

# Phono-laryngograph による音声分析

ジョウ オ ヘフ タロウ  
城 生 佰太郎

## 1. はじめに

### 1.1. dynamic phonetics の重要性

日本語のタという音の子音部を例に、考えてみよう。伝統的な調音音声学 (articulatory phonetics) では、おおむね舌尖と門歯および歯茎によって調音される音であるとこれを説明し、[t] と記号化して済ませてしまう。しかし、よくよく考えてみると、舌というものが筋肉のかたまりである以上、その運動は極めて複雑であり、時々刻々と変動しているというのが生理的側面における実態である。事実、Electro-palatography (以下、EPG と略) を用いて、舌と口蓋のなす接触パターンを電気的に解析してみると、図1-1に示すように、仮令 [t] のような前方に調音点のある音の場合でも、舌面レベルでの接触は後部から徐々に始まって行き、一度前部で頂点に達した後も、再び後部に戻ってくるということが確認されるのである。このことは、城生佰太郎 (1988) でも強調されているところであり、機械を用いた新しい科学的な音声研究によって、はじめて捉えることのできる世界である。dynamic phonetics (動的音声学) とは、正に上に述べたような時々刻々と変動する音声現象を、余すところなく機器等を用いることによって捕捉する音声科学の新分野を指し、旧態依然とした調音音声学的手法による static phonetics (静的音声学) とは一線を画することになる。

次に、同じく日本語のダにおける子音部を、先ほど取り上げたタと比較して考えてみよう。図1-2は、やはり EPG によって分析した同一話者の [da] だが、タと同様、舌面の接触は後方から始まり、一度ピークに達した後、再び後方に戻ってくるということが確認される。また、このような接触パターン以外にも、[ta] と [da] の間には、単に無声音と有声音という声帯振動レベルの問題

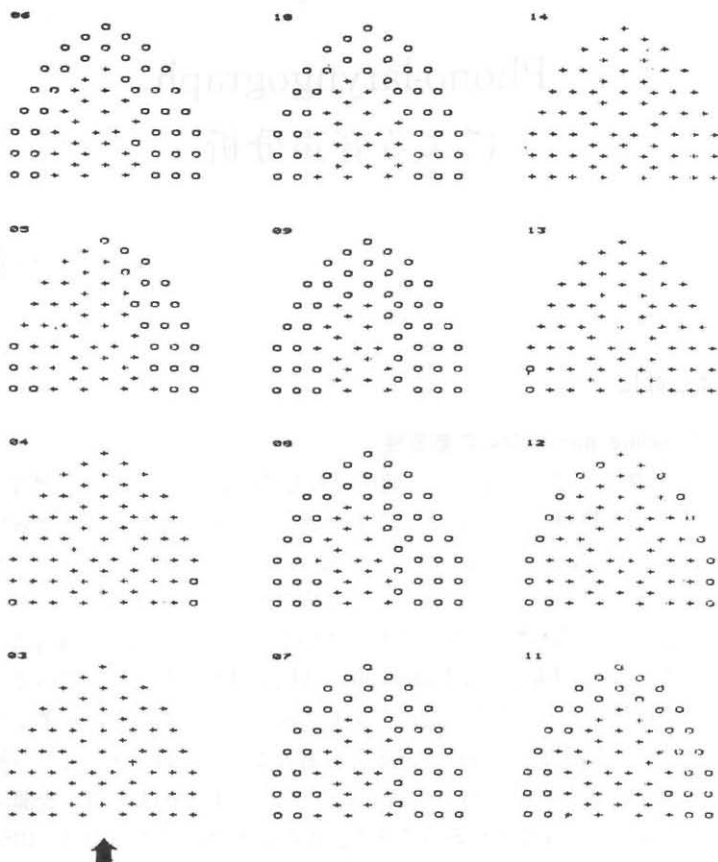


図1-1 [ta] の EPG 分析

とは別の次元において、誠に見事な対立のあることが看取できるのである。すなわち、[ta]における接触開始時を示すフレーム番号04から、接触終了時を示すフレーム番号13に至るまでの、単位時間における接触面積の増大は、[da]におけるフレーム番号36から45に至るそれと比べると極めて激しい。例えば04では後方右側面に2個、同左側面に1個しか接触点(○印で表示)を持たなかったのに対し、[da]における36では最初の1コマ目から既に右側面に10個、左側面に2個の、計12個もの接触点を確認でき、しかも両者とも全接触点数は289個であり、これに要した時間も共に12/63秒で一致している。

このことは、[ta]の方が[da]よりも接触と非接触の落差が大きく、つま

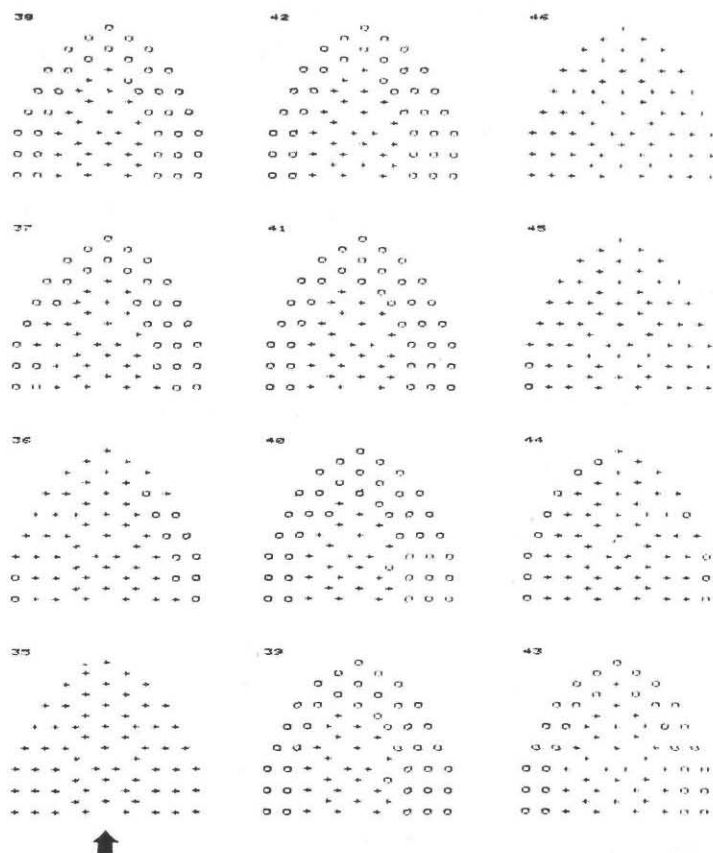


図1-2 [da]の EPG 分析

るところ舌運動の瞬発力が勝っていると解釈することができる。従って、この点を捉えて [t] を [d] に対して [+Tense] と評価するならば、生理学的にそれ相応の根拠はあるということになる。ただし、無声子音は全て [+Tense] であり、有声子音の [-Tense] と対立するなど、これを単純化しない方がよい。小論では EPG による実験結果を利用することが主たる目的ではないので、別の機会に譲らざるを得ないが、上に示した [t] と [d] における舌運動の違いは、同一言語であってもアクセントの有無、音節数、出現する環境等の変数によって微妙に特徴を異にすることがあるからである。

こうしてみると、音韻論に利用されている静的音声学的基盤に立つ示差特徴なるものは、動的音声学的知見を加味することによって新たな修正を迫られる可

能性が十分にあることが窺知されよう。かかる観点から、今後の音声研究はもとより、音韻理論の実りある発展にとっても、動的音声学の手法は不可欠なものなのである。

## 1.2. Phono-laryngograph

昭和63年度筑波大学人文学類の一般設備費要求が通り、音声学の研究および教育用にリオン株式会社が開発した Phono-laryngograph SH-01 が設置されたので、小論ではこの機械を用いた研究成果の一部を報告することにする。

Phono-laryngograph というのは、発音時に用いられた呼気流量、物理的高さ、物理的強度の三次元を中心とした分析機器で、ゴム製マスクから直接呼気を入力し、熱転写プリンターで分析結果を得るシステムである。現段階では、搭載されているマイコンの能力から、流量の積分値の算出をはじめとする余り細かい分析は期待できないが、呼気流量の最大値が簡単に得られるので、とりあえずはこの点に限定して幾つかのテーマを設定し、検討を加えてみることにする。

## 2. 有声／無声を考える

先ず、小論では現代日本語（東京）における [sa]/[za], [ta]/[da], [tsa]/[dza] の三組を対象として、摩擦音、閉鎖音、破擦音の各系でそれぞれ無声と有声が呼気流量の側面からはどのような対立をなしているのかを探ることにした。なお、これと対比する意味から、実験音声学の分野では最も普及度の高い Sound spectrograph による分析結果も、つき合わせてみることにする。

### 2.1. Sound spectrograph による分析

図2は、城生佰太郎研究室に設置されているリオン社製 Sound spectrograph SG-09 を用いて、筆者自身の発音した [sa]/[za], [ta]/[da], [tsa]/[dza] を分析した結果の一部である。無声子音群に該当する上段のデータでは、若干見にくい子が音部にいわゆる voice bar と呼ばれる、声帯振動をあらわす要素が見えない。これに対して下段の有声音群では、データの底部に黒く voice bar が確認される。これで有声音と無声音という、声帯振動 レベルでの対立は明瞭に捉えられたことになるのだが、果たしてそれ以外の特徴はこの Sound spectrograph からだけで十分に捉えられるかどうか。

そこで次に各図の上半分に描記されている曲線に注目してみる。これは、いわゆる Intensity という物理的強度を表示した曲線で、特に [tsa] や [dza] のような破擦音では山の先端が見事に2つに割れている。一方、[ta] や [da]

表 1

	呼気消費量 (ml/s)	インテンシティー (dB)
[sa]	253	65.1
[za]	157	75.3
[ta]	333	81.1
[da]	90	79.3
[tsa]	367	85.6
[dza]	270	85.4

表 2

	呼気消費量	インテンシティー
[i]	183	85.1
[e]	237	88.0
[a]	340	87.8
[o]	227	86.9
[u]	167	86.4

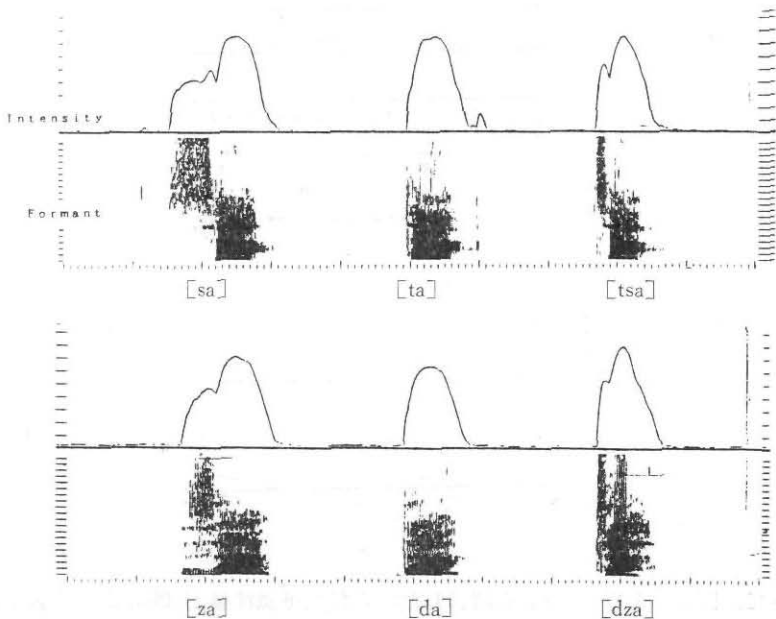


図 2 Sound spectrograph による分析

のような閉鎖音では山は一つだけで、決して2つに割れない。残る [sa] や [za] のような摩擦音は、両者の中間のような山の形をしている……等々といった情報はここから読み取れるものの、さて先に設定した有声と無声のグループにおける、声帯振動以外のきわだった特徴をここから帰納することは難しい。

## 2.2. Phono-laryngograph による分析

これに対して、Phono-laryngograph を用いて分析をするとどうなるか。図3-1は、[sa] と [za] の発音時における呼気流量 (FLOW), 物理的強度 (INTEN), 高さ (PITCH) を同時に描かせたものである。このうちから FLOW だけを拡大したものが図3-2、3-3である。

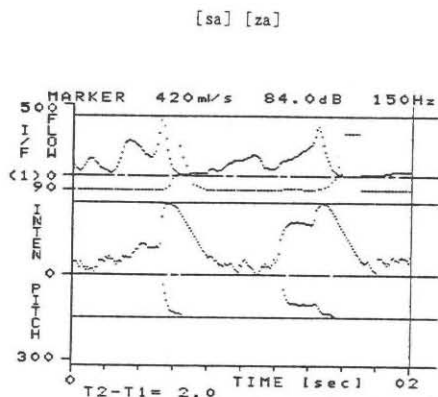


図3-1

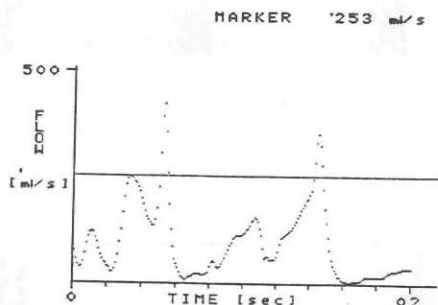
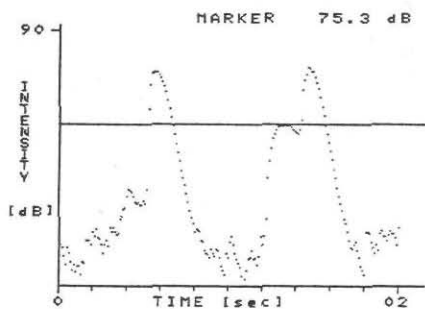
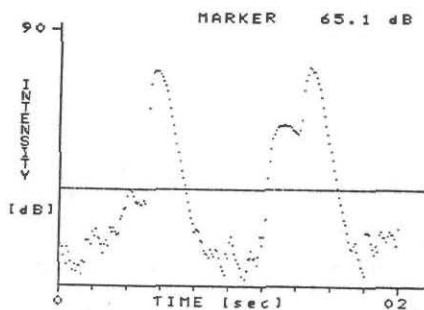
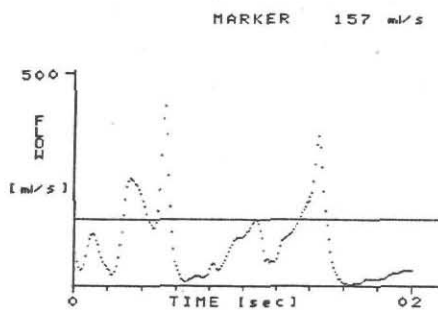


図3-2

さて、図3-2では [s] を調音した際の最大呼気流量が 253ml/s と表示されている。一方、図3-3では [z] を調音した際の最大呼気流量が 157ml/s



であると読む。この結果から、無声子音 [s] は有声子音 [z] を発音する際に要する呼気流量の、およそ1.6倍を消費していることが確認される。

次に、同じ資料を INTENSITY の次元で拡大してみる。図 3-4 は [s]、3-5 は [z] に対応するものである。ここから、物理的強度のレベルでは、

無声音 [s] は有声音 [z] のわずか 1.15 倍程度しか音圧が大きくないことが知られる。つまり、先ほど 2.1. で見た Sound spectrograph における分析結果と同じで、Intensity からは両者の間にきわだった有意差を見出すことは難しいということである。

続いて閉鎖子音の [t] と [d] を、同様にして分析してみる。図 4-1 は、[ta] と [da] の全体を三次元表示したものだが、図 4-2 と 4-3 は Flow のレベルで、また図 4-4 と 4-5 は Intensity のレベルで、それぞれ両者を拡大したものである。この結果も、前に述べた [s]/[z] と同様で、無声音 [t] に要する呼気流量は最大で 333ml/s あったのに対し、有声音の [d] ではわずかに 90.0ml/s となっており、その差は実に 3.7 倍もの大きさに達している。

[ta] [da]

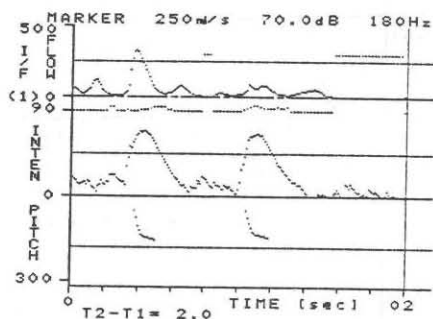


図 4-1

MARKER 333 ml/s

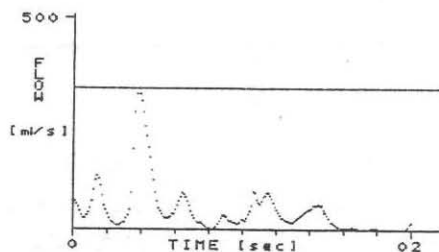


図 4-2



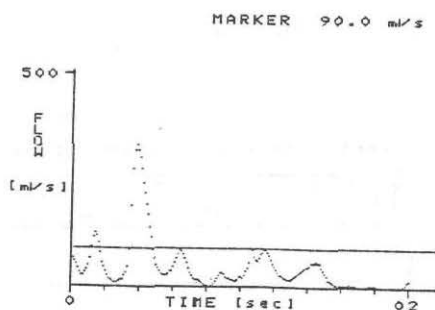


図4-3

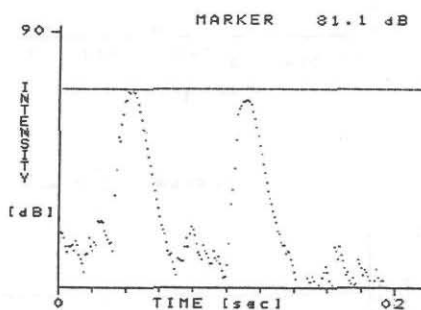


図4-4

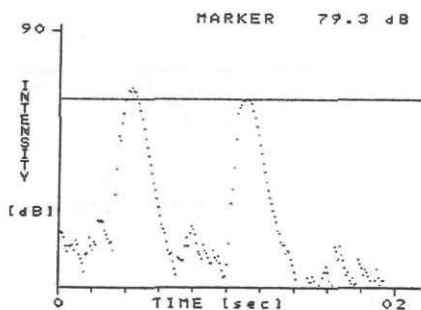


図4-5

これにひきかえ、Intensity レベルでは両者間の差は、無声で81.1dB、有声でも79.3dBと極めて小さく、ほとんど意味を持たない。

最後に破擦子音の [ts] と [dz] を見てみよう。全体像を示している図5-1から、Flowの軸を拡大した図5-2における [ts] は、図5-3における



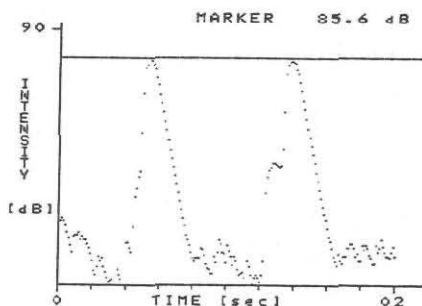


図5-4

[dz] と比べると、367ml/s と 270ml/s という数値を示しているところから、やはり無声音を調音する際には、有声音のおよそ1.4倍の呼気流量が、最大値において消費されていることになる。

これに対して、Intensity の方は図5-4に示した通り、ますます無声音と有声音の格差が縮まっており、全く意味がなくなっている。

以上の実験結果から、呼気流量の差は無声/有聲といった声帯振動レベルの対立とは別の次元で、やはり言語音を弁別する特徴として利用し得ることが窺知されたことになる。そうして、更に摩擦音、閉鎖音、破擦音の各系列ごとに詳しく見て行くと、いわゆる有声音のグループを1とした場合

破擦音	1.4
摩擦音	1.6
閉鎖音	3.7

という係数が假定できる点などに、単なる [±voiced] とする単純素朴な弁別素性表示とは異なる魅力が内在していると言える。

### 3. 母音を考える

#### 3.1. Sound spectrographによる分析

周知のように、母音の調音音声学的分類は、開口度、舌の前後位置、口唇の形状の3点によって行なわれている。ところでこのうち、Sound spectrographによる分析結果と対応するものが、P. DELATTRE(1966) 以来の伝統では、開口度にせよ、舌位置にせよ、そう誰が見ても一目にして了解できるほどには明瞭に表示されないのが普通である。

例えば、図6は日本語における単独発話の5母音を Sound spectrograph にかけて分析したものだが、第1フォルマントの高さから [i] と [u] を狭母音、[e] と [o] を中母音、[a] を広母音とするのだと説明されても、おいそれとは容認し難いといったところが一般的な印象ではないかと思われる。さらに、第2フォルマントの高さから [i] と [e] が前舌で、[a] [o] [u] が後舌だというような説明になると、もっと一般の人々にはわかりづらくなる。もちろん、その道の専門家は別だが、とにかく Sound Spectrograph による母音分析というものは、それほど楽な仕事ではないということが、ここで指摘しておきたいことである。

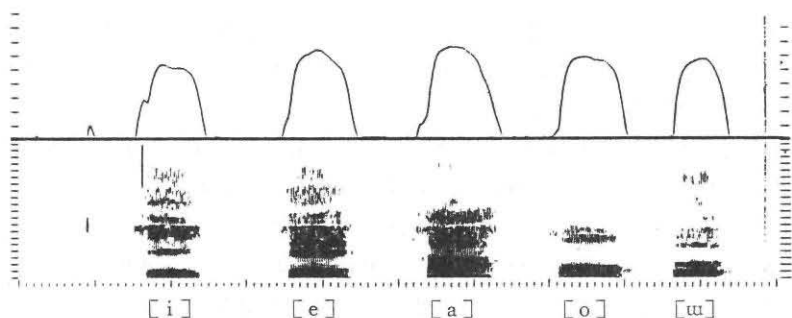


図6 日本語5母音の Sound spectrogramm

### 3.2. Phono-laryngograph による分析

さて、それでは Phono-laryngograph を用いると上に指摘した母音分析はど

[i]

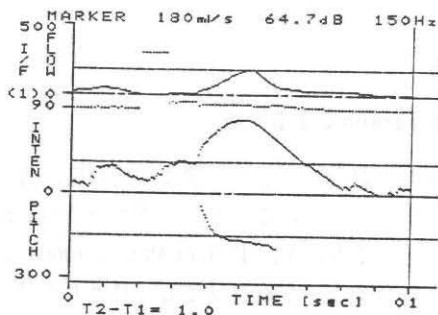


図7-1

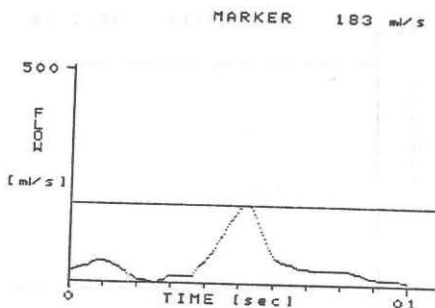


図 7-2

のようになるか。図 7-1 は、母音 [i] を Flow, Intensity, Pitch の 3 次元表示でまとめたものである。ここから Flow の定常部における最大値を読むと 183ml/s (図 7-2) であり、一方 Intensity レベルではほぼ 85.1dB が最大値である (図 7-3)。

同様に、母音 [e] では図 8-2 より Flow の最大値が 237ml/s, 図 8-3 より Intensity では 88dB, 母音 [a] では図 9-2 より Flow の最大値が 340ml/s, 図 9-3 より Intensity が 87.8dB, 母音 [o] では図 10-2 より, Flow が 227ml/s, 図 10-3 より, Intensity が 86.9dB, 最後に [u] では図 11-2 より Flow が 167ml/s, 図 11-3 より Intensity が 86.4dB という結果が得られる。

いま、これらの数値を図 12 に一覧表の形にしてまとめてみると、何と実線で示されている Flow は [a] における 340ml/s を筆頭に [e] の 237ml/s, [o] の 227ml/s, [i] の 183ml/s, [u] の 167ml/s と見事に並び、しかも [e] と [o], [i] と [u] の差はほとんど接近しており、同一クラスを構成すると見ることにいささかの抵抗も感じさせない。これを要するに、呼気流量の差はほぼ開口度の差に対応すると明瞭に解釈することが、誰にでも可能であるということである。

ちなみに、もう一方の次元で数値化を施した Intensity の数値には、そのような有意差は全く見られないということがわかる。従って、舌位置は別にして、開口度に対応した生理音声学的基準として、呼気流量は極めて明瞭な指標となることが示唆される。

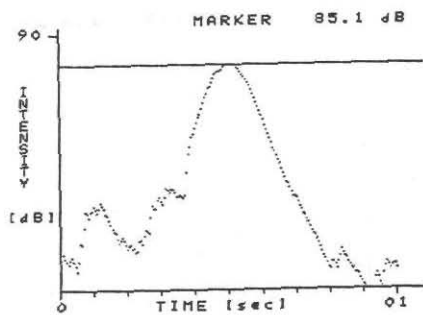


図 7-3

[e]

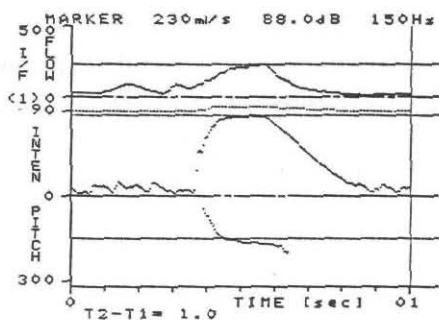


図 8-1

MARKER 237 ml/s

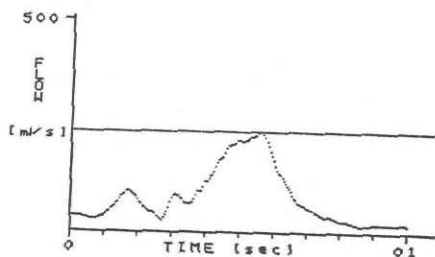


図 8-2

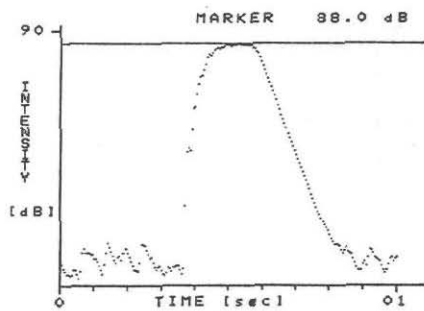


図 8-3

[a]

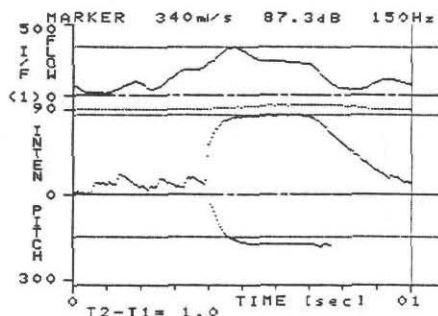


図 9-1

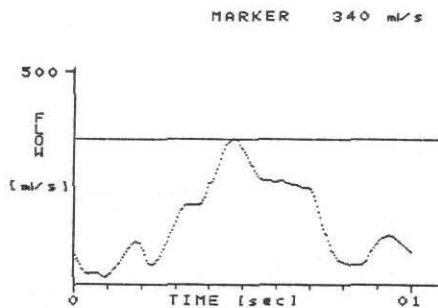


図 9-2

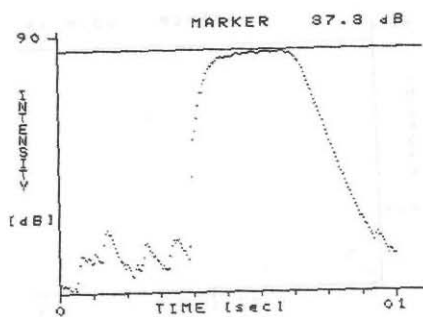


図9-3

[o]

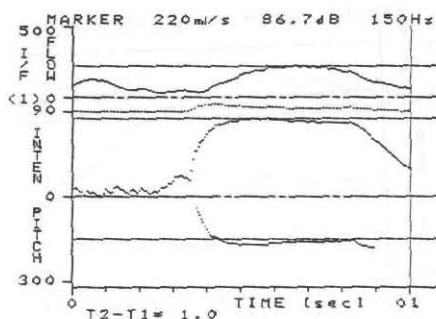


図10-1

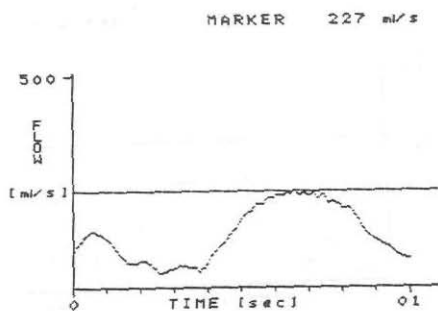


図10-2



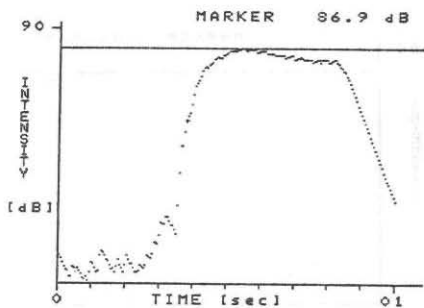


図10-3

[u]

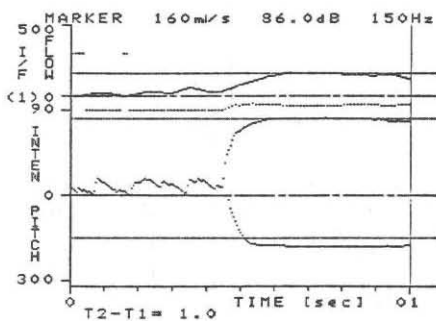


図11-1

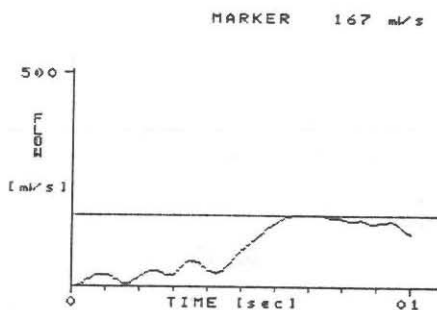


図11-2

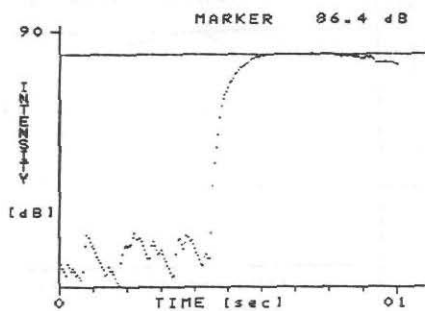


図11-3

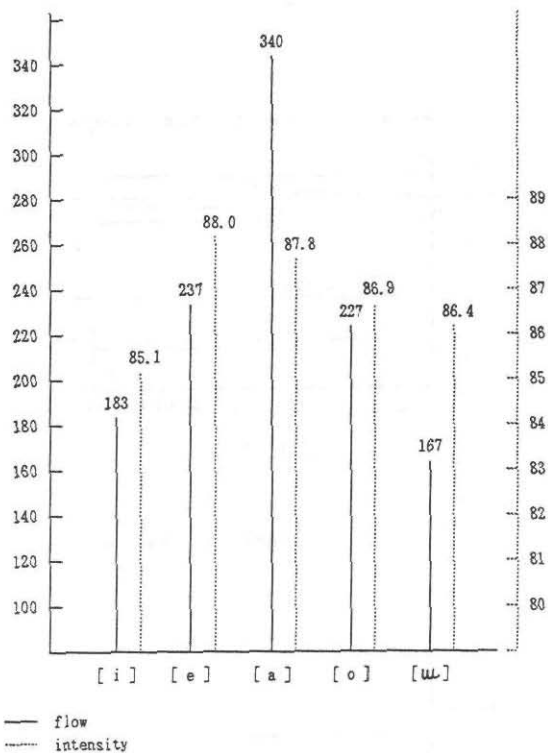


図 12

#### 4. 結 語

以上2～3において、一部の言語音に対する Phono-laryngograph による分析例を示し、いずれの場合も伝統的な静的音声学からは確認できなかった新たな視点が得られることを指摘した。同じ生理音声学的機器に属する EPG などと比べても、操作性の容易さと分析上の精度の点で優れており、本機は今後の動的音声学的研究分野では不可欠なものの一つとなるであろう。

また、いわゆる示差的特徴の仮定に際しても、本機を用いて綿密に検討をすべき問題が山積しているものと思われる。さらに通時音韻論の研究対象となる音韻変化の諸因についても、一部には本機の利用によって理論的に妥当性の高い説明が与えられる可能性も大いにあり、今後の研究には無限の期待が持たれよう。しかし、現段階では本機を用いた研究は端緒にすぎたばかりなので、それらもろもろの問題点は全て将来にゆずらなければならない。

#### 【引用文献】

- 城生佰太郎 (1988) 『新装増訂版音声学』アポロン音楽工業社  
DELATTRE, P. (1966) : *Studies in French and Comparative Phonetics*, Mouton  
& co.