

論文内容要旨 (和文)

平成20年度入学 博士後期課程

専攻名 システム情報工学

氏 名 三浦 正範



論文題目 二輪車・歩行者用拡張音響現実システムの風雑音低減手法に関する研究

本研究は、たとえばスマートホンのような携行可能な小型端末を利用した歩行者、あるいは自転車などの比較的低速な移動手段を対象として、音響拡張現実によって屋外環境でユーザに情報提示を行った場合、ユーザが知覚する風雑音によって日本語音声の認識を妨げてしまう問題に対して、風雑音抑止によって音声了解度の向上を検討するものである。要素技術とその背景は以下のとおりである。

携行可能な小型端末を利用した歩行者、あるいは自転車などの比較的低速な移動手段を対象とするナビゲーションシステムは、古くは万歩計などによる間接的な距離計測から位置関係を予測可能なデバイス、あるいは人工衛星から構築されるGlobal Positioning System (GPS) を用いて位置を計算するデバイス、近年では無線のアクセスポイントなどを活用した屋内向けの位置情報取得手法の提案など、継続的に研究され続けてきている。これらのデバイスは初期にはマップ上にユーザの現在位置を示そうとする非常に単純なものであり、その後程なくしてルート検索の機能などが実装され高度化して、機能的には十分に実用的なものとなった。これらは長らくGPS専用端末として市販されていたが、近年になって目覚ましい勢いで普及した携帯電話にGPSが搭載されるにともなって、このような比較的低速な移動手段を対象とするナビゲーションシステムは、利便性にとって欠かせないものとして日常に溶け込んでいる。

近年になってスマートホンなどの高性能な端末が一般的に普及し始めると、単純にGPSによって位置情報を取得してルート検索を行うのみならず、さらに理解しやすい情報提示・またはもっと単純に、ユーザがわくわくするような面白さを求めて拡張現実による情報提示が注目され始めている。

拡張現実とは、現実の空間に存在するオブジェクトなどに対して、その存在を何らかのセンシングデバイスによって計測し、付加情報や要約を提示したりすることによって現実世界から得られるユーザの体験を拡張するものである。概念としては古く、1900年代初頭からすでに現在の拡張現実に似たものが考案されていたが、その実現にはヘッドマウントディスプレイ (HMD) などの情報提示デバイス、情報を広く検索できる広域ネットワークなどのインフラストラクチャ、その情報を処理するスマートホンのような高性能で省電力な計算機の完成を待たねばならなかった。近年の拡張現実をめぐる動向では、Google社のProject Glassなど、メガネ状の視覚情報提示デバイスを使った拡張現実のプロジェクトが立ち上げられたり、視覚情報の効果などが実験的に検証されつつある最中にあるものの、身近に使用可能なデバイスとしてスマートホンやタブレット端末などが利用されている。

現状で利用されているこれらの端末の課題として、情報を提示しうる領域が人間の視界に対して非常に狭く、伝達される情報量が増大し内容も高度化する一方で、これらの端末には携帯性が重視されるためディスプレイ装置の小型化が要求されているという問題がある。とくに、屋外で移動中に小さな画面を注視することは安全上も深刻な問題となっており、事故の直接的な原因となる場合もある。そこで筆者らは、付加情報として

視覚情報の代わりに音響情報を用いたARシステム(以下Audio Augmented Reality, AARシステム)を提案する。

このような携帯端末における音響情報の提示方法としてはイヤホンやヘッドホン、または頭蓋骨を振動させて音を伝達する骨伝導ヘッドホンなどが考えられるが、最も重要な点はユーザの周囲で発生する音を遮らないことである。本研究では、ユーザの周囲の環境音をバイノーラルマイクロホンで取得し、付加音声情報と重ねあわせてバイノーラルイヤホンで透過的に提示することを想定している。

屋外で歩行者や自転車移動しているユーザがイヤホンマイクAARシステムを使用するときの課題は、風が吹いたり、ユーザが移動したりすることによって外耳やイヤホンマイクAARシステムのマイクロホンに直接的に風があたってしまうことで、風雑音が不自然な大きさを提示されてしまうことである。

かかる問題への対策として、本研究の提案システムでは風雑音の抑止を行った。イヤホンマイクAARシステムにおいて風雑音の抑制に要求される性質とは、処理による遅延が小さく、時々刻々と変化する風雑音に追従して十分な抑制量を得られることである。また、自動車のクラクションや緊急自動車のサイレンなどを抑制しすぎてはならないという制約がある。一般的な風雑音の抑制の手段としては、いくつかの理論的な検討が試みられているが汎用には程遠く、現状では実験的な検討によりアプリケーションに応じたさまざまな手法が提案されている状況にあるようである。

イヤホンマイクAARシステムにおける風雑音抑制処理は、自動車のクラクション、サイレンなどユーザの安全にとって必要な周囲の環境音を透過し、不自然な風雑音のみを選択的に抑制することが望ましい。一方で、風雑音は風向や風速、ユーザの移動速度などによってその特性は比較的ゆるやかに変化するはずである。そのため、本報告ではこのような性質を考慮した風雑音抑制処理を行った。これらは風雑音の抑制手法としては多用されるが、効果的に機能するためには雑音として抑制する音と、必要な信号である音の正確な予測が必要である。そこで本報告では、風雑音の変化に追従できるように過去の音の履歴を参照し、風雑音らしい成分を随時予想しつつフィルタリングを行った。

本論文は、このような視座から行われた一連の研究結果をまとめたものである。本論文の構成は、以下の内容を持つ。第1章では、音響拡張現実の概要とその応用の既往研究について述べる。第2章では、屋外環境での音響拡張現実で問題となる風雑音の性質と、その抑止技術について述べ、抑止量の評価を行う。第3章では、二輪車・歩行者用の音響拡張システムの構成について述べ、本論文の提案システムのアノテーション音声の了解度やユーザ周囲音の認識性能について評価を行う。第4章では、総括をおこなう。

(注) ① タイプ、ワープロ等を用いてください。10pt 2,000字程度(2頁以内)とします。

② 論文題目が英文の場合は、題目の下に和訳を()を付して併記してください。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成26年 2月4日

理工学研究科長 殿

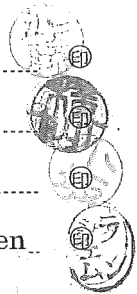
課程博士論文審査委員会

主査 近藤 和弘

副査 横山 晶一

副査 小坂 哲夫

副査 Langthjem Mikael Andersen



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 システム情報工学専攻

氏名 三浦 正範

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

二輪車・歩行者用拡張音響現実システムの風雑音低減手法に関する研究

3. 審査年月日

論文審査 平成26年 1月29日 ~ 平成26年 2月4日

論文公聴会 平成26年 2月4日

場所 工学部7号館302教室

最終試験 平成26年 2月4日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	システム情報工学専攻	氏名	三浦 正範
学位論文の審査結果の要旨			
<p>申請者は音声を中心とした歩行者および自転車用ナビゲーション・システムの検討を行っている。本システムのグランド・デザインと問題点の洗い出しを行い、イヤホンのフォームファクタに小型マイクを耳の入り口に設置したバイノーラル・イヤマイクを用いて環境音を集音し、これに案内音声を混合してイヤホンに供給する構成が妥当であると結論に達した。しかし、自転車でこれを利用すると、比較的低速走行中でもマイクが大きな風雑音を集音してしまい、これが音声案内の正確な聴取に障害となることを指摘した。</p> <p>これに対し、マイクより集音した風雑音を含んだ環境音にスペクトルサブトラクション・フィルタやウィナーフィルタなどの音声強調フィルタを適用することで、極めて有効に風雑音を抑制しながらも、環境音をある程度保存できることを実験により確認した。さらにこの抑制した環境音と音声案内を混合した音に対し音声了解度試験を行い、雑音が全くない状況の了解度とほとんどそんな色がないことを確認した。</p> <p>さらに音声協調フィルタの適用が安全性確保のためには不可欠である環境音の音像位置知覚精度に与える影響を評価し、その精度にはほとんど影響しないことを確認している。今後は実時間動作システムを試作し、フィールド試験も視野に入れている。</p> <p>本論文の構成は以下のようになっている。序論では、拡張現実システム、および拡張音響現実システムについて説明し、ナビゲーション・システムへの応用の際の課題をまとめている。2章では、拡張現実システムや拡張音響現実システムを概観するとともに、既往研究を挙げて分析し、本研究の新規性を挙げている。3章では二輪車・歩行者用ナビゲーション・システムの提案をし、その構成を詳細に述べている。特にこのシステムを実際屋外で利用する場合、風雑音の混入が問題となることを指摘し、その対策として雑音抑止フィルタの導入を提案している。風雑音抑制に有効な音声協調フィルタを比較し、ウィナーフィルタを繰り返し適用するiterative Wiener filterが風雑音抑制に極めて有効であることを見出している。このシステムの風雑音下での性能を、ナビゲーション音声アノテーションの了解度、サイレンやクラクション等の環境音の認知性およびその方向認知精度などの面で詳細評価している。また、残留風雑音があっても了解度低下のない声質を目指し、アノテーション音声に話速変換やピッチ変換を施し了解度への影響を評価したが、これらは了解度改善効果がないことを見出している。4章では本論文を総括し、今後の検討課題について述べている。</p> <p>本研究成果は、新規性、工学的応用として十分貢献できると認められる。また1編の学術論文、3編の国際会議論文(すべて主筆)として上記の内容を公開しているうえに、多数の国内学会研究会発表も行っている。以上により、本論文は工学的貢献を十分に認められるため、博士学位論文として合格とする。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>博士論文公聴会における発表の様子、質疑応答の対応、および個別面接を通じて、研究目的の設定、研究の進め方、問題発掘および解決能力、関連知識の豊富さ、理解力などを検査し、博士(工学)に十分値する学力があると認められる。また国際学会発表における英語発表、ならに質疑応答の対応の様子から、博士(工学)に求められる語学力も十分あるものと認められたので、合格とする。</p>			