

論文内容要旨（和文）

平成22年度入学 博士後期課程

専攻名 電子情報工学専攻

氏 名 小林 洋介



論文題目 機械学習を用いた音声了解度推定に関する研究

本論文では、主として屋外を対象とした騒音に暴露される環境で、音声システムを用いた際の了解度の推定を検討する。了解度は人間による音声の知覚実験であり、システムの設計評価に用いるには金銭的、時間的コストが非常にかかる。このため高精度な了解度推定法が望まれる。既往の研究では、主として残響環境下での音声了解度推定の目安となるインデックス値を予測するSTI (Speech Transmission Index)や、定常騒音下での音声了解度インデックス値を予測するSII (Speech Intelligibility Index) がある。これらはISOやANSIで標準化されており、広く利用されている。しかし、インデックス値はシステム設計の目安となるものの、主観評価値に対応する推定了解度を求めることはできない。また、STI, SII共に騒音のパワースペクトルの時間変化が定常であることを想定している。このため、パワースペクトルの変動が大きい騒音の予測は困難である。本論文ではこのような非定常な騒音を用いた場合でも、高精度な了解度推定ができる方式を提案し、その評価を行う。

以下に本論文の各章をまとめる。

1章 序論

本章では、既往の音声品質を中心とした、主観評価と客観評価に関する研究についてまとめ、本論文の意義について述べる。

2章 バイノーラル音声システムと既往尺度による了解度推定の検討

本章では、筆者がこれまで検討していた両耳受聴を利用した音声システムをテストケースとして、4種の騒音を用いた音声了解度の主観評価を行い、既往の16尺度とシグモイドカーブフィッティングを用いた了解度推定について検討した。その結果、以下の課題を明らかにした。

- a. Sustention子音特徴（狭窄音と閉鎖音の聴き分け）は騒音種の影響が顕著
- b. 推定条件によって異なる最適な聴覚重みを用いた周波数重み付セグメンタルSNRの推定性能が高い

3章 機械学習を用いた騒音付加音声了解度推定法の概略と要素技術

本章では2章で明らかとなった課題について、機械学習を用いた解決法を提案した。課題 aに関しては、データベース内の長時間の騒音を3 secのLong Frame(以下, LF)で分割し、個々のLFを1つの騒音とみなして音色を分析する。音色特徴量は、MIR(Music Information Retrieval)で用いられる音響特徴を15次元求め、教師なし学習によるデータ分類アルゴリズムのx-meansクラスタリングを用いることを提案する。

課題 b.については、既往の聴覚重みではなく、推定したい主観評価単語に最適な重みを求めるために、帯域別に求めたセグメンタルSNRを特徴量とし、教師つき学習の中から汎化性能が高いとされるサポートベクトル回帰 (Support Vector Regression :SVR) を用いることを提案する。

4章 騒音クラスタリングの検討とその評価

本章では、電子協騒音データベースダイジェスト版から17騒音を選択し、3章で提案した方式で解析した。その結果、騒音クラスタが3個作成された。各クラスタから騒音を32個選択し、主観評価を行う。その結果、クラスタ間の了解度差はSNRが0 dBのときの了解度差が0.4以上あり、傾向差が顕著であった。主観評価結果は分散分析による検定の結果、クラスタ間要因に有意差があり、騒音クラスタリングが有効であった。

5章 サポートベクトル回帰による了解度推定式の作成

4章で検討した騒音クラスタごと及びクラスタリングを行わない場合の4騒音条件でSVRによる推定式を4種のカーネル関数と特徴量の組み合わせで作成し、その性能を評価する。その結果、最も性能が高いRBFカーネルとクリティカルバンド分割によるセグメンタルSNRを用いた場合で、クラスタごとの推定式を用いた場合の交差検定誤差の3クラスタの重み付平均は0.060で、全混合条件に対して約29%性能改善した。

6章 提案推定法の総合性能評価

5章で作成した4種のSVRによる推定式と2章で検討した既往の尺度から、セグメンタルSNRを用いる5種を選択し、騒音クラスタ3種別と全騒音混合条件の4種で性能比較を行う。その結果クローズドテストでは、ほぼ同程度の推定誤差があったが、推定式の作成に用いないオープン条件では、既往の尺度を用いた推定に対し、最も性能が高いRBFカーネルとクリティカルバンド分割によるセグメンタルSNRを用いた場合、約25%性能改善した。

7章 結論

本章では、本論文を総括し、今後の検討課題について述べる。

(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25年 2月8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 田村 安孝

副査 小坂 哲夫

副査 大槻 恭士

副査



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 電子情報工学専攻

氏名 小林 洋介

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

機械学習を用いた騒音付加音声の了解度推定に関する研究

3. 審査年月日

論文審査 平成25年 2月1日 ~ 平成25年 2月8日

論文公聴会 平成25年 2月8日

場所 工学部4号館1.1.3教室

最終試験 平成25年 2月8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	電子情報工学専攻	氏 名	小林 洋介
学位論文の審査結果の要旨			
現在の多人数参加型の音声システムでは、同時に多人数が会話した場合に、多数の会話が交錯してしまい必要な音声聴き取れない。申請者はこの問題を、立体音響技術を用いて話者を分離し、ネットワーク上の仮想空間においても実空間と同じように話者を立体的に配置することによって解決する方法を検討している。この配置の効果の定量化には音声了解度の測定が不可欠であるため、音源の配置や条件を変化させ、被験者を用いて主観品質測定実験を繰り返し行っている。 しかしながら、音声の主観評価は大変時間とコストが高価なものであり、試験条件数を大幅に限定せざるを得ない。この問題に対応するため、申請者は評価音より客観評価量を算出し、これをもとに主観音質を推定する方法を検討している。特に音声に競合する騒音の種類によっては音声了解度に与える影響が大きく異なることに着目し、騒音をその推定される影響別にクラスタ化し、クラスタ毎に学習した写像関数を用いて客観量から了解度を推定する。未知の騒音に対しても属するクラスタを推定し、その了解度を高精度で推定する方法を考案している。この提案方法を用いて一定の精度を確保できることも実験により実証している。 本論文の構成は以下のようになっている。1 章では、既往の音声品質を中心とした、主観評価と客観評価に関する研究についてまとめた。2 章では、これまで検討していた両耳受聴を利用した音声システムをテストケースとして、4 種の騒音を用いた音声了解度の主観評価を行い、シグモイド・カーブ・フィッティングを用いた了解度推定を検討し、その推定性能は騒音種の影響を大きく受けることを課題として挙げた。3 章では機械学習を用いた改善法を提案した。騒音の分類には教師なし学習によるデータ分類アルゴリズムのx-means クラスタリングを用い、騒音別了解度の推定にサポートベクトル回帰 (Support Vector Regression :SVR) を用いている。4 章では、電子協騒音データベースダイジェスト版から17 騒音を選択し、提案方式の性能評価を行った。5章ではSVRによる推定式を4 種のカーネル関数と特徴量の組み合わせで作成してその性能を評価し、RBF カーネルとクリティカルバンド分割によるセグメンタルSNRが最適な組み合わせであることを見出している。6章では推定式の作成に用いないデータを試験に使うオープン条件で評価を行い、従来の方法に比べ25%程度の精度改善を確認している。7 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。 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、専門書への寄稿 1 章、9 編の国際会議論文（うち主筆 4 編）としてそ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。さらに申請者が指導して共著として卒研学生が発表した論文が優秀発表表彰を受賞するにも至っている。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。			
最終試験の結果の要旨			
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。			