

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330379

研究課題名(和文)音響センサによる音環境計測を利用した環境変化検知・予測技術に関する研究開発

研究課題名(英文)A detection and prediction method of sound environmental change using sound environmental measurement with microphone arrays

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・人間情報研究部門・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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：音環境理解のための手法を提案した。1)どこで、どのような音がいつ発生したかが把握できる可視化システム、2)環境音データを分類する技術、3)環境音をその音源推定位置に色で表現する可視化技術(音模様)。どのような音を把握する技術を用いて、一日に発生した音を分類し、その発生割合を調べることにより、計測環境の音環境が大体把握できることが分かった。このことをイベント開催時の音環境に適用すると音でイベント内容の客観的評価ができそうであることが分かった。また、音模様に関して、現在の音模様から過去の音模様を参照することにより、未来の音模様の予測ができる可能性があることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Monitoring technique is one of the key technologies which can identify various scenes of structures, whether conditions, disasters, and so on. In order to understand their situations, it is important that each property can be extracted from them. In this research, we proposed such monitoring techniques that sound environments can be grasped by estimating sound sources and can be expressed as a sound pattern. The usefulness of the proposed monitoring techniques was verified by some sound pattern identifications at a shopping mall. Moreover, in order to understand sound environments, we proposed a method of classifying sound sources. In the classification, the sound sources can be grouped such that each cluster is composed with as few outliers as possible. The effectiveness of the proposed classification was shown by being utilized in the proposed monitoring technique.

研究分野：サービス工学

キーワード：音環境理解 音環境計測 マイクロフォンアレイ モニタリング 音模様

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、サービスの現場での「人」である顧客と従業員の行動を観測し、それを分析して人やサービスプロセスのモデルを構築、対話的なシミュレーション技術等により効率的なサービスを再設計し、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、「技術」によるサービスの生産性向上に関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、それらの提案技術を基にして、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重要技術領域とは何か、という議論も行われている(参考文献[1])。その議論によると、以下の5つの要素技術が、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、不可欠な要素技術であると結論づけられている。

行動観測(例えば、ICタグを用いて従業員の行動の違いを可視化する技術)、

顧客分析(例えば、顧客情報を取得・蓄積する技術(顧客行動把握、アンケート等))

需要予測(例えば、重要予測システムの運用を簡素化する技術)

作業状況の可視化(例えば、生産工程における作業進捗を可視化する技術)

従業員教育(現場の優秀者の作業内容や移動パターンを可視化・教育コンテンツ化する技術)

2. 研究の目的

本研究では、上記のサービス工学の重要技術領域からのキーワードとなっている「予測」に焦点を当てる。ここでは、従来の小売や飲食店の売上など店舗内情報と外部情報(気温や天気など)を使った店舗の需要予測技術を取り扱うのではなく、環境音計測を通じて、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、現場環境の変化や予測が可能になる技術を提案する。本提案技術は、サービスの××の部分に適用し、

サービスを最適化することに利用するのではなく、何かの「気づき」を与えるための技術の1つと位置付けている。つまり、本技術を使用する人に現場環境の変化や予測に関する「気づき」情報は与えるが、これらの情報をどう活用し、サービスを最適化するかは使用する本人が考えるものとする。サービスのイノベーションを実現するための基盤となる技術を新たに研究開発するという思想の下で、本技術の研究開発に取り組む。

3. 研究の方法

本研究では、音響センサ(マイクロフォンアレイ)を用いて環境音を計測し、計測したデータを基に発生音(非言語)に関する特徴量をスペクトル解析などによって、発生音の時間変化に関する規則などが把握可能となる特徴量をモデル化する(規則情報モデル)。また、計測したデータから位置推定も行い、発生音の位置に関する空間情報モデルを作成する。そして、作成した規則情報モデルと空間情報モデルの統合モデルを用いて、環境変化を検知する技術を研究開発する。本提案技術は、現時点までの発生音から次に何が起こるのか環境変化予測が可能になることを念頭において研究開発される。

本研究では、サービス工学の重要技術領域のキーワードとして挙げられている「予測」の考えを取り入れ、非言語を利用した「環境変化」に関する「気づき」を与える技術を提案し、サービス工学要素技術の1つとして提案技術を定着させることを目指す。

4. 研究成果

(1)音環境として二子玉川ショッピングセンター内のガレリアを取り上げ、このガレリアにおける環境音を計測するための計測環境を構築(図1)し、計測して得られた環境音データを分析することによって、「どこで」「どのような」音が「いつ」、発生したが把握できる可視化システムを提案した。

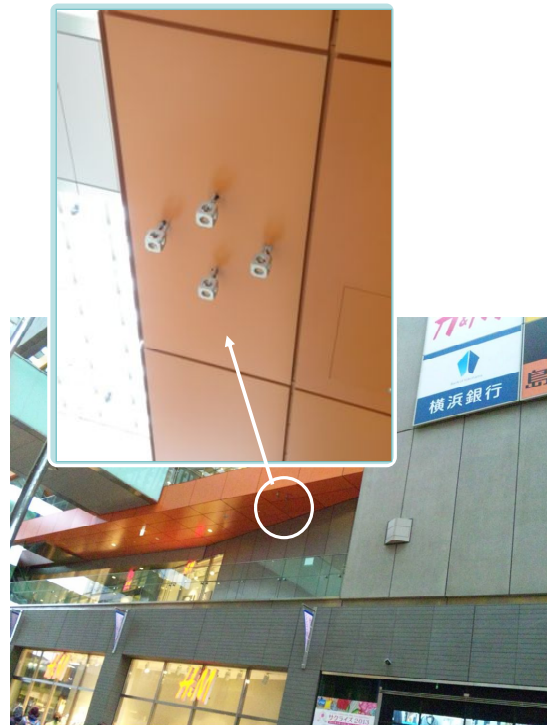


図1 二子玉川ショッピングセンターに設置したマイクロフォンアレイ

「どこで」に関しては、環境音データを周波数領域で取り扱ったパワースペクトルに非負値行列因子分解(NMF: Nonnegative

Matrix Factorization) を適用することにより、無駄な周波数成分を使わずに音源が推定できるアルゴリズムを用いた。「どのような」に関しては、NMF により得られた基底ベクトルを用いて作成する類似度行列を利用する Affinity Propagation (AP)法を用いて、環境音データの分類し、その代表音をタグ付けすることにより、どのような音が把握できるようにした。提案アルゴリズムを使って、「どのような」音がどの程度の頻度で発生しているのかも把握できる。

ここで、「どのような」音に関して、AP 法で分離される代表的な音にタグを付け、「どこで」、「どのような」音が発生したが把握できる可視化の例を図2に示す。

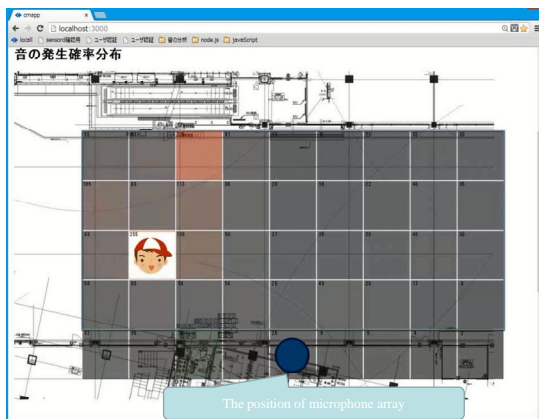


図2 音環境の可視化の一例

図2では、ギャラリー内のある場所で子供のハシャギ声のような音が発生したことを示している。また、代表的な音がどのくらいの割合で発生しているのかが把握できる可視化の例を図3に示す。



図3 環境音の発生割合

図3では、二子玉川ショッピングセンターのギャラリーにおける環境音発生の割合を示している。二子玉川ショッピングセンターギャラリーは付近に駅があることから、電車音(図3の黄緑色1の部分)の発生率が一番高く、2番目は、ざわつきを表すような雑踏音(図3の2)、3番目は、ギャラリーの突発的な整備の音(図3の3)となったことを表している。この図でのポイントは、日常における音

環境が大まかに把握・理解可能になることである。さらに、二子玉川ショッピングセンターにおいてイベント開催時の音環境における環境音発生割合を可視化すると図4、図5のようになる。図4では、イベント開始時から終了までの環境音発生割合を示しており、主に赤色がハシャギ声、ピンク色がイベント音(歌や音楽)、緑色が拍手音を表している。図4から、イベント中盤から後半にかけて、ハシャギ声、イベント音、拍手音がほぼ同じ割合で発生していることが分かる。図4に示すイベントとは別のイベント(図5)では、イベント音が中心でハシャギ声や拍手音も発生しているが、主に歌や音楽が中心のイベントであったことが推察できる。このような例から、音の発生割合の可視化は、音によるイベントの評価にも活用が期待できそうなのが分かった。

音の発生割合(10時から13時)



音の発生割合(14時から18時)

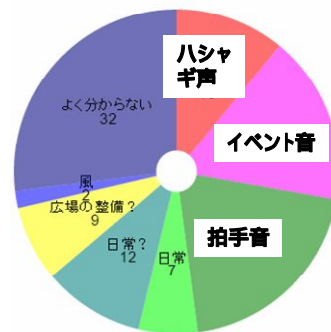


図4 イベント解析結果による環境音発生割合(ハシャギ声、イベント音、拍手音の発生バランスが良いイベント)

音の発生割合(14時から18時)



図5 イベント解析結果による環境音発生割合(音楽や歌が中心のイベント)

(2) 環境音データを分類する AP 法に関して、改良型 AP 法を提案した。改良型 AP 法では、分類課程で生じるクラスタ内の外れ値を検知し、その外れ値が新たなクラスタの中心点となるように AP 法の初期値を変更し、再度分類を行う。これを繰り返すことによって、環境音の分類を行う。つまり、改良型 AP 法は、従来の分類法の性質である、どこかのクラスタにデータを属させるという性質から、クラスタ内に少なからず外れ値が存在してしまうことが従来の分類法ではあるが、このことを解決することに役に立つクラスタリング手法の1つとなっている。

(3) 音環境の可視化技術に関して、二子玉川ショッピングセンターギャラリーでの環境音データに対して、1) 音の高低、2) 音の大小、3) 音の継続を表す特徴量を抽出し、3つの特徴量を三原色の RGB 値に当てはめることにより、色で音環境を表現する手法を提案した。このとき、提案した手法で音環境を表現したものを音模様と呼ぶ。また、音の高低に関する特徴量を抽出するときに、改良型 AP 法を用いている。この音模様は、音源位置推定場所に対して、色で発生環境音を可視化するもので、二子玉川ショッピングセンターのギャラリーでは、音環境の状態や変化、例えば、日常的に走行する電車音、ギャラリーを整備する突発的な音、ギャラリーに集まる子供や学生のハシャギ声など、日常の音環境の把握(図6)やこのような日常の音環境に対して風の発生が目立つ時の音環境の変化(図7)。

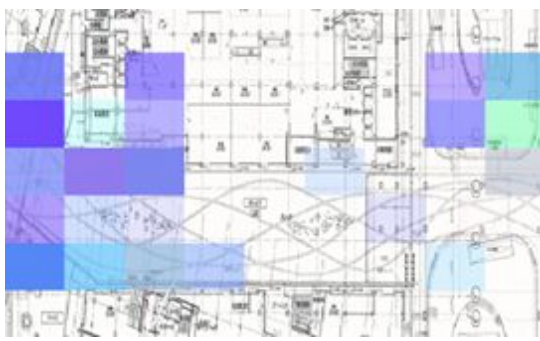


図6 二子玉川ショッピングセンターのギャラリーの音模様の例

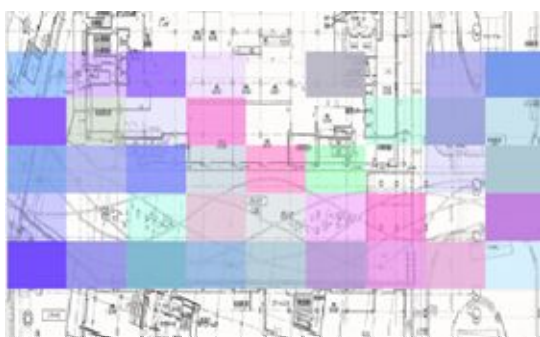


図7 二子玉川ショッピングセンターのギャラリーで風が目立つ日の音模様



図8 二子玉川ショッピングセンターのギャラリーでミニコンサート開催時の音模様

さらに、ギャラリーでのミニコンサート開催時の音環境変化(図8)など様々な音環境の状態や変化の把握に音模様が利用できることが分かった。

また、音模様のデータを蓄積することにより、現在の音模様と過去の音模様を比較することにより、これからどのような音模様になるのかなど音環境の予測にも利用できそうだということも分かった。

<参考文献>

[1]平成23年度次世代高信頼・省エネ型IT基盤技術開発・実証事業(サービス工学技術の普及・展開と標準に係る調査), 報告書, 平成24年3月.(http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E002308.pdf).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

河本満、幸島明男、車谷浩一、音環境理解を基にした音環境模様のモニタリング技術、電子情報通信学会和文論文誌、査読有、Vol. J99-D, No.10, 10月、2016(掲載決定)

〔学会発表〕(計5件)

河本満、幸島明男、車谷浩一、音環境理解のための音データ解析の効率化手法、2016年電子情報通信学会総合大会、2016年3月15日、九州大学(福岡市)

河本満、幸島明男、車谷浩一、音環境理解のための音データ分類に関する一手法、第14回情報科学技術フォーラム、2015年9月17日、愛媛大学(松山市)

河本満、幸島明男、車谷浩一、環境データの解析手法による環境音識別解析モデルとそのサービス応用について、サービス学会第3回国内大会、査読有、2015年4月9日、金沢歌劇座(金沢市)

河本満、幸島明男、車谷浩一、環境計測から得られる環境音データのサービス利活用への挑戦 環境音データの分類法について、第13回情報科学技術フォーラム、査読有、2014年9月5日、筑波大学(つくば市)

田中希武、河本満、藤波香織、車谷浩一、音環境計測による環境音理解に関する手法、電子情報通信学会総合大会、2014年3月18

日、新潟大学（新潟市）

〔産業財産権〕

出願状況（計2件）

名称：情報処理装置、情報処理システム、情報処理方法、プログラム及び記録媒体

発明者：河本満、車谷浩一、幸島明男

権利者：産業技術総合研究所

種類：特許

番号：特願 2016-046084

出願年月日：2016年3月9日

国内外の別：国内

名称：情報処理装置、情報処理システム、情報処理方法、プログラム及び記録媒体

発明者：河本満、車谷浩一、幸島明男

権利者：産業技術総合研究所

種類：特許

番号：特願 2015-078034

出願年月日：2015年4月6日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 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・人間情報研究部門サービス設計学研究グループ・主任研究員

研究者番号：10300865

(2) 研究分担者

幸島 明男 (SASHIMA, Akio)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門サービス設計学研究グループ・主任研究員

研究者番号：20357130

車谷 浩一 (KURUMATANI, Koichi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・副研究部門長

研究者番号：50356945