

ImageJ の声道断面積関数抽出プラグインの開発

成重 智則[†] 北村 達也^{††}

[†] 甲南大学工学部情報システム工学科

^{††} 甲南大学知能情報学部知能情報学科

〒 658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

E-mail: ^{††}t-kitamu@konan-u.ac.jp

あらまし 我々はオープンソースでパブリックドメインの画像処理ソフトウェア ImageJ 用の声道断面積関数抽出プラグインを開発している。ImageJ は Java で開発されているため、様々なコンピュータで実行できる。また、ImageJ にはプラグインやマクロを追加できるようになっており、様々な機関や個人が開発したものが多数公開されている。我々が開発中の 2 つのプラグインは、発話時の頭頸部の 3 次元 MRI データから Takemoto ら (2006) の手法により声道断面積関数を抽出する。ImageJ に実装されている画像処理の各種機能を活用することによって効率的な開発が可能であった。

キーワード ImageJ, プラグイン, 声道断面積関数, MRI データ

Development of Plugins for ImageJ for Extracting Vocal Tract Area Function

Tomonori NARISHIGE[†] and Tatsuya KITAMURA^{††}

[†] Department of Information Science and Systems Engineering, Faculty of Science and Engineering, Konan University

^{††} Department of Intelligence and Informatics, Faculty of Intelligence and Informatics, Konan University
8-9-1 Okamoto, Higashinada, Kobe, Hyogo, 658-8501 Japan

E-mail: ^{††}t-kitamu@konan-u.ac.jp

Abstract We are developing plugins for an image processing software ImageJ, which is an open source software and in public domain, for extracting the vocal tract area functions from volumetric MRI data. ImageJ is written in Java, which allows it to run various computers. ImageJ users can automate tasks using macros and can extend the function of the software by developing plugins, and many macros and plugins have been released from institutes and individuals. We are implementing the vocal tract area function extraction method proposed by Takemoto *et al.* (2006) as two plugins of ImageJ. Built-in image processing functions of ImageJ allow us to develop the plugins efficiently.

Key words ImageJ, Plugins, Vocal tract area function, MRI data

1. はじめに

磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging, MRI) による調音形態・動態の観測が行われるようになって 20 年以上が経つ。その間に、調音形態・動態の観測のための様々な撮像法が開発され、今や MRI は音声生成研究において不可欠なツールとなっている [1]。その一方で、MRI を用いた音声生成研究を支えるソフトウェアの整備は立ち後れている。例えば、3 次元 MRI データから声道断面積関数を抽出する機能をもつ、誰

でも入手可能なソフトウェアが存在しない。このようなごく基本的なソフトウェアがない状況は、音声生成研究そのものやその応用研究の拡がりを阻害していると考えられる。そこで、本研究では、このような状況を打開するため、3 次元 MRI データから声道断面積関数を抽出するソフトウェアを開発し、公開することを目的とする。

本研究では、オープンソースでパブリックドメインの画像処理ソフトウェア ImageJ [2] のプラグインとして声道断面積関数抽出プラグインを開発する。ImageJ は、アメリカ国立衛生

研究所 (National Institutes of Health, NIH) で開発されたソフトウェアで、世界中に多くの利用者がいる。ImageJ は、以前開発されていた Macintosh 用の画像処理ソフトウェア NIH Image の機能を受け継ぎ、様々なコンピュータで動作するよう Java で作られている。

ImageJ は様々な画像フォーマットに対応するほか、種々の画像処理機能を備えている。NIH で開発されたことから、ImageJ は医用画像の処理や計測にも強い。これは MRI データを取り扱う必要のある声道断面積関数抽出ソフトウェアにとって好都合である。また、ImageJ にはプラグインやマクロを追加できるようになっており、様々な機関や個人が開発したものが多数公開されている。

以上で述べた、(1) 実行環境を選ばない、(2) 利用者が多い、(3) 医用画像処理に強い、(4) 第三者がプラグインを開発可能、という理由から、本研究では ImageJ のプラグインとして声道断面積関数抽出ソフトウェアを開発することにした。

2. ImageJ の構成

ImageJ は、いくつかのパッケージ (クラスファイルの集まり) で構成されている。パッケージには、`ij`, `ij.gui`, `ij.io`, `ij.macro`, `ij.measure`, `ij.plugin`, `ij.plugin.filter`, `ij.plugin.frame`, `ij.process`, `ij.text`, `ij.util` がある [3] [4]。現時点では、GUI の構築に Java の Abstract Windowing Tools (AWT) が用いられている。Swing を用いるのと違い、外観がやや古い印象があるが、軽快な動作を実現している [5]。

ImageJ における画像の内部表現を図 1 に示す。ImageJ では画像は `ImagePlus` というクラスの変数として保存される。`ImagePlus` は `java.awt.Image` を拡張したものである。`ImagePlus` には、1 枚の画像を表すクラス `ImageProcessor` と、複数枚から成る画像を表すクラス `ImageStack` が含まれる。なお、`ImageProcessor` は 4 種のデータ型の画像に対応したクラス (`ByteProcessor`, `ShortProcessor`, `FloatProcessor`, `ColorProcessor`) のスーパークラスになっている。

プラグインを追加する際には、コンパイル済みのプログラム (.class ファイル) を ImageJ がインストールされたディレクトリの下にある `plugins` ディレクトリに保存する。それによって、ImageJ の `Plugins` メニューにそのプログラムが現れる。なお、プラグインのプログラムのファイル名にはアンダーバー (`_`) が含まれている必要がある [7]。

3. 声道断面積関数抽出アルゴリズム

声道断面積関数とは、声門から口唇までの声道断面積を声門からの距離の関数として表したものである。声道内を音波が平面波で伝搬すると仮定すると、声道断面積関数から声道の電気回路モデルを作り、声道の伝達特性を求めることなどができる。声道断面積関数の抽出法は、これまで様々なものが提案されており、得られる声道断面積関数が若干異なる。

我々は、Takemoto ら [8] が提案した声道断面積関数抽出法を採用した。以下ではその概要を説明する [1]。

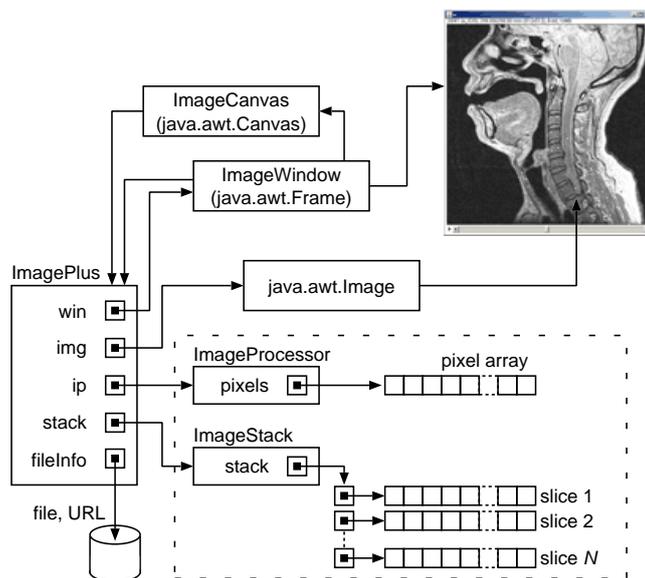


図 1 ImageJ における `ImagePlus` クラス (文献 [6] の Appendix C, Fig. C.2 を改変)

ステップ 1. 正中矢状断面の決定

3 次元画像上の正中矢状断面を決定する。3 次元画像の座標に対して頭頸部が傾いている場合、つまり MRI 撮像時に矢状断面を捉えていない場合には、その傾斜を事前に修正しておく必要がある。

ステップ 2. 声門のラインの決定

正中矢状断面上で声門のラインを決定する。一般にこれは目視により行われる。

ステップ 3. 声門からの距離を表すコンター・マップの作成
声道領域を対象にして、声門のラインからの距離を領域拡大法により求め、声門からの距離を表すコンター・マップ (等高線図) を作成する。声道領域は、声門のラインと接続しており、かつ適当な閾値以下の濃度値をもつ画素とする。

ステップ 4. 声道中心線の決定

コンター・マップにおいて同じ値をもつコンターごとに重心を計算し、それらの点からスプライン曲線を求めることによって、声道中心線を決定する。

喉頭蓋などの突起物や鼻腔などの分岐管の影響によって、声道中心線が声道の中心とは考えられない曲線を描くことがある。そのような場合には、画像からこれらの突起物や分岐管を消去した上で、再度、上記ステップ 3 からやり直す。

ステップ 5. 声道中心線に直交する断面の決定

声道中心線に直交する線を声道中心線に沿って等間隔 (例えば 5 mm 間隔) に求める。そして、その線を含み矢状断面に直交する断面を抽出する。

声道の終端は、口唇の先端を通る面と左右の口角を通る面との中間の面とする。

ステップ 6. 声道断面積関数の作成

ステップ 5 で得られた各断面の声道領域の面積を求めることによって、声道断面積関数を作成する。



図 2 MRI データを読み込んだ状態．矢状断面，横断面，冠状断面が表示されている．これらの画像を確認して正中矢状断面を決定する．この画像は ATR 母音発話 MRI データベース [10] 中の母音/a/のデータ（歯列補填なし）である．

4. 声道断面積関数抽出プラグインの開発

声道断面積関数抽出プラグインは ImageJ バージョン 1.44c のソースコードをもとに開発している．我々が開発中のプラグインは，前章のステップ 1 から 5 までの処理を行う断面設定用プラグインと，ステップ 6 の処理を行う声道断面積抽出用プラグインから成る．これらの開発はフリーの開発環境である Eclipse を用いて行った [9]．

4.1 断面設定用プラグイン

断面設定用プラグインは ImageJ に用意されている Orthogonal Views (Image メニュー → Stack → Orthogonal Views) のソースコードを改良して開発した．Orthogonal Views は，3次元画像の 3 断面（矢状断面，横断面，冠状断面）を表示する機能である．

Orthogonal Views にマウスによるペン機能（1 回のアンドゥが可能）・座標指定機能，前章のステップ 3 から 5 の機能，および断面画像の抽出・保存機能を追加した．

このようにして作成した断面設定用プラグインの使用法は以下の通りである．なお，現段階では，3次元画像の座標に対して頭頸部が傾いているデータに対応していない．

(1) MRI データを読み込む．ImageJ がサポートする DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 等のデータを読み込むことができる．データを読み込み，3次元画像の 3 断面を表示させた状態を図 2 に示す．

(2) 3 断面を見比べながら正中矢状断面を決定する．

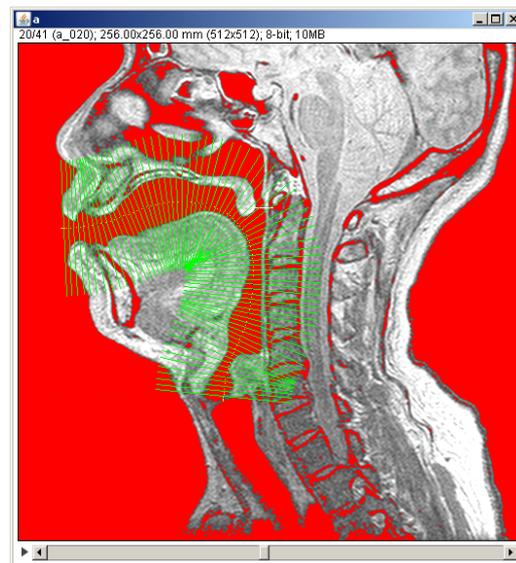


図 3 声道中心線とそれに直交する線．これらの線を含み矢状断面に直交する断面を抽出し，声道の断面積を求める．

(3) Image メニュー → Adjust → Threshold を用いて，閾値以下の濃度値を一定値にする．閾値は，空気の領域が閾値以下になるよう設定する．

(4) ペン機能を用いてノイズの除去，突起物の除去，分岐管の閉鎖などを行う．ペンの太さは Image メニュー → Adjust → Line Width にて変更可能である．

(5) 正中矢状断面における声門の前後の点を指定する．

(6) 舌領域内の 1 点を指定する．これは，矢状断面における頭部の向き（左向き/右向き）を知るために必要である．

(7) 自動的に声道中心線が引かれる．

(8) 自動的に声道中心線に直交する線が引かれる．その状態を図 3 に示す．

(9) File メニュー → Save As で断面をスタックとして保存する．その際，ファイルのヘッダにピクセルサイズやスライス厚の情報が記録される．

4.2 声道断面積抽出用プラグイン

声道断面積抽出用プラグインでは，断面設定用プラグインで保存された複数の断面画像の声道領域を特定し，声道断面積関数を求める．このプラグインにも断面設定用プラグインと同様にペン機能をもたせ，ノイズの修正などができるようにした．また，マウスで指定した座標に連結する点を 3 次元的に探索する機能により，声道領域を特定できるようにした．

このようにして作成した声道断面積抽出用プラグインの使用法は以下の通りである．

(1) 断面設定用プラグインで保存されたファイルを読み込む．

(2) 断面設定用プラグインの使用法のステップ (3) と同様に，空気の領域が一定値になるよう閾値を設定する．

(3) 必要に応じて各断面のノイズや分岐管をペン機能で修正する．

(4) 声道断面積関数の終端の断面の次の断面を白く塗り潰

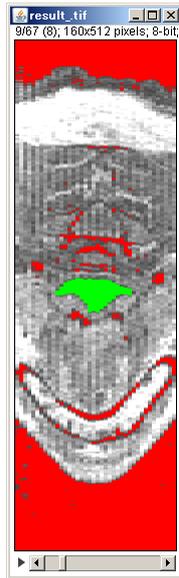


図 4 声道断面上で声道領域(中央部)が選択されている様子。この図は咽頭の 1 断面である。

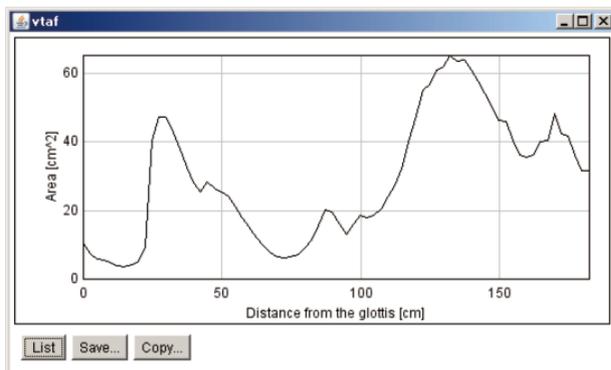


図 5 抽出された声道断面積関数。ATR 母音発話 MRI データベース [10] 中の母音/a/のデータ(歯列補填なし)より抽出した。

し、それ以上声道領域探索が進まないようにする。

(5) 声門を含む断面の次の断面にて声道領域内の 1 点をマウスで指定すると、その点に連結する点が 3 次元的に探索される。探索は口唇方向にのみ行われる。声道領域が選択された様子を図 4 に示す。

(6) 声道断面積関数(図 5)が表示されるので、問題がなければ保存する。

5. おわりに

本研究では、ImageJ 用の声道断面積関数抽出プラグインを開発している。現時点で一通りの処理ができるようになっている。しかし、処理の遅い部分があったり、Graphical user interface (GUI) やヘルプが整備されていなかったりなど不備もある。これらを改善した上で公開し、フィードバックがあれば改善していきたいと考えている。

謝辞 本研究は、2010 年度科研費(21300071)の支援を受けた。本研究で開発した声道断面積関数抽出ソフトウェアは、ATR 人間情報科学研究所(現 NICT ユニバーサルメディア研

究センター)竹本浩典氏が開発したソフトウェアを参考にした。開発にあたってご助言いただいた竹本氏に感謝します。

文 献

- [1] 籾木時彦, 正木信夫, 元木邦俊, 松崎博季, 北村達也, 音声生成の計算モデルと可視化, コロナ社(2010).
- [2] <http://rsbweb.nih.gov/ij/>
- [3] <http://rsbweb.nih.gov/ij/developer/api/>
- [4] 山本修司, ImageJ で学ぶ実践医用・バイオ画像処理: 第 42 回 ImageJ のソースコード分解 (Eclipse を用いた ImageJ のプラグイン実行方法), *Innervision*, 23(10), 84-85 (2008).
- [5] 山本修司, ImageJ で学ぶ実践医用・バイオ画像処理: 第 48 回 ImageJ の構成と Web 活用, *Innervision*, 24(6), 118-119 (2009).
- [6] W. Burger and M.J. Burge, *Digital image processing: An algorithmic introduction using Java*, Springer (Berlin, Heidelberg, New York, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio) (2007).
- [7] W. Bailer, *Writing ImageJ plugins - A tutorial ver. 1.71*, <http://www.imagingbook.com/index.php?id=102> (2006).
- [8] H. Takemoto, K. Honda, S. Masaki, Y. Shimada and I. Fujimoto, Measurement of temporal changes in vocal tract area function from 3D cine-MRI data, *J. Acoust. Soc. Am.*, 119, 1037-1049 (2006).
- [9] 山本修司, ImageJ で学ぶ実践医用・バイオ画像処理: 第 41 回 ImageJ のソースコード分解 (Eclipse を用いた ImageJ ソースコードのコンパイル), *Innervision*, 23(9), 113-115 (2008).
- [10] ATR 母音発話 MRI データ CD-ROM 説明書 第 4 版, http://baic.jp/image/ATR_Vowel_MRI_data_readme4.pdf (2007).