

- (1) 母音 (V) のみ : /i/ (胃) , /e/ (絵)

- (2) 子音 + 母音 (CV) : /ki/ (木) , /ma/ (間)
- (3) 子音 + 母音 + 母音 (CVV) : /mai/ (枚)
- (4) 半母音 + 母音 (SVV) : /wa/ (輪)
- (5) 子音 + 半母音 + 母音 (CSVV) : /tya/ (茶)
- (6) 長音 : /R/ (一:のぼす音)
- (7) 促音 : /Q/ (ッ)
- (8) 撥音 : /N/ (ン)

音節と拍の数え方で異なるのは、(6)~(8)に該当する場合である。

アキ (秋) → ア・キ (2拍2音節)

ツクエ (机) → ツ・ク・エ (3拍3音節)

音節数と拍数が同じ場合もあるが、以下に示すように長音、促音、撥音²を含む場合は数え方が異なるため、音節数と拍数が異なる。

【長音】 イツー (胃痛) → イ・ツー (2音節) / イ・ツ・ー (3拍)

【促音】 キッテ (切手) → キッ・テ (2音節) / キ・ッ・テ (3拍)

【撥音】 アンナ (あんな) → アン・ナ (2音節) / ア・ン・ナ (3拍)

特殊拍は外国人日本語学習者にとって習得が困難なものであるといわれている。「オバサン」と「オーバーサン」という単語は、図2.1に示すように、音節数は同じ3音節であるが拍で数えると、前者は4拍、後者は5拍であるため、意味の区別が可能となる。しかし、拍知覚ができないとどちらも同じ単語として知覚されることになる。

この違いを外国人日本語学習者に教える場合には、「お・ば・あ・さ・ん」と1拍ずつ手をたたきながら発話して拍数を認識させたり、ミニマルペアを用いた聞き取り・発音練習が行われている。これらの指導法は、各拍の長さが等しいという「拍の等時性」を拠り所としたものである。日本語の「拍」はその等時性を存在理由の一つとしているが、実際にその長さは「等時」ではない[37, 38, 39]。それにも関わ

²長音、促音、撥音を合わせて「特殊拍」と呼ぶ。

1	2	3		3音節
お	ば	さ ん		
1	2	3	4	4拍

1	2		3		3音節
お	ば あ		さ ん		
1	2	3	4	5	5拍

図 2.1: 拍と音節による数え方の違い

らず、日本語話者は「拍」を「等時」とであると知覚する。これについて藤崎、杉藤ら [37] は、母音の持続時間は該当母音に先立つ拍の中の母音持続時間に応じ、それに比例して変動することを実験により明らかにしている。

川上 [40] は、「拍」は時間そのものの長さの単位ではないとし、「刻」の存在について述べている。「刻」とは、例えば [sakana] という語において、[s] から [a] に移る瞬間、[k] から [a] に移る瞬間、[n] から [a] に移る瞬間であり、それぞれが第1、第2、第3の「刻」にあたる。図 2.2 に「刻」のイメージを示す。この「刻」が等間隔で存在しているため、日本語には等時性が生まれているとしている。ある音が1拍と感じられるのは、その音が基準となる刻を超えないからであり、その刻を超えた時点でその音は1拍多く知覚されるということになる。

日本語母語話者は [kate] (糧) と [katee] (過程) における拍数を知覚する場合、前者を2拍、後者を3拍と知覚する。[e] の1拍分の長さがこれら2語を区別していることは Toda [41] の実験からも明らかである。Toda は、[kate] (糧) など6語において1つ目の母音と2つ目の子音、及び2つ目の母音の長さを伸長させた音声を、日本語母語話者と初級及び上級レベルの日本語学習者に聞かせ、どの程度長くすると [kate] が [katte] (勝手) や [katee] (過程) になるか、という実験を行なった。その結果、日本語母語話者においては1拍目の長さが短い音声のほうがより早い段階で [katte]

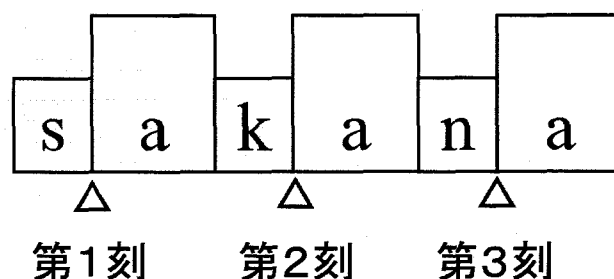


図 2.2: 「刻」のイメージ

(勝手), [katee] (過程) へと移行している。一方, 外国人日本語学習者においては, 初級, 上級レベルのどちらにおいてもこのような1拍目の影響は見られなかったことから, 日本語母語話者には1拍目の長さが後続する音声の拍数の知覚に影響を及ぼしていることが明らかになった。これより, 長母音の最も重要な特徴は1拍分長く発音することであるということがわかる。しかし1拍分長くなるとは言っても, 長母音を含む音節の時間長が正確に長母音を含まない音節の時間長の2倍になるわけではなく, 普通は2倍以下である。

2.2.2 日本語のアクセント

アクセントは, 個々の語句について決まっている相対的なピッチの変動 (高低) またはエネルギーの強勢 (ストレス) のパターンであり, 各拍または音節を単位に変動が見られる。その機能としては, 語の意味の弁別と, 文の中における語, または文節の切れ目をはっきりさせる役割を担う。ピッチの変動によるアクセントを「ピッチアクセント」または「高低アクセント」と呼び, エネルギーの強勢によるアクセントを「ストレスアクセント」または「強弱アクセント」と呼ぶ。日本語 (の多くの方言) のアクセントは拍を単位に表れるピッチアクセントである³。ピッチ変化は拍と拍との境目に生じるものとされている。言語によっては音節内でピッチ変動が見られる場合もある。これらを「トーンアクセント」または「音調アクセント」と呼び, 北京語, 広東語, タイ語, ベトナム語などで見られる。広義ではこれらもピッチアクセントであるという。また, 韓国語のように, アクセントによる意味の

³アクセントによる意味の弁別を行わない方言 (無アクセント方言) や, 拍の長さに応じたピッチ変動が見られる方言もある

弁別を行わない言語もある⁴。表 2.1 に各言語のアクセントの種類を示す。

表 2.1: 各言語のアクセントタイプ

言語	アクセントタイプ	音節/拍
日本語	ピッチアクセント	ni · ˈhon · go(音節) ni · ˈho · n · go(拍)
英語	ストレスアクセント	jap · a · nése
中国語(北京語)	トーンアクセント	rì · běn · yú
韓国語	無アクセント	il · bon · eo

日本語における単語のアクセントは、同じ音素構成を持つ単語の意味の違いを区別する役割を担っている。たとえば、「ハシ」という語の場合、1拍目を高く言うか、2拍目を高く言うかでは意味が異なる。なお、日本語における音声記号中のアクセントの表記方法については、国際音声字母 (IPA) に正規の記号がないので、前川 [42] の方法に倣うこととする。

アクセントの違いによる「ハシ」の意味の違い

【箸が】 ハシが (高低低) 頭高型アクセント

【橋が】 ハシが (低高低) 中高型アクセント

【端が】 ハシが (低高高) 尾高型アクセント

アクセントの位置については一定の種類があり、それらは「アクセント型」と呼ばれる。このアクセント型の種類は、無アクセント方言を除いてはほぼ確定しており、方言によって固有の体系を成す。これらアクセント型の区別は文中の場合でも比較的よく保たれる。

以下に東京方言のアクセント特徴について挙げる。

- (1) 1拍目と2拍目の間には必ずアクセントがある。つまり、1拍目が「高」なら2拍目は「低」であり、1拍目が「低」なら2拍目は「高」ということになる。
- (2) 「高」から「低」、「低」から「高」への変化はそれぞれ1回以内である。

⁴韓国南東の慶尚南道の方言はピッチアクセントを持つ。

- (3) いったん「高」から「低」へと変化するアクセントが表れると、その後は「高」へは変わらない。

方言によるアクセントの違い 日本語のほとんどの方言にアクセントは存在するが、地域によってはアクセントによる意味の弁別を行わない方言も存在する。これを「無アクセント」、または「崩壊アクセント」と呼ぶ⁵。東北の仙台～福島から、栃木、茨城にかけて、九州においては、佐賀、熊本、宮崎にかけて帯状に無アクセント地域が広がっている [44, 45, 46]。図 2.3 にその様子を示す⁶。



図 2.3: 無アクセント方言の分布図

無アクセント方言話者は発話や聞き取りにおいてアクセントを用いない。例えば、「橋」「箸」「端」を区別するのに、アクセントで聞き分けるのではなく、会話の前後の内容などから判断していたり、それに該当する方言を用いるといわれる [47]。

⁵ 「一型アクセント」に含める場合もある [43] が、ここでは「無アクセント」と「一型アクセント」とは区別する。

⁶ 国語学大辞典 (1980)[45], 「NHK 日本語アクセント辞典 (新版)」 (1998)[46] を参考に作成。

2.3 長母音における拍知覚の検証

長母音の拍知覚には1拍目の母音持続時間が手がかりになっていることが、藤崎 [37], 杉藤 [38], Toda [41] などにより明らかにされているが、「1拍である」という情報はどこから得るのかについては言及されていない。同じ母音が連続する場合、1拍目を判断することは難しい。それについて、先行研究 [48, 49, 50] では、日本語の東京方言では1拍目と2拍目に必ずアクセント変化が生じることに注目し、このアクセント変化を手がかりに1拍目の長さを切り出し、切り出した1拍を基準に拍知覚を行っていると考え、無意味語音声「ああです」[aˈades]を、図2.4のように1拍目の母音を伸縮することによりアクセントの位置を変化させて拍知覚の変化を調べた。1拍目の長さを短縮した結果、全体として拍数を多く知覚するという結果が得られた。これは藤崎, 杉藤らとの結果 [37] とも一致する。この先行研究 [48, 49, 50] では被験者として、ピッチアクセントを意味の弁別に用いる方言話者とピッチアクセントを弁別に用いない英語母語話者, 韓国語母語話者, 無アクセント方言話者を対象に実験を行った。その結果、ピッチアクセントを意味の弁別に用いる方言話者とピッチアクセントを弁別に用いない話者とは、1拍目の持続時間の変化が異なる影響を与えることが明らかになった。Nagano-Madsen による研究ではアクセントの位置を変化させると日本語母語話者内であっても、東京方言話者, 大阪方言話者, 無アクセント方言話者の方言間において拍知覚にそれぞれ異なった影響を与えることが明らかになっている [51]。しかし、6拍以上の単語に対しては、アクセント変化による影響は見られない [52]。

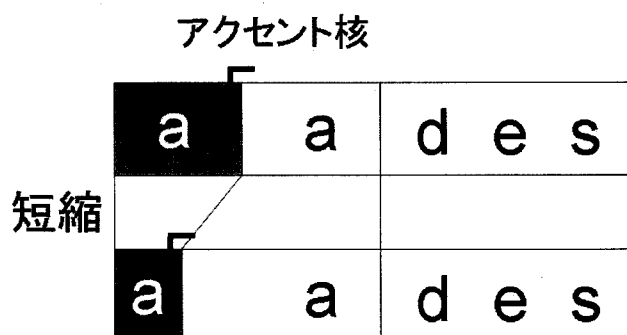


図 2.4: 先行研究 [48, 49, 50] による拍知覚実験で用いた実験音声イメージ

そこで、本研究では、長母音の拍数知覚において日本語母語話者と日本語を母語としない学習者の間にどのような差異があるか、聴取実験により検討した。東京方

言のアクセントでは、1拍目と2拍目の間には必ず高低の差があることから、「日本人はアクセント変化によって1拍目を切り出し、その長さを基準にして拍数をカウントしている」という仮説にもとづき実験を行なった。従来の研究では無意味語音声の使用や実質的な母音持続時間の変化を扱ったものがほとんどであるが、本研究では有意意味語音声を用い、持続時間は固定したまま、アクセントの立ち上がり位置のみを変化させて拍数知覚の変化を確認する。日本語母語話者が高低アクセントで拍知覚をしているのであれば、純粹にアクセント変化のみを基準にして拍を知覚するのではないかと考えられる。

2.3.1 実験音声刺激

基準音声材料として1拍目と2拍目の間にアクセントの立ち上がりがある有意意味音「子です [ko'des]」「香です [ko'odes]」、「呼応です [ko'oodes]」、「康応です [ko'ooodes]」⁷を設定した。

実験音声刺激作成のための原音声は、東京方言話者の男性が発音したものを利用した。録音は、熊本県立大学外国語センターのスタジオで行われ、音声試料はDATに保存した。その後、音声試料は量子化16bit、標本周波数11025HzでA/D変換され、後述の実験音声刺激の作成に使用された。原音声の選定は日本語母語話者3名が音声の自然性を配慮してあつた。

実験音声刺激として、「香です」[ko'odes]、「呼応です」[ko'oodes]のアクセントの立ち上がり位置を変化させたものを用いた。アクセント操作は藤崎モデル (F_0 生成モデル) [54]におけるアクセント指令時刻(以下 T_1)を操作することにより変化させた。これにより、アクセント成分の一つである基本周波数 (F_0) パターンを変化させることができる。 F_0 はピッチ(声の高さ)に相当しており、声帯の振動周期に対応する。高低(ピッチ)アクセントをもつ日本語のアクセントはこの基本周波数に相当するといわれる。以下、本稿では、この操作で扱う基本周波数パターンをピッチ(パターン)と呼ぶこととする。

刺激音の作成にはPROSODY [53]を使用した。PROSODYは藤崎モデルにおける各種パラメータを推定し、GUI上で操作できるソフトウェアである。図2.5にその操作画面を示す。藤崎モデルの詳細についてはAppendix Aに記す。

⁷康応：1389年2月9日～1390年3月26日に使用された元号

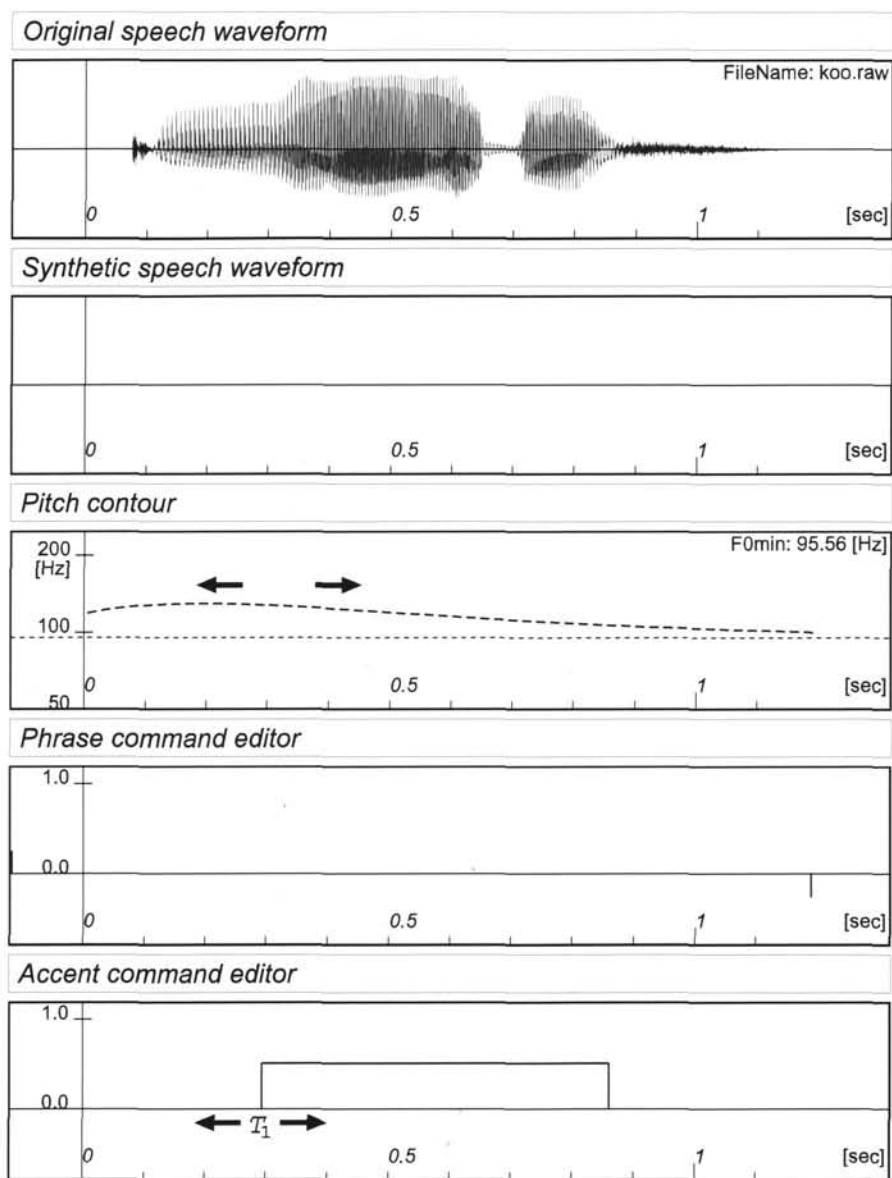


図 2.5: PROSODY の画面

フレームは上から音声波形、合成音声波形、ピッチ曲線、フレーズ指令、アクセント指令を表す。アクセント指令時刻 (T_1) を前後に操作することによりピッチの立ち上がり時刻を操作することができ、3番目のフレームに表示されているピッチ曲線を時間軸上で変化させることができる。

原音声が2拍のものは、 T_1 を原音の位置よりも前に4段階、後ろに2段階、原音声が3拍のものは T_1 を前に2段階、後ろに4段階変化させた。発話が始まる時刻を T_s とし、[des]の発話が始まる時刻を T_e とする。図2.6に T_1 の操作イメージを、表2.2に T_s から T_1 までの時間、 T_1 から T_e までの時間とその比率を示す。

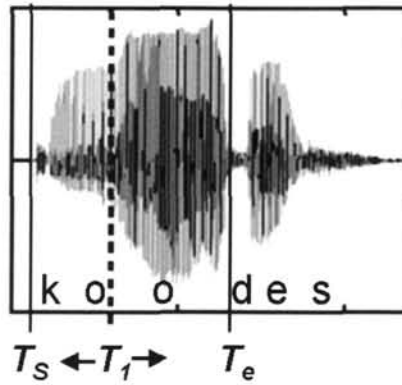


図 2.6: アクセント指令時刻 T_1 の操作イメージ

表 2.2: 刺激音の操作段階と T_1 の前後の時間・比率

koodes(原音声 stage5) 全体長 0.67s				koodes(原音声 stage3) 全体長 0.78s			
stage	$T_1 - T_s$ [sec.]	$T_e - T_1$ [sec.]	比率	stage	$T_1 - T_s$ [sec.]	$T_e - T_1$ [sec.]	比率
1	0.02	0.54	1:27.0	1	0.08	0.70	1:8.8
2	0.07	0.49	1:7.0	2	0.16	0.62	1:3.9
3	0.12	0.44	1:3.7	3*	0.23	0.55	1:2.3
4	0.16	0.40	1:2.5	4	0.29	0.49	1:2.0
5*	0.21	0.35	1:1.7	5	0.34	0.44	1:1.3
6	0.26	0.30	1:1.2	6	0.39	0.39	1:1.0
7	0.31	0.25	1:0.8	7	0.43	0.35	1:0.8

*は原音声を示す

また [koodes] の原音，作成した刺激音の振幅とピッチ変化を図 2.7 に示す。図中の破線はピッチと振幅の変化点をそれぞれ示す。原音声に関しては，ピッチの変化点と振幅の変化点はほぼ一致するのに対し，加工された音声は両者が一致しない。これにより，加工された刺激音は原音に対し振幅は一定のままピッチのみが操作されたことが確認できる。

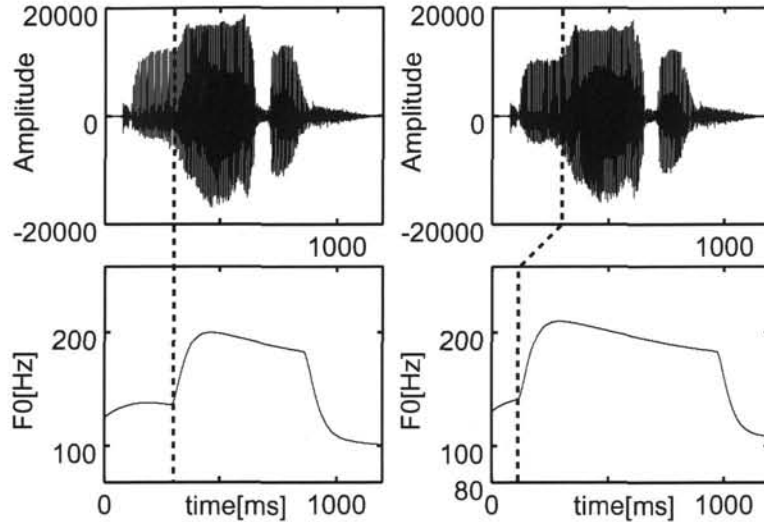


図 2.7: [koodes] の原音と加工音の振幅とピッチ変化

左: 原音 (stage5), 右: 加工音 (stage1)

これらの実験音声刺激各7種類をそれぞれランダムに並べ，原音声は2拍のものを5セット，原音声は3拍のものを5セット，計10セット作成し，DATに録音した。実験は静かな教室で個別に実施し，音声刺激をヘッドフォンにより提示した。提示順により知覚に影響がでないよう，配し方はカウンターバランスをとっている。回答用紙に「コデス」「コオデス」「コオオデス」「コオオオデス」の4つの欄を設け，被験者には提示した刺激音が4つの選択肢のいずれかに聞こえたかを選択させた。

2.3.2 被験者

被験者として以下の4グループを選定した。日本語母語話者については，アクセントを意味の弁別に用いる東京方言話者とアクセントを弁別に用いない無アクセント方言話者の二つのグループに分けた。英語，中国語母語話者は全て日本語学習者である。

- 東京方言話者
(アクセントのある方言話者, 以下, 被験者グループ Jp) 23 人
- 無アクセント方言話者
(アクセントの無い方言話者, 以下, 被験者グループ Jn) 26 人
- 英語話者 (以下グループ En) 27 人
- 中国語話者 (以下グループ Ch) 18 人

2.3.3 実験結果

知覚実験結果を各グループ毎に示す。また, 表 2.3 に原音声に対する正答率を示す。2 拍, 3 拍それぞれの原音声に対する正答率と 2 拍 3 拍両方とも正解した割合を示す。

表 2.3: 原音声に対する正答率

	(%)			
	Jp	Jn	En	Ch
2 拍	9	23	15	0
3 拍	48	58	36	24
両方	9	25	7	0

東京方言話者 (アクセントのある方言話者, グループ Jp)

グループ Jp の [koodes] と [koodes] に対する知覚の結果を図 2.8 に示す。縦軸は知覚された拍数, 横軸は伸縮段階を示す。図 2.8 より, グループ Jp は 2 拍 [koodes], 3 拍 [koodes] とともにピッチ操作による拍知覚への影響は見られなかった ($p > .01$)。また, 表 2.3 より, 原音声 2 拍 3 拍両方ともに正解した割合は 9 % であった。図 2.9 に各音声に対する標準偏差を示す。これより, 3 拍音声の Stage1 は知覚のゆれが特に大きい。Stage1 はピッチの立ち上がりをもっとも前に動かした音声である。この音に対し, 4 拍音声「こおおです」や 2 拍音声「こおです」と知覚した被験者が多かった。

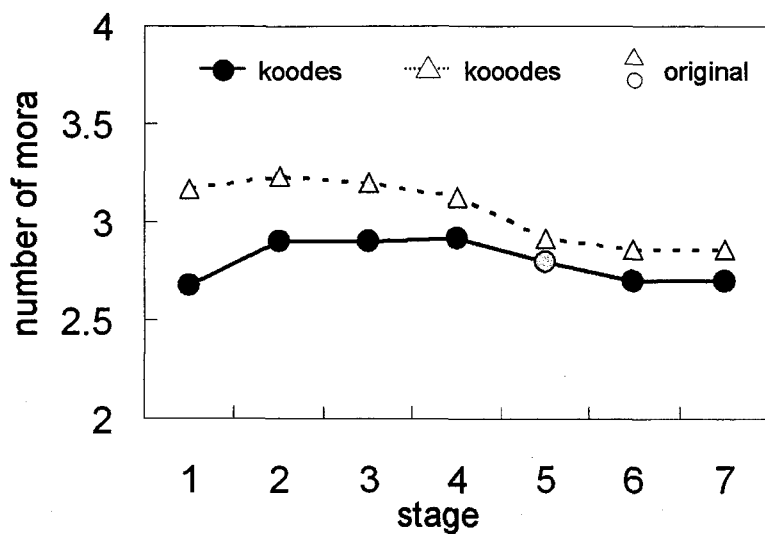


図 2.8: グループ Jp による拍知覚の結果

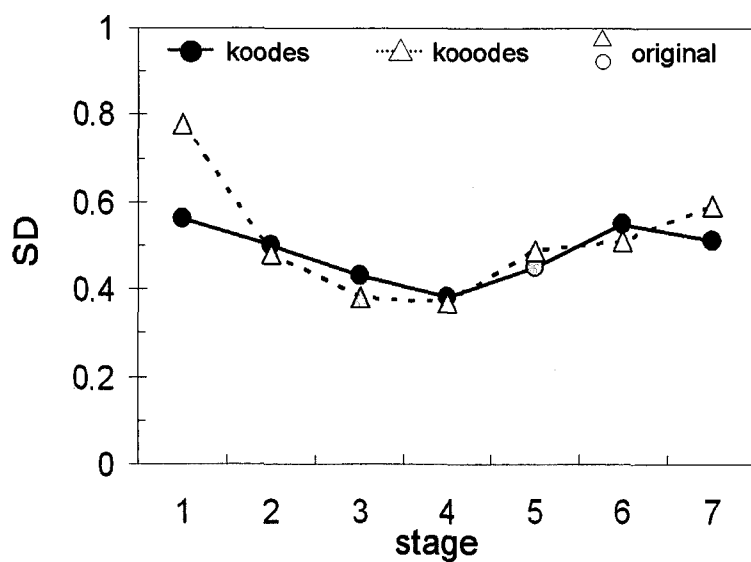


図 2.9: グループ Jp の拍知覚結果における標準偏差

無アクセント方言話者 (アクセントの無い方言話者, グループ Jn) グループ Jn の [koodes] と [kooodes] に対する知覚の結果を図 2.10 に示す。グループ Jn は 2 拍 [koodes] ではピッチ操作による拍知覚に有意な差が認められた (F 有意差が認められた ($F = 4.10, p < .01$)). 2 拍, 3 拍の原音声の正答率は 15 % であったが, 3 拍原音の正答率は 58 % ともっとも高い割合を示した。図 2.11 に各音声に対する標準偏差を示す。グループ Jn においてもグループ Jp 同様, 3 拍音声の stage1 に知覚のゆれがみられる。グループ Jn では, 4 拍音声「こおおおです」や 2 拍音声「こおです」と知覚した被験者の他に, 1 拍音声「こ (子) です」と知覚した被験者もみられた。

英語話者 (グループ En) 被験者グループ En の [koodes] と [kooodes] に対する知覚の結果を図 2.12 に, 各音声に対する標準偏差を図 2.13 にそれぞれ示す。グループ En は 2 拍 [koodes] においてピッチ操作による拍知覚への影響が見られなかった ($p > .01$)。また, ピッチ操作に関わらず, 3 拍が 2 拍になることはほとんどみられなかった。しかし, 2 拍 3 拍両方の原声を正解した割合は 7 % であった。原音声の知覚はできていないが, ピッチ操作を加えても 2 拍音声と 3 拍音声の差は聞き分けることができるといえる。

中国語話者 (グループ Ch) 被験者グループ Ch の [koodes] と [kooodes] に対する知覚の結果を図 2.14 に, 各音声に対する標準偏差を図 2.15 それぞれ示す。グループ Ch は 2 拍 [koodes] においてはピッチで拍数を知覚する傾向が見られなかった ($p > .01$) が, [kooodes] においてはピッチで拍数を知覚する傾向が見られた ($F = 3.01, p < .01$)。個々の結果を観察すると, グループ Ch では 2 拍 3 拍ともに標準偏差が 0.55 以上の被験者が多く, 個人内でも知覚のゆれがみられた。3 拍原音の正答率は 23 % であったが, 2 拍原音の正答率は 0 % であった。2 拍音声については全体的に 3 拍と知覚している傾向がみられた。

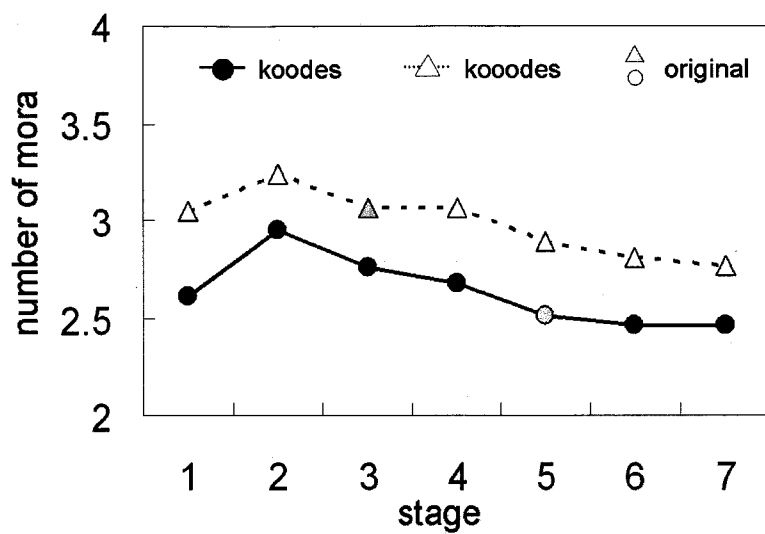


図 2.10: グループ Jn による拍知覚の結果

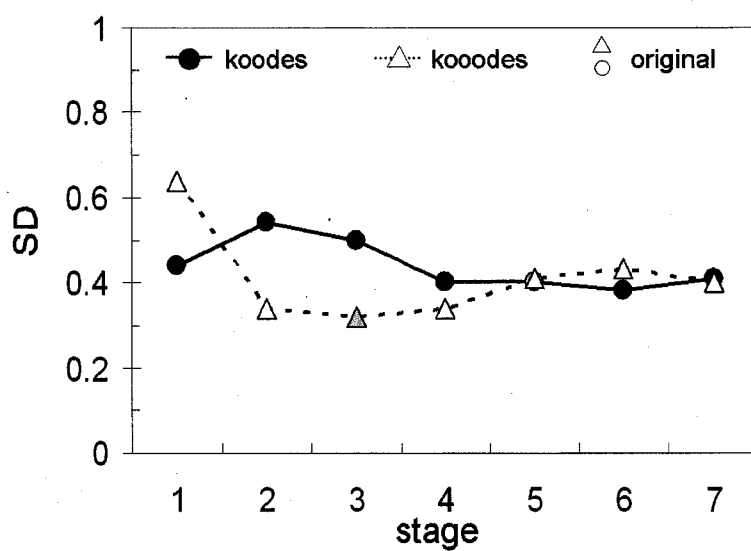


図 2.11: グループ Jn の拍知覚結果における標準偏差

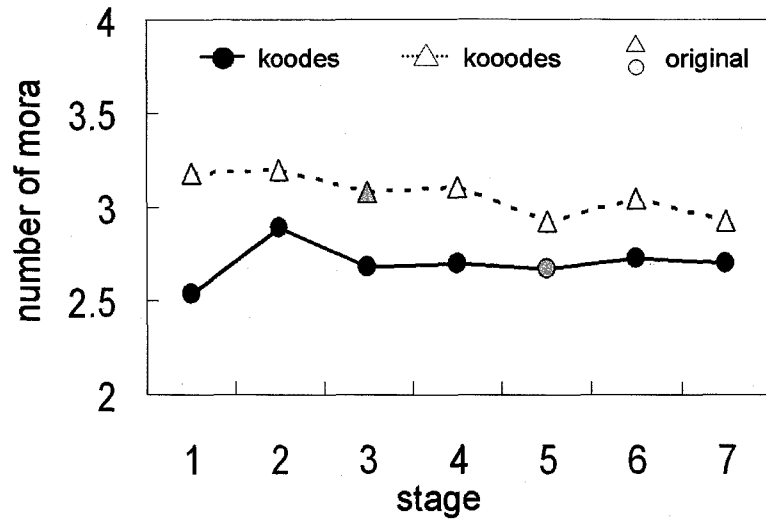


図 2.12: グループ En による拍知覚の結果

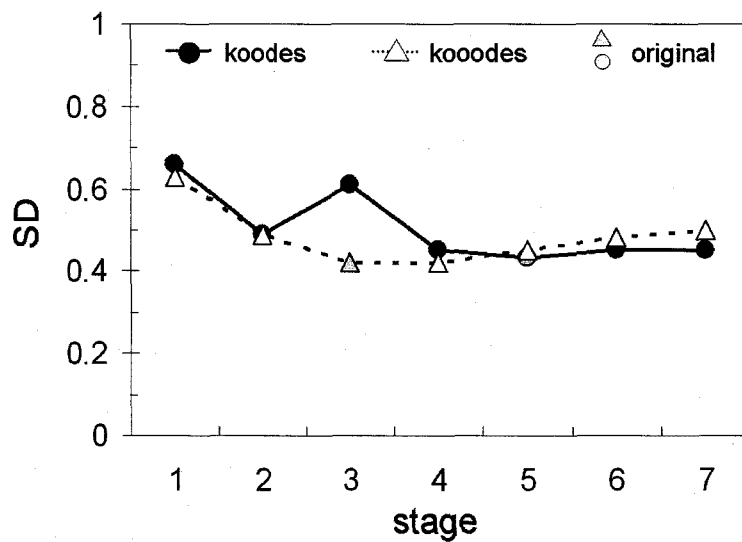


図 2.13: グループ En の拍知覚結果における標準偏差

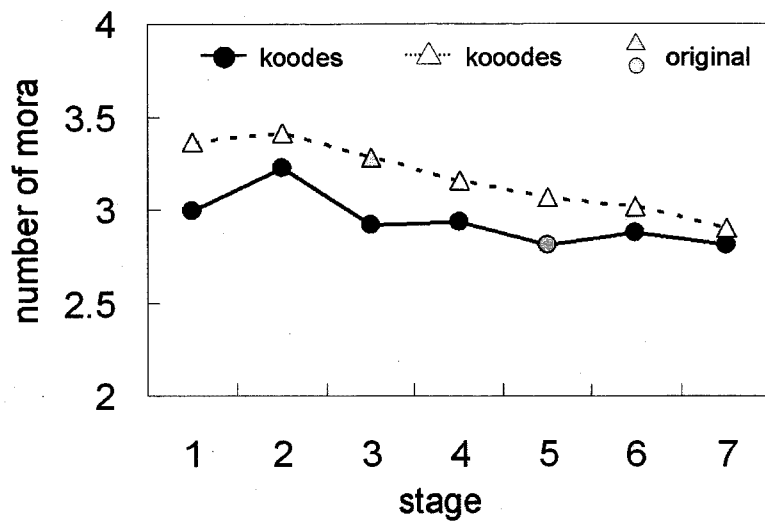


図 2.14: グループ Ch による拍知覚の結果

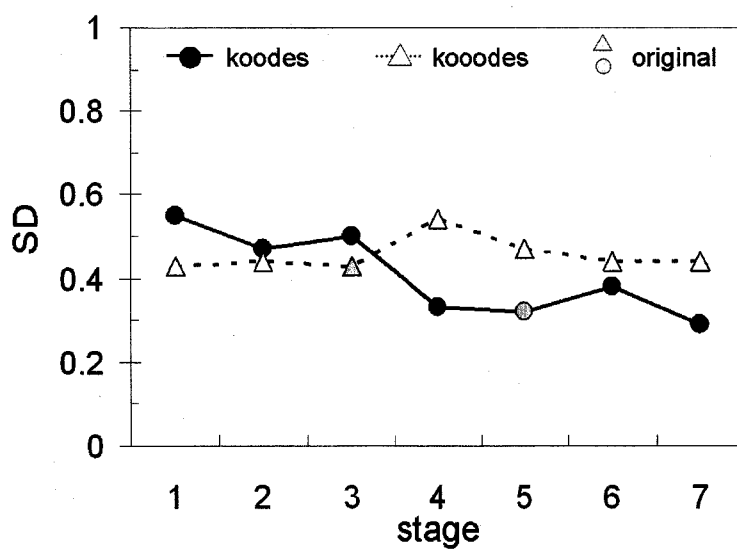


図 2.15: グループ Ch の拍知覚結果における標準偏差

2.3.4 考察

本研究において、アクセントで意味を弁別する日本語方言話者(グループ Jp)は刺激音のピッチ変化に対して強い反応を示さなかった。その理由として、本研究で刺激音として提示した音声は、先行研究[48, 49, 50]で用いた刺激音に見られるようにピッチ変化と連動した振幅変化が存在しないためではないかと考えられる。自然発話では、ピッチと振幅は連動して動くものであるため、ピッチのみが変化したものは不自然なものと捉えられ、ピッチと振幅が整合して変化した実験のような結果が得られなかったのではないかと考えられる。これより、アクセントのある日本語方言話者は、振幅変化を基準にしたり、あるいはピッチ変化と振幅変化が整合したものを基準にする割合が高いものと推測される。

一方、アクセントのない日本語方言話者(グループ Jn)は、先行研究においてピッチと振幅の変化で反応していたが、ピッチのみの変化にも反応した。グループ Jp より原音声の正答率が高い。グループ Jn はグループ Jp ほどピッチの影響を受けない分、混乱することが少なく、原音声の聞き取りができたのではないかと推測される。

英語母語話者(グループ En)はピッチ変化に反応を示さなかった。英語は母音の長短の知覚にピッチが関与していないためと考えられる。ピッチ操作をした刺激音であっても2拍音声と3拍音声の知覚は交わる事はなく、二つの間には差が見られた。グループ En は全体長の差で二つの音を聞き分けていたと推測される。

中国語母語話者(グループ Ch)は英語話者よりピッチに反応する傾向が高かった。また、被験者個々の知覚は大きく揺れていたが、全体平均では相殺されたものとなった。さらに2拍原音に対する正答率は0%であった。中国語はピッチの上昇下降の様子の違いにより意味を弁別するトーンアクセントを持つ言語である。今回の実験において、ピッチを操作した音声では、日本語母語話者よりも敏感に反応したため、ピッチと振幅の整合していない不自然な音に対して判断基準がゆれ、知覚も大きくゆれてしまったのではないかと考えられる。

今回、アクセントで意味を弁別する地方の日本語母語話者は、アクセントにより拍数を知覚することは可能であるが、ピッチ変化のみにもとづいて1拍目を聞き取り、判断しているわけではないことが明らかになった。単語アクセントは、従来音声工学の分野では、ピッチ(基本周波数)成分に相当すると言われており、発音学習ソフトなどではアクセント練習の際、ピッチ曲線を示すことがある。しかし、アクセントは従来言われていたピッチ成分だけではなく、振幅やエネルギーなど、今回の実験では測定されなかったさまざまな要因が関連していることが考えられる。今

後はアクセント成分について各要因を検証する必要があると考えられる。しかし、アクセントは日本語話者の拍知覚に影響を与えていることが明らかになったことから、日本語学習者が自然に拍を知覚するためにアクセントに注目する事は有益であると考えられる。

今回の実験で用いた音声刺激を用いて、日本語学習経験のない英語母語話者と、小学生のときから日本の学校に通っている在日13年目の学習者に同じ実験を試みた。その結果、日本学習経験の全くない者は完全に全体長によって音声を聞き分けており、言語形成期から日本に滞在している者は日本語母語話者とまったく同じ結果を示した。このことから、拍知覚の能力は「日本人特有」のものではなく、「日本語話者特有」のものであり、訓練次第で身につけることができるといえる。また、全体長による聞き分けは日本語母語話者でなくともできるということもいえる。全体長とアクセントによる知覚の両面から長母音の知覚に対する検討を進めることで、学習者にとって負担のない指導方法への可能性が広がると考えられる。

2.4 無声化母音における拍知覚の検証

2.4.1 母音の無声化

「駅（えき）から」と「駅（えき）まで」を普通に発話した場合、両者の「き」の音は音響的には異なる響きをもつ。音韻論的には母音があると解釈された部分で声帯が振動しない現象のことを母音の無声化という。

日本語における母音の無声化は一般に以下のような音環境下で生起することが確認されている。

- (1) 狭母音 [i, u, ɯ] が無声子音 [k, kʰ, s, ʃ, t, ts, tʃ, h, ɕ, φ, ç, p, pʰ] の間にある場合。

例： /asita/（明日） → [aɕita]

- (2) 無声子音に続く狭母音の後にポーズがある場合。

例： /desu/（～です。） → [desu̥] /aki/（秋） → [akʰi]

- (3) 語頭の狭母音に無声子音が続く場合。

例： /ikimasu/（行きます） → [ikʰimasu̥] /utsuru/（移る） → [u̥tsuru]

広母音 [a], [e], [o] も、「かかし [kakaɕi]」や「けしろう [keɕoo], 「こころ [kokoɾo]」のように無声化することがあると言われている [43, 58, 59] が、広母音の無声化は心的態度によるところが大きいこと [60, 61] や、生起頻度が低く、社会的規範としての要請も低いことから、狭母音の無声化とは分けて考えるべきという指摘も多く見られる [40, 62, 63]。広母音の無声化については研究の余地があるところではあるが、本稿では、狭母音 [i, u] の無声化のみを研究の対象とする。

2.4.1.1 無声化母音とささやき声

通常之母音は、肺からの呼気流が狭められた声帯を振動させることによって生成される。したがって通常之母音の発音時には、図 2.16(a) のように声門は狭められているということになる [64]。一方、無声音の発音時には図 2.16(b) のように声門が狭められないので、声帯が振動しない。

声帯が振動しない母音にはささやき声もある。しかし、ささやき声の発話時は図 2.16(c) のように、声門は閉じてはいないがかなり狭められ、無声音の発音時の声

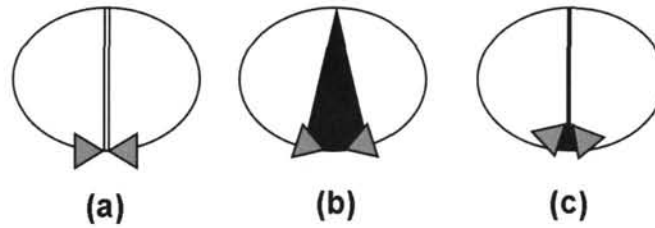


図 2.16: 声門の形態略図 (a) 有声, (b) 無声, (c) ささやき

門形状とは異なることが観察されている [65]。通常母音とささやき声の違いは声門形状の違いの他にも、発話の全体にわたって喉頭に強い緊張が発生すると同時に喉頭の位置も上昇することが確認されている [66]。無声化母音ではこのような喉頭の変化は観察されないことから、無声化母音とささやき声は異なる現象であることがわかる。

2.4.1.2 無声化母音の役割

無声化母音の生起については地域差があるといわれており、地理的分布はおおよそ図 2.17 のようであると考えられている⁸。無声化の程度の地域差については、金田一春彦をはじめとして、日本語方言研究の中では定説化されている。しかし、近年では共通語化の拡大のため、無声化の起こりにくいとされている地域でも年齢によっては高い無声化率を示すことがある [67]。また、文末の「～です。」のように地域差に関係なく無声化する部分があるということや、方言によるアクセントの核の位置の違いによる無声化生起率の違いなどの研究が進められていが、これらに関しては、ここでは特に議論しないことにする。

無声化が生じている母音の発音と通常母音の発音では喉頭の状態に顕著な相違点がみられる。無声化母音発音時の声門は無声子音発音時に似た積極的な開大状態にある。この点に関して Sawashima は “the glottal adjustments for devoicing of the vowel are not a mere skipping of the phonatory adjustments for the vowel but a positive effort of widening of the glottis for the devoiced vowel segment,” と述べており [68]、無声化の能動性を指摘している。また、この開大のために神経レベルでも通常母音とは異なる制御が行われていることが、筋電図からも確認されている [63]。つまり、日本語における母音の無声化は生理的な現象ではなく、日本

⁸ 「国語学大辞典」(1980)[45]、「新版 NHK 発音アクセント辞典」(1998)[46] をもとに作成

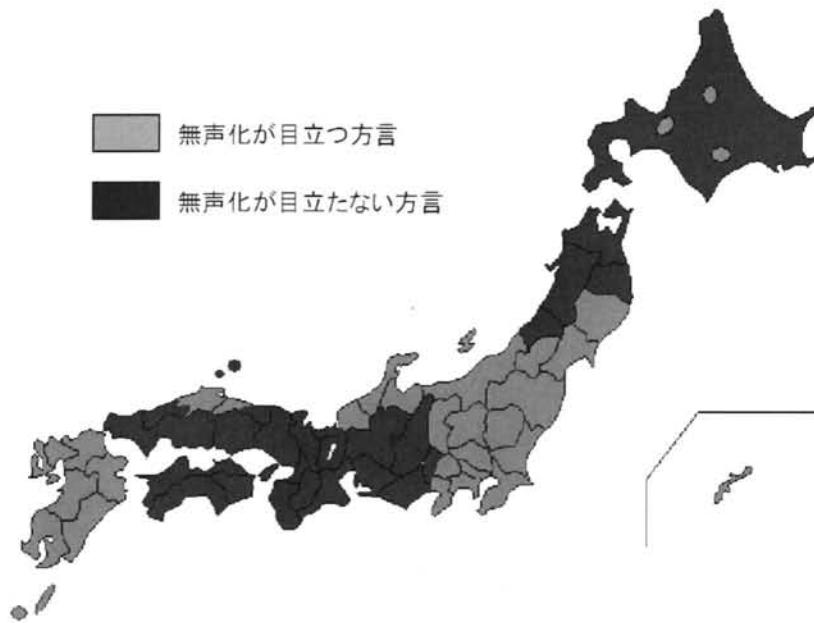


図 2.17: 母音の無声化の分布

語に特有の、能動的言語現象であるということがいえる。母音の無声化は発話の言語的意味とは直接には関係しないが、話者の出身地や年齢、さらには緊張しているか、リラックスしているかなどの心的態度についての多くの情報を伝えている。この点が、無声化母音が生理的現象ではなく、能動的現象であることを大いに反映しているのではないかと考えられる。

「あした ([aɕita])」を [acita] のように発音しても、「～です。 ([desu])」を [desu] と発音しても言語的意味は変わらない。つまり、母音の無声化が起こらなくても言語的意味が変わることはない。しかし、無声化が起こるべき場所で無声化が起こらないと、歯切れが悪く聞こえたり、不自然に聞こえてしまうことがある。

2.4.2 無声化母音に関する先行研究

無声化母音が言語体系的に重要な問題となるのは、「/kusi/(くし)」の母音が無声化した場合、「/kisi/(きし)」と聞き違えることがないのは何故かという点である。この点については大きく分けて二つの説がある。一つ目は先行する子音を手がかりとして、聞き手が母音を補って解釈しているという説である。これについては、斎藤 [35], 柴田 [69], 城田 [70] らによって指摘されている。

柴田は「草」や「あります」は、母音があってそれが無声化しているのではなく、つねに母音がなく、「母音があると解釈されるところに母音がない、と考えるべきだ」と述べ、「草」[ksa], 「貴様」[k^ssama] のような場合は、[k] や [k^s] のあとに無声化した母音があるのではなく、音声学の実態としては母音はないが、日本語では [k] や [k^s] だけで音節を作ることはないので、解釈として [k] の次に母音があると考える。つまり、音声学的に母音がなくとも、日本語母語話者が母音を補って解釈すると述べている。

城田はさらに詳しくどの子音がどの母音を補うかを示しており、「現代日本共通語は無声化母音の脱落によって子音的言語に転化する傾向があるが、先行する非口蓋化子音 [p, k, s, ts] は後続する [ɯ] の存在を、口蓋化子音 [p^j, k^j] および [ç] は [i] の存在を補って示すよう機能するので、語の意味は混同されずに保持される」と述べている。

斎藤は「無声化しているということは声帯の振動がないということで、母音の場合は口腔内に破裂や狭めがないから母音自体は聞こえなくなってしまう。それでも語が識別できるのは主に子音の違いによって意味の区別を保っている」と述べ、この点について斎藤は「くし/kusi/」「きし/kisi/」の母音が無声化した場合、[kçi], [k^sçi] と子音が違うという例を挙げて説明している。

もう一つは、無声化母音は音声学的には二種に分かれており、その違いを日本語母語話者は聞き分けているという説である。これについては川上 [40], 佐久間 [58], 馬場 [71] らによって指摘されている。

川上は「アクセント等の条件が許すかぎり無声子音の直前の「き, ぴ」「く, ぷ, しゅ, ちゅ」は母音をもたず、その代わりに無声母音 [i, ɯ] をもつ。また、無声子音の直前の「し, ち, ひ」「す, つ, ふ」は一般に無声母音すらもたない。もしもったとしても、その長さは極度に短い」と述べている。つまり、閉鎖音に続く狭母音が無声化する場合、その母音を「無声母音」と呼んでおり、先行する子音によっては無声母音すらない場合があると述べる。「無声母音」とは、川上は「声道が振動

しないという点を除けば [i, u] と等しい音である」とし、前川 [72] は「無声子音の発音時とほぼ同じ状況で発話された母音」とする。

馬場は、無声閉鎖音に後続する狭母音が無声化した部分には無声摩擦音が存在すると述べており、破裂音に続く狭母音が無声化した場合はそれぞれの母音に対応した無声摩擦音をもち、摩擦音に続く狭母音が無声化した場合は同じ摩擦音がさらに一拍として拍を構成する。例えば「くし」は [kx̥çi] であり、「すし」は [s̥çi] ということになる⁹。このイメージを図 2.18 に示す。これにより、無声化して川上が「無声母音すらない」と述べた場合でも、日本語母語話者が一拍として知覚できることを説明できる。

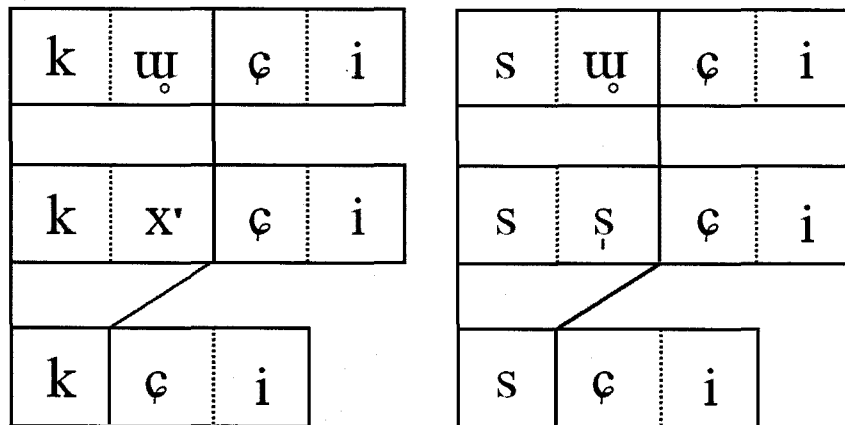


図 2.18: 馬場 (1998) による無声化母音の音価の説

以上のように無声化した母音部分の音価については、さまざまな研究がなされているが、その多くは研究者自身による内省、もしくは他者の発話の観察に頼るものであり、実験音声学的考察は少ない。本稿では、馬場の説をもとに実験音声学的手法により無声化母音について考察する。

以下本稿では、母音の無声化現象によって生じる母音を「無声化母音」という表現で統一して記すこととする。また、無声化する母音の下に無声化を示す IPA (国際音声字母) をつけ [i̥] のように表記することとする。

⁹ここでは単独で一つの拍を占めないという音に [̥] (半長記号 *Half-length mark*) を付し、単独で拍全体を構成する場合は、本来 IPA で音節主音 (*syllabic*) を示す [̥] を *moraic* として用いる

2.4.3 無声化母音の音価検証実験

調音 (*articulation*) の観点からみると、母音は口腔内で破裂や摩擦を起こさない音であるため、声帯振動がなければほとんど何も聞こえないことになる。しかし「きつと」「きゅつと」は、母音 [i, u] が無声化して [kʲit̚to], [kʲut̚to] のように無声化した母音以外の部分が同じとなる。このような場合でも、日本語母語話者は無声化した母音部分を聞き取り、拍数を保持して聞き分けている。そこで、日本語母語話者は何を手がかりとして無声化した母音を聞き分けているのかを聴取実験により明らかにすることにした。本実験では「無声化した母音部分は無声摩擦音をもつ」という馬場の説 [71] をもとに、無声化母音の音価を調べる3つの実験を行った。

2.4.3.1 基準音声材料

基準音声材料として、無声破裂音 [kʲ] に続く狭母音 [i, u] をもつ「きつと [kʲit̚to]」、
「きゅつと [kʲut̚to]」、同じ無声破裂音に続き広母音 [a, o] をもつ「きやつと [kʲatto]」、
「きよつと [kʲotto]」を設定した。この基準音声材料は、「きつと」「きゅつと」の最初の狭母音に無声化が起こる。アクセント面で各音声間に大きなピッチの差異が生じないように、すべて頭高型アクセント（「きつと」）の語として扱った。

実験音声刺激作成のための原音声は、東京方言話者の成人男性が発音したものを利用した。録音は、熊本県立大学外国語センターの録音スタジオで行い、音声試料は DAT に保存し、量子化 16bit、標本周波数 11025Hz で A/D 変換した後、実験音声刺激の作成に使用した。原音声の選定は日本語母語話者2名により録音状態、音声の自然性を考慮にいれてあつた。図 2.19 から図 2.22 に選定された原音声の振幅とスペクトルグラム、母音部分のスペクトルを示す。

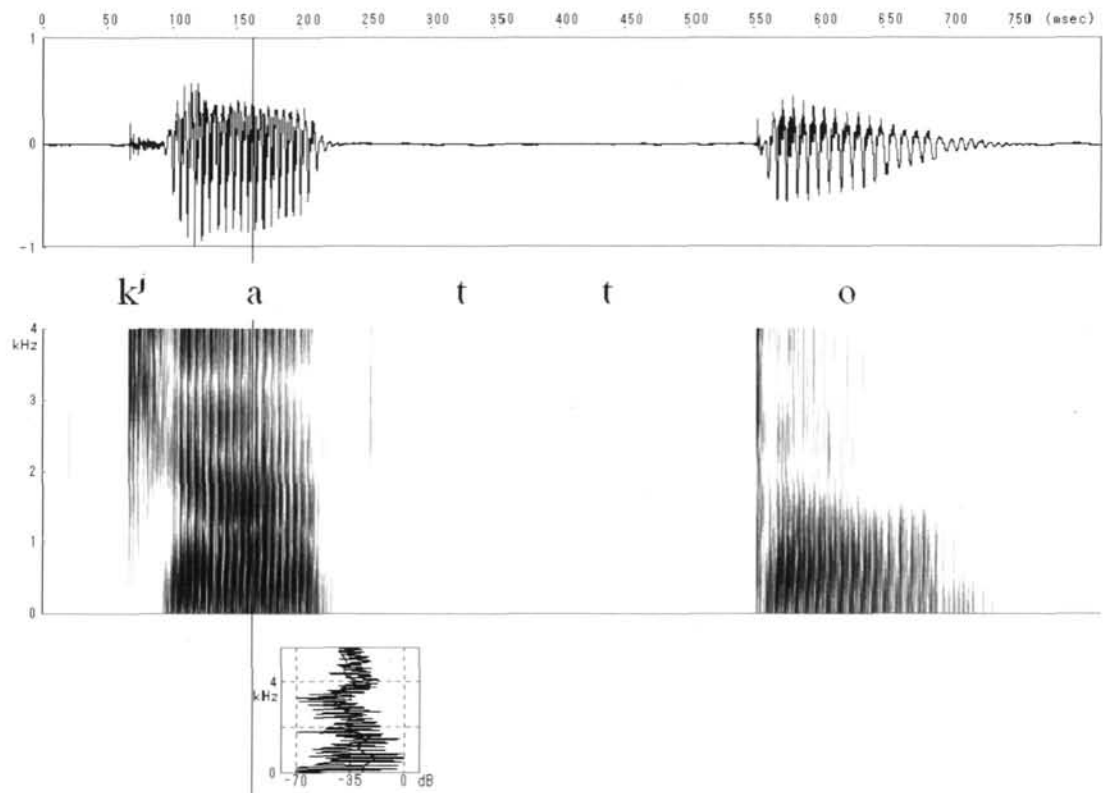


図 2.19: 日本語母語話者の発話した「きゃと」[kʲatto]の振幅、スペクトルグラム、母音部分のスペクトル

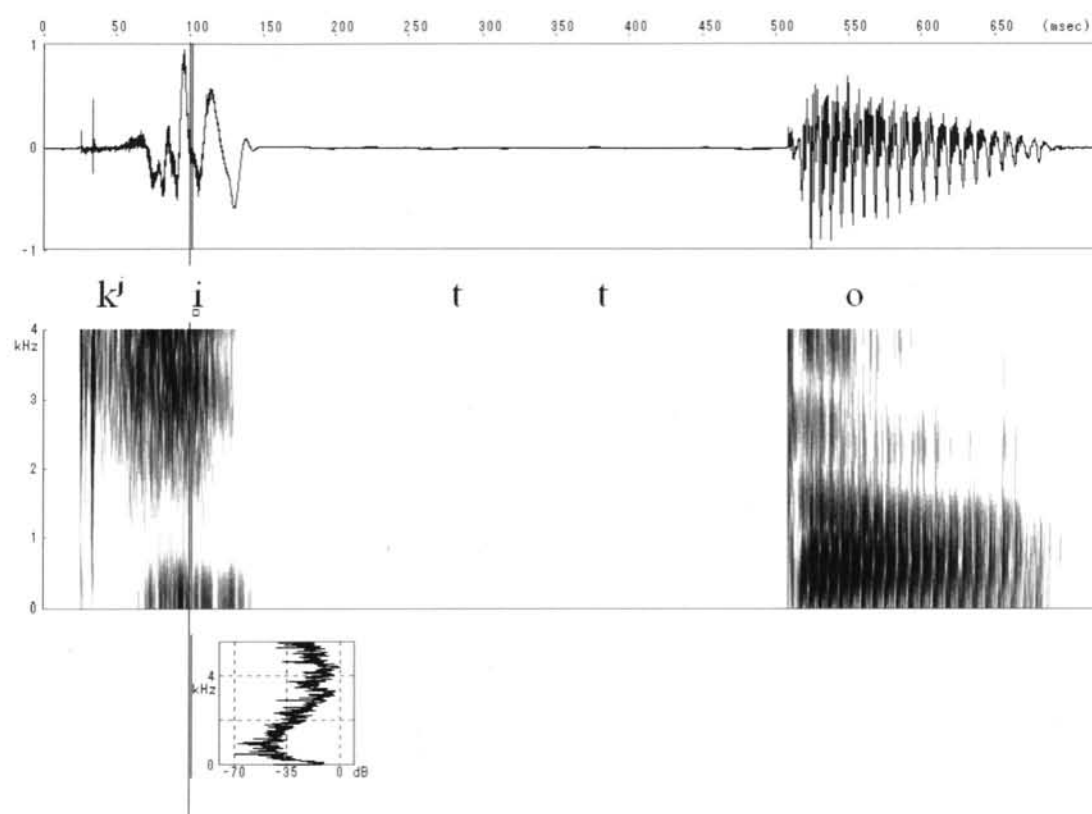


図 2.20: 日本語母語話者の発話した「きっと」[kʲit̚to]の振幅、スペクトルグラム、母音部分のスペクトル

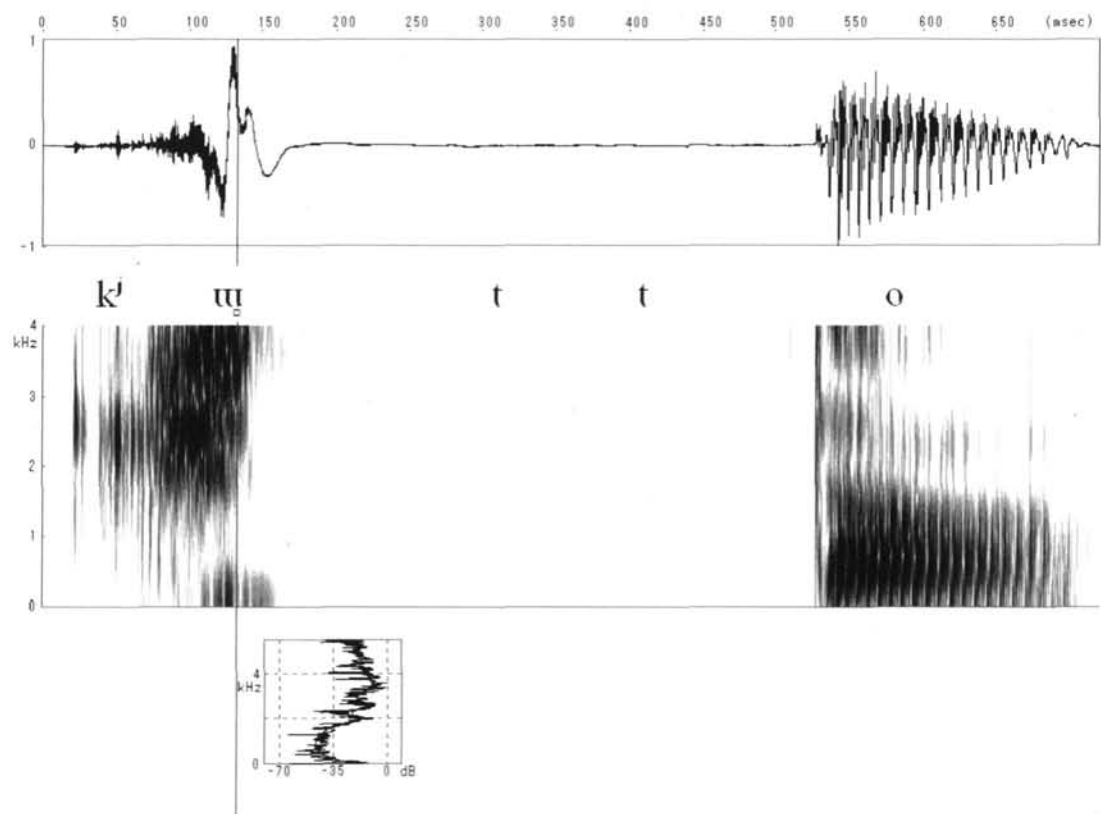


図 2.21: 日本語母語話者の発話した「きゅっと」[kʲutto]の振幅、スペクトルグラム、母音部分のスペクトル

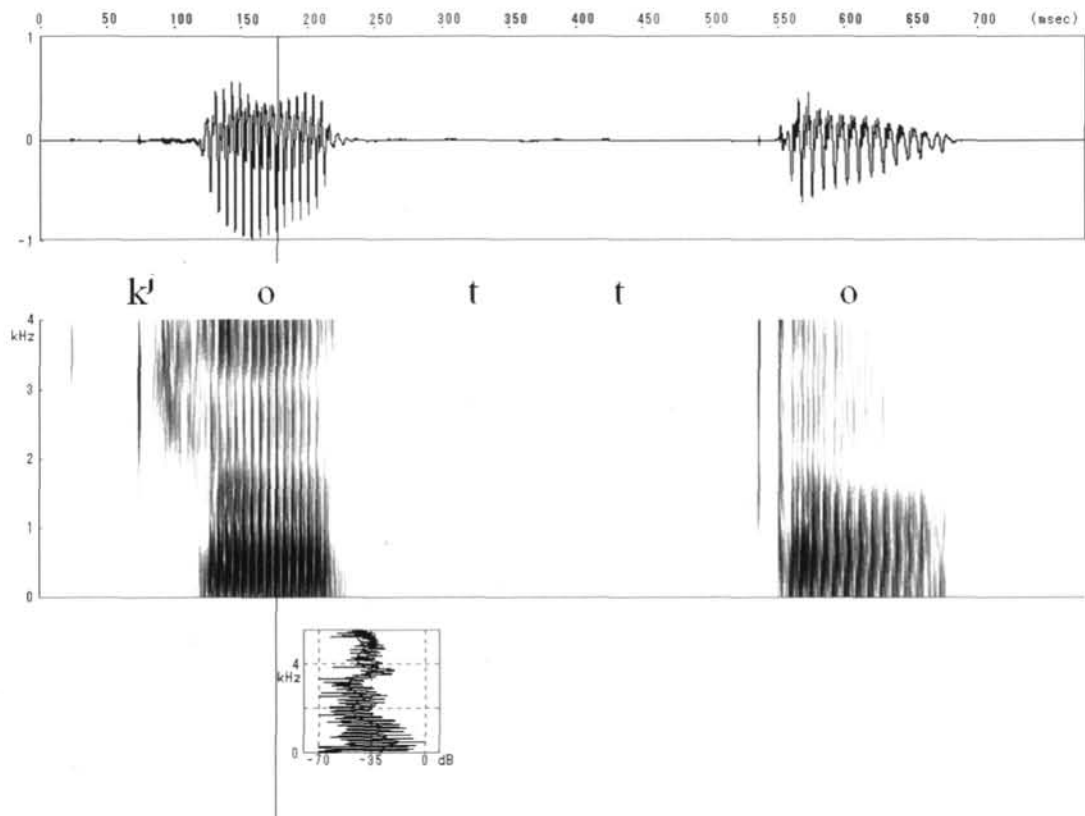


図 2.22: 日本語母語話者の発話した「きょっと」[kʲotto]の振幅、スペクトルグラム、母音部分のスペクトル

2.4.3.2 被験者

実験には日本語母語話者 20 名が参加した。年齢は 19 歳から 24 歳までの聴力の健全な成人であった。また被験者は 16 名が九州方言話者、4 名が関西方言話者である。

2.4.3.3 無声化母音の知覚 (実験 1)

実験目的 日本語話者は弁別のための情報が少ない中で無声化母音を聞き分けられることができるのだろうかということを調べるため、母音以外の部分が同じである音を用いて聴取実験を行った。

実験音声刺激作成 原音声「キヤット」「キット」「キュット」「キョット」の 4 音を各 10 音ずつ計 40 音を作成し、ランダムに配した。作成した刺激音は 10 音を 1 セットとして DAT に録音し、ヘッドフォンにより被験者に提示した。回答用紙には「キヤット」「キット」「キュット」「キョット」の 4 つの欄を設け、被験者にどの音に聞こえたかを選択させた。実験は静かな教室で 1, 2 名ずつ行っている。

実験結果 図 2.23 に実験結果を示す。横軸は提示された刺激音、縦軸は提示音に対して選択された音の割合を示す。この図から、母音が無声化しない「キヤット」「キョット」は間違えることなく聞き取れることがわかる。母音が無声化した「キット」は 98%、「キュット」は 99.4% と高い確率で知覚されている。今回の被験者には母音の無声化が起こりやすい熊本方言話者のみでなく、母音の無声化が起こりにくい関西方言話者や中国地方出身者 [67] が数名いたが両者の間には有意な差は見られなかった ($F_{(19,60)} = 2.22, p > .01$)。発話する際に無声化が起こらない地域の者でも、無声化を聞き取ることはできるといえる。

2.4.3.4 無声子音の知覚 (実験 2)

実験目的 「キヤット」「キット」「キュット」「キョット」は IPA ではそれぞれ [kʲatto], [kʲitto], [kʲɯtto], [kʲotto] と表すことができる。4 音とも同じ [kʲ _ tto] で構成されているが、この子音部分 [kʲ] の音価に違いがあるならば、母音が無声化しても子音の違いで聞き分けられると考えられる。そこで、四つの子音の音価の違いを確認するため、それぞれの母音の部分をノイズと置換し、聴取実験を行った。

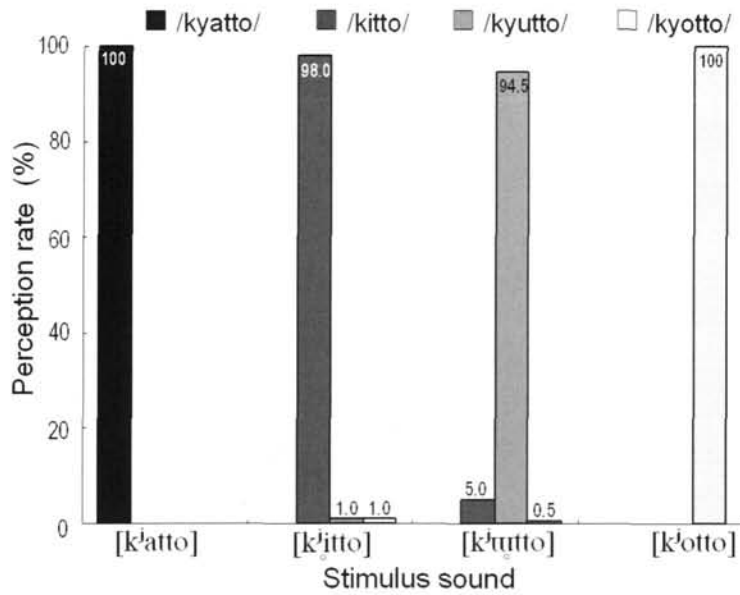


図 2.23: (実験1) 提示した刺激音に対して選択された音の割合

実験音声刺激作成 原音声「キヤット」「キット」「キュット」「キョット」をKAY社の音声分析ソフト MultiSpeech [73] を用いて、[k]の終わりの部分から[t]の開始部分を特定し、その区間の音声を白色雑音と置換した。図 2.24 に原音声とノイズ置換した刺激音の振幅を示す。

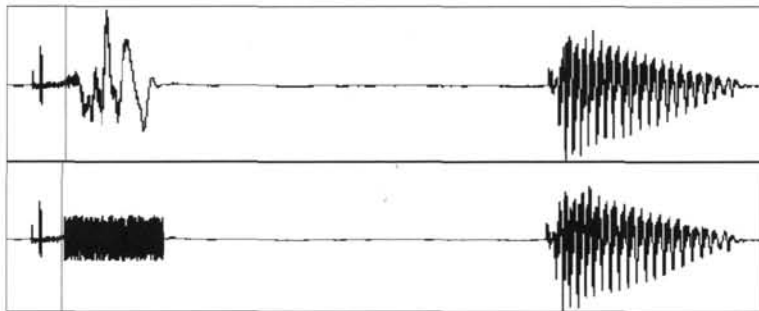


図 2.24: 原音声 [k'itto] (上段) と [k'utto] の母音 [i] の部分を白色雑音と置換した音声 (下段) の振幅

実験結果 図 2.25 に実験結果を示す。分散分析の結果、刺激音の違いに有意な差が見られず ($F_{(3,76)} = 4.05, p \leq .01$)、また図 2.25 より母音の部分にノイズをかけると刺激音の違いに差を見出せなくなることがわかった。これらの結果から今回の刺激音の子音には違いが見られないことがわかった。どの音に対しても [kʲit̚to] を選択している割合が高い理由として、回答を 4 択からの強制選択にしたこと、母音と置換したノイズが [kʲit̚to] の子音の部分と似ているなどが考えられるが、このことに関してはこの実験結果のみからでは結論づけず、次の実験の結果を踏まえた上で、改めて後述する。

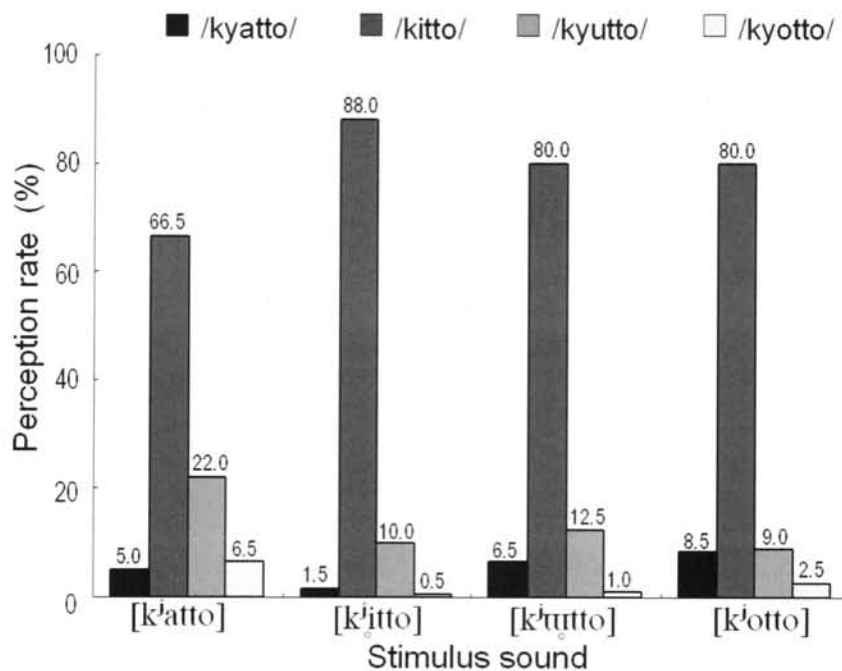


図 2.25: (実験 2) 提示した刺激音に対して選択された音の割合

2.4.3.5 無声摩擦音挿入による知覚 (実験 3)

実験目的 馬場 [71] は「き」が無声化した場合は [kʲç] と発音され、「きゅ」が無声化した場合は [kʲçʲ] と発話されると述べている。ここでは、馬場の「無声閉鎖音に後続する狭母音が無声化した部分には無声摩擦音がある」という説を取り上げ検証する。

実験音声刺激作成 原音声のうち、母音が無声化しない「きゃつと [k^jatto]」の母音 [a] の部分を切り取り、その部分に無声硬口蓋摩擦音 [ç], 無声硬口蓋摩擦音が軟口蓋化した [ç^v]¹⁰を挿入して刺激音を作成した。図 2.26 に加工イメージを示す。また、比較のために別に録音した母音 [a],[o] を [k^j__tto] に挿入して [k^jatto] (「きゃつと」) [k^jotto] (「きよつと」) を合成した。なお使用した摩擦音は実験1同様、男性の東京方言話者が発話したものであり、スペクトログラム、ピッチ曲線を参考に、音が安定している部分を用いた。また、挿入する母音の長さはすべて同じにし、全体長に差がでないよう考慮した。

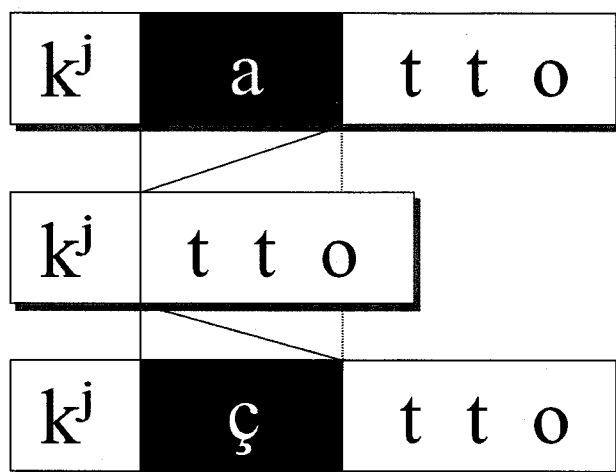


図 2.26: 実験3における実験音声合成のイメージ

実験結果 刺激音に対し、実験協力者が選択した音の結果を図 2.27 に示す。縦軸は提示した刺激音全体に対して選択された音の割合、横軸は提示した刺激音を示す。図 2.27 より無声化していない母音をいれた「きゃつと」「きよつと」は 99.0% で聞き分け、無声摩擦音を入れた「きつと」は 99.0%, 「きゅつと」は 97.0% とほぼ正確に聞き分けられることがわかる。また分散分析より、原音を使った実験と摩擦音を入れた実験の刺激音に有意な差がみられなかった ($p > .01$)。これらの結果から無声化した母音の部分には無声摩擦音を挿入しても日本語母語者は聞き分けることができることいえる。

¹⁰2 か所で同時に調音を行う場合、狭めの度合いが低い方を副次調音 (*secondary articulation*) といい、補助記号を添えて示す。[^v] は後舌面が軟口蓋に向かって高まること (軟口蓋化) を表す。

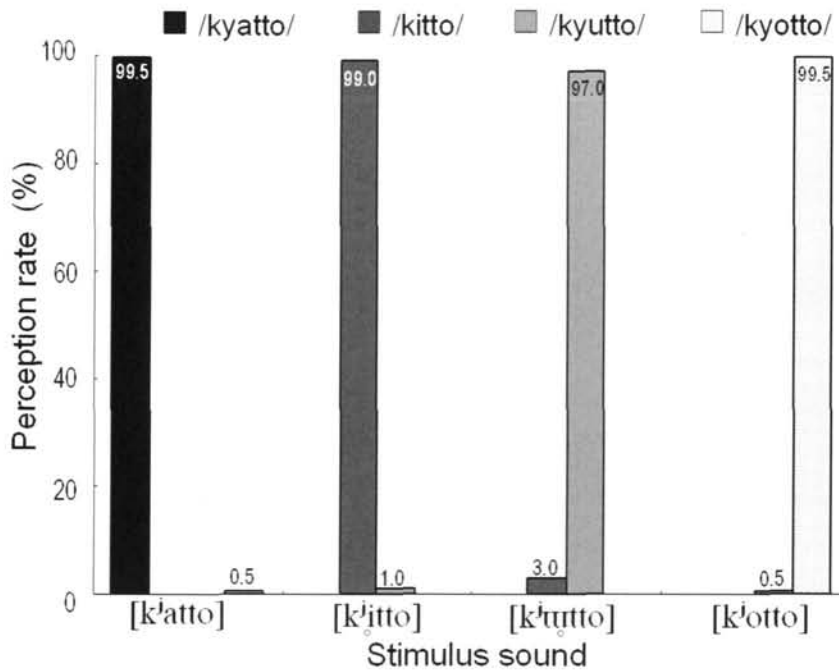


図 2.27: (実験 3) 提示した刺激音に対して選択された音の割合

2.4.3.6 無声化母音の音価検証実験についての考察

原音声をいれた実験より日本語母語話者は母音が無声化してもほぼ正確に聞き取れることがわかった。また無声化母音の知覚には地域差は見られなかった。無声化母音の知覚には子音を手がかりとしているという説があるが、母音部分をノイズと置換するとほとんど違いを聞き分けられなかった。これより今回使用した「きゃつと」「きつと」「きゅつと」「きよつと」に関しては子音の部分の情報を使って聞き分けているとはいえなかった。聴取実験終了後に個別面接を行った結果、手がかりとなるものがないなか、ノイズ置換した部分の時間長の違いを手がかりとして判断している被験者もみられた。無声化母音のかわりに無声摩擦音を挿入した場合、日本語母語話者は原音同様に聞き分けられることがわかった。これより日本語の無声化した母音は無声摩擦音であることが明らかになった。これらの結果より母音が無声化しても日本語話者が聞き分けられるのは、無声摩擦音を手がかりのひとつにしているからであるといえる。

2.4.4 無声化母音における時間長操作の実験

2.4.4.1 時間長の実験目的

無声摩擦音に導かれた母音の無声化の場合は、母音が「脱落（ゼロ化）する」といわれる。2拍語/susu/（スス）のように同じ無声摩擦音に挟まれている場合に母音/u/が脱落すると、[ssu]となるため、従来2拍分の長さを持たず、/su/（ス）のように1拍語として聞こえるようになると思われるが、日本語母語話者は/susu/が無声化した[ssu]を2拍語「すす」として知覚することができる。このことに関して馬場は無声摩擦音に後続する狭母音が無声化する場合は、母音部分に先行する無声摩擦音と同じ調音点の無声摩擦音が補完されるため1拍分の長さは保たれ、2拍語として知覚できると述べている[71]。

本実験では歯茎無声摩擦音[s]の持続部分に伸縮操作を施すことで同じ歯茎無声摩擦音が補完された状況を作成し、聴取実験を行った。本節では無声摩擦音が伸縮することで拍数知覚に変化が見られるかを検証した。

2.4.4.2 基準音声材料と原音声の作成

基準音声材料として、無声摩擦音に挟まれた狭母音に無声化の起こる「すぎです[suŋidesu]」、「すすぎです[susunidesu]」、「これは」という先行文（以下、CSとする）をもつ「これはすぎです[korewasuŋidesu]」、「これはすすぎです[korewasusunidesu]」を設定した。この基準音声は「すすぎ」の最初の狭母音に無声化が起こる。

実験音声刺激作成のための原音声は、東京方言話者の成人男性が発音したものを利用した。録音は、熊本県立大学外国語センターのスタジオで行われ、音声試料はDATに保存された。その後、音声資料は量子化16bit、標本周波数11025HzでA/D変換され、後述の実験音声刺激の作成に使用された。原音声の選定は日本人母語話者2名が音声の自然性を配慮してあたった。表2.4に選定された原音声の時間長を、図2.28から図2.31に振幅、ピッチ遷移、スペクトログラムを示す。図2.29、図2.31では「すすぎ」の最初の「す」の部分に母音が見られず、母音の無声化が起こっていることがわかる。

表 2.4: 原音声の各時間長

(単位: msec)

	全体長	[ko]	[re]	[wa]	[s] / [ss]	[uigides]
すぎです	863	—	—	—	137	726
すすぎです	1125	—	—	—	308	817
これはすぎです	1143	115	138	161	120	609
これはすすぎです	1283	95	141	168	262	617

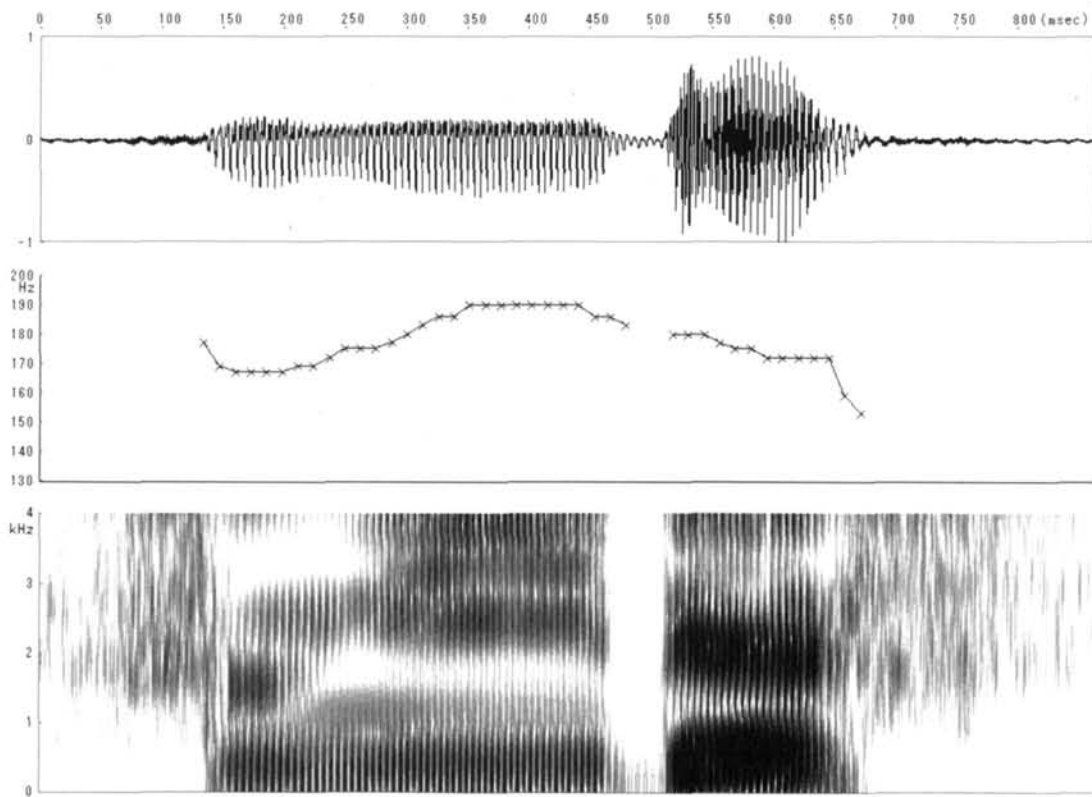


図 2.28: 「すぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム

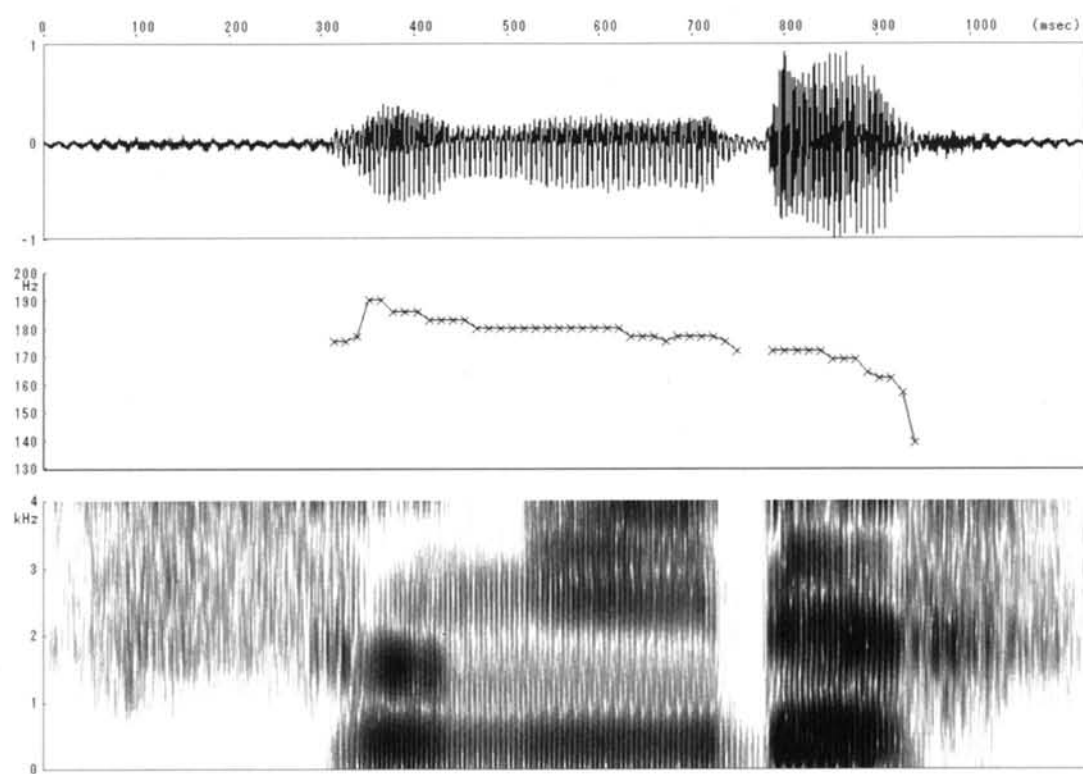


図 2.29: 「すすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム

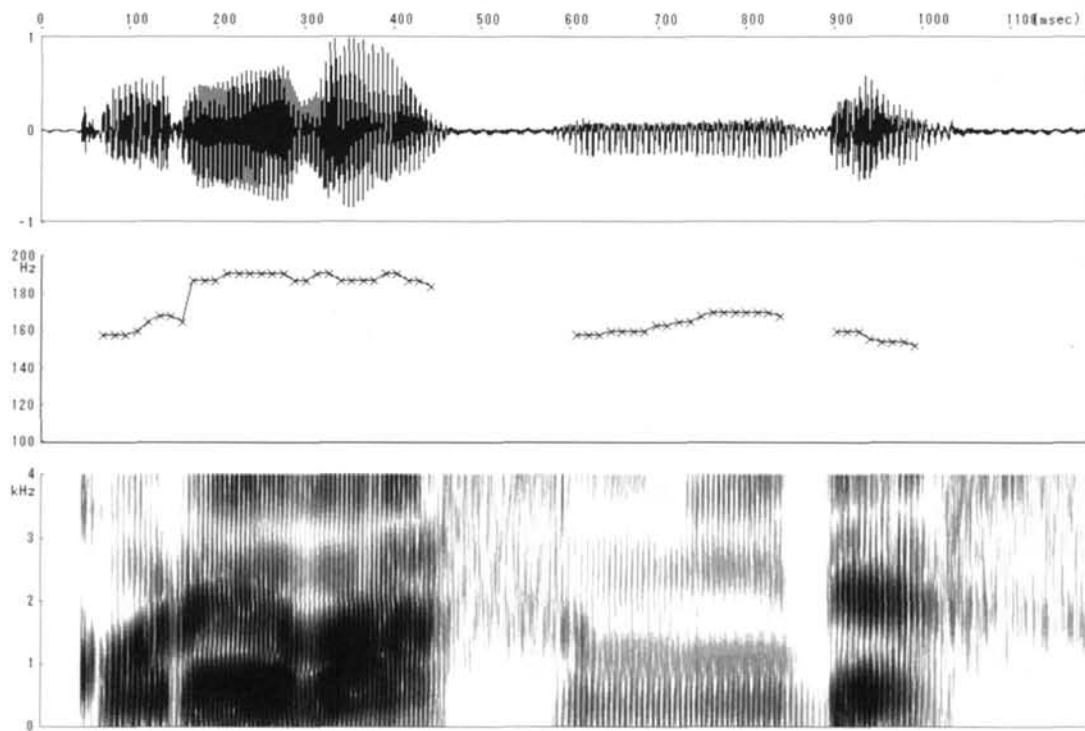


図 2.30: 「これはすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム

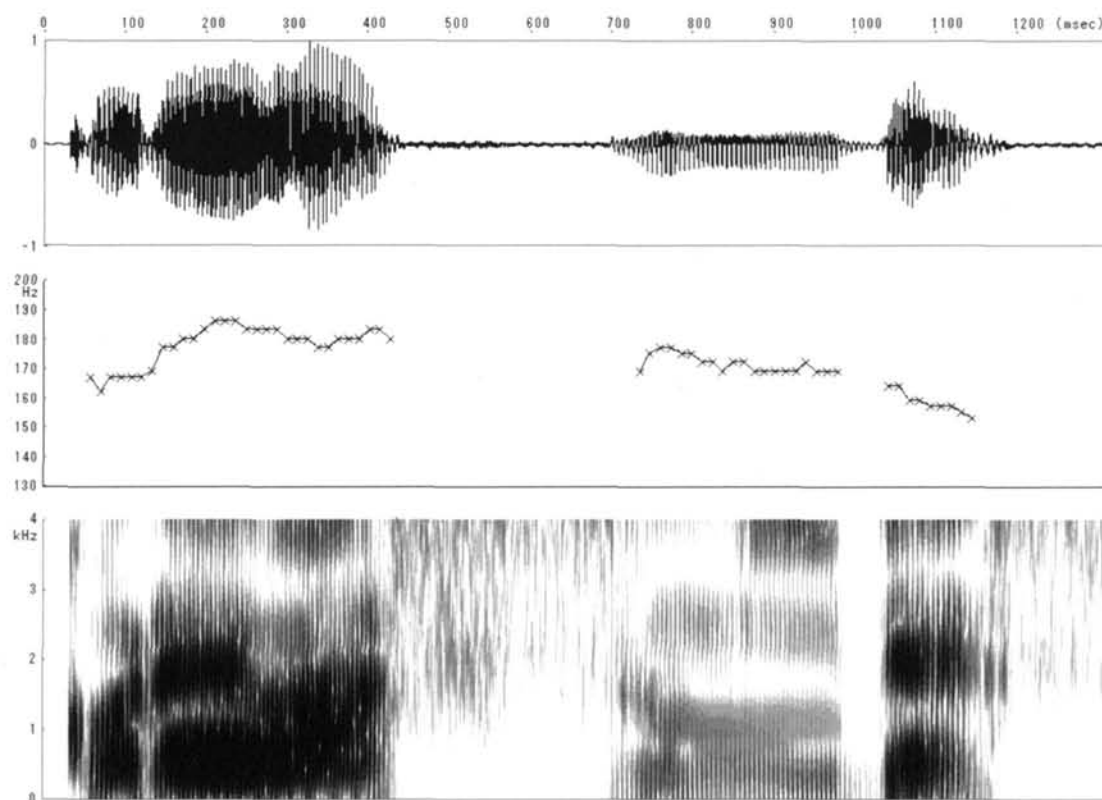


図 2.31: 「これはすすぎです」の振幅, ピッチ遷移, スペクトログラム

2.4.4.3 時間長短縮の実験（実験4）

実験音声刺激作成 CREATIVE社製の「WaveStudio」を利用して、選定された原音声「すすぎです」、「これはすすぎです」の無声摩擦音部分（[ss]）の長さを10%ずつ6段階に短縮した。表2.5に短縮段階を、図2.32に加工イメージを示す。CSあり・なしそれぞれについて加工音各6音と原音声各2音ずつの計8音ずつを実験音声刺激とした。

表 2.5: 無声摩擦音の短縮段階別 [ss] の時間長

(単位：msec)			
短縮段階	短縮率 [%]	長さ (CSなし)	長さ (CSあり)
1(原音声 [sʊsʊgidesʊ])	0	308	262
2	10	278	235
3	20	248	210
4	30	218	185
5	40	188	160
6	50	158	135
7	60	128	110
8(原音声 [sʊgidesʊ])	0	137	120

実験方法 実験音声刺激をランダムに並べたものを6セット用意し、DATに録音した。よって音声試料（加工音6音+原音2音）×CSの有無×6セット＝96音作成されたことになる。実験は静かな教室で個別に実施し音声刺激をヘッドフォンにより提示した。配し方はカウンター・バランスしている。回答用紙には「スギデス」、「ススギデス」、「コレハスギデス」、「コレハススギデス」の欄を設け、被験者に選択させた。

被験者 実験には43名の日本語母語話者が参加した。年齢は19歳から24歳までの聴力の健常な成人である。また被験者の出身は九州に分布しており、無アクセント地帯出身は20名である。

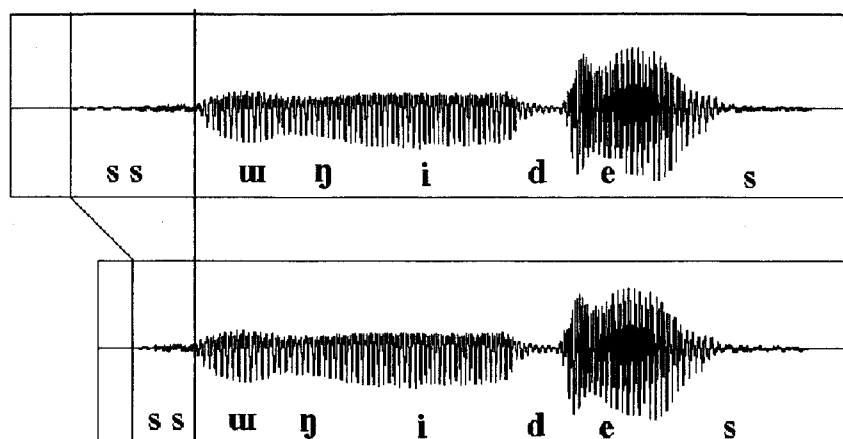


図 2.32: 時間長短縮操作イメージ

実験結果 得られた結果に関して、表 2.6 に提示された音声に対して知覚された「す」の拍数の短縮段階ごとの平均と標準偏差を、図 2.33 にその数値をグラフ化したものを示す。グラフは横軸に短縮段階を示し、左縦軸に知覚された「す」の拍数、右縦軸に標準偏差を示す。これらの図表より、無声摩擦音「す」の部分に短縮を施すことで、知覚される「す」の拍数が減少することがわかる。短縮段階 1~4 においては、知覚のばらつきに先行文の有無の影響がみられる。先行文のあるほうが比較的に安定して知覚しているようである。また、短縮段階 1 は原音声「すずぎ」であるにもかかわらず、先行文がない刺激音ではその平均は 1.81 拍、標準偏差 0.26 という結果であった。この実験では持続時間の違いを知覚するために、何かを手がかりとして判断していたのではないかと思われる。一方、先行文のある刺激音では先行文「これは」を手がかりとしていたため、知覚にゆれが生じることなく、ほぼ 2 拍として知覚していたと考えられる。先行文のない刺激音では、前に提示された刺激音を手がかりとしていたと推測される。しかし、刺激音はランダムに提示されているので、手がかりとなる刺激音の長さは異なり、知覚にゆれが生じるという結果が出たと考えられる。

表 2.6: 短縮操作に対して知覚された拍数の平均と標準偏差

CS	短縮段階	平均	標準偏差	CS	短縮段階	平均	標準偏差
CSなし	1	1.81	0.26	CSあり	1	1.97	0.05
	2	1.81	0.21		2	1.93	0.13
	3	1.74	0.29		3	1.92	0.10
	4	1.69	0.38		4	1.84	0.24
	5	1.54	0.34		5	1.63	0.37
	6	1.34	0.28		6	1.29	0.27
	7	1.17	0.23		7	1.09	0.10
	8	1.01	0.02		8	1.00	0.01
全体平均		1.51		全体平均		1.58	

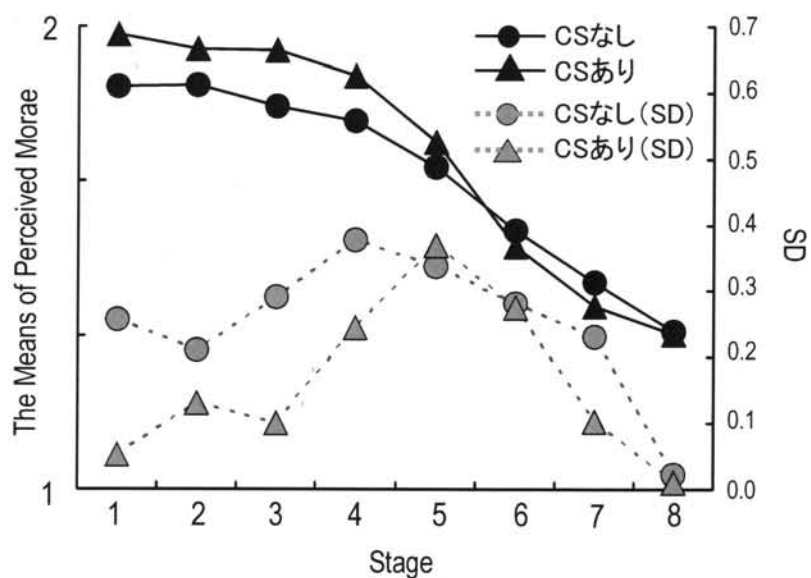


図 2.33: 時間長短縮による拍数知覚の変化 (平均値と標準偏差)

さらに詳しく分析するために、正答率について（先行文の有無）×（短縮段階）の2要因分散分析を行った。分散分析の結果、先行文要因に有意な差がみられた（ $F_{(1,42)} = 6.63, p < .05$ ）。これは、先行文の有無により結果に差が出たことを示す。また、短縮段階要因にも有意な差がみられ（ $F_{(7,294)} = 268.67, p < .01$ ）。短縮を施したことで拍数の知覚に差が出たことが示された。さらに先行文要因と短縮段階要因の間の交互作用に有意な差がみられた（ $F_{(7,294)} = 8.43, p < .01$ ）ので、下位検定により単純主効果の検定を行った。検定結果を図2.7に示す。この結果、短縮段階1～4において有意水準1%でその影響が見られた。短縮実験で使用された刺激音「すすぎです」、「これはすすぎです」には、[sˈsuŋidesu], [koˈrewa sˈsuŋides]というアクセントがある。今回の実験では、無声摩擦音「す」の持続時間を短縮する際にアクセントの操作は行わなかった。その結果、加工音「すすぎ」は持続時間を手がかりにすると1拍の「すぎ」に聞こえるが、加工音のアクセントの立ち上がり位置は図2.34に示すように原音声「すすぎです」のアクセントよりも早いため、「すぎです」と聞こえてしまう現象がおこった。そこで被験者がアクセントを意味の弁別に利用する地帯の出身かどうかに注目して分散分析を行ったが、二つのグループ間の知覚された拍数には有意な差はみられなかった。図2.35に先行文のない「すすぎです」の被験者出身別実験結果を、図2.36に先行文のある「これはすすぎです」の被験者出身別実験結果のグラフを示す。

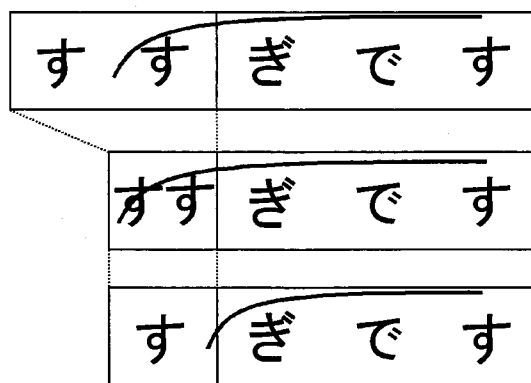


図 2.34: 原音声と時間長短縮を施した加工音のアクセントの様子 (上) 原音声「すすぎです」(中) 加工音「すすぎです」(下) 原音声「すぎです」

以上の結果を総合すると、次のことがわかる。(1) 先行文の有無にかかわらず、歯茎無声摩擦音の持続部分を短縮することで、知覚される拍数は少なくなり、「スス

表 2.7: CS 要因におけるに短縮段階の単純主効果

	短縮段階	平方和	自由度	平均平方	F	
CSの有無	1	0.597	1	0.597	19.89	**
	2	0.294	1	0.294	9.81	**
	3	0.683	1	0.683	22.77	**
	4	0.466	1	0.466	15.54	**
	5	0.156	1	0.156	5.207	*
	6	0.054	1	0.055	1.818	
	7	0.129	1	0.129	4.30	*
	8	0.001	1	0.001	0.04	
誤差項			336	0.030		

**p<.01 *p<.05

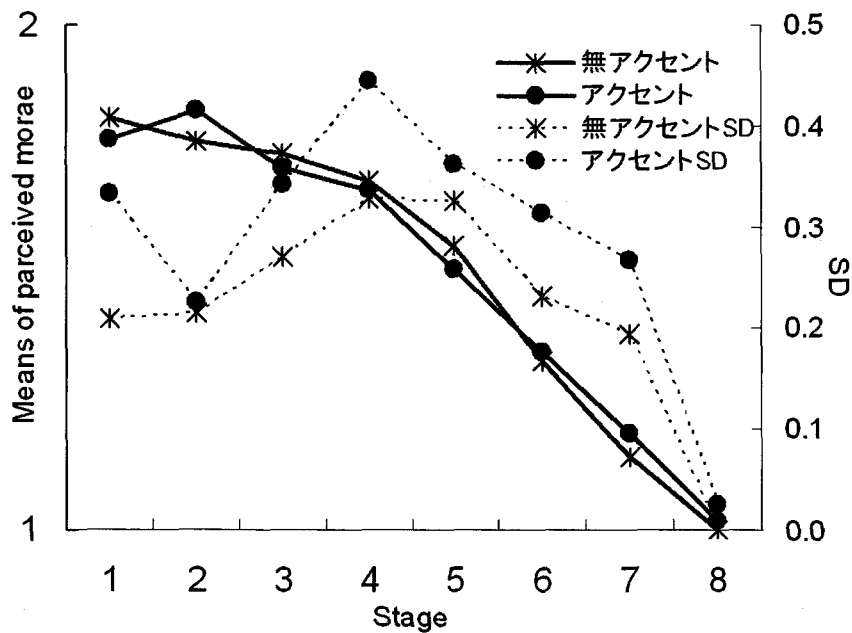


図 2.35: 「すすぎです」における被験者の出身地別実験結果

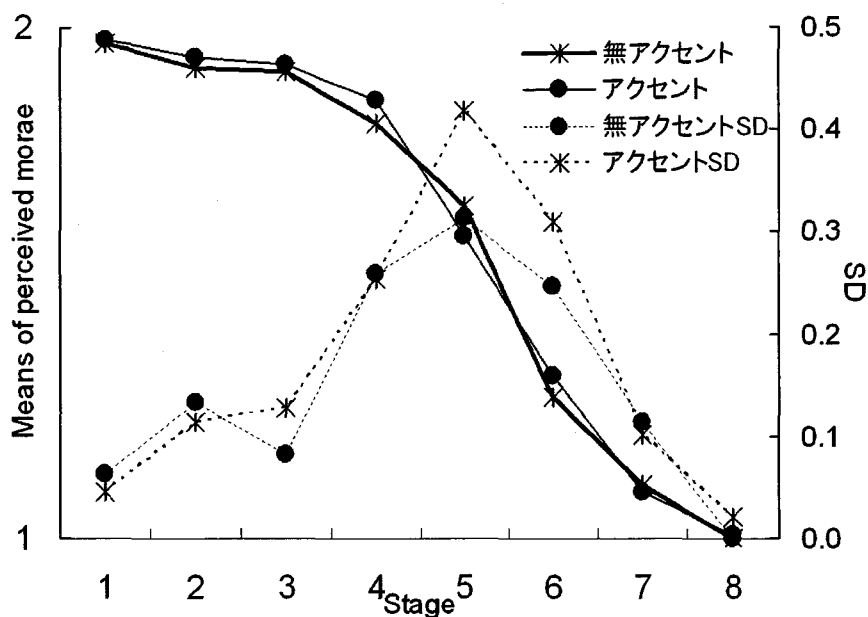


図 2.36: 「これはすすぎです」における被験者の出身地別実験結果

ギ」を「スギ」と知覚するようになる。(2) 全体的に先行文のある刺激音は比較的安定して知覚している。特に短縮段階1～4については、先行文の有無により結果に差(有意差1%)がみられた。(3) 40%の短縮を施した短縮段階5では、先行文の有無にかかわらず知覚のゆれが大きくなり、知覚される拍数にも差が見られなくなる。(4) 短縮段階1は原音声(ススギ)にもかかわらず、先行文の有無により知覚される拍数に差(有意差1%)が見られた。(5) 短縮段階8の原音声(スギ)ではゆれはほとんど見られず、先行文の有無にかかわらず1拍と知覚している。(6) 被験者がアクセント地帯出身か無アクセント地帯出身かにより、知覚に差がみられる。しかし、先行文「これは」がある刺激音では両者の知覚に大きな差はみられない。

2.4.4.4 時間長伸長の実験(実験5)

実験音声刺激作成 CREATIVE社製の「WaveStudio」を利用して、選定された原音声「すすぎです」、「これはすすぎです」の歯茎無声摩擦音[s]の持続時間を10段階に伸長した。図2.37に加工イメージを、表2.8に伸長段階を示す。なお、「すすぎ」では無声摩擦音[s]の定常部分が12msと非常に短いため、ここでは定常部分の時間長

を基準に伸長していく方法を用いた。CSあり・なしそれぞれについて加工音各10音と原音声1音の計11音ずつを実験音声刺激とした。

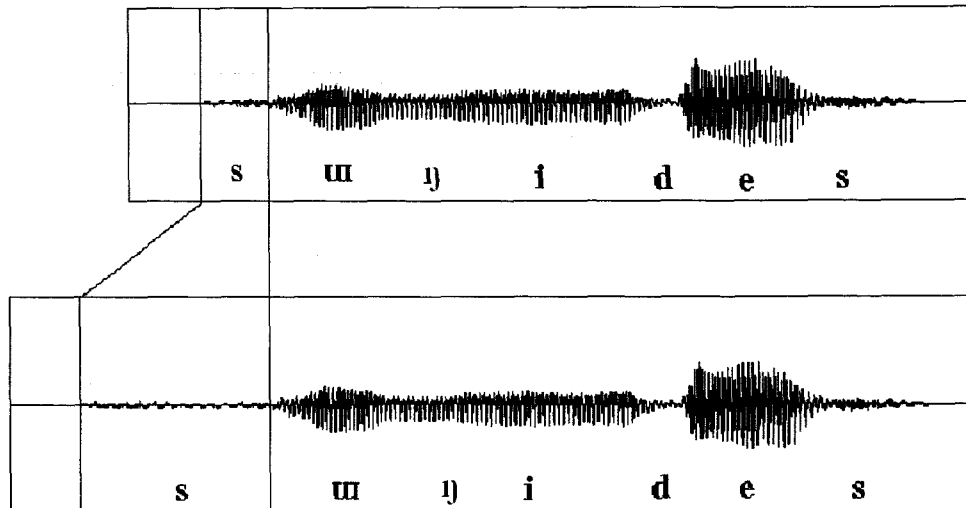


図 2.37: 時間長伸長操作イメージ

実験方法 これらの実験音声刺激をランダムに並べ10セット作成し、DATに録音した。よって音声試料（加工音10音＋原音1音）×先行文の有無×10セット＝220音作成されたことになる。実験は静かな教室で個別に実施し、音声刺激をヘッドフォンにより提示した。配し方はカウンター・バランスしている。回答用紙には「スギデス」「ススギデス」「コレハスギデス」「コレハススギデス」の欄を設け、被験者に選択させた。

被験者 伸長実験には、6名の日本語母語話者が参加した。年齢は19歳から24歳までの聴力の健全な成人である。また、「東京語アクセントの聞き取りテスト[74]」を実施し、被験者のアクセント聞き取り能力を調べた。その結果、アクセントを聞き取ることのできる被験者は3名で、アクセントを聞き取れない被験者は3名であった。

実験結果 得られた結果に関して、表2.9に提示された音声に対して知覚された「す」の拍数の伸長段階ごとの平均と標準偏差を、図2.38にその数値をグラフ化したも

表 2.8: 無声摩擦音の伸長段階別 [s] の時間長

伸長段階	伸長率 [%]	長さ (CS なし)	長さ (CS あり)
1(原音声 [suŋidesu])	100	132	120
2	110	156	160
3	120	168	179
4	130	180	199
5	140	192	238
6	150	204	260
7	160	228	280
8	170	240	297
9	180	252	320
10	190	264	340
11(原音声 [su:suŋidesu])	100	276	357

のを示す。グラフは横軸に短縮段階を示し、左縦軸に知覚された「す」の拍数、右縦軸に標準偏差を示す。これらの図表より、無声摩擦音「す」の部分伸長することで、知覚される「す」の拍数が増加することがわかった。全体的に、知覚のばらつきに先行文の影響がみられ、先行文のない刺激音のほうが知覚のゆれが大きい。正答率について（先行文の有無）×（伸長段階）の2要因分散分析を行った。その結果、先行文要因に有意な差がみられた ($F_{(1,5)} = 7.42, p < .05$)。これは、先行文の有無により結果に差が出たことを示す。また、伸長段階要因にも有意な差がみられた ($F_{(10,50)} = 19.40, p < .01$)。これは伸長を施したことで拍数の知覚に差が出たことを示す。さらにCS要因と伸長段階要因の間の交互作用に有意な差がみられた ($F_{(10,50)} = 4.43, p < .01$) が、今回の伸長実験においては「すぎです」と「これはすぎです」の伸長率が等しくないため下位検定は行わず、特に議論はしないこととする。

伸長実験で使用した刺激音「すぎです」、「これはすぎです」には、[suŋidesu], [ko'rewa suŋidesu] というようにアクセントがある。短縮実験同様、無声摩擦音「す」の持続時間を伸長する際にアクセントの操作は行わなかった。その結果、加工音「すぎ」は持続時間を手がかりにすると2拍の「すすぎ」と聞こえるが、加工

表 2.9: 伸長操作に対して知覚された拍数の平均と標準偏差

CS	伸長段階	平均	標準偏差	CS	伸長段階	平均	標準偏差
CS なし	1	1.20	0.39	CS あり	1	1.07	0.23
	2	1.25	0.41		2	1.13	0.19
	3	1.18	0.36		3	1.12	0.25
	4	1.12	0.38		4	1.12	0.19
	5	1.15	0.36		5	1.55	0.15
	6	1.33	0.36		6	1.63	0.14
	7	1.35	0.32		7	1.75	0.19
	8	1.42	0.36		8	1.78	0.24
	9	1.38	0.31		9	1.88	0.17
	10	1.38	0.29		10	1.83	0.19
	11	1.50	0.34		11	1.82	0.16
全体平均		1.30		全体平均		1.52	

音のアクセントは図 2.39 のように加工音のアクセントの立ち上がり位置は原音声「す「すぎ」のアクセント立ち上がり位置よりも遅く、「すす「ぎ」となる現象がおこった。そこで、アクセントの聞き分けができるかどうかでグループ分けを行い検証した。図 2.40, 2.41 に「すぎです」「これはすぎです」における被験者のアクセント聞き取り能力別実験結果を示す。これらの結果に対して分散分析を行ったが、2つのグループ間の知覚された拍数に有意な差はみられなかった。また先行文のない「すぎです」と先行文のある「これはすぎです」の標準偏差に大きな差は見られなかった。

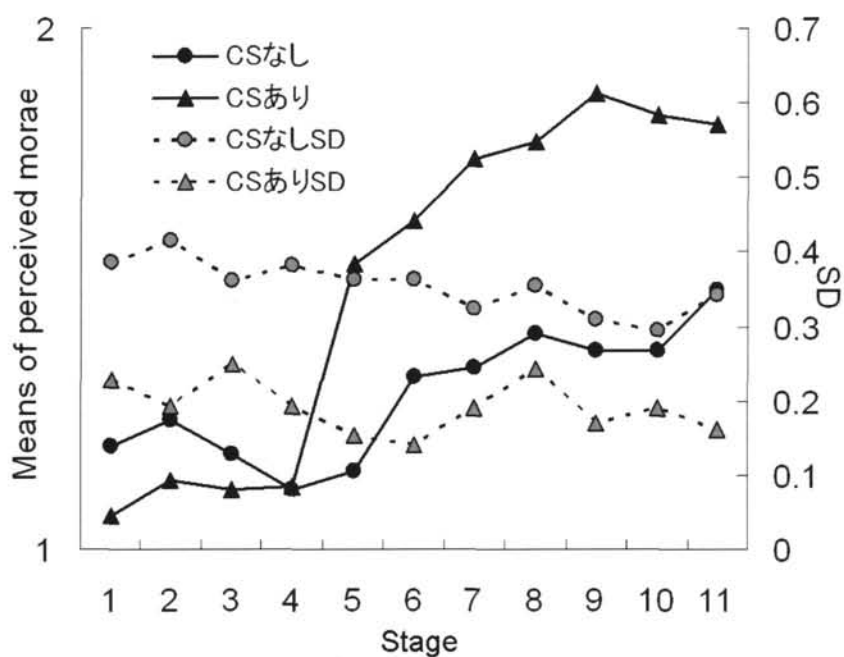


図 2.38: 時間長伸長による拍数知覚の変化 (平均値と標準偏差)

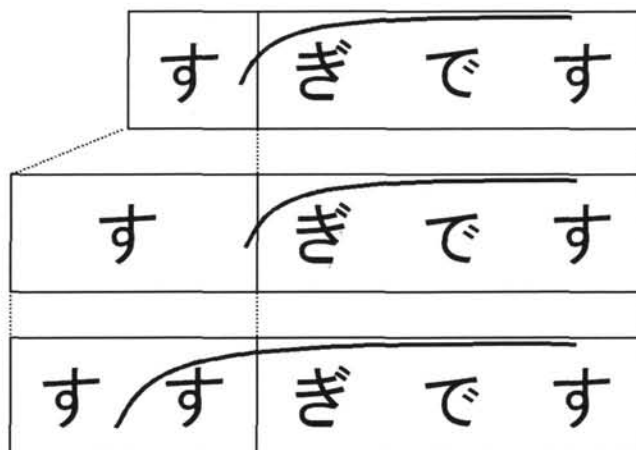


図 2.39: 原音声と時間長伸長を施した加工音のアクセントの様子 (上) 原音声「すぎです」
(中) 加工音「すぎです」(下) 原音声「すすぎです」

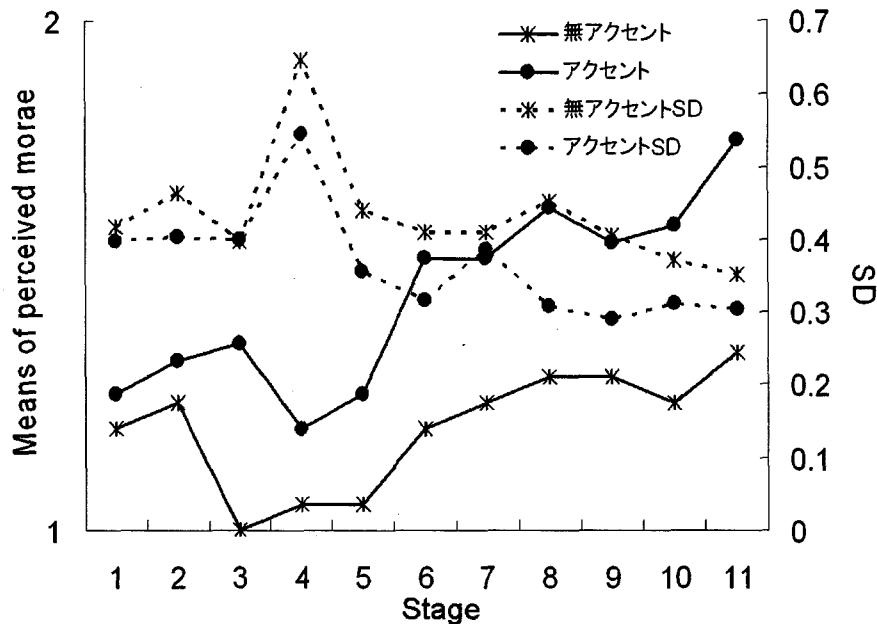


図 2.40: 「すぎです」における被験者のアクセント聞き取り能力別実験結果

以上の結果を総合すると、次のことがわかる。(1) 先行文の有無にかかわらず、歯茎無声摩擦音の持続部分を伸長することで、知覚される拍数は多くなり、「すぎ」を「すすぎ」と知覚するようになる。(2) 先行文のない刺激音は先行文のある刺激音に比べ、知覚に大きなゆれがみられる。(3) 被験者がアクセントを聞き取れるかどうかということによる知覚の差異はみられなかった。

2.4.4.5 無声化母音における時間長操作実験についての考察

伸長実験・短縮実験ともに歯茎無声摩擦音の持続部分に伸縮を施すと、知覚される拍数に変化が見られることがわかった。また、先行文「これは」を持つ刺激音は知覚にゆれが少なく、安定していた。その理由として、「これは」の長さを基準に拍数を知覚していることが考えられる。

今回の実験では、無声摩擦音の持続時間に伸縮を施した刺激音と実際の音声のアクセントに違いが出たため、被験者のアクセント聞きとり能力の有無が、結果に影響をあたえるのではないかと考えられたが、聴取実験の結果、アクセントの聞き取り能力による影響はみられなかった。アクセント聞き取り能力の影響は、短縮実験と伸長実験の間に出ていたように思われる。伸長実験は短縮実験に比べ、知覚のゆ

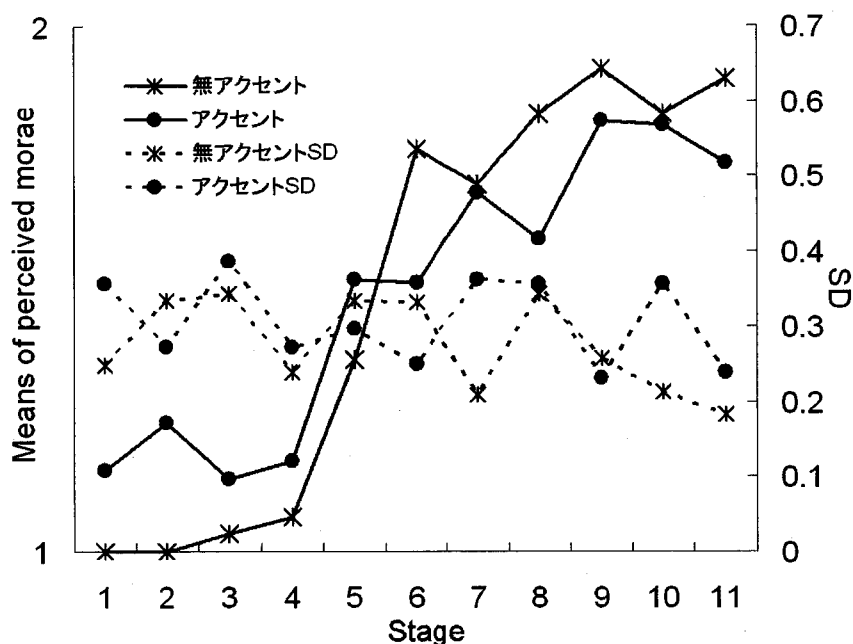


図 2.41: 「これはすぎです」における被験者のアクセント聞き取り能力別実験結果

れが大きいという結果が得られた。これは「す」すぎ」に短縮を施した結果生じた「すぎ」は許容範囲であるが、「す」ぎ」に伸長を施した結果生じた「すすぎ」は許容範囲外であったため、判断にゆれが生じたのではないかとということが原因の一つとして考えられる。

無声摩擦音に後続する母音が無声化する場合、母音が脱落するのあれば、無声化が起こることで拍数に変化してしまうことが考えられる。しかし、現実には無声化が起こっても知覚される拍数に変化が生じることはない。この点に関して今回行った二つの実験より、無声摩擦音に後続する母音の無声化は母音の脱落する現象ではなく、無声化する母音が先行する無声摩擦音と同じ無声摩擦音で発音されているということがわかった。それにより時間長は保たれ、拍数に変化が生じないと思われる。無声化母音が先行する無声摩擦音と同じ無声摩擦音で発音されているため、無声摩擦音の持続部分に伸縮を施すと拍数の知覚に変化がみられた。

以上、二つの実験より、従来、無声化することで脱落するといわれていた母音部分は、一拍と知覚できるだけの長さの無声摩擦音で発音されており、そのため拍数が減少することなく知覚できるということが明らかになった。

2.5 まとめ

日本語を母語としない日本語学習者にとって、習得が困難な発音の一つが拍知覚である。拍による音声の区切りは他の言語には見られないため、日本語を母語としない者にとっては習得が困難であると言われていた。知覚は発話と密接な関係にあり、知覚がうまくできない学習者は発話の習得も困難であるといわれている。そのため、拍知覚がうまくできない学習者は、発話の際にも混同がみられる。日本語では長母音と短母音の音韻対立を意味の弁別に用いるため、事態は深刻である。これらは単に言い間違い、聞き間違いというだけでなく、時にはコミュニケーション上の問題にもなりかねない。しかし、これまで拍は、国語学の分野においては日本人の頭の中にある「観念」としてとらえられてきており、これでは日本語を母語としないものが日本語特有の「観念」を習得することは困難であった。そこで本研究では、長母音と無声化母音における拍知覚に注目して、拍知覚の検証実験を行った。

長母音における拍知覚の検証実験では、必ず1拍目と2拍目の間にアクセントがあることに注目し、日本語母語話者はこのアクセントを手がかりに拍数を知覚しているのではないかという仮説を立てた。仮説の検証のため、アクセントを意味の弁別に用いている地域の方言話者とそうでない地域の方言話者、非日本語母語話者に対して拍数知覚の実験を行った。1拍目の時間長を変えることで単語のアクセントの立ち上がり位置を変えると、知覚される拍数に変化が生じるが、アクセント成分であると言われるピッチのみを変化させると、アクセントを意味の弁別に用いている話者には知覚にばらつきが生じた。日本語のアクセント成分はピッチだけでなく、エネルギーなどさまざまな成分から成り立っているためだと考えられる。先行研究の結果を踏まえると、日本語母語話者はアクセントを手がかりに1拍の長さを判断し、それを基準に2拍目以降を知覚しているといえるが、それはピッチのみだけでなく、他のアクセント成分も手がかりにしていることが明らかになった。

無声化母音における拍知覚の検証実験では、聞こえない母音（無声化した母音）を1拍として知覚できる理由として、無声化母音の音価に注目した。一般に無声化母音と呼ばれている音は、音声学的には二種類あり音環境によってその音価は変わる。本研究では馬場の説をもとに、無声破裂音に後続する場合の無声化と無声摩擦音に後続する場合の無声化に分けて実験を行った。その結果、無声破裂音に後続する無声化母音の音価は無声摩擦音であるということが明らかになった。その無声摩擦音は先行する無声破裂音によって異なり、今回実験で使用した軟口蓋無声破裂音 [kʰ] に後続する無声化母音の場合、[i] は [ç], [u] は [çʰ] で発音されていることが実験結果より示された。また、無声摩擦音に後続する無声化母音の音価は無声摩擦音で

あることが明らかになった。無声摩擦音に後続する無声化母音の場合は、先行する無声摩擦音と同じ無声摩擦音が無声化する母音の代わりに発音される。そのため、無声化がおきても拍数に変化が生じることなく知覚されると推測される。

これまで拍を教える場合、媒介語を使わない直説法による日本語の授業では、「お・ば・あ・さ・ん」と手をたたきながら拍数を数えて教えていたが、それでは拍知覚の習得は難しいだろう。また、母音の無声化を教える方法として現在使われているのは、ローマ字表記をして母音部分を書かない、上から×をつけるといった方法である。経験で覚えていくことも大事であるが、日本語の単語は膨大である。すべての単語について、拍数を覚えることは不可能に近い。

今回の実験から、日本語母語話者は長母音の拍数を知覚する際、1拍目を手がかりに「長さ」で拍数を数えていることが明らかになったが、どの母語話者でも長さを意味の弁別には使っていないとしても知覚することは可能である。そこで「長い／短い」が意味の区別に必要であることを指導する必要がある。また、無声破裂音に後続する無声化母音のように、「聞こえない」ので聞き取れないのではなく、[kç]も「き」であることを「知らない」ので聞き取れないのではないかということが、今回の実験を通して考えられる。初級の段階から母音の無声化がおこる音環境や、無声化母音の部分は無声摩擦音で発音されているといったことを教え、表記と発音は違うということも教えていくことも必要だと思われる。

日本語母語話者の場合は、語彙や文法の知識があり、ある程度、話の先を予測することができるので、母音や無声化母音が続いても単語を想像することができるが、日本語を学びはじめたばかりの者はとにかく聞き取ろうと努力するので、母音や無声化母音が連続した単語に引っかかってしまい、会話全体が聞き取れなかったという事態がしばしばおこる。また、学習者から「教室での日本語は聞き取れるが、普段の日本語はほとんど聞き取ることができない」ということをよく聞くが、これは学習者の問題だけではなく、教師側の問題でもある。母音の連続は、丁寧にゆっくり発音することで、拍と拍の間にポーズが入り、連続した音声ではなくなる。同様に、母音の無声化は、ゆっくりと発音することで無声化が起こるべきところで起こらなくなってしまう。どちらも丁寧に発音することで、自然な発話でなくなっている恐れがある。教師は自分の発音がティーチャーズ・トークになっていないか、自然な発話であるか、ということをも常に注意をすること必要であろう。また、発音と聞き取りは密接に関係していることが明らかになっている。聞き取りだけでなく、発音の指導も行っていくことで、その習得度は増す。しかし、発音の練習は、教師

にとっては、学習者の発音の違いを聞き分け、その場で間違いを訂正するといった、なかなか大変なものであり、音声学の知識が求められる。また、学習者にとっても発音練習はあまり面白くないものである。学習者の発音を録音してフィードバックさせたり、「一日5分」のように短時間で継続的に発音指導を行うといった授業全体が間延びしてしまわない方法を考えなければならない。この点は、発音練習全体にいえる大きな課題である。

今回の実験で検証した拍知覚はまだごく一部である。拍知覚が問題になる他の状況をさらに明らかにしていくことで、拍についての指導方法の枠も広がってくるのではないと思われる。今後は教育現場の音声指導に対する現状調査や、学習レベル別習得状況の縦断研究などまだまだ研究の余地がある。

第3章 日本語における破擦音の検証

3.1 はじめに

日本語を学ぶ外国人にとって日本語の/ツ/という音は発音するのが難しいといわれている。その原因の一つとして、日本語のツの子音に当たる音を持つ言語が少ないということが挙げられる。日本語の/ツ/の子音は無声歯茎破擦音 [ts] で発音されるが、母語にこの子音を持たない学習者は、/ツ/を/チュ/や/ス/と発音する傾向があり、「いつも」を「いちゅも」と発音したり、「つくえ」を「すくえ」と発音することがある。これは上級レベルの学習者にも見られる問題である。どんなに正確な文法で流暢に日本語を話していても、/ツ/を/チュ/と発音するだけでとたんに稚拙な話し方に聞こえてしまう。また、わずかな発音の誤りにより、意味の混同やコミュニケーションをとる上での問題を引き起こすことがある。Thomas は文法能力が十分でも発話能力が不十分だと「外国語がうまいというよりも人としての印象が悪くなる」¹と述べており [3], 円滑な人間関係を築く上で障害が出る恐れがある。東間, 大坪による外国人日本語学習者の発話を日本語母語話者がどのように評価しているのかを調べた実験では、日本語母語話者は音素の混同による発音の誤用には極めて非寛容であり、特に破擦音、摩擦音の混同による誤用には最も厳しい評価を下すことが示されている [34]。

日本語学習者の発音上の問題点に関しては多くの研究者によって指摘されているが [29, 30, 31], 詳細な分析研究や指導法が確立されていないのが現状である。中でも、破擦音に関しては、学習者がどのように発音しているかについて実験音声学の立場から述べたものは管見の及ぶ限りではない。日本語学習者により効果的な指導を行うためにも、学習者がどのように発音しているのかについてはまだ分析が必要である。

そこで、本章では外国人日本語学習者が日本語の無声歯茎破擦音をどのように知覚、産出しているのかを観察する。特に韓国人日本語学習者とタイ人日本語学習者

¹“While grammatical error may reveal a speaker to be a less than proficient language-user, pragmatic failure reflects badly on him/her as a person.” (p.97)

に焦点を当て、知覚と産出における特徴、知覚・発話の関係がどのようになっているのかを検証していくこととする。なお、日本語学習者の学習到達目標がコミュニケーションをとることである点を踏まえ、本研究では音響分析による客観的な評価に加え、「日本語母語話者にどう聞こえているか」という点に注目した主観的評価をふまえて分析を行う。

3.2 無声歯茎破擦音

日本語の「ツ」($[\text{tsu}]$)の子音は無声歯茎破擦音で発音される。日本語母語話者の発話したツの振幅とスペクトログラムを図3.1に示す。図3.1をみると、最初に破裂が起こり($[\text{t}]$)、その後、摩擦音($[\text{s}]$)、母音($[\text{u}]$)が続いていることがわかる。

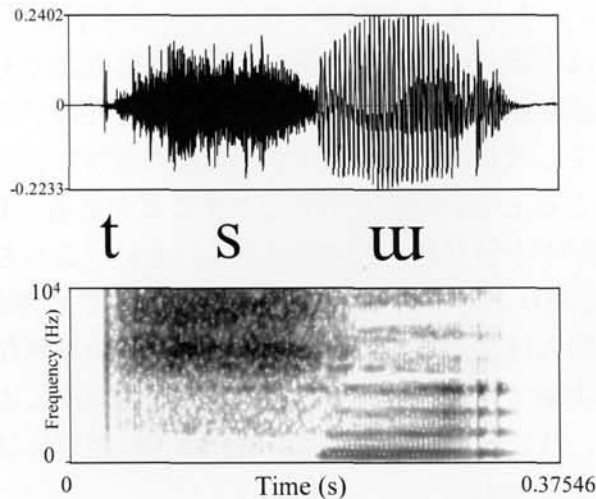


図 3.1: 日本語母語話者の発話した $[\text{tsu}]$ の振幅とスペクトログラム

ここでいう破擦音とは「破裂音と摩擦音とが不可分の一単位を作ること」[40]であり、破裂音 $[\text{t}]$ と摩擦音 $[\text{s}]$ を並べただけの音ではない。破擦音は二つの音を続けて発音しているわけではなく、破裂音の閉鎖が開放される際に、調音器官の離れる速度が破裂音よりもゆっくりであるため摩擦音を伴って聞こえる。なお、このように破擦音は、二つの子音が不可分であることから、国際音声字母 (IPA) で表記する場合、二つの子音の上に $[\]$ を付し、 $[\text{ts}]$ と表記するが、本稿では便宜上、 $[\text{ts}]$ と表記する。

図 3.2 に破裂音, 摩擦音, 破擦音の開放の様子をそれぞれ模式的に示す。図は上の調音器官（上唇, 上歯, 口蓋など）と下の調音器官（下唇, 下歯, 舌など）の距離を段階的に表したものである。/ipu/ の場合は破裂音 [p] で完全に口腔内が閉鎖され, その後, 一気に息が放出される ([u]) が, /isu/ の [s] の部分では上下の調音器官が完全に閉じない状態が持続されるため, 口腔内で乱気流が生じ, 摩擦音 ([s]) が生成される。/itsu/ では, 閉鎖 ([t]) から放出にかけて徐々に開放されることで一時的に口腔内が摩擦音と同じ状態になるため [s] が聞こえる。

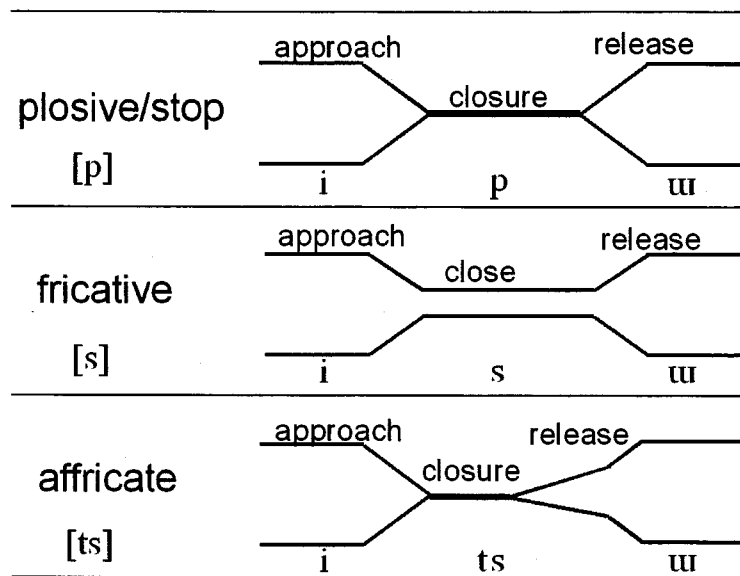


図 3.2: 破裂音, 摩擦音, 破擦音の開放の様子

日本語では無声歯茎破擦音 [ts], 有声歯茎破擦音 [dz], 無声歯茎硬口蓋破擦音 [tɕ], 有声歯茎硬口蓋破擦音 [dʑ] の四つの破擦音が現れ, それぞれツ ([tsu]), ズ/ヅ ([dzɯ]), チャ, チ, チュ, チェ, チョ ([tɕa, tɕi, tɕɯ, tɕe, tɕo]), ジャ, ジ/ヂ, ジュ, ジェ, ジョ ([dʑa, dʑi, dʑɯ, dʑe, dʑo]) の子音として現れる²。

韓国語は日本語のように有声子音/無声子音の対立を意味の弁別に用いておらず, 子音を発音する際に気音を伴う (有気音: *Aspirate*) か気音を伴わない (無気音: *Lax*) かが意味の弁別上, 重要になる。さらに, 有気/無気に加え, 声門閉鎖を伴う無気音 (*Tense*) があり, 有気音/無気音/喉頭の緊張を伴う無気音の三つの

²[dʑ], [dʑ] は語頭に位置するときのみ現れる。語中, 語尾の場合は, それぞれ [z], [ʑ] で発音される。

対立がある³。よって韓国語の破擦音は [tɕ], [tɕ^h], [tɕ'] の三つである⁴。

タイ語は [tɕ] と [tɕ^h]、二つの破擦音が現れる。タイ語も韓国語と同様に有気音／無気音の対立を意味の弁別に用いている。

日本語、韓国語、タイ語における破擦音、摩擦音の比較を表 3.1 に示す。表 3.1 からわかるように、韓国語、タイ語には日本語のツの子音にあたる無声歯茎破擦音 [ts] が無い。一般に、母語にない音を発音する場合、「母語の全音声体系を外国語に転移する」[76] ということがいわれており、すなわち、母語にある一番近い音を使おうとする。そのため、韓国語母語話者が日本語の/ツ/を発音するときは、母語にあり、[ts] に調音位置、調音方法が一番近い [tɕ] や [tɕ'] で代用するといわれており [30, 32]、タイ語母語話者は [tɕ] や [s] で代用するといわれている [28, 33]。しかし、日本語では [tsu] (ツ), [tɕu] (チュ), [su] は対立的分布をなすため、「代用」という方法では日本語母語話者が聞いたとき、意味の混同や違和感を引き起こすことが考えられる。

表 3.1: 日本語、韓国語、タイ語における破擦音、摩擦音の比較

articuration	Japanese		Korea			Thai	
	Voiceless	Voiced	Lax	Aspirate	Tense	Lax	Aspirate
Alveolar affricate	ts	ɕ	-	-	-	-	-
Alveolar fricative	s	z	s	(s ^h)	s'	s	-
Alveolo-palatal	tɕ	ɕ	tɕ	tɕ ^h	tɕ'	tɕ	tɕ ^h

日本語の/ツ/の発音が難しいのは韓国語母語話者、タイ語母語話者に限ったことではない。多くの非日本語母語話者にとって難しいことが助川 (1997) の調査により明らかになっている [29]。世界の言語に目を向けてみると、日本語のツの子音にあたる無声歯茎破擦音 [ts] をもつ言語は表 3.2⁵ のように少ないことがわかる。[ts] をもつ言語でも、英語は外来語をのぞけば “cats” ([kæts]) のように後続に母音を伴わない用法しかない。イタリア語では “zuppa” ([tsuppa/dzuppa]) のように、語

³韓国語では無気音を「平音」、有気音を「激音」、声門閉鎖を伴う無気音を「濃音」という。

⁴[^h] は有気音、['] は声門閉鎖を伴う無気音であることを表す。

⁵斉藤 [35], 植木 [77] による調査をもとに作成。

頭の場合は/ツ/ではなく/ズ/で発音するという地域が多い[77]。このように、世界においても [ts] をもつ言語は稀であるため、/ツ/の発音は学習者にとって難しい音の一つとなっていることが考えられる。

表 3.2: 世界の言語における破擦音の使用状況

	[t]	[tʃ/tʃ]	[ts]	
日本語	○	○	○	あつい [aʃsui]
韓国語	○	○	×	
タイ語	○	○	×	
英語	○	○	△	cats [kæʃs] (ネコ)
ドイツ語	○	○	○	Zeit [ʃaɪt] (時間)
フランス語	○	×	×	
ロシア語	○	○	○	Ц е н т р [ʃentr] (中心)
スペイン語	○	○	×	
イタリア語	○	○	△	marzo [marʃo] (三月)
トルコ語	○	○	×	
中国語	○	○	○	再 [ʃaɪ] (もう一度)
インドネシア語	○	○	×	
ベトナム語	○	○	×	
フィリピン語	○	○	×	
ヒンディー語	○	○	×	

3.3 韓国人母語話者を対象とした検証

韓国は日本語学習者数が世界で最も多く、世界の日本語学習者の約4割を占めている [1]。韓国語母語話者にとって破擦音の習得は大変困難であることとされているが [30, 31, 32]、その実態については調査分析されておらず、これまでは教師の経験と観察による報告のみであった。そこで本節では韓国語を母語とする学習者を対象に日本語破擦音の産出能力を検証し、その実態を明らかにする。また、発音と知覚は密接な関係があることから [36]、知覚能力の検証結果も踏まえて分析を行うこととする。

3.3.1 被験者

被験者は韓国語を母語とする日本語学習者13名で、年齢は20～25歳である。熊本大学の留学生と韓国ハンドン大学の短期語学研修生で、日本滞在歴は半年以下である。ただし、来日前に日本語を学習している学習者がおり、被験者を日本語学習時間別に二つのグループに分けた⁶。詳細は以下の通りである。

グループ KS：日本語学習時間 150 時間未満（初級前半レベル）7名

グループ KL：日本語学習時間 300 時間以上（中級レベル）6名

3.3.2 評価対象音

評価対象音として、無声歯茎破擦音 [ts]、無声後部歯茎破擦音 [tç]、無声歯茎摩擦音 [s] を持つ CV 音節 ツ, チュ, ス を設定した。チュ, ス は韓国人日本語学習者が ツ と混同するといわれる音である [29, 30, 32, 78]。実験音声試料は評価対象音がそれぞれ語頭, 語中, 語尾にくるような 2 拍語または 3 拍語とし、音韻構造は /C_tV_tCV/, /CVC_tV_tCV/, /CVC_tV_t/ の 3 種類である。評価対象音は C_tV_t である。評価対象音の前後の音節 CV には韓国語にあり、学習者が発話しやすい有声両唇鼻音 [m] と母音 [a] の組み合わせである [ma] を用いた。これら 9 種類の実験音声を表 3.3 に示す。

なお、これらの実験音声のうち、ツマ, スマ, マツ は日本語では有意味語として存在する。

⁶留学生センターのプレースメントテストによるクラスわけと日本語能力検定試験の基準に基づきレベル分けを行った。

ツマ	[tsuma]	妻
スマ	[suma]	須磨 (地名)
マツ	[matsu]	待つ, 松

しかし、これらの語は日本語学習期間の短い学習者にとっては普段、よく耳にするような親密語ではないと判断し、他の語と同等に扱うこととする。

表 3.3: 実験音声試料

	word-initial	word-medial	word-final
Affricate	<i>tsuma</i>	<i>matsuma</i>	<i>matsu</i>
[ts]	[tsuma]	[matsuma]	[matsu]
Affricate	<i>chuma</i>	<i>machuma</i>	<i>machu</i>
[tʃ]	[tʃuma]	[matʃuma]	[tʃuma]
Fricative	<i>suma</i>	<i>masuma</i>	<i>masu</i>
[s]	[suma]	[masuma]	[masu]

3.3.3 産出実験

3.3.3.1 手続き

被験者に実験音声リストの語を1語につき3回ずつ発音させた。なお、比較のために日本語母語話者1名の発話も収録している。より自然な発話を採取するため、被験者には普通よりも少し速めに読むように指示を出した。収録は静かな部屋にて行い、マイクロフォン (SONY ECM-350) を使用して DAT (SONY TCD-D100) に保存した。マイクはマイクスタンドを用いて立て、被験者の口元から約 15cm 離れたところに設置した。得られた発話のうち2回目と3回目の発話を評価対象として用いている。発話試料は量子化 16bit、標本周波数 44.1 kHz で A/D 変換を行った。

得られた発話試料の評価は日本語を母語とする工学部の大学生9名によって行われた。評価者は外国での滞在経験はなく、日常、外国人の話す日本語を耳にする機会はほとんどない者である。

評価用の提示セットとして、韓国人日本語学習者13名と日本語母語話者1名の発話した9種類の発話試料252音をランダムに配置し、42音を1セットとして6セット作成した。提示の際は提示順により評価に影響がでないよう、提示順序をランダムにした3系列を用意し、それぞれ日本人評価者3名ずつに割り当てて実施した。評価者にはヘッドフォン (SENNHEISER HD200) で音声を提示し、提示された音声は何と聞こえたかを回答用紙にひらがなで記入させた。試行時間は1問につき3秒で、1セットごとに休憩を入れている。6セットの実施時間は約20分である。

3.3.3.2 結果

図3.3に発音評価結果を示す。横軸は学習者が発話するよう指示された音を提示位置別に示しており、縦軸は発話意図と日本語母語話者による評価が一致した割合を示す。この割合を本研究では発話正確度として扱うこととする。なお、日本語母語話者による発音は結果に反映させていない。

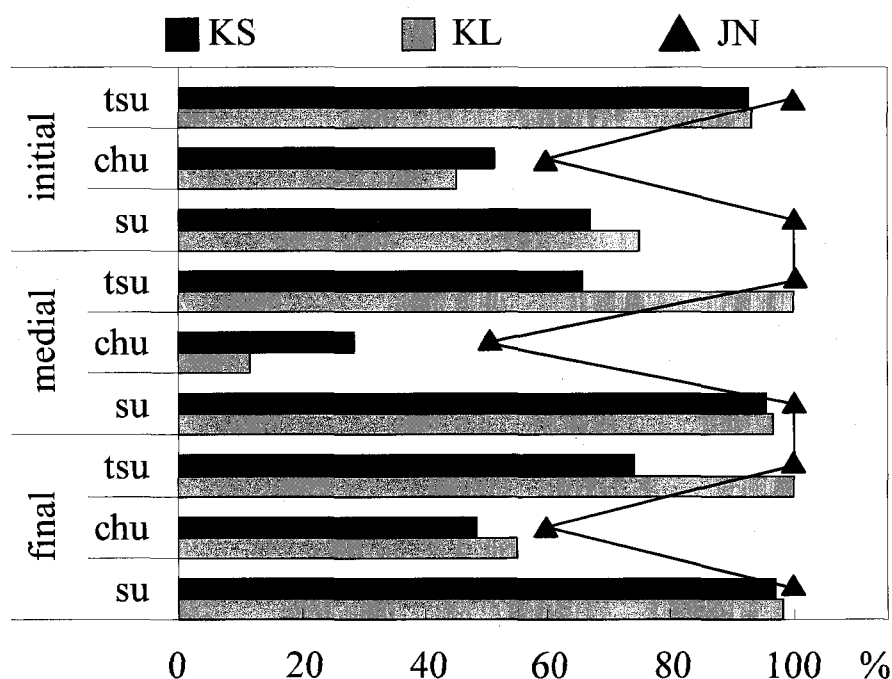


図 3.3: 韓国語母語話者が発話した破擦音・摩擦音に対する評価結果

結果をグループ別に見たところ、語中と語尾の/ツ/について、発音正確度に有意

差が見られた ($p < .01$)。学習期間の短いグループ KS は語頭の /ツ/ に比べ、語中、語尾にある /ツ/ の発話正確度が低く、日本人に /チ/ ュや /ス/ として知覚された。

3.3.4 知覚実験

発音と聴取には深い関係があると言われているが、/ツ/ の発音が苦手である韓国人学習者は /ツ/ と調音位置の近い音を聞き分けることができるかを聴取実験を行い検証する。

3.3.4.1 手続き

実験音声は東京方言話者の成人男性が発話したものを利用した。なお、アクセント面で各音声間に大きなピッチの差異がでないよう、音声はすべて頭高型アクセント⁷の語として扱った。録音は熊本大学に設置されている無響室にて行い、音声はすべて DAT (SONY TCD-D100) に保存した。その後、音声試料は量子化 16bit、標本周波数 44.1kHz で A/D 変換した。実験音声の選定は、日本語母語話者 3 名により、録音状態、音声試料の自然性を考慮に入れてあつた。

各 10 音ずつ用意した 9 種類の実験音声 90 音をランダムに配置し、15 音を 1 セットとして 6 セット作成し、ラップトップコンピュータよりヘッドフォン (SENNHEISER HD200) にて実験協力者に提示した。コンピュータの画面上に ツ、チュ、スを含む三つの選択肢を表示し、実験協力者に提示音声がどの音に聞こえたかをマウスでクリックすることにより選択させた。実験は静かな教室で 1, 2 名ずつ行った。

3.3.4.2 結果

実験音声に対して実験協力者が選択した音の結果を表 3.4 に示す。表は評価対象音に対する提示位置毎の正答率を表しており、括弧は標準偏差を示す。ここでは各刺激音に対する正答率を指標に検討する。表 3.4 より、語頭の /ツ/ (/ツマ/) は全員が全問正解しており、正答率は 100% であつた。

正答率について、被験者内 2 要因による刺激音要因 (3 水準) × 出現位置要因 (3 水準) の分散分析を行った。その結果、評価対象音の提示位置による有意な差は見出されず ($p > .05$)、語頭、語中、語尾といった提示位置による聴取能力の差は見ら

⁷1 拍目が高く、2 拍目以降が低いアクセントの型を「頭高型アクセント」という。ここでは、マツマ (高低低) のようになる。

れなかった。また、刺激音の種類による有意な差も分散分析の結果からは見出せず ($p>.05$)、/ツ、チュ、ス/といった刺激音の種類による聴取の差は見られなかった。日本語能力別では中級レベルの学習者のほうが、初級レベルの学習者よりも正答率は高いが、分散分析の結果、両者の間に有意な差は特に見られなかった ($p>.05$)。

表 3.4: ターゲット音の提示位置別聴取正答率

位置	% (SD)								
	ツ			チュ			ス		
	全体	初級	中級	全体	初級	中級	全体	初級	中級
語頭	100(0)	100	100	99.2(2.8)	98.8	100	98.5(5.5)	97.1	100
語中	96.2(11.2)	94.3	98.3	96.9(8.5)	94.3	100	100(100)	100	100
語尾	97.7(8.3)	95.7	100	94.5(7.8)	94.3	95.0	100(100)	100	100

* 表中の「初級」は日本語初級レベル、「中級」は日本語中級レベル、「全体」は二つの合計を示す。

3.3.5 考察

産出実験より、韓国人学習者の発音した/ツ/が日本語母語話者に「チュ」と聞き取られるのは語頭より語中、語尾に多いことがわかった。また日本語能力別では初級レベルの学習者の発話が、発話意図どおりに日本語母語話者に評価されない割合が高いことが示された。

今回の調査においては/チュ/は提示位置にかかわらず低い評価結果となったが、これは日本語母語話者の発話に対しても同様の結果であった。この原因として、日本語では/チュ/は後続に長音を伴って出現することが多いため（例：チューガク/中学、シチュー / 支柱）、評価にあたった日本語母語話者は刺激音/チュマ/、/マチュマ/、/マチュ/に対し違和感を覚え、日本語として違和感のない「ツ」と記したということが考えられる。評価の中には「マチュー」「チューマ」という回答も多く見られる。このことから、日本語学習者が/ツ/と発音すべきところを/チュ/に近い音で発音することで、日本語母語話者は違和感を覚えるということが推測される。

知覚能力については知覚実験より、韓国人学習者は日本語の/ツ、チュ、ス/を区別して聞き取ることができることが示された。実験終了後、実験協力者である韓国人学習者にインタビューを行ったところ、どの協力者も「日本語の/ツ/の発音は苦手である」という意識を強く持っていたが、日常生活で/ツ、チュ、ス/を聞き分けられないと感じている者はいなかった。

評価テストで用いた音声のうち、話者の発話意図と異なる評価結果を示した音声を中心に分析を行った。母音に後続する破擦音と摩擦音の音響的相違として、Dormannらは、立ち上がり時間、雑音区間の持続時間、閉鎖による無音ギャップの持続時間、先行母音の時間的特徴、スペクトル特徴などを挙げている [79]。

そこで、本稿では特にスペクトル特徴と閉鎖による無音ギャップに注目して分析を行った。まず、韓国人日本語学習者が/ツ/として発音した音が日本人に「チュ」と評価された音について、LPC スペクトルをもとに分析を行った。図 3.4 は日本語母語話者 (JP) 1 名の発話した語中の/ツ、チュ/と韓国人学習者 (KR) 4 名による語中の/ツ/の摩擦部分の LPC スペクトルを重ね合わせたものである。ここで示す韓国人学習者の/ツ/のスペクトルは、いずれも日本語母語話者に「チュ」と評価された音のものである。図 3.4 より韓国人学習者による/ツ/は音圧のピークが低い周波数帯に現れる傾向が観察された。これらは日本人が発話したチュのピークに近いことがわかる。

また、韓国人学習者が/ツ/として発話した音が日本人に「ス」と聞き取られた音については、無音ギャップに注目した。図 3.5 に日本語母語話者と韓国人学習者が発話した/マツマ/の振幅を示す。韓国人学習者の発話は日本人評価者に「マスマ」として知覚された音である。図 3.5 より韓国人学習者の発音した破擦音には無音ギャップの部分が無く、母音 [a] の後すぐ摩擦部分が続いていることがわかる。韓国人学習者の発話した/ツ/が日本人評価者に「ス」と判断されたものの多くは破擦部分に無音ギャップが観察されなかった。

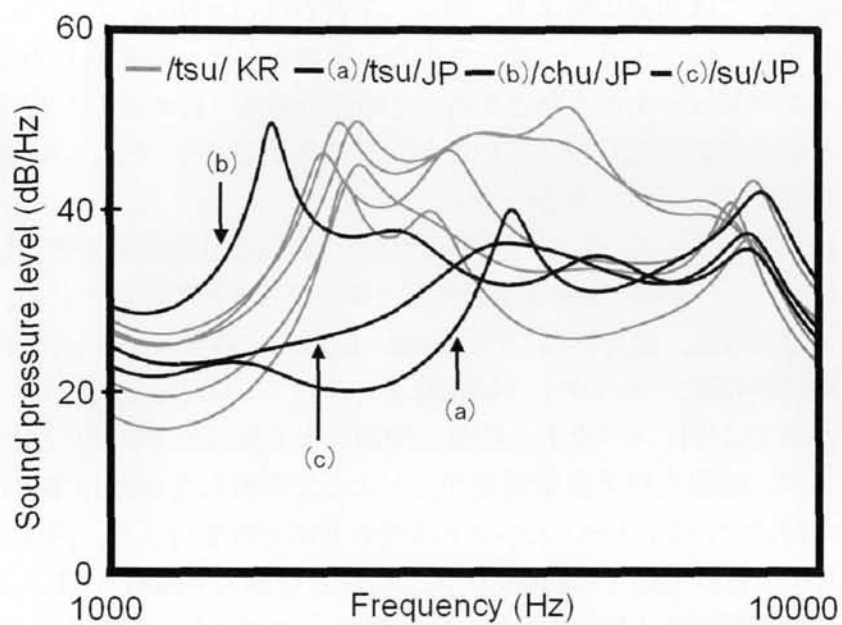


図 3.4: 日本語母語話者の発話した語中/ツ、チュ、ス/と韓国人学習者が発話した語中/ツ/の摩擦部分のスペクトル比較

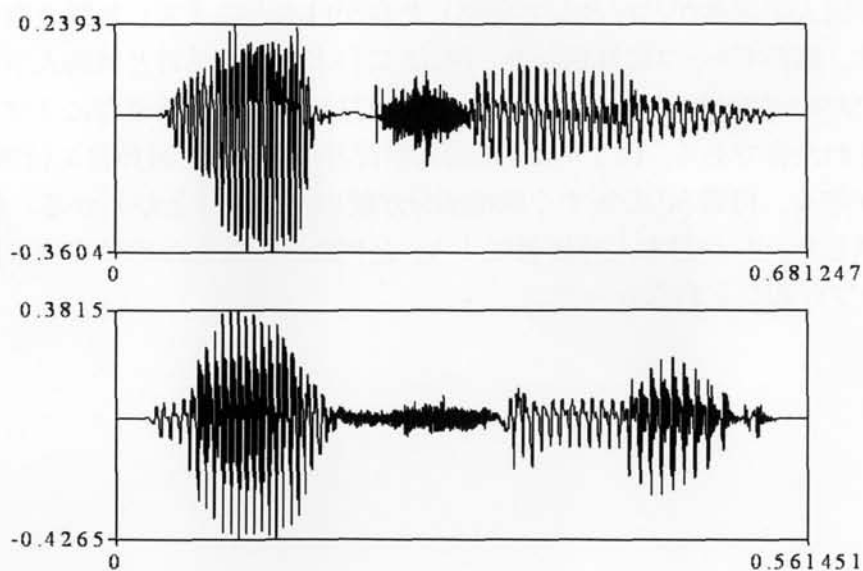


図 3.5: 日本語母語話者（上段）と韓国人学習者（下段）の発話した/マツマ/の振幅

3.4 タイ語母語話者における破擦音ツの産出

日本語の/ツ/はタイ語を母語とする日本語学習者にとっても大変発音が困難な音であるといわれている [29] が、タイ語と日本語音声の対照研究はまだ数が少なく、実験音声学的に見地から行われたもの、さらに破擦音に特化したものは管見ではない。そこで本節では、タイ語を母語とする日本語学習者について破擦音の聴取能力と発話能力の調査を行った。なお、前節同様、日本語学習者の到達目標が日本人とのコミュニケーションであるという点を踏まえ、音響分析による客観的な評価の他に、日本語母語話者にどう聞こえているかを重視した主観的評価をもとに考察を行う。

3.4.1 被験者

被験者はタイ語を母語とする日本語学習者5名である。年齢は20～25歳である。タイ Walilak 大学からの短期語学研修生で、日本滞在歴は半年以下である。日本語学習時間は70時間で、現在初級前半レベルのコースに在籍中である。タイでは日常、男性日本人教師1名以外の日本人と会話する機会はない。

3.4.2 評価対象音

タイ語では無声歯茎破擦音 [ts] を発話に用いない点、有声/無声の対立がない点を考慮に入れ、評価対象音は助川の調査 [29] をもとに、無声歯茎破擦音 [ts]、有声歯茎破擦音 [dz]、無声後部歯茎破擦音 [tɕ]、有声後部歯茎破擦音 [dɕ]、無声歯茎摩擦音 [s]、有声歯茎摩擦音 [z] を持つ CV 音節を設定した。また、タイ語では母音 [i]、[ɯ] の混同が見られることから [29, 33]、母音には [i, ɯ] を用い、8種類の音を評価対象音とした。

実験音声試料は評価対象音がそれぞれ語頭、語中、語尾にくるような2拍語または3拍語で、音韻構造は /C_tV_tCV/、/CVC_tV_tCV/、/CVC_tV_t/ の3種類であり、評価対象音は C_tV_t である。評価対象音の前後の音節 CV にはタイ語にあり、学習者が発話しやすい有声両唇鼻音 [m] と母音 [a] の組み合わせである [ma] を用いた。実験で用いた音声試料を表3.5に示す。なお、日本語ではジ、ジュ、ズは語頭にある場合や丁寧に発話した場合は破擦音 [dz, dɕ] となるが、母音に続く場合は摩擦音 [s, z] となる傾向がある。ここでは、実際の会話に出現する日本語の音について測定することを目的としているので、語中、語尾となる場合は摩擦音となるような発音を採用している。

表 3.5: 実験音声資料

	word-initial	word-medial	word-final
[tsu]	<i>tsuma</i>	<i>matsuma</i>	<i>matsu</i>
[tɕu]	<i>chuma</i>	<i>machuma</i>	<i>machu</i>
[su]	<i>suma</i>	<i>masuma</i>	<i>masu</i>
[dzɯ/zɯ]	<i>zuma</i>	<i>mazuma</i>	<i>mazu</i>
[dʑɯ/ʑɯ]	<i>juma</i>	<i>majuma</i>	<i>maju</i>
[tɕi]	<i>chima</i>	<i>machima</i>	<i>machi</i>
[çi]	<i>shima</i>	<i>mashima</i>	<i>mashi</i>
[dʑi/ʑi]	<i>jima</i>	<i>majima</i>	<i>maji</i>

3.4.3 産出実験

3.4.3.1 手続き

被験者に実験音声リストの語を1語ごとに3回ずつ発音させた。比較のために日本語母語話者1名の発話を収録している。被験者には普通よりも少し早めに発話するように指示を出した。収録は静かな部屋にて行い、マイクロフォン (SONY ECM-350) を使用して、DAT (SONY TCD-D100) に収録した。マイクはマイクスタンドを用いて立て、被験者の口元から約15cm離れたところに設置した。得られた発話のうち2回目と3回目の発話を評価対象として用い、量子化16bit、標本周波数44.1kHzでA/D変換を行った。

発話試料の評価は日本語を母語とする大学生20名によって行われた。評価者は外国での滞在経験はなく、日常、外国人の話す日本語を耳にする機会はほとんどない。評価用提示セットとして、タイ人日本語学習者5名と日本語母語話者1名の発話した24種類の発話試料288音をランダムに配置し、48音を1セットとして6セット作成した。提示順により評価に影響がでないよう、提示順序をランダムにした3系列を用意し、評価者間でカウンターバランスを行った。実験は静かな部屋で2, 3名ずつ行い、ヘッドフォンを通して評価者に音声を提示した。評価には提示された音声をカタカナで書き取るディクテーション法を用いた。試行時間は1問につき3秒で、1セットごとに休憩を入れた。実施時間は約20分である。

3.4.3.2 結果

図 3.6 に評価結果を示す。横軸は学習者に提示した発音, 縦軸は発話意図と日本語母語話者による評価が一致した割合を示す。この割合を本研究では発話正確度として扱うこととする。なお, 日本語母語話者による発音は結果に反映させていない。図 3.6 より, /ツ/の発音正確度が他の音に比べ, 極端に低いことがわかる。一方で/ス/の発音正確度はどの提示位置においても発話正確度が高い。

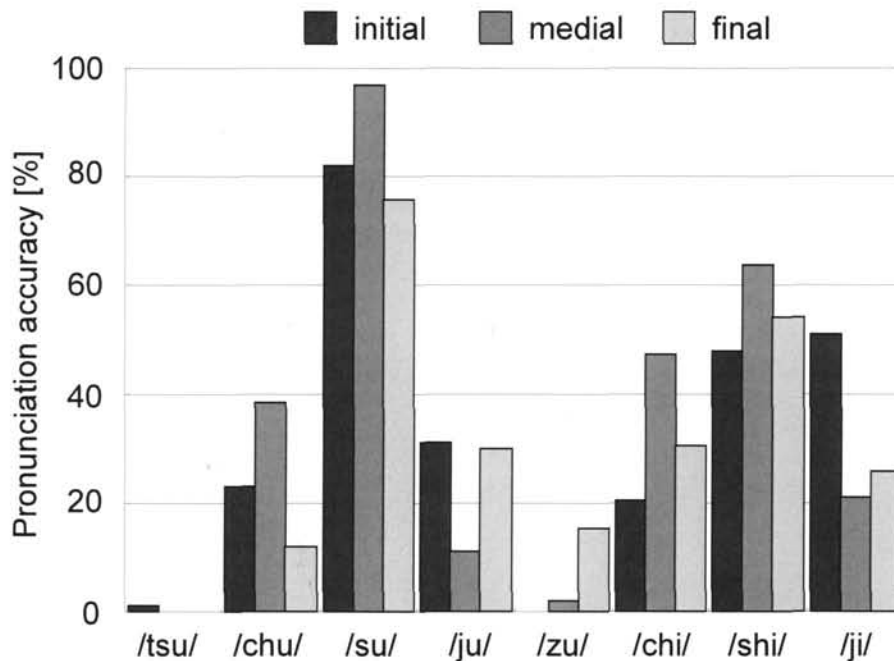


図 3.6: タイ語母語話者が発話した破擦音・摩擦音に対する評価結果

また, 評価対象音の提示位置と音の種類の関係について, 被験者内 2 要因による提示位置要因 (3 水準) × 音種要因 (8 水準) の分散分析を行った。その結果, 提示位置要因に有意な差が見られ ($F_{(2,36)} = 6.04, p < .01$), 評価対象音の提示位置の違いによる発音正確度への影響が見られた。また, 発話される音種要因に関しても有意な差が見られ ($F_{(7,126)} = 137.57, p < .01$), 発話された音の種類による発音正確度への影響が見られた。さらに音種要因について多重比較を行ったところ, すべての音種について有意水準 1% で有意な差が見られた。なお提示位置要因と音種要因の間の交互作用に関しては有意な差が見られなかった ($F_{(14,252)} = 0.0415, p > .05$)。

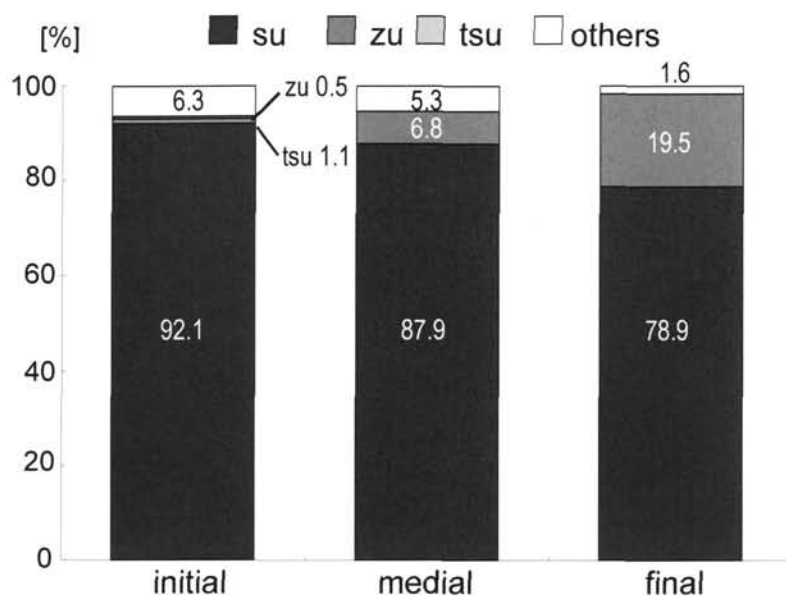


図 3.7: タイ語母語話者が発話した/ツ/に対する評価結果

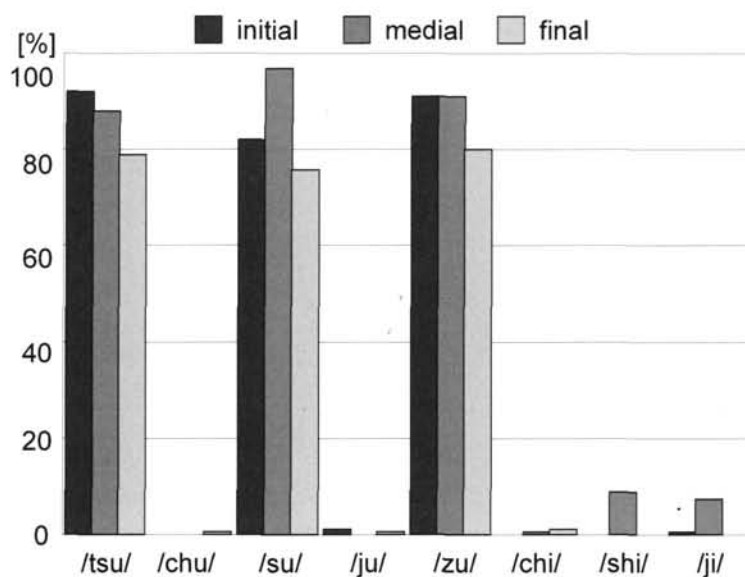


図 3.8: タイ語母語話者の発話に対して「ス」と評価された音の割合

次に発音正確度が最も低い/ツ/に注目するため、図 3.7 に提示音/ツ/に対して選択された音の割合を提示位置別に示す。横軸は評価対象音の提示位置を、縦軸はパーセンテージを表す。図 3.7 より、どの提示位置に対しても日本語母語話者はタイ人学習者の発話した/ツ/を「ス」と評価している割合が高いことがわかる。また語尾では「ズ」と評価した割合が語頭、語中に比べ高くなっている。/ツ/以外の提示音に対する「ス」の出現率を調べるため、図 3.8 に各提示音に対するスの選択割合を提示位置別に示す。この図より、日本語母語話者に「ス」と知覚された音は語中の/シ、ジ/にも若干見られるものの、ほとんどが/ス、ツ、ズ/に対してであることがわかる。

3.4.4 知覚実験

/ツ/の発音が苦手であるタイ人学習者は/ツ/と調音位置の近い音を聞き分けることができるか、知覚実験を行い検証する。ここでは各刺激音に対する正答率を指標に検討していくこととする。

3.4.4.1 手続き

実験音声は成人女性が発話したものを利用した。音声はアクセント面で各音声間に大きなピッチの差異がでないよう、すべて頭高型アクセントの語として扱っている。また、ここでは、実際の会話に出現する日本語の音の聴取能力を計測することを目的としているので、語中、語尾の場合は摩擦音となるような発音を採用している。録音は熊本大学に設置されている無響室にて行い、音声はすべて DAT (SONY TCD-D100) に保存した。その後、音声試料は量子化 16bit、標本周波数 44.1kHz で A/D 変換した。実験音声の選定は、日本語母語話者 2 名により、録音状態、音声の自然性を考慮にいれてあたった。

24 種類の実験音声を各 5 音ずつ計 120 音用意し、提示位置別に 20 音を 1 セットとして 2 セットずつ、計 6 セットを用意した。なお、実験前に練習セットを設けている。これらの音声試料をヘッドフォン (SENNHEISER HD200) にて実験協力者に提示した。教示はプリントにて行い、実験協力者には回答用紙に書かれた選択肢をチェックするよう指示を出した。施行時間は各セット 75 秒、合計で約 10 分である。

3.4.4.2 結果

知覚実験の結果を図3.9に示す。図は提示された音声に対する正答率を提示位置別に表している。図3.9より、/ス、チュ、ズ、チ/の正答率が特に低いことがわかる。また、評価対象音の提示位置と音の種類の関係について、被験者内2要因による提示位置要因(3水準)×音種要因(8水準)の分散分析を行った。その結果、提示位置要因には有意な差が見られず($F_{(2,8)} = 0.699, p < .05$)、評価対象音の提示位置の違いによる知覚への影響は見られなかった。音種要因についても有意な差は見られず($F_{(7,28)} = 2.274, p < .05$)、発話された音の種類による発音正確度への影響は見られないことが示された。

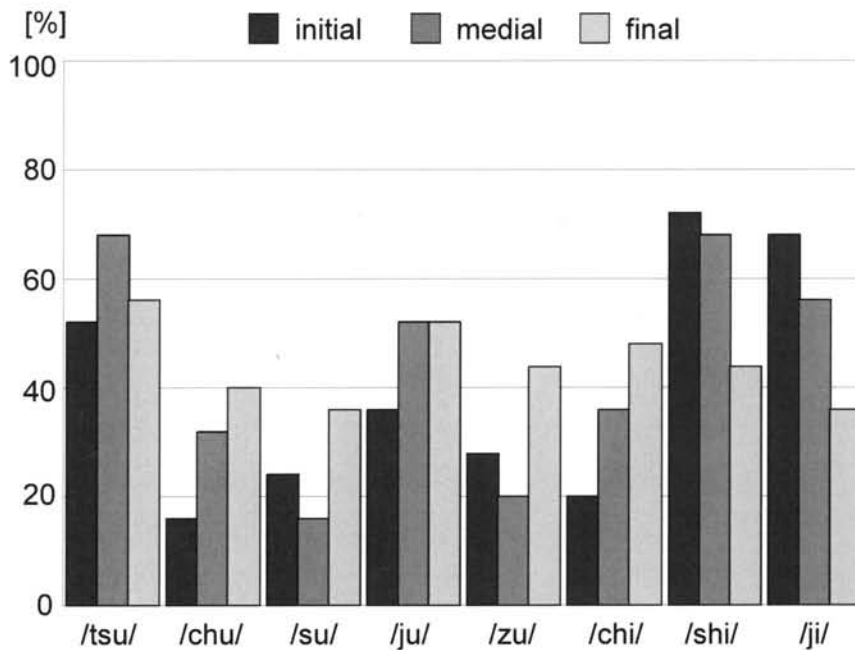


図 3.9: タイ語母語話者における破擦音の知覚実験結果

次に各提示音に対してどのような答えを選択したかに注目して分析する。表3.6に各提示音に対して選択された音の割合を示す。列は提示音、行は選択した音を示し、同じ音が交わる部分が正答率となる。表は語頭、語中、語尾、各提示位置の平均値より作成した。表3.6より破擦音/ツ/の正答率は58.7%で、提示音/ツ/に対して「ス、ズ、ジュ、シ」と知覚している学習者がいることがわかる。また、/ツ/でない音に対して学習者が「ツ」と知覚した音に/ス、ズ、チュ、シ、ジ/がある。これらより、

特に/ツ, ス, ズ/の間で知覚の混同が起きていることがわかる。/ツ/と/ス/の混同は破擦/摩擦の対立により起こることが考えられる。同様に, /ス/と/ズ/は有声/無声の対立, /ツ/と/ズ/は有声/無声の対立, 破擦/摩擦の対立の二つの要因が原因となっていることが考えられる。なお/シ, ジ, チ/, /ジュ, チュ/の間でも混同が起きていると考えられるが, ここでは破擦音/ツ/についてのみ言及することとする。

表 3.6: 提示された音声に対するタイ語母語話者の選択結果

Answer \ Stimulus	Stimulus							
	tsu	chu	su	ju	zu	chi	shi	ji
tsu	58.7	1.33	39.2	0	41.3	0	2.67	1.33
chu	1.33	29.3	4.05	48.0	5.33	1.33	0	0
su	14.7	2.67	25.3	1.33	21.3	1.33	0	0
ju	0	62.7	0	46.7	0	0	0	0
zu	58.7	1.33	38.7	0	41.3	0	2.67	1.33
chi	0	1.33	1.33	1.33	1.33	34.7	9.33	42.7
shi	1.33	0	0	1.33	0	29.3	61.3	2.67
ji	0	0	0	0	0	33.3	25.3	53.3

3.4.5 考察

聴取実験と発話評価実験よりタイ語を母語とする日本語学習者は日本語の/ツ, ス, ズ/を混同して知覚, 発話していることが示された。特に/ツ/については, タイ人学習者は/ス/や/ズ/として知覚し, 日本語母語話者に/ス/と知覚される音で発音していた。この原因として, タイ語には日本語の/ツ/の子音である無声歯茎破擦音 [ts] がないことや, 無声摩擦音 [s] と対立する有声摩擦音 [z] がないことが/ツ, ス, ズ/の混同を引き起こしているということが考えられる。しかし, 発話音声収録後にタイ人学習者に個別インタビューを行ったところ, どの学習者も日本語には「ツ/ス/ズ」の違いがあることは理解していた。

そこで, 発話評価実験で用いた音声のうち, 話者の発話意図と異なる評価結果を示した音声を中心に分析を行った。本研究では前節の韓国語学習者に対する実験

と同様に、スペクトル特徴と閉鎖による無音ギャップに注目して分析を行った。

まず、タイ人日本語学習者が/ツ/として発音した音が日本人に/ス/と評価された音について、LPC スペクトルをもとに分析を行った。図 3.10 は日本語母語話者 (JP) 1 名の発話した語中の/ツ, チュ, ス/とタイ人学習者 (TH) 5 名による語中の/ツ/の摩擦部分の LPC スペクトルを重ね合わせたものである。ここで示すタイ人学習者のツのスペクトルは、いずれも日本語母語話者に「ス」と評価された音のものである。図 3.10 よりタイ人学習者によるツの音圧は高い周波数帯に向けてなだらかに上昇する傾向が観察された。これらは日本人が発話した/ス/のスペクトルに近いことがわかる。

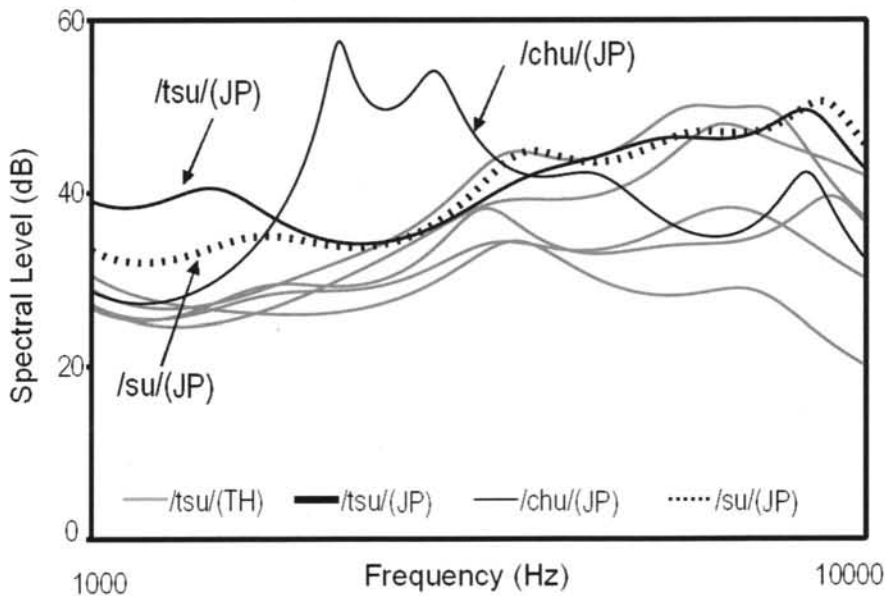


図 3.10: 日本語母語話者の発話した語中/ツ, チュ, ス/とタイ人学習者が発話した語中/ツ/の摩擦部分のスペクトル比較

また、無音ギャップに注目して観察した。図 3.11 に日本語母語話者の発話した/マツマ、マスマ/のスペクトログラム、図 3.12 にタイ人学習者の発話した/マツマ、マスマ/のスペクトログラムを示す。図 3.12 における/マツマ/は、日本語母語話者には「マスマ」と評価された発音である。タイ人学習者の発話した語中の/ツ/（マツマ）には日本語母語話者のような無音ギャップが観察されず、/マスマ/のように母音 [a] の後、すぐ摩擦部分が続いていることがわかった。タイ人学習者の発話した/ツ/はほとんどが無音ギャップを持たないものであった。これより、破擦音/ツ/を発音するとき、閉鎖を行わずに [s] を発音していることも、日本語母語話者に/ス/と知覚された原因の一つであると推測される。

しかし、タイ語には日本語の/チュ/に当たる無声後部歯茎破擦音 [tɕ] や有気後部歯茎破擦音 [tɕʰ] が現れる。では、なぜタイ語を母語とする学習者の場合は/ツ/と同じ破擦音である無声後部歯茎破擦音 [tɕw] を用いず、無声歯茎摩擦音 [s] で発音するのか。タイ人日本語学習者の発音を観察した先行研究では、「ツがチュで発音される」と述べるものが多いが [28, 29, 33], 今回の発音評価では/ス/と評価されたものがほとんどであった。この件に関して、最近の韓国人日本語学習者にも見られる傾向であるが、「チュと発音すると稚拙に聞こえる」、「外国人ぽい発音である」、と指導や指摘があるため、/チュ/よりは/ス/を使ったほうがまだいい、と考え、/ス/で発音しようとする学習者がいる、という意見を現役の日本語教師よりいただいた。しかし、今回の学習者に関しては、聴取実験で/ツ、ズ、ス/の聞きわけができていないという結果が出ていることから、/ツ、ズ、ス/の中で混同している可能性が強いということが言えるであろう。

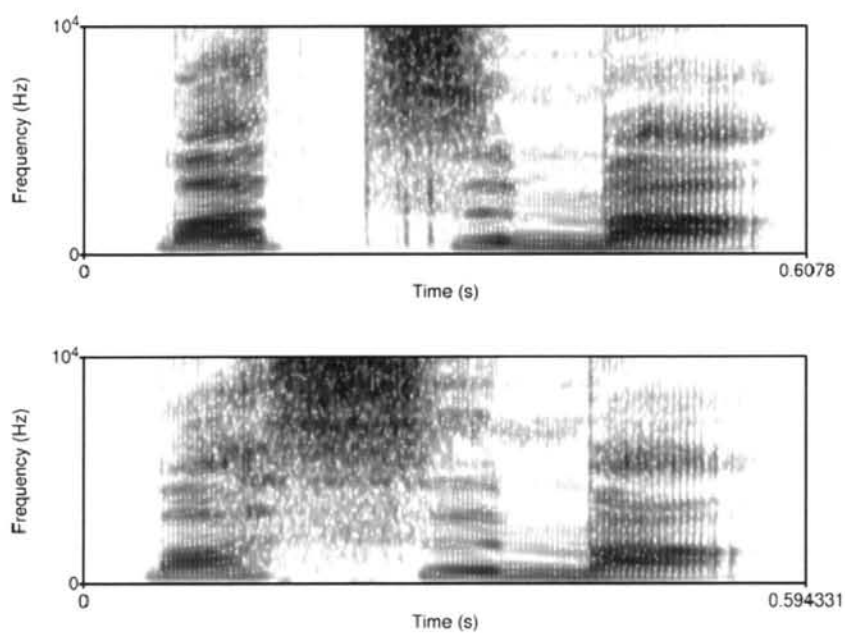


図 3.11: 日本語母語話者の発話した「マツマ」(上) と「マスマ」(下) のスペクトログラム

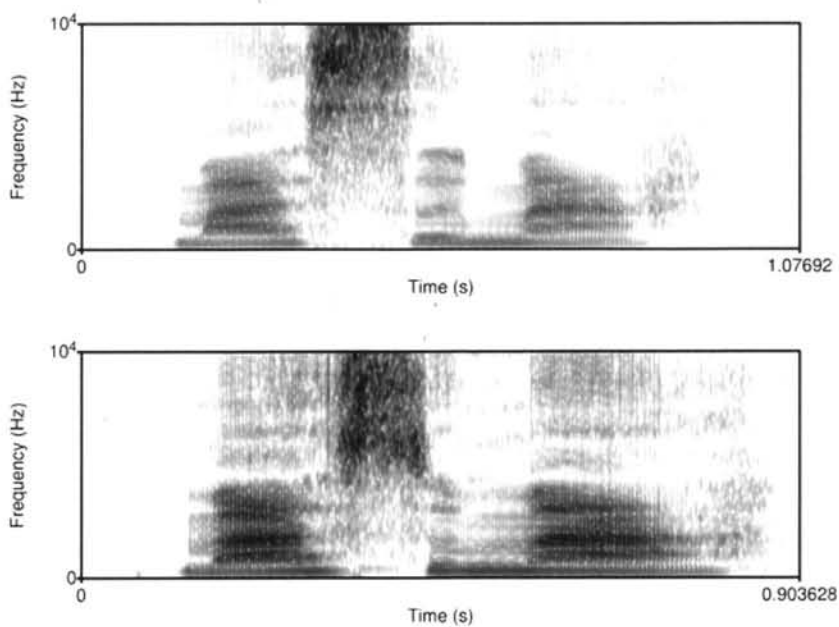


図 3.12: タイ語母語話者の発話した「マツマ」(上) と「マスマ」(下) のスペクトログラム

3.5 まとめ

日本語の/ツ/は日本語を母語としない者にとって発音するのが難しい。その原因の一つとして、日本語の/ツ/にあたる子音を持たないことが挙げられる。母語にない音を発音する場合、母語が確立されている成人であれば、母語の音韻体系を用いて発音しようとする。そのため、/ツ/は/チュ/や/ス/といった別の音で発音されてしまう。たった一音であるが、/ツ/が/チュ/や/ス/になることで、幼く見えてしまったり、意味の混同を招いたり、コミュニケーション上の問題を引き起こす可能性がある。しかし効果的な発音指導を計画するためには、破擦音/ツ/について詳しく検討する必要がある。

そこで、本章では、日本語を母語としない学習者を対象に、知覚・産出実験を行い、破擦音ツがどのように知覚、産出されているのかを検討した。今回は日本語学習者が多い、韓国語を母語とする日本語学習者とタイ語を母語とする日本語学習者を対象とした。どちらの母語話者も日本語のツの発音が苦手である。

実験より、韓国人日本語学習者は/ツ/を正確に聞き取ることができるが、発話は話者の意図したとおりに日本人に知覚されないことがあるという結果が得られた。特に語中、語尾の/ツ/は日本人母語話者には「チュ」や「ス」として知覚された。その原因として、破擦部分の破裂が不十分であること、摩擦部分の調音が日本人母語話者の/ツ/とは異なっていることが音声分析より明らかになった。さらにチュという音に対して日本語母語話者はかなり非寛容的であるという結果がみられた。また、日本語母語話者には/チュ/と聞こえるが、学習者は/ツ/と/チュ/を言い分けていることも示された。

タイ人日本語学習者を対象とした実験では、タイ人日本語学習者は聞き取り、発話両方の面において、/ツ/と/ス、ズ/を混同していることがわかった。発話は彼らなりに/ツ/と/ス、ズ/を区別して発音している傾向が見られたが、発話評価より日本人には学習者の発話意図どおりには知覚されていないという結果が得られた。また、/ツ/が/ス、ズ/と混同される原因として、破擦部分の破裂が不十分であることが音声分析より明らかになった。

本研究から、学習者自身は言い分けているつもりでも、学習者の発話意図と聞き手の知覚が一致していないことが多いということがわかった。これは、学習者の/ツ/と/チュ/または/ス/の音境界が、日本語母語話者のそれとは異なるために起こると考えられる。発音の矯正をする場合は学習者に発話意図どおり伝わっていないことを気づかせる必要がある。

しかし今回のタイ人学習者たちのように知覚も混同していて正確に聞きわけがで

きない場合は、発話の際に自分の発話を聞いて訂正する自己フィードバックが機能していないことが考えられる。そこで発音を指導する際は、間違いを直したり、ただひたすらリピート練習をさせる前に、まず聴取能力を高める訓練をして音の違いを認識できるようになること、そして学習者が発音している音が日本人にはどう聞こえているのかというフィードバックを与えることが必要であると考えられる。

今後は先行母音の影響や有声・無声の対立を考慮に入れた詳細な検討が必要である。また他の母語話者についても調査を行い、母語の影響を越えた視点での破擦音の調査も今後の課題である。

第4章 日本語発話訓練システムの提案

4.1 はじめに

日本語を学ぶ学習者の多くは「日本語を使ってコミュニケーションをとりたい」と願い、学習を続けている。コミュニケーションの手段としては、音声が一番手軽で効率がよいのだが、言語技能の中でもとりわけ発音は母語話者に近いレベルまで学ぶことが難しく、母語話者には何でもない発音であっても、非日本語母語話者には正しく発音することが難しいというものもある。不十分な発音ははざこちなく稚拙に聞こえたり、意味の混同を引き起こしたりと、コミュニケーション上の問題になることさえある。

発音を学ぶには、専門の教師による徹底した練習を行うことが一番であるが、実際の教育現場ではカリキュラム上、発音に十分な時間を費やすことは難しい。また、発話の習熟度が違う個々の学習者に対して、一人の教師が個別に十分に指導する事は多大な時間を要するため、従来の対面式の授業において互いが満足するまで指導を行うことは実施は困難である。しかし、従来のように一斉練習で繰り返し発音し、間違いが訂正されないままでは学習者は「発音できたつもり」になって間違った発音が定着してしまう恐れがある。なにより、一斉の単調な発音練習は学習者にとってはあまり面白くないものである。学習者の発音を録音してフィードバックさせたり、短時間で継続的に発音指導を行う、といった授業全体が間延びしてしまわない方法を考えなければならない。一方、教師にとっても発音練習は、学習者の発音の違いを聞き分け、その場で間違いを訂正するためには多くの経験と音声学の知識が求められるものであり、多大な緊張と労力を要する。

正確な発話を習得するためには、学習者は自分の発話に対して客観的な評価を得、修正しながら学習を進める必要がある。しかし、学習者自身が自分の発話を評価することは困難であり、教師の代わりに自動的かつ客観的に学習者の発話を評価する教材が必要となる。

近年の情報化に伴い、日常生活においても社会生活およびビジネスにおいても、コンピュータは普及しており、今では教育の世界にも導入され活用されている。特に

インターネットなどのメディアや情報通信技術を使った教育形態である遠隔教育システムの研究開発が盛んに行われている [80]。e-Learning をはじめとする遠隔教育システムは地理的・時間的な制約がなく、学習者個々の学習特性に対応した学習環境の提供が可能のため、従来の教授法よりも効率的な学習が期待される。しかし、遠隔教育システムの利用は世界的に進められてはいるが、教育現場で活用する際は、導入を慎重に検討しなければならない。

4.1.1 発音教育における遠隔教育の効果

音響音声分析や母語別対象分析などから得られた学習者の音声学上の問題点をどのように教育に生かすかという視点から、効果的な指導法や音声教育教材の研究・開発が進められている。しかし、学習の主体は学習者であり、研究成果を実際の授業に導入し、効果的に活用するためには、学習者の心理的な側面からの検討や、学習者の発音における社会心理学的な問題点についても検討する必要がある。例えば、クラスでの発音指導の際に、極度の緊張に陥って十分な発音練習ができない学習者や、発音練習に主体的に取り組もうとしない学習者などが見られることがある。しかし、学習に効果的な緊張感を越えた過度の不安は、インプットからアウトプットの課程での認知的阻害や学習回避行動などを引き起こし、第二言語習得に影響を与えることが示唆されている [19, 24]。

また、第二言語習得における学習不安の概念的検討が進み、学習者のパーソナリティ、性格特性としての不安だけでなく、第二言語習得に特定的に関わる状況によって生じる不安として研究がすすめられており、学習不安の強い学習者は学習不安をあまり感じない学習者に比べ、聴解力や発話力が伸びないことなどが明らかにされている [20, 21, 22]。

小河原 [23] は日本語教育における発音不安¹を測定するための尺度を提案している。小河原 [81] による、日本語学習者を対象とした発音不安に関するインタビュー調査では、授業中における発音・矯正場面では、段階に応じて発音能力にレベル差が見られるようになるころから「クラスで自分だけできない」「少しずつ発音能力に差がでてきていやになった」などといった、「他者との比較による不安」が多く、次いで、「できれば直したいが、どう勉強したらいいかわからない」といった「発音改善スキルの欠如からくる不安」であった。さらに、他の学習者の前で間違いを

¹ここでいう「発音不安」とは、小河原 [81] の定義に基づき「現実の、あるいは想像上の日本語発音場面・発音指導場面において、日本人・教師・クラスメートなどの他者からの発音評価に直面したり、もしくはそれを予測したりすることから生じる不安」とする。

指摘される、繰り返しを要求する、といった「教師の指導」からくる発音不安というのも見られた。このように、発音学習不安は教師やクラスメートからの否定的評価を恐れたり、学習方法の未修得、他人の前での間違いなどから起こる。そこで、学習者が一人で外国語を学習することができる環境を提供し、そのような不安を軽減するために、遠隔教育システムの利用が有効であると考えられる。調査研究からも外国語学習不安の強い学習者は遠隔教育システムによる外国語学習を好むということが報告されている [82]。

このことから、発音教育において遠隔教育システムの利用は有効であることがいえるであろう。

4.1.2 発音教育における遠隔教育システム利用の背景

学習者がシステムに向かって発音を練習する場合、その発音を評価するのは学習者自身かシステムということになるが、学習者が自分の発音を自分で判断することが難しいことは自明である。しかし、これまで一般に用いられてきた発音教材の多くは、CDやビデオ、あるいは遠隔教材システムであっても一方通行の教材が多く、学習者は自分の発音を自分で評価しなければならないという本質的な問題をはらんでいた。そこで、近年の音声認識技術の発達により、発音をシステム側で自動に評価しようとする取り組みが進められている。

現在開発されている発音学習システムとしては、壇辻らが研究開発を進めている学習者とコンピュータの対話形式で語学学習を進めていくシステム [83] や、中川らが研究開発を進めている音声情報処理技術と言語情報処理技術を用いることにより、学習者毎に個々人の語学能力に合わせて学習教材を自動的に生成するシステム [94] など様々な遠隔教育システムの研究開発が意欲的に進められている [85]。

また、小俣ら [86] や権ら [87] の韓国人を対象にした日本語発話訓練システムや、河合ら [88] による日本人のための英語発話訓練システムなどのように、利用学習者の母語を限定することで母語別の発音誤り傾向を評価に利用したものや、特殊拍やアクセントの発音学習システム [89, 90] のように学習範囲を限定したシステムの開発も進められている。

さらに、発音訓練の際、口唇や舌の動きを確認することは、正しい調音方法の確認につながるため、学習効率が良いとされている [91] ことから、発話画像のフィードバック機能を有する学習システムも開発が進められている。この種類のシステムには、教師画像をフィードバックして正しい発話を視覚的に教示する英語発音学習

システム [92] や、発話から音素毎に調音位置を表す正中断面のアニメーションを生成し、学習者の舌の位置と教師のそれとを比較しながら学習を進めていく日本語学習システム [93] などがある。

これらの発音学習システムにより、学習者は周りを気にせず、納得行くまで練習を行うことができる。しかし、これらシステムのほとんどは、ある程度学習レベルの進んだ学習者を対象としたものであり、初級の段階で身についた発音の癖は「化石化」してしまっているとなかなか直すことができない。また、留学生センターなどの日本語学習者は国籍言語が多様である場合が多い [1] ため、初級学習者を対象とし、学習者の言語に依存しないシステムの開発を行う必要がある。

このような背景から、本研究では初級日本語学習者を対象とした日本語発話訓練システムのプロトタイプを構築した [94, 95]。プロトタイプシステムは、自動音声認識機能と画像取り込み・フィードバック機能を実装した。この機能は学習者の発話時の画像を録画しフィードバックするというものであり、同じ画像フィードバック機能を有する先行研究 [92, 93] のシステムと比較すると特徴的であると言える。プロトタイプシステムの利用者は、対面式の授業において日本語学習を進めている初級日本語学習者を想定しており、学習者の母語は限定しない。このシステムの位置づけは、学習進度に応じた形での発音および聞き取り練習を補うための補助教材システムとする。しかし、プロトタイプシステムの問題点として、従来の発音訓練システムのように、あらかじめ利用コンピュータにクライアントアプリケーションをインストールしておかなければ利用ができない点や、教材管理や履歴管理はプログラミング知識のあるシステム管理者しか行えない点、Web ベースで動作しない点が評価実験結果より示された [96, 97]。教材管理や履歴管理は、学習者を指導する教師が行うことがもっとも望ましいということはいうまでもない。

そこで本研究では、図 4.1 に示すように、発音学習を行う「学習者」だけでなく、学習をマネジメントする「教師」も利用対象者として視野にいった発音学習システムの構築を行う。これにより、学習者だけでなく、教師にとっても利用しやすいものとなることを目指す。

以下、本章では提案する日本語発話訓練システムの概要とその機能について述べ、本学留学生センターでの評価実験の結果を踏まえながら、本システムの学習効果について述べ、学習者の求める発音学習システムの形を明らかにしていく。

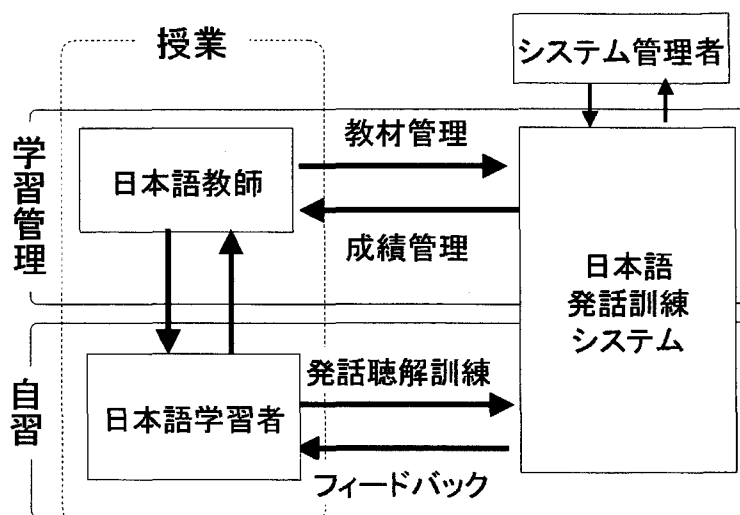


図 4.1: 提案システムの利用対象者

4.2 発話評価機能を有する日本語発話訓練システムの提案

4.2.1 提案システムのシステム概要

提案システムは、日本語学習者の発話訓練をサポートするために、学習者の発話に対して自動的かつ客観的な評価を行う遠隔学習システムである。図 4.2 に学習者が本提案システムを使用している様子を示す。

本システムは自動音声認識機能を有しており、学習者の発話に対する結果を文字情報でフィードバックする。学習者の発音分析結果 [119, 120, 121] より、学習者の発話意図と日本語母語話者の知覚には際が生じていることが明らかにされていることから、本システムでは「日本人に何と聞こえるか」を学習者にフィードバックすることを目的としている。これにより、学習者は発話意図通りの発音を身につけることができる。また、日本語学習者にとって習得が困難な拍知覚は、持続時間を手がかりの一つとすることが有効であることが長母音を対象に行った聴取実験 [50] より明らかになったことから、文字情報による認識結果とともに、音素ごとの持続時間比率情報を視覚的にフィードバックする機能を有する。それと同時に、発話に対応する学習者・教師の発話画像、Flash アニメーションによる口腔断面図を用いた調音位置情報も視覚的にフィードバックする。視覚的フィードバックとして、発音時の口唇の状態をフィードバックすることは有効であることから、web カメラを



図 4.2: 提案システムを利用した学習の様子

用いて取得した学習者の発話画像も学習者にフィードバックする。これにより、発話画像においても学習者自身の発話と教師の発話を比較することが可能である。しかし、Web カメラを所有していない学習者や学習者の計算機の性能を考慮して、カメラの使用は任意としている。

なお、本システムは授業の補助教材として利用することを目的としているため、文法や新出語彙などの説明は行わない。これにより、授業における、発音練習時間不足の解消とともに、発音練習に集中することが可能であると考えられる。ただし、一般に、聞き取り能力は発話と密接な関係にある [36] ことから、本システムでは発話訓練に加え、聞き取り訓練の機能を備えている。本システムでは熊本大学留学生センターで使用している初級日本語テキスト『初級語学留学生のための日本語 1, 2』 [108] に準拠した教材の作成を行った。発話訓練は、Lesson1 ~ Lesson5 に準ずる教材の他に、あいさつ、月の言い方、日の言い方、時間の言い方、数の数え方の学習教材の合計 10 種類のレッスン教材を準備した。聞き取り訓練では、Lesson1 ~ Lesson5 に準ずる合計 5 種類のレッスン教材を準備した。教材の詳細を Appendix B に示す。長母音訓練では『教師用日本語教育ハンドブック 発音』 [109] 内の長母音練習問題に含まれている全 86 単語を使用している。

4.2.2 提案システムの構成

本システムは、サーバ・クライアントシステムである。本システムのシステム構成図を図 4.3 に示す。サーバ側は、Moodle サーバ、データベース部、音声認識部、クライアント側はクライアントアプリケーションで構成されている。

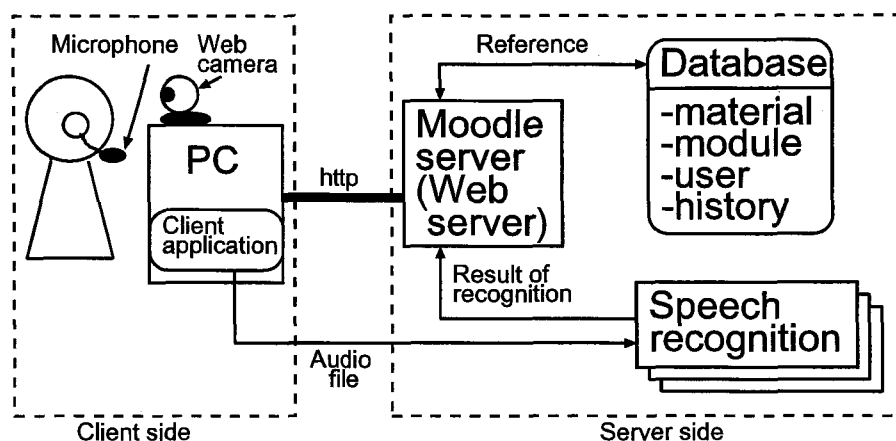


図 4.3: 提案システムの構成

本システムはプロトタイプシステムの中核である音声認識部を LMS(Learning Management System) に組み込むことで、プロトタイプシステムの改善課題であった、教材・履歴管理の簡便化 [96] を実現した。代表的なオープンソースの LMS としては、Moodle [98], ATutor [99], Dokeos [100], dotLRN [101], ILIAS [102], LON-CAPA [103], OpenUSS [104], Sakai [105], Spaghet-tilearning [106] などが挙げられるが、Moodle は拡張機能やカスタマイズ機能、操作性に優れていることから [107], 本システムでは Moodle を採用した。これにより、学習管理者は自由に教材の作成・追加を行えるようになるとともに、学習者の学習進行状況を把握することが可能であり、学習者は自身の学習履歴を閲覧することが可能である。

クライアントアプリケーションは、web を経由してクライアント PC へ配信され、自動的に起動する。起動後は Moodle と通信を行い、発話の録音等を行う。アプリケーションの配信・起動には、自動更新、高速起動が可能であることから、Java Web Start を用いている。

4.2.2.1 サーバシステム

サーバ側は、Moodle サーバ、データベース部、音声認識部から構成されている。

Moodle サーバ オープンLMSである Moodle では小テストや掲示板等の活動がそれぞれモジュール化されており、新たにモジュールを追加することで、活動の種類を増加させることが可能である。本システムでは Moodle サーバに独自のモジュールを追加し、発話訓練用の教材管理、履歴管理を実現した。これにより、教師は Web ブラウザを介して時間的・地理的制約無く、教材管理、履歴管理を行うことが可能である。また Moodle は多言語表示が可能であるが、本訓練システムは初級日本語学習者を対象としているため、表示言語カテゴリの一つとして「ひらがな」を作成した。

データベース部 データベース部には教材情報、モジュール情報、ユーザの個人情報、学習履歴など Moodle 上で作成したデータを格納しており、Moodle サーバはこれらのデータを参照し、作成した教材などを Web ブラウザを介して教師や学習者に提示する。

音声認識サーバ 音声認識サーバは、音声認識部とその制御部で構成されている。制御部では、クライアントから送信された音声ファイルを一旦保存し、音声認識部に認識させ、認識結果のみを Moodle に送信する。音声認識部と Moodle サーバを結ぶ制御部は本提案システム用に独自に開発したものである。音声認識部は制御部から送信されたパスをもとに音声ファイルに対して音声認識を行う。本システムの音声認識エンジンには、日本語音声認識エンジン Julian [110] を用いている。図 4.4 に音声認識処理の枠組みを示す。

本システムでは、デフォルトで装備されている音響モデル、言語モデルを使用した。音響モデルは「日本音響学会 研究用連続音声データベース」[111] および新聞記事読み上げ音声コーパス [112] を使用して作られている。言語モデル、単語辞書には「毎日新聞社新聞記事データ CD-毎日新聞 91-97年版」[113] が使用されているが、本提案システムでは日本語発話訓練用として、さらに単語辞書に非日本語母語話者が間違いやすい発話規則 [29] をもとに作成した単語リストを追加した。表 4.1 に追加した発話規則とその例を示す。デフォルトの単語辞書では、学習者が「あちゅい (暑い)」と発音しても、日本語母語話者による日本語データで作られた言語モデル、単語辞書により「日本語として正しい」認識結果に振り分けられてし

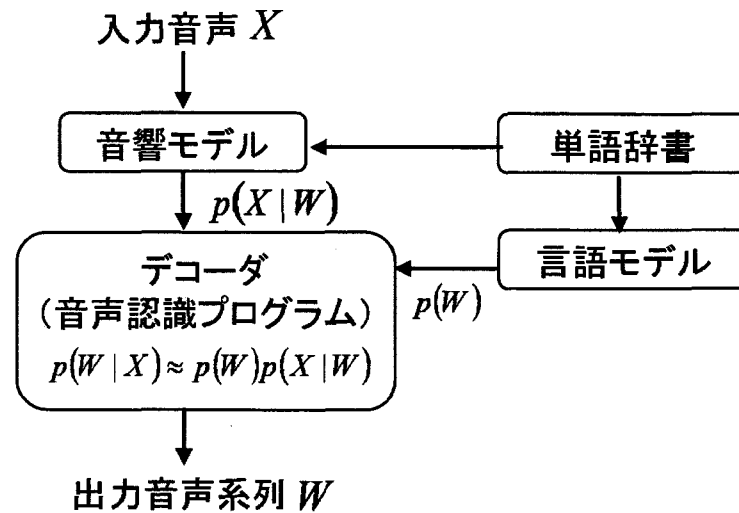


図 4.4: 音声認識処理の枠組

まうため、日本人に聞こえたままの結果をフィードバックしなければならない日本語学習システムには向かない。そこで、発音誤り規則をもとに作成した単語辞書をデフォルトの辞書に追加することで、「あちゅい (暑い)」「がこ (学校)」のような日本語にはない発音の結果表示が可能となり、学習者の発音誤りをより適切に指摘することが可能となると考えられる。

表 4.1: 非日本語母語話者が間違いやすい発話規則

誤り発話規則	例
長音の長さが不十分	オジーサン→オジサン
促音の長さが不十分	イッポン→イボン
撥音の長さが不十分	カンバン→カバン
つ→す	つき→すき
つ→ちゅ	つき→ちゅき
無声音→有声音	(つき→) ちゅき→ちゅぎ
ジャ行→チャ行	しんじょう→しんちょう
ザ行→ジャ行	しんぞう→しんじょう

音声認識サーバはクラスタシステム上に構築されており、必要に応じて音声認識用ノードを増設することが可能であるので、学習教材量、学習者数に応じた柔軟なシステム構成が可能である。

4.2.2.2 クライアントシステム

クライアントシステム側は学習者の発話の録音・再生、音声ファイルの音声認識サーバへ認識の送信を行うクライアントアプリケーションで構成される。また、オプションとして、Webカメラを使用し、発話時の学習者の顔画像も記録するアプリケーションを構築した。発話画像及び音声はクライアントPCのローカルディスクに保存される。webカメラを使用することにより、学習者自身の発話画像をフィードバックする機能を持つ。提示の際は口唇領域の周辺を切り取ってフィードバックをする方が口の動きに注目しやすくなる事が想定されるが、口唇部分のみを表示するほうがいいのか、顔全体を表示するほうがいいのかは、先行実験により個人の好みによって分かれるという結果が得られたため [114]、本システムでは学習者がフィードバックを全体の画像 (図 4.5(a)), 顔領域の画像 (図 4.5(b)), 口唇領域の画像 (図 4.5(c)) の3種類の画像から選択できる機能を持たせた。発話画像の再生時には、全体の発話画像領域 (図 4.5(a)) から顔領域・口唇領域を自動抽出し [114]、所望の矩形領域以外をマスキングして再生する。

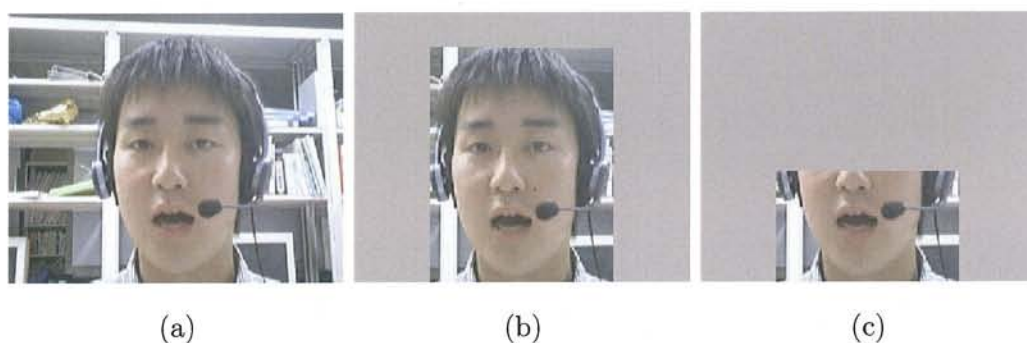


図 4.5: 学習者の発話画像のフィードバック例

4.2.3 学習の流れ

学習の流れを図4.6に示す。学習者が本システムにログインすると、まずコース選択画面に移る。ここでカメラを使用するか否かを選択する。次に学習者は何の訓練を行うかを選択する。本システムには発話訓練、聞き取り訓練、スペシャル訓練の三つが用意されている。スペシャル訓練では学習者が特に発音習得困難なものを取り上げ、集中的に練習することができる。現在、スペシャル訓練では長母音の発音訓練コースを用意している。学習を終えると、行った訓練の結果を閲覧できる。各学習コースの詳細画面については Appendix C に記す。

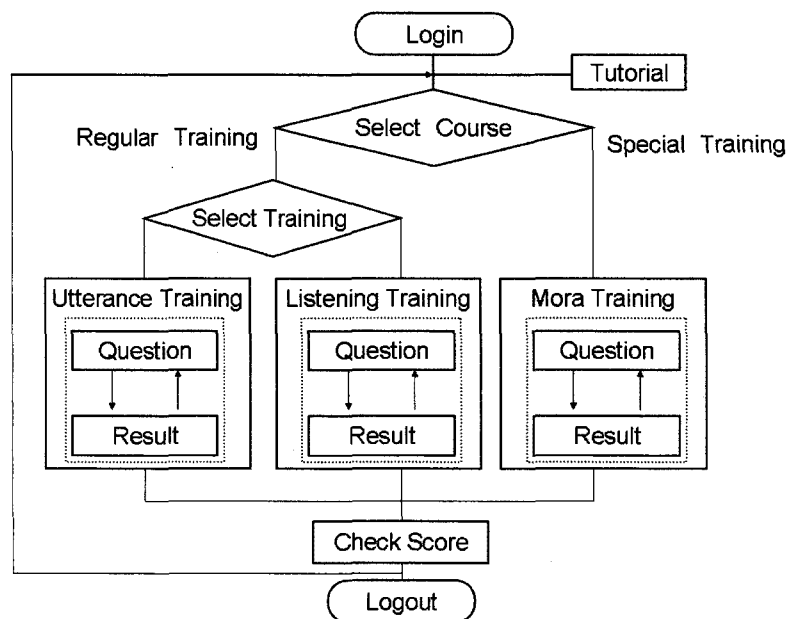


図 4.6: 提案システムにおける学習の流れ

4.2.3.1 発話訓練

発話訓練は独自に開発したモジュールである。学習者は、画面に表示された問題と関連の図を見ながらマイクに向かって発話する。学習者が発話を終わると、図4.7に示すような結果画面が表示される。結果画面では学習者は以下のような情報を確認することが可能である。

(1) 正解と音声認識の結果

- (2) 教師の発音と自分の発音
- (3) 問題単語における音素ごとの教師の発音画像と flash アニメーションによる口腔動画
- (4) 教師の発音と自分の発音の音素持続時間比率情報
- (5) 発音誤り箇所の情報



図 4.7: 発話訓練の結果画面



図 4.8: 音素持続時間比率情報と発音誤り情報のフィードバック

(4) では、教師と学習者の音素ごとの持続時間を図 4.8 で示すように視覚的に音素バーで表示する。これにより、持続時間が十分でない発音を視覚的に確認することができ、母音の長短など、持続時間が重要な音素の訓練が可能である。

(5) は、教師の発音と比較して間違っている箇所を音素毎に指摘する。本システムでは、図 4.9 のように教師の発話音声より求めた音素配列と学習者の発話音声を認識する際に得られた音素配列とでマッチングを行い、一致するか一致しないかを検出する。図 4.9 において [null] は長さが 0 の音を表し、音素の「脱落」を意味する。これにより得られた「脱落」「挿入」「置換」の情報を図 4.8 のように音素持続時間と合わせてフィードバックする。図 4.8, 図 4.9 の例では、「オハヨーゴザイマス」が「オアヨーゴジャイマス」と発音されたため、[h] と [z] の音素バーにマーカーがついている。このように発音誤り情報を色分けして表示することで、間違っただ箇所、間違いの種類が一目で判別可能である。

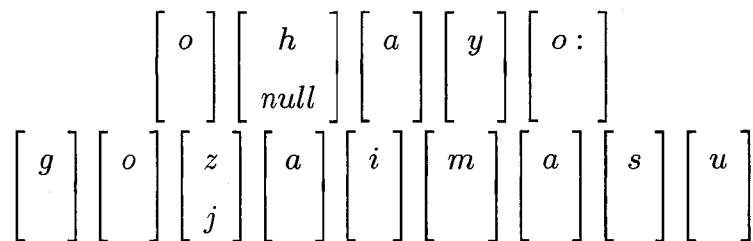


図 4.9: 発音誤りの検出

学習者が自分の発音を確認する際には、Moodle がクライアントに音声の再生信号を送信し、クライアントアプリケーションが音声を再生する。これにより、結果画面において学習者がどの情報を何回確認したのかというログは問題ごとに自動的に保存されるため、教師は学習履歴として閲覧可能である。また、成績や所要時間も自動的に保存される。

4.2.3.2 聴解訓練

聞き取り訓練は Moodle 既存のモジュールである Lesson モジュールに改良を加えたものである。聞き取り訓練を選択すると、図 4.10 に示すような問題画面が表示される。学習者は問題画面を見ながら、音声を読み、解答を選択肢の中から選択すると、図 4.11 に示すような結果画面が表示される。

結果画面では学習者は以下のような情報を確認することが可能である。

- (1) 正解
- (2) 問題文
- (3) 問題音声とスクリプト

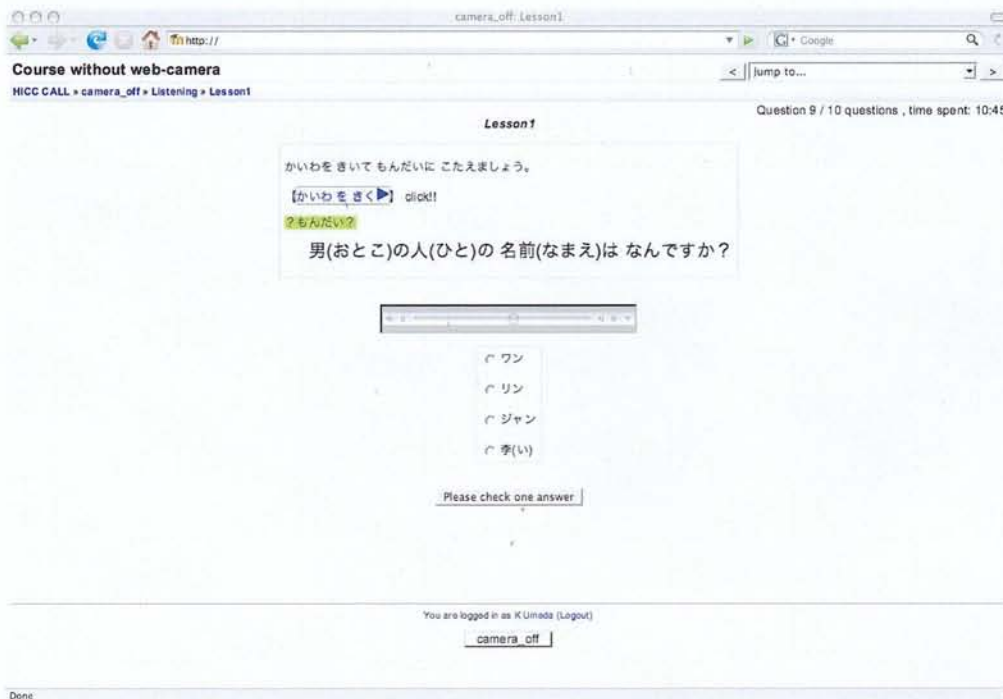


図 4.10: 聞き取り訓練の問題画面



図 4.11: 聞き取り訓練の結果画面

4.2.3.3 長母音の発話訓練

本システムでは、授業に沿った通常の発話訓練、聞き取り訓練の他に、学習者にとって習得が困難である発音を集中的に練習する「スペシャル訓練コース」を設けた。これにより、学習者は自分が苦手な項目を集中的に練習することが可能である。現在は長母音の発話訓練コースを用意している。問題提示、操作方法は通常の発話訓練と同様だが、結果表示は長母音に特化した仕様になっている。また、問題も長母音訓練専用のものであるため、長母音訓練を選択の際に認識システム内の単語辞書の切替えを行う。長母音訓練では『教師用日本語教育ハンドブック 発音』[109]内の長母音練習問題に含まれている全43ミニマルペア(全86単語)を使用した。単語例を表4.2に示す。

表 4.2: 長母音訓練のミニマルペア例

すき	すきー
いえ	いいえ
はと	はーと
かど	かーど

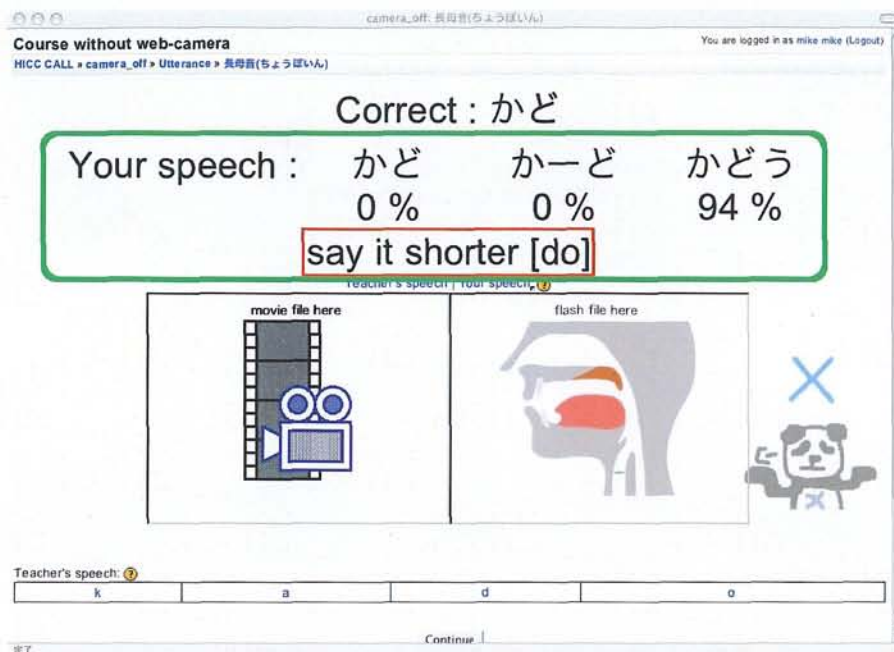


図 4.12: 長母音訓練の結果画面

長母音訓練の結果画面を図 4.12 に示す。緑で囲んだ部分が長母音訓練用に変更した部分である。長母音訓練の結果画面では以下の情報を確認できる。

- (1) 正解の単語
- (2) 学習者の発話と正解との類似度
- (3) 学習者の発音に対するコメント
- (4) 教師と学習者の発話音声
- (5) 教師の発音画像と口腔内アニメーション
- (6) 教師音声の音素持続時間比率

学習者が Moodle サーバにアクセスし、長母音訓練を選択すると、その情報が音声認識部に送られる。クライアントアプリケーションから学習者の発話音声が発音認識部に送られると、長母音訓練用の単語辞書を使用した Julian で音声認識が行われ、正解単語との類似度が表示される。このとき、Julian から出力される認識結果の音素列と正解単語とのマッチングは行わず、母音部分の長さのみから類似度を算

出している。学習者の発話と正解との類似度は、学習者の発話が正解単語とそのミニマルペアにそれぞれにどのくらい近いかをスコアで示したもので、母音部分の音素持続時間にスコアリング関数 (4.1) を適用して算出した。発話認識時に音声認識部から出力される音素持続時間情報を用いて、正解単語と学習者の発話した単語の母音の長さを比較し、スコア S を決定する。スコアリング関数は、特殊拍持続時間正規化関数から求めた評価関数 [89] をもとに作成した。

$$S = 100 \times \prod_{i=1}^n s_i \quad (4.1)$$

$$s_n = \begin{cases} \frac{p(x_n|v_l)}{p(x_n|v_l) + p(x_n|v_s)} & \text{(正解単語の } n \text{ 拍目の母音が長母音のとき)} \\ \frac{p(x_n|v_s)}{p(x_n|v_l) + p(x_n|v_s)} & \text{(正解単語の } n \text{ 拍目の母音が短母音のとき)} \end{cases} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

S : 提示単語への近さのスコア [%]

s_n : n 拍目の母音のスコア

x_n : n 拍目の母音の推定音素持続時間 [ms]

$p(x_n|v_l)$: x_n が長母音である確率

$p(x_n|v_s)$: x_n が短母音である確率

(3) の学習者へのコメントは、類似度に応じて以下の 4 種類が表示される。

- 正解の単語との類似度が高い場合 (高い順に)
 - Excellent!!
 - Good.
- 正解の単語との類似度が低い場合
 - say it longer [PHONEME]
 - say it shorter [PHONEME]

[PHONEME] には長く、あるいは短く言うべき音を表示する。図 4.12 では、「かど」という問題に対し、学習者の発話は「かどー」であったため、「ど」を短く言うように促すコメントが返されている。

4.2.3.4 学習履歴

学習者は自分の学習履歴を閲覧する事が可能である。学習履歴画面を図 4.13 に示す。

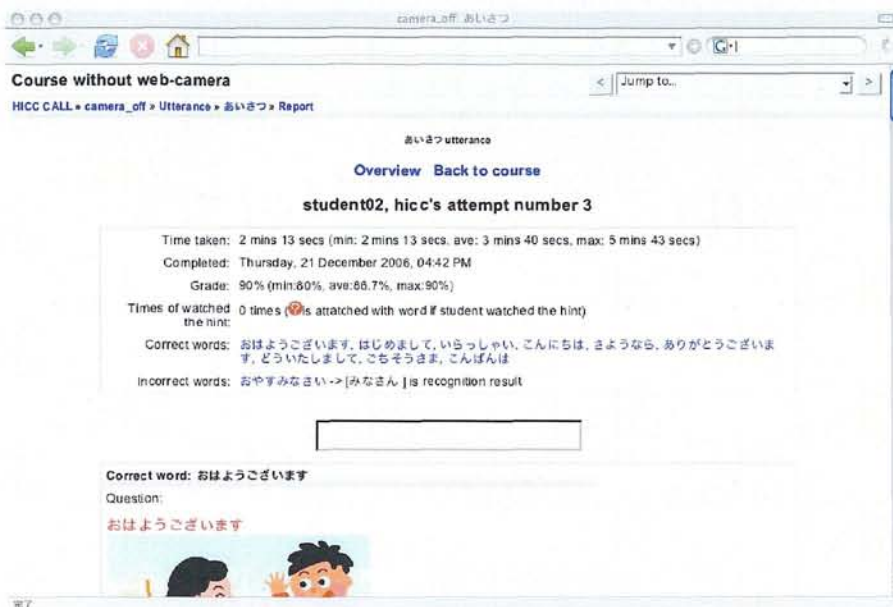


図 4.13: 発話訓練の履歴閲覧画面

学習者は以下の内容を確認することが可能である。

- (1) レッソンの所要時間
- (2) レッソンの終了日時
- (3) 点数
- (4) 問題
- (5) ヒントを閲覧した回数
- (6) 正解した単語
- (7) 不正解だった単語とその認識結果

4.3 提案システムの有効性の評価

提案システムの有効性を評価するため、学習管理を行う教師、実際に学習を行う学習者の二側面から本システムの性能評価を行う。教師を対象とした評価実験では、本システムにおける教材作成機能の操作性を、学習者を対象とした評価実験では、システムの操作性、有効性について検討する。

4.3.1 学習管理者を対象とした評価実験

提案システムは教師が教材管理を行うことを想定しており、教材管理等の操作性が高ければ、教師の積極的なシステム利用につながり、学習者の学習機会の増加が期待される。本システムはプロトタイプシステム [96] で教材作成を行った教師から得られた教材管理の問題点をもとに改良されている。プロトタイプシステムでの問題点を以下に示す。

- 教材のアップロードがシステム管理者しか行えない
- 教材を XML 言語で記述しなければならないため、XML の知識が必要
- Web ベースで動作しない

プロトタイプシステムでは、教材は図 4.14 に示すように、XML 言語で作成しており、また、これら教材のアップロードはシステム管理者しか行えなかったため、コンピュータの操作に慣れていない教師が手軽に教材の作成や更新を行うことは困難であった。従来の発話学習システムにおいても、教材はシステム構築者によって準備されているものが大半であり、システムを授業で使用する教師が教材をカスタマイズすることは想定されていなかった。

これらの問題を解決するため、本システムでは LMS 上で教材管理を行う。本システムの LMS である Moodle は、Web ベースで動作することに加え、教材を HTML エディタで作成可能なため、教師に特別なコンピュータのスキルがなくても手軽に教材の作成や更新を行うことが可能となると考えられる (Appendix C 参照)。

ここでは、本システムにおける教材支援機能の操作性を検討する。実際に教材を作成させ、教材管理部の操作性についてのアンケート評価を行った。アンケートと教材作成時間から本システムの教材管理部を主観的・客観的に評価する。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf8" ?>
<material id="material_001011">
  <section sec="1">
    <raw_text>ft
  </raw_text>
  <text_jp>
    もんだい1
    わたし(私)
  </text_jp>
  <hint all="2" />
  <hint_image id="1" word="L1/word/watashi_w.jpg" />
  <hint_image id="2" word="L1/pronunciation/watashi_p.jpg" />
  <image word="L1/image/watashi_i.jpg" />
  <start_record word="わたし" />
  <sound speaker_id="1" pattern_id="1" word="L1/watashi.raw" />
  <teacher_result
    speaker_id="1" pattern_id="1" word="L1/watashi.raw" />
  </section>
</material>
```

図 4.14: プロトタイプシステムにおける発話訓練の教材作成

4.3.1.1 被験者

被験者は日本語を母語とする大学生 20 名である。普段コンピュータを使用しているか否かで、教材作成に対する負担が異なることが考えられることから、2 グループに分けて評価実験を行った。

- グループ I: プログラミング経験のある理系の大学 4 年生 10 名
- グループ II: プログラミング経験のない文系の大学 4 年生 10 名

4.3.1.2 実験方法

被験者に教材管理に関する操作手順を教示し、発話訓練・聞き取り訓練それぞれ5問の問題を作成させた。その際、教材作成にかかる時間を自動的に取得した。教材作成終了後に教材管理部のGUIや操作性についての13項目のアンケートに回答させた。アンケートは1～5の5段階評価で、「1:非常に悪い」～「5:非常に良い」で判断させた。また、各項目にはコメント欄を設け、コメントがあれば記入させた。アンケートはCGIを利用してWeb上で実施した。使用したアンケートをAppendix Dに示す。アンケート結果より得られた各項目ごとのグループ平均点を評価結果とする。

4.3.1.3 実験結果

評価結果を表4.3、発話訓練・聞き取り訓練の教材作成にかかった時間の平均を図4.15、図4.16にそれぞれ示す。

評価結果より教材管理アンケート全体におけるグループIの平均点は4.4点、グループIIの平均点は4.3点であった。この平均点をそれぞれのグループの閾値として評価の高低を判断する。以降のアンケートについても同様の判断基準とする。まず、両グループにおいて共通して評価が低かった項目は、(2)「配色」、(3)「画面構成」、(8)「発話訓練のヘルプの内容」、(13)「聞き取り訓練のヘルプの内容」であり、グループIのみで評価が低かった項目は、(1)「文字の大きさ」、グループIIのみで評価が低かった項目は、(4)「発話訓練の教材の追加」であった。

この評価結果から、教材作成部の操作GUIに対して評価が低いことがわかる。また、ヘルプの内容や、教材追加方法に対しての評価が低かった。ヘルプを利用しても、思うような回答が得られなかったということが考えられる。この点に関して、被験者からは、「慣れれば使いやすいが最初が多少難しい」という意見が多く見られた。最初から使いやすいシステムにするためには、今後、操作ヘルプの部分を改善する必要がある。

次に、発話訓練・聞き取り訓練の教材作成にかかった時間の平均を図4.15、図4.16に示す。図4.15、図4.16よりグループI、IIともに操作に慣れるにつれて教材作成時間が減少する傾向にあった。さらに、教材作成時間において、グループ間に有意差があるのかを調べるため有意差検定を行った。1回目と2回目は練習として分析対象からは除外し、3回目以降の作成時間についてグループ間で有意差検定を行っ

たところ、有意差はみられなかった。このことから、本システムにおける教材作成にはコンピュータに関する特別なスキルが必要であるとはいえないということが示された。

表 4.3: 教材管理のアンケート項目と評価結果

No.	アンケート項目	評価値 (標準偏差)	
		グループ I	グループ II
GUI について			
(1)	文字の大きさについて	4.2(0.9)	4.3(0.8)
(2)	配色について	4.0(1.0)	4.1(0.5)
(3)	画面構成について	3.8(0.9)	3.5(0.9)
発話訓練について			
(4)	教材の追加は簡単に行えましたか?	4.6(1.2)	4.2(1.6)
(5)	教材の更新は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	5.0(0.0)
(6)	教材の移動は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	4.6(1.2)
(7)	教材の削除は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	4.6(1.2)
(8)	ヘルプの内容は分かり易いですか?	4.2(1.6)	3.4(2.0)
聞き取り訓練について			
(9)	教材の追加は簡単に行えましたか?	4.6(1.2)	4.6(1.2)
(10)	教材の更新は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	5.0(0.0)
(11)	教材の移動は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	4.6(1.2)
(12)	教材の削除は簡単に行えましたか?	5.0(0.0)	4.6(1.2)
(13)	ヘルプの内容は分かり易いですか?	3.8(1.8)	3.4(2.0)

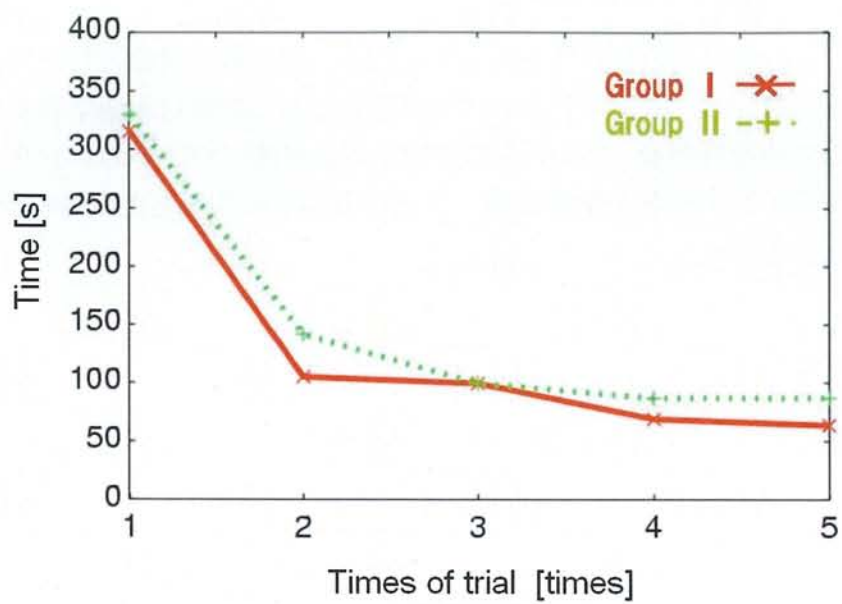


図 4.15: 発話訓練教材の作成時間

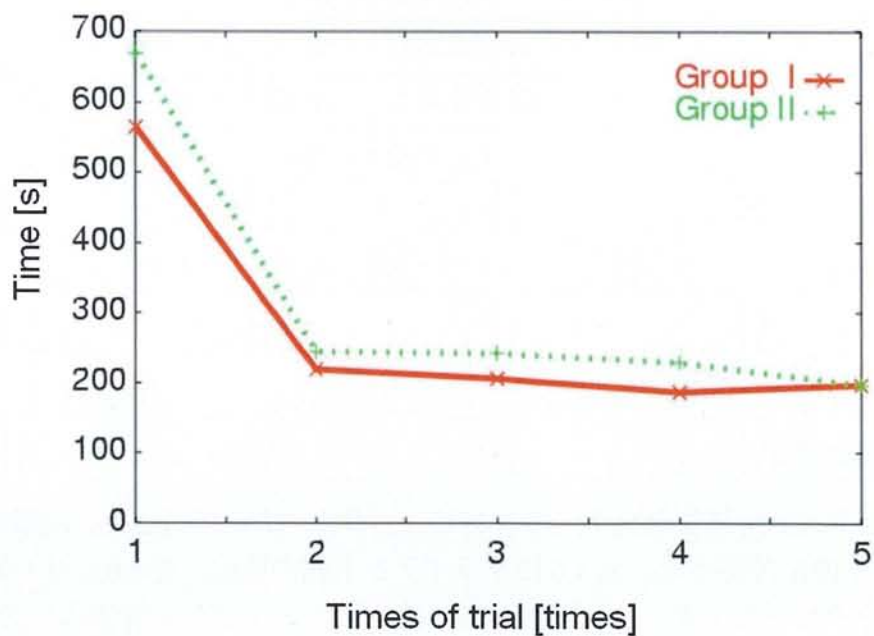


図 4.16: 聞き取り訓練教材の作成時間

4.3.2 学習者を対象とした評価実験

提案システムの学習上の有効性を検証するため、学習者を対象とした評価実験を行った。評価実験では、本システムの利用対象者である初級日本語学習者にシステムを利用した学習を行わせ、システムの有効性や満足度についてのアンケートを実施した。これらアンケートと学習成績、システム利用時間をもとに分析を行い、本システムの評価を行う。

4.3.2.1 被験者

熊本大学留学生センターに在籍する外国人留学生8名を対象に評価実験を行った。被験者は、日本滞在歴3か月以内であり、来日してから日本語を学び始めた初級日本語学習者である。被験者のプロフィールを表4.4に示す。

表 4.4: 被験者プロフィール

国籍	母語	年齢	人数 [人]
中国	中国語	20代	1
ベトナム	ベトナム語	20代	1
パラグアイ	スペイン語	30代	1
ヨルダン	アラビア語	30代	1
エジプト	アラビア語	30代	1
インドネシア	インドネシア語	30代	2
ミャンマー	ミャンマー語	30代	1

4.3.2.2 実験環境

実験は熊本大学留学生センターのコンピュータールームにて行った。実験時の騒音レベルは51dBAであった。表4.5にクライアント側の環境、表4.6にサーバ側の計算機環境をそれぞれ示す。サーバ機器類は熊本大学工学部の研究室内に設置した。

表 4.5: クライアント側の実験環境

OS	Mac OS X 10.4.8
CPU	PowerPC G5 1.9 GHz
Memory	1 GB
ディスプレイサイズ	17 インチ
ディスプレイの解像度	1440 x 900
Java	version 1.5.0_06
Java Web Start	version 10.0.0.2
Web ブラウザ	firefox 2.0.0.1
ヘッドセット	SONY STEREO HEADSET DR-220

4.3.2.3 実験方法

熊本大学留学生センターコンピュータールームにて、被験者に発話訓練 5 レッスン (あいさつ, Lesson1 ~ Lesson4), 聞き取り訓練 5 レッスン (Lesson1 ~ Lesson5) の計 10 レッスンを 1 セットとして, 3 セット試行させた。実験は 1 回につき, 聞き取り・発話ともに 1 セット以内とし, 被験者は複数回に分けて実験を行った。1 レッスンあたりの問題数は 10 問で, 発話訓練の問題提示順は不変としたが, 聞き取り訓練の選択肢の提示順はその都度変動する。なお, 長母音の発音訓練は本評価実験では評価対象外とする。

教示は, 実験前に英語で記述された操作方法のマニュアルを被験者に配布し, マニュアルに沿って行った。実験終了後, アンケートを実施し, ユーザーインターフェースの操作感や満足度などについての 21 項目を質問した。回答は 5 段階評価 (1:disagree - 5:agree) で実施し, 逆転項目に関しては, 「disagree」を 5 点, 「agree」を 1 点として得点化した。また, それぞれの項目には自由解答欄を設けている。実験で用いたアンケートは加藤 [115], 八重ら [116], 山岡ら [117] のシステム評価アンケートを参考に, 本システムの評価に必要な項目を追加したものを作成した。実験に使用したアンケートを Appendix E に示す。実験実施中はシステム側で各発話時間とそのシステム応答時間, 各レッスンの学習時間を記録した。

表 4.6: サーバ側の計算機環境

Moodle サーバ, Web サーバ, データベースサーバ	
CPU	Intel Pentium4 2.8 GHz
Memory	765 MB
OS	Vine Linux 3.1
Moodle サーバ	Moodle 1.5.2
Web サーバ	Apache 1.3.27
リレーショナルデータベース管理システム	MySQL 4.0.25
サーバーサイドスクリプト言語	PHP 5.0.4
音声認識サーバ	
CPU	Intel Pentium4 2.4 GHz
Memory	512 MB
OS	RedHat Linux 8.0
クラスタシステム用ソフトウェア	Score 5.4.0
音声認識エンジン	Julian rev.3.5.1
音声認識エンジン用辞書の単語数	766
GNU Compiler Collection	gcc 3.2
クライアントアプリケーション開発計算機	
CPU	PowerPC G4 1.25 GHz
Memory	256 MB
OS	Mac OS X 10.4.8
QuickTime for Java	version 6.1
Java	version 1.5.0_06

4.3.2.4 実験結果

アンケート結果 アンケートの各項目の評価結果を表 4.7 に示す。表中の「*」は逆転項目を示す。またアンケート項目にある「HICC CALL」とは本システムの名称である。

主成分分析によるアンケート結果の分析 アンケートの各項目の識別力を調べるために、分散が 0 であった Q13 を除く 20 項目に関して、主成分分析による因子分析を行った。アンケートの因子分析の結果を表 4.7, 4.8, 4.9 に示す。

後続因子との固有値の差と因子の累積寄与率を目安として解釈可能な 3 因子解を採用した。この 3 因子の全体に対する寄与率は 77.7% であった。Verimax 回転後、因子負荷量が 0.55 以上の項目を枠で囲んだ。また、複数の因子に 0.40 以上の負荷量を表す項目 Q1 および Q16 は除外した。

表 4.7 によると、第 1 因子は、操作手順、文字の色、文字の大きさ、サイトのデザインなど、GUI の評価に対して肯定的な 7 項目から構成されたため、「GUI の評価」の因子とした。第 2 因子は、主に聞き取り訓練に関する評価の項目から構成されたため、「聞き取り訓練の評価」の因子とした。第 3 因子は、主に発話訓練に関する評価の項目から構成されたため、「発話訓練の評価」の因子とした。第 1 因子、第 2 因子、第 3 因子のアンケート項目の評価値の平均はそれぞれ 4.8, 4.7, 3.9 であった。第 1 因子の中で、評価値が低かった項目は、Q11(The web site design was well organized.) であった。この項目に関して、被験者からは「ユーザビリティが良くなればもっと良いのでは」といった意見が得られた。しかし、全体的には高い評価値を得ていることから、GUI に関する評価が高いことが示された。第 2 因子の中で、評価が低かった項目は、Q15(Amount of questions was appropriate for you.) であった。被験者からは「もっと問題数が多い方が良かった」といった意見が得られた。第 3 因子の中で、評価が低かった項目は、Q4(These utterance lessons made it possible for you to pronounce Japanese.) および Q5(You were satisfied with the speech recognition result.) であった。音声認識の結果に満足していないため、発話訓練の有効性に対する得点が低くなったと考えられる。

アンケートのコメントやインタビューから、「音声認識の結果が全然違うものとなる事があった」といった意見が多くの被験者から得られた。また、実験終了後のインタビューからは、「使いかたは分かりやすかった」、「このシステムは役に立つと思う」、「もっとシステムを使って学習したい」、「楽しく学習できた」といった肯定的な意見が多く寄せられ、本システムの有効性が示唆された。

表 4.7: アンケート項目と評価結果

質問番号	質問項目	評価値
Q1	Answering time of speech recognition was appropriate.	4.5
Q2	Hint of question was useful for you to utter.	4.3
Q3	Result page of question was useful for you to understand the utterance.	4.8
Q4	These utterance lessons made it possible for you to pronounce Japanese.	3.5
Q5	You were satisfied with the speech recognition result.	2.9
Q6	The audio contents were clear enough to hear.	4.9
Q7	The description of the lesson was useful for your understanding.	4.9
Q8	These listening lessons made it possible for you to listen Japanese.	4.9
Q9	Size of the characters was appropriate.	4.8
Q10	Color of the characters was appropriate.	4.8
Q11	The web site design was well organized.	4.5
Q12*	The wording used in HICC CALL has not been understood easily for you.	4.5
Q13	It was easy for you to access the desired page.	5.0
Q14	It was easy for you to memorize the operation procedure.	4.9
Q15	Amount of questions was appropriate for you.	4.4
Q16*	The degree of difficulty was high for you.	4.3
Q17	Contents of the questions were realistic.	4.6
Q18	You worked in a positive manner on HICC CALL.	4.8
Q19	You want to use HICC CALL more.	4.9
Q20	It was fun for you to use HICC CALL.	4.3
Q21	You were satisfied with the item of the study history.	4.5
Q22	Please write your comments on HICC CALL as you like.	-

表 4.8: アンケートの因子分析結果 (1/2)

質問 番号	質問項目	因子負荷量		
		第1因子	第2因子	第3因子
Q19	You want to use HICC CALL more.	0.918	0.078	0.164
Q14	It was easy for you to memorize the operation procedure.	0.918	0.078	0.164
Q3	Result page of question was useful for you to understand the utterance.	0.882	-0.097	-0.152
Q9	Size of the characters was appropriate.	0.882	-0.097	-0.152
Q18	You worked in a positive manner on HICC CALL.	0.609	-0.117	-0.092
Q11	The web site design was well organized.	0.591	-0.311	-0.120
Q10	Color of the characters was appropriate.	0.576	-0.033	-0.138
Q1	Answering time of speech recognition was appropriate.	0.878	0.431	-0.051

表 4.9: アンケートの因子分析結果 (2/2)

質問 番号	質問項目	因子負荷量		
		第1因子	第2因子	第3因子
Q6	The audio contents were clear enough to hear.	-0.195	0.970	-0.074
Q7	The description of the lesson was useful for your understanding.	-0.195	0.970	-0.074
Q8	These listening lessons made it possible for you to listen Japanese.	-0.195	0.970	-0.074
Q15	Amount of questions was appropriate for you.	0.286	0.803	-0.329
Q17	Contents of the questions were realistic.	0.396	0.641	0.268
Q16	The degree of difficulty was high for you.	0.584	-0.196	0.748
Q12	The wording used in HICC CALL has not been understood easily for you.	0.144	-0.171	0.970
Q20	It was fun for you to use HICC CALL.	0.107	-0.252	0.859
Q5	You were satisfied with the speech recognition result.	-0.316	0.301	0.824
Q4	These utterance lessons made it possible for you to pronounce Japanese.	-0.295	0.148	0.789
Q2	Hint of question was useful for you to utter.	0.278	0.129	-0.593
固有値		6.054	4.467	4.233
寄与率 (%)		31.87	23.51	22.28
累積寄与率 (%)		31.87	55.38	77.66

本システムとプロトタイプシステムに対するユーザ評価の比較 本実験でのユーザ評価とプロトタイプシステムのユーザ評価 [96] との比較を行った。全ての項目で比較することはできないが、比較可能な項目において、表 4.10 に示す項目で評価点が向上した。なお、表 4.10 における「P」はプロトタイプシステムに対する評価値の平均で、「C」は本システムに対する評価値の平均であり、どちらの評価値も 5 点満点である。また、比較可能な項目で評価点が低下した項目は存在しなかった。このことから、本実験のユーザ評価でシステムがプロトタイプと比較して改善されたことが示された。

表 4.10: プロトタイプと本システムの評価値の比較

質問項目	評価値	
	P	C
字の大きさや色の適切さ, サイトの構成等の GUI		
Size of character	4.0	-
Size of the characters was appropriate.	-	4.8
Color of screen	4.2	-
Color of the characters was appropriate.	-	4.6
Allocation of windows	3.0	-
The web site design was well organized.	-	4.4
システムの楽しさや満足度		
Did you enjoy to study?	3.8	-
It was fun for you to use HICC CALL.	-	4.6
Do you want to study again?	4.2	-
You want to use HICC CALL more.	-	4.8
教材のレベルや問題数の適切さ		
Level of material	3.8	-
The degree of difficulty was high for you.	-	4.4
Number of questions in step1	3.2	-
Amount of questions was appropriate for you.	-	4.6

成績・所要時間の分析 被験者全員のレッスンごとの平均成績の推移を、図 4.17 に示す。図 4.17 より、2 回目の試行が発話訓練、聞き取り訓練ともに最高の成績となった。3 回目の成績が 2 回目の成績よりも下回った原因として、モチベーションの低下が考えられる。

被験者からのアンケートのコメントやインタビューからもこのことが推測される。この問題に対する解決策として、学習者のモチベーションを維持するために、様々なタイプの語学レッスンやゲーム要素を取り入れること等が考えられる。

また、発話訓練においてのみ考えられる原因として、認識システムの認識エラーが挙げられる。認識エラーもモチベーションの低下につながっていると考えられる。発話の前に呼気雑音が挿入した場合などは、音声認識の結果が発話と無関係な語となってしまうことがある。Julian の単語辞書を問題の単語に応じて動的に変化させることで、発話と無関係な認識結果になることは無くなり、加えて、発話誤りの指摘精度の向上が考えられる。

次に、被験者全員のレッスン毎の平均所要時間の推移を図 4.18 に示す。図 4.18 より、発話訓練、聞き取り訓練ともに試行回数の増加にともない所要時間が減少していることが分かる。被験者からのアンケート結果やインタビューからも、システムの操作方法は容易に覚えることが可能であったということが分かり、システムの高い操作性が示された。

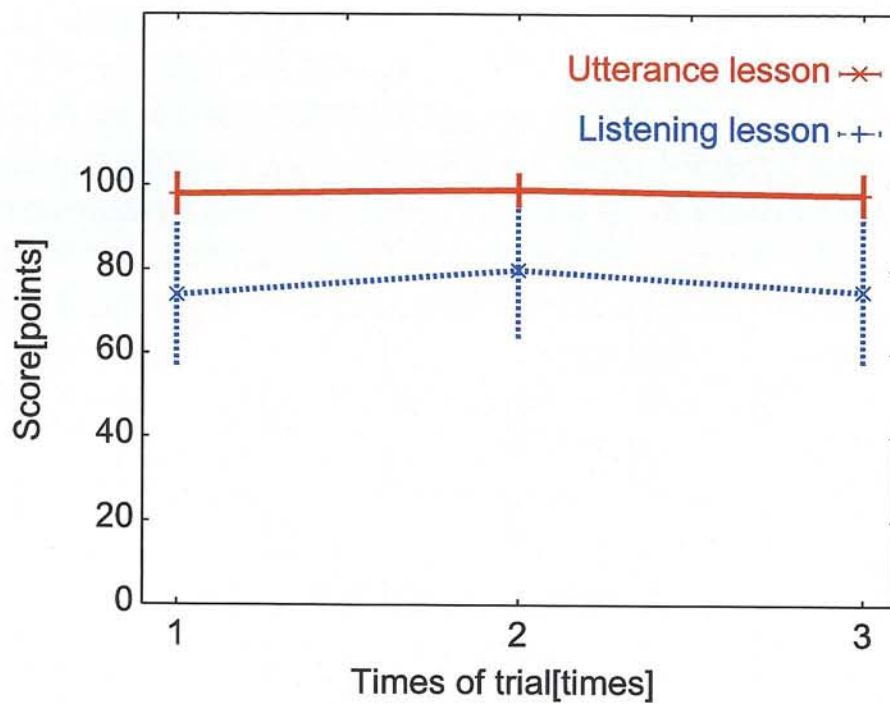


図 4.17: 成績の平均の推移

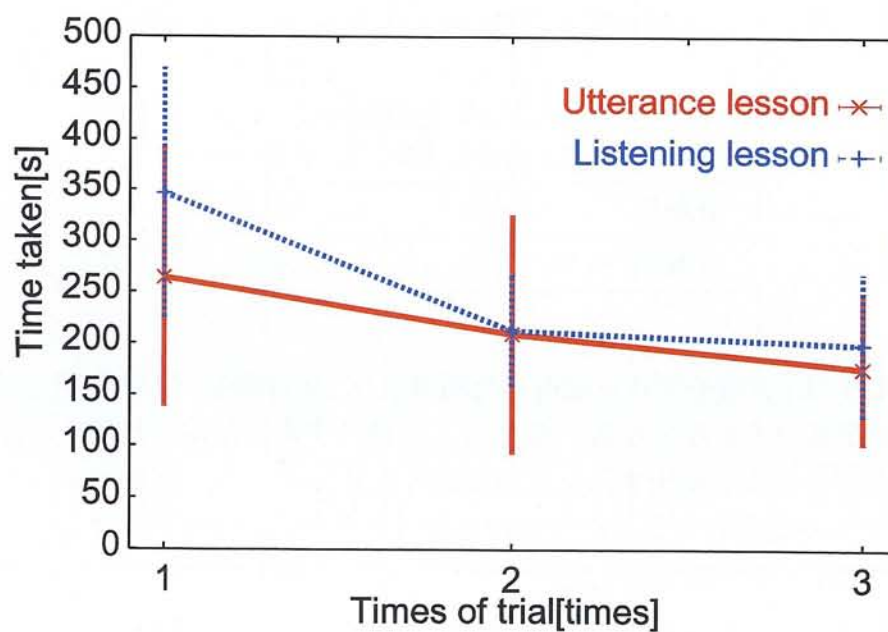


図 4.18: 所要時間の平均の推移

音響モデルの変更による正解率の比較 アンケート評価より、音声認識結果に不満を持つ被験者がいたことが明らかになった。これは明らかに発話意図と異なる認識結果を示す場合があったためである。本実験では認識部の音響モデルに日本語母語話者の音声で学習したモデル(以降, L1 音響モデルとする)を使用しているため、非日本語母語話者の発話する、日本語にない発音がうまく認識されなかったためであると推測できる。そのため、音響モデルに非日本語母語話者の音声で学習した音響モデル(以降, L2 音響モデルとする)を用いることで、非日本語母語話者の発話に対する認識率の向上が期待される。

そこで、本システムの音響モデルに L1 音響モデルを使用した場合と、L2 音響モデルを使用した場合での正解率の比較シミュレーションを行った。L2 音響モデルは [118] で作成した音響モデルを使用した。正解率は以下の式で算出する。

$$\text{正解数} = \text{提示単語と認識結果の一致数} \quad (4.2)$$

$$\text{正解率} = \frac{\text{正解数}}{\text{総サンプル数}} \quad (4.3)$$

認識する音声として、4.3.2の学習者による評価実験で取得した音声ファイルを使用した。ファイル総数は 1200 個である。また、日本語母語話者の音声で学習した音響モデルを使用した場合の正解率は 4.3.2の学習者による評価実験で得られた値を使用する。表 4.11 に音響モデルの違いによる正解数および正解率を示す。

表 4.11: 音響モデルの変化による正解数および正解率の比較

音響モデル	L1 音響モデル	L2 音響モデル
正解数	905	945
正解率	77%	80%

表 4.11 より、L1 音響モデルを使用した場合より L2 音響モデルを使用した場合の方が正解率が高いことが分かる。なお、L1 音響モデルを使用した場合に不正解であり、L2 音響モデルを使用すると正解になったサンプルは 102 個であった。逆に L1 音響モデルを使用した場合に正解であり、L2 音響モデルを使用すると不正解になったサンプルは 62 個であった。

非日本語母語話者の音声は日本語母語話者の音声と音響的特徴が異なるため、正し

く発話していても、音声認識の結果が発話と無関係な語になってしまう事が見られたが、L2 音響モデルを使用することで、本システムの問題点の改善につながったと考えられる。

4.4 まとめ

本章では、日本語を母語としない初級日本語学習者を対象とした日本語発話訓練システムの提案・構築について述べ、教材管理者および学習者を対象としたユーザ評価をもとに提案システムの有効性を検証した。

語学教育、とくに発音教育において遠隔教育システムの利用は、学習不安の強い学習者にとって特に有効である事がいわれており、近年、さまざまな形の発音学習システムの構築が進められてきた。しかし、従来の学習システムでは、特定の母語話者に特定されていたり、ある程度学習の進んだレベルの学習者が対象となっており、留学生センターのような多言語学習者クラスで初級レベルの学習者が使用できるものはほとんど見られなかった。そこで、本研究では、日本語を母語としない初級日本語学習者を対象とした自動発音評価機能を持つ日本語発話訓練システムの提案・構築を行った。本システムでは学習者の母語は限定しない。提案システムはLMSをベースに構築されており、webベース上で動作可能である。そのため、学習者は地理的・時間的制約のない学習が可能である。LMSとして、オープンソースLMSであるMoodleを利用した。また、一般に発話能力と聞き取り能力は密接な関係にあることから、本システムでは発話訓練と並行して聞き取り訓練を行えるようにした。

特に初級の学習者にとって、自らの発音を教師のモデル発話と比較し、評価訂正することは困難である。そこで、本システムでは、音声認識システムを利用し、学習者の発話を客観的に評価する機能を有した。また、学習者の発音分析結果 [119, 120, 121] より、学習者の発話意図どおりに日本語母語話者には知覚されていないことが明らかにされていることから、評価結果としては「(あなたの発音は)日本人にはどう聞こえるか」という情報を文字で返し、同時に、発音矯正のための手がかりを視覚的に表示する機能を備えた。

この提案システムは、プロトタイプシステム試用の反省から、学習者にとっての利便性ととも、学習管理者である日本語教師にとっての利便性も追求して改良を加え、システムの教材管理部における操作性と学習システムの操作性、有効性の検討を行った。教材管理部の操作性の評価実験として、実際に教材作成を試行させ、教材作成所用時間とアンケートの分析により有効性を検討した。その結果、コンピュータに関するスキルの差に関係なく、システムの操作性については高い評価が得られた。しかし、作成になれるまでは少々時間がかかることも明らかになった。操作説明のためのヘルプ機能を充実させるため、さらなる改良を行う必要がある。ただ、教材作成に特別なPCのスキルは必要ではないことが示され、教材管理部に

において十分な操作性を有することが示唆された。

学習者を対象とした学習システムの操作性、有効性の評価実験では、学習者に本システムを試用して一通り学習をさせ、システム応答時間や操作時間、アンケートなどをもとに分析を行った。アンケート結果は因子分析を用いて詳細な分析を行った。その結果、GUIに関する評価と操作性に関する評価は全体的に高いことが示された。これは操作時間が回を追うごとに短くなっていることから言える。一方で、音声認識の結果に満足していない学習者がおり、発話訓練の有効性に対する得点が低くなった。これに関して、発話の前に呼気雑音が挿入した場合などは、音声認識の結果が発話とは無関係な語になってしまうことがある。

この対処法として、音声認識部における単語辞書を問題の単語に応じて動的に変化させることで、発話と無関係な認識結果になることは無くなり、加えて、発話誤りを指摘しやすくなる事が考えられる。

また、非日本語母語話者の音声は日本語母語話者の音声と音響的特徴が異なることがあるため、正しく発話していても、システムには違う単語に認識されてしまうというシステムの問題点も明らかになった。そこで、音声認識システムの単語辞書に、日本語学習者の発音誤り規則をもとに作成した単語を加え、より「正確に誤りを指摘」できるよう改良を加えた。さらに、非日本語母語話者の発話に対応したL2音響モデルを使用する事で、問題点を改善することができる事が示された。

全体的には、「使いかたは分かりやすかった」、「このシステムは役に立つと思う」、「もっとシステムを使って学習したい」、「楽しく学習できた」といった肯定的な意見が多く寄せられ、本システムの有効性が示唆された。

これらの結果より、今回提案した日本語を母語としない日本語学習者を対象とした日本語発話訓練システムは、教師にとっても学習者にとっても操作性の高さが示された。加えて、学習者にとって満足度の高いシステムを実現した。

今後は、若年層の利用も視野に入れ、学習者のモチベーションを低下させないための工夫が必要である。発話誤りの正確な検出を目的として、音声認識エンジン用辞書を問題の単語にあわせて動的に変化させるようにシステムを改良する必要がある。長期的に幅広い世代、母語話者を対象にユーザ評価実験を行い、様々な視点からの教育効果の評価を行うことが必要であろう。

第5章 結論

本研究では、言語学的アプローチと工学的アプローチから発音教育における問題点の改善策を検討することを目的とする。その方法として、非日本語母語話者が日本語を習得する上で困難であるといわれる音声の知覚・産出について分析を行い、発音習得のための手がかりを検討した。こうして得られた知見をもとに、これまでの発音学習上の問題点を克服するような発音自動評価機能を有する発音学習遠隔教育システムを提案した。

第2章では日本語を外国語として学ぶ人の学習上の障害となっている「拍」について、日本語母語話者の知覚のメカニズムを検証した。

日本語は「拍」という時間長を基準とした単位で音声を分けることが可能であるが、外国語は拍による時間単位を用いないため、非日本語母語話者にとって「拍」の概念は難しい。本研究では、知覚・産出に拍感覚が必要な長母音を取り上げ、長母音の拍数知覚に必要な要因を明らかにするため、聴取実験を行った。その結果、日本語母語話者は拍を知覚する際、1拍目と2拍目の間に現れるアクセントを手がかりに1拍の長さを知覚しており、それを基準の全体の拍数を知覚していることが実験より明らかになった。従来、アクセントはピッチと同等のようにとらえられることが多いが、日本母語話者はアクセント成分の中のピッチだけを手がかりに知覚しているわけではないことも明らかになった。一方で、日本母語話者も外国語母語話者も長さによる知覚は可能であることが示唆された。母音連続により一つの音のように聞こえる場合、正確な拍数の知覚はすぐには困難であろう。これまではより正確に拍数を教えようと、拍数を数える訓練を行うことが多かったが、日本語は「長いか」「短いか」により意味が異なることを初級の段階から指導することで、いい間違い、聞き間違いは多少改善され、何より、学習者の負担・不安が軽減されることが期待される。

また、母音が無声化することにより拍数の保持が困難になると思われる状況下においても日本語母語話者は拍知覚ができることから、無声化母音の音価に注目して音声を合成し、聴取実験を行い、音価の検証を行った。その結果、従来「母音脱落」

や「声帯が振動しない母音」と言われていた無声化母音は、それぞれの音環境に対応した無声摩擦音で発音されているため、母音の聞こえがなくとも拍数を保持して知覚することが可能であることが明らかになった。日本語は「子音+母音」の組み合わせを基本とする開音節言語であるため、「子音+子音」となる組み合わせを表向きはよしとしない。しかし（多くの言語がそうであるように）「子音+子音」の組み合わせについても指導してということで、無声化母音の習得は容易になるという可能性が示唆された。

第3章では多くの非日本語母語話者にとって発音が困難であるといわれる無声歯茎破擦音の産出・知覚について検証した。日本語の/ツ/の子音に当たる無声歯茎破擦音 [ts] を持つ言語は稀であり、母語にない音を発音しなければならないことが破擦音が習得困難な原因の一つであると考えられている。

本章では、発話意図と産出音声との差異に着目して検証を行い、破擦音産出における問題点を明らかにした。その結果、発話意図と日本語母語話者の知覚は異なるが、非日本語母語話者は無声歯茎破擦音とその周辺の音を区別して発音していることが明らかになった。これまで、教育現場では「ツをチュやスと発音している」と言われていたが、学習者は決して代用の音で発音しているわけではなく、彼らなりに発音の区別をつけようとしていた。学習者には正しい調音方法を指導するとともに、自身の発音が「日本語母語話者に何と聞こえているのか」という情報を与えることで、より日本語の音境界を習得しやすくなるという可能性が示唆された。

以上より、これまで習得が困難であると言われていた日本語発音上の問題点に対して、習得が容易になる可能性が示唆された。これまでは「日本語とはこういうものである」ということを前提に、それに近づくよう真似をする、といった指導が行われてきたが、ただ真似をするだけでは、何が原因で正しく発音できないのかが曖昧なままである。学習者にあった適切なフィードバックをその場で与えることが必要であろう。

発音学習は学習者にとって必要なものであるが、学習者にとっても、教師にとってもその負担は大きく、時間上の制約もあいまってこれまでは何かと敬遠されてきたが、発音上の問題はコミュニケーション上の問題ともなりうることが指摘されていることから、避けては通れない。また、従来、発音を習得するには年齢的な制限があり、成人してからの学習ではなかなか成果が上がらないと言われていたが、近年、学習初期の段階からきちんと発音練習を行うことで、母語話者レベルの発音を

身につけることも可能であることが明らかにされていることから、時間の制約を受けず、学習者にとっても、教師にとっても負担のかからない発音学習の方法を検討する必要がある。

そこで本研究では、近年、めざましい進歩を遂げている遠隔教育に注目し、遠隔教育システムを利用した発音教育システムの提案を第4章で行った。

第4章では、第1章で述べた発音教育が抱える問題点を克服する自動発音評価機能を実装した発音学習のための遠隔教育システムを提案した。

提案システムは音声に関する専門的な知識や自らの発音を評価できるような特別な「耳」を持たない学習者でも発音学習が可能であるよう音声認識システムを利用した自動発音評価機能を実装した。また、第3章の音声分析の結果より、学習者の発話意図と日本語母語話者の知覚結果にズレが生じていることが指摘されたのを受け、本提案システムでは「(学習者の発話が)日本語母語話者にはなんと聞こえているか」という情報を学習者にフィードバックすることで、より直感的に学習を行うことを目標に構築された。また、発音教育における学習者、教師双方の負担を軽減することを目的とするため、学習者だけでなく、システムを運用する教師も利用対象者として視野に入れ、より操作性の高いものを目指した。熊本大学留学生センターにて行ったシステムの効果検証実験の結果、教材管理・成績管理の簡便さ、システムの有効性が実証されたが、同時に、システムの根幹である音声認識部の改良にはまだ検討の余地があることも明らかになった。

発音練習は多くの学習者が「上手になりたいけれど好きではない」というが、遠隔教育システムを利用する事で、発音学習に興味を持ち、遠隔教育システムは発音練習に対するモチベーションを高めることに大いに貢献しうる可能性があることが示唆された。

これらの結果から、言語学的アプローチと工学的アプローチから発音教育における問題点の改善を試みる事が可能であることが確認できた。音声はコミュニケーションをとるのに一番手軽で、有効な手段である。しかし、発音を学ぶことは学習者にとっても、教師にとっても時間と根気のかかるものである。それを解決するのは、地道な発音上の問題点の解明と、得られた知見を応用するための発想・技術ではないだろうか。言語学的アプローチの発音教育も、工学的アプローチの発音教育も、それぞれ優れた面があることはいうまでもない。だが、その二つを融合させることで、さらに優れたものとなる。

技術の進歩はめまぐるしく、10年前には不可能だったことが、今ではパーソナル

コンピュータで実現可能となっている。今後はさらに、分野と知識の融合は進んでいくと考えられる。

本論文は、発音教育における問題解決の一端を試みるものであるため、取り組むべき課題はまだまだたくさんあるが、本研究での成果を第一歩として、今後さらに研究を発展させていきたい。

謝辞

本研究を遂行し、博士論文としてまとめるにあたり、多くの方々に多大なるご指導、ご協力を賜りました。ここに感謝の意を表したいと思います。

指導教授である熊本大学大学院自然科学研究科の宇佐川毅教授は、本学入学以前から、本研究テーマに対してご理解を示していただき、始終熱意を持ってご指導いただきました。先生の尽きない探究心、広い視野と的確な判断力、研究や教育に対する情熱などは、研究者の道を歩み始めたばかりの自分にとって年月を重ねるほどにその偉大さを実感いたしました。先生に出会わなければ、このように博士論文をまとめるまでに達しなかったと思います。心より感謝し、厚く御礼申し上げます。

外部審査員として加わってくださった熊本県立大学の馬場良二教授には、筆者が研究をするきっかけを作ってくださいました。また卒業後もさまざまな視点からのご助言と温かい励ましをいただきましたことを深く感謝しています。

本論文の審査を快く引き受けてくださった熊本大学大学院自然科学研究科の内村圭一教授、村山伸樹教授、入口紀男教授、上田裕一准教授には日頃よりご助言、励ましをいただきました。心よりお礼申し上げます。

本研究を発表するにあたり、研究会等で多くの先生方、研究者の皆様からご指摘、ご助言をいただきました。Max Planck Institute for Psycholinguisticsの大竹孝司博士には研究の初期の段階からさまざまなご指摘や、研究方法などさまざまなご提案をいただきました。早稲田大学の戸田貴子教授には日本語音声教育の立場からご指摘をいただけたことを感謝しております。京都大学博士後期課程の朴さんには、本研究に興味を持っていただき、深く議論できたことを心から感謝しています。これからも研究者としてともに議論できることを願っております。

技術的な助言から研究のバックアップまで幅広くご指導、ご協力いただいた苮木

禎史助教, 西村義隆技術補佐員, 熊本県立大学の宮園博光准教授, 熊本大学の坂田聡助教, 熊本電波高等専門学校の中島栄俊准教授。先生方のご協力なしには実験を遂行することはできませんでした。

暖かい励ましと, ご指摘をいただいた熊本電波高等専門学校の江端正直校長, 研究に多大なるご協力をいただいた熊本大学留学生センターの梅田泉准教授, 今西利之講師に深く感謝致します。

また, 甲斐朋子さん, 大室香織さん, 大山裕美さん, 田渕咲子さん, 加藤香織さん, 二田さち子さん, 田川恭識くん, 皆さんとともに研究や教育について議論することができたことを誇りに思います。

熊本大学大学院自然科学研究科 博士後期課程の LINDA INDRAYANTI さん, 先に卒業して社会人としてがんばっている中川彰くん, 中島雄平くん, 上野歩さん, 梅田耕佑くん, 河野翔くん, 高田俊亨くん, 松尾浩太郎くん, その他, 宇佐川研究室の皆さん。皆さんの協力には感謝してもしつくせません。

さらに, 本研究を行うに際して, 様々な実験に協力して頂き, 数多くの御助言を頂きました日本語教師, 大学生, 留学生のみなさまに深く感謝致します。

最後に, どんなときも温かく見守ってくれていた両親と弟に感謝します。

引用文献

- [1] 国際交流基金:海外の日本語教育の現状－日本語教育機関調査・2003年－(凡人社, 東京, 2003).
- [2] “外国人等における日本語教育の推進,” わが国の文化行政 平成18年度版, p.51, 2006.
- [3] Thomas, J., “Cross-cultural Pragmatic Failure,” *Applied Linguistics*, vol.4, no.2, pp.91-112, 1983.
- [4] Selinker, L., “Interlanguage,” *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, vol.10, pp.209-231, 1972.
- [5] ラーセン－フリーマン, D., ロング, M., (牧野高吉 訳) : 第二言語習得への招待 (東京, 鷹書房弓プレス, 1995).
- [6] 水野光晴 : 中間言語分析 (東京, 開拓社, 2000).
- [7] Ioup, G. and Weinberger, S. (eds.) : *Interlanguage Phonology: the Acquisition of a Second Language Sound System* (Rowley, MA, Newbury House, 1987).
- [8] Flege, J. and Fletcher, K., “Talker and listener effects on the perception of degree of foreign accent,” *Journal of the Acoustical Society of America*, vol.91, pp.370-389, 1992.
- [9] 白畑知彦, “年齢と第二言語習得,” 第二言語習得研究に基づく最新の英語教育, 小池生夫, SLA 研究会編 (東京, 大修館書店, 1994).
- [10] Lenneberg, E. : *Biological foundations of language* (New York, Wiley, 1967).
- [11] Flege, J., “A critical period for learning to pronounce foreign languages?” *Applied Linguistics*, 8, pp.162-177, 1987.

- [12] Bialystok, E. and Hakuta, K. :In other words: The science and psychology of second-language acquisition (New York, Basic books, 1994).
- [13] Moyer, A., "Ultimate attainment in L2 phonology," *Studies in Second Language Acquisition*, vol.21, pp.251-286, 1999.
- [14] Bongaerts, T., "Ultimate attainment in L2 pronunciation: The case of very advance late L2 learners," In D. Birdsong (Ed.), *Second language acquisition and the critical period hypothesis*, pp.133-159 (Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999).
- [15] Marinova-Todd, S. H., Marshall, D. B., and Snow, C. E., "Three misconceptions about age and L2 learning," *TESOL Quarterly*, vol.34, no.1, pp.9-34, 2000.
- [16] 戸田貴子, 木下直子, "発音が上手になる学習者の特徴—学習開始年齢と到着年齢を中心に—," *早稲田大学日本語教育研究*, Vol.7, pp.153-163, 2005.
- [17] Singleton, D., "Age and second language acquisition," *Annual Review of Applied Linguistics*, vol.21, pp.77-89, 2001.
- [18] Moyer, A., "Age, accent and experience in second language acquisition," Clevedon: Multilingual matters, 2004.
- [19] MacIntyre, P. D. and Gardner, R. C., "Language anxiety; Its relationship to other anxieties and to processing in native and second languages," *Language Learning*, vol.41, pp.513-514, 1991.
- [20] Gardner, R. C., Smythe, P. C., Clement, R. and Glikzman, L., "Second language learning : A social and psychological perspectiv." *Canadian Modern Language Review*, 32, pp.198-213, 1976
- [21] 池田伸子, "ドリル方 CAI を用いた初級日本語学習の満足度規定要因に関する基礎研究," *日本教科教育学会誌*, vol.21, no.4, pp. 9-16, 1999.
- [22] 元田静, "初級日本語学習者の第二言語不安についての基礎的調査," *日本教科教育学会誌*, vol.21, no.4, pp.45-52, 1999.
- [23] 小河原義朗, "外国人日本語学習者の日本語発音不安尺度作成の試み—タイ人大学生の場合—," *世界の日本語教育*, vol.11, pp.39-52, 2001.

- [24] 池田伸子, “外国語学習不安と成人学習者の日本語習得,” 留学生教育, vol.2, pp.121-130, 1997.
- [25] 任都栗 新, “IT時代の新しい日本語教育ツール,” 言語, Vol.34, no.6, pp.74-80, 2005.
- [26] 大嶋淳俊 :わかる! e ラーニング, (東京, ダイヤモンド社, 2001).
- [27] 池田伸子, “コンピュータを利用した文法学習—その効果と問題点,” 広島大学留学生センター紀要, vol.9, pp.51-62, 1999.
- [28] 村崎恭子, “アジア留学生の日本語のクセ,” 言語生活, Vol.322, pp.39-47, 1978.
- [29] 助川泰彦, “母音別に見た発音の傾向—アンケート調査の結果から,” 日本語音声と日本語教育, 文部科学省重点研究領域研究報告書, pp.187-222, 1993.
- [30] 松崎寛, “韓国語話者の日本語音声—音声教育の観点から,” 音声研究, vol.3, no.3, pp. 36-35, 1999.
- [31] 山田幸宏, “朝鮮人の日本語認知における難易度の測定について,” 日本語教育, No.3, pp.19-33, 1963.
- [32] 川口義一, “誤用に対する指導法—韓国語系学習者の場合(発音・聞き取り),” 日本語教授法, pp.233-251 (おうふう, 東京, 1989).
- [33] 鈴木忍, “発音の指導と問題点—タイ語国民を中心に—,” 日本語教育, Vol.2, pp.7-20, 1963
- [34] 東間由美, 大坪一夫, “外国人の日本語発話の日本人話者による評価,” 日本語の音声の構造, pp.113-118, 筑波大学, 1991.
- [35] 斎藤純男:日本語音声学入門 (三省堂, 東京, 1998).
- [36] 小河原義明, “発音矯正場面における学習者の発音と聞き取りの関係について,” 日本語教育, no.92, 日本語教育学会, 1997.
- [37] 藤崎博也, 杉藤美代子, “音声の物理的性質,” 大野晋, 柴田武 編『岩波講座日本語 5 音韻』, pp.65-105,(岩波書店, 東京,1977).
- [38] 杉藤美代子, “アクセント・イントネーションの比較,” 国広哲彌 編『日英語比較講座 1 音声と形態』, pp.107-183, (大修館書店, 東京, 1980).

- [39] 佐藤ゆみ子, “日本語のモーラリズム—音節数と単語長の間との相関関係.” 音声学会会報第 209 号, pp.45-53, 1995.
- [40] 川上秦:日本語音声概説 (おうふう, 東京, 1977) .
- [41] Takako Knight Toda, “Interlanguage Phonology: Acquisition of timing control in Japanese,” Australian Review of Applied Linguistics, vol.17, no.2, pp.51-76, 1994.
- [42] 前川喜久雄, “音声の言語学的モデル,” 行動計量学, 22, 1-10, 1995.
- [43] 天沼寧, 大坪一夫, 水谷修:日本語音声学 (くろしお出版, 東京, 1978(1989)).
- [44] Shibatani, M.: The languages of Japan (Cambridge, Cambridge University Press, 1990).
- [45] 国語学会: 国語学大辞典 (東京堂出版, 東京, 1980).
- [46] NHK 放送文化研究所 編: 新版 NHK 発音アクセント辞典 (NHK 出版, 東京, 1998).
- [47] 関光準, “日本語と朝鮮語のアクセントとイントネーション,” 日本語と日本語教育 第 3 卷 (明治書院, 東京, 1990).
- [48] Kaori OMURO, Ryoji BABA, “Perception of Morae in Long Vowels,” Proc. 2nd International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP'96), vol.4, pp.2474-2477, 1996.
- [49] 大室香織, 馬場良二, 宮園博光, 宇佐川 毅, 瀬川 裕一, “日本語長母音における拍数の聞き取りについて—日本語話者と韓国語話者と英語話者の比較 —,” 日本音声学学会 全国大会発表予稿集, pp.71-76, 1996.
- [50] 上野薫, 田淵咲子, 時吉智子, 山川仁子, 甲斐朋子, 宇佐川毅, 馬場良二, “日本語長母音の拍知覚におけるピッチの役割について,” 日本音響学会 聴覚研究会 H-97-85, pp.1-8, 1997.
- [51] Nagano-Madsen, Y., “Perception of mora in the three direction of Japanese,” Proc. Proc. 1st International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP'90), 1-7-1, vol.1, pp.25-28, 1990.

- [52] 筧一彦, 広瀬友紀, “ピッチ情報のモーラ数知覚に及ぼす影響,” 日本音響学会平成9年秋季研究発表会講演論文集, 1-3-12, pp.389-330, 1997.
- [53] Nobuaki MINEMATSU, Seiichi NAKAGAWA, Keikichi HIROSE, “Prosodic Manipulation System of Speech Material for Perceptual Experiments,” Proc. ICSLP’96 vol.4, pp.2056-2059, 1996.
- [54] 藤崎博也, “日本語の音調の分析とモデル化,” 『講座日本語と日本語教育第2巻』, 明治書院, pp.266-297, 1989.
- [55] 藤崎博也, “ことばとコミュニケーション,” 東京大学公開講座37ことば, 東京大学出版会, pp.1-51, 1983.
- [56] 藤崎博也「人間と音声」難波精一郎編『音の科学』朝倉書店, pp.66-85, 1989
- [57] Fujisaki, H., “A Note on the Physical and Physiological Basis for the Phrase and Accent Components in the Voice Fundamental Frequency Contour.” In Fujimura, O.ed., Vocal Fold Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions, Raven Press, New York, pp.347-366, 1988
- [58] 佐久間鼎: 日本語音声学 (京文社, 東京, 1929; 風間書房, 東京, 1963 復刊) .
- [59] 憚能, “母音の無声化とアクセント,” 日本語教育研究論纂 1, 国際交流基金, pp. 21-25, 1983.
- [60] 今田滋子, 国際交流基金: 教師用日本語教育ハンドブック6 発音 改訂版 (凡人社, 東京, 1989) .
- [61] 城田俊: 日本語の音-音声学と音韻論 (ひつじ書房, 東京, 1993) .
- [62] 前川喜久雄, “共通語における母音の無声化の確率について,” 言語の世界, vol.1, no,2, pp. 69-81, 1983.
- [63] 杉藤美代子, “無声拍にアクセントをおく発話の生理的特徴,” 日本語音声の研究 6, (和泉書院, 東京, 1988), pp. 97-105.
- [64] Martin J. Bill and Joan Rahilly: Phonetics -The Science of Speech- (Oxford University Press, 1999)
- [65] 松田勝敬, 粕谷秀樹, “ささやき声の音響特性と音声合成法,” 信学技報告 SP99-6, pp. 39-46, 1999.

- [66] 杉藤美代子, 東川雅彦, 坂倉淳, 高橋宏明, “ささやき声におけるアクセントの知覚的, 音響的, 生理的特徴,” 日本音響学会音声研究会 SP91-1, Vol.91, No.74, pp.1-8, 1991.
- [67] 杉藤美代子, “日本の8都市における母音の無声化,” 大阪樟蔭女子大学紀要, vol.25, pp. 1-10, 1988.
- [68] Sawashima Masayuki, “Devoicing of Vowels,” Annual Bulletin -Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, No. 5, Faculty of Medicine, University of Tokyo, pp. 7-14, 1971.
- [69] 柴谷武, “方言コンプレックス,” 日本の言語学6 方言, pp. 706-725 (大修館書店, 東京1978).
- [70] 城田俊:日本語の音—音声学と音韻論— (ひつじ書房, 東京, 1998) .
- [71] 馬場良二, “無声化母音は摩擦音である,” 熊本県立大学文学部紀要, vol.4, No.1, pp. 1-22, 1998.
- [72] 前川喜久雄, “母音の無声化,” 講座日本語と日本語教育2, pp. 135-15 (明治書院, 東京, 1988).
- [73] [Multispeech] <http://www.kayelemetrics.com/>
- [74] 鮎沢孝子, “東京語アクセントの聞き取りテストについて—音声言語の韻律特徴に関する研究—,” 平成8年度科研費研究報告書, pp.179-278, 1997.
- [75] 松田勝敬, 森大毅, 粕谷秀樹, “ささやき母音のフォルマント構造,” 日本音響学会誌, vol.56, no.7, pp. 477-487, 2000.
- [76] Lado, R., :Language Testing -The construction and Use of Foreign Language Tests (McGraw-hill, New York, 1964) .
- [77] 植木正裕, “日本語は難しい?,” 日本語を外から眺める, 新「ことば」シリーズ15, 国立国語研究所, p.126 (国立印刷局, 東京, 2002, ISBN 4-17-1-6215-3).
- [78] 加藤翹子, “韓国人に対する日本語教育,” 日本語教育, Vol.35, pp.65-78, 1978.
- [79] M.F. Doman, L.J.Raphael and D.Isenberg, “Acoustic cues for a fricative-affricate contrast in word-final position,” Journal of Phonetics, Vol.8, pp.397-405, 1980.

- [80] 先進学習基盤協議会 (ALIC), “e ラーニング白書 2003/2004 年版,” オーム社, 2003.
- [81] 小河原義朗, “外国人日本語学習者の日本語発音不安,” 言語科学論集, 東北大学, vol.3, pp.13-24, 1999.
- [82] 池田伸子: CALL 導入と開発と実践—日本語教育でのコンピュータの活用 (くろしお出版, 東京, 2003)
- [83] 壇辻正剛, 坪田康, “第二言語の音声習得と CALL,” 音声研究, vol. 9, no. 2, pp. 5-15, 2005.
- [84] 中川聖一, 牧野正三, 壇辻正剛, “音声言語処理技術を用いた語学学習システム,” 日本音響学会誌, Vol. 59, No. 6, pp. 337-344, 2003.
- [85] 古井貞熙, 岩野公司, 広瀬幸夫, “音声認識を用いた日本語自律学習システムの研究,” 特定領域研究 (A) 「高等教育改革に資するマルチメディアの高度利用に関する研究」研究成果報告書 (公募研究 A02:外国語教育の高度化の研究), pp. 13-18, 2002.
- [86] 小俣修一, 岩野公司, 古井貞熙, “韓国人の日本語発声に対する発音誤りの自動検出・評定法,” 日本音響学会 2003 年秋季講演論文集, 2-8-8, pp.259-260, 2003.
- [87] 權五杓, 鈴木基之, 伊藤彰則, 牧野正三, “音声認識を利用した韓国人のための日本語発音学習システム,” 信学技報, SP2002-164. pp.19-24, 2003.
- [88] 河合剛, 石田朗, 広瀬啓吉, “2 言語の音響モデルを用いた音声認識による非母語発音誤りの検出と発音評価,” 日本音響学会誌, vol.57, no.9, pp.569-680, 2001.
- [89] 三輪讓二, 山本真人, “日本語特殊拍の発音自動評価システムとその検討,” 日本音響学会 聴覚研究会資料, H2000-1, pp.1-8, 2000.
- [90] Goh Kawai and Keikichi Hirose, “Teaching the pronunciation of Japanese double-mora phonemes using speech recognition technology,” Speech Communication, vol. 30, pp.131-143, 2000.
- [91] 文化庁: 日本語教育指導参考書 1 音声と教育,(大蔵省印刷局, 東京, 1998).

- [92] Wang Shudong, Michael Higgins and Yukiko Shima, "Training English Pronunciation for Japanese Learners of English Online," *The JALT CALL Journal*, Vol. 1, No.1, pp.39-47, 2005.
- [93] Jo, C.H., Kawahara, T., Doshita, S. and Dantsuji, M., "Automatic pronunciation error detection and guidance for foreign language learning," *Proc.ICSLP'98*, vol.6, pp.2639-2642, 1998.
- [94] 中川彰, 上野歩美, 中島雄平, 山川仁子, 菅木禎史, 宇佐川毅, "日本語初習者を対象とした日本語遠隔学習システム構築の試み," *信学技報 EA2003-114*, Vol.103, No.472, pp.31-36, 2003.
- [95] 上野歩美, 鱒淵俊児, 村井慶史, 梅田耕佑, 山川仁子, 菅木禎史, 今西利之, 梅田泉, 宇佐川毅, "留学生の学習行動に基づく日本語発話訓練 e-Learning システムの支援機能に関する検討," *信学技報, ET2005-65*, pp. 47-52, 2005.
- [96] Kimiko Yamakawa, Tsuyoshi Usagawa, Yoshifumi Chisaki, Ayumi Ueno, Kousuke Umeda, Izumi Umeda and Toshiyuki Imanishi, "Development of an utterance training e-Learning system for L2 learners of Japanese," *Proc. IEEE 7th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training*, No. 223, pp. 1-5. 2006.
- [97] Kimiko Yamakawa, Tsuyoshi Usagawa, Yoshifumi Chisaki, Ayumi Ueno, Kousuke Umeda, Izumi Umeda and Toshiyuki Imanishi, "Applying e-Learning system to the training of Japanese pronunciation," *Proc. the 2nd International Conference of Information and Communication Technology Seminar*, pp. 465-470, 2006.
- [98] [moodle] <http://moodle.org>
- [99] [Atutor] <http://www.atutor.ca>
- [100] [Dokeos] <http://www.dokeos.com>
- [101] [dotLRN] <http://www.dotlrn.org>
- [102] [ILIAS] <http://www.ilias.uni-koeln.de>
- [103] [LON-CAPA] <http://www.lon-capa.org>

- [104] [OpneUSS] <http://openuss.sourceforge.net/openuss>
- [105] [Sakai] <http://www.sakaiproject.org>
- [106] [Spaghet-tilearning] <http://www.spaghettilearning.com>
- [107] Sabine Graf and Beate List, "Evaluation of Open Sorce E-Learning Platforms Stressing Adaptation Issues," ICALT, pp.163-165, 2005.
- [108] 岡本 輝彦, 木川 和子, 辻本澄子, 西尾節子, 松井充子, 一杉 武史: 初級 留学生のための日本語 1, 2 (凡人社, 東京, 2002).
- [109] 国際交流基金 日本語国際センター: 教師用日本語教育ハンドブック 6 発音 (改訂版), (凡人社, 東京, 1997).
- [110] 汎用大語彙音声認識エンジン Julius/Julian
<http://julius.sourceforge.jp>
- [111] [日本音響学会 研究用連続音声データベース]
<http://research.nii.ac.jp/SRC/JIPDEC>
- [112] [毎日新聞社新聞記事読み上げ音声コーパス]
<http://research.nii.ac.jp/SRC/JNAS>
- [113] [CD-毎日新聞データ集]
<http://www.nichigai.co.jp/sales/mainichi/mainichi-data.html>
- [114] 梅田 耕佑, 村井 慶史, 鱒淵 俊児, 上野 歩美, 山川 仁子, 菅木 禎史, 宇佐川 毅, "負荷分散型マルチプラットフォーム対応発話訓練システムの実装," 信学技報, IE2005-116, pp. 1-6 (2005).
- [115] 加藤 由香里, "日本語読解 e-Learning システムの評価 - 日本語教師と外国人留学生の視点の相違を中心に," メディア教育研究, Vol. 2, No. 1, pp. 175-187, 2005.
- [116] 八重 檉文, 北村 智, 久松 慎一, 酒井 俊典, 望月 俊男, 山内 裕平, "iPlayer:eラーニング用インタラクティブ・ストリーミング・プレイヤーの開発と評価," 日本教育工学会論文誌, Vol. 29, No. 3, pp. 207-216, 2005.
- [117] 山岡 俊樹, 岡田 明: ユーザインタフェースデザインの実践 - 応用人間工学の視点に基づく -, (海文堂, 東京, 1999).

- [118] Kousuke Matsuo, Kousuke Umeda, Kimiko Yamakawa, Yoshifumi Chisaki, Tsuyoshi Usagawa, “An acoustic model constructed for non-native speakers and its application to a Japanese utterance training system,” *Kyushu-Youngnam Joint Conference on Acoustics 2007*, pp. 71–74 (2007).
- [119] 山川仁子, 苜木禎史, 宇佐川毅, “韓国人日本語学習者による日本語破擦音ツとその特徴,” *日本音声学会 第19回 全国大会論文集*, pp.155–160, 2005.
- [120] 山川仁子, 苜木禎史, 宇佐川毅, “タイ人日本語学習者における日本語破擦音ツの習得,” *日本音響学会聴覚研究会資料*, Vol.35, No.11, H-2005-113, pp.663–668, 2005.
- [121] Kimiko Yamakawa, Yoshifumi Chisaki, Tsuyoshi Usagawa, “Subjective evaluation of Japanese voiceless affricate spoken by Korean,” *Acoustical Science Technology*, Vol.27, No.4, pp.236–238, 2006.

付録 A 藤崎モデル

音声の基本周波数パターンはフレーズと、アクセントの2種類の成分からなる。フレーズ成分は多数のデータから推測すると、その形は質量とばね定数をもつ二次の力学系のインパルス応答に近似され、アクセント成分は同じく二次の力学系のステップ応答に近似される。

フレーズ成分に相当するインパルス応答は

$$h_1(t) = \begin{cases} \alpha^2 \exp(-\alpha t) & , t \geq 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} \quad (1)$$

また、アクセント成分に相当するステップ応答は

$$h_2(t) = \begin{cases} \text{Min}[1 - (1 + \beta t) \exp(-\beta t), \theta] & , t \geq 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

と表すことができる。ここで θ はアクセント成分が有限の時間内に一定値に到達することを表現するために設けた閾値である。

入力となる2種類の指令のうち、フレーズ成分は正、または負のインパルスとして、文頭、文中、および文末に生起してフレーズ成分を生ずる。

また、アクセント指令は正の方形波として個々の単語または単語連鎖ごとに生起してアクセント成分を生ずる。最後にこの2種類の成分は相加され、生体振動の基本周波数の対数値に変化を生ずる。ここで時刻 t における基本周波数の値を $F_0(t)$ で表せば、その対数値は

$$\log_e F_0(t) = \log_e F_{min} + \sum_{i=1}^I A_{pi} h_1(t - T_{0i}) + \sum_{j=1}^J A_{aj} \{h_2(t - T_{1j}) - h_2(t - T_{2j})\} \quad (3)$$

と表すことができる。ここで F_{min} は基本周波数パターンの基線、 A_{pi} は i 番目のフレーズ指令の大きさ、 T_{0i} はその生起する時点、 A_{aj} は j 番目のアクセント指令の大きさ、 T_{1j} と T_{2j} はそれぞれの立ち上がりと立ち下りの時点を表す。

このモデルは、基本周波数パターンの特徴のうち、発話の言語学的内容に関するものをモデルへの入力指令として、また生理学的・物理学的メカニズムに関するものをフレーズ成分・アクセント成分の関数形として、分離して表現したものであるが、単なる数学的な近似ではなく、基本周波数の制御にかかわる喉頭の構造と喉頭筋の特性から導かれるものであるととらえることができる。[54, 55, 56, 57]。

付録B 提案システム搭載の教材詳細

表 1: 発話訓練の教材数

レッスン名	Lesson1	Lesson2	Lesson3	Lesson4	Lesson5
教材数	53	37	43	46	71
レッスン名	あいさつ	月の言い方	日の言い方	時間の言い方	数の数え方
教材数	18	13	32	34	28

表 2: 聞き取り訓練の学習内容

レッスン名	Lesson1	Lesson2	Lesson3	Lesson4	Lesson5
教材数	34	15	19	19	18

付録C 日本語発話訓練システム インターフェース



図 1: 提案システムの学習選択画面



図 2: 発話訓練の問題画面



図 3: 訓練終了の画面



図 4: 正答率によって現れるエージェント
 (左上: 0 ~ 69 %), (右上: 70 ~ 89 %)
 (左下: 90 ~ 99 %), (右下: 100 %)

発音させたい単語:

わたし

ページ内容:



わたし



図 5: 発話訓練の問題作成画面

付録D 学習管理者対象評価実験用アンケート

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 移動(G) ブックマーク(B) ツール(I) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

教材管理に関するアンケート

コメントも是非お願いします。

login ID(*)

名前(*)

所属(*)

学年(*)

e-mail(*)

(*)は入力必須です。

教材管理全体について

	1:悪	5:良
1. 文字の大きさについて	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5	
	<input type="text" value="コメント"/>	
2. 配色について	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5	
	<input type="text" value="コメント"/>	
3. 画面構成について	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5	
	<input type="text" value="コメント"/>	

完了

図 6: アンケート画面 (1/3)

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 移動(G) ブックマーク(B) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

← → ↶ ↷ 🔍 検索 🖨️ 📄

発話レッスンについて 1:いいえ 5:はい

4. 教材の追加は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

5. 教材の更新は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

6. 教材の移動は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

7. 教材の削除は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

8. ヘルプの内容は分かりやすいですか? 1 2 3 4 5
コメント

📄 🔍 完了 🖨️ 📄

図 7: アンケート画面 (2/3)

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 移動(G) ブックマーク(B) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

← → ↶ ✕ 🔍 検索 📄 📁

聞き取りレッスンについて 1:いいえ 5:はい

9. 教材の追加は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

10. 教材の更新は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

11. 教材の移動は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

12. 教材の削除は簡単に行えましたか? 1 2 3 4 5
コメント

13. ヘルプの内容は分かり易いですか? 1 2 3 4 5
コメント

送信

完了

図 8: アンケート画面 (3/3)

付録E 学習者対象評価実験用アンケート

No. _____ Date: 2006/ /

Please answer the following questions:

Name: _____

For utterance lesson

01. Answering time of speech recognition was appropriate.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
02. Hint of question was useful for you to utter.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
03. Result page of question was useful for you to understand the utterance.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
04. These utterance lessons made it possible for you to pronounce Japanese.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
05. You were satisfied with the speech recognition result.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____

For listening lesson

06. The audio contents were clear enough to hear.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
07. The description of the lesson was useful for your understanding.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
08. These listening lessons made it possible for you to listen Japanese.
(1: disagree - 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____

For the whole of HICC CALL

09. Size of the characters was appropriate.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
10. Color of the characters was appropriate.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
11. The web site design was well organized.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
12. The wording used in HICC CALL has not been understood easily for you.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
13. It was easy for you to access the desired page.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
14. It was easy for you to memorize the operation procedure.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
15. Amount of questions was appropriate for you.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
16. The degree of difficulty was high for you.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
17. Contents of the questions were realistic.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
18. You worked in a positive manner on HICC CALL.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
19. You want to use HICC CALL more.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____

20. It was fun for you to use HICC CALL.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
21. You were satisfied with the item of the study history.
(1: disagree – 5: agree) 1. 2. 3. 4. 5.
Comment: _____
22. Please write your comments on HICC CALL as you like.