

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01597

研究課題名(和文) 多言語一斉通知による言語バリアフリーと時間短縮を両立する緊急避難放送の開発

研究課題名(英文) Development of an Emergency Evacuation Broadcasting System that Achieves Both Language Barrier-Free and Time-Saving Features through Simultaneous Multilingual Notification

研究代表者

森本 政之 (Morimoto, Masayuki)

神戸大学・工学研究科・名誉教授

研究者番号：10110800

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は同時に多言語で緊急避難放送を行うシステムを開発し、言語バリアフリーと情報伝達の時間効率向上の両立することである。言語の組み合わせ、同時再生言語数、スピーカの空間配置、キャリアフレーズ(合図音)をパラメータとした音声の聴取実験を複数行い、以下を明らかにした。(1) 直前に合図となる音を出して音声の開始タイミングを予測可能とすれば了解度は上昇する。(2) 同時再生言語数が2であれば再生するスピーカを空間的に離さなくても高い了解度が得られる。(3) 同時再生言語数が4の場合は話者の声の高さやスピーカ配置の調整により了解度が向上するが、十分高い了解度を得るためにはさらに研究が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、放送の重畳はタブーとされてきたため本研究で開発しようとするシステムが学術的に検討された事例は少ないが、異言語が重なって聞こえたとしても両耳効果を上手く利用できれば実用化の可能性があると考えられる。このシステムが実現できれば、日本語以外を第一言語とする人々まで含めた安全・安心な環境構築の一助となることが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a system that simultaneously broadcasts emergency evacuation announcements in multiple languages to achieve both language barrier-free and time-efficient information transmission. Several listening experiments were conducted with parameters such as language combination, the number of languages played simultaneously, arrangement of loudspeakers, and carrier phrases and the following were clarified: (1) Intelligibility of multi-talker speech increases when the onset of target speech is predictable with a sound cue played just before the speech. (2) When the number of languages played simultaneously is 2, a high degree of intelligibility can be obtained even if the two loudspeakers for each language playback are not spatially separated. (3) the number of languages played simultaneously is 4, intelligibility can be improved by adjusting the taker's voice pitch and loudspeaker arrangement, but further research is needed to obtain sufficiently high intelligibility.

研究分野：環境音響学

キーワード：緊急避難放送 言語バリアフリー 多言語対応

1. 研究開始当初の背景

我が国の経済発展において、観光事業は重要な成長分野である。観光事業の継続的な成長を目指すためには、移動・滞在を円滑化する情報源を多言語化することが必要不可欠である。すでに大都市や世界的に知られている観光地では、日本語だけでなく英語、中国語、韓国語等で案内表示や案内放送が行われている。さらに、多言語化を促進するために、観光庁は2014年3月に「観光立国実現に向けた多言語対応の改善・強化のためのガイドライン」を策定した。これは、「美術館・博物館、自然公園、観光地、道路、公共交通機関等」と幅広い対象に、多言語対応を求めるものである。

以上のように、各種案内の多言語対応は喫緊の課題であるが、特に非常時対応が難しいと考えられる。上述のガイドラインでは、非常時の情報提供の例文とその英語・中国語・韓国語の対訳が示されている。これらを視覚呈示できれば良いが、一秒を争うような緊急避難が必要な場合は、音声放送による一斉通知が有効である。しかし、現状の多言語対応の案内放送のように各言語で順次放送した場合、第一言語（最も使いこなせる言語）が後から放送された人々の初動が遅れるという問題が生じる。この問題を解決する方法として、緊急避難放送を各言語で順次放送するのではなく、同時に放送するシステムの着想に至った。複数の緊急避難放送が重なることにより了解度が低下するのは当然であるが、言語の違いと両耳効果を上手く利用すれば、了解度の低下を実用上問題が生じない範囲に抑えられる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、必要十分な了解度が得られる言語の組み合わせ、同時再生言語数、スピーカの空間配置について明らかにし、それらに基づいて同時に多言語で緊急避難放送を行うシステムを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

無響室に設置された複数のスピーカの1つあるいは2つから音声を複数同時に聴取者に提示し、ターゲットとなる音声に対する反応を記録する実験を行う。基礎的な実験では、試験用音声として単語を用い、聴取者がターゲット単語を正しく書き取れた割合（単語了解度）で評価を行う。実装を想定した実験では、試験用音声として「状況」と「行動」の2つに類型化した避難放送を用い、聴取者がターゲットの放送の内容を正しく判別できた割合（音声情報判別率）か、あるいは全体の何割を聞き取れたと感じたかの申告値（主観了解度）で評価を行う。

言語の組み合わせ、同時再生言語数、スピーカの空間配置、キャリアフレーズ（放送冒頭の情報を含まない部分で合図となる音）をパラメータとした実験を複数行い、これらの結果から同時に多言語で緊急避難放送を行うシステムの最適化を行う。

4. 研究成果

(1) 2話者同時放送におけるキャリアフレーズの影響

最小構成システムとして1つのスピーカのみを用いる場合を想定する。情報を持つ放送を行う前に同一話者の音声を聴取することで、複数の話者が混在する放送からターゲット音声を抽出しやすくなるという仮説を立てて実験を行った。聴取者の正面に配置したスピーカから2話者による異なる日本語単語を同時に提示し、その両者を書き取らせた。聴取者は日本語を第1言語とする学生である。2話者は女性と女性、女性と男性の2パターンとした。書き取りの対象となる単語の前にキャリアフレーズとして、(a) 同じ2話者が同時に6単語を連続して発話した音声、(b) 音声の周波数特性を持たせた定常雑音、のいずれかを提示した場合、およびキャリアフレーズを提示しなかった場合の単語了解度（母数：16名×10単語=160）を図1に示す。

話者によりキャリアフレーズの影響は異なるが、すべての話者の単語了解度を平均した値では、キャリアフレーズを付加することによって単語了解度は10パーセントポイント上昇した。しかし、キャリアフレーズの内容が音声の場合と定常雑音の場合では単語了解度にほとんど差が見られなかった。したがって、本研究の範囲では、キャリアフレーズの存在によって2話者同時放送の単語了解度は上昇するが、キャリアフレーズの内容は単語了解度の上昇と無関係であると言える。キャリアフレーズの存在によって単語了解度が上昇する理由としては、ターゲットの単語が提示されるタイミングを聴取者が予測可能になり、ターゲット単語の立ち上がり部分から注意を向けて聞くことのできたことが考えられる。

(2) 2話者同時放送における言語とスピーカの空間配置の影響

空間的に分散して配置した複数のスピーカから音声を同時に再生した場合、両耳効果により1つのスピーカから全ての音声を再生した場合よりも音声が聞き取りやすくなることが知られて

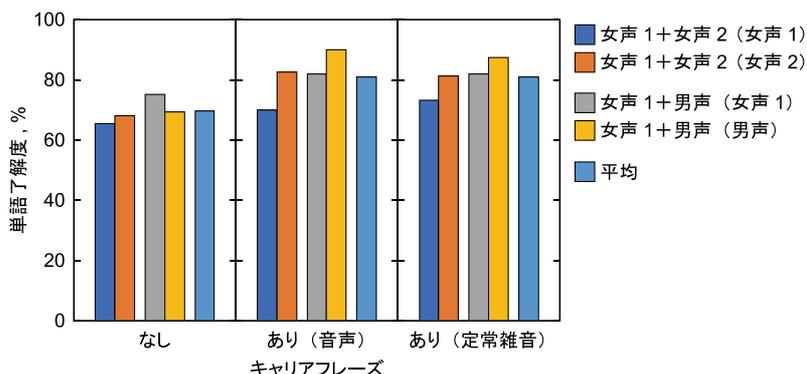


図1 キャリアフレーズが2話者同時放送の単語理解度に及ぼす影響

いる。ここでは、妨害音となる音声に対する親密度あるいは習熟度が両耳効果に与える影響について検討した。聴取者の前方に2つのスピーカを左右対称に配置し、(a)なじみのある日本語単語（高親密度単語）、(b)なじみのない日本語単語（低親密度単語）、(c)韓国語単語の3つのうち2つをそれぞれのスピーカから同時に提示する実験を行った。聴取者から見たスピーカの開き角を0°から180°の5段階とした。開き角0°の条件では、正面の1つのスピーカから2つの音声を同時に提示した。聴取者には聞こえた日本語単語をすべて書き取らせた。

高親密度単語が正しく書き取れた割合（単語理解度）の結果を図2に示す。高親密度の日本語単語と韓国語単語を同時に提示した条件は他の2条件よりも単語理解度が大きく、スピーカの開き角によらず90%の単語理解度を示した。聞こえた日本語単語をすべて書き取るというタスクであったため、日本語と韓国語を組み合わせた場合は日本語のみに注意を向けた選択的聴取となるが、日本語と日本語を組み合わせた場合は両者に注意を向ける分散的聴取となることが原因と考えられる。スピーカの開き角が単語理解度に影響しなかったのは、開き角0°の条件ですでに単語理解度が90%に達しており、2話者の音声を同時に聴取するという条件の範囲では単語理解度が上限に達していたためだと考えられる。日本語の親密度の影響については、高親密度の単語を同時に提示した条件の方が単語理解度がやや大きい。2つの日本語単語の両者に注意を向ける分散的聴取において、相対的に聞き取りにくい低親密度単語の認識に負荷がかかったためだと考えられる。以上より、2言語同時再生において日本語の音声のみを選択的に聴取する場合は、スピーカの空間配置によらず上限に相当する単語理解度が得られると言える。

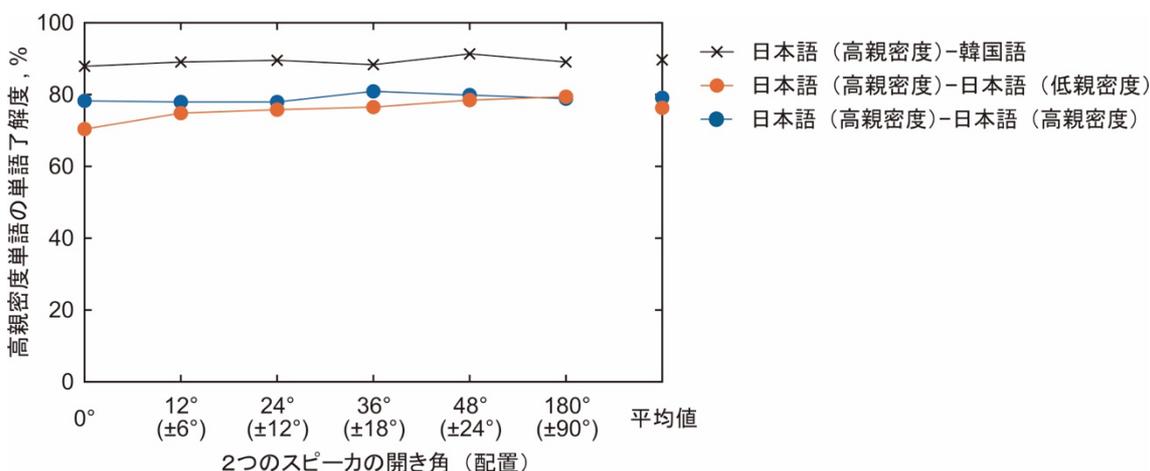


図2 言語とスピーカ配置の組み合わせが2話者同時放送の単語理解度に及ぼす影響

(3) 4言語同時放送における話者の組み合わせの影響

既に鉄道駅のプラットフォームなどで実装されている女声と男声による同時放送を日本語、英語、中国語、韓国語の4言語同時放送に適用した場合の影響を検討した。避難放送の種類文として、内容を生じた「状況」を伝える8文（火が発生した、地震が発生した、etc.）と要求される「行動」を伝える8文（その場で待機、係員の誘導に従う、etc.）を組み合わせた64文を作成し、さらに上述の4言語を第1言語とする男女の話者にそれぞれの文を発話させた音源を作成して実験に用いた。聴取者の正面に配置したスピーカから、(a)4言語すべてを女声あるいは男声にする条件（FFFF, MMMMの2条件）、(b)2言語ずつ女声と男声にする条件（日英中韓の順でFMMFなど計6条件）で、4言語の避難放送の種類文を同時に提示し、聴取者に放送の内容である「状況」および「行動」を9つの選択肢（聞き取れなかったを含む）から回答させ

た。聴取者は日本語を第1言語とする8名であり、1条件あたり8回ずつ回答させた。

それぞれの条件における「状況」と「行動」の両者を正しく判別できた割合（音声情報判別率，母数：8名×8回=64）の結果を図3に示す。日本語が女声の場合，4言語すべてが女声の条件（FFFF）が女声と男声が2言語ずつの条件（FMMF, FMFM, FFMM）よりも音声情報判別率が小さい。一方，日本語が男声の場合は条件によって音声情報判別率に大きな差が見られなかった。実験に用いた音源の基本周波数 f_0 を分析したところ，女声よりも男声の方が4言語間の f_0 のばらつきが大きかった。そこで，それぞれの条件において日本語とその他の言語の f_0 の差を分析したところ， f_0 の差の絶対値を日本語の f_0 で基準化し，さらに上限を0.2とした値を日本語以外の3言語で平均した値が，音声情報判別率とよく対応した。したがって，同時放送する4言語の音声の f_0 を最適化することにより，音声情報判別率は向上可能と考えられる。

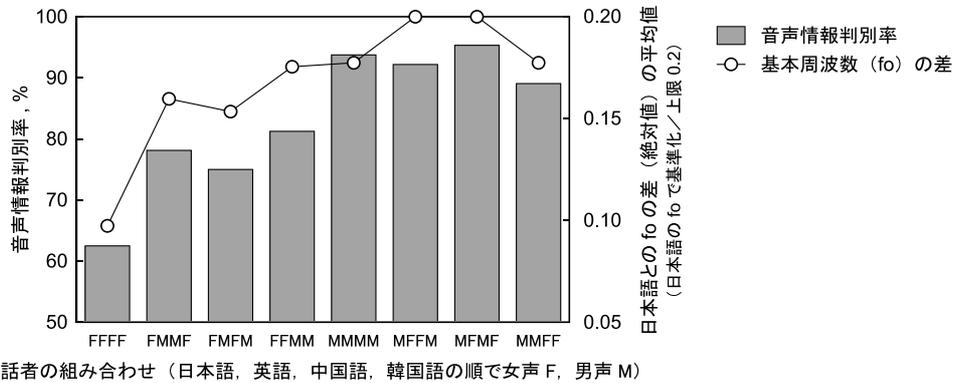


図3 言語および話者の組み合わせが4言語同時放送の音声情報判別率に及ぼす影響

(4) 4言語同時放送における話者の組み合わせとスピーカ配置の影響

(2)の検討において2言語同時放送であれば十分な理解度が得られることと，言語バリエーションの観点から4言語で公平な聴取条件とすることを考慮し，聴取者の前方に2つのスピーカを左右対称に配置し，それぞれから2言語ずつを放送するシステムを想定した。話者の組み合わせ（FFFFとFMFMの2条件）とスピーカ間の開き角（0°から120°の4条件）をパラメータとして(3)と同様の実験を行った。開き角0°の条件では，正面の1つのスピーカから4言語を同時に提示した。FMFMと左右2つのスピーカを用いる条件の組み合わせの場合，それぞれのスピーカからFMの組み合わせで再生するものとした。聴取者に放送の何割が聞き取れたと感じたかを0から10の11段階の数値で評価させた。聴取者は日本語を第1言語とする8名であり，1条件あたり8回ずつ回答させた。

それぞれの条件における評価値の平均値に10を乗じて百分率の値（主観的理解度）にした結果を図4に示す。正面の1つのスピーカから4言語を同時に提示した条件（0°）は，2つのスピーカから提示する他の条件と比較して主観的理解度が小さく，さらにFFFFよりもFMFMの方が主観的理解度が大きい。一方，開き角が30°以上の条件では，開き角が大きくなるほど主観的理解度は大きくなるがその差はわずかであり，FFFFとFMFMの差も小さい。したがって，2つのスピーカを左右対称に配置し，それぞれから異なる f_0 を持つ2言語ずつを再生するシステムの場合，開き角を30°程度まで小さくすることが可能であると言える。

ただし，本研究における4言語同時放送システムの最適化は定性的な検討に留まるものである。また，残響音や騒音が存在する実際の環境で十分な効果が得られるかといった実効性に関する検討も必要であり，継続して研究を進める必要がある。

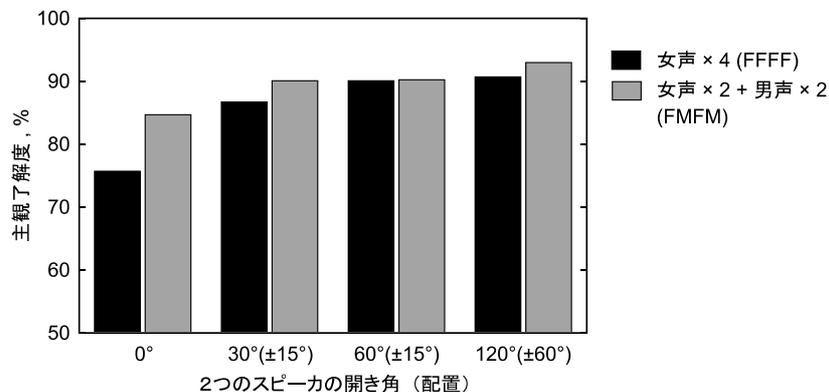


図4 話者とスピーカ配置の組み合わせが4言語同時放送の主観的理解度に及ぼす影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 SATO Hayato, MORIMOTO Masayuki, IIDA Kazuhiro, SATO Hiroshi |
| 2. 発表標題 Effects of Length of Carrier Phrase on Release from Masking in Multi-talker Voice Guidance |
| 3. 学会等名 The 23rd International Congress on Acoustics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤逸人, 森本政之, 飯田一博, 佐藤洋 |
| 2. 発表標題 単スピーカから複数同時に発せられた音声の了解度に及ぼすキャリアフレーズの影響 - ターゲットとする話者の特徴情報の直前聴取 - |
| 3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋仰一, 菊地勇成, 林翔太, 飯田一博, 佐藤逸人, 佐藤洋, 森本政之 |
| 2. 発表標題 2個のスピーカから発せられた音声の了解度に及ぼす提示方向の影響 - 日本語単語と韓国語単語もしくは2つの日本語単語の同時提示 - |
| 3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 穴水智也, 佐藤逸人, 森本政之, 飯田一博, 佐藤洋 |
| 2. 発表標題 複数話者同時発話時の音声了解度にキャリアフレーズの構成が及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究分担者 | 佐藤 洋 (Sato Hiroshi) (10260423) | 国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究部門長 (82626) | |
| 研究分担者 | 佐藤 逸人 (Sato Hayato) (30346233) | 神戸大学・工学研究科・准教授 (14501) | |
| 研究分担者 | 飯田 一博 (Iida Kazuhiro) (60458627) | 千葉工業大学・先進工学部・教授 (32503) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|