

平成 17 年度 筑波大学大学院修士論文

**1 語聾症例における聴覚処理過程の検討：  
言語音・非言語音の実験を通じて**

筑波大学大学院修士課程  
教育研究科カウンセリング専攻  
リハビリテーションコース

200440064 中越佐智子  
指導教員 吉野眞理子

## 要 約

左被殻出血にて発症し、言語音の聞き取りにのみ障害を呈した比較的純粋な語聾症例に対し、言語音・非言語音の聞き取り実験を行った。

症例は発症当時、40歳代の右利き男性で、聴力レベル、ABRは正常範囲、メロディや環境音の認知も臨床的検査では問題は認められなかった。発症当初流暢性失語を呈したが、その後言語能力は改善し、言葉がよく聞き取れないことが主症状となつた。知能検査にも問題は認められなかった。

言語音の実験では、単音節の聞き取りは85%程度（清音・濁音）と過去に報告されている語聾症例にくらべ軽度であった。しかし4音節の無意味音節の復唱課題では正答は0%で、それは提示音節の後方部分の聞き取りができないことに起因した。無意味音節の逆唱課題、提示間隔を長くした復唱課題・音節照合課題を施行した結果、本症例の無意味音節の後方部分の聞き取りは、単に提示間隔をあけた（ゆっくり提示した）だけでは改善せず、記憶の負荷を少なくし、かつ提示間隔をあけた音節照合課題でのみ改善した。このことから本症例の無意味音節の聞き取りの障害は、音韻化の過程で、処理が遅れること、および先行音の記憶が、後方の聞き取りに影響を与えることから生じると考えられた。

非言語音の実験では、音の要素的な聞き取りの障害について調べた。具体的には、時間分解能、周波数分解能、音の大きさの分解能について実験を行い、これらが障害されているかどうか、また障害されていたとして、それが言語音の聞き取りに影響を与えるかどうかを検証した。本症例は数10msの時間分解能、周波数分解能、および音の大きさの分解能に低下が認められ、現在得られている健聴者や人工内耳装用者による言語音聞き取り実験の結果と照らし合わせ、この3つの要因が言語音の聞き取りに影響を与えていた可能性が示唆された。

非言語音の障害が根底にあるといわれている聞き取りの障害を呈する読み障害児に、非言語能力を改善させる目的の訓練を集中的に行うと聞き取りの能力があるという報告がなされており、語聾症例に対するリハビリテーションの可能性が示唆された。

## 目 次

### 要 約

1	はじめに	1
	1.1 研究の発端	1
	1.2 語聾の定義	1
	1.3 語聾の研究史	2
	1.3.1 初期	2
	1.3.2 その後	3
	1.3.3 近年の動向	4
	1.3.4 脳機能イメージング研究の知見から	6
	1.3.5 その他語聾に関する研究	7
2	本研究の問題	8
3	症 例	9
	3.1 症例	9
	3.2 現病歴	9
	3.3 神経学的所見	9
	3.4 神経放射線学的所見	9
	3.5 主訴	9
	3.6 言語能力の経過	9
	3.7 言語音の聞き取り能力	10
	3.8 その他の能力	10
	3.9 聴覚関連検査	10
	3.10まとめ	11
4	言語音の実験	12
	4.1 はじめに	12
	4.2 実験1 単音節の聞き取り	12
	4.3 実験2 単語の復唱	13
	4.4 実験3 単語の逆唱	14
	4.5 実験4 提示間隔を変化させた復唱	15

4.6 実験5 提示間隔を変化させた音節照合課題	15
4.7 実験6 加工音声を用いた復唱	17
4.8 実験1-6の結果の考察	18
<b>5 非言語音の実験I</b>	<b>20</b>
5.1 はじめに	20
5.2 実験7 ギャップ検出	20
5.3 実験8 非言語音のパターン系列の弁別	21
5.4 実験9 非言語音の照合課題	22
5.5 実験7-9の結果の考察	23
<b>6 非言語音の実験II</b>	<b>24</b>
6.1 はじめに	24
6.2 聴覚関連検査	24
6.3 実験10 ギャップ検出	25
6.4 実験11 周波数弁別1	26
6.5 実験12 周波数弁別2	27
6.6 実験13 周波数弁別3	27
6.7 実験14 音の大きさの弁別	28
6.8 実験10-14についての考察	29
<b>7 総合考察</b>	<b>31</b>
7.1 言語音・非言語音の実験のまとめ	31
7.2 非言語音の能力低下が非言語音に与える影響について	31
7.3 今後の課題	35
7.4 リハビリテーションの視点から	35
<b>謝辞</b>	<b>38</b>
<b>文献</b>	<b>39</b>
<b>図表</b>	
<b>資料</b>	

# 1 はじめに

## 1.1 研究の発端

本論文は、1988年に比較的若年で発症し、語音認知以外の心的機能が高いレベルに保たれている、臨床上比較的純粋な語聾症例をみる機会に恵まれたことに端を発する。

前半では、本症例の言語音の系列的な処理の障害について、後半では、非言語音の処理の障害について、一連の実験を行った結果を呈示し、語音認知の崩壊過程の要因について考察する。

## 1.2 語聾の定義

語聾（word-deafness）とは、難聴などの末梢の障害がないにもかかわらず、中枢性の障害によって言語音が選択的に聞き取れない症状を指す。語聾の症状を示す人々は、自覚的には種々の音がよく聞こえると主張するが、話し声については、「外国语をしゃべっているように聞こえる。」、「ぼそぼそささやくように聞こえる。」、「音の固まりに聞こえる。」といった訴えをすることが多い。純粹例すなわち“純粹語聾”といわれる症例では、言語音の聞き取りだけが選択的に障害されており、中枢性の言語障害（失語）を伴わず、したがって自発話、自発書字、読字、写字には欠陥がない。また言語音以外の有意味音の聞き取りには障害を伴わない。

語聾とよく対比されるのが、皮質聾、環境音失認、失音楽症である。皮質聾とは、日常生活においてあらゆる音刺激に対する意識が極度に欠けた状態であり、純音聴力検査では閾値が明らかに異常を示す（田中、1982）。失音楽症とは、音楽を知覚したり、記憶したり、楽しんだり、演奏したりする機能が喪失ないし退化した状態である（田中、1982）。環境音失認とは、言語の受容に異常がなく、環境音認知が選択的に障害されている状態で、Spreen(1965)が最初に報告したが、純粋な例は現時点で数例とされており症例報告はきわめて少ない（Fujiiら、1990）。

## 1.3 語聾の研究史

### 1.3.1 初期

1877年、A. Kussmaulが、音の認知や自発語は保たれているのに、言葉の聴覚的認知だけが、選択的に障害されている症例を“rein Worttaubheit”として Wernicke(1874)の感覚性失語とは別に記載したのが最初とされている。母音や子音としてとらえられる複合音や雑音の知覚と、それぞれの心象の象徴である聴覚的言語像との結合は異なった機能であり、それらは別々の中枢部位と結びついていると結論した。

Lichtheim(1885)は、このような語聾を、失語のタイプ分類を説明するために考えた独自の失語図式の第7番目の類型として、末梢聴器と聴覚言語中枢の切断に基づくものも考えうるとし、その臨床症状として、(1)言葉の理解、(2)復唱、(3)書き取りは廃絶するが、(4)自発語、(5)自発書字、(6)書字理解、(7)音読、(8)写字は保たれ、錯語や錯書は生じないとした。また自らの症例について、両側の求心聴覚路から左側頭葉の聴覚心象中枢に投射する纖維が途中、たぶん皮質下で遮断されたために生じたと推論した。その後、Wernicke(1886年)は類似症例を“subkortikale sensorische Aphasie (皮質下性感覚失語)”と名付け、左側頭葉髓質(白質)に責任病巣を求めた。

その後 Freud(1891)は、これまで報告された語聾の症例は難聴を伴っていることを指摘し、皮質下性感覚失語は Lichtheim の図式で仮定されるような単なる伝導路の切断で生じるものではなく、おそらくは末梢性の聾と合併した聴覚受容野の不完全な両側性損傷によって起こるとした。Bleuler(1891)は、語聾は単なる言葉の聴覚的理解の障害だけでなく、その根底には一般的聴力障害があり、中枢性並びに末梢性障害がありうるとして、Freud を支持した。Pick(1895)は、語聾を主徴とする3剖検例から、語聾は両側側頭葉皮質の損傷によって生じるとし、皮質聾と純粹語聾は近似した関係にあり、両側聴覚中枢の部分的損傷が皮質下性感覚失語を生じ、完全な損傷は皮質聾を生ずる。したがって皮質下性感覚失語は完全な皮質聾の前段階であり、語聾は聴力低下の結果であるとした。

末梢性、中枢性の差はあっても、聴力障害説が有力な中で、Ziehl(1896)は聴力検査で難聴のないことが確認された初めての皮質下性感覚失語を報告するとともに、それまで報告されてきた語聾を主徴とする症例を文献的に検討し、Freud-Bleulerの説に反論し、Lichtheimの意味における皮質下性失語の存在を主張した。

その後、類似のいくつかの症例が報告されているが、当時はまだ客観的な聴力検査が確立されておらず、それぞれの報告者の経験や立場によって、(1)症候学的に純粹語聾の存在を認めるか否か、(2)その責任病巣をどこに求めるか、(3)その成立機序をどう説明するかなどに関してまちまちであり、どちらかといえば、Pick や Freud の両側側頭葉皮質病変を主体とする一般聴力障害説が優勢だったようである。こうした時代背景の中で、Liepmann(1898)は、連続音列による聴力検査で、言語領域に聴力欠損を示さない純粹語聾の症例を中心に、Freud-Bleuler の末梢聴力障害説や、Pick-Freud の中枢性聴力障害説に反論し、Wernicke-Lichtheim の意味における純粹語聾の存在することを臨床的に明らかにし、その病巣は左側頭葉皮質下であるとした。

### 1. 3. 2 その後

その後も語聾の症例が報告されてきたが、主として、他の障害とは独立の、“純粹”な語聾の存在をめぐって、(1)その純粹性とは何か、(2)その責任病巣はどこにあるのか、(3)その成立機序をどう説明するのかについて、問題が展開されることになる。

純粹性については、(1)Lichtheim の意味における「内言語障害を伴わない」とする失語症状に対する純粹性、(2)Freud-Pick の意味における「一般聴力障害（中枢性・末梢性）を伴わない」とする難聴に対する純粹性、(3)Kleist-Spreen の意味における「非言語的聴覚情報の認知障害を伴わない」とする雑音失認や感覚性失音楽に対する純粹性に対し、常に純粹語聾の存在が疑われてきた。しかし、臨床的には純粹語聾と診断したほうがより理解しやすい症例が確かに存在し、その場合、失語症状、聴力障害、雑音失認に対して、相対的なものと考えられていた。

純粹語聾の責任病巣については、(1)左側頭葉皮質下病巣を重視するもの(Lichtheim, 1885; Wernicke, 1874; Ziehl, 1896; Liepmann, 1898; Bonvicini, 1905; Shuster, 1926) (2)両側側頭葉皮質病巣を重視するもの(Pick, 1892; Dejerine,

1898 ; Henschen, 1917 ; Strohmayer, 1902 ; Veraguth, 1900) (3)両側側頭葉皮質・皮質下病巣による Wernicke 領域の孤立化を重視するものに大別される (Barret, 1910 ; Lhermitte, 1971).

その成立機序については、(1)聴覚言語中枢を皮質に定位して末梢からの聴覚情報がその中枢にいたるどこかで遮断されたために生ずるとする Lichtheim 以降の連合心理学の流れをくむ Disconnection Theory (Liepmann, Henschen, Barret), (2)一般的聴力障害による聴覚情報処理の減退、あるいは聴刺激への無関心な態度によって生ずるとするゲシュタルト心理学の流れをくむ力動的なもの (Freud) に分かれる。

Disconnection Theoryにおいては、(1)語聾は聴中枢と語音中枢との連絡纖維の切断、(2)左聴放線と脳梁纖維の同時切断、(3)語音中枢のみ障害し、聴中枢は部分的にしか破壊されないほどの両側皮質および皮質下の広汎な病変、のいずれかが考えられるとしている。しかし、その仮説の前提仮説として、(1)語音中枢は左側のみ存在する、(2)聴中枢は両側にあり、脳梁纖維で連絡されている、(3)聴中枢で音の感受を司り、語音の弁別や了解は語音中枢が行う、(4)語音中枢へは必ず、聴中枢を経由して行き、情報が語音中枢に達しないと語音の了解は起こらない、(5)聴中枢が左あるいは右側の一部でも残存する限り、聴力に著しい低下はみられない、をあげている。

力動的立場は、言語中枢を皮質にのみ定位することに反対し、語聾は聴覚要素の興奮性の喪失としてあらわれ、聴取した音声から聴覚性 Gestalt が形成されないことによって生じると考えた。

以上、初期 (1.3.1)，その後 (1.3.2) の研究史については、平野 (1982) を参考にした。

### 1.3.3 近年の動向

近年実験心理学的な観点からの研究や、MRI など神経画像の技術の進歩により病巣部位の研究が進んできたが、(1)その純粹性とは何か、(2)その責任病巣はどこにあるのか、(3)その成立機序をどう説明するのかについて、現在でも論議が続いている。

### (1) 純粹性について

初期の頃は、聴力障害との関連が多く論じられてきたが、現在、少なくとも末梢の聴力障害によって語聾が生じるという考えは否定され、現在では環境音失認との関連性が主な焦点となっている。過去、語聾と報告された症例は、環境音の認知も障害されている場合が多い。Pinard ら (2002) は、語聾と診断された症例について、より詳しい環境音の認知テストや、声の性別判断のテストを行った結果、それらの成績も低下することを見いだし、検査を精密化することを提唱している。また過去に語聾と報告された 65 例を検討した結果、純粹例といえるのはたった 5 例でしかないことを確認した。しかし、少數であるとはいえ、純粹例が確かに存在することを指摘し、言語音が選択的に障害されうる、つまり純粹性は保たれているとしている。

### (2) 障害機序について

Albert ら (1974) は、語聾の患者にゆっくり話しかけると劇的に症状が改善することから、この患者の 1 秒間のクリック音の計数能力と、2 音を 2 音として分離できる最小の時間間隔を測定した。1 秒間に健常者は 8-11 音のクリック音を数えることができるのに対し、この患者は 2 音しか数えられないこと、また 2 音の分離聽では健常者は、1-3 msec 分離していれば、2 音に聞き取れるのに対し、この患者は、15 msec 必要であるを見いだした。このことから、Albert は、語聾の障害要因として、時間分解能の障害が根底にあると想定した。しかし時間分解能の低下が生じているとしても、実験で見いだされた程度では、語音の弁別に必要な能力は残されていること、また語音の誤り方が浮動的であることなどの理由から、この説には Albert 自身疑問を持っていた。その後、何例かの追試実験が行われ (Auerbach ら, 1982; Tanaka ら, 1987), いずれも音の時間分解能の低下を示したため、語聾の原因を時間分解能の欠陥に求める考えが有力視されるようになった (Tanji ら, 2003)。一方 Saffran ら (1976) は、語聾症例の子音の聞き取りが後続母音や文脈によって変化することを示し、音響的なレベルの障害というより、音韻化への変換過程の障害であると考えた。Auerbach ら (1982) は、自験例の検討と文献考察から、純粹語聾を音の長さの弁別ができないなどの言語音以前の障害がある場合と、このような非言語音の障害では説明のつかない、より高次な障害のある場合の 2 つに分類した。

ところで言語音における時間的な変化には、クリック音などで測定される数 ms

のレベルと、子音一母音間の数 10ms のフォルマント変化、二重母音などのかなりゆっくりとした数 100ms のスペクトル変化がある。Wang ら (2000) は、これまでの時間的側面の実験が数 ms の時間分解能に限られていたことを指摘し、左側頭葉皮質および皮質下、上側頭葉にまで病変のおよぶ語聾症例 1 例に対し、約 300ms の長さで周波数が 400Hz 前後変化する純音の上昇か下降かの弁別実験を行った結果、チャンスレベルであることを見いだし、このことが言語音の聞き取りに影響を与えていると考えた。また Stefanatos ら (2005) も、左上側頭回の損傷により語聾を呈した 1 症例に対し、数 ms レベルのクリック音の聞き取り、および数 100ms の周波数変化の聞き取り実験を行った結果、クリック音の聞き取りは 3ms と正常レベルなのに対し、数 100ms の周波数変化の弁別が低下していたと報告している。

一方、音の大きさの変化について聴覚的理解力の低下を指摘している研究もある (Jerger ら, 1969 ; 鈴木ら, 1990)。たとえば鈴木らは語聾の症状を示す複数の症例に対して、音の時間的な解像力と大きさの変化に対する解析能力の検査を実施して、この 2 つの能力の低下が別々に障害を引き起こすことを見いだした。語聾には、(1) 音の時間的な解析能力の低下のみの障害によるもの、(2) 音の大きさの変化に対する解析能力の低下のみの障害によるもの、(3) 両方の障害によるもの、語聾症例の非言語音の聞き取りの 3 つのタイプが存在することになる。

以上、数 ms の時間的分解能、数 100ms の早い周波数変化の検出能、大きさの検出能など、語音認知の障害の根底に非言語的な障害があることを想定している報告がほとんどである。

### (3) 病巣について

かつては、両側性で起こるといわれていたが、その後一側性の症例報告がなされたことや、両側性の場合、環境音失認を伴うことが指摘され、現在では、純粋な語聾を生じさせる責任病巣は Heschcel 横回から聴放線を含む第 1 次聴皮質を中心とする損傷というのが有力である (小嶋, 2004)。また右上側頭葉損傷で、日常生活上では言語の理解力障害を示さないが、損傷側の対側である一側の耳での語音認知障害を示すことが知られている (進藤, 1987)。

一方、環境音失認については、Fujii ら (1990) が、右側頭葉の後方部分の小さい損傷で純粋な環境音失認が生じたという症例報告をしている。

#### 1.3.4 脳機能イメージング研究の知見から

近年ファンクショナル MRI (fMRI) を用いた研究が盛んに行われるようになり、言語音を聞き取っているときの大脳の活動は従来考えられていたより後半な部位が賦活することが明らかになった。川島（2002）は、閉眼状態で話し言葉を聞き取っているとき、大脳半球両側の一次聴覚野、上側頭回、中側頭回、角回および後頭葉にも賦活が認められると報告している。また Price ら（2005）は、過去の文献をレビューし、環境音より言語音でより賦活される領域であっても、環境音、ピッチ、メロディなどの聞き取りにも関わっていることを指摘し、ヒト脳において言語音に特化したマクロ的解剖学的構造はなく、聴覚連合諸皮質と意思決定や反応プランニング、運動処理過程といった高次統合的ネットワークとの機能的結合に依存すると提唱している。

#### 1.3.5 その他語聾に関する研究

語聾の残存能力の視点からは、進藤ら（1989）が読話（リップリーディング）の効果について調べた研究がある。短文より単語、読話のみ・聴覚のみより両者を併用した方が、聞き取りの能力が上がったと報告している。また失語症など他の障害が合併している場合、その効果が少ないとのことである。

また、ゆっくり話しかけると聞き取りがよくなることは、Albert らも指摘していたが、それをもう少し詳しく実験した研究がある。Metz-Lutz ら（1984）は、フランス語を母語とする語聾症例 1 例に対し、単語を通常速度で表示した場合と、音素で区切って表示した場合、形態素で区切って表示した場合との聞き取りを比べ、形態素で区切った場合に聞き取りがよくなることを報告した。

## 2 本研究の問題

まず、「はじめに」で述べたように、前半は、本症例の特徴的な系列音節の聞き取り能力について調べた。本症例の場合、単音節の聞き取りは比較的良好なのに比し、日常観察される理解が状況によって浮動的であり、それがなぜなのか探るためである。過去の研究は、対象となった語聾症例が単音節の弁別に困難を示すほど重度であったため、単音節の認知能力に焦点が当てられてきた。しかし、日常の会話は意味を伴った言葉の流れであり、単音節の認知の障害の加算のみでは説明できない。系列的な言語音の聞き取りの障害について示唆を得ることは重要と考える。

後半では、研究史でもつねに問題になっている非言語音の能力に焦点をあてた。近年の研究で、語聾症例は非言語音の聞き取りにも障害を呈し、それが言語音の聞き取りに影響を与えるのではないかという報告が相次いでいる。これまで、語聾の障害を数 ms レベルの時間的解像力の障害とする説が有力であったが、言語音は時間的側面以外にも、周波数、音の大きさの変化の成分をもっていること、健聴者や難聴者の実験から、言語音は時間的な要因をかなり歪めても聞き取りに影響を与えないことや、時間的な情報と周波数の情報は相補的なものであることなどがわかつてきており、单一の要素的な障害で重篤な語音認知の障害を呈するとは考えにくい。また、過去の報告では、時間分解能以外の非言語音の能力の低下がどの程度であるのか明確に示したもののは少なく、非言語音の低下が認められたとしても、それが実際に言語音の聞き取りに影響を与えるのかどうかについて検討された報告は少ない。

本研究では、語聾症例の音響的な処理能力を多角的に調べ、言語音の認知の障害をどの程度音響的な障害で説明できるのかを検証することを目的とし、まず基本的な分解能について調べる。音響処理についての示唆を得ることは、脳の情報処理を考える上でも、リハビリテーションの可能性を探る上でも重要と思われる。

### 3 症例

#### 3.1 症例

症例（KT）は発症当時40歳代前半の右利き男性で学歴は大学院卒であった。

#### 3.2 現病歴

1988年11月に右手のしびれ感、しゃべれない等の症状が出現し、A病院に入院した。CTにて左被殻出血と診断され、血腫吸引術を2回受けた。その後右片麻痺と失語が出現し、PT OT STのリハビリテーションを受けた。

1989年7月にリハビリテーション目的で筆者が当時勤務していたA病院に転院し、そこでもPT OT STを引き続き受けた。

1989年12月に自宅退院し、半年後職場復帰、現在にいたっている。

#### 3.3 神経学的所見

右片麻痺が認められるが補装具をつけ歩行可能である。その他右同名性半盲が認められた。

#### 3.4 神経放射線学的所見

MRIにて左被殻に限局した障害が認められた（図1）。

#### 3.5 主訴（1989年7月時点）

本人の主訴は、言葉がよく聞き取れないということであった。特に「言葉が早く聞こえる、最初の部分は聞き取れるけれど、後の方はわからない。」と訴えた。また転院したばかりの頃、「看護婦さんのいうことが全然わからなくて困った。症状が悪くなったのではないかと思ったが、状況に慣れてきたら何をいっているかわかるようになった。」と話した。

#### 3.6 言語能力の経過

1988年12月のA病院の報告によれば、当初ウェルニッケ失語が認められ、聴理解、読解ともに低下を認め、喚語困難・錯語が認められた。その後言語能力は

改善し、言葉が聞き取れないことが主症状となつたとのことであった。

1989年7月、B病院に転院した時の初回時評価で、錯語はわずかに残存していた。標準失語症検査(SLTA)(図2)においては、語列挙が12/15とやや少なめである。しかしそれ以外、聴覚経路を介さない課題では失点はみられなかつた(聴覚経路を介する項目で特に低下が認められたのは、口頭命令と文の復唱課題で、口頭命令では二つ目の物品を選択できない、動作の部分が遂行できないなどで1問も得点できなかつた。文の復唱では、「友達に手紙をだした」→「友達に手紙を書く」というような誤りが認められた。)。

1998年9月(発症から10年後)にSLTAの項目の聴覚経路を介する課題を抜粋して施行したところ、成績は10年前とほぼ同じであった(図2)。

### 3.7 言語音の聞き取り能力

B病院で使用されていた語音一対比較検査(単音節を2つ対にして呈示し、前後の音節が同じか異なるかを答える。前後の音節は約1秒間あける。異同条件は各25対含まれている。)では、49/50正答と良好であった。

一方同じくB病院で臨床的に使用していた復唱検査(高頻度語、低頻度語、無意味語各10語)では、正答率は高頻度語>低頻度語>無意味語の順となり、特に無意味語の復唱に大きな低下を示した。

### 3.8 その他の能力

WAIS(1989年施行)は、VIQ=114、PIQ=104(問題文:文字提示)で大きな低下ではなく、コース立方体組み合わせテスト(1989年施行)では、131/131と全問正答であった。

数字把持力(1989年施行)(1つずつ数字を記入した5×5cmのカードをおよそ1秒間隔で呈示し、口頭で再生してもらう。4~8桁を各20試行行い、正反応が50%になる桁を比例計算で求めた)は、6.2個で正常範囲であった。

### 3.9 聴覚関連検査

純音聴力検査(1991年施行)では、右=7.25dB;左=-7.5dBと左耳に比べ、右耳に低下を示したが、両耳とも正常範囲であった(表1)。

語音聴力検査（1991年施行）では、語音聴取閾値 右=25dB；左=15dBと正常範囲であった（図3）。また最高明瞭度（67S式・左耳のみ施行）は40dBで75%であった。

ABR（1991年施行）（95dBのクリック音にて測定）も正常な波形を示した（図4）。

環境音の認知検査（2005年施行）（Spinnler and Vignolo(1966)の修正日本版を使用した。犬の鳴き声などよく知っている非言語音が20音、テープに録音されている（資料1）。聞いた音に合う絵を4つの選択肢から選ぶ。4つの選択肢は、ターゲット音、ターゲット音と音響的に似ている音、ターゲット音と同じカテゴリーに属するが、音は似ていないもの、ターゲット音と意味的にも音響的にも似ていない音から構成されている。静かな部屋で、本人がちょうどいいという音量で、テープレコーダー（TCM-5000EV SONY）から音を聞かせ、絵を選択させた。）では、全問正答で、顕著な障害は認められなかった。

メロディーの認知検査（2005年施行）（一般によく知られている童謡15曲（資料2）の主旋律をピアノで演奏し、テープに録音したものを使用した。静かな部屋で、本人がちょうどいいという音量で、テープレコーダー（TCM-5000EV SONY）から音を聞かせた。）でも、曲名を20書いた選択用紙を作成しておいたが、使用する前に題名を14曲いいあてた。「おもちゃのちゃちゃちゃ」のみ同定も選択もできなかつたが、もともとよく知らない曲とのことであった。よってメロディーの認知においても顕著な障害は認められなかつた。

### 3.10 まとめ

上記の結果から、本症例はウェルニケ失語で発症し、その後語聾が主症状となつた症例と考えられ、聴力レベル、臨床的な検査である環境音やメロディー認知に顕著な障害が認められないことから、比較的純粹に近い語聾症例と考えられた。しかし語音一対比較検査では、ほとんど低下が見られないなど、過去に報告されている症例より症状は軽度であった。

## 4 言語音の実験

### 4.1 はじめに

臨床的な検査で、KTは単音節の認知は比較的軽度であるのに対し、系列音特に無意味音節の聞き取りに低下を示した。日常、初めて聞くものの名前が聞き取りにくいという本人の訴えがあり、系列音の聞き取りとの関連性を疑わせる症状である。本章では、KTの言語音の聞き取りの障害過程について報告する。

### 4.2 実験1 単音節の聞き取り

#### 4.2.1 目的

単音節の聞き取りがどの程度障害されているかを調べる。

#### 4.2.2 方法

##### (1)被験者

KT

##### (2)刺激材料

単音節 101音節。

##### (3)手続き

各刺激語を口型を隠して、口頭でランダムに提示した。反応方法は、①口頭で直ちに復唱（日を変えて2回施行）、②文字盤を指す（1回のみ）の2方法で行った。

#### 4.2.3 結果（表2）

- (1)復唱でも文字盤の指差しでも反応方法による結果の差はなく、KTの障害は聞き取りの障害であることが確認された。
- (2)清音は90%前後、濁・半濁音は約65%，拗音は40%程度の正答率であった。
- (3)拗音以外の音の誤り方は、ほとんどが子音部分の他の音への置換であった。  
拗音の場合は、「きゅ」が「く」として報告されるような単子音化する誤りが多かった。

#### 4.2.4 考察

従来報告されている語聾の症例は、ほとんどが単音節も聞き取れないほど重度であるが、本症例は、拗音以外の単音節の聞き取りは比較的良好である。

### 4.3 実験2 単語の復唱

#### 4.3.1 目的

臨床的に行った復唱検査で、無意味語の聞き取りが特に低下していた。このことについて、刺激材料を増やし、難聴者との比較をすることで、KTの障害の特徴をより明確にする。

#### 4.3.2 方法

##### (1)被験者

KT、および対照群として感音性難聴者2名（SHおよびTN）。

SH（61歳の男性）は軽度の騒音性難聴（聴力不明）のある右半球損傷者。

TN（24歳の男性）は先天性感音性難聴（聴力 右=78dB；左=70dB）

##### (2)刺激材料（資料3）

KTには2、3、4音節の高頻度語・低頻度語・無意味音節を各30語、対照群には各10語を行った。

##### (3)手続き

通常の発話速度で、各刺激語を口頭で提示し、被験者にはすぐに復唱するよう教示した。

#### 4.3.3 結果（表3、図5、図6）

- (1) 本症例および対照群とも復唱の成績は、高頻度語、低頻度語、無意味音節の順になる。これは課題の遂行に語の意味的文脈を利用しているためと思われる。
- (2) KTの無意味音節の復唱においては音節位置が後方にいくに従い、再生率が低下する。一方、対照群では、このような特徴は認められない。
- (3) 無意味音節の誤り方は、まぶろ→まごう、ゆえず→ゆねざ、れねこど→れねき

な、など他の音節への置換がほとんどで、無反応はあまりなかった。

(4) 無意味音節による置換については、母音のみ置換する、あるいは子音のみ置換する、またはある音節が常に同じ音節に置換するといった特定の傾向があるわけではなかった。低頻度語においては、まどわく→まどした、てびき→てがみ、など初めの音と同じである他の有意味語に誤っていた。

#### 4.3.4 考察

復唱の再生率が、ある特定の音節ではなく、提示された位置に依存するという点で、本症例は特徴的である。しかしこの障害が、①音韻化された後の忘却（前の方の音節を報告している間に後方の音節を忘れてしまう）によるのか、②入力の過程に障害があって、そもそも音韻化されていないことによるのかは、この実験だけでは明らかではない。

### 4.4 実験3 単語の逆唱

#### 4.4.1 目的

上記の考察の①、すなわち音韻化された後の忘却（前の方の音節を報告している間に後方の音節を忘れてしまう）の可能性を検証する。

#### 4.4.2 方法

被験者、刺激材料は実験2と同じ。ただし被験者は、与えられた刺激音節を逆から答えなければならないことをあらかじめ教示されている。

#### 4.4.3 結果 (表4、図7、図8)

KTは、実験2と同様、4音節語を除き、刺激語の初めの方の音節位置の再生率が高いが、対照群ではこのような傾向は認められない。

#### 4.4.4 考察

実験2で、音節位置が後方になるに従って成績が低下するのは、前の音節を表出しているうちに後方の音節を忘れてしまうという可能性が考えられたが、本実験では、

第1音節は1番最後に表出しているにもかかわらず、その再生率は高く、上記の可能性は否定された。KTの障害は入力の段階での障害と考えられる。

## 4.5 実験4 提示間隔を変化させた復唱

### 4.5.1 目的

過去の語聾の文献で、ゆっくり話しかけると聞き取りがよくなるという報告がある（Albertら, 1975；Metz-Lutzら, 1984）。本実験では提示速度を落としたときの正答率および後方の音節の再生率がどうなるか調べる。

### 4.5.2 方法

#### (1) 被験者

KT.

#### (2) 刺激材料

4音節の無意味音節。条件ごとに30語を使用した。

#### (3) 条件

SOA (Stimulus Onset Asynchrony) (音節間隔)=250msec, 500msec, 1000msec, 2000msec. とし、1音節の長さは約250msecに設定した。

#### (4) 手続き

実験2と同じ。

### 4.5.3 結果 (図9)

SOAが十分長くなっても、後方の音節位置の成績はあまり改善を示さない。

## 4.6 実験5 提示間隔を変化させた音節照合課題

### 4.6.1 目的

復唱実験ではすべての音節を覚えておくという記憶の負荷がかかる。本実験では、記憶の負荷をできるだけ少なくした音節照合課題を行い、本症例の成績が変化するかどうか調べる。

#### 4.6.2 方法

##### (1) 被験者

KT.

##### (2) 刺激材料 (資料 4)

4 音節の無意味音節。音節間隔の条件ごとに 180 語を使用した。

これらの刺激語の内訳は、5 種類の標的音節が第 1 音節～第 4 音節位置に含まれるものがそれぞれ 6 語ずつ合計 120 語、そして標的音節を含まないもの 60 語である。

##### (3) 標的音節

以下の 5 種類を使用した。

[ra] [ni] [ku] [me] [yo] (SOA=250ms, 2000ms)

[ka] [mi] [yu] [re] [no] (SOA=500ms, 1000ms)

##### (3) 条件

SOA(音節間隔)=250 msec, 500 msec, 1000 msec, 2000 msec に設定した。

##### (4) 手続き

視覚的に標的音節をあらかじめ提示した後、刺激語を提示し、提示された刺激語の中に、標的音節が含まれているかどうかを判断させる。なお標的音節は、試行中提示したままである。

#### 4.6.3 結果 (図 10)

SOAが1000msecを越えると、後方の音節位置の成績は100%近くに回復する。

#### 4.6.4 考察

言語音の系列音節の聞き取りにおいて、後方の再生率が回復する条件は、①刺激語の音節間隔が1000msec以上であること、②音節を覚えておくという記憶の負荷を少なくすることの二つが必要である。ということは、KTの障害は、音節の系列の処理速度が低下しているとともに、前の音節を保持しておくことが、次の音の処理に影響を与えるという2つの要因が関与していることが示唆される。

## 4.7 実験6 加工音声を用いた復唱

### 4.7.1 目的

先の実験ではすべて自然音声を用いたが、この場合、時間の統制が不十分であること、自然音声を刺激とした場合、音節間の調音結合の過程が含まれており、音節の呈示間隔が短いとき (SOA=約250ms) と長いとき (SOA=約2000ms) とでは、調音結合の様相が異なり、それが結果に影響している可能性があることが問題としてあげられる。そこで本実験では単音節の長さを調整した加工音節を用い、SOAを厳密に統制し、なおかつ調音結合をなくした音節系列を作成し、復唱課題を行った。

### 4.7.2 方法

#### (1) 被験者

KT.

#### (2) 刺激材料

自然音声の実験と同じ実験者による単音の発声を、次のSOA4条件 (250ms, 500ms, 1000ms, 2000ms) で連結させた3音節語、4音節語の刺激語をそれぞれ15語ずつ用意した。刺激材料の作製方法についてはP.18に掲げた注を参照されたい。

#### (3) 装置および刺激呈示法

計算機にて作製された刺激材料は、DAT (SONY TCD-D10) に録音、静かな部屋でヘッドフォンにより呈示した。

#### (4) 手続き

15語を2回ずつ行った。各試行の前には練習として3試行行った。

### 4.7.3 結果 (図11, 図12)

先に自然音声を用いた実験と同様、無意味音節の復唱においては後方の音節位置の再生率が低下している。SOAが2000msの時、後方の再生率は若干上昇するが、十分とはいえない。

### 4.7.4 考察

上記の結果は、自然音声の実験と同様の結果となり、調音結合の影響は否定され

た。

#### 注) 加工音節の作製方法

- (1) 自然音声の実験の際、音声呈示を行った実験者が清音44音の単音節の発声を行った。その結果、発声持続時間が最小275ms、最大425ms、平均328.9msとなった。ついでそれらの単音節を以下のように加工した。200msで明瞭度が下がらないように、いくつかの音声においては先頭を切断、さらに切断に際して不自然なクリック音をさけるために、cosine窓を使用、立ち上がりは、原音声の特性に合わせて、音節によって、0(窓なし)、20ms、40msのいずれかにした(資料5)。
- (2) 以上の44音を重複のないように組み合わせた無意味3音節語117種類、無意味4音節語119種類について、実験者が自然の速度で発声を行った。その結果、3音節語では平均=740.44ms、4音節語では平均=1044.97msとなった。そこで、刺激語の全体の長さを平均値に対応させるために、3音節語では平均=769.78ms、4音節語では平均=1048.38msを中心に各60個の発声を刺激材料として選択し、SOAの4条件に15個ずつ配分した(資料6)。
- (3) 連結音声の作製は(1)によって加工された音声部分を210ms、かつ立ち上がりを40msのcosine窓として、音節間の間隔時間(無音部分)を資料7のように定めた。
- (4) 呈示時間条件、C-250の4音節語における加工連結音声と自然音声では、同一の単語セットが用いられた。
- (5) 練習に使用する単語は、各セッションとも以下の音節語を共通に用いた。  
3音節語=romuka; yuneu; wanoi 4音節語=yumuhona; kinimaro; risinoya.

## 4.8 実験1～実験6の結果の考察

一連の実験の結果から以下のことが明らかになった。

- (1) 語音一対比較は良好、単音節の聞き取りは拗音以外70%程度の正答率で、過去に報告されている例より軽度である。
- (2) 単語の復唱では、無意味音節より、高頻度語、低頻度語の正答率がよく、KTは、単語の聞き取りの過程で、意味的な情報を利用していることが示唆される。
- (3) 無意味音節の復唱では、特定の音節が聞き取れないのではなく、呈示順序に依

存し、後方の呈示音節の聞き取りが極端に低下する傾向を示した。

(4) 逆唱課題においても、正答率は呈示順序に依存することがわかり、このことから、後方部分の再生率の低下は、いっているうちに忘れてしまうのではなく、そもそも聞き取れていないことによるものと思われる。

(5) また後方の音節の成績を改善させるためには、単に、呈示速度を落としただけではあまり効果がなく、音節照合課題のように、呈示速度を落とし、かつ記憶の負荷を少なくするという2つの条件が必要であった。

(6) 加工音声を用いた復唱実験においても結果は同じ傾向を示し、音韻結合の要因は関与していないと考えられた。

上記の結果から、KTの系列音節の聞き取りの障害は、音韻化の過程で、処理が遅れること、および先行音の記憶が、後方の聞き取りに影響を与えることから生じると考えられる。

今回得られた知見が他の語聾症例に当てはまるかどうかであるが、過去の報告例は単音節の認知もできないほどの重症例がほとんどで、系列的な聞き取りについての報告はない。しかし、語聾の歴史のところで記述したように、ゆっくり話しかけると語聾患者の聞き取りがよくなることはよく報告されていることや、Albertは語聾患者が、第1音節の聞き取りがいいことを見いだし、それを‘position effect’とよんだことから、KTと同様の障害が他の症例にあてはまる可能性はある。

## 5 非言語音の実験 I

### 5.1 はじめに

この章では、語聲の主たる要因といわれてきた時間分解能について実験を行った。一般に聴覚物理学では時間分解能は数 ms のレベル、数 10ms のレベル、数 100ms のレベルに分けられているが、1980 年代あたりまで語聲に関する研究は数 ms の時間分解能に限られていた。語聲の研究史で記述したように、最近数 100ms の時間分解能にも障害があることが報告されている。ここでは、数 ms の時間分解能をギャップ検出法にて、数 10ms の時間分解能をパターン系列の弁別にて測定し、本症例の時間分解能がどのように障害されているかを検討する。なおここで行われている実験は 1996 年（発症から 8 年後）に施行された。

### 5.2 実験 7 ギャップ検出

#### 5.2.1 背景

数 ms の時間分解能を測定するのに、これまで主にクリック音が用いられてきた。が、クリックが 1 つか 2 つかという判断は、スペクトル変化の検出に大きく依存しており、時間分解能を正しく反映していない。今回は時間分解能の簡便な指標としてよく用いられる測定法であるギャップ検出法(Penner, 1977)を用い、KT の時間分解能を測定した。ギャップ検出閾は、信号の種類、中心周波数、帯域幅などに依存するが、今回は、白色雑音における検出域にて測定する。白色雑音では、スペクトル領域の手がかりが無視できる。また、レベル、時間長、ギャップの位置などの効果が少ないことも示されている。閾値の測定は 2 者強制選択法、変形上下法にて行い、70. 7% 正答した値を閾値 (Levitt, 1971) とした。

#### 5.2.2 方法

##### (1) 被験者

KT.

##### (2) 刺激材料

中心にギャップ(無音区間)を挿入した 420 msec の白色雑音。雑音の最初と最後には 10ms の cosine 窓をかけたが、無音区間には何も施さなかった。刺激は計算機上で作成した。

### (3) 手続き

試行ごとに 2 発の白色雑音が提示され、その内のどちらかにギャップが含まれる。被験者はそれがどちらであったかを強制選択で答える。2 音のインターバルは 500ms に設定した(図 13)。ギャップの時間長は、まず予想される閾値よりも十分長い値に設定される。2 試行連続して正解するとギャップが 1/1.4 に短くなり、1 試行でも不正解だと 1.4 倍長くなる。12 回の反転で系列が打ち切られ、最後の 8 回の反転値の幾何平均を閾値とする。同一条件で 2 回の測定を行い、平均値を最終的な測定値とした。提示音圧レベルは 65dB SPL。防音室内でヘッドフォン(Sennheiser HDA 200)を用い、単耳ごとに測定した。

### 5.2.3 結果

両耳とも 3ms のギャップ検出が可能であった。

### 5.2.4 考察

先行研究で得られている健聴者の時間分解能の閾値は 2–3ms (Plomp, 1964; Penner, 1977) で、本症例の時間分解能は正常レベルである。

## 5.3 実験8 非言語音のパターン系列の弁別

### 5.3.1 目的

KT の数 10ms の時間分解能を調べる。

### 5.3.2 方法

#### (1) 被験者

KT および対照群として 40 歳代の健聴者 2 名。

#### (2) 刺激材料

800Hz の純音、1000Hz の純音、2000Hz を中心とする帯域 1 オクターブの雑音、40Hz

の鋸歯状波の4音をランダムにつなげた系列音。各音の最初と最後には10msのcosine窓をかけた。刺激は計算機上で作成した。

#### (3) 条件

1音の長さを50msec, 100msec, 250msec, および500msecに変化させる。音の間にギャップは挿入しない。

#### (4) 手続き

上記系列音を2発提示し、音の異同を強制選択法で判断させる。異なる系列音は2音目と3音目を入れ換えた刺激を使用する。2音の間隔は500msに設定。刺激音は防音室内でヘッドフォン（Sennheiser HDA 200）にて両耳提示する。各長さにつき語聾症例には48試行（同条件24試行、異条件24試行）、健聴者には144試行（同条件72試行、異条件72試行）行った。

#### 5.3.3 結果（図14）

健聴群と比べ、異同弁別の正答率は全般に低い。また系列音の全体の長さが十分長くなっても異同弁別は100%にならない。

#### 5.3.4 考察

50msの異同弁別が低いことから本症例は数10msのレベルの時間解析能も障害されているといえる。しかし一音の長さを長くしても正答率が100%にならないのは、他の要因を考えるべきである。

### 5.4 実験9 非言語音の照合課題

#### 5.4.1 目的

上記の実験で1音の長さを長くしても正答率があがらないのは、言語音の実験結果と同様、記憶の負荷がかかるからではないかと考え、照合課題を施行し、それを検証した。

#### 5.4.2 方法

##### (1) 被験者

KT.

(2) 刺激材料

実験8と同じ。ただしターゲット音（40Hzの鋸歯状波）に置き換わるものとして、200Hzの鋸歯状波を使用した。

(3) 条件

1音の長さを25msec, 50msec, 100msec, 250msecに変化させる。

(4) 手続き

被験者には試行ごとにターゲット音が提示され、その1秒後、4音を連結させた系列音が提示される。被験者は後続の系列音の中にターゲット音が含まれていたかどうかを答える。

#### 5.4.3 結果 (図15)

系列音の長さが長くなれば、成績は100%に近づいた。

#### 5.4.4 考察

非言語音においても保持の障害が関与しているといえる。

### 5.5 実験7～実験9の結果の考察

(1) 従来、中枢性語音認知障害者には、時間分解能の低下が多く認められると言われているが、本症例の場合、時間分解能は正常である。

(2) しかし、非言語音のパターン弁別の実験においては、刺激の長さが50msまで長くしても、健常者より低いことから、本症例の場合、数10msの時間分解能が低下していると考えられる。

(3) さらに言語音で行った音節照合と同じように、記憶の負荷をできるだけ取り除いた状態で、非言語音の系列処理を調べた実験では、100msecを越えれば100%に成績が回復した。

(4) このことから、本症例の場合、非言語音の処理にも障害があり、それは数10msの時間分解能と保持の障害の2つが関与していることが示唆された。

## 6 非言語音の実験Ⅱ

### 6.1 はじめに

本章では聴覚の基本的な能力である周波数分解能（音のわずかな周波数の差を検出する能力）、音の大きさの分解能（音のわずかな大きさの差を検出する能力）が障害されているかどうかについて調べた。しかしここからの実験は2005年に施行したもので、発症から17年経過した時点での実験のため、聴力検査、単音節の聞き取り、時間分解能の実験も再度行った。

### 6.2 聴覚関連検査

#### 6.2.1 目的

聴力、言語音の聞き取りの現時点の状態を確認する。

#### 6.2.2 方法

純音聴力検査はKTの自宅近くのクリニックの耳鼻科にて、語音聴取閾値および最高明瞭度(57-S式、50音節で施行)は自宅近くの病院の耳鼻科にて行った。101音節の単音節聞き取り検査は、4.2の条件と同じく、静かな部屋で、筆者が口頭で発音したものに復唱で答えてもらった。

#### 6.2.3 結果

- (1)純音聴力検査(表1)では、右=-1.5dB；左=-2dBと正常範囲であった。
- (2)語音聴取閾値(図16)は、右=15dB；左=5dBと正常範囲であった。
- (3)最高明瞭度(図16)は、右=60% (40dB)；左=74% (35dB)であった。
- (4)101音節の単音節聞き取りの結果は、清音；86.7%，濁・半濁音；47.8%，拗音；27.2%であった。
- (5)表5に示すように、語音聴力検査で、左耳で最高明瞭度を示したときの誤り方を分析すると、有声・無声、構音点、構音様式の誤り数に差異は認められなかった。

#### 6.2.4 考察

加齢に伴う純音聴力の高音部の低下は認められず、語音聴取閾値も正常範囲であった。最高明瞭度も1991年に施行した結果（左耳75%（40dB））と大差なく、単音節の言語音聴取は変化なく持続しているといえる。一方、肉声で行った単音節の聞き取りはやや低下していたが、この原因については不明である。しかし聞き取りの成績は清音、濁・半濁音、拗音の順で変化なく、清音は現時点でも比較的良好に保たれていた。

### 6.3 実験10 ギャップ検出

#### 6.3.1 目的

前回正常レベルであった時間分解能が今回変化しているかどうかを調べる。

#### 6.3.2 方法

##### (1) 刺激材料

実験7と同じ。

##### (2) 手続き

提示音圧レベル62.5dBに設定した。音圧レベルは、メジャリングアンプ(measuring amplifire2610)とマイク(microphon4134 いずれもBrue&Kj r社製)を使用して測定した。静かな室内でヘッドフォン(Sennheiser HDA 200)を通し、両耳提示で測定した。それ以外の設定は実験7と同じである。

ただし実際施行した結果、1試行目と2試行目の値に差があったので4回測定し中間の値2つの平均値を最終的な測定値とした。

#### 6.3.3 結果

6.6msと前回の結果より低下を認めた。

#### 6.3.4 考察

今回の実験は、KTの身体状況を配慮し、防音室を使用しなかったが、密閉性の高

いヘッドフォンを装用することで、実験の精度を保てるよう工夫した。しかし時間分解能が6年前より低下していることは、実験環境によるのか、加齢による脳の機能の変化なのかははっきりしない。

## 6.4 実験 11 周波数弁別 1

### 6.4.1 目的

周波数弁別能について、比較的よく行われている実験方法（変形上下法、2者択一強制選択法）にて調べる。

### 6.4.2 方法

#### (1) 刺激材料

1000Hzを中心とした250msの長さの純音。純音の最初と最後には10msのcosine窓をかけた。刺激は計算機上で作成し、実験はコンピュータ（powerbook G4）を使用した。

#### (2) 手続き

試行ごとに2発の純音が提示され、どちらか高かったかを強制選択で答える。2音のインターバルは250msに設定した。高い方の純音は、 $1000\text{Hz} + \Delta F/2$  ( $\Delta F$ は、周波数差異)，低い方の純音は $1000\text{Hz} - \Delta F/2$ である。 $\Delta F$ は、予想される閾値よりも十分大きい値に設定される。2試行連続して正解すると周波数の差が1/1.4に小さくなり、1試行でも不正解だと1.4倍大きくなる。12回の反転で系列が打ち切られ、最後の8回の反転値の幾何平均を閾値とした。同一条件で3回の測定を行い、最初の1回を除外した2回の閾値の平均値を最終的な測定値とした。提示音圧レベルは57dB SPL。音圧レベルは、メジャリングアンプ（measuring amplifire2610）とマイク（microphon4134 いずれも Brüel&Kjær 社製）を用い、1000Hz、振幅1/2の純音にて測定した。刺激は室内でヘッドフォン（Sennheiser HDA 200）を通し、両耳提示で測定した。

### 6.4.3 結果

閾値は249Hzであった。

#### 6.4.4 考察

正常者の閾値はおよそ 2–3Hz (Moore, 2003) である。本症例の閾値はあまりにも大きすぎ、この方法で正確に閾値が測れたかどうか疑問が生じた。

正確に測定できない理由としては、1) インターバルがはいっているので、記憶の負荷がかかる。2) この実験は、どちらが高いかを答えなくてはいけない実験なので、違いはわかつても、高低の判別できない。の2点を考え、追実験を施行した。

### 6.5 実験 12 周波数弁別 2

#### 6.5.1 目的

インターバルをなくした実験を行い、記憶の負荷の影響を考える。

#### 6.5.2 方法

##### (1) 条件 1

1 音の長さを 200ms、インターバルを 0ms (2 音が続けて出る) に変えた以外は、実験 11 と条件は同じである。

##### (2) 条件 2

1 音の長さを 100ms、インターバルを 0ms に設定し、それ以外の条件は実験 11 と同じ設定である。

#### 6.5.3 結果

(1) 条件 1 の閾値は 917Hz であった。

(2) 条件 2 では値が大きくなり過ぎたため途中で中止した。

#### 6.5.4 考察

記憶の負荷を小さくした実験を施行したが、逆に難しい実験となり、閾値はさらに大きくなつた。

### 6.6 実験 13 周波数弁別 3

### 6.6.1 目的

実験11の結果は高低の判断がつかないのではないかという推測のもとに周波数異同弁別の実験を行った。

### 6.6.2 方法

#### (1) 条件

中心周波数を 500Hz, 1000Hz, 2000Hz に設定した。

#### (2) 手続き

試行ごとに 2 発の純音が提示され、同じが違うかを強制選択で答える。2 音のインターバルは 250ms に設定した。周波数の差を 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz, 60Hz, 70Hz に設定し、それぞれ 6 試行とした。また周波数の差がない条件を 36 試行入れ、計 72 試行を 1 系列とし、ランダムに提示した。この系列を 2 回行い、その結果の合計から、75% の正答の周波数の差を線形で求め閾値とした。それ以外の条件は実験11と同じである。

### 6.6.3 結果 (図 17)

基本周波数が 500Hz, 1000Hz のときは値が安定し、閾値はともに 35Hz であったが、2000Hz の時はきれいなデータとならず、閾値は、50~60Hz くらいとなった。

### 6.6.4 考察

実験11で閾値が高くなったのは、高低の差はわかつてもどちらが高いかを判断できないことによると考えられた。実験13で得られた値は安定しており、この値をKT の周波数分解能と考えてよいと思われる。よく訓練された健常者の場合、閾値は 2~3Hz とされている。Divenyi (1989) らの実験では、健聴者でも 14Hz 程度の値を示したと報告しているが、その値と比較しても本症例の周波数分解能は低下しているといえる。

## 6.7 実験14 音の大きさの弁別

### 6.7.1 目的

音の大きさの弁別能を変形上下法、2者強制選択で測定する。

### 6.7.2 方法

#### (1) 刺激材料

500Hz, 1000Hz, 2000Hz を中心とした 250ms の長さの純音。純音の最初と最後には 10ms の cosine 窓をかけた。刺激は計算機上で作成し、実験はコンピュータ (powerbook G4) を使用した。中心音圧は 500Hz 場合 66dB SPL, 1000Hz では 65dB SPL, 2000Hz では 64dB SPL とした。音圧レベルは、メジャリングアンプ (measuring amplifire2610) とマイク (microphon4134 いずれも Brue&Kj r 社製) を用い、1000Hz, 振幅 1/2 の純音にて測定した。

#### (2) 手続き

試行ごとに 2 発の純音が提示され、どちら大きかったかを強制選択で答える。2 音のインターバルは 250ms に設定した。大きい方の純音は、それぞれの中心音圧に  $\Delta F/2$  ( $\Delta F$  は、音圧差異) を加え、小さい方の純音は  $\Delta F/2$  引いたものである。 $\Delta F$  は、予想される閾値よりも十分大きい値に設定される。2 試行連続して正解すると音圧の差が 1/1.4 に小さくなり、1 試行でも不正解だと 1.4 倍大きくなる。12 回の反転で系列が打ち切られ、最後の 8 回の反転値の幾何平均を閾値とした。同一条件で 3 回の測定を行い、最初の 1 回を除外した 2 回の閾値の平均値を最終的な測定値とした。刺激は室内でヘッドフォン (Sennheiser HDA 200) を通し、両耳提示で測定した。

### 6.7.3 結果

閾値は 500Hz で 6.2dB, 1000Hz で 3.3dB, 2000Hz で 3.7dB であった。

### 6.7.4 考察

訓練された正常者の閾値はおおよそ 0.5–1dB (Moore, 2003) である。本症例は、音の大きさの弁別に低下を認め、周波数の低い方での閾値がより低下していた。

## 6.8 実験 10～実験 14 についての考察

- (1) 結果をまとめると、時間分解能、周波数分解能、音の大きさの分解能すべてに低下を認め、特に周波数分解能の低下が顕著であった。
- (2) 今回の実験は発症から 17 年たっており、上記の結果が加齢による内耳の変性によるものかどうかを考慮しなくてはならない。感音性難聴の研究では、時間分解能や周波数選択性の低下は聴力低下と深い関係があることがしめされており（高木、2004），現在 50 代後半で聴力が正常レベルの KT が、加齢による内耳の変化の影響を受けているとは考えにくい。
- (3) 周波数分解能、音の大きさの分解能については 1991 年に施行した Seashore の音楽性テストがチャンスレベルだったことから、当時から低下していたことは確かであるが、時間分解能が約 10 年前より低下していたことから、今回得られた閾値が当時と同じレベルかは不明である。
- (4) 以上今回のデータは、発症から長期間経った時点での測定であり、現在示した閾値が発症当初のものと同レベルかどうかは不明であるが、現在の言語音の聞き取り能力との関連を考察する上で有効なデータと思われる。

## 7 総合考察

### 7.1 言語音・非言語音の実験のまとめ

本実験は発症後 3 年経過した時点で行った言語音の系列的な聞き取りの実験と、発症後 8 年経過した時点で行った時間分解能に関する実験、および発症後 17 年経過した時点で行った時間分解能以外の非言語音の実験と、各実験の行われた時期が長期にわたっているという問題がある。2 時点で行われた実験の結果の比較を以下にまとめた。

- (1) 純音聴力検査・語音聴取閾値・最高明瞭度の結果は、発症後 3 年と発症後 17 年で大きな変化は認められなかった。
- (2) 肉声で行った 101 音節の聞き取りは発症後 3 年の時点と比較し、発症後 17 年の時点の方が全般に低下していた。
- (3) ギャップ検出は発症後 8 年の時点では正常範囲であったが、発症後 17 年の時点では低下を認めた。

### 7.2 非言語音の能力低下が言語音の知覚に与える影響について

#### 7.2.1 本症例の言語音・非言語音の実験のまとめ

KT の非言語音の実験の結果から以下のことがわかった。

- (1) 時間分解能については数 ms の単位の時間分解能は 17 年たった現在若干の低下を示したが、発症当初は正常レベルであった。一方数 10ms の時間分解能はかなり低下していた。
- (2) 周波数分解能および音の大きさの分解能にも低下を認めた。

#### 7.2.2 現在得られている健聴者からの知見

言語音の聞き取りに与える音響的な側面は以前から行われてきたが、近年特に人工内耳の発展に伴い、音響的な側面をどの程度制限すると、言語音の聞き取りに影響を与えるかについての研究がさらに進んできた。以下に現在得られている知見をまとめてみた。

### (1) 言語音の時間的手がかり

柏野（2005）は日本語の母音-閉鎖子音-母音という連続発声のなかで、閉鎖子音の情報がどの範囲に含まれているかを以下のようにして調べた。閉鎖子音の破裂部から 50ms を削除してそこに雑音を挿入すると、90%程度元の子音が知覚された。一方、閉鎖の前の部分を、別の閉鎖子音のものと取り換えると、閉鎖前の部分に基づく子音が知覚される率が高まった。このことは、閉鎖子音の情報が、閉鎖の前後少なくとも 200ms 以上の範囲に分散していることを示している。

Shannon ら（1995）も、母音、子音、文を、16, 50, 160, 500Hz のローパスフィルターに通した刺激音声を用い、それぞれの聞き取りを調べたところ、50Hz 以下（200ms 以上）の比較的ゆっくりした時間情報があれば、明瞭度は保たれると報告し、Drullman ら（1994）も 16Hz の時間情報があれば、単音節の認知は 90%程度可能であることを報告している。

さらに意味的なしさえがあると、音声の知覚はずつと頑健になる。その一つの証拠が、Saberi ら（1999）の行った部分逆転音声の実験で、文を一定の区間に区切り、それぞれの区間の音声を時間的に逆転させても、区間長が 50ms くらいまでは了解度がかなりいいことが示されている。

### (2) 言語音の周波数の手がかり

Shannon ら（1995）は、周波数チャネルを制限した実験を健聴者に行ったところ、4 つの周波数チャネルがあれば、言語音の聞き取りが保てることを報告した。同様の実験がその後行われ、静かな環境では 4 チャネル、雑音下ではそれ以上、音楽の聞き取りには 16 チャネル以上必要であること、さらにチャネルを増やしていくと音質があがっていくことなどがわかっている（Shannon, 2002）。

### (3) 言語音の大きさの手がかり

音声の振幅を量子化し、ステップを制限した実験では、音韻の知覚には最低 8 ステップあれば十分であり、たとえそれ以上あったとしても、音韻の知覚に影響を与えないことがわかつており、音の大きさの分解能は音声の知覚にあまり影響を与えないことがわかつている（Shannon, 2002）。

#### (4) 相互作用

音の大きさの解像力と、周波数分解能の関係を調べた実験では、周波数分解能が低い（周波数チャネルが少ない）状態ではある程度の音の解像力が必要であり、逆に音の大きさの解像力が低い（ステップが少ない）状態では、より高い周波数分解能が必要であるという報告がなされている (Loizou, 2000).

#### (5) まとめ

人間の持っている音響的な解像力は、音韻の知覚については過剰であることがわかつており、それは音声という重要な情報をかなりの悪条件の下でも聞き取れるようできいて、言語音の頑健さの支えになっている。Shannon (2002) は、音声の知覚の研究をまとめた報告の中で、音の大きさおよび時間的な側面はそれほど重要ではなく、周波数の情報が大切であることを強調している。

### 7.2.3 語聾の研究の問題点

語聾症例の非言語音の能力については、Albert (1972) が語聾症例の時間分解能に関する論文を発表してから、追実験がいくつか行われてきた。

能登谷ら (1991) は、Landau-Kleffner 症候群により 4 歳の時に語聾を呈した 1 症例の語音弁別能力を報告している。それによると弁別素性の差が 2 つあれば、成績は良好、弁別素性が 1 つの場合、有声・無声の弁別は良好であるが、voicing の有無を一定にして構音点のみが異なる選択で検討すると、子音群間のみの弁別能力が著しく低下していることがわかった。日本語における子音の音声波形の分析から、有声子音と無声子音の弁別のためには、50–100ms の時間解析能があれば可能であるが、有声子音間または無声子音間の構音点のみの弁別のためには、3–30ms のより短い時間解析能が要求されることから、能登谷らは、この症例の構音点のみの語音弁別障害は、きわめて短い時間解析能の障害を示唆するものと考えた。

田中 (1993) は Auerbach らの報告以後の、語音弁別テストが施行された訴聾症例 4 例を比較し、自験例以外、母音弁別はかなり良好であるのに比し、破裂子音に母音/a/がついた/pa/, /ta/, /ka/, /ba/, /da/, /ga/の子音弁別は、無声子音間ある

いは有声子音間の弁別より、構音点が同じで、無声か有声かの弁別検査の方が正答率がよい結果が得られていることから、30ms 以下の時間分解能が関与している可能性をあげた。

以上、語聾症例の研究では数 ms の時間分解能という単一の要素的な障害と言語音の知覚を直接結びつけているものがほとんどである。しかし、子音の構音点の聞き取りは周波数情報によっても影響を受けること (Shannon, 1995) がわかつており、単一の情報と直接関連づけられるわけではない。

#### 7.2.4 まとめ

語聾研究では、数 ms の時間分解能の低下がその原因として強く主張されてきた。上述した健聴者の実験から、言語音の聞き取りを与える時間的な側面は、単音節の聞き取りにおいても 50ms 以上の比較的ゆっくりしたものであるといわれてきている。本症例や Albert らの例のように、クリック音やギャップ検出で測定される 20ms 以下の時間分解能が保たれていれば、それが単独で重度の語音認知障害を呈するとは考えられない。そもそも Albert が時間分解能の実験を行うきっかけになったのは、語聾患者がゆっくり話すと聞き取りがよくなるという現象を示したからであるが、“ゆっくり”話すというのは、母音部分が引き延ばされるだけであり、語音認知の核となる子音の特徴が引き延ばされるわけではない。

柏野 (2005) によれば、音声は、顎、口唇、舌などの調音器官の動きによって生成されるが、それらの調音器官は質量があるので慣性が働き、自由自在には動けず、その結果、音韻の調音は互いに影響しあい、音声信号は緩やかなスペクトル変化を示し、各音韻についての情報が互いに重なりながら数 100m 程度の範囲に分布されるとのことであり、言語音の頑健さを支える 1 つの要因となっている。

一方、本症例がパターン弁別実験で示した 50ms 以上の時間分解能の障害は、言語音の聞き取りに影響を与える時間以上の障害であること、言語音の認知はパターンの知覚であることから、本症例の言語音の認知に影響を与えていた可能性が高い。

また周波数分解能の低下は、直接的に音韻の知覚に影響を与えてはいないかもしれないが、周波数分解能があがつていけば、音の質が改善していくという実験や、言語音の聞き取りは相補的な部分があることを考えると、数 10ms の時間分解能が低下している本症例の場合、音声の知覚に影響を与える可能性がある。

音の大きさの分解能の低下については、音声の振幅が 30dB-60dB 程度とすると、量子化した聞き取りにおいて最低必要とされる 8 ステップの場合、1 ステップが 4-8dB となる。KT の示した閾値は、ちょうど同じくらいなので、音声の場合高域周波数の振幅はそれより小さいことを考えると、音の大きさも影響を与える可能性があると思われる。

以上、まとめると KT の言語音の聞き取りの障害については、従来いわれていた数 ms の時間分解能の障害ではなく、数 10ms レベルの時間分解能および、周波数分解能、音の大きさの分解能の少なくとも 3 つの関与が考えられる。

### 7.2.5 系列位置効果との関連

本研究の前半の部分で、音節の聞き取りが提示された位置によって影響を受ける（後方の音節は聞き取りが悪くなる）こと、それは、音韻の処理の段階での遅れであることが推測された。本症例は音響的な処理においても速度の低下が認められることから、音韻化の遅れをもたらす原因として、音響情報の遅延が関係している可能性は十分あると思われる。

## 7.3 今後の課題

### 7.3.1 今後の実験

語聾の研究史のところでも触れたが、Wang ら (2000) や Stefanatos ら (2005) は、語聾症例において、数 100ms の単位の周波数変化の聞き取りの障害が語音認知に影響を及ぼす可能性があることを示唆する報告を行っている。この周波数変化の聞き取りの障害と言語音の認知の関連は、読み障害児の知見からも報告されていること (Tallal, 2004), 語音認知に障害を呈する失語症例でも指摘されていること (阿部ら, 2001), 数 100ms の単位は言語音の聞き取りに影響を与える時間単位であることなどから、今後行うべき実験と考える。

### 7.3.2 右半球損傷および他の障害との関連

この研究の目的は、言語音の認知の障害がどの程度まで音響的なレベルの影響を受けているかということであった。今回の実験で、ある程度その関連性を見いだす

ことができたが、文献をしらべていくうちに疑問に思ったことは、右半球損傷者でも、かなり音響的な障害を呈していることである。表6に、検索できた文献で報告されている分解能の閾値を障害別に記述してみた。語聴症例の結果が時間分解能のみに偏っていて、細かい質的な検証はできないが、現れる症状や、損傷半球に関係なく、すべてにわたって何らかの音響的能力の低下を示している。両側半球で音響処理の障害の差があるのかを探っていくことが今後の大きな課題となる。

## 7.4 リハビリテーションの視点から

### 7.4.1 語聴の長期経過

池村（1983）によれば、純粹語聴の症状は多くの場合、長期にわたり改善がほとんど見られないと記述しており、一般的に改善しにくい症状として位置づけられている。本症例についていえば、リハビリテーションを1年受けたB病院退院時点および発症後10年後時点でも言語音の聞き取りには大きな変化はなく、発症後17年たつた現在は逆に低下傾向にあり、改善は認められなかった。

### 7.4.2 聞き取りを促進する方法

過去の語聴の文献では、言語音の聞き取りそのものをよくするための具体的な訓練法は見当たらなかった。しかし聞き取りを促進する条件はある程度記載されていて、大まかにまとめると、(1)文脈を利用する、(2)話し手が発話速度を落とす、(3)リップリーディングを利用するの3つになった。本症例で効果的だったのは(1)と(2)であった。

#### (1)文脈を利用する

普段の会話で急に話題が変わると聞き取り悪くなることが観察され、本人が意識している、いないに関わらず、文脈のつながりを日常かなり利用していることが伺えた。訓練では文脈がある場合とない場合の聞き取りの差を本人に比べてもらい、日常のなかでかなり言葉を推測して聞いているのだということを認識してもらった。それまでは、相手に予期しないことをいわれると何度も聞き直し、それでも理解できないことが多かったが、自分の推測がまちがっているのだとすぐに気づくように

なり、書字など他の手段に切り替えるようになったと本人は報告した。

### (2) 話し手が発話速度を落とす

ゆっくり話しかけると聞き取りが改善することが過去にも報告されている。研究史のところで記述したが、Metz-Lutzらは、単語を形態素で区切った方が聞き取りがあがることを報告している。本症例については、音節間隔をあけた無意味音節の課題の結果を見る限り、音節で区切ったとしても聞き取り能力にあまり影響がなかった。それより意味的な情報を利用した方が有効と思われ、実際SLTAの短文の復唱の刺激文を用い、文節ごとに区切った場合と、ふつうに呈示した場合とで、文節の再生率を比較した。その結果、文節ごとに区切った場合、再生率は22/39、通常呈示の場合15/39となり、文節ごとに間をあけた方が聞き取りがよくなつた。

### (3) リップリーディング（読話）を利用する

3音節と4音節の無意味音節を用い、読話の効果を検討した。口唇を真正面から患者に見せた場合と見せなかつた場合の誤りの例を示す。くとね→くとの・くとい、そやゆほ→そはやぶ・そやりこ（いずれも前が口唇を見せた例、後が見せなかつた例）であり、口唇をみせれば少なくとも後方の母音部分のみはわかるといった単純な結果にはならず、正答数にも大きな差はなかつた。

#### 7.4.3 今後の可能性

読みに障害を呈する症例は、その根底に音韻の弁別障害があり、速い周波数変化の検知の障害との関連を早くから見いだしていたTallal (2004) は、“Fast ForWord”という訓練用ソフトを開発し、読み障害の改善に役立つてると報告している。

“Fast ForWord”は、ゲーム感覚のパソコン用ソフトで周波数の高低の順序を識別する課題と、速い周波数変化を強調した言語音を聞き取る課題とからできており、徐々に通常の周波数変化がとらえられるようにしていくことを目的としている。

“Fast ForWord”の訓練を読みに障害を呈する子供に1日3時間ずつ、4週間続けた結果、最初数100msくらい長くないと周波数変化を検知できなかつた子供たちが、数10msの長さの周波数変化を検知できるようになり、実際言語音の弁別にも改善を示し、それは、同じ時間視覚的な訓練のみ受けた対照群より有意であったと報告している。さらに8週間 “Fast ForWord”を受けた12人の読み障害児について、訓練前後のfMRIを比較したところ、側頭頭頂葉の脳の賦活があがつたという報告もある。

これは子供の例であるが、成人においてはDivenyiら（1989）が、失語症例に時間分解能や周波数分解能などの一連の非言語音実験を行った結果、被験者たちの言語能力があがったことを指摘し、要素的な訓練がリハビリテーションに使用できる可能性を示唆している。また小嶋（2004）は、左聴放線損傷の純粹語聾症例に対し、要素的な直接訓練を施行したところ、発症6ヶ月の時点までは訓練効果が認められた自験例をあげ、ボトムアップ処理の訓練も効果があることを報告している。

いずれも非言語音の能力の訓練がリハビリテーションに役立つ可能性を示唆したものであり、単純な刺激音を用い、言語音の影響を及ぼすほど低下が認められる要素的な能力に焦点をあてて訓練を行うことは、語聾症例についても言語音の聞き取りを改善させる可能性があることが期待できる。

## 謝辞

この論文を仕上げるにあたり、多くの方々のご協力をいただきました。

最初に、集中力を要する実験に、長年にわたりいつも快く精力的に応じてくださった KT さんには、言葉も見つからないほど深く感謝しております。後半の非言語音の実験は、ご自宅で行わせていただきましたが、その際いつも快く歓迎をしてくださったご家族の方にも心からお礼申し上げます。

前半の言語音実験における対照被験者の方々、またそのうちのお一人をご紹介していただきました国立身体リハビリテーションセンター教官山下真司先生、環境音や言語音実験についてのアドバイスをいただきました廣田栄子先生、症例研究で進めるか、多症例の研究で進めるか迷っていたときに、有益なご示唆をいただきました原島恒夫先生、皆様のおかげで、研究が幅広いものになりました。

NTT コミュニケーション科学基礎研究所の柏野牧夫さんには、実験の方向付け、および計算機上での刺激材料の作成を行っていただき、多大な労力をおかげいたしました。

指導教員の吉野眞理子先生には、文献の紹介、実験材料の入手を初めとし、進行状況の確認、中間発表・本原稿の作成の際の細かい指導など、本研究全般にわたつてその都度適切なアドバイスをいただきました。

本当にありがとうございました。

## 文 献

阿部晶子, 遠藤邦彦, 柳治雄, 市川英彦, 井佐原均. 失語症例の語音理解障害の原因について: 語音弁別障害と周波数変化の弁別障害の関連性. 失語症研究. 21, 2001, 261-267.

Albert, M. L. and Bear, D. Time to understand: A case study of word deafness with reference to the role of time in auditory comprehension. *Brain*, 97, 1974, 373-384.

Auerbach, S. H., Allard, T., Naeser, M., Allexander, M. P. and Albert, M. L. Pure word deafness: Analysis of a case with bilateral lesions and a defect at the prephonemic lavel. *Brain*. 105, 1982, 271-300.

Divenyi, P. L. and Robinson, A, J. Nonlinguistic auditory capabilities in aphasia. *Brain and Language*. 37, 1989, 290-326.

Drullman, R., Festen, J, M., and Plomp, R. Effect of temporal envelope smearing on Speech reception. *Journal of the acoustical society of America*, 95, 1994, 1053-1064.

Fujii, T., Fukatsu, R., Watabe, S., Ohnuma, A., Teramura, K., Kiumura, I., Sas, S., and Koga, K. Auditory sound agnosia without aphasia following a right temporal lobe lesion. *Cortex*. 26, 1990, 263-268.

Hattiangadi, N., Pillion, J. P, Slomine, B., Christensen, J., Trovato, M. K. and Speedie, L. J. Characteristics of auditory agnosia in a child with severe traumatic brain injury: A case report. *Brain and Language*. 92, 2004, 12-25.

平野正治. 純粹語聾について. 秋元波留夫編 「神経心理学の源流 失語編 上」. 社会福祉法人「新樹会」創造出版. 1982, 308-329.

池村義明. 純粹語聾研究の発展. 精神医学, 25, 1983, 351-361.

柏野牧夫. 音韻修復-消えた音声を修復する脳-. 日本音響学会誌. 61(5), 2005, 263-268.

川島隆太. 高次機能のブレインイメージング. 医学書院. 2002.

Kazui, S., Naritomi, H., Sawada, T., Inoue, N., and Okuda, J. Subcortical auditory agnosia. *Brain and Language*. 38, 1990, 476-87.

小嶋智幸. 聴覚失認(1)(2)(3). 小寺富子監修 言語聴覚療法臨床マニュアル. 協同医書出版社, 2004, 268-273.

Loizou, P. C., Dorman, M., Poroy, O., and Spahr, T. Speech recognition by normal-hearing and cochlear implant listeners as a function of intensity resolution. *Journal of the acoustical society of America*. 108, 2000, 2377-2387.

Metz-Lutz, M., and Dahl, E. Analysis of word comprehension in a case of pure word deafness. *Brain and Language*. 23, 1984, 13-25.

Pinard, M., Chertkow, H., Black S., and Peretz, I. A case study of pure word deafness: Modularity in auditory processing? *Neurocase*. 8, 2002, 40-55.

Price, C., Thierry, G., and Griffiths, T. Speech-specific auditory processing: where is it? *Trends in cognitive science*. 9, 2005, 271-275.

Saberi, K., and Pereott, D.R. Cognitive restoration of reversed speech. *Nature*. 398, 1999, 760.

Saffran, E.M., Marin, O.S., and Yeni Komshian G.F. An analysis of speech perception in word deafness. *Brain and Language*. 3, 1976, 209-228.

Shannon, R. V. The relative important of amplitude, temporal, and spectral cues for cochlear implant processor design. *American Journal of Audiology*. 11, 2002, 124-127.

Shannon, R. V., Zeng, F.G., Kamath, V., Wygonsky, J., and Ekelid, M. Speech recognition with primary temporal cues. *Science*. 270, 1995, 303-304.

進藤美津子. 中枢聴覚伝導路障害の局在部位と言語音の認知・理解に関する研究. 帝京医学雑誌. 10, 1987, 393-405.

進藤美津子, 加我君孝, 田中美郷. 語聾, 聴覚失認を対象とした「読話能力」の検討. 神経心理学. 5 (3), 1989, 164-170.

鈴木重忠, 能登谷晶子, 古川匂. 中枢性語音弁別障害患者の音の大きさと時間解析能. 神経心理学. 6 (3), 1990, 195-201.

Stefanatos, G. A., Gershkoff, A., and Madigan, S. On pure word deafness, temporal processing, and the left hemisphere. *Journal of the international neuropsychological Society*. 11, 2005, 456-470.

Tallal, P. Improving language and literacy is a matter of time. *Neuroscience*. 5, 2004, 721-728.

田中康文. 聴覚性認知障害の病態生理. 神経心理学. 9(1), 1993, 30-40.

田中美郷. 聴覚失認. 大橋博司編. 精神科 MOOK No. 1 「失語・失行・失認」. 金原出版. 1982, 92-103.

Tanaka, Y. , Yamadori, A. , & Mori, E. Pure word deafness following bilateral lesions: A psychophysical analysis. *Brain*. 110, 1987, 381-403.

Tanji, K., Suzuki, K., Okuda, J., Shimizu, H., Seki, H., Kimura, I., Endo, K., Fujii, T., and Yamadori, A. Formant interaction as a cue to vowel perception: a case Report. *Neurocase*. 9, 2003, 50–355.

Wang, E., Peach, R., Xu, Y., Schneck, M., and Mannly, C. II. Perception of daynamic acoustic patterns by an individual with unilateral verbal auditory agnosia. *Brain and language*. 73, 2000, 442–455.

Yaqub, B. A., Gascon, G. G., Alnoshha, M., and Whitaker, H. Pure word deafness (acquired verbal auditory agnosia) in an arabic speaking patient. *Brain*. 111, 1988, 457–466.

図表

## 図表目次

- 表 1 純音聴力検査
- 表 2 単音節の聞き取りの結果
- 表 3 KT の復唱の正答率
- 表 4 KT の逆唱の正答率
- 表 5 語音聴力検査における 50 音節の誤り方
- 表 6 閾値の比較
  
- 図 1 KT の MRI T2 強調画像
- 図 2 KT の標準失語症検査 (SLTA) 結果
- 図 3 語音聴取閾値の結果
- 図 4 KT の ABR の結果
- 図 5 KT 復唱の結果
- 図 6 対照群 (SH および TN) における復唱の結果
- 図 7 KT 逆唱の結果
- 図 8 対照群 (SH および TN) における逆唱の結果
- 図 9 提示間隔を変化させた復唱の結果
- 図 10 提示間隔を変化させた音節照合課題の結果
- 図 11 KT 加工音声 3 音節語復唱の結果
- 図 12 KT 加工音声 4 音節語復唱の結果
- 図 13 ギャップ検出法
- 図 14 非言語音のパターン系列の弁別の結果
- 図 15 非言語音の照合課題の結果
- 図 16 語音聴取閾値・最高明瞭度の結果
- 図 17 周波数弁別の結果

表1 純音聽力検査

1991年施行

	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	8000Hz	4分法
右	20	5	3	20	17	23	725
左	-2	-9	-10	-4	-2	-8	-7.5

単位 dB

2005年施行

	500Hz	1000Hz	2000Hz		4000Hz	8000Hz	4分法
右	10	-8	0		10	3	-1.5
左	0	-8	0		10	12	-2

単位 dB

表2 単音節の聞き取りの結果

	清音(45音)			濁・半濁音(23音)			拗音(33音)		
	復唱1	復唱2	指差し	復唱1	復唱2	指差し	復唱1	復唱2	指差し
正答数	42(93.3%)	40(88.9%)	41(91.1%)	16(69.6%)	15(65.2%)	15(65.2%)	14(42.4%)	17(41.5%)	12(36.4%)
全体の誤り数	3(6.7%)	5(11.1%)	4(8.9%)	7(30.4%)	8(34.8%)	8(34.8%)	19(57.6%)	16(48.5%)	21(63.6%)
子音部分の誤り	2	3	2	5	7	5	14	13	16
母音部分の誤り	1	1	1	1	0	0	0	1	3
子音と母音の誤り	0	0	1	0	0	3	1	0	2
無反応	0	1	0	1	1	0	4	2	0

表3 KT の復唱の正答率

	高頻度語	低頻度語	無意味繰り
全体の正答率	90.0	54.4	16.7
2音節語	90.0	76.3	43.3
3音節語	90.0	36.7	6.7
4音節語	90.0	53.3	0.0

単位 %

表4 KTの逆唱の正答率

	高頻度語	低頻度語	無意味繰り
全体の正答率	922	556	244
2音節語	933	66.7	53.3
3音節語	96.7	53.3	20.0
4音節語	86.7	46.7	0.0

単位 %

表5 語音聴力検査における50音節の誤り方

	清音・濁音(50音)	
	35dB (74%正答)	45dB (72%正答)
全体の誤り数	14	24
有声・無声	3	4
構音点	5	10
構音様式	4	7
子音の脱落	0	0
子音の付加	1	2
無反応	1	0
母音部分の置換	0	1

表 6 閾値の比較

	著者	発表年	時間分解能	大きさの分解能	周波数分解能	その他
訓練された健聴者			2-3ms	0.5dB-1dB	3Hz	
健聴者			5.5ms くらいまで		14Hz くらいまで	
語聲	Albert ら	1975 年	15ms(クリック音)			
	Yaqub ら	1988 年	16ms(クリック音)			
	Gerry ら	2005 年	3ms(クリック音)			
	中越		6.6ms(ギャップ検出)	3.3dB-62dB	35Hz-57.5Hz	
環境音失認 (語音認知障害あり)	Sunford ら	1982 年	左 3ms 右 30ms	6dB		
	Auerbach ら	1982 年	30ms			
	Motomura ら	1986 年	5ms(クリック音)	3-4dB		
	Tanaka ら	1987 年	300ms	6dB		
	Kazui ら	1990 年	8-9ms(クリック音)	1.6dB 以下(SISI)	20Hz-160Hz	
	Hattingadi	2004 年	40ms 以上		400Hz 以上	
環境音失認 (語音認知障害なし)	Fujii ら	1990 年				Seashore 音楽才能テストでピッチ以外チャンスレベル
失語症例(11 例)	Divenyi ら	1989 年	3-5.5ms(ギャップ検出)		平均 35.5Hz	
右半球損傷例(4 例)	Divenyi ら	1989 年	3-5.5ms(ギャップ検出)		平均 119Hz	

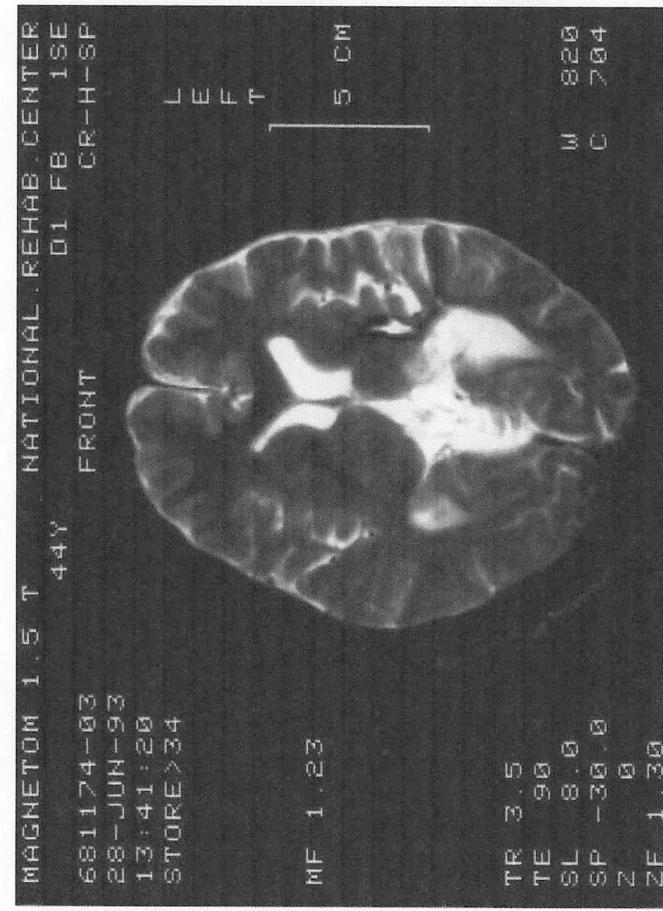
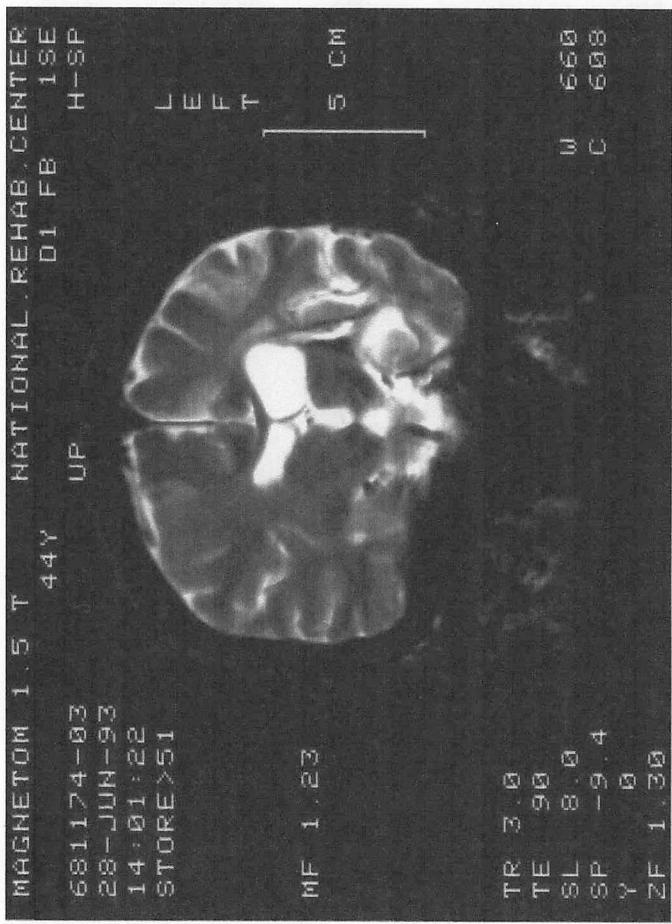


図 1 KT の MRI T2 強調画像

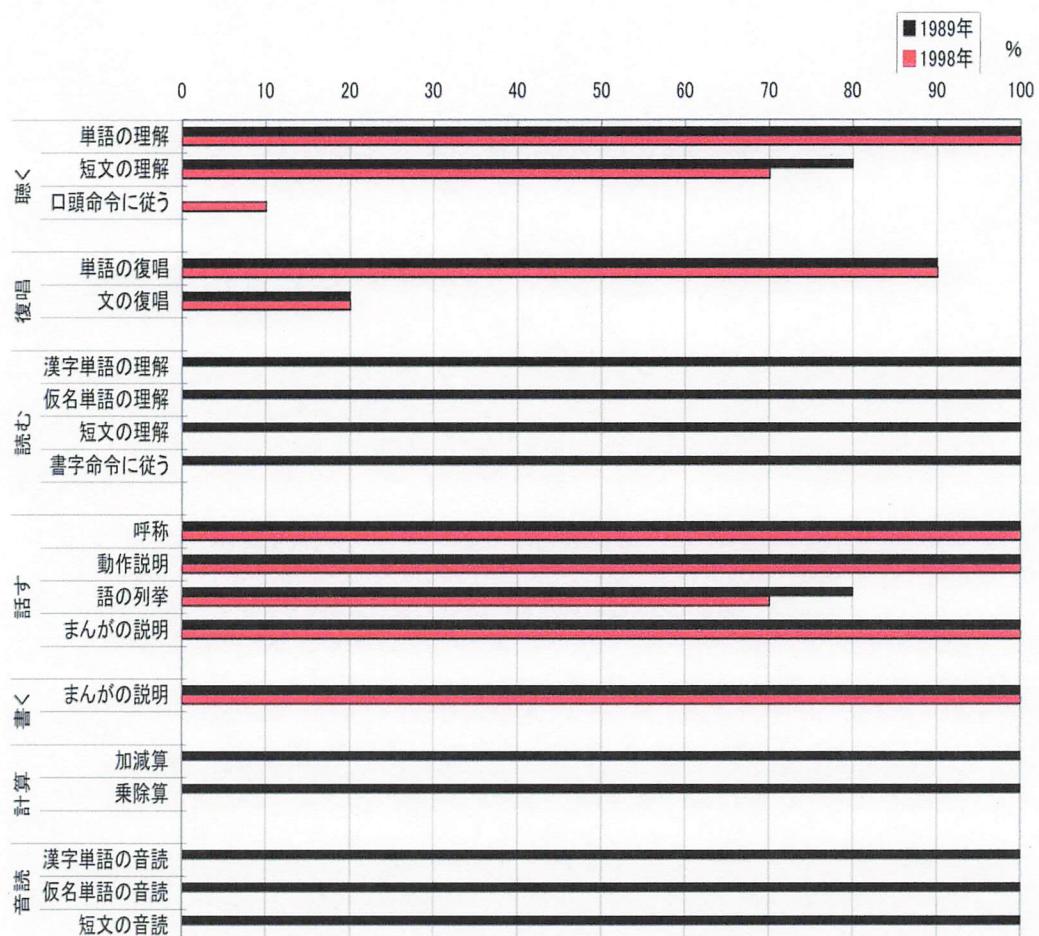


図2 KT の標準失語症検査 (SLTA) 結果. 聴覚経路を介さない課題の成績は良好. 1998年は、聴く・話す・書く・復唱の項目のみ施行. 1989年は発症から8ヶ月後, 1998年は発症から10年後である.

## II 語音明瞭度検査

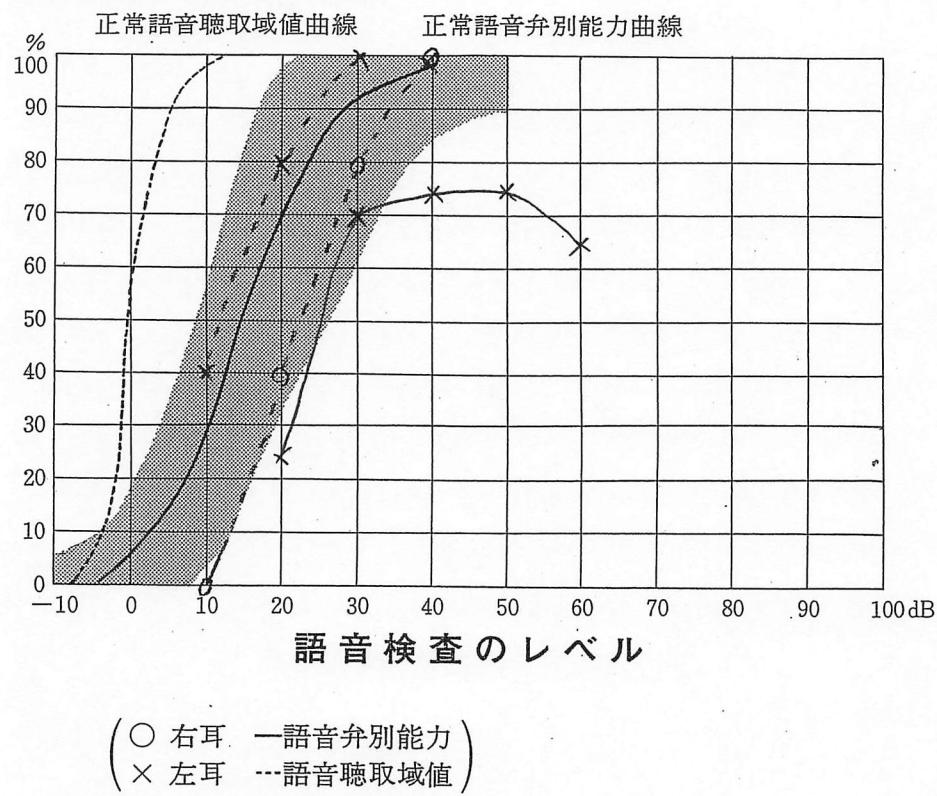


図 3 語音聴取閾値の結果

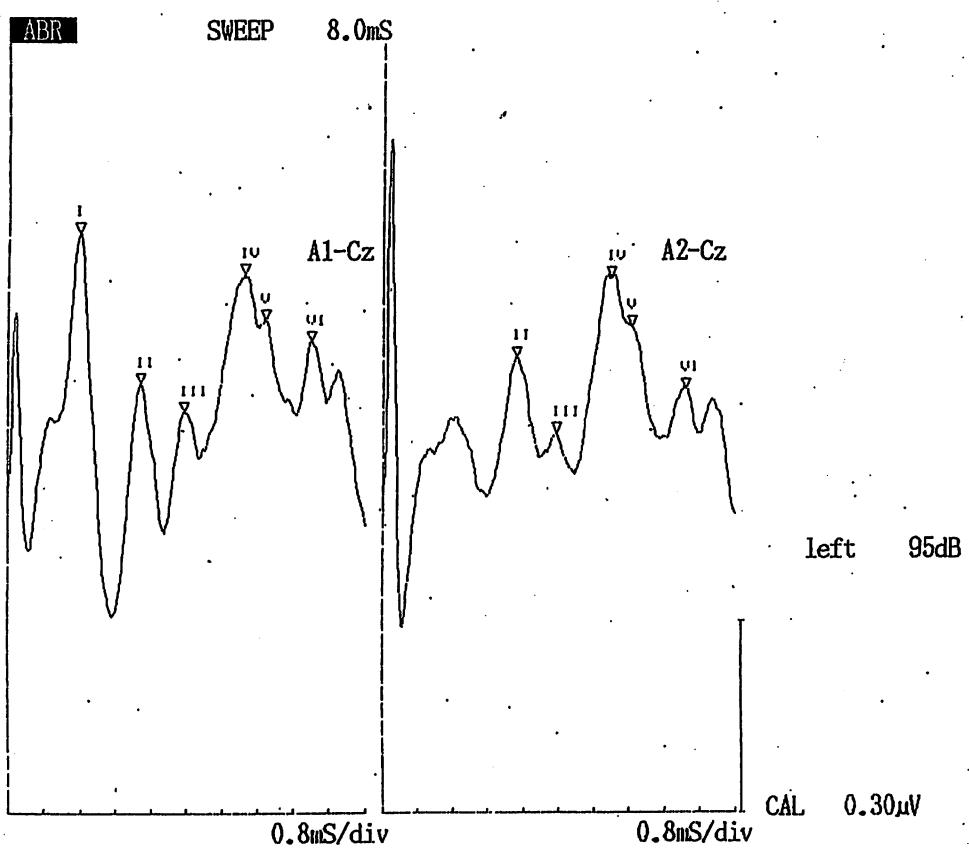
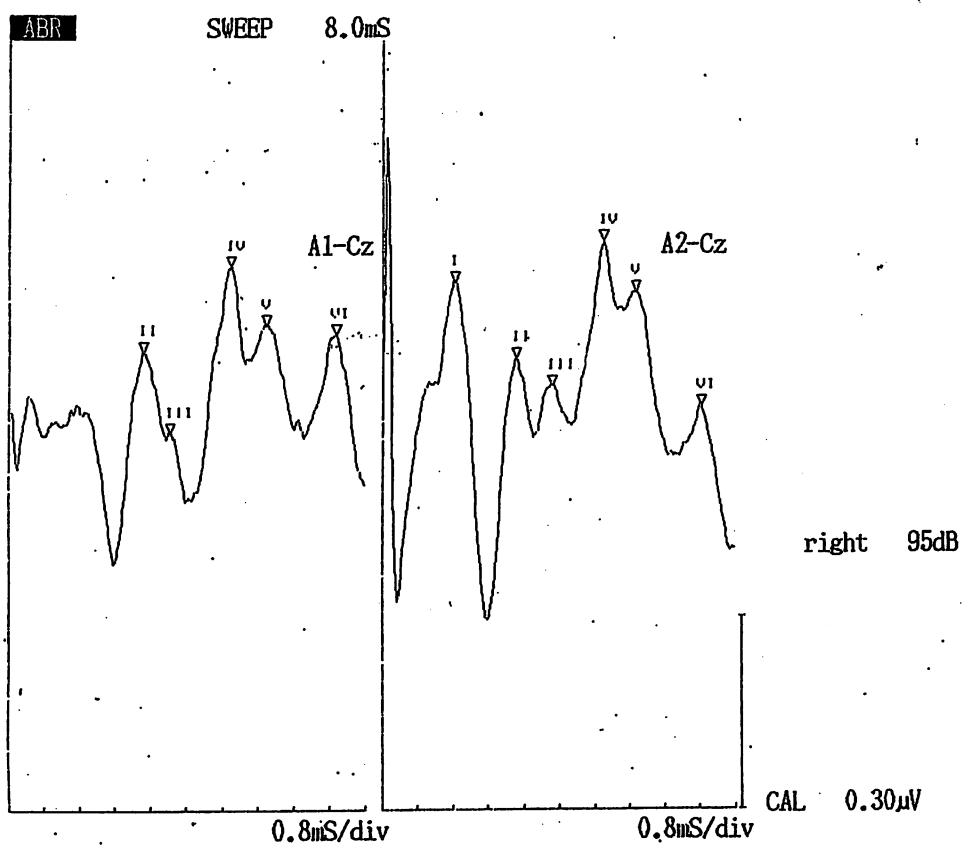


図4 KTのABRの結果

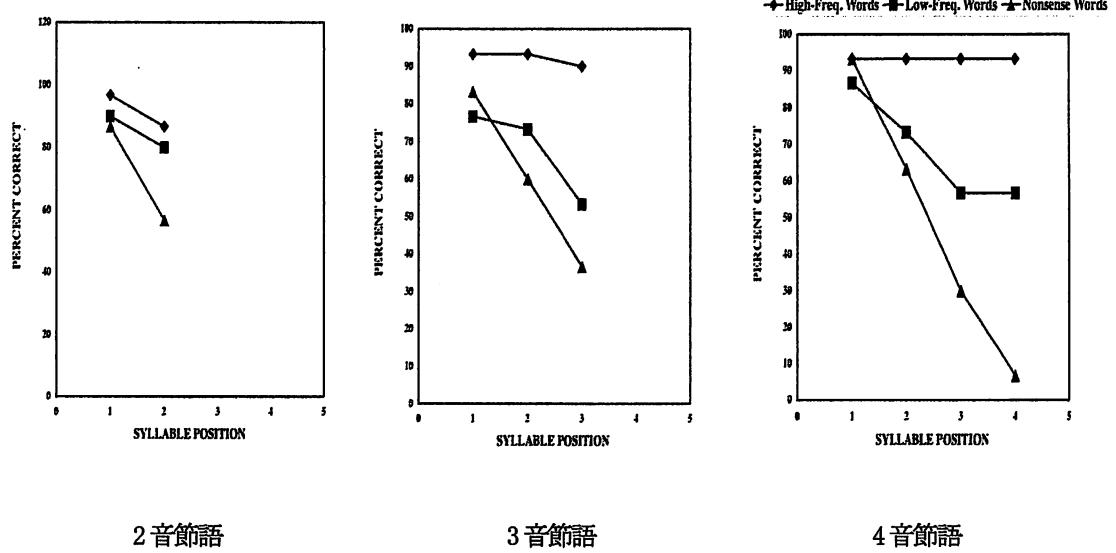


図 5 KT 復唱の結果. 横軸は、音節の表示位置を示す。無意味音節では、音節位置が後方にいくほど再生率がさがる。

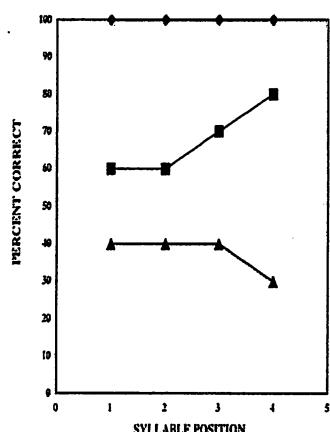
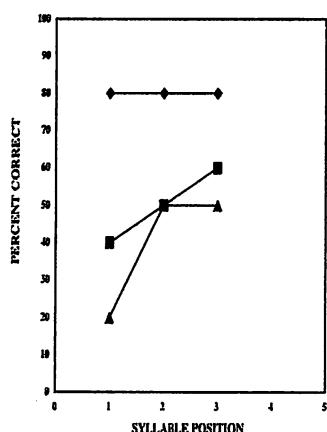
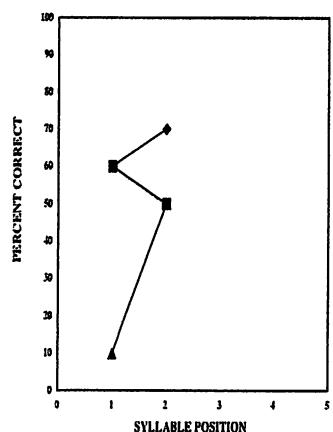
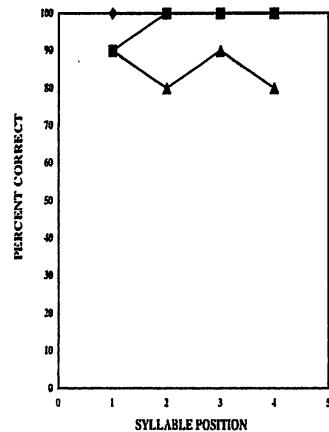
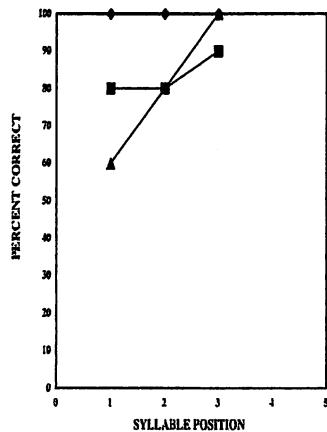
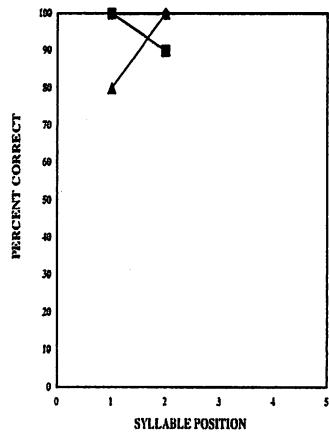


図 6 対照群 (SH および TN) における復唱の結果 (上段 SH, 下段 TN). KT と異なり, 呈示音節位置が後方にいくにつれ再生率が下がるという傾向は示さない.

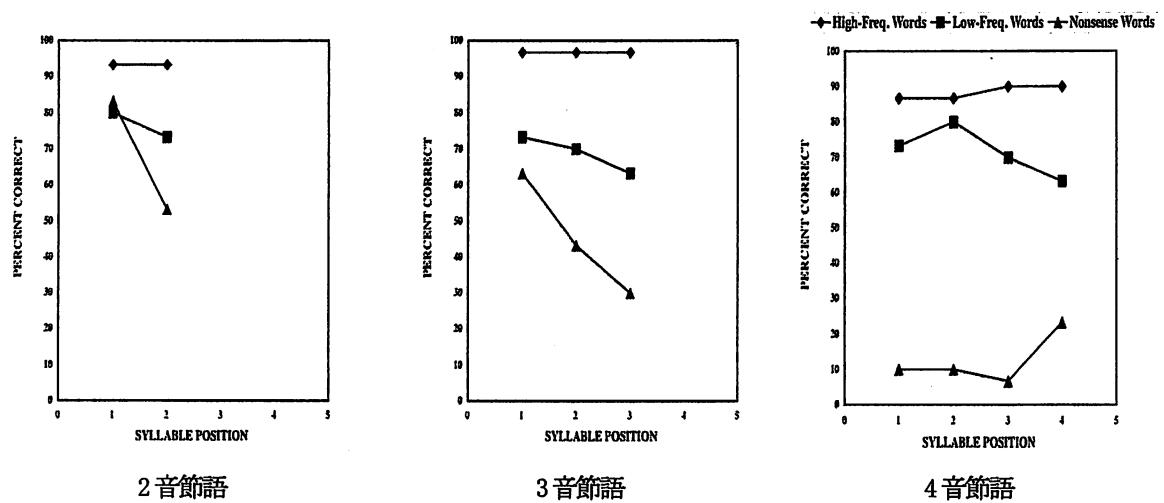


図7 KT逆唱の結果。横軸は復唱と同様。呈示音節位置を示している。KTはグラフ上右から答えていることになる。第1音節の方があとから答えているにもかかわらず、再生率は高い。

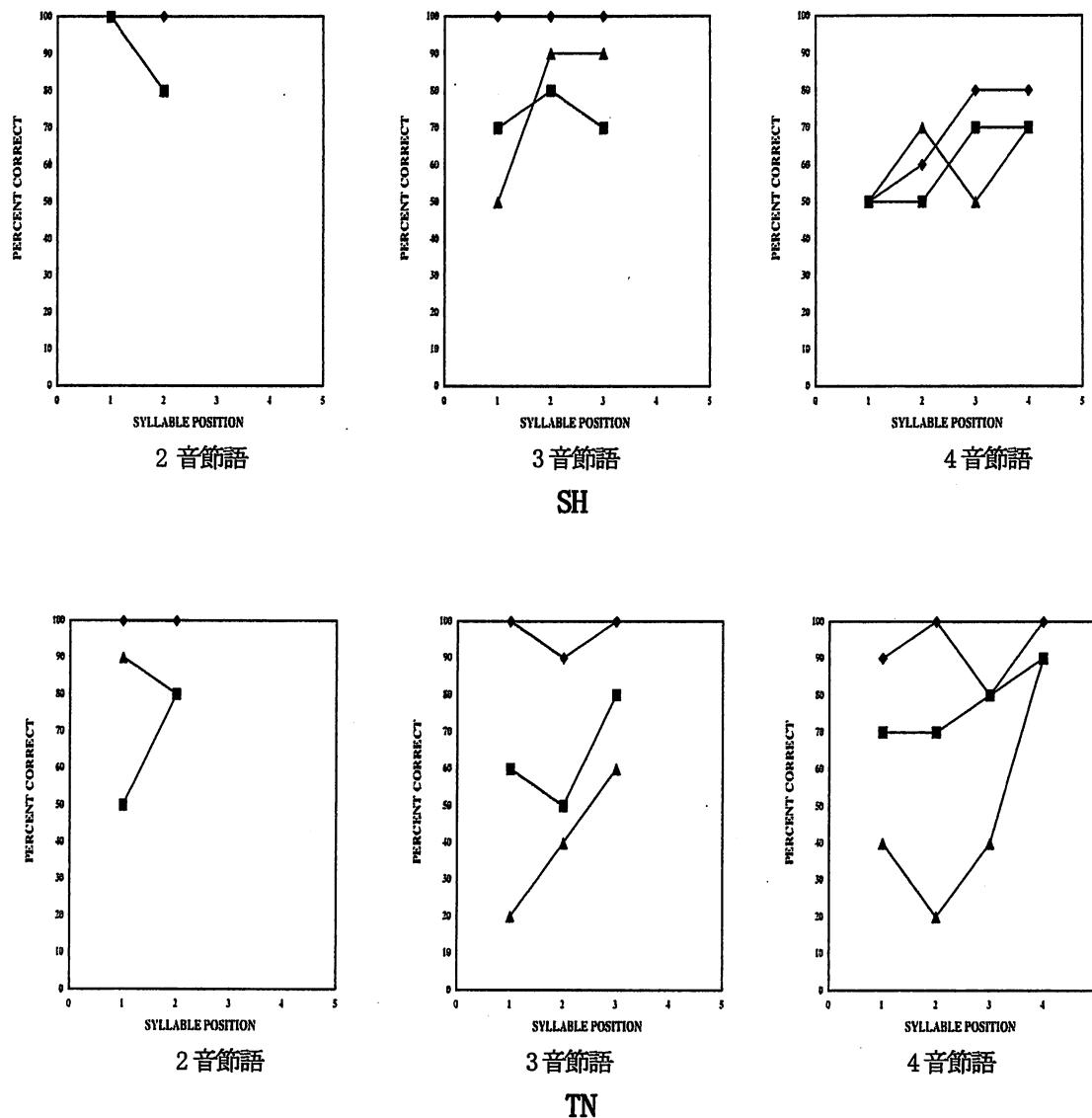


図8 対照群（SHおよびTN）における逆唱の結果（上段SH、下段TN）。対照群では呈示音節位置と再生率の一定した傾向は認められない。

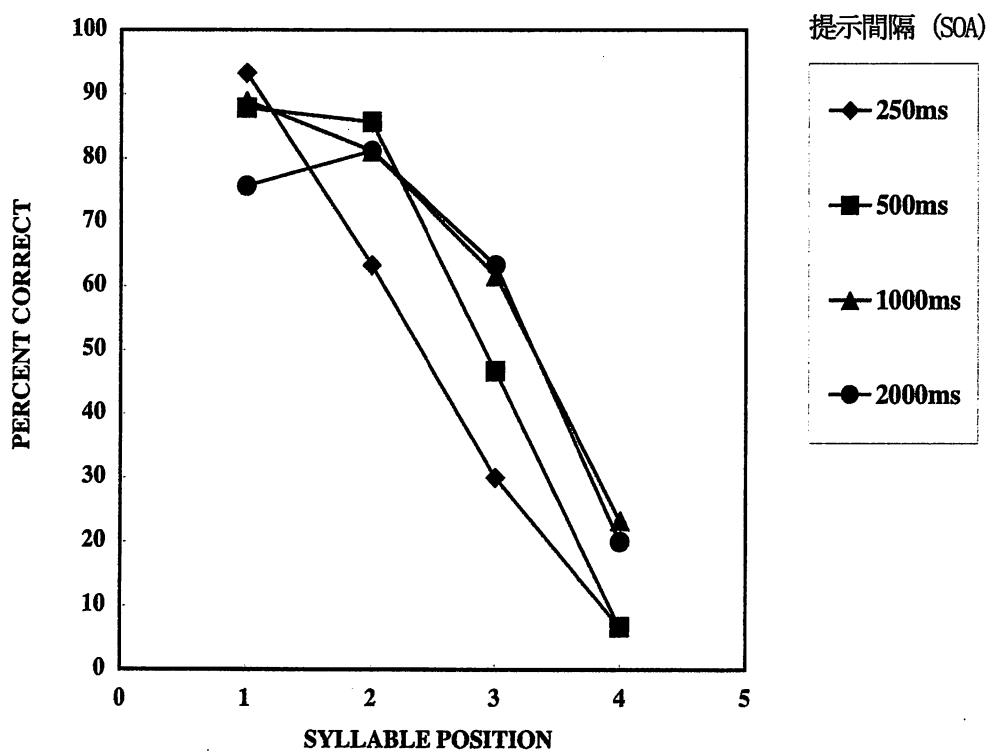


図9 提示間隔を変化させた復唱課題の結果。提示間隔を長くしても後方の再生率はあがらない。

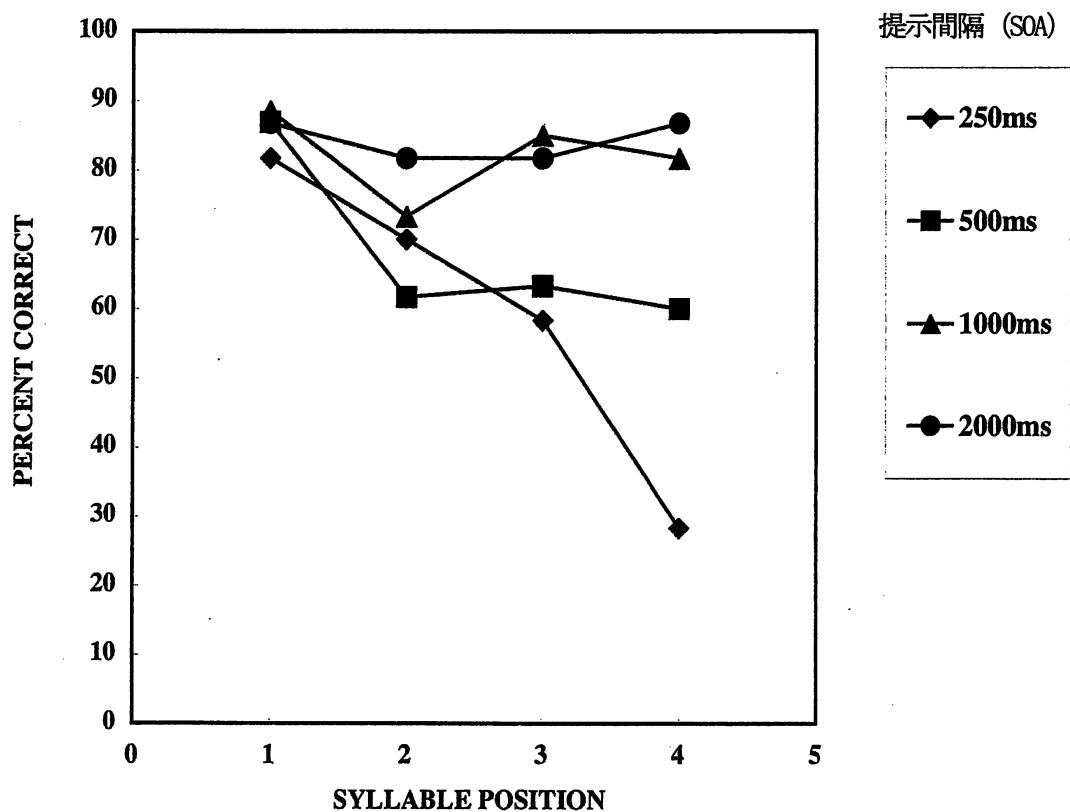


図 10 提示間隔を変化させた音節照合課題の結果。SOA が 1000ms 以上になると後方の音節の再生率があがる。

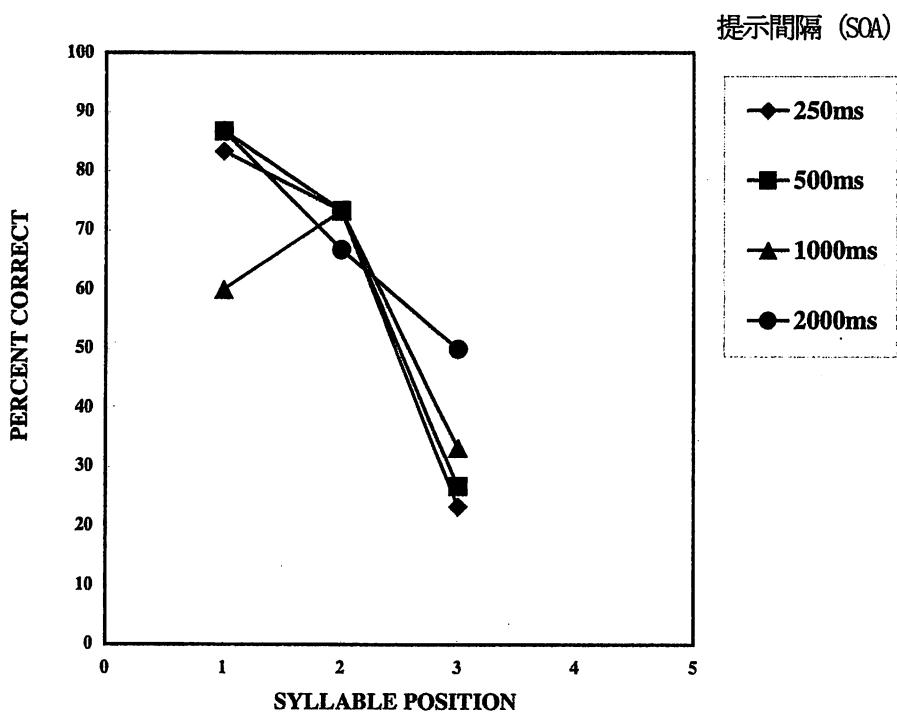


図 11 KT 加工音声 3 音節語復唱の結果。提示間隔を変化させたが、自然音声の実験結果と同様、SOA が長くなても後方の再生率はあがらない。

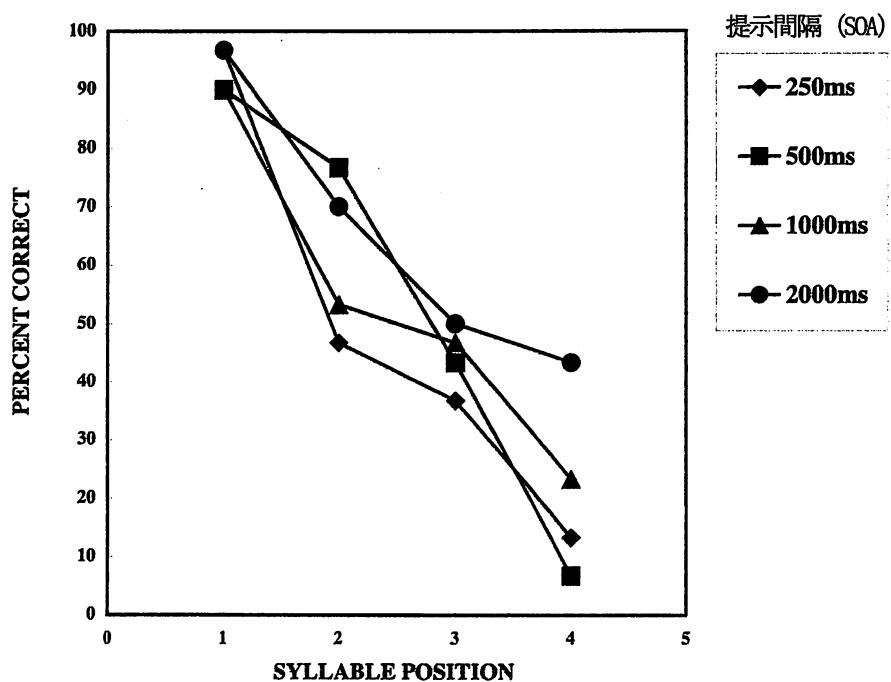


図 12 KT 加工音声 4 音節語復唱の結果。3 音節語と同様の結果となり、調音結合の影響は否定された。

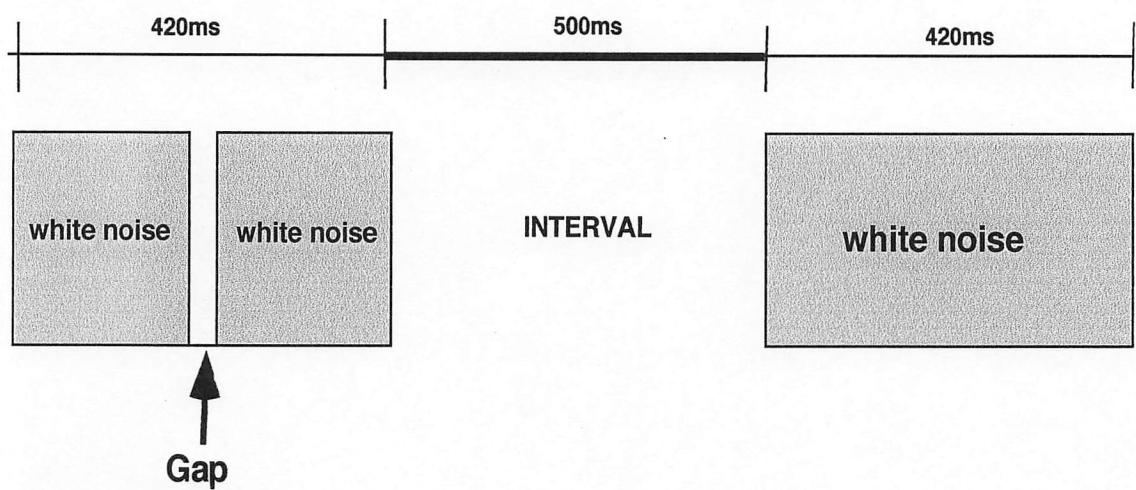


図 13 ギャップ検出法

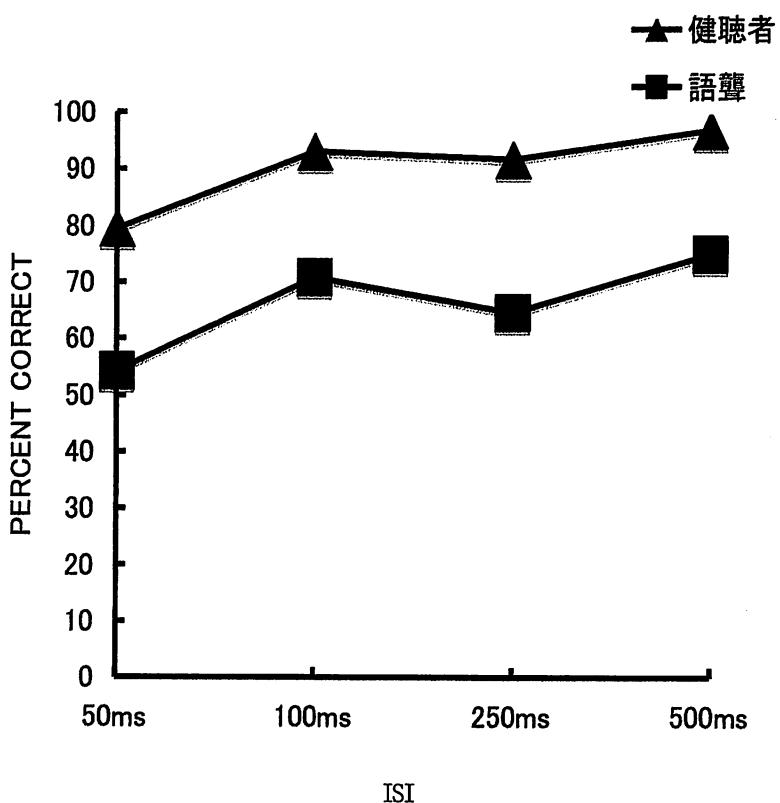
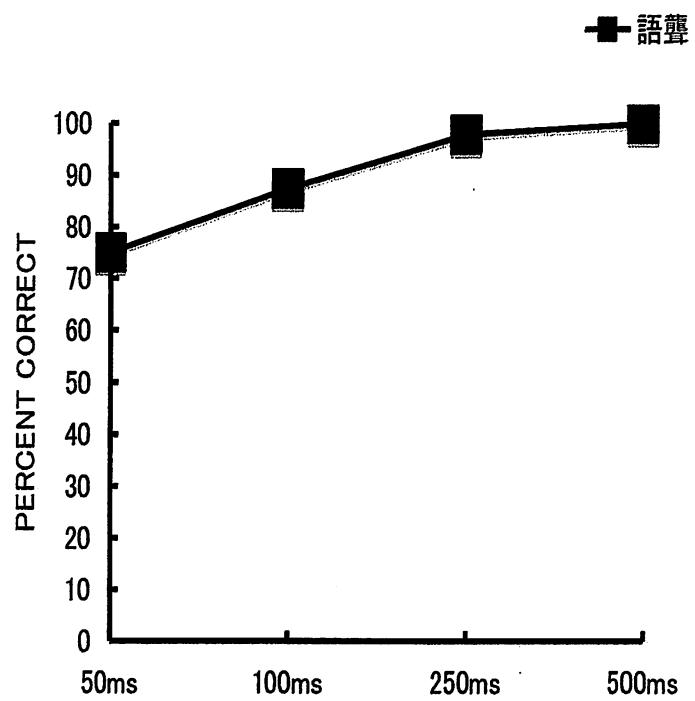


図 14 パターン系列の弁別の結果。語聾症例は健聴者より全般に低い正答率である。また 1 音の長さが 500ms になっても正答率は 70% 台にとどまっている。



ISI

図 15 非言語音の照合課題の結果。パターン系列の弁別の実験結果と異なり、1音の長さが 100ms を越えると正答率は 100%に近づいた。

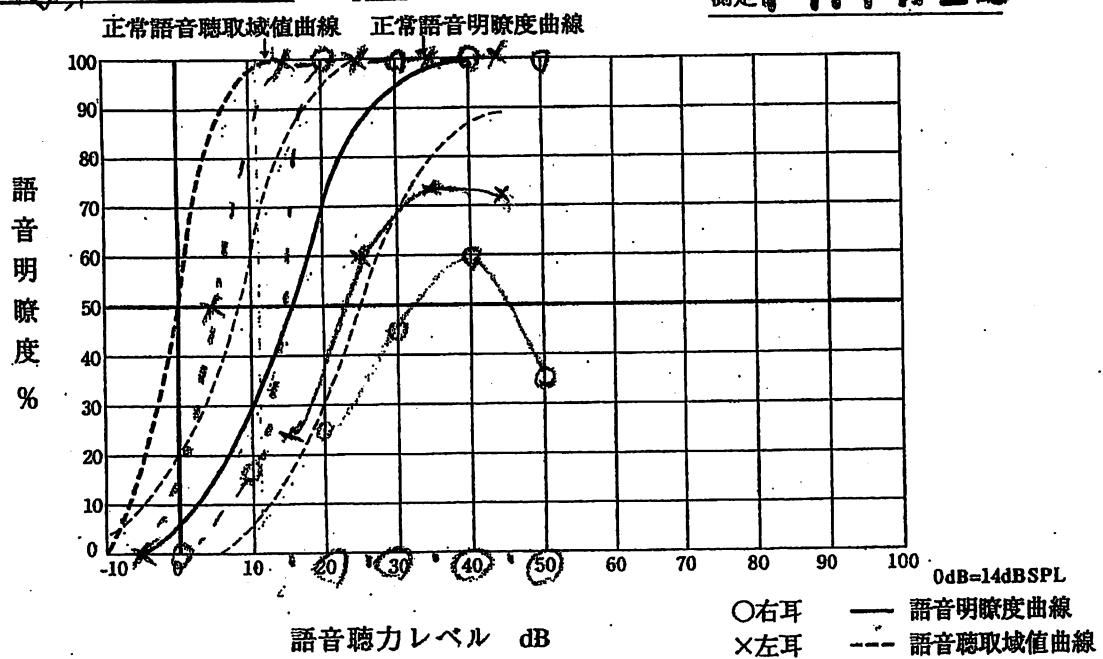
語音オージオグラム

氏名: K.T. 歳男・女 使用リスト:

語音聴取域値: 右 15 dB 左 5 dB

語音弁別能: 右 60 % 左 74 %

測定日 17年11月28日



永島医科器械株式会社 TA-101

図 16 語音聴取閾値・最高明瞭度の結果

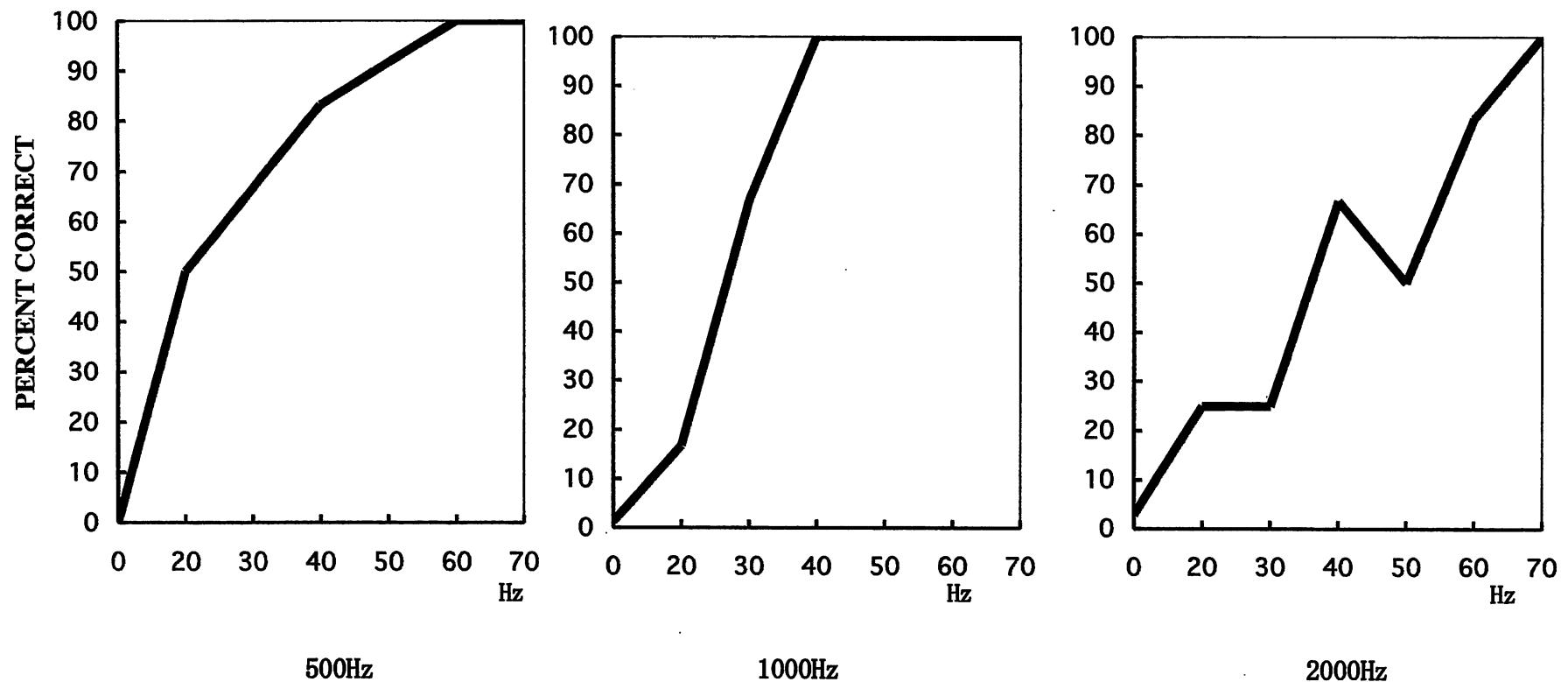


図 17 周波数弁別の結果。横軸は周波数の差を表し、縦軸は正答率を表している。基本周波数が 2000Hz のとき、値が若干変動した。

## 資料

## 資料目次

- 資料 1 環境音の認知テスト
- 資料 2 メロディーの認知検査に使用した曲
- 資料 3 単語の復唱実験の刺激材料
- 資料 4 音節照合課題の刺激材料
- 資料 5 加工音声に使用した自然音声の長さと加工方法
- 資料 6 加工音声を用いた実験の刺激材料
- 資料 7 加工音声の SOA と全体の長さ
- 資料 8 ギャップ検出実験プログラム

## 資料1 環境音の認知テスト

提示音		選択肢			
		ターゲットの絵	音響的	意味的	無関連
1	踏切の音	踏切	こおろぎ	ブザー	牛
2	馬のいななき	馬	車が急ブレーキをかけている場面	羊	電車
3	犬のほえ声	犬	ライフルを撃っている男性	ライオン	雨
4	電車の走る音	電車	駆けている馬	船	泣いている赤ん坊
5	ヘリコプターのプロペラ音	ヘリコプター	すずめばち	車	馬
6	嵐の音	風の吹き荒れている場面	走っているレーシングカー	雨	犬
7	ライオンのほえ声	ライオン	雷	牛	船
8	釣り船のエンジン音	釣り船	ドラムをたたいている男性	ヘリコプター	羊
9	牛の鳴き声	牛	汽笛を鳴らしている船	馬	電話
10	ヒールのこつこついいう音	ヒールをはいた女性の足	ドアをたたいているところ	スリッパを履いた足	雷
11	猫の鳴き声	猫	泣いている赤ん坊	犬	汽車
12	蛙の鳴き声	蛙	速い流れの渓流	鶯	電車
13	雨の音	雨	拍手をしている手	雷	口笛を吹いている男性
14	飛行機の音	飛行機	風の吹き荒れている場面	電車	豚
15	ライフルの銃撃音	ライフルを撃っている男性	釘を金槌で打っている男性	弓を引いている男性	ライオン
16	電話の鳴る音	電話	こおろぎ	掃除機	鶏
17	羊の鳴き声	羊	泣いている赤ん坊	牛	飛行機
18	鶯のさえずり	鶯	口笛を吹いている男性	鶏	ヘリコプター
19	蝉の鳴き声	蝉	汽車	こおろぎ	車
20	咳	咳をしている男性	ドアをたたいているところ	あくびをしている男性	掃除機

## 資料2 メロディーの認知検査に使用した曲

1	かたつむり
2	きしや
3	むすんでひらいて
4	うれしいひなまつり
5	はるがきた
6	ちょうちょう
7	おもちゃのちやちやちや
8	チューリップ
9	いぬのおまわりさん
10	たなばたさま
11	しゃぼんだま
12	どんぐりころころ
13	あかとんぼ
14	ななつのこ
15	ハッピーバースデイ・トウ・ユー

資料3 単語の復唱実験の刺激材料

	高頻度語		低頻度語		無意味語	
2音節語	うま	くつ	うめ	むちゃ	あくれつ	どね
	いえ	むね	かお	よか	きち	ゆか
	みず	さじ	ふね	さは	せり	むこ
	ほん	ゆり	せみ	あま	たみ	おい
	いぬ	あし	にじ	わけ	ひえ	うさ
	やま	たか	つる	まと	わた	けし
	ねこ	かき	たこ	べに	まゆ	そふ
	いす	なす	はし	つゆ	のき	へた
	かさ	わに	えび	いち	るす	にす
	まど	ほし	まめ	のり	やけ	つや
						ぬけ
						もわ
						りな

	高頻度語		低頻度語		無意味語	
3音節語	めがね	こたつ	だるま	つよき	てそう	まむし
	でんわ	はさみ	きもの	にがて	そぶり	ほこり
	たまご	つくし	とんぼ	りそく	けらい	えふで
	ぼうし	らくだ	ばなな	うんゆ	あやめ	つぼみ
	とけい	もみじ	くじら	ぎだい	らむね	れきし
	ごはん	さくら	たいこ	すいり	にかわ	のはら
	くすり	せんす	ぼすと	てびき	まるた	よせん
	つくえ	やかん	うさぎ	かたぎ	べると	わだい
	さかな	たぬき	ふすま	しいれ	やくめ	きろく
	たばこ	かたな	ひつじ	まちぎ	わふく	むくち
						いめふ
						わくち
						はいか

	高頻度語		低頻度語			
4音節語	たいよう	あさがお	おにぎり	あかつき	わかさま	とりつき
	くつした	びすとる	ふんすい	かいまく	さいわい	くろしお
	じどうしゃ	まつたけ	そろばん	うすぎり	ぬかるみ	おくがい
	えんぴつ	とんねる	かまぼこ	まどぐち	としより	やじうま
	しんぶん	さいころ	のこぎり	ふみきり	まきもの	めりやす
	ひこうき	むらさき	つなひき	いろあい	うきくさ	ほらあな
	せんせい	はごいた	はいざら	けんえつ	りくあげ	すなやま
	かみそり	しまうま	こうもり	たちきり	ゆきみち	なつやせ
	かっこう	ろうそく	あいろん	こくせい	ふるいけ	ろうどく
	はぶらし	にんじん	たまねぎ	ちょうたつ	のきした	よそいき

無意味語		
まにいが	いゆりお	かしせな
たさじこ	わうすえ	なろえし
かりらみ	ねうえけ	ておかぬ
そやゆほ	むききた	うせのわ
むばろも	くとのい	らてまお
てのすで	つえなむ	みふいめ
とわきお	さこひほ	すくたみ
あひせち	ひにそも	ゆまひほ
れねこど	やわてち	ほつやす
ねつしけ	ろこぬそ	しえのす

資料 4-1 音節照合課題の刺激材料

	[ra]	[ni]	[ku]	[me]	[yo]
	たもふら(4)	にひせこ(1)	くまりゅ(1)	たしめこ(3)	へちにほ(NT)
	らかゆろ(1)	よさるれ(NT)	ねくもや(2)	めちるね(1)	よますへ(1)
	こみそね(NT)	にやるね(1)	やもくね(3)	せたつむ(NT)	よりぬほ(1)
	ろゆらか(3)	つにとさ(2)	めゅはち(NT)	めなひの(1)	きみらも(NT)
	らきすて(1)	とへきら(NT)	ゆくりま(2)	けつふに(NT)	よかみせ(1)
	かれしと(NT)	ふにそち(2)	ちふかめ(NT)	こしため(4)	つねてそ(NT)
	もふらた(3)	にさつと(1)	しとぬめ(NT)	めさまれ(1)	よしふて(1)
	つひむら(4)	へのしか(NT)	くぬへろ(1)	しめこた(2)	よなきれ(1)
	すらてき(2)	にちふそ(1)	つこはた(NT)	ねめるち(2)	かよせみ(2)
	ひせむや(NT)	けむはに(4)	くしけそ(1)	ちるめね(3)	てくとれ(NT)
	らたふも(1)	しゅれみ(NT)	まゆくり(3)	ひめなの(2)	すまよへ(3)
	ちはふめ(NT)	ひにこせ(2)	さきてむ(NT)	ひのめな(3)	なよれき(2)
	へちのら(4)	むみせは(NT)	もやねく(4)	ちぬねめ(4)	りよほぬ(2)
	てきらす(3)	さとつに(4)	へくろぬ(2)	めたしこ(1)	たしむほ(NT)
	ゆらろか(2)	になみほ(1)	こはるね(NT)	なのひめ(4)	てそつの(NT)
	てすきら(4)	なきふと(NT)	てくふみ(2)	ふねこつ(NT)	ふよてし(2)
	のみたこ(NT)	むにけは(2)	ちかはゆ(NT)	つろはめ(4)	へよすま(2)
	らちへの(1)	とさにつ(3)	ぬろくへ(3)	までさつ(NT)	そつはよ(4)
	そまれら(4)	きてたつ(NT)	そくしけ(2)	めむせほ(1)	せみよか(3)
	はめふろ(NT)	そちにふ(3)	てみくふ(3)	ほらねみ(NT)	したひも(NT)
	らひむつ(1)	こひにせ(3)	とのめし(NT)	はのてむ(NT)	ますへよ(4)
	まそられ(3)	ねるやに(4)	へぬろく(4)	きめれさ(2)	ほぬより(3)
	こたのみ(NT)	なにほみ(2)	すそひよ(NT)	ろめつは(2)	とれくて(NT)
	ふらもた(2)	らくちへ(NT)	みてふく(4)	なすひせ(NT)	しふよて(3)
	ほゆにて(NT)	ふちそに(4)	りゆまく(4)	はろめつ(3)	みせかよ(4)
	へらのち(2)	にはむけ(1)	みせゆら(NT)	てそけし(NT)	つはよそ(3)
	せひむな(NT)	みむせは(NT)	すこたく(4)	ほらみね(NT)	すはちの(NT)
	ろゆから(4)	みほにな(3)	くみふて(1)	せほむめ(4)	なきよれ(3)
	れらそま(2)	つたてき(NT)	たこくす(3)	さきめれ(3)	ちほにへ(NT)
	ゆにてほ(NT)	けはにむ(3)	しけくそ(3)	のてむは(NT)	りぬほよ(4)
	のへらち(3)	やるにね(3)	くやねも(1)	れさきめ(4)	はよそつ(2)
	みせそこ(NT)	はなみに(4)	たくこす(2)	むせめほ(3)	れきなよ(4)
	つむらひ(3)	のこすへ(NT)	らせよむ(NT)	めはつろ(1)	らもにき(NT)
	らまれそ(1)	せこひに(4)	そしけく(4)	ほめせむ(2)	てふしよ(4)
	れしかと(NT)	さりるよ(NT)	くたすこ(1)	かしせと(NT)	かのちつ(NT)
	むらつひ(2)	るにねや(2)	なひすそ(NT)	けひせな(NT)	よはつそ(1)
Total	36	36	36	36	36
	(1)= 6	(1)= 6	(1)= 6	(1)= 6	(1)= 6
	(2)= 6	(2)= 6	(2)= 6	(2)= 6	(2)= 6
	(3)= 6	(3)= 6	(3)= 6	(3)= 6	(3)= 6
	(4)= 6	(4)= 6	(4)= 6	(4)= 6	(4)= 6
	(NT)=12	(NT)=12	(NT)=12	(NT)=12	(NT)=12

( )内の数字は、標的音節の位置を示す。

(NT)は、標的音節を含まない刺激語。

資料 4-2 音節照合課題の刺激材料

[ka]	[mi]	[yu]	[re]	[no]
ろぬちき(NT)	みとくひ	らめけゅ	てよれき	まよけし(NT)
かぬろち	こみすや	とゆまち	れさたく	けましの
りさかけ	みてねま	ゆにこた	きねてよ(NT)	めのさつ
かしても	くとひみ	よむゆひ	むほやれ	むひての
むほりろ(NT)	つねてそ(NT)	せはろゆ	ちれせは	ひむのて
けりさか	ねまでみ	ろせずは(NT)	にこたむ(NT)	はにのり
へからそ	せたとみ	めらゆけ	れきてよ	ぬへらの
まふめよ(NT)	こやりす(NT)	せたつむ(NT)	これふす	まけのし
につるか	まみねて	たこにゅ	ほむれや	のめつさ
そらかへ	みやこす	ゆひよむ	こそねき(NT)	ちふほめ(NT)
せねよひ(NT)	にたとせ(NT)	まるちと(NT)	よてきれ	めさつも(NT)
てかもし	とひみく	けゆらめ	とれなし	のらへぬ
ふよめか	つむよみ	つけにふ(NT)	されくた	としめぬ(NT)
もしかて	たしむほ(NT)	ゆとちま	よてきね(NT)	るきのほ
ひねよせ(NT)	やすみこ	ねこつふ(NT)	ふすこれ	ろひむて(NT)
ろかちぬ	てそつの(NT)	むにこと(NT)	はせれち	へぬのら
かそへら	ひみくと	まちとゅ	れこすふ	きるほの
さかりけ	てまみね	にゆたこ	ちらふめ(NT)	しのけま
るにかつ	けなほみ	るちまと(NT)	れとしな	ましよけ(NT)
もてしか	むつみよ	ほてりゅ	てやむほ(NT)	にはりの
へさつよ(NT)	したもひ(NT)	ゆけめら	めなしと(NT)	のりはに
かさけり	やりすこ(NT)	けしせな(NT)	せはぢれ	のほるき
しらもて(NT)	みとせた	はすせろ(NT)	くにてほ(NT)	つさのめ
かつにる	すこやみ	ろゆせは	やれむほ	とこひせ(NT)
めふかよ	しとくひ(NT)	こたゆに	にせぬさ(NT)	らのぬへ
てしらも(NT)	みけなほ	りゆほて	くたれさ	ほのきる
よかふめ	すちはこ(NT)	ひめたろ(NT)	しなれと	ねはるこ(NT)
ろほむり(NT)	よみむつ	ひゆむよ	やてほむ(NT)	のしまけ
ふめよか	たせとに(NT)	めさきも(NT)	すふれこ	せよらむ(NT)
ぬちろき(NT)	ほみなけ	むよひゅ	れやはむ	てろひむ(NT)
ぬちかろ	とみたせ	しまとせ(NT)	くとさき(NT)*	てのむひ
かめよふ	としくひ(NT)	ゆろはせ	なしとれ	りのには
さつへよ(NT)	けほみな	てほゆり	くたされ	さつめの
るかつに	たせみと	ちまゆと	しとなめ(NT)	なひすそ(NT)
ちぬろか	ろほにへ(NT)	ゆりてほ	れちはせ	もつめさ(NT)
めよふま(NT)	みよつむ	はせゆろ	きれよて	のてひむ

標的音節語: 24語 \* 5=120語

\* 1回目: 「れとさき」として提示.

NT : 12語 \* 5= 60語

Total 36語 180語

資料 5 加工音声に使用した自然音声の長さと加工方法

	A	B	C	D	E	F
1	a	291			Count	
2	i	319			280	1
3	u	287			300	10
4	e	308			320	8
5	o	334			340	12
6	ka	296			360	4
7	ki	340			380	5
8	ku	367			400	2
9	ke	343			420	0
10	ko	367			440	2
11	sa	314	-50			0
12	si	390	-170cos-40ms			
13	su	423	-170cos-40ms	Average	328.95	
14	se	384	-100			
15	so	428	-130cos-40ms			
16	ta	288				
17	ti	364				
18	tu	342				
19	te	295				
20	to	329				
21	na	324	-35cos-20ms			
22	ni	333	-30cos-20ms			
23	nu	330	-25cos-20ms			
24	ne	324	-50cos-20ms			
25	no	370	-45cos-20ms			
26	ha	287				
27	hi	327	-40cos-40ms			
28	hu	358	-25cos-40ms			
29	he	303				
30	ho	321				
31	ma	313	-30cos-20ms			
32	mi	330	-45cos-20ms			
33	mu	361				
34	me	300	-100cos-40ms			
35	mo	320	-35cos-20ms			
36	ya	288				
37	yu	323				
38	yo	321	-35cos-40ms			
39	ra	275				
40	ri	314				
41	ru	345	-20cos-20ms			
42	re	309	-40cos-20ms			
43	ro	299				
44	wa	289				

資料 6 加工音声を用いた実験の刺激材料

	A	B	C	D	E
1	N-250-3	C-250-3	C-500-3	C-1000-3	C-2000-3
2	senune.hor	temawa.025	yasike.050	tekawa.100	sikeya.200
3	temawa.nor	ratosa.025	metoso.050	nowai.100	mekosi.200
4	kumoa.nor	reniki.025	nokoe.050	kaeta.100	unire.200
5	hisake.nor	senune.025	huhara.050	mihune.100	rutuna.200
6	ratosa.nor	yatesi.025	nunamo.050	hekime.100	eiso.200
7	reniki.nor	sitimo.025	tisose.050	nikire.100	timosi.200
8	mawate.nor	manuhi.025	murisu.050	sumuri.100	hitisu.200
9	tiseso.nor	yakeho.025	tutoyu.050	rasato.100	wateka.200
10	sitimo.nor	kumoa.025	sotome.050	mutia.100	yotuki.200
11	manuhi.nor	mawate.025	sahiko.050	toyutu.100	mokua.200
12	yakeho.nor	rotau.025	neuyu.050	nunese.100	monuna.200
13	hetae.nor	hetae.025	mokui.050	ritaso.100	kohahi.200
14	rotau.nor	hisake.025	raowa.050	yokitu.100	tisuhi.200
15	miyono.nor	miyono.025	ranitu.050	mesiko.100	yahoke.200
16	yatesi.nor	tiseso.025	rehaoo.050	rukuse.100	tusase.200
17					
18					
19					
20	N-250-4	C-250-4	C-500-4	C-1000-4	C-2000-4
21	hasenayu.nor	roranoho.025	mahayuse.050	yamesuka.100	hisukumu.200
22	howaina.nor	sauone.025	tahekike.050	teresiko.100	tihesoku.200
23	numawaa.nor	hasenayu.025	hororano.050	keheyoi.100	humaninu.200
24	sauone.nor	numawaa.025	moyakutu.050	rasetemu.100	mokanuya.200
25	yomonau.nor	wareruno.025	yohutie.050	kesarume.100	tikosiyu.200
26	hanutuku.nor	howaina.025	manesou.050	hekinihio.100	hekiketa.200
27	yoanemi.nor	watokoka.025	meronisi.050	hikasoto.100	nahomuyu.200
28	nihehoki.nor	nihumosa.025	mawaanu.050	hiyukinu.100	tesukia.200
29	nihumosa.nor	hanutuku.025	netosai.050	yakutumo.100	mohetai.200
30	watokoka.nor	kutunuha.025	nohakoi.050	henusie.100	tatihaku.200
31	wareruno.nor	yoanemi.025	yuohamu.050	konohai.100	merusake.200
32	newakasa.nor	nihehoki.025	miyonea.050	humiotu.100	niromesi.200
33	kutunuha.nor	hutaseke.025	tumekosa.050	nayaote.100	oremimo.200
34	roranoho.nor	yomonau.025	mekosatu.050	tohisoka.100	muyuoha.200
35	hutaseke.nor	newakasa.025	tinousi.050	tumayoa.100	kiruyau.200

資料7 加工音声の SOA と全体の長さ

提示時間条件	無音部分(ms)	実際の SOA	全体の長さ(ms)	
			3 音節語	4 音節語
250ms	70	280	770	1050
500ms	290	500	1210	1710
1000ms	790	1000	2210	3210
2000ms	1790	2000	4210	6210

## 資料8 ギャップ検出実験プログラム

```
% Transformed up-down method
% Gap detection in white noise
% Aug. 4, 2005 Nakakoshi

clear

%parameters
fs      = 44100; % sampling freq (Hz)
level   = -14;   % signal level (dB)
dur     = 0.42;  % signal duration (sec)
ramp    = 0.01;  % ramp duration (sec)
ISI     = 0.5;   % interstimulus interval (sec)
step    = sqrt(2); % step (factor)
MaxTrial = 100; % termination of session
MaxCount = 1;   % (MaxCount+1) successive correct responses decrease diff
MaxRev   = 11;   % session is terminated if number of reversal reaches MaxRev
                % number of runs = MaxRev + 1;
rev2     = 4;    % correct reversal values after rev2

%initialize
sbj = input('Your name: ');
fname = input('Save results to: ');

rand('seed', sum(100*clock));
gap0 = round(rand*10)+30; % initial gap duration (ms) 10:1:20

fid = fopen(['\kashino\gorou\temporal\' fname], 'a');
fprintf(fid, 'Gap detection in white noise\n');
fprintf(fid, 'Subject %s\n', sbj);
fprintf(fid, 'Date %s\n', date);
fprintf(fid, 'Fs %f Hz\n', fs);
fprintf(fid, 'Level %f dB\n', level);
fprintf(fid, 'Duration %f ms\n', dur*1000);
fprintf(fid, 'Ramp %f ms\n', ramp*1000);
fprintf(fid, 'ISI %f ms\n', ISI*1000);
fprintf(fid, 'Initial gap %f ms\n', gap0);
fprintf(fid, 'Step factor%f\n', step);
fprintf(fid, 'Trial\t Reversal\t Gap\t Stimulus\t Response\t Correct\n');
silence = zeros(1, ISI*fs);

randn('seed', sum(100*clock));
%session loop
disp('');
disp('***** Session *****');
disp('');
```

```

disp('Press any key to start');
pause
m = 0;
trial = 0;
counter = 0;
rev = 0;      % number of reversals
top = 0;      % top : 0
status = 0; % up : 1, same : 0, down : -1
correct = 0; % correct : 1, wrong : -1
gap(1) = gap0; % initial gap duration
threshold = 1; % discrimination threshold (geometric mean)

while trial < MaxTrial
    trial = trial + 1;
    disp(trial);
%    disp(gap(trial));

    % determine order -1: first, 1: second
    ord = sign(randn);

    %make signal
    n1 = randn(1,dur*fs);
    n2 = randn(1,dur*fs);
    startp = round((dur-gap(trial)/1000)/2*fs);
    endp   = round((dur+gap(trial)/1000)/2*fs);
    if ord == -1; n1(startp:endp) = zeros(1,(endp-startp+1)); end;
    if ord == 1; n2(startp:endp) = zeros(1,(endp-startp+1)); end;
    Sig = exp(level/20*log(10)) * ...
        [cosramp(n1, fs, ramp) silence cosramp(n2, fs, ramp) silence];

    %D/A
    sound(Sig, fs)

    %get response
    resp = menu('Which contains a gap?', 'Sound 1', 'Sound 2');
    correct = ord * (resp*2-3);

    %feedback
    if correct == -1; disp('WRONG'); end;
    if correct == 1; disp('CORRECT'); end;
    disp(' ');

    %determine next gap duration
    if top == 0
        top = top + 1;
    end;

```

```

if correct == 1
    if counter == MaxCount
        gap(trial+1) = gap(trial) / step;
        counter = 0;
        if status == 1
            rev = rev + 1;
            top = 0;
            if rev > rev2
                threshold = threshold * gap(trial);
            end;
        end;
    else
        gap(trial+1) = gap(trial);
        counter = counter + 1;
    end;
end;
if correct == -1
    gap(trial+1) = gap(trial) * step;
    counter = 0;
    if status == -1
        rev = rev + 1;
        top = 0;
        if rev > rev2
            threshold = threshold * gap(trial);
        end;
    end;
end;

%write response to file
fprintf(fid, '%3.0f\t %3.0f\t %6.2f\t %3.0f\t %3.0f\t %3.0f\n', ...
    trial, rev, gap(trial), ord, (resp*2-3), correct);

if gap(trial+1) < gap(trial); status = -1; end; %down
if gap(trial+1) > gap(trial); status = 1; end; %up

if rev > MaxRev; trial = MaxTrial; end;

end %while

disp(' ');
disp('***** Session is over. Thanks. *****');

%display results
threshold = threshold ^ (1 / (MaxRev + 1 - rev2)); %geometric mean
disp(' ');

```

```

%disp(['Your threshold = ' num2str(threshold) ' ms'])
fprintf(fid,'Threshold = %t%6.2f\n',threshold);
fclose(fid);

plot(gap)
xlabel('Trial #');
ylabel('Gap duration (ms)');
title(['Threshold = ' num2str(threshold) ' ms']);

コサイン窓
function v = cosramp(x, fs, duration)
% x : input signal
% fs : sampling frequency (Hz)
% duration : ramp duration (sec)
duration = round(duration * fs);
[ch len] = size(x);
ramp = ones(ch, len);
t = 0:duration-1;
for i = 1:ch
    ramp(i, 1:duration) = -(cos(pi*t/duration)-1)/2;
    ramp(i, len-duration+1:len) = (cos(pi*t/duration)+1)/2;
end
y = ramp .* x;

```