

論文要旨等報告書

氏	杉井明日香
授与した学位	博士
専攻分野の名称	歯学
学位授与の番号	博 甲 第 3584 号
学位授与の日付	平成20年3月25日
学位授与の要件	医歯学総合研究科機能再生・再建科学専攻(学位規則第4条第1項該当)
学位論文題名	カオス理論を用いた健常者および口蓋裂患者の発話音声分析の試みについて
論文審査委員	教授 皆木 省吾 准教授 宮脇 卓也 教授 菅原 利夫

学位論文内容の要旨

【緒言】

口唇口蓋裂の一貫治療において、言語障害は患者が直面する大きな問題であり、正常な言語機能の獲得が治療における重要な目的である。早期の発見、的確な診断と対処が大きな治療のポイントとなる。言語障害の診断では、様々な検査が行われているが、いずれの検査法も客観性、定量性に乏しく単独では病態を把握することが難しい。近年、ナゾメーター検査が開発され、客観的で、鼻咽腔閉鎖不全の診断に有用であることが示されているが、検査の性質上ある程度の年齢に達しなければ困難であることが多い。

そこで、低年齢児でも測定が容易であり、かつ低侵襲で客観的な口蓋裂言語診断支援システムの開発を目的に、近年広く用いられつつあるカオス理論を用いた方法について研究を行った。カオス理論とは、予測できない複雑かつ不規則な様子を示す現象を扱う理論で、声門ポリープの切除前後で発話音声のカオス性が低下したという Jiang らの報告などから、疲労や病的な状態において音声のカオス性は変化するとされている。そのため、構音器官の異常が音声のカオス性に影響を与えるのではないかと仮定した。今回は、その基礎となる健常者の発話音声におけるカオス性を検討し、加えて口蓋裂の言語障害の診断への応用を試みた。

【方法】

1. 音声データの採取

高圧文・低圧文・母音から構成される被験文を設定し、患者もしくは健常者に発話させた。音声採取はナゾランス値の測定と同時に行った。音声はマイクを通じて録音し、PCM レコーダー上で wav ファイルとして保存した。

2. 音声データの解析

パーソナルコンピュータ (NEC mate、Windows2000) に音声データを取り込み、以下の処理を行った。音声加工ソフト (SP Wave) を用いて波形上フラットな無音の部分は手動的に削除した。佐野・澤田のアルゴリズムを応用したカオス解析法を用いて、「リアプノフ指数」を算出した。

3. リアプノフ指数の再現性の検討

リアプノフ指数の再現性と日内変動やストレスの影響を検討するため、健常者ボランティア男性3人、女性2人に対し検討した。1被験者に対し、音声を時間や装置装着の有無など様々な条件のもと合計6回採取しリアプノフ指数を算出した。

4. 健常者のリアプノフ指数の特徴の検討

健常者45名(平均年齢は男性23.2歳(21-41歳)、女性23.7歳(21-37歳))のリアプノフ指数について、性差や被験文による差、ナゾランス値との相関性について検討した。

5. 口蓋裂患者の構音障害とリアプノフ指数の特徴の検討

様々な鼻咽腔閉鎖の状態や構音障害をもつ就学前の口蓋裂患児6人に関し、リアプノフ指数を

比較した。

【結果】

1. リアプノフ指数の再現性

高圧文より母音や母音を多く含む低圧文にばらつきを認めしたが、標準偏差が概ね平均値から2割以内に分布し、良好な再現性を認めた。

2. 健常者45名のリアプノフ指数の特徴

全ての被験文において、女性のリアプノフ指数は男性のリアプノフ指数より有意に高く、性差の存在が示された。また男女ともに、母音のリアプノフ指数が高圧文でのリアプノフ指数より有意に高かった。また同時に測定したナゾランス値との関連性については、全ての被験文において強い相関は認めなかった。

3. 口蓋裂患者の音声の特徴とリアプノフ指数の特徴

開鼻声を有する患者音声のアトラクタは軌道が煩雑であった。男女患児で各母音においてリアプノフ指数のばらつきが認められ、言語治療適応の言語障害を有する患児のリアプノフ指数は他の患児と比較して高くなる傾向が伺えた。

【考察】

女性のリアプノフ指数は男性のリアプノフ指数より有意に高く、結果は Nicollas らの報告と一致していた。Nicollas の研究は対象者が学童であり、男女のリアプノフ指数に有意差が認められた理由として、構音器官の発達の未熟さの差異であると考察しているが、今回成長終了後の成人健常者におけるリアプノフ指数にも同様に性差が認められたことで、器官の成熟度以外にも何らかの要素が関与していることが示唆された。

高圧文と母音・低圧文のリアプノフ指数に有意な差が認められ、母音に高いカオス性が示唆されたことは、患者間の比較で母音のリアプノフ指数に差を認めたことから共通するように、体調・ストレスなどの影響や病的な事象が、母音に鋭敏にあらわれやすいのではないかと考えられた。

リアプノフ指数とナゾランス値との間の相関性が弱いことはリアプノフ指数が単純に開鼻声度を示しているものではないことを裏付ける結果となり、今後カオス解析を用いた方法は、診断精度を上げることができる可能性を秘めた新たなパラメータとして利用可能ではないかと考えられた。

開鼻声を有する患者の音声から作成したアトラクタの軌道が健常者のそれに比して煩雑であること、また異なる構音障害を有する患児の比較において、積極的な言語治療が必要であった2名の母音におけるリアプノフ指数が他の患児より高かったことは、言語治療の介入の必要な言語障害の判別の可能性を有していることが期待できた。

【結論】

人間の発話音声にはカオス性があり、カオス性を定量化したリアプノフ指数は体調や日内変動である程度変化する可能性はあるが一定の範囲で維持されていることが示された。リアプノフ指数には性差があり、母音や母音を含む文で高いカオス性が示された。また同時に測定したナゾランス値との相関は弱かったことから、開鼻声の程度を示しているのではないことが考えられた。これらの結果から、今後様々な検討を加えることで構音障害診断の新たな指標として発展させていくことができる可能性を見出すことができたと思われた。

論文審査結果の要旨

口唇口蓋裂の一貫治療において、正常な言語機能の獲得が治療における重要な目的である。早期の発見、的確な診断と対処が大きな治療のポイントとなる。言語障害の診断では、様々な検査が行われているが、いずれの検査法も客観性、定量性に乏しく単独では病態を把握することが難しい。またある程度の年齢に達しなければ困難である検査も多い。

そこで、低年齢児でも測定が容易であり、かつ低侵襲で客観的な口蓋裂言語診断支援システムの開発を目的に、近年広く用いられつつあるカオス理論を用いた方法について研究を行った。疲労や病的な状態において発話音声のカオス性は変化し、近年医学の領域でも喉頭マヒやうつ病、パーキンソン病など様々な病態の検出や治療効果の判定が可能であると言われている。そのため、構音器官の異常が音声のカオス性に影響を与えるのではないかと仮定し、今回はその基礎となる健常者の発話音声におけるカオス性を検討し、加えて口蓋裂の言語障害の診断への応用を試みた。健常者や口蓋裂患者の発話音声を用いてカオス性の指標となるリアプノフ指数を算出し再現性や性差、患者の発話音声のカオス性の特徴などについて比較検討を行った。結果、以下の結論を得ている。

1. リアプノフ指数の再現性

高圧文より母音や母音を多く含む低圧文にばらつきを認めた。高圧文に関しては標準偏差は概ね平均値から2割以内に分布し、良好な再現性を認めた。

2. 健常者45名のリアプノフ指数の特徴

全ての被験文において、女性のリアプノフ指数は男性のリアプノフ指数より有意に高く、性差の存在が示された。また男女ともに、母音のリアプノフ指数が高圧文でのリアプノフ指数より有意に高かった。また同時に測定したナゾランス値との関連性については、全ての被験文において強い相関は認めなかった。

3. 口蓋裂患者の音声の特徴とリアプノフ指数の特徴

開鼻声を有する患者音声のアトラクタは軌道が煩雑であった。男女患児で各母音においてリアプノフ指数のばらつきが認められ、言語治療適応の言語障害を有する患児のリアプノフ指数は他の患児と比較して高くなる傾向が伺えた。

今回、カオス理論に基づいた解析を用いて、成人健常者および口蓋裂患児の発話音声を分析、検討した。人間の発話音声にはカオス性があり、カオス性を定量化したリアプノフ指数は体調や日内変動で変化をしながらも一定の範囲で維持されていることが示唆された。発話音声のうち母音に高く鋭敏なカオス性が含まれており、再現性に関してはばらつきを認めるものの構音障害や各種言語障害の兆候は母音に表出されやすいのではないかと考えられた。同時に測定したナゾランス値との相関は弱く、リアプノフ指数が単純に開鼻声度を描出しているのではないことが示された。これらの結果から、今後様々な検討を加えることで言語障害診断や治療効果の判定のための新たなパラメータとして発展させていくことができる可能性を見出すことができるのではないかと考える。これらの知見は価値ある研究であり、本申請論文は博士（歯学）の学位論文に値すると考えられる。