

氏名	さかもとしゅういち		
授与学位	坂本 修 一 博士(工学)		
学位授与年月日	平成16年3月25日		
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項		
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科(博士課程)電気・通信工学専攻		
学位論文題目	単語認知の難易度を考慮した単語了解度試験に関する研究		
指導教官	東北大学教授 牧野 正三		
論文審査委員	主査	東北大学教授 牧野 正三	東北大学教授 阿曾 弘具
		東北大学教授 矢野 雅文	東北大学教授 鈴木 陽一
			(情報科学研究科)

## 論文内容要旨

### 第1章 序論

近年のマルチメディア情報処理技術の進歩に伴い、高精度・高臨場感コミュニケーションシステムへの要求が高まっている。一方、老年人口の増加が社会問題となっており、加齢に伴う聴覚器官の能力の低下を補う、高精度・高機能な次世代補聴処理システムの構築への期待も大きい。これらのシステムを実現していく上では、人間の音声聴取能力の正確な把握が非常に重要である。

過去、人間の音声聴取能力を測定するための様々な測定法が提案されてきた。しかし、これらの測定法では、人間の音声聴取能力が正しく測定出来ない可能性があることが、多くの研究者により指摘されている。まず、単音節明瞭度では、非日常語である単音節を試験語として用いているため、日常的な音声聴取能力を正しく表していない可能性が高いこと、連続音声の知覚様相を反映していないこと、といった問題点が挙げられる。一方、単語や文章を用いた測定方法では、試験語の認知の難易度が適切に統制されていなかったため、得られた実験結果が、測定したい対象の音声聴取能力を表しているのか、それとも、試験語の認知の難易度の偏りに起因するものなのかを明確に区別することが出来なかった。

そこで、本研究では、より日常的な音声聴取能力の測定が可能な指標として単語了解度に着目し、人間の総合的な音声聴取能力の把握を念頭に、従来からの問題であった試験語の認知の難易度を適切に統制した試験用リストを提案する。更に、音声聴取能力の基本特性の把握、騒音下での音声聴取能力の把握、難聴者の音声聴取能力の把握といった場面において、提案した単語リストを用いた単語了解度試験が、従来からの測定法に比べ、音声聴取能力の測定に有効であるかを評価する。これら2点を、本研究の目的とする。

### 第2章 親密度と音韻バランスを統制した単語了解度試験用リストの作成

第2章では、単語認知の難易度と音韻バランスを適切に考慮し、音声聴取能力の正確な測定が可能な単語了解度試験用単語リストの構築方法について検討した。更に、この検討に基づき、実際に単語リストを作成し、得られた単語リストの評価を行った。

まず、単語認知の難易度の指標について検討を行った。これまで、単語認知の難易度の指標として一般的に用いられてきたものは出現頻度である。しかし、出現頻度はあくまで個々の単語の客観的性質を表す一つの測定値にすぎない。単語認知の難易度の統制には、単語認知に影響を与える心的辞書の影響をよりよく反映した指標を用いることが重要である。そこで本研究では、単語の“なじみの程度”を表す親密度を単語認知の難易度の指標として採用した。天野らによって構築された親密度データベース

「日本語の語彙特性 第1巻」に収録された自立語約8万語のうち、4モーラでアクセント型がLHHH型である単語を選定し、親密度の高いものから、7.0~5.5, 5.5~4.0, 4.0~2.5, 2.5~1.0の4段階に分け、使用する単語群を得た。

次に、音韻バランスについても検討を行った。単語を試験語として用いることにより、単音節明瞭度では把握不可能な連続音声の聴取様相が分析可能となる。そこで、音韻バランスを取る際には、連続する音韻の組も考慮し、語頭と語中に分けて音韻バランスを統制した。語頭では、日本語100音節の各単音節が出来るだけ等確率に出現するように、また、語中では、先行音の母音と後続音の子音を組として、出来るだけ多くの種類の組が出現するように音韻バランスを取った。このような手続きにより、親密度の各段階で50単語からなる単語リストを20枚作成した。

得られた単語リストについて、親密度の統制、音韻バランスの観点から評価を行った。その結果、全ての親密度段階で音韻バランスが同程度にとれ、かつ、同一親密度段階内で単語リストごとの親密度の平均値にばらつきの少ない単語リストが得られたことが確かめられた。

### 第3章 単語認知過程における親密度の影響

第3章では、心的辞書との照合の寄与を含めた音声聴取能力の基本的な特性の把握を目的とした。そこで、第2章で提案したアルゴリズムに基づき作成した単語了解度試験用単語リストを用いた単語了解度試験により、単語了解度に対する親密度の影響を詳細に検討した。

図1に親密度別単語了解度試験結果を示す。この図に示すとおり、親密度が単語了解度に影響を与え、親密度が高い単語の方が、低い単語に比べ単語了解度が上昇することが示された。また、従来からの測定法である単音節明瞭度や、出現頻度を単語認知の難易度の指標とした単語了解度と、この結果を比較したところ、親密度の違いによって大きく変化する単語了解度を、従来からの測定

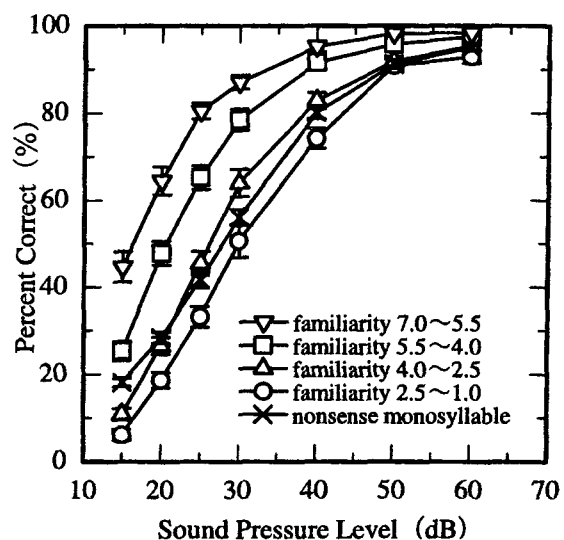


図1 健聴者における親密度別単語了解度試験結果

方法では十分に把握することが出来ないことが示唆された。したがって、音声聴取能力の基礎的な特性を取得する際には、親密度を統制した単語了解度試験によって、音声聴取能力をより詳細に把握することが出来ることが示された。一方、聴取実験結果について、モーラの聴き取りに影響を与える要因に基づいて分析し、第1モーラの聴取時には親密度の寄与が大きく見られること、第2~4モーラの聴き取りには調音結合情報や日本語音韻列の統計的性質の寄与が見込まれることが示された。

これらの結果から、親密度を統制した単語了解度試験の有効性を検討し、測定目的に応じて使用する親密度を変化させることで、心的辞書との照合が絶えず強く行われている日常生活における音声聴取能力や、個々のモーラの聴き取りに注力するような場面での音声聴取能力が測定出来る可能性が示唆された。

### 第4章 単語了解度における親密度とS/Nの相補関係

第4章では、日常生活により近い聴取環境における人間の音声聴取能力の把握を目的とした。その際に、街頭、雑踏などの屋外での音声聴取環境を考慮し、騒音下での単語了解度試験を行い、単語了解度に対する親密度の影響について分析した。更に、得られた結果に基づいて、物理パラメータであるS/N

と主観的尺度値である親密度の相補関係について検討を進めた。

S/N を変化させた単語了解度試験結果と単音節明瞭度試験結果を比較分析したところ、単語了解度の方が、単音節明瞭度に比べ、S/N の変化に追従した結果が得られていることが示された。これは、単音節明瞭度よりも単語了解度の方が、騒音下での音声聴取能力の測定に適していることを示している。更に得られた結果から、親密度と S/N の関係をロジスティック回帰モデルに基づき導出した。得られた回帰曲線を図 2 に示す。その結果、親密度の 1.0 の違いが、およそ S/N の 2 dB に相当することが示された。この関係を用いることで、親密度を統制した単語了解度が、様々な S/N を有する音環境において、目的に応じた最適な S/N の提案、音環境として使用可能な用途の決定といった、音響ホールの特性評価の場面でも使用可能な評価指標となりうる可能性が示唆された。

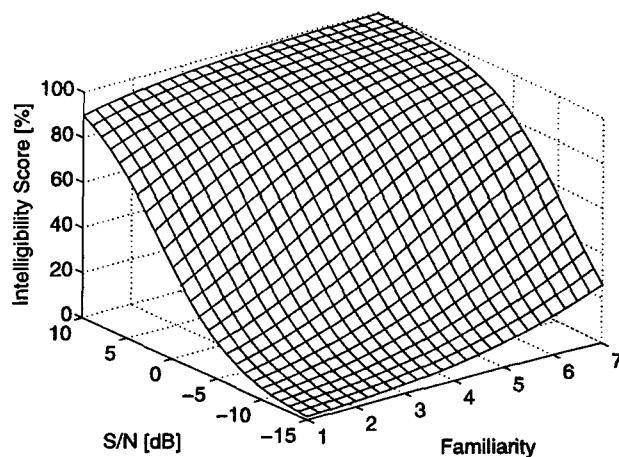


図 2 単語了解度における親密度と S/N の回帰曲線

### 第5章 難聴者の単語了解度における親密度の影響

第 5 章では、本研究で提案した単語了解度試験用単語リストを用いた単語了解度試験を難聴者に対して実施し、単音節明瞭度との比較を行った。その結果に基づき、難聴者の音声聴取能力を分析するとともに、難聴者の音声聴取能力測定における本単語リストの有効性を検証した。

騒音下における親密度別単語了解度試験結果を図 3 に示す。この結果から、単音節明瞭度に比べ、特に親密度 5.5~4.0 の単語リストを用いた単語了解度試験が、聴取者の周囲の聴取環境の変化をより敏感に反映することが示された。このことは、難聴者の音声聴取能力測定時にも、本単語リストを用いた単語了解度試験が有効であることを示唆していると考えられる。

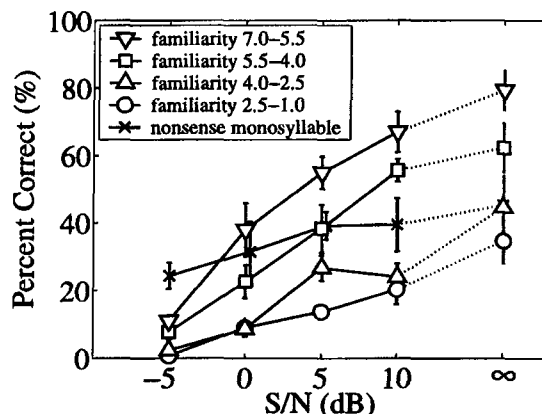


図 3 難聴者における親密度別単語了解度試験結果

更に、健聴者と難聴者の聴取実験結果について比較検討し、中程度の親密度の単語リストを用いることで、従来の測定方法では把握不可能な音声聴取能力の測定、評価が可能となる可能性が示された。

### 第6章 結論

以上、本研究では、単語認知の難易度を考慮した単語了解度試験が音声聴取能力の様々な側面を把握する上で有効であることが示された。特に本研究で提案した単語リストは、単に音響情報の伝達という点だけでなく、心的辞書との照合といったより中枢機能である単語認知過程も含めた形で音声聴取能力を分析することが出来るという特徴を有する測定法であると考えられる。なお、より日常的な音声聴取能力の把握という点で本単語リストを用いた単語了解度試験を行う場合、評価すべき聴取環境ごとに最適な親密度の決定法、親密度の個人差の補正といった点が、今後検討すべき課題であると考えられる。

# 論文審査結果の要旨

高精度・高臨場感音声コミュニケーションシステムの開発や、次世代補聴処理技術の構築を進める上で、システムの音声伝送性能や個々人の音声聴取能力を正確に把握することは極めて重要である。しかし、これまで広く用いられてきた単音節明瞭度を始めとする従来の測定方法では、人間の実際の音声聴取能力を正しく把握できない恐れがあることが指摘されてきた。この問題に対し、日常用いられる単語による単語了解度の利用が有効であると期待される。しかし、単語を用いた場合には、単語の難易度により了解度が大きく変化するという問題が存在した。著者は、適切な指標を用いて単語の難易度を統制することにより、聴取者の総合的な音声聴取能力の測定に適した単語了解度試験用リストを提案し、その有効性の検証を行った。本論文はその研究成果をまとめたもので、全編6章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景及び目的を述べている。

第2章では、単語認知の難易度を統制した単語リストの構築方法を提案している。単語認知の難易度を適切に統制するために、単語の「なじみの程度」を表す親密度を指標として採用するとともに、前後の音韻の影響を考慮した音韻バランスの統制法を提案している。また、提案法に基づき単語リストの構築を行っている。これらは、実用性に優れた単語了解度試験法の提案として評価できる。

第3章では、提案した単語リストによる単語了解度試験法を用い、静寂時における音声聴取能力の基本的な特性の分析を行っている。その結果、親密度を統制した単語リストに基づく提案法により、心的辞書との照合の様相といった、単語認知過程も把握可能となることを示した。これは、従来の測定法とは一線を画する、有効な測定法の提案として評価できる。

第4章では、日常生活に近い聴取環境として、騒音下での音声聴取能力の分析を行い、単音節明瞭度に比べ、本単語リストを用いた単語了解度は、SN比の変化をより良く反映することを明らかにしている。このことは、提案した単語了解度試験が、単音節明瞭度試験に比べ、聴取環境の変化を的確に表現しうる測定方法であることを示している。

第5章では、提案した測定法を用いて難聴者の音声聴取能力の分析を行っている。その結果、単音節明瞭度に比べ、特に中程度の親密度の単語リストを用いた単語了解度が、聴取環境の変化を敏感に反映することを指摘している。これは、難聴者の音声聴取能力測定時にも、本単語リストを用いた単語了解度試験が有効であることを示す成果である。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、難易度を統制した新しい単語了解度試験を開発すると共に、この試験法を用いることにより、単に音響情報の伝達性能だけでなく、単語認知過程も含めた音声聴取能力の分析・評価が可能となることを示したもので、音響情報工学および電気通信工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。