

# 人工内耳手術後の聴取評価に関する研究

2000年3月

城間 将江

# 目 次

第 1 章 序		
1.1 人工内耳の歴史的背景	.....	1
1.2 人工内耳の基本原理	.....	2
1.3 研究目的	.....	4
第 2 章 研究 I 人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験		
2.1 評価テスト作成の背景	.....	7
2.2 テストの構成	.....	9
2.2.1 刺激モダリティー		
2.2.2 検査項目		
2.2.3 検査素材のビデオ収録		
2.3 健聴者による聴取実験	.....	12
2.3.1 実験方法		
2.3.2 結果		
2.4 人工内耳装用者による試用実験	.....	16
2.4.1 実験方法		
2.4.2 結果		
2.4.2.1 Fテスト、Nテストとの比較		
2.4.2.2 語音の聴取特性		
2.5 小括と考按	.....	26
第 3 章 研究 II Nucleus 22 人工内耳システム音声コード化法、MPEAK コード化法と SPEAK コード化法の比較		
3.1 はじめに	.....	30
3.2 方法	.....	34
3.3 結果	.....	36
3.4 MPEAK と SPEAK の反復実験		
3.4.1 雑音負荷による語音聴取への影響		
3.4.2 人工内耳と読話併用における MPEAK と SPEAK の違い		
3.4.3 個々の症例における SPEAK の有効性		
3.4.4 MPEAK および SPEAK による子音情報伝達率		

3.3.5.1	コード化法による子音情報伝達率の違い： 静寂時と雑音負荷時	
3.3.5.2	MPEAK および SPEAK における雑音の影響	
3.4	小括と考按	46
第4章	研究Ⅲ 人工内耳装用者による音楽の知覚	
4.1	はじめに	49
4.2	方法	49
4.3	結果	52
4.4	小括と考按	57
第5章	要約	59
	謝辞	65
	引用文献	66
	付録（本研究に用いた評価テスト：単語検査、日常会話文検査）	70

## 第1章 序

### 1.1 人工内耳の歴史的背景

人工内耳 (Cochlear Implant) とは、内耳における音の変換機構を代行する人工的な感覚補償装置である。様々な疾患が原因で内耳の有毛細胞が変性・消失した両側の高度聴覚障害者に対して人工内耳の埋め込み手術を行い、聴覚神経を直接電気刺激することで聴覚機能を回復させる治療法として世界的に用いられている。

人工内耳の臨床的応用がなされたのは1970年代の後半である。しかし、基礎的な実験は19世紀のはじめに遡り、聴神経を電氣的に刺激する最初の実験は1800年にボルタが試みた。また1957年には、フランスの Charles と Eyries が聴覚障害者に対して実験したものの、被検者に拒絶反応が現れ実用化には至らなかったという<sup>1,2)</sup>。

Luxford と Brackman<sup>3)</sup> らは、人工内耳が作動するための基本的条件として、第1に、体内に埋め込む機器が安全で拒絶反応を起こさないこと、第2に、電気刺激によって聴神経が反応することをあげている。これらの安全性と有効性に関しては下記のような研究者らによる基礎研究・臨床研究で確認され、人工内耳の実用化に向けて欧米諸国を中心に開発が進められていくことになる。

1970年代は、聴神経を刺激する電極が1つの単チャンネル方式人工内耳の研究と臨床応用がなされている<sup>4~6)</sup>。それらの報告によると、患者らは人工内耳の手術前の状態に比べて音の on-off や音の長さの弁別が可能になったことで読話がしやすくなり、結果的に会話の聴取に貢献するというものであり、人工内耳の開発初期は読話の補助的な機器として認識されていたことが伺える。

人工内耳の有効性を追求する研究は進められ、1970年代の後半には複数の刺激電極をもつ多チャンネル方式の人工内耳が続々と開発される<sup>7~10)</sup>。それらの中でも、特にメルボルン大学とコクレア社の共同研究による多チャンネル方式が実用化され、豪州や米国で臨床治験を行った結果、単チャンネル方式に比べて語音聴取率が高くなるという報告が相次いだ<sup>11~14)</sup>。これらの結果を反映して多チャンネルの電極を蝸牛に埋め込む方法が定着し、現在に至っている。

さて、日本に最初に人工内耳が導入されたのは単チャンネル方式で、1980年代の初期である。高橋<sup>15)</sup>や廣田<sup>16)</sup>の報告によると、この単チャンネル方式を使用した場合、人工内耳のみの語音聴取率は手術前に比べて有意な向上は見られないが、読話の併用効果は認められたということである。しかしながら、単チャンネル方式から多チャンネル方式の人工内耳に移行する世界の趨勢で、日本にも1985年に豪州のコクレア社製 Nucleus 22人工内耳システムが導入されることになる<sup>17)</sup>。

世界には多種の人工内耳システムがあるが、日本においてはコクレア社製の製品を用いている施設が多数なため、本研究で述べる人工内耳とは4章の極一部の例外を除き Nucleus 22人工内耳システムを指す。

## 1.2 人工内耳の基本原理

人工内耳は、下図（図1.1）に示されるように、体外に装着する機器と体内（側頭部）に埋め込まれる部分から構成される。体外部はヘッドセット（マイクロホンと接続ケーブル及び送信コイル）とスピーチプロセッサで、体内部はコクレアインプラント（レシーバスティムレータと電極アレイ）である。

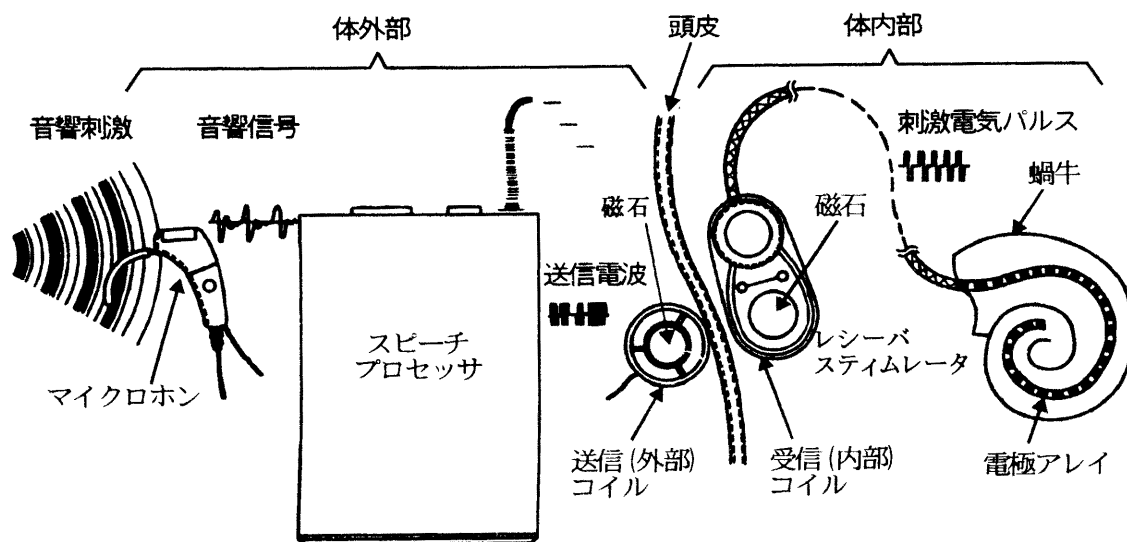


図1.1 人工内耳の模式図(コクレア社より提供、一部改変)

まず、外部の音響刺激はマイクロホンに入力される。その信号はスピーチプロセッサによって音声コード化され、無線で体表に付置された送信コイルを通して経皮的に体内部の受信コイルに送られる。レシーバシステムレータは体外外部から受信した信号に対応して、蝸牛内に埋め込まれた電極を選択し、刺激電流を出力する。図1.2は、Nucleus 22人工内耳システムの写真で、スピーチプロセッサとヘッドセット一式、および体内部に埋め込まれるコクレアインプラントである。スピーチプロセッサは、大きさが92mm x 62mm x 19mm、重量は100gのポケットサイズである。また、蝸牛内に埋め込む電極アレイは直線型22mmの長さで、32個の電極（本電極22個と補強電極10個）の電極が0.7mm間隔で配置されている。

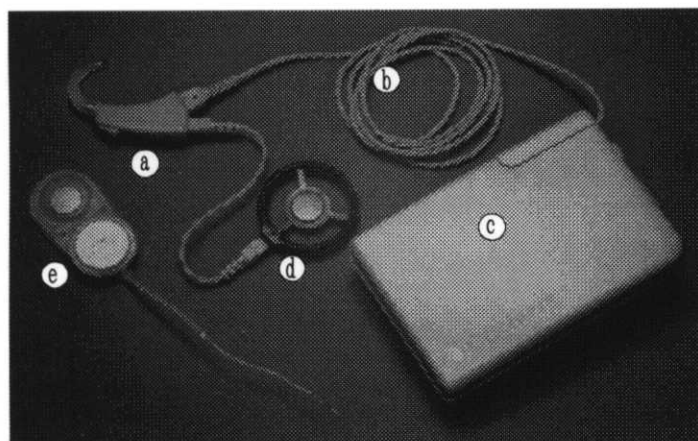


図1.2 人工内耳の基本構成（コクレア社より提供）

a:マイクロホン b:接続ケーブル c:スピーチプロセッサ d:送信コイル  
e:コクレアインプラント(レシーバシステムレータと電極アレイ)

人工内耳手術は高度聴覚障害者の語音聴取能力の向上を目的に行われるが、その有効性は音声コード化法によって決まると言われている<sup>18~21)</sup>。Nucleus 22人工内耳システムに関しては、表1.1に示すように音声のコード化を行うスピーチプロセッサはWSP II, (Wearable Speech Processor), WSP III, MSP (Mini Speech Processor), SPECTRAと改良され、それに伴い音声コード化法も変遷してきた経緯がある。音声コード化法は、WSP IIはFOF2法を用いるもので、電極

の刺激を基本周波数 (F0) より、刺激電極の位置を第 2 ホルマント (F2) より求める方法である。また、WSPIIIはWSPIIの改良型で、第 1 ホルマント (F1) の抽出が加わり F0F1F2法と呼ばれるコード化法を採用する。さらにMSPではMPEAK法 (multi-peak coding strategy) といって、先のF0F1F2法に、2000Hz以上の高周波数帯域における特徴を抽出する 3つのフィルタバンドを設定するもので、これもホルマント抽出型であり、音声のホルマント周波数に対応する電極を刺激する方法である。そしてMSPに変わってSPECTRA22が開発され、音声のスペクトル情報をより多く抽出するSPEAK法 (spectral coding strategy) が用いられるようになり、現在に至っている。この方法は、20のバンドパスフィルタを通過した音声信号の中から、相対的にエネルギーの強い音の周波数帯に対応する電極を刺激するものである。

表1.1 Nucleus 22 人工内耳システムの変遷

スピーチプロセッサ	WSPII	WSPIII	MSP	SPECTRA
開発年度	1985年	1986年	1989年	1994年
音声コード化法	F0F2	F0F1F2	MPEAK	SPEAK
特徴	基本周波数で刺激し、第2ホルマントを抽出	基本周波数で刺激し、第1、第2ホルマントを抽出	F0F1F2法に高周波数域抽出用のバンドを加える	20のバンドパスフィルタを用意し、相対的に強い信号に対応するフィルタ6-10個を抽出

MPEAKコード化法とSPEAKコード化法の違いについては第3章で詳しく述べるが、体内に埋め込むコクレアインプラント (電極部) を変えなくても、改良された音声コード化法を搭載したスピーチプロセッサを使用することで、語音の聴取能力が向上するという利点がある<sup>22,23)</sup>。

### 1.3 研究目的

かつては治療不可能とされていた高度聴覚障害者も、今日では人工内耳手術によって音声言語によるコミュニケーションが可能になり、多くの聴覚障害者が恩恵を受けている。特に最近の人工内耳装用者の会報誌(CICADA<sup>24)</sup>, ACITA<sup>25)</sup>に記載されている体験記などには、日常会話の聴き取りはスムーズで電話が使用できるとか、テレビや音楽も楽しめるようになったという報告が増えてきて

いる。

上述のように、テクノロジーの進歩によって人工内耳の音声コード化法はめざましく変遷しているが、実際の臨床場面では語音の聴取能力は個人差が大きく、電話で日常会話が可能な人がいる一方で、読話なしでは聴覚情報がほとんど活用できない人も少なくない<sup>26)</sup>。製品を開発したコクレア社が述べているような成果が全ての装用者で達成されているかどうかは明らかではない。日本では人工内耳手術は保険適応になっているが、スピーチプロセッサを買い換える場合は行政的な補償はない。新しい音声コード化法の使用には、スピーチプロセッサの買い換えが必要で経済的な負担を強いられる。従って患者への適切な情報提供が臨床上に重要なことである。

また、一部の人工内耳装用者は音楽がよく分かれると自己報告しており生活の質が向上しているようである。しかし、それらの報告が客観的な評価と一致するかどうかは定かではない。そこで、人工内耳手術後の語音聴取が音声コード化法によってどのように変化するのか、また音楽の知覚はどの程度可能なのかについて評価することは学問的にも臨床上にも重要なことと考える。

本研究の目的は2つあり、第1には、Nucleus 22 チャンネル人工内耳システムの音声コード化法の違いによる語音聴取能力を評価する、第2には、人工内耳による音楽の知覚能力を評価することである。具体的には以下の3つの実験を行った。

研究Ⅰ 人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験

研究Ⅱ Nucleus 22人工内耳システムの音声コード化法、MPEAKコード化法とSPEAKコード化法の比較

研究Ⅲ 人工内耳装用者による音楽の知覚

まず、第2章の研究Ⅰでは、音声コード化法の実験に使用するための人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験について述べる。本邦では、標準化された語音聴力検査は日本聴覚医学会<sup>27)</sup>による57-S や67-Sの単音節語表しかなく、高度聴覚障害者に適応するのは難しい。また、これまで人工内耳装用者の語音聴取を評価する場合は、福田テスト<sup>28)</sup> (以下、Fテスト)や中西テスト



29) (以下、Nテスト)を用いてきたが、両テストとも検査語表が少ないため、聴取評価を繰り返し行わなければならない場合は学習効果が生じる可能性がある。

本研究の目的である音声コード化法の違いによる語音聴取能力の評価にあたっては、聴取検査を繰り返し行わなければならないため多数の検査語表が必要であり、上記のテストは適切とは言えない。更に、本研究の実験目的以外にも一般に訓練効果を測定する場合も、繰り返し実施できるテストが必要と考えられる。そこで、検査語表の多いテストを新たに作成し、先ず健聴者を対象とした実験を行って検査語表の等価性を検討する。次に人工内耳装用者に試用実験を行って従来のFテストやNテストと比較し、新しいテストの特徴を検討する。また、本テストでは子音、単語、文のリストができるだけ系統的になるように配慮したので、それにより、どのような情報が得られる可能性があるかを検討する。

第3章では、第2章で作成した評価テストを用い、Nucleus 22人工内耳システムの音声コード化法、MPEAKコード化法とSPEAKコード化法の相違による語音の正答率を比較検討する。

第4章では、人工内耳装用者による音楽の知覚について検討する。

## 第2章 研究I 人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験

### 2.1 評価テスト作成の背景

本邦においては、語音聴取能力は1957年に日本オージオロジー学会（現日本聴覚医学会）によって制定された57-S語表の単音節を用いて評価するのが一般的である。これは日本語の会話中に出現頻度の高い語音を選択したものであり<sup>30)</sup>、1語表につき5つの単独母音と45の子音の計50音で構成されていて、同じ語音構成の語表が5表ある。また、57-S短縮語表である20単音節構成の67-Sもあり<sup>31)</sup>、これらの語表はカセットテープに録音され臨床の現場で広く利用されている。

このテストは聴覚障害の程度や種類を診断する上で有用である。しかし、人工内耳手術の対象者は補聴器では対応できないほど聴覚障害が高度で正答率がほとんど0%に近い場合、単音節検査では検査不可能な場合も少なくない。高度聴覚障害者のコミュニケーション能力を評価するには、聴覚情報に加えて視覚情報の併用による検査が有用であることは以前から指摘されてきたことである<sup>32~35)</sup>。また、検査素材についても単音節だけではなく、単語や文も加えて評価する方が日常生活での障害度をより正確に把握できると言われている<sup>36)</sup>。但し、単語や文は単音節に比べて記憶しやすく、繰り返し施行する場合は学習効果が高いという問題があり、互換性をもつ語表が多数必要となる。

人工内耳装用者の語音聴取評価は、外国では聴覚のみ(A)、視覚のみ(V)、そして聴覚と視覚の併用(A+V)条件下で、文や単語や母音・子音を用いて行うのがルーチン化している<sup>37~40)</sup>。上述のように、日本では単語や文を素材として聴覚と視覚の併用効果を測定する標準化された検査がなく、便宜的に表2.1に示すような福田テスト<sup>28)</sup>や中西テスト<sup>29)</sup>が用いられている。

日本に人工内耳が導入された当初の人工内耳装用者の語音聴取評価は、福田による「人工内耳埋め込み患者の音声知覚能力の評価のための音声・口型材料（以下Fテストとする）」が用いられてきた。このテストの評価項目は、①音節数の異なる単語の弁別、②持続時間の異なる単語の弁別、③5母音の識別、

④アクセントの異なる単語の弁別、⑤単音節知覚（57-S 語表と同じ語）、⑥単語知覚（50 語）、⑦文の知覚（24 文、100 キーワード）で、各 5 表用意されている。F テスト実施上の難点は、検査語表が少ないため繰り返しの使用による学習効果が生じる可能性が高いこと、1 語表の単語や文の問題数が多く施行に時間がかかり、被検者と検査者双方に疲労が残りやすく検査結果に影響を及ぼす可能性が高いことである。また、上記項目の①～④の検査は内容が易しいため得点が高くなって天井効果がでやすく、現在ではほとんど使われていない<sup>41)</sup>。

F テストの他に視聴覚併用の評価法としては、中西による「耳と目による語音識別・了解度検査（以下、N テストとする）」がある。補聴器の適合効果の評価として作成されたものであるが、一部の人工内耳手術を行う施設で用いられ、その結果が報告されている<sup>42)</sup>。検査項目は①母音の識別、②子音音素識別（ライムテスト：異音対の有意味単語 5 対 25 組）、③単音節（拗音を含む 60 子音）、④2 音節単語（20 単語）、⑤日常生活文（20 文、60 キーワード）などがあり、母音テストを除いてそれぞれ 4 表用意されている。このテストも F テストと同様に語表数が少なく学習効果が現れやすいのが難点である。

本研究では、人工内耳の音声コード化法の違いを検討するのが目的であるため、人工内耳装用者の語音聴取評価を繰り返し行わなければならないが、F テストや N テストでは語表が少なく対応が難しい。そこで、語表を多くして新しくテストを作成することにし（以下、S テストとする：表 2.1）、子音識別検査、単語検査、日常生活文検査の検査項目を用意した。なお、これらの検査の作成にあたっては更に以下の 2 点に留意した。被検者の疲労度が検査結果に影響を与えないように施行時間を短縮する。また、検査を系統的に構成することにより、個人の聴取特性について、より詳細な知見が得られるように配慮した。

具体的には、子音識別検査は各子音の施行回数を統制して検査し、子音の特性を有声・無声、構音様式（破裂音、摩擦音、鼻音、半母音）、構音点に分類し、人工内耳装用者によってどの程度正しく伝達されるかを検討できるようにした。また、単語検査は単語の構成を音節数毎に分類して単語の長さによる聴

取への影響を分析し、日常生活文検査では文節数毎に分類して、文の長さによる影響を分析できるように系統的に構成にした。

表2.1 人工内耳装用者の語音聴取評価に用いられているテスト

項目	テスト	福田(F)テスト	中西(N)テスト	城間(S)テスト
母音検査	構成 提示 語表	単独5母音 5肢選択 1表	CVCV有意味語 各母音4~5回=24回 1表	NA
子音識別検査	構成 提示 語表	NA	異音5対の有意味語25語 5肢選択 4表	/aCa/14子音 14選択、各4回=56回 1表
単音節検査	構成 提示 語表	50単音節:57-Sと同構成 Open-set(選択肢なし) 5表	60単音節:拗音を含む Open-set 1表	NA
単語検査	構成 提示 語表	50単語 1音節:1語、2音節:13語、3 音節:19語、4音節:15語、5 音節:2語 Open-set 5表	25単語 全て2音節語 Open-set 4表	20単語 2、3、4、5音節:各5語 Open-set 16表
日常会話文検査	構成 提示 語表	24文、100キーワード 1文節:1文、2文節:1文、3文 節:5文、4文節:8文、5文 節:6文、6文節:2文、7,8文 節:1文、 Open-set 5表	20文、60キーワード 3~4文節文 Open-set 4表	15文、65キーワード 2文節:2文、3、4、5、6文 節:各3文、7文節:1文、 Open-set 16表

C=子音、V=母音、NA=該当無し

## 2.2 テストの構成

### 2.2.1 刺激モダリティ

評価テストを実施する際の刺激モダリティとしては、FテストやNテストと同様に聴覚のみ（人工内耳のみ、以下 A=Auditory Only）、聴覚と視覚併用（人工内耳と読話併用、以下 A+V= Auditory + Vision）の条件で行い、必要に

応じて視覚のみ（読話のみ、以下 V=Vision Only）の評価も施行できるように、検査素材は全てビデオテープに収録することにした。

### 2.2.2 検査項目

本テストの検査項目は、①子音識別検査、②単語検査、③日常生活文検査の3つである(表 2.1)。FテストやNテストでは母音、単音節、単語、文が用いられているが、日本語の5母音は視覚だけでも聴覚だけでも約90%知覚できることが報告されており<sup>28,43,44)</sup>、既に天井効果が認められているため、本テストには含めないことにした。単音節検査は、必要に応じて従来の57-S語表かFテストなどを用いることにし、本テストでは代わりに子音を用いた識別検査を作成した。

#### <子音識別検査>

子音の検査は、前後に母音/a/を用いた/vCv/形式で、音素は次の14音 /p,t,k,b,d,g,h,s,z,m,n,r,j,w/を用いた。各子音について4回施行し、延べ56音となるような構成にした。単音節検査は学習効果が少ないと言われており<sup>45,46)</sup>、ランダムに提示することで更に記憶が困難になるため、語表は1つで十分であると考えた。採点は56音の検査語の正誤を百分率に換算して子音正答率とした。

#### <単語検査>

単語の検査は、語彙の難易度に影響されないように国立国語研究所報告の「日本語教育のための基本語彙調査」<sup>47)</sup>から、小学低学年までに習得する高頻度の名詞320語を選択した。選択にあたっては、撥音や拗音および長音を含む音、かつ東京方言で無声化しやすいような音の連続する単語（例：くつ）を除いた。それらの単語は音節数を語表間で統一し、1語表を20語として、2音節、3音節、4音節、5音節の単語を各5つ用意した。1音節単語は単音節検査と類似するため、本テストの単語語表には含めなかった。なお、単語の音素構成についてはリスト全体としての母音や子音の種類の出現頻度が語表間でばらつき

がないように配慮した。採点方法は単語としての正誤によるものとし、百分率に換算して単語正答率とした。

### <日常生活文検査>

文の検査は、語彙の難易度に加えて構文処理能力や意味処理能力が聴取結果に影響を及ぼす。そこで、語彙の難易度による影響を避けるため、単語同様に「日本語教育のための基本語彙調査」や「教育基本語彙」<sup>48)</sup>の中から選択し、小学低学年で習得されるとする語彙で構成される日常生活文にした。また、文型や文体は日常会話で用いられる基本文型や文体にし、語表間で差がでないように配慮した。この文の聴取検査は各語表とも2~7文節からなる15文で構成し、それぞれ2文節文を2つ、3文節文、4文節文、5文節文、6文節文を各3つ、7文節文を1つ用意し、文中の自立語をキーワードと考えて各語表で65キーワードの構成にした。採点方法は文ごとのキーワードの正誤数を百分率に換算して文の正答率とした。

なお、Fテストでは練習文やキャリアフレーズがなく検査がいきなり始まり被検者がとまどうことが多々あった。そこで、Sテストでは練習文を語表ごとに用意して検査語・検査文の番号を読み上げる方式を採用し、キャリアフレーズの代用とした。

### 2.2.3 検査素材のビデオ収録

肉声による聴き取りの検査は、発話者の個人差（性別、年齢、方言、発話速度、口形、声質など）によって、聴覚的にも視覚的にも知覚度がかなり異なってくる。肉声による検査は信頼性が低いため検査語は全て録画・録音して用いることにした。検査語は東京で生まれ育った成人女性(26歳)が普通の会話速度で朗読し、ビデオカメラ (SONY CCD-VX1) とレーザーディスク (TEAC LV-210P)、マイク (SONY ECM-959DT) を用いて防音室で録画・録音した。

映像はFテストでは話者の視線の移動が多く、また舌の動きが見やすいような照明になっていて不自然な印象を受けた。そこで、今回は肩から上の正面画

像で発語中は姿勢や視線を動かさないように注意し、照明は不自然な陰影がない程度の設定にして舌の動きが見えるような配慮は特に行わなかった。

## 2.3 健聴者による聴取実験

### 2.3.1 実験方法

本実験は、検査語表間の等価性を検討する目的で、健聴者を対象に単語検査 16 語表と文検査 16 語表の聴取実験を行った。対象者は、125Hz～8000Hz の全周波数における純音聴力閾値が両耳とも 15dBHL 以内であることの条件を満たす 20～45 歳（平均年齢=27 歳）、男女の健聴者 15 名であった。

実験方法については、検査語の呈示音圧レベルは S/N -15dB（音声提示 50dB SPL、雑音 65dB SPL）にし、単語および文検査の各々 16 語表について聴取実験をスピーカー法で行った。また、子音検査については検査語の呈示音圧レベルは S/N 0dB とした。音声の再生には TEAC LV-210P を、雑音は TY-89 テスト<sup>49)</sup> のマルチ・トーカー・ノイズを DAT レコーダ（SONY TCD-D10）に録音して用いた。検査音はアンプ（SONY TA-F333ESG）を介し、それぞれ音声と雑音を被検者の正面 2 台の小型スピーカー（SRP-S-400(W) / S400(B)）から出力した。被検者は防音室にてスピーカーから 1 メートルの位置に座し、聴取した検査語を書き取った。

単語検査と文検査の語表の等価性については、有意水準を 5% として、語表間の平均値で有意差がある場合は不適切な語表、また語表間で有意差がない場合は等価な語表であると便宜的に規準を設けて検定することにした。子音については語表は 1 つであるが、ランダム化により学習効果が少ないと考えられるため検査一再検査によって再現性を検討した。

### 2.3.2 結果

図 2.1 は、単語検査 16 語表と文検査 16 語表の聴取結果で、横軸は語表を、縦軸は、各語表における被検者 15 名の平均正答率を示す。なお、同図の右最

端に単語検査、および文検査における全語表の正答率の平均を示し、単語が  $46.3 \pm 9.7\%$ 、文は  $75.1 \pm 11.3\%$ であった。

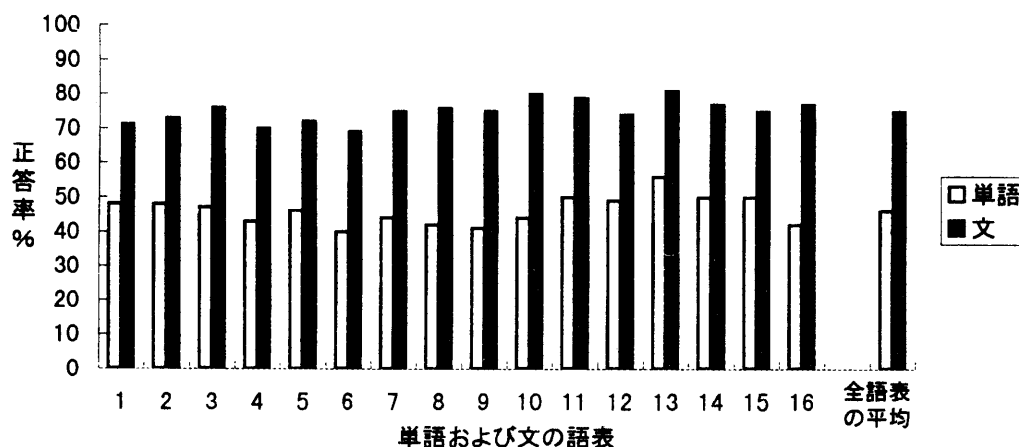


図 2.1 健聴者 15 名による単語と文の平均正答率、および全語表の正答率の平均

なお、図 2.2 は、単語 16 語表における被検者 15 名の個々の正答率を示し、図中の最右端は全語表の個人の平均を示す。また、図 2.3 は、文 16 語表における被検者 15 名の個々の正答率を示し、図中の最右端は全語表の個人の平均を示す。単語の正答率は、最小値が 15%で最大値は 75%であり、個人の平均値は 34%から 72%であった。また、文の正答率は、最小値が 34%で最大値は 97%であり、個人の平均値は 53%から 91%であった。このように単語検査においても文検査においても被検者間の正答率に差異がみられたが、図 2.1 に示すように、語表間の平均値はほぼ近似していることが示された。そこで、全体的な語表の等価性に関して、単語検査および文検査における各 16 語表間の平均値の差について一元配置分散分析を行った。その結果、単語検査では 5%水準で有意差がなく ( $df=15, F=1.696, p=0.052$ )、これらの語表は等価で互換性をもつと考えることにした。同様に、文検査においても語表間では 5%水準で有意差がなく ( $df=15, F=0.822, p=0.652$ )、これらの語表も等価で互換性をもつと考えた。



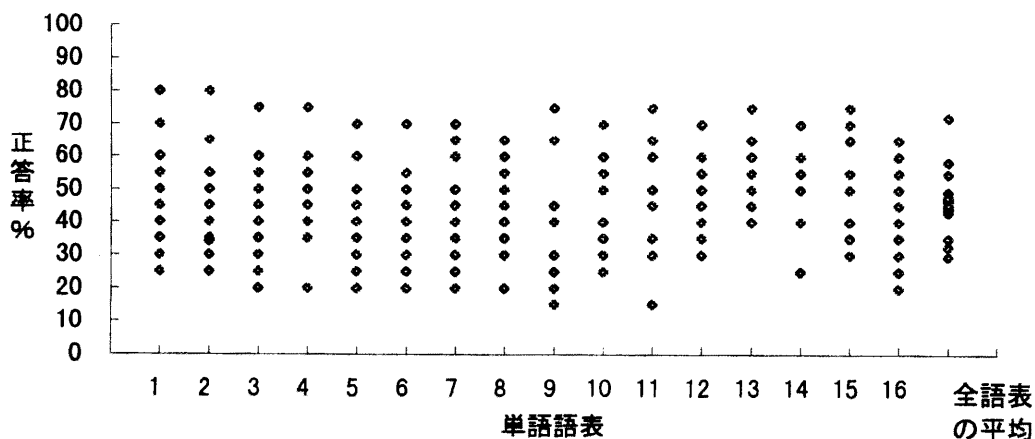


図 2.2 単語 16 語表における健聴者個々の正答率、および全語表の正答率の平均

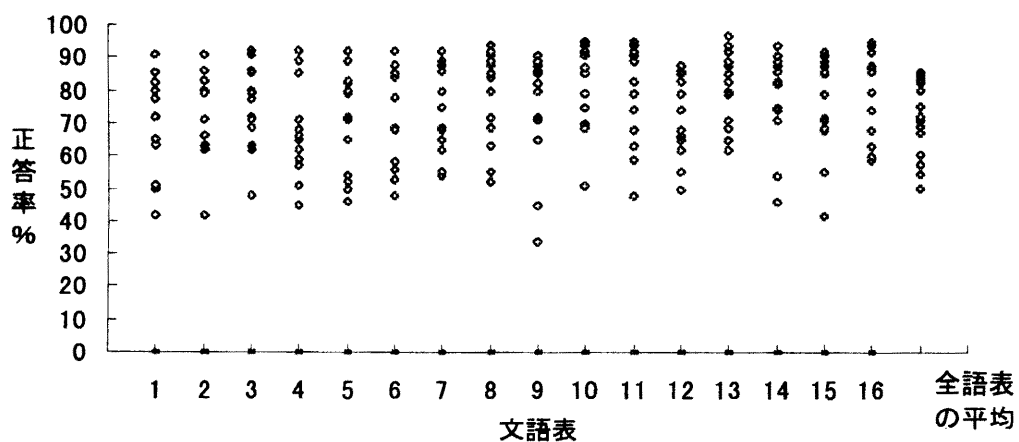


図 2.3 文 16 語表における健聴者個々の正答率、および全語表の正答率の平均

また、子音識別検査については語表が一つしかないため繰り返し検査を試行して検査の再現性を確認した。図 2.4 に各被検者の 1 回目と 2 回目の正答率を示す。図中の最右端は、16 検査語表における被検者 15 名の平均正答率を示すもので、1 回目の検査が  $63.1 \pm 12.2\%$  (41%~84%)、2 回目は  $64.7 \pm 10.9\%$  (46%~80%)であった。被検者間の正答率は個人差があったが、初回検査と再検査時の平均値には有意差がないことが確認できたため ( $df=14, t=0.856, p=0.797$ )、評価テストとして信頼できるものと判断した。

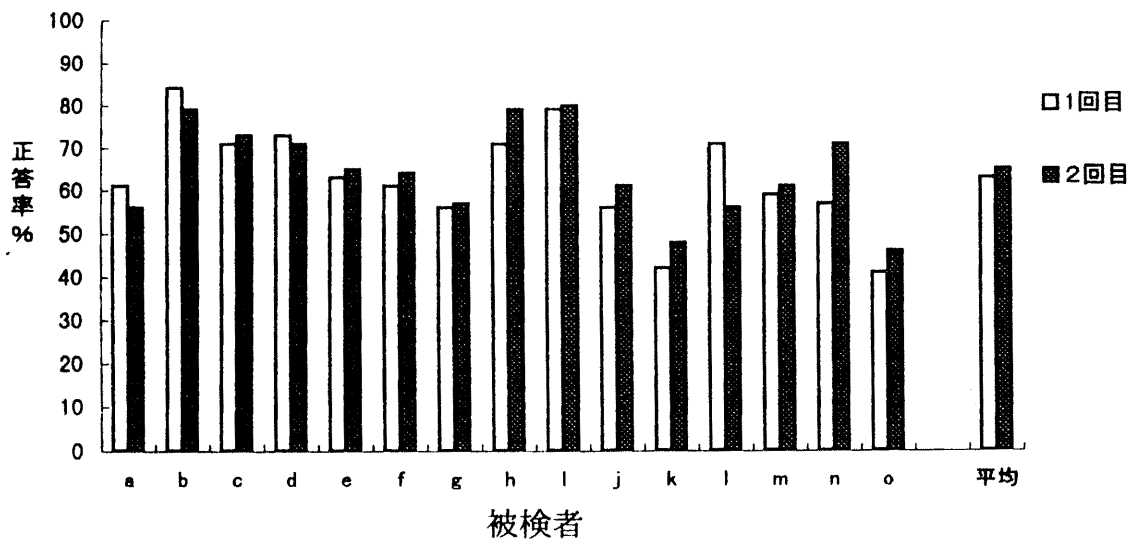


図2.4 健聴者15名による子音の正答率(S/N 0dB)

## 2.4 人工内耳装用者による試用実験

### 2.4.1 実験方法

ここでは、今回作成したテストを用いて人工内耳装用者を対象に試用し、それらの結果をFテストやNテストの結果と比較検討した。なお、これらの3テストの被検者は全て同じである。

表 2.2 に本実験の対象者人工内耳装用者 27 名の背景を示す。手術時年齢は 24 歳～69 歳（平均年齢 50 歳）の男性 14 名と女性 13 名であった。失聴期間は 1 年～18 年（平均 4.5 年）、人工内耳装用経験年数は 0.3～9 年（平均 2.3 年）、失聴時の年齢は 23 歳から 64 歳、全員とも成人期における中途失聴者であった。人工内耳手術後の使用電極数は 15～20 対（平均 17.8 対の電極）で、スピーチプロセッサはスペクトラで音声コード化法は SPEAK の使用者であった。

表2.2 症例背景

症例	性	手術年齢	失聴年数	装用年数	電極数	原因疾患
Kn	M	23	1	3.7	18	外傷
St	M	32	1	2.4	16	聴器毒
Kr	M	34	1.2	2.2	16	不明
Nz	M	35	12	0.7	20	不明
It	F	37	1	1.6	17	不明
Ym	M	39	1	2.4	19	不明
Mm	F	40	17	0.8	15	不明
Ss	F	41	1	3.6	18	不明
Sh	M	42	6	1	15	不明
ld	F	44	1	1.7	20	不明
Nd	F	44	6	1.4	20	不明
Hm	F	44	8	8	17	髄膜炎
Sn	M	46	1.2	4.6	15	不明
Og	M	48	2.5	9	17	髄膜炎
Yd	F	53	18	3	15	髄膜炎
Nm	M	54	2	1	18	聴器毒
Yo	M	54	3.2	0.3	20	不明
Oz	M	59	2	2.9	19	不明
Fk	M	59	3	5	18	不明
Ms	M	59	6	7.8	18	聴器毒
At	F	61	3	1.6	19	不明
Km	F	62	2	1	20	不明
Nn	F	64	4	1	16	メニール
Nr	F	67	1.5	3	20	不明
Kc	M	67	2	1.2	20	不明
Fm	F	68	4	2.7	18	不明
Ns	F	69	1	3.9	17	不明

検査方法については、被検者は防音室内に設置された 16 インチのテレビモニター (Sony KV-16HT1) と小型スピーカ (SRP-S-400(W)/S400(B)) から 1 メートルの位置に座った。呈示音圧は各被検者が装用するマイク面での音圧が 70dB SPL になるように測定し、回答は書取式で行った。

刺激モダリティーは、人工内耳のみ(A)と人工内耳と読話併用(A+V)の条件で、子音あるいは単音節、単語、文の順で、各テストを実施した。なお、語表の呈示順序、モダリティーの順序は被検者間でランダムに施行した。

## 2.4.2 結果

### 2.4.2.1 Fテスト、Nテストとの比較

まず、人工内耳装用者 27 名を対象に試行した S テストによる検査結果は図 2.5 に示すとおりである。各テストの平均値と標準偏差および正答率の範囲については、A+V の正答率が、子音では  $87 \pm 15\%$  (22~100%)、単語では  $83 \pm 15\%$  (25~100%)、文では  $82 \pm 18\%$  (41~100%) であった。また、A の正答率は、子音が  $47 \pm 18\%$  (16~77%)、単語は  $49 \pm 23\%$  (15~85%)、文は  $54 \pm 27\%$  (0~100%) となり、どの検査においても正答率の平均値がほぼ 50% となった。また、A+V と A の結果を比較すると、どの検査でも有意差が高く、読話併用の効果が高いことが示された。

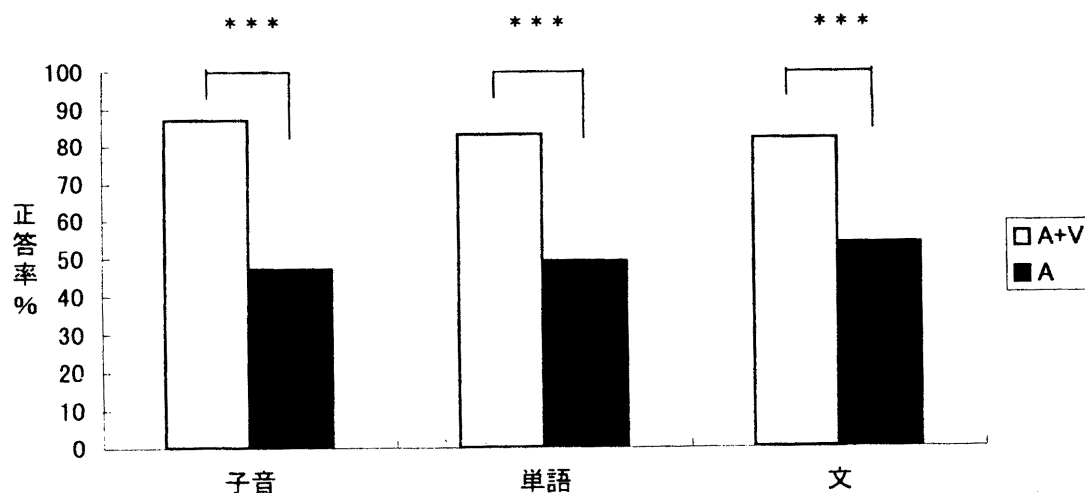


図 2.5 人工内耳装用者 27 名による S テストの語音平均正答率 (\*\*\*) P < .001)

次に S テストの結果と F テストや N テストの検査結果を比較し、検査の難易度を検討することにした。図 2.6 は、本実験の対象者である 27 名の人工内耳装用者による上記 3 テストの人工内耳のみでの語音正答率を箱ヒゲグラフで示したものである。それぞれの平均値と標準偏差および正答率の範囲は次の通りであった。

まず、S テストの 14 子音識別検査の結果は  $47 \pm 18\%$  (16~77%) で、F テストの単音節検査は  $38 \pm 18\%$  (6~68%)、N テストでは  $29 \pm 15\%$  (3~62%) であった。次に単語の正答率は S テストが  $49 \pm 23\%$  (15~85%)、F テストは  $51 \pm 20\%$  (10~86%)、N テストでは  $29 \pm 15\%$  (3~62%) であった。また、文の正答率は S テストが  $54 \pm 27\%$  (0~100%)、F テストで  $61 \pm 27\%$  (3~99%)、N テストでは  $55 \pm 26\%$  (3~100%) となった。

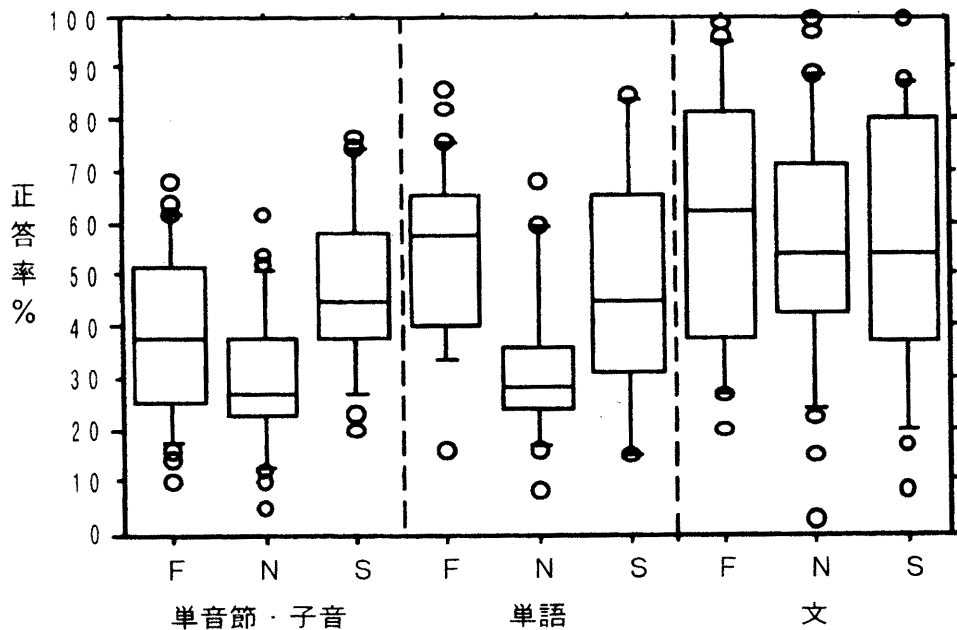


図 2.6 人工内耳装用者の聴取実験に用いた 3 テストにおける語音の正答率 (F:福田、N:中西、S:城間)

S テストの結果と F テストの結果について被検者ごとの聴取正答率を変数としてピアソンの相関係数を求めると、単音節検査と子音検査間では  $r=0.764$ 、単語検査間では  $r=0.657$ 、また文検査間では  $r=0.853$  と、いずれの検査項目間

でも高い相関が認められた。Sテストの子音検査は14子音を用いて各子音の刺激回数を統制しているが、Fテストの単音節検査は57-Sテストに準じたもので子音の刺激母数が音素によって異なる。しかしながら、両検査の結果は同じ程度の正答率を示した。単語検査については、Sテストは名詞20語に限ったが、Fテストは数種類の品詞からなる50語を用いており、両テスト間では検査語数の違いや使用した品詞に違いがある。しかし、語彙の選択基準が同様であったことに依るものか平均正答率は同じ程度になった。また、文検査についてはSテストが15文の65キーワード、Fテストが24文の100キーワードと、検査文の数に違いはあるが、作成背景が似ており平均の正答率も同じ程度であった。

なお、SテストとNテストと間の比較については文検査間では高い相関があったが( $r=0.874$ )、単語検査間では相関が低くなった( $r=0.479$ )。これはNテストにおいては単語の検査語が全て2音節単語で構成されていて、正答率が単音節検査と同様の結果になったためと考えられる。またSテストの子音検査とNテストの単音節検査間では相関がみられた( $r=0.590$ )。Nテストは拗音を含む60の単音節で構成されていて聴取がやや難しく、Sテストとの相関はFテストとの相関に比べて低くなった。

これらの聴取結果から、今回のテストは従来のFテストと相関の高いテストであることが確認された。さらに、正答率は子音、単語、文のどの検査においても適度に分布しており、Aの条件では天井効果もみられなかったため、今回の検査は適切な難易度の内容であると判断した。

なお、図2.5における人工内耳と読話併用の効果については、A+Vの平均値とAの平均値の有意差をWilcoxonの符号付き順位検定で検討した。その結果、子音検査、単語検査、文検査の3項目において、有意水準0.1%で人工内耳のみでの正答率に比べて読話を併用すると正答率が有意に改善することが示された。これも先行研究のFテストやNテストと同様であった。

#### 2.4.2.2 語音の聴取特性

今回のテストは検査を系統的に構成したので、それぞれの検査項目における聴取特性について検討した。

### <子音識別検査>

人工内耳のみによる14子音識別検査の結果を、子音の特性別の正答率や情報伝達率を調べる目的で異聴マトリックスを作表した(表2.3)。縦列は刺激音、横列は反応を示し、構音様式別に破裂音(有声、無声)、摩擦音、鼻音、半母音の群に分けた。

この異聴マトリックスから相対的な異聴傾向をみると、各構音様式群内での誤り(無声破裂音間/p,t,k/、有声破裂音間 /b,d,g/、摩擦音間 /h,s,z/、鼻音間/m,n/、半母音間 /r,j,w/)は多かったが、構音様式間の誤りは比較的少ないことが示された。

表2.3 子音異聴マトリックス(14子音x4回x27名=1512)

反 刺	p	t	k	b	d	g	h	s	z	n	m	r	j	w	NR	T
p	54	7	16	2	1		1	16	1	2	3	1	1		3	108
t	25	35	19	3		1	1	10	4	4	2				4	108
k	19	35	30	6		3	5	6		2					2	108
b	6		4	37	2	7	6	2		3	20	11		7	3	108
d	4	4	2	17	44	4			6	9	2	8	1	3	4	108
g	3	3	3	9	16	31	2		8	13	3	7	7		3	108
h	3	1	2	7		5	45	13	9	6	2	2	7	1	5	108
s	3	3	3			2	2	80	8	1	2				4	108
z	1		2	6	1	1	1	8	72		2	4	5		5	108
n			1	2	2		1			38	20	7	21	13	3	108
m		1		1	2		4		2	18	33	8	14	20	5	108
r				2	5	3	2			5	2	52	17	20		108
j					1				4	4	1	4	84	8	2	108
w		1	3	1		1	1			5	2	13	9	71	1	108
T	118	90	85	93	74	58	71	135	114	110	94	117	166	143	44	1512

正答率 706/1512=46.7%

さらに、この異聴マトリックスのデータを基にして、子音の特性を有声・無声、構音様式(破裂音、摩擦音、鼻音、半母音)、構音点の6つの群に分類し、それぞれの正答率と情報伝達率を調べた。

情報伝達率とは、送り手の情報量に対する送り手と受け手が共有する情報伝達の割合を百分率で表したもので、散逸情報量および付加情報量が少ないほど情報伝達率は高くなる<sup>50)</sup>。音声によるコミュニケーションは、発話者が送る音

声情報が聞き手に正しく伝達され、両者が同じ情報を共有することによって成立する。しかし、音声の伝達過程で雑音（環境騒音や聞き手の聴覚障害）があれば、送り手の発信情報が受け手によって完全に再現される可能性は低下する。その際、送り手が持つ情報と受け手が持つ情報量は、情報伝達過程で散逸あるいは付加される結果、相互に異なる情報を含むことになる。本研究では、発話情報として子音を用いた場合、子音の持つ個々の弁別的性質が人工内耳装用者によってどの程度正しく伝達されたかを検討した。具体的には先に示したように、子音の持つ特性を6つの弁別素性群に分類し、それぞれの情報伝達率を Miller & Niceley<sup>51)</sup>の解析法にならって求めた。このように情報伝達率を求めることにより、正答率よりもさらに正確に、子音情報の伝達量を検討することができると考えた。

被検者27名の平均正答率の結果は、図2.7に示すように有声・無声(87.5%)、半母音(85.8%)、摩擦音(73.5%)、破裂音(63.6%)、構音点(57.5%)、鼻音(50.5%)の順に得点が高かった。

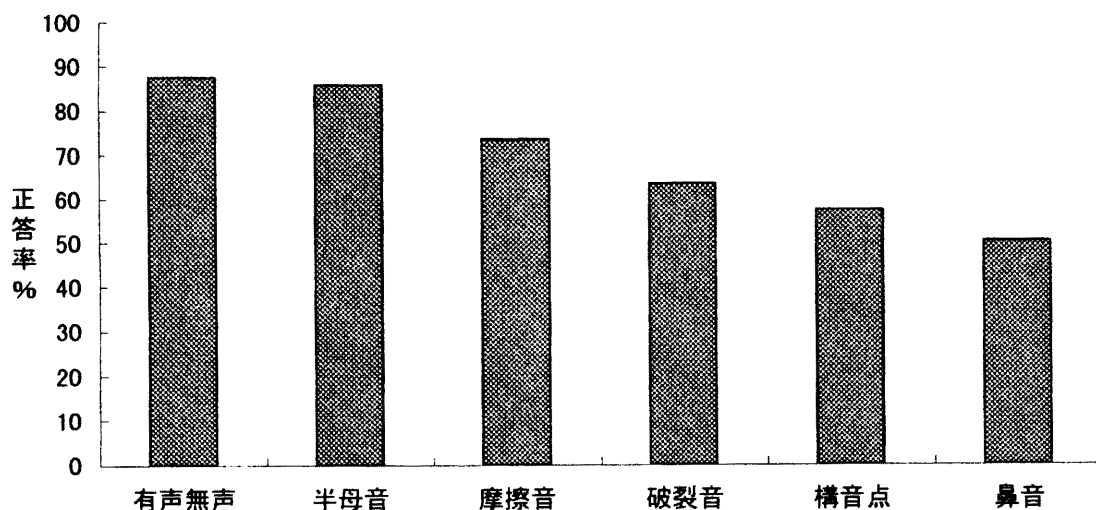


図 2.7 子音の各特性群の正答率

一方、情報伝達率は、図2.8に示すように有声・無声音(59.0%)、摩擦音(50.3%)、半母音(44.1%)、破裂音(39.2%)、構音点(30.2%)、鼻音(24.1%)の順に得点が高かった。



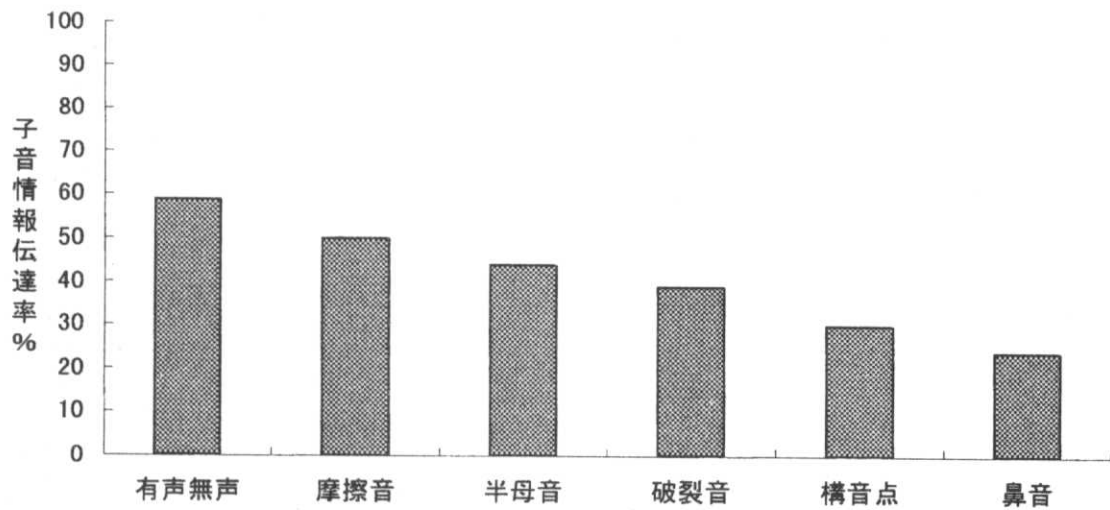


図 2.8 子音の各特性群の情報伝達率

また、この情報伝達率の結果を症例別に図に示すと、図 2.9 に示すようになり、平均的な聴取特性は図中の太線のようなであった。それらの平均的な聴取特性とは異なる症例もあり、例えば、図 2.10 に示すように摩擦音の伝達率が特に悪い被検者が存在する可能性が示唆された。

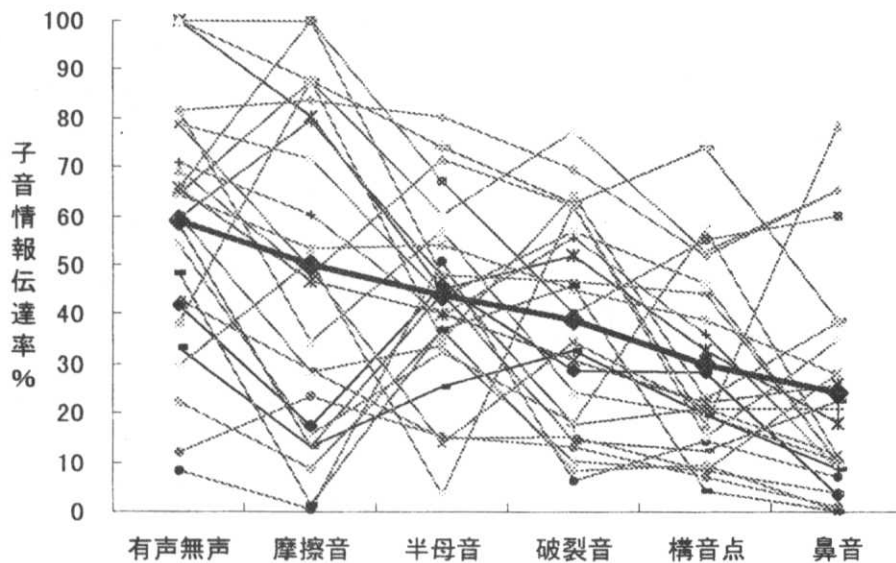


図 2.9 27名の個々の症例による子音情報伝達率

(図中の太線は平均的な聴取特性を示す)

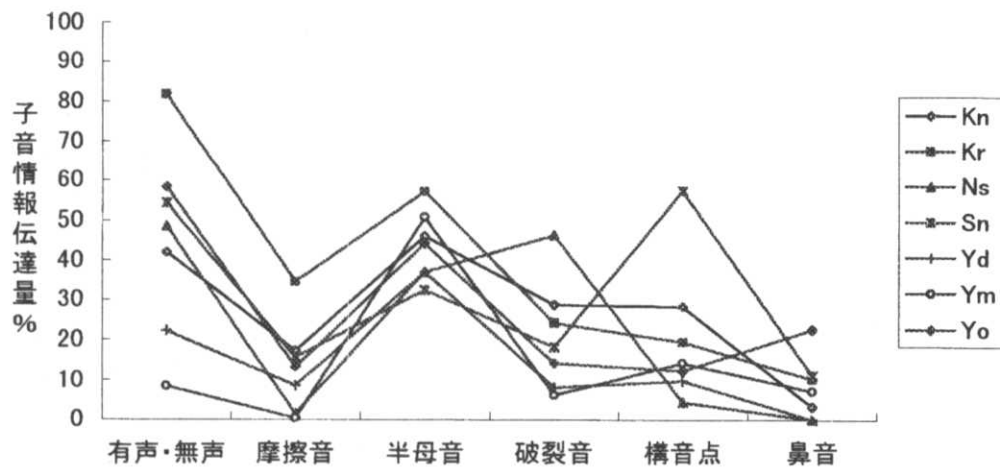


図 2.10 摩擦音の情報伝達率の悪かった症例

### <単語検査>

単語の正答率に関して、単語の長さを音節数別（2音節、3音節、4音節、5音節）に分類し、総得点数を100とした時の各群の正答数を百分率に換算して音節の長さによる聴取特性を検討した（図2.11）。各音節群の差異について有意水準を5%として、Post-Hoc Testによる検定で検討した結果、2音節群と3音節群（ $p=0.003$ ）、2音節群と4音節群（ $p=0.002$ ）、2音節群と5音節群（ $p<0.001$ ）の間では有意な差が見られ、2音節語はそれ以上の長さの単語に比べて正答率が顕著に劣化することが示された。しかし、3音節と4音節と5音節の群間では有意差は認められなかった。

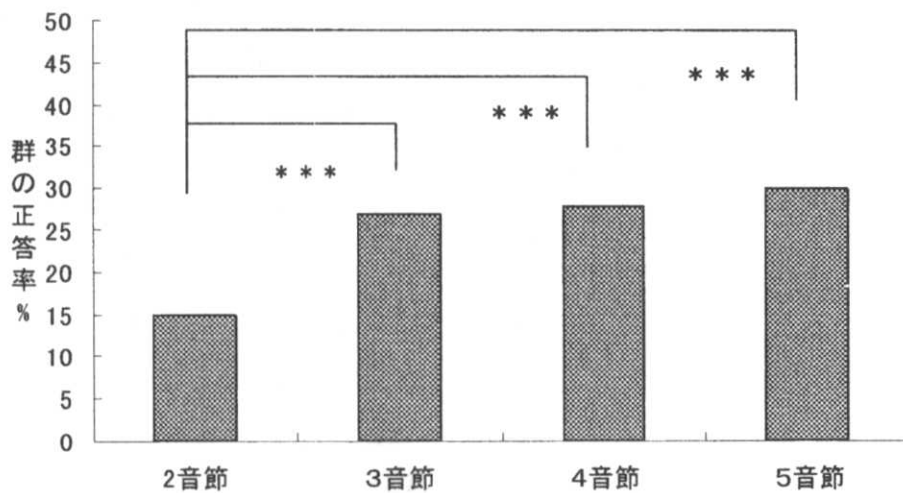


図 2.11 単語音節群別の正答率 (\*\*\*)  $p<0.001$

平均的には、上記に示すように2音節単語は他の多音節語に比べて悪い傾向にある。しかし、個々の症例の聴取特性については、図 2.12 に示すようになり、平均的には図中の太線で示すような聴取特性であった。しかし、平均的な聴取特性と異なる症例もいて、図 2.13a に示すように2音節語の成績が悪い例 (Kn, Ms, Nz, Yd) や更に2、3音節語が極端に悪い症例 (Ss) もみられた。一方、図 2.13b の症例 (Fm) などは、2音節語の成績は非常に良いのに多音節語の成績が悪かった。

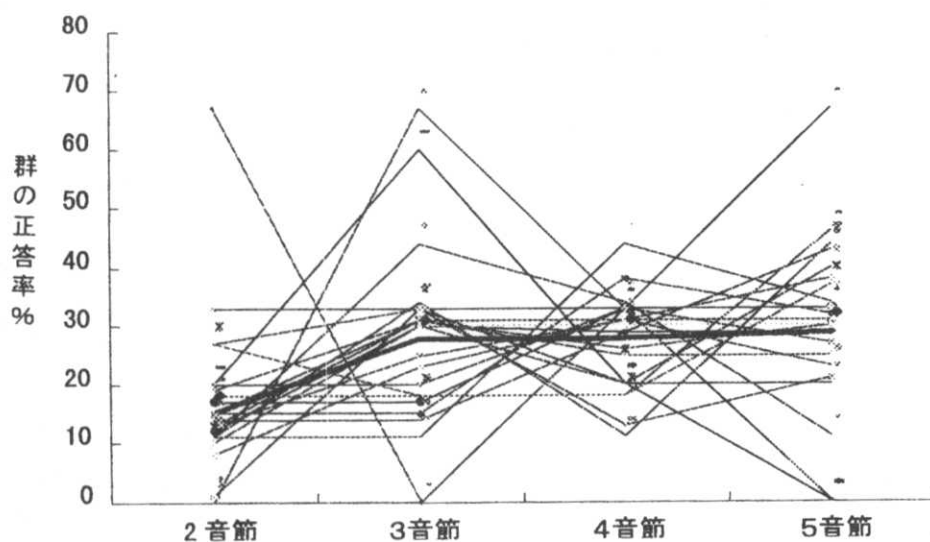


図 2.12 27名の個々の症例による単語音節群別の正答率 (図中の太線は平均的な聴取特性を示す)

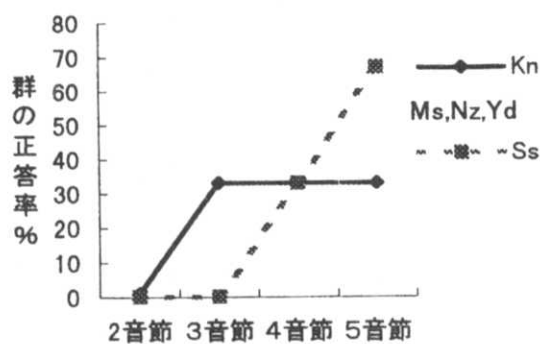


図 2.13a. 2音節(3音節)の特に悪い症例

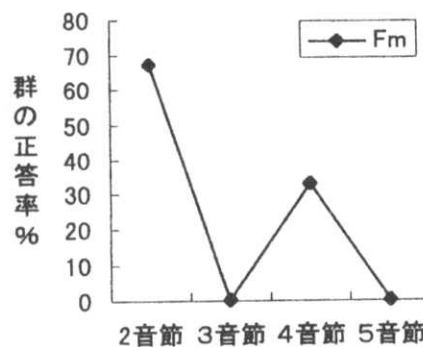


図 2.13b. 2音節は良いが多音節が悪い症例

### <日常生活文検査>

単語検査と同様に文の聴取検査においても、その長さによって文節数別（2文節文、3文節文、4文節文、5文節、6文節文、7文節文）に分類して正答率の割合を調べた。その結果、図 2.14 に示すように文節数による差はなく、各群間の正答率の差異について有意水準を 5%として Post-Hoc Test 検定を行った結果、どの文節数の群間でも有意差は認められなかった。

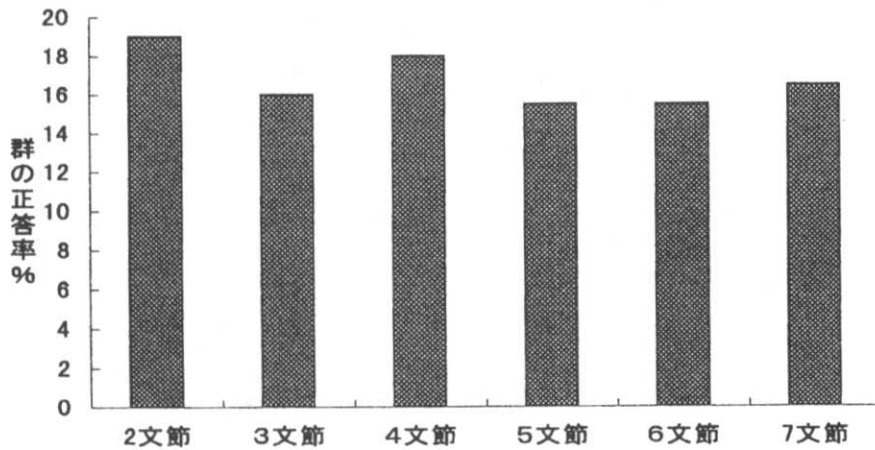


図 2.14 文節群別の正答率

上記のように、平均的には文節の長さによる正答率に差は見られなかったが、個々の症例で検討した結果は、図 2.15 に示すようになった。なお、図中の太線は上述の平均的な聴取特性を示す。

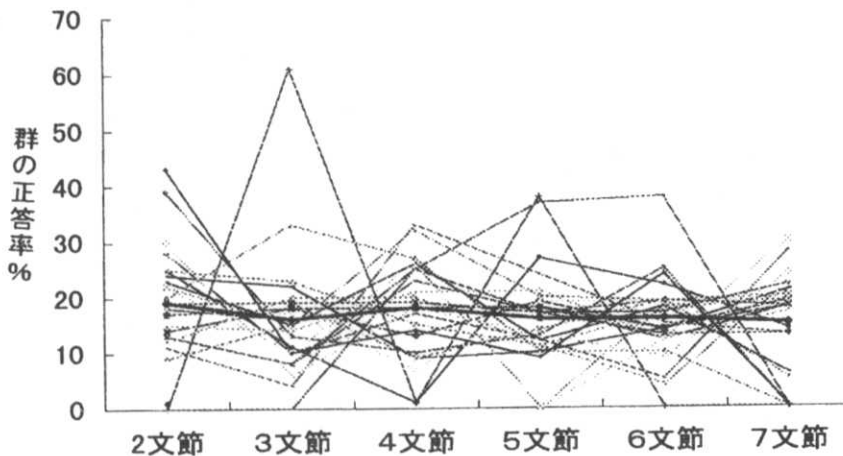


図 2.15 27名の個々の症例による文節群の正答率  
(図中の太線は平均的な聴取特性を示す)

しかしながら、それらの中には平均的な聴取特性と極端に異なる症例も見られ、症例Ms（図2.16a）のように、2文節文の聴き取りは良いが文が長くなると相対的に成績が悪くなる者や、逆に症例Ss（図2.16b）のように、短い文の成績が悪い者もみられた。

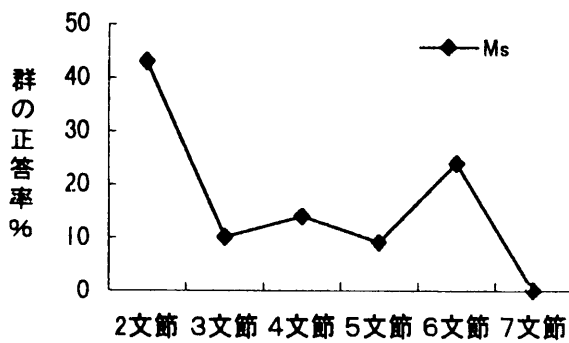


図 2.16a 長い文の成績が悪い症例

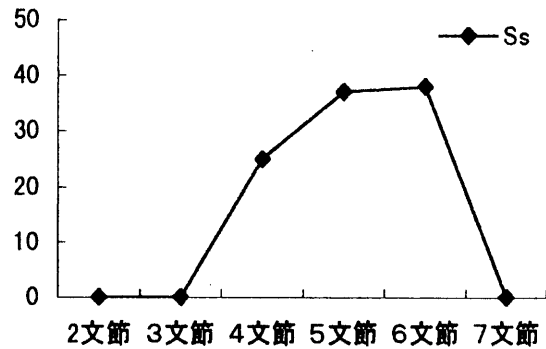


図 2.16b 短い文の成績が悪い症例

## 2.5 小括と考按

本章では、人工内耳による語音聴取評価テストを作成した。そのテストを、まず健聴者を対象に施行して検査語表の等価性を確認し、次に人工内耳装用者を対象に試用して、既成のFテストやNテストと比較検討した。また、今回作成したテストの特徴を検討した。

### 1) テスト作成について

従来、人工内耳の聴取評価に用いられてきたFテストやNテストは、語表が少ない、施行時間が長い、検査結果の分析が系統的に行いにくいという面があった。音声コード化法の比較を行う場合や、人工内耳による装用効果の測定には、聴取検査を繰り返し施行することが必要となる。そこで、検査語表が多く、施行時間が短縮できるテストを作成した。また、個人の聴取特性が検討できるように系統的に構成し、その可能性を検討した。検査項目と語表数は、①子音識別検査1表、②単語検査16表、③日常生活文検査16表とした。

## 2) 健聴者を対象とした聴取実験

検査語表を多くする場合は語表が等価で互換性を持つことが必要である。そこで語表間の等価性を検討する目的で、健聴者を対象に単語検査 16 語表と文検査 16 語表につき、有意水準を 5%として語表間の正答率の差異を検討した。その結果、単語検査の語表間でも、文検査の語表間でも有意差が認められなかったため、これらの検査語表は等価性をもち、繰り返し評価に対応できると判断した。子音識別検査については、検査—再検査を行い、各平均値に統計的に有意差が認められないことから再現性のあるテストと判断した。

## 3) 人工内耳装用者を対象とした試用実験

次に、成人期に失聴した人工内耳装用者 27 名を対象にこのテストを試用実験し、従来の Fテストや Nテストと比較検討した。今回のテストを含む 3つのテストについて、人工内耳のみ(A)の条件で、子音(単音節)、単語、文の検査を施行した結果、Fテストとの相関は高く、同じ程度の難易度をもつことが確認された。また子音検査、単語検査、文検査の正答率は被検者によって適度に分布していて天井効果もみられないことから、検査の難易度は適当であると考えた。この結果から、テストの施行時間を短縮した今回のテストでも、従来とほぼ同様の結果が得られると考えられ、検査者および被検者双方の負担を軽減できることが示唆された。

## 4) 各検査の検討

今回のテストでは、子音の種類、単語の音節数、文の文節数などを統制した。そこで、各被検者の聴取特性を解析する可能性について定性的に検討した。

### <子音識別検査について>

まず、子音の聴取については被検者の回答の異聴マトリックスを構音様式(有声破裂音、無声破裂音、摩擦音、鼻音、半母音)群で作表して相対的な異聴傾向を検討した。その結果、同じ構音様式内での誤りが、構音様式間の誤りに比べて多いことが示された。

さらにこの異聴マトリックスを元に、子音の持つ特性を有声・無声、構音様式(破裂音、摩擦音、鼻音、半母音)、構音点の 6 群に分けて、各群の正答率

と子音情報伝達率を求めた。その結果、正答率は有声・無声、半母音、摩擦音、破裂音、構音点、鼻音の順の順で得点が高く、子音情報伝達率は有声・無声、摩擦音、半母音、破裂音、構音点、鼻音の順になった。この順位に関しては正答率と情報伝達率とでは半母音と摩擦音が入れ替わっているが、異聴マトリックスから判断すると、半母音の聴取は良好なものの、他の子音（特に鼻音）を半母音に聞き誤る傾向がみられるため、情報伝達率が低くなったものと考えられた。このように、子音の聴取特性を表すためには、正答率より情報伝達率の方が適切であると考えた。また、個々の症例で成績を検討したところ、平均的な聴取特性とは異なり、例えば摩擦音の聴取の悪い症例もいて、この検査を用いることによって被検者による聴取特性を解析できる可能性が示唆された。

#### <単語と文の聴取について>

単語検査の結果を音節数の違いによって分類し、個々の聴取特性を検討したところ、平均的な傾向としては、2音節単語は3、4、5音節単語に比べて有意に悪かった。また、3、4、5音節語間における有意差は認められなかった。この結果を個人別にみると、2音節単語が特に悪い症例がいる可能性がみられた。このような症例は、個々の音節の聞き取りは悪いが、長い音節の単語になると冗長性を利用して成績を維持することができる人ではないかと考えられた。一方、2音節単語の成績が非常によいが多音節単語の成績が悪いものもいる。このような症例は、上記とは逆に、系列的な音の聞き取りが悪い被検者だと考えられた。

また、文の検査では、2文節文から7文節までの文節群間の正答率はほぼ同じであった。言語音の再生は、音韻、語彙、意味、統語などの処理能力の他に記憶や認知が統合されて可能になる。Saffran や Marin<sup>52)</sup>は短期記憶障害のある失語症患者に対して文の復唱課題を与えたところ、短い文の再生は可能であったが、5～6語以上の文では困難であったと報告しており、更に、文の長さだけの要因ではなく、文型の複雑さによって再生能力が異なるということである。今回のテストの対象者は、全て言語獲得後の成人中途失聴者で内的言語の処理能力に障害はなかったため、文節数の影響は表れなかったものと考えられる。

しかしながら個々の症例による聴取特性を調べてみると、文節数が長くなるほど正答率が低下する症例(Fm)があり、音響情報の処理速度や記憶容量が関与していることが考えられた。因みにこの症例は高齢であった。このような症例に対しては単語の想起訓練や、複数の語を組み合わせる文を聴き取って再生する、一連の文が意味的に関連のある物語の聴取、などの訓練が必要であろうと思われた。

このように検査結果を系統的に分析することによって個々の症例に関する情報が得られ、訓練を行うための資料として極めて有用だと考えられる。



### 第3章 研究 II Nucleus 22 人工内耳システムの音声コード化法、 MPEAK コード化法 と SPEAK コード化法の比較

#### 3.1 はじめに

Nucleus 22 人工内耳システムは、1970 年代後半の開発当初から、FOF2, FOF1F2, MPEAK, SPEAK と、音声コード化法の改良を重ねてきた。Nucleus 製品を開発したコクレア社の報告によると、下図 3.1 に示すように音声コード化法の変遷に伴って文の正答率が向上しており、静寂時における文 (CUNY SENTENCE TEST 使用<sup>53)</sup>) の聴取結果は、FOF2 コード化法で 12%、FOF1F2 コード化法で 30%、MPEAK コード化法 (以下 MPEAK) で 58%、SPEAK コード化法 (以下 SPEAK) では 76% になったという。また、Skinner ら<sup>54)</sup> は、63 名の人工内耳装用者を対象に臨床治験研究を行い、MPEAK に比べて SPEAK での語音聴取能力は顕著に向上することを報告している。一方、Parkinson ら<sup>55)</sup> は、静寂時では MPEAK と SPEAK による語音聴取能力に差異は認められないが、雑音負荷時では SPEAK での聴取が良好であったと報告している。

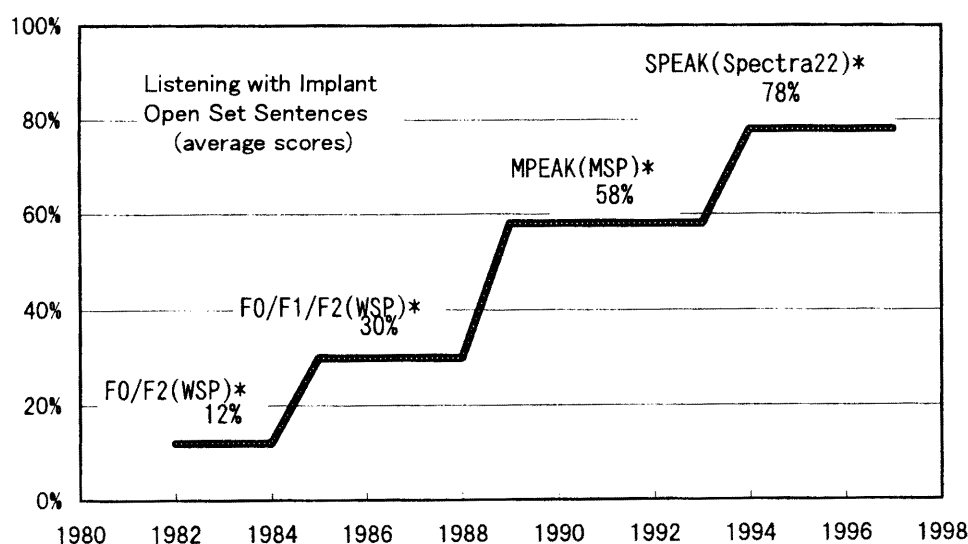


図3.1 Nucleus 22 人工内耳の音声コード化法 (\*スピーチプロセッサ) の変遷による文の正答率の向上 (コクレア社提供)  
(縦軸は文の正答率、横軸は音声コード化法の開発年度を示す)

さて、日本においては FOF1F2 が 1987 年に導入され、そのコード化法の使用者 50 名を対象に F テストによる文の検査を施行したところ、平均正答率は 15.8%であったことが報告されている<sup>56)</sup>。その後 1989 年に MPEAK コード化法が開発され、WSP(FOF1F2)使用者の中で MSP(MPEAK)に買い換えを行った者が現れた。それらの症例を含む 23 名の MPEAK 症例に対し同テストを用いて評価した結果、平均正答率は 20.7%であったという報告がある<sup>57)</sup>。この結果からでは、音声コード化法が FOF1F2 から MPEAK に変わることで語音の聴取能力が顕著に向上したとは言い難い。英語と日本語の言語特異性や評価テスト素材の難易度の差の影響も考慮すると英語圏での検査結果と日本で報告された結果との直接的な比較はできないが、両者の数値には大きな隔りがある。

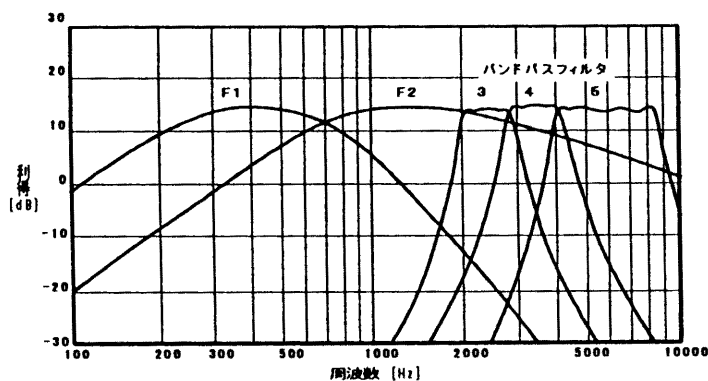
一般には製品の改良は品質の向上を伴うものであるが、人工内耳装用者である当事者は買い替えに高額な経済的負担を強いられる。最新装置の使用によって得られる利益の質と量が予測できれば、買い替えを行うか旧製品を維持するかを選択の助けになるであろう。このような経緯もあり、SPEAK の導入にあたって、従来の MPEAK との比較研究を行うことは、学問的にも臨床的にも意義のあることと思われるので、2つの音声コード化法使用による聴取実験を行った。

本論に入る前に、MPEAK 音声コード化法と SPEAK 音声コード化法の違いを音響分析的な観点からコクレア社のマニュアル<sup>58)</sup>に従って説明する。いずれの方法も体内に埋め込んだコクレアインプラントは同じものであり、人工内耳手術時に全電極が挿入されると仮定すれば 22 個の刺激電極を活用できる。

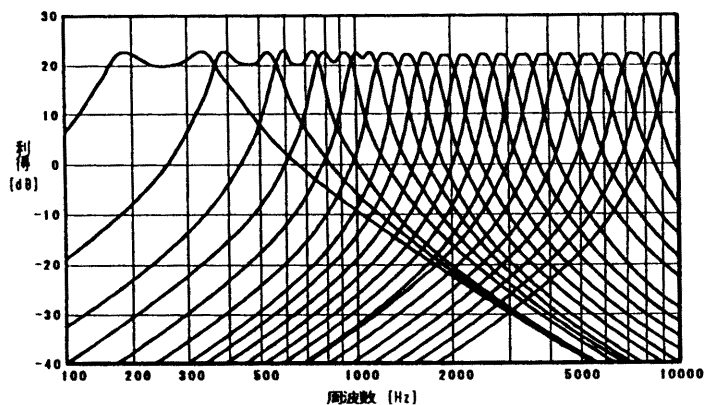
図 3.2 は、MPEAK と SPEAK で用いられるフィルタの周波数特性であるが、縦軸は利得を、横軸は周波数を示す。まず、MPEAK (Multi peak) では第 1 および第 2 ホルマントの周波数 (F1, F2) とその振幅 (A1, A2) を抽出し、それぞれのホルマント周波数に対応する蝸牛尖端部の 2 つの電極を基本周波数と同じ頻度で刺激する。より高い周波数成分 (2000~6000Hz) については、3 つのバンドフィルタ (Band3, Band4, Band5 と呼ばれ、通常は電極 1 と 4 と 7 が選択される) が解析し、入力情報に応じてこのうち 2 つのフィルタが蝸牛基底部の 2 つの電極を刺激する。MPEAK 法では、これら 4 つの電極への刺激は基本周波数

を刺激サイクルとし、1サイクル内に基底部から尖端部の電極に向かって順次行われる。これにより電極からパルス状の電流が出力され、聴神経が刺激される。電気刺激の繰り返し回数を刺激レートというが、有声音の場合は音声の基本周波数と等しく、無声音の場合には200～300Hzの範囲で変化する。

一方、SPEAK(Spectral peak)法は250Hz～10kHzの周波数帯域を、20個のフィルタを用いてスペクトル分析を行い大きな出力を持つフィルタに対応する電極を選択して刺激する方法で、この選ばれた周波数帯域をマキシマと称する。この方式では1回の刺激サイクルにおけるマキシマの数は平均6個であるが、入力した信号のレベルや音声スペクトルの特徴によって最大10個までの範囲で変化する。刺激レートはマキシマの数、フィルタ出力の大きさ、患者のマップなどによって180～300Hzの範囲で変化する。マキシマが多い場合には刺激レートを少なくし、マキシマが少ない場合には刺激レートを多くする。これにより、広いスペクトル情報を有する信号に対しては多くのスペクトル情報を、狭いスペクトル情報を有する信号に対しては多くの時間情報を供給できる。



a) MPEAK で使われるフィルタ



b) SPEAK で使われるフィルタ

図 3.2 MPEAK および SPEAK で使われるフィルタの特性(コクレア社提供)

音声に対する電極の選択については、代表的な音素の種類に対する電極の典型的な刺激パターンと両コード化法における周波数範囲割り当て例を図 3.3 に示す。MPEAK では摩擦音のような高周波数のエネルギーが大きい子音でも、母音のようにホルマントを明確に持つ音でも 4 つの電極が抽出されている。一方、SPEAK では音声のスペクトルに応じて電極が連続的に選択され、その数も音素によって 5 から 10 の範囲で変化することがわかる。

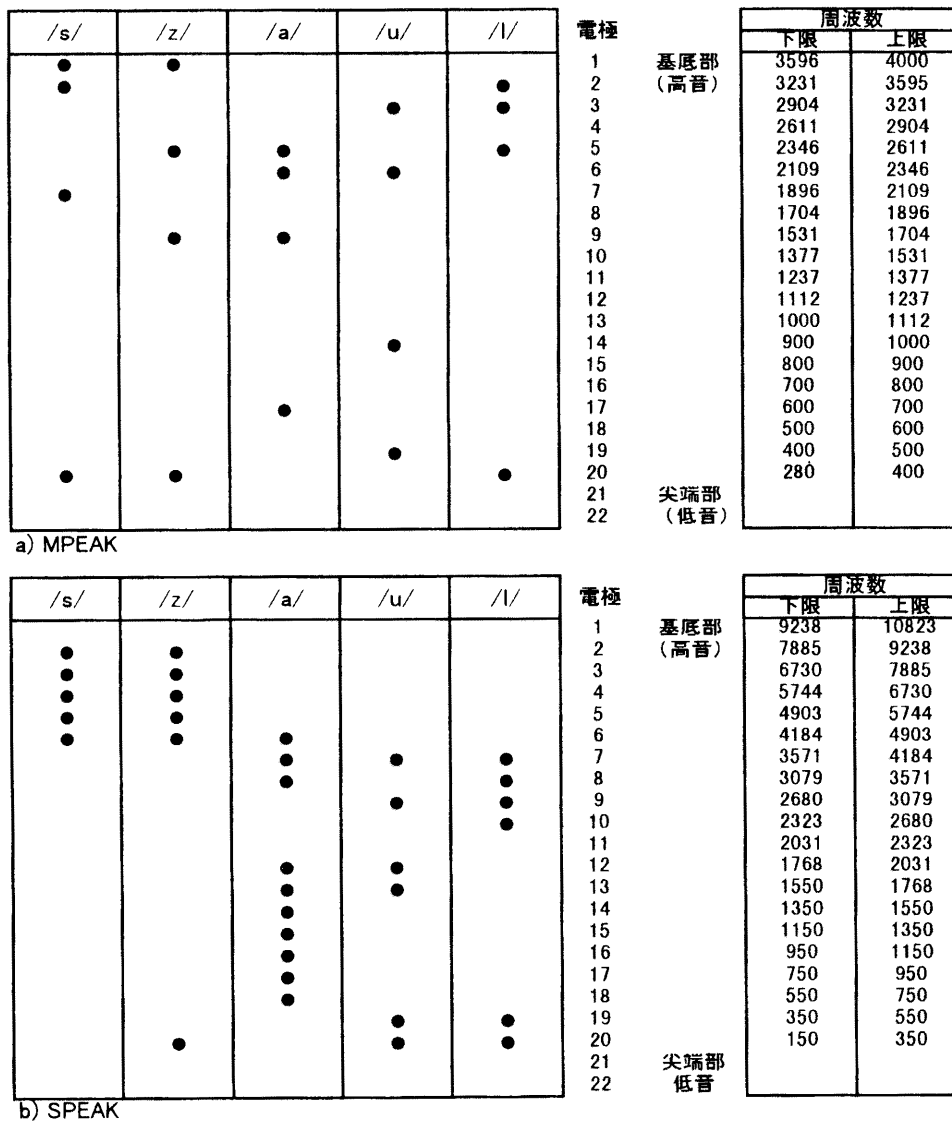


図3.3 代表的な音素に対するMPEAKと SPEAKの電極選択と周波数配分

以上簡単に説明してきたように、MPEAK も SPEAK も周波数分析を基本としている。この2つの方式の大きな違いは、同時に刺激する電極の個数と周波数割り当てが異なることである。

### 3.2 方法

本実験の対象者の背景は表 3.1 に示すように、言語習得後の中途失聴成人 10 名（男性 7 名、女性 3 名）であった。平均年齢は 47 歳（27～74 歳）、失聴期間の平均年数は 3 年（1～8 年）、人工内耳の使用経験年数は平均 3 年（10 カ月～8 年）、平均使用電極数は 18 対（16～20 対）であった。語音聴取能力に影響を及ぼす要因を統制するため、対象者は人工内耳使用経験が 8 か月以上で一日 15 時間以上安定して常用していること、使用活性電極数が 16 本（14 対）以上で、マップ（電極の周波数配分）が安定していること、失聴時期が成人期以降で日本語の言語操作に問題がないこと、12 週の試聴期間や評価テストに協力できること、などの条件を充たす者に限定した。なお、対象者全員が裸耳の聴力域値は両耳 110dBHL 以上で補聴器の装用効果がなく、手術前の語音正答率は、子音でも単語でも文でも 0%であった。

表3.1 症例背景

症例	性	年齢	失聴年数	手術耳	電極数(対)	装用年数
a	M	29	6	L	20	2-2
b	M	27	1	L	18	2-3
c	M	32	1	L	16	1-1
d	M	35	1	R	16	0-9
e	F	51	8	R	17	7-4
f	F	43	1	R	18	2-7
g	M	57	3	L	17	8-5
h	M	63	3	L	18	3-1
i	M	60	2	R	19	1-6
j	F	74	3	R	18	1-4

聴取実験は ABAB デザインを用い、従来用いていた MPEAK (M1) の評価結果をベースラインとして、SPEAK(S1)、MPEAK(M2)、SPEAK(S2)の順で評価した。MPEAK と SPEAK を 3 週間ずつ交互使用し、それぞれのへの切り替え前に聴取評価を行った後、コード化法を変更した。なお、本実験の対象者が用いた MPEAK と SPEAK における各電極の周波数配分は表 3.2 に示すとおりであった。表中の数値は各電極に配分された周波数の上限値である。また、電極数は電極の組み合わせ数をさす。本実験の聴取評価に用いた対象者のマップについては、装用者自身が自然で聞きやすいと主観的に判断した周波数配分値を用いた。

表3.2 個々の対象者のMPEAKとSPEAKの周波数配分

症例 コード化法 電極	a		b		c		d		e		f		g		h		I		j	
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
20	400	350	400	350	500	350	400	350	400	350	400	350	400	350	400	350	400	350	400	350
19	500	550	520	550	550	550	520	550	520	550	520	550	520	550	520	550	500	550	520	550
18	600	750	640	750	700	750	640	750	640	750	640	750	640	750	640	750	600	750	640	750
17	700	950	760	950	850	950	760	950	760	950	760	950	760	950	760	950	700	950	760	950
16	800	1150	880	1150	1000	1150	880	1150	880	1150	880	1150	880	1150	880	1150	800	1150	880	1150
15	900	1350	1000	1350	1148	1350	1000	1350	1000	1350	1000	1350	1000	1350	1000	1350	1000	1350	1000	1350
14	1000	1550	1122	1550	1319	1550	1148	1550	1122	1550	1122	1550	1122	1550	1122	1550	1122	1550	1122	1550
13	1112	1768	1259	1768	1515	1768	1319	1768	1259	1768	1259	1768	1259	1768	1259	1768	1259	1768	1259	1768
12	1237	2031	1414	2031	不使用		1515	2031	1414	2031	1414	2031	1414	2031	1414	2031	1414	2031	1414	2031
11	1377	2333	1587	2333	1741	2333	1741	2333	1587	2333	1587	2333	1587	2333	1587	2333	1587	2333	1587	2333
10	1531	2680	1781	2380	2000	2680	2000	2680	1781	2380	1781	2380	1781	2380	1781	2380	1781	2680	1781	2380
9	1704	3079	2000	3079	*2297	3079	*2297	3079	2000	3079	2000	3079	2000	3079	2000	3079	2000	3079	2000	3079
8	1896	3571	*2244	3571	2639	3571	2639	3571	*2244	3571	*2244	3571	*2244	3571	*2244	3571	*2244	3571	*2244	3571
7	*2109	4184	2519	4184	3031	4187	3031	4187	2828	4184	2519	4184	2828	4184	2519	4184	2519	4184	2519	4184
6	2346	4903	2828	4903	*3482	4903	*3348	4903	3174	3903	2828	4903	3174	3903	2828	4903	2828	4903	2828	4903
5	2611	5744	3174	5744	*4000	5744	*4000	5744	*3563	5744	3174	5744	*3563	5744	3174	5744	3174	5744	3174	5744
4	*2904	6730	*3563	6730					*4000	6730	*3563	6730	*4000	6730	*3563	6730	*3563	6730	*3563	6730
3	3231	7885	*4000	7885						*4000	7885				*4000	7885	*4000	7885	*4000	7885
2	3595	9238																		9238
1	*4000	10823																		

M:MPEAK, S:SPEAK, \*MPEAK高周波数抽出用電極)

これらの対象者の語音聴取評価には、第2章の「人工内耳による語音聴取評価テスト：Sテスト」を用い、下記のような方法と手順で行った。なお、検査語の学習効果を避けるため、呈示語表は毎回異なるリストを用い、静寂時と雑音負荷時で聴取した。

1) 評価項目と刺激の呈示条件

- ① 文（静寂時と雑音負荷時）
- ② 単語（静寂時と雑音負荷時）
- ③ 子音（静寂時と雑音負荷時）

2) 刺激モダリティー

- ① 聴覚と視覚（人工内耳と読話）併用での聴取
- ② 聴覚のみ（人工内耳のみ）での聴取

3) 呈示音圧

- ① 静寂時：マイクの位置で 70dB SPL
- ② 雑音負荷時： S/N +10dB

スピーチプロセッサには感度調整機能がありノイズサプレッションを行うが、今回の実験では静寂時との比較を行うため、ノイズサプレッション機能を作動させない  
"N=Normal"の位置で検査した。

4) 手順

音声・映像の再生には TEAC LV-210P を用い、被検者は防音室内にて 16 インチのテレビモニターとその上に設置した 2 台の小型モニタースピーカー (SRP-S-400(w)/S400(B)) から 1 メートルの位置に座し、聴取した検査文 (語) を復唱または書き取った。なお、呈示は各検査語 1 回のみとした。

### 3.3 結果

#### 3.3.1 MPEAK と SPEAK の反復実験結果

本実験では ABAB 型の反復型実験計画法を用い、MPEAK と SPEAK の交互反復による聴取実験を行い、両者のコード化法における正解の再現性を検討した。

図 3.4 は、静寂時と雑音負荷時における MPEAK と SPEAK の交互施行による 10 名の語音の平均正答率で、人工内耳のみの聴取結果である。図の左側は静寂時、

右側は雑音負荷時の結果を示し、M1はMPEAK1回目、M2はMPEAK2回目、S1はSPEAK1回目、S2はSPEAK2回目の施行を示す。さらに、表3.3は、それぞれの条件下での語音の正答率の差異について二元配置分散分析を行い、両コード化法間の主効果と交互作用を検討した結果である。なお、この場合の主効果とはMPEAKに対するSPEAKの効果を指し、コード化法間の結果に有意差がある場合は主効果があると判断する。また、交互作用とはMPEAKとSPEAKの相互作用効果で、それぞれの1回目と2回目の成績の差がほぼ等しい場合を、交互作用がないと判断し、反復評価の結果の安定性を示す。

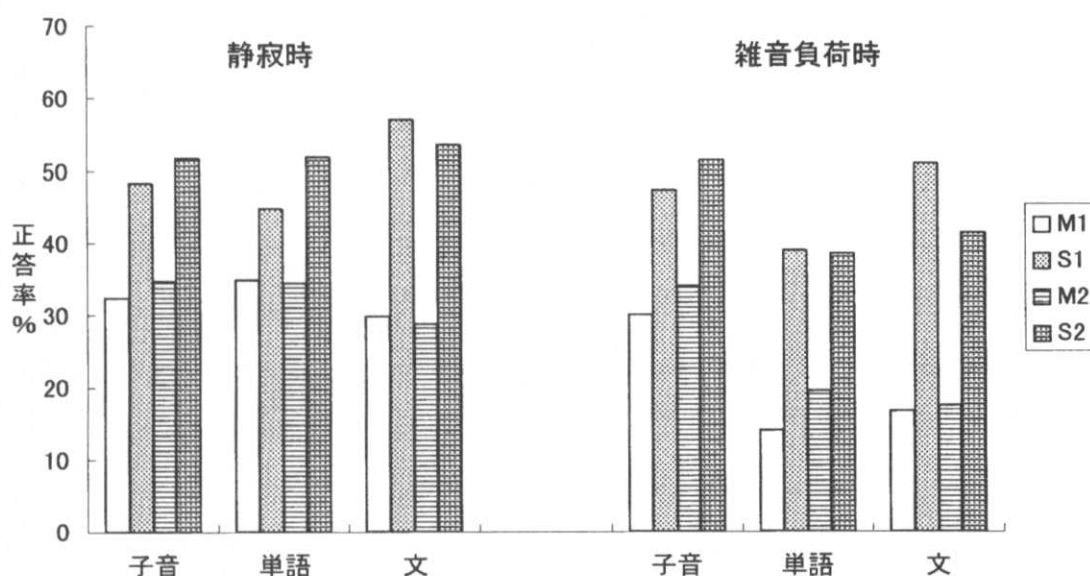


図 3.4 MPEAK と SPEAK の反復施行における静寂時と雑音負荷時の語音正答率  
(M1,M2: MPEAK1 回目、2 回目、 S1,S2: SPEAK1 回目、2 回目)

表3.3 MPEAKと SPEAKの反復実験結果

		コード化法間の主効果		交互作用
静寂時	子音	有り	p<.01	無し
	単語	有り	p<.01	無し
	文	有り	p<.001	無し
雑音負荷時	子音	有り	p<.01	無し
	単語	有り	p<.001	無し
	文	有り	p<.001	無し



静寂時の聴取結果（平均値と標準偏差）については次の通りであった。子音の正答率は、M1で32.4±15.9%、M2では34.8±18.1%、S1で48.2±19.1%、S2では51.8±21.6%となり、主効果が顕著で（df=1,F=7.889, P=0.007）、M1からS1に換えると正答率が向上したが、S1からM2に戻すと正答率もほぼ元のM1の値に戻り、M2からS2に換えると正答率は再度向上し、交互作用はなかった（df=1,F=0.001,p=0.946）。

単語の正答率は、M1で35.0±21.4%、M2では34.5±19.7%、S1で44.8±22.5%、S2では52.1±25.7%となり、主効果は顕著で（df=1,F=3.226, P=0.080）、M1からS1に換えると正答率が向上し、S1からM2に戻すと元の水準に戻って、M2からS2に換えると正答率は再度向上し、交互作用はなかった。（df=1,F=0.256,p=0.615）

文の正答率は、M1は29.9±21.9%、M2は28.8±24.8%、S1は57±31%、S2は53.6±36.5%となり、主効果は顕著で（df=1,F=7.082,P=0.001）、M1からS1に換えると正答率が向上し、S1からM2に戻すと元の水準に戻って、M2からS2に換えると正答率が再度向上し、交互作用はなかった（df=1, F=0.016,p=0.899）。

次に雑音負荷時の聴取結果については下記のような平均値と標準偏差を示した。子音の正答率はM1で30±12.8%、M2では34.1±15.3%、S1で47.3±19.8%、S2では51.5±20.9%であり、主効果は顕著であったが（df=1, F=9.823,P=0.003）、交互作用は認められなかった（df=1,F=8.16,p=0.992）。

単語の正答率は、M1で14±16.3%、M2では19.5±16.8%、S1で39±19.5%、S2では38.5±27.2%となり、主効果は顕著であったが（df=1,F=11.72, P=0.001）、交互作用はなかった（df=1,F=0.218,p=0.643）。

文の正答率は、M1で16.7±17.5%、M2では17.5±13.6%、S1は51±33.8%、S2は41.5±32.9%となり、主効果は顕著であったが（df=1,F=12.21, P=0.001）、交互作用はなかった（df=1,F=0.218,P=0.540）。

これらの結果で示されるように、静寂時でも雑音負荷時でもコード化法間の主効果が顕著で、SPEAKによる語音正答率はMPEAKに比べて顕著に改善するこ

とが示された。また、どの検査においても交互作用は認められず、MPEAK と SPEAK の成績は再現性をもつことが確認された。

### 3.3.2 雑音負荷による語音聴取への影響

次に、雑音が語音聴取にどの程度影響を与えるかについて静寂時の正答率と比較し、またそれが MPEAK と SPEAK で差異があるかどうか検討した。図 3.5 に人工内耳のみでの静寂時と雑音負荷時の正答率を示す。図の左側は MPEAK における静寂時と雑音負荷時の正答率であり、図の右側は SPEAK での正答率である。

まず、MPEAK については、子音の正答率は静寂時と雑音負荷時でほとんど差が認められなかった。しかし単語の正答率は雑音負荷時に顕著に劣化した ( $df=9, t=5.870, p=0.0002$ )。また、同様に文の正答率も雑音負荷時に顕著に劣化した ( $df=9, t=3.003, p=0.014$ )。次に SPEAK については、子音の正答率は静寂時と雑音負荷時でほとんど差が認められなかった。しかし、単語の正答率は雑音負荷時に顕著に劣化した ( $df=9, t=3.203, p=0.0002$ )。また、文の正答率も雑音負荷時に顕著に劣化した ( $df=9, t=2.557, p=0.030$ )。

以上のように MPEAK でも SPEAK においても子音の正答率は雑音負荷による影響は見られなかったが、単語の正答率と文の正答率は雑音の負荷による影響が大きく、静寂時に比べて顕著に劣化した。なお、劣化の程度は MPEAK の方が SPEAK より大きく、MPEAK の方が雑音の影響を受けやすいことが示された。

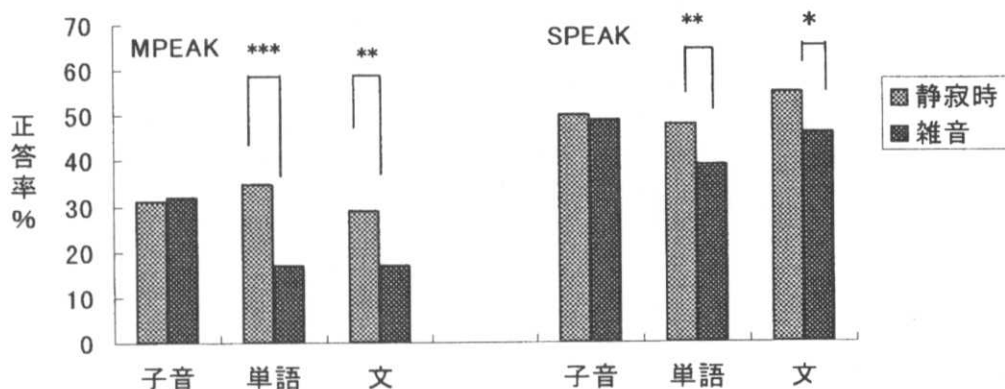


図 3.5 雑音負荷による語音聴取への影響 (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ )

### 3.3.3 人工内耳と読話併用における MPEAK と SPEAK の相違

次に、人工内耳と読話を併用する条件において、静寂時と雑音負荷時における語音の正答率が MPEAK と SPEAK でどのように違うか検討した。図 3.6 は、MPEAK と SPEAK による単語と文の正答率を示したものである。なお、図の左側は静寂時の結果を、右側には雑音負荷時の結果を示す。

まず静寂時の正答率についてみると、単語の正答率は MPEAK で  $72.3 \pm 10.4\%$ 、SPEAK では  $85.5 \pm 11.2\%$  であり、SPEAK で正答率が顕著に向上した ( $df=9, t=-4.44, p=0.002$ )。また、文の聴取においては MPEAK で  $73.1 \pm 20.2\%$ 、SPEAK では  $84.6 \pm 19.2\%$  となり、SPEAK で顕著に向上した ( $df=9, t=-2.688, p=0.024$ )。

次に雑音負荷時の正答率についてみると、単語の聴取は MPEAK で  $57.3 \pm 17.8\%$ 、SPEAK では  $76.5 \pm 13.1\%$  となり、SPEAK で顕著に向上した ( $df=9, t=-3.728, p=0.004$ )。また、文の正答率は MPEAK で  $59.4 \pm 23.4\%$ 、SPEAK では  $79.4 \pm 21\%$  で、これも SPEAK で顕著に向上した ( $df=9, t=5.098, p<.0001$ )。

これらの結果から、人工内耳のみの聴取条件と同様に人工内耳と読話併用でも、SPEAK が MPEAK に比べて顕著に向上することが示された。これは、静寂時でも雑音負荷時でも同様であった。なお、静寂時と雑音負荷時における MPEAK と SPEAK の差異については、雑音負荷時の方がより顕著であった。

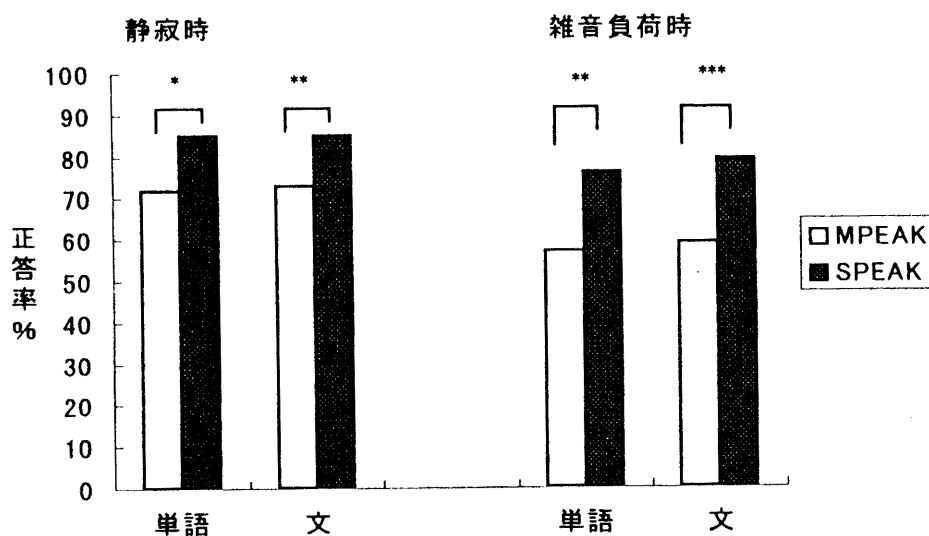


図 3.6 人工内耳と読話併用時の MPEAK と SPEAK による正答率の相違

(\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ )

### 3.3.4 個々の症例における SPEAK の優位性

これまでは 10 名の対象者の平均値を用いて MPEAK と SPEAK の正答率の差異を検討し、後者の優位性を確認できたが、次に個々の症例についても SPEAK によって語音聴取が向上するかどうか検討した。図 3.7 は静寂時の、図 3.8 は雑音負荷時の MPEAK と SPEAK の語音正答率について個々の症例毎に示したものである。なお、図中の太い点線は、静寂時と雑音負荷時のいずれの条件においても、さらに子音、単語、文のいずれの検査においても SPEAK による向上が認められなかった症例である。また、症例ごとの MPEAK と SPEAK の有意検定（カイ二乗検定）を行った結果は表 3.4 に示す。

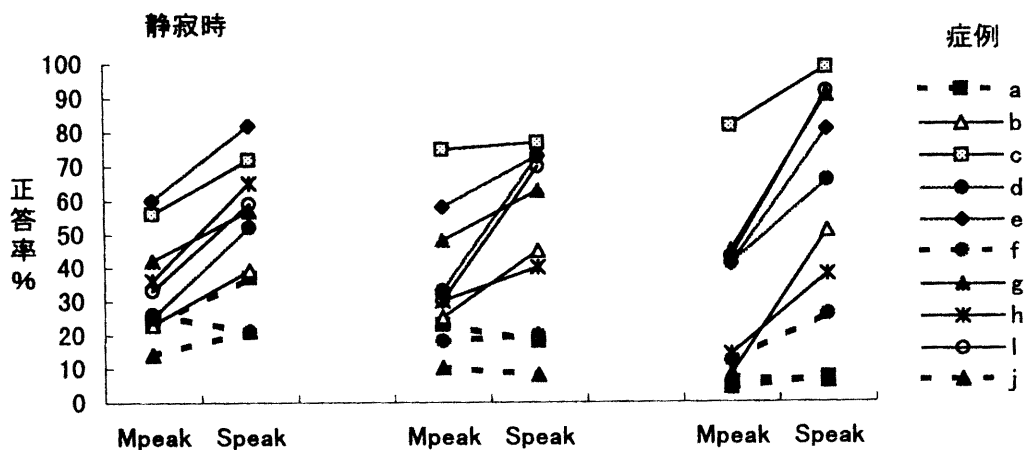


図3.7 個々の症例による静寂時の語音聴取: MPEAK vs. SPEAK  
(点線の症例はどの検査でもSPEAK使用で向上がみられなかった者)

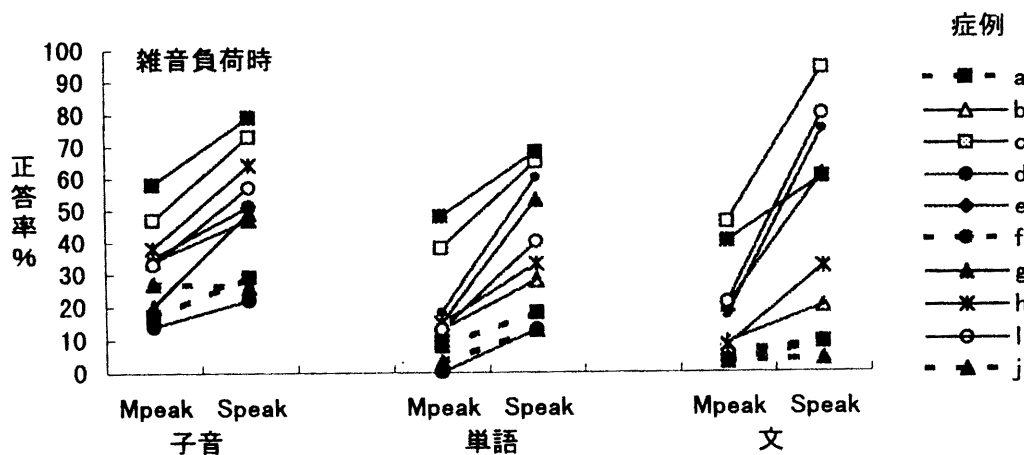


図3.8 個々の症例による雑音負荷時の語音聴取: MPEAK vs. SPEAK  
(点線の症例はどの検査でもSPEAK使用で有意な向上が認められなかった者)

その結果、静寂時の子音の聴取では10名中3名、単語の聴取では2名、文の聴取では7名において SPEAK により正答率が顕著に向上することが示された。また、雑音負荷時では、子音の聴取が10名中4名、単語の聴取が1名、文の聴取で6名が SPEAK で顕著に向上した。総合的に判断すると、10名中9名は SPEAK によって何らかの向上がみられるものの、顕著に向上した者は10名中7名であった。症例 a, f, j では、どの検査項目においても向上が認められず、むしろ静寂時の検査において SPEAK 使用で正答率が低下する場合もあった。例えば、症例 f は子音検査、症例 a と j は単語検査で、j は文検査でも劣化した。逆に症例 d と I は、静寂時の全ての検査において顕著に向上した。

表3.4 語音の聴取が MPEAKに比べSPEAKで有意に改善した症例

		*p<.05, **p<.01, ***p<.001									
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
静寂時	子音				**				**	*	
	単語				**					**	
	文		***	**	**	***		***	**	***	
雑音負荷時	子音		**	**		*			**		
	単語							**			
	文			***	***	**		***	***	***	

### 3.3.5 MPEAK と SPEAK による子音情報伝達率

#### 3.3.5.1 コード化法による子音情報伝達率の違い：静寂時と雑音負荷時

次に、静寂時と雑音負荷時のそれぞれの条件下において、MPEAK と SPEAK による子音情報伝達率の違いを2章で述べたように子音の特性ごとに検討した結果、下記のようなになった。

まず、静寂時の子音情報伝達率の平均値については（図3.9）、有声・無声が MPEAK では 62.8%、SPEAK で 75.5%、摩擦音が MPEAK では 39.7%、SPEAK で 56.0%、半母音が MPEAK では 52.0%、SPEAK で 52.2%、破裂音が MPEAK では 33.0% SPEAK で 46.4%、構音点が MPEAK では 16.3%、SPEAK で 32.2%、鼻音が MPEAK では 23.6%、SPEAK で 30.2%であった。

各群の子音情報伝達率の差異について統計的な検討を行うにあたり、正答率の分布に偏りのみられた鼻音と構音点についてはカイ二乗検定をおこなったが、それ以外の群は正規分布していたので検定を用いた。その結果、半母音を除く全ての子音群において SPEAK が MPEAK より有意に高い正答率を示した。特に摩擦音、破裂音、構音点は、鼻音や有声・無声に比べて高い有意差がみられた。

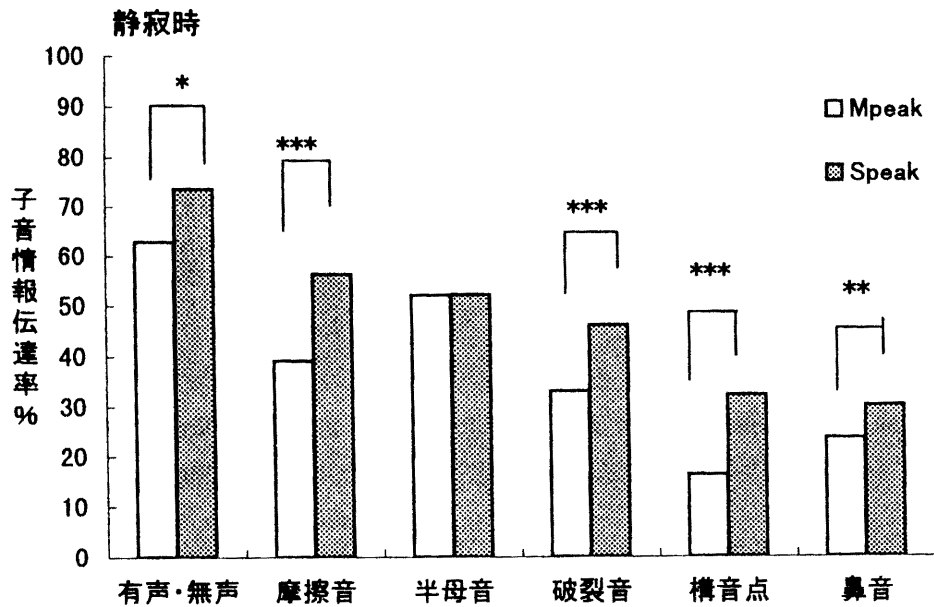


図3.9 静寂時における子音情報伝達率: MPEAK vs. SPEAK

\*p<.05 \*\*p<.01 \*\*\* p<.001

次に雑音負荷時の子音情報伝達率については (図 3.10) 、有声・無声が MPEAK では  $58.1 \pm 26.0\%$ 、SPEAK で  $67.3 \pm 32.1\%$ 、摩擦音が MPEAK では  $20.7 \pm 17.7\%$ 、SPEAK で  $46.9 \pm 37.4\%$ 、半母音が MPEAK では  $42.9 \pm 15.1\%$ 、SPEAK で  $51.3 \pm 24.1\%$ 、破裂音が MPEAK では  $24.7 \pm 19.6\%$ 、SPEAK で  $38.9 \pm 27.6\%$ 、構音点が MPEAK では  $15.6 \pm 10.7\%$ 、SPEAK で  $29.39 \pm 17.6$ 、鼻音が MPEAK では  $14 \pm 17.2\%$ 、SPEAK で  $23.3 \pm 27.5\%$ 、であった。

雑音負荷時では MPEAK と SPEAK で有声・無声間の有意差は認められなかったが、他の群では MPEAK に比べ SPEAK で顕著に向上した。特に摩擦音、構音点、鼻音は破裂音や半母音に比べて有意差が高かった。なお、静寂時と雑音負荷時

で共に MPEAK と SPEAK の有意差が顕著なのは摩擦音と構音点であった。総合的にみると、有声・無声でも半母音でも有意差が低いことが示された。

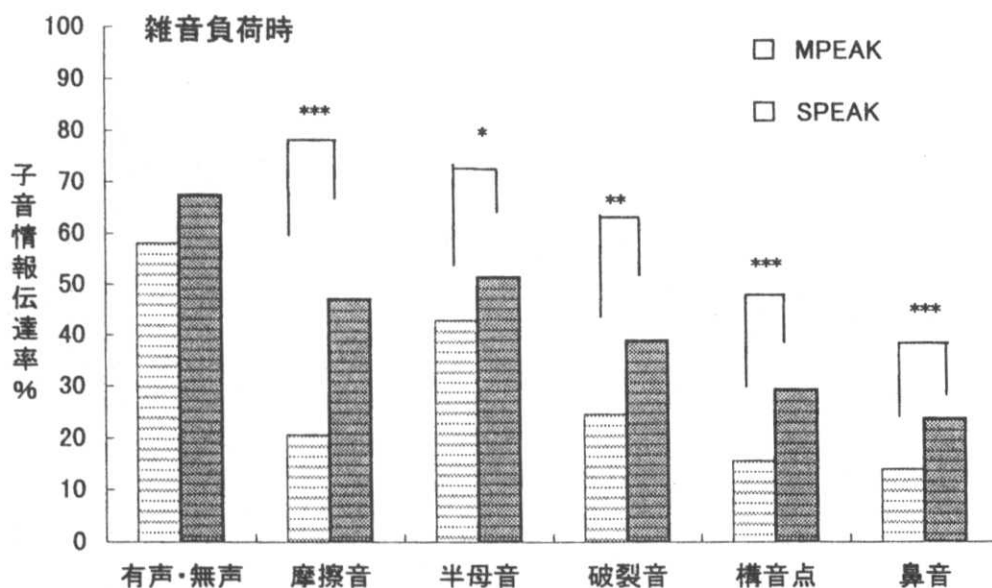


図3.10 雑音負荷時における子音情報伝達率: MPEAK vs SPEAK

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$  \*\*\* $p < .001$

### 3.3.5.2 MPEAK および SPEAK における雑音の影響

これまでは二つの音声コード化法間の比較を行ったが、次に同じコード化法を用いた場合の静寂時と雑音負荷時で子音情報伝達率に違いがあるかどうか検討した。その結果は下記に示すように、MPEAK (図 3.11) においても、SPEAK (図 3.12) においても摩擦音の群間にのみ静寂時と雑音負荷時の情報伝達率に有意差が認められ、他の群では差異は認められなかった。

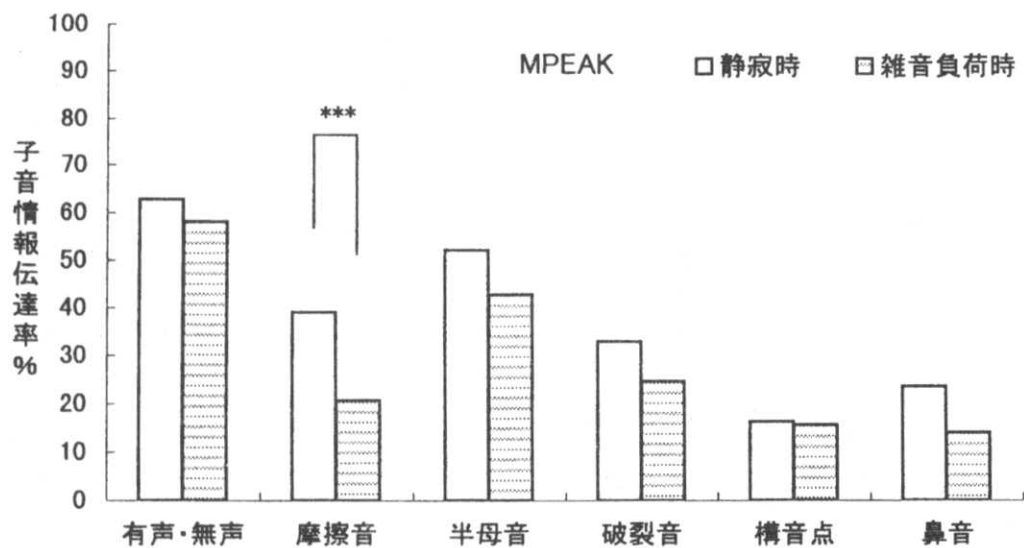


図3.11 MPEAKにおける子音情報伝達率: 静寂時 vs. 雑音負荷時 (\*\*\*) <math>p < 0.001</math>

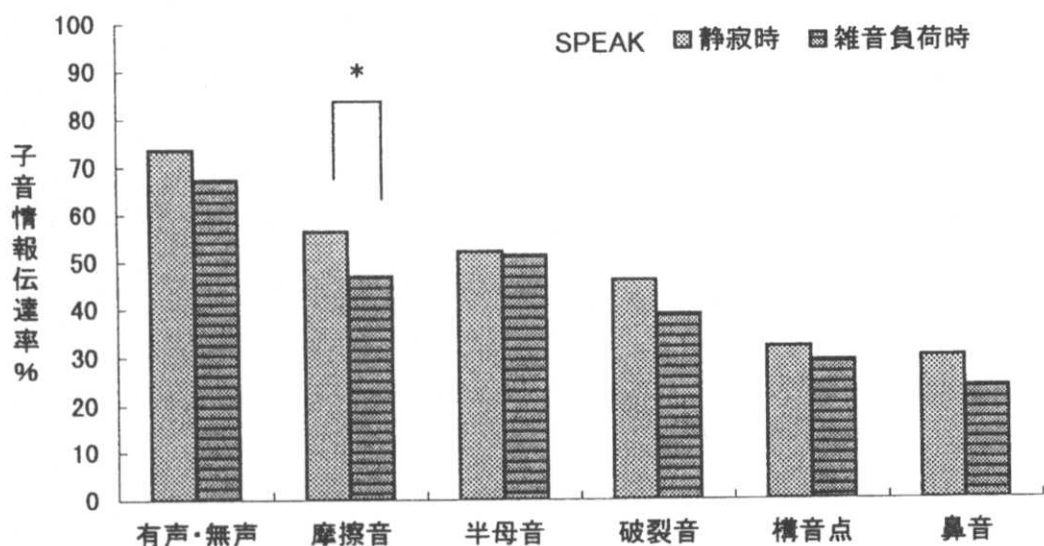


図3.12 SPEAKにおける子音情報伝達率: 静寂時 vs. 雑音負荷時 (\* <math>p < 0.05</math>)



### 3.4 小括と考按

本章では、コクレア社製 Nucleus22 人工内耳システムの2つの音声コード化法、MPEAK と SPEAK の違いによる語音聴取の比較を行った。

1) MPEAK と SPEAK の反復型実験を行い、コード化法間の主効果と交互作用について検討した。結果として、子音、単語、文のどの検査においても MPEAK から SPEAK に変えると正答率が高くなるが、SPEAK から MPEAK に戻すと正答率は低下し、SPEAK 使用の効果が高いことが示された。また、コード化法間の交互作用は認められなかったことから、それぞれのコード化法における正答率の再現性が高く、経時的な使用による学習も認められなかったため、MPEAK と SPEAK の主効果は信頼できるものと考えた。

そこで、各検査の1回目と2回目の正答率の平均値を用いて MPEAK と SPEAK の検査結果を比較すると、静寂時では、子音正答率が 31%から 50%に、単語の正答率は 35%から 48%に、文の正答率は 29%から 55%に向上した。また、雑音負荷時では、子音正答率が 32%から 49%に、単語の正答率は 17%から 39%に、文の正答率は 17%から 46%に向上した。これにより、SPEAK において語音の正答率が顕著に向上することは検証できた。

2) 雑音負荷による語音聴取への影響については、子音の正答率は MPEAK でも SPEAK でも静寂時と雑音負荷時でほとんど有意差は認められなかった。しかし、単語や文の正答率は静寂時に比べて雑音負荷時で顕著に劣化し、両者とも雑音の影響を受ける。但し、MPEAK と SPEAK を比べると、MPEAK での聴取は SPEAK に比べて雑音負荷による影響が大きいことが示された。

3) 読話併用時においても、静寂時および雑音負荷時の両方で、SPEAK の方が MPEAK に比べて単語の正答率も文の正答率も、有意に高かった。また、静寂時に比べて雑音負荷時の方が両コード化法間の有意差が大きく、SPEAK は MPEAK より雑音の影響を受けにくいことが示唆された。更に Binne<sup>59)</sup>や Sanders<sup>60)</sup> が報告しているように、聴覚的な条件が悪化するにつれて視覚的な補助効果がより高く現れた。

4) SPEAK の優位性が個々の症例においてどのように異なるか検討した。その結果、静寂時の子音で 10 名中 3 名、単語で 2 名、文では 7 名が、MPEAK に比べ SPEAK による正答率が有意に高いことを示した。しかし、10 名中 3 名はどの検査においても MPEAK と SPEAK で有意差は認められなかった。また、雑音負荷時では子音で 10 名中 4 名、単語で 1 名、文では 6 名が、MPEAK より SPEAK において有意であった。また、3 名はどの検査においても MPEAK と SPEAK で有意差は認められず、これらの症例は静寂時と同一で、MPEAK でも SPEAK でも正答率が悪い症例 a.f.j であった。

今回、SPEAK において改善がみられなかった 3 名については以下のような特徴がみられた。症例 a は年齢も若く、全電極使用可能、失聴期間は 6 年、と条件的には他者に比べて特に悪いわけではない。しかし幼少時から片耳の難聴があり 22 歳で両耳失聴となった背景がある。長年補聴器を装着していて日常生活や学業には困らなかったと報告しているが、失聴期間は短くても難聴期間が長く、言語音が歪んで聞こえていた可能性は否めない。このような背景は新しい音響環境への適応を困難にしていることが推測される。症例 f も失聴年数は 1 年、電極は 18 対使用で知的レベルも高く好条件を備えているが、何故か人工内耳による語音の正答率が悪い。本人によると気分によって聴こえ方の日内変動が激しいと報告していたが、心理測定結果との比較を今回行っておらず語音正答率と個人の性格との関係に関しては不明である。また、症例 j についても失聴期間は短く、使用電極も 19 対あり手術の適応条件はよい。しかし、手術時の年齢が高く、加齢現象で言語音の分析能力が衰えているか、あるいは新しいタイプの音響刺激に適応するのに時間がかかることが推測される。

この 3 症例とは逆に、SPEAK 使用で顕著に変化が認められた症例 d は、使用電極数は 16 対で他症例に比べると少ないが、年齢も若く突発性難聴で失聴期間も 1 年未満であり、新しい機器に対する適応が早かったと推測される。

5) MPEAK と SPEAK による子音情報伝達率の相違について検討した。その結果、静寂時の子音情報伝達率に関しては、半母音では、SPEAK と MPEAK 間で有意差は認められなかったが、その他の子音の特性群に関しては MPEAK に比べ SPEAK

で顕著に向上することが示された。一方、雑音負荷時では有声・無声で MPEAK と SPEAK 間の差異は認められなかったものの、他の子音の特性群に関しては MPEAK に比べて、SPEAK で顕著に向上した。

次に、静寂時の子音情報伝達率と雑音負荷時の子音情報伝達率を比べたところ、MPEAK においても SPEAK においても、摩擦音が雑音の影響を受けて顕著に劣化し、その他の子音特性群では特に差は認められなかった。なお、SPEAK の子音情報伝達率の順位については、静寂時が有声・無声、摩擦音、半母音、破裂音、構音点、鼻音の順になっているが、雑音負荷時では有声・無声、半母音、摩擦音、破裂音、構音点、鼻音の順となり、半母音と摩擦音が入れ替わっている。以上のことは、摩擦音が特に雑音の影響を受けやすいことを示している。

## 第4章 研究III. 人工内耳装用者による音楽の知覚

### 4.1 はじめに

人工内耳装用者の語音聴取能力は既に述べたように個人差が大きいですが、スピーチプロセッサがSPECTRAに変わってから音楽が楽しめるようになったという者が少しずつ増えてきている<sup>24,25)</sup>。個人差は大きいものの、ほとんどの人工内耳装用者は読話併用によって音声言語によるコミュニケーションが可能になっており、人工内耳手術の最大の目標は達せられたと言えよう。そして次に、生活の質を高める手段として音楽を聴く・楽しむことを求めるようになってきたと思われる。この「音楽がわかる」と人工内耳装用者自身が述べている事実をどのように解釈したらよいのであろうか。音楽の聴き取りの評価については、手術前と手術後の生活や社会行動の変化を調べる質問紙<sup>25)</sup>に一部含まれることはあるが系統的ではなく、客観的指標にはしがたい。諸外国でも人工内耳装用者による音楽の知覚に関する研究は極めて限られている<sup>61,62)</sup>。

そこで、音楽的な要素の基本となるリズム、旋律、和音の情報が現在用いられている人工内耳システムでどのように知覚されるのか、またその可能性があるかについて知見を得る目的でテストを作成し、聴取実験を行った。検査項目は次の5つである。①リズム（基本的拍節リズム）、②音程（131Hz～1,047Hz）、③楽器音（8種の楽器）、④旋律（ピアノ演奏による日本唱歌）、⑤アカベラ歌唱。また、語音の知覚と楽音の知覚の違いを検討する目的で、上記の検査結果と子音の識別検査との比較を行った。

### 4.2 方法

対象者の背景は表4.1に示すように、男性7名と女性9名の計16名で、年齢が27～64歳（平均=48歳）、失聴時の年齢は24～54歳（平均=39歳）、失聴期間が1～26年（平均=6.3年）、人工内耳装用経験年数が半年～10年（平均=3.5年）であった。対象者は全て成人期に失聴した中途失聴者で、人工内耳装用経験が半年以上の安定した常用者であること、人工内耳のみによる語音の聴取が可能であること、評価に用いられるメロディーに関する予備的調査の結果、そ

の旋律を記憶しているという確認が得られた条件を満たした者である。なお、人工内耳はコクレア社製Nucleus 22チャンネル（SPEAKコード化法）の使用者が14名、AB Corporation製Clarion（CISコード化法）の使用者2名であった。

表4.1 症例背景

症例	性	年齢	手術時年齢	失聴年数	経験年数	機種
a	M	59	45	3	10	Nucleus 22
b	F	51	34	7	9.5	同上
c	F	62	42	12	8.6	同上
d	M	61	48	5	7.7	同上
e	M	37	32	1	3.4	同上
f	M	38	33	1	3.4	同上
g	F	46	42	1	2.7	同上
h	M	53	47	6	2.6	同上
i	M	44	37	5	2	同上
j	F	27	24	1	2	同上
k	F	55	54	1	1.5	同上
l	M	64	39	26	1	同上
m	F	44	43	1	0.7	同上
n	F	30	28	2	0.7	同上
o	F	55	31	26	0.6	Clarion
p	F	45	42	3	0.6	同上

評価用の検査は、①リズム、②音程、③楽器音、④旋律（ピアノ演奏曲）、⑤アカベラ歌唱のそれぞれについて、下記に示すような方法で検査音を作成した。なお、検査音はDAT（SONY TCD-D10）とマイクロホン（SONY ECM-959DT）を用い、ピアノ音以外は防音室で録音した。検査音は、被検者のマイク面の音圧が約70dB SPLになるように小型スピーカ（SRP-S-400(W)/S400(B)）から出力して聴取実験を行った。

#### <リズム>

基本的なリズムパターンの知覚能力を評価するため、自由リズムではなく、拍子に基づいた拍節的リズムを採択した。検査音は基本音440 Hzのピアノ音を用い、強拍音を66 dB SPL、弱拍音を60 dB SPLになるようにコンピュータで補正し、2拍子、3拍子、4拍子の拍節的リズム（各拍0.5秒速度で4秒間）を、被検者に各5回ずつランダムに呈示した。なお、被検者はこれらの3選択肢の中から回答した。

## <音程>

検査に用いた音域は、日常生活で耳にする旋律の幅を考慮して、131Hz～1,047 Hzに限定した。音階の表記は便宜的に131Hzをc0、1047Hzをc3とし、その間の音階をc0<sup>#</sup>,d0,d0<sup>#</sup> . . . a2,a2<sup>#</sup>,b2として表現し、テスト音の構成は表4.2に示すように、ピアノ音のc0=131 Hz～c3=1,047Hzの3オクターブ音につき、音程の異なる2音を1組として、音階の間隔（便宜的に隣接半音階を1音と数えた）が24音、12音、8音、4音、2音の差の音程ペア8組、合計40組を作成した。被検者は呈示された高さの異なる2音につき、高い音は1番目か2番目か、あるいは2音が同じ高さか、で回答した。

表4.2 音程の組み合わせ

24音	周波数	12音	周波数	8音	周波数	4音	周波数	2音	周波数
c0/c2	130/523	a0/a	220/440	a0/f1	220/349	a0/θ	220/277	c1/d1	261/293
d0/d2	146/587	b0/b1	237/493	b0/g1 <sup>#</sup>	237/392	b0/d1 <sup>#</sup>	237/311	d1/e1	293/329
e0/e2	164/659	c1/c2	261/523	c1/g1 <sup>#</sup>	261/415	c1/e1	261/329	e1/f1 <sup>#</sup>	329/369
f0/f2	174/698	d1/d2	293/587	d1/a1 <sup>#</sup>	293/466	d1/f1 <sup>#</sup>	293/369	f1/g1	369/392
g0/g2	196/784	e1/e2	329/659	e1/c2	329/523	e1/g1 <sup>#</sup>	329/415	g1/a	392/440
a0/e2	220/880	f1/f2	349/698	f1/θ	349/554	f1/a	319/440	a1/b1	440/493
b0/b2	237/986	g1/g2	392/784	g1/d2 <sup>#</sup>	392/622	g1/b1	392/493	b1/θ	493/554
c1/c3	261/1046	c2/c3	523/1046	c2/g2 <sup>#</sup>	523/830	c2/e2	523/659	c2/d2	523/587

註:小数点以下省略

## <楽器音>

「春が来た」の最初の4小節の旋律を用いて8種の楽器音を用意した。それらは、打弦楽器のピアノと木琴、木管楽器のクラリネット、金管楽器のトランペット、撥弦楽器のギター、擦弦楽器のバイオリン、にハンドベルと歌声ハミングとを加えた。

被検者は上記8種の検査音につき、各2回ずつランダムに呈示された楽器音を下記の図（図4.1）を手がかりに選択した。なお、選択肢の中には8種の検査音以外に尺八、ハーモニカ、ドラム、三味線を加えて呈示した。

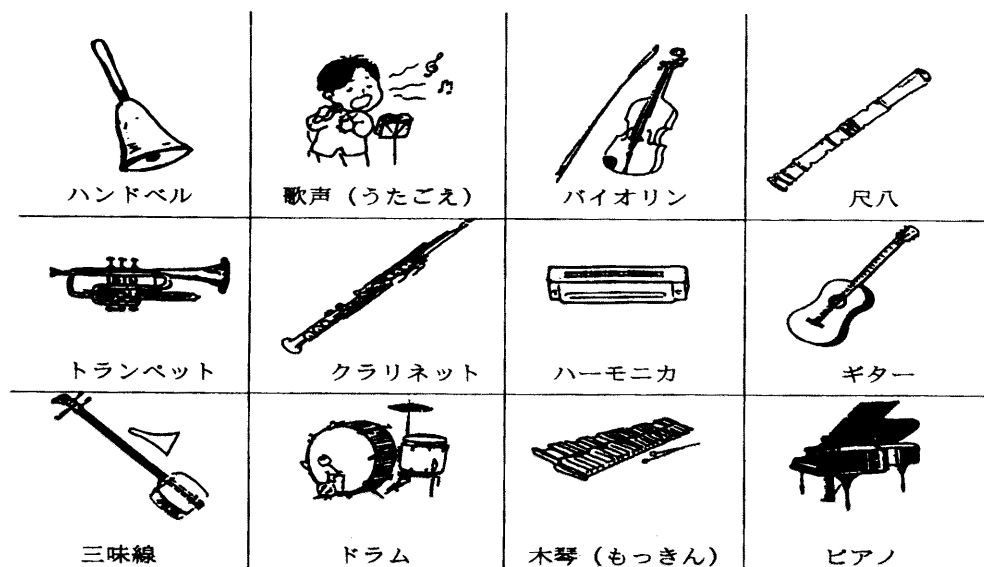


図4.1 楽器音の種類

#### <旋律：ピアノ演奏曲>

下記のような単調な旋律の日本唱歌8曲につき、最初の4小節をピアノ音で録音した。曲は、2/4拍子が「虫の声」、「花」、「かたつむり」、3/4拍子が「赤とんぼ」、「海」、「ふるさと」、4/4拍子が「春の小川」、「さくらさくら」であった。なお、和音の影響を排除するため、演奏は主旋律のみで行った。検査は、それぞれの旋律につき各2回ずつランダムにオープンセットで呈示した。応答方法は曲の題名や旋律・歌詞の模唱など、いずれの方法でもよいことにした。

#### <アカペラ歌唱>

上記の唱歌8曲について、アカペラ（無伴奏の歌唱）で用意し、各2回ずつランダムにオープンセットで呈示した。応答方法は曲の題名や歌詞の模唱など、いずれの方法でもよいことにした。

### 4.3 結果

#### <総合的な楽音の識別>

今回の検査項目の平均正答率を図4.2に示す。まず、リズムは67~100%で、その平均値と標準偏差は92.6±8.4%で、高い正答率を示した。音程の正答率は、

51.8±14.3% (20~70%)、楽器音の正答率は、25.8±13.8% (0~50%) と悪く、それに対応してピアノ演奏曲の正答率は11.8±13.3% (0~50%) と更に悪くなった。ところが、同じ旋律をアカペラで歌唱したところ、正答率は71.4±31.3% (13~100%) に向上した。

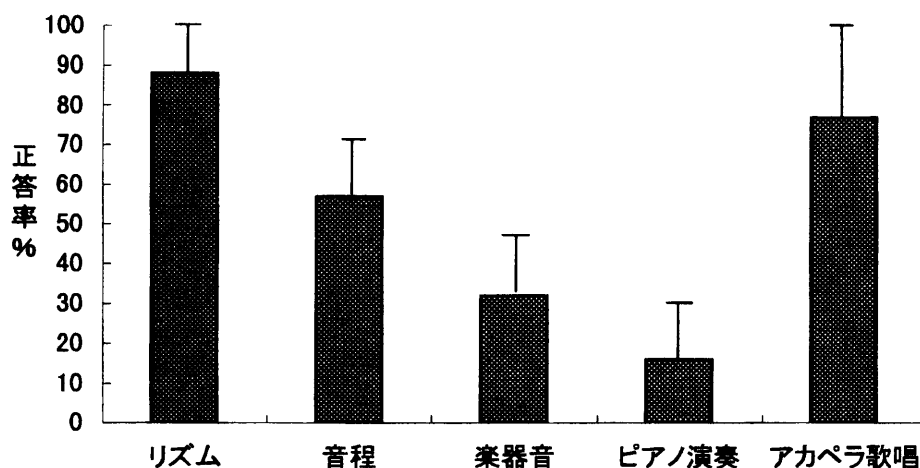


図4.2 楽音の識別

なお、正答率の不良な検査項目である音程、楽器音に関して更にその内容を述べると、下記の通りであった。

<音程>

2音差の高低弁別について正答率を調べたところ、図4.3に示すように、音階の差が2オクターブで65%、1オクターブで50%、8音で55%、4音で64%、2音で38%となり、全体的に非常に悪かった。音の高さの差が1オクターブ、2オクターブと差が大きくても、他の音階差の正答率に比べて成績が良くなることはなかった。



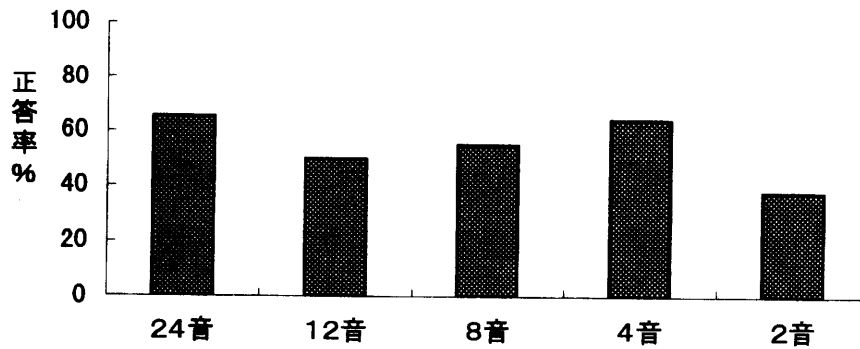


図4.3 音程の弁別

### <楽器音の識別>

楽器音の正答率は図4.4に示すように、ピアノ69%、木琴50%、ハンドベル44%、トランペット34%、バイオリン22%、ギター22%、クラリネット22%、歌声ハミング3%となった。なお、それらの異聴傾向をみると、木琴を三味線に、バイオリンをハーモニカに、ギターをピアノに誤ることが多かった。また、ハミングは成績が極端に悪く、バイオリンやクラリネットおよび尺八と聴き誤る傾向がみられた。

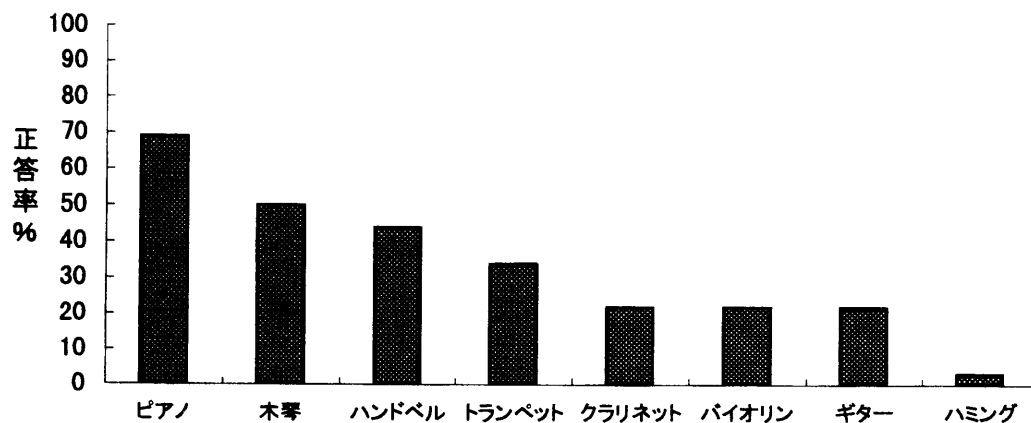


図4.4 楽器音の識別

### <楽音と子音>

楽音と語音の知覚の関係を検討する目的で、子音を独立変数、楽音を従属変数として回帰分析したところ、アカペラ以外は相関が低く、子音の正答率から楽音の知覚の程度を予測することは困難であることが示された。例えば、下図4.5の回帰グラフで示されるように、子音の正答率の高い者が、必ずしも楽器音の識別が可能であるとは限らなかった。しかし、アカペラ歌唱の場合は、子音の正答率からある程度予測できることが示された。

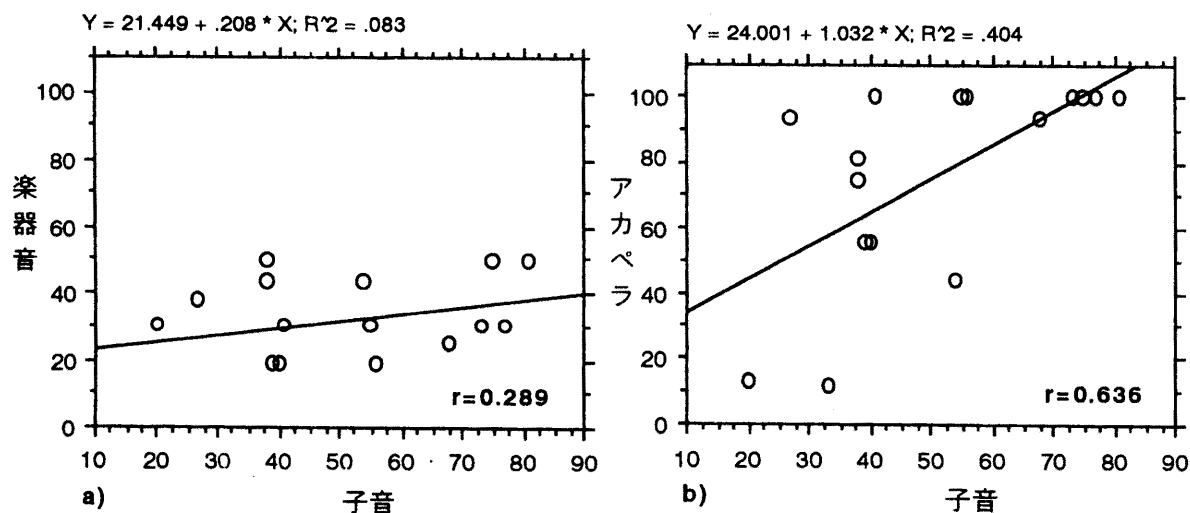


図4.5 子音と楽器音(a)、子音とアカペラ(b)の相関

### <個々の症例の検討>

被験者個々の楽音の正答率と子音の正答率については図4.6に示すようになり、平均的にはどの検査項目においても成績は不良であるが、個人別にみると成績の良好なものもみられた。なお、図中の点線で示した2症例はClarion人工内耳システムの利用者であるが、Nucleus22システムの利用者に比べて、正答率に特に差異はみられなかった。

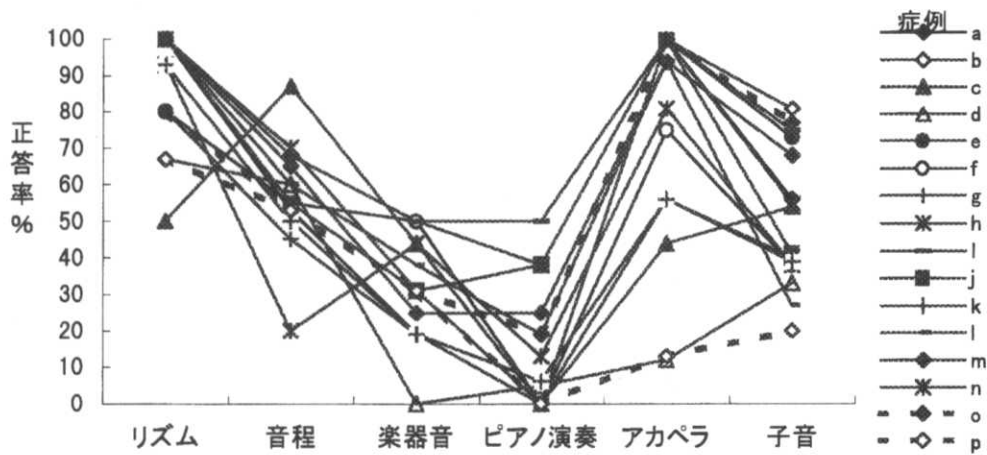


図4.6 個々の症例による楽音および子音の正答率  
(点線の症例はClarion人工内耳システム使用者)

なお、正答率が3割を越えたものは、何らかの意味で音楽を楽しむことができるであろうと仮定すると、楽器音の正答率が3割を越えたものは16名中11名おり（図4.7）全体の7割であった。

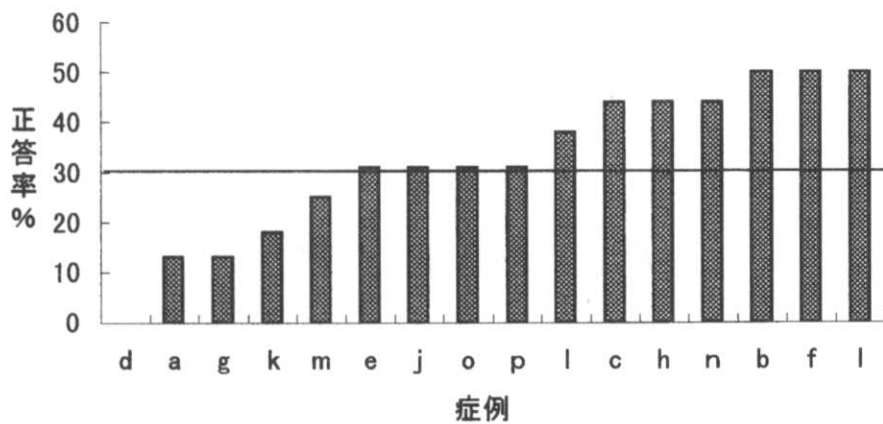


図4.7 個々の症例による楽器音の正答率

また、ピアノ演奏による唱歌の旋律が聞き分けられた症例が2割以上（16名中、4名）いることが示された（図4.8）。なお、これらの唱歌の正答率が3割

を越えた曲は、ふるさと、かたつむり、さくらさくら、虫の声、春の小川の5曲であり、曲の拍数による正答率の違いはみられなかった。

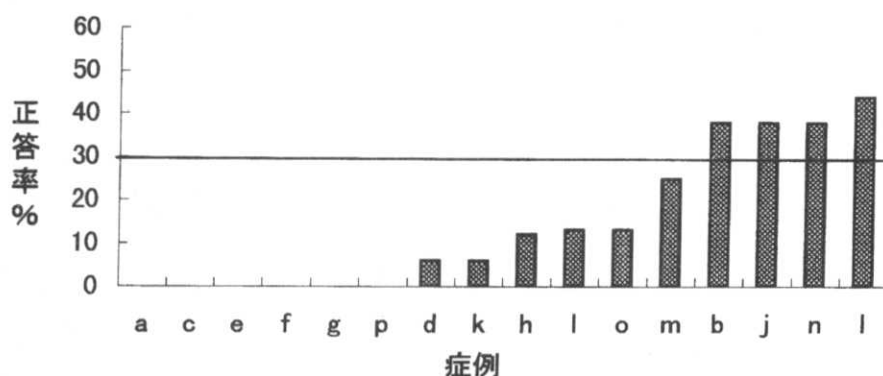


図4.8 個々の症例による旋律(ピアノ演奏曲)の正答率

#### 4.4 小括と考按

本章では、人工内耳装用者による音楽の知覚について検討した。その結果、リズムのような振幅情報（強度）の時間的変化の知覚に関する課題は正答率が高かった。しかしながら、音程の正答率は非常に低く、それに対応して旋律（ピアノ演奏曲）も悪かった。但し、同じ旋律をアカペラにすると成績は向上した。このことは、アカペラでの曲の判断には語音の知覚が寄与しているものと考えられ、子音とアカペラの相関が高かったことにも反映されている。なお、楽器音の成績も非常に悪かった。子音の平均正答率は51%であるのに比べて、楽器音の聴き分けが32%というのは、楽器音が極めて難しいということを示唆するものであった。語音の知覚に比べて楽器音の知覚が困難なことに、どのような要因が関与するかについては更に検討を要する。

Schulzら<sup>62)</sup>はMed-Elシステムの人工内耳装用者と健聴者による音楽の知覚評価を行い、リズム知覚においては両者間の差はないが、旋律の知覚は人工内耳ではきわめて困難だった報告している。また、Gfellerら<sup>63)</sup>もIneraidシステムの使用者を対象に音楽の知覚に関する実験を行い、同様の結果を得ている。これらの先行研究は、今回の実験結果と類似しており、現在のところ音楽の知覚

が優れた人工内耳は存在しないことを示すものである。

本研究の結果、人工内耳装用者による音楽の知覚の可能性と限界が示唆された。平均的には悪かったが、3割くらいの確率で楽器音がわかる人も全体の7割、またピアノ演奏の唱歌が分かる人も約3割いて、音楽がわかると報告する人工内耳装用者がいる背景が検証された。

音楽の知覚には旋律や和音が重要であるが、現在の人工内耳システムでは限界があり、新しいメロディーを覚えることは困難である。しかし、下記のような方法を実生活に取り入れると音楽を楽しむことが可能かと思われる。①拍節的リズムの知覚は良いので、曲にあわせて踊ることは可能である。②楽器音の知覚は困難だが、それぞれの楽器の音響特性を強調したリズムで演奏すると知覚しやすく、ピアノや木琴のような打弦楽器で、視覚的な情報の補助も得られる楽器だと、正確な演奏も可能である。③音程及び旋律の知覚は困難であるため正確な模唱は難しいが、アカペラの知覚は良いので自分の記憶にある歌などを聴いたり歌ったりして楽しむことは、多くの人工内耳装用者ができることであると考えられる。

## 第5章 要約

### 1. 研究背景と研究目的

人工内耳 (Cochlear Implant) とは、内耳における音の変換機構を代行する人工的な感覚補償装置である。様々な疾患が原因で内耳の有毛細胞が変性・消失した両側の高度感音性難聴者に対して人工内耳の埋め込み手術を行い、聴覚神経を直接電気刺激し、聴覚機構を回復させる治療法として世界的に用いられている。かつては治療不可能だとされていた高度聴覚障害者も、今日では人工内耳手術によって音声によるコミュニケーションが可能になり、多くの聴覚障害者が恩恵を受けている。

テクノロジーの進歩によって人工内耳の音声コード化法はめざましく変遷しているが、実際の臨床場面では語音の聴取能力は個人差が大きい。音声コード化法を換えて電話で日常会話が可能な人がいる一方で、読話なしでは聴覚情報がほとんど活用できない人も少なからずいて、メーカーが述べているような成果が全ての装用者で達成されているかどうかは明らかではない。日本では人工内耳手術は保険適応になっているが、スピーチプロセッサを買い換える場合の行政的な補償はない。新しい音声コード化法の使用には、スピーチプロセッサの買い換えが必要で経済的な負担を強いられる。従って患者への適切な情報提供が臨床的に重要なことである。また、最近では一部の人工内耳装用者は音楽がよく分かれると報告しており、生活の質が向上しているようである。しかし、それらの報告が客観的な評価と一致するかどうか定かではない。従って、人工内耳手術後の語音聴取が音声コード化法によってどのように変化するのか、また音楽の知覚はどの程度可能なのかについて評価することは学問的にも臨床的にも重要なことと考えた。

そこで、以下の2つを目標に研究を行った。第1に、Nucleus 22 チャンネル人工内耳システムの音声コード化法の違いによる語音聴取能力を評価する。第2に、人工内耳による音楽の知覚能力を評価することである。具体的には以下の3つの実験を行った。

研究I 人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験

研究II Nucleus 22人工内耳システムMPEAKコード化法と SPEAKコード化法の比較

研究III 人工内耳装用者による音楽の知覚

## 2. 研究I 人工内耳による語音聴取評価テストの作成と試用実験

### 2.1 評価テストの作成

本研究の目的である音声コード化法の比較実験を行うには、聴取検査を繰り返し行わなければならないため検査語表を多数必要とする。そのため、既存のテストでは検査語表が少なく対応が難しい。そこで、検査語表の多いテストを新たに作成し、まず健聴者を対象に聴取実験を行って検査語表の等価性を確認した。次に、そのテストを用いて人工内耳装用者を対象に試用し、既存のテストと比較検討を行い、また今回の検査語表の特徴を検討した。なお、本テストの作成においては更に以下の2点について留意した。被検者の疲労度が検査結果に影響を与えないように施行時間を短縮する。また検査を系統的に構成し、個人の聴取特性についてより詳細な知見を得る。

上述の背景があり、①子音識別検査1表、②単語検査16語表、③日常会話文検査16語表を作成した。

### 2.2 健聴者による検査語表の等価性の検討

2.2.1 実験方法：健聴者を対象に、雑音を負荷して子音、単語、文の聴取実験を行った。

2.2.2 結果：単語検査および文検査の各々16語表につき、正答率の平均値の差異について有意水準を5%として語表の等価性を検討した。その結果、単語および文の16語表間で有意差が認められなかったため、今回作成した単語検査語表および文の検査語表は等価性があり、繰返し検査に対応できると判断した。子音については検査一再検査を行い、それらの平均正答率に有意差が認められないことから、再現性がある検査だと判断した。

## 2.3 人工内耳装用者による試用実験

2.3.1 実験方法：人工内耳装用者を対象に、本検査を施行して既存のテストと比較し難易度を検討した。また、今回作成した検査語表から、聴取特性のパターンについてどのような情報が得られる可能性があるかを検討した。

### 2.3.2 結果：

<平均的難易度> 今回の検査結果は既存のFテストとの相関は高く、同じ程度の難易度をもつことが確認された。また、子音、単語、文のどの検査でも被験者の回答は適度に分布していて、検査の難易度は適当であると考えた。

#### <子音情報伝達率>

平均的には有声・無声、摩擦音、半母音、破裂音、構音点、鼻音の順に情報伝達率が高かった。しかし個人的にみると平均的な聴取特性と異なり、例えば摩擦音の伝達率が特に悪い症例がみられた。

#### <単語の聴取>

音節数の違いによって分類し、各群の正答率の割合を検討したところ、平均的な聴取特性としては2音節単語は3、4、5音節単語に比べて有意に悪かった。しかし、個人別に検討すると平均的な聴取と異なり、多音節に比べて2音節が特に悪い症例がいる一方で、2音節の成績が非常によいのに多音節の成績が悪い症例もみられた。

#### <文の聴取>

文節数の違いによって分類し、各群の正答率の割合を検討したところ、平均的な聴取特性としては2文節から7文節までの群間の正答率に差はみられなかった。しかし、個人別にみると文の長さによって影響を受ける症例も見られた。

## 3. 研究 II Nucleus 22 人工内耳システム MPEAK コード化法 と

### SPEAK コード化法の比較

3.1 実験方法：人工内耳装用者 10 名を対象に、MPEAK コード化法と SPEAK コード化法の比較実験を行い、後者の優位性について検討した。実験には今回作成したテストを用い、刺激モダリティは人工内耳のみ、および人工内耳と読



話併用で、聴取条件を静寂時と雑音負荷時で行った。

### 3.2 結果：

<総合的な聴取結果> 人工内耳のみによる聴取結果は、静寂時においても雑音負荷時においても、子音、単語、文の全ての検査で MPEAK に比べて SPEAK が有意に向上した。雑音負荷時の正答率は MPEAK、SPEAK とも静寂時に比べて有意に劣化した。但し SPEAK の方が劣化は少なかった。

また、人工内耳と読話併用の聴取条件でも、単語、文の正答率は SPEAK の方が有意に向上した。なお、静寂時に比べて雑音負荷時では MPEAK と SPEAK では正答率の差がより顕著であり、読話併用の条件でも SPEAK の方が雑音の影響は小さいことが示された。

上述のように平均的には MPEAK に比べて SPEAK が優位であり、個人的に検討すると 10 名の被検者中 7 名は語音の正答率が有意に向上したが、残りの 3 名は、どの検査項目においても SPEAK 使用による向上は認められなかった。

#### <子音情報伝達率>

静寂時では MPEAK と SPEAK 間で、半母音だけはほとんど差が無かったが、他の子音特性群では SPEAK において有意に向上した。また、雑音負荷時においても、MPEAK と SPEAK 間では、有声・無声だけは差が小さかったが、他の子音特性群では SPEAK において有意な向上が認められ、特に摩擦音は SPEAK による向上が大きかった。なお、MPEAK および SPEAK における雑音の影響が、どの子音特性に現れるか検討したところ、摩擦音のみで顕著に認められた。

## 4. 研究 III 人工内耳装用者による音楽の知覚

4.1 実験方法：人工内耳装用者 16 名を対象に次の 5 つの検査を施行した。①リズム：ピアノ音 (2、3、4 拍子)。②音程：131Hz から 1,047Hz のピアノ音で、音階差が 2、4、8、12、24 音の高低弁別、③楽器音：ピアノ、木琴、クラリネット、トランペット、ギター、バイオリン、ハンドベル、歌声ハミングを用い、唱歌「春がきた」の最初の 4 小節を識別。④旋律：ピアノ演奏の日本唱歌 8 曲の識別、⑤アカペラ歌唱：④と同じ 8 曲の識別。

4.2 結果：リズムの平均正答率は 92.6%と高かった。しかし、音程の正答率は 51.8%と悪く（ほぼチャンスレベル）、それに対応して楽器音やピアノ演奏による唱歌の知覚も悪かった。ところがアカペラ歌唱は 71.4%と成績が高かった。なお、これらの検査と子音の聴取成績との相関においては、子音と楽器音では相関は低かったが、子音とアカペラの相関は高かった。

このように総合的には音楽の知覚は悪かったが、個別で検討すると楽器音の知覚が 3 割以上聴取できるものは 16 名中 11 名、また旋律においても同様な基準で判断すると 4 名いることが示された。

## 5. まとめと考察

- 1) 人工内耳の音声コード化法の比較実験を行う目的で、繰り返し検査に対応できるように検査語表の多い聴取評価テストを作成した。単語および文の各々 16 語表を作成し、健聴者を対象に聴取実験を行った結果、それぞれ等価性を持つことを確認した。このような繰り返し評価テストは、本研究のコード化法の比較実験のみならず、一般の訓練効果の評価などにも有用であると考えられる。
- 2) 聴取評価テスト作成の際、検査資料をできるだけ系統的にし、その結果、個人の聴取特性のパターンが検討をできる可能性が示された。具体的には子音識別検査では子音の回数を統制して子音情報伝達率を求めた。単語検査では、音節数を統制して、音節数の長さによる聴取特性のパターンを検討した。日常会話文の検査では、文節数を統制して、文の長さによる聴取特性のパターンを検討した。その結果、例えば単語検査においては 2 音節語の聴取が悪い、文の検査においては文節数の影響を大きく受ける症例がいる可能性が示唆された。このような情報は、各症例の訓練プログラムを考えるのに役立つと思われた。
- 3) MPEAK コード化法と SPEAK コード化法の比較を行った結果、SPEAK の方が子音、単語、文の全ての検査で正答率が有意に向上することが検証された。更に SPEAK の方が雑音負荷時の劣化が小さかった。日常生活は雑音に満ちており、その中から自分が必要とする音響情報を選択するには努力がいるが、雑音の影響が少ない SPEAK を使用することによって、人工内耳装用者の疲労が軽減される

と考えられた。

- 4) 音楽の知覚は言語音の聴取に比べて困難で、特に音程弁別、楽器音の識別、旋律（ピアノ演奏による唱歌）の識別は悪かった。しかし、リズムは良好な成績であった。また、ピアノ音と異なりアカペラも高い正答率を示したが、これには語音の知覚が関与していることが示唆された。個人別にみると楽器音を3割以上同定できる者が全体の約7割、また旋律を3割以上同定できる者が全体の2割以上いて、正答率は必ずしも高くなかったが、この程度でも人工内耳によって音楽を楽しむことに寄与していると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、積極的な励ましとご指導をお与え下さいました、東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室の加我君孝教授、論文の修正に関して、懇切にご校閲いただきました、認知・言語科学教室の桐谷滋教授に心から感謝の意を表します。

さらに、データの解析やテストの作成に関して、ATR 人間情報通信研究所の本多清志先生、国際医療福祉大学の藤田郁代教授と菊地義信助教授、元筑波大学教授の中西靖子先生、ワシントン大学医学部頭頸・外科学教室の Margaret Skinner 教授には丁寧なご指導、ご助言をいただきました。誠にありがとうございました。

また、人工内耳の臨床・研究の場を長年提供し、ご指導をいただきました、東京医科大学の船坂宗太郎名誉教授と河野淳講師、精神的に援助下さいました元作業療法士協会会長の矢谷令子教授にも深く感謝いたします。

最後に、本研究のために貴重な時間をさき、熱心にご協力下さいました人工内耳装用者の方々、多くの資料をご提供いただきましたコクレア社の方々に、心よりお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 中西靖子編訳：人工内耳のはなし。Epstain J. Bionic Ear. 学苑社, 1992.
- 2) Simmons FB, Epley JM, Lummis RC, et al.: Auditory Nerve: Electrical Stimulation in man. Science 148 :104-106, 1965.
- 3) Luxford WM and Brackman DE: The history of cochlear implants in Gray R(Ed) Cochlear Implants. San Diego, CA. College Hill Press: 1-26, 1985.
- 4) House VF and Urban J: Long term results of electrode implantation and electric stimulation of the cochlear in man. Ann Otol Rhinol Laryngol 82 : 504-517, 1973.
- 5) Glatcke TJ :Cochlear implants : Technical and clinical implication. Laryngoscope 86:1351-1358, 1976.
- 6) Hochmaier-Desoyer IJ, Hochmair ES, Burian K and Fischer RE : Four years of experience with cochlear prostheses. Med Prog Technol 8 : 107-119, 1981.
- 7) Schindler RA, Mezenich MM, White MW, et al.: Multielectrode intracochlear implants. Arch Otolaryngol 103 : 691-699, 1977.
- 8) Clark GM, Black R, Dewhurst DJ, et al. : A multiple-electrode hearing prosthesis for cochlear implantation in deaf patients. Med Prog Technol 5 : 127-140, 1977.
- 9) Chourd C, Fugain C and Lacombe H : Long term results for the multi channel cochlear implants. In C. Parkins and A. Anderson (Eds) Cochlear prostheses: An International symposium. Annals of the New York Academy of Sciences 405 : 311-322, 1983.
- 10) Hochmeier ES and Hochmeier-Desoyer IJ: Aspects of sound signal processing using the Vienna intra-and extracochlear implants. In Schindler RA and Merzenich MM (ed), Cochlear implants, New York, Raven Press : 101-120, 1985.
- 11) Eddington DK : Speech recognition in deaf subjects with multichannel intra cochlear electrodes. Annals of the New York Academy of Science 405 : 241-258, 1983.
- 12) Dowell RC, Webb RL and Clark GM : Clinical results using multiple-channel cochlear prosthesis. Acta Otolaryngol Suppl 411: 230-236, 1984.
- 13) Dowel RC, Martin LFA, Clark GM, et al. : Results of a preliminary clinical trial on a multiple-channel cochlear prosthesis. Ann Otol Rhinol Laryngol 94 : 244-250, 1985.
- 14) Tyler R, Preece J and Lowder M : The Iowa Cochlear Implant Tests. The University of Iowa, Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Iowa City, IA, 1983.
- 15) 高橋信雄、比企静雄：人工内耳による聴能回復のための検査と訓練手順。電気通信学会音声研究会資料 SP86(110) : 25-31, 1987.

- 16) 廣田栄子、小寺一興、加我君孝・他：単チャンネル人工内耳適応症例におけるリハビリテーションとその評価。聴覚言語障害 17(4) : 157-165,1988.
- 17) 松坂宗太郎、細谷睦、林原成子・他：22 チャンネル Cochlear Implant-そのシステム紹介と本格的言語訓練前の話声聴取能について。日耳鼻 89 : 1070-1076, 1986.
- 18) Tong YC, Clark GM, Blamey PJ, Busby PA, Dowell RC: Psychophysical studies for two multi-channel cochlear implant patients. Journal of Acoustic Society of America 77 : 153-160, 1982.
- 19) Seligman PM, Patrick JF, Tong YC, et al.: A Signal Processor for a Multiple-electrode Hearing Prosthesis. Acta Otolaryngol Suppl 411: 135-139,1984.
- 20) Wilson BS, Lawsawn DT, Finley CC and Wolford RD : Coding strategies for multichannel cochlear prosthesis. Am J Otol 12(suppl.1) : 55-60, 1991.
- 21) McKay CM and McDermott HJ: Perceptual performance of subjects with cochlear implants using the Spectral Maxima Sound Processor and the Mini Speech Processor. Ear and Hearing 14:350-367,1993.
- 22) Blamey PJ, Martin LFA and Clark GM: A comparison of three speech coding strategies using an acoustic model of a cochlear implant. Journal of Acoustic Society of America 77 :209-217,1985.
- 23) Holden LK, Skinner MW and Holden TA: Speech recognition with the MPEAK and SPEAK speech coding strategies of the Nucleus Cochlear Implant. Otolaryngology-Head & Neck Surgery 116: 163-167,1997.
- 24) CICADA, Australian National Newsletter of the Cochlear Implant Club & Advisory Association (豪州の人工内耳装用者の会会報誌)
- 25) ACITA : 明日の会 (日本の人工内耳装用者の会会報誌)
- 26) 城間将江：人工内耳手術後の成人・小児における聴覚の再学習と可塑性：言語臨床の立場から。音声言語医学 39(3):305-314, 1998.
- 27) 語音聴力検査委員会 : 57-S 語表作成経過報告。Audiology Japan 26 :755-757,1983.
- 28) 福田友美子：ビデオを用いた人工内耳埋め込み患者の音声知覚評価のための音声・口型材料とその試用。電子情報通信学会 音声研究会資料 SP87-73: 15-20, 1987.
- 29) 中西靖子：耳と目による語音識別・了解度検査—(その1) 検査法の作成—。東京学芸大学特殊教育研究施設報告 41: 9-23, 1992.
- 30) 語音聴力検査委員会 : 57-S 語表作成経過報告。Audiology Japan 26 :755-757,1983.
- 31) 竹内義男：57-S 短縮語表(67-S)テープの解説。Audiology Japan 29:231,1986
- 32) Dodds E and Harford E: Application of a lipreading test in a hearing aid evaluation. J Speech Hear Dis 33: 167-173, 1968.

- 33) Hasselrot M: Exploration of an audiovisual test procedure with background noise for patients with noise-induced hearing loss using hearing aids. *Scandinavian Audiology (Suppl 4)*: 165-181, 1974.
- 34) Erber NP: Auditory, visual, and auditory-visual recognition of consonants by children with normal and impaired hearing. *J Speech and Hear Res* 15:413-422, 1972.
- 35) Erber NP: Auditory-Visual perception of speech. *J Speech Hear Dis* 40: 481-492, 1975.
- 36) Garstecki CC: Speechreading with auditory cues : In DeFillipo CL & Sims DG (ed), *New Reflections on Speech-reading*. *Volta Review* 90: 5, 161-177, 1988.
- 37) Clark GM, Tong YC, Bailey QR, et al.: A multiple-electrode cochlear implant. *J Otolaryngol Soc Aust* 4 : 208-212, 1978.
- 38) Hochmair-Desoyer IJ: Results from better postlingual adult users of the MED-EL devices: in Hochmair-Desoyer IJ, Hochmair Manz ES (ed), *Advances in Cochlear Implants*. Vienna. 363-368, 1994.
- 39) Dowell RC, Mecklenburg DJ and Clark GM: Speech recognition for 40 patients receiving multi-channel cochlear implants. *Archs Otolaryngology* 112: 1054-1059, 1986.
- 40) Tyler RS, Preece J and Tye-Murray N: *The Laser Videodisc Sentence Test, Laser Videodisc*. The University of Iowa, Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Iowa City, IA, 1986.
- 41) 城間将江、福田友美子：人工内耳手術のための術前術後の聴覚評価。JOHNS 11(4): 559-564, 1994.
- 42) 中西靖子：聴覚と読話による補聴効果評価法。JOHNS 11(9): 1402-1409, 1995.
- 43) 伊藤壽一、本庄 徹、竹内真理子・他：多チャンネル人工内耳における語音の認知。日耳鼻 93: 1015-1019, 1990.
- 44) 城間将江、本多清志、河野 淳・他：人工内耳装用者の語音聴取能に影響を及ぼす要因。音声言語医学 32: 371-377, 1991.
- 45) Kryter KD: Articulation testing methods: Consonantal differentiation with a closed-response set. *Journal of Acoustic Society of America* 37: 158-166, 1965.
- 46) Kreul EJ, et al.: A proposed clinical test of speech discrimination. *Journal of Speech and Hearing Research* 11:536-552,1968.
- 47) 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.
- 48) 阪本一郎：教育基本語彙。牧書店、1960.
- 49) 田中美郷・他：補聴器適合評価機器の試作に関する研究。文部省科学研究成果報告書 文部省、1989.

- 50) 池田 央：行動科学の方法。東京大学出版会, 1971.
- 51) Miller GA and Niceley PA : An analysis of perceptual confusion among some English consonants. *Journal of Acoustic Society of America* 27:338-352,1955.
- 52) Saffran EM and Martin OSM : Immediate memory for word lists and sentences in a patients with deficient auditory short-term memory. *Brain and language* 2:420-433,1975.
- 53) Boothroyd A, Hnath-Chisolm T and Hanin L: A sentence test of speech perception: reliability, set-equivalence, and short-term learning. City University of New York, Report No. RCI10, 1985.
- 54) Skinner MW, Clark GM, Whitford LA, et al.: Evaluation of a new spectral peak (SPEAK) coding strategy for the Nucleus 22-channel cochlear implant system. *Am J Otol* 15(suppl.2): 15-27, 1994.
- 55) Parkinson AJ, Tyler RS, Lowder MW, et al.: Speech perception performance in experienced cochlear-implant patients receiving the Speak processing strategy in the Nucleus Spectra-22 cochlear implant. *Journal of Speech-Language and Hearing Research* 41:1073-1087,1998.
- 56) 城間将江、河野 淳、湯川久美子、熊川孝三：人工内耳 50 例の語音聴取成績。 *Audiology Japan* 35(4):365-366,1992.
- 57) 船坂宗太郎、熊川孝三、本庄 巖・他：30 名の人工内耳植込み患者の臨床試験成績。 *耳鼻咽喉科・頭頸部外科* 64(2)：149-157, 1992.
- 58) コクレア社人工内耳テクニカルマニュアル：1994.
- 59) Binnie CA: Auditory-visual intelligibility of various speech materials presented in three noise backgrounds, *Scand. Audiol Suppl*: 4255-280,1974.
- 60) Sanders D and Goodrich SJ: The relative contribution of visual and auditory components of speech intelligibility as a function of three conditions of frequency distortion. *Journal of Speech and Hearing Research* 14: 154-159,1971.
- 61) Pijl S and Schwarz DW: Melody recognition and musical interval perception by deaf subjects stimulated with electrical pulse trains through single cochlear implant electrodes. *J Acoust Soc Am* 98 :886-895, 1995.
- 62) Schulz E and Kerber M: Music perception with the MED-EL implants. *Advanced in Cochlear Implants*. Edit. I.J. Hochmair-Desoyer and E.S. Hochmair, Manz, Wien. 326-332,1994.



## 単語検査

リスト1	リスト2	リスト3	リスト4	リスト5	リスト6	リスト7	リスト8
1 こな	1 ざせき	1 むぎばたけ	1 てがみ	1 かど	1 ふたご	1 こな	1 かず
2 たけのこ	2 かば	2 ふろしき	2 ごま	2 むなさわぎ	2 そば	2 くちばし	2 ひよこ
3 かめ	3 まなざし	3 ぬま	3 ゆでたまご	3 にわ	3 ものさし	3 わざ	3 ねずみとり
4 ひとみ	4 てら	4 かざぐるま	4 ダム	4 せびろ	4 げき	4 すだれ	4 くだもの
5 ばら	5 のびちちみ	5 ざる	5 やけど	5 なでしこ	5 はにかみや	5 べに	5 はた
6 とりまとめ	6 わけ	6 かぶとむし	6 くわがた	6 くみ	6 いら	6 ききもらし	6 めしべ
7 ガラス	7 くじら	7 とだな	7 なつやすみ	7 かつら	7 たわし	7 てじな	7 はしたがね
8 やまのぼり	8 ゆきだるま	8 ばす	8 したぎ	8 たかのそみ	8 ささやき	8 きまぐれ	8 しまながし
9 ゆびわ	9 はしご	9 ゴリラ	9 ほめことば	9 はがき	9 てつ	9 ふたり	9 ひめ
10 なまけもの	10 ものがたり	10 なさけ	10 くら	10 にぎやか	10 なかま	10 やねがわら	10 のはら
11 まじめ	11 けしごむ	11 ぶらし	11 みぞれ	11 むすめ	11 きのこぐも	11 めだか	11 としより
12 せみ	12 なやみ	12 かじ	12 かに	12 ちからもち	12 まる	12 となりぐみ	12 まくらもと
13 まごころ	13 つとめさき	13 たまねぎ	13 なめらか	13 もてなし	13 ひろば	13 むらさき	13 けむり
14 ふしまわし	14 にざかな	14 ひなまつり	14 にもの	14 こめだわら	14 せとぎわ	14 さば	14 ゆりかご
15 からたち	15 ひろば	15 さかだち	15 たのしみ	15 とし	15 やりのこし	15 みちしるべ	15 せわ
16 さかな	16 みぞ	16 たこ	16 ひとりごと	16 くびかざり	16 とくべつ	16 ひとがら	16 よびだし
17 たに	17 でたらめ	17 しわよせ	17 めざまし	17 かみそり	17 みずたまり	17 ゆのみ	17 せとものや
18 なかよし	18 てぶくろ	18 さしみ	18 ほね	18 なべ	18 きもの	18 でし	18 もくてき
19 かがみもち	19 ゆみ	19 こころざし	19 まつばやし	19 さざなみ	19 ともかせぎ	19 なぐさめ	19 なし
20 ひまわり	20 ひさしぶり	20 なごやか	20 つぶやき	20 ひかり	20 きまじめ	20 わたりどり	20 すずめ

リスト9	リスト10	リスト11	リスト12	リスト13	リスト14	リスト15	リスト16
1 くもがくれ	1 むしめがね	1 たなばた	1 げた	1 ぶり	1 はまぐり	1 トマト	1 たづな
2 こや	2 そと	2 そで	2 はだざわり	2 はなれわざ	2 どこ	2 たな	2 ひま
3 せがれ	3 クリスマス	3 みやこ	3 なみ	3 せきゆ	3 ふきさらし	3 はなむこ	3 わかば
4 とち	4 ねまき	4 つな	4 がらくた	4 よせがき	4 こくもつ	4 ワニ	4 くら
5 びわ	5 むだ	5 せほね	5 まゆ	5 きれ	5 わかめ	5 たから	5 むだばなし
6 よくばり	6 すなほこり	6 たまたま	6 ことば	6 とまりがけ	6 けたはずれ	6 ほりごたつ	6 やどかり
7 わがや	7 かたな	7 つみき	7 たずねびと	7 はら	7 さら	7 まつたけ	7 まど
8 まわりみち	8 とら	8 やきなす	8 しげき	8 つみかさね	8 ゆみや	8 くもり	8 わしづかみ
9 へちま	9 やけど	9 ゆかた	9 みなみかせ	9 ひがし	9 わだかまり	9 みだしなみ	9 にく
10 さわやか	10 はみがき	10 まち	10 ねぐせ	10 ななめむき	10 けがわ	10 こだま	10 ことし
11 かきね	11 よこずな	11 ひとにぎり	11 やど	11 まぶた	11 つめ	11 わるふざけ	11 さけ
12 げか	12 かわ	12 はと	12 ことづけ	12 ゆか	12 しかく	12 ばね	12 かくご
13 もとじめ	13 ほたもち	13 くじびき	13 ながれぼし	13 みつばち	13 みそしる	13 てれかくし	13 はりしごと
14 ほこり	14 わすれもの	14 ねつさまし	14 やみつき	14 かがく	14 まがりかど	14 せなか	14 なきむし
15 たびがらす	15 かみかせ	15 ほたる	15 わかめ	15 ふりそで	15 ござ	15 らくがき	15 だるまみれ
16 ざわめき	16 のはら	16 みせびらき	16 ひのまる	16 ながめ	16 とらのまき	16 ひとねむり	16 ふたごや
17 へそまがり	17 きばらし	17 ともだち	17 しなぶそく	17 しなやか	17 もじ	17 ほねぐみ	17 ほくろ
18 ゴム	18 のり	18 かね	18 とじまり	18 ねじ	18 はなび	18 へや	18 とのさま
19 わたしおね	19 こどものひ	19 ふなのり	19 はか	19 かせぐすり	19 かねもち	19 くびすじ	19 なまかじり
20 ことわざ	20 むかし	20 くだりざか	20 むしば	20 なかゆび	20 やぶへび	20 そら	20 かまぼこ

## 日常会話文検査

### リスト 1

練習： 1. 明日は雨になるでしょう。

2. おばあちゃんは、とてもゆかいな人だ。

1. 救急車が5台も並んでいる。
2. ご用件、しかと承りました。
3. 診察の間は、体を動かさないで下さい。
4. 野球もサッカーも、あまり興味がわきません。
5. 壁にかかっている絵は、どんなに安くても8万円以上でしょう。
6. そんなに歯医者さんに行くのが嫌なら、痛み止めを飲みなさい。
7. 果物と砂糖をあわせて煮たら、ジャムができた。
8. あーあ、疲れた。
9. 橋を越えると遊園地に着きますか？
10. 火事が起きたら、まず消防署に連絡するのがあたりまえだ。
11. お願いだから無断で入らないでね。
12. 大根やきゅうりは、よく漬物に使われます。
13. 金曜日は、踊ったり泳いだりして過ごしたい。
14. 賞金は止めて、ボーナスをまるごと貯金した。
15. 顔が曇っています。

### リスト 2

練習： 1. 郵便局はすぐそこです。

2. うさぎかピョンピョンはねてるよ。

1. ゆっくり休めましたか。
2. ニュースを聞いて、あわてて田舎から戻った。
3. 交差点を左に曲がると行き止まりです。
4. 車を一日かしてほしいんだけど、やっぱり無理かなあ。
5. 時計やカメラは、なるべく水にぬらさないで下さい。
6. さっさと服を着替えなさい。
7. マイホームを建てる準備が、順調に進んでいる。
8. 玉葱はそうでもないけど、にはら香りがちよっときついよね。
9. ゆくゆくは父親の後を継いで、弁護士か医者をめざしたい。
10. ゴルフ場の芝生は、丁寧に刈り込んである。
11. ええっ、信じられない。
12. 紅葉の時期は、観光客でにぎわいます。
13. お体はくれぐれもお大事に。
14. ゲームに夢中で、後ろから何度よびかけても答えなかった。
15. 10年前の日記を整理しました。

### リスト 3

練習： 1. 自転車に乗って遠くまで出かけた。

2. 一週間だけ入院します。

1. 銀行の右隣はケーキ屋です。
2. 夏休中、湖は若者たちでにぎわっていた。
3. 80円の切手を7枚買ったら、お釣りは440円だ。
4. 音楽会は始めてです。
5. 両手を上げてタクシーを拾ったら、運転手に笑われた。
6. 久しぶりに友達を訪ねました。
7. 高校生を雇ってもいいけど、まじめに働くかなあ。
8. お客様、みかんとグレープフルーツと、どちらがよろしいですか？
9. 髪を短く切ったら、さばさばした。
10. 階段で、うっかり滑って足をねんざし、救急車を呼んだ。
11. なんで、そうなるの？
12. 通勤の途中、十字路でエンジンが故障して困った。
13. 貧乏だから、必ずしも不幸だとは限りません。
14. うなぎをやっとつかまえたのに、するりと逃げられちゃった。
15. ネクタイの結び方は複雑です。

### リスト 4

練習： 1. 饅頭を、おみやげにもらいました。

2. あまり、くよくよ考えないで。

1. お湯で消毒しました。
2. 雑誌に写真が載っていましたね。
3. 急に立ち上がると、時々くらっとします。
4. 太陽がビルの谷間に沈んで行くのをぼんやりながめた。
5. ほとんどの美術館は、月曜日が定休日です。
6. ひどい寒さで道路が凍ってすべりやすい。
7. 歩くことはまままあ好きですが、走るのは苦手です。
8. 変な冗談を言わないでよ。
9. バイクの修理に37000円かかったのよ。
10. 恐れ入りますが おたく様は どちら様ですか？
11. 彼は毎日、キチンとした服装で出勤する。
12. ピアノは弾けないけど、歌ならどうにかできるかも知れません。
13. 以前から、時間ができたら書道を書きたいと思っていた。
14. 熱いお風呂だったけど、動かないでじっと座っていた。
15. ほお一、すばらしい。

リスト5

練習： 1. 鳥が木の枝に止まっています。

2. なんとなくアイスクリームが食べたい。

1. 小学校の運動会は、来週の火曜日です。
2. 明け方、公園を散歩しました。
3. なしよりぶどうが甘いですか？
4. 温泉はいかがでしたか。
5. 病院の周りに金網をはるのは反対です。
6. 雪がさらさら降ってきた。
7. 去年の秋は風邪をこじらせて苦しんだけど、今年は快調です。
8. たまには自分の部屋くらい掃除しなさい。
9. 約束の時間に3分遅れただけで、ひどく怒られました。
10. ヨットで世界一周した人の物語に感動した。
11. あーら、ごめんなさい。
12. 砂漠にも、美しい花が咲くそうだ。
13. 重そうだから、せめて駅のホームまで荷物をお持ちしましょう
14. はじめて揃えた洋食のお皿は、セットで46000円でした。
15. 最近、外で働く主婦が増えている。

リスト6

練習： 1. 桜がいきいきに咲いた。

2. いつものように朝寝坊して遅刻した。

1. お客様にお茶を差し上げなさい。
2. 電気がまぶしいです。
3. それほど目立たないけど、どこことなく けりしい感じだ。
4. 高速道路に出るには、この道がかなり近いです。
5. 日曜日の7時ちょうどに伺います。
6. ストレスと うまくつきあう方法を見つけた。
7. わかるように、やさしく話してくれませんか？
8. いちごやさくらんぼは、小さい子供達に人気が高いです。
9. 丈夫でしかも軽い ふとんがバーゲンで9500円だった。
10. 図書館のそばの喫茶店でお会いました。
11. そーか、ざんねんだなあ。
12. 弁当のおかずをちょっと工夫したら、家族のみんなに喜ばれた。
13. 床の間の壺を割ってしまった。
14. ろうそくの火がゆらゆらして消えそうです。
15. これまで怠けたので、はじめから英語を勉強するつもりだ

リスト7

練習： 1. 窓を閉めてちょうだい。

2. こわごわ屋根の上に昇ってみた。

1. バナナとかパイナップルは南国でとれます。
2. あら、もういいの？
3. お刺身に醤油をかけすぎた。
4. 川沿いに工場の煙突が見えます。
5. 今晩は晴れですが、明日は気圧が低く天気はぐずつくでしょう。
6. スーパーのセールでワイシャツが8200円だった。
7. ずっとここで待っていました。
8. 学生は半額です。
9. ご両親をお招きしてもよろしいでしょうか？
10. 出張の後でお疲れてしょうから、かわりに僕が運転します。
11. うそかほんとか。鯨は海に住むが魚ではないそうだ。
12. 咽が乾き、ひざもがくがくふるえた。
13. あたりはとても静かだし、通勤にも買い物にも便利です。
14. 電車はまもなく発車しますので、足元にご注意下さい。
15. ドラマの題は、戦争となんとかかだったけど忘れちゃった。

リスト8

練習： 1. こいのほりを高くあげた。

2. 帽子をとって深くとおじきした。

1. 赤ちゃんの誕生祝いに、親戚が全員集まる予定です。
2. 大事な物なんだから、勝手に動かさないでね。
3. 虫にさされて腕かチクチクする。
4. ぺんぎんは南極に、白熊は北極に住んでいる。
5. 風がさわやかです。
6. ひばりのさえずりで目ざめるのよ。
7. ご丁寧なお葉書、ありがとうございました。
8. しょうがやんにくなどは、薬味としても用いられる。
9. 牛乳を10本と煙草を二箱で、1900円いただきます。
10. 木曜日あたり仕事の帰りにビールでもいかがですか？
11. そりや、よわたたなあ。
12. アレルギーで鼻がむずむずする。
13. 冬が明けると、草花がいつせいに芽ぶきます。
14. 健やかに育ってほしいと願うのが、普通の親だ。
15. 思い切って障子を張り替えたおとんに、孫が穴をあけた。

リスト9

練習： 1. 卵を、力いっぱい握ったけど割れなかった。

2. 鯉が池で泳いでいます。

1. 空気が乾燥している。
2. 有名な方の作品ですけど、本日限り特別におまけます。
3. 新婚ホヤホヤのお隣さんは、いかにも楽しそうだ。
4. 市役所の裏にお寺があります。
5. はずかしいから大声を出さないでよ。
6. 椅子は片付けなくて結構です。
7. 剣道も興味あるし、柔道もやめられない。
8. 台風で被害を受け、自然のこわさを思い知らされた。
9. いったい、どうしたの？
10. 遠路はるばるおいでいただき、誠に恐縮でございます。
11. ちゃんと座ってごあいさつなさい。
12. 5千円札を持った男の子が、たった一人で店にきました。
13. レタスやトマトは年中かかせない野菜です。
14. 娘があればほどかわいがっていた猫は、とうとう帰らなかつた。
15. ハイキングならともかく、岩登りはかんべんしてくれ。

リスト10

練習： 1. 居間のソファを変えたらすっかり見違えた。

2. 暖房で家中ポカポカしています。

1. コーヒーが冷めてしまった。
2. 漢字で書かなくても構いません。
3. ももの出荷は、りんごより手がかかります。
4. どうしてテレビを見てはいけけないの。
5. 水曜日のお昼頃おじゃまします。
6. 大型の冷蔵庫は10万3千円もしましたが、とても便利です。
7. カラオケセットをもらったけど、機械に弱くて使い方がさっぱりわからない。
8. 近所の大工さんに雨戸の修理を頼んだ。
9. お待たせしましたが、すぐにお席にご案内致します。
10. ちかごろスポーツでは、テニスはやはりだそうです。
11. ほんとに、よかつたね。
12. 新聞の広告で、はじめて面接を受け就職しました。
13. 先日お送りしたのたしの手紙は、お手元に届きましたか。
14. 背中が汗でびしょ濡れだ。
15. 選挙の度に誰に投票するか迷ってしまう。

リスト11

練習： 1. 注射は絶体いやだ。

2. もしもし、コートがひっかかっていますよ。

1. 畳にねころんで、まんがや小説を読んでいる。
2. 胸がドキドキして、とても人前では話せない。
3. やっかいな事件だった。
4. 驚いたことに、入金が50000円だった。
5. 9月なのに、まだ陽が長い。
6. 酒屋さんのはず向かいには八百屋です。
7. 食事は何でもいただきますが、どちらかと言えば日本食が好みます。
8. 政治家の話は曖昧で、いまひとつはっきりしない。
9. 社長は税金をきちんと納めるの 評判がいいです。
10. 夜中にお腹が痛くて、何度も医者にか電話しました。
11. いったい、どうしたの？
12. 動物は地震が来るのを、前もって感じるそうです。
13. ゆかきに遊べるよう、みんなで相談しました。
14. いざとなると、たいていの母親は強くなるらしい。
15. 頭がフラフラして倒れそうです。

リスト12

練習： 1. ボールを遠くまで投げた。

2. この道はなんだか、でこぼこですね。

1. 海がきらきら光っています。
2. 遠いから、自動車より新幹線がよっぽど楽ですよ。
3. うーん、なるほど。
4. 借しいことに古い学校が壊されました。
5. もうじき、日本は花見の季節です。
6. ケースに入った赤い万年筆は、ちょうど20000円です。
7. 天気に恵まれて米は豊作だ。
8. 最初は退屈でも、そのうち段々おもしろくなるからがまんしてね。
9. おもいがけず、就職の話はぐらぐらとまとまりました。
10. こぼさないように食べなさい。
11. 夜ふかして会議中に居眠りしてしまった。
12. お隣は早々と引き上げた。
13. ほうれんそうは勿論、にんじんもかぼちゃもビタミンが豊富です。
14. 海外に移住してから、すでに2年が過ぎました。
15. 定期的に運動したら筋肉がほぐれて、気分も大分落ち着いた。

リスト13

練習： 1) 遠くで鐘が鳴っている。

2) エスカレーターでなく、エレベーターにしましょうよ。

1. 休みのせいか電車がすいてるね。
2. 4月生まれの女の子に、若葉という名前をつけた。
3. 山登りの途中、とつぜん嵐におそわれた。
4. ほら、ごらんなさい。
5. 体温計が見当たらず、熱が計れなかった。
6. うっかりして会社の秘密をしゃべったら、上司にどなられた。
7. 妻が手際よく魚を料理した。
8. 梅雨時の洗濯物は、乾いても なんとなくかび臭い。
9. 真夜中の12時なのに誰かが玄関の扉をしきりに叩いている。
10. 妹は体が弱い。
11. 畑のとうもろこしが青々とのびています。
12. タベ 飲み過ぎてドアにぶつかった。
13. キャベツもピーマンも、肥料を少なめに栽培した。
14. 羽布団はやわらかいね。
15. 紺と白の縞模様のカーテンを、花柄に取り替えた。

リスト14

練習： 1) はたして、これでいいのでしょうか。

2) 冷房がききすぎて寒い。

1. 不景気で会社も経営が大変です。
2. やあ、久しぶりだね。
3. 質問やご意見をファックスでどんどんお寄せ下さい。
4. 近所の付き合いは案外少なかった。
5. 母の日に、無精の息子が珍しく肩をもんでくれた。
6. 動物園のゴリラがおりから逃げ出し住民は大騒ぎした。
7. 台所で水を流す音がきこえる。
8. ほんの少し背がのびただけなのに、弟は嬉しそうだった。
9. 年末の宝くじがあたりますように。
10. 牧場は広々としている。
11. 一度耳にした歌声は忘れない。
12. すみませんが、うよっと通して下さい。
13. 同じ肉でも微妙に味が違う。
14. 工場には色々珍しい機械が並んでいて、自動的に動いている。
15. 長年の努力が報われた。

リスト15

練習： 1) 午後の集まりはキャンセルになった。

2) ノートにらくがきしないでよ。

1. 猿の間には、独特のきまりがあるらしい。
2. 睡眠をたっぷりとったのに、まだねむい。
3. 洗濯機から取り出したズボンのポケットから、ハンカチが出てきた。
4. 花火で夜空がパッと輝いた。
5. 毛布を何枚重ねても、寒気が止まらない。
6. 新しいコップを4人分並べて、ワインをついだ。
7. 靴音が床にひびきます。
8. 急がなければ、約束に間に合わないかもしれませんよ。
9. 兄は、起きたらすぐに鏡に向かってドライバーをかける。
10. どうしてそうなるの？
11. カンガルーは後ろ足ではねる。
12. 空を飛ぶのがの夢でパイロットの試験に挑戦した。
13. 暑くて目まいがする。
14. お返事をお待ち申し上げております。
15. たばこを吸いすぎて肺を患ったらしい。

リスト16

練習： 1) きれいなメロディーのオルゴールです。

2) すこしくらいチャランポランでもいい。

1. 道端の小さな花を見て、おもわず微笑んだ。
2. かたつむりが、草むらに かくれている。
3. 天気予報によると、今年の夏も去年みたいに寒いそうです。
4. それでは、参りましょう。
5. 創立6周年を記念して、木を植えましょうよ。
6. 犬がふさふさした尻尾をふって、駅まで迎えに来てくれた。
7. 天井の板をはずしたら、おかあさんのへそくりが見つかった。
8. はやりの背広が24000円でした。
9. この街の風景は、昔とちっとも変わっていません。
10. せっけんでシャボン玉を作った。
11. 気持ちよさそうに寝ていたので起こさなかったのよ。
12. 火山が噴火した。
13. 青空に、綿雲がふんわりと浮かんでいる。
14. 君にまかせるから、おもいきって頑張りなさい。
15. 引越しの手伝いは、予想以上にきつかった。