

TR-H-229

0002

STRAIGHT による分析合成音声を用いた /r/-/l/ 音聴取訓練

久保理恵子, 山田玲子,
河原英紀 (ATR-HIP / 和歌山大)

1997.9.9

ATR 人間情報通信研究所

〒619-02 京都府相楽郡精華町光台2-2 TEL: 0774-95-1011

ATR Human Information Processing Research Laboratories

2-2, Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-02, Japan

Telephone: +81-774-95-1011

Fax : +81-774-95-1008

STRAIGHT による分析合成音声を用いた /r/-/l/ 音聴取訓練

久保理恵子¹ 山田玲子¹ 河原英紀^{1 2}

¹ ATR 人間情報通信研究所

619-02 京都府相楽郡精華町光台 2-2

² 和歌山大学

640 和歌山市栄谷 930

rkubo@hip.atr.co.jp

概要

第二言語音知覚実験、聴取訓練の刺激に STRAIGHT による分析合成音を用いた。合成音と原音声との間では、知覚、訓練効果ともに顕著な差は認められず、STRAIGHT による合成音を用いた外国語音声訓練の有効性が明らかになった。また、より効果的な訓練刺激音を探るため、子音持続時間の伸長および第3フォルマントの強調という、音声パラメタへの加工を施した合成音による訓練を試みたが、それらの訓練効果と、パラメタを加工しない音による訓練効果の差異はみられなかった。今後、適切なパラメタ加工方法を更に模索する必要がある。

和文キーワード:

音声知覚、第二言語、知覚学習、分析合成音

/r/-/l/ Perception Training

Using Synthetic Speech Generated by STRAIGHT Algorithm

Rieko Kubo, Reiko Akahane-Yamada, Hideki Kawahara

ATR Human Information Processing Research Laboratories

2-2 Hikaridai Seika-cho Soraku-gun Kyoto 619-02 Japan

Abstract

Japanese speakers' identification of English /r/ and /l/ using original and synthetic speech, generated by the STRAIGHT algorithm, was compared. No significant difference was observed, demonstrating the potential for using synthetic speech generated by STRAIGHT in second language(L2) training studies. As a first attempt to find an effective stimulus manipulation for speech training experiments, we adapted the original stimuli by lengthening the duration of /r/-/l/ and/or enhancing F3. Performance on these manipulated stimuli showed no significant difference from performance on synthetic stimuli without such manipulations, suggesting the necessity of further effort in finding more effective L2 training stimuli.

Key Words:

speech perception, second language, perception learning, synthesized speech

1 はじめに

母語が一旦確立された後に第二言語の音韻を学習するには、困難を伴う。しかし、最近になって、自然音声を用いた聴取訓練により、成人でも学習が可能であることが報告された (Yamada et al., 1997 等)。現在、より効果的な訓練方法の検討が、重要な研究課題となっている。学習の効果をあげる一つの方法として、各音韻の特徴が掴みやすい音声を合成し、訓練刺激として用いることが考えられる。

Strange&Dittmann(1984) は、合成音による訓練に対して否定的な実験結果を報告している。彼女等の合成音を用いた日本人に対する米語 /r/,/l/ 音の弁別訓練では、合成音聴取に対する訓練効果は認められたが、自然音声の聴取成績は向上しなかった。しかし、この訓練では、フォルマント合成音 (Klatt, 1980) を用いており、きわめて単純化されたフォルマントパラメータを持つ、限られた単語対 (“rock”-“lock”) による訓練しか行われていなかった。この刺激変動量の少なさが、訓練の失敗につながった可能性がある。したがって、合成音を用いた訓練でも、音響的変動量が大きくなるように工夫を施すことにより、自然音声と同じ、または一層の訓練効果をあげる可能性はある。

そこで、自然音声を基にした分析合成音声を用いて、合成音による訓練の有効性を検討した。合成の手法としては、STRAIGHT (Speech Transformation and Representation based on Adaptive Interpolation of weiGHTed spectrogram, Kawahara, 1997a) を用いた。この方法によると、自然音声から音声パラメータを大幅に加工しても、音声としての自然性を保つことが報告されている (河原他., 1997a)。自然音声に拮抗する高品質を保ちつつ、パラメータ加工の自由度が高い STRAIGHT による分析合成音声を訓練刺激として用いる事は、

音声パラメータの加工が、種々、自然性を保ちつつ可能であり、訓練効果が高い刺激音声を模索するに有効な手段と考えられる。

本研究では、日本人には知覚困難とされる米語音 /r/,/l/ の識別に関して、STRAIGHT による分析合成音声と原音声との、知覚上の差異及び訓練効果の差異の有無を検討した。さらに、/r/,/l/ 部の持続時間および、第3フォルマント (F3) のスペクトルを加工した刺激の知覚、訓練効果についても検討した。

持続時間の加工は、対比される部分が長く呈示されることにより、識別の手がかりがわかりやすくなることを予想し、/r/ または /l/ の部分を3段階 (そのまま、2倍、3倍) に伸長させた。

F3 スペクトルは、米語話者と日本語話者における知覚の手がかりの差異に基づいて加工した。F2 と F3 の周波数を段階的に変化させて合成した /r/ と /l/ の同定では、米語話者は F3 の差を手がかりとして /r/,/l/ を識別し、日本語話者は F3 よりもむしろ F2 を手がかりとして、/r/,/l/ を識別していることが報告されている (Yamada et al., 1990)。また、F3 は米語 /r/,/l/ を弁別する主たる音響の手がかりでもある (Lisker, 1957)。F3 を強調することにより、F3 に注目を向けさせ、知覚の手がかりとして用いるように誘導する。米人話者と同じ手がかりを用いることにより識別が向上することを予想して、F3 のスペクトルを3段階にわけて強調した。

2 実験 1: 知覚テスト

2.1 刺激音

アメリカ人男性一名が発話した /r/-/l/ ミニマルペア 32 対の単語。単語内での /r/-/l/ 対立の位置環境は、以下の5種に分けられる。語頭 (LASH/RASH 等)7 対、語中 (ELECT/ERECT 等)5 対、

語尾 (DIAL/DIRE 等) 5 対、語頭重子音 (PLOD/PROD 等)10 対、語尾重子音 (TILED/TIRED 等) 5 対。この 64 単語の原音声、ならびに、数種の音声パラメタ加工により STRAIGHT を用いて合成された分析合成音を用いた。

合成の際の加工パラメタは、/r/,/l/ 部の持続時間伸長及び F3 スペクトル強調の 2 点であった。

伸縮率は 1、2、3 倍の 3 段階。

F3 スペクトル強調は以下の 3 段階である。

	/r/	/l/
for1	0dB	0dB
for2	5dB	10dB
for3	10dB	20dB

F3 スペクトル強調が大きくなると、チャープ音が聞こえる等、音質劣化が見られた。本来の F3 周波数が異なる為、同じ強調を加えても /r/ と /l/ で劣化の程度は異なる。今回は、劣化の程度をそろえるため、/r/ と /l/ の間で異なる強調率を用いた。そのため、F3 が低い /r/ では /l/ よりも低いレベルの強調率となった。

以上の組合せの結果、3(F3 変化)x3(伸縮変化)=9 種 +1(原音声)=10 種の刺激が、1 単語につき存在した。

2.2 被験者

18-23 歳、平均 20 歳の日本人大学生。男性 4 名女性 3 名、合計 7 名。本論文の被験者は、全員海外滞在経験を持たなかった。また、聴力スクリーニングにて正常聴力を有することを確認した。

2.3 方法

実験は 2 つのセッションに分けて行われた。

第 1 セッションでは、原音声と、パラメタ加工の無い(伸縮率 1 倍, F3 強調 0dB) 合成音、合計 128 単語をランダムに聴取した。

第 2 セッションでは、合成音を、伸縮率毎に以下の 3 ブロックにわけて聴取した。

dur1: 伸縮率が 1 倍であるもの。(F3 強調 1、2、3 段階すべて含む。192 単語)

dur2: 伸縮率が 2 倍であるもの。(同上)

dur3: 伸縮率が 3 倍であるもの。(同上)

この 3 ブロックの呈示順は、被験者により異なった。ブロック内の刺激は、各ブロック毎にランダムに呈示された。

刺激音がヘッドホン (Stax SR A pro) を通じて呈示され、被験者は、画面上に表示された 1 対の選択肢 (呈示した単語を含むミニマルペアを成す 2 つの単語) から同定を行うよう要求された。回答に対する正否のフィードバックは与えられなかった。

3 結果

第 1 セッションにおける、原音声及び合成音に対する正答率をそれぞれ求めた (図 1)。原音声に対しては 62%、分析合成音に対しては 66% であり、この 2 条件間の正答率に有意差は見られなかった [$F(1,6)=2.43$, NS]。

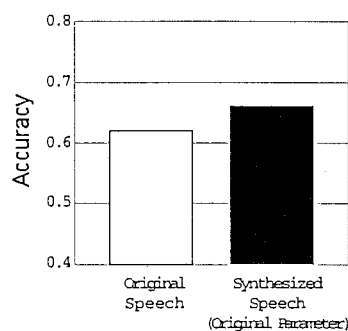


図 1: 原音声、及びパラメタ変化の無い合成音に対する正答率

次に合成音条件間 (dur1、2、3) で、各加工パラメタによる正答率の差を求めた。F3 強調と伸縮率の交互作用は無かった [$F(4,24)=0.38$, NS]。F3 強調の主効果も見られなかった [f1:64%, f2:65%, f3:65%, $F(2,12)=0.02$, NS]。伸縮率の主効果は、有意だった [$F(2,12)=10.53$, $p<0.05$]。伸縮率毎の

正答率は、1倍に対しては66%、2倍では65%、3倍では62%と、伸長するほど成績が低下した。

この、伸縮率に対する正答率の違いを、/r/,/l/ 毎の反応にわけて、さらに検討した(図2)。/r/はいずれの伸縮率においても70%の正答率であったが、/l/は伸縮率1倍では62%、2倍では60%、3倍では54%と、伸縮率が高くなるにつれて、有意に正答率が低下した [$F(2,12)=5.26, p<0.05$]。

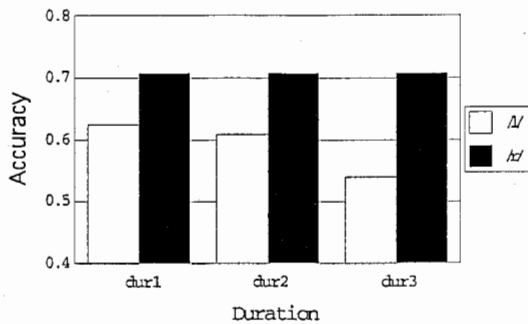


図2: 伸縮率に対する /r/,/l/ 音の正答率

3.1 考察

音韻の内的表現やその学習について研究するために、種々の音声パラメータを変動させて、知覚の変化を調べるアプローチは有効である。本実験の結果では、原音声とパラメータ加工の無い合成音とでは、正答率の差異は無かった。これは、STRAIGHTによる合成音を、外国語音知覚やその学習実験で使用し、上記のような研究アプローチをとることの妥当性を示したといえる。

次に、音響パラメータに加工を施した合成音の場合、F3スペクトル強調は正答率には影響を及ぼさなかった。日本語話者はそもそもF3を知覚の手がかりとしていないため、この部分の変化が成績に影響を与えなくても当然のことかもしれない。

一方、伸縮率の変化は正答率に影響を与えたが、対立する音の持続時間が長いほど正答率が下がる結果となった。対立音毎の内訳では、伸縮率

の変化に対して /r/ では正答率は一定だが、/l/ では持続時間が長くなる程正答率は低下した。日本人は持続時間の短い音が /l/ であるという、不適切な手がかりを用いることが報告されている(山田, 東倉, 1990)。/r/,/l/ の持続時間を大きく伸ばすことにより、この手がかりが使えなくなるため、正答率が低下し、本結果につながったのかもしれない。

以上の結果より、ここで用いられた伸縮率、F3の加工は、原音声と比較して正答率を向上させる要因とはならないことが明らかになった。

4 訓練 1

合成音訓練の有効性を検討するために、まず、音声パラメータを加工せずに合成した刺激音声を用いて /r/,/l/ 聴取訓練を行った。そして、この訓練による効果を、原音声による訓練の結果(Yamada et al., 1997)と比較した。

4.1 刺激

訓練、テストとも、用いられた単語は、Yamada et al.(1997) で用いられたものと同一である。アメリカ人男性3名、女性2名が発話した /r/-/l/ ミニマルペア68対の単語が訓練に用いられた。単語内での /r/-/l/ の位置環境は、語頭13対、語中5対、語尾15対、語頭重子音24対、語尾重子音11対であった。前述の知覚テストで用いられた32対の単語を含む。

本実験では、音声パラメータを加工せずにSTRAIGHTによって合成した合成音を用いた。対して、Yamada et al.では原音声を用いている。訓練前後の知覚テストでは、本実験でも、Yamada et al.と同じ以下の原音声を用いた。

test: 男性話者1名が発話した96単語

gen1: 訓練に出現する女性話者一名が発話した、訓練に出現しない99単語

gen2: 訓練に出現しない女性話者が発話した、訓練に出現しない 96 単語

4.2 被験者

19-23 歳、平均 20 歳の男性 6 名女性 2 名、合計 8 名。Yamada et al. では、17-25 歳、平均 20 歳の男性 11 名女性 7 名、合計 18 名であった。

4.3 方法

刺激音に合成音を用いた以外は、Yamada et al. と同じ手続きの訓練、テストを行った。

訓練は 5 日間行われた。1 話者 136 単語を繰り返し 2 回、272 問を 1 セッションとして、一日あたり 3 セッション、合計 15 セッションを行った。訓練話者は、T1 ~ T5 (T1, 3, 5 = 男性、T2, 4 = 女性) までセッション毎に順に変わり、訓練全体で 5 人の話者が三巡した。訓練前後に 3 種の知覚テスト、test、gen1、gen2 を行った。テストと訓練は同じ日には行われなかった。ただし、Yamada et al. では、訓練前の gen1、gen2 のテストは行われなかった。

実験 1 と同様に、再生される刺激に対して同定判断が求められた。訓練では、被験者の回答に対し、その正否が示された。正答率は画面上に常に表示され、総正答数に応じて実験日毎に報酬 (3 問正答につき 1 円) が与えられた。知覚テストでは正否のフィードバックは与えられなかった。

4.4 結果

図 3 に示すように、Yamada et al. (1997) と同様に、本実験でも訓練中正答率は上昇し、訓練後の知覚テストの成績も訓練前に比べて上昇した。

訓練中の成績について、話者が一巡する 5 セッションを 1 サイクルとし、サイクル毎の正答率の平均を求めた。さらに分散分析を行ったところ、

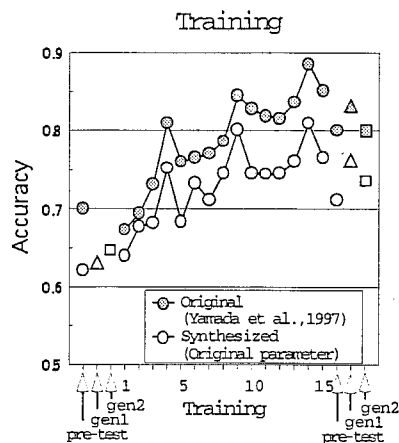


図 3: 原音声または分析合成音声を用いた訓練。訓練中及び訓練前後のテストの正答率を示す

本実験の訓練では、1 → 2、1 → 3 のサイクル間に有意な上昇が見られた [$F(2,14)=23.65, p<0.05$]。これに対して Yamada et al. では、すべてのサイクル間で有意な上昇が見られた [$F(2,14)=117.81, p<0.05$](図 4)。

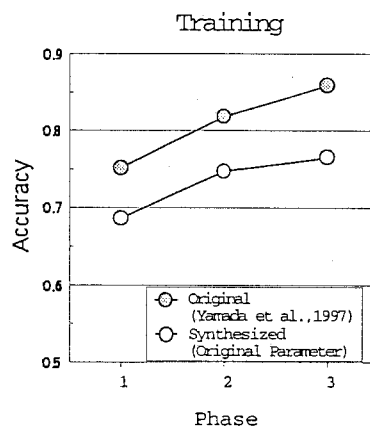


図 4: 訓練中のサイクル毎の平均正答率。原音声と分析合成音声の比較。

訓練前後のテストの成績においても、訓練後では訓練前に比較して有意な上昇が見られた [62% → 71%, $F(1,7)=7.42, p<0.05$]。Yamada et al. でも有意な上昇が見られている [71% → 81%, $F(1,17)=28.40, p<0.05$]。

次に本実験と Yamada et al. を、訓練効果の差から比較検討した。訓練中の成績については、

サイクル間の成績の差分を上昇率として、2つの実験間で上昇率に差があったかどうか分析を行った。サイクル1→2では実験間に差が見られなかった[F(1,2)=0.48, NS]。しかし、サイクル2→3[F(1,2)=8.84, p<0.05], 1→3[F(1,2)=9.62, p<0.05]では2群間に差があった。つまり、サイクル2→3にかけては、Yamada et al.の方が正答率の上昇が大きかった。しかし、訓練前後のテストの正答率について上昇率を実験間で比較すると、有意差は見られなかった[F(1)=0.06, NS]。

gen1、gen2のテストは、Yamada et al.(1997)では、訓練後にしか実施されていないため、ここでは実験間での比較は行わなかった。

4.5 考察

原音声で訓練した場合と同様に、合成音で訓練した場合も、/r/,/l/音の同定能力が向上することが示された。原音声と合成音声とでは、訓練中の成績上昇率には一部差があったものの、総じて同程度の上昇を示した。さらに訓練前後のテストを比較すると、原音声と合成音の間で、改善率の差は認められなかった。このことから、合成音を用いた訓練でも、原音声による訓練と同程度の訓練効果が得られると考えられる。

5 訓練 2

5.1 刺激

訓練2では、STRAIGHTにより子音持続時間やスペクトルを加工した合成音を用いて訓練を行った。加工により刺激は以下の2種類となった。1つは/r/,/l/部の伸縮率のみを加工した刺激音声(E刺激)であり、1つは/r/,/l/部のF3スペクトルのみを加工し強調を加えた刺激音声(F刺激)であった。各パラメタの変量は以下のとおりであった。

	伸縮率	F3 強調
E 刺激	3 倍	/r/,/l/=0dB
F 刺激	1 倍	/r/=10dB, /l/=20dB

被験者はE群、F群の2群に分けられ、E群はE刺激のみを、F群はF刺激のみを訓練刺激として聴取した。

5.2 方法

訓練刺激に、それぞれの条件に応じた合成音を用いた以外は、訓練1と同じ手続きを用いた。

5.3 被験者

E群:19-24歳、平均20歳の大学生(男性5名女性3名、合計8名)

F群:19-22歳、平均19歳の大学生(男性3名女性5名、合計8名)

5.4 結果

結果は、訓練1で得られたパラメタ無変更の訓練群をN群とし、E群、F群、N群の3群の比較を行った。

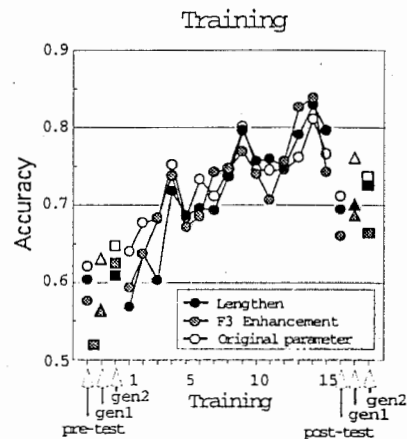


図5: 合成音を用いた訓練。訓練中及び訓練前後のテスト、般化テストの正答率。刺激は、/r/,/l/部を伸長、またはF3を強調したもの、加工を加えなかったもの、3種を用いた。

訓練中、いずれの群でも正答率は上昇を示し、訓練前後のテストの成績も上昇した(図5)。

訓練中の正答率を、サイクル毎の平均で求め、
図 6 に示す。

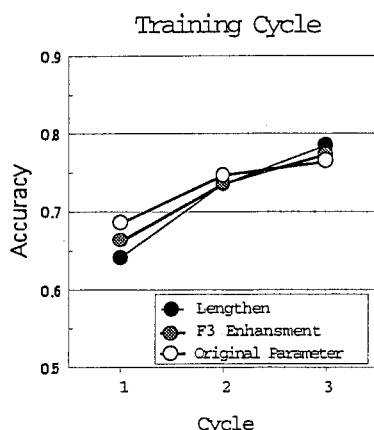


図 6: 分析合成音声を用いた訓練。サイクル毎の平均正答率。

どの群でも、訓練につれて有意な上昇が見られた [E 群: $F(2,14)=22.79, p<0.05$, F 群: $F(2,14)=34.51, p<0.05$, N 群: $F(2,14)=23.65, p<0.05$]。

次に、訓練前後のテストの正答率、上昇率 (表 1, 2, 3) を各群求め、比較すると、次のようになった。

training stimuli	pre	post	improvement
synthesized speech (Lengthen)	0.603	0.693	0.090
synthesized speech (F3 enhancement)	0.576	0.660	0.084
synthesized speech (Original parameter)	0.621	0.710	0.089

表 1: 訓練前後のテストの正答率

training stimuli	pre	post	improvement
synthesized speech (Lengthen)	0.563	0.697	0.134
synthesized speech (F3 enhancement)	0.561	0.684	0.123
synthesized speech (Original parameter)	0.683	0.759	0.130

表 2: gen1: 訓練に用いられた話者、用いられない単語

E 群では、訓練前に比較して訓練後のテストは有意に上昇した [60% → 69%, $F(1,7)=11.32, p$

training stimuli	pre	post	improvement
synthesized speech (Lengthen)	0.608	0.724	0.116
synthesized speech (F3 enhancement)	0.623	0.662	0.039
synthesized speech (Original parameter)	0.645	0.735	0.090

表 3: gen2: 訓練に用いられない話者、単語

<0.05]。F 群でも、訓練後に有意な上昇が見られた [57% → 66%, $F(1,7)=20.78, p<0.05$]。N 群でも有意な上昇が見られた (4.4節参照)。

gen1 では、すべての群で訓練後が有意に上昇した [E 群: 56% → 69%, $F(1,7)=5.90, p<0.05$, F 群: 56% → 68%, $F(1,7)=45.81, p<0.05$, N 群: 62% → 75%, $F(1,7)=6.43, p<0.05$]。gen2 でも、E、F の 2 群では、それぞれ有意に上昇した [E 群: 60% → 72%, $F(1,7)=6.42, p<0.05$, F 群: 62% → 66%, $F(1,7)=6.12, p<0.05$]。N 群では、訓練後が前に比べて上昇したものの、有意差は見られなかった [64% → 73%, $F(1,7)=3.23, NS$]。

更に、E、F、N 群間で訓練効果に差があるか検討した。

まず訓練中については、各群それぞれのサイクル毎の差分を上昇率として求め、群間で比較した。N 群と E 群の間にサイクル 1 → 2、2 → 3 では、上昇率に有意差が見られた [$F(2)=4.86, p<0.05$]。しかし、1 → 3 に有意差は見られず、N 群と E 群間には、訓練中の上昇率の差は無いといえる。また、N 群と F 群、E 群と F 群の上昇率に有意差は無く、同等の上昇率を示した。

更に /r/, /l/ 音毎の上昇率を求め比較したところ、有意差はなかったものの、サイクル 1 → 2 において、/r/ と /l/ の間に大きな差が観察された。F 群では /r/, /l/ がそれぞれ、6%、8%、N 群ではそれぞれ 5%、6% ずつ上昇し、/r/ と /l/ の間では大差は無かった。一方、E 群ではそれぞれ 6%、12% と、/l/ が大きく上昇した。

訓練前後のテストについても同様に、訓練前から後の上昇率を各群毎に求め、群間で比較検討した。test については、群間で有意差は認められず $F(2)=0.01$, NS]、同程度の上昇率を示した。gen1、gen2 でも同様に、群間に上昇率の有意差は認められず [gen1: $F(2)=0.02$, NS, gen2: $F(2)=1.12$, NS]、群毎の上昇率は同程度であることがわかった。/r/, /l/ 各音に対する正答率でも、群間で有意差は認められなかった $F(2)=0.45$, NS]。gen1、gen2 でも群間の有意差は認められなかった [gen1: $F(2)=1.06$, NS, gen2: $F(2)=0.56$, NS]。

5.5 考察

/r/, /l/ 部の伸長、F3 強調、いずれの合成音刺激による訓練でも、訓練前後のテストでは、訓練前に比べて訓練後が有意に上昇した。また、いずれの群でも、訓練中の正答率は上昇した。これらの結果より、伸長、F3 強調した合成音でも、パラメタ加工が無い合成音刺激と同様に、訓練効果があることが明らかになった。また、訓練に用いられていない単語、話者を用いた般化テストでも正答率が上昇し、新奇な単語や話者にも訓練効果が般化した。

しかし、音声パラメタ加工の差異による訓練効果の差は認められなかった。伸長、F3 強調を加えた合成音による訓練効果は、パラメタ加工が無い合成音による効果と同程度であり、パラメタ加工がより大きな訓練効果をあげる音声刺激とはなりえなかった。

訓練中の成績を、/r/, /l/ 音毎の正答率で検討すると、伸長した群では /l/ が /r/ にくらべて高い上昇を示した。つまり、訓練初期では /l/ の成績が /r/ に比べて低く、中期以降 /l/ と /r/ の成績は等しいレベルになった。これに対し、パラメタ加工の無い群、および F3 強調群では、/r/ と /l/ は常に同程度の成績、及び向上率を示した。伸長した

音による訓練では、実験 1 でみられたように、伸長によって持続時間が短いという /l/ の手がかりが失われ、初期には正答率が低い。しかし伸長した音による訓練によって、持続時間以外の手がかりを用いるようになったと考えられる。

6 まとめ

自然音声と、音声パラメタ加工の無い STRAIGHT 合成音に対しては、/r/, /l/ 音の正答率は同等であり、訓練効果にも差はなかった。このことから、今後 STRAIGHT による合成音を訓練刺激として用いる妥当性が確かめられた。

しかし、本実験で試みた F3 強調、持続時間伸長は、加工が無い音声に比べて、聞き取りやすさや訓練効果を大きく上昇させるには至らなかった。だが、興味深いことに、加工の影響が一部で観察された。子音部の伸長により、日本語話者の /l/ の同定率は低下した。そして、この傾向は、伸長した音での知覚訓練によって消失する傾向が認められた。このことは、訓練前後では知覚の手がかりが変化している事を示唆している。

今後、第二言語音訓練に効果的な音声のパラメタを求めるために、本研究結果に基づいて、更に細かい検討及び分析を加える予定である。

参考文献

- [1] Strange, W. and Dittmann, S., "Effects of discrimination training on the perception of /r-l/ by Japanese adults learning English", *Perception & Psychophysics*, 36, 131-145 (1984)
- [2] Klatt, D. H., "Software for a cascade/parallel formant synthesizer", *JASA*, 70, 1261-1271 (1980)
- [3] Kawahara, H., "Speech representation and transformation using adaptive interpolation of weighted spectrum: Vocoder revisited", *ICASSP'97, SPCH5P*, 1303-1306 (1997)
- [4] 河原英紀, 山田玲子, 久保理恵子. STRAIGHT を用いた音声パラメタの操作による印象の変化について. 聴覚研究会資料. H-97-, (1997)
- [5] Akahane-Yamada, R., Tohkura, Y., Lively, S.E., Bradlow, A. R. and Pisoni D. B., "Effects of extended

training on English /r/ and /l/ identification by native speakers of Japanese”, ATR Tech. Rep., TR-H-212 (1997)

- [6] Lisker, L., “Minimal cues for separating /w, r, l, y/ in intervocalic position”, *Word*, 13, 256-267 (1957)
- [7] A.Yamada, R. and Tohkura, Y., “Perception and production of syllable-initial English /r/ and /l/ by native speakers of Japanese.”, *Proc. ICSLP*, 757-760 (1990)
- [8] 山田玲子, 東倉洋一. 日本人の英語 /r,l,w/ 音知覚における手掛かり. *日本音響学会公演論文集*, 321-322 (1990)

付録

A 実験 1, 知覚テストで用いられた単語

IP(Initial singleton) 7pairs
IC(Initial cluster) 10pairs
IN(intervocalic) 5pairs
FC(Final Cluster) 5pairs
FP(Final Singleton) 5pairs
計 32ペア

BOLD FC002L
BOARD FC002R
COLD FC005L
CORD FC005R
GOLD FC008L
GOURD FC008R
SHIELD FC019L
SHEARED FC019R
TILED FC020L
TIRED FC020R
MISFILE FP002L
MISFIRE FP002R
BAIL FP003L
BARE FP003R
DALE FP006L
DARE FP006R
DIAL FP008L
DIRE FP008R
FAIL FP009L
FAIR FP009R
BLUE IC001L
BREW IC001R
PLY IC013L
PRY IC013R
BLADE IC014L
BRAID IC014R
BLAZE IC017L
BRAZE IC017R
CLAM IC025L
CRAM IC025R
CLOUD IC033L
CROWD IC033R
CLOUT IC034L
KRAUT IC034R
CLOWN IC035L
CROWN IC035R
PLOD IC056L
PROD IC056R
BLACKEN IC057L
BRACKEN IC057R
PALLET IN003L
PARROT IN003R
PILOT IN004L
PIRATE IN004R
ALLAY IN006L

ARRAY IN006R
ELECT IN008L
ERECT IN008R
OLEO IN009L
OREO IN009R
LASH IP010L
RASH IP010R
LATE IP011L
RATE IP011R
LED IP021L
RED IP021R
LEER IP022L
REAR IP022R
LEWD IP024L
RUDE IP024R
LICE IP025L
RICE IP025R
LIMB IP031L
RIM IP031R

B 訓練で用いられた単語

訓練:

IP(Initial singleton) 13pairs

IC(Initial cluster) 24pairs

IN(intervocalic) 5pairs

FC(Final Cluster) 11pairs

FP(Final Singleton) 15pairs

計 68 ペア

BOLD	FC002L
BOARD	FC002R
BUILD	FC003L
BIRD	FC003R
CALLED	FC004L
CARD	FC004R
COLD	FC005L
CORD	FC005R
GOLD	FC008L
GOURD	FC008R
HALT	FC010L
HEART	FC010R
MALT	FC014L
MART	FC014R
MILD	FC016L
MIRE	FC016R
SHIELD	FC019L
SHEARED	FC019R
TILED	FC020L
TIRED	FC020R
WIELD	FC021L
WIRED	FC021R
MISFILE	FP002L
MISFIRE	FP002R
BAIL	FP003L
BARE	FP003R
BOWL	FP004L
BOAR	FP004R
DALE	FP006L
DARE	FP006R
DIAL	FP008L
DIRE	FP008R
FAIL	FP009L
FAIR	FP009R
FEEL	FP010L
FEAR	FP010R
HAIL	FP012L
HARE	FP012R
MAIL	FP017L
MARE	FP017R
MILE	FP019L
MIRE	FP019R
PAIL	FP020L
PARE	FP020R
ROLL	FP025L
ROAR	FP025R

SOUL	FP026L
SORE	FP026R
TAIL	FP028L
TEAR	FP028R
WHILE	FP034L
WIRE	FP034R
BLUE	IC001L
BREW	IC001R
GLUE	IC010L
GREW	IC010R
PLAY	IC011L
PRAY	IC011R
PLY	IC013L
PRY	IC013R
BLADE	IC014L
BRAID	IC014R
BLAIN	IC015L
BRAIN	IC015R
BLAZE	IC017L
BRAZE	IC017R
BLEACH	IC018L
BREACH	IC018R
BLUES	IC022L
BRUISE	IC022R
BLUSH	IC023L
BRUSH	IC023R
CLAM	IC025L
CRAM	IC025R
CLASH	IC026L
CRASH	IC026R
CLICK	IC028L
CRICK	IC028R
CLIMB	IC029L
CRIME	IC029R
CLOCK	IC032L
CROCK	IC032R
CLOUD	IC033L
CROWD	IC033R
CLOUT	IC034L
KRAUT	IC034R
CLOWN	IC035L
CROWN	IC035R
CLUTCH	IC036L
CRUTCH	IC036R
GLOAT	IC051L
GROAT	IC051R
PLOP	IC055L
PROP	IC055R
PLOD	IC056L
PROD	IC056R
BLACKEN	IC057L
BRACKEN	IC057R
BLACKISH	IC058L
BRACKISH	IC058R
PALLET	IN003L

PARROT IN003R
 PILOT IN004L
 PIRATE IN004R
 ALLAY IN006L
 ARRAY IN006R
 ELECT IN008L
 ERECT IN008R
 OLEO IN009L
 OREO IN009R
 LASH IP010L
 RASH IP010R
 LATE IP011L
 RATE IP011R
 LED IP021L
 RED IP021R
 LEER IP022L
 REAR IP022R
 LEWD IP024L
 RUDE IP024R
 LICE IP025L
 RICE IP025R
 LIMB IP031L
 RIM IP031R
 LIME IP032L
 RHYME IP032R
 LIP IP034L
 RIP IP034R
 LIT IP035L
 WRIT IP035R
 LOCK IP043L
 ROCK IP043R
 LONG IP044L
 WRONG IP044R
 LOT IP049L
 ROT IP049R

C 訓練前後のテストで用いられた単語

test:

BOOT FL883U
 SWIMMING FL985M
 GLASS IC808L
 COAL FP914L
 BOOT FL983U
 HIP FL987P
 ARRIVE IN912R
 LOAD IP903L
 GLOW IC907L
 WAR FP915R
 BOAT FL983O
 LOOM IP802L
 DESCEND FL986S
 HOPE FL982H
 READ IP801R
 DEAL FP813L
 HIM FL887M
 DEAL FP913L
 GRASS IC808R
 BREED IC805R
 DEFEND FL886F
 MIRROR IN809R
 BROOM IC906R
 LOOM IP902L
 HIM FL987M
 MAN FL988N
 READ IP901R
 LIGHT IP904L
 WAR FP815R
 MAD FL888D
 BERRY IN810R
 BLOOM IC906L
 MAD FL988D
 KEEP FL981K
 MILLER IN809L
 HOPE FL882H
 DEAR FP913R
 ALIVE IN812L
 TIRE FP816R
 DEFEND FL986F
 COAL FP814L
 LIGHT IP804L
 GLASS IC908L
 BLEED IC805L
 HIP FL887P
 SWINGING FL985G
 TIRE FP916R
 CORE FP914R
 GROW IC807R
 GROW IC907R
 CORRECT IN811R
 COLLECT IN911L

RIGHT IP804R
 ALIVE IN912L
 DESCEND FL886S
 DEEP FL881D
 TILE FP816L
 CORE FP814R
 ROOM IP802R
 BLOOM IC806L
 GRASS IC908R
 BERRY IN910R
 BLEED IC905L
 LEAD IP901L
 SOAP FL982S
 TILE FP916L
 WALL FP915L
 BELLY IN910L
 ROAD IP903R
 WALL FP815L
 CORRECT IN911R
 BREED IC905R
 ARRIVE IN812R
 ROAD IP803R
 GET FL984E
 DEAR FP813R
 BOAT FL883O
 MIRROR IN909R
 SOAP FL882S
 BELLY IN810L
 LEAD IP801L
 COLLECT IN811L
 GET FL884E
 SWINGING FL885G
 DEEP FL981D
 RIGHT IP904R
 MILLER IN909L
 MAN FL888N
 GOT FL984O
 KEEP FL881K
 ROOM IP902R
 SWIMMING FL885M
 GOT FL884O
 BROOM IC806R
 LOAD IP803L
 GLOW IC807L

gen1:

BLIGHT IC021L
 CRONE IC037R
 CLONE IC037L
 LIFE IP055L
 PROW IC012R
 FLAY IC005L
 FLOW IC007L
 FLOCK IC044L

VEER FP030R
 HEARTH FC011R
 PERT FC017R
 RIDE IP028R
 REAR FP024R
 CLIQUE IC030L
 GLAZE IC049L
 PEER FP021R
 FROG IC045R
 LANE IP005L
 LATH IP058L
 FRED IC041R
 RAIL FP023L
 ALOE IN007L
 RICK IP026R
 HEEL FP013L
 LACK IP002L
 MEAL FP018L
 FLAME IC039L
 BLED IC019L
 LEAR FP015R
 FREE IC006R
 REEL FP024L
 BLAKE IC016L
 REEVE IP020R
 FLOG IC045L
 LOUT IP050L
 LOAN IP040L
 PORE FP001R
 HOARD FC012R
 RARING IN005R
 PULSE FC018L
 WRAITH IP999R
 KALE FP005L
 POLL FP001L
 PURSE FC018R
 CREEK IC030R
 ROOK IP045R
 RAM IP008R
 CLOAK IC031L
 RAID IP004R
 LUFF IP051L
 LAID IP004L
 FLIGHT IC043L
 LAIR IP006L
 GLEEN IC050L
 LAZE IP013L
 LAVE IP012L
 LOB IP041L
 FRAP IC040R
 ROAN IP040R
 ROUGE IP056R
 PEAL FP021L
 RACE IP001R
 LUGE IP056L

RAILING IN005L
 BURT FC001R
 RIVE IP037R
 FRO IC007R
 MERE FP018R
 LOOK IP045L
 LISLE IP036L
 CLASS IC027L
 PELT FC017L
 IRE FP035R
 FROCK IC044R
 NEARED FC013R
 FRY IC008R
 LATHE IP999L
 BREAD IC019R
 WRATH IP058R
 REACH IP014R
 LEAL IP018L
 RAP IP009R
 WHORE FP033R
 CROAK IC031R
 LEV IP023L
 HARD FC009R
 RACK IP002R
 FLAIL IC038L
 CRAW IC002R
 RUSE IP057R
 KNEELED FC013L
 PRATE IC054R
 CRASS IC027R
 CRAY IC003R
 LEAK IP017L
 HAULED FC009L
 RAVE IP012R
 LAP IP009L
 RUSH IP054R

gen2:

ROAM IP039R
 LIVE IP037L
 LAG IP003L
 LEAF IP016L
 LUNG IP053L
 WHALE FP031L
 CLACK IC024L
 HEALTH FC011L
 LOAM IP039L
 CRACK IC024R
 LAKE IP007L
 LID IP027L
 LUG IP052L
 WEAR FP031R
 PLOW IC012L
 PILE FP022L

CLAY IC003L
 LEAVE IP020L
 GRADE IC047R
 FLED IC041L
 FIRE FP011R
 RUNG IP053R
 ROBE IP042R
 ROB IP041R
 LIFE IP029L
 RAKE IP007R
 LING IP033L
 FOLD FC007L
 GRAZE IC049R
 HOLD FC012L
 RAG IP003R
 CLUE IC004L
 MAULS FC015L
 SHORE FP027R
 HEARING IN001R
 HEALING IN001L
 FLESH IC042L
 LEAL FP015L
 CARE FP005R
 HEAR FP013R
 FARCE FC006R
 AISLE FP035L
 FRAME IC039R
 MARS FC015R
 RUG IP052R
 LACE IP001L
 KNEEL FP014L
 FALSE FC006L
 ROOT IP048R
 FLY IC008L
 LUSH IP054L
 LICK IP026L
 LEAP IP019L
 SHOAL FP027L
 FORD FC007R
 BRIGHT IC021R
 LUNE IP047L
 LOSE IP057L
 PLATE IC054L
 RARE IP006R
 ARROW IN007R
 CREW IC004R
 ROUTE IP050R
 GROOM IC052R
 LEECH IP014L
 PYRE FP022R
 FRIGHT IC043R
 FRAIL IC038R
 LOOT IP048L
 FRAY IC005R
 FRUIT IC046R

RAIN	IP005R
BLIGHT	IC021L
ROUGH	IP051R
FRESH	IC042R
REEK	IP017R
CLAW	IC002L
LYRE	FP016R
LOBE	IP042L
FILE	FP011L
BRAKE	IC016R
RING	IP033R
GROWS	IC053R
FLAP	IC040L
PAIRING	IN002R
RARE	FP023R
LAMB	IP008L
RID	IP027R
FLUTE	IC046L
GREEN	IC050R
VEAL	FP030L
GLADE	IC047L
NEAR	FP014R
WHOLE	FP033L
RAISE	IP013R
GLOOM	IC052L

D 被験者

実験 1: 知覚テスト

Sub.No.	Age	Sex	Date
SP01	19	F	961122
SP02	18	M	961125
SP03	21	F	961125
SP04	23	M	961127
SP05	23	M	961129
SP06	19	F	961127
SP07	20	M	961204

訓練 1, 訓練 2

N 群:

Sub.No.	Age	Sex	Date
ST01	23	M	961205-961213
ST02	20	M	961205-961212
ST03	19	M	961213-961220
ST04	22	M	961211-961219
ST05	20	F	970130-970207
ST06	20	M	970205-970214
ST07	20	F	970212-970220
ST08	19	M	970225-970305

E 群:

ST21	22	F	961210-961219
ST22	19	M	961209-961220
ST23	20	M	961209-961220
ST24	24	M	970131-970214
ST25	20	F	970123-970203
ST26	19	M	970212-970221
ST27	20	F	970219-970228
ST28	19	M	970305-970313

F 群:

ST41	20	F	961209-961217
ST42	20	F	961209-961220
ST43	19	M	961209-961219
ST44	20	M	970203-970207
ST45	19	F	970204-970214
ST46	20	F	970206-970218
ST47	22	M	970227-970307
ST48	19	F	970303-970314

E 結果 -2

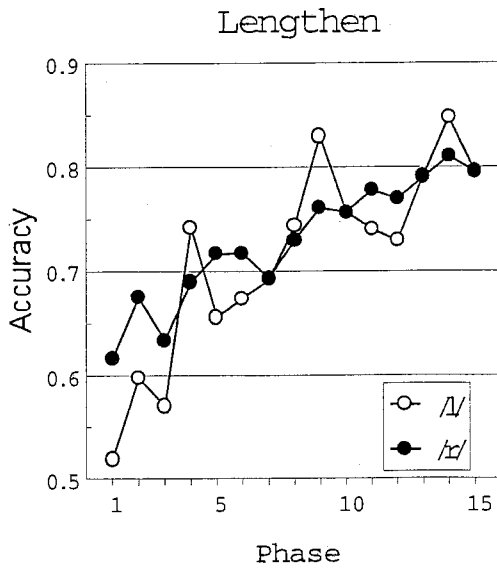


図 7: 伸縮を加えた合成音訓練に対する正答率。
/r/, /l/ 音毎。

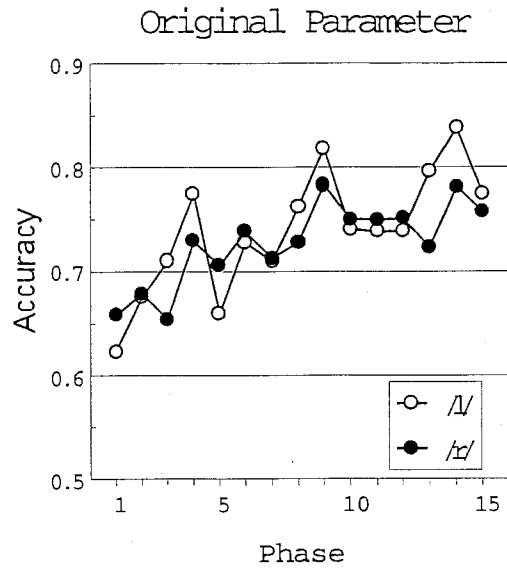


図 9: パラメタ加工の無い分析合成音訓練に対する正答率。
/r/, /l/ 音毎。

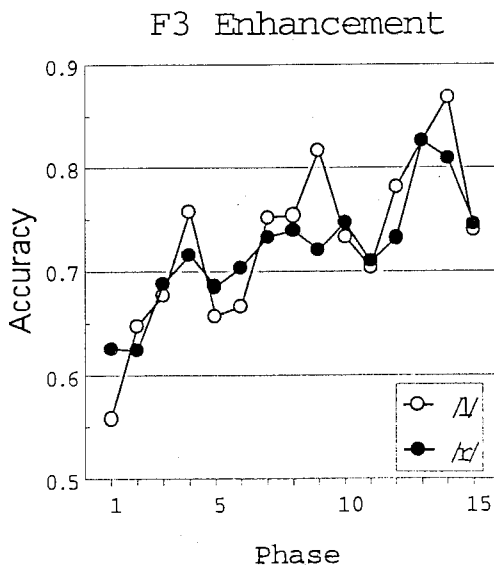


図 8: F3強調を加えた合成音訓練に対する正答率。
/r/, /l/ 音毎。

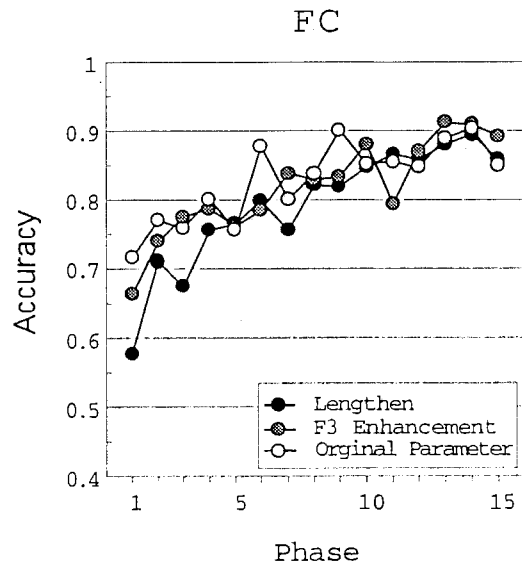


図 10: 環境 FC に対する訓練中の正答率

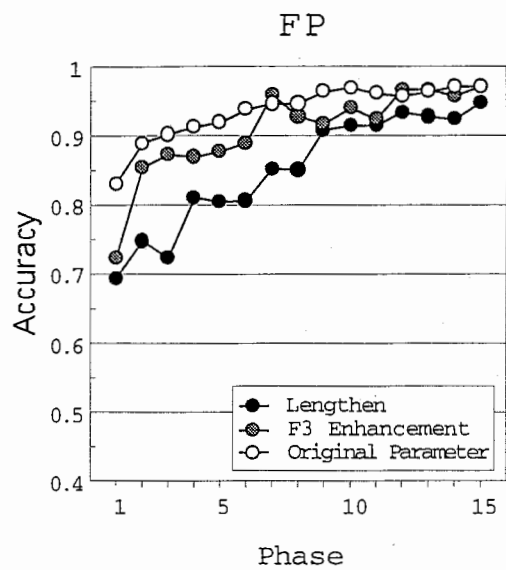


図 11: 環境 FP に対する訓練中の正答率

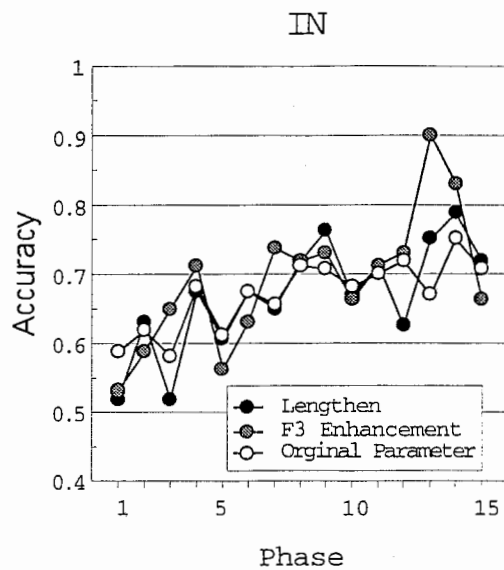


図 13: 環境 IN に対する訓練中の正答率

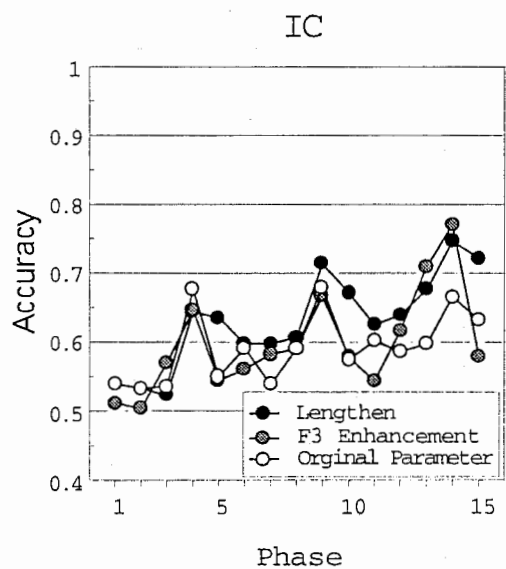


図 12: 環境 IC に対する訓練中の正答率

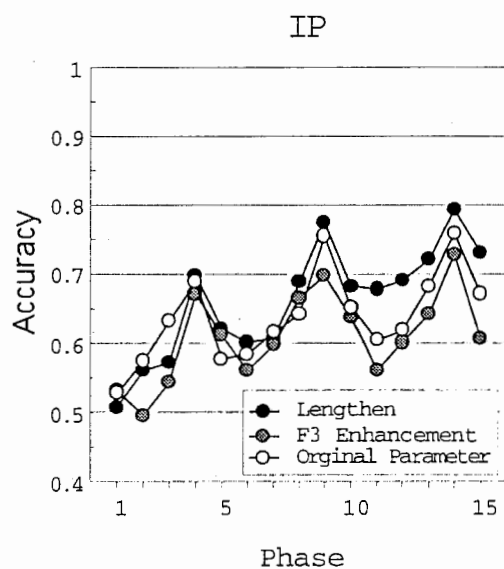


図 14: 環境 IP に対する訓練中の正答率