The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	内視鏡による鼻咽腔閉鎖運動と構音の適時性に関する研究
Author(s)	菅井, 敏郎
Citation	大阪大学, 1985, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/34983
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

研究題目

内視鏡による鼻咽腔閉鎖運動と構音の適時性に関する研究

菅　井　敏　郎

大阪大学歯学部
口腔外科学第一講座
（指導教員　宮崎　正教授）

85, 5－2

要　旨

構音に際しての鼻咽腔閉鎖運動の適時性について解明する目的で、NPF-Video 装置を考案し、正常人（20名）ならびに鼻咽腔閉鎖不全患者（20名）の鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御の分析を行なった。さらに、鼻咽腔閉鎖不全患者に咽頭弁移植術を施行し、その予後と閉鎖運動の時間的制御との関係を検討した。

１．音声波形開始時点を基準とした鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、最大運動時点（ＴＭ）を分析した結果、正常人の鼻咽腔は、各語音の構音に際して、語音に応じた適切な時間的制御（適時性）のもとに閉鎖や最大運動という機能を営んでいることが明らかとなった。

２．鼻咽腔閉鎖不全患者では、単に空間的な閉鎖不全を認めるのみでなく、閉鎖運動の時間的制御の面においても正常人群と異なる傾向を示し、その程度も多様であった。各症例

毎にＴＭの測定値を正常人群の値と比較することにより、20名の患者を３群（Ａ群６名，Ｂ群４名，Ｃ群10名）に分類することが可能であった。

３．鼻咽腔閉鎖不全患者に咽頭弁移植術を施した結果、術前に母音のＴＭが正常人群のＴＭと近似していたＡ，Ｂ群の全10名は、術後、鼻咽腔閉鎖の獲得とともに閉鎖運動の時間的制御が正常人群に近似するようになり、聴覚上語音の明瞭性の十分な改善を認めた。これに対しＣ群では、一部の症例を除いて鼻咽腔閉鎖を獲得したが、10名とも閉鎖運動の時間的制御が正常人群と異なる傾向を示し、語音の明瞭性の十分な改善を認めなかった。このことから、鼻咽腔閉鎖不全症の診断に際して、母音の最大運動時点（ＴＭ）を知ることが、予後を推測する上で重要な因子になるものと考えられた。

緒　言

語音表出の基本単位となる正常構音は、構音器官相互の系統立った調節様式の上に成立していると考えられている。この調節様式は、生下時より具備されているのではなく、特定の言語環境のもとで年余にわたる学習の結果、個体が習得し確立するものと考えられる。

ところで、学習の手段となる器官に生来欠陥が存在する場合には、いわゆる正常な構音動作に必要な調節様式の学習を望むことはできない。このことは、口蓋裂に認められる様々な構音障害の大半が、主として不完全な鼻咽腔閉鎖運動によって派生してくることからも明白である。従って、口蓋裂の臨床においては、鼻咽腔閉鎖不全に対する適切な診断が、構音障害を治療する上での根本と考えられている。従来、鼻咽腔閉鎖不全の診断は、主に閉鎖の程度という面からの評価によってなされてきた。即ち、単に鼻咽腔が閉鎖している

か否か、あるいは、どの程度の閉鎖不全面積を残して鼻咽腔閉鎖運動が行なわれているかという、空間的観点からの評価が行なわれてきた。

ところで、鼻咽腔閉鎖不全が空間的に改善されても、語音の明瞭性が向上せず、構音異常の存続する症例が認められている。これは、一連の構音動作の中での鼻咽腔閉鎖運動が、空間的因子の他に、運動を遂行する上での時間的因子の関与を受けていることを示唆している。しかし、鼻咽腔閉鎖の際の時間的制御（タイミング）が、語音の明瞭性や構音異常とどの程度の、また、どのような関係を有しているかは明らかでない。そこで著者は、鼻咽腔が構音に際してどのような時間的制御のもとに閉鎖運動を営んでいるかを明らかにする目的で、正常人の鼻咽腔閉鎖運動のタイミングを検索し、さらに鼻咽腔閉鎖不全患者における閉鎖運動のタイミングが正常人のそれと異なるか否か、また、異なっている場合は

どのような相違点として現われ、それがどのような言語病理的意義を有しているかについて解析した。

研　究　方　法

本研究は、実験Ⅰと実験Ⅱによって構成されている。実験Ⅰにおいては、正常人被験者20名を用いて、音声の表出に際しての呼気流の開放と鼻咽腔閉鎖運動がどのような時間的関係を有しているかを、NPF による視覚情報と音声信号を同一のビデオ画像上に記録することにより検討した。実験Ⅱ－1では、20名の鼻咽腔閉鎖不全患者における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御について、実験Ⅰと同様の方法で検討した。さらに、実験Ⅱ－2においては、これらの患者に咽頭弁移植術を施し、鼻咽腔の閉鎖度の改善ならびに閉鎖運動の時間的制御と語音の明瞭性との関係について検討した。

以下、記録装置と予備実験について記述する。

記録装置

本研究を行なうにあたり、鼻咽腔内視鏡ビデオ（以下 NPF-Videoと略記）装置[1)]を考案した。これは構音時の鼻咽腔運動を、音声を基準として逐次的に分析することを目的としている。即ち、鼻咽腔内視鏡（以下 NPFと略記）によって観察される鼻咽腔像に音声波形を視覚的指標として合成し、ビデオカセットレコーダーに収録するものである。

NPF（オリンパス社製試作 NPF S4 改良型）（図１）は、全長570mm 、先端部外径4.5mm 、軟性部外径4.6mm 、彎曲角度120°、対物視野角70° の側視型仕様であり、光源にはキセノンランプ（オリンパス社製 CLX-F）を用いた。音声信号は、マイクロフォンを介して FFTアナライザー（小野測器社製CF-500）によって処理し、ブラウン管上に音声波形として描かせた。 NPF像、音声波形を各々ビデオカメラ（ソニー社製BVU-200 およびAVC-3360）

を介してテロップアダプター（ソニー社製 CG-18）にて合成し、この画像信号をコマ送り再生可能なUマチックビデオカセットレコーダー（ソニー社製VO-5800）に収録した（図2）。

ビデオは毎秒30フレームで構成され、1フレームは更に時間的に二分された2フィールド（以下fi. と略記）より構成されている。従って、コマ送り再生では1/60秒の分析が可能である。　被験者は歯科用診療椅子に座らせ、眼耳平面が水平になる位置で頭部をヘッドレスト、イヤーロッド、及びテープによって簡易的に固定した。

NPFは、局方4％リドカイン塩酸塩を適宜鼻粘膜に噴霧した後、右側鼻孔より挿入した。被検音を発音させ、NPF視野内で鼻咽腔の全容が観察可能な位置を求め、鼻孔外部のNPF軟性部を接着テープを用いて鼻翼部に固定した。これによりNPFの前後方向への移動を防止した。　NPFの長軸を中心とした回転は、ビ

デオカメラとの接続装置によって防止され、対物レンズ面を常に一定方向に保つことが可能であった。

図3は静止したNPF-Video画像の1例で、モニター画面から直接写真撮影したものである。中央にNPF像を、右下方に音声波形を同時に観察できる。NPF像の下方が軟口蓋、上方が咽頭後壁で、影の部分が鼻咽腔である。

予備実験

本研究で使用したNPFは、為害性の少ないこと、装置の簡便さに加え、鼻咽腔を上面から捕えることにより、軟口蓋と咽頭壁の総合的な運動状態を把握できることに特徴がある。[2~5] しかし、NPF-Video画像上での鼻咽腔閉鎖運動の逐次的分析の信頼性や確実性についてはその程度が明らかにされていない。そこで、NPF-Video画像上で鼻咽腔閉鎖運動を分析す

る上での信頼性と確実性について検討し、さらに構音時の鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に関する客観的分析方法についての検討を行なった。

予備実験の被験者には、構音器官に異常がない24～35才（平均27才）の近畿地区在住の正常成人男子計６名（被験者１～６）を用いた。

被検音は単母音、及び無意味音節 /npana/ に組み入れた破裂子音 /p/とした。被検音発音にはカードを用い、被験者があらかじめ被検音を予測することを可能なかぎり防止した。これら各音の発音の際には、必ず吸気動作を先行させ、通常の声の大きさ、高さで行なうよう指示した。

予備実験１．NPF-Video画像上での計測点の読みとり誤差について

Still写真を用いた NPF画像上での計測値

の信頼性に関しては、既に Ibuki[6] によって報告されている。しかし、NPF-Videoによって連続記録された鼻咽腔運動の計測の信頼性は不明である。図4に示すごとく計測方法は Ibuki[6] の方法に準じ、安静位の軟口蓋後端中心付近を0点とし、長軸に平行にY軸を、それに直角にX軸を設定した。これをもとに軟口蓋変位量、咽頭側壁変位量、鼻咽腔前後径を計測した。なお、これらの計測点は全て、NPFの光源よりもたらされる光の作用による、いわゆるshadow effect によって形作られた外形線に基づいたものである。

計測には9インチモニターテレビ（ソニー社製 PVM-900）を用い、ブラウン管上に透明フィルムを置き、安静位の鼻咽腔をトレースした後に必要な計測線を加え、ビデオを1fi毎に再生し、ノギスにて計測した。

本計測には、被験者1（35才）より得られた鼻咽腔運動記録を用い、2名の検者が各々別々に計測した計測値の相関を算出した。

その結果、表1に示したごとく、2名の検者間での計測値の相関係数は、軟口蓋変位量で 0.99(n=100)、咽頭側壁変位量で 0.76(n=100)、鼻咽腔前後径で 0.95(n=100)と算出され、いづれも統計学的に高い相関を示していた。この事実より、NPF-Video像から得られるこれらの計測値が信頼できるものと判断した。計測標準誤差は9インチモニターテレビ上で、軟口蓋変位量において±0.46mm、咽頭側壁変位量において±1.99mm、鼻咽腔前後径において±0.72mmであった。

さらに、NPF-Video 画像上での軟口蓋変位量と咽頭側壁変位量との間には 0.95(n=100)という高い相関係数が算出された。

予備実験2. NPF-Video画像と側方蛍光X線Video 画像における軟口蓋変位量計測値の相関について

鼻咽腔閉鎖運動の分析には、レントゲン被

爆の問題はあるものの、従来より側方蛍光X線法が用いられており、軟口蓋運動の分析に関しては高い信頼性が確認されている。

そこで、鼻咽腔を上面から捕えるNPF-Videoと、鼻咽腔を側面より捕える側方蛍光X線Videoの同時記録を行なった。NPF-Video画像が、異なった方向より得られる側方蛍光X線Video画像との間で立体的にどのような関係を有するかを知る目的で、各々の対応する計測項目の計測値についてその相関を統計学的に検索した。

NPFからの像は、ビデオカメラ（ソニー社製DXC-1850）、ビデオタイマー（朋栄社製VTG-33）を介してUマチックビデオカセットレコーダー（ソニー社製VO-2700）に音声信号と共に記録した。蛍光X線装置（日立社製X線制御装置P-B-155、高圧発生装置G-S-155A、X線管球UH-6GE-31-V、蛍光増倍管IP-S9）からの信号もまた、ビデオカメラ（日立社製S-20）、NPF用ビデオタイマー

と同期させたビデオタイマーを介してUマチックビデオカセットレコーダーに音声信号と共に記録した（図５）。さらに、音声信号のみを FFTアナライザー（小野測器製CF-500）に送り、このブラウン管上の音声波形をビデオカメラ（ソニー社製AVC-3360）を介して、もとの NPF画像とテロップアダプター（ソニー社製 CG-18）にて合成し、その画像信号をコマ送り再生可能なUマチックビデオカセットレコーダー（ソニー社製VO-5800 ）に収録した（図６）。

同時記録した NPF-Videoと側方蛍光X線 Videoの同一時点での画像例を図７に示した。同一時点を容易に判読するために、ビデオタイマーからの 10msec.単位の時間信号がそれぞれの画像に合成されている。

側方蛍光X線 Video画像における計測項目は、Moll[7]によって用いられている安静位から最大運動に至る基準線上での軟口蓋変位量とした（図８）。

被験者２（24才）における NPF-Video画像と側方蛍光Ｘ線 Video画像の軟口蓋変位量について、その計測値の相関係数を算出した。

その結果、表２に示したごとく、同時記録した NPF-Video画像と側方蛍光Ｘ線 Video画像における軟口蓋変位量計測値の相関係数は 0.96(n=100)と算出された。従って、軟口蓋運動に関して、 NPF-Video画像と側方蛍光Ｘ線 Video画像が極めて近似した情報を提供すると考えられた。

予備実験３．鼻咽腔閉鎖運動における逐次的分析時点の選定

構音器官の運動が、音声の表出、即ち音エネルギーの発生とある一定の時間的関係を有していることは、従来より指摘されている。この事は、鼻咽腔閉鎖運動においても示唆されている。

そこで、 NPF-Video法を用いた場合、一連

の鼻咽腔閉鎖運動において、どのような時点が適時性の分析に最も適切であるかを検討した。検討した時点は、鼻咽腔運動の運動開始時点、閉鎖時点、最大運動時点、開放開始時点、開放完了時点で、それぞれの時点について音声波形の開始時点及び終了時点からの時間を、ビデオの fi.数をもって測定した。なお、鼻咽腔閉鎖時点は、軟口蓋と咽頭壁との間に空隙と思われる陰影が存在しなくなった最初の fi.とし、最大運動時点は、軟口蓋および咽頭側壁が最も変位を示した最初の fi.とした。運動開始時点、最大運動時点、開放完了時点については、鼻咽腔運動を軟口蓋と咽頭側壁の両面から把握するために、両者について各々別個に測定を行なった。分析には被験者3（30才），4（24才），5（26才），6（24才）の4名を用い、被検音は/a/,/i/とし、それぞれ5回発音させた。

4名の被験者において、軟口蓋と咽頭側壁の対応する運動時点は全て一致していた。各

項目の測定値の平均値と分散を算出し、さらに算出した分散について検定を行ない、測定値のバラツキの程度を検討した（表３）。その結果、音声波形開始時点を基準とした閉鎖時点、最大運動時点の２時点の分散が他の測定時点に比べて有意に小さく（有意水準５％）、統計学的に信頼できる測定時点と考えられた。このことより、ある一定の条件下で被検音を発音させた場合、この２時点が個体内、個体間において時間調節という点で変動が少ないことが明らかとなった。従って、この２項目の測定が適時性の研究に有効であると判断し、以下の実験はこの２項目について検討することとした。

予備実験４．NPF-Video法による閉鎖時点、最大運動時点の判定の誤差

NPF-Video法による運動時点測定は、文献を渉猟する限り本研究が初めてのものである。

そこで、NPF-Video画像における閉鎖時点と最大運動時点の判定が、側方蛍光X線 Video画像のそれとどのような異同を示すかを検証し、測定結果間の誤差を認識することは、本研究を遂行する上で重要である。そこで、被験者2、3における NPF-Videoと側方蛍光X線 Videoの同時記録結果を用いて、各測定時点の一致率について分析した。

NPF-Video画像と側方蛍光X線 Video画像において各々対応する各運動時点の一致率は、鼻咽腔閉鎖時点で75%、最大運動時点で78%であった。また、NPF-Video画像における2名の検者間での測定値の一致率は、鼻咽腔閉鎖時点、最大運動時点共に75%であった。判定が同一fi. に一致しなかったものは全て直前または直後1fi. の誤差であり、判定が2fi. 以上異なることはなかった。このことより、これらの運動時点の判定誤差は、NPF-Video画像と側方蛍光X線 Video画像の比較においても、また NPF-Video画像における2名

の検者間の比較においても 1.25fi.(約20.8 msec.)以内と算出された。

以上の予備実験によって、NPF-Video装置ならびにこれを用いた鼻咽腔閉鎖運動タイミングの分析方法は、本研究を行なうに十分であると判断し、以下の主実験に用いることとした。

実　験　I

正常構音動作における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に関する検討

実験方法

正常構音を遂行する上で、鼻咽腔がある程度の時間的制御を受けていることは知られている。そこで、音声の表出に際しての呼気流の開放と鼻咽腔閉鎖運動が、どのような時間的関係を有しているかを、NPF-Video 法を用いて解析した。

被験者には、顎口腔諸器官に異常がない19～31才（平均年齢22.9才）の近畿地区在住の正常成人男子10名、女子10名の計20名を選択した。

被検音は予備実験に準じ、吸気動作に続く単母音/i/,/a/,/u/,/e/,/o/ 及び無意味音節 /anapa/,/panana/,/npana/,/anpa/,/papapa/,/npunu/ に組み入れた破裂子音 /p/とし、

検者の示すカードによる指示で順不同に各々５回発音させた。

測定時点は予備実験結果より、音声波形開始時点を基準とした鼻咽腔閉鎖時点ＴＣ；Time of Velopharyngeal Closure、鼻咽腔最大運動時点ＴＭ；Time of Maximum Movementとした。ここでいう音声波形開始時点とは、母音については voicingの開始、破裂子音 /p/については口唇開放の時点を意味する。いずれも、当該音発音に際して狭窄された呼気流の開放時点を時間計測の基準とした。

実験結果

20名全ての正常人被験者において、軟口蓋と咽頭側壁の最大運動時点は全て一致していた。従って、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）は両者において共通の時点である。

図９は、被験者20名に各被検音を５回発音

させた際の全測定結果を、被検音別に示したヒストグラムである。グラフの横軸はビデオの fi.数を示し、音声波形開始時点を０、開始前を（－）、開始後を（＋）で表示した。縦軸には発現した検体数を示した。ＴＣを破線で、ＴＭを実線で表示した。グラフに示される様に、母音においては音声波形開始時点を中心としてその前後に閉鎖と最大運動が見られた。無意味音節中の破裂子音 /P/では、音声波形開始時点よりも早い時期に閉鎖と最大運動に達していた。

各被検音別のＴＣ，ＴＭの平均値、分散、標準偏差を表４に示した。母音/i/ は ＴＣ -60±28msec. 、ＴＭ +45±30msec. 、/a/ はＴＣ -15±23msec. 、ＴＭ +63±28msec. 、/u/ はＴＣ -60±28msec. 、ＴＭ +47±28 msec. 、/e/ はＴＣ -48±27msec. 、ＴＭ +45±27msec. 、/o/ はＴＣ -47±28mssec.、ＴＭ +55±27msec. であった。無意味音節中の/p/ は、/anapa/ でＴＣ -167 ±27msec.

、ＴＭ −105 ±20msec.、/panana/でＴＣ −147 ±33msec.、ＴＭ −95±22msec.、/npana/ でＴＣ −140 ±22msec.、ＴＭ −94±17msec.、 /anpa/でＴＣ −170 ±23msec.、ＴＭ −114 ±20msec.、/papapa/でＴＣ −145 ±35msec.、ＴＭ −92±22msec.、/npunu/ でＴＣ −162 ±28msec.、ＴＭ −114 ±23msec. であった。

５母音と無意味音節中の/p/ との平均値の差の検定（有意水準 0.1％）を行なったところ、全ての母音と /p/との間でＴＣ，ＴＭ共に有意差を認めた（表５）。即ち、破裂子音/p/ は母音に比べ有意に早く閉鎖と最大運動に達しており、両者の鼻咽腔閉鎖運動に明らかな時間上の区別が存在した。

表６は５母音間でのＴＣ，ＴＭの平均値の差の検定結果を示した（有意水準 0.1％）。ＴＣの平均値は/u/,/i/</e/</o/</a/ の順であった。検定の結果、/u/,/i/,/e/,/o/ と/a/ 、/u/,/i/ と/o/ との間に有意差を認めた。

ＴＭの平均値は/i/,/e/</u/</o/</a/ の順で、検定により、/i/,/e/,/u/ と/a/ との間に有意差を認めた。このように、ＴＣ，ＴＭ共に高母音＜低母音という傾向を示した。

表７は異なる無意味音節中での破裂子音/p/ におけるＴＣ，ＴＭの平均値の差の検定結果を示した（有意水準 0.1%）。ＴＣ，ＴＭ共に /anpa/,/anapa/ での/p/ と、/panana/,/papapa/,/npana/ での/p/ との間に有意差を認めた。即ち、/anpa/,/anapa/での/p/ が、/panana/,/papapa/,/npana/ での/p/ に比べて有意に早く閉鎖と最大運動に達していた。異なる後続母音を持つ/npana/ 及び/npunu/ での/p/ についての検定の結果は、高母音/u/ に先行する/p/ が、低母音/a/ に先行する/p/ に比べて有意に早く閉鎖と最大運動に達していた。これは先の５母音間での高母音と低母音の関係と同様であった。

表８は、ＴＣ，ＴＭの測定値の性差についての検討結果を示したものである。男女間に

おいて、全ての被検音に有意差は認められなかった（有意水準 0.1％）。

小括

正常人において、破裂子音/P/は音声開始前に十分な間隔をもって閉鎖と最大運動に達しており、母音との間に明らかな時間上の区別が存在した。

5母音間では高母音と低母音の間で、また無意味音節中の破裂子音/P/では音節中の位置や後続母音の相違により、それぞれ鼻咽腔閉鎖運動に時間上の区別が存在した。

このように、正常人における鼻咽腔は各語音の構音に際して、語音に応じた適切な時間的制御のもとに閉鎖や最大運動という機能を営んでいることが明らかとなった。

実　験　Ⅱ

鼻咽腔閉鎖不全患者における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に関する検討

実　験　Ⅱ－1

実験方法

従来、鼻咽腔閉鎖不全症の診断においては、主に鼻咽腔が閉鎖するか否かという空間的な面からその病態が論じられてきた。一方、実験Ⅰによって示された事実は、鼻咽腔が単なる開閉運動によって構音器官としての役目を担っているのではなく、語音に応じた時間的制御のもとに閉鎖運動を行なっているという事である。従って、鼻咽腔の空間的な閉鎖不全があり、語音の明瞭性の不良な鼻咽腔閉鎖不全患者において、その鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に正常人と相違があるか否かを知ることは、鼻咽腔閉鎖不全患者の診断に極めて

重要な指針を与えるものと考えられる。

そこで、鼻咽腔閉鎖不全患者を用いて、鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御の検討を行なった。被験者は、年齢12才から38才（平均年齢20.6才）の鼻咽腔閉鎖不全患者（男子11名、女子9名）である。これらは、本学附属病院顎口腔機能治療部において2年以上の言語訓練を受けるも正常構音を習得できずにいる症例で、NPF検査により山岡の分類のⅣ型[2)]と診断され、さらに鼻咽腔の運動性の程度に著明な差の無いもの、口蓋裂以外の原因による異常発音や聴力障害を有しないこと、知能および精神活動に異常を認めないこと、近畿地区在住者であることなどの条件を満たす者を選択した。なお、被験者は、言語治療士により被検音に関する開鼻声の程度（Nasality Rating；NR）、明瞭度（Intelligibility Rating；IR）の2項目について6段階聴覚判定がなされている。判定は2名の言語治療士の判定値の平均によってなされ、0が正常、1が

ほぼ正常、以下２，３，４，５の順で不良の程度を示している。一般に、２項目共に１以下のものを良好な発音と臨床上解釈している。

被検音は、実験Ｉに用いたものから/npunu/を除いたものを用い、各音を実験Ｉと同様の方法で３～５回発音させた。

鼻咽腔閉鎖不全患者においては被検音発音時の鼻咽腔閉鎖が得られないため、全例に測定可能な各被検音毎の鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の測定を行なった。鼻咽腔閉鎖不全患者における、軟口蓋と咽頭側壁の運動の協調性を検索するため、軟口蓋と咽頭側壁の最大運動時点を各々別個に測定した。さらに、これらの個々の症例の測定値を実験Ｉの正常人群の測定値と統計学的に比較検討した。従って、実験Ⅱの対照群は実験Ｉで用いた正常人群であり、実験Ｉ，Ⅱを通じて語意の混同を避けるために、対照群を、以下、正常人群と言うこととした。

実験結果

20名の各症例における、被検音別の軟口蓋最大運動時点の測定値（平均値と分散）を表9-a,bに示した。さらに表の下段に被検音の聴覚判定結果を示した。表10に、咽頭側壁最大運動時点が軟口蓋最大運動時点と異なっていた症例の咽頭側壁最大運動時点を示した。20名中12名では、正常人群と同様に、軟口蓋と咽頭側壁の最大運動時点は一致していた。しかし、残る8名では、咽頭側壁の最大運動時点が、軟口蓋のそれと比べて遅れる傾向を示していた。

NPF を用いた鼻咽腔運動の観察では、軟口蓋運動が咽頭側壁運動より正確に把握できる事実から、[6] 以下の正常人群との比較検討に際して、軟口蓋運動最大運動時点（TM）の測定値を用いた。表9-aの最左列は、実験Iで得られた正常人群のTMの平均値と分散で

ある。母音では、正常人群の平均値が＋３fi．前後を示すのに対し、患者群では発音開始前、即ち負の値を示すもの、正常人群と近似した値を示すもの、さらに発音開始時より大きく遅れて＋10fi．を越えるものまで様々であった。無意味音節中の/p/では、正常人群の平均値が－6fi.前後を示すのに対し、患者群ではこれより小さな値をとるものはなく、やや大きな値を示すものから＋10fi．を越えるものまで症例により様々な値を示した。分散についても同様で、特に母音で大きな値を示す症例が存在した。

各々の被検音について、各症例毎に正常人群の値との差異を統計学的に検定した。検定には平均値の差の検定（有意水準 0.1%）と、測定された値のバラツキの違いを知るために分散の検定（有意水準 5%）を行なった。その結果は表９-a,bに示した。また、正常人群に認められた母音群と子音/p/との間での時間上の区別が、各被験者において存在するか

否かを統計学的に検定した（t検定、有意水準 0.1%）。これによると、母音と破裂子音/p/との間で正常人群にみられた時間上の区別が存在する場合としない場合、あるいは母音でのTMが正常人群の値と有意差のある場合とない場合、さらに/p/のTMが正常人群の値に比べて有意に遅れるものなどが存在した。これに加えて、母音における同一被検音でのバラツキが大きい傾向のあるものも存在した。　これらの結果をまとめると、本実験に用いた鼻咽腔閉鎖不全患者は、鼻咽腔最大運動時点（TM）に関して、おおよそ3つの異なる群に類別された。即ち、正常人群同様に母音と破裂子音/p/との間で明らかな時間上の区別が存在し、母音でのTMは正常人群の値と近似するが、/p/では正常人群の値より有意に遅れるもの、母音と/p/との間での時間上の区別が存在せず、母音でのTMは正常人群と近似するが、/p/では有意に遅れるもの、母音と/p/との間での時間上の区別が

存在せず、母音、/p/ 音共に正常人群と有意差を認めるものであった。これらを順に、A群（症例1～6）、B群（症例7～10）、C群（症例11～20）と名付けた。

小括

以上より、鼻咽腔閉鎖不全例では、被検音発音時の鼻咽腔閉鎖運動に関して、単に空間的な閉鎖不全を認めるのみではなく、閉鎖運動の時間的制御の面においても正常人群と異なる傾向を示すことが判明した。さらに、その程度も多様であったが、おおよそ3群に分類することが可能であった。

鼻咽腔閉鎖不全患者では、20名中8名において、咽頭側壁の最大運動時点が軟口蓋のそれに比べて遅れる傾向を示していた。正常人群においては、軟口蓋と咽頭側壁の運動が、閉鎖面レベルでは同期していたことから、これらが同一の筋、即ち口蓋帆挙筋によるもの

であると考えられた。新美[8]は、上咽頭側壁の運動パターンは軟口蓋のそれと極めて相似性が高く、この運動は口蓋帆挙筋によるものであるとし、さらに、中咽頭側壁の運動は軟口蓋運動に時間的なズレをもって追従しており、これは上咽頭収縮筋によるものとしている。これと考え合わせると、鼻咽腔閉鎖不全患者において、咽頭側壁の最大運動時点が軟口蓋のそれに比べて遅れて見られたものは、本来観察すべき閉鎖面レベルよりも下方の部位での運動を観察していたことによるものと推察される。

実　験　Ⅱ－2

実験方法

鼻咽腔閉鎖不全症において、鼻咽腔閉鎖が改善されれば語音の明瞭性が改善されることはしばしば経験される。しかし、閉鎖の改善が鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御にどの様な影響をもたらすか、また仮に閉鎖運動の時間的制御に変化が生じた場合、鼻咽腔閉鎖不全の病態がどの様な修飾を受けるかは明らかでない。

そこで、実験Ⅱ－1で用いた鼻咽腔閉鎖不全患者20名に対して咽頭弁移植術を施行し、術後、閉鎖度の改善ならびに閉鎖運動の時間的制御と、語音の明瞭性との関係について検討した。

咽頭弁移植術は、Unified velopharyngeal plasty 法[9]を用い、全例同一術者によって施行された。咽頭弁移植術後の測定項目は、

音声波形開始時点を基準として、咽頭弁の左右２つの鼻咽腔隙が共に閉鎖に達した最初のｆｉ.を鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ’）とし、鼻咽腔隙前縁及び外側縁が最も変位を示した最初のｆｉ.を最大運動時点（ＴＭ’）とした。

先ず、咽頭弁移植術後の鼻咽腔運動の時間的制御の変遷について検討する目的で、Ａ群に属する症例３，６、Ｂ群に属する症例７，９、Ｃ群に属する症例12，18について、術後１カ月、３カ月、６カ月、12カ月（症例３，７は６カ月時まで）にＴＣ’，ＴＭ’の測定を行なった。

全症例については、手術侵襲の影響を考慮して、[10] 術後６カ月目以降にＴＣ’，ＴＭ’の測定を行なった。さらに測定と同時に、術前と同一の言語治療士による被検音の聴覚判定を行なった。

実験結果

鼻咽腔隙前縁、外側縁について、各々別個に最大運動時点を測定した結果、その値は20名全てにおいて一致していた。従って、以下に示すＴＭは、鼻咽腔隙前縁、外側縁の両者に共通する時点である。

症例３，６，７，９，12，18における咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖獲得と、時間的制御の変遷について図10-a,b,cに示した。横軸はfi. 数で表わした時間を示し、縦には被検音を示した。上段は鼻咽腔閉鎖時点ＴＣ’、下段は術前の最大運動時点ＴＭと術後の最大運動時点ＴＭ’である。実験Ｉで用いた20名の正常人群のＴＣ，ＴＭの平均値±１SDの範囲をグラフ中に破線で表示した。各症例の測定値は平均値で示し、術前を⓪、術後１カ月時を①、３カ月時を③、６カ月時を⑥、12カ月時を⑫で表示した。症例３，６，９は、術後１カ月時に全被検音発音時の鼻咽腔閉鎖を獲

得した。症例７は術後１カ月時に、症例12は術後３カ月時に /i/を除く被検音発音時の鼻咽腔閉鎖を獲得した。症例18では、術後12カ月時まで鼻咽腔閉鎖の獲得は認められなかった。鼻咽腔閉鎖時点ＴＣ’に関しては、母音では術後閉鎖を獲得した当初、正常人群のＴＣよりもやや早い値を示したもの（症例３，７，９）、極めて早い値を示したもの（症例６）、グラフからは判定不可能であるが、同一被検音での分散は有意に大きいものの平均値については正常人群のＴＣと近似していたもの（症例12）など症例により様々であった。術後６～12カ月時になると、早い値を示していたものも、正常人群のＴＣに近似する傾向を示した。破裂子音/p/ については、閉鎖を獲得した当初、正常人群のＴＣよりもやや遅い値を示したもの（症例３，７，９，12）、正常人群のＴＣと近似していたもの（症例６）が存在した。症例３，７，９では、術後６～12カ月時にはほぼ正常人群のＴＣと近似する

傾向を認めたが、症例12では術後12カ月時まで正常人群のＴＣよりも遅れたままであった。

最大運動時点に関しては、症例３，６，７，９では、術前から母音のＴＭが正常人群のＴＭと近似しており、術後12カ月時のＴＭ’までその値に大きな変化は認めなかった。グラフからは判定不可能であるが、症例12，18では、術前の母音のＴＭの分散が正常人群に比べて有意に大きく、術後12カ月時のＴＭ’まで正常人群のＴＭと異なる傾向を示した。破裂子音/p/については、術前のＴＭは程度の差はあるが、どの症例も正常人群よりも遅れた値を示していた。術後、ＴＭ’は、症例12，18を除いて次第に正常人群のＴＭに近似する傾向を認めた。症例12，18では、母音と同様に術後12カ月時まで正常人群のＴＭと有意の差を示していた。このように１部の症例についての術後のＴＣ’，ＴＭ’の経時的変化を追跡した結果、症例によって様々に異なる変遷をたどっていた。

全20症例における術後6ヵ月以降の測定結果、および被検音の聴覚判定結果を表11-a,b,c,dに示した。

A群に属した症例1～6は、術後、被検音発音時の鼻咽腔閉鎖を獲得し、TC',TM'が正常人群のTC,TMに近似する傾向を示した。一部では、母音のTC'が正常人群のTCよりやや早い値をとる傾向があった。A群の全例が、被検音の聴覚判定において1以下、即ち良好と診断された。

B群に属した症例7～10は、A群同様に全例が鼻咽腔閉鎖を獲得し、TC',TM'が正常人群のTC,TMに近似する傾向を認め、聴覚判定において良好と診断された。やはりA群同様、一部で母音のTC'が正常人群のTCよりやや早い値をとる傾向があった。

C群に属した症例11～20の10名中の7名は鼻咽腔閉鎖を獲得したが（一部母音を除く）、A,B群と異なり、TC',TM'共に正常人群のTC,TMと有意の差を認める音が多

かった。この群の10名全例が、聴覚判定において1以下と判定されたものはなく、良好な発音とは認められなかった。このように、C群では鼻咽腔閉鎖が獲得された症例においても、閉鎖運動の時間的制御が正常人群の値と有意の差を示し、さらに語音の聴覚判定結果でも十分な改善を認めなかった。

一方、咽頭弁移植術の予後が、術前に観察された咽頭側壁運動の部位とどのような関係を有するかを検討した。その結果、術後のTC'，TM'が正常人群の値に近似し聴覚判定にて良好と診断されたものは、閉鎖面と一致した部位で側壁運動が観察された12名中の6名、および本来の閉鎖面より下方で側壁運動が観察された8名中の4名であった。この事実は、咽頭側壁運動の部位の違いが、咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御や聴覚判定結果になんら有意な影響をおよぼしていないことを示していた。

小括

鼻咽腔閉鎖不全患者における咽頭弁移植術前後の鼻咽腔運動の時間的制御を検討した結果、鼻咽腔閉鎖不全患者において空間的な閉鎖不全が改善された場合、閉鎖運動の時間的制御に変化を生ずる可能性があることが明らかとなった。

術後６ヵ月以降の測定において、閉鎖運動の時間的制御が正常人群に近似する傾向を示したものは、聴覚上語音の明瞭性の十分な改善を認めた。これに対し、鼻咽腔閉鎖が獲得されても、閉鎖運動の時間的制御が正常人群と異なる傾向を示したものは、語音の明瞭性の十分な改善を認めなかった。

さらに、術前の時間的制御の測定結果と咽頭弁移植術後の関係をみると、術前に母音発音の際のＴＭが正常人群のＴＭに近似していたＡ群、Ｂ群は、術後、一部の母音のＴＣ’を除いて、ＴＣ’，ＴＭ’が正常人群のＴＣ

，ＴＭに近似するようになり、聴覚判定にて良好と診断された。

考　　察

1　研究方法について

鼻咽腔閉鎖運動をより客観的に、より正確に記録し解析するために種々の試みがなされてきた。それは、構音時の鼻咽腔閉鎖運動が、共鳴腔の変化と口腔内圧の形成に強く関与し、正常語音を表出する上での必須の機能と考えられているからである。

この鼻咽腔閉鎖運動の観察分析には、主に側方蛍光X線法が用いられ、Still 写真による構音中の一動作の分析を始めとして[11~16]、映画法による構音中の連続的な動きの定性分析、定量分析が行なわれている[7,17~29]。しかしながら、蛍光X線法には解決しなければならない次の二つの問題点がある。第一は、レントゲン被爆に関する問題で、臨床診断上不可避の場合を除いてその使用が厳しく制限される傾向にあり、患者に対する頻回の使用が適切でない

ことである。第二は、この蛍光X線法での鼻咽腔観察が実用的には側方矢状面観の観察に限られていることである。従って、鼻咽腔隙の全容を捕捉しようとする場合、その側壁部の動きや空隙を見逃す場合が少なくない。そこで本研究では、生体に為害性が少なく、かつ、鼻咽腔を上方より直視でき、観察中に構音運動を障害しない、側視型鼻咽腔内視鏡（NPF）を用いた。

一方、映画法では、映画像と音声信号の同期、および時間測定が技術的に繁雑で正確さを欠く場合が少なくないと報告されている。[26]そこで著者は、複数の画像を real timeに合成できるビデオ装置に着眼し、鼻咽腔像とFFTアナライザーによって視覚化した音声波形像とをテロップアダプターを介して同一テープに同時記録する方法（NPF-Video法）を考案した。これにより、極めて容易に鼻咽腔像と音声の同期が行なえ、同一画像上での時間測定が可能となった。また、ビデオ画像は、

極めて正確に 60fi.／秒で構成されるため（ワウフラッター 0.2％以内）、従来この種の分析に用いられてきた一般の映写機に比べ、撮影速度誤差は遥かに少ない。さらに、ビデオは録画後即座に再生観察できることや、コマ送りから5倍速まで正逆両方向に速度を自由に変えて観察できる（ソニー社製Uマチックビデオカセットレコーダー VO-5800使用）ことなど、映画法に比べて遥かに操作性に優れている。

NPF を用いた画像分析に関して、Still 写真による計測の信頼性については Ibuki[6] により報告されているが、ビデオを用いた連続的な NPF像の逐次的分析については未だその検討がなされていない。そこで、NPF-Video 法が鼻咽腔運動の適時性の研究に適しているか否かを知るために、NPF-Video 画像のコマ送り分析の信頼性と確実性について検討した。次いで、構音中の鼻咽腔閉鎖運動の中で、運動の開始、鼻咽腔閉鎖、最大運動などの各事

象が生じている時点を、何を基準として測定するか、またそれらの事象時点をビデオ画像上で確実に特定できるか否かについて究明した。

予備実験1において、NPF-Video 画像から得られる計測項目（軟口蓋変位量、咽頭側壁変位量、鼻咽腔前後径）について2名の検者間での計測値を比較した結果、極めて高い相関を認めた。これは、NPF-Video 画像上での計測値の読みとり誤差が極めて少なく、信頼性の高いことを意味している。

予備実験2では、NPF-Video 画像より得られる軟口蓋運動の計測値が、どの程度正確な情報を提供するかを知るために、NPF-Video と側方蛍光X線Video の同時記録を行なった。その結果、NPF-Video 画像と側方蛍光X線 Video画像より得られた各々の軟口蓋変位量の計測値の間に、極めて高い相関が認められた。この事実は、NPF-Video を用いた鼻咽腔閉鎖運動の分析が、側方蛍光X線法に代わり得る

ものであることを示している。さらに、為害性が少なく頻回使用が可能な点や、装置の簡便さ、鼻咽腔の全容を上面から捕えることにより軟口蓋と咽頭壁の総合的な運動状態を把握できる点は、NPF-Video 法が側方蛍光X線法に比べて優れていると考えられる。また、実験Ⅱ－２では鼻咽腔閉鎖不全患者に咽頭弁移植術を施し、鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御の消長について分析した。従来、咽頭弁移植術後の患者に対して、側方蛍光X線法による鼻咽腔閉鎖運動の観察分析は極めて困難とされていた。しかし、NPF は鼻咽腔を上面から捕えるため、咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖運動を観察することが可能であり、本研究に適した観察手段であると考えられる。

時間を指標とした鼻咽腔閉鎖運動の分析に関しては、次の二通りの方法が報告されている。一つは、いわゆる running speech の際の、主に鼻咽腔の開閉状態と軟口蓋の挙上下降運動について定性的に分析したものであり、

他の一つは、音声開始時と鼻咽腔閉鎖運動の諸時点との時間間隔を定量的に分析したものである。前者は、主に限られた被験者について種々な coarticulation の影響について分析する際に有効であり、後者は、多くの被験者について特定した被検音発音の際の時間的な標準値を求める際に有効である。本研究では、鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御について、母音間、及び母音と破裂子音/p/ 間での差、正常人と鼻咽腔閉鎖不全患者での差の有無、語音の明瞭性との関係などを明らかにするため、時間を数値で表現可能な後者の方法に準じて分析した。

過去の側方蛍光X線を用いた後者の報告では、梅野[23]は6名の正常人被験者を用いて、音声波開始時点、軟口蓋運動開始時点、軟口蓋閉鎖運動完了時点の3時点の時間差を測定しており、その結果、僅かに各被検音間の差の傾向を見出し得るにすぎないと述べている。また、広戸[24]は4名の口蓋裂患者について、

梅野[23]と同様の方法で分析を行なっている。ただし、これらの報告は被検音別（母音、子音を単音で１回発音のみ）の測定値を単純に比較したのみで、十分な統計学的処理は行なわれていない。和田[26]は、正常人５名、口蓋裂患者10名を用い、単音発音時の音声波形開始時点を基準とした軟口蓋運動開始時点、鼻咽腔閉鎖時点、軟口蓋最大挙上時点、軟口蓋挙上解除時点、鼻咽腔閉鎖開放時点、運動終了時点を測定している。各運動時点は正常人群の同一被験者の同一音についても大きな分散を示すため、各運動時点の平均を求めることには困難があったと述べ、運動時点の平均値の比較は危険を含むと報告している。従って、運動時点を平均値で論ずる場合、speesh sampling に際して、発音の自由性を可能な限り抑制した上で被検音を採取する必要があると思われる。予備実験３においては、吸気動作に続く単母音/a/,/i/ 発音に際しての鼻咽腔運動の運動開始時点、閉鎖時点、最大運

動時点、開放開始時点、運動終了時点の諸時点について、音声波形開始時点と終了時点からの各々の時間を測定し、その平均値と分散を算出した。その結果、speech sampling 方法を規定することによって、音声波形開始時点を基準とした閉鎖時点及び最大運動時点の分散が他に比べて有意に小さく、この2時点については平均値での比較が可能であると考えられた。この結果は、和田[26]の報告の中でも正常人群における鼻咽腔閉鎖時点と軟口蓋最大挙上時点の標準偏差が比較的小さかったことと一致している。即ち、この2時点は、被験者の発音上の自由性の影響を最も受け難い測定項目であると考えられる。さらに、いつ鼻咽腔が閉鎖するか、またいつ最大運動に達するかは、母音での共鳴腔の形成、破裂子音での閉鎖圧や口腔内圧の最大時と関連するものと考えられ、音声学的に検索に値する重要な要素であると考えられる。これらの理由から、本研究では、音声波形開始時点を基準

とした閉鎖時点と最大運動時点を測定項目と定めた。運動開始時点や終了時点などについては、本予備実験においても従来の報告同様に大きい分散を示し、測定項目としては不適当と判断した。従来の報告において、このような分散の大きい運動時点を被検音1回発音のみの測定値で比較し、その差を論じているものがあるが、[23,24,30] これは和田[26] の指摘のごとく、さらに統計学的処理を施した上で論じるべきと思われる。

予備実験3において、軟口蓋と咽頭側壁の各々の運動開始時点、最大運動時点、開放完了時点は全て一致しており、予備実験2においては、連続的な軟口蓋変位量と咽頭側壁変位量との間に高い相関を認めた。これらの事実は、軟口蓋と咽頭側壁が閉鎖面レベルでは同期して構音運動を行なっていることを示唆するものである。新美[8] は、喉頭観察用内視鏡（ENF）を用いて軟口蓋と咽頭側壁の運動分析を行ない、その結果、軟口蓋の運動パタ

ーンと上咽頭側壁の運動パターンは極めて相似性が強く、この両者は同一の運動機構によるものと述べている。解剖学的に、鼻咽腔閉鎖が行なわれる部位の咽頭側壁は、後上方より内下方にU字形に走行する口蓋帆挙筋の筋腹と、その筋腹上で直交する耳管隆起から構成されている。[31,32] Dickson[31,33]は、咽頭側壁の内方運動は口蓋帆挙筋の収縮による耳管隆起の内方運動であると推測し、Honjo[32]も同様の説を唱え、口蓋帆挙筋は軟口蓋の挙上のみでなく、咽頭側壁の内方運動にも寄与すると述べている。予備実験の結果では、軟口蓋と咽頭側壁の対応運動時点の値は全て一致しており、これらが同一の筋、即ち口蓋帆挙筋によるものであるという説を裏付けるものと考えられる。

被検音には、共鳴腔形態変化によって音韻が形づくられる日本語5母音と、口腔内圧の形成を必要とする破裂子音/p/を選択した。破裂子音/p/選択の理由は、/p/の構音体は

口唇であり、口蓋裂患者においてしばしばみられる構音時の舌位の異常や歯列不正などの影響を受け難いためである。日本語発音における/p/は、単独音素として発音されることはなく、通常、後続母音を伴って発音される。そこで、被検音の採取に際しては、単独発音時のバラツキを規制し、Sampling条件を標準化する目的で、N（鼻音）、C（非鼻子音）、V（母音）を種々に組み合わせた無意味音節中に/p/を組み入れて発音させた。母音を無意味音節中に組み入れた場合、語頭を除いてその音声波形開始時点が判定困難となるため、吸気動作を先行させた単音発音とした。吸気動作を先行させることにより、被検音発音前の不必要な意識を可及的に除去し、鼻咽腔閉鎖運動が安静位から開始されるよう配慮した。さらに、被検音をカードにて被験者に示すことにより、被験者があらかじめ発音すべき音を意識しないように配慮した。

2　研究結果（実験Ⅰ、実験Ⅱの結果）について

正常人における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に関して

正常人20名におけるＴＣ、ＴＭの測定値は、同一被検音でのバラツキが小さく、平均値での比較が十分可能であった。

正常人において、母音発音時には音声開始直前に鼻咽腔は閉鎖に至り、音声開始直後に最大運動に達していた。これに比べ、無意味音節中の破裂子音/p/ 発音時には、常に音声波形より十分早い時期に鼻咽腔が閉鎖と最大運動に達しており、母音と統計学的に有意の差を認めた。この時間上の区別は、母音と破裂子音/p/ の性質の違いによるものと考えられる。即ち、母音は、声帯振動によって生じた呼気の乱れによって生じる声帯音が、口腔の形態変化によって共鳴変化を受け、各母音

としての特徴が与えられる。[34] 従って、声帯音の発生とほぼ同時に、適切な共鳴腔が形成されれば正しい母音が形成されることになる。鼻咽腔は、この共鳴腔の形成にあたって、鼻腔と口腔を遮断するという役割を持ち、正常人被験者においては、音声波形開始とほぼ同時に閉鎖と最大運動に達していた事実は、上記の母音の形成機構を考慮すると、合目的なことと理解できる。これに対し子音は、呼気流が、舌、唇、歯などにより遮られ、そのことにより衝撃的に発生する噪音であり、[35] エネルギー的には空気圧が音エネルギーに置換されたものとされている。松矢、[36] 待田[37]は破裂子音発音前の口腔内圧の獲得に関する重要性を示唆し、さらに、内圧最大値が時間的に大きく偏していると口腔内圧の音エネルギーへの変換が不完全になり、明瞭性が低下すると述べている。本研究で用いた被検音/p/のエネルギー源となるものは、構音点（口唇）より後方に蓄積された空気圧である。従って、

正常人被験者の/p/発音に際し、音声開始前ある一定の時間帯に鼻咽腔閉鎖時点と最大運動時点がみられたのは、この口腔内圧形成とそれに続く音エネルギー変換に関連した時間的制御によるものと考えられる。なお、母音での最大運動は、発音中持続されるのに対し、破裂子音/p/での最大運動は瞬間的なものであった。これは、母音での最大運動は共鳴腔の形成そのものであり、破裂子音/p/での最大運動は鼻咽腔閉鎖圧の最大時、口腔内圧の最大時と関連しているからと考えられる。さらに、5母音間において、高母音は低母音に比べて有意に早く閉鎖と最大運動に達する傾向を示した。これは、鼻咽腔が共鳴腔の一部を形成する際に、各母音に応じた運動時間を有している可能性が考えられ、舌運動などと併せて今後究明する必要があると思われる。一方、無意味音節中の/p/音では、前後の条件によりＴＣ、ＴＭの値に有意の差を認めた。これは、一連の構音動作の過程で/p/が様々

な修飾を受ける、所謂 coarticulation effectの結果と考えられる。しかし、ＴＣ，ＴＭは、それぞれ-170±23msec. ～-140±22msec.、-114±23msec. ～ -92±22msec. の範囲にあり、これから大きく逸脱する傾向は正常人被験者の中では認められなかった。

側方蛍光Ｘ線を用いた和田[26]の研究結果も、本実験と同様の傾向を示していた。さらに、三村[10]の筋電図を用いた正常人被験者における軟口蓋の筋活動に関する研究では、発音時における軟口蓋の筋活動パターンが語音間で異なり、筋電図最大値および筋活動最大時点において明確な区別が認められたと述べている。ちなみに筋活動最大時点は、母音/a/では -14±56msec.、破裂子音/pa/では-143±52msec. と報告されている。これは、本実験で NPFを用いて求められた、即ち、視覚的に確認された実際の鼻咽腔の動きより、約50msec. 程早い傾向を示している。一般に、筋肉の活動電位が実際の運動より早期に生ずるこ

とを考慮すると、両者の結果は、鼻咽腔閉鎖関連筋の電気的興奮とそれに続く実際の動きを良く説明していると考えられる。広瀬[38]は、米国人における内視鏡と筋電図を用いた研究結果として、口蓋帆挙筋筋電図のピークが口蓋帆の挙上のピークに比べて 60msec.から110msec.先行すると述べ、他言語系においても同様の傾向があることを示している。以上、実験Ⅰによって、構音時の鼻咽腔閉鎖運動は、語音に応じた、さらに当該語音の前後の状況に規定された時間的制御のもとに営まれていることが強く示唆された。

実験Ⅰの結果において、ＴＣ，ＴＭの測定値に男女間の差異は認められなかった。一般に鼻咽腔運動に関する性差については、それが個体差によるものか、男女差によるものかという点で不明確な場合が多い。しかし、音声学的に男性と女性の音声が異なっていることや、軟口蓋の挙上速度に男女間で差を認めている報告[29]などがあることから、時間的制

御の面でもさらに究明する必要があると考えられた。

鼻咽腔閉鎖不全患者における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御に関して

鼻咽腔閉鎖不全患者における最大運動時点（ＴＭ）は、正常人群と異なる傾向を示し、さらに症例により種々な値を示した。しかし、各症例のＴＭの値を概括すると、20名の患者を３群に大別することが可能であった（Ａ群：６名、Ｂ群：４名、Ｃ群：10名）。

Ａ群とＢ群における母音のＴＭは、正常人群のＴＭと近似していた。これは、鼻咽腔が完全閉鎖を営まなくても、鼻咽腔は母音発音の際に適切なタイミングで共鳴腔の一部を形成することが可能であるためと考えられる。日本語話者では、低母音/a/で鼻咽腔閉鎖が認められないものが観察されることや、[2] 米

語話者での単母音発音中、11～38％に鼻咽腔閉鎖が認められないことなどが報告されている。[22] 即ち、本実験結果は、一部の者では鼻咽腔閉鎖がなされていなくても、聴覚による正しいfeedbackなどによって母音共鳴腔を形作るための学習が可能であることを示唆しており、さらに、母音発音が必ずしも鼻咽腔の完全閉鎖を必要とせずに遂行される可能性を裏付けていると考えられる。破裂子音/p/のTMは、A群では正常人群同様に母音のTMと時間上の区別を認めたものの（/p/＜母音）、正常人群のTMに比べて有意に遅れていた。B群では、A群よりもさらに遅れを示し、母音と時間上の区別を認めなかった。破裂子音/p/の構音法は、聴覚ならびに口腔内圧知覚を介したfeedbackなどによって学習されるため、鼻咽腔閉鎖不全によって口腔内圧の上昇が困難である場合、正しい構音動作が確立されないものと考えられる。C群では、母音および/p/でのTM共に、正常人群のTMと

有意の差を示し、さらに、母音での測定値の分散が正常人群より有意に大きい傾向を示した。母音発音の際に鼻咽腔の閉鎖が必ずしも必要でなく、閉鎖不全が存在しても母音発音のための正常なタイミングが確立されることは既に述べた。従ってC群の症例は、聴覚による feedback で学習困難なほどの外見上判定困難な鼻咽腔の構造上の欠陥、あるいは学習のための機能の欠陥が存在する可能性を示唆している。この点については、さらに種々な方法により検討する必要があると考えられる。

口蓋裂患者を用いて鼻咽腔閉鎖運動の時間分析を行なった和田[26]は、不良群では軟口蓋と舌の運動時点の分散が極めて大きく定時性が全く欠如していると述べている。また、三村[10]の筋電図を用いた研究では、口蓋裂患者群は正常人群に比べて/pa/発音時の筋活動最大時点が遅れており、さらに、母音/a/の最大時点との間に有意差を示さなかったと報告

している。これらの結果は、実験Ⅱの鼻咽腔閉鎖不全患者例にみられた一部の傾向と類似したものである。このように鼻咽腔閉鎖不全例では、単に空間的な閉鎖不全を認めるのみでなく、閉鎖運動の時間的制御の面においても正常人群とは異なり、その程度も多様であることが明らかとなった。

鼻咽腔閉鎖の可否および閉鎖運動の時間的制御、さらに語音の聴覚判定との相互の関係について検討する目的で、これら20名の鼻咽腔閉鎖不全患者に対し、咽頭弁移植術を施し、術前、術後の病態について分析した。

先ず、咽頭弁移植術後の鼻咽腔運動の時間的制御の変遷について検討する目的で、繰り返し観察の可能であった一部の症例について、経時的にＴＣ’，ＴＭ’の測定を行なった。Ａ群に属した症例３，６と、Ｂ群に属した症例７，９では、術前の母音の最大運動時点が正常人群のＴＭと近似しており、その傾向は術後６～12カ月時に亙って同様であった。母

音の閉鎖時点については、閉鎖獲得当初、症例３，７，９は、正常人群のＴＣに比べてやや早い値を示し、症例６は、極めて早い値を示していた。術後６～12カ月時になると、早い値を示していたものが次第に正常人群のＴＣに近似する傾向を認めた。一方、破裂子音/p/では、母音のごとく正常人群に比べて早く閉鎖に達する傾向はなく、症例３，７，９では、逆に閉鎖獲得当初、正常人群よりも遅い値を示し、これが次第に正常人群のＴＣと近似するよう変化していた。また、/p/の最大運動時点は、症例３，６，７，９共、正常人群のＴＭに比べて遅れていたものが、次第に正常人群の値に近似する傾向を示していた。母音での鼻咽腔閉鎖が、正常人群に比べて早い時間帯に達する傾向を示したことに関して、鼻咽腔が咽頭弁移植術によって筋束の配列替えを受け、[9] 術前に比べ、より狭小な鼻咽腔隙となり、運動距離が少なくても閉鎖が可能となったためと考えられる。しかし、正常人

群における母音のＴＣが－60～－15msec. であるのに対し、術後患者のＴＣ’は、－300msec.以下のものもあり、単に構造上の狭小化の結果としてとらえるには、余りに大きな差と思われた。また、構造上の変化によって生じたものならば、破裂子音/p/においても同様の傾向が認められるはずであるが、/p/ではむしろ、逆に閉鎖獲得当初は正常人群のＴＣよりも遅れる傾向を示していた。従って、母音では、吸気動作を先行させることにより一定の規制を設けているものの、術後、閉鎖の達成が容易となり、被験者の意識によってvoicingよりかなり早く閉鎖を行なっていた可能性がある。即ち、意識的に早い時期に発音準備のための閉鎖を行なっていたとも考えられる。これに対して、破裂子音は孤立発音の際、不必要に早くから閉鎖運動を準備する傾向が認められているため、[1,37] /p/を無意味音節中に組み入れて規制することにより、被験者の意識を可及的に除去することが可能で

あったと考えられる。また、母音での最大運動時点は、術前、術後を通じて正常人群のTMと近似していたのに対し、/p/ では、術前、正常人群よりも有意に遅れる傾向を示していた。これは前述のごとく、鼻咽腔閉鎖不全が存在するために /p/発音に要する口腔内圧の上昇が困難で、適切な時間的制御が習得されていないためと解釈される。しかし、/p/ での最大運動時点は、術前および閉鎖獲得当初、有意に遅れていたものが、術後6～12カ月時には、次第に正常人群のTMに近似するよう変化を示していた。即ち、鼻咽腔閉鎖の達成、さらに十分な閉鎖圧が獲得されていくに伴い、破裂子音発音に要する口腔内圧の上昇が容易となり、聴覚と口腔内圧知覚を介した feedback などによって、次第に正しい構音法を学習していくことによるものと考えられる。C群に属した症例12,18 は、以上の4名とはさらに異なる傾向を示した。症例12は鼻咽腔閉鎖を達成したものの、術後12カ月時まで母音

のＴＣ’，ＴＭ’の分散は正常人群に比べ有意に大きく、/p/ のＴＣ’，ＴＭ’は正常人群に比べ有意に遅れていた。症例18は、術後、依然として鼻咽腔閉鎖不全を認め、ＴＭ’は母音、/p/ ともに術後12カ月時まで正常人群のＴＭと有意差を認めていた。

このように、Ａ，Ｂ群に属した症例３，６，７，９では、個々に異なった変遷をたどっていたが、術後６～12カ月時には一部の母音でのＴＣ’を除いて、ＴＣ’，ＴＭ’がほぼ正常人群のＴＣ，ＴＭと近似する傾向を示していた。これに対して、Ｃ群に属した症例12，18では、術後12カ月時まで正常人群の値と有意差を示していた。

全20症例における術後の測定ならびに聴覚判定は、６カ月以上経過した後に行なった。

図11は、術前、術後の聴覚判定結果の推移を示したものである。Nasality Rating；ＮＲ，Intelligibility Rating；ＩＲをみると、Ａ群に属する症例は、術前、ＮＲ 1.8～2.8

（平均2.15±0.33）、ＩＲ 2.3～3.8（平均2.62±0.55）であったものが、術後は、全例１以下という聴覚判定上の良好の基準に達していた。Ｂ，Ｃ群は、Ａ群に比べて術前の聴覚判定の評価は低かったが、術後、Ｂ群の全例が、１以下、即ち良好の基準に達し、Ｃ群は全例、良好の基準に達していなかった。

表12に、術前、術後の閉鎖度および時間的制御の測定結果と聴覚判定結果の総覧を示した。術前、母音での最大運動時点（ＴＭ）が正常人群に近似していた症例では、術後、閉鎖の獲得に伴い、一部の症例の母音でのＴＣ’を除いて、母音、/p/ 共にＴＣ’，ＴＭ’がほぼ正常人群のＴＣ，ＴＭと近似する傾向を示し、全例が聴覚判定において良好と診断された。このことから、母音構音に際しての共鳴腔形成に関する正しい時間的制御を習得していたものは、鼻咽腔閉鎖の獲得後の構音の再学習が容易であることが推察される。Ｃ群の術後の傾向は一定せず、様々な症例が存在

したが、術後、閉鎖を獲得した症例においても、概して母音、/p/ 共にＴＣ’，ＴＭ’は正常人群の値と有意差を認め、特に、/p/ でのＴＣ’，ＴＭ’は、依然として正常人群に比べ遅れる傾向を示していた。さらに、聴覚判定においても、全例が良好の基準に達しなかった。このことは、鼻咽腔閉鎖の獲得が、良好な鼻咽腔閉鎖機能を賦活していく可能性を示すものの、閉鎖獲得＝良好な鼻咽腔閉鎖機能ではないという事実を意味している。また、Ｃ群に属する症例は、Ａ群、Ｂ群に属するものより時間的制御の習得に長期間を要するものとも考えられ、この点についてはさらに検討の余地があると思われる。

以上、実験Ⅱに用いた20症例の測定結果を見る限り、咽頭弁移植術によって鼻咽腔閉鎖の改善がなされれば、語音に応じた閉鎖や最大運動の適切なタイミングが再学習される可能性のあることが明らかとなった。そのなかでも、術前より母音構音時のタイミング（最

大運動時点）が良好なものは、比較的早期（6カ月～12カ月）に、鼻咽腔閉鎖の獲得とあいまって、他の構音器官（本実験では声帯や口唇）と時間的に協調した良好な鼻咽腔閉鎖機能を習得できるものと考えられる。なぜ、鼻咽腔閉鎖不全患者の中に、母音構音時のタイミングが良好なものと、不良なものとが混在しているかという問いに対する明確な解答は現在のところない。これについては、今後聴覚によるfeedback機構を解明し、母音学習の過程について究明する必要があると考えられる。

本実験で用いた鼻咽腔閉鎖不全患者では、20名中8名において、咽頭側壁の最大運動時点が軟口蓋のそれよりも遅れる傾向を認めた。これは、本来観察すべき閉鎖面レベルよりも下方の部位の運動を観察していたためと推察された。その理由として、閉鎖面レベルよりも下方での咽頭側壁の運動は軟口蓋運動に時間的なズレをもって追従するという新美[8]の

報告に加え、鼻咽腔閉鎖不全患者では正常人に比べて鼻咽腔の運動が少ないためにNPFの光が下方まで到達し、この8名については本来の閉鎖面レベルよりも下方の部位で測定時点の判定を行なっていた可能性が強いと考えられる。ちなみにUnified velopharyngerl plasty法による咽頭弁移植術後の測定では、20名全例において、鼻咽腔隙前縁と外側縁（それぞれ軟口蓋部と咽頭側壁部に相当）での最大運動時点は、全て一致していた。これは、本手術法による術後の鼻咽腔隙の周囲には口蓋帆挙筋のループが形成されるため、[9] 鼻咽腔隙前縁と外側縁は同一筋によって運動を行なうことから、当然の結果と理解される。このことからも、術前に咽頭側壁の最大運動が軟口蓋に遅れて見られた症例では、本来の閉鎖面よりも下方、即ち、上咽頭収縮筋による運動部位を観察していたものと推測される。新美[8]は、上咽頭収縮筋から鼻咽腔閉鎖に無関係の筋活動を得たことから、この筋の発話

時における鼻咽腔閉鎖への関与を否定している。従来、一般に論じられてきた、咽頭側壁運動の良否が咽頭弁移植術の予後に大きく関与するという意見は[39~42]、特に正面X線法の場合、本来の閉鎖面レベルより下方、即ち上咽頭収縮筋による運動部位を観察していたことによるものが多いと考えられる。本実験結果では、本来の閉鎖面より下方での側壁運動を観察していたと考えられた8名のうち4名が、術後、良好な鼻咽腔閉鎖機能と聴覚判定結果を得た。一方、閉鎖面と一致した部位で側壁運動が観察された症例においても、12名中6名が術後良好な結果を得た。この事実は、側壁運動がいかなる部位で観察されても、それが予後を推量する決定的な判断基準とはなり得ないことを示している。術前の鼻咽腔閉鎖運動をその時間的制御の面から観察した場合、いずれの部位で側壁運動が観察されようとも、母音での軟口蓋の最大運動時点が正常人群と近似していた場合は、咽頭弁移植術の予後は

良好であった。従って、側壁運動の観察よりむしろ軟口蓋の運動タイミングを知ることが、Unified velopharyngerl plasty 法などの上茎弁法による咽頭弁移植術の予後を推測する上で、意義があると考えられる。

さらに、鼻咽腔閉鎖に関連した咽頭側壁運動の観察に際して、その部位（高さ）に関しての注意が必要であり、これは、内視鏡、X線法、さらに超音波[30,43~45]、圧測定[46]などの分析手段についても共通して留意すべき事項であると考えられた。

従来、鼻咽腔閉鎖不全症に関して、主に閉鎖運動の空間的な面からその診断がなされていたため、咽頭弁移植術の予後についても、主に鼻咽腔閉鎖の可否という点で評価されていた。しかしながら、鼻咽腔閉鎖不全の改善とは即ち、良好な鼻咽腔閉鎖機能の獲得であり、これは閉鎖の可否のみならず、他の様々な因子が関与するものと考えられるが、本研究においては、閉鎖運動のタイミングが極め

て重要な因子であることが明らかとなった。これまで、鼻咽腔閉鎖不全症患者における閉鎖運動のタイミングと、咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖機能の良否との関連を解明しようとした研究は全くなされていない。本研究によって、この閉鎖運動タイミングの測定（本研究で示された事実としては母音の最大運動時点を知ること）が、鼻咽腔閉鎖不全症の予後を推測する上で重要な因子になるものと考えられた。

以上の結果、本研究は、鼻咽腔閉鎖不全患者の言語改善を目的とした外科的処置ならびに言語治療を行なう上で、極めて重要な示唆を与えるものと考える。

総　　括

鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御について解明する目的で、NPF-Video 法を考案し、正常人ならびに鼻咽腔閉鎖不全患者の鼻咽腔閉鎖運動タイミングの測定を行なった。さらに、鼻咽腔閉鎖不全患者に咽頭弁移植術を施し、その予後と閉鎖運動タイミングとの関係を検討した。結果は以下のごとくである。

１．NPF-Video 法は鼻咽腔閉鎖運動の観察に有用で、計測値の信頼性の高いことが判明した。さらに、人体への為害性の少なさ、画像と音声同期の正確さ、機械操作の簡便さなどにおいては、従来の蛍光Ｘ線映画法に比べて優れていると考えられた。

２．NPF-Video 法による鼻咽腔閉鎖運動の逐次的観察では、発音の自由性を抑制した条件下で、音声波形開始時点を基準にした鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、最大運動時点（ＴＭ）が最も信頼できる測定時点であることが判明し

た。

3．正常人において、連続的な軟口蓋変位量と咽頭側壁変位量との間に高い相関を認め、さらに両者の対応する運動時点の測定値が完全に一致したことから、軟口蓋と咽頭側壁が閉鎖面レベルでは同期して運動を行なっていることが明らかとなった。このことより、閉鎖面レベルでの咽頭側壁運動は、口蓋帆挙筋によるものと考えられた。

4．正常人における鼻咽腔閉鎖運動の時間的制御については、母音と破裂子音/p/との間で明らかな相違があった。母音では、-60±28 msec.～-15±23 msec.で閉鎖に達し、45±30 msec.～63±28 msec.で最大運動に達していた。一方、破裂子音/p/では、-170±23 msec.～-140±22 msec.で閉鎖に達し、-114±23 msec.～-92±22 msec.で最大運動に達していた。さらに母音間では、高母音が低母音に比べて早くに閉鎖と最大運動に達する傾向を示し、無意味音節中の破裂子音/p/は音

節中の位置や後続母音の相違により、ＴＣ，ＴＭの値に差異を認めた。

また、男女間によるＴＣ，ＴＭの相違は認められなかった。

５．鼻咽腔閉鎖不全患者では、単に空間的な閉鎖不全を認めるのみでなく、閉鎖運動の時間的制御の面においても正常人群と異なる傾向を示し、その程度も多様であった。各症例毎にＴＭの測定値を正常人群の値と比較することにより、20名の患者を３群（Ａ群６名，Ｂ群４名，Ｃ群10名）に分類することが可能であった。

６．鼻咽腔閉鎖不全患者に咽頭弁移植術を施した結果、術前に母音のＴＭが正常人群のＴＭと近似していたＡ，Ｂ群の全10名は、術後、鼻咽腔閉鎖の獲得とともにＴＣ’，ＴＭ’の測定値が母音、破裂子音/p/ 共に正常人群の値に近似するようになり、聴覚判定にて良好と診断された。これに対しＣ群では、10名中の７名が鼻咽腔閉鎖を獲得したが、10名とも

ＴＣ’，ＴＭ’の測定値は正常人群の値と有意差を示し、聴覚判定において不良と診断された。このことから、鼻咽腔閉鎖不全症の診断に際して、母音の最大運動時点（ＴＭ）を知ることが、予後を推測する上で極めて重要な因子になるものと考えられた。

７．鼻咽腔閉鎖不全患者において、咽頭側壁の最大運動時点が、軟口蓋のそれに比べて遅れて見られるものが存在した。これは、閉鎖面レベルよりも下方での咽頭側壁運動を観察していたことによるものと推察された。即ち、閉鎖面レベルよりも下方での咽頭側壁運動は軟口蓋の閉鎖運動と同調していないものと判断され、従来論じられてきたこの部位での側壁運動の良否が、鼻咽腔閉鎖不全症の予後と直接関係するものとは考えられなかった。

稿を終えるに臨み、本研究を命ぜられ、かつご指導とご鞭達を賜わった大阪大学歯学部口腔外科学第一講座宮崎　正教授に深甚なる謝意を表するとともに、研究計画の立案と研究の実施にあたり終始ご懇切なるご指導を賜わった口腔外科学第一講座伊吹　薫博士に衷心より謝意を表します。また、研究を進めるにあたり、ご懇切なるご指導を賜わった口腔外科学第一講座松矢篤三助教授に深く感謝するとともに、施設の使用に快いご協力と深いご理解をいただいた顎口腔機能治療部副部長和田　健講師に謝意を表します。あわせてこの研究に対して種々ご協力下さった口腔外科学第一講座、顎口腔機能治療部教室員諸兄に心からお礼申し上げます。

本論文の一部は第7回日本口蓋裂学会総会（昭和58年7月　新潟市）、第8回日本口蓋裂学会総会（昭和59年5月　高知市）、第29回日本口腔外科学会総会（昭和59年7月　札幌市）、第9回日本口蓋裂学会総会（昭和60年7月　大阪市）において発表した。

文　献

1）菅井敏郎，伊吹　薫，松矢篤三　他：鼻咽腔内視鏡ビデオ(NPF-Video) を用いた鼻咽腔運動分析に関して．日口蓋誌，8：217-227,1983.

2）山岡　稔：内視鏡による口蓋裂患者の鼻咽腔閉鎖運動に関する研究．日口外誌，19：29-43,1973.

3）Matsuya,T., Miyazaki,T. and Yamaoka, M.: Fiberscopic examination of velopharyngeal closure in nomal individuals. Cleft Palate J.,11:286-291, 1974.

4）Miyazaki,T., Matsuya,T. and Yamaoka, M.: Fiberscopic methods for assessment of velopharyngeal closure during various activities. Cleft Palate J.,12:107-114, 1975.

5）Matsuya,T., Yamaoka,M. and Miyazaki,

T.:A fiberscopic study of velopharyngeal closure in patients with operated cleft palates. Plast.& Reconstr.Surg.,63:497-500,1979.

6) Ibuki,K., Karnell,M.P. and Morris,H.L.: Reliability of the nasopharyngeal fiberscope (NPF) for assessing velopharyngeal function. Cleft Palate J.,20:97-104, 1983.

7) Moll,K.L. and Shringer,T.H.: Preliminary investigation of velar activity during speech. Cleft Palate J., 4:58-63,1967.

8) 新美成二：発話時における咽頭側壁の動態：鼻咽腔閉鎖機能を中心として．日耳鼻，84:709-721,1981.

9) 松矢篤三，宮崎　正：咽頭弁移植術．宮崎　正編集；口蓋裂；その基礎と臨床．450-464,医歯薬出版，東京，1982.

10) 三村　保：鼻咽腔閉鎖運動時の軟口蓋筋

活動に関する筋電図学的研究．阪大歯学誌，17:1-16,1972.

11) Randall,P., O'Hara,E. and Bakes,F.P.: A simplified X-ray technique for study of soft palate function in patient with poor speech. Plast.& Reconstr.Surg.,21:345-356,1958.

12) Buncke,H.J.: Manometric evaluation of palatal function in cleft palate patients. Plast.& Reconstr.Surg.,23:148-158.1959.

13) 成毛二郎：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，67:180-221,1967.

14) 吉田　広：軟口蓋造影X線規格写真撮影法による鼻咽腔諸組織の形態ならびに機能に関する研究：第1報　軟口蓋造影X線規格写真撮影法について．口病誌，41:1-19,1974.

15) 吉田　広：軟口蓋造影X線規格写真撮影法による鼻咽腔諸組織の形態ならびに機能に

関する研究：第２報　鼻咽腔閉鎖不全例の鼻咽腔諸組織の形態ならびに動態観察について．口病誌，41:21-58,1974.

16) Simpson,R. and Colton,J. : A cephalometric study of velar stretch in adolescent subjects. Cleft Palate J.,17: 40-47,1980.

17) Moll,K.L.: A cinefuluorographic techniques in speech research. J.Speech Hearing Res.,3:227-241,1960.

18) Bjork,L.: Velopharyngeal function in connected speech. Acta Radiol.Suppl., 202, 1961.

19) Bjork,L. and Nylen,B.O. : Cineradiography with synchronized sound spectrum analysis.Plast.& Reconstr.Surg. ,27:397-412,1961.

20) Warren,D.W. and Hofmann,F.A. : A cinefuluorographic study of velopharyngeal closure.Plast.& Reconstr.

Surg.,28:656-669,1961.

21) Nylen,B.O.: Cleft palate and speech. Acta Radiol.Suppl.,203,1961.

22) Moll,K.L.: Velopharyngeal closure on vowels. J.Speech Hearing Res.,5:30-37,1962.

23) 梅野正義：高圧レ線映画による語音発音時の軟口蓋並びに舌根部運動に関する研究．耳鼻臨床，55：305-340,1962.

24) 広戸幾一郎，平野実，梅野正義：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，56：516-530,1963.

25) Moll,K.L.: A cinefuluorographic study of velopharyngeal function in nolmals during various activities. Cleft Palate J.,2:112-122,1965.

26) 和田卓郎：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．阪大歯学誌，13：105-122,1968.

27) Fritzell,B.: The velopharyngeal

muscles in speech. Acta. Oto-Rhino-Laryng. Suppl., 250, 1969.

28) Moll, K.L. and Daniloff, R.G. : Investigation of the timing of velar movement during speech. J. Acoust. Sos. Am., 50: 678-684, 1971.

29) Kuehn, D.P.: A cineradiorographic investigation of velar movement variables in normals. Cleft Palate J., 13: 88-103, 1976.

30) 中野　久：口蓋裂患者の鼻咽腔閉鎖機能診断への超音波の応用に関する研究：第1報　超音波による咽頭側壁運動観察に関する基礎的検討．日口蓋誌，9：84-99, 1984．

31) Dickson, D.R. : Normal and cleft palate anatomy. Cleft Palate J., 9, 280-290, 1972.

32) Honjo, I., Harada, H. and Kumazawa, T. : Role of the levator veli palatini muscle in movement of the lateral

pharyngeal wall. Arch.oto-rhino-laryng., 212,93-98,1976.

33) Dickson,D.R.: Anatomy of the normal velopharyngeal mechanism.Clin.Plast.Surg.,2:235-248,1975.

34) 崎田道臣：聴力障害児の発音様式に関する研究．九州歯界誌，28：343-354,1974.

35) 河村洋二郎：口腔生理学．158-232,永末書店，京都，1966.

36) 松矢篤三：口蓋裂患者の異常音声に関する基礎的研究．阪大歯学誌,13:45-57,1968.

37) 待田順治：口蓋裂患者における発音準備時間と発声機序に関する研究．阪大歯学誌，13：13-26,1968.

38) 広瀬　肇：調音時の鼻咽腔閉鎖機構：筋電図学的知見を中心に．日耳鼻，76：1349-1359,1973.

39) Skolnick,M.L. and McCall,G.N. : Velopharyngeal competence and incompetence following pharyngeal flap

surgery : Video-fuluoroscopic study in multiple projections. Cleft Palate J.,9: 1-12,1972.

40) Skolnick,M.L. and McCall,G.N. : A radiographic technique for demonstrating the causes of persistent nasality in patient with pharyngeal flaps.British J. Plast.Surg.,26:12-15,1973.

41) Argamaso,R.V., Shprintzen,R.J., Strauch,B.,et al.,: The role of lateral pharyngeal wall movement in pharyngeal flap surgery: Plast.& Reconstr.Surg.,66: 214-219,1980.

42) Shprinzen,R.J., MacCall,G.N. and Skolnick,M.L.: The effect of pharyngeal flap surgery on the movements of the lateral pharyngeal walls: Plast.& Reconstr.Surg.,66:570-573,1980.

43) Minifie,F.D., Hixon,T.J., Kelsey,C.A .,et al.,: Lateral pharyngeal wall

movement during speech production. J. Speech Hearing Res.,13:584-594,1970.

44) Skolnick,M.L. Zagzebski,J.A., and Watkins,K.L.: Two dimensional ultrasonic demonstration of lateral pharyngeal wall movement in real time : A preliminaly report. Cleft Palate J.,12:299-303,1975.

45) 斎藤健一：鼻咽腔閉鎖機能不全患者の咽頭側壁の運動様式に関する研究．日口蓋誌：9,71-83,1984.

46) 上田　昇：圧変化よりみた各種機能時の鼻咽腔閉鎖動態に関する研究：第一報　閉鎖圧測定方法について．日口蓋誌，2：1-11,1977.

Timing of Velopharyngeal Movement during Speech: Analyses by NPF-Video Recording System

Toshiro Sugai

The 1st Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Osaka University Faculty of Dentistry

Nasopharyngeal fiberscope (NPF) coupling with the video recording system was utilized to analyze the timing of velopharyngeal movement during speech. The timing of velopharyngeal closure (TC) and timing of maximum velopharyngeal movement (TM) were determined based on the time of voicing or articulatory release. The participants were 20 normal subjects speaking of Kansai dialect of Japanese language and 20 patients with spatial velopharyngeal incompetence. The superior based pharyngeal flap operation (Unified velopharyngeal plasty) were given to the 20 patients by one surgeon, and the differences of the timing of velopharyngeal movement among pre and post surgical conditions in those patients were also investigated.

The present study indicated the following results.

1) The normal subjects demonstrated that the closure and maximum movement of the velopharynx were provided with the programmed timing which was appropriate to the sound produced.

2) The twenty patients with VPI presurgically showed several types of the temporal controls of the velopharyngeal movement different from the timing of the normals. TC was not measured because of a lack of complete closure. The patients were grouped into three categories based on TM measurement. Group A (6 patients) showed statistically similar TM of vowels to those of the normals, and indicated the temporal difference of TM between vowels and consonant /p/. Group B (4 patients) showed only statistical coincidence of vowel TM with those of the normals. Group C (10 patiens) showed no statistical similarity of the temporal control of velopharyngeal movement to those of the normals.

3) The ten patients categorized into Group A and B with similar vowel TM to those of the normals showed remarkable improvement of the velopharyngeal closure in both timing and spatial closing mechanism. The post-surgical measurement of TC was statistically coincided to those of the normals. Intelligibility of the sound examined was also improved. To the

contrary, the patients categorized into Group C showed no improvement of the temporal control of the velopharyngeal closure nor sound intelligibility, though several patients achieved complete velopharyngeal closure after the pharyngeal flap surgery.

4) The present data indicated that the knowledge concerning the vowel TM provided the prognostic evaluation of the velopharyngeal incompetence for the pharyngeal flap surgery.

Key words: velopharyngeal movement, timing, vowels, pressure consonant/p/, pharyngeal flap operation

表1　NPF-Video画像上での計測値の読みとり誤差
（2検者間の計測値相関係数）

	相関係数	計測標準誤差 (9インチモニターTV上の値)
軟口蓋変位量 (n=100)	0.99	±0.46mm
咽頭側壁変位量 (n=100)	0.76	±1.99mm
鼻咽腔前後径 (n=100)	0.95	±0.72mm

表2　NPF-Video 画像と側方蛍光X線Video 画像における軟口蓋変位量計測値の相関

	相　関　係　数
軟口蓋変位量　(n=100)	0.96

表3　鼻咽腔閉鎖運動における逐次的分析時点の選定

		/a/ 被験者 1	2	3	4	1～4 平均	/i/ 被験者 1	2	3	4	1～4 平均
音声波形開始時点を基準	運動開始時点	-16.0 (12.0)	-14.0 (4.4)	-12.8 (6.2)	-18.4 (27.4)	-15.3 (17.0)*	-21.6 (36.2)	-21.2 (74.2)	-17.0 (10.0)	-17.8 (7.8)	-19.4 (36.1)*
	閉鎖時点	-1.8 (0.6)	-1.4 (0.6)	-1.4 (1.0)	-3.0 (2.0)	-1.9 (1.5)	-4.4 (1.0)	-5.8 (1.4)	-4.0 (0.4)	-5.4 (1.0)	-4.9 (1.5)*
	最大運動時点	3.8 (0.6)	3.0 (0.4)	3.0 (0.4)	2.6 (1.0)	3.1 (0.8)	2.8 (1.0)	1.4 (0.6)	1.4 (1.0)	1.8 (0.6)	1.9 (1.0)*
	開放開始時点	27.8 (11.4)	27.4 (25.8)	15.2 (16.6)	20.0 (12.4)	22.6 (44.4)*	30.0 (22.0)	25.4 (9.0)	23.2 (15.8)	20.0 (3.2)	24.7 (25.7)*
	開放完了時点	39.4 (11.8)	40.0 (26.0)	41.4 (31.0)	30.2 (13.4)	37.8 (40.1)*	43.4 (39.0)	39.4 (9.8)	39.2 (23.8)	31.0 (5.2)	38.3 (39.8)*
音声波形終了時点を基準	運動開始時点	-44.2 (24.2)	-43.8 (19.0)	-33.0 (2.8)	-35.8 (26.2)	-39.2 (42.1)*	-51.4 (65.8)	-49.0 (69.2)	-34.4 (29.0)	-34.2 (11.4)	-42.3 (107.8)*
	閉鎖時点	-30.4 (8.2)	-31.2 (10.2)	-22.0 (11.2)	-20.8 (4.2)	-26.1 (26.6)*	-34.4 (11.0)	-33.8 (8.6)	-21.6 (8.2)	-21.4 (2.6)	-26.0 (47.4)*
	最大運動時点	-25.0 (10.0)	-26.8 (8.6)	-17.6 (12.6)	-15.0 (4.0)	-21.1 (33.1)*	-27.2 (10.2)	-24.6 (8.6)	-16.2 (9.0)	-14.2 (3.0)	-21.0 (41.9)*
	開放開始時点	-0.8 (5.4)	-2.4 (11.4)	-5.2 (35.0)	2.4 (5.8)	-1.5 (22.0)*	-0.2 (4.6)	-2.4 (7.0)	5.6 (10.6)	4.0 (5.2)	1.8 (17.1)*
	開放完了時点	11.8 (5.0)	10.6 (7.4)	21.2 (11.8)	13.0 (4.8)	14.2 (24.5)*	13.4 (12.6)	11.8 (11.0)	22.0 (7.6)	15.0 (5.2)	15.6 (24.2)*

平均値／（分散）　単位 fi. 1fi.=1/60sec.　　f 検定（有意水準５％）　＊：有意差あり

表4　正常人20名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の測定値（上段はビデオの fi. 数、下段は msec. に換算して表示）

	ＴＣ			ＴＭ		
	平均値	分散	標準偏差	平均値	分散	標準偏差
/i/	-3.6	2.8	1.7	2.7	3.1	1.8
/a/	-0.9	2.0	1.4	3.8	2.8	1.7
/u/	-3.6	2.9	1.7	2.8	3.0	1.7
/e/	-2.9	2.5	1.6	2.7	2.6	1.6
/o/	-2.8	2.9	1.7	3.3	2.5	1.6
/anapa/	-10.0	2.5	1.6	-6.3	1.4	1.2
/panana/	-8.8	4.2	2.0	-5.7	1.6	1.3
/npana/	-8.4	1.6	1.3	-5.6	1.1	1.0
/anpa/	-10.2	1.9	1.4	-6.8	1.4	1.2
/papapa/	-8.7	4.3	2.1	-5.5	1.7	1.3
/npunu/	-9.7	2.8	1.7	-6.8	2.0	1.4 fi.

1fi.=1/60 sec.

/i/	-60	781	28	45	865	30
/a/	-15	558	23	63	781	28
/u/	-60	809	28	47	837	28
/e/	-48	697	27	45	725	27
/o/	-47	809	28	55	697	27
/anapa/	-167	697	27	-105	390	20
/panana/	-147	1171	33	-95	446	22
/npana/	-140	446	22	-94	307	17
/anpa/	-170	530	23	-114	390	20
/papapa/	-145	1199	35	-92	474	22
/npunu/	-162	781	28	-114	558	23 msec.

n=100（/a/ＴＣのみ n=80）

表5　母音と破裂子音/p/ における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の有意差検定

TC	/i/	/a/	/u/	/e/	/o/
/ anapa /	27.661 <	42.683 <	27.403 <	31.593 <	30.809 <
/ panana/	19.556 <	31.568 <	19.417 <	22.679 <	22.405 <
/ npana /	22.768 <	39.330 <	22.514 <	27.026 <	26.266 <
/ anpa /	30.291 <	46.856 <	29.974 <	34.627 <	33.607 <
/ papapa/	19.044 <	30.920 <	18.991 <	22.131 <	21.878 <

TM	/i/	/a/	/u/	/e/	/o/
/ anapa /	42.214 <	49.036 <	43.165 <	44.774 <	48.368 <
/ panana /	38.552 <	45.063 <	39.433 <	40.782 <	44.225 <
/ npana /	40.297 <	47.360 <	41.277 <	42.933 <	46.672 <
/ anpa /	44.559 <	51.463 <	45.537 <	47.262 <	50.887 <
/ papapa /	37.240 <	43.621 <	38.093 <	39.346 <	42.724 <

t 検定（有意水準 0.1％）　＜：有意差あり
－：有意差なし

表6　5母音間での鼻咽腔閉鎖時点（TC）、鼻咽腔最大運動時点（TM）の有意差検定

TC	/a/	/u/	/e/	/o/
/i/	12.262 <	0.000 —	3.025 —	3.334 <
/a/		12.136 >	9.381 >	8.540 >
/u/			2.997 —	3.305 <
/e/				0.428 —

TM	/a/	/u/	/e/	/o/
/i/	4.505 <	0.403 —	0.000 —	2.523 —
/a/		4.132 >	4.710 >	2.161 —
/u/			0.421 —	2.121 —
/e/				2.644 —

t 検定（有意水準 0.1%）　$\lessgtr$：有意差あり
ー：有意差なし

表7　種々の無意味音節中の破裂子音/p/ における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の有意差検定

TC	/panana/	/npana/	/anpa/	/papapa/
/anapa/	4.613 <	7.862 <	0.949 —	4.960 <
/panana/		1.653 —	5.640 >	1.229 —
/npana/			9.573 >	1.229 —
/anpa/				5.994 <

TM	/panana/	/npana/	/anpa/	/papapa/
/anpa/	3.447 <	4.405 <	2.973 —	4.521 <
/panana/		0.606 —	6.319 >	1.095 —
/npana/			7.551 >	0.595 —
/anpa/				7.347 <

TC	/npana/
/npunu/	6.166 <

TM	/npana/
/npunu/	6.475 <

t 検定（有意水準 0.1％）　<, > ：有意差あり
－：有意差なし

表8　正常人男女各10名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の性差についての検討

	ＴＣ			ＴＭ		
	男子平均値（分散）	ｔ値	女子平均値（分散）	男子平均値（分散）	ｔ値	女子平均値（分散）
/i/	-3.1 (2.8)	1.913	-4.1 (2.3)	2.9 (2.5)	0.744	2.4 (3.5)
/a/	-0.4 (3.5)	1.072	-1.1 (2.0)	3.8 (2.4)	0.498	4.1 (4.1)
/u/	-2.8 (2.0)	3.320	-4.4 (2.6)	3.0 (2.3)	0.599	2.6 (3.8)
/e/	-2.6 (5.2)	0.639	-3.1 (2.4)	2.9 (2.3)	0.467	2.7 (3.1)
/o/	-2.2 (2.9)	1.565	-3.2 (3.3)	3.4 (2.2)	0.470	3.2 (2.8)
/ anapa /	-9.8 (3.6)	0.597	-10.1 (1.0)	-6.1 (1.8)	1.410	-6.5 (0.6)
/ panana /	-8.4 (3.3)	1.082	-9.3 (4.5)	-5.5 (1.5)	0.924	-5.8 (1.7)
/ npana /	-8.2 (1.3)	1.316	-8.6 (1.8)	-5.5 (0.9)	1.095	-5.7 (1.3)
/ anpa /	-9.6 (1.1)	3.000	-10.7 (2.2)	-6.4 (0.9)	3.417	-7.2 (1.5)
/ papapa /	-8.6 (4.0)	0.292	-8.9 (4.8)	-5.5 (0.9)	0.173	-5.4 (1.6)

単位 fi.　1fi.=1/60sec.

n=50　（ /a/ＴＣのみ男子 n=45,女子 n=35 ）

ｔ検定（有意水準 0.1%）　全ての被検音に有意差なし

表9－a　鼻咽腔閉鎖不全患者（症例1－10）における軟口蓋最大運動時点の測定値と聴覚判定結果

	正常人	症例 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
/i/	2.7 (3.1)	6.7* (0.9)	5.4 (1.8)	5.6* (3.0)	5.3 (0.2)	4.7 (0.9)	1.7 (0.2)	0.4 (1.0)	4.4 (1.0)	3.0 (0.7)	6.3* (1.6)
/a/	3.8 (2.8)	3.3 (1.6)	4.0 (0.4)	2.0 (0.8)	6.7 (0.9)	6.0 (0.7)	2.3 (0.2)	0.8* (1.0)	5.2 (0.6)	2.3 (0.2)	7.0 (0.7)
/u/	2.8 (3.0)	4.3 (2.9)	6.2* (2.6)	5.2 (2.2)	5.0 (0.7)	5.0 (0.7)	2.0 (0.7)	0.4 (1.0)	3.4 (1.0)	2.3 (0.2)	3.7 (0.2)
/e/	2.7 (2.6)	4.7 (1.6)	4.8 (1.8)	4.0 (1.2)	6.3* (0.2)	4.7 (1.6)	2.0 (0.7)	0.6 (1.8)	4.0 (0.8)	2.7 (0.2)	5.0 (0.7)
/o/	3.3 (2.5)	4.0 (0.7)	5.4 (1.8)	2.4 (1.0)	7.3* (0.2)	5.7 (0.9)	2.7 (0.9)	0.4* (0.6)	5.0 (0.8)	2.3 (0.2)	6.0 (0.7)
/anapa/	-6.3 (1.4)	-1.3* (0.9)	-2.2* (0.6)	-2.2* (0.6)	-3.0* (0.7)	-4.3 (0.2)	-2.0* (0.7)	0.4* (0.2)	5.6* (1.0)	2.7* (0.2)	7.3* (0.2)
/panana/	-5.7 (1.6)	-1.3* (0.9)	-2.2* (0.2)	-1.6* (1.0)	-2.3* (0.2)	-3.3 (2.9)	-3.7 (0.7)	-0.4* (1.0)	5.0* (1.2)	1.7* (1.6)	7.3* (0.6)
/npana/	-5.6 (1.1)	-1.3* (0.9)	-1.6* (0.2)	-1.4* (1.0)	-3.3* (0.2)	-1.3* (0.9)	-3.0* (0.7)	0.4* (1.8)	4.6* (0.6)	2.0* (0.7)	6.7* (0.9)
/anpa/	-6.8 (1.4)	-2.0* (0.7)	-2.8* (0.2)	-1.4* (0.6)	-5.0 (2.7)	-2.3* (1.6)	-3.3* (0.2)	0.4* (1.0)	5.0* (0.8)	1.7* (0.2)	7.7* (0.9)
/papapa/	-5.5 (1.7)	-2.0* (0.7)	-0.4* (0.2)	-1.4* (1.8)	-2.7* (0.9)	-1.3* (1.9)	-3.3 (0.2)	0.0* (0.8)	4.4* (1.8)	2.0* (0.7)	7.7* (0.2)
聴覚判定 NR		2.0	2.0	2.3	1.8	2.8	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0
聴覚判定 IR		2.3	2.5	2.5	3.8	2.3	2.3	2.8	3.5	3.8	4.0

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

t検定（有意水準 0.1%）　＊：有意差あり

f検定（有意水準　5%）　＊：有意差あり

表9－b　鼻咽腔閉鎖不全患者（症例11－20）における軟口蓋最大運動時点の測定値と聴覚判定結果

	症例 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
/i/	10.0* (7.6)*	12.7 (24.9)*	5.0 (8.5)*	4.8 (15.7)*	9.0* (2.0)	4.7 (16.9)*	3.6 (28.2)*	2.8 (22.7)*	8.7 (16.9)*	1.0 (17.6)*
/a/	8.4* (5.8)*	10.3 (13.6)*	5.0 (6.5)*	4.3 (30.7)*	10.3* (4.2)	4.7 (13.6)*	-0.4 (19.8)*	4.3 (14.2)*	7.3 (13.6)*	0.8 (12.8)*
/u/	10.4* (4.2)*	7.7 (20.2)*	4.5 (5.3)*	6.5 (84.3)*	11.0* (4.7)	3.7 (24.2)*	15.0* (20.4)*	3.5 (10.3)*	6.7 (24.2)*	-1.0 (32.8)*
/e/	10.4* (5.8)*	14.3 (16.9)*	6.3 (6.7)*	4.5 (30.3)*	9.0* (0.7)	3.0 (20.7)*	-0.6 (13.8)*	7.8 (13.2)*	7.7 (14.9)*	0.4 (34.2)*
/o/	10.4* (5.8)*	9.3 (24.9)*	5.5 (9.3)*	4.3 (28.7)*	10.7* (3.6)	5.7 (24.2)*	-0.4 (15.4)*	7.3 (34.7)*	7.0 (24.0)*	-0.8 (27.8)*
/anapa/	8.4* (2.6)	4.0* (6.0)*	3.3* (1.7)	5.5* (3.3)*	11.0* (4.7)*	3.0* (2.7)	0.4* (4.6)*	3.8* (1.7)	5.0* (2.0)	2.4* (4.6)*
/panana/	5.4* (11.4)*	1.3* (1.6)	2.0* (1.5)	4.3* (1.7)	9.0* (0.7)	2.0* (2.7)	-0.2* (3.0)	4.5* (3.3)	4.3* (1.6)	-0.6* (2.6)
/npana/	6.6* (5.4)*	1.3* (1.6)	3.0* (0.5)	4.5* (1.3)	10.7* (3.6)	3.7* (0.2)	0.4* (1.8)	2.8* (1.7)	4.3* (0.2)	1.0* (2.0)
/anpa/	7.6* (1.0)	2.3* (2.9)	1.3* (0.7)	5.3* (1.2)	11.0* (4.7)	3.3* (2.9)	0.0* (2.0)	3.3* (2.2)	4.3* (1.6)	1.2* (6.2)*
/papapa/	3.6* (9.8)*	4.3* (1.6)	1.5* (1.3)	5.3* (1.7)	9.0* (0.7)	2.0* (2.0)	0.0* (2.0)	2.5* (3.3)	4.0* (0.7)	0.8* (4.6)*
聴覚判定 NR	2.5	3.3	4.0	2.3	4.3	2.5	3.3	4.0	3.3	3.0
聴覚判定 IR	3.3	2.8	4.0	2.8	3.3	4.3	3.8	3.5	4.3	4.8

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

t 検定（有意水準 0.1%）　＊：有意差あり

f 検定（有意水準　5%）　＊：有意差あり

表10　咽頭側壁最大運動時点の測定値：軟口蓋最大運動時点と異なった症例

	症例 1	3	6	9	11	13	15	19
/i/	10.7 (5.6)	8.6 (5.0)	4.7 (0.2)	5.6 (0.2)	12.4 (8.6)	10.5 (2.8)	11.3 (1.6)	15.0 (14.0)
/a/	5.7 (1.6)	4.6 (3.8)	5.3 (0.9)	4.7 (0.9)	10.4 (8.6)	9.0 (6.5)	12.3 (4.2)	11.3 (6.9)
/u/	7.7 (6.9)	7.4 (2.6)	2.7 (1.6)	4.7 (0.2)	13.4 (5.0)	9.5 (5.3)	13.0 (6.0)	13.0 (6.0)
/e/	8.0 (2.0)	7.8 (4.6)	3.7 (1.6)	4.7 (0.2)	13.4 (4.2)	11.3 (3.7)	11.3 (1.6)	15.3 (11.6)
/o/	7.3 (0.9)	5.6 (3.4)	5.0 (0.7)	4.3 (0.2)	13.8 (5.0)	10.3 (8.2)	12.3 (2.9)	15.7 (16.2)
/anapa/	1.5 (0.9)	1.2 (1.0)	1.0 (0.9)	6.3 (0.2)	9.8 (4.6)	5.5 (2.3)	12.0 (4.7)	8.0 (6.0)
/panana/	1.2 (1.4)	1.2 (1.4)	-0.5 (0.7)	2.0 (0.7)	7.0 (2.8)	3.8 (2.2)	10.3 (0.9)	6.3 (3.6)
/npana/	1.0 (0.9)	1.4 (1.0)	0.0 (0.7)	2.7 (0.2)	8.0 (6.8)	5.6 (0.7)	11.0 (2.0)	7.3 (0.9)
/anpa/	1.0 (0.9)	2.0 (0.8)	0.5 (1.0)	5.3 (0.9)	9.2 (1.4)	3.0 (1.0)	11.7 (2.9)	7.0 (4.7)
/papapa/	0.9 (1.0)	2.2 (0.2)	0.0 (0.8)	3.3 (0.2)	6.4 (3.4)	3.3 (1.7)	10.7 (4.2)	6.3 (1.6)

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

表11－a　症例１－10における咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ’）の測定値

	正常人	症例 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
/i/	-3.6 (2.8)	-4.4 (2.6)	-7.2* (3.0)	-6.0 (1.2)		-2.0 (1.6)	-5.6 (4.2)		-3.2 (1.4)	-7.6 (2.6)	-10.2* (3.8)
/a/	-0.9 (2.0)	-3.4* (1.8)	-6.2* (0.4)	-5.8* (3.0)	-8.6* (2.0)	0.8 (3.0)	-4.0* (0.4)	-4.2* (1.4)	-5.6* (1.0)	-5.6* (3.4)	-11.8* (1.4)
/u/	-3.6 (2.9)	-5.0 (4.4)	-2.8 (1.4)	-5.4 (1.0)	-4.6 (4.2)	-1.4 (1.4)	-7.6* (2.2)	-7.4* (3.0)	-7.6* (1.8)	-7.8 (6.2)	-10.8* (1.3)
/e/	-2.9 (2.5)	-4.6 (3.0)	-2.4 (2.2)	-4.8 (0.6)	-5.4 (4.7)	-1.4 (2.2)	-6.0* (2.8)	-5.2 (2.2)	-3.8 (1.8)	-5.6* (1.8)	-13.0* (1.4)
/o/	-2.8 (2.9)	-1.4* (0.2)	-3.0 (0.8)	-5.4 (1.8)	-4.8 (3.6)	0.0* (1.2)	-5.4 (1.0)	-6.8* (1.4)	-5.2 (0.6)	-6.2* (0.6)	-10.4* (2.0)
/anapa/	-10.0 (2.5)	-8.8 (0.6)	-13.4* (2.2)	-8.0 (0.4)	-9.4 (2.2)	-6.0* (0.4)	-9.8 (0.6)	-7.4* (0.6)	-11.6 (1.0)	-8.2 (0.6)	-12.8* (0.6)
/panana/	-8.8 (4.2)	-6.2 (1.0)	-12.0* (1.4)	-7.6 (2.2)	-8.8 (3.8)	-6.0 (1.2)	-9.8 (1.8)	-6.8 (1.4)	-10.4 (4.6)	-7.4 (2.2)	-10.2 (2.2)
/npana/	-8.4 (1.6)	-6.4* (0.2)	-8.8 (1.0)	-7.2 (0.6)	-7.4 (0.2)	-7.2 (3.0)	-7.8 (0.2)	-6.6 (0.2)	-8.8 (0.6)	-7.2 (0.2)	-7.6 (0.6)
/anpa/	-10.2 (1.9)	-8.8 (2.2)	-10.8 (2.6)	-8.4* (0.3)	-11.4 (1.0)	-9.8 (0.6)	-8.4 (1.0)	-8.8 (2.2)	-12.2 (1.8)	-9.4 (0.6)	-8.6 (1.0)
/papapa/	-8.7 (4.3)	-7.2 (1.8)	-10.0 (2.0)	-8.2 (0.6)	-8.6 (0.6)	-6.2 (0.6)	-11.2 (1.8)	-8.0 (2.0)	-10.2 (4.6)	-7.6 (3.4)	-9.4 (3.0)

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

ｔ検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

ｆ検定（有意水準　５％）　＊：有意差あり

表11－b　症例11－20における咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖時点（TC'）の測定値

	症例 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
/i/			-6.8 (7.6)*			-7.0* (3.6)	0.2* (7.8)*			
/a/	-3.4* (0.2)	-5.4* (6.7)*	-8.8* (3.0)	-4.0* (1.8)	-4.7* (8.5)*	-3.6* (0.6)	-6.2* (7.8)*			
/u/	-3.0 (6.5)*	-5.2 (9.8)*	-4.6 (3.3)			-11.6* (15.4)*	2.0* (8.4)*			
/e/	-2.4 (5.0)*	-0.4 (5.8)*	-4.2 (8.2)*			-6.0* (3.6)	-7.4* (5.0)*			
/o/	-4.8 (1.4)	-3.4 (8.5)*	-4.4 (6.7)*			-5.0 (1.6)	-7.6 (7.0)*			
/anapa/	-6.4* (0.2)	-2.6* (7.8)*	-12.6* (2.2)	-3.2 (21.8)*	-6.3* (1.6)	-4.6* (1.8)	-4.4* (1.8)			
/panana/	-8.6 (3.4)	-1.8* (1.8)	-10.0 (8.4)*	0.0* (8.4)*	-3.6* (2.2)	-5.0* (2.0)	-3.0* (1.2)			
/npana/	-5.4* (1.0)	-3.6* (2.2)	-5.4* (1.8)	1.0* (1.8)	-4.7* (0.2)	-2.2* (0.6)	-3.0* (1.2)			
/anpa/	-7.0* (0.4)	-6.4* (1.0)	-11.6 (7.0)*	1.0* (30.0)*	-7.0* (0.7)	-3.8* (0.6)	-4.0* (0.4)			
/papapa/	-5.0* (1.4)	-2.2* (3.4)	-10.0 (4.4)	-1.0* (2.4)	-4.0* (4.2)	-5.8 (1.0)	-3.2* (2.6)	fi.（1fi.=1/60sec.）		

平均値／（分散）

t 検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f 検定（有意水準　5％）　＊：有意差あり

表11－c　症例１－10における咽頭弁移植術後の鼻咽腔最大運動時点（TM'）の測定値と聴覚判定結果

	正常人	症例 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
/i/	2.7 (3.1)	2.2 (2.2)	5.8* (1.0)	3.8 (0.6)	5.2 (1.6)	4.6 (3.4)	2.4 (0.2)	0.8 (1.8)	4.2 (1.4)	1.6 (1.0)	1.2 (2.2)
/a/	3.8 (2.8)	2.8 (2.2)	3.4 (0.2)	2.0 (0.8)	1.8 (1.8)	5.0 (2.8)	2.4 (0.7)	2.3 (0.6)	4.6 (1.0)	1.8 (0.6)	0.6* (1.8)
/u/	2.8 (3.0)	5.0 (2.0)	4.0 (4.0)	4.4 (2.6)	4.8 (0.7)	4.2 (0.6)	1.8 (0.6)	1.0 (2.0)	3.6 (1.0)	1.8 (1.4)	0.6 (1.4)
/e/	2.7 (2.6)	3.2 (0.6)	4.3 (2.2)	4.2 (0.6)	2.8 (2.6)	3.2 (0.6)	2.0 (1.2)	0.8 (1.4)	4.4 (1.0)	1.4* (0.2)	2.8 (1.4)
/o/	3.3 (2.5)	3.4 (1.8)	4.0 (2.0)	2.8 (1.4)	5.2 (1.0)	4.2 (2.2)	2.6 (0.2)	0.6* (0.2)	4.8 (1.4)	2.4 (1.4)	1.2 (1.0)
/anapa/	-6.3 (1.4)	-5.6 (0.2)	-6.8 (1.4)	-5.0 (0.4)	-4.0* (0.2)	-5.0 (0.4)	-6.6 (0.2)	-4.2* (0.6)	-5.8 (0.6)	-5.0 (0.4)	-5.6 (1.0)
/panana/	-5.7 (1.6)	-4 0 (0.4)	-5.4 (2.2)	-5.2 (1.4)	-5.6 (1.8)	-4.8 (0.6)	-6.6 (0.6)	-4.0 (0.4)	-6.4 (1.0)	-5.2 (1.0)	-5.4 (0.6)
/npana/	-5.6 (1.1)	-4.2 (0.2)	-5.2 (0.6)	-5.0 (0.4)	-4.2 (0.2)	-4.0 (0.4)	-5.0 (0.4)	-4.2 (0.2)	-4.4 (0.2)	-3.6* (0.2)	-3.8* (0.6)
/anpa/	-6.8 (1.4)	-5.6 (0.6)	-6.0 (0.8)	-5.8 (0.2)	-6.8 (0.6)	-4.4* (0.2)	-5.4 (0.2)	-5.2 (1.0)	-6.0 (0.4)	-5.4 (0.6)	-5.2 (0.6)
/papapa/	-5.5 (1.7)	-4.4 (0.6)	-4.6 (0.6)	-5.2 (0.6)	-5.2 (1.0)	-4.8 (0.6)	-6.4 (0.6)	-4.6 (1.0)	-6.4 (1.0)	-4.6 (1.4)	-5.2 (1.0)
聴覚判定 NR		0	1.0	0.5	0.5	0	0	0.5	0	1.0	1.0
聴覚判定 IR		0	0.5	0.8	1.0	0.3	0.5	0	0.5	0.5	1.0

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

各被検音毎の正常人群のTMとの有意差検定結果
（t検定　*：有意水準 0.1%　　f検定　*：有意水準５%）

t検定（有意水準 0.1%）　*：有意差あり
f検定（有意水準　5%）　*：有意差あり

表11－d　症例11－20における咽頭弁移植術後の鼻咽腔最大運動時点（TM'）の測定値と聴覚判定結果

	症例 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
/i/	6.4 (7.4)*	15.6* (35.4)*	3.2 (6.7)*	1.6 (1.8)	8.0* (0.7)	1.6 (13.4)*	2.8 (3.8)	0.8 (13.0)*	8.8* (4.2)	1.4 (7.9)*
/a/	5.6 (2.6)	11.6 (18.4)*	3.8 (4.2)*	1.8 (16.6)*	7.7* (0.9)	2.0 (3.6)	-0.4* (3.4)	1.2* (1.8)	6.8 (14.2)*	1.0 (11.6)*
/u/	6.8* (5.4)	5.8 (29.0)*	3.2 (3.0)	6.4 (37.9)*	8.3* (2.9)	1.6 (10.6)*	6.6 (13.9)*	14.2* (11.4)*	6.2 (14.2)*	0.2 (18.2)*
/e/	5.0 (6.8)*	15.0* (24.8)*	4.0 (5.2)*	5.6 (72.2)*	9.7* (2.9)	1.0 (6.4)*	-1.0 (5.2)*	0.4 (12.6)*	5.8 (7.4)*	-0.8 (29.4)*
/o/	5.6 (6.6)*	8.6* (7.4)*	2.8 (5.8)*	4.2 (26.6)*	9.7* (4.2)	4.6 (4.2)	0.6* (4.6)	1.2 (7.9)*	5.2 (13.8)*	-0.8 (23.0)*
/anapa/	-3.6* (1.0)	1.8* (7.8)*	-4.0* (0.8)	2.4* (53.0)*	-3.0* (0.7)	1.2* (2.6)	-1.8* (1.4)	2.0* (0.4)	3.8* (2.2)	0.8* (1.8)
/panana/	-3.6* (1.8)	0.2* (0.6)	-3.8* (0.6)	-0.4* (3.4)*	-5.0 (0.7)	0.0* (0.8)	-1.2* (0.6)	1.2* (3.0)	3.2* (1.4)	0.6* (7.4)*
/npana/	-2.6* (0.2)	0.6* (1.8)	-2.2* (0.6)	1.4* (6.6)*	-2.7* (0.2)	0.8* (1.8)	-0.8* (1.0)	3.2* (1.4)	3.0* (0.4)	0.8* (0.6)
/anpa/	-3.4* (0.6)	-1.0* (0.4)	-4.2* (1.0)	7.6* (69.9)*	-3.7* (0.2)	0.4* (1.8)	-1.8* (1.0)	1.2* (1.4)	2.6* (1.0)	1.4* (4.2)*
/papapa/	-3.2* (0.2)	1.2* (1.8)	-4.4 (1.0)	1.6* (5.9)*	-3.6* (1.0)	-0.4* (2.6)	-1.0* (2.0)	0.2* (1.0)	2.6* (1.0)	1.6* (2.2)
聴覚判定 NR	1.2	2.0	2.0	2.5	2.0	1.5	2.3	2.3	2.8	2.0
聴覚判定 IR	2.3	2.0	2.0	2.5	1.8	3.3	3.5	3.0	2.5	4.0

fi.（1fi.=1/60sec.）
平均値／（分散）

t検定（有意水準 0.1%）　＊：有意差あり
f検定（有意水準　5%）　＊：有意差あり

表12　咽頭弁移植術前、術後の閉鎖度、時間的制御の測定結果と聴覚判定の総覧

		術前 TM	術前 母音と/p/間の区別	術後 閉鎖度	術後 TC'	術後 TM'	術後聴覚判定
A群 (6名)	母音	○	有	良	○/※	○	良好
	/p/	※		良	○	○	
B群 (4名)	母音	○	無	良	○/※	○	良好
	/p/	※		良	○	○	
C群 (10名)	母音	※	無	良/不良	※	※	不良
	/p/	※		良/不良	※	※	

○：正常人群の値と推計学的に近似

＊：正常人群の値と推計学的に有意差あり

図１　鼻咽腔内視鏡（オリンパス社製試作 NPF S4 改良型）

801

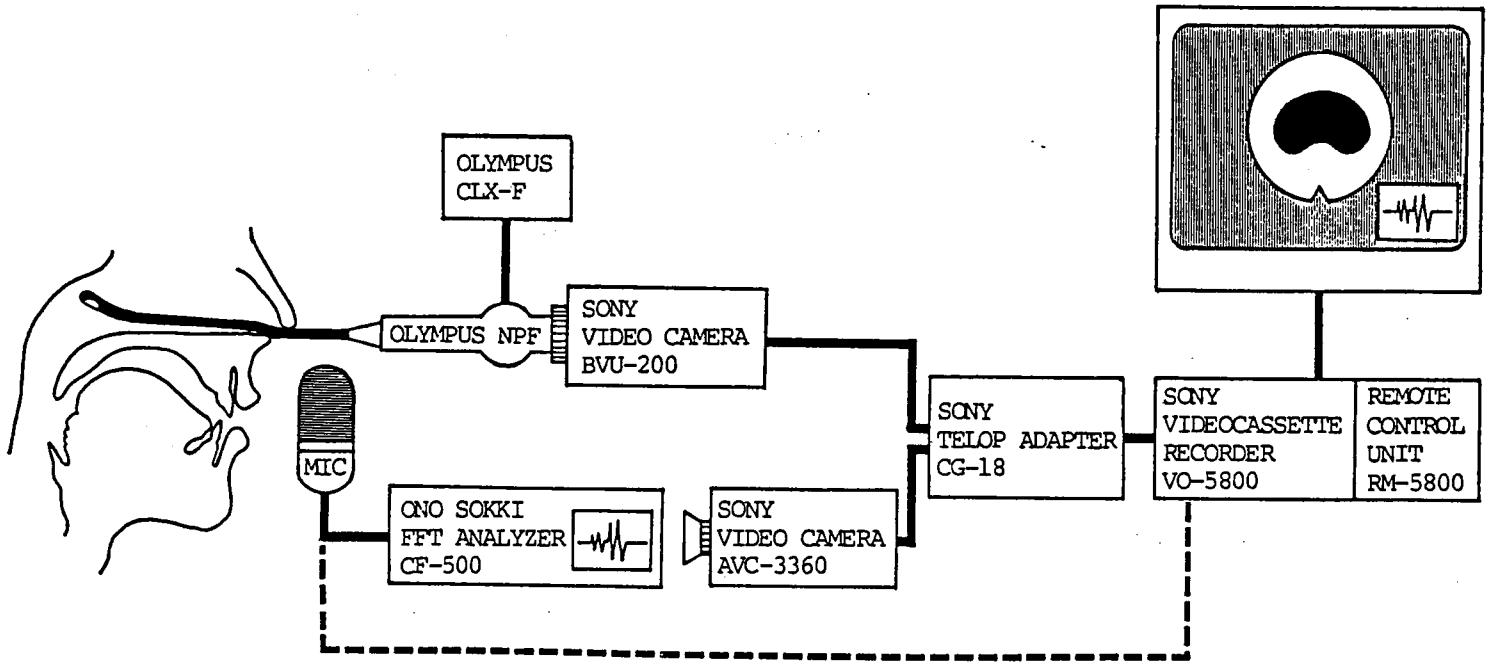


図２　鼻咽腔内視鏡ビデオ（NPF-Video）装置略図

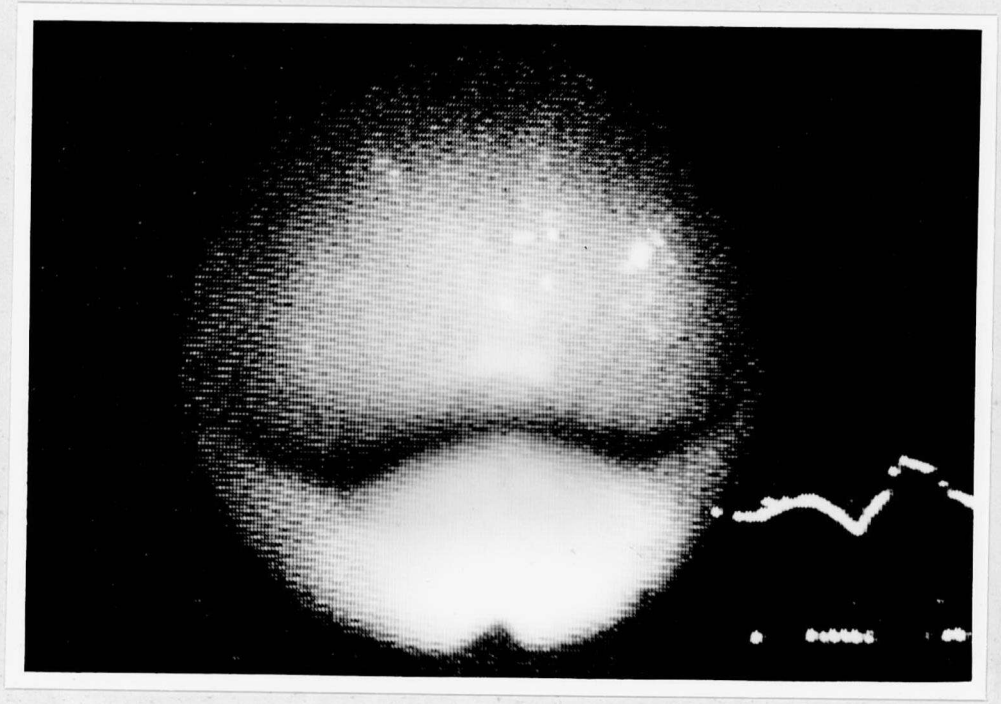


図３　NPF-Video 画像例（モニター画面より直接写真撮影）：中央に NPF像を、右下方に音声波形を同時に観察できる。

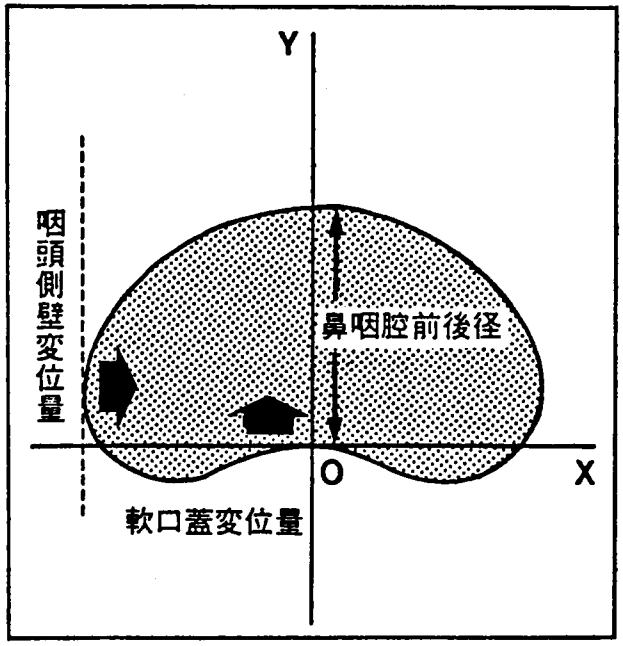


図４　NPF-Video 画像における計測項目模式図

O：軟口蓋後端付近中央部

X-Y: O点を中心に矢状方向を Y軸と設定

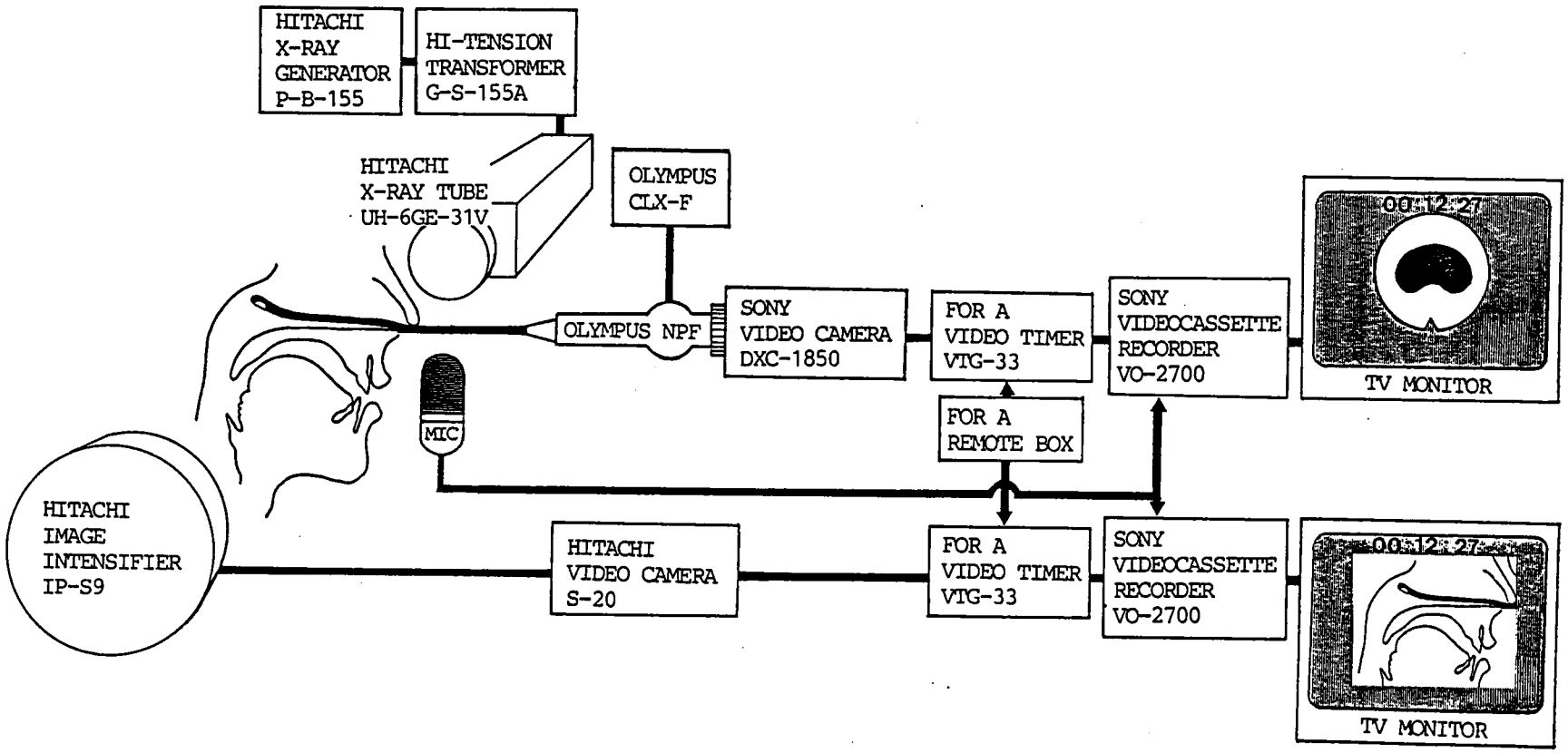


図５　NPF-Video と側方蛍光Ｘ線Video の同時記録装置略図

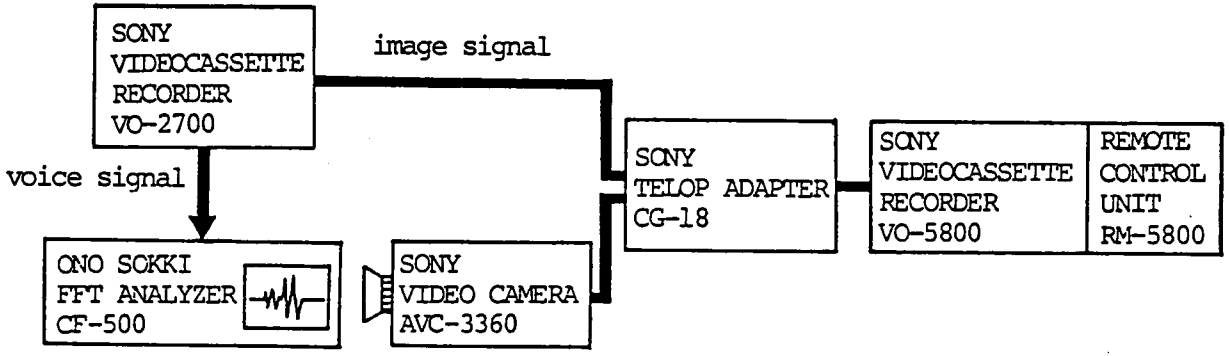


図６　音声波形テロップ関連装置略図

図７　NPF-Video と側方蛍光Ｘ線Video の同時記録画像例（各々のモニター画面より同一時点のものを直接写真撮影）

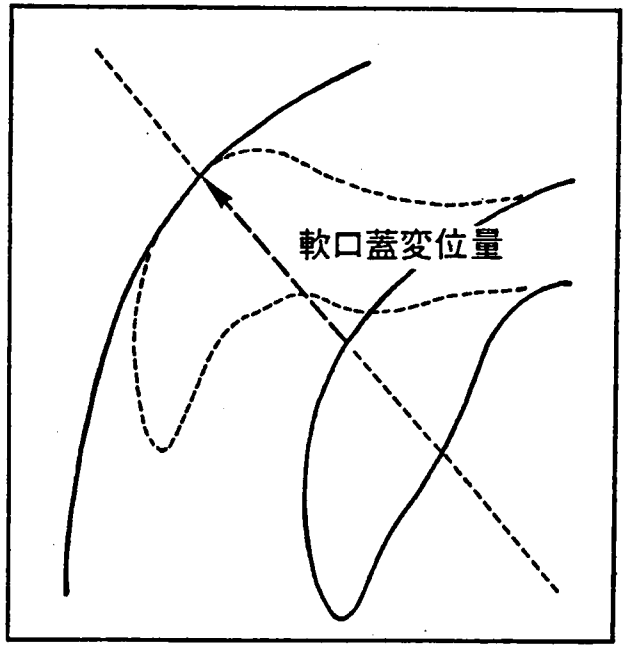


図８　側方蛍光Ｘ線 Video画像における軟口蓋変位量計測模式図

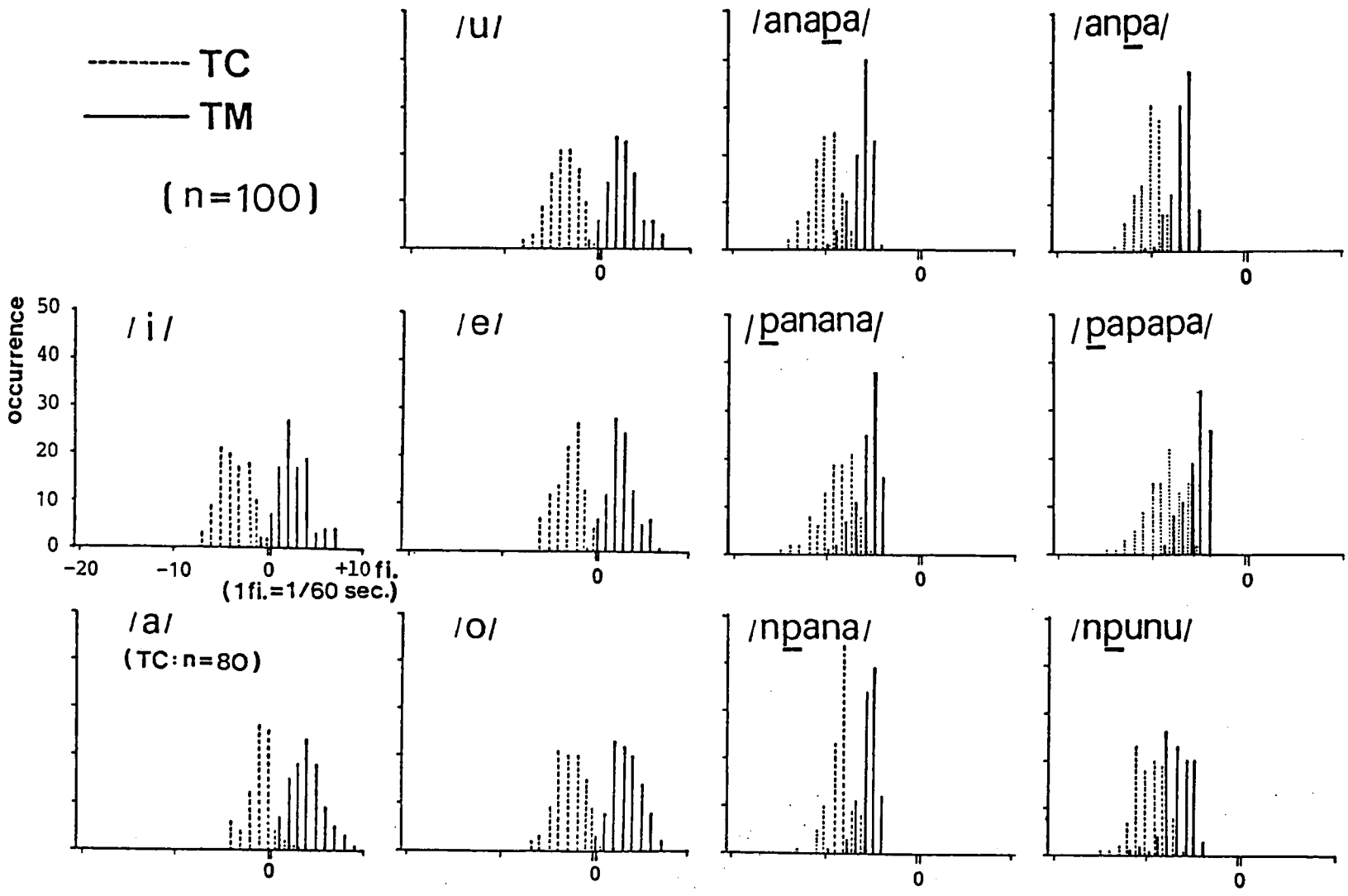


図９　正常人20名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）のヒストグラム

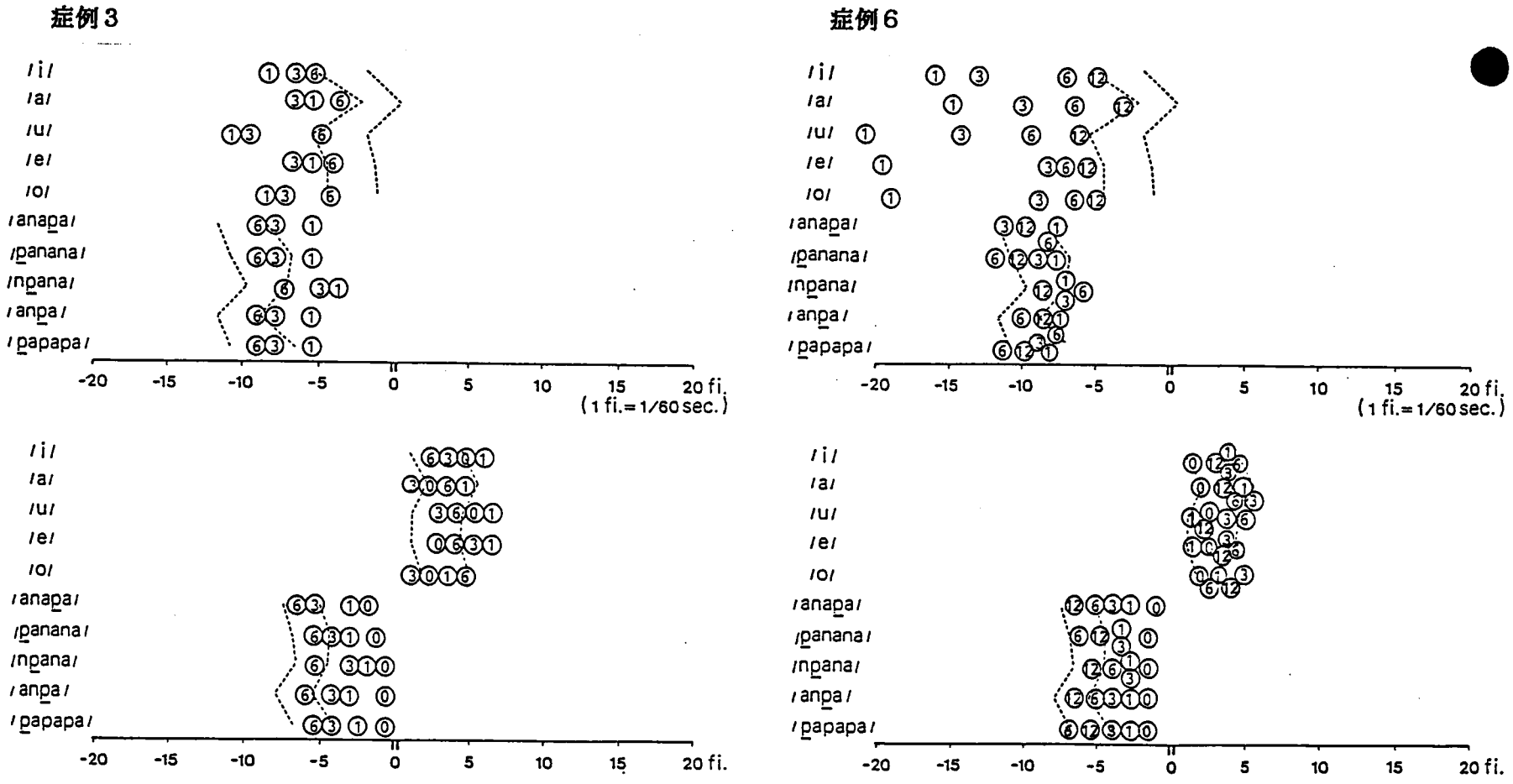


図10－a　咽頭弁移植術後の経時的測定結果

上段は鼻咽腔閉鎖時点（TC'），下段は鼻咽腔最大運動時点（TM，TM'）

⓪：術前　①：術後1カ月時　③：術後3カ月時　⑥：術後6カ月時

⑫：術後12カ月時

――――：正常人群の平均値±1SDの範囲

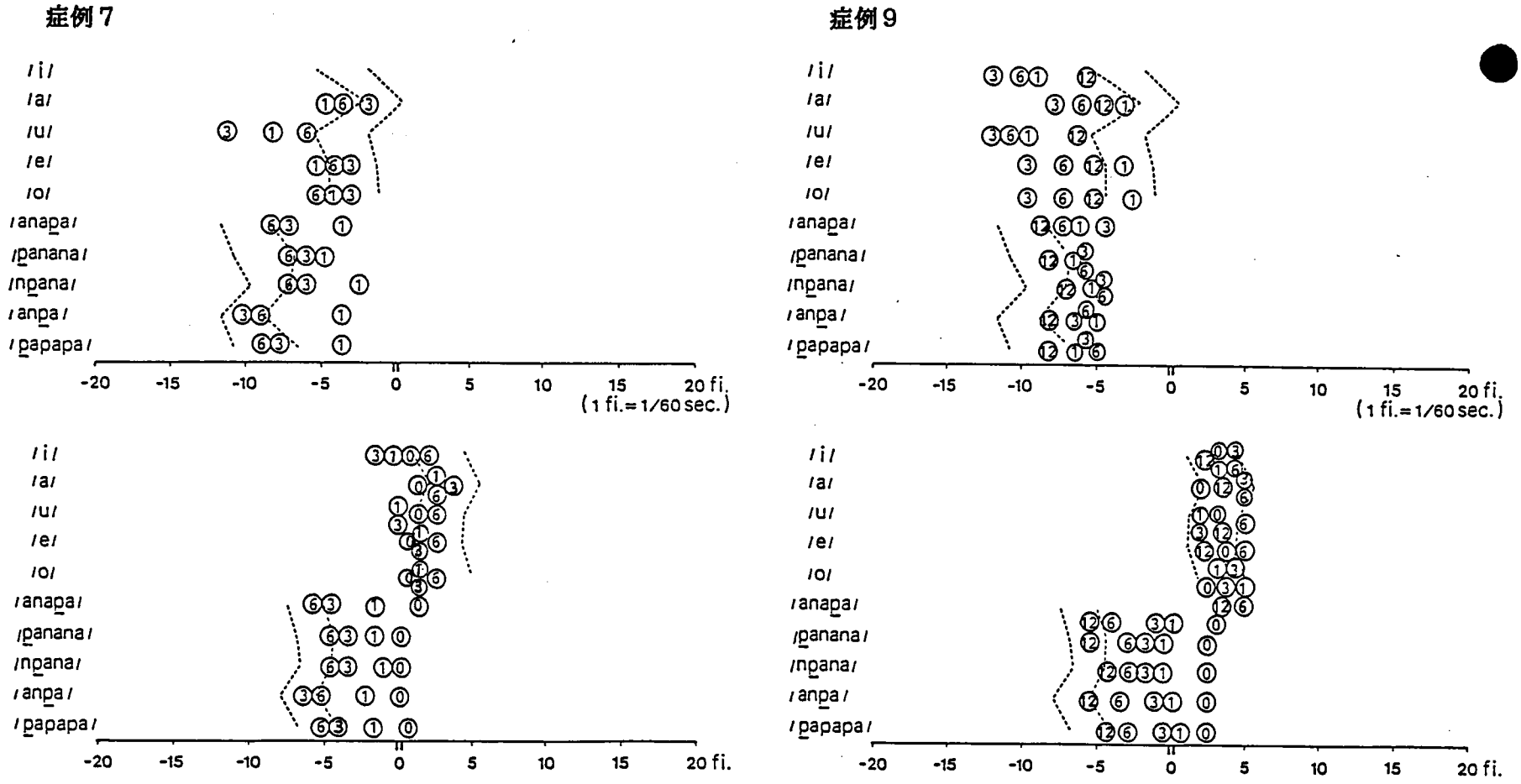


図10－b　咽頭弁移植術後の経時的測定結果

上段は鼻咽腔閉鎖時点（TC'），下段は鼻咽腔最大運動時点（TM，TM'）

⓪：術前　①：術後1カ月時　③：術後3カ月時　⑥：術後6カ月時

⑫：術後12カ月時

－－－－：正常人群の平均値±1SDの範囲

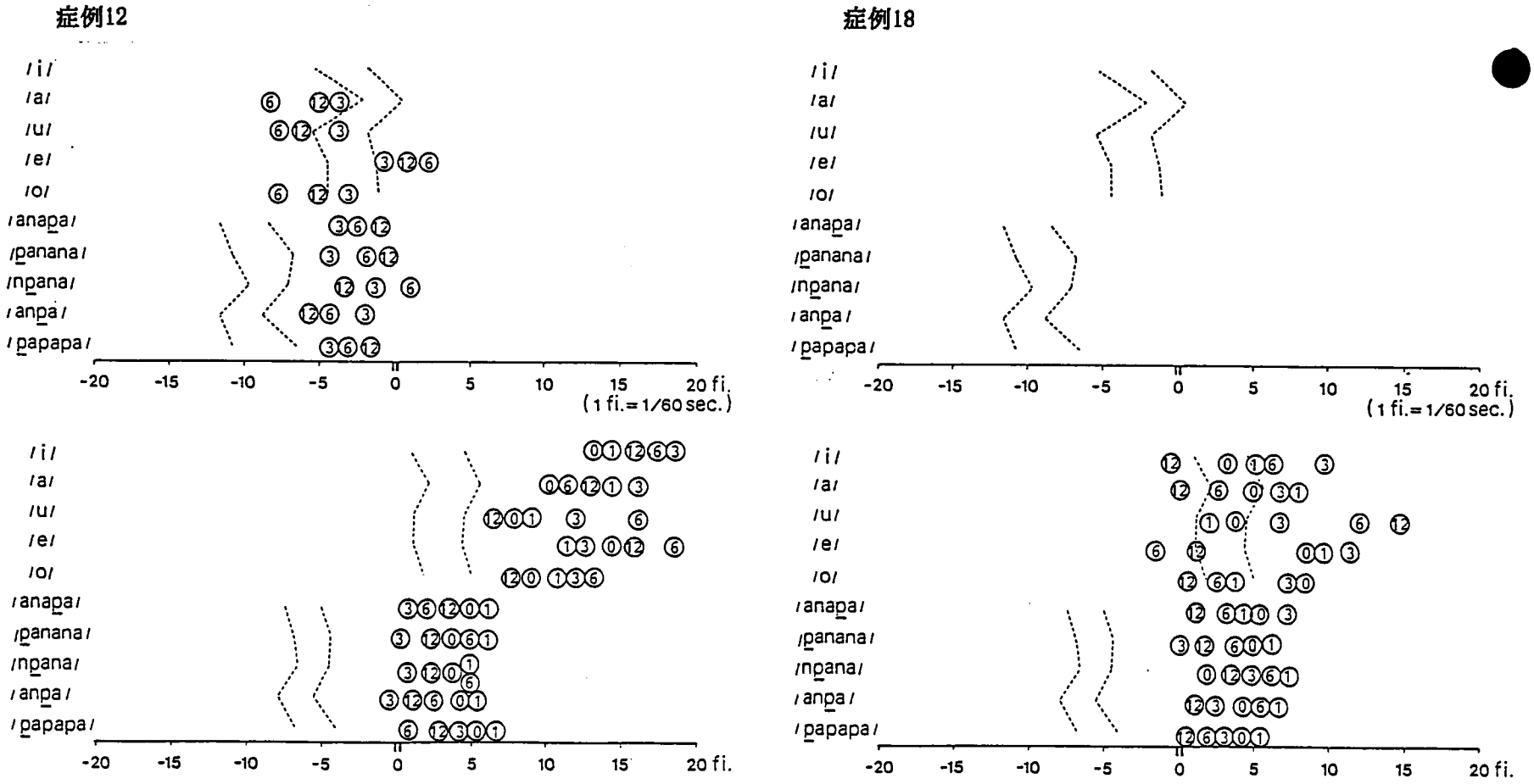


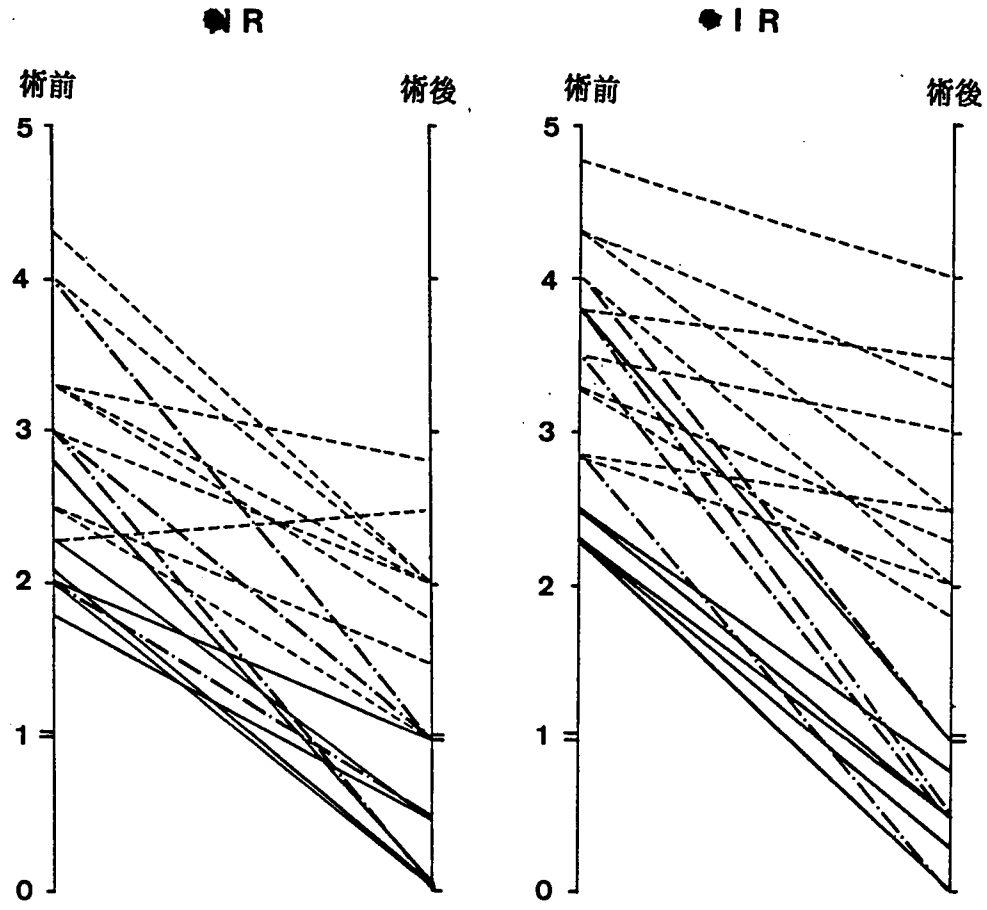
図10－c　咽頭弁移植術後の経時的測定結果

上段は鼻咽腔閉鎖時点（TC'），下段は鼻咽腔最大運動時点（TM，TM'）

⓪：術前　①：術後１カ月時　③：術後３カ月時　⑥：術後６カ月時

⑫：術後12カ月時

------：正常人群の平均値±１SDの範囲



		NR 平均値 術前	NR 平均値 術後	IR 平均値 術前	IR 平均値 術後
———	A群	2.15±0.33	0.33±0.37	2.62±0.55	0.52±0.32
—·—·—	B群	3.00±0.71	0.63±0.42	3.53±0.46	0.50±0.35
---------	C群	3.25±0.66	1.96±0.48	3.69±0.63	2.69±0.69

図11　咽頭弁移植術前、術後における群別の聴覚判定結果

表１　NPF-Video 画像上での計測値の読みとり誤差　（２検者間の計測値相関係数）

表２　NPF-Video 画像と側方蛍光Ｘ線Video 画像における軟口蓋変位量計測値の相関

表３　鼻咽腔閉鎖運動における逐次的分析時点の選定

平均値／（分散）

単位　fi.（1fi.=1/60sec.）

ｆ検定（有意水準５％）　＊：有意差あり

表４　正常人20名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の測定値（上段はビデオの fi.数、下段は msec. に換算して表示）

表５　母音と破裂子音/p/ における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（Ｔ

Ｍ）の有意差検定

ｔ検定（有意水準 0.1％）　＜：有意差あり

－：有意差なし

表６　５母音間での鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の有意差検定

ｔ検定（有意水準 0.1％）　≶：有意差あり

－：有意差なし

表７　種々の無意味音節中の破裂子音/p/における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の有意差検定

ｔ検定（有意水準 0.1％）　≶：有意差あり

－：有意差なし

表８　正常人男女各10名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）の性差についての検討

単位　ｆｉ.（1ｆｉ.＝1/60ｓｅｃ.）

ｔ検定（有意水準 0.1％）　全ての被検音に

有意差なし

表９－ａ　鼻咽腔閉鎖不全患者（症例１－10）における軟口蓋最大運動時点の測定値と聴覚判定結果

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準　５％）　＊：有意差あり

表９－ｂ　鼻咽腔閉鎖不全患者（症例11－20）における軟口蓋最大運動時点の測定値と聴覚判定結果

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準　５％）　＊：有意差あり

表10　咽頭側壁最大運動時点の測定値：軟口蓋最大運動時点と異なった症例

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

表11－a　症例1－10における咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖時点（TC'）の測定値

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準　5％）　＊：有意差あ

表11－b　症例11－20における咽頭弁移植術後の鼻咽腔閉鎖時点（TC'）の測定値

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準　5％）　＊：有意差あり

表11－c　症例1－10における咽頭弁移植術後の鼻咽腔最大運動時点（TM'）の測定値と聴覚判定結果

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準 5％）　＊：有意差あり

表11－d　症例11－20における咽頭弁移植術後の鼻咽腔最大運動時点（TM'）の測定値と聴覚判定結果

平均値／（分散）

fi.（1fi.=1/60sec.）

t検定（有意水準 0.1％）　＊：有意差あり

f検定（有意水準 5％）　＊：有意差あり

表12　咽頭弁移植術前、術後の閉鎖度、時間的制御の測定結果と聴覚判定の総覧

○：正常人群の値と推計学的に近似

＊：正常人群の値と推計学的に有意差あり

図１　鼻咽腔内視鏡（オリンパス社製試作NPF S4改良型）

図２　鼻咽腔内視鏡ビデオ（NPF-Video）装置略図

図３　NPF-Video 画像例（モニター画面より直接写真撮影）：中央に NPF像を、右下方に音声波形を同時に観察できる。

図４　NPF-Video 画像における計測項目模式図

0：軟口蓋後端付近中央部

X-Y：0点を中心に矢状方向を Y軸と設定

図５　NPF-Video と側方蛍光X線Video の同時記録装置略図

図６　音声波形テロップ関連装置略図

図７　NPF-Videoと側方蛍光X線Videoの同時記録画像例（各々のモニター画面より同一時点のものを直接写真撮影）

図８　側方蛍光X線 Video画像における軟口蓋変位量計測模式図

図９　正常人20名における鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ）、鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ）のヒストグラム

図10－ａ　咽頭弁移植術後の経時的測定結果　上段は鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ’），下段は鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ，ＴＭ’）

⓪：術前

①：術後１カ月時

③：術後３カ月時

⑥：術後６カ月時

⑫：術後12カ月時

----：正常人群の平均値±１SDの範囲

図10－b　咽頭弁移植術後の経時的測定結果上段は鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ’），下段は鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ，ＴＭ’）

⓪：術前

①：術後１カ月時

③：術後３カ月時

⑥：術後６カ月時

⑫：術後12カ月時

----：正常人群の平均値±１SDの範囲

図10－c　咽頭弁移植術後の経時的測定結果上段は鼻咽腔閉鎖時点（ＴＣ’），下段は鼻咽腔最大運動時点（ＴＭ，ＴＭ’）

⓪：術前

①：術後１カ月時

③：術後３カ月時

⑥：術後６カ月時

⑫：術後12カ月時

----：正常人群の平均値±１SDの範囲

図11　咽頭弁移植術前、術後における群別の聴覚判定結果