

エレクトロ・パラトグラフィー による音声研究⁽¹⁾

城 生 佰 太 郎

1. 緒 言

この小論は、昭和58年度の特設研究（研究代表者林四郎教授）の援助を受けて導入された、エレクトロ・パラトグラフィー（以下 EPG と略）を用いて行われた研究成果の一部である。この場を借りて、機器購入に尽力して下さった教官並びに事務官の関係諸氏に対し深謝の意を表する。

2. 装置の概要と研究目的

調音時に舌がどのような運動を行うのかを、特に舌一口蓋のなす接触パターンによって観察しようという試みは、管見の及ぶ限りでは1871年の Oakley-Coles をもって嚙矢とする⁽²⁾。当初の方法としては、塗料を口蓋に直接塗布したり、舌面に色素を塗布したりして、調音によってそれらがはげ落ちる状態を記録することが考察されたが⁽³⁾、次第に歯科的技巧を用いて、硬石膏の上顎インプレッションをもとに、パラフィンワックスなどで人工口蓋板を作成し、これを口蓋にはめ込んで調音時に舌の接触した部位を観察するという方法がとられるようになった。例えば Rousselot (1897) などに用いられているのは上記の、いわゆる「間接法」である（図1）。現在では技術革新によって、この人工口蓋板に電極センサーが埋め込まれ、舌面が接触すると微弱電流を通じて、電氣的にどの部位が接触したのかを実時間でディスプレイするところまで発展しているが、原理的にはパラフィンワックスなどによる上記人工口蓋法と何ら変わるところはない。生理音声学の分野では、上記人工口蓋を一般にパラトグラフィー（palatography）と呼び、これによって得られる記録図を舌印象記録図またはパラトグラム（palatogramm）という。このうち特に近年盛んに用いられるようになった、電極センサーを埋め込んだタイプのものを、ダイナミック

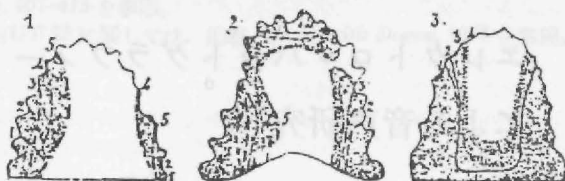


Fig. 437.

Nos 1 et 2. Variétés de l'e.

1. ě, — 2. ě. — 3. e, — 4. ě. — 5. ě.

No 3. Variétés de l'i final.

1 et 2. i final dans un récit rapide.

3 et 4, dans un récit lent.

図 1

・パラトグラフィー (dynamic palatography, DP と略), 或はリオン社の商品名をそのままとって, エレクトロ・パラトグラフィー (electro palatography, EPG と略) と称する。

EPG はこれまでに, 宮脇など 6 名 (1975) に代表される日本語の母音, 子音に関する基礎音声学的研究, 比企など 3 名 (1975) に代表される言語障害者の構音訓練等に関する応用音声学的研究, 梅田, 村崎 (1980) に代表される対照音声学的研究などの諸分野で成果を挙げているが, 管見の及ぶ範囲ではこれをアクセントなどの韻律的 (prosodic) な側面に用いた研究は試られていない。もっとも, EPG は舌と口蓋の接触パターンを描かせる装置なので, 母音, 子音, 半子音などの観察こそが正攻法ということになる。しかしながら研究としては, たまには搦手から改めるのも一興ではなかろうかと思い, とり敢えずは小論の筆者の母話である日本語 (東京方言) の単語アクセントの観察を行ってみた。但し, 調音点の特徴を探る, いわゆる正攻法からの研究も同時に行っている。

3. 方 法 論

従来, EPG を用いた研究は, Fujimura et. all. (1968), Shibata (1968) に見られるパラトスペクトログラムなど少数の例外を除けば, 殆どがグラフィック・プリンターによる三次元表示の馬蹄形パターン (図 2) に依拠している。しかしながらこの方法では, 縦横二軸に舌と口蓋の接触 (○印で表示) と非接触 (+印で表示) が記録されるだけでなく, 同時に第三の軸として 15.62 msec (1/64

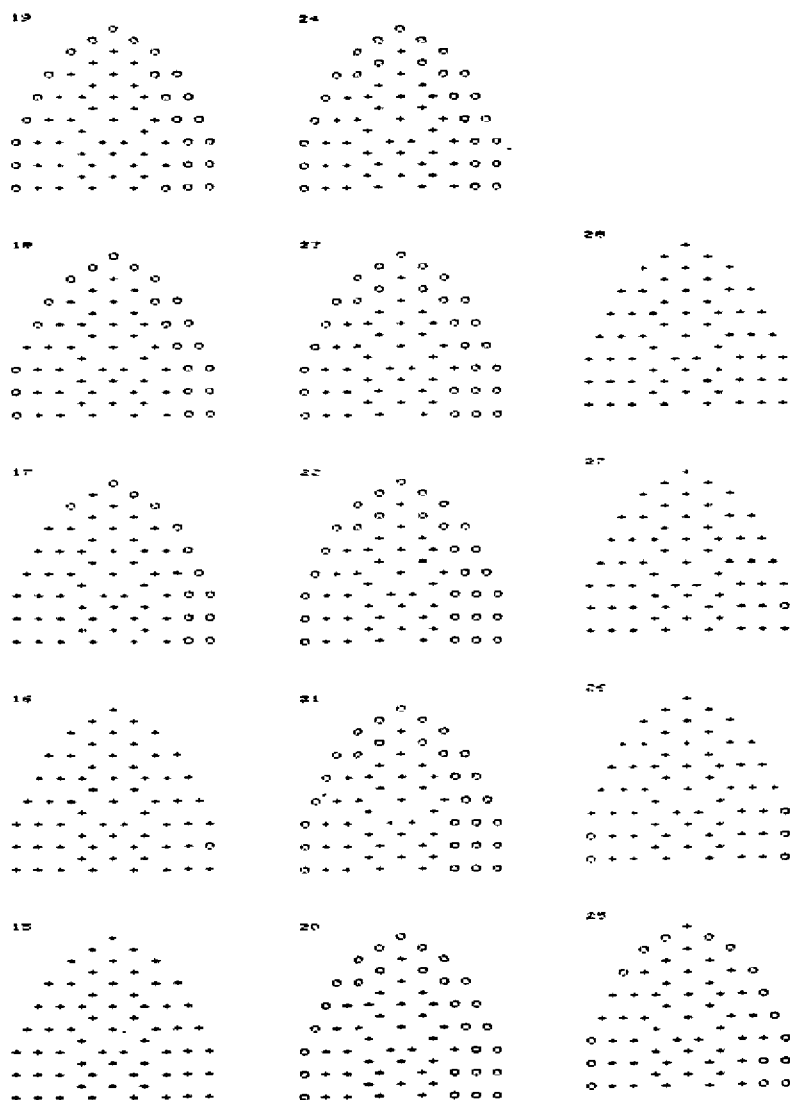


図 2-(a) タ「カ」(多寡) の ta

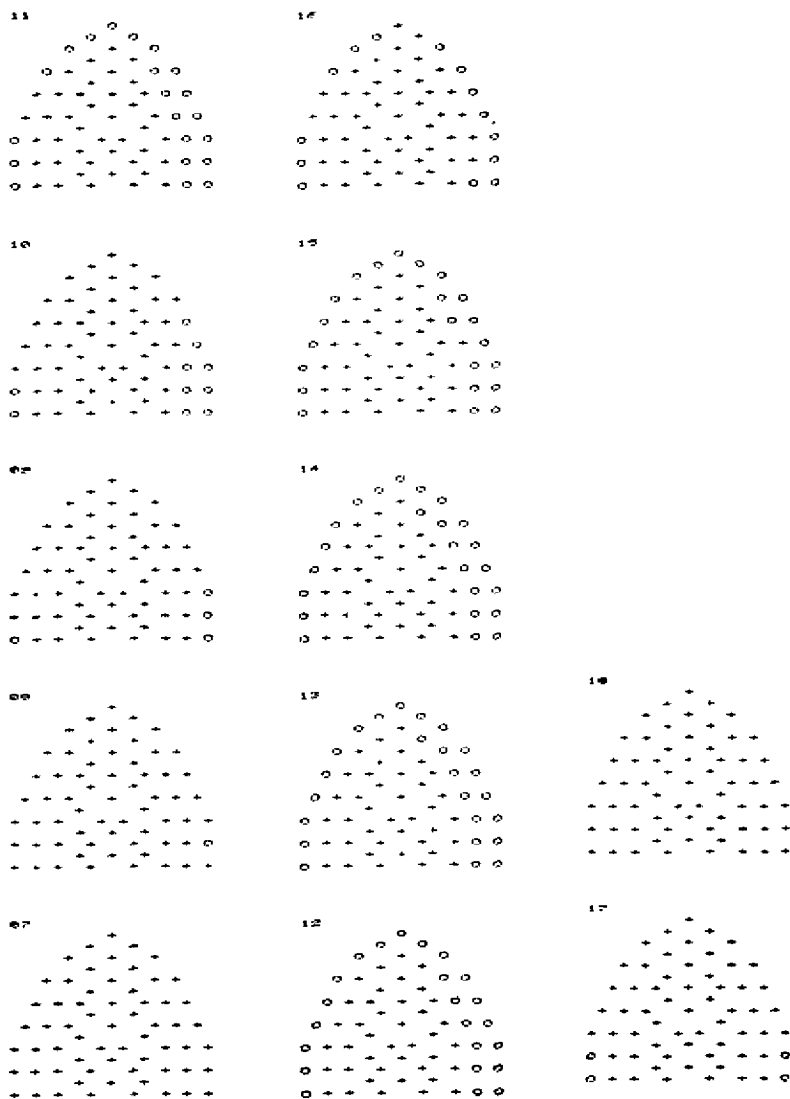
図 2-(b) タカ¹ (高) の ta

表 1

タカ (多寡)		タカ (高)	
フレーム番号	反 応 数	フレーム番号	反 応 数
16	1	08	1
17	13	09	4
18	22	10	10
19	24	11	21
20	28	12	23
21	29	13	24
22	29	14	24
23	28	15	22
24	26	16	14
25	16	17	4
26	5		
27	1		
合計 187.5 m sec	222	合計 156.25 m sec	147

秒) 間隔の時間的変位が連続的にロールペーパーに打ち出されてくるため、結果の判定には表 1 のような手作業を伴うという煩雑さがあつた。その上このようなデジタルカウントをすることが、果たして 1 回 1 回微妙に異り得る調音状態を、言語学的見地から最も妥当な形で捕捉したことになるのかどうか甚だ疑わしいという点にも難があつたと思われる。

そこで小論の筆者は前述の実験目的に照らし、コンピュータを用いて当該言語音の特徴を巨視的観点からボタン化して眺めることができるように図 2 の三次元表示を二次元表次化したところ、数々の興味ある現象に気付いた。

図 3 は図 2 と同一の資料を、縦軸に時間、横軸に電極番号を取って配列し直した二次元表示ボタンである。EPG の電極センサーは全部で 63 個あるので、これらを横軸にどう配列するかによって色々なボタンを描かせることができる。図 3 のボタンは、国立国語研究所の高田正治氏が考案されたものと聞いているが、およそ図 4 のような電極の配列が施されている。そこで小論の筆者はこの形状に着目して、これを仮りに「渦巻きボタン」と呼んでおくことにする。さて、このボタンによれば、ta[ka (多寡) と taka[(高) における二種の [ta] のうち、いわゆるアクセント核を有する前者の方が、相対的に見て後者よりも優勢であることが一目瞭然になる。もっとも厳密には、縦軸に表示される

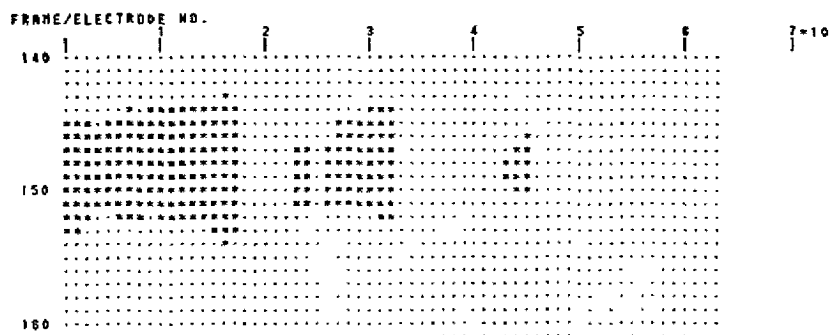


図 3-(a) タカの ta

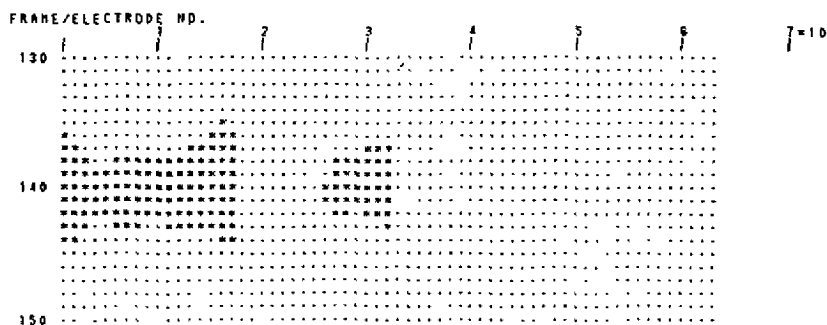


図 3-(b) タカの ta

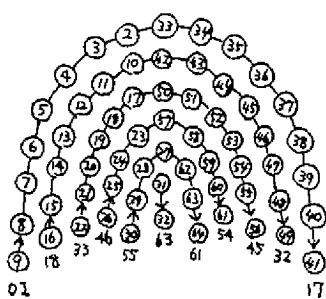


図 4 「渦巻きボタン」電極配置図

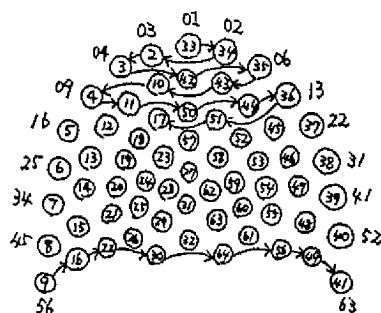


図 5 「前後ボタン」電極配置図

持続時間と横軸に表示される接触面積の優劣は、別個に検討すべき性質のものであり、分けても横軸上の拡がりとは当該単音の優勢性を判定する際には、多くの場合、最も重要な要素となる。

ところで、上記「渦巻きボタン」は反応が比較的一箇所にかたまって表示される点では便利であるが、調音点のどの部位がどの程度に反応しているのかを知ることは極めて困難である。そこで筆者は、ほぼ調音点に即した図5の電極配列を得るプログラムを組み、図6のようなボタンを得ることに成功した。これを前述の「渦巻きボタン」に対して「前後ボタン」と命名しておくことにする。このボタンによると例えば $ta[ka]$ の $[ta]$ は、 $taka[]$ の $[ta]$ よりも電極番

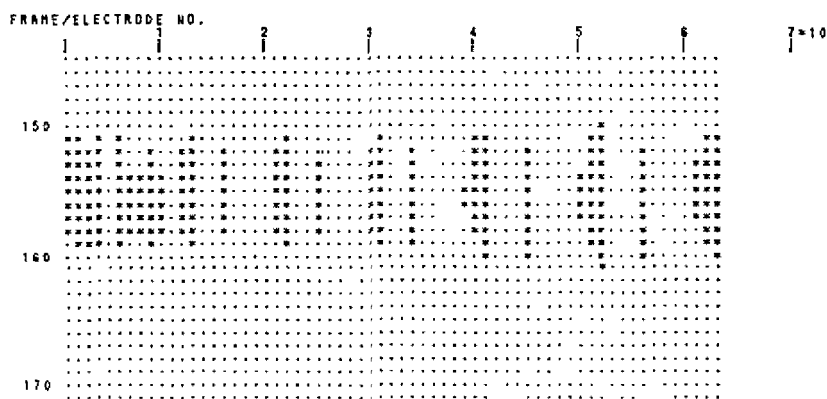


図6-(a) タカ]の ta

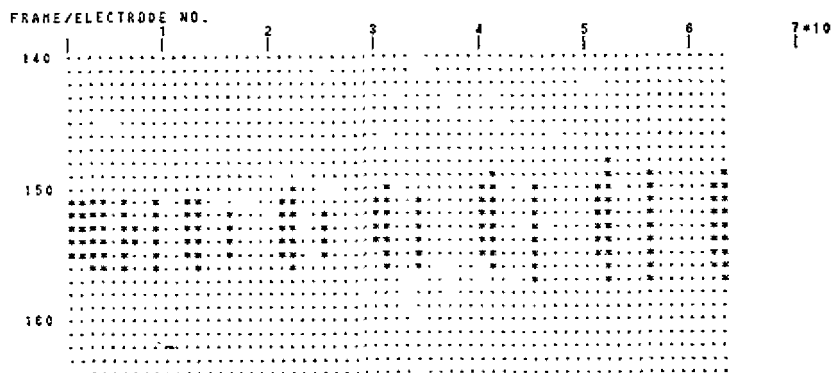


図6-(b) タカ]の ta

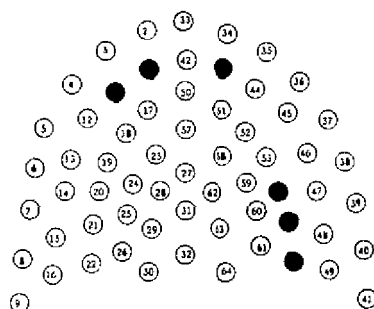


図7 ta]ka の [ta] を特徴付けているポイント

号7・8・10・39・50・61において、接触面積が大きいことがわかる。これを調音点との対応で示せば、図7で黒く塗りつぶされた電極が相当している。

4. 結果 (1)——アクセントの研究——

我々の素朴な内省では、ta]ka の [ta] のような、いわゆるアクセント核をになった音節は、taka] の [ta] などと比較して、相対的にただビッチが高いだけでなく、呼気圧、舌圧、接触面積、持続時間など、およそ考え得るあらゆる調音上の特徴において優っているように思われる。この点で図3や図6を示したデータに関する限りでは、極めて上の内省と良く一致しているので暫定的にここでは前者を強型、後者を弱型と呼んで区別しておくこととする。

さて、たまたま次に閉鎖音を従える語頭閉鎖音 [ta] では上のような結果が得られたが、それ以外の音声環境では一体どうなるのか気になるところである。そこで実在するあらゆる環境で実験を行いたいところであるが、ここに一つの大きな障壁がある。それは EPG 及び人工口蓋が有する構造上の物理的制約である。先ず EPG の記憶装置は1秒を上限としているため、1秒を越える長さのデータは入力できない。次に、人工口蓋はアクリル製樹脂の薄い板になっているが、図8のような形状をしているため、最前部でも歯音及び歯茎音を拾うのが精一杯である。又、軟口蓋より奥にセンサーを取り付けると、キシロカイン等の麻酔剤を使用しない限り嘔吐感を催してしまうので最後部はせいぜい硬口蓋と軟口蓋の境界附近止まりとなって、結局のところ歯音及び歯茎音から硬口蓋音までをカバーするに過ぎない。但し母音や一部の子音とのワタリ音

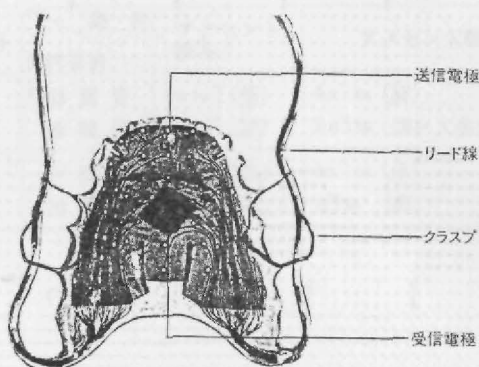


図 8

表 2 第 1 音節のアクセント

ターゲット	条 件	アクセント 核あり	アクセント核なし
	後続音声		
ta	瞬 間 音	ta]ka (多寡)	ta ka] (高)
	持 続 音	ta]ha (他派)	ta ha] (タハ！=間投詞)
sa	瞬 間 音	sa]ka (茶菓)	sa ka] (坂)
	持 続 音	sa]ha (左派)	sa ha] (サハ=車両の略号)

をうまく捕えれば、条件によっては軟口蓋音の観察もできなくはない。従って、典型となる基礎データを蒐集する段階では、前後の子音に最も影響を与えにくい最大開口度の母音 [a] と組み合わせた、1 秒以内の歯音及び歯茎音～硬口蓋音の中に実験資料を求めなければならないことになる。しかも摩擦音は相対的に反応が鈍く、特に硬口蓋音よりも奥の子音には全くといって良いくらいに関知しない。以上の理由により、手はじめとして、先づは表 2 に示した語彙を当面の分析資料とした。

上表に対応する実験結果はそれぞれ図 3、6 と図 9～14 に示してある。なお、強型と弱型の対立だけを概観するという目的ならば「渦巻きパターン」によるデータが、また閉鎖音と摩擦音では調音点の上からどのような差異が目立っているのかを知るためには「前後パターン」によるデータが、それぞれ便利である。

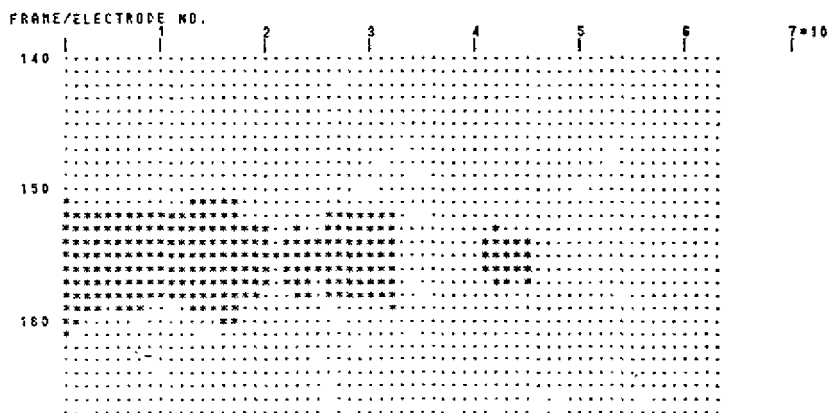


図9 タ[の ta

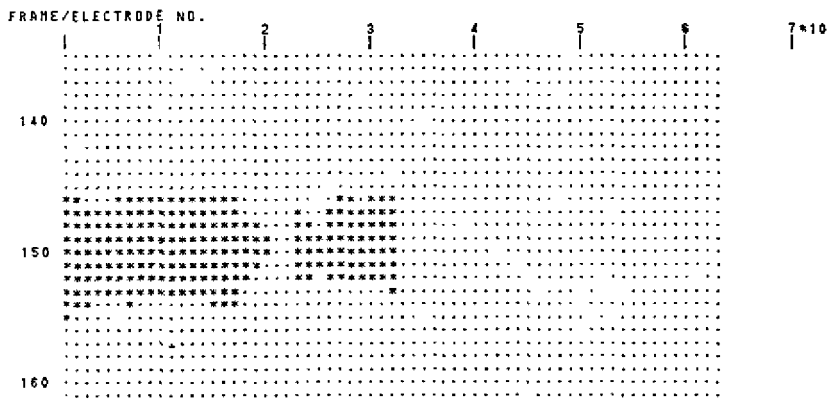


図10 タ[の ta

以上の結果から判断する限りでは、上に仮定した強型と弱型の対立は、表2の全ての資料にわたって、我々の内省と良く一致することが確かめられたことになる。

次にターゲットを第1音節から第2音節へ移つてみよう。分析資料としては、第1音節との関連から、表3に示した語彙を用意した。次表に対応する実験結果はそれぞれ図15~22に示した通りであるが、第1音節での実験から予想される結果は、みごとに裏切られている。例えば図16に示した「肩」の [ta]

表3 第2音節のアクセント

ターゲット	条 件	アクセント 核あり	アクセント核なし
	先行音声		
ta	瞬間音	ka ta] (型)	ka] ta (肩)
	継続音	ha ta] (旗)	ha] ta (畑=人名)
sa	瞬間音	ka sa] (崇)	ka] sa (傘)
	継続音	a sa] (麻)	a] sa (朝)

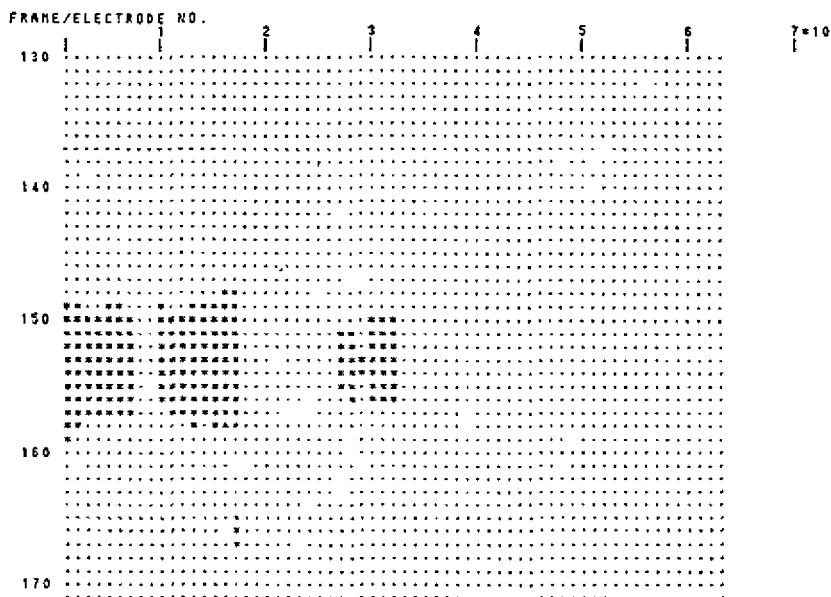


図11 サ]カの sa

は、図15における「型」の [ta] よりも強型であると読み取れる点で、我々の素朴な内省とは一致しないことになる。更にこのような事実は、図18と17、図20と19、図22と21などにも一貫して認められるところから、上の資料に関する限りは、かなり安定した傾向性と見て差支えなさそうである。かつてネウストウプニーや杉藤美代子の諸氏によって、音響レベルで「おそ下がり」が報告されたことがあったが⁽⁴⁾、小論の筆者による上の事実の指摘も、物理現象と内省との隔りを報告したという点では共通するものであろう。

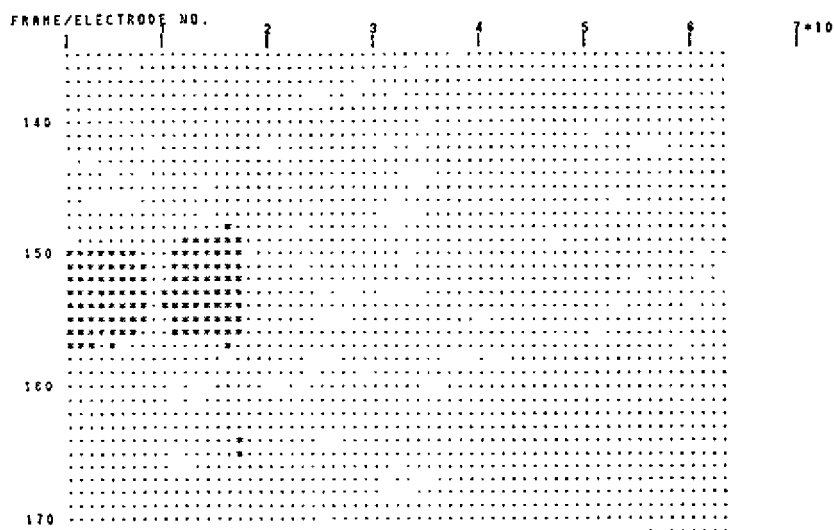


図12 サカ]の sa

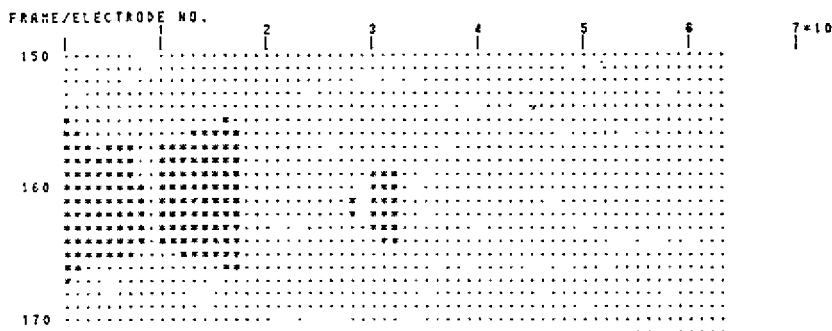


図13 サイ]の sa

そこで次に、内省とのギャップを探ることになるのだが、此处では敢えて実在する語彙のみに対象を限定することとする。その理由は、そもそも日本語（東京方言）におけるアクセントの観察に際して、上に指摘した舌一口蓋の接触状態が非示差的レベルにあるということである。換言すれば、仮令故意に ka]ta (肩) の [ta] を弱型にして調音しても、音調が●○という姿を保存して

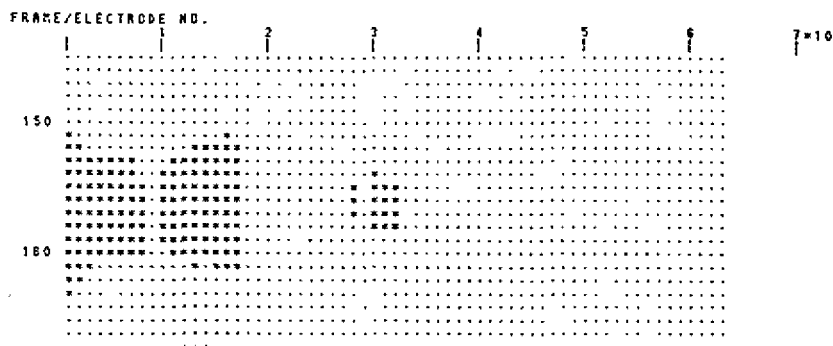


図14 サハの sa

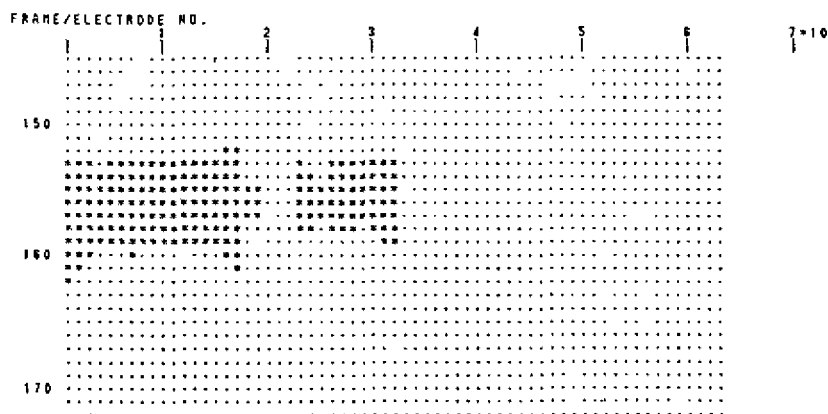


図15 カタの ta

おりさえすれば決してこれが「型」と誤解されることはないということである。即ち、ごく自然に発話された段階で、無意識的に随伴している諸々の音声学的特徴のうちから比較的安定していて、それ故いつかは社会習慣的な「型」として利用され得る（か又は過去において利用されていたかも知れない）潜在能力を有する要素を拾い集め、これに光を当てておくことこそが、ここでの主たる研究目的であるからにはほかならない⁽⁶⁾。従って前述の問題に迫るためにはやや迂遠に見えるかも知れないが、次に表4に掲げる語彙を分析資料として選定した。

図23では第1音節の [ta] が相対的に見て強型であると読み取れるので、こ

表4 第1音節と第2音節のアクセント

ターゲット	アクセント核の有無による対立		
二種の ta	「多々有る」の ta]ta	「崇る」の ta ta]	
na と ta	「成った」の na と ta	「鳴った」の na と ta	
na	ha]na (端)	ha na] (鼻)	ha na] (花)

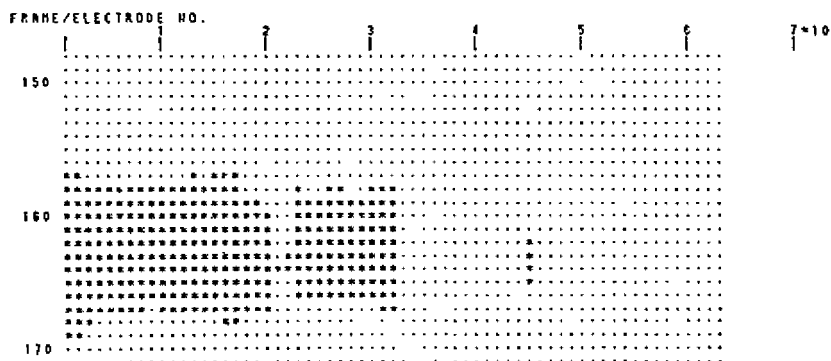


図16 カ]タの ta

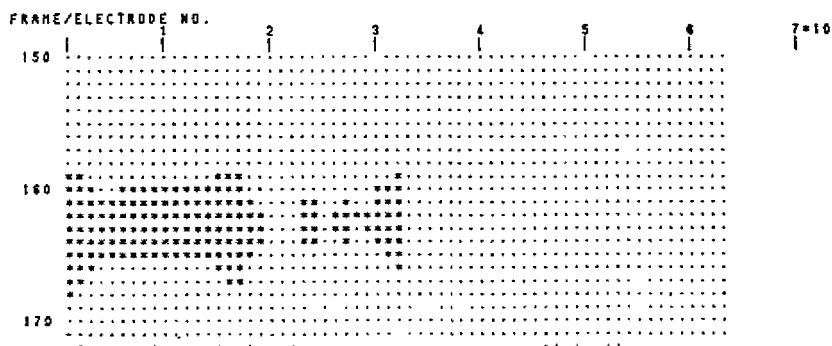


図17 ハ]タの ta

の結果は図3, 6の「多寡」図9, 11, 13などと一向に矛盾しない。なおこの関係は、いわゆるツメル音を伴った語彙に対しても成立することが、図25などから明かとなる。

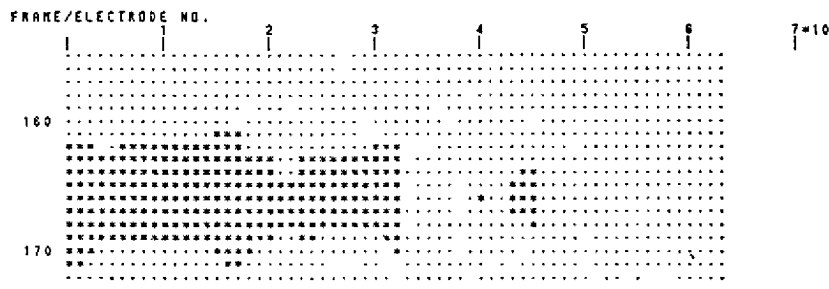


図18 ハ⁷タの ta

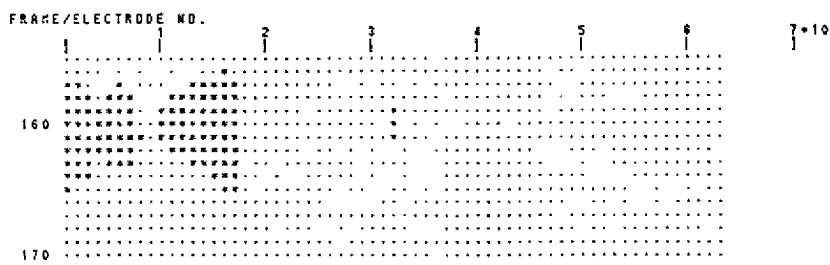


図19 カサ⁷の sa

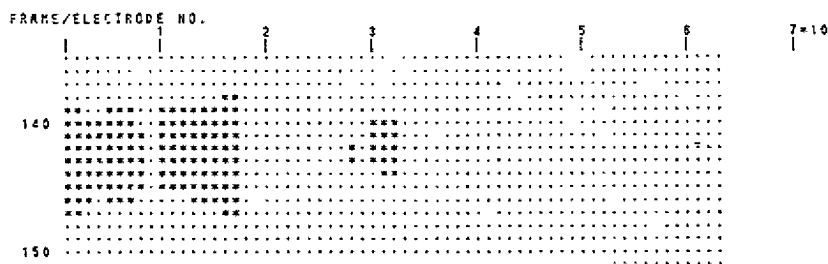


図20 カ⁷サの sa

次に図24によると第1音節の [ta] はアクセント核を持たなくてもなお、第2音節の [ta] よりも強型であることが確認される。そしてこの関係は、図26のツメル音に対しても成立している。こうなると、第1音節というのはアクセント核の有無とは無関係に、常に強型なのではないかという疑いも生じてくる。これに対する答えが図27～29である。

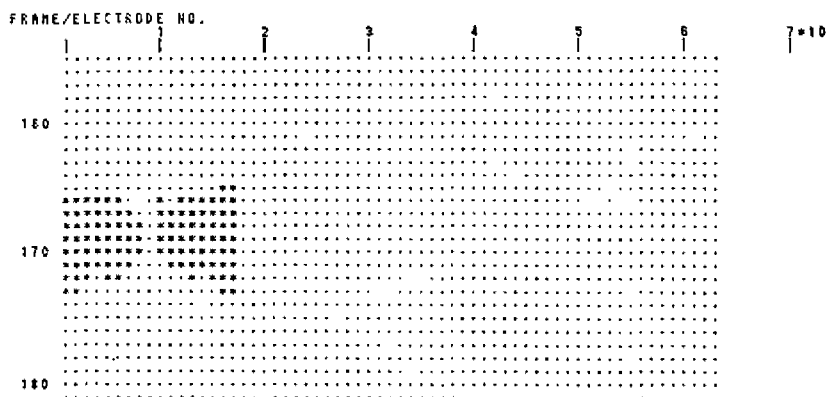


図21 アサの sa

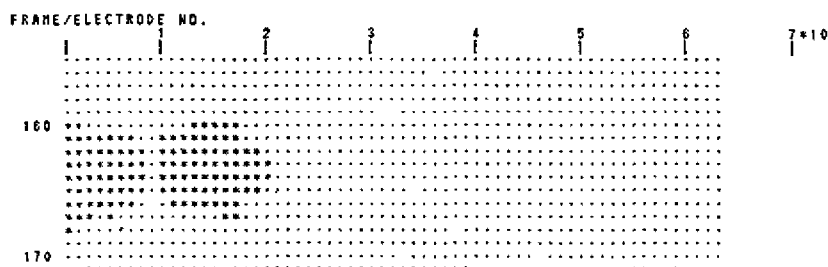


図22 アサの sa

図27は、第1音節にアクセント核を有する場合の第2音節に注目したものだ
が、三種のうちでは強型と認められる。また図28は、無核アクセントの例だ
が、逆に弱型であることが明瞭に見てとれる。そして、第2音節にアクセント
核のある図29は、ちょうど両者の中間に位置付けられる。従って以上の結果か
ら、ここでは暫定的に次のような解釈を与えておく。

- (1) いわゆるアクセント核を有する音節は、強型を形成する一因子となり得る。
- (2) しかしながら、もっと重要なことは初頭音節に立つか否かということである。
- (3) 従って第1音節に立ち、しかもアクセント核をになっているものが、強型中の強型ということになる。

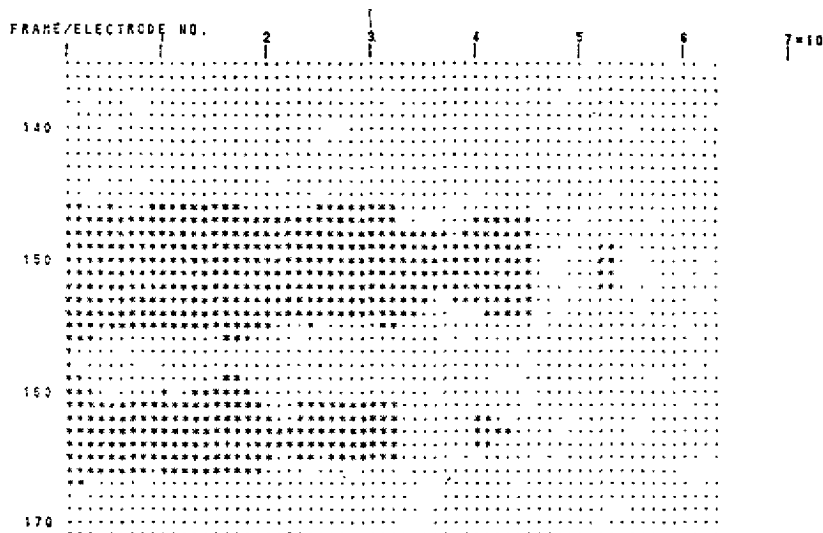


図23 「多々有る」の ta'ta

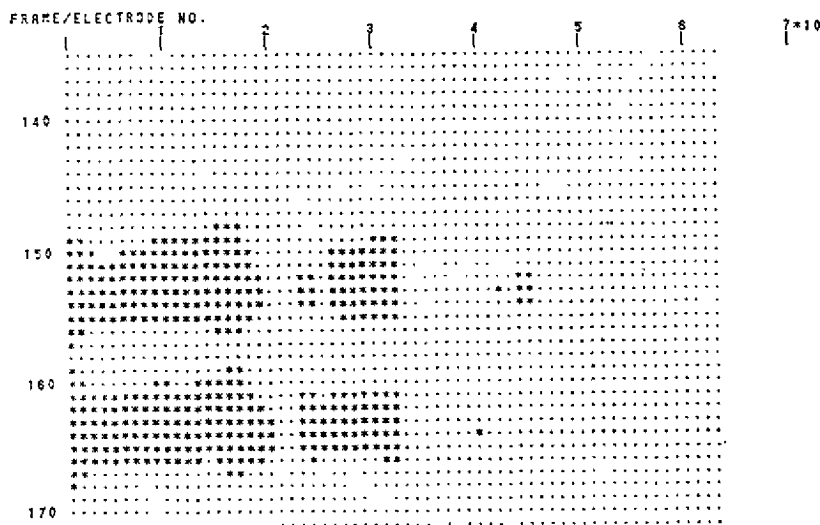


図24 「崇る」の ta'ta

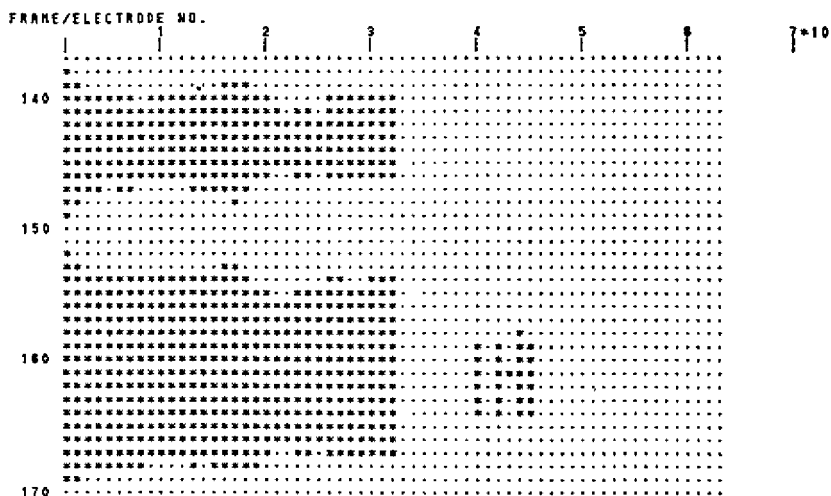


図25 ナッッタの na と ta

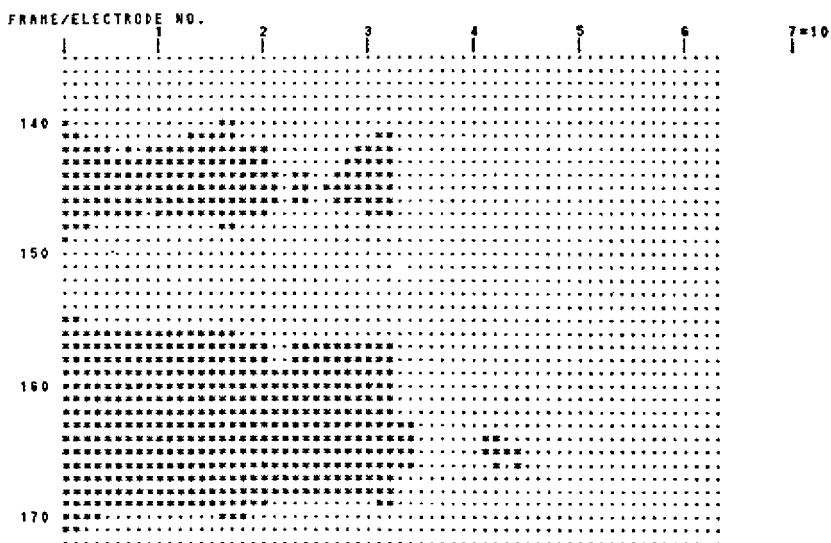


図26 ナッダの na と ta

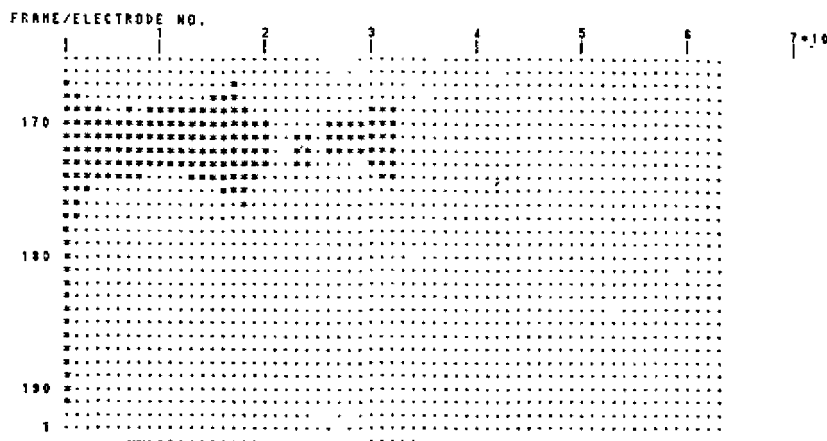


図27 ハナの na

- (4) このため、図16などに見られる事実は、ただでさえ「特別」な第1音節に、アクセント核までも加わった結果、その余剰エネルギーが次の音節に繰越されたものと解釈することができる。そこで小論の筆者は、上の現象を音響レベルのクロス・トーク（漏話）や、映像レベルのゴーストなどと同様に見立てて「残像現象」と命名しておく。

言語現象が例外なく線條構造を有する以上、何よりも先づ始発点が注目されても良い筈であるなどということは、余りにも素朴であるが故に却ってしばしば見落されがちな点でもある。特に Paradigmatic な観点を、単に方法論上のというたてまえをすっかり忘れて、実質的にも Syntagmatic な観点と全く対等の価値を有するものと決めつけてしまうことは、時として我々を誤った方向へ導くおそれがありはしまいか。上に指摘した、語の第1音節は「特別」だという主張は、これが「サア、これから調音を開始するゾ」といったような心理的、生理的要因等も含めて、極めて多岐にわたるキワダチを形成する（か又は形成する潜在力を具備している）ものであるということにほかならない。しかしながら上の事実を例えば、アルタイ語などに見られる母音調和、現代英語の possible~possess の如き [s]~[z] の交替、Autosegmental Phonology などで仮定される HL（即ち、第1音節にHを配当する点）等々の一般言語学的観点

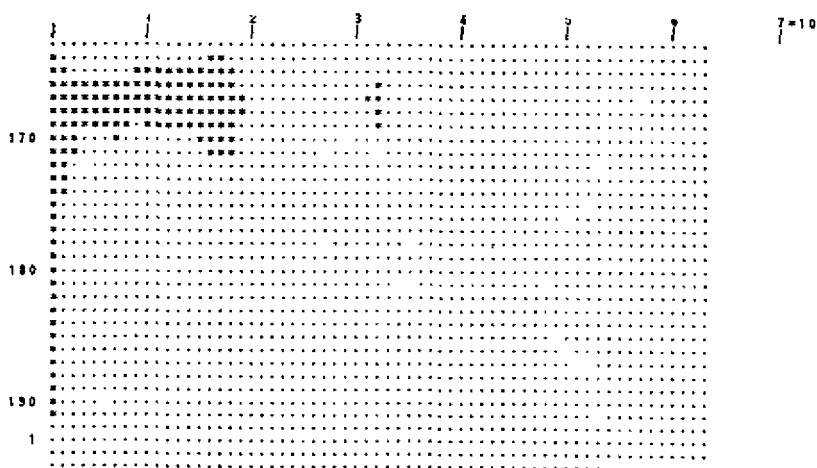


図28 ハナの na

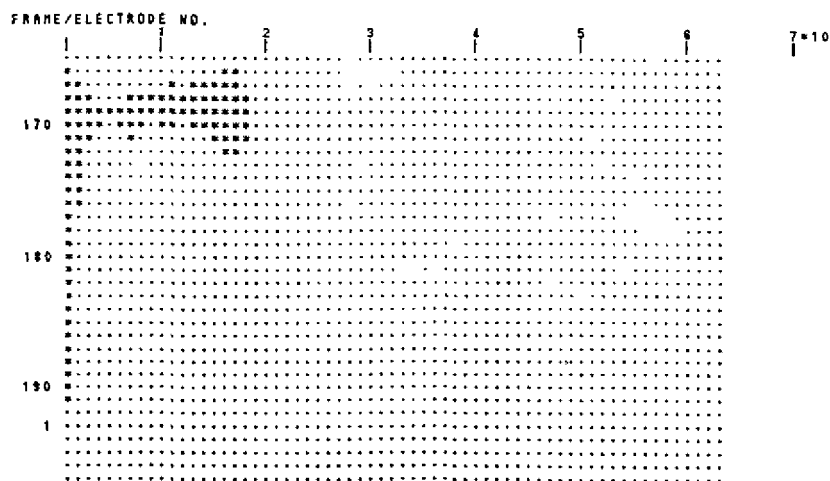


図29 ハナの na

や、言い誤り、失語症などをはじめとする応用言語学的観点からどう受けとめて行くべきかは、今後の課題である。

5. 結果 (2)——示差的特徴の研究——

筆者が開発した「前後ボタン」(図5参照)を用いると、単に舌一口蓋の接触面積と接触時間だけでなく、およそ調音点上のどの部位が、どの程度接触しているかを探ることができる。例えば [ta] (図30) と [kja] (図44) とでは、前者が前舌面 (図の左側) に接触点が集中しているのに対し、後者では後舌面 (図の右側) に接触点が集中している模様がありありと見える。そこでこの点に注目して、日本語 (東京方言) で用いられている典型的な子音のうちから、前節

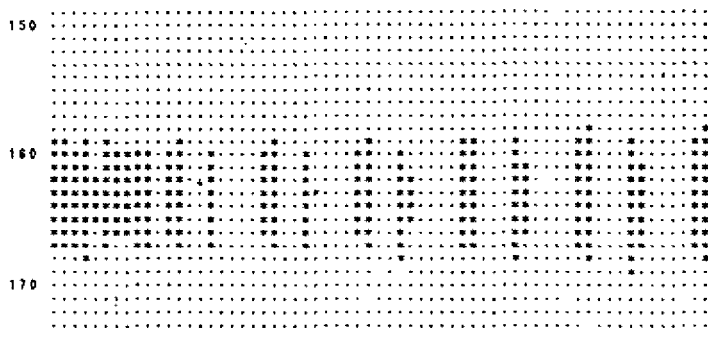


図30 [ta]

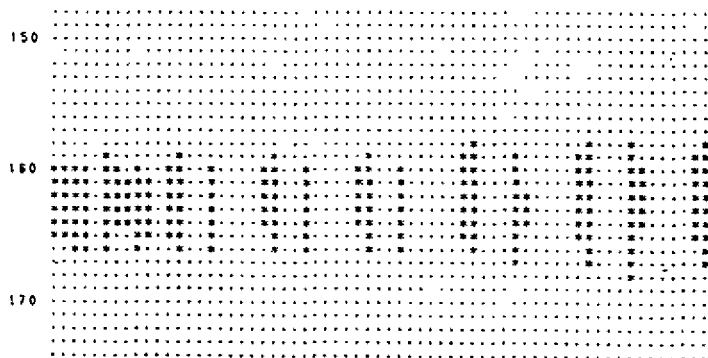


図31 [da]

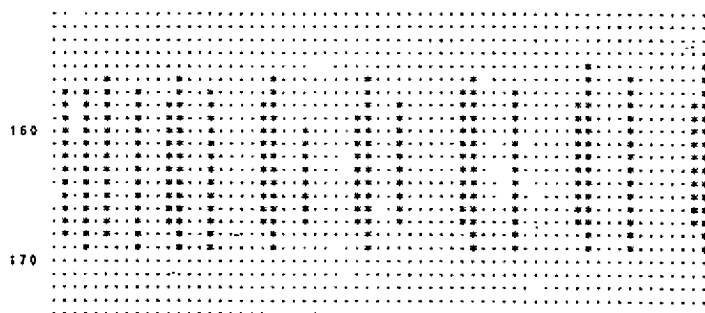


図32 [sa]

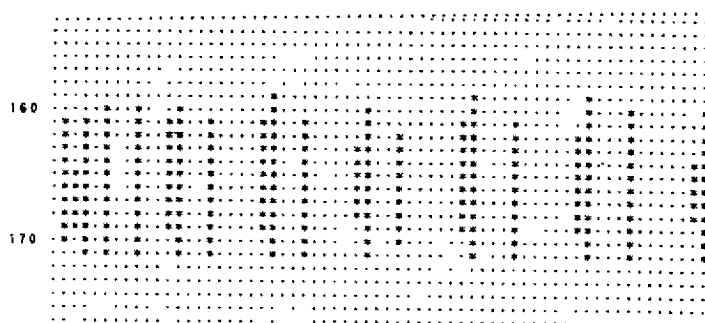


図33 [za]

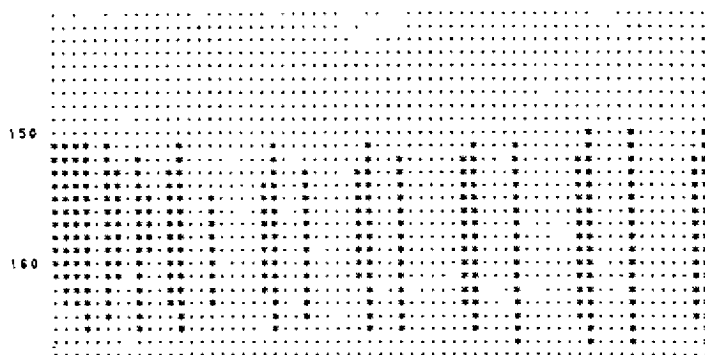


図34 [tsa]

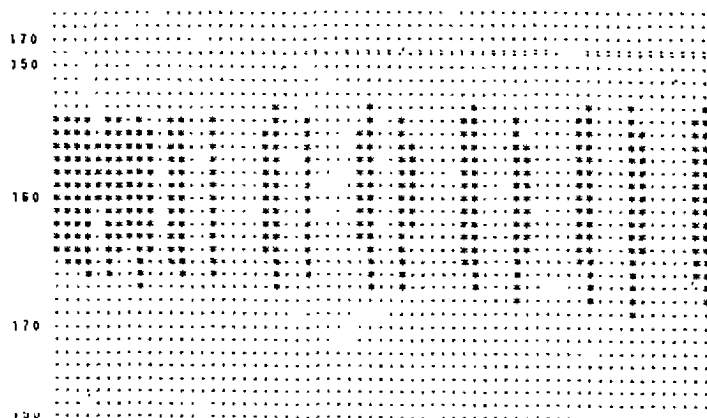


図35 [dza]

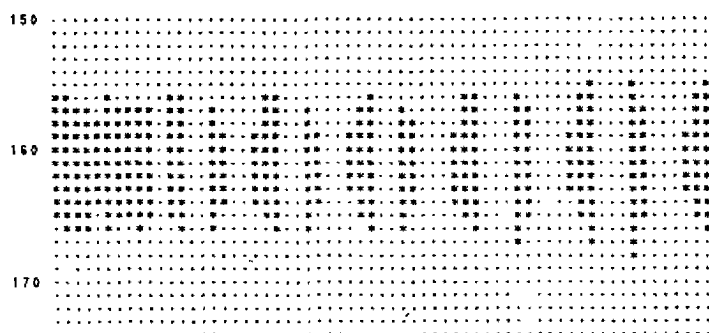


図36 [na]

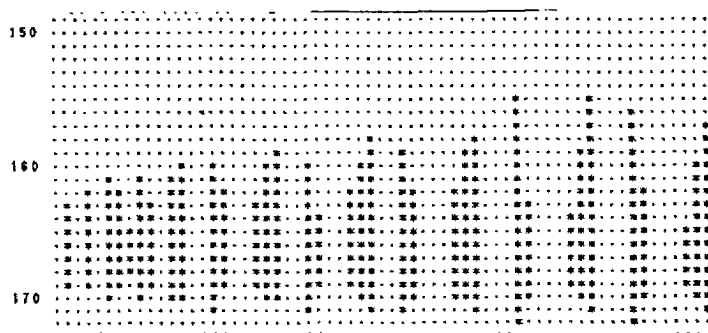


図37 [pa]

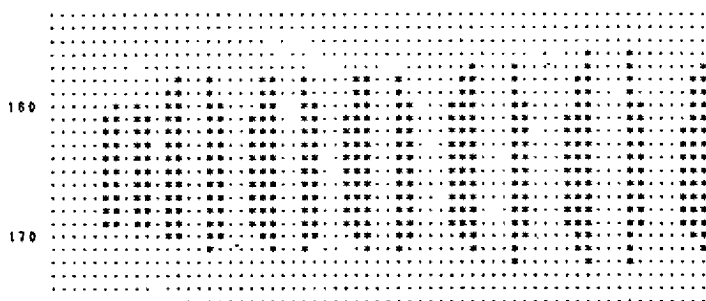


図38 [za]

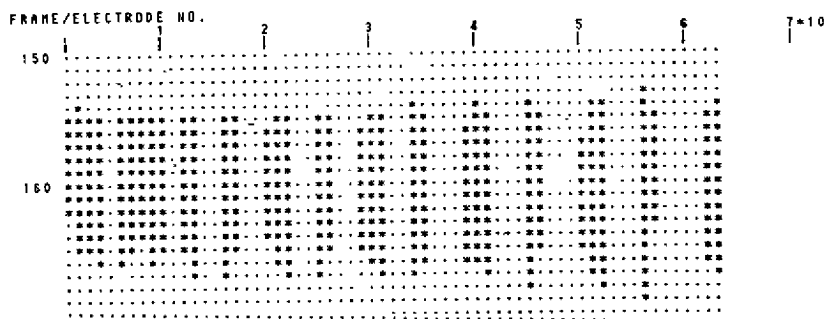


図39 [apa]

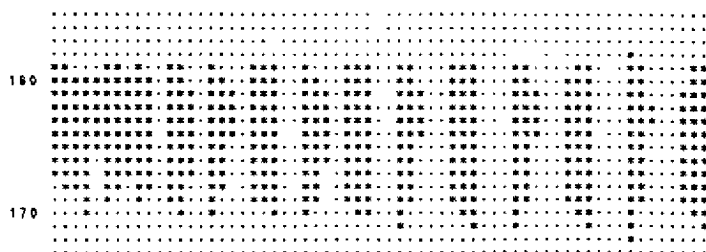


図40 [dza]

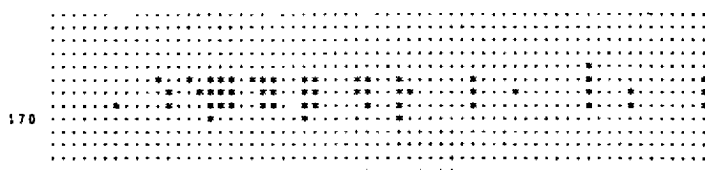


図41 [ra]

に述べた実験条件を満足するものに絞って, [ta, da, sa, za, tsa, dza, na, ɕa, za, tɕa, dɕa, ra, ɕa, ja, kja, gja] の計16種の音節を観察したところ, 次のような結果が得られた (図30~45)

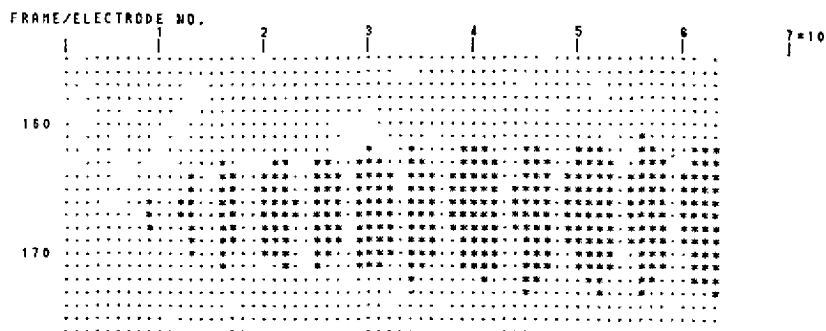


図42 [ɕa]

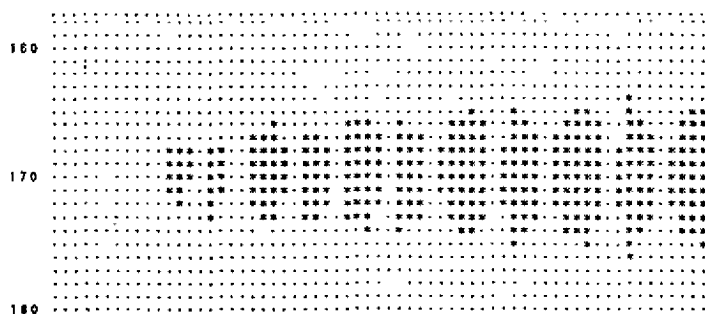


図43 [ja]

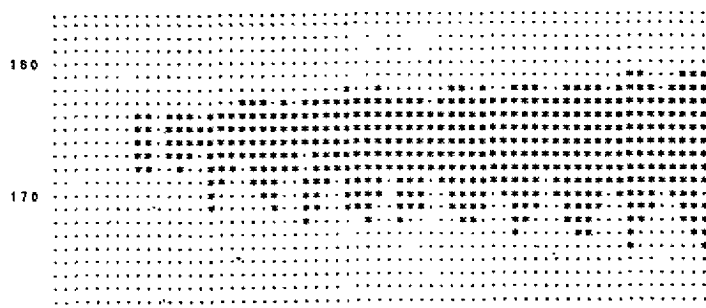


図44 [kja]

以上の実験結果から判断するに、これらのデータをもとに我々は音韻の識別に有意な、いわゆる示差的特徴が、EPG の前後ボタン上のどの部分にあるかを体系化することができる。この方面では、現在図46のようなボタン化を進めており、ほぼ電極番号1～23（前部舌背と中部舌背の境界附近から前の部位に該

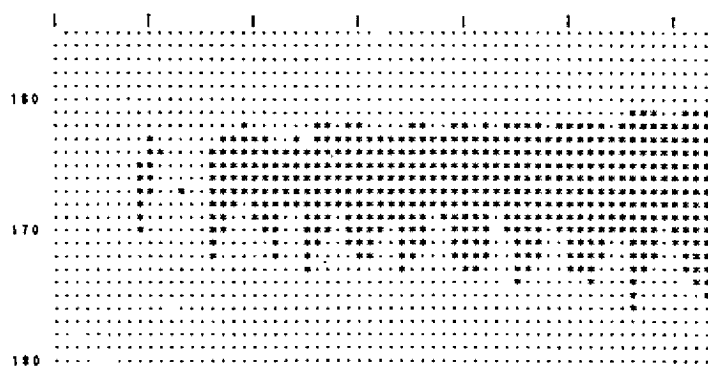


図45 [gia]

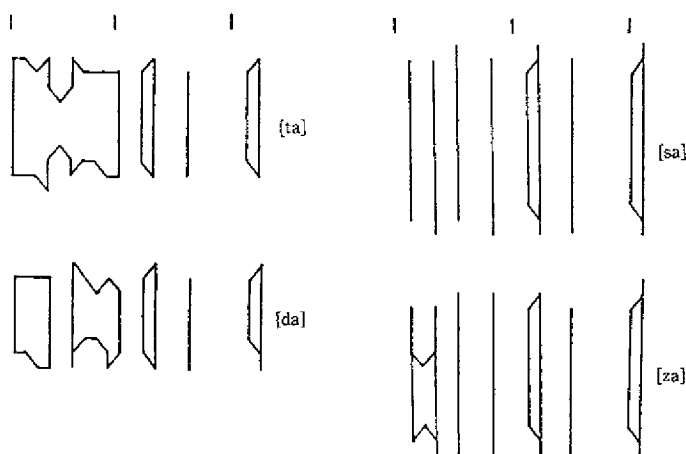


図46～(1)

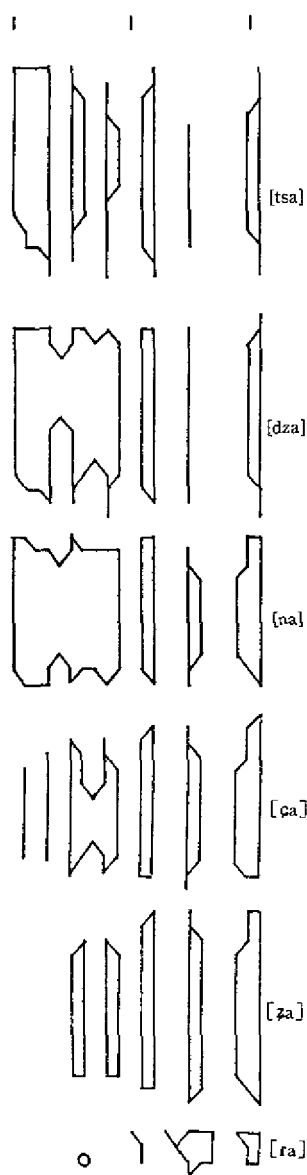


図46~(2)

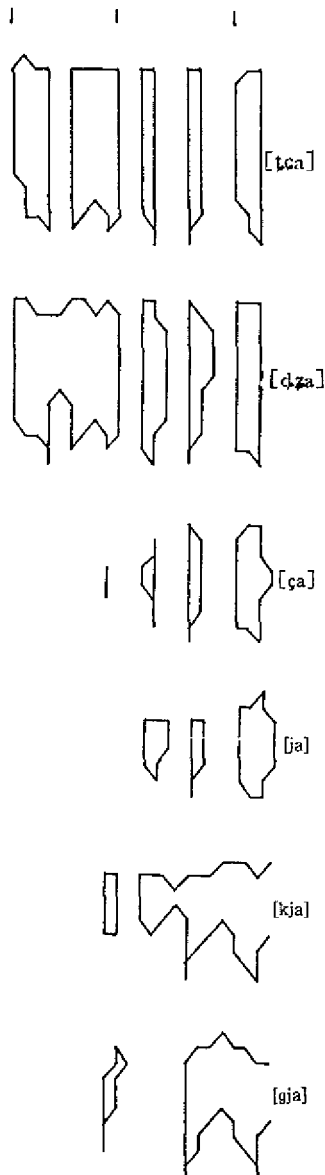


図46~(3)

当)までで、大多数の音韻の識別に有意差が得られる見通しが立ったので、今後はより多くのデータを集めて、一般論化の方向へ持って行きたいと考えている。

なお、この作業を進めているうちに、破擦音だけが特別な傾向性を示していることに気付いた。即ち、他の多くの場合、無声子音の方が、対応の有声子音よりも「強型」であることを示しているのに、破擦音だけは、有声子音の方が「強型」になっている。これを示差的機能の面から見ると、例えば英語では、無声子音の [ts] と [s], [tʃ] と [ʃ] などは対立するが、有声子音の [dz] と [z], [dʒ] と [ʒ] は、単なる異音の関係にしかない。また、日本語(東京方言など)でも、[ts] と [s], [tɕ] と [ɕ] の区別は音韻論的だが、[dz(ɟ)] と [z], [dʒ(ɟ)] と [ʒ] の区別は音声学的である⁽⁶⁾。従ってこういった類型論的観点から、言語に広く見られる現象なのか、それともごく限られた言語に見られる特徴なのか、はたまた単なる個人的特徴なのかは現段階では何とも言えない。しかしいずれにしても、図46に示したゲシタルトパタンを追究している今の筆者には、R. Jakobson らがソナグラムから音韻を同定する原理を模索したのにも似た、一種の興奮がみなぎっている。

1984年7月4日

【註】

- ⁽⁴⁾ 小論は、昭和59年5月29日に開かれた筑波大学音声・言語実験室第15回研究発表会で行った口頭発表を骨子として成立したものである。当日熱心に質疑並びに有益な助言を賜った林四郎、松本克己、島岡丘、芳賀純、藤原保明、堀口純子の教官諸氏並びに院生、学部学生諸君に深謝の意を表する。
- ⁽⁵⁾ 吉沢典男(1982)による。
- ⁽⁶⁾ 後述の「間接法」に対して、直接法と言う。
- ⁽⁷⁾ ネウストップニー(1966)、杉藤(1972, 1980, 1982)など。
- ⁽⁸⁾ 表2, 3の資料もこの考えによって選んである。従って表3の[sa]に敢えて ha sa と ha'sa という例を入れなかった。
- ⁽⁹⁾ 口頭発表の際に松本克己教授より御指摘頂いたことによる。

【文 献】

- 梅田博之、林崎恭子(1980)『日本語の発音——朝鮮語を母語とする学習者のための日本語発音教材試案——』東京外国語大学 A. A 研, 全2巻
- 杉藤美代子(1972)「おそ下り考」, 大阪樟蔭女子大学論集10
- (1980)「おそ下り考」, (論集日本語研究2, 『アクセント』pp. 66-94) 有精堂
- (1982)『日本語アクセントの研究』, 三省堂
- ネウストップニー(1966) Is the Japanese accent a pitch accent? (『音声学会会報』

121) 日本音声学会

比企静雄, 桐谷滋, 柴田貞雄 (1975) 『発音訓練のためのダイナミック・パラトグラフィの実用化の問題点』, 文部省昭50年度科研費試験研究(1)089001, 資料番号 DP-1

宮脇邦子, 桐谷滋, 比企静雄, 白井真知子, 上村幸雄, 高田正治 (1975) 『日本語における舌と口蓋の接触パターン——ダイナミック・パラトグラフィによる観察——』, 国立聴力言語障害センター

吉沢典男 (1984) 「パラトグラフィーによる音声研究について」 (『金田一春彦博士古稀記念論集 2』 346-324) 三省堂

Fujimura, O., Shibata, S., Shimada, Z., Kiritani, S. and Satta C. (1968) A study of dynamic palatography, *Reports of the 6th International Congress on Acoustics* II, pp. B21-B24

Rousselot (1897) *Principes de Phonétique Expérimentale*, Tome I, II

Shibata, S. (1968) A study of dynamic palatography, *Annual Bulletin* (Research Institute of Logopedics and Phoniatics, University of Tokyo) No. 2 pp. 28-36

〔附 記〕

本実験を行うに当たり、御協力を頂いた筑波大学大学院学生金順錦、池田潤、依田泉、学部学生姜岐廷、東京外国語大学大学院学生西沢弘行、及び清水幹夫、斎藤純男の諸氏に対し、記して深謝の意を表する。