

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560426

研究課題名（和文）MRI駆動音の伝搬路を考慮した被験者のための防音保護具の製作

研究課題名（英文）The development of the ear protector for the patient which considered transmission path of acoustic noise of magnetic resonance imaging equipment

研究代表者

武藤 憲司 (MUTO KENJI)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：30259832

研究成果の概要（和文）：MRI装置が発生する駆動音は非常に大きく100dBを超える場合がある。そのような音環境の中で検査を受ける被験者のために、適応制御による防音保護具システムの開発が重要な課題である。そして、防音保護具を開発するためには、適応制御のためにMRI駆動音の音源の特性を考慮したマイクロホンの配置を検討し、防音保護装置の各要素の製作とコンピュータシミュレーションを用いて性能を検討した。

研究成果の概要（英文）：MRI noise was very loud, and it exceeded 100dB. The development of ear protection system by adaptive control for the subject of such an acoustic environment is an important task. First of all, to develop the ear protector, the location of the microphone that considered the characteristic of the sound source of the MRI acoustic noise for the adaptive control was examined. In addition, the production of soundproof protective device that used this result and the performance by the computer simulation were examined.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000円	450,000円	1,950,000円
2011年度	1,000,000円	300,000円	1,300,000円
2012年度	500,000円	150,000円	650,000円
年度			
年度			
総計	3,000,000円	900,000円	3,900,000円

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：MRI，多チャンネルANC，音響計測

## 1. 研究開始当初の背景

MRI検査は医療診断において必要不可欠になっている。新型のMRI装置は3テスラの高磁場装置で高速撮像を行うため、従来の装置より駆動音は高い周波数の音になっている。そのために従来の適応騒音制御技術では制御しにくい周波数帯域になってきている。騒音レベルも図1に示すように100dBを超える大きな駆動音で、現状の耳栓ま

たは耳覆い（イヤマフ）だけ、あるいは適応騒音制御だけでは被験者の不満を解消するだけの静けさにはならない。MRI駆動音を対象とした適応制御の研究はあり、それは被験者の耳元の制御で、ある程度の性能を発揮しているが、オープンイヤ型であり、フィードバック制御であり、衝撃音のピークの抑制に対応しきれていない点がある。

## 2. 研究の目的

MR I 装置が発生する駆動音は非常に大きく 100 dB を超える場合がある。そのような音環境の中で検査を受ける被験者のために、適応制御による防音保護具システムの開発が重要な課題である。

我々は、MR I 検査室内の駆動音の伝搬特性はガントリ内外の被験者が横たわる検査用テーブル上の空間について調査を行ってきた。MR I 装置のガントリ開口部から外部は一方向へ音が伝搬している情報を得ていた。また、圧電素子でできたスピーカがMR I 検査環境でその動作を確認してきた。さらに、計算機シミュレーションによる多チャンネル騒音制御の高速化にも取り組んでおり、この成果をMR I 検査用騒音制御へ応用させることができると考えた。

本研究の目的は、MR I 検査環境は高磁場環境のため、非磁性のマイクロホンと圧電スピーカを用いてマルチチャンネル適応騒音制御装置を構築する。高い消音量と駆動音で最も音圧レベルの高い 1 ~ 2 kHz の帯域のまで性能を実現するために、耳を覆って音を遮蔽するイヤマフ内にスピーカ、イヤマフ周囲に複数マイクロホンを配置する。ここでは、提案システムを構築すること、その際に問題となるイヤマフ内の素子の配置、撮像シーケンスの電気信号を用いた撮像音の推定とその効果を検証することを目的とする。これらによりMR I 駆動時に医師の声が聞きとれる周波数帯域の消音と耳元の音圧レベルの低減により被験者の不安や不満の解消を図る。

### 3. 研究の方法

提案する騒音制御システムは、MR I 駆動音の伝搬特性に基づいた複数マイクロホンによるブラインド信号処理を利用したアクティブ制御、イヤマフのパッシブ制御を組み合わせた騒音制御システムの開発である。

そのために、MR I 駆動音伝搬特性の調査と騒音制御の要求技術課題を検討する。まず、MR I 装置から音が発生する音源の特徴調査である。3テスラの静磁場強度を有するMR I 装置が発生する駆動音を、MR I 検査室の検査テーブル上および周囲のさまざまな地点において、その音圧レベルと周波数特性を明らかにする。そして、この情報をもとにMR I 検査室の駆動音伝搬特性に基づいた多チャンネル騒音制御装置の構築について検討する。

また、MR I 駆動音伝搬特性の調査とマルチチャンネルアクティブノイズコントロールの技術仕様を検討する。MR I 装置から音が発生する音源の特徴調査である。3テスラの静磁場強度を有するMR I 装置が発生する駆動音を、MR I 検査室の検査テーブル上および周囲のさまざまな地点において、マイク

ロホンなど電子回路へ混入する雑音の影響の分析、および、MRI 駆動音の音圧レベルと周波数特性を明らかにする。

さらに、アクティブノイズコントロール装置はイヤマフによる消音と組み合わせたアクティブノイズコントロール装置の構築の各要素について検討する。

### 4. 研究成果

初年度は、まず、MR I 装置から音が発生する音源の特徴調査である。3テスラの静磁場強度を有するMR I 装置が発生する駆動音を、MR I 検査室の検査テーブル上および周囲のさまざまな地点において、その音圧レベルと周波数特性を明らかにした。テーブル上の音圧が撮像シーケンスによってばらつきがあるが 115dB から 95dB であり、イヤマフを装着しても 85dB から 64dB であった。オクターブ分析の結果は撮像シーケンスによってさまざまであり、ピークの周波数が 640Hz 帯から 1260Hz 帯、ピークの音圧は 114dB から 92dB であり、撮像シーケンスに依存することが分かり、開発対象とする音圧と帯域を明らかにした。そして、この情報をもとにMR I 検査室の駆動音伝搬特性に基づいた多チャンネル騒音制御装置の構築について検討する。検査室が高磁場であることを考慮した非磁性のマイクロホンと圧電スピーカを利用した騒音制御システム開発においてはガントリ開口部及びガントリ外部における適応騒音制御装置の構築のために、基本的なDSPプログラムを作成した。

平成23年度は、まず、MR I 装置から音が発生する音源の特徴調査である。3テスラの静磁場強度を有するMR I 装置が発生する駆動音を、MR I 検査室の検査テーブル上および周囲のさまざまな地点において、マイクロホンなど電子回路へ混入する雑音の影響の分析、および、MRI 駆動音の音圧レベルと周波数特性を明らかにした。アクティブノイズコントロール装置はイヤマフによる消音と組み合わせたマルチチャンネルアクティブノイズコントロール装置の構築について検討する。基本的なDSP (Digital Signal Processing) プログラムを作成するとともにボア中心から約 60cm にある音源を参照して1入力1出力のフィードフォワード型のアクティブノイズコントロールを想定した計算機シミュレーションを行い、その有効性を確認した。図1に提案するANCシステムの構成を示す(学会発表6より引用)。図2は計算機シミュレーション結果の一部を示す(学会発表11より引用)。120dBの駆動音は37dBの騒音低減効果と収束後の音圧レベルが83dBまで低減させることができた。特にパルス音に対してそのピークを抑圧できたことが確認できた。

平成24年度は、まず、MRI装置から音が発生する音源の特徴調査である。3テスラの静磁場強度を有するMRI装置が発生する駆動音の対象を増やし、さまざまな撮像シーケンスにおいて音源探査を行った。音源位置の推定を行った結果、参照マイクロホンを配置するための音源位置は40cmから60cmの間に音源があると推定された。また、検査室には超電導コイルの冷却装置の音が発生しており、この音が撮像音の除去の際に影響すると考え、冷却装置の音の調査を行った。アクティブノイズコントロール装置はイヤマップによる消音と組み合わせたアクティブノイズコントロール装置の構築の各要素について検討した。基本的なDSPプログラムによる探査した音源位置の駆動音を参照して計算機シミュレーションを行い、ポンプ音の影響が小さいこと、圧電スピーカの出力が80dB程度必要なことを確認した。

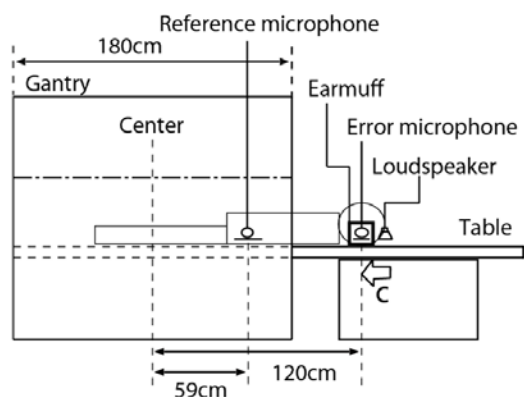


図1 MRI駆動音源付近に参照マイクロホンを配置したフィードフォワード型ANCシステムの提案(学会発表6より引用)

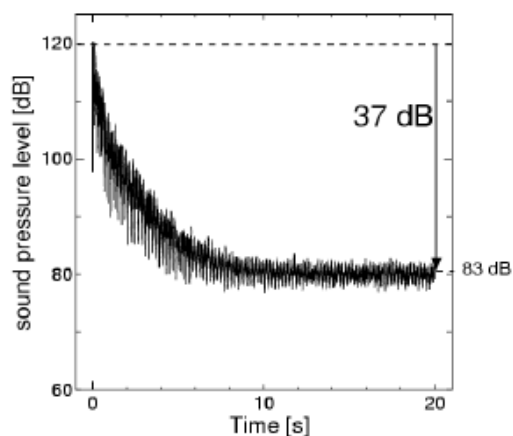


図2 提案システムによるMRI駆動音の低減効果(学会発表11より引用)

## 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)

[学会発表] (計31件)

- 1) Shohei Nakayama, Kenji Muto, Kazuo Yagi, Guoyue Chen, Effect of an active noise control system on acoustical noise during magnetic resonance imaging diagnosis, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Innsbruck, Austria, Proc. of inter-noise 2013, 6pages, 2013年9月15-18日
- 2) Shohei Nakayama, Kenji Muto, Kazuo Yagi, Guoyue Chen, Sound source measurement of magnetic resonance imaging driving sound for feedforward active noise control system, International Congress on Acoustics, Montreal, Canada, Proc. of ICA 2013, 1pSPc24, 7pages, 2013年6月3日
- 3) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI装置から発生するポンプ音の測定, 電子情報通信学会総合大会, 岐阜大学, A-10-5, p.162, 2013年3月21日
- 4) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI駆動音対策のANCシステムの参照マイクロホンの設置位置の検討, 日本音響学会春季研究発表会, 東京工科大学, 1-P-14, 2013年3月13日
- 5) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI用ANCシステムを適用時の被験者が受ける騒音レベル, 電子情報通信学会東京支部学生大会, 東海大学, 31, p.31, 2013年3月2日
- 6) 中山翔平, 近井聖崇, 下野泰裕, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, 荒川裕貴, 小野寺聡, MRI駆動音とその対策について, 日本音響学会騒音・振動研究会, 小林理学研究所, 東京, N-2012-47, pp.1-8, 2012年10月30日
- 7) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI駆動音に対するANCシステムの被験者が受ける音圧レベル, 日本音響学会秋季研究発表会, 信州大学, 1-P-5, pp.737-738, 2012年9月19日
- 8) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI駆動音におけるANCシステムの低減効果, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 富山大学, A-10-8, p.136, 2012年9月13日
- 9) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI駆動音に対するANCシステムの低減効果の計算機シミュレーション, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, 日本大学, 1-2-8, pp.49-52, 2012年9月15日

- 10) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI 駆動音に対する ANC システムの被験者が受けるスペクトル, 電気関係学会東北支部連合大会, 秋田県立大学, 1-G-7, 1 page, 2012 年 8 月 31 日
- 11) Shohei Nakayama, Kenji Muto, Kazuo Yagi, Guoyue Chen, Making active noise control system to decrease MRI sound by computer simulation, ACOUSRICS 2012 HONG KONG coferece and exhibition, Hong Kong, China, Proc. of Acoustics 2012, 4aNS10, 6pages (CD-ROM), 2012 年 5 月 17 日
- 12) 中山翔平, 武藤憲司, 陳国躍, 八木一夫, 荒川裕貴, MRI 装置駆動音の低減に向けた ANC システムの構築, 電子情報通信学会総合大会, 岡山大学, A-10-3, p.188, 2012 年 3 月 20 日
- 13) 近井聖崇, 武藤憲司, 下野泰裕, 八木一夫, 荒川裕貴, 小野寺聡, 3T-MRI 検査における防音保護具を付けた被験者が受ける駆動音の音響分析, 日本音響学会春季研究発表会, 神奈川大学, 3-8-8, pp. 1143-1144, 2012 年 3 月 15 日
- 14) 下野泰裕, 近井聖崇, 武藤憲司, 八木一夫, 時間重み特性 slow を用いた MRI 駆動音の音圧レベルの時間変動, 日本音響学会春季研究発表会, 神奈川大学, 3-8-7, pp. 1141-1142, 2012 年 3 月 15 日
- 15) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 荒川裕貴, 陳国躍, MRI 装置駆動音の低減に向けた ANC システムの計算機シミュレーション, 日本音響学会春季研究発表会, 神奈川大学, 3-8-3, pp. 1131-1132, 2012 年 3 月 15 日
- 16) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 荒川裕貴, 陳国躍, MRI 装置駆動音の騒音の低減に向けた ANC システムの構築, 電子情報通信学会東京支部学生大会, 東海大学, 82, p. 82, 2012 年 3 月 3 日
- 17) 近井聖崇, 武藤憲司, 下野泰裕, 八木一夫, 荒川裕貴, 小野寺聡, MRI 検査時に発生する駆動音について, 日本音響学会騒音・振動研究会, 東北文化大学, N-2011-44, pp. 1-7, 2011 年 10 月 21 日
- 18) 下野泰裕, 近井聖崇, 武藤憲司, 八木一夫, MRI 装置の駆動音計測に用いる器具の選定, 日本音響学会秋季研究発表会, 島根大学, 2-7-5, pp. 1031-1032, 2011 年 9 月 20 日
- 19) (招待講演) 近井聖崇, 武藤憲司, 下野泰裕, 八木一夫, 荒川裕貴, 小野寺聡, MRI 装置が発生する音について, 日本音響学会秋季研究発表会, 島根大学, 1-6-7, pp. 1473-1476, 2011 年 9 月 20 日
- 20) Masataka Chikai, Yasuhiro Shimono, Kenji Muto, Kazuo Yagi, Yuki Arakawa, Spectrum analysis of a 3-tesla MRI driving sound in space on the examination table, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, Osaka, Japan, Proc. of inter-noise 2011, 5pages(CD-ROM), 2011 年 9 月 5 日
- 21) Yasuhiro Shimono, Masataka Chikai, Kenji Muto, Kazuo Yagi, Yuki Arakawa, A study on the influence of 3-T MRI driving sound to assistant nurse, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, Osaka, Japan, Proc. of inter-noise 2011, 6pages(CD-ROM), 2011 年 9 月 5 日
- 22) 下野泰裕, 武藤憲司, 近井聖崇, 八木一夫, 荒川裕貴, 3 テスラの MR I 装置周囲の駆動音の音響インテンシティ計測, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, 芝浦工業大学, 2-1-9, pp. 93-96, 2011 年 9 月 16 日
- 23) 近井聖崇, 下野泰裕, 武藤憲司, 八木一夫, 荒川裕貴, 小野寺聡之, 3 テスラ MRI 装置駆動音のボア内からボア外までの音響分析, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, 芝浦工業大学, 2-1-8, pp. 89-92, 2011 年 9 月 16 日
- 24) 下野泰裕, 近井聖崇, 武藤憲司, 八木一夫, MRI 駆動音測定用の音響インテンシティプローブ製作, 電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2E08, p. 177, 2011 年 8 月 26 日
- 25) 中山翔平, 武藤憲司, 八木一夫, 陳国躍, MRI 駆動音の騒音の低減に向けた ANC システムの構築, 電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2E07, p. 176, 2011 年 8 月 26 日
- 26) 近井聖崇, 下野泰裕, 武藤憲司, 八木一夫, 荒川裕貴, 1.5T MRI 装置と 3T MRI 装置駆動音について, 電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2E06, p. 175, 2011 年 8 月 26 日
- 27) Masataka Chikai, Kenji Muto, Yasuhiro Shimono, Kazuo Yagi, Yuki Arakawa, A consideration about effect of ear protector in 3-tesla MRI driving sound, 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem 2011, London, UK, Proc. of ICBEN 2011, pp. 157-162, 2011 年 9 月 16 日.
- 28) 近井聖崇, 武藤憲司, 下野泰裕, 八木一夫, 荒川裕貴, 3 テスラ MRI 装置検査テーブル上の駆動音測定, 電子情報通信学会総合大会, 東京都市大学, A-10-3, p. 167, 2011 年 3 月 14 日
- 29) 下野泰裕, 武藤憲司, 近井聖崇, 水田智,

- 八木一夫, 荒川裕貴, 3 テスラ MRI 装置  
周囲の駆動音の等価騒音レベル分布, 電  
子情報通信学会総合大会, 東京都市大  
学, A-10-2, p.166, 2011 年 3 月 14 日
- 30) 下野泰裕, 武藤憲司, 近井聖崇, 水田智,  
八木一夫, 荒川裕貴, 3 テスラ MRI 装置  
周囲の駆動音分析, 日本音響学会春季研  
究発表会, 早稲田大学, 3-10-10,  
p.1185-1186, 2011 年 3 月 10 日
- 31) 近井聖崇, 武藤憲司, 下野泰裕, 八木一  
夫, 荒川裕貴, 3 テスラの MRI 駆動音環  
境における防音保護具の効果について,  
日本音響学会春季研究発表会, 早稲田大  
学, 3-10-9, pp.1183-1184, 2011 年 3  
月 10 日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

武藤 憲司 (MUTO KENJI)  
芝浦工業大学・工学部・准教授  
研究者番号：30259832

### (2) 連携研究者

八木 一夫 (YAGI KAZUO)  
首都大学東京・人間科学研究科・教授  
研究者番号：50201819