

令和元年6月14日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02911

研究課題名（和文）音環境理解に基づく音響計測環境の活性化支援の仕組みづくりに関する研究

研究課題名（英文）A study on the structure creation of activation support of acoustic measurement environment based on computational auditory scene analysis

研究代表者

河本 満（KAWAMOTO, Mitsuru）

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・主任研究員

研究者番号：10300865

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,520,000円

研究成果の概要（和文）：音環境に設置したマイクロフォンアレイから取得される環境音の可視化に関して、音を色で表現する可視化手法を提案することに成功した。マイクロフォンアレイの出力により音源位置を推定した後に発生音の色を塗り、音環境を色で表す音模様を提案した。また、色の意味を解釈する色相スケールの提案にも成功した。このことにより、音模様をみることで、どのような場所にどのような音が発生したのかの説明が容易になり、音環境地域の活性化を図る場合のコミュニケーションツールとしての利用の可能性を示すことができた。さらに、離島における音環境計測の仕組みづくりも構築でき、様々な地域活性化の仕組みづくりに有益な成果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音の可視化手法として、色でどのような音かを表現する方法はこれまでに提案されておらず、音環境を理解する従来の手法に新たな手法を加えることができた。音と色の関係を表す色相スケールも提案することができたので、提案した可視化手法の音模様から、どのような場所でどのような音が発生しているかを直感的に認識することができるようになり、音環境理解を図る現場とのコミュニケーションツールとしての利用可能性が示され、音環境理解を通じて地域活性化を図ることへの応用の道を開くことができた。

研究成果の概要（英文）：We have successfully proposed a visualization method that expresses sounds in colors, where the sound is environmental sounds which can be obtained from a microphone array installed in sound environments. After estimating the position of the sound source by the outputs of the microphone array, the color of the generated sound is painted, and a sound pattern of the sound environment is proposed. We also succeeded in proposing a hue scale to interpret the meaning of the color. This makes it easy to explain what kind of sound is generated in what kind of place by using the sound pattern, and then it is possible to use it as a communication tool when activating the sound environment area. In addition, it was possible to construct a system for measuring the sound environment in remote islands, and to obtain useful results in creating various regional revitalization systems.

研究分野：サービス工学

キーワード：音環境理解 音の可視化 音模様 色相スケール コミュニケーションツール モニタリング

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

近年、サービスの生産性向上やイノベーションの促進を支援するサービス工学の研究開発が注目を集めている。サービス工学とは、サービスを行う現場を現場環境に適合したセンサで観測し、それを分析してサービスの中身に関するサービスプロセスのモデルを設計し、それを現場に適用するという最適設計ループを繰り返すことにより、勘や経験で行っていたサービスを「技術」でより客観的な立場でサービスの生産性向上に対する課題解決を目指す研究分野である。

これまでにサービス工学の研究は産総研サービス工学研究センターを中心に推進され、いくつかの重要な技術が開発されている。最近では、国内外におけるサービス研究の最新状況を踏まえた上で、今後の研究開発において優先すべきいくつかの研究開発テーマが提案されている[1]。その研究開発テーマを支える要素技術として、以下の要素技術が今後日本のGDPの7割を占め、全就業者数の約7割を占めているサービス産業にイノベーションを起こし、サービス産業を発展させ、持続的な経済成長を実現するために不可欠な技術であると結論づけられている。

- ・現状把握支援技術（顧客と従業員のニーズ・満足度・ロイヤルティ調査技術など）
- ・意思決定支援技術（サービス化支援技術、ビジネスモデル策定支援技術など）
- ・モデリング技術（人間行動の統計的モデル化技術、環境モデリング技術など）
- ・プロセス設計技術（サービス・ベンチマーキング技術、サービス設計支援技術など）
- ・人間支援技術（情報提示や物理的動作などによる顧客・従業員支援技術など）
- ・人材育成技術（従業員の学習支援技術、従業員の作業改善支援・作業評価支援技術など）

### 2. 研究の目的

本研究では、上記の重要要素技術から「現状把握支援技術」「意思決定支援技術」に焦点を当てる。従来の小売や飲食店が現状のサービスや従業員などの働きぶりの現状を把握する支援技術、また、その調査結果から次のサービスを考える技術を取り扱うのではなく、音環境計測を通じて、現場の音データを継続的に収集し、その収集したデータから現場の雰囲気などを継続的に分析することで、現場環境の変化で現れる「稀なこと」への「気づき」が与えられる技術を提案する。また、その「気づき」を現場にフィードバックすることで、現場目線の現場改善が共創的に行えるようになるような手法も提案する。本提案手法は、〇〇サービスのxxの部分に適用し、〇〇サービスを最適化するという特定サービスのミクロ的な改善手法ではなく、サービス工学の根幹である最適設計ループの設計法の1つと位置づけ、基盤となる現場改善技術を新たに研究開発するという思想の下で本研究を行うことを考えている。

### 3. 研究の方法

本研究では、音センサ(マイクロフォンアレイ)を用いて環境音を計測し、計測した音データから得られる特徴量を用いる分類法で分析する。ここで、分析には、特徴量を利用した音の可視化手法を利用する。具体的には、マイクロフォンアレイにより推定される音源も利用して、音環境の音模様を描く可視化手法を提案する。これにより、日常的に音模様を描くことで、普段とは異なる稀な音模様の観測も可能にする。また、取得した稀な情報の「気づき」から、商店街(実証フィールドとして二子玉川商店街を想定)が抱えている課題(例えば、安心見守りの対策)の解決策づくりのきっかけが与えられるような、商店街関係者自らが課題の解決策を共創的に設計する場合の支援ができるようなコミュニケーションツールとして音模様を利活用できるようにする。この実証実験を行うことによって、地域活性化に係るサービス工学の最適設計ループ、つまり、地域活性化支援に係る仕組みづくりの提案ができるようにする。提案最適設計ループを下図(図1)に示す。

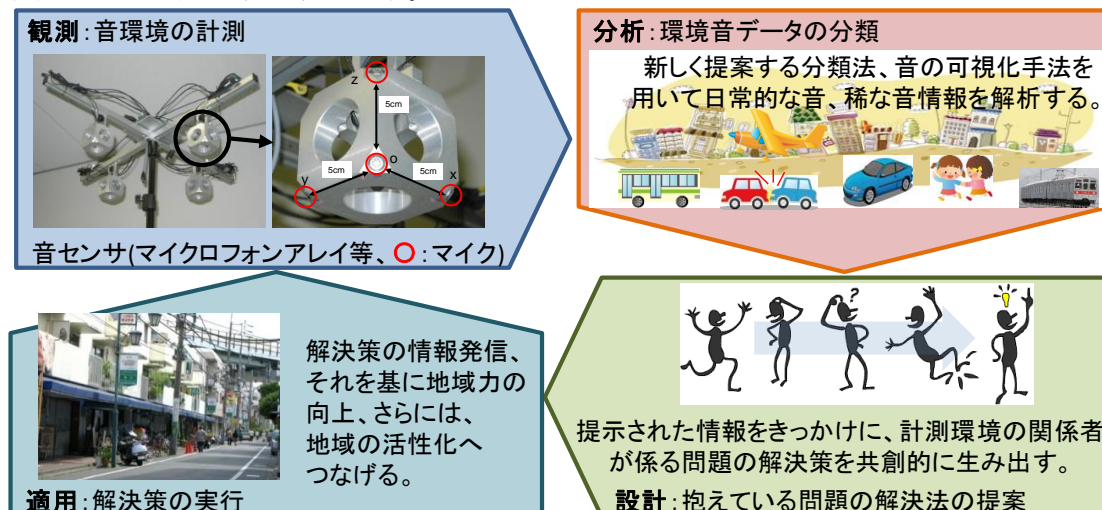


図1 提案最適設計ループ

#### 4. 研究成果

##### (1) マイクフォンアレイ

これまでに使用してきたマイクフォンアレイ(図1参照)に比べて軽量かつ持ち運びが便利なマイクフォンアレイ(図2)を作製した。商店街の軒先や離島での設置が容易となり、様々な場所での音環境計測が可能になると考えられる。

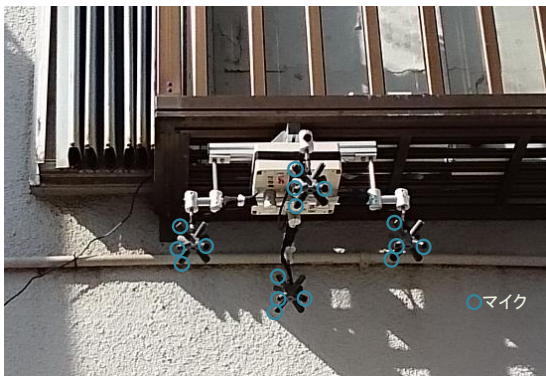


図2a 商店街の軒先に設置した  
マイクフォンアレイ



図2b 離島(軍艦島)に設置した  
マイクフォンアレイ

##### (2) 音の分類・可視化手法

図2に示すマイクフォンアレイで音環境を計測し、計測した環境音が以下に示す3つの特徴量によって分類でき、3つの特徴量を利用したことから、これらの特徴量をRGB値に置き換えることによって、音を色で可視化できる手法の提案に成功した。本可視化手法により、音を直感的に理解することが可能となり、音環境の変化を視覚的にとらえることができるようになった。

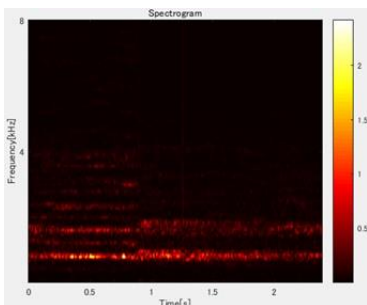


図3a スペクトログラム

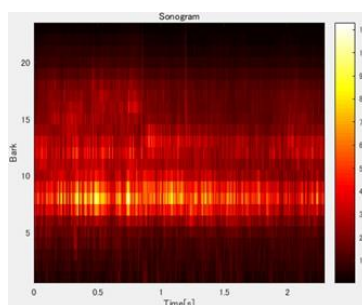


図3b バーク尺度を用いた  
ソノグラム

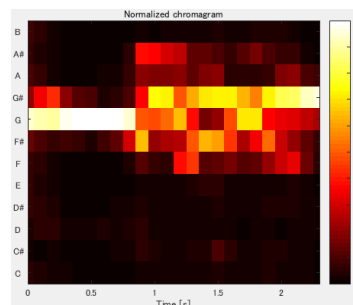


図3c クロマグラム

##### (3) 音模様

また、マイクフォンアレイによって音源位置を推定し、音源推定位置に発生した環境音の色を塗ることによって音環境を可視化する音模様も提案することができた。これにより、どこでどのような音が発生したかを模様で可視化することが可能となり、日常的に発生している音や場所の把握、継続的な計測により、稀な音源情報の把握も可能となった。

ある3日間の音模様を図4に示す。天候の変化や同じ天気でも発生する音異なることが把握できる。

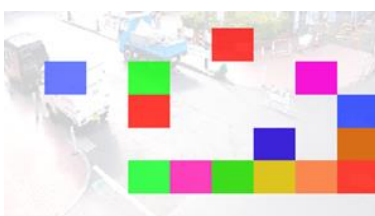


図4a 平成30年4月24日  
(天候:くもり)

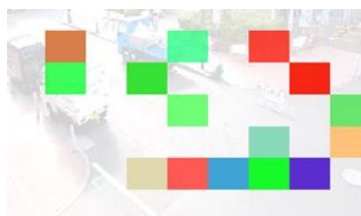


図4b 平成30年4月25日  
(天候:晴れ)

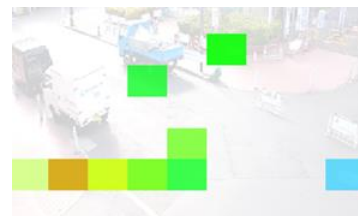


図4c 平成30年4月26日  
(天候:晴れ)

##### (4) 色相スケール

さらに、色を下図のように赤色系から青色系にならべて、音の解析を行い、色の傾向と音との関係を明らかにした。



図5 色相スケール

赤色系は低音中心の音に対応していて、青色系へ変化するに従って高音中心の音へと変化することが分かった。このことにより、図4に示すような音模様をどのような音の模様になっているのか直感的に説明することが可能となった。このとき、例えば、図4aに示す音模様を横軸



に時間、縦軸に図5に示す色相スケールにして書き換えると、図6のようになる。

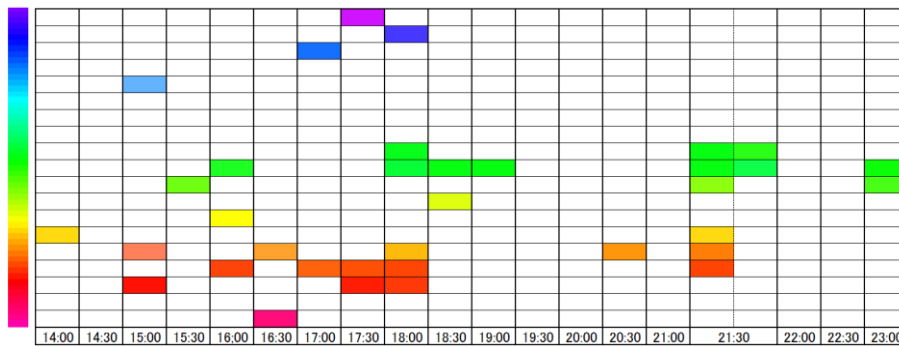


図6 音模様の時系列変化

この図により、いつどのような音が発生するのかを示すことができるようになる。この図を商店街関係者に見せて、この時間にこのような音が発生していると説明したところ、「やはり、そうなっていましたか」と言われ、事実と合っていることを確認することができた。このように図4や図6を用いることにより、音環境の現場関係者と現状の音環境について話すことが可能になることが分かった。つまり、図4や図6に示す可視化された図は、音環境理解を基にした地域活性化を図る場合に現場の理解、その理解に基づいた課題解決策の共創的提案のコミュニケーションツールとして利活用が可能になると考えられる。このことから、図1に示す地域活性化に関する最適設計ループの構築に必要な要素技術は提案することができたと考えており、地域活性化支援に係る仕組みづくりの土台の構築に成功したと考える。

#### (5) モニタリング

離島(軍艦島)にマイクロフォンアレイを置き、建物のモニタリングに提案した音環境可視化技術を応用している。軍艦島は無人口島であり、電力の供給は太陽光のみであることから、限られた電力での計測方法を考慮する必要がある。様々な方法を試したが、電源がある状態に合わせて計測すれば、毎日の計測は可能になることが分かった。ただし、1日の計測時間は電源の充電状態によって変わることには注意が必要である。今後も軍艦島の建物の崩壊過程のモニタリングは続けていき、また、別種のセンサ(加速度センサ、カメラ)との情報統合も行い、崩壊過程の解析を進め、崩落予測などに音環境理解の本手法を活用していくことを考えている。多方面から地域活性化の支援が行えるような技術の研究開発を行っていると考えている。

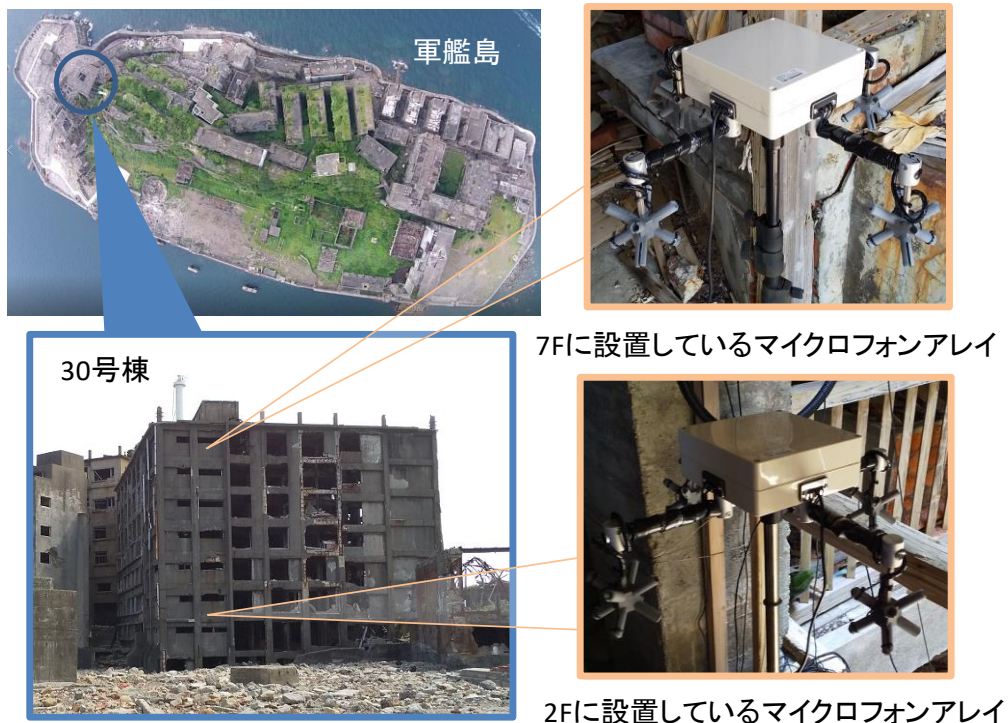


図7 端島(軍艦島)の30号棟に設置しているマイクロフォンアレイ

#### <引用文献>

[1] 平成25年度産業技術調査事業(サービス工学分野技術戦略マップブラッシュアップ事業)報告書、平成26年3月。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①Mitsuru Kawamoto、Sound-Environment Monitoring Method Based on Computational Auditory Scene Analysis、Journal of Signal and Information Processing、査読有、2017、65-77  
DOI : 10.4236/jsip.2017.82005

②河本満、濱本卓司、音源情報を色で表現する音模様～RGB カラーモデルを利用した音の見え  
る化技術で音環境理解を図る～、電波技術協会報 FORN、査読無、316 巻、2017、pp.26-29

〔学会発表〕(計5件)

①河本満、音模様を用いた音環境可視化によるサービス応用についての考察、サービス学会第  
7回国内大会、2018年

②河本満、音環境理解によるおとの可視化手法について、第33回信号処理シンポジウム、2018  
年

③河本満、環境音分析による音環境理解のサービス応用について、サービス学会第6回国内大  
会、2017年

④Mitsuru Kawamoto、Sound-Environment Monitoring Technique Based on Computational  
Auditory Scene Analysis、25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO2017)、2017  
年

⑤河本満、音環境の可視化技術－音模様を用いた音環境可視化の事例－、電子情報通信学会総  
合大会、2017年

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：幸島 明男

ローマ字氏名：(SASHIMA, akio)

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：情報・人間工学領域

職名：主任研究員

研究者番号(8桁)：20357130

研究分担者氏名：車谷 浩一

ローマ字氏名：(KURUMATANI, koichi)

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：情報・人間工学領域

職名：研究主幹

研究者番号(8桁)：50356945

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：富田修一

ローマ字氏名：(TOMITA, shuichi)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。