

学位論文題名

カオス力学系に基づく日本語母・子音の音声評価

学位論文内容の要旨

音を科学し創造しようとする新しい試みが近年のコンピュータシステムの発達に伴い取り込まれつつあり、情報工学においても音の「非線形特性」や「カオス性」の深識な理解は重要視されつつある。母音の波形構造は、比較的周期構造に近いこともあり、又、ホルマントと呼ばれる声道共鳴周波数成分が、各母音共顕著に見られるため、その解析や分析がし易いものとされてきた。しかしながら、ホルマント間の比較的エネルギーが小さい広域的な連続スペクトル成分の存在や、知覚には必要不可欠な波形ゆらぎの存在などを考えてみると、母音を単純に概周期的な波形と近似して分析、処理することでは不十分である。本論文においての音声信号のカオス現象や非線形性に着目している理由はここにある。すなわち、周波数空間上ではガウス性白色雑音などのようなランダム性を有している信号の広帯域スペクトル構造と、音声信号が有する広帯域な連続スペクトル構造の区別はつけ難く、フーリエ解析のような信号の定常性を前提とした方法からのスペクトル分析では、母音発話時における言い出し、言い終わりにみられる振幅が時間的に非定常な箇所や、日本語子音中の音素変化区間等の波形分析においては困難が伴う。そこで本論文では、音声工学で培われてきた従来型の音声処理、並びに音声分析手法で日本語の母音や子音を特徴づけることとは一線を画し、新しい複雑系音声処理形態として音声信号のカオス現象に着目し、音声信号の物理現象を異なる視点より考察するところから研究を着手している。この結果から本論文では、カオス力学系に立脚した解析行う過程で解析に不可欠な幾つかの技法や解析を支援する方法論を提案し、これを非定常性の音声信号に適用することで、日本語母音と日本語五十音節で構成される日本語子音の特徴づけを行っている。

本論文の各章の内容は以下のように要約できる。

第1章では、本学位論文を執筆するに至った経緯と、音声工学で従来法とみなされてきた方法で生ずる問題点をまとめ、目的と意義を述べている。

第2章では、音声生成系の概説を行い、音声の物理的な区分化、日本語五十音節の特徴、特に単音母音部過程、単音子音部過程、音素連鎖 C-V 過程についての知見をまとめ、本論文で使用した ATR 音声データベースの仕様と音素切り出し区間についてまとめている。

第3章では、日本語母音の継続時間波形の定常区間に関する、カオス現象の評価の詳細

細及び、分析法を体系づけている。又、カオス性分析の信頼性を高めるために、サロゲートデータ検定を行っている。少数サンプルしか持たず、振幅が一様な継続データを扱うケースを踏まえ、3種類のサロゲートアルゴリズムを採用し、その分析結果と諸考察を行っている。

第4章では、第3章で進めてきた研究を基盤として、非定常型音声信号に内在するカオスダイナミクスを評価及び検討するための再構成法と非定常型分析について概説している。実験では、日本語五十音表で区分される全日本語子音に関して解析を行い、統計的評価を行っている。又、非定常解析手法の一つであるRecurrence plot画像解析法を採用し、本分析法に関しての実例を挙げながら、応用可能性を述べている。さらに本論文では、日本語子音中の遷移部領域の音声信号分析も行うため、子音部分が母音部分に移り変わる際の、極少数のデータサンプル数しか持たない領域の信号をTakensの定理に基づいたベクトル再構成法により相空間に軌道を再構成し、軌道の時間的、空間的な変化を観察し、相空間軌道からの定量化を行っている。従来は解析が困難とされていた非定常区間内の音声処理を行うことにより、スペクトル分析法より精度の高い解析を目指し、子音の定量化を試みている。

第5章では、本学位論文で扱った音声データと解析手法全般に関する問題点、将来改善点を挙げながら、カオスダイナミクスを使った日本語子音モデル構築への兆戦と可能性について議論している。

第6章では、本学位論文の結論及び今後の研究展望を述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 和 田 充 雄

副 査 教 授 大 森 隆 司

副 査 教 授 嘉 数 侑 昇

副 査 教 授 大 内 東

学 位 論 文 題 名

カオス力学系に基づく日本語母・子音の音声評価

音を科学し創造しようとする新しい試みがマルチメディアや感性工学等の情報処理分野で取組まれつつあり、音の「非線形特性」や「カオス性」など複雑系としての音声情報処理に注目が集まっている。

従来、日本語母音の波形構造は、比較的周期構造に近いこともあり、またホルマントと呼ばれる声道共鳴周波数成分が、各母音共顕著に見られるため、その解析や分析がし易いものとされてきた。しかしながら、ホルマント間の比較的エネルギーが小さい広域的な連続スペクトル成分が存在することや、ピッチ波形のゆらぎが存在することなどを考えてみると、母音を単純に概周期的な波形と近似して分析、処理することでは不十分である。さらに、日本語の多くは母音中心の音節単位でその前後に子音部が構築されているので、フーリエ解析のような信号の定常性を前提とした方法からのスペクトル分析では、母音発話時における言い出し、言い終わりにみられる振幅が時間的に非定常な箇所や、子音中の音素変化区間等の波形分析では困難性が指摘されてきた。

そこで、本論文では、音声工学で培われてきたこれら従来の音声分析手法とは一線を画し、新しい複雑系の観点からの音声処理形態として、音声信号のカオス現象に着目し、音声信号を非線形現象として解析するところから研究を行っている。すなわち、研究対象として日本語五十音節で構成される母・子音を取り上げ、カオス力学系に立脚して、非線形解析に不可欠な埋め込み次元の推定技法や非線形信号の画像化解析のための方法論を提案し、これを音声信号に適用し精密に議論して、多くの有用な結果を得ている。

本論文で得た主要な知見を以下にまとめる。

1. 日本語の5母音、それぞれについてカオス性が内在することを明らかにした。すなわち、a, i, u, e, o それぞれ母音の継続時間波形の定常区間に関し、埋め込み手法やリャープノフ解析手法を駆使した非線形解析により、そのカオス性の評価を精密に議論し、さらにカオス分析の信頼性を高めるためサロゲートデータ検定を行っている。少数サン

プルしか持たず、振幅が一様な継続データを扱うケースを踏まえ、3種類のサロゲートアルゴリズムを採用し、その分析結果と考察により、カオス性の存在を示した。

2. 日本語五十音節では、ka, ki..., sa, si... などのように多くが子音の後に母音がくる音素連鎖過程をなしており、この過程での複雑な母音構造を明らかにするために非線形非定常型の音声信号解析手法が求められてきた。これに対し、本論文ではカオスダイナミクスを評価及び検討するための再構成法について詳細な検討を加え、Recurrence Plot法を採用した非定常画像化解析手法を提案した。これを子母音の非定常母音過程に適用し、そのカオス性推移の評価から提案手法の有用性を示すに至った。

3. 日本語母子音のより精密な分析へと進めるには、特に子母音素連鎖過程における遷移部領域の音声信号分析を行う必要がある。このため、本論文では、子音部分が母音部分に移り変わる際の、極少数のデータサンプル数しか持たない領域の信号を多次元相空間に軌道を再構成し、Recurrence Plotの時間的、空間的な相図変化に基づく多重解像度解析評価を試みた。これは、音素連鎖過程を含む非定常非線形性の強い音声信号に対する複雑性の一つの指標を提示したものとして、今後の発展が期待されている。

これを要するに、著者は、従来解析が困難とされていた日本語母子音に対し、非線形非定常性を有する複雑系現象の観点からの解析評価手法を提案し、その有効性を示したものであり、複雑系工学及び音声情報処理工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。