

氏名(本籍)	川上 裕介 (日本)
専攻	信頼性情報システム工学専攻
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 97 号
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学位授与の年月日	平成 26 年 9 月 30 日
学位論文題目	音声信号におけるゆらぎ値等の特徴量と感性的印象との 相関性に関する研究
論文審査委員	(主査)服部 哲郎 (副査)堀川 洋 (副査)丹治 裕一

論文内容の要旨

本学位論文は、音声信号におけるゆらぎ値が同じであっても、パワースペクトル分布が異なれば、ゆらぎ値以外の要素も感性的印象に強く影響しているのではないかという問題意識を動機として、音声信号と感性的印象の相関性を分析調査し、その研究内容をまとめたものである。

従来の、音声信号の感性的分析では、殆どゆらぎ値のみが着目されていたが、本学位論文では、ゆらぎ値を求める際に同時算出される物理量も(「ゆらぎ値随伴量」と称す)感性的特徴量として捉え、それらと感性的印象との相関性について種々の分析調査を行っている。

この「ゆらぎ値随伴量」とは、「ゆらぎ値」、「切片」、「残差二乗和」の計 3 種類であり、音声信号のフーリエ変換後、縦軸をパワースペクトル P の対数($\log P$)とし、横軸を周波数 f の対数($\log f$)としたグラフ上で直線となる、回帰分析(単回帰)に基づいて算出される。

第 1 章では、上記の問題意識に基づく研究上の動機や目的、及び、これまでのゆらぎ値関連の研究状況を述べている。また本章では、後続章で記述される内容概要も記述している。

第 2 章では、音声信号における感性的印象の分析に必要な信号解析についての数学的諸定義を記述している。更に本章では、分析調査に用いた統計的解析手法を記述している。

第 3 章と第 4 章では、先ず第 3 章にて、「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象の相関性調査方法について述べ、続く第 4 章にて、その相関性調査結果と考察を詳細に論じている。

この相関性調査とは、Wave ファイルの音声信号(楽曲信号)を 30 名以上の被験者に聴取させ、その感性的印象評価の質問紙調査(アンケート調査)の結果と、音声信号(楽曲信号)の「ゆらぎ値随伴量」との突合せから、相関性を統計的に分析調査したものである。また、感性的印象内容を詳細に分類分析すべく、被験者の感性的印象に基づき、被験者を

Ward 法のクラスタリングと有意差検定によってグループ化した上で、各グループにおける「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象との相関性を分析している。更に、音声信号を3つの周波数帯域と全周波数帯の4つに分類し、各周波数帯域における「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象の相関性について、上記と同様な分析を実施している。また、各周波数帯域における「ゆらぎ値随伴量」を人為的に変化させた場合の感性的印象効果についても論じている。

その結果、音声信号に対する感性的印象効果は、ゆらぎ値以外の特徴量による影響度が高いことが判明した。特に残差二乗和を、元の音声信号より増加させると、立体感（広がり感）の増すことが判明した。更に、高周波帯域になる程、残差二乗和の変化によって感性的印象の改善される度合いが強くなることが判明した。

第5章では、デジタルカメラ、スマートフォン等のマルチメディア機器において導入されている画像自動補正処理を、音声信号に対して適用した際の感性的印象効果を調査している。自動補正処理としては、HMGD (Histogram Matching based on Gaussian Distribution) 処理に着目し、画像への適用方法を改良した上で、音声信号に対してもHMGDを応用し、その効果についての結果を述べている。

最後の第6章では、先述の各章における調査分析結果及び考察をまとめ、結論を記している。

審査結果の要旨

本学位論文は、音声信号において、ゆらぎ値が同じであっても、パワースペクトル分布が異なれば、ゆらぎ値以外の要素も感性的印象に強く影響しているのではないかと、という問題意識を主たる動機として詳細に分析調査した研究内容をまとめたものである。

すなわち、音声信号と感性的印象との相関性について、音声信号のゆらぎ値のみに着目した分析や感性評価ではなく、ゆらぎ値を求める際に同時算出される物理的量も特徴量として捉え、それらと感性的印象との相関性をも分析調査した成果をまとめたものであり、十分な新規性が認められる。

この特徴量として、「ゆらぎ値」「切片」、「残差二乗和」の計3種類があり、これらの特徴量を「ゆらぎ値随伴量」と称している。

学位論文の第1章では、上記の様な問題意識による動機と従来の研究状況・背景を述べ、後続章で記述の「ゆらぎ値随伴量」に基づく分析調査方法の概要を論じている。

第2章では、この相関性の分析調査に必要な信号解析の数学的諸定義、及び「ゆらぎ値随伴量」の定義と算出方法や、調査分析に必要な統計的手法を記述している。

第3章と第4章では、先ず第3章で「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象との相関関係の調査方法を具体的に述べており、第4章において、この調査結果と考察を詳しく論じている。調査では、楽曲を表す Wave File の音声信号から、物理量としての「ゆらぎ値随伴量」を

抽出し、音声信号を30名以上の被験者に聴取させ、その印象評価のアンケート調査に基づき統計的に分析している。分析手法としては、回帰分析や、ウォード法によるクラスタリング、更には最頻値を用いる手法と有意差検定を行い、「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象効果との相関性を論じている。更に、音声信号を3つの周波数帯と全周波数帯の4つに分けた上で、各周波数帯における「ゆらぎ値随伴量」と感性的印象効果との相関関係についても、同様な分析調査を行い、その結果について論じている。

分析調査の結果として、「ゆらぎ値」のみが感性的印象効果に強い影響をあたえるものではなく、他の特徴量の影響度の高い場合もあること、感性的印象効果を高める方向性として、「残差二乗和」を原曲信号のものよりも大にする方が「広がり感(立体感)」の印象効果の高まる割合が大きいという、新規性の有る知見が得られている。更に「残差二乗和」の、印象(好印象)への影響度は高周波帯域である程強くなるという有用な知見も得られている。

第5章では、デジタルカメラ、スマートフォン等のマルチメディア機器において、最近盛んになりつつある画像の自動補正処理を、音声信号にも適用した場合の感性的印象効果について調査している。この自動補正処理として、元のヒストグラムをガウス分布へと近似させる HMGD (Histogram Matching based on Gaussian Distribution) 処理に着目し、この処理方式の画像への適用を工夫した上で、音声信号にも応用し、その効果についてのアンケート調査結果が述べられており、新規性の有る内容と判断する。

第6章は結論であり、前章における種々の分析調査結果と考察をまとめている。

以上の新規性の有る分析調査の研究内容は、日本感性工学会・論文誌論文2本、その他のジャーナル誌論文1本、及び、国際会議論文2本、に掲載された主論文に基づいて書かれており、その新規性と有用性から、博士論文に相応しいものと判定する。

最終試験の結果の要旨

2014年8月4日、13:00から1時間30分の公聴会后、14:40から1時間30分程の最終試験が行われた。最終試験では、学位論文に記述された基本的内容や、種々のグラフの意味、及び、学位論文における分析調査で用いられた統計的分析手法や、分析調査結果の考察等について詳細な質疑応答が行われた。

特に、学位論文において最も基本的な特徴量として定義された、「ゆらぎ値随伴量」についての質疑が行われた。また、その特徴量において、 $\log f$ (周波数 f の対数) と $\log P$ (パワー・スペクトル P の対数) が用いられているため、特徴量とアンケート調査における感性的印象効果との相関性についての考察結果が把握しにくいとの指摘があった。

これらに対して、「ゆらぎ値随伴量」についての詳細な説明的回答があり、また、感性的印象効果との相関性に関する分析結果に対しても適切な回答があった。

特に、 $\log f$ や $\log P$ などの対数の数値を用いた影響については、(i) スペクトル P の対

数はデシベルとも対応付け可能であること、(ii) また、 $\log f$ は、周波数 f ($f \neq 0$) に対して単調増加かつ 1 対 1 の関係にあり、しかも調査に用いられた周波数 f の数値は離散値であること、などから、 $\log f$ の代わりに、周波数 f の値そのものを用いて感性的印象効果との相関性を考察したとしても、学位論文の考察結果と同様な考察結果が得られる、という回答があった。

すなわち、デシベルと周波数 f の物理量を、そのまま「残差二乗和」などの特徴量において用いた場合の、感性的印象効果との相関性分析結果は、学位論文の結果と同様な結果となる、という説得力の有る回答であった。

その他、「残差二乗和」なる特徴量を、原音声信号（楽曲）のものよりも人為的に大にする方が、「広がり感（立体感）」の印象効果向上に寄与する割合が大であること、逆に、小さくすると、「閉塞感」さえ感じるようになる場合があること、などに関しても質疑が行われたが、いずれに対してもの確な回答があった。

以上のように、最終試験では、種々の質疑に対して的確な応答が行われており、最終試験は合格と判定する。