



Title	発話生成機構における機能的MRIの撮像技術開発に関する研究
Author(s)	島田, 育廣
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/25157
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【 4 】

氏 名	しま だ やす ひろ 島 田 育 廣
博士の専攻分野の名称	博 士（保健学）
学 位 記 番 号	第 2 5 7 4 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 25 年 1 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科保健学専攻
学 位 論 文 名	発話生成機構における機能的 MRI の撮像技術開発に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 村瀬 研也 （副査） 教 授 石田 隆行 教 授 近江 雅人

論 文 内 容 の 要 旨

【背景】

音声は日常生活における重要なコミュニケーション手段であり，発話生成機構の研究は発話障害の診断，治療やリハビリテーションに重要な知見をもたらす．

軟部組織のコントラスト分解能に優れた磁気共鳴画像法（Magnetic resonance imaging：MRI）は，構造画像だけでなく機能情報を得ることも可能であり，発話生成機構の研究において重要な役割を果たしている．

MRIを用いた機能画像（functional MRI：f-MRI）は，その解析対象が動きを伴わない場合と動きを伴う場合に大別することができる．ここでは，前者を静的機能評価法，後者を動的機能評価法として扱うことにする．

音声は脳からの司令に基づいて，発話器官が協調運動することにより生成される．このため，MRIによる発話生成機構の機能研究では，この両方の機能計測が利用されている．

これら機能的MRIのデータ取得においては、次のような問題がある。まず、静的機能画像の取得においては、撮像中のシステム特性の変動によって時系列データの信号値変動と画像シフトが発生する。この結果、解析結果の信頼性が著しく損なわれることになる。しかし、この信号値変動のメカニズムは明らかにされておらず、根本的な対策が施されたシステムはいまだ開発されていない。また、動的機能画像においては、発話に伴う高速な動きを十分な時間分解能と空間分解能で画像化出来る技術は確立されておらず、しばしば発生するモーションアーチファクトを効果的に低減できる技術も開発されていない。

【目的】

本研究では、MRIを用いた発話生成機構の機能研究における主に2つの問題を扱った。1) 静的機能研究において、システム特性の変動に起因した時系列信号の変動メカニズムを解明し、対応技術の開発を行う。2) 動的機能研究のための撮像技術と画質改善技術の開発を行う。

【方法】

1) 2種類のファントム（システム付属の円柱ファントム、自作円柱ファントム）を用い、EPI (echo planer imaging) シーケンスにおける信号変動を再現し、その発生機序と対策方法を明らかにする。
2) 磁場変動に伴って生じるEPI時系列データの画像シフトを画像再構成にフィードバックして補正する技術を開発し、リアルタイム処理としてシステムに実装し、この効果を評価する。
3) 振動ファントム及び歯茎ふるえ音を既存シーケンスにて撮影し、撮像対象の振動（運動）情報を用いて k-space データを再構築し動態画像を作成する。
4) 発話の動的機能画像において、発声タイミングの情報をを用いて k-space データを再構築することでモーションアーチファクトの低減をはかる。

【結果】

1) EPIの時系列信号の低周波変動には、被写体の周波数スペクトルと脂肪抑制パルスの特性が関与し、システムの磁場変動によってもたらされるメカニズムが明らかになり具体的な対策も可能となった。
2) EPI画像の輪郭部に発生する信号変動を大幅に改善することが可能となり、分析結果の信頼性が向上した。
3) 超高時間分解能とも呼べる1000fpsを超える動態画像の作成が可能であることを示し、歯茎ふるえ音の画像化に成功した。
4) 既存技術による動態画像に比べて、フレーム全般にわたりモーションアーチファクトを軽減することができた。

【考察】

機能的MRIは発話生成機構の解明に重要な役割を果たしている。このような状況下にあって、信頼性の高い機能画像を取得するには装置特性の把握と適切な対応が重要となる。

本研究では、1) 静的機能画像取得における問題点であった低周波信号変動のメカニズムと対策法を明らかにし、安定した時系列信号を得る事ができた。

この問題は発話生成機構に特化したものではなく、脳機能研究全般にも共通することから、今後の静的機能

研究に寄与できるものと考えられる。

2) 動態機能画像の取得において、時間分解能の高い動態画像を既存シーケンスの画像から作成可能であることを示し、これらの動態画像からモーションアーチファクトを低減する技術も実現可能であることを示した。この動態機能撮影技術は、リハビリテーションやスポーツ・健康科学など、動きを対象とする研究分野にも利用可能であり、今後の利用発展が期待される。

【結語】

発話生成機構の機能的MRIにおける問題点を明らかにし、いくつかの対策技術を確立した。この研究における一部の技術をシステムに実装した。

本研究は今後の発話研究に寄与できるだけでなく、他分野の研究にも大きく寄与できるものであると考えられる。

論文審査の結果の要旨

本研究は、機能的磁気共鳴撮像法 (Functional Magnetic Resonance Imaging: f-MRI) を用いた発話生成機構に関する研究における、主に以下の2つの技術的問題を扱ったものである。

1) 解析対象が動きを伴わない場合の評価 (静的機能評価) における、システム特性の変動に起因する時系列信号の変動メカニズムの解明と対策技術の開発、
2) 解析対象が動きを伴う場合の評価 (動的機能評価) における、高時間分解能撮像技術の開発とモーションアーチファクトの低減技術の開発

まず、静的機能評価においては、2種類のファントム (システム付属の円柱ファントムと自作円柱ファントム) を用いてエコープラナーイメージング (EPI) シーケンスにおける信号変動を再現し、その信号変動の発生機序と具体的な低減方法を明らかにした。次に、磁場変動に伴って生じる画像シフトを、画像再構成にフィードバックして補正する方法を開発した。また、この方法を実時間 (リアルタイム) 処理として実現し、Brain Machine Interface (BMI) に関する研究に適用することで実時間 (リアルタイム) f-MRI の実用化の可能性を示した。

動的機能評価においては、自作の振動ファントム及び歯茎ふるえ音 (巻き舌) を、既存のパルスシーケンスにて撮像し、撮像対象の振動 (運動) 情報を用いて k 空間データを再構築することで高時間分解能の動態観察を可能とする技術を開発した。また、短い反復発話の動的機能画像においては、MRI撮像に伴って発生する音響ノイズを除去したデータから発声タイミングの情報を抽出し、この情報に基づいて k 空間データを再構築してモーションアーチファクトを低減する方法を開発した。

本研究において開発された静的機能評価における信号変動の低減法は、発話生成機構に関する研究に特化したものではなく、f-MRIを用いた脳機能研究全般に応用可能であり、今後の静的機能研究に寄与できる技術であると考えられる。また、動的機能評価において開発された高時間分解能撮像技術は、MRIシステムにおいて問題となる時間分解能と空間分解能の両立を可能とする技術であり、リハビリテーションやスポーツ・健康科学などの動きを対象とする研究分野への応用展開も期待される。

以上のように、本研究はf-MRIを用いた発話生成機構に関する研究における複数の技術開発を行ない、一部の技術は既に実用化にも成功している。本研究で開発された機能計測技術は他分野にも応用可能であると考えられ、これらの点において、本論文は博士（保健学）の学位授与に値するものである。