

発声・発語訓練過程における フィードバックと転移（第1報告）^{※)}

安部保子

ヒトは自らのうちに一定の平衡を維持し、環境から日常の糧を吸収し新陳代謝を行い、成長し成熟し、かつ老年にいたればその平衡を失って死滅する。ヒトは常に空気中の酸素を摂取し二酸化炭素（炭酸ガス）を吐き出している。森山によると、吐く息と吸う息の成分は第1表に示す通りである。

（第1表） 息の成分

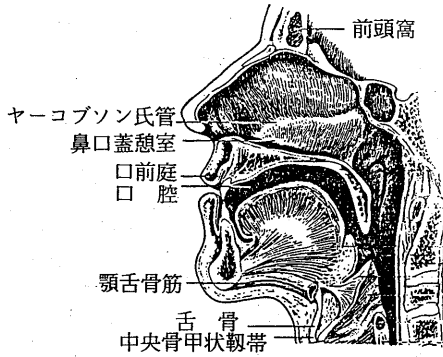
	吸う息	吐く息
酸素	20.8%	15.4%
二酸化炭素	0.04%	5.44%
窒素	70.1%	79.1%
水分	外気と同じ	多く含まれている

肺は吸った空気の貯蔵所であることは言及するまでもないが、肺から吐き出される空気は、気管支、気管、喉頭、咽頭を通して、多くの場合、口腔から口をへて、また鼻腔から鼻をへて体外へ吐き出される。その際、声帯の振動がともなえば有声音 (Voiced sound) となり、声帯の振動が

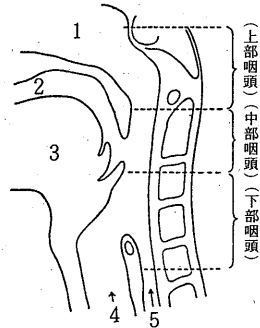
ともなわなければ、息だけであり無声音 (Voiceless sound) となる。これらの発声にかかわる器官を総称して発声器という(第1図ならびに第2図参照)。

※) 本研究内容の1部は昭和60年度、日本体育学会第36回大会(大会号論文P194~195)において共同発表したものである。

(第1図) 発声器および調節器の断面



(第2図) 発声器および調節器の断面



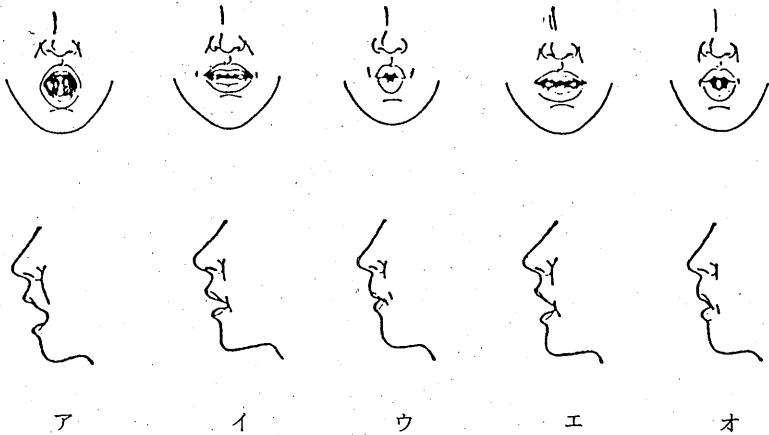
1. 鼻腔 2. 口腔 3. 舌
4. 喉頭 5. 食道

有声音のうち口腔内のいかなる個所にも摩擦がおこらず、また閉鎖もされず、自由に発声されるものは母音 (Vowels) となり、その他はすべて子音 (Consonants) となる。母音は口腔内の共鳴の条件によって特色づけられるものであるが、とくに舌の位置、運動 (第3図参照) および唇の形成 (第4図参照) が主たるものである。

(第3図) 母音発声時の舌の位置

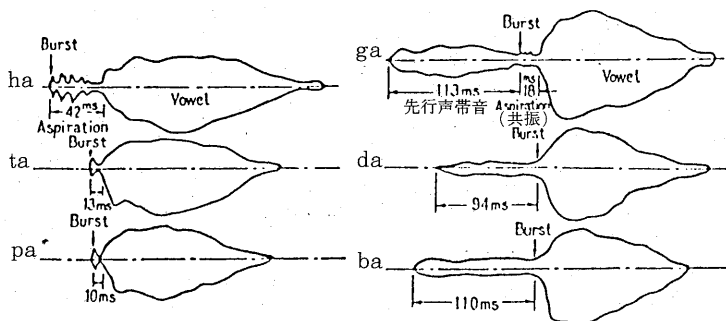


(第4図) 母音の口形図



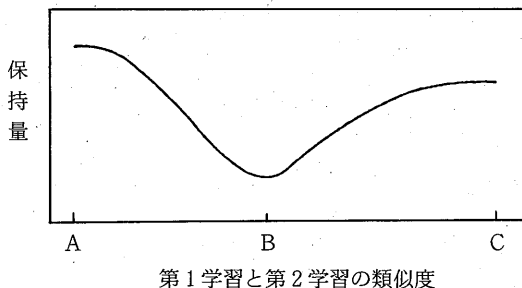
第3図で示す通り舌の最も高い点がある場合前母音、中央にある場合中(なか)母音、さらに後方にある場合奥(おく)母音と呼ばれることは一般によく知られている。これら各母音は子音に対して母体の役をはたすものであり、種々なる音声はこれを形成する条件に著しい差がある。一般に発声訓練は舌の位置および運動、さらに唇の形の構成に深い関係がある。第5図は佐藤²⁾による子音成分の波形分析である。これらの諸形式から発声が如何に種々なる条件に基因しているか明白であろう。

(第5図) 子音成分の包絡線図



1900年ミュラーとピルツェッカー (Müller, G.E. & Pilzecker, A) は、

(第6図) スカックス・ロビンソン仮説



最初の訓練(第一学習)

をおこなったあと、その

保持を測定するまでに、

別の訓練(第二学習)を

おこなうと、第二学習を

おこなわない場合よりも、

第一学習の保持が減少す

ることを見出した。その

後、第一学習と第二学

習とが等質的材料をもち

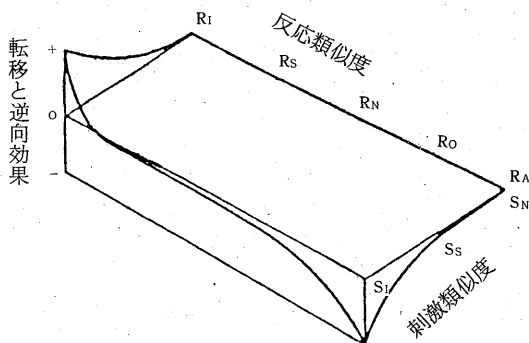
いた場合、この抑制が生

じやすいことが明らかに

なり、この現象を逆向抑制とよんでいることは周知のとおりである。その後、1927年になってスカックス・ロビンソン (Skaggs-Robinson) はこれらの二つの材料間の類似度について検討し、第6図に示すような結果を明らかにした。すなわち二材料間の類似度が同一の場合 (A条件) は転位効果がきわめて高いが類似度が少なくなるにしたがって転位効果が低くなり (B条件)、二材料間の類似度が全くなくなる (C条件) と再び学習効果が高まるが、A条件までは高まらないことを見出した。この結果はスカックス・ロビンソン仮説としてきわめて有名である。

さらに1949年になってオズグッド (Osgood, C. E.)⁵⁾ は類似度を刺激と反応の両面に分けて検討し、転位・逆向曲面 (Transfer and retroaction surface) を導いた。

(第7図) 転移・逆行曲面



彼は類似度を刺激と反応に分けて逆向抑制の効果を検討し、刺激が同一 (S1) で反応も同一 (R1) の場合は最大の正の転移が認められるが、反応の類似度が減少して、ほとんど同じ (RS)、無関係 (RN)、反対 (R0)、拮抗 (RA) となるにつ

れて負の転移が大となることを明らかにした (第7図参照)。

【目的】

上記の諸仮説および理論をもとにして、本研究は幼児や聴覚障害者 (難聴児・聾啞者) が発声訓練をおこなう際、その発声に対応する種々なる図形をブラウン管上に出させ、これらの図形を視覚的に認知させるとともに、健聴者の発声によるそれと比較検討することにより、その差異を発見させ、再三の視覚的フィードバックを利用して発声を矯正し、あわせてタイプの異なる種々なる表出図形をもちいることにより、その学習効果間に、いかなる転移が認められるか明らかにすることを目的とする。すなわち幼児・難聴児が自分自身の発声する声音をブラウン管上で図形として見ることによって、不

自然な音強度 (Intensity)、抑揚 (Intonation) および音の高さ (Pitch) を矯正しようとするものである。

従来より音声を何らかの図形にして、視覚的に表示する装置はオシロスコープ (Oscilloscope)、サウンドストレッチャー (Sound stretcher)、周波数分析器 (Frequency analyzer) など、多くのものが存在するが、何れも表示される図形が複雑で、各音に対応した波形があらわれることは、わかっていても、細部の分析となると、きわめて困難で発語の矯正用としては事実上利用できないものが多い。また発声すると人形が踊ったり、自動車が動いたりする発声発語促進器も市販されているが、これも単に声音の音強度のみに反応するため、声を出すことのみに対しては促進効果があるにしても、その声の質の検討は全くできない欠点があり、そのため音声の質に関する矯正には全く効果がない。

「ア」の音声は「ア」と聞えるためには、あるいは「オ」の音声は「オ」と聞えるためには、その音声の中にならず一定範囲の帯域幅に存在する部分音が必要で、これが、いわゆるフォルマント (Formant 形成音) と呼ばれるもので、動くフォルマントと固定フォルマントがある。

(第2表) 基本周波数とフォルマント周波数

	性別	発音															
		i	I	イ	E	エ	æ	a	ア	o	オ	U	ウ	u	Λ	δ	
第 三 フォルマント	男女	3010	2550	3183	2480	2766	2410	2440	2710	2410	2458	2250	2310	2250	2350	1690	
	子ども	3310	3070	3425	2990	3033	2850	2810	2950	2710	2812	2680	2500	2670	2750	1960	
第 二 フォルマント	男女	2290	1990	2513	1840	1825	1720	1090	1460	840	1025	1020	1050	870	1190	1350	
	子ども	2790	2480	2707	2330	2262	2050	1220	1739	920	1212	1160	1210	950	1400	1640	
第 一 フォルマント	男女	270	390	310	530	438	660	730	711	570	469	450	296	300	640	490	
	子ども	310	430	366	610	489	860	850	888	590	543	470	359	370	760	500	
基 本	男女	136	135	183	130	188	127	124	162	129	191	137	139	141	130	133	
	子ども	235	232	285	223	262	210	212	262	216	264	232	261	231	221	218	
員 数	男女	272	269	-	260	-	251	256	-	263	-	276	-	276	261	261	
	子ども	76	76	10	76	10	76	76	10	76	10	76	10	76	76	76	

第2表は種々の音声の基本周波数とフォルマント周波数との関係を示したものである。

表から明らかなようにフォルマントは第1フォルマント (F₁)、第2フォ

ルマント (F₂) および第3フォルマント (F₃) からなるが、第3フォルマント (F₃) は周波数間に明瞭な区別がないため音声は主として第1フォルマント (F₁) と第2フォルマント (F₂) によって性格づけられると考えられる。

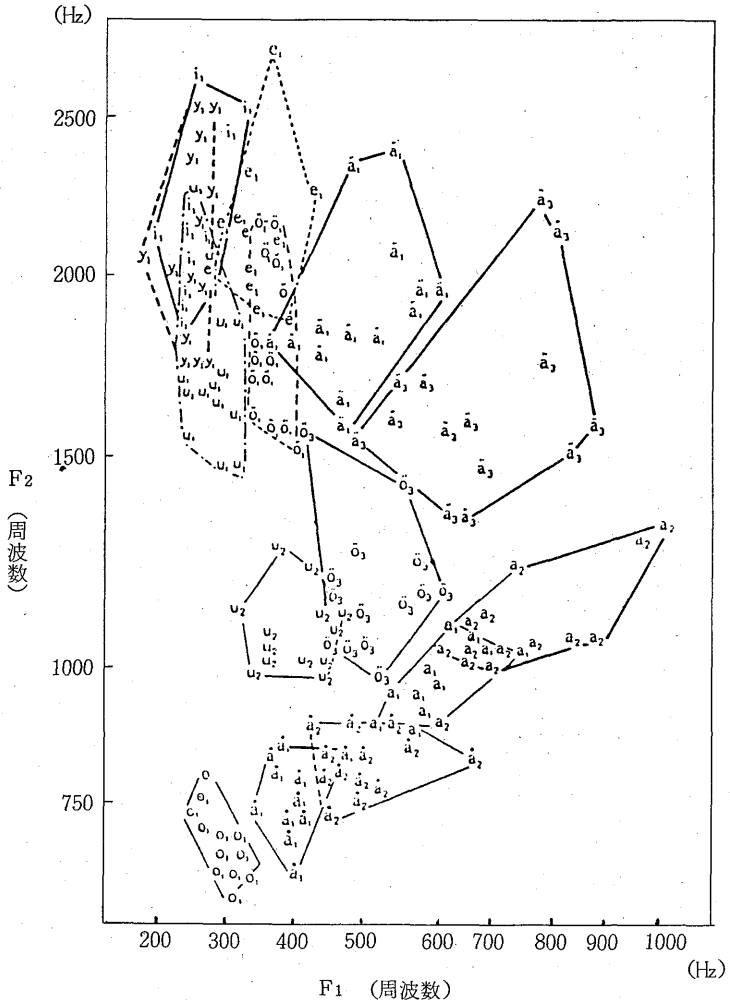
フォルマントの研究は古くはドイツのシュトンプ (Stümpf, C)⁶⁾ (1926) の研究もあるが (第8図参照)、詳細な研究としてはスウェーデン語を用いて図示したファント (Fant)⁷⁾ の F₁-F₂ 図 (第9図参照) および日本語を材料とした梅田のそれ (第10図参照) が理解しやすい。その他にもポッターおよびスタインベルク (Potter & Steinberg)⁸⁾、ペーターソンおよびバーネィ (Peterson & Barney)⁹⁾ ならびに土居らの卓越した業績があるが説明は省略する。

(第8図) フォルマントの位置 (Stümpf, Cによる)

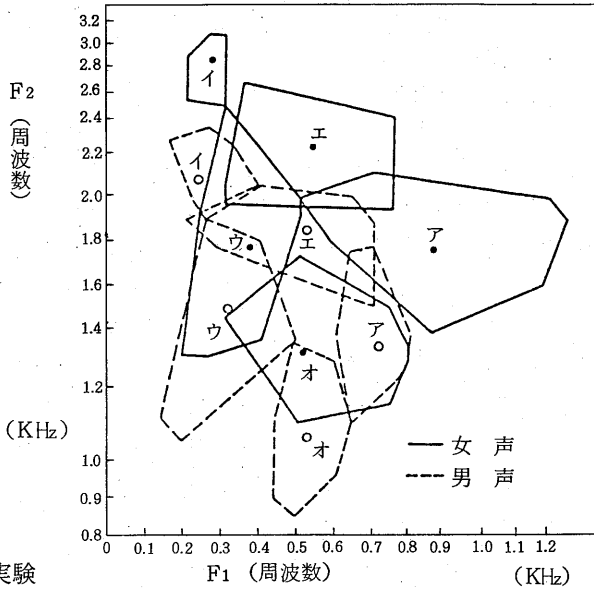


- は主形成音
- は副形成音
- ↓ 印は 又はそれ以下を示す

(第9図) 母音の F₁-F₂ 図
(Fant. G による)



(第10図) 母音の F₁-F₂ 図 (梅田による)



第1実験

【被験者】

K子さん(♀、7歳、聴力損失：左右とも250Hzで70dB、2KHzで110dB) およびHさん(♀、完全聾)ほか3名(いずれも30歳代)。

【装置】

日本ビクター株式会社MV-103L型ベロシティマイクロホン(インピーダンス600Ω; BTS第1級、JIS第1種相当)を変換箱に接続し、平衡を不平衡に変換する。これを自作組立した音声分析装置(※)に接続し、さらにその出力をブラウン管(菊水電子工業株式会社製5122型アライメントスコープまたは岩崎通信株式会社製MS-5100A型メモリスコープ)に導いて図形化するものである(第11図参照)。

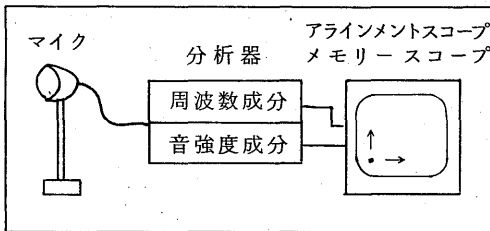
本装置は周波数(Frequency)成分-音強度(Intensity)成分分析器であるので、本論文においては便宜的にF-I分析器と呼ぶことにする。

※) 本研究発表に使用する音声分析装置の設計・調整は熊本大学工学部渡辺研究室の御協力によるものです。

マイクロホンに入力がない時は、声音に対応して図形を描くスポットは、ブラウン管上、左下隅に静止しているが、声音入力があると、このスポットは円形に近い図形を描いて移動する。すなわち周波数が高くなると上方へ、音強度が強くなると右方へ移動し、周波数が高くなると同時に音強度が強くなると右側上方に移動する（一例として、ブラウン管の中心、すなわち縦軸、横軸の中点は500Hz：60dB、-S.P.L.-の音刺激に対応する）。

本装置は表示図形が単純なため、幼児および聾児・難聴児の発音の不自然さがきわめてわかりやすく、また、健聴者の音声図形と比較しやすいため矯正効果が非常に高い。

(第11図) F-I 分析器の模式図

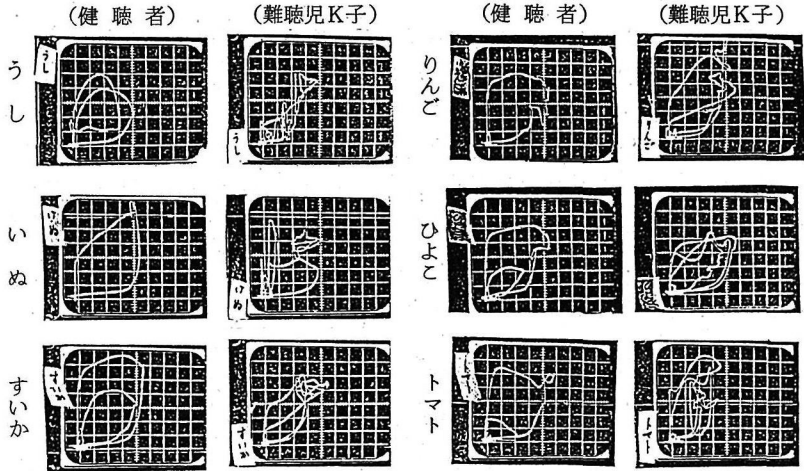


【結果 1】 —— F-I 分析器による ——

結果は第12図、音声図形に示す通りである。これらの音声図形から明白なように、聾児・難聴児の音声図形を健聴者のそれと比較すると、基本的には類似性が認められるものの、聾児・難聴児の声音には周波数的にも音強度的にも微動が多く、丸みがなく安定性がない。これは舌の運動がスムーズでないことをあらわしている。とくに不必要な力が加わっていると考えられる。

この点に注意して、発声・息使いを練習し、視覚的フィードバックを利用して矯正すれば、聾児・難聴児特有の発声の不自然さがなくなることは明らかである。

(第12図) 音声図形



【考 察】

上記の結果から聾児・難聴児の発声・発語訓練に際し、音声のフォルマント(形成音)に関する練習もさることながら、その基本的となる声(息)の出し方、とくに抑揚(Intonation)、周波数(声音の高さ)、音強度(声音の強さ)の変化を理想的なパターンにのせるような指導をすると発声に自然さが獲得される。

第2実験

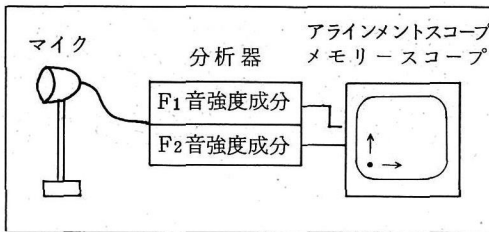
聴覚障害者(聾者・難聴者)は声を出すこと自体が大変困難であることが多い。その理由の一つは、耳が聞えないため、声を出すことの意義を明確につかむことができないからである。このため彼等の周囲の者は彼等に発声させること自体、大変努力しているのが現状である。

【目 的】

第1実験は声音を周波数(Frequency)と強度(Intensity)に分離してブラウン管上横軸(強度成分)、縦軸(周波数成分)にスポット表示して波形を検討した結果を明らかにしたが、本第2実験においてはフォルマントの強度(Intensity)のみを分析表示した、すなわち、第1フォルマントを縦軸に第2フォルマントを横軸に表示させた。換言すれば声音の中から特定の周波数

成分を、バンドパスフィルターによって二帯域 ($F_1=210\text{ Hz}\sim 1,198\text{ Hz}$; $F_2=620\text{ Hz}\sim 3,650\text{ Hz}$) を抽出し、それぞれブラウン管上縦軸、横軸にその合成出力をスポット表示し、これが声音特性に対応して移動する軌跡を、視覚的に確認して再三のフィードバックをかけることにより、合理的波形に修正し、その結果、発音・息使いを矯正せんとするものである。すなわちこの第2実験系列の主要な目的は息使いの強度にかかわる矯正である。第13図から明らかのように、この系列は声の周波数や抑揚 (Intonation) には関係がない。いわゆるI-I分析器の使用である。

(第13図) I-I 分析器の模式図



(写真1) 実験風景

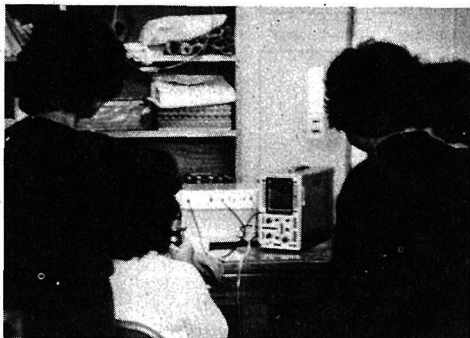


【結果 2】 —— I - I 分析器による ——

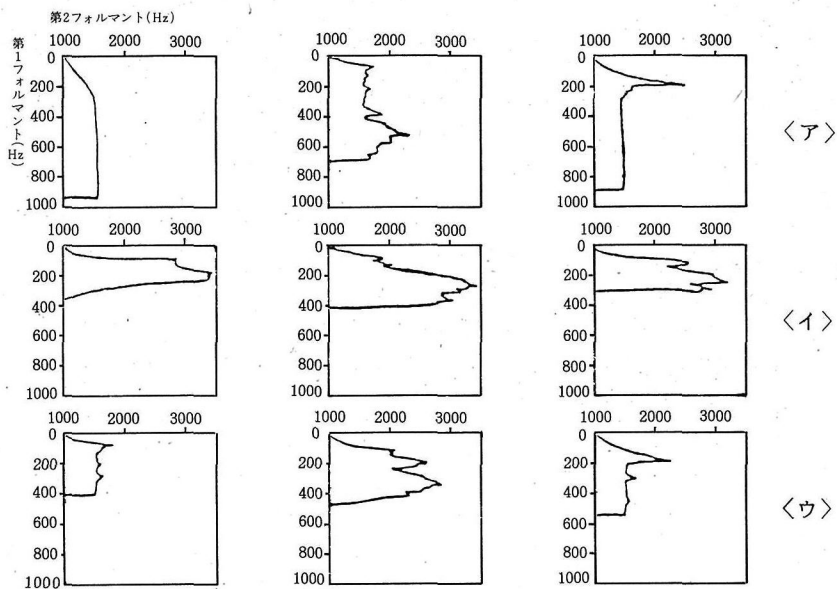
第2実験の結果とフィードバック効果は第14図に示す通りである。聾者 (Hさん) の訓練前 (第2列図形) と同訓練後 (第3列図形) の間には明確な相

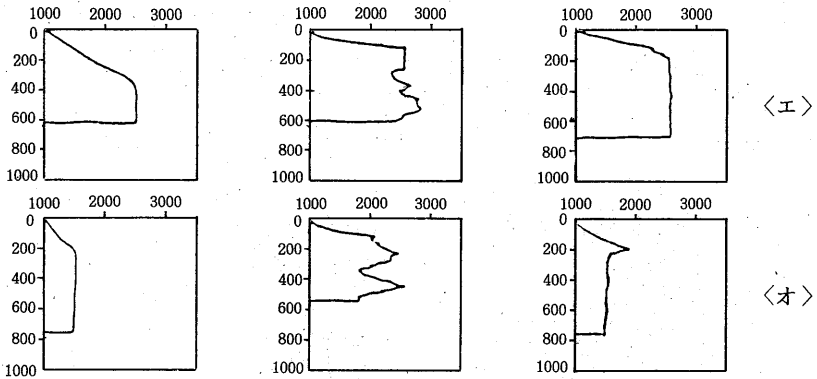
違があり、訓練前の図形は非常に凸凹が多い。訓練後の図形は健聴者のそれ（第1列図形）にかなり近づいていることがわかる。聾者の発声訓練は視覚の手がかりに頼る以外に方法がなく、今後のさらなる訓練効果が期待される。

(写真2) 実験風景



(第14図) 健聴者と聾者の母音の比較





【考 察】

本発表は F-I 分析器および I-I 分析器を使用したの発声訓練過程をブラウン管上で移動するスポット図形を比較するという方法で、すなわち視覚的図形認知をもとにしてフィードバックをかけることにより、より自然な発声、抑揚、声の高さおよび声の強さにかかわる練習効果を検討し、今までの方法では得られない多くの事実を明らかにした。

次回第3実験として F₁-F₂ 分析器を用いた効果を紹介し、これら相互間にはいかなる転移効果が認められるか検討したい。

【展 望】

昨今の体育訓練技術は高度に発展し、これらの訓練過程そのものが結果を左右することは明白であり、卓球やテニスの訓練またバレーボールやバスケットボールの訓練等において、ボールの扱い方一つにも転移効果は無視できず、さらにボールを追う一挙手一投足にも視覚によるフィードバックや眼と手の協応の問題が深くかかわっている。これらもきわめて大きいテーマであるので稿をあらためて報告したい。

参考文献

- 1) 森山俊雄 : 発声と共鳴の原理 音楽の友社 昭和38年
- 2) 佐藤利男 : 音響学会誌 14.2.117 1958
- 3) Müller. G. E. & Pilzecker. A : 心理学事典 658
平凡社 昭和32年
- 4) Robinson : 心理学事典 659 前掲書
- 5) Osgood. C. E. : 心理学事典 659 前掲書
- 6) Stümpf. C. : Die Sprachlaute; Experimentell
Phonetisch Untersuchungen:
Berlin; springer, 1926
- 7) Fant. G : Ericsson Tech., 15,1,21-23 1959
- 8) Potter R. K. & Steinberg J. C. : J.A.S.A 22.6 807-820 1950
- 9) Peterson. G. E. & Barney H. L. : J.A.S.A 24.2 175-184 1952
- 10) 土居光知 : 日本音声の実験的研究 岩波書店 1955