

言語音声の知覚における選択的順応について

佐久間, 章
九州大学教養部

高山, 智行
九州大学教養部

<https://doi.org/10.15017/6796178>

出版情報：言語科学. 21, pp.57-74, 1986-03-30. 九州大学教養部言語研究会
バージョン：
権利関係：

言語音声の知覚における選択的順応について

佐久間 章
高山 智行

はじめに

動物に関する単一ニューロンの電気生理学的研究（たとえば、Lettvin et al., 1959; Hubel & Wiesel, 1962）は、特定の比較的限定された刺激パターンに対してのみ応答する検出器のメカニズムが脳の中に存在することを示した。言語音声の知覚に関する研究では、選択的順応の手続きを用いることによって、言語情報に対する特徴検出器の存在が明らかにされることが期待される。

知覚に及ぼす選択的順応の効果に関する研究において、その技法が最初に適用されたのは視覚系に関する研究である。視覚において用いられる選択的順応の一例は、消極的残像と呼ばれる現象に関するものであった。被験者に最初緑色の円（順応刺激）を比較的長い時間提示し、次に白い円（テスト刺激）を提示すると、その被験者はテスト刺激として提示された白い円が赤みがかって見えたと報告するであろう。その際、テスト刺激に少しずつ緑色を加えていき、被験者がついに白あるいは灰色に見えるまで報告するようになるまでそれを続けるならば、加えられる緑色の量はその効果の大きさの推定値となるであろう。選択的順応に関する視覚的研究は、色調のほかにも多くの変数について行われてきたが、その技法は視覚系のどの特徴が対立過程の方式で処理されるかを決定するのに有効であるばかりでなく、そのような特徴に対する知覚的フィルターの帯域幅及び感度のピークの特性に関する情報をも提供してきた。

言語音声に関する選択的順応の実験

言語音声の知覚に対して選択的順応の技法を適用する場合には、順応効果の定量化を可能とするために、テスト刺激として用いる音声を小さい音響的ステップで変化させることが必要である。そのためには、テスト刺激として一連の合成音節を用いなければならない。その最初の試みは、Eimas と Corbit(1973) によって行われた。その実験では、テスト刺激として一連の合成された破裂子音-母音音節〔b, p; d, t〕の各有声-無声の連続体が用いられた。音節の頭における有声及び無声破裂子音の区別を知覚するのに十分な音響的

手掛りは、子音の開始に対応する呼気破裂の時点と声帯の周期的振動の開始時点との間の時間間隔 (voice onset time--VOT) (Lisker & Abramson, 1964) である (図 1 参照)。被験者は、順応前の状態で、たとえば [b, p] 系列では -10ms (声先行) から $+60\text{ms}$ (声遅延) までの範囲内において 5ms ステップで変化する VOT 値をもつ刺激系列がランダムな順序で提示され、各刺激について (b) か (p) かの識別が求められた。次に順応刺激として、たとえば、 -10ms の VOT 値を持つ [b] 音節が 2 分間 (150 回) 繰り返し被験者に提示され、それによって有声破裂音に対する順応を起こさせる試行が行われた。その後で、被験者は、順応試行としてさらに一分間 (75 回) 順応刺激が繰り返し提示され、それに続いて各テスト刺激がランダムに提示されて、その識別が求められた。順応刺激として、各刺激系列の末端刺激 (b) (p) (d) (t) が用いられたので、全部で 16 回の順応セッションが行われたことになる。

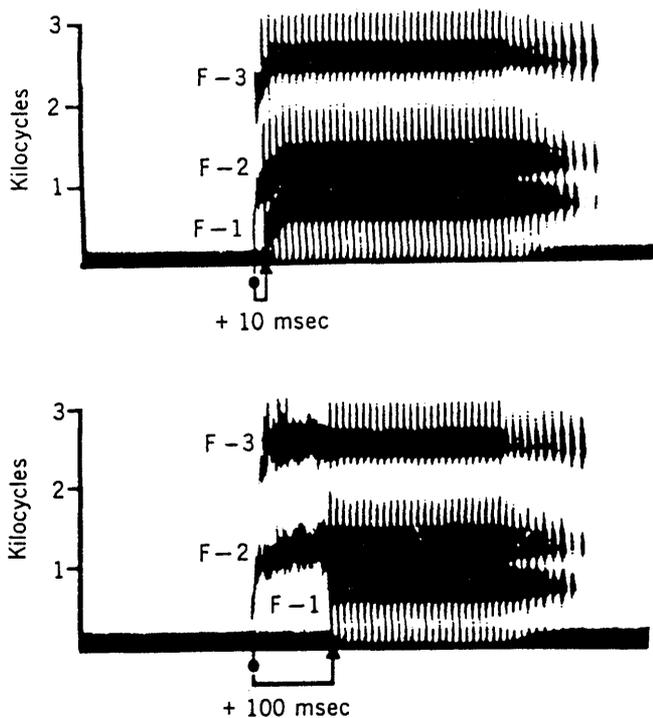


図 1. 二つの VOT 値を示す合成音声のスペクトログラム。上は (ba) を表す短い声の遅延、下は (pa) を表す長い声の遅延。F-1, F-2, 及び F-3 の記号は最初の三フォルマント、すなわち音声信号におけるエネルギーの集中域を示す。(L. Lisker & A. S. Abramson)

その結果は、図 2 に示すように、各音節の識別における有声・無声の境界の位置に著しい移動が見られ、しかもその移動の方向は、各刺激系列の末端にある順応刺激の方へ接近するように動く傾向が一貫して見られた。これは、順応後の識別応答において、被験者が順応させられていない方式での応答が増加することを示している。換言すれば、有声破裂音に順応させられた場合には、無声のカテゴリーに属する応答が多くなり、無声破裂音に順応させられた場合には、有声カテゴリーに属する応答が多くなる。何れの場合においても、

順応刺激の効果は有声・無声の両カテゴリーの境界に近い刺激に対して最も大きいことが分かる。ここでとくに興味を引かれることは、順応刺激とテスト刺激がそれぞれ異なる刺激系列に属する場合にも音声境界の位置の移動が起こることである。たとえば、両唇破裂音 [b, p] に順応させられた場合に、両唇破裂音だけでなく、歯茎破裂音 [d, t] の識別においてもほぼ同じ大きさの位置の移動を生じるのである。このことは、有声・無声の破裂音-母音音節の

識別が音声単位としての音響パターンの検出によるのではないことを示している。むしろ、両唇音・歯茎音の両方の系列が共通に有する音響パターンの複合面、すなわちVOTが選択的に順応させられたことを示すのである。

言語音声の知覚を特徴づけるカテゴリー的知覚様式は、ABX法による弁別課題(言語音声としての知覚を生じるのに決定的なある一つの物理的パラメータの連続的変化によって構成された音声刺激連続体上で近接する二音A及びBをとり、これらの二音を組み合わせることで作られた、ABA, ABB, BAB, BAA

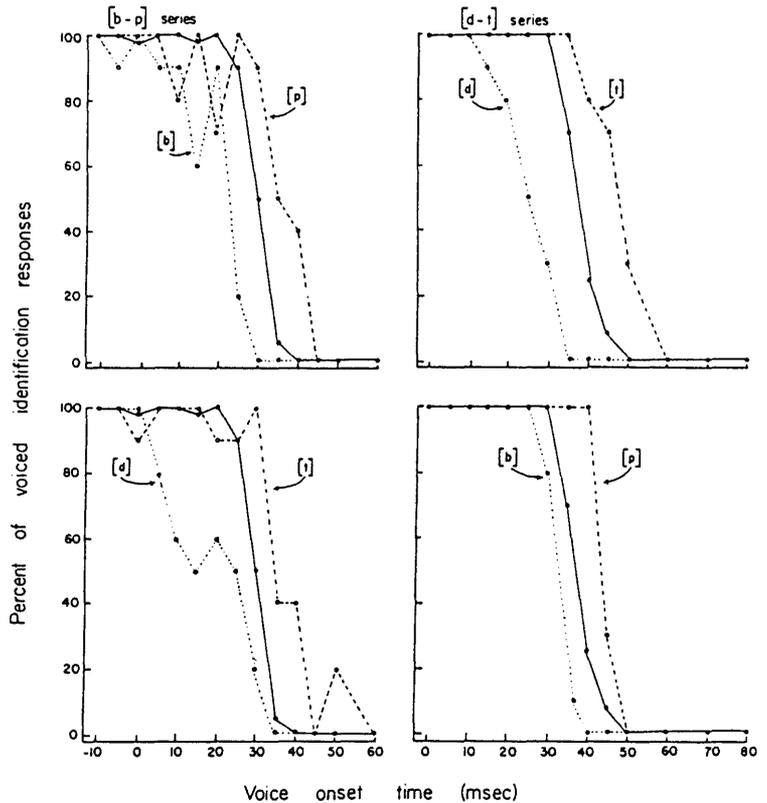


図 2. 順応を伴う場合及び伴わない場合に得られた一人の被験者の有声識別応答(bあるいはd)のパーセンテージ。(b, d) 系列の関数は左、(d, t) 系列のそれは右に示す。実線は順応前の関数、点線及び破線は順応後の関数である。音声記号は順応刺激を示す。

の各三連音をランダムに提示し、最後の第三音が A, B の何れに聞こえるかの応答を求める課題) において、識別される音素の境界線を跨ぐ二刺激間の弁別に関しては正答率がきわめて高く、同一音素内に含まれる二刺激間の弁別に関してはその正答率が偶然のレベルに低下するという実験結果に典型的に示される (Liberman et al., 1967)。Eimas と Corbit (1973) は、この ABX 法による弁別課題においても、弁別関数のピークの位置、すなわち有声及び無声破裂音カテゴリーの境界の位置が順応刺激の提示によってその順応刺激の方向に移動することを示した。

このように、有声及び無声カテゴリーの何れか一方に属する一刺激の反復提示によって、その順応刺激が識別すべき系列刺激と同じ子音クラスに属すると否とにかかわらず、そのカテゴリーに属する各刺激に対する識別及び弁別の感度が劇的に低下するという事実は、VOT 情報の分析を達成する二種類の言語的特徴検出器系の存在を仮定することによって説明されると彼等は主張する。その各々の検出器系はその入力がそれぞれ限定された VOT 値の範囲に調整されていて、破裂音の有声・無声の何れかの知覚を媒介するのである。すなわち、彼等のモデルでは、一方のチャンネルの出力は有声値 $V+$ に対応し、もう一方のチャンネルの出力は無声値 $V-$ に対応する。両方の検出器には感度の重複する範囲があるけれども、それぞれ異なる VOT 値を持つ刺激によって最高度に興奮させられる。両方の検出器が等しく応答する点に音声カテゴリーの境界が位置する。同じ VOT 値を持つ刺激の弁別が典型的に劣ることを説明するためには、さらに仮定が必要である。すなわち、より高次の処理中枢はどちらか一方の検出器が発火する程度には反応しないで、 $V+$ か $V-$ の何れの検出器がより強く発火するかによりのみ反応する。そして最後に、検出器系の作用は特定の刺激、とくに一方の音声クラスのメンバーに対して一貫して曝されると、その特徴値に反応する検出器の感度、したがって出力が減退し、その結果、両検出器の出力機能の間の等価点に変化を生じ、音声的境界の位置の移動が起こると仮定されるのである。

こういった言語的特徴検出器の性質をさらに明らかにするために、Eimas, Cooper, 及び Corbit (1973) は、これらの音響情報検出器のある場所が中枢か末梢か、それらは特殊化された言語音声処理系の部分であるか、それとももっと一般的な音響知覚器の一部であるかを追求する実験を試みた。その一つは、順応刺激と識別系列刺激を単耳聴でそれぞれ別々の耳に提示する手続きで行われた。その結果は、単耳聴異耳提示の条件でも両耳聴の場合と有意に異なる順応効果が得られた。この結果は、VOT の検出器が中枢的処理系の一部であるという解釈を支持するものである。第二の実験では、声の有無の情報が順応刺激として言語音声の文脈の中で提示される条件と、非言語音の文脈の中で提示される条件とにおける順応効果が比較された。非言語音としては、合成された有声破裂 CV 音節 (da) の頭の 50ms (d-チャープ) が取られた。実験の結果は、d-チャープ (あるいは t-チャープ)

による順応効果はほとんど見られなかった。したがって、VOT 検出器は言語処理系の一部であり、さらに言語処理メカニズムを活性化するためには、最小限言語音信号を含む音響情報が必要であり、声の有無及び急速なフォルマント遷移の変化だけでは、言語音声処理のメカニズムを活性化されるのに不十分であると推測された。

Eimas と Corbit(1973) が発展させたような選択的順応実験は、こういった一般的形態の特徴検出器系の存在に対する推論にかなり有力な支持を与えてきた。ある刺激に対する反復露出が実際にそのモデルが予測するような仕方で音声的境界の位置を変化させるということは、声の有無について繰り返し見出されたばかりでなく、いくつかの他の特徴（たとえば、調音場所や調音の仕方）についても同様に見出されている。

ある知覚において順応効果が生じるということは、順応刺激とテスト刺激とがその知覚系によって検出されるある特徴を共有していることを示唆する。その場合、検出される特徴が言語音声の知覚のどのレベルに属するかに関して、従来から多くの研究が行われてきた。一般に言語音声の知覚にいくつの段階ないし過程が含まれるかの問題は、ときどき周期的に提起される争点である。従来、言語音声の聴覚的及び音声的コーディングの性質を探究する実験的手続きとして、いくつかの異なるパラダイムが用いられてきた。その中には、反応時間(Pisoni & Tash, 1974)、二分聴マスキング(Pisoni, 1975; Repp, 1975)、及び融合(Cutting, 1976)に関する研究が含まれるが、それらはすべて聴覚的レベルと音声的レベルの二つの処理レベルないし段階を区別している。言語音声に関する最近の研究において広く用いられるようになったもう一つのパラダイムは、選択的順応である。このパラダイムで得られる結果に含まれる処理レベルが一つか二つかという問題は、この研究の重要な焦点である。

従来から言われてきたような、言語音声は特殊化された言語特有のメカニズムによって音声的に処理されるという(Liberman, 1982; Liberman, et al., 1967)見解に従えば、非言語音は言語には関与しない別のメカニズムによって聴覚的に処理されることになる。これに対して、別の見解では、音声的カテゴリー化は刺激の聴覚的分析の結果を命名する過程を反映するものであり、その分析は一般的な聴覚的処理能力を反映するに過ぎないという(Pastore, 1981; Schouten, 1980)。選択的順応においては、聴覚的レベルのみが存在するという点について多くの証拠があるように思われる。たとえば、非言語音の順応刺激を用いた実験(Pisoni & Tash, 1975; Tartter & Eimas, 1975)において、疑う余地もないほど明確にこのことが示された。これらの実験では、テスト系列のCV音節を構成する成分が順応刺激として用いられた。たとえば、Tartter と Eimas(1975)は、(bae)-(dae)-(gae) テスト系列の (bae)端の頭の遷移部分(チャープ)を順応刺激として用いた。このチャープが繰り返し被験者に提示されたとき、(bae)-(dae) カテゴリーの境界における移

動が見られた。カテゴリーの境界は(bae) 端の方へ移動したが、(dae)-(gae) の境界はほとんど移動しなかった。同様な効果は、頭の第二及び第三フォルマント遷移から成る順応刺激についても、第二あるいは第三フォルマント遷移のみから成る順応刺激についても見出された。これらの順応刺激はすべてカテゴリー境界を(bae) の方向へ移動させた。それに加えて、孤立した第三フォルマント順応刺激は、(dae)-(gae) の境界を(gae) の方へ移動させた。これは、(gae) の第三フォルマント遷移が孤立した第三フォルマント順応刺激のそれと本質的に同じであったという事実によるものだとTartter とEimas(1975) は述べている。調音場所(Pisoni & Tash, 1975) 、声の有無(Tartter & Eimas, 1975) 及び調音の仕方(Diehl, 1975) の特徴に関するその他の研究も同様な結果をしめしている。元のテスト系列の音響的屬性のあるものを保有する非言語的順応刺激は、一貫して組織的な順応効果を生じる。さらに、順応効果の方向と大きさは、順応刺激とテスト系列の間のスペクトル重複の関数であるように思われる。これらの結果から、多くの研究者たちは、選択的順応過程の説明において単一の聴覚的レベルのみを仮定してきたのである(Ades, 1976; Pisoni & Tash, 1975)。

これらの相対立する両極端の見解の中間に、一般的聴覚過程と言語特有の音声的過程の両者を合体させるような言語音声処理のモデルがある(Cutting & Pisoni, 1978; Pisoni & Sawusch, 1975; Sawusch, 1977)。しかし、一層抽象的な音声の処理レベルが含まれることについては、その証拠はあまり確実でない。音声的処理レベルが含まれることを支持する仮説(Cooper, 1975) と、選択的順応の聴覚的モデルという一つのレベルだけを支持する仮説とがある。たとえば、一方では、Diehl(1975) 、Blumstein とStevens(1975) 、及びGanog(1975) による実験は、調音場所に対する破裂と遷移の両方の手掛りの存在・不在を操作している。彼等の結果は、一致して、破裂手掛り順応刺激が遷移のみの手掛りをもつCV系列における音声カテゴリー境界を移動させることを示した(Diehl, 1975; Ganog, 1975)。Blumstein とStevens(1975) は、遷移と適切な破裂の両方の手掛りが順応刺激において一緒に結合された場合には、遷移だけが用いられた場合よりも順応効果が大きいことを見出した。このことは、遷移手掛りのみを含み、破裂を含まないCVテスト系列についても得られた。さらに、不適切な破裂手掛り(たとえば、(d)の遷移手掛りに対する(g)破裂)が音節に加えられた場合には、順応効果は著しく減退した。これらの結果はすべて、破裂と遷移の効果が一緒に統合されるような、選択的順応における抽象的レベルの存在を示唆する。

しかしながら、これらの結果を一つの仮定とともに単一レベル・モデルを用いて説明することも可能である(Ades, 1976 参照)。その仮定とは、破裂が遷移検出器によって処理されるというものである。その結果、破裂と遷移がともに同一の聴覚的レベル検出器によ

って処理されることになる。この説明は、Diehl(1975)の結果についてはきわめてもっともらしく思われる。この実験で、破裂の手掛りをもつ(te)順応刺激は 2665 Hzの破裂周波数もち、(be)-(de) テスト刺激系列の(de)端でのフォルマント遷移の起点周波数は 2726 Hzであった。そこで、同じ検出器が破裂と第三フォルマント遷移に対して応答することができたであろう。しかし、この議論は、破裂とフォルマント遷移が周波数において遠く離れていたGanog(1975)の結果の説明としては、適当でない。この実験で、(sae) 順応刺激の頭の破裂周波数は 4500 Hz (250-Hzの帯域幅を伴う)であった。これに対して、テスト系列の(dae) 端の第三フォルマント遷移の起点周波数は 3000 Hzであった。それでも、(sae) 順応刺激は順応後、(bae)-(dae) 系列において“d” 順応を示し、カテゴリー境界を(dae)の方向へ移動させた。Ganogの実験で破裂と遷移の両方に応答するなんらかの検出器があったとすれば、それは 1000 Hz以上の周波数幅をカバーするものでなければならない。これは初期の聴覚的レベル検出器についてはほとんどあり得ないことである。とくにこの周波数領域における臨界的帯域幅が 500 Hz のオーダーであることに照らしてみればそう思われる(Scharf, 1970; Zwicker, Flottorp, & Stevens, 1957)。ある聴覚的検出器が実際に破裂と遷移の両方に応答している場合があると考えることは、基本的には、統合的検出器を仮定することと同じである。したがって、Ganogの順応の結果は、選択的順応における抽象的な、統合的な(おそらくは音声的な)レベルを示すと思われる。

選択的順応の統合的レベルと一致しない結果もまたある。たとえば、Bailey(1975)は、順応刺激とテスト刺激のスペクトル重複を組織的に操作したいくつかの実験を行った。その一つでは、合成された(bi)-(di)の調音場所系列と合成された(bu)-(du)の調音場所系列の二つのテスト系列が用いられた。母音(i)系列の第二及び第三フォルマントは非常に高く、何れも 2400 Hz以上である。母音(u)系列では、第二及び第三フォルマント定常部はともに 2000 Hz以下である。これら二つの系列における破裂音の頭のフォルマント遷移もまた周波数において十分に離れていた。順応刺激がテスト系列の末端である場合には、一貫したカテゴリー境界の移動が観察された。(bi)順応刺激は(bi)-(di)カテゴリー境界を(bi)の方へ移動させ、(di)順応刺激はその境界を(di)の方へ移動させた。同様に、(bu)順応刺激は(bu)-(du)境界を(bu)の方へ移動させ、(du)順応刺激についてはその反対であった。順応刺激とテスト系列における母音が異なる場合には、順応効果は見られなかった。これらの結果に基づいて、Bailey(1975)は、調音場所に対する選択的順応はスペクトル的に特殊な方式で処理の初期の聴覚的レベル(すなわち、そこでは言語音声入力は神経的スペクトログラムとして表示される)に作用すると結論した。

本研究では、テスト刺激として、2 フォルマントから成る合成破裂音CV音節の中で/ba/

から/da/までの F2 起点周波数の段階的変化によって構成される刺激連続体を用いた。順応刺激としては、実験Ⅰでは、連続体の両端の刺激バ及びダを用いることにより、順応による音素境界の移動量にバ側とダ側とで差があるかどうかを検討する。次に、実験Ⅱでは、言語音としてバ、非言語音としてその遷移を含む F2 音を用いることにより、また、順応刺激とテスト刺激をそれぞれ左右耳に分けて提示することにより、非言語音においても順応効果が見られるか、両耳からの入力の間交互作用が見られるかどうかを検討する。

実験Ⅰ

〔目的〕

F2遷移の起点周波数に関して、バとダにそれぞれ対応する値を両端とし、その中間で段階的に変化させて合成された有声破裂音CV音節連続体のテスト刺激系列を用いて、選択的順応手続きによる識別テストを実施し、順応刺激として用いた系列の両端の刺激がそれぞれ系列刺激の識別に及ぼす順応効果を検討する。その効果の測度としては、隣接する音素 /b/ 及び /d/ の各カテゴリーの境界値の、順応前から順応後への移動量が採られた。

〔方法〕

被験者： 健常聴力を有する大学生、大学院生、及び社会人 16 名。

刺激材料： テスト刺激及び順応刺激は、Klatt(1980) によるパラレルフォルマント・シンセサイザーのデジタルシミュレーション・プログラムに基づいて、パーソナルコンピュータ(PC-9801E)により、オフラインで合成し、これらの再生は 12 ビットD/A コンバータ(CONTEC DA12-4)、カットオフ周波数 5 kHzの低域フィルタ(-75 dB/oct.) を通して行った。

テスト刺激系列は、11個の2 フォルマント有声破裂音音節(子音/b — d/, 母音/a/) から成り、各刺激における F2 の遷移部の起点周波数のみが、950 Hz (刺激No.1) から1950 Hz (刺激No.11)まで、100 Hz間隔で変化され、F1の起点は250 Hzに固定された。各フォルマントの定常部は母音アに対応し、F1は 750 Hz 、F2は 1450 Hz に設定された。F2の遷移部はそれぞれの起点周波数から定常部周波数1450 Hz までの間を対数関数的に変化された。各刺激の持続時間は200 ms、その中で先端の40msがフォルマント遷移部、残りの160 msが定常部とされた。

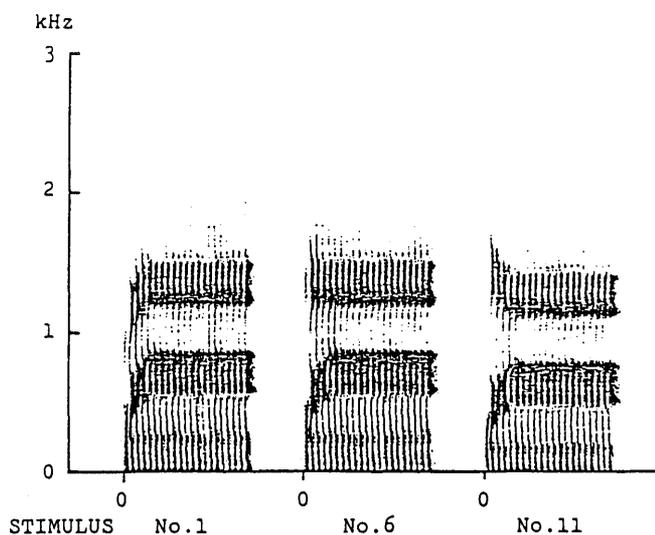


図 3. 実験に用いられたテスト刺激11個のうち No.1、No.6、No.11 のスペクトログラム。各刺激の F2 遷移の起点周波数は 100 Hz 間隔で変化された。No.1とNo.11 とは順応刺激としても用いられた。

順応刺激として、系列の両端の No.1 と No.11 の 2 刺激、すなわち F2 遷移の起点周波数が 950 Hz (順応刺激バ) 及び 1950 Hz (順応刺激ダ) が用いられた。図 3 に No.1、No.6、No.11 の各刺激のスペクトログラムを示す。

手続き: 二つの順応刺激に対して、16名の被験者を 8 名ずつ 2 群に分け、各群の被験者は、一度に 1 名か 2 名ずつ約 1 時間の実験に参加した。実験は、三つのセッションから成り、各セッションは三つのブロックから成って

いた。第一セッションでは、順応前の音素の境界値を求めるための識別テストを行った。各被験者は、ランダムに提示された 11 個のテスト刺激を、バカダの何れかとして識別し、予め記録用紙に記された該当項目に印をつけて応答することを求められた。各ブロックでは、11 個のテスト刺激から成る系列が 2.3 秒間隔でランダムに 5 回ずつ提示された。

第二セッションでは、順応を生じさせるために、順応刺激が各ブロックの初めに毎秒 2 回の割合で 100 回繰り返された。各ブロック中の各試行では、順応刺激が毎秒 2 回の割合で 5 回繰り返して提示され、その 1.3 秒後に 11 個のテスト刺激の中のどれか一つが提示された。被験者には、第一セッションの場合と同様に、各テスト刺激をバカダとして識別することが求められた。試行間の間隔は、2.3 秒であった。各ブロックでは、各テスト刺激の系列がランダムな順序で 5 回ずつ繰り返された。

第三セッションでは、順応後の識別がテストされた。その手続きは第一セッションと全く同じであった。

テスト刺激及び順応刺激は、ステレオ・カセットデッキ (SONY TC-K8B)、ステレオ・ヘッドフォン (PIONEER SE-305) を用いて被験者の両耳に提示された。その際の提示強度は、煩さを感じない程度のものであった。

〔結果と考察〕

各セッションの第一ブロックは、練習試行として除き、第二ブロックと第三ブロックでの結果が音素の境界値を決定するために集計された。各セッションでの音素境界値は、逆補間法により、バとダの応答確率が 50 %となる点として求められた。

表1 に、順応前、順応時、及び順応後の識別テストにおけるそれぞれの音素境界の平均値と標準偏差、及び境界値の移動量の平均と標準偏差を示す。バとダの両順応刺激群の間の順応前における境界値は、ほぼ等しかった ($t=1.149, df=14, NS$) が、従来の研究から期待されるように、順応時には、順応刺激の側へ境界が有意に移動し、また、順応後における境界の移動も同方向で有意であった (図 4)。

次に、順応刺激により、又は順応時、及び順応後において、移動量の絶対値が異なるように思われるので、分散分析を行ったところ、順応刺激及びテスト刺激の主効果がそれぞれ有意となり、境界の移動量は順応刺激がバの場合の方がダの場合よりも有意に大きく ($F(1, 14)=5.140, p<.05$)、また、順応後よりも順応時の方が有意に大きい ($F(1, 14)=17.272, p<.001$) ことが分かった。ダよりもバの方がなぜ順応効果が大きいかについては、さらにダとガの連続体を用いた実験を行い、両方の結果を比較して考察する必要があると思われる。

表1. 音素境界値 (a) 及び境界値の移動量 (b)

	境 界			境界の移動量	
	順応前	順応時	順応後	順応時－順応前	順応後－順応前
順応刺激バ (N=8)					
平均値	6.78	4.87	5.98	-1.91(c)**	-.80*
標準偏差	.54	.73	1.10	.79	.89
順応刺激ダ (N=8)					
平均値	6.48	7.17	6.81	.69**	.33*
標準偏差	.43	.69	.51	.35	.31

(a)境界値に該当する F2 遷移の起点周波数は、(境界値) × 100 + 950 Hz である。

(b)境界値の移動量に該当する周波数は、(境界値の移動量) × 100 Hz である。

(c)対応のある場合の t-検定 (片側)、* $p<.05$, ** $p<.001$ 。

実験 II

(目的)

一側耳での順応が、同側耳及び逆側耳での音素境界の移動に及ぼす効果が、合成された有声破裂音音節/ba/、及びその遷移を含むF2のみで合成された非言語音を用いて検討された。

(方法)

被験者: 健常聴力を有する成人男子 2名。

刺激材料: テスト刺激は、実験 I で用いた刺激系列の両端の項目を除いた 9個の合成有声破裂音CV音節で、これらの各刺激の F2 遷移の起点周波数は、1050 Hz (刺激No.1)

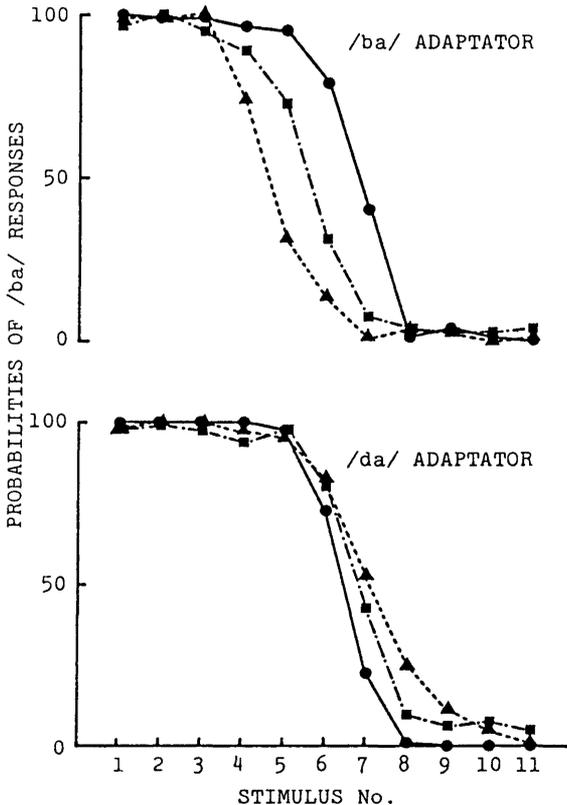


図 4. /ba/ (上) あるいは /da/ (下) 順応刺激による順応前、順応時、及び順応後における16名の被験者の/ba/識別応答の平均パーセンテージ。実線は順応前、点線は順応時、点破線は順応後の各関数。

から 1850 Hz (刺激No.9) までの範囲を、100 Hz間隔で区切って段階的に設定された。

順応刺激としては、実験 I で順応刺激として用いたバと、その F2 のみで作られた非言語音(ブリート音) が用いられた (図 5)。

手続き: 実験は、2 種類の順応刺激とその提示耳とを組み合わせた 4通りの順応条件に関して、それぞれ 2セッションずつ合計 8 回のセッションに分けて行われ、被験者は個別にこれに参加した。順応手続きが一人の被験者に対してかなり長期にわたって残効を及ぼす可能性を考慮して、各セッション間には、12時間以上の間隔が置かれた。

各セッションは、二つのブロックから成っていた。第一ブロックでは、順応前の音素境界を得るために、9個のテスト刺激について

の識別テストが、左右耳別々に 135 試行ずつ行われた。テスト刺激の提示耳は、45 試行毎に変えられ、その間、各テスト刺激は 2.3 秒間隔で 5 回ずつランダムに提示された。

第二ブロックでは、順応刺激の一つが毎秒 2 回の速さで 100 回一側の耳に繰り返し提示された後に、各テスト耳でその順応刺激が、各試行においてテスト刺激提示前に毎秒 2 回の速さで 5 回ずつ繰り返し提示された。テスト刺激の提示耳は、第一ブロックの場合と同様に 45 試行毎に変えられた。

順応刺激及びテスト刺激は、オーディオメータ (RION AA-36) と付属のヘッドフォンを通して、聴力検査室 (TRIO MS-205) 内の被験者の一側の耳に、約 75dB (c) で提示された。その際、ヘッドフォンの向きは、各ブロックでの 46 試行目に変えられた後 90 試行毎に変えられ、同一セッションの期間中、テスト刺激提示耳の順序とともにカウンターバランスされた。

順応刺激の型の選定、テスト刺激提示耳の割り当ての順序、テスト刺激の配置、及びテスト刺激の提示はすべて、パーソナルコンピュータ (NEC PC-9801E) によってコントロールされた。また、被験者の応答は、聴力検査室内に置かれたパネル上の 2 個のスイッチ・ボタンを押すことにより、集計のためのパラレル I/O ボードを介してパーソナルコンピュータに入力された。

〔結果と考察〕

各セッションにおける第一ブロックの初めの 90 試行 (テスト刺激提示左右耳それぞれ 45 試行) は、練習として集計から除外された。順応前の音素境界値は、残りの左右耳各 90 試行での識別結果を、第二ブロックでの順応条件毎に左右耳別に合計し、逆補間法によりバーダの応答確率が 50 % になる点を求めて、それらの平均値として算出された。順応による境界値の移動量は、各順応条件毎に 2 回のセッションの結果を左右耳別に合計し、逆補間法により算出された境界値から、順応前の境界の平均値を引くことによって求められた。表 2 は、2 名の被験者について、順応前の音素境界からその 99 %

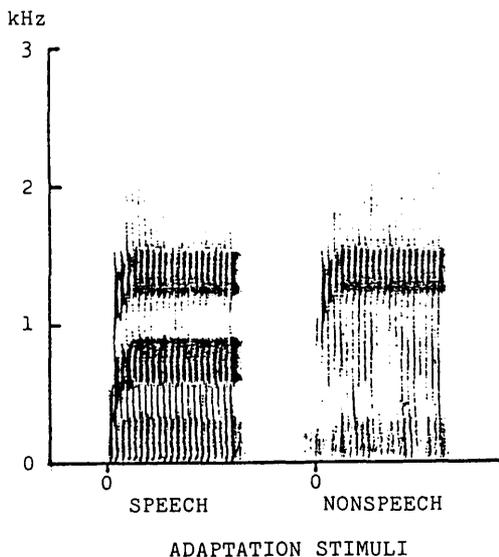


図 5. 実験 II で用いられた順応刺激。左は実験 I における No.1 と同じもの。右はその第二フォルマントのみから成る非言語音刺激。

信頼区間の下限値を引いた値、各順応条件における境界の移動量、及び順応効果の転移率を、テスト刺激の提示耳別に示した。

表2. 99%信頼区間下限幅、境界の移動量、及び順応効果の転移率

被験者	テスト刺激 提示耳	99%信頼区間 下限幅	境界移動量			
			(順応刺激) 言語音 (順応耳) 左耳		非言語音 右耳	
AS	左耳	-.70	-2.41	-.84	-1.07	-.38
	右耳	-.53	-.59	-1.17	-.43	-.82
	(転移率%)		(24)	(72)	(40)	(46)
TT	左耳	-.17	-2.26	-.45	-1.45	-.27
	右耳	-.11	-1.35	-2.22	-.39	-1.42
	(転移率%)		(60)	(20)	(29)	(19)

この表から、まず第一に、順応刺激の効果は、逆側耳に対してよりも同側耳に対して大きく、また、順応刺激が言語音である場合の方が非言語音の場合よりも大きいことが分かる。これは、順応前の音素境界値の変動幅(境界値の99%信頼区間の下限幅)と比較することにより明らかである。すなわち、順応刺激とテスト刺激が同側耳に提示される場合、何れの順応刺激であっても、境界の移動量はこの幅よりも大きかった。また、順応刺激が言語音である場合、順応耳と逆側の耳に提示されたテスト刺激系列の境界移動量は、二人の被験者とも、順応前の境界移動量よりも大きかった。

順応効果の転移率については、順応耳に関する非対称性が見られ、順応刺激が言語音の場合にそれが顕著であった。これは、二分聴での耳の有利性の方向と対比すると興味深い。以前に行った自然音声の破裂音CV音節を用いた二分聴実験の結果では、ASは有意なLEA、TTは有意なREAを示していた。すなわち、順応効果の転移は、有利耳に向かう場合に大きいといえるかもしれない。

一般的考察

実験Iでは、順応後の音素境界の移動量は、順応刺激がバの場合の方がダの場合よりも

大きかった。Eimas, Cooper, 及び Corbit (1973) の結果では、VOT 尺度上での順応後の有声・無声カテゴリー境界の移動量は、順応刺激が無声の場合の方が有声の場合よりも大きかった。言い換えれば、V+ に応答する検出器の方が V- に応答するそれよりも、順応に対する抵抗が大きくなるということになる。本実験において、ダの順応に対する抵抗が大きかったかどうかは明らかでないが、順応刺激の種類によって順応効果の大きさが異なるということは、Ades (1974) が行ったような実験で、順応刺激を二分聴的に左右耳に同時に提示する場合には考えて置かなければならない問題があるように思われる。

単耳聴で順応刺激をそれぞれ異なる耳に二分聴的に提示した実験Ⅱでは、左右耳でそれぞれ順応効果の転移が見られたが、その効果の転移は、二分聴テストにおける耳の有利性と照らし合わせて見ると、有利耳の方向へ向かう場合に大きいように思われた。本実験では被験者数が少ないので、まだ推測の域を出ないが、このことは、音声特徴検出器が末梢レベルではなく中枢レベルに位置することを示唆する。しかし、順応が中枢的なものであるという結論には、二つの意味が含まれる。中枢的順応の存在は、そのほかに末梢的な順応の成分が存在するという可能性を排除しないというのが一つ、「中枢的」メカニズムは、明らかに両側的に表されるというのが第二の意味である。ここで、末梢的というのは、専ら一方の耳からのみ入力を受け入れるメカニズムをいい、両側的とは、両耳からの入力を受け取るけれども、一方からの方が他方からよりも余計に受け入れるメカニズムをいう。また、中枢的メカニズムというのは、両側的融合点のところあるいはそれを過ぎたところにあるものと定義される (Ades, 1974)。

Ades (1974) は、Eimas, Cooper, 及び Corbit (1973) と同様な手続きで、破裂子音の調音場所の選択的順応に関する実験を行った。Eimas らの場合は、両耳間の転移率 95 % の結果が得られたのに対して、Ades の場合の転移率は 55 % に過ぎなかった。この両耳間の転移を説明するために、Ades (1974) は、図 6 に示すような二つのモデルを提唱した。図 6A のような二段階モデルの分離した単耳聴経路からも、B のような両側の一段階モデルの対側及び同側経路の差からも 100 % 以下の両耳間転移の結果が得られる。すなわち、両方のモデルにおいて、一方の耳に順応刺激を提示し、他方の耳にテスト刺激を提示するときは、順応刺激とテスト刺激を同じ耳に提示するときよりも少ない順応を生じるであろう。これらの二つのモデルの違いを実験的に確かめるためには、単耳聴から二分聴順応およびテストまで 100% の両耳間転移を生じるような順応刺激を見つけなければならない。順応音節とテスト音節が、それぞれ異なる末梢的聴覚検出器と共通の統合検出器を使用すると仮定することによって、二段階モデル (A) は 100% の転移を容易に説明することができる。両側性モデル (B) は、両耳から均等な入力を受け取るような聴覚分析過程がなければ、100 % の転移を説明することはできない。

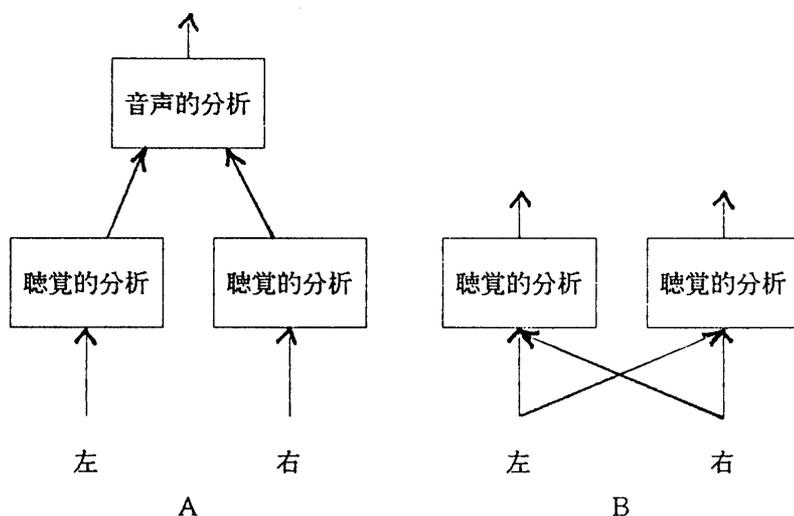


図 6. 選択的順応データに対する二つの可能なモデル。左側(A) は、二段階の階層モデル。右側(B) は、単一レベルの両側性モデル。

Sawusch(1977) は、処理の統合的レベルの存在を検証するために、テスト系列よりも周波数の高い順応刺激及びその遷移部のみから成る刺激(チャープ)を用いて選択的順応の実験を行ったが、高い音節及びチャープによっても、テスト系列の両端から取った順応刺激による順応の約33—40%の順応効果が得られたことにより、遷移の特定の周波数範囲とは関係のない統合レベルの存在を確認した。さらに、前述の二つのモデルを実験的に検証するために、彼は順応刺激とテスト刺激をそれぞれ異なる耳に提示する二分聴順応の実験を行った。その結果は、周波数の高低、音節とチャープ何れの条件においても有意なカテゴリー境界の移動が認められた。これらの実験の結果を基にして、彼は、処理の二つのレベルが調音場所の選択的順応に含まれるように思われると述べている(Sawusch, 1977, p. 748)。すなわち、選択的順応は音声言語の知覚における周波数に特殊的な末梢的聴覚レベルと、それよりもいっそう抽象的な中枢的統合レベルの両方に影響を及ぼすというのである。周波数の高い順応刺激について見出される順応効果は、中枢的処理の場所で行われ、テスト系列の両端から取られた低い順応刺激は末梢と中枢の両方での順応を示すのである。しかし、この解釈では説明できない事実が見出されている(Bailey, 1975)ことから、彼は、この中枢的統合レベルがすべての可能な周波数範囲にわたって情報を統合するのではなく、むしろそれは、声道の差については許容するけれども、急激に異なる母音環境にまでは一般化しない中間的な統合レベルを表すかもしれないと述べている。この解釈に従えば、

異なる音声環境を越えた一般化を含む第三の処理レベルが必要となるが、Bailey (1975)の結果からこのレベルは選択的順応に感じないと思われるという。

言語音声の知覚における選択的順応に関する実験的研究は、その歴史がきわめて短いけれども、今後言語音声処理される間の末梢的及び中枢的レベルでの知覚を媒介する基本的メカニズムに関するわれわれの知識を増進させるのに役立つであろう。

要 約

合成された言語音声刺激を用いる選択的順応の実験は、順応によって言語音声処理のどのレベルが選択的により多くの影響を蒙るかという音声知覚の理論的問題を解明することを目的とする。本研究では、有声破裂音バーダの調音場所に対応する音響的次元に沿って均等なステップで連続的に変化する刺激連続体をテスト系列とし、その連続体の両端または一端に位置する刺激を言語的順応刺激、遷移を含む第二フォルマントのみから成る音を非言語的順応刺激として、選択的順応手続きによる実験を試みた。結果は、順応刺激バとダを比較すると、ダよりもバにおいて、また、順応刺激が言語音と非言語音の場合、提示耳が同側耳と逆側耳の場合の比較では、言語的順応刺激及び同側耳提示の場合において、それぞれ順応効果が大きいことが見出された。

〔付記〕本研究は昭和59・60年度文部省科学研究費補助金（一般研究B 課題番号59450017 代表者 佐久間章）の助成を受けた。

実験Ⅰは、広島大学教育学部心理学科 吉岡一郎教授・利島保助教授・黒岩督助手の御好意により同学科実験室において実施された。

参 考 文 献

- Ades, A.E. (1974) Bilateral component in speech perception? *Journal of the Acoustical Society of America*, 56, 610-616.
- Ades, A.E. (1976) Adapting the property detectors for speech perception. In R.J. Wales & E. Walker (Eds.) *New Approaches to Language Mechanisms*. North Holland, Amsterdam.
- Bailey, P.J. (1975) Perceptual adaptation in speech: Some properties of detectors for acoustical cues to phonetic distinctions. Ph.D. dissertation, University of Cambridge, Cambridge, England (unpublished).
- Blumstein, S.E. & Stevens, K.N. (1975) Property detectors for bursts and transitions in speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, 552(A).
- Cooper, W.E. (1974) Adaptation of phonetic feature analyzers for place of articulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 56, 617-627.
- Cutting, J.E., & Pisoni, D.B. (1978) An information processing approach to speech perception. In J.F. Kavanagh & W. Strange (Eds.), *Speech and language in the laboratory, school, and clinic*. Cambridge, Mass: M.I.T. Press.
- Diehl, R.L. (1975) The effect of selective adaptation on the identification of speech sounds. *Perception & Psychophysics*, 17, 48-52/
- Diehl, R.L. (1976) Feature analyzers for the phonetic dimension stop vs continuant. *Perception & Psychophysics*, 19, 267-272.
- Eimas, P.D., & Corbit, J.D. (1973) Selective adaptation of linguistic feature detectors. *Cognitive Psychology*, 4, 99-109.
- Ganog, W.F. (1975) An experiment on phonetic adaptation. Q. Prog. Rep. MIT Res. Lab. Eoecton. 116, 206-210.
- Hubel, D.H., & Wiesel, T.N. (1962) Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, 60, 106-154.
- Miller, J.L. (1975) Properties of feature detectors for speech: Evidence from the effects of selective adaptation on dichotic listening. *Perception & Psychophysics*, 18, 389-397.

- Klatt, D.H. (1980) Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67, 971-995.
- Lettvin, J.Y., Maturana, H.R., McCulloch, W.S., & Pitts, W.H. (1959) What the frog's eyes tells the frog's brain. *Proceedings of the Institute of Radil Engineers*, New York, 47, 1940-1951.
- Lieberman, A.M. (1982) On finding that speech is special. *American Psychologist*, 37, 148-167.
- Lieberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D.P., & Studdert-Kennedy, M. (1967) Perception of speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.
- Lisker, L., & Abramson, A.S. (1964) A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20, 384-422.
- Pastore, R.E. (1981) Possible psychoacoustic factors in speech perception. In P.D. Eimas & J.L. Miller (Eds.), *Perspectives on the study of speech*. Hillsdale, N.J: Erlbaum.
- Pisoni, D.B. (1975) Dichotic listening and processing phonetic features. In F. Restle, R.M. Shiffrin, N.J. Castellan, H. Lindman, & D.B. Pisoni (Eds.) *Cognitive Theory*. Vol.1, Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Pisoni, D.B. (1978) Speech Perception. In W.K. Estes (Ed.), *Handbook of learning and cognitive precesses* (Vol.6). Hillsdale, N.J: Erlbaum.
- Pisoni, D.B. & Sawusch, J.R. (1975) Some stages of processing in speech perception. In A. Cohen & S.G. Nooteboom (Eds.), *Structure and process in speech perception*. New York: Springer-Verlag.
- Pisoni, D.B. & Tash, J.B. (1975) Auditory property detectors and processing place features in stop consonants. *Perception & Psychophysics*, 18, 401-408.
- Repp, B.H. (1975) Dichotic forward and backward masking between CV syllables. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, 483-496.
- Sawusch, J.R. (1977) Peripheral and central processes in selective pdaptation of place of articulation in stop consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, 738-350.
- Schouten, M.E.H. (1980) The case against a speech mode of perception. *Acta Psychologica*, 7, 408-421.
- Tarttter, V.C. & Eimas, P.D. (1975) The role of auditory and phonetic feature detectors in the perception of speech. *Perception & Psychophysics*, 18, 293-298.