

外国語の拡声音声による情報伝達に関する基礎調査

研究代表者 山川 仁子 尚綱大学 現代文化学部 准教授
共同研究者 天野 成昭 愛知淑徳大学 人間情報学部 教授

1 はじめに

日本政府観光局の統計発表[1]によれば、外国人観光客はここ数年で急激に増加し、2017年には約2600万人に達している(図1)。政府が観光立国推進基本法に基づいて観光に力を入れていることから、今後も外国人観光客は増加し続けると予想される。この急増する外国人観光客に対し、災害発生等の緊急時に的確な避難情報を伝達し、彼らの安全を確保することは、人道上極めて重要であるばかりでなく、国際社会での日本の信用にかかわる問題でもある。

緊急時の情報伝達方法の1つとして、携帯電話等のIT通信機器を経由する方法がある。しかし、外国人観光客がIT機器を必ずしも携帯しているとは限らず、また山間部や過疎地等ではIT通信機器の接続が不能な場合もある。そのような状況では、防災無線等の屋外拡声スピーカによる情報伝達が、防災や避難に極めて重要な役割を果たす。屋外における拡声音声は、対象エリア内の人々に対し、たとえ情報を受け取るためのラジオや携帯端末等の通信機器を持っていなくても情報伝達が可能である点で優れている。しかし拡声音声の問題点の1つは、風雨等の自然音あるいは機械等の人工音などの背景雑音の重畳や、複数スピーカからの同時送出に起因する遅延音声の自己重畳によって、音声の聞き取りが困難になる点である。屋外拡声スピーカを用いた情報伝達に関する研究は、主にその音響伝達特性や時間遅延等に重点を置いてなされてきた[2-5]。また、日本音響学会の「災害等非常時屋外拡声システムのあり方に関する技術調査研究委員会」では、災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための規準案を策定し、屋外拡声システムが満たすべき電氣的・音響的性能に関する指針を示している[6]。一方、通信インフラの観点からは、総務省の予算に基づき、株式会社NTTデータが中心となって「多様な通信・配信手段を連携させた多層的な災害情報伝達システム」の研究がなされてきた[7]。この研究では、携帯電話電子メール、ワンセグTV放送、屋外拡声システム等の各種の通信・放送手段を多層的に組み合わせ、かつそれらのメディアに対し地方自治体が少ない労力で情報を一元的に送り込む方式等が開発されている。これらはいずれも音響学・音響工学・通信工学やシステム開発の観点からの研究である。また想定する情報の受け手側は日本人であり、外国人への情報伝達は想定していない。しかし拡声音声の情報伝達が音声言語を介して行われる以上、音声言語の特性を考慮した対策も問題の解決に有効であると考えられる。そこで本研究は、言語心理学的観点から外国人への情報伝達をテーマとして取り上げ、この問題に対し音声学および言語心理学に基づくアプローチを試みた。

音声学の知見によれば、カ行、サ行、タ行、ハ行、パ行等の無声子音はその強度が小さいため、雑音による妨害に弱く、聞き取りが困難となる場合が多い。以下では、この聞き取りが難しい音素を「難聴取音素」と呼ぶ。拡声音声において、難聴取音素の数がなるべく少ない単語を用いれば、情報伝達に有利となるはずである。一方、言語心理学の知見によれば、単語認知と深く関わる指標として単語親密度が存在する。単語親密度とは単語の主観的「なじみの程度」を表した指標である。その値は1から7までの数値であり、7に近いほど「なじみの程度」が高いことを表す。単語親密度が高いほど単語認知が早くかつ容易であり[8]、また雑音重畳に耐性があり[8]、さらに反響や時間遅延によって生じる自己重畳にも耐性があること[9]が分かっている。従って高い単語親密度の単語を拡声音声に用いれば、情報伝達が容易かつ確実になるはずである。

これらの考えに基づき、本研究ではまずスキー場の場内放送の実地調査を行って実際に拡声音声で頻繁に使用されている単語を特定した上で、音素および単語親密度の観点から、拡声音声情報伝達をより確実にするための適切な単語を選定することを目的とする。

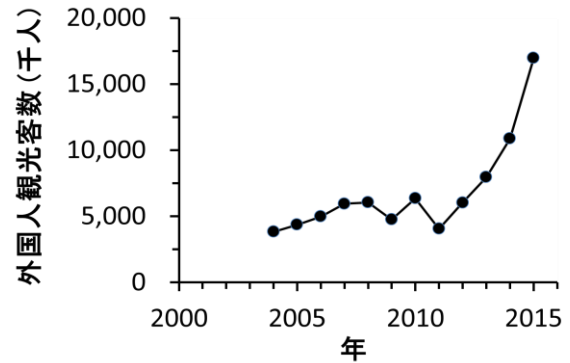


図1. 外国人観光客数の年次変化

本研究でスキー場の場内放送を取り上げた理由は、第1に安全に関わる情報伝達が拡声音声を用いて頻繁に行われていること、第2に拡声音声に対して、風雪などに起因する背景雑音による妨害や、複数スピーカからの同時送出に起因する遅延音声の自己重畳による妨害が生じ易いことが挙げられ、本研究の対象として適しているからである。

2 実地調査によるデータ収集

2-1 調査場所と調査期間

調査場所は、北海道ニセコ周辺の6か所および旭川周辺の11か所、合計17か所のスキー場であり、調査期間は2016年12月から2018年2月までであった。この実施場所を選定した理由は、外国人観光客が急増していること、および屋外拡声スピーカによる情報伝達が頻繁に行われていることである。

2-1 調査方法

各スキー場を訪問し、拡声放送の内容についてスキー場の管理責任者および拡声放送担当者に聞き取りを行い、かつ許可を得て拡声放送用の原稿を撮影した。また、外国人スキー客の利用状況や、スキー場としての外国人スキー客への対応状況、外国語による拡声放送の現状と将来計画について聞き取り調査を行った。

3 単語難易度解析

3-1 解析方法

(1) 形態素解析

ほとんどのスキー場が場内放送に日本語を用いており、一部のスキー場のみが英語等の外国語を併用していた。そこで本研究では多数を占めた日本語による場内放送を解析の対象とした。撮影した拡声放送用の日本語原稿を人手によってテキストファイルに入力した。入力したデータの総数は2,853文であった。その入力データをKH coder [10]を用いて形態素解析をした。なお単語単位の認定および品詞情報はKH coder搭載の茶筌に準拠した。形態素解析によって得られた単語の異なり数は1,551語、延べ数は13,357語であった。このうち未知語および人名・地名・組織名等の固有名詞の異なり数は206語、延べ数は829語であり、これらを除いた単語の異なり数は1,345語、延べ数は12,528語であった。この1,345語について出現頻度を計数した。

またこれらの単語について、単語親密度データベース[8]から音声単語親密度を抽出した。ただし、単語が2語からなる複合語の場合は、複合語を構成する各単語の単語親密度の平均を用いた。また、形態素解析で得られた単語について、日本語読解学習支援システム「リーディングチュウ太」[11]の語彙チェッカー機能を用いて、日本語能力検定試験（国際交流基金）出題基準に準拠した5段階の単語の難易度を求めた。すなわち、「N5」、「N4」、「N2-3」、「N1」、「級外」の順に難しくなる5段階の単語の難易度を求めた。さらに、雑音頑健性が低く、雑音下では聞き取り難いとされるカ行、サ行、タ行、ハ行、パ行の子音を「難聴取音素」と定め、各単語において、その音素の出現数を計数し、難聴取音素数とした。

3-2 解析結果

形態素解析によって得られた1,345語について、出現頻度と難易度別単語数の関係を図2に示す。解析に用いた単語のうち約4割が「級外」および「N1」の難易度であり、非日本語母語話者にとって難しい単語が多いと言える。また、図2より、出現頻度1~9回の単語が多いことがわかる。

本研究では、出現頻度の低い単語を除外し、出現頻度10回以上の単語のみを解析の対象とした。出現頻度10回以上の単語の異なり数は299語であり、最も出現頻度の多い単語は「お客様」の545回であった。これらのうち、否定助動詞など単語親密度を抽出できない単語を除いた205語を選び、さらにその中から安全に関係し、かつ難聴取音素を含む12語の原単語を抽出した。表1に原単語の音素表記、難聴取音素数、単語親密度、出現頻度、単語難易度を示す。

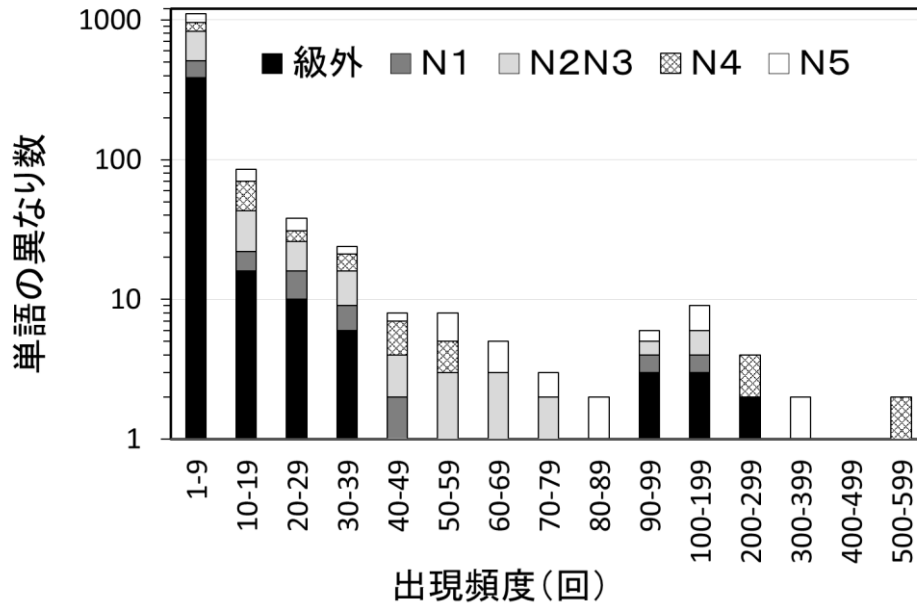


図2 出現頻度と単語難易度別にみた単語の異なり数

表1 抽出された原単語

文字表記	原単語				
	音素表記	難聴取音素数	単語親密度	出現頻度(回)	単語難易度
終了(する)	/syuuryoo/	1	6.03	165	N2-3
滑走(する)	/kassoo/	2	4.84	91	級外
開始(する)	/kaisi/	2	5.84	62	N2-3
発生(する)	/hassei/	2	5.59	26	N1
中止(する)	/tyuusi/	2	6.06	15	N4
停止(する)	/teisi/	2	5.59	15	N2-3
禁止(する)	/kinsi/	2	5.50	11	N2-3
閉鎖(する)	/heisa/	2	5.22	11	N1
強風	/kyoohuu/	2	5.81	71	級外
悪天候	/akutenkoo/	3	5.70	38	級外
危険	/kiken/	2	6.16	28	N4
視界(不良)	/sikai/	2	5.66	20	級外,N1

表2 単語難易度を考慮した提案単語

文字表記	提案単語					難聴取音素改善値	単語親密度改善値	単語難易度改善数
	音素表記	難聴取音素数	単語親密度	単語難易度				
終わる	/owaru/	0	6.22	N5	1	0.19	2	
滑る	/suberu/	1	5.72	N4	1	0.88	3	
始める	/hazimeru/	1	6.22	N4	1	0.38	1	
起きる	/okiru/	1	6.16	N5	1	0.56	3	
止める	/yameru/	0	6.03	N4	2	-0.03	0	
停める	/tomeru/	1	5.81	N4	1	0.22	1	
禁じる	/kinziru/	1	5.44	N2-3	1	-0.06	0	
閉める	/simeru/	1	5.63	N5	1	0.41	3	
強い風	/tuyoikaze/	2	6.23	N5, N5	0	0.42	4	
悪い天候	/waruitenkoo/	2	6.02	N5, N5	1	0.31	4	
危ない	/abunai/	0	6.31	N5	2	0.16	1	
見えにくい	/mie(nikui)/	0	6.38	N4	2	0.72	3	

3-3 聞き取りやすさを考慮した単語の提案

表 1 に示した原単語の単語親密度の平均は 5.62 であり、日本語母語話者には比較的理解されやすい単語が使用されていると言える。しかし単語難易度をみると、級外や N1 などの難しい単語が見られる。災害発生時に外国人へ情報を伝達する手段として提案されている「やさしい日本語」[12]によると、平均的な日本語よりも簡単でわかりやすい日本語として、日本語能力検定試験出題基準 N3 レベルあるいは小学校低学年の国語教科書程度の語彙が望ましいとされている。そこで、表 1 に挙げた原単語と難聴取音素が同数以下であり、単語親密度および単語難易度がほぼ同等以上となる単語を案出した。表 2 に提案単語の音素表記、難聴取音素数、単語親密度、単語難易度とともに、原単語から提案単語へ変更した場合の難聴取音素の改善数と単語親密度および単語難易度の改善値を示す。提案単語では、1 語を除いて単語難易度が全て改善した。さらに全提案単語において、難聴取音素数と単語親密度および単語難易度の少なくとも一つが改善した。したがって、提案単語は日本語母語話者にとっても非日本語母語話者にとっても原単語に比べ聞き取りやすさに関する性質が向上していると言える。よって提案単語を使用すれば、より確実な情報伝達が可能になると期待できる。

4. 知覚実験

スキー場の拡声放送における単語の出現頻度、親密度、音素構成、および難易度を調査した結果、スキー場の拡声放送で頻繁に使用されている安全にかかわる単語には、雑音下では聞き取り難いとされるカ行、サ行、タ行、ハ行、パ行の子音などの難聴取音素が含まれる場合が多く見られた。スキー場では風雪による背景雑音や複数スピーカからの時間遅延による自己重畳などの影響で、拡声放送が聞き取りづらいことが多いため、難聴取音素を含む単語では確実な情報伝達が難しいと考えられる。そこで前章では、拡声放送を聞き取りやすくすることを目的として、原単語と比べて難聴取音素が同数以下であり、単語親密度および単語難易度がほぼ同等以上となる単語を提案した。本章では、この提案単語の有効性を検証することを目的として、日本語母語話者および非日本語母語話者を対象に当該単語の雑音環境下における単語認知の誤答率を知覚実験によって求めた。

4-1 実験参加者

聴力が正常な日本語母語話者 21 名(男性 1 名, 女性 20 名)が実験に参加した。彼らの平均年齢は 19.9 歳(標準偏差 0.66 歳)であった。

また、尚綱大学に交換留学生として在籍する中国語母語話者 2 名(女性)と韓国語母語話者 3 名(女性)の非日本語母語話者も実験に参加した。彼らの平均年齢は 20.2 歳(標準偏差 1.47 歳)であった。中国語母語話者は 2 名とも台湾出身で、日本語学習歴は 4 年であった。彼らのうち 1 名の日本語レベルは日本語能力検定試験出題基準の N1 レベルであり、もう 1 名の日本語レベルは N2 レベルであった。韓国語母語話者は 3 名とも韓国ソウル市出身で、日本語学習歴は 3 年であった。彼らのうち 1 名の日本語レベルは N2 レベルであり、その他 2 名の日本語レベルは N3 レベルであった。実験実施時点で中国語母語話者 1 名の日本滞在歴は 8 ヶ月であり、他の 4 名の日本滞在歴は 2 ヶ月であった。

4-2 刺激

単語難易度解析にて抽出した原単語 13 語(表 1)と、単語難易度が改善した提案単語 13 語(表 2)を刺激とした。これらの単語を日本語母語話者の女性 1 名に発話させ、16bit, 48kHz でデジタル録音した。ノイズなし条件の刺激として、録音した 26 単語をそのまま用い、ノイズあり条件の刺激として、ピンクノイズを SN 比 0dB の強度で重畳した 26 単語を用いた。ノイズ重畳は単語の開始前 100ms から終了後 100ms の範囲とし、その 100ms の区間において立ち上がりとしち下がるのテーパをつけた。ノイズなし条件では単語の前後に無音 100ms を付加した。合計で 52 刺激を本試行用の刺激とした。また、練習試行用の刺激として、「日本語語彙特性 第 1 巻」[8]から親密度 6.0 以上で、かつカタカナ語ではない 3~7 モーラの 10 単語をランダムに抽出した。その 10 単語から、本試行と同様にノイズあり・なし条件の刺激を練習試行用に作成した。

4-3 手続き

愛知淑徳大学の防音室および尚綱大学の静かな教室にて実験を行った。ノートパソコン (Toshiba, SS RX2)

に格納した刺激を、USB オーディオインターフェース (Roland, DUO-CAPTURE EX) とヘッドホン (Sony, MDR-Z900HD) を通して、実験参加者の両耳に聞きやすい音量で呈示した。実験参加者には呈示された音声は何と聞こえたかを、キーボードを使って平仮名で入力させた。音声を聞き取れなかった場合は「わからない」と入力させた。入力後、決定ボタンをクリックさせ、次の試行へ進ませた。

練習試行として 20 刺激を呈示した後、本試行として、104 刺激 (52 刺激×繰り返し数 2 回) を呈示した。刺激の呈示順序は実験参加者ごとにランダムとした。実験時間は全体で約 15 分であった。

4-4 結果

(1) 日本語母語話者

日本語母語話者のノイズあり／なし条件における単語の誤答率を図 3 に示す。ノイズなし条件では、原単語と提案単語との間に誤答率の差はみられなかった。一方、ノイズありの条件では原単語に比べ提案単語の誤答率が有意に低かった ($z = -5.558, p < .001$)。すなわち、雑音下では提案単語は原単語よりも聞き間違いがないことが示された。

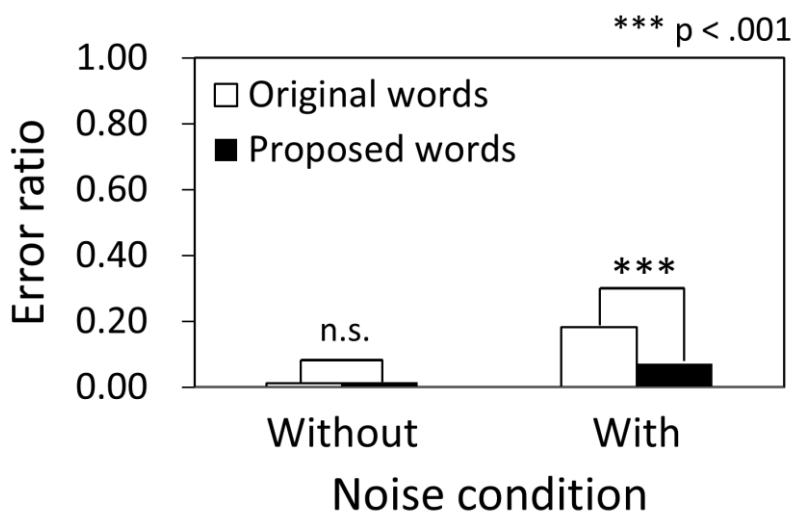


図 3 日本語母語話者における単語誤答率

(2) 非日本語母語話者

非日本語母語話者のノイズあり／なし条件における単語の誤答率を図 4 に示す。ノイズなし条件では、原単語に比べ提案単語の誤答率が有意に低かった ($z = -5.431, p < .001$)。ノイズありの条件では、原単語の誤答率は 70.8% と非常に高く、また、原単語に比べ提案単語の誤答率が有意に低かった ($z = -8.758, p < .001$)。すなわち、非日本語母語話者では、雑音下の原単語の聞き間違いが非常に多いが、提案単語であれば雑音下でも聞き間違いが少なくなることを示された。

4.5 考察

知覚実験の結果、日本語母語話者、非日本語母語話者ともに提案単語は原単語に比べ雑音下であっても聞き間違いが少ないことが示された。すなわち、聞き取り難いとされるカ行、サ行、タ行、ハ行、パ行の子音の数が少なく、かつ親密度が高い単語のほうが、雑音下での聞き間違いが少ないといえる。

非日本語母語話者では、ノイズがない状態であっても原単語の聞き間違いが起きており、さらに雑音下での原単語の聞き取りは非常に困難であることが示された。原単語、すなわち、実際にスキー場で使われている単語は日本語を学習したことのある非日本語母語話者であっても聞き取りが困難であり、さらに風雪や自己重畳に起因する雑音環境下においては半分以上も聞き取れていないことが強く示唆される。一方で、提案単語では、雑音がない状態でも雑音がある状態でも原単語に比べて聞き取りが劇的に向上していることから、提案単語は日本語母語話者だけでなく非日本語母語話者にとっても聞き取りやすい単語であり、拡声音声による情報伝達に適した単語であるといえる。

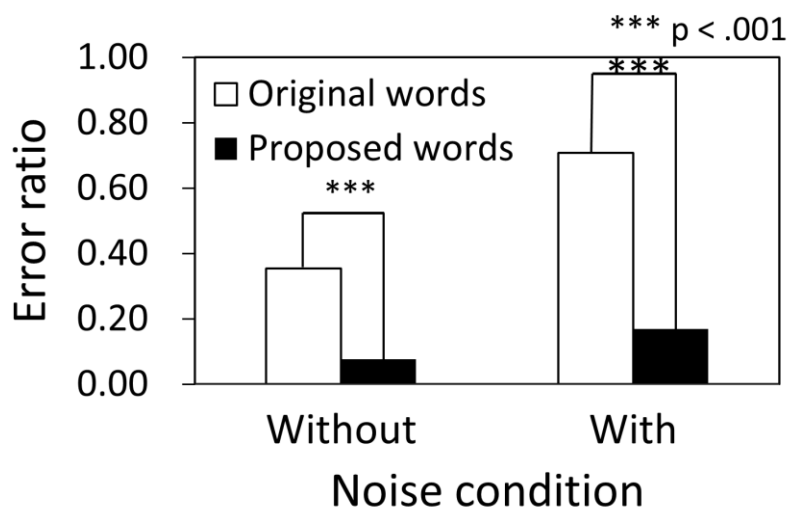


図4 非日本語母語話者における単語誤答率

5. おわりに

年々増加する訪日外国人観光客への確実な緊急避難情報等の伝達を目的とし、音声学および言語心理学に基づくアプローチにより「拡声放送を聞き取りやすくする単語」の提案を行った。提案した単語は、難聴取音素や単語心密度、単語難易度を配慮して選定されており、知覚実験の結果、提案単語は雑音環境下でも情報伝達に有効であることが示された。また、提案単語は非日本語母語話者だけでなく日本語母語話者にとっても聞き取りやすい単語であることが示された。

北海道内のニセコおよび旭川周辺のスキー場管理者に対して、スキー場内の拡声放送について、聞き取り調査を行った結果、拡声放送の現状と将来計画について次のことが分かった。拡声放送の現状については、スキー場内の拡声放送に使用している言語は、主に日本語であり、ニセコ周辺のスキー場の一部のみで英語を併用していた。英語以外の外国語は使用されていなかった。また、拡声放送の将来計画については、英語による放送を将来実施する計画を、一部のスキー場が検討しているものの、その他のスキー場はそのような計画が無いとのことだった。英語以外の言語による放送を計画しているスキー場は無かった。その理由として、英語を含めた外国語による放送の必要性は感じているものの、放送に充てる資金や人材が不足している点を挙げるスキー場が多数を占めた。以上のスキー場管理者に対する調査結果によれば、現状および将来において外国語の拡声放送が実施される頻度・可能性は低いと考えられる。その場合、日本語による拡声放送によって、できるだけ確実に情報を伝達することが必要となる。本研究は、そのような「日本語の放送」における改善方法の1つの方向性を示している。

今後は研究成果を拡大して提案単語数を増やし、「スキー場の安全保持に関する放送用語集」としてまとめ、今回ご協力いただいたスキー場をはじめとする全国のスキー場に提案して行きたいと考えている。また、現場の方々の要望を踏まえながら提案単語を含む放送用の音声の提供を行っていく予定である。

本研究ではスキー場の場内放送のみを対象とした。しかし同様のアプローチにより、防災無線放送や一般の拡声放送においても、情報伝達の確実性の向上が見込めると考えられる。それにより日本を訪れる外国人観光客の安全が確保され、観光客が安心して日本を楽しむことができるようになるだろう。

謝辞：聞き取り調査に快く応じてくださったスキー場の方々に心より感謝いたします。

【参考文献】

- [1] 日本政府観光局, 「2017年訪日外客数(総数)」
https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/since2003_tourists.pdf
- [2] T. Onoguchi, D. Murakami, & Y. Chisaki (2015). Emission timing control method for improving signal to interference ratio on public address system, *Applied Acoustics*, 98, 70-78.
- [3] 鈴木陽一 (2014). 屋外拡声システムによる確実な災害情報伝達を目指して, *Mercato* 88, 17-20.
- [4] 崔正烈, 宮下知理, 虎井駿, 坂本修一, 森本政之, 鈴木陽一, 菅木禎史 (2014). 単語了解度に基づく屋外拡声システムの最適音声提示タイミングの検討, *日本音響学会秋季研究発表会講演論文集*, 497-498.
- [5] 宮下知理, 崔正烈, 坂本修一, 森本政之, 鈴木陽一 (2014). 単語間ポーズがロングパスエコー環境下の単語了解度に及ぼす影響, *電子情報通信学会技術研究報告, EA*, 応用音響 114(178), 55-58.
- [6] 日本音響学会: 災害等非常時屋外拡声システムのあり方に関する技術調査研究委員会 (2015). 災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための規準案(第1版),
<http://asj-disaster-prevention.acoustics.jp/std/>
- [7] 水野大 (2013). 多様な通信・放送手段を連携させた多層的な災害情報伝達システムの研究開発, *ICTイノベーションフォーラム 2013*, ICT重点技術の研究開発,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000256337.pdf
- [8] 天野成昭・近藤公久, 1999, 日本語の語彙特性, 東京: 三省堂.
- [9] Cui,Z., Sakamoto,S., Morimoto,M., Suzuki,Y., & Sato,H., 2017, Effect of word familiarity on word intelligibility of four continuous words under long-path echo conditions, *Applied Acoustics*, No.124, 30-37.
- [10] 樋口耕一, 2014, 社会調査のための計量テキスト分析—内容分析の継承と発展を目指して, 京都: ナカニシヤ出版.
- [11] 川村よし子, 北村達也, 「日本語読解学習支援システム リーディングチュウ太」
<http://language.tiu.ac.jp>
- [12] 国際交流基金, 日本国際教育支援協会, 「日本語能力検定試験」, <http://www.jlpt.jp/>
- [13] 弘前大学人文学部社会言語学研究室, 「やさしい日本語」,
<http://human.cc.hirosaki-u.ac.jp/kokugo/EJ1a.htm>

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
拡声音声情報伝達における音素および単語親密度を考慮した単語の選定	日本災害情報学会第19回学会大会 予稿集 pp.262-263	2017年10月
非日本語母語話者における拡声音声の単語の難易度解析	日本音響学会春季研究発表会講演 論文集, 2-P-17, pp.1333-1334	2017年10月
スキー場の拡声放送に使用される単語の出現頻度・単語親密度・難聴取音素数の調査	『尚絅大学研究紀要 A.人文.社会科学編』第50号, pp.109-116	2018年3月
Proposals of noise-robust spoken words for a broadcast via outdoor loudspeakers.	The Journal of the Acoustical Society of America Vol. 144, Issue 3, 1804 (Joint Meeting 176th Meeting Acoustical Society of America)	2018年11月
拡声放送のための聞き取りやすい日本語単語の提案	日本音響学会春季研究発表会講演 論文集, 1-R-7, pp.803-804	2019年3月