原 著

聴覚障害者の視覚と聴覚による音声知覚の評価

福田友美子¹⁾ 四日市 章²⁾

要 約 : 読話を併用すると音声知覚能力が有利になるような比較的障害の重い聴覚障害者の音声知覚能力を評価するための方法を作成した。その方法とは、聴取+読話・聴取だけ・読話だけの3条件での音声知覚の成績を比較できるように、単音節・単語・文の各レベルについて、(A)音韻分布 (B)同口形音韻の分布 (C)時間的な長さ (D)意味的な難易度の分布に関して等しい頻度から成る等価リストを録音・録画し、ビデオモニタに通じて提示し、音声の知覚能力を調べるものである。

この方法を用いて、ろう学校中等部の先天性聴覚障害者 22 名の音声知覚を評価した。その結果、次のことがわかった。(1)評価の結果、視覚と聴覚の併用の効果がはっきりと認められたのは 9 人、認められなかった者は 6 人であった。(2)併用効果有・不明・無の群の聴覚障害者の聴力は、有・不明・無の順に低下する傾向にあった。(3)併用効果有と無の群の間には視覚による音声知覚の成績には差はなく、両者の差は聴覚による音声知覚能力の差がその原因と考えられた。

以上の結果から、補聴器の使用が音声知覚に寄与しないような聴覚障害者には、補聴器以外から音声情報を取り込む方法を試みる必要性が示唆された。

索引用語 : 音声知覚, 評価, 読話, 感覚補助機器

Evaluating Auditory and Visual Speech Perception Ability in the Hearing Impaired

Yumiko Fukuda¹⁾, Akira Yokkaichi²⁾

Abstract : A method to evaluate speech perception ability by combined use of lip-reading and residual hearing was developed. The test materials consisted of sets of lists of Japanese syllables, words and sentences recorded on video tape. Phonemes, visemes (visual phonemes), length and familiarity were evenly distributed among the lists for each set.

Using this newly developed method, an experiment to evaluate speech perception ability was conducted on 22 congenitally hearing impaired students at a junior high school for the deaf. The results as follows. (1) Nine among the 22 subjects showed positive results through combined use of auditory and visual perception, while 6 showed no effect and the rest showed moderate effect. (2) The hearing level of the subjects belonging to the each group, tended to decrease in order of positive, moderate and no-effect groups. (3) There was no

¹⁾ 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所：〒359 埼玉県所沢市並木 4-1

²⁾ 筑波大学心身障害系：〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1

¹⁾ Research Institute, National Rehabilitation Center for the Disabled : Namiki, 4-1 Tokorozawa-shi 359

²⁾ University of Tsukuba : Tennodai 1-1-1, Tsukuba-shi 305

原稿受理：1991 年 10 月 1 日

significant difference in the number of correct answers for visual perception between the positive and no-effect groups, indicating that the difference in effect was due to auditory speech perception ability.

These results suggest that it is indispensable to try utilizing the other perception channels for speech in case where a hearing aid serve no useful purpose for speech perception.

Key words : Speech Perception, Evaluation, Lip-reading, Sensory Aids

I. はじめに

高度聴覚障害者が音声を知覚する場合、視覚によって音声を知覚する読話情報が重要なことはよく知られているが、これまで、読話による音声知覚能力を評価する方法の必要性は、認められていながらもほとんど提案されなかった。1978年にDe Fillipoらによって、振動触覚補助機器の使用効果を読話と併用した状態で評価しようと、対面の条件で物語などの発話を肉組＋口形／口形だけ／肉声だけで提示して模倣させ、1分あたり何語正しく模倣できたかを指標とするスピーチ・トラッキング法¹⁾が提唱されると、スピーチ・トラッキング法が人工内耳患者をはじめとした障害の重い聴覚障害者の、読話を併用しての音声知覚の評価に広く用いられるようになった。しかし、スピーチ・トラッキング法には、次のような種々の欠点も報告されている。まず、スピーチ・トラッキング法は対面の状況で行うから発話者の個人差によって結果が違ってくる可能性がある。特に、発話速度は、それによって30%の誤差が生じたという報告もある²⁾が、発話者が対象者の反応によって調節することになりがちで、個々の対象者を同一の基準で評価しているとはいえない。また、発話者と対象者の親密度や使用するテキスト(20～30%の誤差が生じた例が報告されている²⁾)なども評価結果に影響を与える。スピーチ・トラッキング法は、個人の音声知覚能力の変化を経時的にとらえる方法には向いているが、多数の聴覚障害者の評価結果を比較しなければならない目的にたいしては不適切であると考え、発話を録音録画して、同一の評価条件で評価できる方法を作成し、その評価法を先天性聴覚障害者の視覚と聴覚を用いた音声知覚能力の評価に試用した。

II. 視覚と聴覚による音声知覚の評価法

1. 目的

この評価法は、聴覚能力が音声知覚に大きく制限があるため口形の情報を併用すると音声知覚が有利になるような比較的障害の重い聴覚障害者の音声知覚能力

を評価できることを目的として作成した。また、視覚と聴覚の併用効果が調べられるように、視覚＋聴覚・視覚だけ・聴覚だけの条件での成績を比較できるようにすることも目的とした。評価の材料には、単語や文のような意味を持つものも使用しなければならない場合もあるので、同じ材料を繰り返して用いることができない。そこで、異なった材料でも評価の結果を比較できるように等価なリストを用意する必要がある。そのために、聴覚障害者が、聴覚によって／視覚によって、音声を知覚する成績に影響を及ぼすと考えられる要因についてバランスをとれば、等価なリストが作製されると考え、日本語の基本語彙について、それらの項目について記述したデータベースを作り、それを活用して各項目のバランスを取ってリストを構築する方法を取ることにした。

2. 聴覚障害者の音声知覚に影響を及ぼす要因

聴覚障害者が音声を知覚するのに影響を及ぼす要因として、次のようなものを考えた。

A. 音声学的要因：ある言語の聞き取り能力を反映させられるようなリストを作製するには、その言語と同様な頻度になるように音声学的にバランスをとる方法が提唱され³⁾、アメリカ合衆国においては広く普及している。日本語では、国立国語研究所発行の「現代用語の基礎調査」と「婦人雑誌の用語」(秀英出版)を基にして2音節語および3音節語のPBリストが作られている⁴⁾。上記のもの³⁾では聴覚障害者の評価のためには難しすぎるために、アメリカ合衆国では同じ考えを基にして聴覚障害者の音声知覚能力を評価するためのリストも作られた⁵⁾。また、音声学的なバランスをとる方法として、その言語の音素の出現頻度でバランスを取るのがより適切であると提案され⁶⁾、そのリストもつくられた⁷⁾。

B. 口形による要因：聴覚障害者は聴覚によって音声を知覚する能力が制限されるために口形の情報を補助的に使用すれば音声の理解性が向上する可能性があるが、中等度の難聴者であっても読話を利用していることが多い⁸⁾。口形から得られるのは、音声情報の一部にすぎず、同じ口形でも異なった音素であるものも多い

(たとえば、/p/と/b/と/m/など)。アメリカ合衆国においては、音声の音素 phoneme に対して、口形の読話素 viseme の提案がされている⁹⁾。そこで、音声学的要因と同様に、口形情報である読話素のバランスをその言語と同様にとって、リストを作製する必要がでてくる。

C. 意味的な要因：聴覚障害者が聴覚的・視覚的に捉えるのは、正常者に比べると、曖昧な刺激であると考えられる。そのような状況では知覚の誤りの生じる可能性は高く、意味的に難易な内容のほうが容易なものよりも、誤りやすくなる¹⁰⁾。

D. 時間的な長さ：音声を知覚する時、音声・口形の刺激の系列を記憶する課程をたどると思われるので、時間的な長さ（日本語の場合には、モーラ数）も要因のひとつに加えた。

3. 評価用リストの作製

(1) データベースの作成

まず、データベースに登録する語彙として、国立国語研究所編「日本語教育のための基本語彙調査」(秀英出版, 1984)のうち、「基本語二千」の2030語を選択した。これは、留学生など外国人の日本語学習者が、専門的領域の研究または職業訓練に入る基礎として、学習すべき日本語の一般的・基本的語彙について妥当な基準を得るという目的で選定されたものである。これらの各語彙について、表1に示した各項目の特性を入力して、データベースを作成した。

(2) 評価リストの作成

評価リストは、音節・単語・文の言語学的に異なった3つのレベルのものを作成した。

A. 音節リスト：日本の耳鼻咽喉科の領域で最も一般的に使われている評価方法は、日本オーディオロジ学会で制定した57式の単音節の評価用オーディオテープである。従来の評価方法と互換性もてるよう、また、57式リストが高出現頻度の音節で構成されているという2つの理由から、この評価材料の単音節リストも57式リストと同じ構成にし、同じ発話のマスターテープから提示順序を違えて編集して、5リストを作製した。

B. 単語リスト：国立国語研究所編「日本語教育のための基本語彙調査」(秀英出版, 1984)の「基本語二千」の単語全体と、意味の難易の程度・文法的な分類・音素の分布・同口形音の分布・語彙の構成モーラ数について、同様の分布になるようにしてある。50単語で構成した5リストを作製した。

C. 文リスト：文リストには、1～8文節の24文・100文節で構成した。文で使用される単語は国立国語研究所「日本語教育のための基本語彙調査」の基本語

表1 評価リスト作製のための日本語基本語彙のデータベースの項目

1. 言語的情報として
A. 語彙の難易度 ¹¹⁾
B. 語彙の意味的な分類 ¹¹⁾
C. 語彙の文法的な分類 ¹¹⁾
2. 聴覚的情報として
A. 単語を構成する音素の数 ¹²⁾
B. 語彙のモーラ数
3. 視覚的情報として
A. 語彙を構成する同口形音(viseme: 読話素)の数 ¹³⁾
B. 語彙のモーラ数

彙二千から選択した5リスト。各リストは、母音・子音の調音方法別に分類した群・文節の構成モーラ数・同口形音韻の分布について、釣合をとった。聴覚障害者では、子音を聴覚的に調音方法の群として視覚的に調音場所の群として知覚する傾向がある⁸⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。そこで、音素でバランスを取るのが難しかったので、音素の出現頻度でなく調音方法別・調音場所別の分布でバランスを取った。

(3) リストの等価性の検討

日常的に補聴器を装用し、補聴器を使用し読話も音声知覚に併用して音声知覚を行っていると思われる先天性の聴覚障害者(平均聴力レベル80 dB～110 dB, 19～21歳)9名を対象にしてリストの等価性を調べた。これらの被験者の言語能力は、読書力検査によると小学校5年から中学校3年の間であった。

図1～3の上部に、音節リスト・単語リスト・文リストについての各被験者のリスト1～5に対する最高正答率と最低正答率の幅とその中央の値を丸で示した。図の下部には、リスト1～5についての9人の各被験者の中の最高正答率と最低正答率の幅とその中央の値を示した。図より、各被験者の音声知覚能力には大きな個人差があることがわかる。リスト間の正答率の変動の幅は、最大の変動を示した被験者で文リスト・単語リスト・音節リストでそれぞれ27%・20%・20%、最小の被験者では8%・4%・2%、その平均は16%・11%・9%であった。リスト間の変動の量は、音節・単語・文の順に大きくなる傾向にあった。分散分析を行ったところでは、単音節・単語・文のすべてで5%の危険率でリストの平均差はなく、いずれのリストを用いた測定も結果を比較のために用いてよいと考えられ、所期の目的のための評価法が得られたこと

図1 音節リストに対する正答率の変動

図3 文リストに対する正答率の変動

図2 単語リストに対する正答率の変動

図4 文・単語・音節のリスト間の変動量

になる。

また、視覚+聴覚・視覚・聴覚による音声知覚の成績を比較するにあたっては、リスト間の変動が音節・単語・文の順に大きいことを考慮する必要があると考えられる。各被験者の音声知覚能力には大きな個人差が存在するので各被験者の正答率の平均を、9人の全体の平均値に正規化しリスト間の変動の量を求め、図4に示した(丸が平均値を幅が標準偏差を示した)。本研究の先天性聴覚障害者の音声知覚の評価では、この量を参考にして文・単語・音節に対する視覚+聴覚・視覚・聴覚による音声知覚の成績の比較を行った。

II. 先天性聴覚障害者の視覚と聴覚による音声知覚の評価

1. 方法

作製した評価リストを用いて先天性聴覚障害者の視

覚と聴覚による音声知覚の評価を行った。まず、音節・単語・文の各リストの発話を、Uマチック・ビデオコーダ (SONY VO-5800)、ビデオカメラ (SONY DXC-1310)、エレクトレット・コンデンサ・マイクロフォン (SONY ECM-23 F) を用いて、防音室内で録音・録画を行い、まず、マスターテープを作製した。このマスターテープから、Uマチック・エディチングレコーダー (SONY VO-5850) とエディチングコントローラ (SONY RM-440) を用いて編集して、評価実験で用いるビデオテープを作製した。画面に検査語の順番に数字をスーパーインポーズして、検査の実施を便利にした。

発話者は、聴覚障害者との対話に慣れている標準語を話す成人女性1名である。録音にあたっては、騒音計で監視して、一定の音量で話すように心掛けた。録画は、話者の正面から撮影し、話者の頸部から頭全体が画面に入るようにした。また、2個の照明を頭の高さの左右の45°の角度から当て、読話の手掛かりとなる舌の動きや歯などがよく見えるように留意した。

対象は、ろう学校中等部に在籍している22名の生徒で、ろう学校の静かな部屋でビデオモニターを通じて音声・画像を提示し、解答を解答用紙に書き取らせる

方法で評価を実施した。音声の提示音圧は約 75 dB SPL で、ほとんどの対象者がこの位の大きさがよいという大きさであった。

2. 結果

(1) 視覚と聴覚の併用効果

先天性の聴覚障害者 22 人の結果から、(視覚+聴覚の条件での正答率) - (視覚だけでの正答率) を求め、その値が文・単語・音節のすべてでリスト間の変動の量 (本研究では 9 人の測定より求めた 2 標準偏差を用いた) より大きいものを、視覚と聴覚の併用効果が有¹⁾と、逆に、文・単語・音節のすべてで差が変動の値よりも小さいものを併用効果は無と、いずれかの値が大きいものは併用効果不明と判定した。併用効果有が 9 人、無が 6 人、不明が 7 人であった。それぞれの群の対象者の補聴器装用耳 (両耳装用の場合は良聴耳) の聴力を、オーディオグラム上に重ね合わせたものを図 5 に示した。併用効果有・不明・無の群の順に聴力が低下する傾向にあったが、はっきりとした境界はなかつ

た。

また、3 群の文・単語・音節での 3 条件での正答率の平均とその標準偏差を図 6 に示したが、文・単語・音節のすべてで、視覚+聴覚と聴覚だけの 2 条件では、併用効果の有の群、不明の群、無の群の順に正答率が低くなっていた。一方、視覚だけの条件では 3 群の間に差はなく、視覚+聴覚での成績の差は、聴覚による知覚能力の差が原因と考えられた。

(2) 母音・子音の知覚

併用効果有の群の 9 人と無の群の 6 人の音節の異聴の結果から得られた、3 条件での母音の異聴表を示した (図 7)。この図でも、併用効果有の群と無の群の違いは、聴覚による知覚能力によることは明らかである。日本語では母音は 5 個しかいないため、視覚だけと条件でもほぼ 5 母音を識別できるが併用効果有の群では、聴覚を併用することで正答率が向上している。一方無の群では、知覚能力の劣る聴覚を併用したことによって、正答率が視覚だけの場合よりもやや劣っているよ

図 5 併用効果有・不明・無の群の聴力図

図6 併用効果有・不明・無の群の、視覚+聴覚・視覚・聴覚の各条件での、音節・単語・文に対する正答率

(5%以下省略)

併用効果有の群

視覚+聴覚						視覚						聴覚								
S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u
i		97				--	i		89	7			--	i		85				13
e			98		--		e			100		--		e			78		13	
a				96			a			7	92			a				97		
o		--			100		o		--			98		o			28		70	
u		--				100	u		--			6	90	u		56				31

母音明瞭度 98%

併用効果無の群

視覚+聴覚						視覚						聴覚								
S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u
i		74	19			--	i		76	9			--	i		33	17	15	15	11
e			98		--		e			100		--		e		13	21	19		33
a				88			a				97			a				79		
o		--			95		o		--			97		o			12	38	44	
u		--			11	83	u		--				90	u		17			19	39

母音明瞭度 88%

視覚+聴覚						視覚						聴覚								
S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u
i		97				--	i		89	7			--	i		85				13
e			98		--		e			100		--		e			78		13	
a				96			a			7	92			a				97		
o		--			100		o		--			98		o			28		70	
u		--				100	u		--			6	90	u		56				31

母音明瞭度 94%

視覚+聴覚						視覚						聴覚								
S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u	S	R	i	e	a	o	u
i		74	19			--	i		76	9			--	i		33	17	15	15	11
e			98		--		e			100		--		e		13	21	19		33
a				88			a				97			a				79		
o		--			95		o		--			97		o			12	38	44	
u		--			11	83	u		--				90	u		17			19	39

母音明瞭度 47%

図7 併用効果有・無の群の、視覚+聴覚・視覚・聴覚の各条件で、母音の異聴表

うすがみられる。

子音の知覚について、視覚からは調音場所について聴覚は調音方法についての情報が知覚されやすく、視覚と聴覚を併用するとそれらが相補的に働いて知覚の成績が向上することが、補聴器を装着している先天性の聴覚障害者でも^{8,10)}人工内耳患者でも^{14,15)}報告されている。本研究の対象者の子音明瞭度は、併用効果有の群では、聴覚+視覚・視覚・聴覚の各条件で、52%・34%・30%で、一方無の群では、34%・34%・12%であった。両者の聴覚による知覚を比較するために、併用効果有・無の群の音節の異聴の結果から得られた3条件での子音の異聴表より、調音方法別に正答率を調べた(図8)。なお、波線はそれぞれの正答のチャンスレベルを示してある。本研究では両者に大きな差があったのは、鼻音・半母音で、ついで無声破裂・摩擦音であった。

3. 考察

併用効果のある群の結果を、後天性の聴覚障害者である人工内耳の患者の結果と対比してみた(図9)。人工内耳患者Aは電話の使用も可能な音声知覚能力の良好な例であるが、患者Bはあまり良好でない患者である。患者Aでは聴覚だけの条件の正答率が音節<単語<文となっているのに対し、患者Bでは音節=文>単語で、Aの方がかなり正答率が高い。視覚だけの条件では、両者とも音節では良好であるが文・単語では低い。患者Aの結果は、手術後数年という短期間で、過去に蓄積された音声言語の辞書と対応させて急速に人工内耳聴覚のための新しい辞書が構築されていることを示すとともに、視覚系のための辞書の作製は困難であったことを示唆している。患者Bでは、視覚系のための辞書の作製は困難であったことはAの場合と同様であるが、さらに聴覚による知覚も先天性聴覚障害者の併用効果有の群に比べても芳しくない。しかし、

図8 併用効果有・無の群の、視覚+聴覚・視覚・聴覚の各条件での、子音の調音方法別の正答率

図9 併用効果有の群と人工内耳埋め込み患者の、視覚+聴覚・視覚・聴覚の各条件での、音節・単語・文に対する正答率

文の知覚では視覚によるものよりも聴覚による方が高くまた併用の効果が大きいのは、過去に完全な日本語能力と音声知覚のための体系を獲得していたことが有利に働いていると思われる。

一方先天性の聴覚障害者では、視覚の条件では音節・単語・文の順に正答率が上昇し、聴覚の条件では音節・単語・文の順に逆に下降している。このことより、本研究で対象にした先天性の聴覚障害では、視覚によって音声言語を知覚するための辞書の作製の方が聴覚系のものよりも容易であったことが推察される。

図10に視覚と聴覚の併用効果がみられない群の成績を示した。これらの対象者も補聴器の装用の効果が全くないということだけでなく、音の存在がわかるなどの恩恵を受けており、日常的に補聴器を使用しているが、音声を知覚するレベルでははっきりとした効果があるとは認められない。補聴器の装用と早期教育が提言されてかなりの年月が経過し、現在、わが国は国際的にも早期教育がもっとも充実している国の1つとなり、統合教育も広く実施されている。しかし、補聴器の効果がごく限られている聴覚障害者に対しての教育方法については、きわめて未熟な状態にある。現在、諸外国では、人工内耳や人工内耳の適応が望ましくない場合には振動触覚補助機器などを与えて音声知覚能力を向上される試みが多数報告されている。われわれも、そのような補聴機器を導入する必要があるように思わ

図10 併用効果無の群の、視覚+聴覚・視覚・聴覚の各条件での、音節・単語・文に対する正答率

れた。

この研究の前半の評価法の作成は福田が行い、ビデオテープの作成については早稲田大学人間科学部の比企静雄教授に援助いただいた。後半の試用実験は、福田と四日市と協同して行い、実施にあたっては東京学芸大学大学院生加藤ふみ氏にご協力いただいた。また、評価の対象となった人工内耳患者は東京医科大学において手術・リハビリテーションを行った患者である。

ここに、ご協力をいただいた皆様に深く感謝する。

文 献

- 1) De Fillippo, C. L. and Scott, B. L. : A method for training and evaluating the reception of ongoing speech, *J. Acoust. Soc. Am.*, 63 : 1186~1192, 1978.
- 2) Levitt, H. : Evaluation of a cochlear prosthesis using connected discourse tracing, *J. Rehabilitation Research*, 23 : 147~154, 1986.
- 3) Egan, J. P. : Articulation testing method, *Laryngoscope*, 58 : 955~991, 1948.
- 4) 三浦種敏・山口善利 : 第4部音声情報の知覚, 聴覚と音声, 電子通信学会発行, 343~345, 1968.
- 5) Hirsh, I. J., Davis, H., Silberman, S. R., Reynolds, E., Eldert, E., and Bemson, R. W. : Development of materials for speech audiometry, *J. Speech Hear. Dis.*, 17 : 321~337, 1952.
- 6) Lehist, I., and Peterson, G. E. : Linguistic consideration in the study of speech intelligibility, *J. Acoust. Soc. Am.*, 31 : 280~286, 1959.
- 7) Tillman, T. W., and Olsen, W. O. : Speech audiometry, in Jerger, J. ed., *Modern Developments in Audiology*, (Second Edition), New York, Academic Press, 1973.
- 8) 福田友美子, 坂本 幸, 黒木総一郎 : 読話に対する残聴の併用効果, *日本音響学会誌*, 32 : 271~276, 1976.
- 9) Fisher, C. G. : Confusion among visually perceived consonants, *J. Speech Hear. Res.*, 3 : 212~222, 1960.
- 10) 福田友美子, 比企静雄 : 読話と残存聴能の活用との相互関係, *日本音響学会誌*, 33 : 198~207, 1977.
- 11) 国立国語研究所 : 日本語教育のための基本語彙調査, 秀英出版, 1984.
- 12) 服部四郎 : 言語学の方法, 岩波書店, 1960.
- 13) Fukuda, Y. and Hiki, H. : Characteristics of the mouth shape in the production of Japanese—Stroboscopic observation, *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 2 : 75~91, 1982.
- 14) 船坂宗太郎, 城間将江, 湯川久美子, 飯塚尚久, 挑 敏明, 河野 淳, 高橋 整, 熊川孝三 : 22チャンネル人工内耳患者の子音・半母音情報伝達量に関する研究, *AUDIOLOGY JAPAN*, 32 : 146~152, 1989.
- 15) 福田友美子, 城間将江, 船坂宗太郎 : 人工内耳埋め込み患者の音声の知覚—聴覚と視覚の併用について, *音声言語医学*, 30 : 334~339, 1989.

別刷請求先 : 〒359 埼玉県所沢市並木4-1

国立身体障害者リハビリテーションセンター
研究所
福田友美子