

学位論文

「高齢女性における聴覚的時間分解能と雑音下の単語了解度」

DM09008 矢崎 牧

北里大学大学院医療系研究科医学専攻博士課程  
感覚・運動統御医科学群 リハビリテーション学  
指導教授 松平 登志正

## 著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において実験を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成したものに相違ないことをここに宣言する。

## 概要

### 【背景】

聴覚において必要とされる基礎的な情報処理能力の一つに時間分解能がある。これは、刺激の時間的变化、例えば二つの刺激の間隙（ギャップ）や、刺激の変調を検知する能力と定義されている。時間分解能は加齢により低下するが、内耳機能の低下（感音障害）によっても低下することが知られている。加齢による時間分解能の低下が加齢による内耳機能の低下のみによるものか、後迷路機能の低下にもよるのかについては議論のあるところである。聴力低下とは独立して時間分解能は加齢に伴う後迷路機能の低下により 60 才前には衰え始めているという報告がある一方で、聴力低下を統制すると加齢による低下はないとする報告もあり、一致した見解が得られていない。

同じように、雑音下のことばの聞き取りに関しても、聴力が正常でも年齢とともに衰えていくとする報告がある一方で、ことばを聞き取る能力の低下は高齢者の聴力低下が主な要因であるという報告もあり、加齢に伴う後迷路機能の低下がどの程度雑音下のことばの聞き取りに影響しているかについて一致した見解が得られていない。しかし、聴力だけでは説明できないほど雑音下のことばの聞き取りが低下している高齢者が数多くいることは事実であり、このような高齢者の場合は、聴覚の神経伝導路を含む中枢レベルの聴覚情報処理の衰えの関与が考えられる。

加齢に伴う後迷路機能の低下の影響を調べるには聴力の影響を最小限にすることが望ましいが、若年者と同様に聴力の良い高齢者を見つけるのは困難である。そこで従来の報告では、統計的に平均聴力を統制する方法が用いられてきたが、高音域の聴力までは厳しくコントロールされていないものが多い。また、時間分解能の低下が雑音下のことばの聞き取りに影響するかどうかについても一致した見解が得られていない。

### 【目的】

60 歳代前半の高齢女性を対象に、聴覚の時間分解能と雑音下での単語理解度を測定し、これらの結果が若年群と比較して衰えているかどうかを検討するとともに、両者の関連について検討する。

### 【対象と方法】

少なくとも片耳に難聴の自覚のない若年女性（18～24 歳）14 名（若年群）と高齢女性（59～65 歳）33 名（高齢者群）を対象にした。被験者全員に対して、Gaps-In-Noise(GIN)テストを用い 6 秒間の雑音中でおこる途切れ目の検出可能な最小時間幅（ギャップ検出閾値, GDT）を求め、検査語表 CI-2004（8 リスト）を用い SN 比 4 条件で連続雑音下と断続雑音下の単語理解度を求めた。高齢者群の高音域聴力低下の影響を最小限にするために、全ての検査材料はローパスフィルタ処理（遮断周波数 4 kHz）を行った。女性のみを対象とした理由は、高齢者のことばの聞き取りと時間分解能に男女差があるとする報告があるためである。

### 【結果と考察】

若年群のギャップ検出閾値は、6.3 ms (SD=1.4 ms)で、高齢者群の 8.3 ms (SD=1.3 ms)と有意差が認められた ( $P<0.01$ )。平均聴力閾値を一定にしても、GDT と年齢の間に有意な偏相関が認められた ( $P<0.05$ )。このことから、時間分解能の衰えは 60 代前半には始まっており、中枢レベルの情報処理能力の低下が関与していることが示唆された。3 要因分散分析と多重比較から、低い SN 比条件(-10dB と -15dB)での雑音下单語了解度は両年齢群間に有意な差が認められた ( $P<0.05$ )。低い SN 比において、断続・連続雑音下の単語了解度はそれぞれ GDT と有意な単純相関が認められたが、聴力または年齢を独立変数に加えて重回帰分析を行ったところ、GDT との有意な偏相関は認められなかった。同様に、平均聴力閾値を一定にしたとき、低い SN 比条件の断続・連続雑音下单語了解度と年齢との間に有意な偏相関は認められなかった。雑音下での単語了解度が高齢者で低下しているのは時間分解能の低下以外の要因でおこっていると考えられ、末梢性の機能低下によることが示唆された。

### 【結論】

雑音下の語音了解度の低下と、中枢処理が関係していると思われる聴覚的時間分解能の衰えが 60 歳前半の女性に認められた。重回帰分析の結果から、この年代でみられた雑音下の語音了解度の低下は、末梢性の機能低下によることが示唆され、後迷路レベルの時間分解能の低下の関与は確認できなかった。本研究では、聴覚的分解能の指標の一つとしてギャップ検出能力をみたが、継時マスキングなど他の聴覚的分解能と雑音下单語了解度との関連についても今後検討が必要であろう。また、年齢の効果がより顕著になるように、より年齢の進んだ高齢者での検討が必要であろう。

## 目次

	頁
1. 序論 -----	1
2. 対象と方法	
2-1. 被験者 -----	3
2-2. 検査用刺激音 -----	3
2-3. GIN テスト -----	3
2-4. 連続・断続雑音下の単語了解度-----	4
3. 結果	
3-1. GIN テストと GDT-----	4
3-2. 連続と断続雑音下の単語了解度-----	5
3-3. 単語了解度の変数間の相関-----	5
4. 考察	
4-1. GIN テスト -----	5
4-2. 雑音の連続性と単語了解度-----	6
4-3. GDT と単語了解度の相関-----	7
5. 総括 -----	8
6. 今後の課題 -----	9
7. 謝辞 -----	9
8. 利益相反について-----	9
10. 業績目録-----	12
11. 図表-----	13
12. 付録-----	22

## 1. 序論

高齢化すると難聴率が増加する。WHOの聴力障害の基準<sup>1)</sup>をもとに推定される65歳以上の老人性難聴（感覚器障害）の有病者数は、日本全国で約1,655万3千人（65歳以上の人口の75.2%）に達する<sup>2)</sup>。また、65歳以上になると30%以上の高齢者が難聴を自覚しているとの報告もある<sup>3)</sup>。老人性難聴は、両側対称性の高音域の感音難聴があることが多く、当然ことばの聞き取りが低下する。ただし、聴力がほぼ正常の高齢者でも、「静かなところでのことばの聞き取りはよくても、騒音下では途端に聞きづらくなる」と訴えることがしばしばあり、聴力低下以外にも雑音下でのことばの聞き取りに影響する要因が高齢者にはあるのではないかと考えられる。もし聴力だけが原因であれば、若い難聴者と高齢の難聴者は同じぐらいの雑音下の聞き取り能力を示すはずである。しかし、聴力が同程度の高齢者群と若年群とを比較した場合、静寂下では若年群と同じようなことばの聞き取り能力が認められるが、雑音下のことばの聞き取りの成績は高齢者群の方が悪かったとする報告<sup>4)</sup>がある。つまり、高齢者にみられる雑音下の聞き取りの困難さは、内耳の加齢変化だけでは説明できず、内耳以降の聴覚伝導路（後迷路）の加齢変化の可能性や、認知、情報処理能のスピードなど他の要因が関与している可能性が考えられている。

聴覚伝導路の働きが関与する基礎的な聴覚機能に聴覚の時間分解能（広帯域雑音の僅かな間隙（途切れ目）をどの程度細かく検出できるかということ）があげられる。時間分解能の代表的な指標として用いられるのは、ギャップ検出閾値(Gap detection threshold, 略して GDT)であるが、本研究では高齢者の雑音下の聞き取りにおいて、聴覚低下以外に起こっている要因として時間分解能を検討することにした。これまで時間分解能は、特に高音域の聴力低下によって大きく影響される(GDTが上昇する)ことが報告されている<sup>5-7)</sup>。一方で、近年、聴力が正常範囲でも時間分解能が衰えるという報告<sup>8)</sup>や脳卒中などにより脳幹や聴皮質に障害を有する正常聴力の患者のGDTが顕著に上昇し、時間分解能が衰えていた<sup>9)</sup>ことなどから、時間分解能の衰えは、聴力低下とは独立した中枢聴覚神経系統の低下も関わっていることが考えられる。しかし、これまで過去の時間分解能に関する報告の中には、正常聴力の高齢者群と若年群とを比較したものがあるが、厳密に高音域の聴力まで統制して比較されたものではなかった。その原因の一つは、聴覚閾値が25dB以内であれば高音域の聴力を厳密に統制しなくても結果に大きな影響はないと考えられてきたこと、また現実的に若年群に近い聴力の高齢者を集めることに限界があったためである。よって、過去の研究結果の解釈を難しくしてきた一面もある。時間分解能に対する加齢の影響を調べるには、交絡要因として高音域を含めての聴力を厳しく統制し、実験方法を工夫する必要がある。

聞き取りが難しい環境では、聴力低下だけでなくそのあとにおこる中枢性の聴覚情報処理の一つである時間分解能の低下が関わっていることが予想される。一方で、高齢者のことばの聞き取りに最も大きく影響した要因は、中枢性聴覚系の加齢変化ではなく主に聴力であるという報告<sup>10)</sup>があり一致した意見がえられていない。意見が異なる要因の一つとしてあげられるのは、実験に使われた雑音の種類である。雑音としてよく用いられるの

は、広帯域雑音、マルチトーカーノイズ、スピーチノイズなどスペクトラルが異なるものである。本研究では、時間分解能の低下と雑音下单語了解度の低下の関係を見る上で、従来用いられている広帯域雑音（連続雑音）だけではなく断続雑音も比較として使うことが適当であると考えた。なぜなら断続雑音は時間的変動性のみが異なっており、断続雑音と連続雑音を比較すると、聞き取りへの影響に違いがでることが報告されているからだ。Stuart ら<sup>11)</sup>はスペクトルが等しい断続および連続広帯域雑音下での単語了解度を調べ、高齢者の単語了解度が、連続雑音下では、若い人とほとんど変わらなかったのに対して、断続雑音下では、若年者に比べて有意に悪かったと報告している。この理由として、Stuart らは高齢者の時間分解能の衰えと関係しているのではないかと推測した。本研究では、この推測をさらに推し進め、時間分解能と断続雑音下の単語了解度には、次のような関係があるのではないかと考えた。すなわち、時間分解能が高い若い人は、短い途切れ目を弁別して細かく途切れ目を検出し、その途切れ目から聴こえてくる音響的手掛かりを聴取し、単語を理解するのに有効に用いているのではないかと考えた。つまり、時間分解能の衰えはおそらく連続雑音よりも断続雑音下で顕著に現れるのであり、時間分解能は断続雑音下单語了解度と強い関係を持っているのではないかという仮説を立てた。

本実験の目的は、加齢によって基礎的な聴覚の時間情報処理の一つである GDT と日常生活の機能である雑音下の語音了解度が低下するのか、また GDT と雑音下单語了解度に関係があるかどうかを検討することである。また、補足的なねらいとして、GDT を簡易に測定できる GIN 検査が一般の高齢者層のことばの理解度を推測するのに使用できるかを検討することも目的の一つである。時間分解能が基礎的な聴覚機能の一つであることから、時間分解能の低下が高齢者のことばの聞き取りの低下を起こしているのではないかと予想できるが、時間分解能と語音明瞭度を直接比較した研究成果は少なく、一致した意見が得られていない<sup>12)</sup>。これは、若年群と同じぐらい聴力が良い高齢者を集めることが難しいという背景と、高齢者の騒音下での聞き取りに大きなばらつきがあり、要因をコントロールするのが難しいということが理由と考えられている。本実験では、被験者を聴力低下の自覚がない 60 歳代前半の女性にしぼり聴力低下が最小限になるようにした。過去の報告では、GIN テストを用いて検査した GDT を雑音下のことばの聞き取りと直接比較した報告は、Helfer と Vargo(2009)<sup>13)</sup>以外にはないが、彼女らの研究では断続雑音は用いられていない。また、彼女らは年齢が 50 歳代までの被験者を集めているが、高音域聴力(4k, 6k, 8kHz の平均)に有意差があるにもかかわらず、遮断フィルタやマスキングなどで高音域聴力を統制しておらず、GDT と雑音下のことばの聞き取りへの年齢による影響をそれぞれ分析してはいない。

## 2. 対象と方法

本研究は、北里大学医療衛生学部研究倫理審査委員会において承認を受けている（プロトコル番号：2011-001）。

## 2-1. 被験者

若年者は、口頭およびポスターにより募集した。応募者はすべて大学生であった。高齢者は、近隣の高齢者人材センターを通して募集した。加齢によることばの聞き取りの低下には男女差があり<sup>14)</sup>、かつ聴覚の時間的情報処理にも男女差がある<sup>15)</sup>という報告があるため、今回は女性のみを募集した。

14名の若年女性（平均年齢=20.7歳、標準偏差(SD)=1.6歳、18～24歳）と33名の高齢女性（平均年齢=62.5歳、SD=1.7歳、59～65歳）の被験者が参加した。すべての若年者は、0.25kHzから8kHzまでの1オクターブステップの各周波数の聴力レベルが両耳とも20dBHL以内であった。高齢者では、0.25kHzから4kHzまでの各周波数の聴力レベルが29名は両耳とも、4名は片耳のみで25dBHL以内であった。この4名のうち3名は、右耳の、残りの1名は左耳の聴力閾値が、同周波数範囲で30～50dB上昇していた。よって、高齢者のうち右の聴力閾値が上昇していた3名は聴力が25dBHL以内にある左耳を検査耳としたが、それ以外の被験者は右耳を検査耳とした。検査耳の平均聴力閾値と標準偏差を図1に示す。すべての被験者は第一言語が日本語であった。

## 2-2. 検査用刺激音

聴覚の時間的分解能の評価には、Gaps-In-Noise テスト<sup>9)</sup>を用いた。連続雑音下と断続雑音下の語音了解度は、CI-2004（エスコール社）日本語単語リストのうちの8リストを用いて測定した。高齢者の高音域の聴力レベル（6kHzと8kHz）を統制するためにすべての刺激音は、遮断周波数4kHz、減衰率-48dB/octのローパスフィルタ（KemoタイプVBF8、デュアル可変フィルタ）を通し、CDに録音した。これをCDプレーヤ（Sony Model CFD-E100TV）で再生しオーディオメータ（RION, AA-71）を通して耳載せ形イヤホン（Telephonics model TDH-39P）により検査耳に提示した。GINテストの検査音と語音了解度検査における語音の提示レベルは約65dB SPL、断続および連続雑音は4通りにレベルを変えて語音とミキシングして検査耳に提示した。全ての実験は2重壁の防音室内で行われた。

## 2-3. GIN テスト

GIN テスト CD（Auditec Inc, St. Louis）に収録されている1リストは6秒間続く広帯域雑音35個からなっており、各雑音中に2～20msecの10種類の異なる長さのギャップ（無音区間）が合計6回ランダムに挿入されている。6秒間の各雑音中には0～3個のギャップが提示され、すべてギャップ同士は500ms以上離れている（図2）。被験者は、以上について説明を受けた上で、本検査に入る前に別に用意されたリストで練習を行った。その後、被験者は35個の雑音のそれぞれについて、6秒間の刺激音を聴取後、何回ギャップが聞き取れたかを用紙に記入した。結果は、Musiek ら（2005）<sup>9)</sup>の方法に従い、4/6以上検出できる最短のギャップをギャップ検出閾値（GDT）として集計した。結果のうち、偽陽性の回数が異常に多いものは解析対象から除外した。



## 2-4. 連続・断続雑音下の単語了解度

単語了解度の検査材料として用いた CI-2004 には、1 リストにつき 25 単語、計 8 リストが録音されている。単語は、名詞・動詞・形容詞・副詞のいずれかで 2~4 モーラの長さである。単語はすべて高親密度語で、単語形態、音素数、モーラ数はリスト間でバランスをとってある。2.2 で述べているように、遮断周波数 4kHz のローパスフィルタを通し、CD に録音したものを使用した。

雑音下の単語了解度検査に使用するノイズファイル（連続雑音と断続雑音）は、本実験の目的のみに使用することを条件に East Carolina 大学(Greenville, USA)の Dr. Andrew Stuart からコピーを譲り受け、承諾を得て使用した。オリジナルの 2 つの雑音のスペクトルは同じであるが、時間的な連続性が異なる。連続雑音は白色雑音で 100~8000Hz まだが 2dB 以内の水平なスペクトルである。断続雑音は、ノイズバーストと音のない無音区間から成り立っており、どちらも 5~95ms の長さで無作為に配列してある。雑音によって占められている時間の割合 (duty cycle) は、0.50 である。

CD の 1 チャンネル目に 8 つの単語リストをそれぞれ 2 回録音し、2 つ目のチャンネルに断続と連続雑音を録音した (2x8 リスト)。被験者の半数が、連続雑音下で 4 つの異なるリストを聴く実験のあと、断続雑音下で残りの 4 リストを聴いた。残りの被験者は、雑音提示の順番を変えた。8 リストを提示する順序については、カウンターバランスをとった。4 リストを提示する際の雑音レベルは、SN 比が -15dB, -10dB, -5dB, 0dB のいずれかになるように無作為に変更して提示した。

単語を 1 つずつ聴いたあと、聴こえた通りに復唱してもらった。はっきり聞き取れず確信が持てない場合でも答えるように促した。最初の 10 単語に 1 回も正解がない場合は、検査を中止しゼロスコア（明瞭度 0%）とした。被験者の疲労を避けるためこの規則を採用したが、本実験でこの規則が使われたのは断続雑音下の SN 比 -15dB 条件下のみであった。

## 3. 結果

### 3-1. GIN テストと GDT

GIN テストでは、擬陽性が 9 回以上あった 3 名の被験者の結果を分析対象から除外した。よって、高齢者は 30 名の結果をもとに GIN テストの分析を行った。GIN テストの若年者群の GDT は平均 6.3 ms (SD=1.4ms)、高齢者群は平均 8.3ms (SD=1.3ms)で、両群間に有意差 ( $t[42]=4.72$ ,  $P<0.01$ ) が認められた。GDT と年齢と 500、1k、2kHz の平均純音聴力閾値の間の相関係数と偏相関係数を表 1 に示す。年齢と 500、1k、2kHz の平均純音聴力閾値はそれぞれ GDT との間に有意な単相関 ( $P<0.01$ ) を認めた(表 1)。また、平均聴力閾値を統制した場合にも GDT は年齢との有意な偏相関( $F[2,41]=2.33$ ,  $P<0.05$ )を認めたが、年齢を一定にした場合の GDT と平均聴力閾値との有意な偏相関はなかった( $F[2,41]=1.16$ ,  $P=0.29$ )。

### 3-2. 連続と断続雑音下の単語了解度

得られた単語了解度は、統計分析に先だって、分散の大きさが平均値の大きさとは無関係となるよう rationalized arcsine units (RAU) <sup>16)</sup>に変換された。年齢群、雑音、SN比条件の3要因分散分析を行ったところ、表2に示すように各要因の主効果が認められた。言い換えれば、若年群は高齢者群よりも成績がよく、連続雑音下よりも断続雑音下の方が成績はよく、SN比が大きくなるとともに成績が良くなった。また、年齢とSN比、雑音とSN比の交互作用は有意であった。すなわち、年齢による差と2種類の雑音下の成績差はSN比に依存した(図3)。Bonferroni法を用いた多重比較では、2種類の雑音下の成績を一緒にして分析した場合、SN比-10dB( $P<0.05$ )とSN比-15dB( $P<0.05$ )では、統計的に有意な年齢の単純主効果が認められた。年齢群と雑音との間、および三つの要因間には有意な交互作用が認められなかった。年齢群間でみられるRAUの差に雑音の種類による有意差はなかったが、 $P=0.068$ (表2)と有意水準に近く、断続雑音下の単語了解度の方が連続雑音下よりも年齢群間の差が広がる傾向がみられた(図3)。

### 3-3. 単語了解度の変数間の相関

低いSN比(-10dB, -15dB)においてのみGDTと断続雑音下の単語了解度( $r=0.34$ ,  $0.41$ )および連続雑音下の単語了解度( $r=0.32$ ,  $0.39$ )の間にそれぞれ有意な相関が得られた(表3)。同様に同じSN比で、単語了解度は、年齢および500、1k、2kHzの平均純音聴力閾値(PTA)の各変数間とも相関関係が認められた(表3)。低SN比の単語了解度を目的変数として、年齢、GDT、PTAのうち二つを選択し説明変数として重回帰分析を行ったところ、GDTが一定に保たれている場合はPTAと年齢は有意に断続雑音下の単語了解度のみと相関が認められた。(表4)。どちらの雑音下でも単語了解度とGDTの間に偏相関は認められなかった。年齢及びPTAを説明変数とした場合、またはすべて3つの変数(年齢、PTA、およびGDT)を説明変数として選択した場合は、どの変数も低SN比で単語了解度との有意な偏相関が認められなかった。

## 4. 考察

### 4-1. GINテスト

Musiekら<sup>9)</sup>によれば、13歳から46歳までの正常聴力者の平均GDTは右耳で4.9msであった。別の研究<sup>13)</sup>では、19歳から22歳の若い被験者の平均GDTは、4.42msであった。本実験で得た若年群の平均GDTは6.3msで先行報告より長かった。これは、4000Hzで低域濾波されたGIN刺激音を用いたためと考えられる。なぜなら、帯域雑音の中心周波数が低くなるほどGDTは上昇する<sup>17)</sup>からである。中心周波数を変更して測定した場合のGDTの報告<sup>17)</sup>から4kHzで濾波した場合の正常値(範囲)は、約5msと推測できる。ただし、これは特訓を受け練習を重ねた3名の結果であるので、特訓を受けていない場合はさらに長くなる可能性はある。

GDTの測定値は、年齢および平均聴力(PTA)とそれぞれ有意な単純相関がみら

れただけでなく、PTA を一定にした場合でも、年齢と GDT の間に有意な偏相関が認められた。一方、年齢を一定にした場合は PTA と GDT との間に有意な偏相関はなかった。序論で述べたように、時間分解能の衰えは、聴力低下に関係していることが報告されている。本研究で聴力が年齢とは独立に有意な説明因子にならなかった理由としては、高齢者の検査耳の PTA が正常範囲であったため PTA の値の範囲が狭かったことが考えられる。聴力とは独立に時間分解能の低下がみられたことは、末梢レベルの機能低下と独立した、おそらく中枢聴覚伝導路における加齢変化に起因する可能性を示唆している。また、本実験の結果は 60 歳代前半でも時間分解能が衰え始めていることを示唆しており、60 歳になる前には時間分解能は衰えていると報告した Grose らの結果<sup>8)</sup>と一致している。本実験の結果とは対照的に Takahashi と Bacon(1992)<sup>7)</sup> は、聴力を統制して時間分解能の一種と考えられている周波数変調の検出能を測定した結果、一部の低い周波数にのみ緩い相関 ( $r = 0.39$ ) があつたことを除いては、広帯域雑音の変調検出能に年齢の影響はみられなかったとし、変調検出能が衰える要因として、高齢者の聴力低下が最も有力であると結論付けている。変調検出の根底となる機構は、本研究で用いたギャップ検出に関わる時間分解能と同一ではなく、加齢変化の影響を受けにくい可能性がある。動物実験によると、加齢により、聴覚閾値では 5~10dB しか衰えていないのにも関わらず、聴神経の細胞数は減少し、複合活動電位が低くなる<sup>18)</sup>。加齢によって聴神経の活動は減少するとともに非同期的 (asynchrony) になっており、結果として時間分解能が衰えると推測されている<sup>19)</sup>。近年注目されている auditory neuropathy は、正常聴力でかつ内耳の有毛細胞までは機能的な問題がみられないにもかかわらず、シナプスか聴神経そのものの異常により聴神経が同期的に活動していないといわれる疾患であるが、このような疾患では、雑音下でのことばの聞き取りが顕著に悪く、時間分解能も低下するとされている<sup>20)</sup>。以上のことから、聴神経の同期的神経活動が時間分解能には必須であり、この活動が加齢によって衰えることが推測される。よって、時間分解能は末梢聴覚系の影響を受ける一方で、末梢聴覚系と独立した他の中枢聴覚系の加齢の側面が、基礎的なギャップ検出検査にみられる時間情報処理機能低下の根底にあるという証拠が増えてきている<sup>12)</sup>。しかし、中枢聴覚処理における加齢変化がどのように発生するかについての基礎的機構や、これらが末梢聴覚系の変化から完全に独立して起こるのかなどまだ解明されていないことが多い。

#### 4-2. 雑音の連続性と単語理解度

雑音下での単語理解度は、SN 比の上昇とともにすべての被験者の理解度が改善し、連続雑音下よりも断続雑音下の方が理解度は高くなった。本研究では、特に低 SN 比での理解度において、高齢者群の方が若年者群よりも有意に悪い成績であつた。また、統計的には有意水準には達しなかったが、断続雑音下の方が高齢者と若年者の差が表れやすい傾向がみられた (結果 3-2)。これは、高齢者は断続雑音下のわずかな隙間で得られる音声の手がかりを若年者ほど有効に利用できていない可能性を否定できない。過去に連続雑音と断続雑音下の明瞭度を正常聴力の若年成人群と難聴のない高齢者で比較した研究<sup>11)</sup>がある

が、断続雑音下の明瞭度でのみ両群間に有意差がみられた。この研究を行った Stuart らは、若年群と比較して高齢群の方が聴覚の時間的処理の衰えがあることを示唆しているが、これは断続雑音と連続雑音のスペクトルは同じで時間的な側面のみ異なっていることから推測したものである。ただし、時間的分解能の指標となる検査を行って直接比較しているわけではない。また、彼らは高齢群に高音域でみられる聴力低下を統制していない。従って、若年者との比較において年齢の要因だけでなく聴力低下の影響がある可能性を彼らも否定していない。よって、聴力と年齢の影響を断続雑音下の語音了解度の方が連続雑音下よりも受けやすいということはいえるが、それがどの程度加齢によるものなのかははっきり結論できないであろう。

Stuart らの研究では、両方の雑音条件下で PTA と単語了解度の間に有意な相関(連続雑音： $r=-0.48$ 、断続雑音： $r=-0.74$ ) を認めており、これは本研究の結果と一致している。またより高い相関関係が PTA と断続雑音下单語了解度の間にみられたが、これは雑音の間に与えられるわずかに起こる音響的手がかりを有効に使用するためには PTA が問われ、時間分解能よりもむしろ末梢聴力が良いことが有利になるということが示唆される。

#### 4-3. GDT と単語了解度の相関

高齢者のことばの聞き取りの低下の原因として、米国音響学会の Committee on Hearing and Bioacoustics and Biomechanics (CHABA)<sup>21)</sup>が 1988 年に報告した三つの説、すなわち 1)末梢聴覚系の低下説(peripheral-auditory hypothesis)、2) 中枢聴覚神経系の低下説 (central-auditory hypothesis)、3) 認知処理能力の低下説 (cognitive hypothesis)が考えられる。このうち、現在有力なのは末梢の聴覚系の衰えを要因とする説である<sup>10)</sup>が、これには二つの説明が可能である。一つは、単純に加齢難聴による聴覚感度の低下であり、もう一つは感度の低下に加えて、内耳の病変による周波数分解能などの閾値上でおこる情報処理の欠陥である<sup>10)</sup>。さらに、末梢の聴覚系の変化が中枢聴覚系(脳幹、聴覚野など)に関わる構造の変化などに影響することも動物実験で報告<sup>22)</sup>されていることから、中枢聴覚系の加齢が末梢聴覚系の加齢変化によって加速する可能性も考えられる。

本研究の結果では、両雑音下とも低い SN 比において GDT と単語了解度に有意な単純相関が認められた。しかし、PTA もしくは年齢を説明因子として加えた場合、GDT と単語了解度に有意な相関がみられなくなった。むしろ、偏相関分析では GDT ではなく PTA および年齢が断続雑音下の低 SN 比で有意な偏相関を示した。二変数(年齢と PTA)、および三変数(年齢、PTA、GDT)を説明変数として選択した場合、どの変数も低い SN 比で有意な偏相関を示さなかった。この結果から、若年者群と比較して高齢者群の断続雑音下での単語了解度が低いのは高齢者のわずかな聴力低下による末梢聴覚系の衰えによるものであり、GDT で測定できる時間分解能の低下によるものではないことが示唆された。本研究の結果は、CHABA の唱えている末梢聴覚系の低下説を支持している。中枢聴覚神経レベルでおこっていると考えられる時間分解能の低下が単語了解度に及ぼす影響は、今回確認できなかった(図 4)。ただし、本研究の結果は時間分解能が雑音下の単語了解度に

影響していることを否定しているわけではなく、時間分解能の中でもギャップ検出閾値が測定している時間分解能に関しては雑音下の単語理解度に影響していないことを示唆しているに過ぎない。ゆえに、少なくとも非臨床人口を対象にした場合は、GIN テストが雑音下单語理解度を予測するための臨床検査になるとは考えにくい、他の時間分解能の指標を用いた場合は異なる結果が得られる可能性は残されている。

高齢者にとって雑音下での聞き取りが困難になる原因として、聴覚感度の低下に加えて聴覚の時間処理などの閾値上の障害(中枢聴覚神経系統と認知の両方またはいずれか一方)と関係があると考えられてきた。しかし、時間処理能力が雑音下でのことばの聞き取りに関係しているかどうかはまだ結論が得られていない<sup>23)</sup>。いくつかの研究では、基礎的な時間処理能力の測定値と加齢に伴う雑音下のことばの聞き取りの困難さの間にほとんど関係がみられなかったとしている<sup>24,25)</sup>。彼らの研究では、時間処理能よりもむしろ末梢聴力が主に関係していたと結論づけている。これに対して、音の長さを弁別する能力が高齢者の残響下でのことばの聞き取りと関係しているとの報告<sup>26)</sup>や、GDT が、ある雑音の提示条件で中年女性の語音明瞭度に相関していたとする報告<sup>13)</sup>がある。本実験で得た結果でも GDT と語音明瞭度が相関していたが、年齢や聴力を考慮すると相関がみられなくなった。Helfer ら<sup>13)</sup>は、単相関だけをみておりそれ以上の分析をしていないので直接の比較は難しい。高齢者の雑音下のことばの聞き取りは末梢の聴力低下による影響を強く受けることから難聴の自覚のない高齢者であっても聴力を統制した研究は欠かせない。本研究結果からも、60 代前半の被験者の場合、聴力を統制すると単語理解度と GDT は関係なく、むしろ末梢聴覚系の方が中枢の聴覚神経系が関与していると考えられる時間分解能よりもより大きな影響を与えていることが示された。ただし、より高齢の被験者を対象にした場合、結果が変わる可能性があることは否定できない。

## 5. 総括

難聴の自覚のない 60 歳代前半の高齢女性の聴覚的ギャップ検出能力と雑音下の単語理解度が若年者と比較して衰えているかを検討すると同時に、時間分解能の指標であるギャップ検出閾値と雑音下单語理解度に関連があるかを分析した。

ギャップ検出閾値と低い SN 比条件での雑音下单語理解度はそれぞれ両年齢群間に有意な差が認められた。平均聴力レベルを一定にしても、ギャップ検出閾値と年齢の間に有意な偏相関が認められた。低い SN 比 (-10dB と -15dB) での単語理解度はギャップ検出閾値と有意な単純相関が認められたが、聴力レベルおよび年齢を独立変数に加えて重回帰分析を行ったところ、ギャップ検出閾値との有意な偏相関は認められなかった。また、平均聴力レベルを一定にしたとき、雑音下单語理解度と年齢との間に有意な偏相関は認められなかった。

雑音下の語音理解度の低下と、中枢処理が関係していると思われる聴覚的時間分解能の衰えが 60 歳前半の女性に認められた。この聴覚的時間分解能の衰えと雑音下の語音理解度に相関は見出せなかった。

## 6. 今後の課題

感音難聴の程度に基づいた予測だけでは「加齢による聞こえにくさ」について十分な全体像を把握することはできず、もっと幅広い意味で聞こえにくさに悩む高齢患者の訴えを捉える必要があると言える。残念ながら、臨床では、難聴の診断を行う上で雑音下でのことばの聞き取り検査が必須ではないため、聴力から予測できないほど雑音下でのことばの聞き取りに悩んでいる高齢者の頻度は数値化されていないが決して少なくはないと思われる。また、軽度から中等度難聴の高齢者では、静かなところでの聞き取りが同じ程度でも、騒音下での聞き取りの成績に大きなばらつきがあることが指摘されており<sup>27)</sup>、一つの型を全ての高齢者にあてはめるのは妥当ではない。よって、高齢患者の場合は、聴力検査だけではなく、一人一人雑音下での聞き取りを検査することが大事であると考ええる。

60歳前半の女性においてGDTも雑音下のことばの聞き取りも若年者と比較して衰えていたが、時間分解能にみられる加齢の影響が直接雑音下のことばの聞き取りに関係しているという証拠を得ることはできなかった。聴力が正常に近い高齢者を見つけるのには課題があるが、今後さらに高年齢の被験者を対象にすることができれば、違った結果が得られるかもしれない。今回、GINテストを用いて測定したGDTを時間分解能の一つの指標として使ったが、時間処理の別の側面である継時マスキング（後向きマスキングや前向きマスキング）の加齢による変化が雑音下のことばの聞き取りと関連している可能性も考えられる。このような指標を用いての実験がさらに必要であろう。

## 7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導いただきました北里大学大学院医療系研究科、感覚・運動統御医科学群リハビリテーション学、松平登志正教授に深謝申し上げます。また、多くの知識や示唆を頂いた教室員各位、本研究のために雑音の音源を提供いただいたEast Carolina 大学の Andrew Stuart 教授にも感謝の意を表します。

## 8. 利益相反について

なし

## 9. 引用文献

1. World Health Organization. (Nonserial Publication) Global Burden of Disease (The). 2004 Update ISBN-13:9789241563710, ISBN-10: 9241563710. 2008.
2. 内田育恵, 杉浦彩子, 中島務, 安藤富士子, 下方浩史: 全国高齢難聴者数推計と10年後年齢別難聴発症率—老化に関する長期縦断疫学研究 (NILS-LSA) より. 日老医誌, 49; 222-227, 2012.
3. Shoenborn C, Marano M. Current estimates from the National Health Interview

Survey: United States 1987. Vital and Health Statistics, 10, No.166. Washington, DC: Government Printing Office.

4. Dubno JR, Dirks DD, Morgan DE. Effects of age and mild hearing loss on speech recognition in noise. *J Acoust Soc Am* 1984; 76: 87-96.
5. Irwin RJ, Hinchcliff LK, Kemp S. Temporal acuity in normal and hearing-impaired listeners. *Audiology* 1981; 20: 234-43.
6. Fitzgibbons PJ, Wightman FL. Gap detection in normal and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am* 1982; 72: 761-5.
7. Takahashi GA, Bacon SP. Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. *J Speech Hear Res* 1992; 35: 1410-21.
8. Grose JH, Hall JW 3rd, Buss E. Temporal processing deficits in the pre-senescent auditory system. *J Acoust Soc Am* 2006; 119: 2305-15.
9. Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiau DE, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear* 2005; 26: 608-18. Humes LE. Speech understanding in the elderly. *J Am Acad Audiol* 1996; 7: 161-7. Stuart A, Phillips DP. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. *Ear Hear* 1996; 17: 478-89.
10. Martin JS, Jerger JF. Some effects of aging on central auditory processing. *J Rehabil Res Dev* 2005; 42: 25-44. Helfer KS, Vargo M. Speech recognition and temporal processing in middle-aged women. *J Am Acad Audiol* 2009; 20: 264-71.
11. Dubno JR, Lee FS, Matthews LJ, Mills JH. Age-related and gender-related changes in monaural speech recognition. *J Speech Hear Res* 1997; 40: 444-52.

12. Wittmann M, Szilag E. Sex differences in perception of temporal order. *Percept Mot Skills* 2003; 96: 105-12.
13. Studebaker GA. A “rationalized” arcsine transform. *J Speech Hear Res* 1985; 28: 455-62.
14. Shailer MJ, Moore, BC. Gap detection as a function of frequency, bandwidth, and level. *J Acoust Soc Am* 1983; 74: 467-73.
15. Mills J, Schmiedt R, Schulte B, Dubno JR. Age-related hearing loss: a loss of voltage not hair cells. *Semin Hear* 2006;27: 228-236.
16. Gates GA, Mills JH. Presbycusis. *Lancet* 2005;366:1111-20.
17. Rance G, McKay C, Grayden D. Perceptual characterization of children with auditory neuropathy. *Ear Hear* 2004;25:34-46.
18. Speech understanding and aging. Working Group on Speech Understanding and Aging. Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council. *J Acoust Soc Am* 1988; 83: 859-95.
19. Willot JF. Anatomic and physiologic aging: a behavioral neuroscience perspective. *J Am Acad Audiol* 1996; 7:141-51.
20. Humes LE, Dubno JR, Gordon-Salant S, Lister, JJ, et al. Central presbycusis: a review and evaluation of the evidence. *J Am Acad Audiol* 2012;23:635-66.
21. van Rooij JC, Plomp R, Orlebeke JF. Auditive and cognitive factors in speech perception by elderly listeners. I: Development of test battery. *J Acoust Soc Am* 1989; 86: 1294-309.
22. Humes LE, Christopherson L. Speech identification difficulties of hearing-impaired elderly persons: the contributions of auditory processing deficits. *J Speech Hear Res*



1991; 34: 686-93.

23. Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ. Temporal factors and speech recognition performance in young and elderly listeners. J Speech Hear Res 1993; 36: 1276-85.

24. Crandell C, Henoch M, Dunkerson K. A review of speech perception and aging: Some implications for aural rehabilitation. J Acad of Rehabil Audiology 1991;24:121-33.

## 10. 業績目録

### 原著

- ◎ 1. Yazaki M, Matsuhira T: Auditory temporal resolution and word recognition in noise in older women. Kitasato Med J, in press.
- 2. 松平登志正、原由紀、鈴木恵子、上前牧、大沼幸恵、井上理絵、大橋健太郎、渡辺裕之、佐野肇、岡本牧人. 補聴による会話レベルの語音明瞭度の改善. Audiology Japan 2011;54:162-168.
- 3. 上前牧. British Columbia Early Hearing Program 視察見学報告. 教育オーディオロジー研究 2010;4:40-49.
- 4. 上前牧、松平登志正、井上ひとみ、関谷芳正. 一側のみを指向性にした両耳補聴器フィッティングの有用性－健聴者と難聴者の雑音下の語音了解閾値を用いての検討－. Audiology Japan 2009;52:596-601.
- 5. 上前牧. 北米の教育オーディオロジーにおけるオーディオロジストの役割. 聴覚障害 2008; 688, 25-34.

### その他

- 1. 矢崎牧、松平登志正. 聴覚の時間的分解能検査 (Gap テスト) と雑音下での語音聴取. 第 57 回日本聴覚医学会総会・学術講演会 (Audiology Japan. 2012;55:579-580), 京都, 2012. 10. 11-12.
- 2. 松平登志正, 矢崎牧, 内山唯史. 語音聴取における音響的手がかりの周波数分布に関する検討. 第 57 回日本聴覚医学会総会・学術講演会 (Audiology Japan 2012;55:597-598), 京都, 2012. 10. 11-12.
- 3. Uemae Maki, Matsuhira Toshimasa. Difference in auditory temporal resolution between young and elderly women revealed by gap detection tests and word recognition in continuous and interrupted noise. 24<sup>th</sup> American Academy of Audiology, Boston, MA, 2012. 3. 28-31.
- 4. Uemae Maki, Nicola Schmitt. Obtaining Detection And Recognition Thresholds Of 16 Phonemes

- From Normal Hearing Adults. 24<sup>th</sup> American Academy of Audiology, Boston, MA, 2012. 3. 28-31.
5. 原島恒夫, 小渕千絵, 八田徳高, 上前牧, 佐藤正幸, 太田富雄. 聴覚情報処理障害 (auditory processing disorders; APD) へのアプローチ 5 : 聴覚的時間情報処理を中心に. 自主シンポジウム 67, 日本特殊教育学会第 48 回大会シンポジウム報告 (特殊教育学研究 2010; 48: 485-486), 長崎, 2010. 9. 18-20.
  6. 上前牧, 松平登志正. 加齢に伴う聴覚の時間分解能低下 : Gaps-In-Noise テストによる検討. 第 55 回日本聴覚医学会総会・学術講演会 (Audiology Japan 2010; 53: 587-588), 奈良, 2010. 11. 11-12.
  7. 松平登志正, 上前牧, 原由紀, 鈴木恵子, 大沼幸恵, 井上理絵, 牧野寛之, 上條貴裕, 佐野肇, 岡本牧人. 音場における補聴器装用効果測定時のマスキング. 第 54 回日本聴覚医学会総会・学術講演会 (Audiology Japan 2009; 52: 453-454), 神奈川, 2009. 10. 22-23.
  8. 上前牧, 松平登志正, 井上ひとみ, 関谷芳正. 一側のみを指向性にした両耳補聴器フィッティングの雑音抑制効果 : 健聴者と難聴者の語音了解閾値を用いての比較検討. 第 53 回日本聴覚医学会総会・学術講演会 (Audiology Japan 2008; 51: 367-368), 東京, 2008. 10. 2-3.
  9. Yang W, Hodgson M, Uemae M. Auralization study of optimum reverberation for speech intelligibility for normal and hearing-impaired listeners. 149<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America (Acoustical Society of America Journal, 2005; 117: 2364), Vancouver, BC, 2005. 5. 16-20.

## 11. 図表

図 1 被験者の検査耳の聴力図

図 2 Gaps-In-Noise (GIN) テストの例

表 1 平均聴力閾値 (PTA)、年齢、ギャップ検出閾値 (GDT) 間の相関係数

表 2 雑音下の単語了解度に関する 3 要因分散分析結果

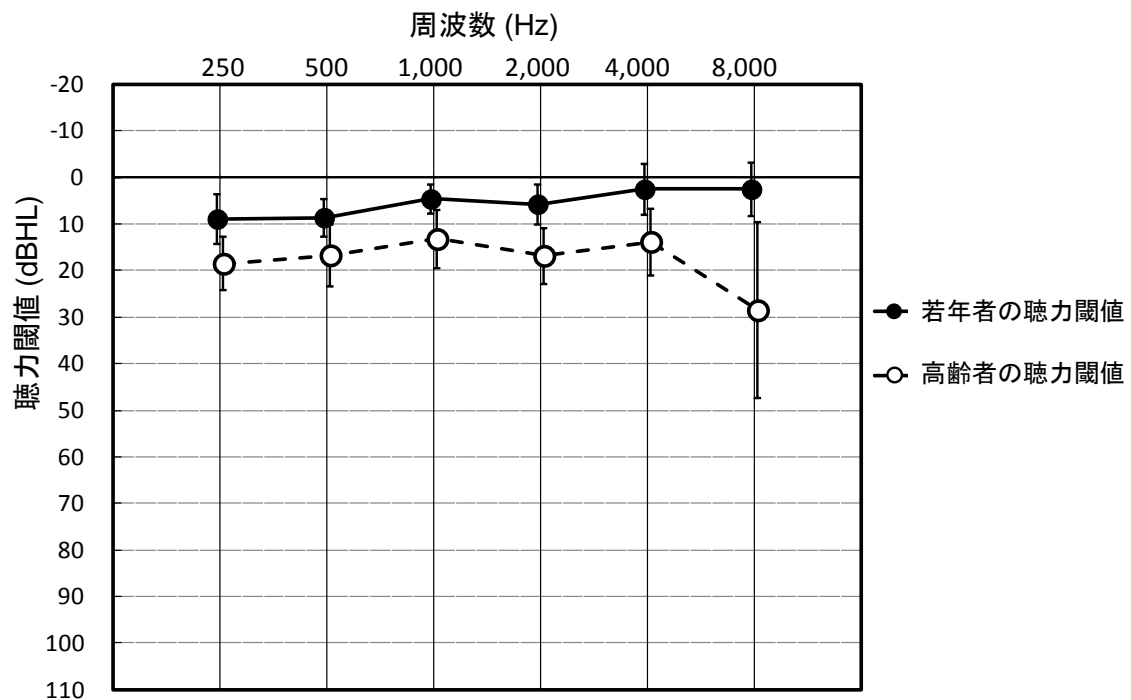
図 3 高齢者と若年者の断続および連続雑音下の単語了解度

表 3 雑音下の単語了解度と各変数との相関係数

表 4 単語了解度を目的変数とした重回帰分析の概要

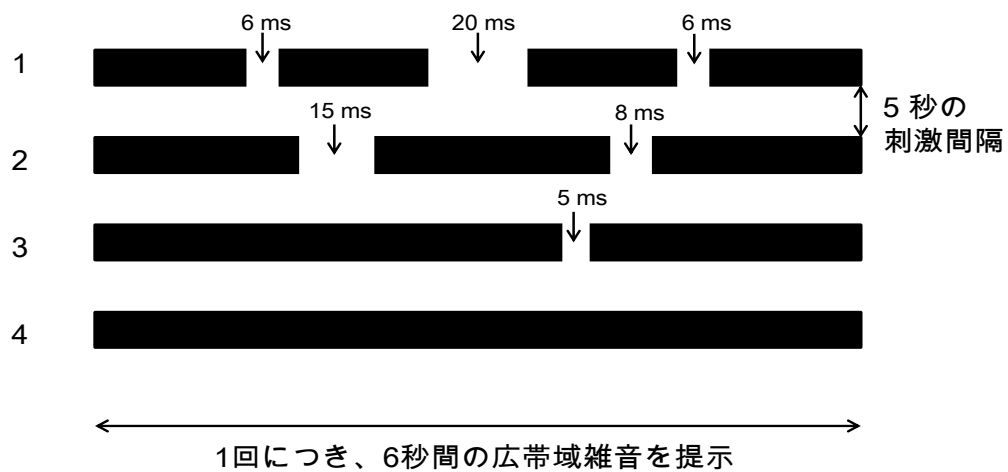
図 4 要因間関係の模式図

図 1 被験者の検査耳の聴力図



高齢者、若年者の周波数毎の聴力閾値の平均値。誤差範囲は標準偏差を表す。

図2 Gaps-In-Noise (GIN) テストの刺激音の例



全体の刺激音の長さ、刺激間の間隔、および様々なギャップの間隔を示す4つのGINテストのサンプル

**表 1** 平均聴力閾値（PTA）、年齢、ギャップ検出閾値（GDT）間の  
相関係数

	PTA	AGE	GDT
PTA	-	0.73**	0.51**
AGE	0.62**	-	0.58**
GDT	0.17	0.34*	-

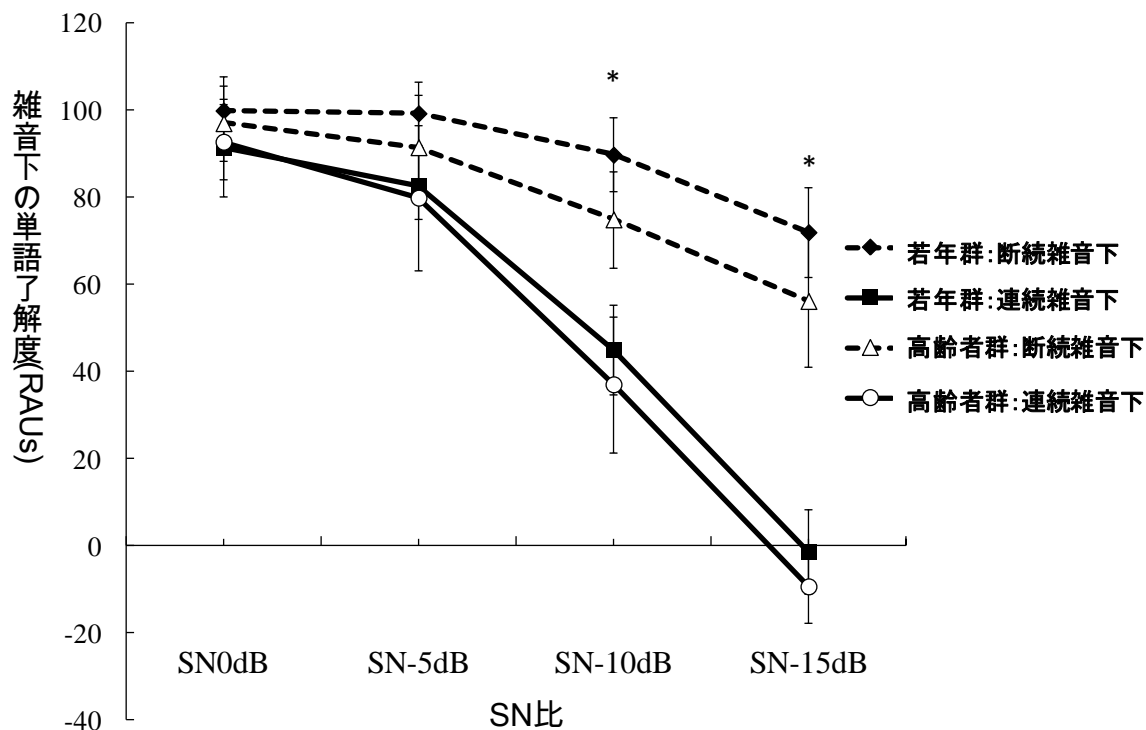
右側の上三角行列は、単純相関係数を表す。左側の下三角行列は、偏相関係数を表す。

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01(無相関の検定)

表 2 雑音下の単語了解度に関する 3 要因分散分析結果

要因	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>MSe</i>
年齢群	1	12.5	0.0010	4043.6
雑音	1	654.7	<0.0001	84990.9
SN比	3	964.4	<0.0001	68857.4
雑音 × 年齢群	1	3.5	0.068	448.0
SN比 × 年齢群	3	8.8	<0.0001	625.8
雑音 × SN比	3	131.1	<0.0001	15642.9
雑音 × SN比 × 年齢群	3	0.1	0.96	16.3

図 3 高齢者と若年者の断続および連続雑音下の単語了解度



高齢者と若年者の SN 比毎の断続および連続雑音下の単語了解度 (RAU)。誤差範囲は、標準偏差を表す。\*ボンフェローニ多重比較により、-15dB と -10dB の SN 比条件において、2 群間で統計的に有意な差 ( $P < 0.05$ ) が認められた。

表 3 雑音下の単語了解度と各変数との相関係数

単語了解度検査の条件		PTA	年齢	GDT
断続雑音	SN比 0 dB	-0.18	-0.09	-0.22
	SN比 -5 dB	-0.47**	-0.30	-0.25
	SN比 -10 dB	-0.51**	-0.54**	-0.34*
	SN比 -15 dB	-0.50**	-0.47**	-0.41**
連続雑音	SN比 0 dB	0.05	0.05	-0.01
	SN比 -5 dB	-0.09	-0.11	-0.27
	SN比 -10 dB	-0.35*	-0.38*	-0.32*
	SN比 -15 dB	-0.38*	-0.43**	-0.39**

PTA は、0.5k,1k,2kHz の平均聴力閾値 (dBHL) を、GDT は、Gaps-In-Noise テストによるギャップ検出閾値を示す。単語了解度検査の条件は、断続雑音または連続雑音のいずれかの雑音下のもとに-15dB から 0 dB の SN 比条件で行ったことを示している。

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01。



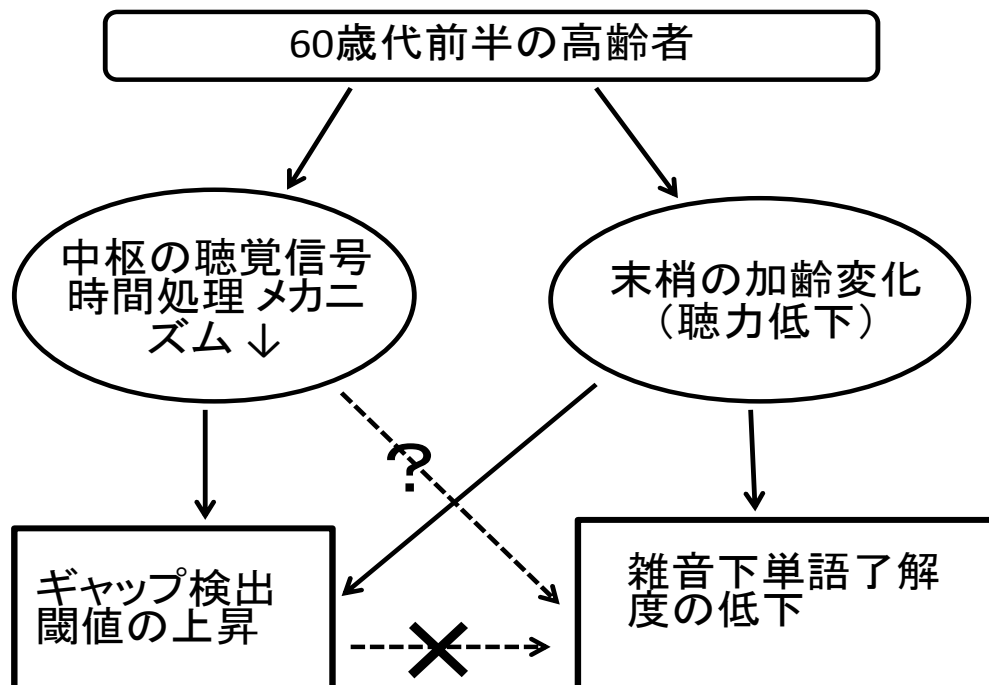
表 4 単語了解度を目的変数とした重回帰分析の結果の概要

		一対の 説明変数	標準化偏回帰係数 ( $\beta$ )			一対の 説明変数	標準化偏回帰係数 ( $\beta$ )
SN比 -10dB 断続雑音	PTA		-0.45**	SN比 -10dB 連続雑音	PTA		-0.25
	GDT		-0.11		GDT		-0.20
	Age		-0.51**		Age		-0.29
	GDT		-0.05		GDT		-0.16
SN比 -15dB 断続雑音	PTA		-0.39*	SN比 -15dB 連続雑音	PTA		-0.24
	GDT		-0.20		GDT		-0.27
	Age		-0.36*		Age		-0.31
	GDT		-0.20		GDT		-0.21

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01

断続および連続雑音下それぞれ-10dBおよび-15dB SN比の条件の単語了解度を目的変数とし、他の変数(PTA, GDT, Age)を一対にして説明変数とした。

図4 要因間関係の模式図



17

## 12. 付録

表 1 各被験者の年齢と純音聴力閾値

表 2 各被験者のギャップ検出閾値 (GDT) と雑音下の単語理解度

付録 表 1 各被験者の年齢と純音聴力閾値

若年者	年齢(才)	検査耳	PTA(dBHL)	検査耳の純音聴力閾値 (dBHL)					
				250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
1	21	右	6.7	10	10	5	5	10	0
2	20	右	5	5	5	5	5	0	5
3	21	右	10	15	15	10	5	10	-5
4	24	右	0	5	5	0	-5	0	0
5	22	右	6.7	5	5	5	10	10	0
6	22	右	5	5	5	0	10	0	5
7	19	右	8.3	15	10	5	10	0	0
8	18	右	8.3	15	15	5	5	5	0
9	18	右	5	15	10	5	0	-5	0
10	21	右	6.7	5	5	5	10	5	20
11	21	右	6.7	10	10	5	5	-5	5
12	21	右	10	15	15	10	5	5	0
13	21	右	5	0	5	0	10	-5	0
14	21	右	5	5	5	5	5	5	5

高齢者	年齢(才)	検査耳	PTA(dBHL)	検査耳の純音聴力閾値 (dBHL)					
				250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
1	60	右	15	15	10	20	15	15	40
2	64	右	8.3	10	5	5	15	10	30
3	63	右	21.7	25	25	25	15	10	15
4	60	右	18.3	15	20	10	25	20	30
5	61	右	10	5	5	10	15	0	10
6	64	右	11.7	15	10	5	20	5	50
7	65	右	15	15	15	15	15	5	15
8	64	右	16.7	25	25	10	15	15	45
9	61	右	11.3	10	5	15	15	15	20
10	61	右	13.3	15	10	10	20	25	90
11	63	右	18.3	10	15	20	20	25	65
12	61	右	11.7	15	15	5	15	5	5
13	62	左	16.7	20	15	10	25	15	25
14	64	右	15	20	25	10	10	15	25
15	62	右	5	10	10	0	5	5	20
16	64	右	11.7	20	15	15	5	10	5
17	62	右	13.3	15	15	15	10	5	20
18	62	右	18.3	25	25	20	10	10	15
19	63	右	25	25	25	25	25	15	20
20	64	右	13.3	25	20	5	15	15	10
21	61	右	20	20	15	20	25	25	30
22	63	右	15	20	15	10	20	25	60
23	65	右	8.3	15	10	10	5	15	20
24	64	右	18.3	20	20	10	25	15	25
25	63	右	16.7	25	25	10	15	15	10
26	60	右	18.3	25	20	15	20	10	20
27	59	右	18.3	15	15	20	20	20	40
28	65	右	23.3	25	25	20	25	5	50
29	62	左	23.3	20	25	20	25	25	30
30	63	右	15	20	15	10	20	5	15
31	65	右	11.7	25	10	10	15	15	40
32	62	左	20	25	25	20	15	25	35
33	60	右	15	20	20	10	15	15	10

付録 表2 各被験者のギャップ検出閾値(GDT)と雑音下の単語了解度

若年者	GDT (ms)	断続雑音下の単語了解度 (RAU)				連続雑音下の単語了解度 (RAU)			
		0dB SN比	-5dB SN比	-10dB SN比	-15dB SN比	0dB SN比	-5dB SN比	-10dB SN比	-15dB SN比
1	6	93.8	113.8	88.2	83.2	100.8	70.3	51.8	11.8
2	6	100.8	100.8	88.2	74.4	78.6	78.6	59.0	-0.8
3	8	100.8	93.8	83.2	74.4	100.8	88.2	29.7	-13.8
4	4	100.8	93.8	100.8	78.6	93.8	88.2	25.6	-13.8
5	6	100.8	100.8	83.2	70.3	83.2	83.2	48.2	6.2
6	5	113.8	100.8	83.2	59.0	83.2	78.6	48.2	11.8
7	8	93.8	93.8	93.8	62.7	74.4	83.2	62.7	-13.8
8	6	100.8	88.2	93.8	83.2	78.6	100.8	44.6	-0.8
9	5	83.2	93.8	93.8	51.8	113.8	74.4	48.2	11.8
10	8	113.8	100.8	74.4	74.4	88.2	83.2	37.3	-0.8
11	8	93.8	93.8	100.8	83.2	93.8	74.4	41.0	-0.8
12	5	100.8	100.8	78.6	70.3	100.8	88.2	48.2	-0.8
13	5	100.8	100.8	93.8	83.2	88.2	83.2	48.2	-0.8
14	8	100.8	113.8	100.8	59.0	100.8	83.2	37.3	-13.8

高齢者	GDT (ms)	断続雑音下の単語了解度 (RAU)				連続雑音下の単語了解度 (RAU)			
		0dB SN比	-5dB SN比	-10dB SN比	-15dB SN比	0dB SN比	-5dB SN比	-10dB SN比	-15dB SN比
1	10	100.8	78.6	78.6	66.4	113.8	70.3	51.8	-13.8
2	無効	93.8	88.2	78.6	83.2	93.8	100.8	33.6	-13.8
3	無効	88.2	88.2	66.4	55.4	93.8	78.6	51.8	11.8
4	8	113.8	100.8	93.8	70.3	100.8	93.8	51.8	-13.8
5	10	100.8	100.8	78.6	62.7	88.2	66.4	37.3	-13.8
6	8	100.8	93.8	74.4	66.4	88.2	93.8	33.6	-0.8
7	8	100.8	78.6	66.4	41.0	78.6	37.3	11.8	-13.8
8	8	100.8	93.8	93.8	74.4	93.8	93.8	48.2	-13.8
9	8	100.8	100.8	74.4	48.2	100.8	88.2	55.4	6.2
10	10	100.8	83.2	83.2	83.2	100.8	100.8	37.3	-0.8
11	8	93.8	100.8	62.7	44.6	100.8	88.2	44.6	6.2
12	6	93.8	83.2	66.4	55.4	88.2	113.8	44.6	-0.8
13	6	100.8	100.8	88.2	74.4	93.8	113.8	41.0	-13.8
14	6	100.8	88.2	62.7	55.4	93.8	74.4	41.0	-13.8
15	8	93.8	100.8	83.2	74.4	93.8	100.8	33.6	-13.8
16	8	113.8	113.8	66.4	55.4	93.8	62.7	44.6	-0.8
17	8	100.8	93.8	93.8	83.2	88.2	93.8	33.6	-13.8
18	12	74.4	74.4	55.4	37.3	78.6	66.4	16.8	-13.8
19	8	88.2	83.2	74.4	55.4	88.2	83.2	21.4	-13.8
20	10	93.8	113.8	74.4	29.7	93.8	66.4	21.4	-0.8
21	8	93.8	66.4	55.4	44.6	78.6	66.4	16.8	-13.8
22	10	93.8	93.8	83.2	41.0	93.8	70.3	44.6	-13.8
23	8	100.8	100.8	78.6	62.7	93.8	78.6	48.2	-13.8
24	8	100.8	100.8	100.8	78.6	113.8	93.8	16.8	-13.8
25	8	100.8	83.2	70.3	44.6	93.8	62.7	29.7	-13.8
26	8	88.2	78.6	74.4	55.4	100.8	74.4	29.7	-13.8
27	8	93.8	93.8	70.3	48.2	93.8	74.4	48.2	11.8
28	無効	74.4	83.2	66.4	48.2	100.8	78.6	83.2	-13.8
29	8	100.8	78.6	66.4	33.6	93.8	78.6	41.0	-13.8
30	8	93.8	100.8	83.2	70.3	78.6	70.3	6.2	-13.8
31	8	93.8	78.6	66.4	44.6	78.6	55.4	25.6	-13.8
32	10	100.8	78.6	78.6	41.0	88.2	83.2	25.6	-13.8
33	8	113.8	113.8	70.3	51.8	93.8	83.2	51.8	-13.8