

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：32422

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00387

研究課題名(和文) 空気覚メディアの基礎研究

研究課題名(英文) Basic research on Air Media Technology

研究代表者

三井 実 (MITSUI, Minoru)

ものづくり大学・技能工学部・准教授

研究者番号：70535377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：先行研究で開発した空気流発生装置を機能向上した。圧電振動素子を用いて、省エネルギー化し、電気-空気変動変換方法を検討した。さらに、空気流で飛ばす空気の温度をコントロールしたり、加湿させたりする仕組みを構築した。また、3次元空間の空気流場を測定するため、超音波センサを用いた測定システムの試作を行った。

一方で空気流発生装置を用いた感応評価実験では、空気流発生装置による空気流刺激と、一般的な扇風機による風と比べると、空気流発生装置による空気流は冷感を伴うことがわかった。さらに、触覚刺激に対して敏感な被験者が空気覚刺激に対しても敏感であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究プロジェクトで開発された空気流発生装置は、空気の塊を遠くに飛ばせる機能を有する。現行では飛ばす空気の温度・湿度のコントロールが可能になりつつあり、これを応用すれば香りなどを含んだ空気も飛ばせることになる。したがって、エンターテインメントにおける刺激発生装置に応用できる。本システムによる空気流刺激は、一般的な扇風機にくらべて被験者に冷感を伴わせたことから、エアコンの風力発生部や送風扇にも応用できる。

以上より、本研究は「空気覚」という新たな感覚の特性を明らかにし、エンターテインメントや市販のシステムに応用できる可能性を示唆できた。

研究成果の概要(英文)：Air stimulator device had refined which are able to contain wet air stream and control temperature of air. Using piezoelectric device, we had succeeded to increase effectiveness of air stimulator. To measure 3D air stream field, we had developed measurement system using ultra sonic devices.

As results participation evaluation experiment using air stimulator, comparing air stream from stimulator to ordinary electric fan, subject under examination felt cold sense. In addition, we had clarified subject which has highly sensitive tactile perception feels highly sensitive air sense.

研究分野：電気音響工学

キーワード：空気覚 空気流発生装置 体性感覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

先行プロジェクトでは、人間の新たな感覚として空気に包み込まれたときに感じる感覚「空気覚」を定義し、人間に刺激を与えるための空気流発生装置を開発し、空気覚がどういう特性を持つのか感応評価実験を通して明らかにした。

具体的には、空気流発生装置は空気砲の原理を用いて実装した。立方体の5面にダイナミックスピーカを配置し、残りの1面を前方として空気穴を空けたものである。数種類の信号(ステップ信号、正弦波)を入力し空気流を発生させる。

数種類の空気流を人間に刺激として提示したときの感覚特性や、感性特性について、主観評価実験や、感応評価実験を行った。その結果、空気流刺激の種類、提示順、提示部位などの変化により空気流の認知特性も変化することがわかった。また、各波形の刺激の音圧の実効値は正弦波入力時が高く、ステップ入力時は低いのに対して、感覚量はステップ入力刺激提示時に大きかった。すなわち、ステップ信号による空気流は認知伝達効率が良いことが示唆された。

2. 研究の目的

研究背景を踏まえて本プロジェクトでは、開発した空気流発生装置の多機能化を行い、エンターテイメントなどの応用例を検討するとともに、空気流の場を測定するためのシステムを構築する。さらには、空気流発生装置を用いて感応評価を行い、空気覚が持つ特性をさらに探る。

3. 研究の方法

まず、空気流発生装置の機能を向上させる。具体的には以下の通りである。空気流を作り出す駆動部の改善は、これまでダイナミックスピーカを用いてきたが、ダイナミックスピーカは電流素子のため、その駆動には多くの電流が必要であった。そこで、駆動部に電圧素子である圧電振動素子を用いて、空気流を生む方法を検討する。次に空気流を発生させる方向、強さについてコントロールする仕組みを検討する。これにより、3次元空間のどこにどれだけの量の空気を飛ばすのかがコントロールできる。さらに空気流発生装置における立方体の中の空気の温度・湿度をコントロールする仕組みも検討する。

次に、3次元空気流場の測定方法を検討する。空気流発生装置が3次元空間における方向と強度がコントロールできるようになると、実際にそれを測定する必要があるからである。これには複数組の超音波センサを用いて、ドップラー効果を応用して、空気の流れを測定する。

さらに、空気流発生装置を用いて感応評価を行う。具体的には、空気覚は体性感覚のひとつであり、その感覚に大きく関係する触覚との関係性、温度感との関係性を明らかにする。

4. 研究成果

駆動部に圧電素子を用いる方法については、長細い圧電振動素子に高い電圧をかけると曲がる特性を利用して新しい電圧 - 機械振動変換を行う方法を考案した(図1)。この内容は特許に出願した(出願番号:特願2017-145273「圧電振動体およびこれを用いた圧電スピーカ」)。開発した当初に比べて、圧電素子の支持方法の検討や、入力する電圧を高めることにより、ストローク量が2倍の約10mmまで高めることができた。

空気流の方向の制御に関しては、方向を決めるピッチ、ロール、ヨー角をモータードライブで制御することにより実現した。また、強度は駆動部に用いるスピーカへの入力部にアンプを用いることで実現した。今後は、マイコンやスマートホンなどからこれらの量を制御できるようにシステムを構築していく。

発生させる空気流に、湿度・温度の変化を伴わせる方法については、空気室に加湿器からの空気を流入させたり、ペルチェ素子を用いて空気を温めたり・冷やしたりとコントロールできるようになった。

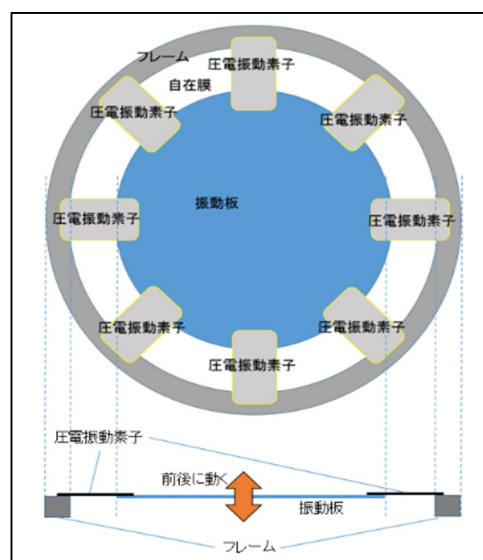


図1: 圧電素子を用いた新方式スピーカ

3次元の空気場測定に関しては、超音波スピーカの対（送信・受信）を用いて、送受信の超音波スピーカ間に起る空気の流れを、ドップラー効果を用いて検知するシステムを試作した。この対を3次元空間に複数設置することにより、空気の流れを検知できる。

空気流発生装置を用いた感応評価実験では、空気流発生装置による空気流刺激と、一般的な扇風機による風と比べると、空気流発生装置による空気流は冷感を伴うことがわかった。さらに、触覚刺激に対して敏感な被験者が空気流刺激に対しても敏感であることが示された。

このように本プロジェクトで開発した空気流発生装置はエンターテイメントにおける刺激発生装置に応用できる。本システムによる空気流刺激は、一般的な扇風機にくらべて被験者に冷感を伴わせたことから、エアコンの風力発生部や送風扇にも応用できる。さらには、空気室に花粉を混入すれば、果樹の植物工場における自動受粉にも応用できる。以上より、本研究は「空気覚」という新たな感覚の特性を明らかにし、エンターテイメントや市販のシステムに応用できる可能性を示唆できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kento Miura, Tomoharu Ishikawa, Takaho Itoigawa, Minoru Mitsui, Akio Nozawa	4. 巻 Vol.68
2. 論文標題 Psychological and Physiological Responses to Airflow Stimuli: Differences in Responses based on Sex and Targeted Body Site	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Industrial Ergonomics	6. 最初と最後の頁 pp.176-185
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomoharu Ishikawa, Kento Miura, Takaho Itoigawa, Minoru Mitsui, Akio Nozawa
2. 発表標題 Influence of Different Characteristics of Air Flow on a Person's Sense Evaluation
3. 学会等名 ISASE-MAICS（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊地翔太, 石川智治, 三井実, 野澤昭雄
2. 発表標題 多様な空気流刺激と触圧覚刺激 に対する絶対閾値の関係
3. 学会等名 日本感性工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上洸貴, 高橋陽香, 大岩孝輔, 野澤昭雄, 石川智治, 三井 実
2. 発表標題 「空気覚」創造に向けた空気流発生装置の入出力特性の導出
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上洸貴, 大岩孝輔, 野澤昭雄, 三井 実, 石川智治
2. 発表標題 空気流刺激による心拍フィードバックの生理影響評価
3. 学会等名 電気学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦健人, 石川智治, 糸井川高穂, 三井実, 野澤昭雄
2. 発表標題 異なる性質の空気流が人の感性評価に与える影響
3. 学会等名 生命ソフトウェア & 感性工房 合同シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上洸貴, 高橋陽香, 大岩孝輔, 野澤昭雄
2. 発表標題 「空気覚」創造に向けた空気流発生装置の伝達関数推定
3. 学会等名 感性工学会秋季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 圧電振動体およびこれを用いた圧電スピーカ	発明者 三井実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-145273	取得年 2017年	国内・外国の別 国内

〔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	野澤 昭雄 (NOZAWA Akio) (70348465)	青山学院大学・理工学部・教授 (32601)	
研究分担者	石川 智治 (ISHIKAWA Tomoharu) (90343186)	宇都宮大学・工学部・准教授 (12201)	