

聴覚障害者による音声の知覚処理と母音定常部の持続時間

福永 善秀* 高木 幸一**

この論文は、有声、無声の破裂子音を含む音節の識別と母音定常部持続時間の関係を検討する。そして、聴覚障害者を対象に母音知覚モデルについて考察した。

被験者は、健聴者6名(男性4名と女性2名)と聴覚障害者1名であった。聴覚障害者は、聴覚を非常によく使い、言語記号体系をほぼ習得している。

刺激語音は、母音/a/と有声・無声破裂子音を含む6音節、/pa/, /ta/, /ka/, /ba/, /da/, /ga/の合計7音節であった。それぞれの音節は、母音定常部開始点で語尾切断した。母音定常部の持続時間が50msになるまで5ms stepで切断した。母音定常部開始点は、音声エネルギーが最大に近いところで、ベクトル変化率が極小となる位置と定義した。その結果、聴覚障害者も健聴者と同様に母音/a/は、立ち上がりの部分だけで識別できた。また、CV音節も母音定常部開始点までに識別ができた。これらの結果、高度・重度の聴覚障害者でも、内的な音声処理システムを持つと音声の動的特性を知覚できることを示唆した。

キーワード：音声知覚モデル 母音定常部の持続時間 知覚単位 処理単位 聴覚障害者

I. 問題

音声を知覚することは、音響信号からメッセージを抽出することであり、そして、メッセージは自然言語の規則に従って符号化されている。従って、音声知覚は、音声信号(speech signal)を意図したメッセージへ変換する過程である。そして、この過程はいくつかの分析段階からなることが解っている。そして、Pisoni(1987)は、この分析段階は(1)末梢の聴覚処理(peripheral auditory analysis)、(2)中枢性聴覚分析(central auditory analysis)、(3)音響-音声分析(acoustic-phonetic analysis)、(4)音韻分析(phonological analysis)、さらには、(5)音声の高次分析(higher-order analysis of speech)-語認知(word recognition)と語目へのアクセス(lexical access)からなることを提唱している。人間の音声知覚過程は、このようにbottom upな処理が行われていると思われる。

これまで、音声知覚の単位の問題についていろいろ議論がなされたが、この単位は何等かの働きで、音声処理が終了することで決まると思われる。藤崎(1986)は、人間の音声知覚過程は、大きな単位の大まかな照合から小さな単位の詳細な照合へという多様な処理単位の照合過程を持っていると主張し、これらの問題を検討している。Pisoni(1975)も、知覚の単位は、必要とされる処理単位によって決まると主張する。このように、人間の音声知覚の過程は、言語処理システム(language processing system)の働きによって柔軟に決定されると思われる。つまり、聴き手が語音のあるクラスにさらされるとき、この語音を聴覚によって弁別したり、識別したりする能力は、ほとんどが言語的知識(linguistic knowledge)によって制限されるのである。

このような知覚単位と処理単位の柔軟な関係は、どのような機能によって決まるのであろうか。Pisoni(1985, 1986)によると、人間は、音声波形に含まれた音声情報を精緻化したり、音響-音声刺激の種々の不完全さ、あるいは部分的な特徴で

* 筑波大学心身障害学系

** 筑波大学電子情報学系

あっても単語を認識に使うように注意を払うと言う知見から音声精緻化理論 (Phonetic refinement theory) を提唱している。そして、単語の認識は制約を満たす過程 (a process of constraint satisfaction) であり、音声表示のネットワークが記憶の中で活性化され、その中で単語が認識されると言う。従って、音声処理システム (speech processing system) は、bottom up な処理によって初期の音声情報をによって言語処理システム (language processing system) が機能し、逆に、言語処理システムが必要な初期の音声情報を規定する機能があると思われる。ヒトは、言語行動の獲得によって、このように音声精緻化機能が働くようになると考えられる。その結果、ヒトは、音声環境 (phonetic environment) による Variability に柔軟に対処していると思われる。それでは、音声精緻化機能はどのようにして獲得されるのであろうか。

聴覚に末梢性の障害を持つ聴覚障害児 (者) は、Boothroyd (1984) によると聴力レベルの関数として、音声情報の聴取が困難なることを報告している。しかし、聴覚障害児 (者) は bottom up の音声情報の処理で困難を示している、スペクトル情報の処理では問題がなく、時間情報の処理で問題があることが指摘されている。従って、早期に発見され、適切な聴能訓練を受け、言語記号体系を習得した聴覚障害児 (者) では、たとえ高度・重度であっても聴覚障害による制約を克服し、音声情報を精緻化する機能を習得し、聴能を高めていくと考えられる。

このような研究は、音声情報の特徴抽出過程の研究と、音声言語によるコミュニケーションでの処理の高次のレベルと初期の音響—音声分析や音韻分析のレベルがどのように交互作用しているのか、言語構造と個別言語固有の語音の構造の相互作用、さらには言語習得においてこれらの構造はどのようにして構築されるかの問題を解決するのに重要であると思われる。そして、さらに、これらの知見は、聴覚障害児の聴能訓練や言語指導などの問題解決に役立つと思われる。

そこで、著者は、末梢性の聴覚障害を持ち、早期に適切な聴能訓練を受け、言語記号体系をほぼ習得している聴覚障害者を対象に音声情報を操作することによって音声知覚モデルを検討する。

音声情報は、知覚の単位によって操作されると

思われる。そこでは、まず、知覚の最小単位である CV 音節を用いて検討する。しかも、音響構造及び時間構造が、はっきり解っている有声・無声の閉鎖子音を含む CV 音節である。

音節は、子音と母音の調音結合の単位である。そして、この単位は、構音ジェスチャーの正確なタイミングと協調パターンで、音声の物理的特徴が重複して現れるものである (Studdert-Kennedy, 1974)。さらに、Repp (1977) は、音節は voicing feature の 2 値と調音点の特徴の 3 値のすべての組み合わせからなる同種の刺激セットであると言う。また、音節の言語機能は、リズム的な音響信号を聴覚の時間分解能 (the temporal resolving power of the ear) におさめ、これ自体が持っている音響対立において聞き手が聴覚的に弁別する能力を高めることができる (Studdert-Kennedy, 1974)。この音節の時間構造を図 1 に示した。

CV の音響構造は、子音固有の特徴である burst, 帯気音 (aspiration), 母音のホルマント遷移部、母音の定常部さらに、母音の出わたりからなる。

これらの語音の識別の手掛りは、Liberman (1967) が集中的に研究しているが、Stevens and Blumstein (1975, 1978) は識別手掛りが子音固有の特徴とホルマントの遷移部にあることを明らかにし、前者を static property, 後者を dynamic property と呼んでいる。そして、Cole ら (1974) は、さらに、prosody 情報を含む波形の手掛りを加え、識別はこれらの手掛りが統合されたものとしてして成立することを示唆している。しかし、古井 (1986) は、後者の手掛り、つまり、ホルマントの遷移部のスペクトルの傾斜の変化が重要であることを明らかにしている。

CV 音節の識別には、音声の動的特性が重要であることが合成音声や自然音声で明らかになっている。しかし、音声の静的特性についてはホルマント分析などの抽出などの研究は見られるが CV 音節の識別と母音定常部の持続時間との関係は十分に解決されていない。

古井 (1986) は、日本語 100 音節について CV 音節の識別の手掛りとそれに必要な持続時間を音響音声学的に詳細に検討している。その結果、有声・無声破裂子音を含む CV 音節では、識別に必要な持続時間は 61.7ms であり、語尾切断した CV 音節の聴取実験で識別率が 80% 以上になる critical

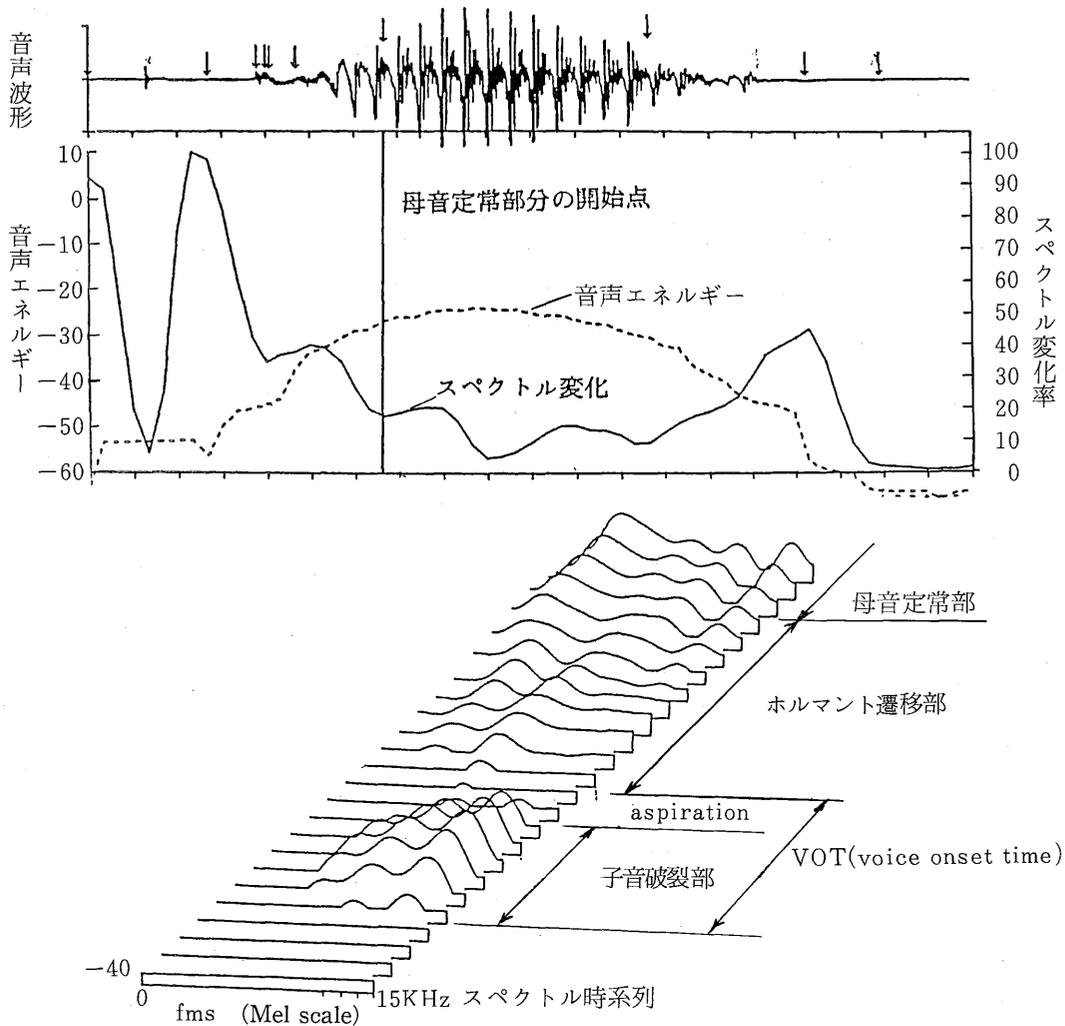


図1 /ta/の音声波形，音声エネルギー及びスペクトル変化とその時系列

point から 20ms 必要であることを明らかにしている。これらの結果は，CV 音節の識別には母音定常部はほとんど必要でないことを示していると思われる。

太田 (1987) は，有声・無声破裂子音や摩擦音を含む CV 音節を用い，これらの CV 音節の識別率が70%以上に達する持続時間を求めている。すると，健聴児ではこの持続時間が8歳から12歳で発達の短くなることを明らかにしている。しかし，聴覚障害児では，持続時間が115~128msでも識別率が40~60%程度であることを報告している。また，聴力レベルが中等度と高度ではパフォーマンスに違いが見られると言う。

本実験では，(1) CV 音節の識別に必要な母音定常部の持続時間は音声処理水準の高次化に伴い，短くなる，その結果，(2) 知覚の単位が CV 音節になり，CV 音節に本質的な特徴を手掛りに識別するようになると仮定した。

II. 目的

末梢性の聴覚障害を持ち，早期に適切な聴能訓練を受け，言語記号体系をほぼ習得している聴覚障害者を対象に CV 音節の識別に母音定常部が必要か否か，必要とするならば何 ms 必要かを明らかにし，音声知覚モデルとの関係で考察するものである。

III. 方法及び内容

(1) 刺 激

実験に用いた単音節は、有声及び無声閉鎖子音と母音が/a/からなるCV音節と/a/のV音節で、/a/ /pa/ /ta/ /ka/ /ba/ /da/ /ga/の7音節で、/ta/の時間構造を音声波形、音声エネルギー及びスペクトル変化とその時系列で図1に示した。これらの音声は、東京出身で23歳の男性（大学院生）が発声したものである。録音には Sony condenser microphone ECM-290F で Sony Digital processor PCM-F1 を用いて PCM 録音した。刺激に用いた音声は、出来るだけ他の要因の影響がなく、明瞭度が最も良いものにした。

(2) 音響分析及び刺激系列の作成

上記の音声を Facom S-3300 コンピュータを用い、Sampling rate 30KHz, 12ビットで量子化した。スペクトル変化は、窓長 34.14ms, フレーム周期 5 ms で FFT 分析を行い、スペクトルを求め、

その傾斜の時間的推移を 50ms の平均値で表した。さらに、音声のパワーを求めた。この結果は、図 1 に示した。スペクトル変化の抽出方法は、古井 (1986) に基づいた。

本実験では母音の定常部をスペクトル変化の極小時点と定義し、その開始点をスペクトル変化極小時点付近で音声パワーが最大に近い時点とした。さらに、上記で求めたスペクトルを図 1 に示すように周波数、強さ及び時間の 3 次元で表示し、確認した。切断方法は、まず母音の定常部の開始点で話尾切断し、その後 5 ms の Step で 11 個切り出した。従って、母音の定常部の持続時間は最小 0 ms で、最大 50ms であった。切り出し方は 5 ms の時間幅で cosine curve で後の部分を除去した。切り出した音声 77 個 (各音節 11 個) はランダム化し、2 系列作成し PCM 録音した。

(3) 被 験 者

被験者は、聴覚障害者 1 名と健常者 6 名 (男性 4 名と女性 2 名) であった。聴覚障害者は 27 歳の

表 1 聴覚障害者 M.S の異聴傾向 (57S 式語音聴力検査)

検査回数	第 1 日目	第 2 日目	第 3 日目	第 4 日目	第 5 日目
呈示音圧	110dB	120dB	120dB	120dB	120dB
受聴明瞭度	76% 74%	74%	82% 78%	78% 78%	72% 82%
異 聴 傾 向	mi → ni	mi → ni (2)	mi → ni (2)	mi → ni (2)	mi → ni (2)
	mi → gi	mo → me	ma → ra	me → ne	ma → na
	mo → ne	me → ne	me → ne	na → ma (2)	ma → a
	mo → me	da → ba	na → ma (2)	ne → me (2)	me → ne
	na → me (2)	de → re	ne → me	no → mo (2)	no → mo
	ne → me	ko → ho	no → mo	da → ba	na → ma
	no → mo	tʃi → ki	da → ba	de → re	ni → çï
	no → na	tsu → ku	de → re (2)	do → ro	ne → ma
	da → ga	ra → ga	ta → ka (2)	ta → ka (2)	da → ba (2)
	do → de	wa → ga	çï → ki	çï → ki	de → re (2)
	ta → ka		dçï → gi	dçï → gi (2)	do → ro
	ko → ho		tʃi → ki (2)	tʃi → ki	ta → ka (2)
	re → de		çï → ki	se → su	ku → tsu
	ro → be		zu → du	wa → ra	tʃi → ki (2)
	ro → re				se → su (2)
	ho → he				
	ju → u				
	e → u				
	u → ba (2)				
o → e					

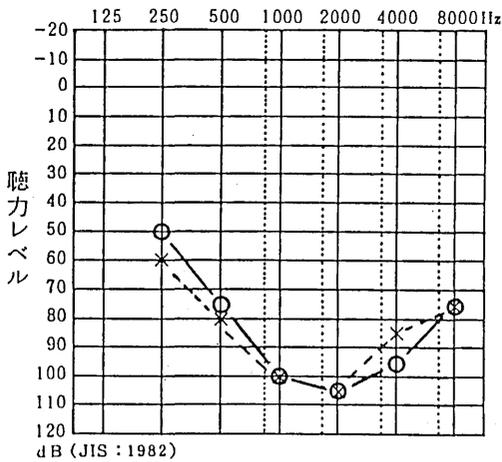


図1 聴覚障害者S.M.のオージオグラム

大学院生(男性)で平均聴力レベル 95dB で、オージオグラムを図2に示した。彼は3歳から聴能訓練を受け、聴覚を非常によく活用している者である。実験以前に毎日ほぼ一定の時間に、5日間オージオロジー学会で作成した57S式のオープンテープを用い語音聴力検査を実施した。呈示音圧が110~120dBで受聴明瞭度が72~82%で、そのときの異聴傾向を表1に示した。

健聴者は大学院生で20才台である。

(4) 手順

聴取実験では、Digital processor で再生し、オージオメータ(リオン AA-63BN)で呈示音圧を調整し、同機種専用の受話器から聴取させた。聴覚障害者には、上述のように語音聴力検査を実施し、

被験者に最適な聴取レベルを選ばせた。呈示音圧は、115dBであった。また、聴覚障害者では、第2回目の聴取実験を3ヵ月後に実施した。

健聴者も、同様に語音聴力検査を30dB、40dB、50dBで実施し、呈示音圧を選ばせた。呈示音圧は55dBであった。反応は聞いたとおりに書きとらせた。

IV. 結果

図2の1~3には、健聴者の7音節の識別率と母音定常部の持続時間の関係をリスト毎に示した。その結果、識別率は、第1リストが第2リストより低い傾向が見られた。また、第1リストでは、母音/a/は15ms、30ms、45msで識別率の低下が見られた。しかし、第2リストでは、25msで識別率の低下が見られたが、その他の持続時間ではほとんど100%の識別率を示した。つまり、学習効果がみられた。

識別率と母音定常部の持続時間の関係を見ると、第1リストでも/ta/と/da/を除いて、いずれの音節も識別率が80%以上だった。第2リストでは、/ta/と/da/以外はどの音節もほぼ100%であった。従って、健聴者では、刺激語音が短かく通常聞き慣れないために識別率の低下が見られたが、単音節の識別率には母音定常部の持続時間の影響をほとんど受けないことが解った。

聴覚障害者の2回の聴取実験の結果を表2に示した。その結果、健聴者と同様にリスト間に差が見られた。

識別率と母音定常部の持続時間の関係を見て

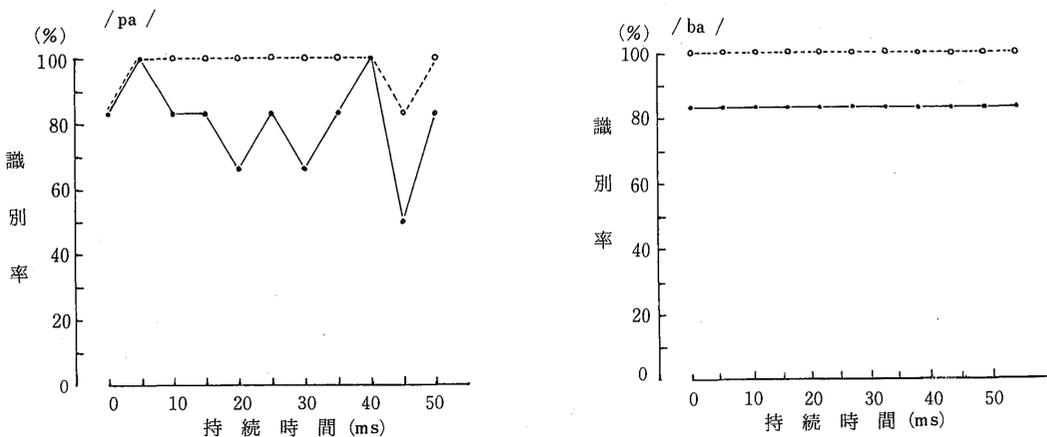


図2-1 /pa/と/ba/の識別率と母音定常部の持続時間との関係 (●—●リスト1) (○---○リスト2)

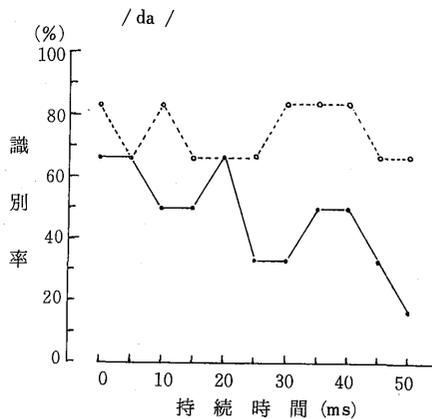
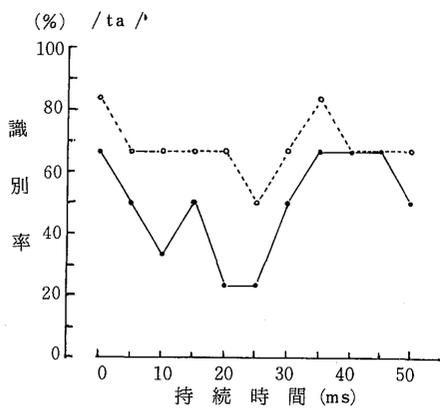


図2-2 /ta/と/da/の識別率と母音定常部の持続時間との関係 (●: リスト1, ○: リスト2)

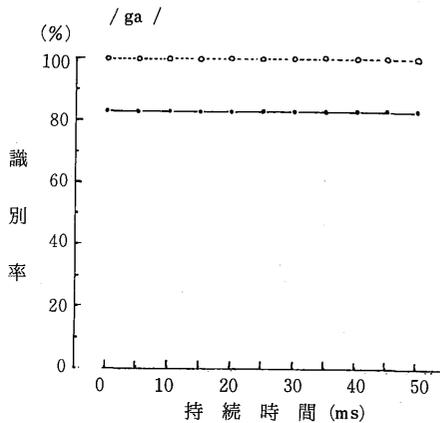
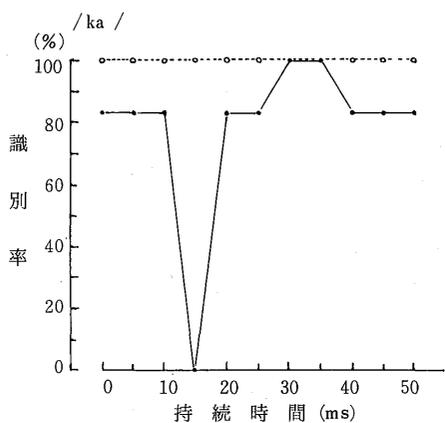


図2-3 /ka/と/ga/の識別率と母音定常部の持続時間との関係 (●: リスト1, ○: リスト2)

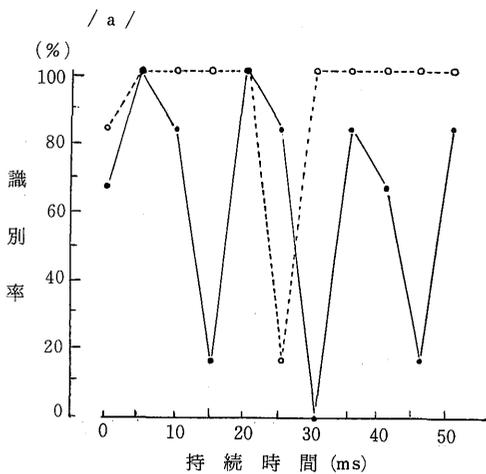


図2-4 /a/の識別率と母音定常部の持続時間との関係 (●: リスト1, ○: リスト2)

も、/pa/→/ta/, /ta/→/ka/, /da/→/ba/などの異聴傾向が見られるが、CV音節の認識はできているように思われる。第2リストでは、/pa/→/ta/などに異聴傾向が見られるが見られるだけで、健聴者と同様に音声の動的特性の部分だけで識別できると思われる。同様な結果が第2回の聴取実験からも得られた。

V. 考 察

Pisoni (1987) の音声知覚モデルについて問題で述べた。このモデルでは、音声は知覚処理のある段階で離散的なセグメント (discrete segments) や特徴 (feature) として内的に表示されると仮定している。

Lieberman (1967) は、子音は範疇的

表2 聴覚障害者の各音節の母音定常部の持続時間と識別との関係

a) 第1回

母音定常部の持続時間	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
／a／ 第1リスト			da			da			ga		
第2リスト				da			da			ga	
／pa／ 第1リスト		ta	ta	ta	ta	pa	ta	ta	ta	ta	ta
第2リスト	ta										
／ta／ 第1リスト			ka	ka		ka			ka		
第2リスト			sa					ka			
／ka／ 第1リスト				ba							
第2リスト				ba							
／ba／ 第1リスト											
第2リスト	ra	×	ro	×	da	×	ra	da	da	da	da
／da／ 第1リスト	be	da	ba	da	ba						
第2リスト			ra				ra	ra			
／ga／ 第1リスト											
第2リスト											

* 空欄は正しく識別出来たものである。×は無反応である。

b) 第2回

母音定常部の持続時間	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
／a／ 第1リスト											
第2リスト											
／pa／ 第1リスト	ka	ta									
第2リスト	ta										
／ta／ 第1リスト			ka					ka			
第2リスト											
／ka／ 第1リスト											
第2リスト											
／ba／ 第1リスト											
第2リスト		ra			ta						
／da／ 第1リスト	ba		ba	ba					ba	ba	ga
第2リスト											
／ga／ 第1リスト											
第2リスト											

(Categorical) に知覚され、母音は、連続的 (Continous) に知覚されることを明らかにした。さらに、藤崎 (1969, 1971) は、母音であっても持続時間を短くすると範疇的に知覚されることを見出した。そして、音声はすべて範疇的に知覚され、音声の弁別過程には、聴覚的短期記憶 (auditory short term memory) と音声短期記憶 (Phonetic short term memory) が関係すると主張し、音声知覚モデルを提唱している。

Pisoni (1973, 1975) は、音声知覚の聴覚的コーディング (auditory coding) と音声コーディング (Phonetic coding) の関係について聴覚的短期記憶の役割という観点から検討している。その結果、母音は、持続時間が短かく (50ms) ても、長く (30ms) ても質的違いはあるが範疇的に知覚されることを見出した。さらに、弁別 paradigm を変えて短期記憶内の聴覚情報が弁別に有効に働くとき、母音の弁別が改善することを見出した。そして、短期記憶内の聴覚情報を検索できたら範疇的に知覚され、これが検索できないために音声短期記憶にはいらない場合、この後の処理が起きない。このような場合には、続いて起こる音響事象 (acoustic events) の干渉、聴覚情報が時間とともに減衰、被験者が直面する特殊な情報処理課題などの要因が働くと主張する。さらに、Tartter (1981) は、母音定常部と課題要因の関係について検討している。ホルマント遷移部を含む 40ms の語尾切断した音節と全く操作しない音節 (/ba/ -/da/) を用いて、弁別課題と識別課題を実施した。その結果、識別課題では、語尾切断した音節とそうでない音節には差が見出されなかった。しかし、弁別課題では、パフォーマンスが、語尾切断した音節がそうでない音節よりカテゴリ内で顕著に改善したことを報告している。この知見は、Pisoni の短期記憶内の音声処理のメカニズムを示唆するものであるが、これらのメカニズムは、条件によって変化することを示していると思われる。以上の結果は、聴覚的コーディングと音声的コーディングの区別が必要なことを示している。Sawusch (1986) は、音声における音声的処理は、複数の音響手掛りをひとつの事象に統合し、Backward masking のような代表的な聴覚処理をまぬがれ、さらに、時間軸上で分散した情報を統合する役割を果たすという。従って、音声の範疇的知覚には、Repp (1984) が主張するように刺激

変数、課題変数被験者の 3 要因統合した働きであると思われる。

本実験では、末梢性の障害を持つが、日本語の言語記号体系をほぼ習得している重度の聴覚障害者を対象にその音声処理システムと CV 音節の定常部持続時間の関係を検討した。この聴覚障害者は、早期に適切な聴能訓練を受けて、聴覚機能を高め、音声言語をほぼ習得しているものである。このような対象では、Tartter の結果と同様、識別課題では、音声の動的特性だけを手掛りに CV 音節を識別課題できることを明らかにした。

一方、太田ら (1987) の報告した日本語の言語記号体系をまだ習得していない聴覚障害児では、有声・無声破裂子音や摩擦音を含む CV 音節の識別では、CV 母音定常部を含んでも識別率が 40~60% 程度であった。また、パフォーマンスは、聴力レベルが中等度と高度で異なることを報告している。従って、音声特徴システムは、日本語の記号体系の習得、つまり、Pisoni の主張するように音声精緻化機能の成立が重要であることを示唆していると思われる。また、本実験では、重度の聴覚障害者でも、音声の動的特性を手掛りに CV 音節の識別が成り立つことが明らかになった。この知見は、Bottom up 処理により聴覚機能高める方法と、Top down 処理による音声精緻化機能高める方法があることが示唆している。

Cole ら (1974) は、音声知覚の識別では、子音部の固有な特徴、ホルマントの遷移部と Prosody 情報を含んだ音声波形の 3 つの手掛りをあげ、これらの手掛りが異なった時間空間に拡がっていると主張している。太田らは、健聴児で CV 音節の識別に必要な持続時間は、発達時に短くなることを明らかにしている。また、CV 音節の識別率が低い高度の聴覚障害児では、ある一定の持続時間以上では、音声情報が得られず、単語などの大きな単位の情報が必要であると思われる。従って、健聴児では、Bottom up 処理と Top down 処理の相互作用によって音響-音声処理システムを高めていると思われ。聴覚障害児でも、このことが示唆される。

Boothroyd (1984) は、聴覚レベルの関数として音声情報の聴取が困難になることを報告している。そして、このブレイクポイントは、75dB であることを報告している。この事実は、太田らが見出した聴力レベルの程度 (中等度と高度) の差は、こ

のことを示している。つまり、補聴器装用によって十分な音声情報を得られる中等度の聴覚障害児では、適切な指導で Bottom up 処理によって聴能を高め得る。しかし、高度・重度の聴覚障害児では、内的な音声処理システムを形成する言語指導と Bottom up 処理によって中枢性の聴覚分析能力を高めることができると思われる。そして、本研究では、母音定常部の持続時間が、内的な音声処理システムの指標になることが示唆された。また、高度・重度の聴覚障害児の聴能の指導には、内的な音声処理システムを明らかにし、これらにもとづいて適切な聴能指導法と言語指導法を開発しなければならないことが示唆された。

本研究は、昭和61年度学内プロジェクト研究、奨励研究（準研究）の助成を受けた研究である。

謝辞

本実験は、筑波大学電子情報工学系板橋秀一教授の御指導を頂き、また、パターン認識研究室のコンピューターを利用させていただきました。心身障害学系吉野公喜助教授には、実験全般についていろいろと示唆を頂きました。心から感謝いたします。

文 献

- 1) Bothroyd, A. (1984): Auditory perception of speech contrasts by subjects with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 134—144.
- 2) Cale, R.A., & Scott, B. (1974): Toward a theory of speech perception. *Psychological Review*, 81, 348—374.
- 3) Fujisaki, A. and T. Kawashima (1969) On the modes and mechanisms of speech perception, *Ann. Rept. Engg. Res. Inst., Univ. of Tokyo* 28, 67—73.
- 4) 藤崎博也・川島崇子 (1971) : 合成音声の弁別と言語音知覚機能のモデル. *日本音響学会誌*, 27(9), 453—462.
- 5) 藤崎博也, 広瀬啓吉, 宇田川博文 (1986) : 連続音声の知覚おける処理単位に関する検討. *信学技報*, SP86(263), 15—23.
- 6) Furui, S. (1986): On the role of spectral transition for speech perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 80(4), 1016—1025.
- 7) Liberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D.P. & Studdert-Kennedy, M., (1967): Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431—461.
- 8) Ling, D. (1978): Auditory management of hearing impaired children. Univ. Park Press.
- 9) 太田富雄, 吉野公喜 (1987) : 感音難聴児の時間分割語音の識別, *特殊教育学研究*, 24(4), 19—29.
- 10) Pisoni, D.B. (1973): Auditory and Phonetic memory codes in the discrimination of consonants and Vowels. *Perception & Psychophysics*. 13(2), 253—260.
- 11) Pisoni, D.B. (1975): Auditory short-term memory and vowel perception. *Memory & Cognition*, 3(1), 7—18.
- 12) Pisoni, D.B., & Sawusch, J.R., (1975): some stages of processing in speech perception. In Cohen, A., & Nooteboom, S.(Eds.), *structure and process in speech perception*, Springer-Verlag, 16—34.
- 13) Pisoni, D.B., Nusbaum, H.C., Luce, P.A., & Slowiaczek, L.M., (1985): Speech perception, word recognition and the structure of the lexicon. *speech Communication*, 4, 75—95.
- 14) Pisoni, D.B. and Luce, P.A. (1986): *Speech Perception Research, Theory, and the Principal Issues*. In Schwab, E.C., and Nusbaum, H.C.(Eds.) *Pattern recognition by Humans and Machines. speech perception Vol. 1*, Academic Press, 1—50.
- 15) Pisoni, D.B. and Luce, P.A. (1987): Acoustic-phonetic representations in word recognition. *Cognition*, 25, 21—52.
- 16) Repp, B.H. (1977): Dichotic competition of speech sound: The role of acoustic stimulus structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 3, 37—50.
- 17) Repp, B.H. (1984): *Categorical perception: Issues, Methods, Findings* In (Ed), *speech and Language: Advances in Basic Research and Practice*, Vol. 10, 243—335.
- 18) Sawusch, J.R. (1986): Auditory and phonetic coding of speech. In Schwab, E.C. and Nusbaum, H.C.(Eds.), *Pattern recognition Humans and Machines: speech perception. Vol. 1*, Academic press, 51—88.

- 19) Stevens, K.N. (1975): The potential role of property detectors in the perception of consonants. In Fant, G., & Tatham, M.A.A. (Eds.), *Auditory analysis and perception of speech*, Academic Press, 303—330.
- 20) Stevens, K.N., and Blumstein, S.E., (1978): Invariant cues for place of articulation in stop consonants, *J. Acoust. Soc. Am.*, 64, 1358—1368.
- 21) Studdert-Kennedy, M., (1974): The perception of speech. In Sebeok, T.A. (Ed.), *Current Trends in Linguistics-Linguistic and Adjacent, Arts and sciences*. Vol. 12, 2349—2385.

Summary

Perceptual process of speech and duration of vowel's steady-state part within syllable by a person with sensorineural hearing loss

Yoshihide Fukunaga Kouichi Tkagi

This paper is aimed at considering a speech perception model concerning persons with sensorineural loss, based upon the examination conducted on the relationship between the identification of syllable with voiced and voiceless stop, and the steady-state part of a vowel in each syllables.

Subjects were 6 normal hearing persons (4 male, 6 female) and a person with sensorineural hearing loss who was auditorizer and learned linguistic coding system. They were graduate students.

Stimulus speech sounds consist of 7 syllables; vowel /a/ and 6 consonant-vowel syllables with voiced and voiceless stop, /pa/ /ta/ /ka/ /ba/ /da/ and /ga/. Final truncation (each syllable truncated) is made at the beginning of the steady-state part of vowel. Then, they are truncated at each 5 ms step until its duration becomes 50 ms. The beginning of vowel's steady-state part is defined as in the vicinity of maximum speech power and as minimum spectral transition. The result shows that a person with sensorineural loss is able to identify vowel at its rise time part and CV syllables can be identified at the beginning of steady-state part of vowel. It suggests that a person with severe and profound hearing loss will be able to perceive dynamic properties of speech.

Key word: speech perception model, duration of vowel's steady-state part, perceptual unit, processing unit, hearing impaired