

平成 2 6 年 5 月 2 1 日現在

機関番号：18001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657178

研究課題名（和文）ヒト発声器官の三次元形状解析技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of methods for three dimensional shape analysis of speech organs

研究代表者

木村 亮介（Kimura, Ryosuke）

琉球大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：00453712

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円、（間接経費） 900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、音声、発声器官の形状、遺伝子の三者間を将来的に結びつけることを念頭に置き、発声器官の形状における個体差を解析するための方法について検討を行った。特に、三次元画像から自動で解析領域の抽出を行い、ポリゴン化する手法の開発に取り組んだ。このようなプログラムは、大量の画像データを扱う際には必須となる。また、撮像の際、厳密に姿勢を揃えることは不可能であるため、動きに影響を受けないような形態解析方法を検討した。音声、発声器官の形状、遺伝子の三者間の関連解析の実現に向けて、着実に歩を進めることができた。

研究成果の概要（英文）：Towards future challenges for connecting vocal quality, shape of speech organs, and genetic factors, this study aimed to establish methods for analyzing the individual difference in the morphology of speech organs using three dimensional images. Especially, we worked on the development of automatic segmentation and polygonization methods from voxel images. Such a program will be needed to treat a huge amount of image data. We also considered how we evaluate shapes without the influence of posture. To realize the future association studies between genotypes and vocal and morphological phenotypes, this study steadily made methodological progress.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・生理人類学

キーワード：発声器官 形態 三次元 声

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトは、それぞれ異なる顔をもつと同じように、それぞれ異なる声をもっている。そして、同性の親子や兄弟で、非常によく似た声をしている場合があることも、我々は経験的に知っている。しかしながら、声に関する遺伝学的研究は、これまであまり為されておらず、双生児を用いた研究が若干あるだけに留まっている (Debruyne et al. 2002, Van Lierde et al. 2005)。そのような研究によって、音声におけるいくつかの要素が一卵性双生児間で高く相関していることが観察されている。

一方、ヒトの声が生成されるメカニズムについては、多くの研究が為されてきた。さらに、近年の核磁気共鳴画像法 (Magnetic resonance imaging: MRI) の登場以降、声道形状の三次元撮像が可能となり、急速に研究が進んでいる。ヒトの声は、音源としての声帯の振動、フィルタとしての声道の形状、および両者の相互関係によって決まり、口腔・鼻腔・舌・歯・唇などの調音機構によって母音および子音が付加される。また、声の高低というのは、厳密に言えば、音高とフォルマントの2種類に分けられる。音高とは、つまりピッチ (振動数) のことであり、個体が持つ声帯の形状やサイズのほか、伸展、声門閉鎖の強さ、呼気流の圧を調節することで決まる。フォルマントは、主に声道の長さによって決まり、身長などに左右されるが、発声時の喉頭の位置を変えることにより調節可能である。Fujita and Honda (2005) や北村 (2008) によって、これらの要因のほかに、下咽頭腔の形状が声の個性性に与えることが示されている。しかしながら、鼻腔形状や舌体積の個体差など、声質に影響しそうな要素で未だ調べられていないものは多く残されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、音声、発声器官の形状・運動、遺伝子の三者間を将来的に結びつけることを念頭に置き、発声器官の形状における個体差を測定するための方法について検討を行なう。特に、(1) 声道形状を断面積や断面形状として表すだけではなく、声道全体および舌や軟骨などの個々の発声器官を三次元形状として記述すること、(2) 多検体を用いた個体差研究のために、簡便な個体特徴の抽出方法を検討すること、さらに、(3) 個体のもつ声質および音域の広さなどを特徴づける解剖学的要因を突き止めることを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 三次元画像からの自動領域抽出およびポリゴン化手法の開発

ATR 母音発話 MRI データなど既存のデータを利用して、医用三次元画像からモルフォロジー処理を用いて声道、鼻腔、副鼻腔などの

空洞や特定の構造物のみを自動的に抽出し、ポリゴン化する手法を開発した。

### (2) 形態多様性の評価

インフォームドコンセントのもと、健常ボランティアの MRI 画像、および治療目的で撮像された患者の CT 画像を取得し、本研究に利用した。声道、鼻腔、副鼻腔の空洞や舌の領域抽出の後、形態やボリュームを計測する方法を検討した。

### (3) 声の多様性の評価

健常ボランティアの音声サンプルを録音し、スペクトル包絡形状、平均基本周波数、ホルマント周波数などの特徴量を、ソフトウェア praat を用いて解析した。

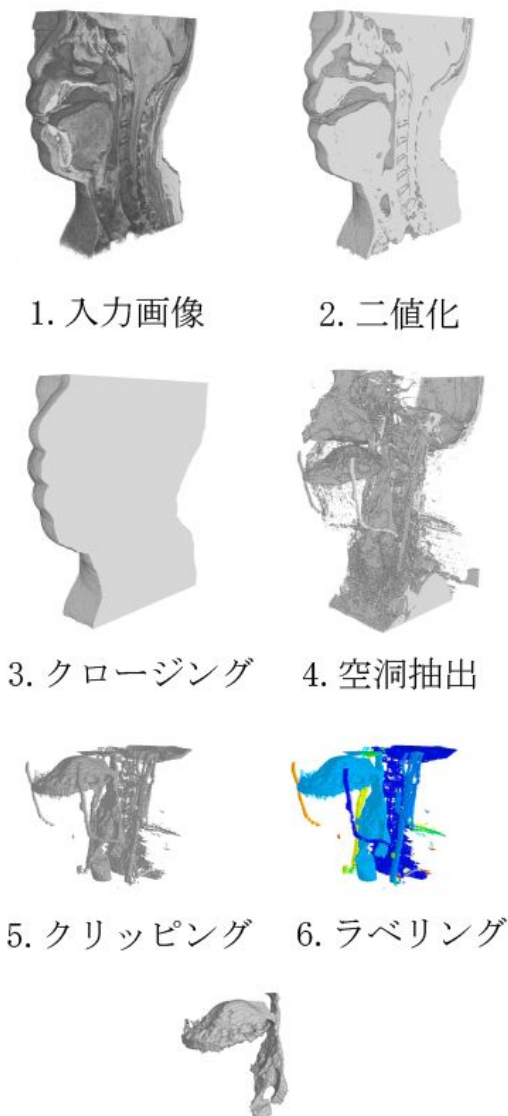


図1. 領域抽出のアルゴリズム

#### 4. 研究成果

形態の多様性を研究するためには多検体からの画像を扱う必要がある。この際、ユーザー入力を必要とする解析領域の抽出は煩雑であり、研究のボトルネックとなる。そこで本研究では、三次元画像から自動で解析領域の抽出を行い、ポリゴン化する手法の開発に取り組んだ。提案手法では、例えば声道においては以下の手順となる(図1参照)。(1)二値化した画像に対して、クロージング処理を用いて、頭頸部に存在する空洞を埋める。(2)クロージング結果との差分をとることで、声道部を含む空洞を抽出する。(3)このとき、ノイズ等を含む領域を削除し、連結成分ラベリングを適用する。(4)声道部は最大のコンポーネントとなるため、それを抽出する。(5)最後に抽出した領域に対し、Marching Cubes法を適用することでポリゴン化する。必要なパラメータは、等値面の閾値、クロージング処理で用いる構造要素のサイズ、クリッピングする範囲の座標値のみであり、予め値を決めておけば、作業は自動で進む。このようなプログラムは、大量データを扱う際には必須となる。

発声器官の形態解析において最も問題となるのは、その可動性である。撮像の際、厳密に姿勢を揃えることは不可能であるため、動きに影響を受けないような形態解析方法を検討する必要がある。そこで先ず、異なる姿勢(発話)で撮像した同一個体の画像を用いて、形態の解析を行った。その結果、声道の長さに関しては、正中面を口蓋に沿うような曲線の距離とすれば、姿勢による変動は少ないことがわかった。また、鼻腔、副鼻腔は形状もポリウムも姿勢によってほとんど左右されないことがわかった。

次に、複数検体のデータを用いて、実際に形態および音声の多様性の評価を行った。姿勢による形状の変動が少ない部位に関しては相同モデル化を試みたが、形態の個体差が予想以上に大きく、あまりうまくいかなかった。そのため、個体間の形状の違いは点間の直線あるいは曲線距離やポリウムを用いて評価した。また、今回の研究では収集した音声サンプルの数が多くなかったため、形態と音声の関連を示すには至らなかった。今後、サンプル数を増やした研究が必要とされる。

本挑戦的萌芽研究では、画像解析における領域抽出を迅速化するためのプログラムと、発声器官の形態の多様性を評価するための計測方法を開発した。音声、発声器官の形状・運動、遺伝子の三者間の関連解析に向けては、まだ方法論的な課題が多く残されているが、今後も着実に歩を進めていきたいと考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

#### [雑誌論文](計5件)

Miyazato E, Yamaguchi K, Fukase H, Ishida H, Kimura R (2014) Comparative analysis of facial morphology between Okinawa islanders and mainland Japanese using three-dimensional images. Am J Hum Biol, in press (査読有)

Michikawa T, Moriguchi M, Suzuki H (2014) Feature-preserving outermost-surface polygonization from CT images, Comput Aided Design Appl 11: 239-243, doi:10.1080/16864360.2014.846098(査読有)

道川隆士、鈴木宏正、木村亮介 (2014) MRI 画像からの声帯形状ポリゴン抽出、2014 年度精密工学会春季大会講演論文集、J69、J-STAGE 公開予定(査読無)

Michikawa T, Suzuki H, Kimura R (2013) Digital Shape Reconstruction of Vocal Tracts from MRI Images, Proceedings of 2013 First International Symposium on Computing and Networking, pp. 312-315, doi:10.1109/CANDAR.2013.55(査読有)

Michikawa T, Suzuki H, Hishida H, Inagaki K, Nakamura T (2013) Efficient Void Extraction from CT images, Book of abstracts (Posters) in Tomography of Materials and Structures, pp.175-178 ISBN 978-9-4619713-0-2 (査読有)

#### [学会発表](計7件)

宮里絵理、山口今日子、持丸正明、河内まき子、石田肇、木村亮介、3D morphometrics of human face based on homologous modeling、第118回日本解剖学会総会・全国学術集会、2013年3月29日、高松

道川隆士、鈴木宏正、特徴を保持したポリウムデータからの軽量なポリゴン化、日本図学会春季大会、2012年5月12日、名古屋

#### [その他]

ホームページ等

<http://w3.u-ryukyu.ac.jp/anatomy1/>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

木村 亮介 (KIMURA, Ryosuke)

琉球大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：00453712

##### (2)研究分担者

道川 隆士 (MICHIKAWA, Takashi)

東京大学・先端科学技術研究センター・助教

研究者番号：60435683

與儀 彰 (YOGI, Akira)

琉球大学・大学院医学研究科・助教  
研究者番号：8 0 5 1 0 7 1 8

(3)連携研究者

石田 肇 (ISHIDA, Hajime)  
琉球大学・大学院医学研究科・教授  
研究者番号：7 0 1 4 5 2 2 5