

音声の基本周波数による聴覚障害児の 変声期についての検討

星 名 信 昭

要 旨

子供の声から大人の声に移行する変声によって声のピッチが大幅に低くなる。変声期には意図せず裏声に翻転するなどの発声異常現象を生ずることがある。そこで、持続発声の音響的分析から変声期が完成する様相を調べた。また、聴覚障害児の変声期を調べることにより、変声期における聴覚の役割を検討した。被検者は中学生と高校生で、健聴児は各学年男女20名合計240名、聴覚障害児は各学年男女4～10名合計80名である。基本周波数が男子200Hz、女子300Hz以上の生徒、および声が翻転したり裏声発声の生徒を、変声期が未完了と判定した。

健聴児の場合、男子の中学3年生以降には、子供の声ないしは変声期中と判定されるものは無かった。また、女子は高学年にも判定基準を超えるものが若干認められたが、中学1年の該当率に比べると僅かなものであった。従って変声は、男子が中学2年、女子が中学1年で完了すると考えられた。この時期は身長や肺活量など身体的な成長期と一致していた。

一方、聴覚障害児は判定基準を超えるものが、男女とも三分の一を占めていた。しかも、高校生にも変声未完了とされるものが多かった。身体的成長が健聴児とほぼ同じにも拘らず、聴覚障害児の変声期は遅れていた。

聴覚障害児に変声期が遅れたり、その完了が長引くものが多いことから、比較的短期間で終了すると言われる変声期に於て聴覚は大きな役割を果たしていることが明らかとなった。

KEY WORDS

Hearing handicapped	聴覚障害	Changing voice, mutation	変声
Duration of phonation	持続発声	Fundamental frequency	基本周波数
Falsetto	裏声		

1. はじめに

変声(changing voice, mutation)は第二性徴の一つの現象で、一般に12～13歳に出現して、三ヶ月から一年で完了すると言われている。喉頭の枠組みが拡大して前頸部に喉頭隆起を形成し、声帯の長さも小児期の約2倍となり、特に男子の話声位および声域下限は約1オクターブ低くなる。この変声期はヒトの「声の一生」のなかの最大の出来事で、子供の声の均衡が破れ大人の声に変わっていくわけであるが、この変化がわずかな期間で完了するには聴覚の役割が大きいものと考えられる。然るに聴覚に障害がある場合は、変声は上のように短期間には完了せず、変声期が長引くことが予想される。本稿はこの点を音響的に確かめることを目的とする。

中学生と高校生の健聴児と聴覚障害児を対象に、母音の持続発声から基本周波数を求めて、変声を調べ、その結果に若干の考察を加えて報告する。

2. 方 法

2.1 被検者

三つの聾学校の中学部と高等部に在籍している生徒男女各40名、計80名を聴覚障害児群(D群)とする。なお、条件を揃えるため聴力レベルが80dB以下のもの、聴覚意外に重篤な障害をもつもの、年齢が学年相応でないもの、聾学校以外の学校教育を経験しているものは被検者から除外した。

対象群の健聴児(N群と呼ぶ)は公立の中学校と高等学校に在籍する生徒、各学年男女20名計240名である。年齢が学年相応でないもの、および聴覚言語に障害があるものは除外した。

2.2 検査の実施

被検者はマイク(SONY,ECM-23F)の前30cmの位置で、母音アを持続発声する。教示は次のようにした。「アーを普通の高さで普通の高さで一定に、できるだけ長く発声して下さい。同じことを三回やってもらいます」。検査は各学校の相談室、聴能訓練室、会議室等で個別に実施した。この外に体格的な面を比較するために、各被検者の身長と肺活量を測定した。

2.3 基本周波数の測定

三回の発声は全て録音し(SONY,TCM-5000)、その中で持続時間が長く最も安定している発声を分析対照資料とした。これを音声分析装置(RION,SG-09)に入れて、0から1000Hzまでの範囲をパターン表示しプリントアウトさせた(図1のサウンドスペクトログラフ参照)。発声のおよそ中央部で安定したところ、音響的にみればホルマントが一定しているところ、の値を調べた。測定は、グラフの目盛りに合わせて自作したプラスチックのものさしを使って、ホルマント構造を参考にしながら基本周波数を測定した。図1の聴覚障害児の例のように安定したところが決め難い場合には、そのグラフの中央と考えられる位置を、その基本周波数とした。

2.4 変声の判定基準

変声期における音声の音響的な特徴としては、基本周波数が下降することの他に、地声と裏声が翻転すること、声がかすれ大きい声が出せないこと、声域が狭くなること、等がある。本稿では前二者を調べた。

基本周波数については、成人の男性はおおよそ100Hzから150Hz、女性では200Hzから250Hzとされている^{1),2)}。沢島³⁾は各種の発声機能で異常と判定する値について、平均値と標準偏差から棄却限界を求める手法を提案した。それによって寺沢ら⁴⁾は基本周波数の成

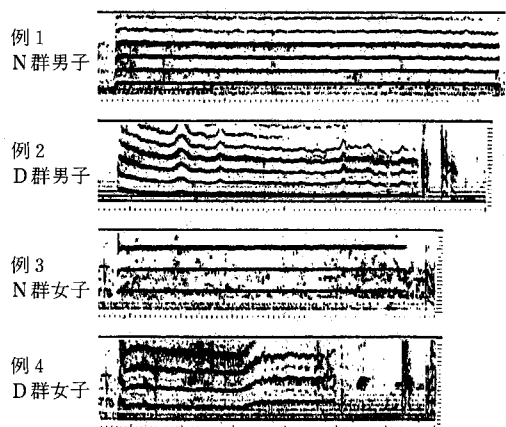


図1 母音持続発声のサウンドスペクトログラフの例。(年齢は全て16歳)

人男子の棄却限界の上限は164Hz, 女子では277Hzであると報告している。なお, この時の平均値は男子が121Hzで女子は238Hzであった。さらに子供の基本周波数については男女とも約250Hzから350Hzとされている¹⁾⁵⁾。これらの報告から, ここでは子供の声から成人の声に変わる基準の値として男子が200Hz, 女子が300Hzとした。つまり, この値より高いものは子供の声から変声していないものと判定することにした。

地声と裏声の翻転については, 聴覚的に識別できるし, 図1の例4のように基本周波数の急峻な変動からも明確である。被検者の持続発声中に一度でも声の翻転が生じた場合の件数を調べた。ただ, D群には基本周波数が極端に高く, 明らかに裏声で発声していると認められる場合もあるが, これは別に取り扱った。

3. 結 果

両群の基本周波数の測定結果を学年別にまとめて, 表1および図2に示す。また, 各群の全被検者の平均値をまとめて図3に示す。成人の値と比較すると, N群の平均値はやや高く, D群男子はそれよりさらに高く女子は逆に低くなっていた。学年別に見ると図2に示すとおり, N群は男女とも中学1年生が特異的に高く, 他の学年の平均値とはいずれも1%水準で有意差が認められた。D群の男子も似た傾向であるが, 中学1年と高校3年の間に5%の有意差があるのみで, 他のいずれの学年間にも有意な差は認められない。また, 女子の値は図表からも明らかかなように各学年ともほぼ近似な値であった。

表1 基本周波数の各群の学年別平均値(M)と標準偏差(SD) (単位は Hz, nは人数)

学 年	男 子				女 子			
	N 群		D 群		N 群		D 群	
	n	M SD	n	M SD	n	M SD	n	M SD
中1	20	228 42	8	220 94	20	344 27	6	282 63
中2	20	159 38	4	185 97	20	277 22	6	276 39
中3	20	148 30	8	168 46	20	277 18	8	272 78
高1	20	147 17	7	170 45	20	271 18	5	253 42
高2	20	144 11	5	178 57	20	299 18	5	241 52
高3	20	147 16	8	154 23	20	283 9	10	256 67
全学年	120	162 28	40	179 48	120	292 21	40	263 67

変声の判定基準に従って, 声の基本周波数から変声完了していないと考えられる被検者の数を調べた。各群の学年別出現頻度をまとめて表2に示す。また, これの学年毎の出現率を計算して図4と図5に示す。男子では, N群は中学1年が過半数で2年では僅か10%となり, それより上の学

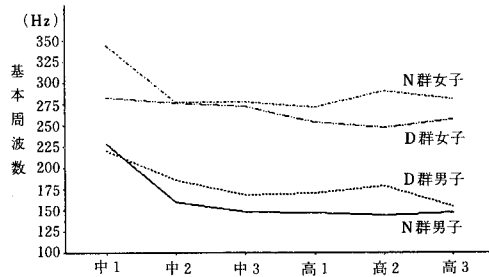


図2 基本周波数の学年別平均値

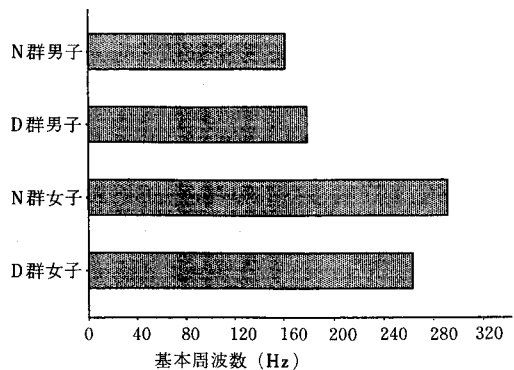


図3 各群の全被検者の平均値

年では零となる。これに対して、D群は高校2年生まで高率な出現率を示していた(図4)。一方、図5の女子ではN群の全体的な傾向は男子と同じであるが高校2年生まで僅かに出現して

表2 判定基準を越えるものの出現頻度(各学年の被検者数は表1と同じ)

学 年	男子>200Hz		女子>300Hz	
	N群	D群	N群	D群
中 1	13	5	17	4
中 2	2	2	3	3
中 3	0	3	2	4
高 1	0	2	1	1
高 2	0	2	3	1
高 3	0	0	0	3
全 体	15	14	26	16

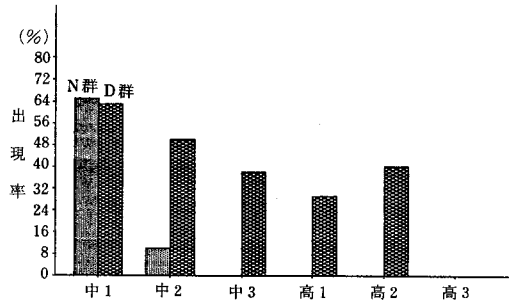


図4 男子の基本周波数が200Hzを越えるものの出現率

いる。これに対してD群では高校3年生まで出現しており、いずれもN群より高率である。

地声と裏声が翻転した被検者数を調べ、各群学年ごとの出現率を表3に示す。N群では全被検者240名中に僅か5名(2%)にしか認められないのに対して、D群では80名中27名で、全体の三分之一であった。しかも、高校生でも高率に出現している点が注目される。

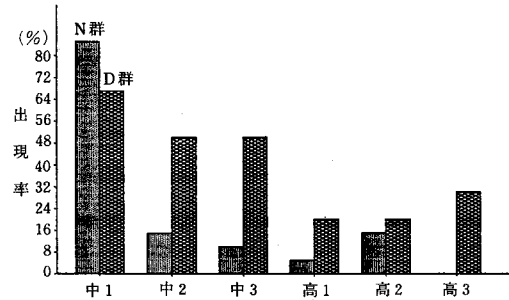


図5 女子の基本周波数が300Hzを越えるものの出現率

聴覚障害児の発声においては、喉頭を過度に緊張させた声がある。日常会話においてもそのような発声をしているので裏声とは言い難いが、発声様式は裏声と同じと考えられる。音響的には基本周波数が極端に高くなる場合が多い。そこで、明らかに裏声に変った件数(表3)に加えて、基本周波数が、男子は300Hz,女子は350Hz以上である件数を拾い上げ、まとめて表4に示す。D群は各学年男女ともに多く、N群の中学1年女子は350Hzを超えるものが8例(40%)であった。

表3 声の翻転の出現率(%)

学 年	男 子		女 子	
	N群	D群	N群	D群
中 1	5	38	0	33
中 2	5	50	5	33
中 3	5	50	0	38
高 1	0	29	0	40
高 2	0	20	5	20
高 3	0	25	0	30
全 体	3	35	2	33

表4 声の翻転と基本周波数が異常に高いもの件数

学 年	男子>300Hz		女子>350Hz	
	N群	D群	N群	D群
中 1	2	4	8	3
中 2	1	2	1	3
中 3	1	4	0	6
高 1	0	2	0	4
高 2	0	1	1	2
高 3	0	3	0	4
全 体	4	16	10	22

被検者の身長と肺活量を学年別に平均値を求めて、それぞれ図6と図7に示す。身長はいずれも昨年度の全国平均を僅かに上回るものであった。肺活量ではD群もN群とほぼ同じで、聴覚障害児が特異的に少ないとする従来の報告⁷⁾⁸⁾とは必ずしも一致しなかった。

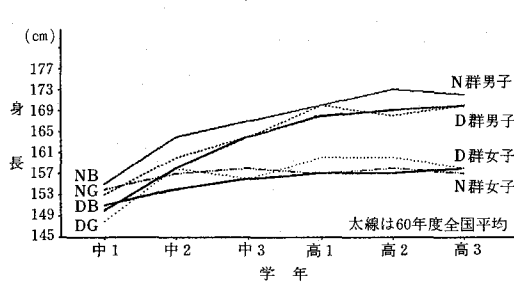


図6 身長の学年別平均値

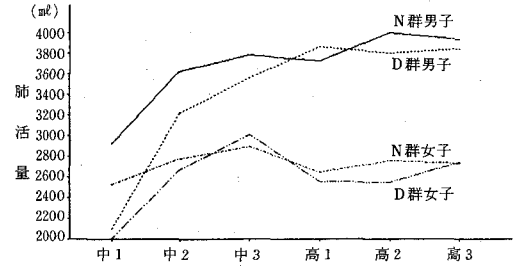


図7 肺活量の学年別平均値

4. 考 察

4.1 基本周波数と変声

声の基本周波数は声帯の振動数を反映するが、これは主に声帯の形態および前筋（輪状甲状筋）の緊張によって左右される。この外に発声時の吸気や構音の様式によってもそれは変化し、前筋以外にも多くの筋運動が関与する。日常の発声活動における個人の発声の基音として基本周波数をとらえており、一般には楽な持続発声からそれを測定している。この“楽な発声”とは各個人が発声諸器官を最も効率的に制御している状態と見ることができるからである。また、この器官や運動の制御のありかたは主として聴覚でモニタされ長期間の学習によって習得されると考えられる。この観点から変声期は、子供時代の発声制御の均衡が崩れて大人の声の均衡状態を形成する過程と規定できる。基本周波数の代表値としては、Peterson and Barney¹⁾ および鳥井⁴⁾ の報告から、成人男性は125Hz 女性は225Hz、子供が275Hzとされる。表1に示す本研究の結果は、全体としてN群も成人の代表値より高い。被検者の年齢により変声期を過ぎていないものが含まれているのが主な理由であろう。ただし、高校生の値が男女とも高いのは、楽な発声ではなく出来るだけ長く発声するものであることから生じたものと考えられる。つまり、長く発声するために呼気の流出を少なくする努力をし、結果として普段の楽な発声より喉頭（声帯）を緊張させたためであろう。

聴覚障害児の基本周波数の平均値については、Angelocci⁸⁾ および切替ら⁹⁾ が健聴児に比べて高いと報告している。図1と図2に示されるとおり、男子はその傾向を示すが、女子ではD群の方がむしろ低くなっていた。ただし、いずれも統計的な有意差は認められない。聴覚障害児の基本周波数は、個人間ではばらつきが大きいことが先の報告にも述べられており、今回の結果でも、表1のD群の標準偏差が大きいことから明らかである。喉頭のサイズにふさわしい発声諸器官の動作の最も経済的な均衡状態によって、正常成人の基本周波数が平均値の近くに分布しているのに対して、聴覚障害児・者のそれは極端に散らばっている。他人の音声および自分の発声を聴覚的にとらえ難いためにこのような現象が生ずるものと考えられる。即ち、発声時の諸器官の動作制御に聴覚が大きく関与していることを示唆するものである。

変声期の時期については多くの報告があり、従来12～13歳で出現して15～16歳で完了すると言われてきた。しかし、最近はそのより早いとする報告が多い。例えば、岡村ら¹⁰⁾の中学生を調べた結果によれば、変声期を過ぎた生徒の割合は、男子が中学1年生で約半数2年生でごく僅かとなり3年は全員、女子で1年生が69%2年生は100%完了していた、と述べている。

基本周波数の高さから判定基準を設けて調べた今回の成績は、表2および図の4と5に示すとおりのN群で岡村らの結果とほぼ同じのものであった。ただ、男子より早いとされる女子の結果において高校生にも該当者があったが、これは300Hzの基準値にも問題があると思われる。ちなみに表4のように基準値を350Hzとした場合は、高校2年の一例を除いて出現頻度は岡村らの結果ならびにN群男子と似たものとなる。

これに対してD群の成績は、図4、図5で明らかなように年齢が進んでも該当者が多い。中学生以降の聴覚障害児の音声でそのピッチが小学生よりも高いケースが多いとBoone¹¹⁾は指摘しており、彼らの発声にはファルセットのものが高率に存在しているとする報告がある¹²⁾¹³⁾。いずれにしても、基本周波数の高い生徒が高学年にも居り、身体的成長では変声期を過ぎていながらも拘らず声のピッチだけが子供時代のそれから脱皮していないことになる。発声を聴覚でモニタできないために生ずる現象と考えることができよう。

4.2 声の翻転と変声

変声期の音声には意図せずに地声が裏声に翻転する現象が現れる。持続発声において声が翻転した例を調べたが、N群では全体の内の僅か5例(2%)だけであった。これに対してD群では、全体のおよそ三分の一に認められ、極めて高率な出現率であった(表3)。さらに、裏声で発声していると考えられるほど基本周波数が高いものを含めると(表4)、D群男子で40%、女子は55%にも達する。聴覚障害児の音声はファルセットが多いとして、Engleberg¹²⁾やMartony¹³⁾がその治療指導を試みていることも適切な措置と言えよう。音声を充分にはモニタできないため、聴覚障害児自身が地声と裏声の概念すら持たないことも想定される。

4.3 身体的成長と変声

藤田¹⁴⁾は1944年に声帯の長さを調べ、年齢別平均を求めている。それによれば、小学校低学年は男女とも約5mm、18歳では男性が約12mm女性が約9mmで成人の値に近いとしている。また、声帯が急激に伸長する時期は、男子が13歳から14歳、女子が10歳から13歳であり、身長や体重が増大する時期と一致している、と述べている。ただ、近年体位は向上し、その発達年齢も早くなっていることに留意しなければならない。ちなみに、成人の身長は当時に比べて10cm以上高くなっているし、声帯の長さもおよそ男性で20mm女性で15mmとするのが最近の定説となっている。

身体的側面として今回は身長(図6)と肺活量(図7)を調べた。N群の結果から、男子は中学1年生が他の学年に比べて特異的な値となっており、女子ではいずれの学年間にも大きな差は認められない。このことと身体的発達に関する従来のデータと総合して、体格等が急激に伸びる時期は男子が中学2年以前、女子が中学1年以前と考えることができる。一方、D群は男女とも中学1年生がいずれも小さい値であり、N群に比べて女子の伸びがやや遅いようである。ところが、中学2年以降の成績を見ると、両群の差はない。聴覚障害児の身長と肺活量に関しては、竹内⁶⁾と中山⁷⁾が健聴児より劣り学年が進むにつれてその差が広がる、と報告している。しかし、今回の成績ではむしろ差がないと考えるべき結果であった。これは被検者に過齡児や重複障害児を除外したためと思われる。つまり、それらの生徒は身体的な障害を併せ持つ

ている場合があり、体格的な発育が充分でないことが多い。それらの生徒を除き、聴覚のみに障害がある生徒だけを対象とすると、身長と肺活量など体格的な成長では健聴児と同じであった。

変声期は前節までに考察したとおり、N群男子は中学2年生で完了するが、これは身体的に急激に成長する時期の終わりと一致する。これに対して、D群男子は身体発達の側面でN群と同じであるにも拘らず、変声期は不明確であり、高学年にも変声期が完了していないと見なされる事例が多かった。発声をモニタする聴覚に障害があると、子供時代の発声諸器官の制御様式がそのまま残り、変声が短期間には完了できないことが予想される。

一方、女子の変声期は一般に男子のように劇的な変化は認められないとされている。これは、喉頭隆起が少ないなど骨格や声帯の長さ等の変化が小さいことと、成人女性の基本周波数が子供のそれに比較的近いこと、などによる。今回のN群女子の結果も、図2で中学1年生の基本周波数が特異的に高いこと以外には、高学年にも基本周波数が判定基準を超えるものや声が翻転するものが出現するなど、男子ほど明確に変声期を特定することは出来なかった。しかし、表2(図5)と表4の学年別傾向からすれば、中学1年生だけが他の学年に比べて有意に出現頻度が多い。このことと、身体的成長期が男子よりも早く中学以前にもあることから、女子の変声期は中学1年生で完了するものと考えてよからう。これに対して、D群女子は身長と肺活量で中学1年生が他の学年より小さい値であったにも拘らず、基本周波数の学年別平均値(図2)は中学1年も他の学年と変わりがなく、変声期を調べた何れの観点からも特定の学年に特定の傾向を見いだすことが出来なかった。つまり、D群女子は身体的発達が著しい時期にも、変声期を示す音声の音響的变化を認めることが出来なかった。

4.4 変声期と聴覚の働き

変声の異常として、幼少期に現れる早発性変声、ごく短期間で完了してしまう電撃性変声、身体的な成長より遅れる遷延性変声、変声が始まってなかなか完了しない延引性変声、があげられる。これらの異常が何故に生ずるかについては、成長のアンバランスや心理的な原因が考えられているが、その機序は必ずしも明らかにはされていない。本研究の聴覚障害児の特に男子の結果から、多くの生徒が遷延性変声あるいは延引性変声であると見ることが出来る。つまり、聴覚に障害があると変声期が遅くなったり、変声の完了までに長期間を要するものといえる。

声の翻転の治療法として、Engleber¹²⁾や原田¹⁵⁾は、喉頭圧迫法、聴覚マスク法、呼吸及び発声指導法をあげている。聴覚マスク法は、翻転が自分の発声を聴覚的にモニタして無理に調節しようとするために生ずると考え、発声練習時に自分の発声が聞こえない状態にする方法である。また、藺田¹⁶⁾は、変声について生徒に予備知識を与えて自分の声をよく聴くように指導した群と何もしない統制群の両群の生徒に対して、変声の経過を観察した。その結果、予備知識を与えた群が3.6ヵ月早く変声を完了し、両群の変声の経過に明確な差があったと報告している。これらはいずれも変声に聴覚が関与していることを示唆するものである。

発声はそれに必要な多くの器官と個々の器官の微妙な運動制御によって行なわれている。変声期には各器官のサイズが変わり、それに合わせて新たな制御様式を確立しなければならない。この複雑な操作が比較的短期間で修了するためには、聴覚の果たす役割が大きいと考えざるを得ない。

5. お わ り に

持続発声の基本周波数と声の翻転を調べ、中学生と高校生の変声について検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1) 健聴男子は中学2年で、女子は中学1年で変声が完了する。この変声期は彼らの身体的な成長期と一致する。
- (2) 聴覚障害児では身体的発達に健聴児と同じが、高校生にも変声期を過ぎていないものがあり、身体的成長期と変声期は一致しない。
- (3) 特に聴覚障害女子の変声を発声の音響的側面から特定することは困難である。
- (4) 変声には聴覚が大きな役割を担っている。

参 考 文 献

- 1) Peterson, G. E. and Barney, H. L. : Control methods used in a study of the vowels. J. A. S. A., 24, 175, 1952.
- 2) 斎藤収三, 加藤勝詳, 寺西 昇: 音声の基本周波数の特性について。音響学誌, 14, 111, 1958.
- 3) 沢島政行: 発声持続時間の測定。音声言語医学, 7, 23, 1966.
- 4) 寺沢り子, 垣田有紀, 平野 実: 平均呼吸率, 声の基本周波数および声の強さの同時測定。音声言語医学, 25, 189, 1984.
- 5) 鳥井規子: 日本語ソナグラムについての若干の考察。通研経過資料579号1957.
- 6) 竹内虎士: 新体育学講座27 特殊保健学, 梢遙書院, 1963.
- 7) 中山 仁他: 聾児の身体適性向上に関する方法的研究。ろう児の特異性とその指導, 23, 1960.
- 8) Angelocci, A. A. : Some observation on the speech of the deaf. Volta Rev., 64, 403, 1962.
- 9) 切替一郎, 松崎 力, 船坂宗太郎: 音声の動揺に関する実験的研究。日耳鼻, 68, 364, 1964.
- 10) 岡村正美, 他.: 東京都内一中学校生徒の音声に関する研究。日耳鼻, 68, 375, 1964.
- 11) Boone, D. R. : Modification of the voices of deaf children. Volta Rev., 48, 637, 1946.
- 12) Engleberg, M. : Correction of falsetto voice in a deaf adult. J. S. H. D., 27, 162, 1968.
- 13) Martony, J. : On the correction of voice pitch level for severely hard of hearing subjects. Am. Annals of the Deaf, 113, 195, 1968.
- 14) 藤田馨一: 日本人の声帯長に関する研究。大日耳鼻, 50, 470, 1944.
- 15) 原田利治: 変声についての考え方とその取扱い方。耳喉, 39, 965, 1965.
- 16) 園田恵一郎: 音声の研究と歌唱指導。音楽乃友社, 1961.

A Study on Mutation of the Hearing Handicapped by Using Soundspectrograph

Nobuaki HOSHINA

ABSTRACT

Voice change from childhood to adulthood brings voice pitch dramatically low level. Some youths present the involuntary shift to falsetto during this voice change. Acoustic aspects of phonation of this period were studied by using soundspectrograph. Subjects were from 12 to 18 years old. Eighty subjects of the hearing handicapped enrolled in deaf schools were compared with 240 normal hearing students. Two criteria for the immatures were as follows: First, fundamental frequencies are higher than 200Hz for male and higher than 300Hz for female. Second, phonation shifting to falsetto and phonating in falsetto.

Control group of mutation in male was completed before 14 years of age and in female before 13. In spite of same physical maturity measured in heights and vital capacity, more than one third of the hearing handicapped failed to clear the criteria of mutation. Especially many hearing handicapped subjects who were seemed to be childhood voice were found in high school grades. Considering those prolonged and imcompleted mutation in their voice change, it was clear that the hearing could be a very important role in completing the mutation.