

## 2025年度共同利用研究報告書

2026年03月25日

所属・職名 東北大学・医学系研究科・教授

増谷 佳孝

		整理番号	2025a015	
1. 研究計画題目	拡散MRIの信号値空間における信号値モデルの部分多様体としての性質の検討			
2. 新規・継続	新規			
3. 種別	一般研究			
4. 種目	短期共同研究			
5. 開催方法	ハイブリッド開催			
6. 研究代表者	氏名	増谷 佳孝		
	所属 部局名	東北大学・医学系研究科	職名	教授
7. 研究実施期間	2025年08月04日(月曜日)～2025年08月05日(火曜日)			
	2026年01月07日(水曜日)～2026年01月07日(水曜日)			
8. キーワード	医用画像, 拡散MRI, 信号値モデル, 多様体			
9. 参加者人数	24人			

### 10. 本研究で得られた成果の概要

<p>本プロジェクトは、拡散MRIの信号値モデルのパラメタが表す生体の微細構造や機能の推定の頑健化を目的とし、信号値空間においてモデルが形成する部分多様体の幾何的性質を明らかにすることを目的として今年度に新規発足した。代表者以外は代表者と面識があり医用画像研究の経験があるメンバーを選定しているが、それぞれ異なるバックグラウンドを持つため、今年度は問題に関する共通理解を深めることを主眼として共同研究を行った。具体的には、リモートおよび対面でのディスカッションおよび公開セミナーである。公開セミナーでは、医用画像研究者を中心に企業や海外の参加者を含めてディスカッションを行い、広く問題を共有することができた。</p> <p>また、上記の共同研究の成果に基づき下記の2件の学会発表（国内1件、国際1件）を行った。なお、これらの学会への発表申込はプロジェクト発足間もない4～6月であり、その具体的内容が数理工学の適切な選択や関連する理論の紹介など数理的な観点からのアドバイスが主なものであり、問題解決に繋がる重要なアイデア提供やデータ処理作業などの直接的な寄与ではなく共著者となるのを辞退されたため、代表者以外のメンバーは著者に含まれていない。</p> <p>次年度もプロジェクトを継続することが決定しており、問題解決に繋がる直接的な共同研究に発展させる予定である。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 増谷 佳孝, 一関 雄輝, 信号値空間における部分多様体による拡散MRIモデルの局所性状の定量化, 第53回 日本磁気共鳴医学会大会, 姫路, 2025年8月</li> <li>2. Masutani Y, Konya K, and Ichinoseki Y, Quantifying Parameter Estimation Difficulty of dMRI Models by Submanifold Geometry in Signal Space, Computational Diffusion MRI (CDMRI) 2025, Lecture Notes in Computer Science, vol 16205, pp 57–68, Springer, Cham, 2026</li> </ol>
--

# IMI 短期共同研究:成果報告書

題目: 拡散 MRI の信号値空間における信号値モデルの部分多様体としての性質の検討

代表者: 増谷佳孝(東北大学)

プロジェクト参加者: 鍛冶静雄(九州大)・宇田智紀(富山大)

## 1. はじめに

本プロジェクトは、拡散 MRI の信号値モデルのパラメタが表す生体の微細構造や機能の推定の頑健化を目的とし、信号値空間においてモデルが形成する部分多様体の幾何的性質を明らかにすることを目的としている。今年度は、異なるバックグラウンドを持つメンバー間で問題に関する共通理解を深めることを主眼とし、リモートおよび対面でのディスカッションおよび公開セミナーを行なった。以下に問題設定および成果についてそれぞれ述べる。

## 2. 問題設定と成果の概要

拡散 MRI は、図1のように複数の撮像設定の拡散強調像(DWI)の信号値群に生体の特徴量をパラメタとするモデルをフィッティングし、診断や治療に有用な情報を得るのが目的である。

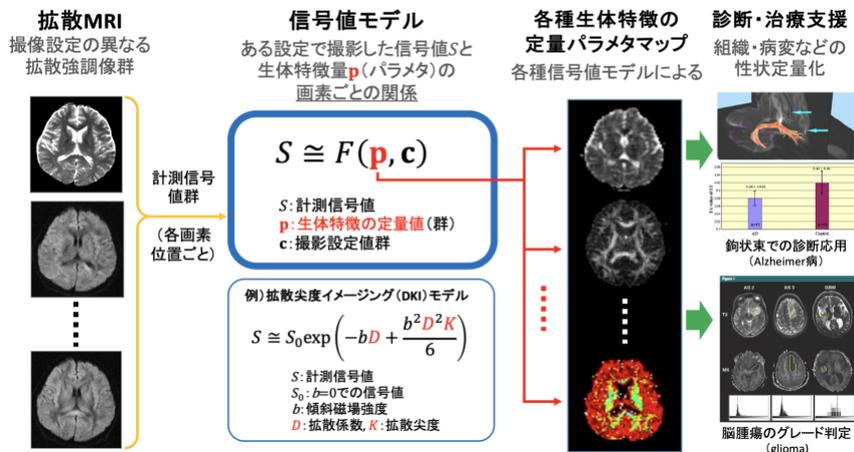


図1: 拡散MRIによる定量情報と診断・治療への応用

目的別に様々な信号値モデルが提案されており、純粋に物理的な拡散係数(異方性拡散のためのテンソル表現含む)に加え、特定の微細解剖構造のパラメタ(神経細胞軸索径など)、細胞内外の水交換などの生体機能情報を含むモデルなども存在する。これらのモデルは図1のDKIモデルの例のように数式表現され、モデルパラメタと撮像設定値により信号値が決定される。複数のパラメタに対し、複数の撮像設定値で複数の信号値を得てパラメタを得る過程となる。このモデルにおける入力(パラメタ)と出力(信号値)の関係を考えると図2のように複数の信号値が形成する空間において部分多様体を形成することがわかる。この部分多様体上のみで、パラメタと信号値が完全にモデルに従う。すなわち、計測時の雑音やモデル近似誤差により実際に得られた信号値群は部分多

様体上にない。それらの部分多様体外の点を部分多様体上の点(パラメタと対応)を関連づけるのがフィッティングすなわちパラメタ推定に相当する。

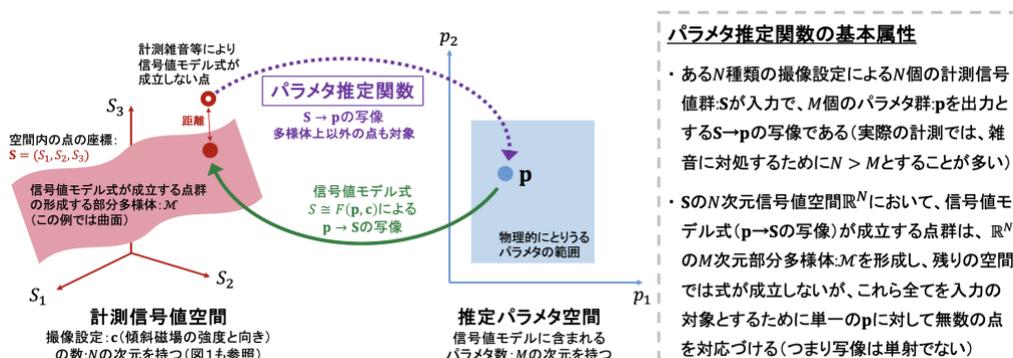


図2: 拡散 MRI 信号値モデルが計測信号値空間で形成する部分多様体の例  
(計測数: $N = 3$ , モデルパラメタ数: $M = 2$ の例)

パラメタ推定の難易度は、図3のように雑音の量や分布のみならず、部分多様体の局所の幾何的性質も関連していると推察される。本年度は、局所的な幾何を特徴づけるものとして、特定の単一パラメタに沿った弧長や曲率、2つのパラメタの一次元部分多様体の接ベクトルの角度などを調査し、国内外の学会で発表を行なっている(「5. 発表について」を参照)。

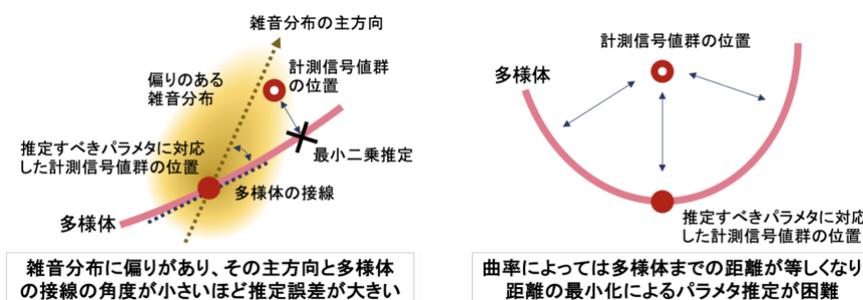


図3: パラメタ推定を困難にする2つの要因: 雑音分布と多様体の局所幾何形状

### 3. リモートおよび対面でのディスカッション

公開セミナーに先立ち、4/10 にリモート、8/5 にプロジェクトメンバー3人が九大にて対面でミーティングを行ない、公開セミナーの講師選定や問題設定に関して情報交換を行なった。

### 4. 公開セミナー

1/7 に行なったハイブリッド形式の公開セミナーでは、プロジェクトメンバーおよび外部講師による4つの発表を行った。概要を下記に示す。

[セミナー概要]

日時: 2026年1月7日(水)

場所: 九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 D棟 4階 IMI オーディトリウム + Zoom

プログラム:

- 9:40-10:50 拡散 MRI の信号値空間における部分多様体としての信号値モデルについて  
増谷 佳孝 (東北大:プロジェクト代表者)
- 11:00-12:00 楕円体による異方的パーシステントホモロジー  
宇田 智紀 (富山大:プロジェクト参加者)
- 13:20-14:50 曲線, 曲面, 多様体の曲率入門  
浜田 法行 (九州大:外部講師)
- 15:00-16:00 医用画像処理における医学と数学の協働  
鍛冶 静雄 (九州大:プロジェクト参加者)
- 16:00-17:00 フリーディスカッション

公開動画 URL: <https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-18739/>

国内大学の医用画像研究者を中心に海外の研究者(日本滞在中)や民間企業などからの参加者(メンバーを除いて20名以上)でディスカッションを行い、広く問題を共有することができた。参加者の所属内訳は、国内大学:18(うち九大6)、海外大学:1(ただし日本滞在中)、民間企業:3、その他団体(学会等):2であった。

## 5. 発表について

代表者の増谷が国内外の学会にて発表を行なった。国際学会の発表の成果は Book Chapter としても出版されている。以下に発表リストを示す。

[発表リスト]

- 1) 増谷 佳孝, 一関 雄輝, 信号値空間における部分多様体による拡散 MRI モデルの局所性状の定量化, 第 53 回 日本磁気共鳴医学会大会, 姫路, 2025 年 8 月
- 2) Masutani Y, Konya K, and Ichinoseki Y, Quantifying Parameter Estimation Difficulty of dMRI Models by Submanifold Geometry in Signal Space, Computational Diffusion MRI (CDMRI) 2025, Lecture Notes in Computer Science, vol 16205, pp 57-68, Springer, Cham, 2026

なお、これらの学会への発表申込はプロジェクト発足間もない4~6月であり、その時点では問題解決に繋がる重要なアイデア提供やデータ処理作業などの直接的寄与はないとして、他のプロジェクトメンバーは共著者となるのを辞退されたため、共著者に含まれていない。

## 6. おわりに

次年度もプロジェクトを継続することが決定しており、今年度の成果に基づき、問題解決に繋がる直接的な共同研究に発展させる予定である。



開催日:2026/01/07~2026/01/07

## 拡散MRIの信号値空間における信号値モデルの部分多様体としての性質の検討 | 2025a015

カテゴリ: イベント

タグ: [一般研究](#) [短期共同研究](#)

### 開催概要

- 開催方法:九州大学 伊都キャンパスとZoomミーティングによるハイブリッド開催
- 開催場所:九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 D棟 4階 IMIオーディトリウム (W1-D-413)
- 主要言語:日本語
- 主催:九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
- 種別・種目:一般研究-短期共同研究
- 研究計画題目:拡散MRIの信号値空間における信号値モデルの部分多様体としての性質の検討
- 研究代表者:増谷 佳孝(東北大学・医学系研究科・教授)
- 研究実施期間:2026年1月7日
- 公開期間:2026年1月7日
- 研究計画詳細:[https://joint2.imi.kyushu-u.ac.jp/research\\_chooses/view/2025a015](https://joint2.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2025a015)

### プログラム(敬称略)

2026年1月7日(水) 9:40~17:00

9:40-10:50

増谷 佳孝(東北大)

拡散MRIの信号値空間における部分多様体としての信号値モデルについて

11:00-12:00

宇田 智紀(富山大)

楕円体による異方的パーシステントホモロジー

(昼食休憩)

13:20-14:50

浜田 法行(九州大)

曲線, 曲面, 多様体の曲率入門

15:00-16:00

鍛冶 静雄(九州大)

医用画像処理における医学と数学の協働

16:00-17:00

フリーディスカッション

## 申込方法

事前申込制(組織委員, 講演者のかたも登録が必要です)

参加無料

定員になり次第, 参加登録を締め切らせていただく場合がございます。

＼下記URLより参加登録をお願いいたします／

[参加登録フォーム](#)

## Zoom(オンライン)からご参加の方

### Zoomを使ったオンライン開催, ハイブリッド開催の場合

参加登録後に件名[九大IMIより] Zoom用URLのお知らせというメールがimikyoten@gmail.comから自動配信されます。

届いていない方は, お手数をおかけしますがもう一度登録いただくか下記にメールにてご連絡をお願い申し上げます。

(迷惑メールフォルダもご確認をお願いいたします)

<九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用・共同研究拠点事務局>

imikyoten(at)jimu.kyushu-u.ac.jp

(at)を@に変更してください

### Zoomについて

開催日までにZoomアプリをインストールしてください。

Zoomアプリは無料版で問題なくご視聴いただけます。

ミーティング用Zoomクライアントのダウンロードは下記からお願いします。

すでにインストールされている方は最新版にアップデートをお願いいたします。

[https://zoom.us/download#client\\_4meeting](https://zoom.us/download#client_4meeting)

パソコンやスマホへのインストール方法は下記をご参照ください。

<https://zoom.nissho-ele.co.jp/blog/manual/zoom-install.html>

概要	運営	2026年度公募	アクセス・お問合せ
<a href="#">概要</a>	<a href="#">運営委員会</a>	<a href="#">採択研究・報告書一覧</a>	<a href="#">学内専用(トップページ)</a>
<a href="#">活動報告</a>	<a href="#">共同利用・共同研究委員会</a>	<a href="#">イベント情報</a>	<a href="#">委員専用</a>
	<a href="#">国際プロジェクト委員会</a>	<a href="#">会場設備</a>	<a href="#">研究代表者専用</a>
		<a href="#">Q&amp;A</a>	<a href="#">メールマガジン</a>