

# 地域活性化政策立案のための音響信号による“賑い度”調査プラットフォームの研究開発 (152308001)

Crowdedness database construction using acoustic signal for city planning

## 研究代表者

阿部 匡伸 岡山大学

Masanobu Abe Okayama University

## 研究分担者

原 直<sup>†</sup> 黒田 克己<sup>††</sup> 小野 勉<sup>††</sup> 前川 雄祐<sup>††</sup>

Sunao Hara<sup>†</sup> Katsumi Kuroda<sup>††</sup> Tsutomu Ono<sup>††</sup> Yusuke Maekawa<sup>††</sup>

<sup>†</sup>岡山大学 <sup>††</sup>(株)リオス

<sup>†</sup>Okayama University <sup>††</sup>Rios Co., Ltd.

研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

## 概要

アンドロイド OS のスマートフォンとクラウドサーバの構成で、①環境音を収集して賑い度をユーザに提示するとともに、②不特定多数のユーザから賑い度を収集して統計的に処理するシステムを構築した。本システムは、短期間少人数を対象としたイベント型と長期間不特定多数を対象とした会員型との機能を装備している。岡山市街と倉敷秋大祭で評価実験を行って約 760 時間の環境音を収集した。評価実験の結果、準リアルタイム動作と長期間に渡る安定動作を確認した。また、賑い度の推定に関しては、モデル学習に利用するデータと推定精度の関係を明らかにした。学習環境と評価環境が類似していれば、賑い度を F 値 0.9 程度で識別できることが明らかとなった。また、対象参加者数とクラウドサーバの規模、対象参加者数とレスポンス時間の関係については、設計指針となる基礎データをまとめた。

## 1. まえがき

政策の立案にあたっては課題の実態把握が重要である。本研究開発では、地域活性化検討の基礎データとして、音響信号から「賑い度」を推定するアルゴリズムを研究するとともに、参加型センシングと組み合わせることで、賑い度マップを安価で効率よく生成するプラットフォームを構築する。

本研究の特徴は、音響信号からの「賑い度」推定にある。従来研究では、屋内での生活音からユーザの行動を推定する方式、屋外での収録音からのサイレンの音や踏切の音等の環境音の識別が行われていた。これに対して、本研究では音響信号からの「賑い度」を推定することにチャレンジするとともに、サービス実装における課題解決、フィールドデータでの検証とサービス展開を目的とした。

## 2. 研究開発内容及び成果

### 2.1 音響信号から賑い度を推定するアルゴリズムの研究

**2.1.1 「賑い度」の定義** 本研究で扱った「賑い」とは、「人が多数集まっており、多くの人が喋っている状況」である。簡単に言えば、「ワイワイ、ガヤガヤとしている状況」である。提案アルゴリズムでは、ユーザがスマートデバイスを操作中にバックグラウンドで音を収録し、その音から「賑い度」を推定する。ここで「賑い度」とは「賑い」を確率過程と見なして、収録した音が「賑い」と識別される確率を「賑い度」と定義する。なお、識別器は人間が判断した「賑い」を正解として学習する。

**2.1.2 賑い度推定アルゴリズム** 賑い音識別アルゴリズムは、汎用モデルとクラス別モデルとの尤度比によって識別するアプローチ (GMM-UBM: Gaussian Mixture Model-Universal Background Model) をベースに開発した。特徴は GMM-UBM の 2 段構成にある。即ち、1 段目で

環境音から賑い音を識別し、2 段目で「少人数の音声」を除去する。「少人数の音声」が、賑い音である「ワイワイ、ガヤガヤとしている状況」と類似しているために 2 段目で詳細な識別を行っている。また、特徴量に i-vector を導入し、アルゴリズムの高度化を検討した。

市街地での日常的な賑い音の識別は、0.9 程度の F 値が得られることが明らかとなった。一方、市街地での日常的な賑い音で学習し、「秋祭り」のようなイベントでの賑い音を識別する場合は、F 値が 0.65 程度となることが分かった。この性能低下の原因は、「秋祭り」のようなイベントでの賑い音が、市街地での日常的な賑い音の分布には含まれるものの、極一部に集中しているためであった。イベントでの賑い音の識別を向上させるためには、イベント毎の音の収集、あるいは、イベント向けに賑い音モデルを適応する方法が考えられる。また、特徴量として i-vector を利用することで F 値が 0.07 程度改善できることが明らかになった。i-vector を利用する方式は学習パラメータの調整を行うことで更なる改善が期待できる。

**2.2 「賑い度」収集プラットフォームの開発** 図 1 に開発したシステムの構成を示す。スマート端末のアプリケーションとクラウドサーバとからなる。アプリケーションは、アンドロイド OS のスマートフォンやタブレット端末で動作する。スマート端末内部で一秒毎に騒音レベルを算出するとともに賑い度の識別を行う。スマート端末とサーバとの間の通信は守秘性を高めるために暗号化している。また、ユーザから収集した各種データ (賑い度、環境音、騒音レベル) はプライバシーの保護に配慮し、サーバ上では匿名化して保存している。また、多人数のユーザ参加へ対応することを目的として、サーバ機能はクラウドサーバ上に実装してスケールアウトを可能とした。

開発したシステムを倉敷美観地区の秋祭りの時にフィ

ールド評価した。スマートフォンでは、騒音レベル計算と賑い度の識別計算は1秒間毎にリアルタイム計算できることが明らかとなった。また、電池持ちは常時液晶表示を行って連続動作で約8時間であった。また、サーバはAverage CPU mark single thread rating 1100 相当の8vCPU、メモリ 16GB であるとき、同時に約90人が接続した場合、上限値の約30%の処理でリアルタイム処理ができた。その結果、同時接続数約300人まで対応可能であることが明らかとなった。また、このスペックのサーバで、参加人数の約10%が同時にアクセスすると仮定すれば約3000人まで対応であることが明らかとなった。

図2に不特定多数のユーザから送られてきたデータをマージして可視化する機能の表示例を示す。これは、1分毎に不特定多数のユーザからのデータをマージしたものである。凡例のように地図上の当該エリアのタイルの色で賑い度、または、騒音レベルを示している。また、ユーザが入力した音の賑い度の種類をアイコン(祭、人、鳥、車)で示す。また、アイコンの大きさは音を聞いて感じたユーザ数を示している。

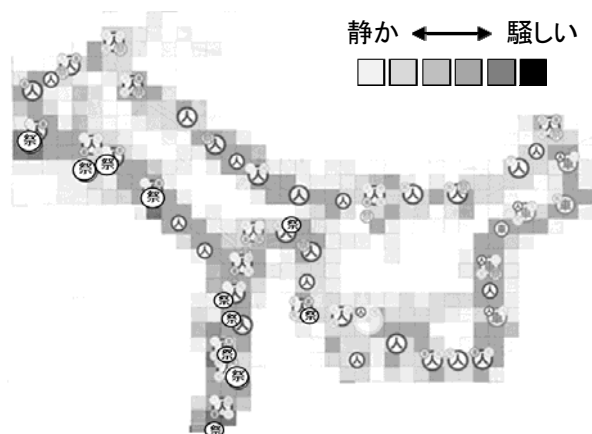
### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

今後はスマートフォンアプリを利用して、「賑い度」の利用シーンの提案を進める。スマートフォンアプリは、利用場所に異存すること無く世界中どこでも利用でき、サーバと連動しなくとも個人で収集したデータを可視化できる。まずは、一般ユーザに「音の可視化」のイメージを持たせる。

これを展開するにあたり、引き続き岡山市や倉敷市との連携を模索する。これまでも、「岡山情報通信技術研究会(OICT会)」を通して連携を試みてきた。今後は岡山大学が産官学連携の強化するために新たに設立した「おかやま地域発展協議体」への提案することで強化を図る予定である。

### 4. むすび

音響信号から「賑い度」を推定するアルゴリズムを提案するとともに、不特定多数のスマートフォンを利用して「賑い度」を収集するシステムを開発した。「賑い度」処理を端末内で行い、サーバに音響信号を送信する必要がないため、音のプライバシーは保護される。本システムによれば、市民参加型のデータ収集が可能であり、地域密着型のサービス提供や、地域の賑い度マップを構築が可能となる。今後は、開発したシステムを利用して実用化に適したフィールドを開拓する予定である。



#### 【誌上发表リスト】

[1] 小林将大, 原直, 阿部匡伸, “人間の感覚を考慮した騒音マップ作成のための騒々しさ推定方式,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2016), pp. 141–148 (2016年7月6日), 査読有

[2] Sunao Hara, Shota Kobayashi, Masanobu Abe, “Sound collection systems using a crowdsourcing approach to construct sound map based on subjective evaluation,” IEEE ICME Workshop on Multimedia Mobile Cloud for Smart City Applications (MMCloudCity-2016), W136 (15 July 2016), 査読有

[3] Shota Kobayashi, Sunao Hara, Masanobu Abe, “Prediction of subjective assessments for a noise map using deep neural networks,” Proceedings of UbiComp/ISWC 2017 Adjunct, pp. 113-116. (11 Sept. 2017), 査読有

#### 【受賞リスト】

[1] 小林将大, 原直, 阿部匡伸, DICOMO2016 優秀論文賞, “人間の感覚を考慮した騒音マップ作成のための騒々しさ推定方式,” (2016年8月23日)

#### 【報道掲載リスト】

[1] 阿部匡伸, 原直, “音で「にぎわい度」推定,” 山陽新聞 (2017年2月7日)

#### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

[1] [http://www.a.cs.okayama-u.ac.jp/scope\\_h27](http://www.a.cs.okayama-u.ac.jp/scope_h27): SCOPE における「地域活性化政策立案のための音響信号による“賑い度”調査プラットフォームの研究開発」

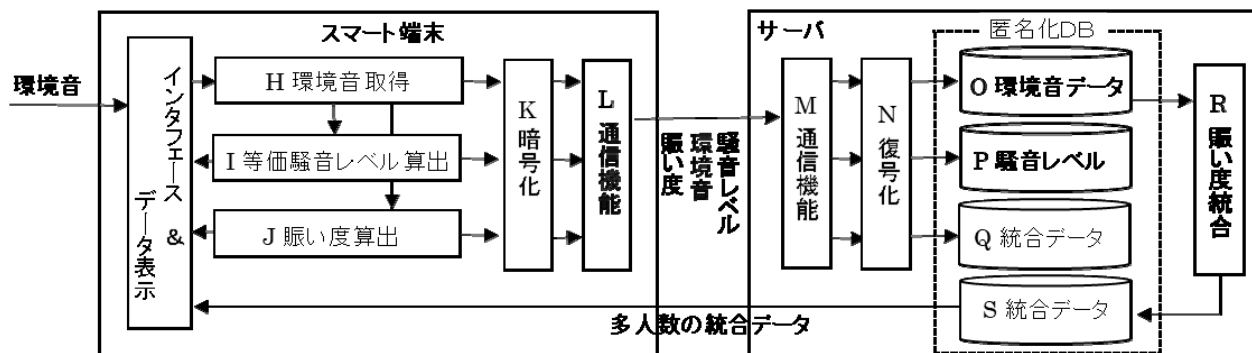


図2 フィールド実験で評価したシステムの機能構成