

日本語アクセントにおける喉頭調節について

吉岡 博英

筋電図学的手法ならびにファイバースコープによる喉頭像の映画記録を行ない、東京方言における単語アクセントを実現する際の喉頭筋の役割と声門面積の変化の様子を観察した。その結果、アクセント核の位置に対応して、輪状甲状筋のみならず甲状披裂筋でも活動が上昇する現象が見られた。また、甲状披裂筋ではアクセントの表出のみならず、語頭における母音の声門破裂音化の現象と関連した一過性の活動上昇も加味されることが知られた。他方、唯一の開大筋である後輪状披裂筋では、アクセント核のあるモーラに後続する無声破裂音に対応する活動は弱くなり、また声門の開きのピーク値も小さいことが知られた。しかしその他の場合、すなわちアクセント核が先行していない時や該当する無声子音が摩擦音の時には、後輪状披裂筋の活動はアクセント核には影響を受けないことが知られた。

キーワード：喉頭　日本語　アクセント　筋電図　内視鏡

1. はじめに

日本語における単語アクセントは、東京方言を例に取れば、それぞれのモーラに対して高低どちらかの二値的な値が与えられており、この連続が単語アクセントにほかならないと考えられ、この意味において典型的な高低アクセントを有する言語である。そして、これをより音韻論的に整理すれば、いわゆるアクセント核という概念を導入して、①アクセント核が有るか無いか、②有るとすればどのモーラに有るか、を指定することによりすべて記述できるという (e.g., 服部, 1960)。

また非弁別的特徴ではあるが、語頭の第一モーラは、そこにアクセント核が来ない限り、通常低く発音されることも知られている。従って、音素連続/ V_1CV_2 / (V =母音, C =子音) の組合せでは、/ $V_1^{\uparrow}CV_2$ /、/ $V_1CV_2^{\uparrow}$ /、/ V_1CV_2 / (\uparrow =アクセント核) の三種類の異なる単語が可能であり、それぞれ内省的には [high-low]、[low-high]、[low-high] と考えられている。

もちろん、これらのアクセント型の違いに基づく実際の音響量での変化は、それぞれのモーラに対応する区間の長さや音圧の変動あるいはフォルマント構造の経時的違いなどにも表れてくるが、少なくとも日本語に関する限り、基本周波数の時

間曲線がもっとも弁別的な差異であることが知られている (e.g., 藤崎, 杉藤, 1977)。

これらの音響学的側面ばかりでなく、近年では著しく発達した構音器官の種々の生理学的観測法を駆使しての日本語アクセントについての研究も盛んになってきた。なかでも筋電図学的手法を用いて喉頭諸筋群の活動と基本周波数との経時的変化の様式を検討した結果から、発声発語の如何を問わず輪状甲状筋の活動が基本周波数の上昇に主として関与していることが知られた (e.g., Hirano et al., 1969; Sawashima et al., 1969; Shimada and Hirose., 1971; Atkinson, 1978; Sugito and Hirose, 1978)。

しかし、声帯のいわゆる Body 部の本体をなす甲状披裂筋も、少なくとも地声の声区内においては、基本周波数の上昇につれて活動が高まることが一般に知られているが、アクセント核との対応関係は必ずしも明らかとは言い難い。また、アクセント核の有無と声門の開きとの関係も、母音の無声化現象の起り易さといった、いわば例外的な側面のみが明らかになっているのみで、本来、無声である無声子音に対応した声門の開大現象とアクセント核との相互関係の大部分は不明である。

従って本研究では日本語における単語アクセント

トの生成について、声帯筋とも呼ばれる甲状披裂筋の役割とともに、喉頭筋のなかで唯一の声門開大筋である後輪状披裂筋の活動様式ならびに主としてそれに制御される声門の開大現象の経時的パタンの変化を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

喉頭筋筋電図の活動電位は、白金-タングステン合金よりなる有鉤針金電極を用いて記録した。唯一の開大筋である後輪状披裂筋への電極の刺入に際しては、あらかじめ喉頭腔を4%リドカイン液を用いて麻酔を行ない、間接喉頭鏡下に特別に考案された鉗子を用いて行った。比較的皮膚に近い甲状披裂筋(声帯筋とも称される)、ならびに輪状甲状筋への刺入は、26ゲージで長さ1-1/2インチの注射針をガイドとして経皮的に行った(Hirano and Ohala, 1969)。

活動電位は、あらかじめ80Hzのハイパスフィルタを通したのち、FMレコーダに記録され、全波整流後、5msの時間窓で積分したものを、200Hzのサンプリング周波数でコンピュータ処理を行った。なお、以下に掲げる筋電図の経時的パタンは35msの時定数で処理したものである。

声門の開大運動の観察には喉頭用ファイバースコープ(オリンパスVFO型)を用い、毎秒60フレームの速度で映画撮影を行った。音声信号と同時に各フレームの正確な時刻を示す同期信号をFMレコーダに記録した。声門の開きの程度は声帯突起間の距離で代表されるものとし、後日コンピュータを用いて各フレームごとのその距離を測定し、同期信号を手掛かりにして音声現象との正確な時間対応を付けたうえでプロットした。

これらの筋電図ならびにファイバースコープによるデータとともに、音声信号もコンピュータ処理を行った。まず音声の包絡曲線を算出し、これを基準にして、以後の音声処理ならびに他の生理的データとの時間的対応を明らかにした。次に、自己相関法を用いて基本周波数の時間曲線を描記した。

被験者は、東京方言を話す成年男子1名である。既述のように、この言語においては同じ音素連続/V₁CV₂/ (V=母音, C=子音)でも、アクセント型の違いにより三種の組合せが可能である。このうち有意義単語で出現するTable 1のような発話材料を考案した。なお、カギで示した¹はアク

Table 1. List of test words and their carrier sentence.

「それは _____ です」	“sorewa _____ desu”
意 志	/ī si/
石	/isī /
逸 史	/iQsi/
一 子	/ī Qsi/
維 持	/ī zi/
意 地	/iz̄ /
位 置	/ī ci/
一	/icī /
粹	/iki/
息	/ī ki/
生 き	/ik̄ /
一 気	/ī Qki/
意 義	/ī gi/

セント核の直後を示す記号である。

被験者は「それは _____ です」というフレーム文にそれぞれの検査語を挿入して、ランダムに少なくとも15回以上繰返して発話して記録を行った。なお、声の強さや高さあるいは速さなどは特に指示はしていない。

3. 結果と考察

図1は、アクセント核の位置のみが異なる同じ音素連続/isi/からなるふたつの単語をそれぞれフレーム文に含んだものを発話した際の甲状披裂筋(VOC)ならびに輪状甲状筋(CT)の筋電図の加算平均曲線を示したものである。そして代表的な発話での基本周波数曲線(F₀)ならびに音声包絡曲線を既述の方法で抽出し、それぞれ下段に加えてある。なお、図中の縦の線はそれぞれ前後を[i]に挟まれた母音間[s]の開始時点に相当し、これはまた筋電図の加算平均のための基準時点に用いられたものである。

一見して分かるように、それぞれの発話におけるアクセント核に対応して、一過性の筋活動の上昇が輪状甲状筋のみならず甲状披裂筋においても認められる。すなわち、第一モーラにアクセント核がある場合には基準時点に先立つこと約200ms近辺から甲状披裂筋の活動は急速に高まり始め、-120msあたりでそのピークを迎えている。同様に、輪状甲状筋でも-200msぐらいから上昇し始め、-60msの時点でピークに達している。これに反し、第二モーラにアクセント核が来る時に

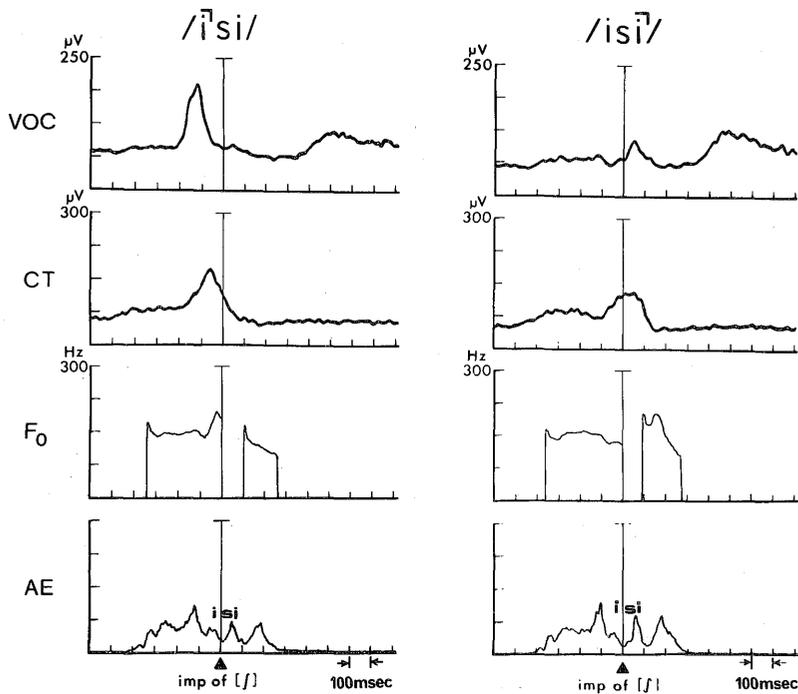


Fig. 1. Averaged EMG curves of VOC and CT, representative Fo contours, and corresponding audio envelope curves for /īsi/ and /isī/.

は甲状披裂筋、輪状甲状筋ともその活動は基準時点の前ではまず一過性の抑制が起り、その後改めて再活動を来し、そのピークは基準時点を過ぎた+50msあたりである。なお、甲状披裂筋の筋電図には、このほかにそれぞれ発話の後半において緩やかな活動の上昇が見られるが、これはしばしば文献に見られるように発話の収束に向かったのいわゆる声門化音の現象に伴った活動上昇である (e.g., Hirose, 1971)。

図2は母音間の子音に無声の摩擦音/s/の代りに有声音である/z/が来た場合の結果である。この有聲、無声という違いがあるにもかかわらず、図2の曲線はいずれも図1のそれとほとんど同じとあって良いほど似通っている。すなわち、甲状披裂筋も輪状甲状筋もともに、それぞれのアクセント核の位置に対応した一峰性の活動様式を示している。換言すれば、輪状甲状筋のみならず甲状披裂筋も有聲、無声という分節的特徴とはあまり関係なく、アクセント核という超分節的特徴に関連した活動様式を示すことが知られた。

しかしながら、ピーク値そのものについては甲状披裂筋と輪状甲状筋では明らかに異なっている

ことも事実である。すなわち図1、図2を問わず、甲状披裂筋では第一モーラにアクセント核があるときのほうが第二モーラにあるときよりも遙に大きくなっているのに比べ、輪状甲状筋ではほとんど差がないといって差し支えないであろう。これについては、後に再度言及する。

図3は無核アクセント型の場合についての結果である。この対照として同じ促音を間を含む音素連続でありながら第一モーラにアクセント核がある発話のデータも重畳させて示す。

基本周波数曲線を見ても分かるように、無核アクセントでの第一モーラはそれに続く第二モーラに比べ明らかに低く始まる。これは日本語アクセントにおける非弁別的な事象として言語学においては広く知られた事柄であるが、(既出、服部, 1960), これに関与する喉頭筋の役割について、この図より次のことが分かる。まず輪状甲状筋は第一モーラの産生に先立って軽度の活動抑制を示し、その後、活動はわずかながら徐々に上昇傾向を示し第2モーラ産生時にそれほど高くない平坦なピークを呈する。これに引き換え、無核アクセント型の発話に対して甲状披裂筋の筋電図曲線には

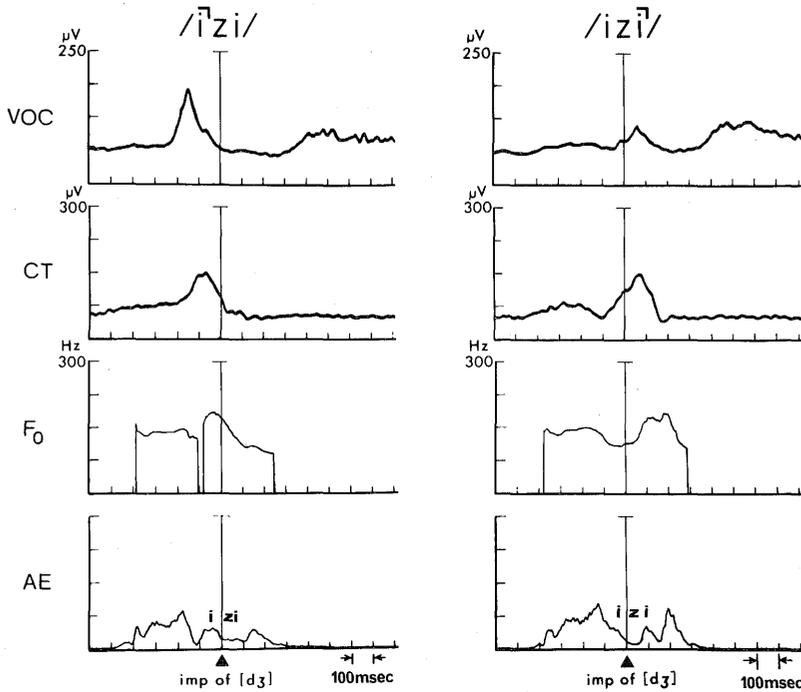


Fig. 2. Averaged EMG curves of VOC and CT, representative F₀ contours, and corresponding audio envelope curves for /īzi/ and /izī/.

明らかなピークはなく、むしろ母音間の無声子音直前の基準時点を中心としたごく軽い活動抑制が見られるのみである。

これらと対照的に第一モーラにアクセント核が来る発話では甲状披裂筋、輪状甲状筋ともに大きく急峻なピークが見られ、基本的には図1や図2に含まれる他の第一アクセントにある単語の発話時の活動様式とそれほど大差はないと思われる。これら第一モーラにアクセント核が来るときには更に興味深いことに、甲状披裂筋のピークのほうが輪状甲状筋のピークより100ms弱ほど早く、その結果、基準時点付近での甲状披裂筋の活動はノイズレベルにまで落ちている。これに引き換え、輪状甲状筋では徐々に下降し始めているものの、その区間での活動は未だかなり残っている点である。これは母音間の子音が有声か無声か、あるいは単音か促音かなどの区別と関係なく共通して指摘できることである。

図4は同じ音素連続/iki/から成り、アクセント型のみが異なる三個の有意義語を含む発話の結果である。本図においても、以上述べてきたアクセント型の違いと喉頭筋の活動様式のパタンの変化

との対応関係がそれぞれ個々の音素連続固有のものでなく、/VCV/構造の単語共通の事象であることが窺われよう。

それぞれのアクセント核に対応した活動上昇が輪状甲状筋のみならず甲状披裂筋にも見られること、そのピーク値に関し、輪状甲状筋ではほぼ同じ程度であるが甲状披裂筋では語頭の母音にアクセント核が来るときには他の場合に比べ明らかに大きいこと、またこの場合のみピークのタイミングが輪状甲状筋と甲状披裂筋とは若干異なり甲状披裂筋がやや早いこと、などである。

従来より語頭における母音の発話は声門破裂音化することがよく知られており、これを考慮すれば、甲状披裂筋も輪状甲状筋同様、アクセントに対応して活動が上昇すること、それに加えて甲状披裂筋では、語頭での母音の声門破裂音化の際にも活動上昇が見られると要約できよう。

また、無核アクセントでの両筋の活動様式は、図3でのそれとほぼ似たパタンであり、一般的に第一モーラーはやや低く発話され、それ以後は少し高めになるという非弁別的な事実に対応して、輪状甲状筋では緩やかながらも活動が上昇するこ

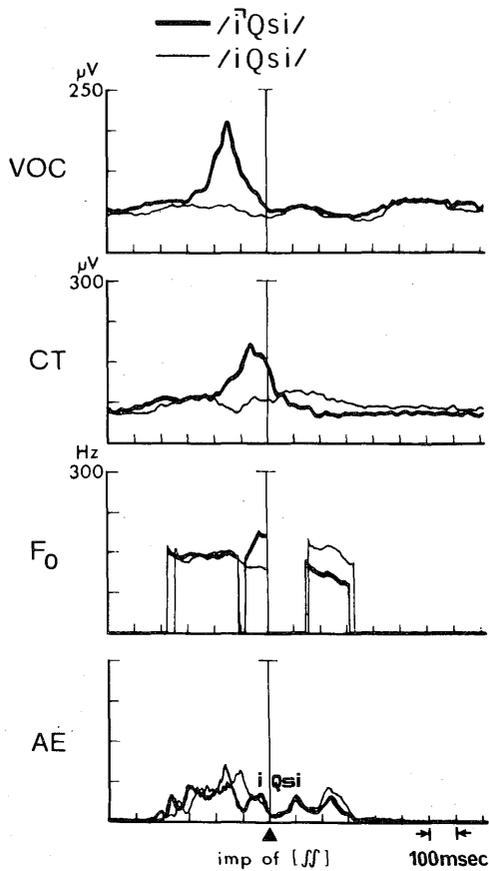


Fig. 3. Averaged EMG curves of VOC and CT, representative F₀ contours, and corresponding audio envelope curves for /ʔQsi/ and /iQsi/.

と、それに反し甲状披裂筋では明確な変化を同定するのが困難であると結論づけられる。

さて図5以下では、無声音産生に対応した声門開大筋の活動による開大調節の経時的パターンと単語アクセント型の違いに基づく相互の関係を示したデータである。上段に唯一の声門開大筋である後輪状披裂筋 (PCA) の加算筋電図曲線ならびにファイバースコープによる喉頭映画から得られた無声音産生区間での声門の開きの代表的な時間曲線 (GW) を示す。下段には基本周波数曲線 (F₀) ならびに音声包絡曲線 (AE) を加えてある。

図5では母音に挟まれた無声摩擦音/s/を含む同じ音素連続でアクセント型が異なるふたつの組合せの結果である。これらから、無声の摩擦音の産生時の声門の開きのパターンはそれほど両者で差

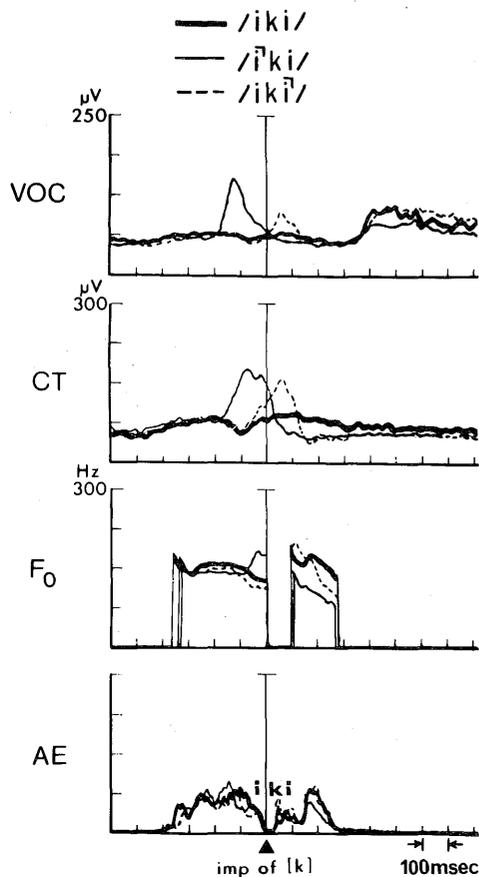


Fig. 4. Averaged EMG curves of VOC and CT, representative F₀ contours, and corresponding audio envelope curves for /iki/, /ʔki/ and /ikʔ/.

は少なく、特に開きのピークは同程度とって差し支えないといえよう。これは開大筋のカーブも似通っていることから裏付けられている。従って、こと摩擦音に限っては、その無声音産生時の声門開大の調節はアクセントの位置に影響はあまり受けないことが推測される。

ではこの摩擦音が促音の場合はどうであろうか。図6がその一例である。ここでは筋電図曲線は加算平均値のみならず標準偏差値をブラケットで結んだ曲線も加えてある。ここからまず分かることは開大筋筋電図曲線、声門開大運動曲線とともに一峰性のパターンを示し、そのピーク値には大差がないことである。しかし、ピークのタイミングはやや異なり、無核アクセント型では開き出してからかなり遅い時点で、また第一モーラにアクセ

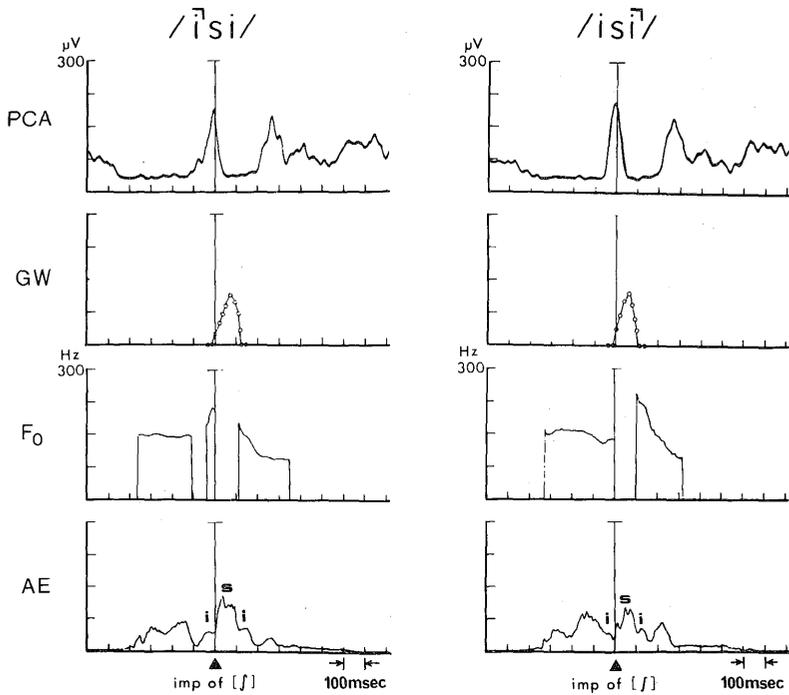


Fig. 5. Averaged EMG curves of PCA, representative glottal width curves and corresponding audio signals for /īsi/ and /isī/.

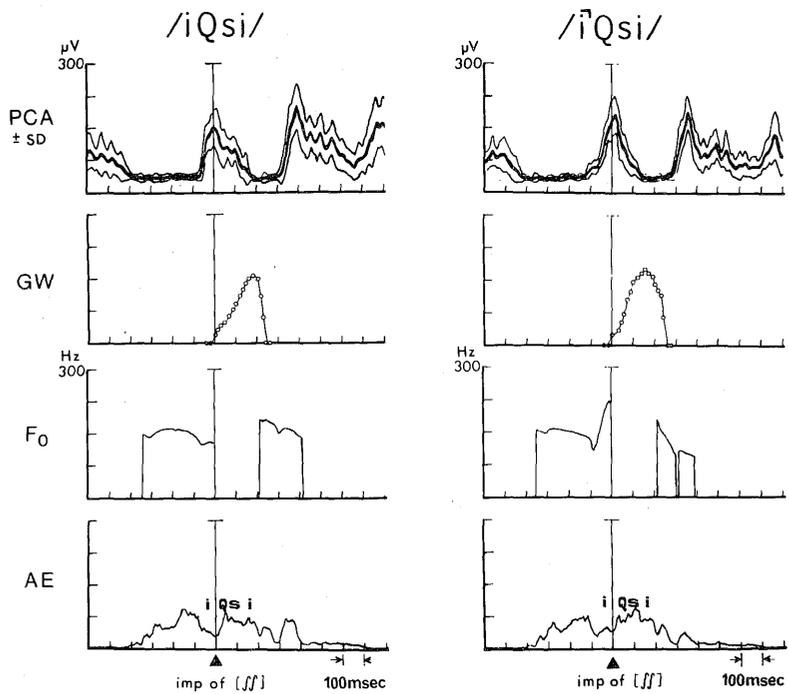


Fig. 6. Averaged EMG curves of PCA, representative glottal width curves and corresponding audio signals for /īQsi/ and /īQsī/.

トがあるときには開きのほぼ中央の時点で迎える。他方、開大筋の曲線も仔細に比べると少し異なっているようにも見受けられ、前者ではピークがむしろ早めであり、後者では左右対称な形をみせているといえよう。しかしこれらは標準偏差曲線が示すように、有意の差があるものかどうかは極めて疑わしく、その意味するところも今のところ不明である。

図7では中央の母音間に日本語の破擦音である /c/ を含んだ発話の結果である。ここで注目されることは、無声破擦音に対する声門の開きや開大筋のピークはアクセント核直後に位置するとき、アクセント核直前のときに比べ、明らかに小さいことである。さらに興味深いことは、後輪状披裂筋の活動に開始時点についてである。すなわち、アクセント核直後に破擦音が来るときには、既に -250ms あたりから活動が上昇し始めるのに対し、アクセント核直前のときには -70ms 近辺から上昇に向かっていく。一般的に筋電図上から推測される開始時点と実際の随意運動の開始時点は個々の筋収縮特性を考慮しても、まず 100ms は大きく越えるとは考えられない。従って、無声子

音産生のためには明らかに早すぎるこの開大筋の筋活動は、音声包絡線からもわかるようにアクセント核が語頭の母音に来る際のいわゆる声門破裂音化による強い声門の閉鎖を解くための早めの活動と考えるざるを得ない。いずれにせよ、そのように早めに活動が上昇しても、筋活動全体でのピークは低く、また実際、開きそのものもアクセント核直後では小さいことは注目に値する。

図8は、アクセント型の違いにより三通りの有意味語を形成する /iki/ の音素連続の場合の結果である。破裂音と破擦音との違いがあるものの、前図でみられた結果とほとんど同じ結論をみいだすことができる。アクセント核直後での無声破裂音に対する声門の開きのピークは小さく、また筋活動の始まりはやや早いことなどである。またここでは無核アクセント型も含まれているが、その開きのピークはアクセント核が直後に来るときとほとんど同じ大きさであり、また後輪状披裂筋の筋電図曲線も驚くほどよく似ているといえよう。換言すれば、第二モーラにアクセント核が来るとき、無核アクセント型での第二モーラでの声門開大に関する神経-筋系での調節制御は同一と

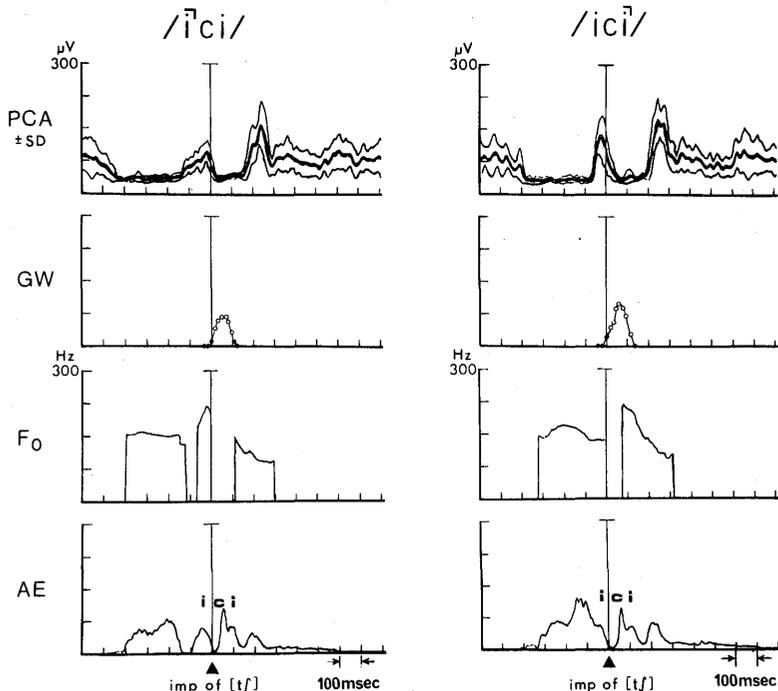


Fig. 7. Averaged EMG curves of PCA, representative glottal width curves and corresponding audio signals for /ʔci/ and /iciʔ/.

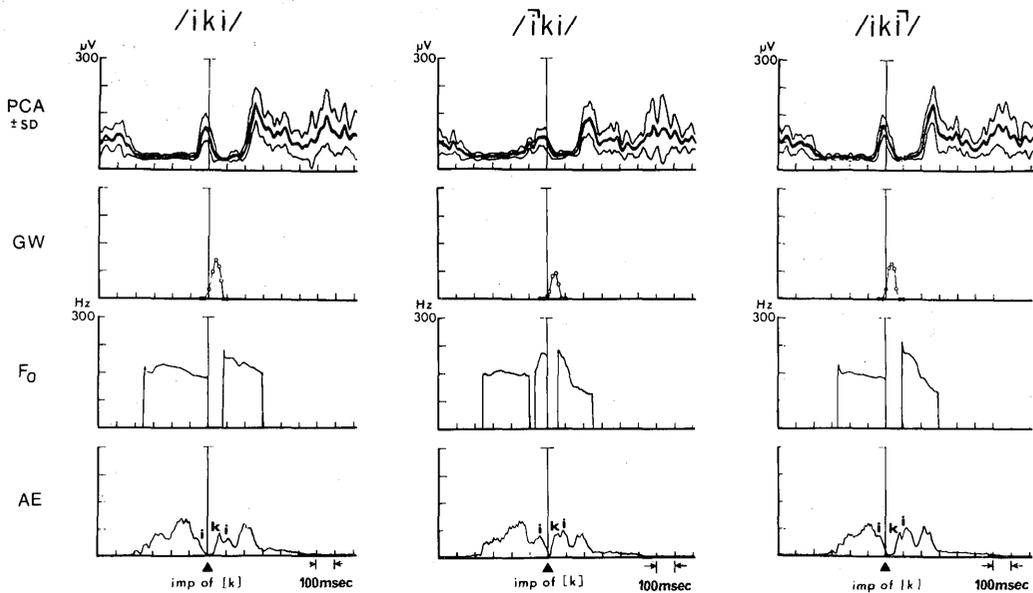


Fig. 8. Averaged EMG curves of PCA, representative glottal width curves and corresponding audio signals for /iki/, /īki/ and /ikī/.

いってよく、アクセント核直後で無声子音が破裂ないし破擦音の場合のみが明らかに異なると結論できよう。

文 献

- 1) Atkinson, J.E. (1978); Correlation analysis of the physiological factors controlling fundamental voice frequency. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 211-222.
- 2) 藤崎博也, 杉藤美代子(1977); 音声の物理学的性質. 大野, 柴田編, 日本語5. 東京: 岩波書店.
- 3) 服部四郎(1960); 音声学の方法. 東京: 岩波書店.
- 4) Hirano, M., and J. Ohala (1969) Use of hooked-wire electrodes for electromyography of the intrinsic laryngeal muscles. *Journal of speech and Hearing Research*, 12, 362-373.
- 5) Hirano, M., J. Ohala, and M. Vennard (1969); The function of laryngeal muscles in regulating fundamental frequency and

intensity of phonation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12, 616-628.

- 6) Hirose, H. (1971); The activity of the adductor laryngeal muscles in respect to vowel devoicing in Japanese. *Phonetica*, 23, 156-170.
- 7) Sawashima, M., T.J. Gay, and K.S. Harris (1969); Laryngeal muscle activity during vocal pitch and intensity changes. *Status Report on Speech Research (Haskins Laboratories)*, SR-19/20, 211-220.
- 8) Shimada, Z., and H. Hirose (1971); Physiological correlates of Japanese accent patterns. *Annual Bulletin (Research Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo)*, 5, 41-50.
- 9) Sugito, M., and H. Hirose (1978); An electromyographic study of the Kinki accent. *Annual Bulletin (Research Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo)*, 12, 35-52.

Summary

Laryngeal Activity in Japanese Word Accent

Hirohide Yoshioka

The aim of the present study is to clarify the role of intrinsic laryngeal muscles in accomplishing various accent types in the Tokyo dialect of Japanese. Specifically, the activity patterns of thyroarytenoid (VOC) and the posterior cricoarytenoid (PCA) were investigated in addition to that of the cricothyroid (CT). Supplemental cine filming of the glottal image was also made using laryngeal fiberoptic endoscopy. The test utterances contained various meaningful words composed of /VCV/ sequences with or without an accent kernel (C=single obstruent or geminate, V=high front vowel /i/). It was revealed that the VOC showed activity patterns similar to those of the CT, peaking for the accent kernel in general. For the accented first mora in /V¹ CV/ sequence, however, the peak timing of the VOC activity tended to be earlier than that of the CT, although it was approximately coincident with that for the accented second mora in /VCV¹ / sequence. Furthermore, the peak value of the VOC for the accented first mora was much higher than that for the accented second mora, while the peak CT activities did not show any significant difference between these two types of word accent. These findings suggest that the VOC activity is related not only to the realization of Japanese accent but also to segmental phonetic features such as glottalization in word-initial vowel production in Japanese. As for the PCA, the activity for the voiceless stops or affricates following an accented first mora was smaller than for those in the second mora not preceded by an accent kernel, regardless of whether or not this second mora has an accent kernel. The results were in good agreement with those of fiberoptic observation in that the temporal patterns of glottal width always showed larger openings for the latter group.

Key word: Larynx, Japanese, Accent, EMG, Fiberscopy