合成音声を用いた語音聴力検査

—文献的考察—

小佐井 真・江口 武夫

木下 道子・小池 靖夫

Speech Audiometry Using Synthetic Words

—A Review of the Literature—

Makoto Kosai, Takeo Eguchi,

Michiko Kinoshita and Yasuo Koike

(The University of Tokushima School of Medicine)

A speech audiometry trial is described for testing the degree of hearing loss. Usually, we used natural speech for the test. However, natural speech does not have universality and reproducibility, whereas synthetic speech does.

We have been trying to use synthetic words for speech audiometry. This review traces the early work in the development of speech audiometry, distorted speech audiometry, speech synthesis and synthetic speech audiometry.

Key words: speech audiometry, distorted speech audiometry, speech synthesis, synthetic speech audiometry

語音聴力検査の歴史

聴覚障害を診断するうえで、純音聴力検査は必要不可欠なものである。しかし、障害の部位によっては、純音聴力検査のみでは十分な情報が得られないことがある。

例えば、社会生活上不可欠な言語聴取能力を直接測定するためには、純音聴力検査は十分な検査法とはいえない。この目的のためには、語音を用いた聴力検査が必要である。

従来、言語音を用いた聴力検査では、囁き語の話し声をもちいて、ある有意語を聴取させたときの距離によって測定する方法が用いられていた。Lichtwitz¹⁾は1889年に Wolf²⁾の編集した語表を用いて聴取音圧が規則的に変化する装置を考案した。1887年 Edison³⁾が発明した

ろう管型蓄音機を語音聴力検査に初めて応用したのは1904年 Bryant⁴⁾である。その後、Fletcherが「4 A型オージオメーター」と円盤式蓄音機を接続した純音聴力検査装置を作成し、検査用語として数字を用いた語音聴力検査を発表した。

さて、音声を伝送あるいは再生する系の性能を定量的に判断する方れの一つとして、通信工学で用いられてきた手法に明瞭度試験がある。これは、一連の検査用語を送信側より入力して受信側より出力し、その正解率を明瞭度とするものである。送信側の発声者と伝送系を一定として、受信者を変えることにより受信者の明瞭度を調べることができる。語音聴力検査の明瞭度にこの評価法が応用された。

検査に用いられた語音表は、国際電話諮問委員会で行われている明瞭度試験では、エスペラント語で構成されたログアトム (Logatom) 表と呼ばれる語音表が用いられている⁵⁾。これは、無作為に選ばれた C + V + C すなわち子音、母音、子音の組合わせで構成された音節表である。

米国では、1944年 Egan⁶⁾ によって提唱された有意 1 音節単語表である P B リスト (Phonetically balanced wordlist) や、1952年 Hirsh ら⁷⁾ によって提唱された CIDW-22 list. 1947年 Hugins らによる Harvard University の test No. 4 および No. 9 list などの有意 2 音節単語表で、両音節がほぼ同じ stress をもつもの (spondaic pattern) を集めた語表である。これらは、1 音節単語に比べて聴きとりやすく、spondee list と呼ばれている。

日本語においては、検査媒体すなわちかな文字が、英語などと異なり一般に子音 + 母音が 1 つの素材となっており、これらの組み合わせで単語を作る。そのため英語と全く同じ考え方は語表を作ることができない。また音節の意味のとり方も少し異なっている。電気通信研究所で作成された語表は、ログアトム語音表に対応するものとして、無意 1 音節および無意 2 音節語表である。

本邦では、1951年岡本⁹⁾ が初めて耳鼻科領域にこれを応用した。この語表は、1 音節および 2 音節語音によって構成されていた。しかしその後、日本語の特性から、2 音節が 1 音節と基本的には異ならないために、一般には 1 音節語表が広く用いられるようになった。後に、日本オーディオロジー学会が 1957年に 50語により構成されている 57-A、57-B 語音表、1967年に 20語より構成されている 67式語音表を作成した。いずれの語音表も、主に C + V すなわち子音と母音の組み合わせ、ならびに単独母音より構成されている。

さて、単語了解度試験では、明瞭度試験に比較すると、被験者の知識や教養などの影響を受

けやすく、語音表の意味内容によって結果が左右されるなど、その客観的な定量化が困難である。それに対して、無意 1 音節語音による明瞭度検査は、被験者の聴覚因子以外に左右されることは少ない。またその明瞭度検査の結果を、異聴を含めて表にした異聴表 (confusion matrix) を作成することにより容易に解析できるなどの利点をもっている。

聴力検査の音刺激としては、純音、語音、歪み語音、雑音等種々のものが用いられている。一般に聴神経によって聴覚伝導路に送りこまれた純音は、間脳の内側膝状体のレベルにおいて周波数分析が完成するが、言語音のような複合音は、その音色の認識が高位の脳皮質で完成される¹⁰⁾といわれている。そのために、純音による検査では間脳より末梢側障害に対応する結果が得られるのに対し、言語音では、聴覚伝導路および情報処理系全体の障害を反映した検査結果を得ることができる。

歪語音聴力検査

ところで語音を歪ませると、例えば /a/ という情報は 100% すべて中枢に伝達されなくなる。しかし、我々が /a/ と認識するに足る必要最小限の情報量が中枢に伝達されれば /a/ と認識することができる。このことは、無歪みの /a/ には必要最小限の情報量の他に付随している情報量の存在していることが推論される。その付随している情報量を Bocca らは冗長度 (redundancy)¹¹⁾ という言葉で表現した。たとえば、必要最小限にされた語音を聴取した場合、聴覚伝導路が正常であれば中枢まで情報は正確に伝わり異聴はおこらない。しかし、聴覚伝導路に異常がある場合には、情報は正確に伝導されず異聴が生じる。そこで、冗長度のより低い言語を用いて聴覚路の障害をより鋭敏にとらえようとする考え方から歪語音を用いた検査法が考えられた。

歪語音聴力検査を最初に臨床応用したのは Bocca¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ である。語音に加えられた歪みの種類としては (1)周波数歪(2)切断歪(3)速度歪

(4)長い語音の4種類をあげた。しかし、長い語音は語音の歪というよりは、記憶量に関係するものであり、前3者とは意味が異なるために後に除外された。具体的には下記の如きである。

1) 周波数歪語音聴力検査

Bocca¹¹⁾¹³⁾は500Hz low pass filterを用いて500Hz低域低波語音(LP語音)を用いた。これを側頭葉腫瘍患者に聴かせたところ、無歪語音では弁別能に左右差はなかったが、LP語音では健側に比べて患側よりも明瞭度が低かったと述べている。

2) 切断歪語音検査

Bocca¹³⁾は、50msec on, 50msec off, すなわち毎秒10回の割りで切断した語音を用いて検査を行うと、中枢性障害例では、健側で明瞭度の低下がみられると述べた。

3) 速度歪語音検査

普通の会話では我々は毎分150語程度の速度で喋っているが、Bocca¹³⁾は毎分250から350語の速度できかせると、中枢障害例では健側で明瞭度の低下がみられると述べた。

Boccaは以上の検査を行い、断続語音は脳幹部で、周波数歪語音は皮質において融合すると想定している。

Bocca以降、語音に種々の歪を加える試みが行われた。主なものとして、周波数歪(フィルター語音、周波数伸縮語音など)、時間歪(断続語音、時間伸縮語音など)、テープレコーダー回転歪、非直線歪(SSB、クリッピングなど)がある。しかし、現状のようにありあわせの語音リストを一律にフィルターに通したり、電子スイッチを用いて切断して歪語音を作成する状態では、聴覚路の障害を鋭敏に検査する事は困難である。そのために、多数例の検討からの歪語音の作成(太田¹⁴⁾)や、聴覚路の障害部位によって特徴的な差が出るように異聴内容から検討(設楽¹⁵⁾)することなどが必要である。細井ら¹⁶⁾は歪語音を用いて、聴覚障害者の語音弁別能力と障害部位との関係を検討している。

両耳聴検査

また、聴覚伝導路の検査法として重要なものに両耳聴検査があげられる。両耳聴検査は両側の聴覚路が互いに交叉していることと、反対側耳からの線維が優位であることなどを利用しようとする検査である。ある情報の一部ずつを左右耳に別々に与えても、両耳聴することにより、それらを融合してもとの情報として認知する事ができるということはかなり古くから知られていたが、それを臨床応用したのはBocca¹⁷⁾である。その後種々の両耳聴現象が発表されているが、太田¹⁸⁾は次のように分類している。

1) 両耳加重現象(binaural summation)

両耳に同時に同一刺激を与えると、その閾値、ラウンドネス、あるいは語音明瞭度に変化を呈する。

2) 両耳融合現象(binaural fusion)

耳に与える刺激には少し差があるが、coherentな刺激であってそれに時間差、位相差、強度差、周波数差、などがあるが、両耳聴では両耳への刺激が融合して1つの音像として聞こえる場合である。たとえば、方向感覚、音像偏倚などが代表的なものである。

3) 両耳分離現象(binaural separation)

両耳に全く異なった刺激を与えて、そのおのおのを分別する場合である。これには、dichotic listening test (Kimura¹⁹⁾)、dichotischer Diskriminationstest (Feldmann²⁰⁾)、Staggered spondic word test (SSW-test) (Katz²¹⁾)などがある。

合成語音聴力検査

さて、これまで述べてきた語音聴力検査、および歪語音聴力検査に用いられている語音は一般にはヒトの発声による肉声である。また、本邦においては日本人の肉声が録音されたレコードまたはテープが用いられてきた。しかし、対象となる音声言語はヒト固有の伝達手段であり、国語ごとに大きく異なるのはもちろんのこと、同一国語圏内でも、性別、年齢、地域ごと

に、実際にはかなりの差がある。語音がこのように多様性を持つにもかかわらず、ある一人の特定者の発声した語音を録音したレコードやテープを用いて検査を行うと、検査結果がその発声者の言語環境や個人資質の影響を受けることを免れない。したがって、万人に対して等しい価値を持つ検査法と考えることは困難になる。さらに、発声者の個人差や発声時の条件などにより語音の波形や強度などに変化を生じ、音刺激としての特性の厳密な規定や正確な制御が困難である。

そこで、従来よりもっと普遍性のある基準語音の作成が試みられてきた。しかし、純音とは異なり複雑なヒト構音器官で生み出される音声言語を機械的あるいは電氣的に合成することは必ずしも容易ではなかった。

機械的音声合成は、1799年 Kratzenstein が機械的な声道の共鳴モデルを製作し、その入口部に声帯に対応するリードを付け、それにフイゴで空気を送って5母音を発生させたのが最初といわれている(図1)以後1791年 von Kempelen が Kratzenstein の装置を改良し発表した。電氣的合成器の発明は、1922年 Stewart により製作されたが、母音のみの合成にとどまった。分析合成法式の元祖は、1939年 Dudley によって発明された Voder, Vocoder である(図2)。1950年代に入ると、米国ハスキンス研究所において Cooper らによって透明なプラスチック膜上に白い墨で書いた任意のスペクトルパターンを音声に変える装置が開発され、音声合成の研究が本格的に始められた。この装置は pattern play back と呼ばれた。以後、主なものをあげてみると、1950年代では、Dunn (1950) 声道アナログモデル、F. de Jerger (1952) デルタ変調方式、関 (1955) FASIT による圧縮伝送、Flanagan (1957) フォルマント形音声合成器、Rosen (1958) 動的声道アナログ合成器 David Jr., (1958) voice excited vocoder などがある。1960年代に入ると Flant (1962) ÖVE II 音声合成、Flanagan (1962)

相関 vocoder, Kelly (1962) コンピューターによる digital 合成、Holmes (1964) 規則合成、Flanagan (1966) Phase vocoder, 松井 (1966) アナコン・音声合成、板倉、斎藤、(1969) PARCOR 合成等、1970年以降では、Cumminsky (1973) ADPCM, Sambur (1975) LPC vocoder, Wiggins (1978) LSI 合成器、板倉、嵯峨山 (1980) LSP 合成器の LSI 化等長足の進歩をとげている。表1に詳細を示す。

以上のような音声合成方法が考案されてきたが、合成法を処理法や、形式によって分類すると以下の如くなる。

1) 波形処理を用いたもの

①録音編集形式

②素片編集方式

2) 生体源処理を用いたもの

①分析合成形式

a) チャネル法

b) ホルマント法

c) 声道アナログ法

d) 線形予測法

e) PARCOR 法

f) LSP

g) ケプストラム法

②規則合成形式

a) 音素単位を用いる方法

b) VCV音節を用いる方法

c) テキストからの規則による方法

これらの合成方式の中では、規則合成形式が臨床医にとっては利用し易い方式である。とくに、テキストからの規則合成形式とは、書物に印刷された文字の系列を読み取ったり、あるいはタイプライターの文字盤をたたいて記号系列を入力することによって合成音声出力を得る形式である。音声出力は、前述した音声合成器を駆動して得る事ができる。最近ではこの方式の進歩が著しく、音質もかなり良い。また、入力の方法が簡単のために専門家でなくとも、容易に合成できるという利点も持っている。

このような音声合成技術の進歩により, 比較的自然度の高い語音を人工的に容易に合成できるようになった. この合成語音の最大の長所は, 語音の音響物理的パラメーターを自由に, 広範囲に正確に変化させられることにある. いいかえれば, ヒトの発声では避けられない個体差や再現性の欠如などの難点を全く有さない. そのため, 合成音声を用いることによって語音認識の機構を実験的に研究して, またその結果を定量的に解釈することが可能となる.

従来より, 合成語音の研究は, 主として母音を用い, 語音の音韻知覚の過程における情報要素の分析, 抽出をめざしたものが多い. 臨床的に難聴者を対象として合成語音を用いて聴力検査を試みた報告は少ない.

1953年に Miller²⁴⁾ は合成母音の音韻評価を F_1 — F_2 図上に表示したが, 被験者は正常者1名であり, 音声合成装置それ自体が旧式であったために実験結果には多くの制限があった. Pickett, Martin²⁵⁾ は合成母音の F_1 および F_2 に対する弁別について正常者と感音性難聴とで比較したが, 臨床応用には至らなかった.

日本語の合成母音を用いた聴力検査を臨床応用したのは富沢 (1971)²⁶⁾ である. 富沢は100例の感音性難聴症例を対象として, ターミナルアナログ型音声合成装置を用いた母音を用いて聴力検査を行った. その際に, F_1 および F_2 を変化させて, 持続時間の長い音刺激および持続時間の短い音刺激に対する識別の検査を施行した. 結果は, confusion matrix に表し, 明瞭度および, 情報伝達量を計算し, 定量的な分析を行った. また勾坂ら (1981)²⁷⁾ は種々の音韻長変動が合成音の韻律に与える影響を調べるために, 合成音の自然性評価実験を行った. その結果, 種々の音韻長変動が合成音の自然性に与える影響が明らかになり, 音韻長伸縮の最大許容値: 30msec, 音韻長の単一な増減に対する許容値: 15msec, を示した. さらに, 隣接音韻の音韻長補償による, 合成音の自然性向上が示されるとともに子音長の伸張, 短縮に対す

る補償には差異があり, 前者に比べ後者は母音長の補償が明確であると示した. 佐藤ら²⁸⁾ (1982) は長井方言 /i/, /e/ に関して, F_1 , F_2 及び F_4 — F_6 を固定し, F_3 の周波数を変化させた合成音を用いて, 標準語話者層と方言語話者層を検査したところ, 方言語話者層では, F_3 の周波数変化によって, 音に対する反応が変化するなど方言音における F_3 の重要性が認められたと報告した. 上田ら²⁹⁾ (1983) は, 合成母音の視, 触覚情報を連続音声の色彩表示システムとタクトアルポコードを用いて評価した. その結果, 単母音の表現でも連続母音の表現でも, それによってもたらされる母音のカテゴリの生成において, 視覚的情報のほうが触覚的情報より優れていることが示された. 小佐井ら³⁰⁾ (1985) は, 音声合成装置 DEC talk を用いて母音を合成し, 歪みを加えない母音と low pass filter によって周波数歪みを加えた母音を合成した. それらを用いて, 語音聴力検査を行ったところ, 無歪みの合成母音では100%の明瞭度が得られた. また, 小佐井ら³¹⁾ (1986) は, DEC talk を用いて57式語表と同一の語音列を合成して, 日本オージオロジー学会より販布されている57式語音聴力検査用レコードと明瞭度を比較した. その結果, 合成語音では83%レコードでは97%の明瞭度を得た. 小佐井ら³²⁾ (1986) は, 合成母音に周波数歪み, 速度歪を加え, 難聴者と正常人に対して歪語音聴力検査を施行した. 最近では肉声を A/D, D/A 変換することによる合成音声を用いた語音聴力検査も行われている³²⁾³³⁾³⁴⁾.

このように, 音声合成の分野は最近進歩が著しく, 合成語音を用いた聴力検査は, 臨床的に有用なものとなる可能性を秘めていると思われる. ことに, 最近長足の進歩を遂げている規則合成形式の合成装置では, キーボードより文字を入力することによって誰にでも簡単に音声合成ができる. そのために, 技術的な知識に乏しい臨床医にとっては利用価値の大きいものであると考えられる.

図1 (中田和男, 他: 1982²²⁾ より転載)

図2 (中田和男, 他: 1982²²⁾ より転載)

表1 音声情報処理研究の歴史 (中田和男, 他:1981²³⁾より転載)

分野 年代	音声分析と聴覚	音声伝送と合成	音声認識と話者認識
1700		Kratzenstein の機械的音 声合成 (1779) von Kempelen の機械的 音声合成 (1791)	
1800	フーリエ分析法 (1822) 聴覚の Ohm の法則 (1843) 声帯振動の観測 (1855) Helmholtz の聴覚におけ る共鳴説 (1863) Bell の電話機の発明 (1876) Rutherford の聴覚におけ る電話説 (1886)		
1900 }	母音のホルマント分析 (1924) 聴覚のマスキング特性 (1924) 母音調音の観測 (1928) 内耳のマイクロホン電位 (1930) 等ラウドネス曲線とラウド ネス計算法 (1933)	電氣的母音合成器 (Stewart, 1922) PCM 方式の発明 (Reeves, 1938)	
1950	明りょう度計算法 (Collard, 1936) 音の高さのメル尺度(1940) 母音発生のX線観測 (Chiba, Kajiyama, 1941) 内耳基底膜の振動測定 (Békésy, 1942) ソナグラフの発明 (1946) visible speech (Potter, 1947)	voder, vocoder の発明 (Dudley, 1939)	

(表 1 つづき)

分野 年代	音声分析と聴覚	音声伝送と合成	音声認識と話者認識
1950 ～ 1960	明りょう度指数 (1947)		
	明りょう度計算法 (Fletcher, 1950)	声道アナログモデル (Dunn, 1950)	steno-sonograph (Dreyfus-Graf, 1950)
		零交差波伝送 (Licklider, 1950)	
		パタンプレーバック音声合成 (Cooper, 1952)	audrey (数字音認識) (Davis, 1952)
		デルタ変調方式 (F. de Jager, 1952)	
	音韻の弁別的素性 (Jakobson, Fant, 1953)	音韻の building block に よる音声合成 (Harris, 1953)	
	聴覚による話者認識 (Pollack, 1954)	FASIT による圧縮伝送 (関, 1955)	
		ホルマント形音声合成器 (Flanagan, 1957)	phonetic typewriter (Olson, 1956)
		Vobanc, Frena 伝送 (Bogert, 1957)	
		動的声道アナログ合成器 (Rosen, 1958)	
		dyad による音声合成 (Peterson, 1958)	
		voice excited vocoder (David Jr, 1958)	
		extremal coding (Mathews, 1959)	
	聴覚神経機構の研究 (勝木, 渡辺, 1959)	TASI 方式 (Bullington, 1959)	
	音響的音声生成理論 (Fant, 1960)	ÖVE II 音声合成 (Fant, 1962)	ソノタイプ (坂井, 1961)
	analysis-by-synthesis (Stevens, 藤崎, 1961)	相関 vocoder (Flanagan, 1962)	voice print (Kersta, 1962)
		コンピュータによるデジタル 合成 (Kelly, 1962)	

(表 1 つづき)

分野 年代	音声分析と聴覚	音声伝送と合成	音声認識と話者認識
1960 ～ 1970	ケプストラム分析 (Noll, 1964)	規則合成 (Holmes, 1964)	話者認識 (Pruzansky, 1963)
		diphone による規則合成 (Dixon, 1964)	数字音声認識 (加藤, 永田, 1963)
		音声応答装置の実用化 (IBM, 1965)	
		phase vocoder (Flanagan, 1966)	
	最尤スペクトル推定による 音声分析 (板倉, 斉藤, 1966)	アナコン・音声合成 (松井, 1966)	
	線形予測音声分析 (Atal, Schroeder, 1967)		視覚と聴覚による話者認識 の比較 (Stevens, 1968)
		線形予測による符号化 (Atal, Schroeder, 1968)	話者認識 (IBM, 1969)
	PARCOR 音声分析 (板倉, 斉藤, 1969)	PARCOR 合成 (板倉, 斉藤, 1969)	学習形音声認識 (好田, 橋本, 斉藤, 1969)
		adaptive Δ M (Jayant, 1970)	音声認識への DP 利用 (迫江, 千葉, 1970)
	声帯振動の 2 mass モデル (石坂, Flanagan, 1972)		ARPA speech understanding project(1971~1975)
1970 ～ 1980	子音発生モデル (白井, 藤沢, 1973)	ADPCM (Cumminsky, 1973)	Threshold Technology 社 VIP-100 (1972)
		LPC vocoder (Sambur, 1975)	連続 DP マッチング (中津, 迫江, 千葉, 1974)
		sub band coding (Crochier, 1976)	音声による Q/A システム (好田, 中津, 1976)
		adaptive transform coding (Zelinski, 1977)	3 モードシステム (ベル研, 1976)
			話者認識の大規模実験 (古井, 斉藤, 1971~1976)
			TI 社話者照合実験システム (Doddington, 1976)
	線スペクトル対音声分析 (板倉, 管村, 1978)	TI 社の LSI 合成器 (Wiggins, 1978)	NEC-DP・100 (1978)

(表 1 つづき)

分野 年代	音声分析と聴覚	音声伝送と合成	音声認識と話者認識
		Time Space社の2400bit伝送 (Maitra, 1979)	内外各大学の音声認識実験, 内外各社の音声認識装置の 発表相次ぐ
		通研, 日立の LSI 合成器 (佐藤, 中田ほか 1979)	工技院大プロ「ボタン情報処 理システム」完了 (1980)
		松下の1チップ合成器	
		LSP 合成器の LSI 化 (板倉, 嵯峨山, 1980)	

ま と め

1) 語音聴力検査の歴史について文献的に考察した。

2) 音声合成, 音声分析の歴史, 現在の状況について文献的に考察した。

3) 合成語音を用いた聴力検査について, 文献的に考察した。

参考文献

- 1) Lichtwitz L : Über die Anwendung des neuen Phonographen als allgemeinen Hörmesser. Int. Congr. Otol. Laryng. Pari 1889 ; Arch. Ohrenheilk 29 : 302, 1890.
- 2) Wolf O : Akustisch physiologische und pathologische Studien. Vieweg, Braunschwig, 1871.
- 3) Edison Th A : Blit. Pat. 2909 v. 30. 7. 1887 : USA Pat. 200521 v. 24. 12. 1877:DRP 12631 v. 12. 7. 1878.
- 4) Bryant WS : A Phonographid acoumeter. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 33 : 438~443, 1904.
- 5) CCIF : XVII the Plenary, Assembly, Genova, Vol. 4, 1954.
- 6) Egan JP : Psycho-acoustic laboratory report. OSRD 3802 : 1944.
- 7) Hirsh I, Davis H, Silverman SR, et al : Development of materials for speech audiometry. J Speech Hear Disord 17 : 321~337, 1952.
- 8) Hudgins CV, Hawkins JF, Karlin JE, et al : Development of recorded audiometry tests for measuring hearing loss for speech. Laryngoscope 57 : 57~89, 1947.
- 9) 岡本途也 : 新に製作せる語音明瞭度試験用のログアトム音盤について. 日耳鼻 54 : 179~183, 1951.
- 10) Katsuki Y, Watanabe T, Maruyama N, et al : Activity of auditory neurons in upper levels of brain of cat. J Neurophysiol 22 : 343~359, 1959.
- 11) Bocca E, Calearo C and Cassinari V : A new method for testing hearing in temporal lobe tumors. Acta Otolaryngol 44 : 219~221, 1954.
- 12) Bocca E, Calearo C, Cassinary V, et al : Testing "cortical" hearing in temporal lobe tumors. Acta Otolaryngol 45 : 289~304, 1955.
- 13) Bocca E : Clinical aspects of cortical deafness. Laryngoscope 68 : 308~309, 1958.
- 14) 太田文彦 : フィルタ語音明瞭度検査用語表の試作. Audiology Japan 17 : 140~147, 1974.
- 15) 設楽哲也 : 難聴者の語音異聴に関する考察. Audiology Japan 15 : 40~52, 1972.
- 16) 細井祐司, 他 : 聴覚障害者の語音弁別能力と障害部位との関係. 聴覚研究会資料 H-81-40 : 227

- ～234, 1981.
- 17) Bocca E : Binaural hearing ; another approach. *Laryngoscope* 65 : 1165～1171, 1955.
 - 18) 太田文彦 : 両耳合成能と両耳分離能. *日耳鼻* 69 : 補3 : 27～50, 1966.
 - 19) Kimura D : Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Can J Psychol* 15 : 156～165, 1961.
 - 20) Feldmann H : Dichotischer Diskriminationstest, eine neue Method zur Diagnostik zentraler Hörstörungen. *Arch. Ohr. Nas-u. Kehl-Heilk* 184 : 294～329, 1965.
 - 21) Katz J : The SSW test. *J Speech Hear Disord* 33 : 132～146, 1968.
 - 22) 中田和男, 他 : 音声デバイス活用の実際. 42～43 頁, オーム社, 東京, 1982.
 - 23) 中田和男, 他 : 音声情報処理の基礎. 2～4 頁, オーム社, 東京, 1981.
 - 24) Miller RL : Auditory test with synthetic vowels. *J Acoust Soc Amer* 24 : 174, 1952.
 - 25) Pickett JM, et al : Discrimination of vowel spectrum in sensorineural hearing impairment. *J Acoust Soc Amer* 25 : 1191, 1967.
 - 26) 富沢正雄 : 感音性難聴における合母音の識別に関する研究. *Audiology Japan* 14 : 202～229, 1971.
 - 27) 匂坂芳典 : 音韻時間の制御と知覚. 聴覚研究会資料 S81—22 : 169～175, 1981.
 - 28) 佐藤数之, 他 : 合成音による長井方言 /i/ と /e/ の知覚実験. 音声研究会資料 S82—37 : 289～295, 1982.
 - 29) 小佐井真, 他 : 音声合成装置 DECtalk による聴力検査用歪語音作成の試み—第1報—. *Audiology Japan* 28 : 609～610, 1985.
 - 30) 小佐井真, 他 : DECtalk による聴力検査用欽語音作成の試み—第2報—. *Audiology Japan* 29 : 707～708, 1986.
 - 31) 小佐井真, 他 : 音声合成装置 DECtalk による聴力検査用歪語音作成の試み. *医療情報学* 6 : 4 : 417～423, 1986.
 - 32) 竹内義夫 : CASA (Computer Aided Speech Audiometer) の開発. *Audiology Japan* 30 : 691～692, 1987.
 - 33) 山田安紀子, 他 : 聴覚障害者の母音聴取に及ぼす時間的要因の効果. *Audiology Japan* 30 : 695～696, 1987.
 - 34) 福永善秀, 他 : 聴覚障害者の短音節知覚における子音情報と母音情報の役割. *Audiology Japan* 30 : 701～702, 1987.

(別刷請求先 : 小佐井真
〒770 徳島県徳島市蔵本町3
徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室)