

令和 3 年 5 月 23 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K18631

研究課題名（和文）アクティブラーニングに活用できる教室用音声環境の開発

研究課題名（英文）Development of audio-related environments for the classroom that can be used for active learning

研究代表者

前迫 孝憲（MAESAKO, Takanori）

大阪大学・人間科学研究科・名誉教授

研究者番号：00114893

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：教室内を複数の音響空間に分離して、学習者の能動的活動を重視するアクティブラーニングに対応できる教室用音声環境を開発した。直進性に優れた超音波を搬送波として利用する指向性音響装置を分散して設置する方法を中心に検討を行ない、変調に利用する搬送波信号を分散した装置間で同期させることや、変調度を深めて出力を制御することで、相互干渉や身体に与える影響の低減化が可能なことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

行動主義から構成主義への流れの中でアクティブラーニングが推奨され、教室内でもグループ活動等が盛んに行なわれるようになってきた。この時、教室内を複数の音響空間に分割することで、グループ毎に異なる映像や音声を活用したり、複数言語への対応など、多様な形態の学習が可能になった。さらに、コロナ禍で遠隔学習が必須となったことから、教室内外を隔てなく接続する新たな音響空間開発の基盤としても有用と考える。

研究成果の概要（英文）：We have developed audio-related environments for the classroom that can be used for active learning, which emphasizes the active activities of learners, by separating the classroom into multiple acoustic spaces. The study focused on the method of distributed installation of directional loudspeakers that use ultrasonic waves with excellent convergence as carrier waves, and showed that it is possible to reduce mutual interference and physical effects by synchronizing the carrier wave signals for modulation among the devices and controlling the output by increasing the modulation level.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 アクティブラーニング 音声

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始前年、フィンランド・マンタ芸術祭で、壁面の複数スピーカからホワイトノイズを発生、サイロ内を歩くと、微妙な位置の違いで音が定位、不思議な感覚が味わえる作品の制作に協力した。この時、高周波音ほど直進性に優れ、ショット雑音等継続時間の短い音では定位空間が狭まる傾向などが確認できた。この経験を教室内音響空間の構築に活かしたいと考えた。さらに近年、ハイパーソニックの意義や高精細デジタル(ハイレゾ)音源の機能など、超音波周波数帯域を含む音響に関するさまざまな知見の蓄積とデータ解析が深まってきた。

もともと教室のスピーカは、映像視聴や教員音声拡声用に教室前面等に設置されていた。その後、遠隔講義や学生参加型授業の普及に伴い、ハウリング防止効果等を狙い、教室内のどの位置でも適度の音圧になるように、スピーカを天井や壁面に分散配置するようになった。しかし、近年のアクティブラーニング等の普及により、教室内における一斉視聴を主要な目的としていたPA一斉伝達システムは、そのままの形態では利用し難くなっており、新たな教室向けの音響設備が求められるようになってきた。すなわち、アクティブラーニングの導入等で学習形態の変化に直面する教室を音響設備面から支援する技術や利用方法を開発することで、教室環境の果たす役割の再構築が期待された。この解の一つは、オープンスペースである教室の形態をそのままに、グループや個人毎に異なる音響空間を利用できるようにすることであろう。この環境が実現できると、社会的構成主義に沿ったコミュニケーション重視の学習活動を、教室内でさらに活用可能になると考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究では、教室内を複数の音響空間としてグループや個人単位に分離可能にして、グループ活動や多言語学習に対応できる教室用音声環境を開発、身体に与える影響などを調査する。さらに「我コミュニケーションする、故に我あり」と例えられた社会的構成主義に沿い、学習に多様なメディアを組合せコミュニケーション可能な環境とすることで、アクティブラーニングの意義を生理データ等により探求する基盤構築を目的とした。

近年、行動主義から構成主義への流れの中で、学習者の能動的活動を重視するアクティブラーニングが推奨され、教室内でもグループ活動等が盛んに行われるようになってきた。教室内でのグループに分かれた探求活動は、学習者のモチベーションを上げ、自主性や創造力を育成するといった効果が期待されている。そのため、映像機材やプロジェクタ、コンピュータなど複数のICT機器を設置したラーニングコモンズといった名称の教室が新設され、アクティブラーニングに使われる機会も増えている。しかし、これらの教室を音響設備の面から見ると、教室を大きな単一の音響空間として利用する範囲に留まっており、複数の映像に対応した音声を教室の各場所で分離して聞くことはなかなか困難であった。そのため、教室内の複数グループで異なる映像を活用したり、各グループで遠隔交流学習を行なう場合、隣のグループの音声が邪魔され聞き取りが難しいため、ヘッドセットの使用を余儀なくされたり、妨害を与える機会も多くなってきた。さらに、留学生や外国語に堪能な学習者の増加に伴い、状況に応じて多言語の映像コンテンツの音声を個別に選択して聴取できる環境も望まれるようになってきた。本研究は、これらの課題に新たな技術で対応した。

## 3. 研究の方法

【1】現在、教室等で利用されている音響設備について、設置状況やアクティブラーニング時の活用方法を調査する。

【2】指向性音響システム等、音声を限定した空間に届ける技術開発動向を調査する。特に、超音波を搬送波として変調を行ない、人体近傍のパラメトリックアレー効果等で可聴音に戻す指向性音響装置について、各国の動向や利用実態を含め調査する。

【3】教室で利用可能な指向性音響装置を試作し、測定を繰り返しながら、回路構成や設置方法の開発を行い、高調波や混変調波の低減をはじめとする課題の解決を図る。さらに身体に与える影響などを検証する。

【4】教室内の天井や壁面に指向性音響装置を分散配置する方法等で、同一室内における分離した音響空間実現のための開発を行なう。その際、複数の指向性音響装置間の相互干渉の低減など、課題の解決を図る。

【5】超音波は直進性が高く、反射した壁面等が新たな音源として機能するため、教室内の吸音性を高める必要があると考えられる。そのため、教室に適した吸音方法や設備について、検討を行なう。

【6】グループによる映像視聴において日本語と英語等複数の言語を同時に視聴する場面など、さまざまな学習形態における音響空間の分離状態の確認や効果の検証などを繰り返し、問題点の改善を行なう。そして、アクティブラーニングの意義を探求する基盤構築を図る。

【7】教室内をグループや個人が移動した場合、その位置を追跡、各々の音響空間が自動的に追隨する仕組みなど、教室用音響空間制御装置の仕様検討や開発を進める。

#### 4．研究成果

本研究では、教室等の同一室内を複数の音響空間に分割して、グループや個人単位に分離可能とし、グループ活動や多言語学習に対応できる音声環境を開発、アクティブラーニングの意義を探究する基盤構築を目指した。

各種方式の音声変調を行なった超音波帯域の信号を、任意の空間・方向に向けて送出可能な指向性音響装置を作成、実験を進めた。超音波は直進性が高く、壁や床、窓等に当たった部分が新たな音源となるため、送出方向を変更できる仕組みの場合、従来の教室等では、反射音源の吸音材等での抑え込みがなかなか困難であった。そのため、天井に分散配置した指向性音響装置下に聴取者を誘導、超音波の鉛直方向への囲い込みや吸音処理等を行なう方法が適切なことを確認した。

そして、超音波帯域の搬送波信号をパルス幅変調することで伝達効率を上げられることや、基準となる搬送波信号を指向性音響装置間で共通にすることで、相互変調の低減を確認した。すなわち、複数の指向性音響装置で音声変調に用いる超音波帯域の搬送波信号の周波数が異なっている場合、それが重畳して聴取者に到達すると相互変調歪音が現出した。そのため、音声変調に用いる搬送波信号を、分散配置した指向性音響装置間で同期運用することで、相互干渉音の低減が可能となった。

また今回、音声変調を行なった超音波環境に違和感を感じる内耳手術経験者が見つかったことから、身体に与える影響等については更なる研究継続の必要なことが示唆された。

さらに、コロナ禍により、遠隔学習のための音響空間の開発が重要になってきたことから、「デジタル処理頭部運動補償によるヘッドホン音像定位の向上」(電子情報通信学会 J73-A(4)pp.692-699)等の研究成果を受け継ぎ、実際の教室に加え、遠隔地の個々の学生について、想定される位置や状態に合わせて合成処理することでバーチャル教室を実現する音声環境についても研究を進め、今後の展開を図ることとした。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 黒田恭史	4. 巻 60(1・2)
2. 論文標題 生理学データがもたらす数学教育学の新たな潮流	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 数学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 51-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 今井壘湖、吉富友恭、ゼオースキ スペンス、前迫孝憲	4. 巻 36(2)
2. 論文標題 魚類の形態的・行動的特徴の理解を促すAR展示の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 154-159
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14926/jsise.36.154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 張海, 李哲, 前迫孝憲, 劉新麗	4. 巻 27(12)
2. 論文標題 日本教育技術研究的沿革 - 現状与未来	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 現代教育技術(中国教育部主管、中国教育技術協会刊)	6. 最初と最後の頁 5-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 李章杰, 李哲, 前迫孝憲, 西森年寿	4. 巻 27(5)
2. 論文標題 日本中小学信息技術師資培養及其与中国的对比分析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 現代教育技術(中国教育部主管、中国教育技術協会刊)	6. 最初と最後の頁 5-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 村橋貴之, 稲葉芳成, 丸山解, 小林一茂, 河崎哲嗣	4. 巻 20
2. 論文標題 プログラミング学習の有効活用へ結びつく算数・数学の教育実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育実践研究・教師教育研究(岐阜大学教育学部)	6. 最初と最後の頁 43-54
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計23件(うち招待講演 0件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Yasufumi Kuroda, Naoko Okamoto
2. 発表標題 The validity of the Japanese guidance by the multi-lingual mathematics Video
3. 学会等名 The 8th International Conference on Computer Assisted Systems for Teaching & Learning Japanese(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoko Okamoto
2. 発表標題 Mathematics Education Research Using a Physiological Approach
3. 学会等名 Mathematics and Mathematics Education(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mutfried Hartmann, Thomas Borys, Tetsushi Kawasaki, Hidemichi Okamoto
2. 発表標題 Observing Creative Characteristics in Solving Fermi-Tasks by the Modelling and Creating Activity Diagram
3. 学会等名 International Joint Conference on Information, Media and Engineering 2019(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Madoka Yamazaki, Hideo Eda, Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda
2. 発表標題 Development of mutual learning system for advanced educational research. - NIRS and GSR measurement during tangram puzzle
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Madoka Yamazaki, Hideo Eda, Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda
2. 発表標題 We can know whether you are motivated or not by measuring brain activity
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hidemichi Okamoto, Tetsushi Kawasaki, Mutfried Hartmann, Thomas Borys
2. 発表標題 Loesungsprozesse bei Fermi-Aufgabe beobachten -Entwicklung eines Instruments
3. 学会等名 Jahrestagung der Gesellschaft fuer Didaktik der Mathematik (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河崎哲嗣, 中村啓介, 中村高康, 前迫孝憲
2. 発表標題 多様なデータを活用したIoTによって新たな価値を創造するSTEAM教育 - micro:bitの可能性
3. 学会等名 2018年度 数学教育学会 春季年会(予稿集 111-113)
4. 発表年 2018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	黒田 恭史 (KURODA Yasufumi) (70309079)	京都教育大学・教育学部・教授  (14302)	
研究分担者	河崎 哲嗣 (KAWASAKI Tetsushi) (00582488)	岐阜大学・教育学部・准教授  (13701)	
研究分担者	岡本 尚子 (OKAMOTO Naoko) (30706586)	立命館大学・産業社会学部・准教授  (34315)	
研究分担者	西森 年寿 (NISHIMORI Toshihisa) (90353416)	大阪大学・人間科学研究科・教授  (14401)	
研究分担者	Z A O R S K I S P E N C E (ZAORSKI Spence) (70779660)	大阪大学・人間科学研究科・助教  (14401)	
研究分担者	奥林 泰一郎 (OKUBAYASHI Taiichiro) (60580941)	大阪大学・人間科学研究科・招へい研究員  (14401)	

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
---------	---------