

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	単音節知覚における時間情報の役割
Title	
著者(和文)	片桐滋, 東倉洋一, 古井貞熙
Author	SADAOKI FURUI
出典(和文)	日本音響学会誌, Vol. 42, No. 2, pp. 97-105
Journal/Book name	, Vol. 42, No. 2, pp. 97-105
発行日 / Issue date	1986,

単音節知覚における時間情報の役割*

片 桐 滋・東 倉 洋 一・古 井 貞 熙**

(NTT 電気通信研究所)

(昭和 60 年 6 月 29 日受理)

1. ま え が き

我々人間の音声知覚においては、音声の静的特徴と共に動的特徴が重要な手掛かりとして用いられていると考えられる。この動的特徴に関しては、これまでも様々な検討がなされてきた。例えば、ホルマント軌跡や VOT (Voice Onset Time) 等の重要性が指摘されており^{1), 2)}、また話頭/話尾切断した音節を用いた知覚実験によって、音声区間中のスペクトル変化が極大となる時点に最も重要な音韻性特徴が存在していることも明らかにされている³⁾。しかし、音声の動的特徴は音韻環境や発声速度等の様々な要因に影響されるものであり⁴⁾、その詳細な特性や音声知覚における役割は、まだ必ずしも十分に明らかにされていない。

音韻性を決定する音声の動的特徴は、スペクトル系列情報と時間情報とに分けて考えることができる。ここで、スペクトル系列情報とは、発声過程における声道形状や音源特性を反映した周波数特性に関するものであり、短時間スペクトル包絡の系列を指す。一方、時間情報とは、声道形状の変化の速さに対応するものであり、スペクトル系列の時間方向の伸縮に関する情報を指す。これまで、スペクトル系列情報については、合成音実験などによってその音声知覚における役割が検討されている。時間情報についてもこれまで、自然音声における様々な特徴区間の持続時間の分析や⁵⁾⁻⁷⁾、ホルマント等を制御して合成した半母音等を用いた知覚実験、母音知覚における発声速度と文脈との影響の分析、音声知覚における VOT の役割の分析等が行われている⁸⁾。しかしすべての音韻を統一的に扱い、音声知覚における時間情報の役割を体系的に分析した例はない。

本報告は、こうした現状を踏まえ、音声知覚過程における時間情報の役割を体系的に明らかにしようとするものである⁹⁾。実験は、スペクトル系列情報を保存して時

間情報のみを制御した、すなわち発声過程における声道形状の変化の速さのみを制御した時間軸伸縮単音節の明瞭度試験に基づいている。そして明瞭度試験の結果から、時間軸伸縮が音声知覚に及ぼす影響を調べ、音声知覚における時間情報の役割を検討する。なお、実験に用いた時間軸伸縮音声は、自然音声の PARCOR 分析合成法によって実現した。従来行われてきた音声知覚実験の多くにおいては、ホルマント等の限られたパラメータを制御した合成音声を用いられてきた¹⁰⁾。このため、こうした実験においては音声の自然性や複雑なスペクトル系列情報が損なわれている恐れがあった。これに対し本方法によれば、自然音声の時間情報のみに注目した信頼性の高い結果が期待できるものと考えられる。

2. 実験方法

2.1 時間軸伸縮単音節の作成

自然音声の時間軸伸縮を実現する方法としては、録音された音声の再生速度を変化させる方法がある。しかしこの方法は、周波数方向、すなわちスペクトル系列情報の変化を伴うため、本実験に不適当なことは言うまでもない。このため本研究では、前述したように PARCOR 分析合成法を用いる。Fig. 1 に、本実験で用いた PARCOR 分析合成法による時間軸操作手順の概要を示す。まず分析は、数 msec から 20 msec 程度の分析フレーム窓を数 msec 間隔で移行することによって行う。分析フレーム窓によって切り出された原音声は、窓ごとに声道情報 (PARCOR 係数) と音源情報 (予測残差系列) とに分離される。ただしここでは、便宜的に、声道情報とは音源と声道の周波数特性を一括した特性を指し、音源情報とはピッチ周期などの駆動音源のスペクトル的に平坦化された波形情報を指す。また、分析フレーム窓の移行と共に求められる声道情報の系列がスペクトル系列情報であり、このスペクトル系列の更新間隔が合成時に制御される時間情報である。次に、こうして得られたスペクトル系列情報と時間情報、音源情報を用いて時間軸伸縮音声を合成する。ここでは、スペクトル系列情報を保存したまま、時間情報を制御する。時間情報の制御は、

* A role of duration in syllable perception.

** Shigeru Katagiri, Yoh'ichi Tohkura and Sadaoki Furui (NTT Electrical Communications Laboratories, Musashino, 180)

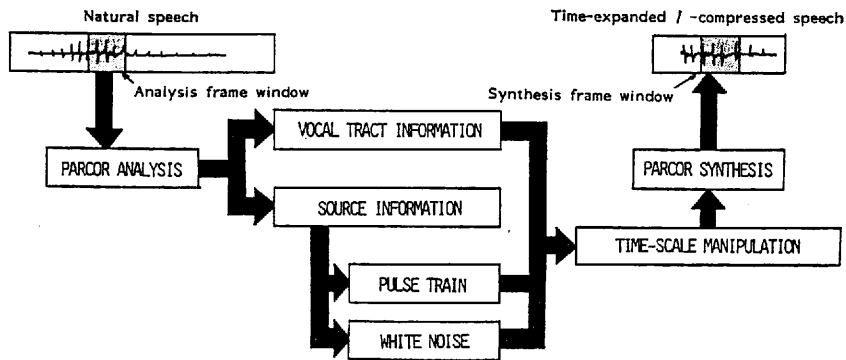


Fig. 1 Time-expanding/-compressing procedures on the basis of the PARCOR analysis-synthesis method.

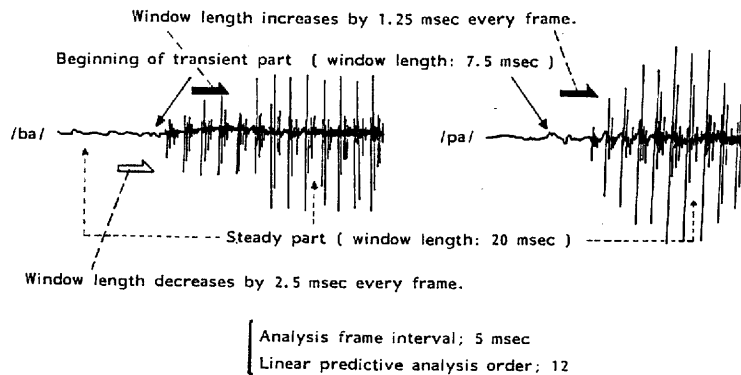


Fig. 2 Analysis procedure.

合成時の合成フレーム窓の間隔を変えることによって実現する。また、合成音声の音源には、音源情報から得られる有声/無声の判定や有声部のピッチ周期に基づいて、有声部で分析時と同周期のパルス列を、無声部で白色雑音を用いる。このように本方法では、スペクトル系列情報と時間情報とを分離して扱うことができ、本実験の目的とする時間軸のみの操作が可能となる。以下に、時間軸伸縮の方法の詳細を、例を用いて説明する。

Fig. 2 は分析の様子を示している。まず原音声进行分析フレーム周期 5 msec で分析する。分析フレーム窓長は破裂部等の過渡部で 7.5 msec、定常部で 20 msec とし、過渡部から定常部へ向かう所ではフレームごとに 1.25 msec ずつ増加させ、定常部から過渡部へ向かう所ではフレームごとに 2.5 msec ずつ減少させる。分析次数は 12 次である。ここで過渡部、定常部の判断は視察に基づいて行う。このように分析フレーム窓長に注意を払うのは、過渡部の高時間分解能による明瞭性と、滑らかな定常部による自然性とを保つためである。また、変形相関関数やケプストラムから抽出するピッチ周期についても、視察による確認、修正を行い、できるだけ正確な音源情報の維持に努めている。

Fig. 3 は合成の様子を示している。合成時の音源は、前述したように無声部で白色雑音を、有声部で分析時と

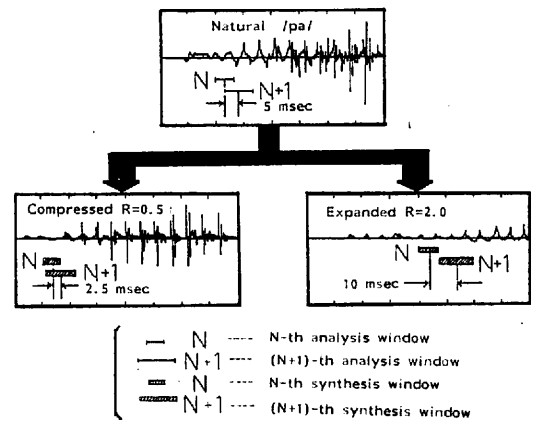


Fig. 3 Synthesis procedure.

同周期のパルス列を用いる。時間軸伸縮は、合成フレーム周期を分析フレーム周期の R 倍にすることによって実現する。Fig. 3 中、左図は時間軸が 0.5 倍に圧縮された例を、右図は時間軸が 2.0 倍に伸張された例を示している。なお、これらの時間軸伸縮は、それぞれ声道の変化速度を 2 倍 ($R=0.5$) 及び 0.5 倍 ($R=2.0$) にすることに対応する。

2.2 明瞭度試験

時間軸伸縮の影響を、4 名の通話品質試験員の受聴に

Table 1 Conditions of listening tests for time-expanded/compressed 100 Japanese syllables.

Speech materials	
Speakers	2 female announcers 2 male non-professionals
Utterances	syllables
Expansion	(L ₃): expanded ($R=4.0$) (L ₂): expanded ($R=2.0$) (L ₁): expanded ($R=1.4$)
and	(T): synthesized ($R=1.0$) (N): natural
compression	(S ₁): compressed ($R=0.7$) (S ₂): compressed ($R=0.5$) (S ₃): compressed ($R=0.25$) (R: time-scale expansion ratio)
Listening conditions	
Listener	trained testing crews (4 female)
Number of tests	6 times/100 syllables
Noise	no
Level	comfortable (0 dB-OTR)
Band-width	4 kHz

よる 100 音節明瞭度試験に基づいて調べた。受聴者には、反響及び雑音のない静かなブース内でヘッドホン (DR-305) を用いて受聴し、受聴した音節名をそのまま書くように指示を与えた。試験内容を Table 1 に示す。

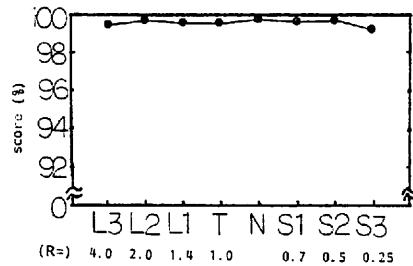
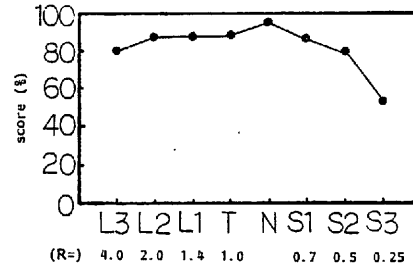
用いた音声試料は表中の 8 種であり、自然音声 (N) と 7 種の合成音声とからなる。合成音声は、その伸縮率 R によって、3 種の伸張音 (L₃; $R=4.0$)、(L₂; $R=2.0$)、(L₁; $R=1.4$)、3 種の圧縮音 (S₁; $R=0.7$)、(S₂; $R=0.5$)、(S₃; $R=0.25$) 及び非伸縮分析合成音 (T; $R=1.0$) に分けられる。ここで、自然音声 (N) の単音明瞭度は平均 97.5%、時間軸伸縮を行わない分析合成音 (T) の単音明瞭度は 94.8% であった。非伸縮分析合成音 (T) は、分析合成の処理によって若干の明瞭度の低下が見られるが、以下の時間軸伸縮実験に十分な品質を保っていると考えられる。

3. 実験結果及び検討

実験結果は、男女 4 話者分の試料による差異がほとんど見られなかったため、これらの資料を 4 名の試験員が 6 回ずつ受聴した 96 回の平均として、8 種の試料ごとにまとめた。以下に、時間軸伸縮と母音明瞭度、子音明瞭度、調音方式との関係を、また時間軸伸縮による音韻間の異聴傾向を示し、その結果を検討する。

3.1 母音明瞭度に及ぼす時間軸伸縮の影響

Fig. 4 に、母音明瞭度に及ぼす時間軸伸縮の影響を示す。横軸が伸縮条件、縦軸が母音明瞭度である。Fig. 4 より、母音明瞭度は、時間軸伸縮の影響をほとんど受


Fig. 4 Vowel articulation scores by listening test of time-expanded/compressed 100 Japanese syllables.

Fig. 5 Consonant articulation scores by listening test of time-expanded/compressed 100 Japanese syllables.

けず、いずれの条件においても高い明瞭度を示していることが分かる。こうした結果は、母音が本来スペクトルの定常的な区間を有するため、その知覚においては、時間情報の役割が小さくスペクトル系列情報の役割が大きいことを示している。

3.2 子音明瞭度に及ぼす時間軸伸縮の影響

Fig. 5 には、子音明瞭度に及ぼす時間軸伸縮の影響を示す。横軸が伸縮条件、縦軸が子音明瞭度である。Fig. 5 より、子音の知覚においては、時間情報の役割が大きいことが分かる。伸縮率が 4.0 又は 0.5 以下では、子音の明瞭度は (T) に比べて約 8% 以上低下し、子音の音韻性は時間軸伸縮によって明らかに影響されている。

また、伸張と圧縮を比べると、圧縮による明瞭度の低下が目立つ。これは、圧縮によって時間情報が変形されるほかに、各音声試料の継続時間が短縮されるため聞き取りが困難になる効果が相乗しているためと考えられる。

3.3 調音方式ごとの時間軸伸縮の影響

前節において、時間情報の役割は、母音知覚におけるよりも子音知覚における方が可成り大きいことを示した。しかし子音の特徴には、破裂性、摩擦性等、様々なものがあり、子音の知覚における時間情報の役割も、これらの性質ごとに異なることが予想される。そこで、時間軸伸縮の影響を調音方式ごとに調べ、Fig. 6 にまとめた。Fig. 6 は、子音ごとの正聴率を調音方式ごとに平均したものと時間軸伸縮率との関係を示したものである。なお、図中の縦軸は、各伸縮音の結果から非伸縮分

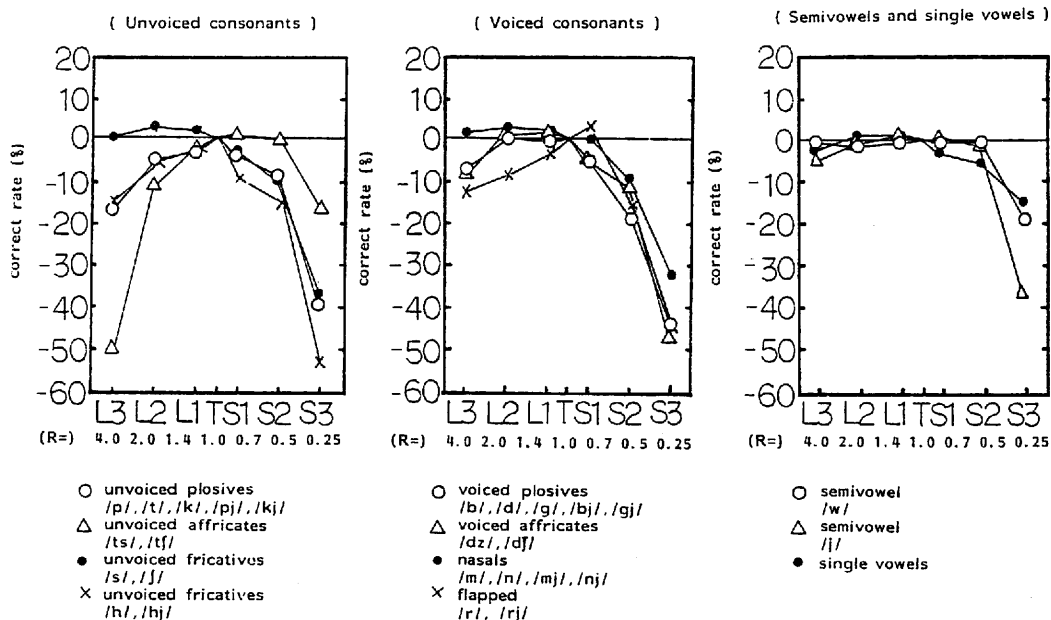


Fig. 6 Consonant and single vowel articulation scores for the time-expanded/-compressed 100 Japanese syllables. Each symbol indicates the value of ((correct rate for each condition) - (correct rate for condition (T))).

折合成音 (T) の結果を引いた相対値を示し、横軸は、伸縮条件を示している。

Fig. 6 によれば、時間軸伸縮による子音正聴率の低下は、伸縮比が大きくなると 20% 程度あるいはそれ以上にのぼっており、特に破裂性を伴う子音の正聴率は、0.7 あるいは 1.4 程度の伸縮でも可成り低下することが分かる。ここで、子音明瞭度における伸縮の影響を Fig. 6 中の正聴率低下の傾向に応じて分類すると、次の 4 種類にまとめることができる。なお、ここで正聴率が低下するとは、次の条件が満足される場合を指している。すなわち、伸張において正聴率が低下するとは、伸張音 (L₃), (L₂), (L₁) の 3 条件にわたる正聴率低下の平均値が 5% 以上の場合を指し、圧縮において正聴率が低下するとは、圧縮音 (S₂), (S₁) の 2 条件にわたる正聴率低下の平均値が 5% 以上の場合を指す。圧縮音 (S₃) を分類の基準から除いたのは、その継続時間が通常の発声では起こりえない程度まで短くなることにより、聴き取りが困難になる場合があるためである。

- [1] 伸縮いずれにおいても正聴率が低下するもの—無声破裂音、無声摩擦音のうち /h/ と /hʃ/, 弾音
- [2] 伸張のみにおいて正聴率が低下するもの—無声破裂音
- [3] 圧縮のみにおいて正聴率が低下するもの—無声摩擦音のうち /s/ と /ʃ/, 有声破裂音、有声摩擦音
- [4] 伸縮いずれにおいても正聴率が低下しないもの—半母音、単独母音、鼻音

以下では、Fig. 7 に示すサウンドスペクトログラム例

(男性話者の実際に異聴が起こった試料) を参考にして、時間軸伸縮の影響について考察する。なお、図中の合成音声資料の中で、背景雑音区間のパワーがゼロとなっているものがあるのは、合成に際して、パワーが極めて小さい背景雑音区間を無音区間として扱っているためである。

上述の 4 種類の分類のうち [1] は、音韻特徴が急激な過渡部に集中している無声破裂音や弾音の知覚において、時間情報が重要な役割を果たしていることを示している。Fig. 7(a) は、伸張のために無声破裂音 /ta/ が同じ無声破裂音 /ka/ に異聴された例である。これによると、自然音声 (N) の /ta/ に比べ、2 倍に伸張された伸張音 (L₂) の /ta/ は、破裂部のバーストとそれに続く気音部が明確になっている。また、自然音声 (N) の /ka/ は、もともとバースト部と気音部が長い。このため、(L₂) の /ta/ が /ka/ に異聴されたものと考えられる。Fig. 7(b) は、圧縮のために無声破裂音 /ke/ が /pe/ に異聴された例である。ここでは圧縮音 (S₂) の /ke/ が、自然音声 (N) の /pe/ と類似の急激な破裂部と短い気音部とを持っていることが分かる。

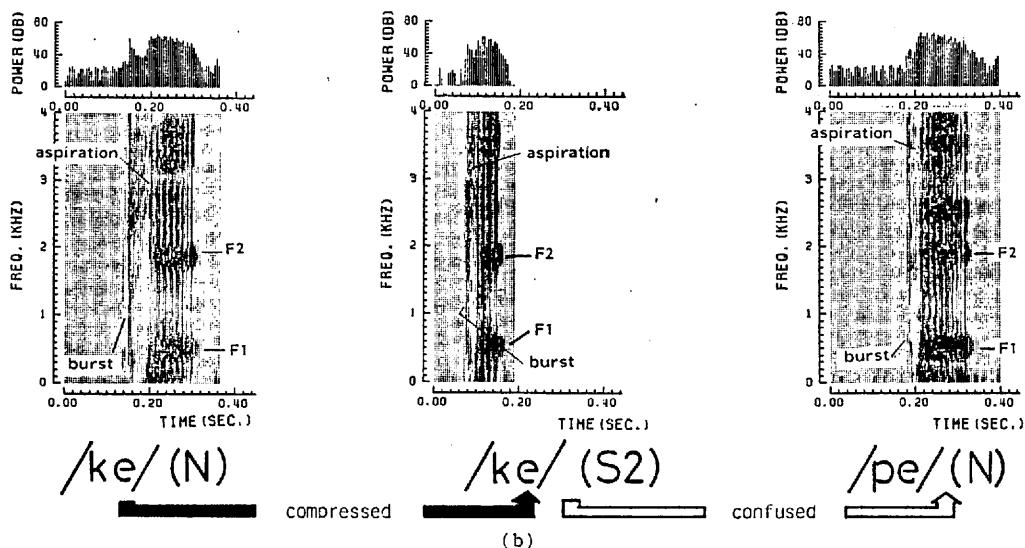
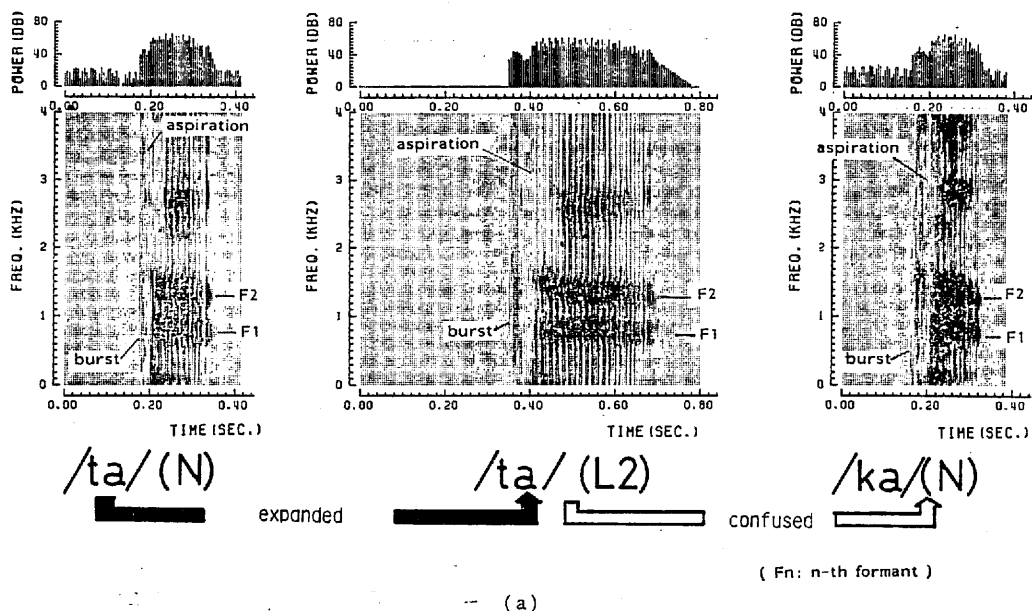
無声摩擦音 /h/ と /hʃ/ の正聴率低下の原因は次のように考えられる。まず伸張においては、摩擦部の提示が強調されるために摩擦音 /s/ や /ʃ/ に異聴され易くなる。実際、/h/ や /hʃ/ の中にはもともと /s/ や /ʃ/ に近い調音特性を持つものがあり、伸張におけるこうした異聴を生じ易くしている。一方、圧縮においては、子音開始時点の破裂部が強調されることにより破裂音や破

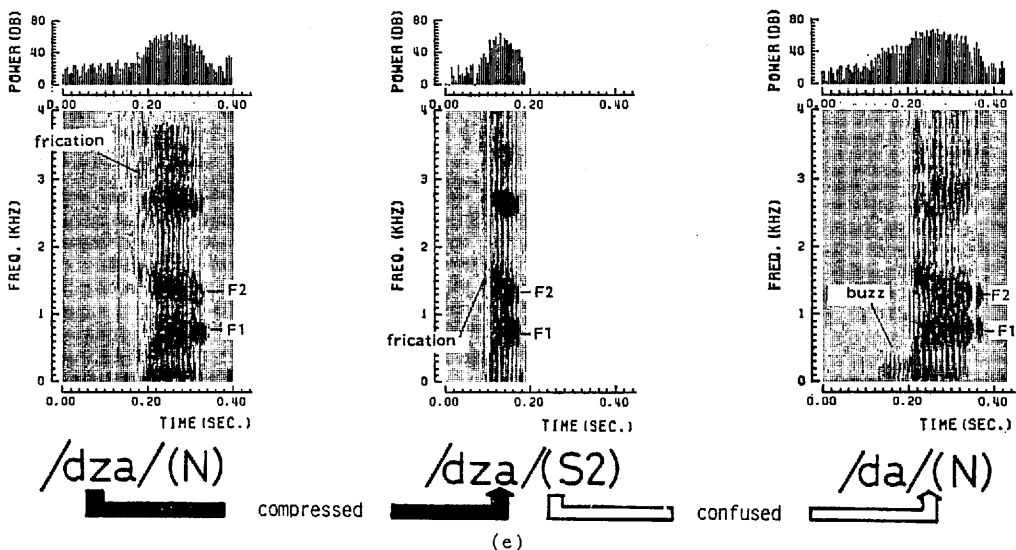
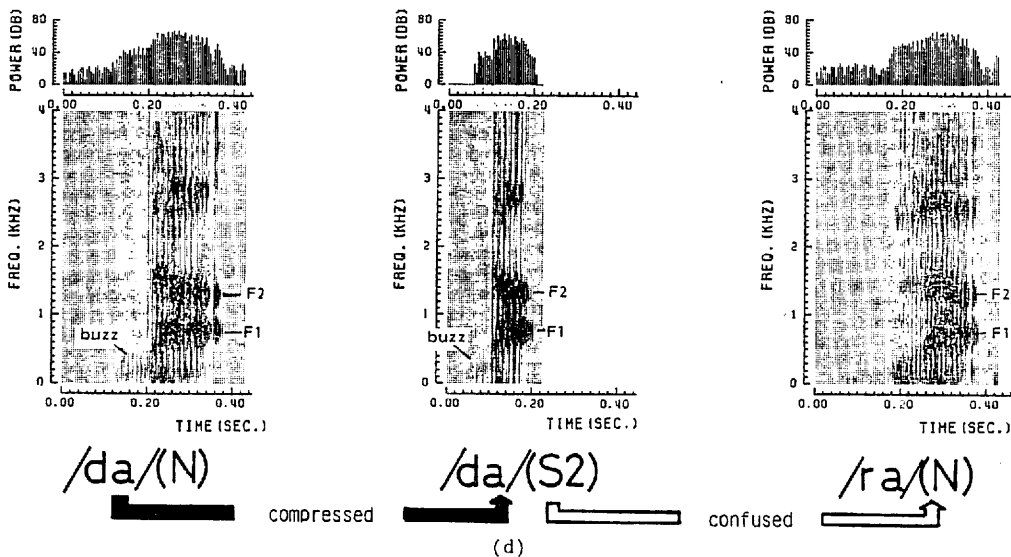
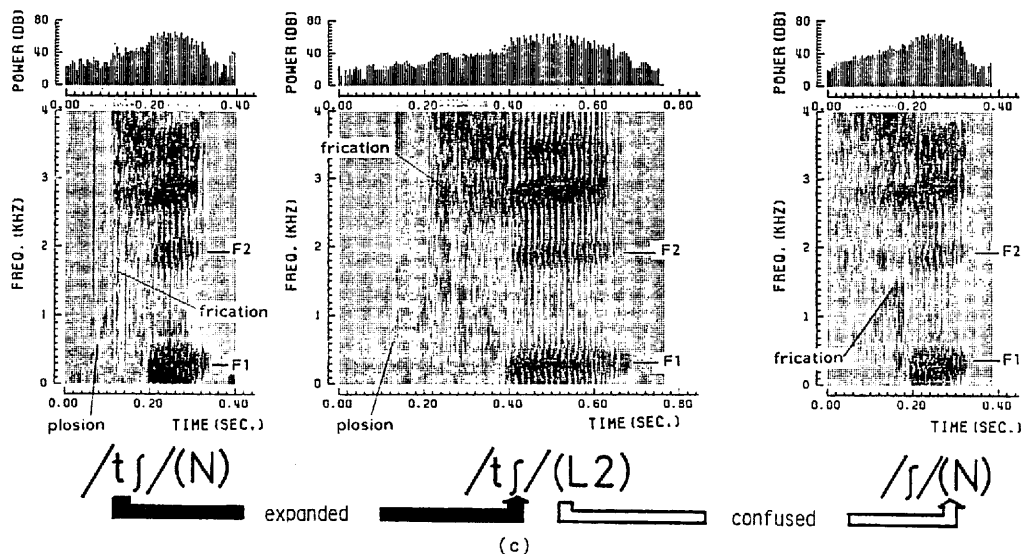
裂音に異聴され易くなる。

[2] の無声破擦音の結果は次のように考えられる。まず伸張時には、破裂部の変化が緩やかになり、更にこれに続く摩擦部が長時間提示されるようになる。この結果、無声破擦音は無声摩擦音として知覚され易くなる。一方、圧縮においては、もともと持続時間が長い摩擦部は、圧縮されても静的特徴として知覚される程度には存在する。更に破裂性は、圧縮によってかえって強調される。このため、無声破擦音の正聴率は、圧縮によっては低下しない。伸張のため /ʃ/ に異聴された伸張音 (L2) の /tʃ/ の例を Fig. 7(c) に示す。自然音声 (N) で明確であった /tʃ/ の破裂も (L2) ではやや不明確になっている。しかも2倍に伸張された摩擦部は、自然音声

(N) の /ʃ/ と同様に長いことが分かる。

[3] には有声子音が多い。有声子音は、元来、子音開始時点付近のエネルギーが大きいため、無声子音に比べてスペクトル変化情報が明確にしかも長い時間にわたって現れ易いと言われている (Fig. 7(d) 参照; Fig. 7(a) の /ta/ と比べ、/da/ は破裂以前からバズ部を持ち、更に破裂直後から明確なホルマント軌跡を示している)。このことから、[3] の各有声子音の知覚においては、時間情報と同時にスペクトル系列情報 (比較的長い時間にわたるスペクトル変化パターン) が重要な役割を果たしていると考えられる。このため、提示時間が長くなる伸張においては正聴率は低下しない。一方、圧縮においては、破裂部における過渡特性が短時間に圧縮されて強調





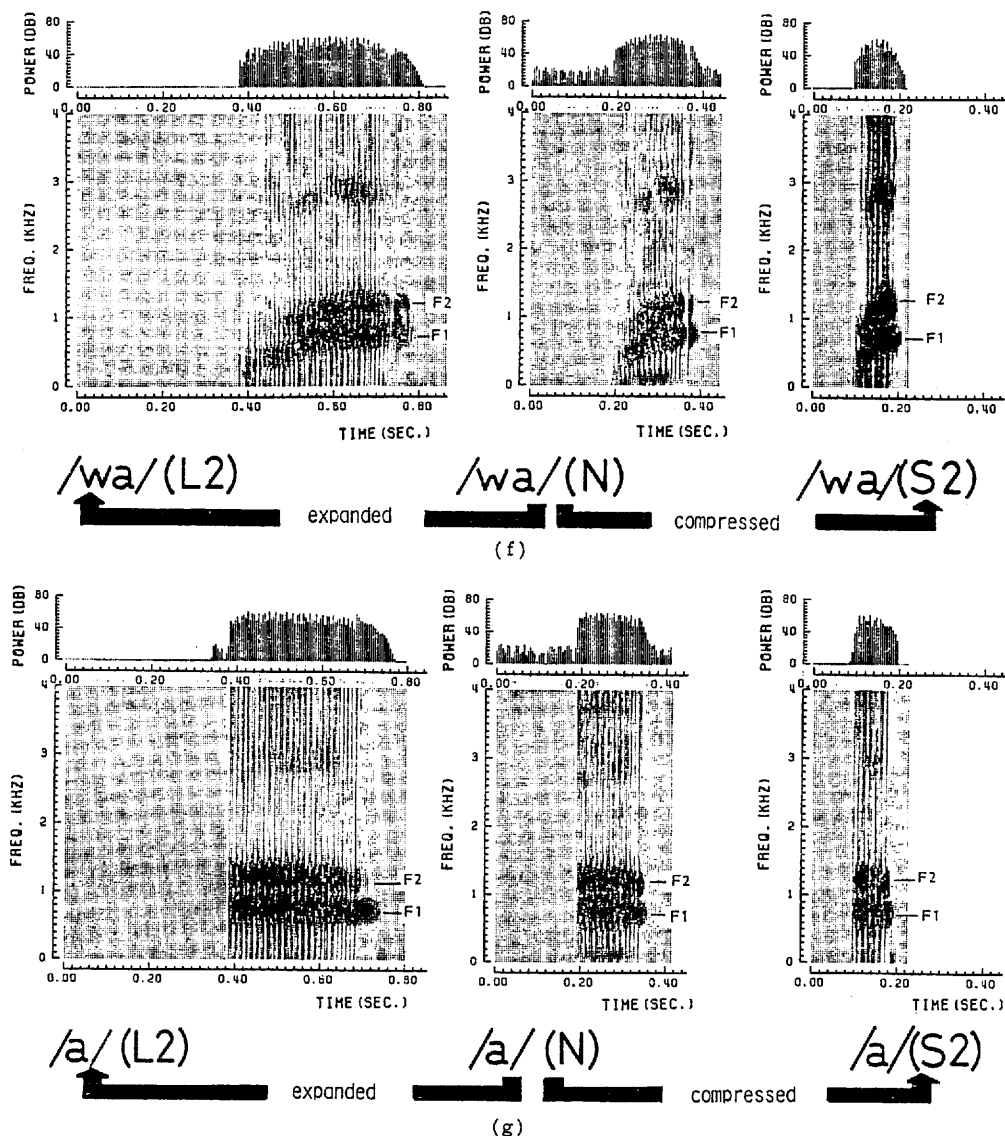


Fig. 7 Examples of sound spectrogram.

されるため、有声破裂音が弾音に、有声摩擦音が有声破裂音にそれぞれ異聴され易くなる。実際、弾音 /ra/ に異聴された圧縮音 (S₂) の /da/ は、自然音声 (N) の /ra/ に類似の急激な過渡特性を示している。また、Fig. 7 (e) の有声破裂音 /da/ に異聴された圧縮音 (S₂) の /dza/ においては、摩擦部が短かつ立ち上がりが急激になったため、この付近の破裂性が強調されている様子が観察される。

[4] の半母音は、Fig. 7(f) の半母音 /wa/ の例に示すように、スペクトル変化が大きくしかも緩やかである。このため、時間軸操作がなされてもスペクトル系列の変化情報は明確に存在しており、その知覚に対する伸縮の影響が小さいと考えられる。また、スペクトル変化が小さく、しかも基本的に静的（定常的）な特徴を持つ

単独母音の知覚は、この静的なスペクトルを知覚することによってなされているものと考えられる。そのため、ここでも時間軸伸縮の影響は小さい。Fig. 7(g) の単独母音 /a/ の例も、スペクトル変化が小さいことを示している。一方、鼻音は破裂を伴うにもかかわらずその知覚における時間軸伸縮の影響が小さい。こうした結果は、同様の破裂を伴う有声破裂音等と比べ、鼻音の知覚における時間情報の役割が小さいために生じるものと考えられる。ここでは、破裂に伴って変化するスペクトルの変化方向等のスペクトル系列情報の役割が大きいものと考えられる。

以上、時間情報が調音方式によって可成り異なる役割を果たすこと、更に、時間情報は破裂性を伴う子音の知覚において特に重要な役割を果たすことが明らかになっ

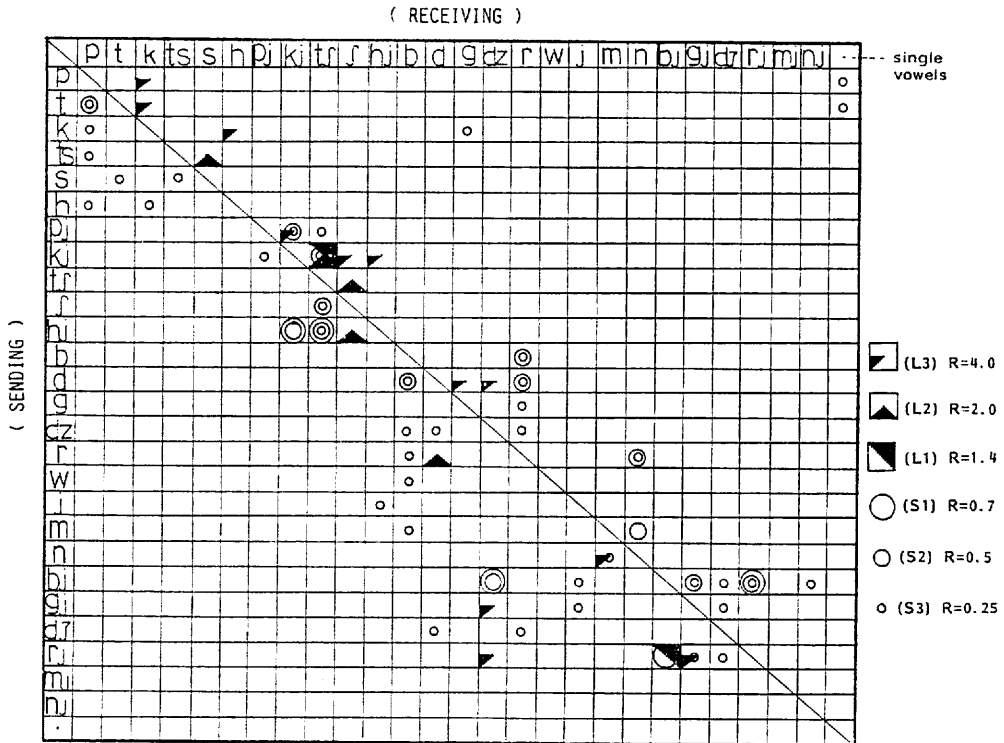


Fig. 8 Consonant articulation confusion matrix by listening test of 100 Japanese syllables. Symbols are marked where the error rate is increased more than 5% by expansion or compression of the syllables.

た。

3.4 時間軸伸縮による異聴傾向

前節で検討した調音方式ごとの時間情報の役割を更に細かく調べるため、音韻間の異聴傾向を子音ごとにまとめ Fig. 8 に示した。図中の各印は、ある伸縮条件における異聴率（異聴をした回答率、すなわち誤り率）が、非伸縮分析合成音（T）の場合のそれより5%以上増加したことを示している。なお、印の違いは伸縮条件の違いを表している。例えば1行3列目の□は、伸張音（L₃）の /p/ を提示（送話）したとき、/k/ と知覚（受話）された率が、分析合成音（T）におけるそれと比べて5%以上増加したこと、すなわち異聴率が5%以上増加したことを示している。

Fig. 8 に現れた異聴傾向をまとめると次のようになる。

〔伸張の影響〕

- ・無声破裂音 → {
 - ・無声摩擦音
 - ・無声破擦音
 - ・調音位置が異なる無声破裂音
- ・無声破擦音 → {
 - ・無声摩擦音
- ・有声破裂音 → {
 - ・調音位置が異なる有声破裂音
 - ・有声破擦音
- ・弾音 → {
 - ・有声破裂音

〔圧縮の影響〕

- ・無声破裂音 → {
 - ・調音位置が異なる無声破裂音
 - ・単独母音
- ・無声摩擦音 → {
 - ・無声破裂音
 - ・無声破擦音
- ・有声破裂音 → {
 - ・調音位置が異なる有声破裂音
 - ・弾音
- ・弾音 → {
 - ・有声破裂音
 - ・鼻音

以上、時間軸伸縮に伴う音韻間の異聴は、ある特定の音韻間でほぼ可逆的に生じていることが分かる。特に破裂音においては、伸張によって歯茎音が口蓋音に、一方、圧縮によって歯茎音が唇音に、それぞれ異聴され易くなっている。これは、調音位置の違いに基づく時間情報（唇音のスペクトル変化が最も速く、歯茎音、口蓋音と遅くなる）が、伸縮によって乱されたため生じた結果と考えられる。調音方式ごとの異聴傾向を調べた前節では、時間情報の役割が調音方式ごとに可成り異なることを明らかにしたが、この音韻間の異聴傾向は、時間情報の役割をより具体的に示している。音声知覚における時間情報は、一般に無声子音の知覚、特に破裂音、破擦音、摩擦音相互間の識別、弾音の知覚、有声・無声破裂音における調音位置の識別等において特に大きな役割を担っている。

4. まとめと考察

以上、時間軸伸縮単音節の明瞭度試験に基づき、音声知覚における時間情報の役割を分析した。その結果、無声子音の知覚や破裂音、破擦音、摩擦音相互間の識別、破裂音の調音位置の識別等において、時間情報の役割が大きいことが確認されると共に、以下の点が明らかになった。

- (1) 破裂性を伴う音韻の明瞭性は、0.7 倍あるいは 1.4 倍程度の時間軸伸縮によって損なわれる。
- (2) 4.0 倍あるいは 0.5 倍以下の時間軸伸縮による子音正聴率の低下は、20% あるいはそれ以上にのぼる。
- (3) 母音、半母音、鼻音等の知覚においては、スペクトル系列情報の役割が大きく、時間情報の役割は小さい。

ところで、発声速度が異なる自然音声の時間情報について調べた報告によれば⁹⁾、

- ・ 各音韻区分の持続時間伸縮率は、母音区間と子音区間とで伸縮の傾向が異なるものの、破裂に先行する閉鎖区間やバズ区間を除いて、ほぼ 0.7 から 1.4 におさまっている。
- ・ 半母音と弾音の過渡区間長は、音節長全体が伸びても、約 70 msec 以下に制限されている。

等が明らかになっている。ここで本研究が明らかにした時間情報は、調音に伴う物理的制約によって生じると考えられる上述の自然音声の時間情報と良く対応する。すなわち、正確な音声知覚に必要な時間軸伸縮率の範囲は自然音声における音韻区分の持続時間伸縮率とほぼ一致している。この自然音声における結果との対応は、本報告の結果の妥当性を示すものであると言えよう。

一方、自然音声における時間情報等の動的特徴は、音声の機械認識においても最近利用されるようになり、その有効性が示されている。例えば、動的計画法を利用する際に過渡部と定常部との扱いを分ける手法や¹¹⁾、スペクトルの動的特徴を特徴パラメータとして積極的に用いる手法¹²⁾等において、効果的な利用が行われている。連続音声の認識を目指す音声の機械認識においては、音韻認識率のいっそうの向上が望まれている。このため、動的特徴の音声知覚的な解明は、この方面からも今後ますます期待されるものと考えられる。

今回は、音声知覚における時間情報の役割に注目して実験を行った。しかし本実験の結果からは、音声知覚において、時間の絶対的な値（例：破裂時点から後続母音のある基準点までの区間長）が重要なのか、あるいは伸縮によって実現される時間的な変化率（例：パワー及びスペクトルの変化率）が重要なのか等の詳細は不明である。機械認識に対する応用のためにも、こうした点を解明し、更に音声知覚におけるスペクトル系列情報と時間情報の役割の関係を明らかにする必要がある。そのため今後は、様々な発声速度の自然音声を用いた知覚実験や、知覚実験結果と音声の物理量との関連の分析等を行っていく予定である。

謝 辞

日頃ご指導いただく寛室長をはじめ、熱心にご討論いただいた第四研究室諸氏に感謝いたします。また、知覚実験とその結果の整理にご助力いただいた通話品質試験員の諸嬢に重ねて感謝いたします。

文 献

- 1) 中山和男、聴覚と音声（第5部）、電子通信学会編（コロナ社、東京、1973）、pp. 422-425.
- 2) 中嶋功毅、小林 崇、角所 収、"破裂音の生成と知覚における VOT の役割、" 音響学会研究発表会予稿、195-196 (1984. 10).
- 3) 古井貞照、"音節知覚におけるスペクトル変化情報の役割、" 音響学会聴覚研究 H-85-6 (1985. 1).
- 4) A. Cole, Ed., *Perception and Production of Fluent Speech* (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, 1980), Chap. 1, pp. 3-50.
- 5) 比企静雄、金森吉成、大泉充郎、"連続音声の音韻区分の持続時間の性質、" 信学会誌 50, 849-856 (1967).
- 6) J. L. Miller and T. Baer, "Some effects of speaking rate on the production of /b/ and /w/," J. Acoust. Soc. Am. 73, 1751-1755 (1983).
- 7) 勾坂芳典、東倉洋一、"規則による音声合成のための音韻時間長制御、" 信学論 (A), J 67-A, 629-636 (1984).
- 8) J. D. Elmas and J. L. Miller, Eds., *Perspectives on the Study of Speech* (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, 1981), Chap. 2, pp. 39-74.
- 9) 東倉洋一、片桐 滋、古井貞照、"時間軸伸縮による単音節の異聴現象、" 音響学会研究発表会予稿、181-182 (1984. 10).
- 10) J. L. Miller and A. M. Liberman, "Some effects of later-occurring information on the perception of stop consonant," Percept. Psychophys. 25, 457-465 (1979).
- 11) 川端 豪、好田正紀、"音声の定常部と過渡部における継続時間伸縮の違いを考慮したワードスポッティング、" 音響学会研究発表会予稿、77-78 (1984. 10).
- 12) 古井貞照、"音声スペクトルの動的特徴を用いた単語音声認識、" 音響学会音声研究 S-84-65 (1984. 12).