



Title	X線映画法による構音運動の解析（特に正常者ならびに口蓋裂術後患者について）
Author(s)	和田, 卓郎
Citation	大阪大学, 1968, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/29638
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

X線映画法による構音運動の解析
(特に正常者ならびに口蓋裂術後患者について)

Cinefluorographic analysis of articulatory movements
(in normals and postoperative cleft palate subjects)

和田 卓郎

Takuro WADA

大阪大学歯学部口腔外科学第一教室
(主任：永井 巖教授)

大阪大学歯学雑誌 13巻1号
(昭和43年6月掲載予定)

(1)
X線映画法による構音運動の解析

(特に正常者ならびに口蓋裂

術後患者について)

和田 卓 郎

Cinefluorographic analysis of articulatory movements
(in normals and postoperative cleft palate subjects.)

Takuro WADA

(昭和43年1月13日受付)

序 言

構音は、口腔諸器官の迅速かつ微妙な相互運動により営まれる。この構音運動の主役となすものは軟口蓋と舌であり、両者の巧みな協調運動が生理的音響管腔を形成するのに重要である。

従来構音の研究は直視⁽¹⁾⁻⁽³⁾、パラトグラフ⁴⁾、筋
 電図⁽⁵⁾⁽⁶⁾、鼻腔漏出気量測定⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾、音響学的検索⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、お
 よびX線学的観察⁽¹²⁾⁻⁽¹⁵⁾など種々の方法により多
 方面にわたって行なわれてきた。中でもX
 線学的方法は、解剖学的位置より観察不可能
 な構音器管を直視的に観察できるために最も
 有用な手段の一つである。特に最近開発さ
 れたイメージ増倍管を用いたX線映画法では
 、運動の一時点しかとらえられなかった従来
 の静止X線写真に代って、構音運動を連続的
 に観察できる利点がある。この点に着目し
 、X線映画法を用いて構音運動を機能的な面
 から研究する試みが増加してきた。方なわ
 ち、Cooper⁽¹⁶⁾、Kirkpatrick⁽¹⁷⁾、河村⁽¹⁸⁾の構音運動の観察
 に始まり、鼻咽腔肉鎖、舌運動の定性分析を
 行なったAshley⁽¹⁹⁾、筒井⁽²⁰⁾、Sloan⁽²¹⁾の報告、また
 定量的分析を試みたMoll⁽²²⁾、Powers⁽²³⁾、Warren⁽²⁴⁾、
 Mazaheri⁽²⁵⁾などがある。さらに鼻咽腔肉鎖運
 動と音声との時間的関係を追究したBjörk⁽²⁶⁾、
 Nylén⁽²⁷⁾、梅野⁽²⁸⁾、広戸⁽²⁹⁾の研究などを挙げるこれが

できる。

しかし、構音運動のX線映画解析を行なう場合、まず、いかにして定性的あるいは定量的にデータを導き出すか、いかにして複雑な協調運動のデータを分析処理するか、また、いかにして音声と構音運動とを同期させて記録するかなど未だに数多くの未解決の問題が多い。特に、構音運動の主役をなす軟口蓋、舌の運動の相互関係を音声との時間的關係のもとに的確に把握することは極めて重要であるに拘らず、未だ十分なされていない現状である。

著者は、以上の点に留意し、構音運動の動態を解明するため、著者らが考案したX線映画と音声記録との完全同期法と微小時間測定法を用いて、発語に伴う軟口蓋と舌との運動諸時点を正確、詳細に測定し、構音運動における両者の相互関係を起音と関係づけて分析し、ついで口蓋弁後方移動術を用いて口蓋裂患者の構音運動を追究し、正常人について

の構音との比較検討を試みた。

研 究 方 法

I 観察対象

被検者は、24才の発音正常な男子5名、および口蓋弁後方移動術とうけ術後2年以上経過した15—24才の口蓋裂患者(男子)10名である。前者を対照群とし、後者を2群に分け、

力行音を明瞭に発語し得る者5名を良好群、力行音発語不能な者5名を不良群とした。

試行語音は、母音 /a/, /i/, /u/, /e/, /o/,

力行音 /ka/, /ki/, /ku/, /ke/, /ko/, の10音とし、

各音を3回づつ発語させ、これら全発語音を対象として構音運動を分析し、比較検討した。

良好群、不良群の分類は、單音節の語音発語明瞭度検査に基づいて行なった。すなわち、高崎⁸⁾の67音発語明瞭度検査語集と各被検

者に3種類づつ使用し、これを7人の検者によって測定し、カ行音発語の頻度が各音について2/音中1/音以上あるものを良好群、3音以下のものを不良群とした。なお、X線映画撮影時のカ行試行音は、良好群では全音カ行音が発語され、不良群ではカ行音の発語は不能で、母音(ア行)のみが発語であった。

II X線映画撮影ならびに録音方法

1. 撮影装置

本研究に使用したX線映画撮影装置は、西独シーメンス社製X線撮影装置(管球焦点 $0.6 \times 0.6 \text{ mm}$)、ならびに7インチイメージ増倍管である。撮影機は Arriflex 16 を使用した。

2. 撮影条件

管電圧 93 kVp

管電流 2.5-3.5 mA

管球焦点、イメージ増倍管距離 75 cm

[illegible]

7	イ	ル	4		Sakura x-ray Film New Y type 16mm
---	---	---	---	--	-----------------------------------

[illegible]

3. 撮影ならびに録音方法

被検者の頭部を、頭部規格固定装置を用いて側面位に固定し、発語に伴う軟口蓋運動と舌運動を撮影記録した。また同時に音声も被検者口唇より前方約30cm（矢状面より30°偏向）に設置したマイクフォン（Sony cardioid dynamic microphone F80）を通じて2 channel テープレコーダー（Sony TC--777S--4J）で録音した。なお撮影に先立って、被検者の咽頭後壁、口蓋、舌の正中部に硫酸バリウム液を塗布し、また軟口蓋鼻腔側、上咽頭壁にはヨードフォルム粉末の噴霧を行なってX線像の観察を容易にした。

Ⅲ. X線映画像と音声記録との同期法なら
びに微小時間測定法

X線映像と音声記録との同期ならぬに時

測定のためマージング装置のブロッグダイヤグラムは図 1 に示した。

図 1

画像と音声記録との同期は、シャッターパルスを用いた。すなわち撮影機のシャッターが開くと同時にシャッターパルスを発生させ、これを増中して撮影機内に取り付けたダブルネオンマージング装置の一方よりフィルムの一側に露光し、同時にテープレコーダーのチャンネル 1 にも送り込む。一方、時間パルスは、水晶発振器で所要の時間パルスを発生させ、増中後ダブルネオンマージング装置の他方よりフィルム他側へ露光する。このようにして印記されたフィルム上の各マーフを図 2 に示した。

図 2

録音されたテープを 2 現象オシロスコープに導き、1 秒間 75 cm で走行するオシログラフペーパーに撮影してシャッターマーフと音声波形を得た (図 2)。このオシロ

グラム上のシヤフターマーフとシネフィルム上のそれとを起始点より数えて対応させると、X線映画像と音声波形との完全な同期が得られる(図2)。

つぎに微小時間測定は、シネフィルム上のタイムマーフとシヤフターマーフとの位置関係から計測した。たとえば、図3に示したごとくタイムマーフ間の時間が100 msecでその長さが $a \text{ mm}$ に相当してゐるとすれば、

図 3

$b \text{ mm}$ に相当する時間 t は、 $t = 100 \times b/a \text{ (msec)}$ であり、その値より測定対象のコマのシヤフター開放時点が決まる。

IV. 構音運動像解析法

撮影現象された映画フィルムはフィルム解析装置(大沢商会 Filmotion Model F-105)に投影され、1コマ送り機構によって必要な運動像を描記し、定性的に観察した。さらに同期させたX線映画像と音声波形とを対応させ、

音声波形上の発語開始時点（以後これを起音
時点とする）を基準として、必要な各構音運
動時点を測定し、構音運動の時間的分析を行
なった。

研 究 結 果

I. 構音運動の定性的観察

対照群母音： 母音発語に伴う軟口蓋の運
動経過を図4に示した。 すなわち、軟口蓋

図 4

は安静位より後上方へ挙上して咽頭後壁に接
し、鼻咽腔肉鎖を行なう。 ついで肉鎖が強
くなり、咽頭後壁に沿って隆起挙上が最大と
なり、この状態を発語期間中維持し、音の終
了に伴って再び安静位に戻る。

一方、舌は図5に示したように、語音によ

図 5

うそれぞれある定まった部位で声道を狭窄し

、その音に特有な生理的音響管腔を形成する。
この状態は、発語中保たれ、音の終了と共にこれを解き、再び安静位に戻る。この声道の狭窄は、図 6 に示したように /a/ では

図 6

咽頭後壁と舌根部との間、/o/ では /a/ が示す部位のやや上方、/u/ では軟口蓋と舌背後部との間、/e/ では硬口蓋後半部と舌背との間、/i/ では硬口蓋前部と舌背前半部が対応する部位で起こった。

対照群カ行音：カ行音発語に伴う軟口蓋の運動は、母音の場合と同じ様相を示した。

舌は図 7 に示すように、運動開始後、音によりほい定まった部位で口蓋と接し、舌口蓋閉鎖を行なう。さらに閉鎖の増強につれて

図 7

口蓋との接着が松がり、ついでこの閉鎖が急激に開放（破裂）され、音により定まった舌狭窄位置に至った後、子音部発語を行なう。

ついで舌は急速に前方あるいは後方に移動し

、後続母音の舌狭窄を形成して、母音部を発語する。以後は母音の場合と全く同様である。この子音部舌狭窄部は図8に示したよ

図 8

うに、音によって異なり、/ka/ は軟口蓋部、/ko/ は軟口蓋前部、/ku/ は硬軟口蓋移行部附近、/ke/ はそのや、前方、/ki/ は硬口蓋前部であり、軟口蓋より硬口蓋にかけて、/ka/、/ko/、/ku/、/ke/、/ki/ の順に位置した。この子音部舌狭窄位置の前後関係は、対応する母音のそれと一致した。

良好群： 母音、力行音発語に伴う軟口蓋と舌の運動は、対照群のそれと同じ様相を示した。

不良群： 全被検者の検索した全語音発語時には、鼻咽腔閉鎖はすべてに認められなかった。舌運動については、母音発語に伴う舌狭窄は認められたが、力行音発語に伴う舌口蓋閉鎖が認められた場合は極めて少数例に過ぎず、舌口蓋閉鎖を試みはするが僅かな舌の挙

上つみに終るものや、当初より母音の舌狭窄運動レが示さなかったものなど、ゆ広い舌運動の混乱が観察された。

II. 測定時点の設定

以上、稍音運動を観察した結果、発語中における軟口蓋と舌運動の極点を明確にするため、次の諸時点を設定した。

軟口蓋運動： 軟口蓋運動経過において設定した測定時点は、図4に示したように、母音、カ行音では、運動開始、鼻咽腔閉鎖、軟口蓋最大挙上、軟口蓋挙上解除、鼻咽腔閉鎖開放、運動終了時の諸時点である。

舌運動： 舌運動経過において設定した測定時点は、図5に示したように母音発語に際しては、運動開始、舌狭窄形成（最大舌狭窄）、舌狭窄解除、運動終了時の諸時点である。またカ行音では、図7に示したように、

運動開始、舌口蓋閉鎖、舌口蓋最大閉鎖、舌口蓋閉鎖開放、後続母音部舌狭窄形成、後続

母音部舌狭窄解除、運動終了時の諸時点である。

以上の諸時点と、前述した同期法により音声波形と同期させ、起音時点と基準として測定した。

Ⅲ 構音運動諸時点の平均時点による分析
軟口蓋と舌の運動諸時点と、起音時点と基準として測定した。起音時点と0、起音時点前にあるものは(-)、後にくるものは(+)で表現した。

表 1

表 2

表 1 および表 2 は、母音の測定結果を示す。各運動時点は、対照群の同一被検者の同一音についても大きな分散を示し、良好群、不良群となるにつれてその分散は極めて大きくなった。その結果、軟口蓋、舌の運動諸時点の平均時点については、音間、群間に有意差を示したものは対照母音の鼻咽腔閉鎖時

点で /a/ /e/ に対する /u/ /i/ 、 /o/ に対する /i/ の他に、く僅かにすぎず、軟口蓋、舌の運動相互の時間的關係をも導き出すことはできなかった。

表 3

表 4

表3および表4は、カ行音の測定結果を示す。各運動時点の分散様相は母音に類似していたが、鼻咽腔閉鎖と舌口蓋閉鎖開放時点はずべて起音時点前にあった。また舌口蓋閉鎖開放より起音に至る時間は、対照群、良好群とも極めて分散が小さく、約 36 msec に集中していた。

以上の結果より、従来行なわれていたように運動時点の平均値でもって比較することは大きな危険を含み、また極めて短時間内の急速かつ微妙な構音運動の詳細を解析し得ないことが判明した。従つて旧々の発語について、軟口蓋と舌の運動相関を追求し、群としてまとめ比較検討を試みた。

IV. 発語に伴う軟口蓋運動と舌運動の相互関係

発語に伴う軟口蓋運動と舌運動につき、運動開始より終了に至る経過で音発生学的に有意義と考えられる運動時点とそれぞれ対応させ、その個々の対応点と一つの構音構成単位として扱った。すなわち、両者の運動開始時点あるいは終了時点などに対応させた。

また、鼻咽腔閉鎖と舌狭窄形成の対応時点は起音に因係し、軟口蓋挙上解除と舌狭窄解除の対応時点は音の終了に因係した。図9および図10に示したように、起音時点を0とし、横軸を軟口蓋運動、縦軸を舌運動の時間軸としたグラフへ各運動時点の対応点をプロットした。各対応点群の位置、散布より発語に伴う舌、軟口蓋の運動相関を検討した。

図 9

母音：図9は、対照群、良好群ならびに不良群の*/i/*とそれぞれ示したものである。

対照群、良好群の対応させた諸点群は、おおむね45度の線に沿って比較的まとまった散布様相を示した。45度の線上に対応点があることは対応時点の同時を示すものであるため、本図より軟口蓋と舌は発語に伴って強い協調運動を管んでいゝことが示唆される。

一方不良群では、他の2群に比べて大きな分散を示す散布様相が各対応点群に見出された。各対応運動時点の相互関係は表5に示す。

表 5

不良群の鼻咽腔閉鎖と舌狭窄形成時点の間に逆相関が見出されることが、大多数は1%、あるいは5%の有意水準でもって相関関係を示した。ただし、対応点の散布が極めて小範囲に限局され、かつ小円形を示すような場合、相関係数は小さく有意の相関関係を示さないが、そこには両運動時点の強い定時性の存在が認められる。この相関性と定時性を軟口蓋と舌の協調性の要素として検討した結果、対照群が最も強い協調性を示し、良好群

がこれに次ぎ、不良群では定時性、相関性ともに低いことがわかった。

図 10

表 6

カ行音： 図10は、対照群と良好群の /ki/ をそれぞれ示し、表6は各対応運動時点の相関係数を示す。相関関係と定時性は両群ほぼ同様であり強い軟口蓋、舌の協調運動の存在が認められた。

以上、発語に伴う軟口蓋と舌の運動相互の関係を検討した結果、両者の間に極めて強い協調運動が営まれているが、口蓋裂術後患者の場合、発語の良否に従った協調性の低下が認められた。

V. 母音起音構音に関する分析結果

母音起音に際し最も重要な構音構成要素は、^{2), 30)} 鼻咽腔閉鎖と舌狭窄形成と一般に考えられている。故に、鼻咽腔閉鎖と舌狭窄形成との相互関係を起音との関係のもとに詳細な分

析と試み、対照群、良好群ならびに不良群の構音と比較検討した。

1. 鼻咽腔肉鎖と舌狭窄の協調性

図11は対照群、良好群ならびに不良群のそれぞれの鼻咽腔肉鎖と舌狭窄形成との対応時点の散布様相を示したものであり、各音についての相関関係は表5に示した。

図 11

対照群では、 $/e/$ が $r = 0.90$ で1%、 $/o/$ 、 $/u/$ がそれぞれ $r = 0.63$ 、 0.60 、 0.50 で5%の有意水準でもって相関関係を示した。 $/a/$ は相関係数は小さかったが、散布様相より両者の運動がほとんど定まった時点に起こっており、分散が小さく、極めて強い定時性を示すものと判定した。良好群では、対照群に比較して分散は大きいが、 $/u/$ を除いて $/e/$ 、 $/o/$ 、 $/i/$ はそれぞれ $r = 0.90$ 、 0.78 、 0.72 と1%の、 $/a/$ は $r = 0.54$ で5%の有意水準でもって相関関係を示した。一方、不良群では極めて大きな分散を示し、相関性も $/e/$ 、 $/a/$ がそ

れぞれ $r = 0.86, 0.72$ と 1% 有意水準での相関関係を示す一方、 r_{uv} では強い逆の相関関係も認められた。すなわち母音全体として、軟口蓋運動と舌運動との間に大きな協調性の欠如が示唆された。図12は、群間の比較を容易にするために分析された一群75母音すべ

図 12

この散布図である。対照群 $r = 0.67$ 、良好群 $r = 0.54$ で共に有意の相関関係を示したが、不良群は $r = 0.29$ と極めて低かった。その散布状態のみからでも、対照群の強い定時性や相関性と、良好群の相関性、ならびに不良群の協調性が著しく低下していることが判明した。

2. 鼻咽腔閉鎖時点および舌狭窄形成時点と起音時点との関係

鼻咽腔閉鎖ならびに舌狭窄が起音後に起こる頻度が対照群にもあり、良好群、不良群と増加する傾向が認められたため、この点に詳細な検討を加えた。表7は、鼻咽腔閉鎖が

行なわれ、以前に起音される頻度を示す。

表 7

対照群では、/i/, /u/を除いて母音全体では75音中、18音の頻度で起音した。良好群では75音中、24音と増加した。不良群では鼻咽腔閉鎖が認められないうで軟口蓋が咽頭後壁に最も近接した時点でもって計測したが、75音中、38音のうち約半数が鼻咽腔閉鎖前に起音した。一方、表8は舌狭窄形成が行なわれ、以前に起音される頻度を示す。対照

表 8

群では75音中、49音の頻度で起音し、良好群では75音中30音、不良群では75音中、64音の頻度で舌狭窄形成前に起音した。すなわち不良群では、舌の最大狭窄を示す以前に起音される頻度が極めて高いことがわかった。

以上の結果から、母音では鼻咽腔閉鎖が必ずしも起音の要因ではないことが確認された。

3. 鼻咽腔閉鎖時点と舌狭窄形成時点との関係

良好群、不良群では、鼻咽腔閉鎖が行なわれるまでに起音される頻度が順次高くなっていくことが認められたので、さらに両時点の時間的関係を検討した。表9に、鼻咽腔閉鎖が舌狭窄形成に先行する頻度を示した。

表 9

対照群では75音中71音としめ、ほとんどが鼻咽腔閉鎖が舌狭窄形成より早期に認められた。しかし、良好群では75音中49音、不良群では75音中52音と鼻咽腔閉鎖が舌狭窄形成に先行する頻度の減少が認められた。

さらに、発語運動開始時における軟口蓋と舌の運動の時間的関係を検討した。表10に、軟口蓋運動の開始が、舌運動の開始より先

表 10

行する頻度を示した。対照群では75音中57音であつたのに対し、良好群では45音、不良群では12音と減少し、軟口蓋運動開始が舌運

動開始に遅れる頻度が高まることが判明した。

以上の結果より、口蓋裂術後患者の中で、発語の良好群、不良群では、軟口蓋運動が舌運動に遅れを生じ、軟口蓋運動不全が明らかに存在することが判明した。また、母音では鼻咽腔閉鎖が必ずしも起音の要因ではないが、鼻咽腔閉鎖と舌狭窄とは強い協調性を示していることが判明した。口蓋裂術後患者の良好群、不良群では、軟口蓋運動の失調が多く認められ、それに起因して構音運動の協調性の低下が認められた。しかし、良好群、不良群ともに母音の発語が十分に行なわれていたことから、母音の構音には大きな許容性が存在していることが確認された。

VI. 力行音起音構音に関する分析結果

破裂音である力行音の起音で最も重要な構音構成要素は、鼻咽腔閉鎖と舌口蓋閉鎖であると考えられている³⁾。故に、両現象の相互

関係も起音との関係のもとに詳細な分析を試み、対照群、良好群の構音と比較検討した。

不良群は力行音発語がすべて不能であるため比較の対象から除外した。

1. 鼻咽腔肉鎖と舌口蓋肉鎖の協調性

図13は対照群と良好群それぞれの鼻咽腔肉鎖と舌口蓋肉鎖の対応時点の散布様相を示す。

対照群では /ko/, /ki/ がそれぞれ $r = 0.91$ 、

図 13

0.86 と 1% の /ke/, /ka/, /ku/ がそれぞれ $r = 0.78$ 、

1.64, 0.60 と 5% の有意水準でもって相関関係を示した。

一方、良好群でも /ko/, /ki/, /ku/

がそれぞれ $r = 0.86$ で、 /ka/, /ke/ がそれぞれ

$r = 0.79$ 、0.74 ですべて 1% の有意水準で相

関関係を示した。また分散も両群ほぼ同様

で、各音につき両群とも軟口蓋と舌との間に

極めて強い協調性のあることが判明した。

つぎにこれらの散布図により、力行全150音

発語のすべてにおいて鼻咽腔肉鎖と舌口蓋肉

鎖が起音前に認められた。つぎに示される

所見は、良好群において、鼻咽腔閉鎖時点が始音時点に極めて接近していること、すなわち鼻咽腔閉鎖が起こるや否や起音されたと思われる構音が各音に認められることである。

図14はカ行音のすべてを群別にまとめたものであるが、以上の傾向、すなわち軟口蓋と

図 14

舌との協調性を明瞭に観察することができ

2. 鼻咽腔閉鎖時点と舌構音運動諸時点と起音時点との関係

良好群において鼻咽腔閉鎖時点が始音時点に極めて接近している場合が認められたので、この問題点についてさらに検討を加えた。

図15は、鼻咽腔閉鎖時点、舌口蓋閉鎖、舌口蓋最大閉鎖、舌口蓋閉鎖開放の諸時点に対し、どのような相互関係をもっているかを

図 15

示したものである。対照群の75音発語については鼻咽腔閉鎖が舌口蓋閉鎖に先行する頻

度は14音を示したが、多くは舌口蓋閉鎖と舌口蓋最大閉鎖の間、すなわち舌口蓋閉鎖期間の前半に起こった。ついで、舌口蓋最大閉鎖と舌口蓋閉鎖開放との間、すなわち舌口蓋閉鎖期間の後半に6音認めたが、舌口蓋閉鎖開放後に鼻咽腔が閉鎖する場合は全く認められなかった。一方良好群では、鼻咽腔閉鎖が対照群に比較して舌口蓋閉鎖の諸時点より著明に遅れて起った。すなわち、舌口蓋閉鎖期間の前半に鼻咽腔の閉鎖する頻度が減少し、対照群では認められなかった舌口蓋閉鎖開放後に16音も見出された。しかし、起音後に鼻咽腔閉鎖が起こる頻度は皆無であった。

つぎにこのような鼻咽腔閉鎖の遅れをさらに追究するため、軟口蓋および舌の運動開始時点についても検討した。表11に軟口蓋運動開始が舌運動開始に先行する頻度を示した。

表 11

対照群では、75音中66音で軟口蓋運動開始

始が舌運動開始より先行したが、良好群では、軟口蓋運動開始の先行するものは35音にすぎず、約半数に減少した。

以上の分析結果より、力行音では本研究対象150音の全発語例において、すべて鼻咽腔閉鎖と舌口蓋閉鎖を行なった後に起音されることが認められた。

口蓋裂術後患者について、良好群では、軟口蓋運動の失調やなわち運動の遅れを示す例が多く認められ、対照群に比較して変則な構音様相を示したが、舌構音運動との強い協調性を示して明瞭な発語が行なわれていることが判明した。一方、力行音発語不能者の75音は、すべて後続母音の発語しかできず、すべて鼻咽腔閉鎖は認められず、また舌口蓋閉鎖を示した例も極めて僅かにすぎなかった。

以上の諸点より、力行音の構音には、母音のように大きな融通性が存在せず、極めて厳密な構音構成が要求されていることが示唆された。

總括ならびに考察

・ X線映画撮影、ならびに同期法、微小時間測定法の検討

— X線映画法によつて構音運動を研究する場合、構音運動の單なる觀察より始まり、動きの性質を明らかにするための定性分析、動きの程度を数的に表現する定量分析、他の現象、特に音声との時間的關係をもつて運動機能を検討する時間的分析などの方法が考えられる。前二者はすでに臨床的にもかなり応用され、数多くの研究が報告されているが^{(16) (21) (22)}

後二者は像の解析や、データ処理に困難な問題がありこの面での研究は少ない。特にX線映画像と音声記録との同期および時間計測は技術的に困難であるため、この種の報告は僅少である。⁽²²⁾ Moll は Auricon 映画撮影機による直接同期を得、⁽⁹⁾ Lubker は発語時呼気流量測

定の同期にパルス発生器を用い、Björk²⁶⁾は映画撮影機からのパルスを用いて同期を得ている。
 。 本邦では、梅野²⁸⁾が金属棒の叩打による方法でソナグラムと同期を得たと述べている。

しかし一般の映画撮影機は、撮影開始時の加速度や、電圧変動による速度変化をうけやすく、Björk も指摘述べているように必ずしも一定したフィルム速度を保っているとは限らない。

。 従って、撮影コマ数のみで時間をうんぬんすることは極めて正確さを欠く危険がある。

。 故に、本研究ではこの問題を解決するため、各コマ毎にパルスを出し、フィルムと音声側に同時に送ることによって、各画像が音声波形のどの時点に位置するかを明確にした。

。 これに加え水晶発振器より毎秒10サイクルの時間パルスを出し、これをフィルムへ送ることにより、たとえフィルム速度に変動があっても、シャッターパルスとの位置関係から該当コマのシャッター開放時点と正確に計算できた。 また画像と音声波形との関係を

より正確にとらえるために、高速度写真オプシログラフを採用した。シャッターパルスは撮影機のシャッターが開くと同時に発生させる。Arriflex 16 撮影機のシャッター開角度は 180° であるので、映画フィルム 1 コマに撮られている像はシャッターパルス間の前半分の時間露出によるものである。従って、画像と音声波形との時間的解析による誤差は ± 0.5 コマ、すなわち 1 コマ分の最大時間誤差（正確に 64 コマ/秒であれば 15.6 msec）をもつことになる。

つぎに X 線映画像を解析する場合、その解像力は重要な問題である^{(18) (22) (34)}。本研究に用いたイメージ増倍管の二次蛍光面の解像力は、並列細線法で中心部では 0.35 mm、中心部より $\frac{1}{2}$ 半径点では 0.50 mm を示し、フィルム上ではそれぞれ 0.50 mm、0.75 mm を示した。

フィルム解析器に投影した場合も、これと同様の値を示し、鼻咽腔閉鎖、舌口蓋閉鎖などの重要な時点は的確に把握できた。

対象語音について

本研究において対象とした語音は、母音とカ行音である。母音は、あらゆる語音の中で最も基本となるものである。一方、カ行音は鼻咽腔閉鎖のみならず舌による口蓋閉鎖を必要とし、声内を通った呼気流が舌によってさえぎられ、口腔内圧の高まった後衝撃的に発生する噪音である²⁵⁾。従ってこの音は、舌の運動様相あるいは舌口蓋閉鎖について解析したり、さらに軟口蓋との相互関係を検討するには適切な語音である。とくに口蓋裂患者にとって、手術の有無にかかわらず、構音障害の最も多くみられる音の1つでもある^{27, 31), 36) - 39)}。特に構音点⁴⁰⁾が口蓋部にあるため、手術によって器質的欠損を修復したとしても、その発音回復の遅いことも临床上かなり経験されたことである。故に著者は、このカ行音を母音とともに本研究の対象語音として取上げ、従来子音についてはア列しか検討

されていなかった点も考慮し、X線映画法の利点を生かして力行音全語音について検討を加えた。

測定時点の設定

X線映画像を定量的に測定する場合、種々な計測線、点を用いることは規格撮影法を正確に行なわない限り極めて不定な値を示す。

また従来行なわれているような16mmあるいは35mm映画フィルムでのX線映画像上の距離の実測は困難であり、その信頼性は極めて乏しい。

この点を考慮して、著者は、軟口蓋、舌の運動の極点、すなわち運動の開始、終了、他の器管との接触、ならびに最大挙上、最大近接などの静と動の変曲点に着目し、フィルム解析器でもって容易にとらえることができ、かつ構音運動として有意義と考えられる運動時点を設定した。

軟口蓋の運動様相の把握のために従来種々

(13)-(15), 22)-25)

な計測法が行なわれてきているが、著者は、軟口蓋運動開始、鼻咽腔閉鎖、軟口蓋最大挙上時点などを測定点として選んだ。

舌については、その運動に伴う形態的变化が極めて特異であるため的確な測定点が求め難い。⁽²¹⁾従来断層写真、頭部規格X線写真などで構音に伴う舌位置についての報告はあるが⁽⁴¹⁾⁻⁽⁴⁵⁾、母音については発語中で起音時点の様相ではない。子音については発語しようとする状態のものであり、自然の状態よりかなり溢脱したものである。

²²⁾Moll, ²³⁾Powers はX線映画像で咽頭後壁と舌根間、上顎齒槽骨と舌間、ならびに舌と口蓋間の距離の測定を試みていたが、小型映画フィルムでの測定結果は厳密な信頼性の検討を必要とする。

³⁰⁾Stevens らによれば、母音を決定づけるパラメーターは舌による声道の狭窄の位置、程度ならびに口唇部における広さであるとしている。⁴⁶⁾日本語母音での舌狭窄位置は、広戸に

より報告されている。すなわち語音により定まった位置を占めるものであるので、著者は正確に測定できる舌狭窄の最大となる時点と母音の舌狭窄形成時点として設定した。

力行音の舌口蓋閉鎖位置については、懸田⁴⁾がパラトグラムより /ki/, /ke/, /ku/, /ka/, /ko/ の順に口蓋前方より後方に位置するとし、服部⁴⁾も同意している。本研究での観察結果からは /ka/ は /ko/ のや、後方に位置することが判明し、これらの位置での舌口蓋閉鎖運動の諸時点と子音部発語に關しての舌構音測定時点とした。後続母音の舌狭窄形成時点は母音と同様である。力行音起音時点での舌狭窄位置は明確に後方より /ka/, /ko/, /ku/, /ke/, /ki/ の順に並ぶことがX線映画像と起音時点の同期で明確に観察された。また力行音の舌口蓋閉鎖位置は後続母音と同じ音宙の前後⁴⁾的順位を示すことは、懸田⁴⁾、今堀⁴⁾と同様後続母音の影響であると考えらる。

構音運動の時間的解析法の検討

×線映画法によって構音運動と音声との時間的関係²⁶⁾を求めた研究には、Björk, Nylén,²⁷⁾ 梅野²⁸⁾、広戸²⁹⁾らなどがあるが、前述したように時間測定法に難を示すものがあり、真の時間的解析を行なったとはいえない。しかし彼等の研究によれば、語音発声時の軟口蓋運動には個人差が強く、舌根部運動も同様、各人に共通の時間的規則性を見出し難いと報告している。

本研究においても、前述の同期法と正確な時間測定法を用いて軟口蓋ならびに舌の運動諸時点と起音時点を基準として測定したが、正常構音として扱った対照群の同一被検者の同一音についてさえも、大きい分散を示した。従って従来行なわれているような平均値で比較しても、有意差を示すものは僅かにすぎず、また群間にも差は見出せなかった。

構音運動の解析が単に鼻咽腔閉鎖か舌運動のみではこと足らず、両者の相互運動の時間

的推移を追求しなければならないものであり、
 限り、平均値での解析は各運動時点の分散が
 生理的に大きいためにまず不可能と考えられ
 る。 故に、新たに各発語に際しての軟口蓋
 、舌の運動時点を個々に対応させ、構音構成
 の1単位として扱い、ついで対応点群の散布
 を検討する処理法を新たに考案したが、本法
 により明確に両運動の相互関係を解析するこ
 とができた。 ただ相互関係が弱い場合にも
 、散布が小さく限局されていれば、強い定時
 性を示すことなどに綿密な配慮を必要とした。

軟口蓋運動と舌運動との時間的相互関 係

軟口蓋運動と舌運動の協調性については、
 口蓋裂患者における構音運動の重要な問題と
 して指摘されてきた。¹²⁾ すなわち日比野は舌
 の位置が正常人に比し、著明の差のあること
 を述べ、堀口³¹⁾は力行者発語不能者に舌協調機

能不全を指摘し、中田³⁹⁾は口蓋裂患者の構音障害の発生は、協調運動の適応性²⁰⁾いかにかゝって²⁰⁾いると述べている。また、筒井はX線映画による連続観察で、口蓋裂術後発音異常者は、軟口蓋運動機能不全の他に、舌運動不全があるとし、両者の協調機能不全が発音異常の大きな要素であると報告している。しかし両者の関係を的確に表現し、これを解明しようとした研究は皆無である。

本研究は、特に軟口蓋と舌の協調運動の時間的解析を目的としたものであるが、相関関係の強いこと、定時性のあること、さらに同時性のあることなどの要素を協調性の指標とした。対照群においては、全音、全経過にわたってこの要素が認められ、強い協調性を示した。良好群においては、対照群と同様、相関関係の強いことが判明したが、対応点群の分散は対照群より大きい。このことは運動個々の分散すなわち軟口蓋および舌のそれぞれの運動時点の偏差が大きく、いわゆる

定時性が失われているためと考えられる。
 事実、軟口蓋運動の失調が認められたことから容易に推察できる。それにもかかわらず、強い協調性を示したことは、一方の構音器官すなわち軟口蓋の運動に時間的遅れ、または尚早があっても、この時間的ずれに他方の構音器官すなわち舌が調和することによって発語の要因を構成しているものと考えられる。
 良好群の多くは、口蓋形成術後、鼻咽腔を閉鎖し得る形態的修復と運動機能も獲得し、また舌狭窄機能も獲得したものであるが、若干の運動障害が残存していても、カ行音にみられるように対照群の構音と同様のパターンで発語している場合が多いことがわかった。
 ただ問題となるのは、カ行音を発語しているにもかかわらず異常なパターンを示す例、すなわち鼻咽腔閉鎖が舌口蓋閉鎖開放の後に起こり、起音時点に極めて接近している場合である。この詳細については、その現象が極めて短時間内に行なわれているため、

本研究でのフィルム速度では明確に解明することができなかったが、少なくともカ行音発語エネルギー獲得のための構音様相と考えられる。不良群では、運動開始の対応時点、運動終了の対応時点などに相関関係が認められたが、鼻咽腔閉鎖時点と舌狭窄形成時点との対応に協調性が欠除していた。このことは両者の運動時点の分散が極めて大きく、定時性が全く欠除しているために、軟口蓋および舌の運動に協調の均衡が保たれず、構音の混乱をきたしたものと考えられる。このような協調性の欠除は、軟口蓋運動不全が舌運動に影響を及ぼしているためか、あるいはすでに手術前に獲得された舌運動における悪習慣によるものかは不明である。この点の解明や発語の要因としての協調性をさらに詳細に検討し、この双方の因子を個々にとりあげ追究することが今後の研究に残された課題といえよう。

結 論

X線映画法により、構音における軟口蓋運動と舌運動との相互関係ならびに正常者と口蓋裂術後患者の構音様相を解明することとを試みた。そのためにX線映画像と音声記録との完全な同期法と微小時間測定法を立案して、母音と力行音発語に伴う構音運動を解析した結果、下記の結論を得た。

1. X線映画像の定性的観察により、鼻咽腔閉鎖に伴う軟口蓋運動と舌狭窄形成に伴う舌運動、特に力行音の子音部より後続母音に至る舌の構音様相の詳細な知見を得た。また、力行音子音部発語の舌狭窄域が口蓋の後方より /ka/, /ko/, /ku/, /ke/, /ki/ の順に位置することを確認した。

2. 発語に伴う軟口蓋と舌の相互運動は、両者の運動経過中特定の運動諸時点を設定し、個々の発語において対応させ、それぞれの

対応時点群の散布様相と相関関係を追求することにより音声生理学的に有意義な解析ができた。

3. 発語に伴う軟口蓋と舌の相互運動は、対照群では運動開始より終了に至るまで、強い相関関係や定時性を示す協調性が認められ、一方口蓋裂術後患者群では発語の良否に従って協調性の混乱が認められた。

4. 母音では、対照群においても鼻咽腔肉鎖が起音後に起こることがあり、また起音と舌狭窄形成との時間的関係も弱いことがわかった。しかも鼻咽腔肉鎖の認められなかった発語不良群でも母音は発語されており、これらより母音の起音に対する構音にゆ広い許容性のあることが示唆された。

5. 力行音では、対照群、良好群とも発語された語音については鼻咽腔肉鎖と舌口蓋肉鎖はすべて起音前に終了し、舌口蓋肉鎖開放の約36 msec後、音により定まった舌狭窄域を形成して、起音されたことがわかった。力

行音發語不能な不良群では、すべてに鼻咽腔閉鎖は認められず、また舌構音運動の著しい混乱が認められた。

これらより、カ行音の起音に対する構音に強い厳密性のあることが示唆された。

6. 口蓋裂術後患者である良好群、不良群では軟口蓋の運動不全を示す例が多く認められた。母音ではその大きな許容性をもった構音によりすべて發語されていた。一方カ行音では、發語可能な良好群は、舌運動の協調により發語の要因を得ていたが、發語不能な不良群では、強度な軟口蓋運動の失調とそれに伴う舌運動の著しい混乱の結果、両者の協調運動が営まれず、發語の要因が得られていないことがわかった。

稿を終るに臨み、本研究を命ぜられ、かつ御指導、御鞭撻を賜った口腔外科学第一教室永井巖教授に深甚なる謝意を表すると共に、

あわせて御懇篤な御助言を賜った口腔外科学
 第一教室川勝賢作教授ならびに口腔生理学教
 室河村洋二郎教授に衷心より謝意を表します
 。また、本研究達成のため、不断の御教示
 、御援助を賜った歯科放射線科藤木芳成講師
 に满腔の謝意を表します。さらに研究に際
 し種々御援助下さった歯科放射線科安本元康
 、池岡憲之助学士、清川誠技官他各位、なら
 びに口腔外科学第一教室の諸兄に深く感謝し
 ます。

文 献

- 1) Wardill, W.E.M. and Whillis, J. (1936): Movements of the soft palate. Surg., Gynecol. and Obstet. 62, 836-839.
- 2) 鈴木篤郎 (1948): 発声時軟口蓋運動, 特に鼻咽腔肉鎖の観察. 耳鼻咽 20, 122-124, 昭和 23.
- 3) Bloomer, H. (1953): Observations on palatopharyngeal movements in speech and deglutition. J. Speech Hearing Dis. 18, 230-246.
- 4) 懸田克躬 (1937): 日本語の構音に關する考察. 第一 日本語音の口蓋図迹及び舌圖に就て. 口病誌 11, 136-145. 昭和 12.
- 5) MacNeilage, P.F. and Sholes, G.N. (1964): An electromyographic study of the tongue during vowel production. J. Speech Hearing Res. 7, 209-232.
- 6) 岩下朋弘 (1965): 語音発声機構に關する筋電図学的研究. 耳鼻臨床 58, 712-734, 昭和 40.

- 7) 宮崎 正 (1959): 口蓋裂患者の異常音声に
関する研究、阪大歯学誌 4, 21-58, 昭和34.
- 8) 高崎 昭 (1964): 口蓋裂異常音声の語音発
語明瞭度検査ならびに口蓋裂の手術時期
に関する研究、阪大歯学誌 9, 79-104, 昭和39.
- 9) Iubker, J.F. and Moll, K.L. (1965): Simultaneous
oral-nasal air flow measurements and cinefluorographic
observations during speech production.
Cleft Palate J. 2, 257-272.
- 10) 今井 章 (1959): Sonagraph による異常音声の
研究、阪大歯学誌 4, 559-600, 昭和34.
- 11) 平野 実 (1963): 口蓋裂音声の音声学的研究、
耳鼻臨床 56, 22-66, 昭和38
- 12) 日比野勉 (1956): 日本語構音に関する「V」
線的研究、阪大歯学誌 1, 189-243, 昭和31.
- 13) Hagerty, R.F., Hill, M.J., Pettit, H.S., and Kane, J.J.
(1958): Soft palate movement in normals. J. Speech
Hearing Res. 1, 325-330.
- 14) Graber, T.M., (Bzoch, K.R., and Aoba, T. (1959): A
functional study of the palatal and pharyngeal

- structures. Angle Orthodont. 29, 30-40.
- 15) Hagerty, R.F. and Hill, M.J. (1960): Pharyngeal wall and palatal movement in postoperative cleft palates and normal palates. J. Speech Hearing Res. 3, 59-66.
- 16) Cooper, H.K. (1956): Cinefluorography with image intensification as an aid in treatment planning for some cleft lip and/ or cleft palate cases. Amer. J. Orthodont. 42, 815-826.
- 17) Kirkpatrick, J.A. and Olmsted, R.W. (1959): Cinefluorographic study of pharyngeal function related to speech. Radiol. 73, 557-559.
- 18) 河村文夫 (1961): X線映画法の研究. 日医放会誌 21, 300-328, 昭和36.
- 19) Ashley, F.L., Sloan, R.F., Hahn, E., Hanafee, W., and Miethke, J. (1961): Cinefluorographic study of palatal incompetency cases during deglutition and phonation. Plast. Reconst. Surg., 28, 347-365.
- 20) 筒井英夫, 川田雄祥, 津田茂生, 森本泰自, 兵頭春夫 (1963): X線映画法による

口蓋裂術後患者の発音運動の観察、日歯

放会誌 4, 1-11, 昭和38.

- 21) Sloan, R.F., Brummett, S.W., Westover, J.L.,
Ricketts, R.M. and Ashley, F.L. (1964): Recent
cinefluorographic advances in palatopharyngeal
roentgenography. Amer. J. Roentgenol. 92, 977-
985.
- 22) Moll, K.L. (1960): Cinefluorographic techniques
in speech research. J. Speech Hearing Res. 3,
227-241.
- 23) Powers, G.R. (1962): Cinefluorographic investi-
gation of articulatory movements of selected in-
dividuals with cleft palates. J. Speech Hearing
Res. 5, 59-69.
- 24) Warren, D.W. and Hofmann, F.A. (1961): A cine-
radiographic study of velopharyngeal closure,
Plast. Reconstr. Surg. 28, 656-669.
- 25) Mazaheri, M., Millard, R.T. and Erickson, D.M.
(1964): Cineradiographic comparison of normal to
noncleft subjects with velopharyngeal inadequacy.

Cleft Palate J. 1, 199-209.

26) Björk, L. (1961): Velopharyngeal function in connected speech. Acta Radiol. Suppl. 202.

27) Nylén, B.O. (1961): Cleft palate and speech. Acta Radiol. Suppl. 203.

28) 梅野正義(1962): 高圧レ線映画による语音発声時の軟口蓋並びに舌根部運動に関する研究. 耳鼻臨床 55, 305-340. 昭和37.

29) 広戸幾一郎, 平野 実, 梅野正義(1963): 高圧レ線映画による口蓋裂の構音異常に関する研究. 耳鼻臨床 56, 516-530, 昭和38.

30) Stevens, K.N. and House, A.S. (1955): Development of a quantitative description of vowel articulation. J. Acoust. Soc. Amer. 27, 484-493.

31) 堀口申作(1967): 口蓋機能不全症の臨床. 音声言語医学 8, 4-8, 昭和42.

32) 藤木芳成(1963): X線映画とその臨床応用. 日歯放会誌 4, 51-53, 昭和39.

33) 田坂 皓, 竹中栄一(1961): X線映画の解像力に関する研究. 日医放会誌 21, 693-

706, 昭和36.

34) Ramsey, G.H.S., Watson, J.S., Tristan, T.A. and

Weinberg, S. (1960): Cinefluorography, ed. 1,

Charles C. Thomas, Ill., 1-266.

35) 河村洋二郎(1957): 新編口腔生理学 下巻.

1版, 永末書店, 京都, 445-475, 昭和32.

36) 永井 巖, 宮崎 正, 今井 章, 北村音

亮(1957): 異常音声聴取マトリックスに就

いて, 阪大歯学誌 2, 106-122, 昭和32.

37) 永井 巖(1965): 兎唇及び口蓋裂の形成手

術の実際, 外科治療 13, 660-686, 昭和40.

38) 永井 巖, 宮崎 正(1959): 口蓋裂形成術と

発音回復, 阪大歯学誌 4, 1021-1028, 昭和34.

39) 中田幸代(1959): 口蓋裂患者の言語障害と

言語治療に関する研究, 口病誌 26, 222-245,

昭和34.

40) 宮崎 正, 浜健太郎, 小沢 豊, 三木一

布, 待田順治, 辻 忠良(1960): 口蓋裂患

者の術後の鼻腔漏出気量と異常音声聴取

マトリックスに就いて, 阪大歯学誌 5.

381-389, 昭和35.

- 41) Garner, L.D. (1961): Tongue posture in normal occlusions. J. Dent. Res. 41, 771-777.

- 42) 石川富士郎(1958): 高圧X線撮影法(蓄電器放電式)による舌の位置に関する研究(正常咬合群における下顎安静位時の舌について) 日矯誌 17, 3-20. 昭和33.

- 43) Wildman, A.J. (1961): Analysis of tongue, soft palate, and pharyngeal wall movement. Amer. J. Orthodont. 47, 439-461.

- 44) 高北義彦(1964): 頭部X線規格写真による発声機構の研究. 歯科学報 64, 1-28, 昭和39.

- 45) 成毛二郎(1967): 頭部X線規格写真による術後口蓋裂患者の言語障害に関する研究. 歯科学報 67, 180-221, 昭和42.

- 46) 広戸幾一郎, 平野 実, 宮城 平, 吉田 義一, 中島 亨(1964): 電氣的構音器官模(型 electrical vocal tract analog について) 耳鼻臨床 57, 395-403, 昭和39.

47) 服部四郎(1963): 音声学 13版. 岩波書店.

東京. 83-130. 昭和38.

48) 今堀克己(1949): 音響分析. 1版. 小山書店.

東京. 124-165. 昭和24.

表題脚注

1) 大阪大学歯学部口腔外科学第一教室
(主任 永井巖教授)

2) 本論文の要旨は、第25回日本医学放射線学会(1966年4月、鹿児島)および第8回日本歯科放射線学会(1967年10月、東京)において発表された。

3) 本研究の費用の一部は、大阪大学歯学部補綴学第二教室河合左治郎教授に対する文部省科学試験研究費(昭和39年度、No.74017、昭和40年度、No.74019)によった。

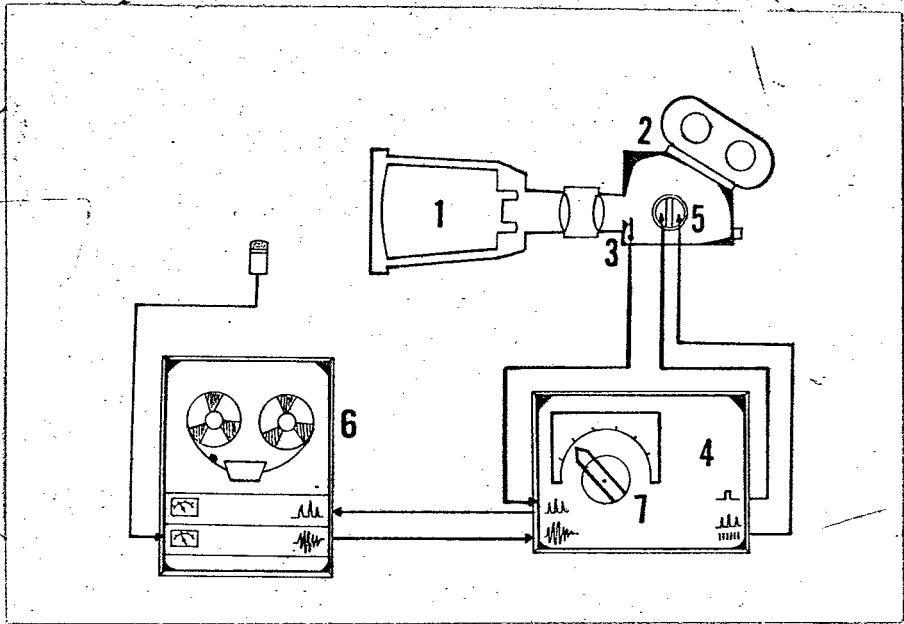


図1 X線映画同期装置のブロックダイアグラム

- | | |
|----------------|--------------|
| (1) イメージ増培管 | (2) シネカメラ |
| (3) シャッタースイッチ | (4) 水晶発振器 |
| (5) ネオンマーキング装置 | (6) テープレコーダー |
| (7) ハルウス増中装置 | |

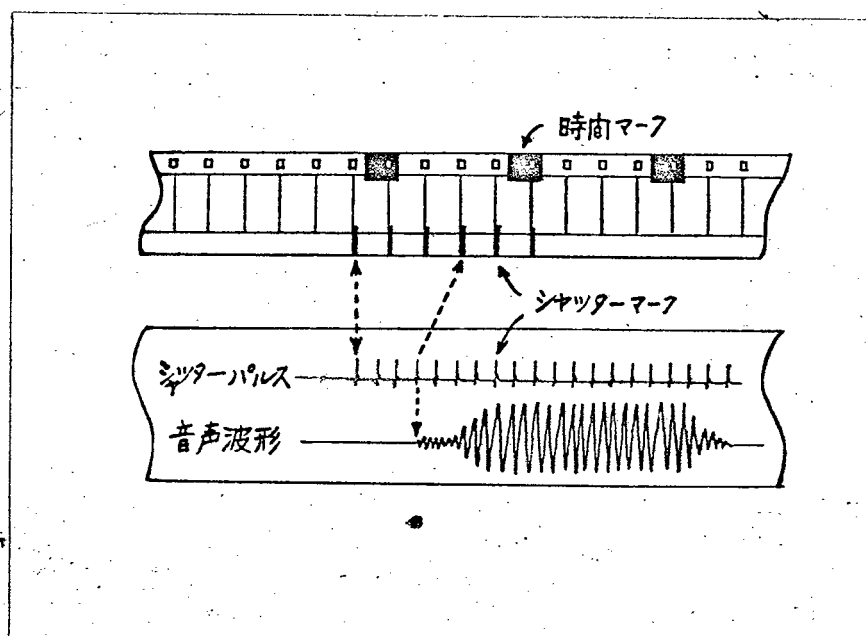


図2 X線映画像と音声波形との同期

シネフィルム上の シャッターマーフと オツシログラフ
ペーパー上のそれとを 起始点より数えて対応させ
ると、同期が得られる。

上段：シネフィルム、

下段：オツシログラフペーパー

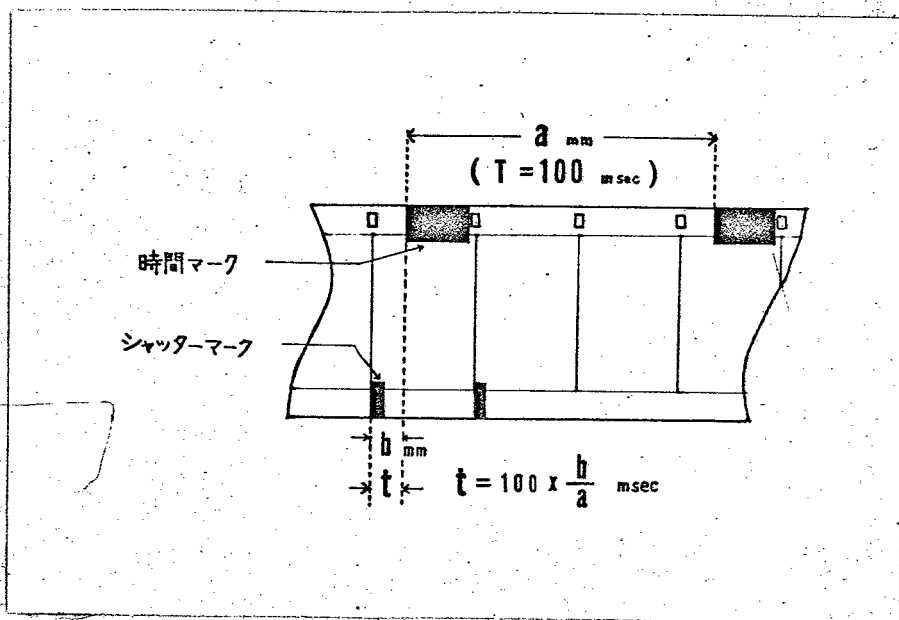


図3 X線映画像の時間測定

時間マークとシャッターマークとの位置的関係から、その画像の時刻が決定される。

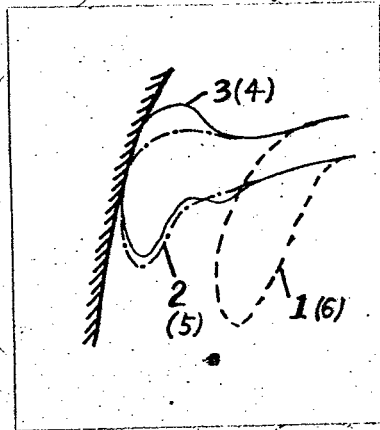


図4 軟口蓋運動と時点の設定

1. 運動開始時点（安静位）
2. 鼻咽腔閉鎖時点
3. 軟口蓋最大挙上時点
4. 軟口蓋挙上解除時点
5. 鼻咽腔閉鎖開放時点
6. 運動終了時点（安静位）

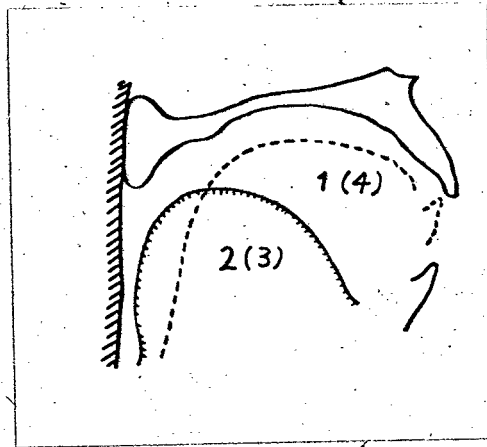


図5 母音における舌運動と時々の設定

1. 運動開始時々 (安静位)
2. 舌狭窄形成時々
3. 舌狭窄形成解除時々
4. 運動終了時々 (安静位)

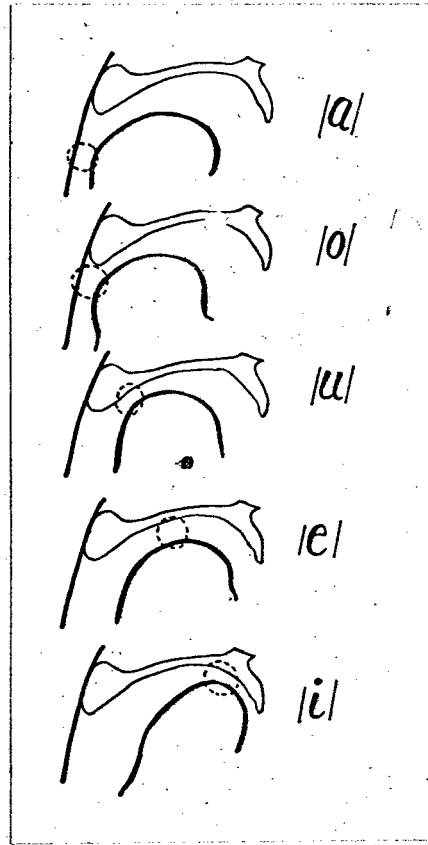


図 6 母音における舌狭窄部 (○印)
 X線映画像よりトレースしたもの。
 舌による声道の狭窄部は、口腔の
 後方より /a/、/o/、/u/、/e/、/i/ の順に
 前方へ位置する。

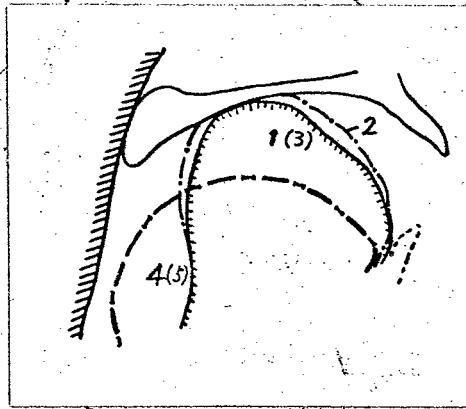


図7 力行音における舌運動と時点の設定

運動開始時点(安静位)

1. 舌口蓋閉鎖時点
2. 舌口蓋最大閉鎖時点
3. 舌口蓋閉鎖開放時点
4. 後続母音舌狭窄形成時点
5. 後続母音舌狭窄形成解除時点

運動終了時点(安静位)

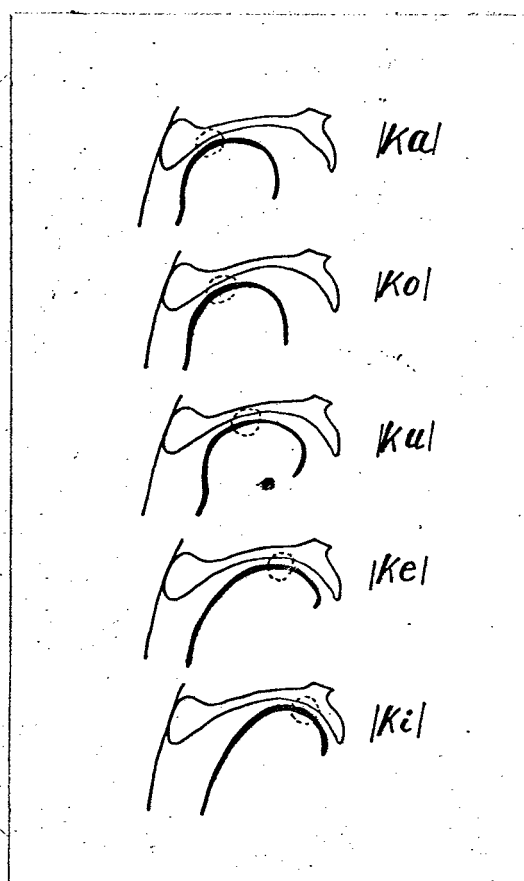


図8 カ行音における先行子音舌狭窄部(○印)

起音時における X線映画像よりトレスしたもの。声道の狭窄部は音によって異なり、口腔の後方より /ka/ /ko/ /ku/ /ke/ /ki/ の順に前方へ位置する。

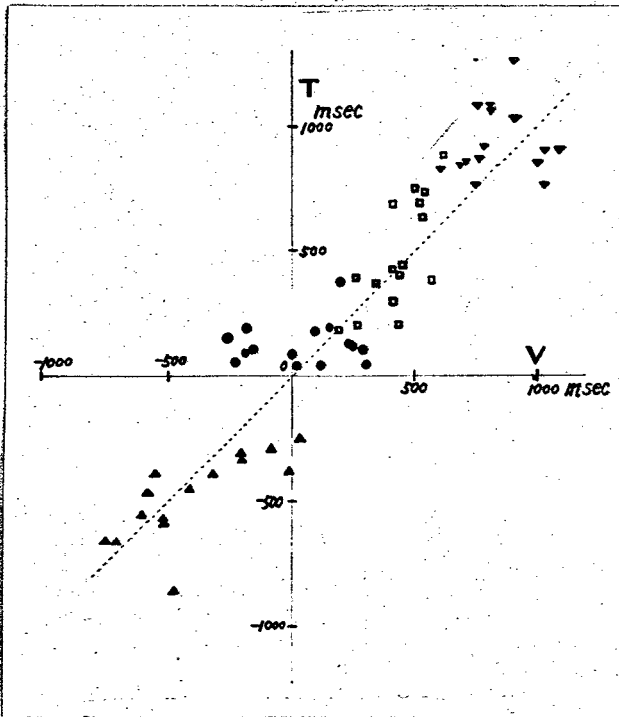
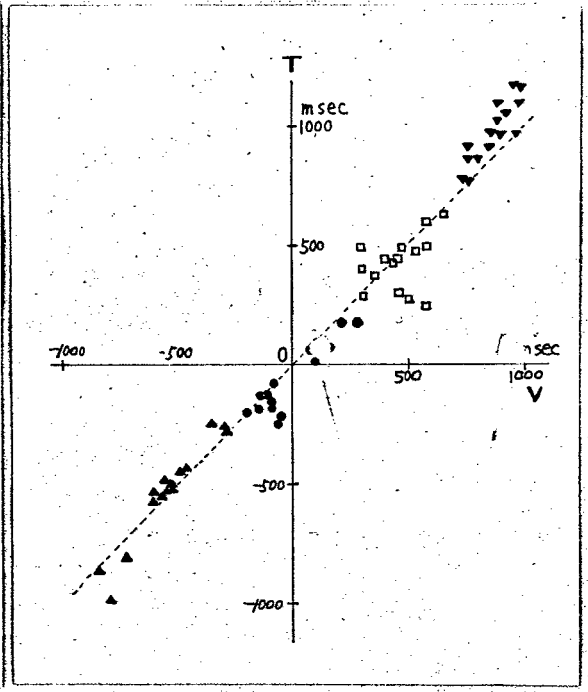
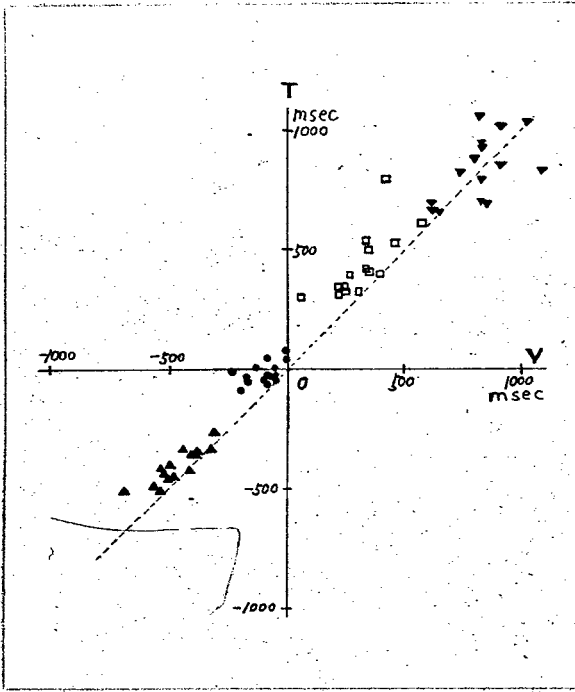


図 9

軟口蓋運動と舌運動との
時間的相関関係(母音 /i/)

上段左図: 対照群
上段右図: 良好群
下段左図: 不良群

対応時刻

[軟口蓋]		[舌]
▲ 運動開始	——	運動開始
● 鼻咽腔閉鎖	——	舌狭窄解除
□ 軟口蓋挙上解除	——	舌狭窄解除
▼ 運動終了	——	運動終了

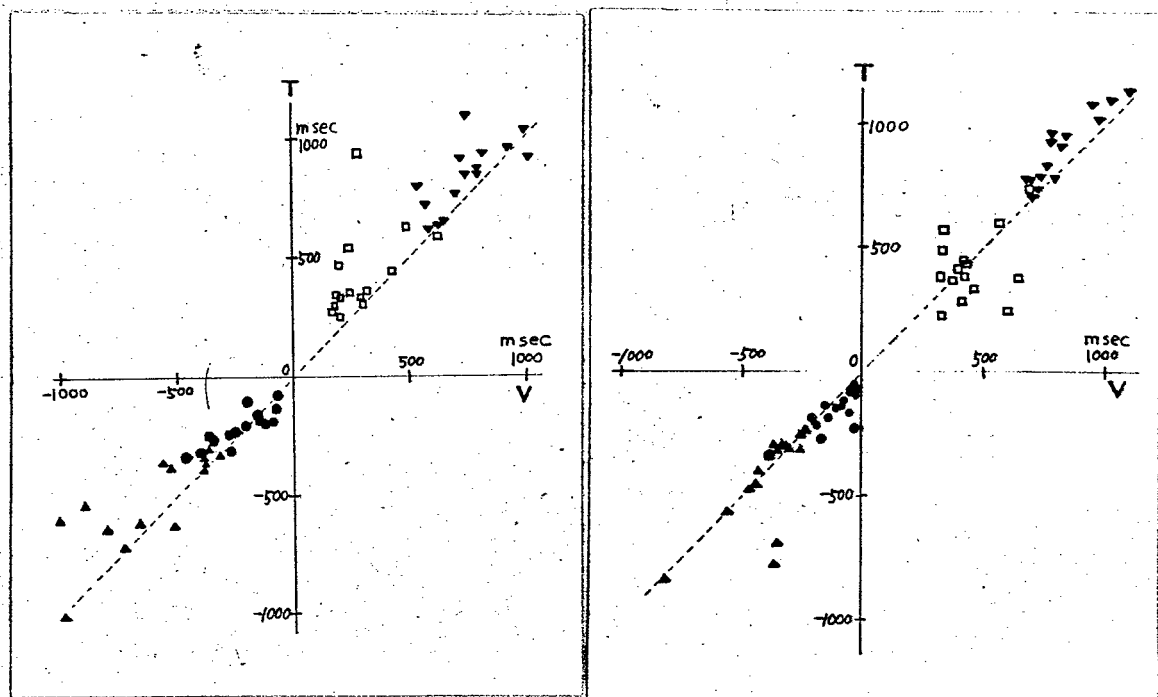


図10 軟口蓋運動と舌運動との時間的相関関係

(力行音 /ki/)

左図：对照群

右図：良好群

対応時点

[軟口蓋]

[舌]

- | | |
|-----------|--------------|
| ▲ 運動開始 | —— 運動開始 |
| ● 鼻咽腔閉鎖 | —— 舌口蓋閉鎖 |
| □ 軟口蓋挙上解除 | —— 後続母音舌狭窄解除 |
| ▼ 運動終了 | —— 運動終了 |

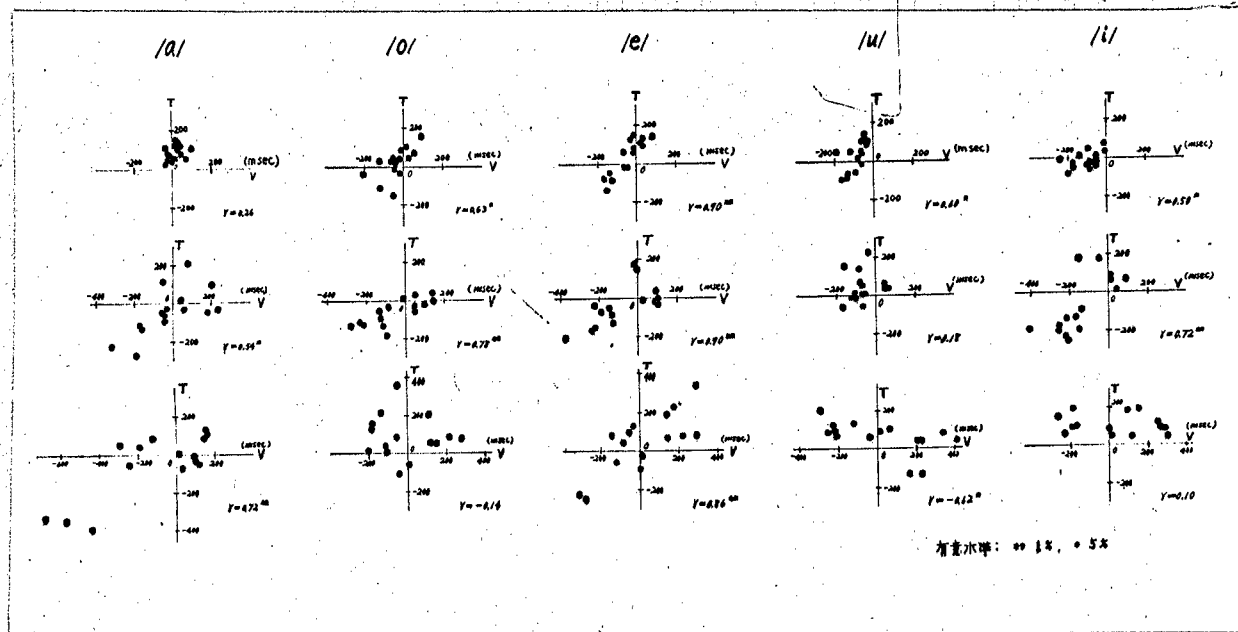


図 11 母音各音における鼻咽腔閉鎖—舌狭窄形成の
対応時点の散布図

上段: 对照群, 中段: 良好群, 下段: 不良群.

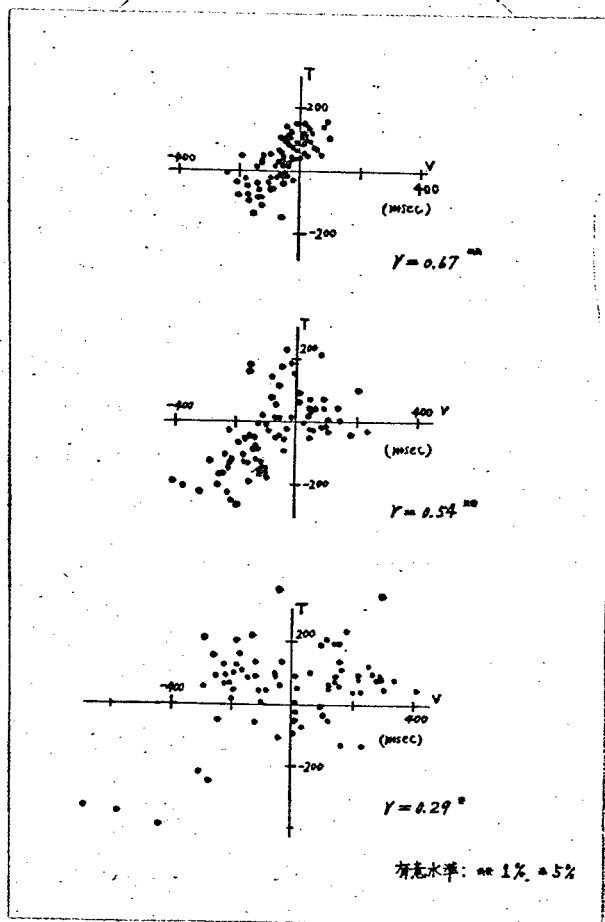


図12

母音全音における鼻咽腔閉鎖—舌狭窄形成の
対応時点の散布図（各群全76音について）
上段：対照群，中段：良好群，下段：不良群。

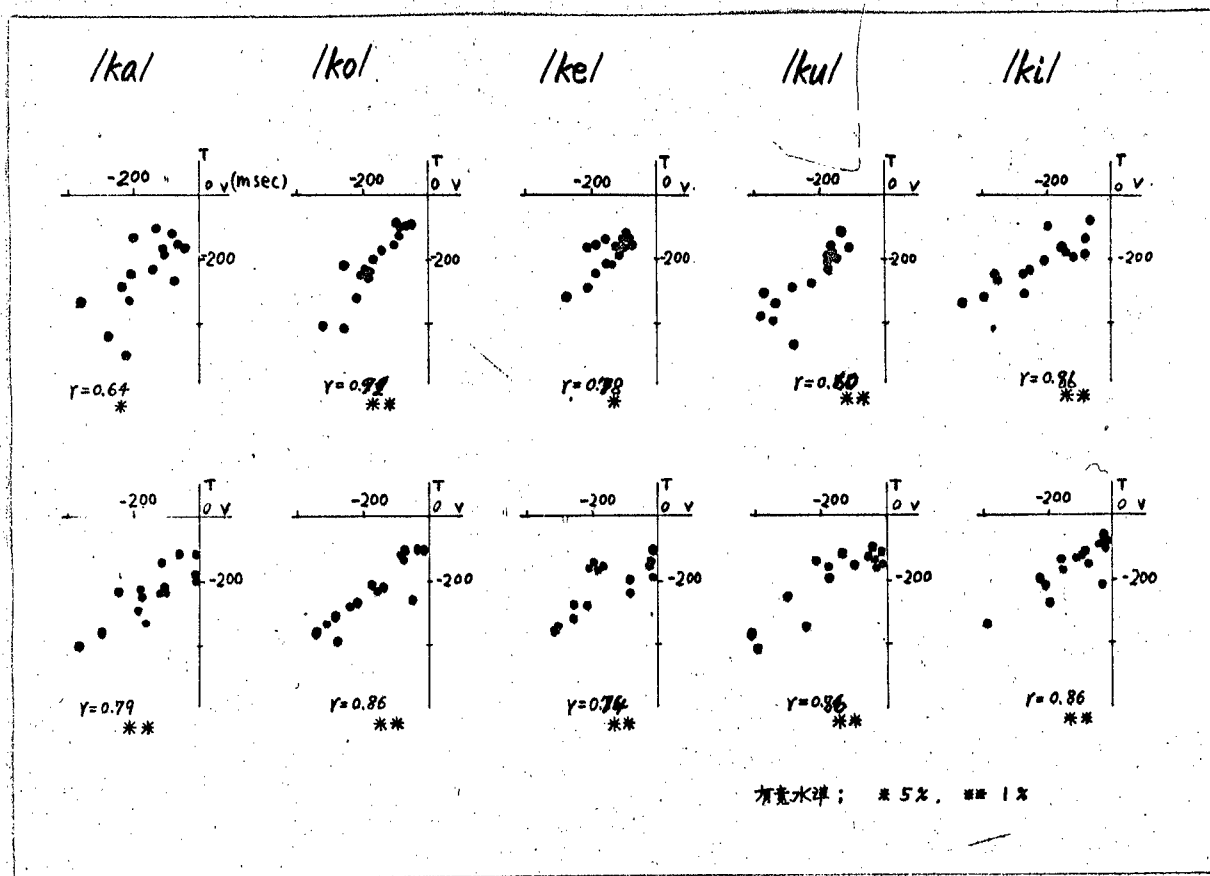


図 13 力行音各音における鼻咽腔閉鎖—舌口蓋閉鎖の
対応量の散布図
上段: 対照群。 下段: 良好群。

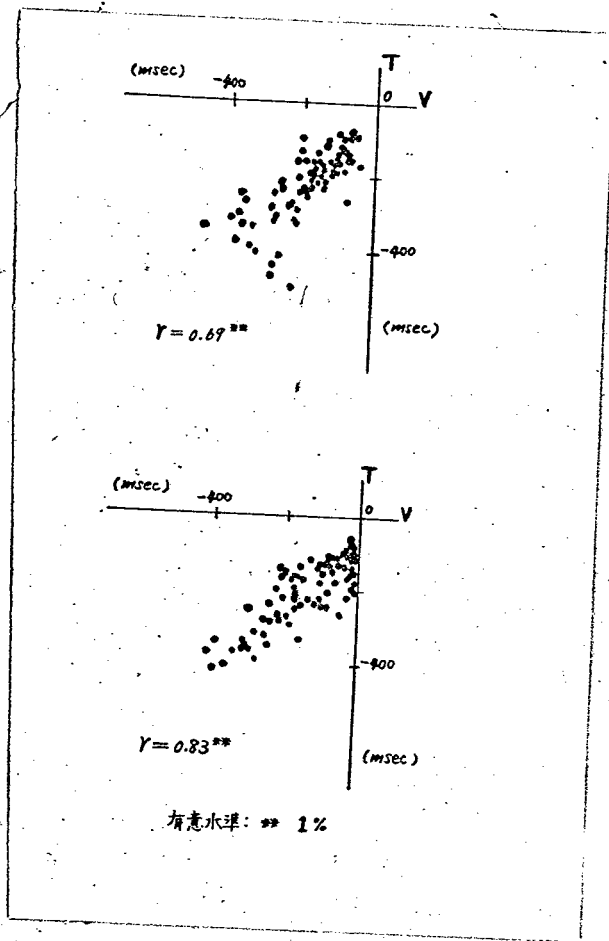


図 14

力行音全音における鼻咽腔閉鎖—舌口蓋閉鎖の
対応時差の散布図 (各群全 75 音について)

上: 対照群, 下: 良好群.

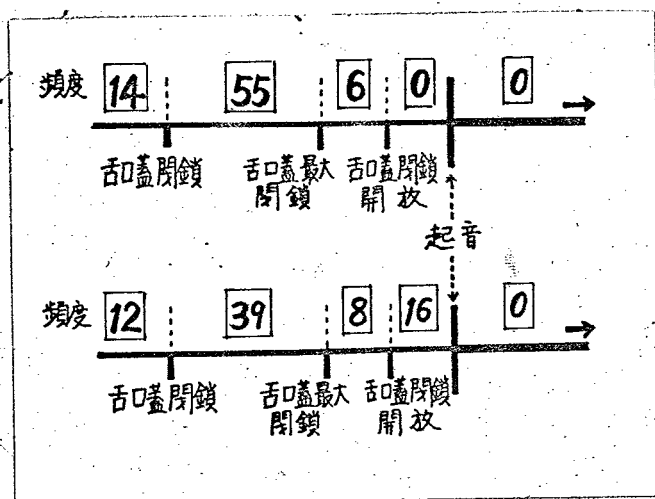


図15 鼻咽腔閉鎖の舌構音運動に対する相互関係
(各群全75音について)
上: 対照群. 下: 良好群.

表1

軟口蓋運動の測定時点 (母音)

起音時点: 0 起音前: - 起音後: + 単位 msec

		運動開始			鼻咽腔閉鎖			軟口蓋最大挙上			軟口蓋挙上解除			鼻咽腔閉鎖開放			運動終了		
		最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差
/a/	対照群	-223 -574	-425.6	125.3	102 -35	16.3	38.5	180 45	108.0	37.6	498 149	271.3	101.6	560 216	354.5	97.2	979 559	788.9	118.4
	良好群	-360 -921	-529.6	162.3	245 -319	-12.2	150.0	343 -159	82.0	148.7	564 149	331.3	119.8	736 250	407.7	120.5	1237 528	777.3	191.1
	不良群	-237 -1007	-551.6	214.7	155 -690	-159.5	257.2							738 165	408.0	171.6	1207 607	764.5	138.9
/o/	対照群	-385 -914	-598.5	157.8	92 -207	-37.9	75.2	171 -99	40.6	66.1	658 174	362.7	152.1	733 204	455.5	182.4	1316 527	870.3	236.5
	良好群	-164 -887	-490.2	175.1	145 -284	-51.5	136.5	190 -236	47.7	117.3	967 253	499.2	172.2	1045 374	599.1	187.7	1389 573	930.6	242.7
	不良群	-206 -769	-466.1	180.3	281 -206	-53.4	137.9							611 229	390.1	120.7	1019 583	812.5	122.4
/e/	対照群	-278 -900	-509.9	169.0	81 -167	-45.9	75.3	205 -60	60.9	76.1	605 185	359.1	117.5	637 248	441.5	139.2	1131 529	786.4	147.8
	良好群	-237 -857	-461.3	147.4	105 -377	-87.9	150.4	294 -172	43.6	139.7	846 151	451.9	166.8	893 278	526.4	143.9	1178 453	821.9	166.8
	不良群	-164 -650	-437.2	158.3	292 -315	-14.9	191.1							662 223	421.0	117.9	1047 565	763.6	135.6
/u/	対照群	-309 -914	-497.2	153.4	-31 -198	-88.4	53.0	125 -59	20.7	54.0	875 126	408.5	190.0	922 283	491.3	178.3	1492 598	876.9	240.6
	良好群	-257 -1019	-462.6	212.1	62 -170	-64.7	70.4	249 -61	89.3	94.6	754 215	442.7	149.3	801 335	542.0	131.4	1268 595	891.9	163.7
	不良群	-45 -645	-429.2	194.8	412 -295	-31.0	211.8							612 225	373.9	114.1	846 615	485.1	553.4
/i/	対照群	-312 -686	-464.6	98.2	-3 -240	-105.0	69.7	139 -136	18.5	83.1	580 60	323.1	121.4	628 285	441.5	108.5	1086 625	830.5	130.4
	良好群	-296 -830	-542.3	158.3	97 -412	-138.1	136.3	280 -195	-0.2	144.9	751 299	478.4	118.0	800 458	569.5	85.8	1150 730	875.4	109.9
	不良群	26 -748	-372.2	256.6	303 -266	11.2	201.7							635 188	429.7	138.0	1075 599	807.9	126.1

表2

舌運動の測定時点 (母音)

起音時点: 0 起音前: - 起音後: + 単位 msec

		運動開始			舌狭窄			舌狭窄解除			運動終了		
		最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差
/a/	対照群	-234 -629	-380.7	119.3	140 25	84.1	36.3	528 133	295.6	102.4	1210 445	786.1	213.3
	良好群	-343 -936	-524.4	182.6	213 -388	-44.2	140.8	598 104	389.9	136.2	1354 563	849.9	198.8
	不良群	-300 -1054	-599.1	210.6	234 -286	71.5	160.1	675 70	344.5	194.8	1225 184	846.5	256.5
/o/	対照群	-356 -867	-564.0	157.3	155 -150	19.2	79.8	640 183	404.6	158.8	1331 596	932.7	243.3
	良好群	-164 -1028	-501.5	202.0	44 -174	-55.0	66.3	936 360	535.7	146.3	1530 783	1068.2	272.4
	不良群	-381 -880	-568.9	166.4	367 -102	91.6	127.1	753 165	390.5	196.8	1313 740	1009.5	168.5
/e/	対照群	-252 -852	-466.9	173.5	147 -137	38.6	92.5	638 263	397.2	104.9	1256 661	843.5	164.8
	良好群	-237 -857	-498.2	163.3	184 -199	-32.3	111.0	814 150	443.4	178.5	1288 580	928.8	174.1
	不良群	-220 -925	-579.0	209.5	358 -245	61.2	168.1	873 157	359.4	227.2	1239 725	961.0	165.5
/u/	対照群	-277 -863	-433.9	149.7	143 -89	29.3	74.9	1030 237	474.7	220.0	1451 530	949.5	274.3
	良好群	-245 -1035	-454.3	237.4	230 -61	48.1	78.1	801 178	455.1	189.9	1313 744	956.3	152.4
	不良群	-339 -798	-546.4	116.8	131 -130	57.9	86.3	760 178	397.2	197.5	1235 638	893.0	202.4
/i/	対照群	-264 -514	-388.6	73.7	85 -82	-12.7	45.2	798 302	437.5	136.7	1064 670	839.1	134.9
	良好群	-240 -888	-525.1	201.3	186 -240	-58.8	148.7	688 248	441.6	115.6	1182 771	976.3	124.1
	不良群	-244 -869	-455.3	145.8	379 44	-127.1	90.6	885 188	480.3	227.3	1270 767	948.9	149.7

表3

軟口蓋運動の測定時点 (カ行音)

起音時点: 0 起音前: - 起音後: + 単位: msec

		運動開始			鼻咽腔閉鎖			軟口蓋最大挙上			軟口蓋挙上解除			鼻咽腔閉鎖開放			運動終了		
		最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差
/ka/	対照群	-316 -1350	-570.7	292.2	-41 -353	-171.0	85.6	19 -200	-80.1	74.5	546 100	239.5	132.2	671 152	349.8	147.5	1295 509	762.7	216.2
	良好群	-276 -541	-377.7	69.5	0 -372	-144.5	104.0	45 -250	-47.3	85.6	871 64	299.3	181.3	948 127	420.7	217.3	1153 441	694.7	199.9
	不良群	-243 -1144	-594.7	232.1	141 -661	-207.8	219.6							528 136	325.1	134.6	941 526	698.5	127.0
/ko/	対照群	-261 -812	-506.5	168.5	-46 -324	-163.6	81.6	76 -145	-37.6	70.5	567 146	301.7	132.9	723 228	409.0	153.2	997 518	727.3	154.0
	良好群	-235 -566	-402.7	95.1	-20 -350	-166.7	112.1	59 -172	-28.7	65.4	726 188	421.9	161.2	868 325	515.3	176.3	1269 493	778.3	221.3
	不良群	-260 -776	-487.9	166.1	82 -381	-102.3	149.6							556 95	304.8	145.2	886 476	666.4	121.7
/ke/	対照群	-252 -817	-473.7	157.7	-72 -274	-146.3	57.4	14 -183	-56.3	59.6	508 90	261.3	135.1	652 193	398.3	153.1	1056 517	782.4	138.6
	良好群	-256 -644	-431.7	111.5	-11 -313	-158.4	107.2	83 -150	-26.9	72.6	823 155	386.2	223.7	915 299	513.9	210.3	1162 559	788.7	230.2
	不良群	-76 -1070	-599.6	313.8	261 -746	-164.6	279.8							447 162	314.5	87.5	887 542	690.3	87.3
/ku/	対照群	-293 -948	-554.4	183.8	-112 -465	-238.8	105.8	-13 -280	-109.8	75.9	622 88	320.5	169.4	718 251	421.5	146.6	923 557	741.7	140.0
	良好群	-287 -946	-475.1	172.5	-15 -404	-154.8	132.2	85 -180	-3.6	76.4	724 163	384.5	144.2	832 398	520.5	119.6	1143 605	838.1	160.2
	不良群	-322 -732	-609.6	166.2	252 -492	-209.6	190.4							654 88	269.6	134.0	1011 449	691.4	186.7
/ki/	対照群	-230 -1011	-577.5	259.5	-71 -406	-234.3	126.6	12 -269	-117.0	91.3	620 163	286.8	129.6	748 266	444.9	137.9	1008 515	737.8	149.6
	良好群	-246 -813	-393.1	145.3	0 -384	-115.5	103.8	118 -231	3.1	92.2	692 304	442.0	123.7	769 428	554.9	117.1	1092 673	813.6	127.7
	不良群	9 -1016	-586.7	318.5	447 -647	-148.8	321.0							660 102	316.0	123.5	1201 507	600.9	444.0

表4

舌運動の測定時点(カ行音)

起音時点: 0 起音前: - 起音後: + 単位 msec

		運動開始			舌口蓋閉鎖			舌口蓋最大閉鎖			舌口蓋閉鎖開放			後続母音舌根形成			後続母音舌腭解除			運動終了		
		最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差	最大値 最小値	平均値	標準 偏差
/ka/	対照群	-238 -883	-451.9	175.8	-712 -498	-257.1	110.4	-41 -264	-128.6	68.2	-73 -56	-34.0	13.3	290 84	143.4	54.5	530 173	321.0	124.5	1183 541	768.8	184.6
	良好群	-280 -588	-424.3	89.0	-108 -402	-232.9	84.6	-79 -219	-121.5	40.5	-14 -95	-43.0	20.6	170 106	142.1	21.0	826 206	392.3	183.7	1250 553	805.1	196.0
	不良群	-260 -1116	-665.4	247.0										242 61	119.6	92.4	718 117	299.6	139.9	998 590	746.6	253.4
/ko/	対照群	-231 -798	-446.0	171.5	-86 -415	-209.6	107.6	-55 -228	-115.2	57.6	-13 -43	-28.9	9.0	267 94	150.6	39.6	599 212	356.8	118.9	1302 632	858.3	180.1
	良好群	-328 -593	-440.0	97.9	-100 -389	-227.7	99.3	-64 -195	-127.1	47.1	-25 -77	-39.0	15.5	232 102	132.0	33.4	839 291	466.7	173.5	1331 691	889.1	219.2
	不良群	-187 -797	-512.8	177.6										326 60	177.2	85.7	684 192	337.0	103.8	1281 578	914.7	188.6
/ke/	対照群	-288 -764	-437.9	134.3	-728 -321	-187.8	59.2	-61 -183	-106.9	34.6	-70 -54	-35.7	10.7	353 112	172.9	59.9	623 184	372.0	134.0	1254 550	872.4	190.0
	良好群	-265 -643	-456.2	110.8	-105 -358	-217.2	81.1	-73 -266	-132.5	55.2	-71 -56	-36.1	11.3	190 58	124.3	32.6	914 176	408.4	218.2	1223 677	898.8	188.8
	不良群	-148 -1167	-601.9	292.5										280 84	180.7	59.9	741 161	318.0	137.0	1090 661	848.2	99.0
/ku/	対照群	-288 -711	-471.5	124.6	-119 -389	-253.8	85.7	-71 -230	-151.0	53.9	-7 -75	-36.0	15.9	187 90	130.1	30.9	608 209	368.1	134.1	991 529	819.3	159.9
	良好群	-271 -963	-468.2	193.6	-98 -447	-195.6	102.2	-53 -195	-110.3	55.2	-76 -79	-39.4	15.5	209 59	126.5	41.3	770 162	382.5	169.7	1295 661	879.9	190.3
	不良群	-479 -1017	-727.5	160.2										162 -79	45.3	80.9	782 80	268.4	165.6	1289 610	869.8	243.4
/ki/	対照群	-231 -1006	-487.8	211.1	-86 -342	-214.7	76.9	-55 -207	-118.9	44.5	-17 -90	-37.3	20.9	236 68	140.3	44.6	927 250	431.5	178.1	1095 616	837.0	146.9
	良好群	-246 -843	-438.1	194.6	-58 -339	-158.8	77.7	-27 -184	-91.9	41.6	-11 -77	-39.0	20.8	169 11	84.3	74.5	739 232	421.3	137.4	1139 726	901.2	139.4
	不良群	-226 -1144	-706.0	256.6										166 -77	93.4	78.1	673 188	345.8	138.2	1255 541	883.4	227.2

表5 対応時点の相関係数(母音)

軟蓋	舌		/a/	/o/	/e/	/u/	/i/
運動開始 ▲	運動開始	対照群	0.60 *	0.76 **	0.86 **	0.98 **	0.89 **
		良好群	0.96 **	0.98 **	0.94 **	0.96 **	0.98 **
		不良群	0.98 **	0.94 **	0.90 **	0.43	0.82 **
鼻咽腔閉鎖 ●	舌狭窄形成	対照群	0.26	0.63 *	0.90 **	0.60 *	0.50 *
		良好群	0.54 *	0.78 **	0.90 **	0.18	0.72 **
		不良群	0.72 **	-0.14	0.86 **	-0.62	0.10
軟蓋拳解除 □	舌狭窄解除	対照群	0.95 **	0.95 **	0.80 **	0.81 **	0.23
		良好群	0.45	0.79 **	0.65 **	0.93 **	0.39
		不良群	0.92 **	0.89 **	0.51	0.80 **	0.61 *
運動終了 ▼	運動終了	対照群	0.60 *	0.94 **	0.98 **	0.76 **	0.54 *
		良好群	0.90 **	0.87 **	0.95 **	0.96 **	0.86 **
		不良群	0.69 **	0.83 **	0.69 **	0.38	0.17

有意水準: ** 1%, * 5%

表6 対応時点の相関係数（力行音）

軟口蓋	舌		/ka/	/ko/	/ke/	/ku/	/ki/
運動開始 ▲	運動開始	対照群	0.84**	0.66**	0.79**	0.85**	0.72**
		良好群	0.66**	0.54*	0.64*	0.94**	0.72**
鼻口腔内鎖 ●	舌口蓋閉鎖	対照群	0.64*	0.91**	0.78**	0.60*	0.86**
		良好群	0.79**	0.86**	0.74**	0.86**	0.86**
軟口蓋 拳上解除 □	後続母音 舌口蓋解除	対照群	0.91**	0.96**	0.53*	0.73**	0.32
		良好群	0.61*	0.42	0.93**	0.75**	0.29
運動終了 ▼	運動終了	対照群	0.84**	0.62*	0.77**	0.78**	0.70**
		良好群	0.91**	0.95**	0.93**	0.59*	0.92**

有意水準: ** 1%, * 5%

表7 鼻咽腔閉鎖前に起音する頻度(母音)

	/a/	/o/	/e/	/u/	/i/	計
対照群	10/15	4/15	4/15	0/15	0/15	18/75
良好群	6/15	6/15	5/15	3/15	4/15	24/75
不良群	7/15	6/15	8/15	8/15	9/15	38/75

表8 舌狹窄形成前に起音する頻度(母音)

	la/	lo/	le/	lu/	li/	計
対照群	15/15	10/15	9/15	10/15	5/15	49/75
良好群	4/15	4/15	5/15	11/15	6/15	30/75
不良群	13/15	12/15	11/15	13/15	15/15	64/75

表9—鼻咽腔閉鎖が舌狹窄形成前に起る頻度

対照群	良好群	不良群
71/75	49/75	52/75

表10 軟口蓋運動開始が舌運動開始前に起る頻度

対照群	良好群	不良群
57/75	45/75	12/75

表11 軟口蓋運動開始が舌運動開始前に起る頻度

対照群	良好群
66 / 75	35 / 75