



【複雑流動】

複雑な流動・輸送現象の 解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

後藤晋（大阪大学 基礎工学研究科）

目次

2/23

- 戦略目標
- 領域の概要
- 募集・選考の方針
- 領域運営の方針
- まとめ



後藤 晋

大阪大学 大学院 基礎工学研究科
博士（理学）
専門：流体理工学

1

戰略目標



戦略目標

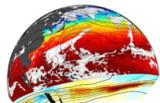
本領域は、令和3年度 戦略目標 ↓ に基づく

複雑な輸送・移動現象の統合的理解と予測・制御の高度化

環境中や生体内の様々な物質・熱・運動量は複雑に対流・拡散。
輸送・移動現象を高度に予測・制御できるツールの開発が様々な社会課題解決の鍵。

なぜ今、複雑系輸送・移動現象なのか

- 計測機器の性能と数値流体力学の精度が向上。複雑な流れ現象解明に取り組める環境が整った。
- 機械学習を用いたアプローチが発展。融合モデルの構築が期待。
- 地球温暖化により、自然災害が年々深刻化。2050年脱炭素社会の実現の目標を達成するため、我が国でも今すぐ対策に取り組む必要。



全球気候モデルの構築・活用



自動車周りの空力解析



機械学習による現象の解明と物理的・数学的な考え方を融合し現象の理解と予測・制御を高度化

具体的な研究例

- 現象の原理解明とその手法開発**
機械学習×シミュレーション技術による高精度化
数理学との融合による原理の解明
- モデル・予測の高度化**
各現象の予測を高度化するための技術開発
各現象の共通性を基にしたモデルの構築
- 制御方法の創出**
現象の原理解明・計測に基づく制御方法の創出

【研究の対象】

複雑な輸送・移動現象
||
さまざまな「流れの現象」

予測・制御

脱炭素社会への貢献

低次元モデルを活用したデータ同化や時空間解像度の向上による熱・物質輸送制御の創出

- 燃料の混合促進による高効率でクリーンな燃焼
- 気象予測の高度化による風力発電の効率向上
- 自動車・高速列車・航空機の抵抗低減
- 長隊列トラックの自動運転の燃費向上

気候変動などの環境問題の解決

AIを活用した気候モデル改良

- 高精度な台風、ゲリラ豪雨の予測及び洪水の発生予測により、災害の被害を大幅に低減。
- 気象に対する積極的な制御を実現し、災害そのものを予防。

複合的な課題の解決に資する基盤的価値の提供

異分野間の共通性を活用した予測・制御の確立

- 生体内の高精度な血流計測・予測の手法の確立により、動物実験や臨床研究が加速。
血流と疾患との関連の解明にも貢献。
- 関連研究領域で得られた情報・統計数理科学の知見も活用し、シミュレーション技術の高精度化と開発を加速。

2050年カーボンニュートラルの実現に資する基盤技術の強化、気候予測精度向上による防災・減災への貢献 等

戦略目標

本領域は、令和3年度 戦略目標 ↓ に基づく

複雑な輸送・移動現象の統合的理解と予測・制御の高度化

環境中や生体内の様々な物質・熱・運動量は複雑に対流・拡散。
輸送・移動現象を高度に予測・制御できるツールの開発が様々な社会課題解決の鍵。

なぜ今、複雑系輸送・移動現象なのか

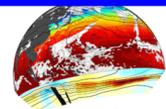
- 計測機器の性能と数値流体力学の精度が向上。複雑な流れ現象解明に取り組める環境が整った。
- 機械学習を用いたアプローチが発展。融合モデルの構築が期待。
- 地球温暖化により、自然災害が年々深刻化。2050年脱炭素社会の実現の目標を達成するため、我が国でも今すぐ対策に取り組む必要。



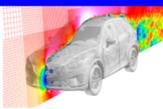
機械学習による現象の解明と物理的・数学的な考え方を融合し現象の理解と予測・制御を高度化

具体的な研究例

- 現象の原理解明とその手法開発**
機械学習×シミュレーション技術による高精度化
数理論理学との融合による原理の解明
- モデル・予測の高度化**
各現象の予測を高度化するための技術開発
各現象の共通性を基にしたモデルの構築
- 制御方法の創出**
現象の原理解明・計測に基づく制御方法の創出



全球気候モデルの構築・活用



自動車周りの空力解析

脱炭素社会への貢献

- 低次元モデルを活用したデータ同化や時空間解像度の向上による熱・物質輸送制御の創出**
- 燃料の混合促進による高効率でクリーンな燃焼
 - 気象予測の高度化による風力発電の効率向上
 - 自動車・高速列車・航空機の抵抗低減
 - 長隊列トラックの自動運転の燃費向上

気候変動などの環境問題の解決

- AIを活用した気候モデル改良**
- 高精度な台風、ゲリラ豪雨の予測及び洪水の発生予測により、災害の被害を大幅に低減。
 - 気象に対する積極的な制御を実現し、災害そのものを予防。

複合的な課題の解決に資する基盤的価値の提供

- 異分野間の共通性を活用した予測・制御の確立**
- 生体内の高精度な血流計測・予測の手法の確立により、動物実験や臨床研究が加速。
 - 血流と疾患との関連の解明にも貢献。
 - 関連研究領域で得られた情報・統計数理科学の知見も活用し、シミュレーション技術の高精度化と開発を加速。

2050年カーボンニュートラルの実現に資する基盤技術の強化、気候予測精度向上による防災・減災への貢献 等

【なぜ今？】

数値シミュレーション
実験計測の高度化
巨大データを扱う手法の成熟

など

戦略目標

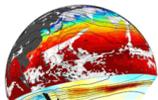
本領域は、令和3年度 戦略目標 ↓ に基づく

複雑な輸送・移動現象の統合的理解と予測・制御の高度化

環境中や生体内の様々な物質・熱・運動量は複雑に対流・拡散。
輸送・移動現象を高度に予測・制御できるツールの開発が様々な社会課題解決の鍵。

なぜ今、複雑系輸送・移動現象なのか

- 計測機器の性能と数値流体力学の精度が向上。複雑な流れ現象解明に取り組める環境が整った。
- 機械学習を用いたアプローチが発展。融合モデルの構築が期待。
- 地球温暖化により、自然災害が年々深刻化。2050年脱炭素社会の実現の目標を達成するため、我が国でも今すぐ対策に取り組む必要。



全球気候モデルの構築・活用



自動車周りの空力解析



機械学習による現象の解明と物理的・数学的な考え方を融合し現象の理解と予測・制御を高度化

具体的な研究例

- 現象の原理解明とその手法開発**
機械学習×シミュレーション技術による高精度化
数理学との融合による原理の解明
- モデル・予測の高度化**
各現象の予測を高度化するための技術開発
各現象の共通性を基にしたモデルの構築
- 制御方法の創出**
現象の原理解明・計測に基づく制御方法の創出

脱炭素社会への貢献

低次元モデルを活用したデータ同化や時空間解像度の向上による熱・物質輸送制御の創出

- 燃料の混合促進による高効率でクリーンな燃焼
- 気象予測の高度化による風力発電の効率向上
- 自動車・高圧列車・航空機の低燃費化
- 長隊列トラックの自動運転の燃費向上

気候変動などの環境問題の解決

AIを活用した気候モデル改良

- 高精度な台風、ゲリラ豪雨の予測及び洪水の発生予測により、災害の被害を大幅に低減。
- 気象に対する積極的な制御を実現し、災害そのものを予防。

複合的な課題の解決に資する基盤的価値の提供

異分野間の共通性を活用した予測・制御の確立

- 生体内の高精度な血流計測・予測の手法の確立により、動物実験や臨床研究が加速。
- 血流と疾患との関連の解明にも貢献。
- 関連研究領域で得られた情報・統計数理学の知見も活用し、シミュレーション技術の高精度化と開発を加速。

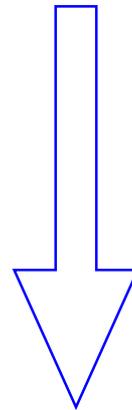
2050年カーボンニュートラルの実現に資する基盤技術の強化、気候予測精度向上による防災・減災への貢献 等

【さががけの目標】
流体科学の基盤づくり

戦略目標 → さがけ領域

7/23

複雑な輸送・移動現象の統合的理解と予測・制御の高度化



複雑な流動・輸送現象の
解明・予測・制御に向けた
新しい流体科学

2

領域の概要



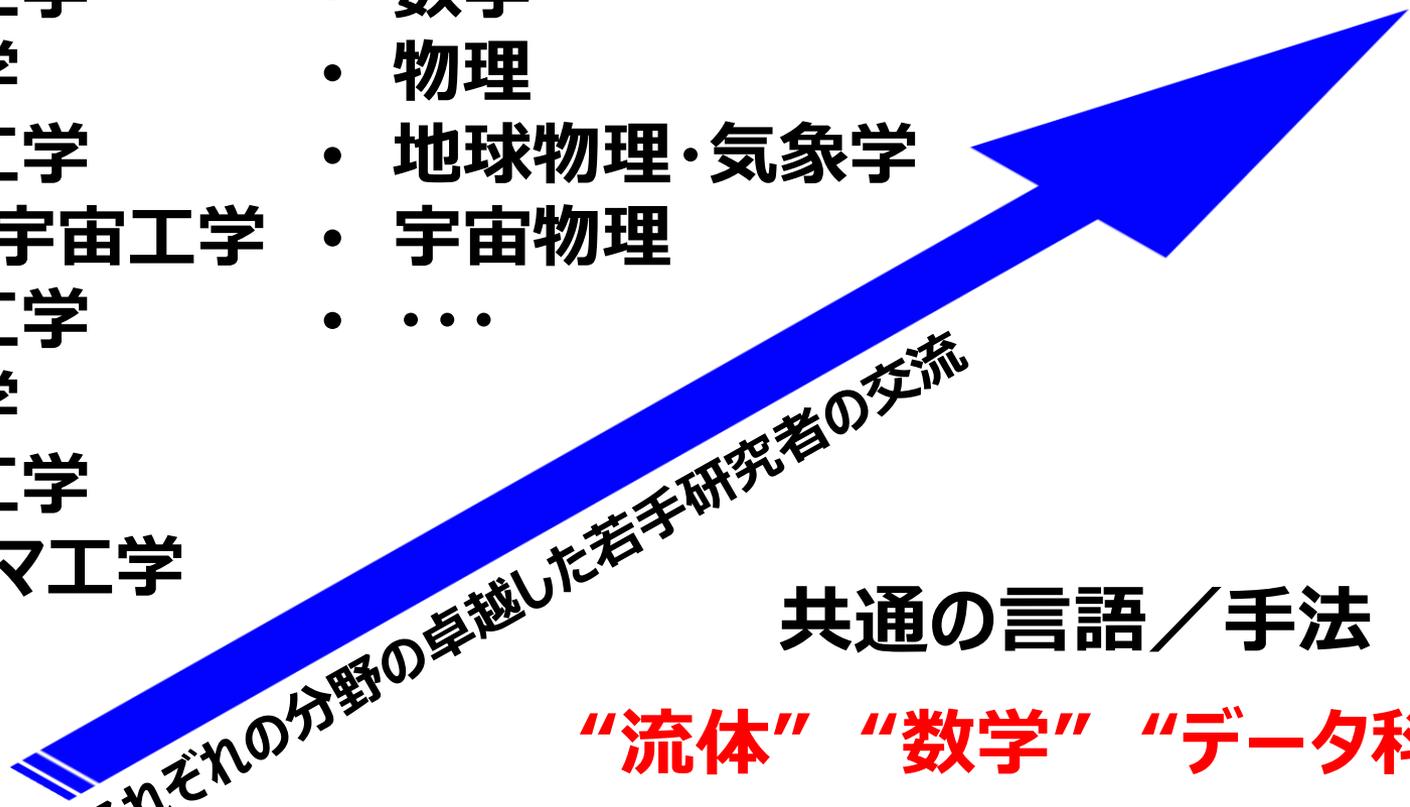
複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた **新しい流体科学**

9/23

流体力学

それぞれの分野で着実な発展

- 機械工学
 - 熱工学
 - 燃烧工学
 - 航空・宇宙工学
 - 化学工学
 - 医工学
 - 生体工学
 - プラズマ工学
 - ...
- 数学
 - 物理
 - 地球物理・気象学
 - 宇宙物理
 - ...

新しい流体科学へ


それぞれの分野の卓越した若手研究者の交流

共通の言語／手法**“流体” “数学” “データ科学”**

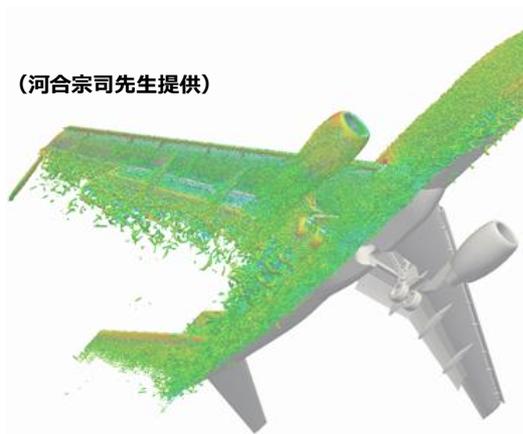
研究対象

流動状態が複雑
流体自身が複雑

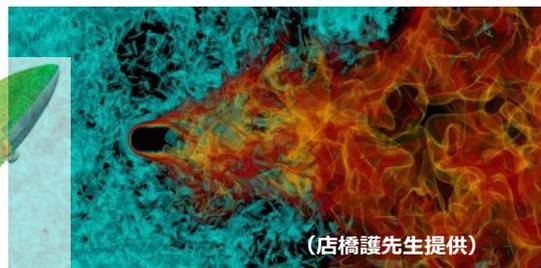
身のまわりは『複雑な流れ現象』にあふれている

流れるもの全てが、本領域の研究対象

(河合宗司先生提供)

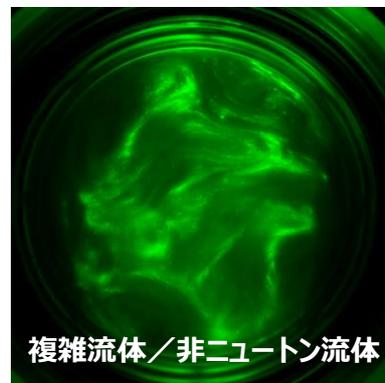


いわゆる「流体」はもちろん

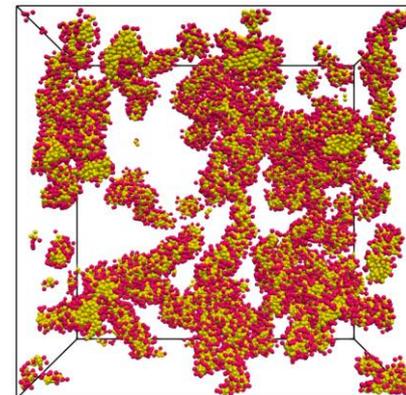


(店橋護先生提供)

↑ 燃焼 (化学反応) を伴う流れ

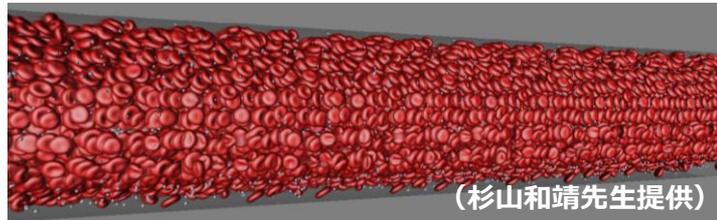


複雑流体 / 非ニュートン流体

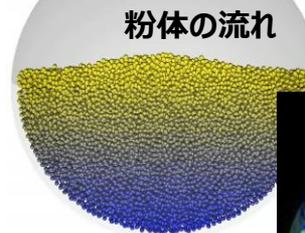


↑ 分子の「流れ」

混相流 / 生体内流れ

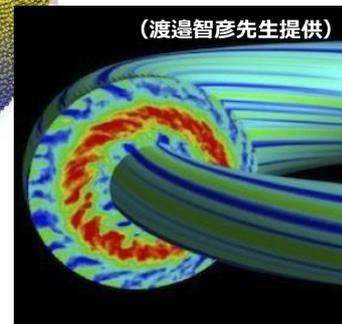


(杉山和靖先生提供)



粉体の流れ

↓ プラズマの流れ



(渡邊智彦先生提供)

種々の流れ / それによる (運動量・物質・熱などの) 輸送現象

研究対象 (例 1) 乱流

乱流には小スケールの普遍性がある

種々の乱流のエネルギースペクトル →

この普遍性に着目してモデルを作ろう

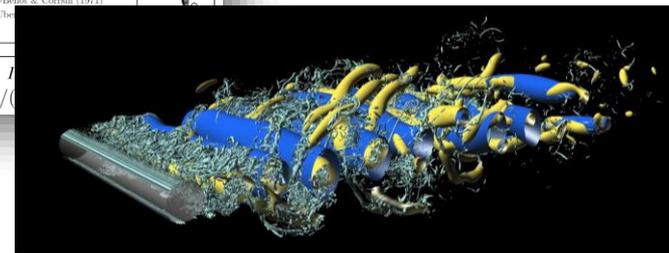
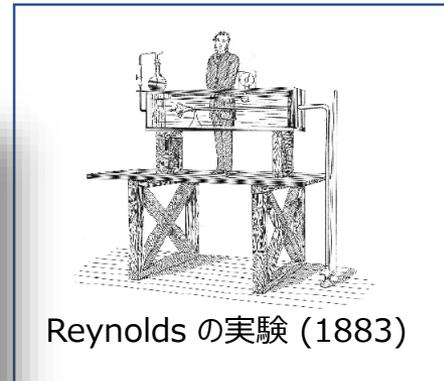
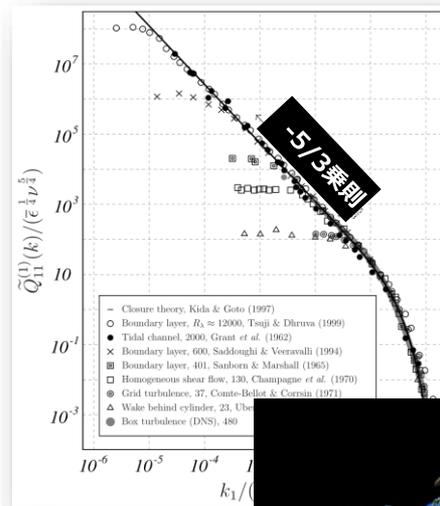
非線形性が演繹的手法の成功を拒んできた

一方、京／富岳に代表されるスパコンにより、十分に発達した乱流の**大規模数値シミュレーション**が可能となった

→ 巨大データは手に入る時代

今、取り組むべき課題

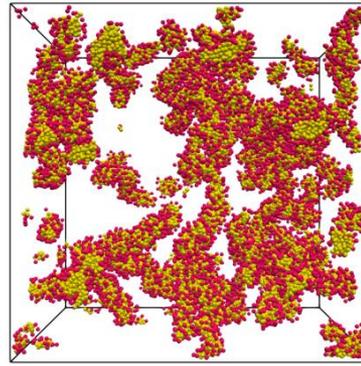
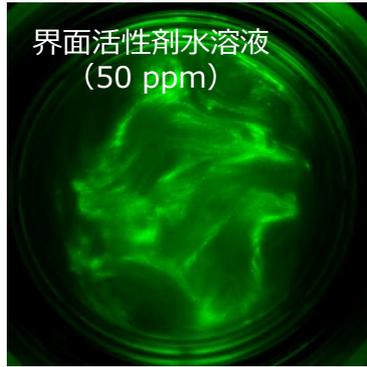
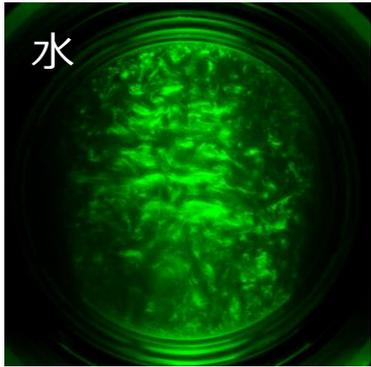
→ **数学／データ科学の新しい手法**を使って、新しいモデルはできないか？



研究対象 (例2) 複雑流体

12/23

微量の高分子や界面活性剤の添加で流動状態の劇的な変化



出典：Wikipedia

そのメカニズムは未解明



マクロ描像に立って解明できないか？



非線形性（複雑性）が演繹的手法
の成功を拒んできた

一方、数値シミュレーションにより、マイクロシミュレーションが可能となった

→ 巨大データが手に入る時代

→ **数学／データ科学の新しい手法**を使って、
新しいモデル（構成則）はできないか？

今、取り組むべき課題

研究対象 (例1) 乱流

11/23

乱流には小スケールの普遍性がある

種々の乱流のエネルギースペクトル →

この普遍性に着目してモデルを作ろう

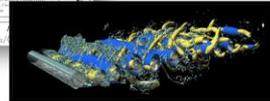
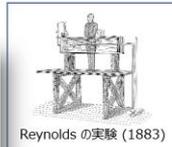
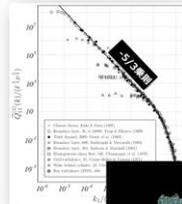
非線形性が演繹的手法の成功を拒んできた

一方、京/富岳に代表されるスパコンにより、十分に発達した乱流の大規模数値シミュレーションが可能となった

→ 巨大データは手に入る時代

→ 数学/データ科学の新しい手法を使って、新しいモデルはできないか？

今、取り組むべき課題

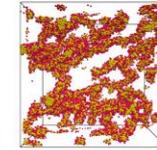
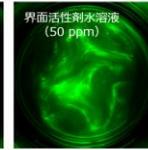
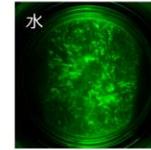


科学技術振興機構

研究対象 (例2) 複雑流体

12/23

微量の高分子や界面活性剤の添加で流動状態の劇的な変化



出典: Wikipedia

そのメカニズムは未解明

マクロ描像に立って解明できないか？

非線形性 (複雑性) が演繹的手法の成功を拒んできた

一方、数値シミュレーションにより、マイクロシミュレーションが可能となった

→ 巨大データが手に入る時代

→ 数学/データ科学の新しい手法を使って、新しいモデル (構成則) はできないか？

今、取り組むべき課題

科学技術振興機構

※ 上の2つはあくまでも例です

卓越した「流体研究」に**分野横断型の新しい視点** (新しい手法: 例えば、機械学習は分かりやすいがそれだけではない) **を持ち込む研究が対象です。**

「流体研究」のための新奇の視点/手法 (数学/データ・情報科学) の提案も。

3

募集・選考の方針



募集・選考の方針

- ① 各分野で卓越した研究であって、かつ、他の流体科学の分野への波及が期待できる提案
- ② 流体力学の各分野を結び付ける新しい手法の提案

領域の目標→

さきがけ 複雑流動

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた **新しい流体科学** 9/23

流体力学 それぞれの分野で着実な発展

- ・ 機械工学
- ・ 熱工学
- ・ 燃焼工学
- ・ 航空・宇宙工学
- ・ 化学工学
- ・ 医工学
- ・ 生体工学
- ・ プラズマ工学
- ・ ...
- ・ 数学
- ・ 物理
- ・ 地球物理・気象学
- ・ 宇宙物理
- ・ ...

新しい流体科学へ

それぞれの分野の卓越した若手研究者の交流

共通の言語／手法

“流体” “数学” “データ科学”

国立研究開発法人 科学技術振興機構

募集・選考の方針（対象）

16/23

複雑な流動・輸送現象であれば、あらゆる「ながれの現象」を**研究対象**とします。

（例）

- 乱流および乱流輸送現象
 - 複雑流体（混相流／非ニュートン流体）の流動現象
 - 様々な系における物質や熱の輸送現象
 - 環境流体（地球流体／気象）の諸現象
 - 生体内の流れ、生物流体の諸現象
 - 電磁流体（プラズマ）中の輸送現象
 - 移動現象／分子の流れ
- など、……

新しい流体科学の創成につながる課題

募集・選考の方針（手法）

17/23

研究手法は

- 実験・計測
 - 数値シミュレーション
 - 数学
 - 解析理論
 - データ科学
- など、問いません。

【研究期間】

2022年度から2025年度（3年半）以内

【研究費】

1課題あたり4,000万円（直接経費）を上限



◆ 他分野との融合を目指すことを積極的に評価

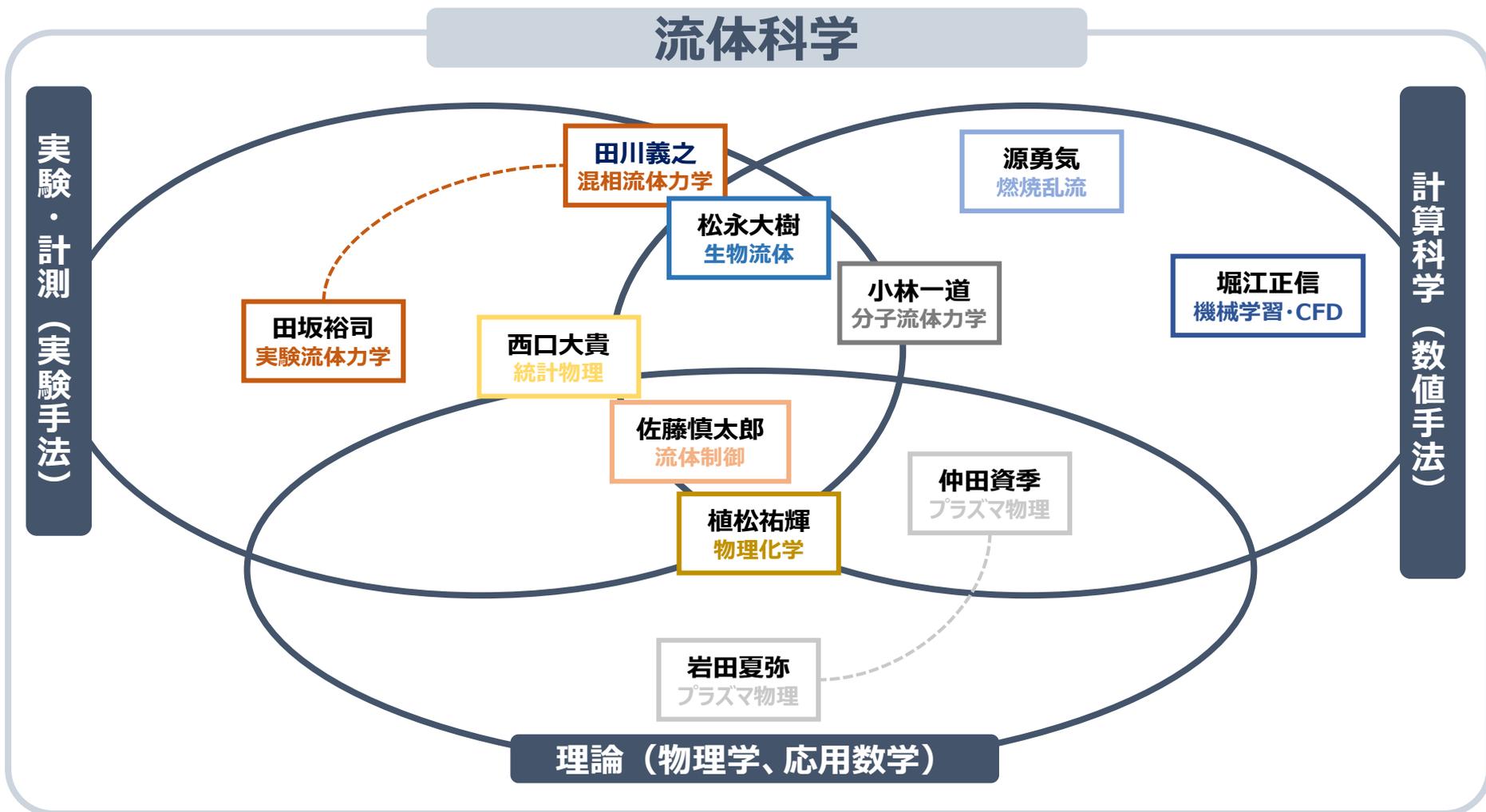
◆ どのように他分野と融合を行っていくのか、そのビジョンを記載

※さきがけの研究期間内、もしくは終了後に、どのように他分野と融合を行っていくのか？

※さきがけ研究は個人で行うが、提案する構想を1人ですべてカバーする必要はない

※共同研究について現時点では実施している必要はなく、具体的に研究者が確定されているかも問わず

【参考】2021年度採択課題のポートフォリオ



※ 極めて多様な分野から採択できた。全体を括るのは「流体科学」だが、手法として「データ科学」を自身の研究に取り入れたいと思っている研究者は多い。

4

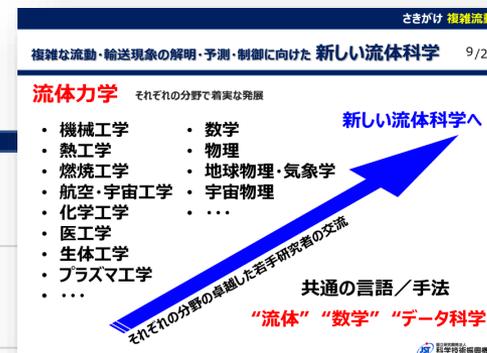
領域運営の方針



領域アドバイザー

幅広い分野の応募課題を審査／広い視点で領域運営

- 河合 宗司 東北大学 大学院工学研究科 教授
- 河原 吉伸 九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授
- 坂上 貴之 京都大学 大学院理学研究科 教授
- 只熊 憲治 トヨタ自動車株式会社 先進プロジェクト推進部 主査
- 店橋 護 東京工業大学 工学院 教授
- 長田 孝二 名古屋大学 大学院工学研究科 教授
- 服部 裕司 東北大学 流体科学研究所 教授
- 深淵 康二 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科 教授
- 松林 伸幸 大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
- 渡邊 智彦 名古屋大学 大学院理学研究科 教授



化学工学 航空
 プラズマ 機械
 宇宙物理 燃焼
 熱工学
 流体物理
 流体数理
 データ科学

領域運営の方針

さきがけ 複雑流動

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた **新しい流体科学** 9/23

流体力学 それぞれの分野で着実な発展

- 機械工学
- 熱工学
- 燃焼工学
- 航空・宇宙工学
- 化学工学
- 医工学
- 生体工学
- プラズマ工学
- ...

- 数学
- 物理
- 地球物理・気象学
- 宇宙物理
- ...

新しい流体科学へ

それぞれの分野の卓越した若手研究者の交流

共通の言語／手法
“流体” “数学” “データ科学”

JST 国立研究開発法人 科学技術振興機構

- ◆ 独自に世界最先端の研究を進めることに加え、本さきがけ領域内外において**共同研究の可能性を常に意識**し、これまで解決が困難とされてきた諸問題に対して、若い力が様々な視点を獲得することを期待
- ◆ 参加する研究者が、**各専門分野の殻に閉じこもらず、流体科学の新しい視点を共有**することを推奨
- ◆ 個々の研究を真の意味で結びつけ、**新しい流体科学の構築のための基盤**を作る

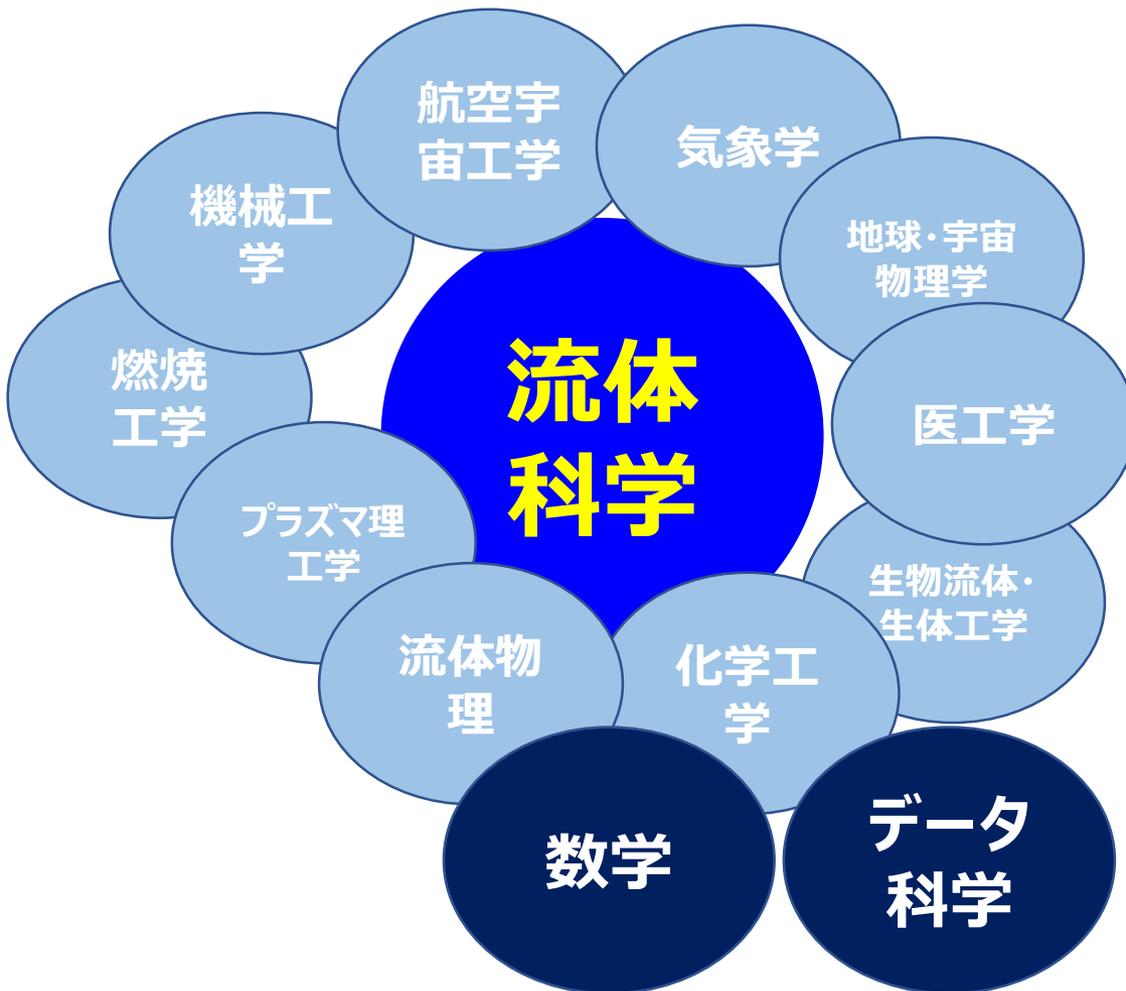
5

まとめ



複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた **新しい流体科学** 23/23

幅広い分野における流動・輸送現象



各専門分野で卓越した研究

+

広い視野を獲得

↓

新しい流体科学の創成

↓

複雑流動・輸送現象
解明・予測・制御の基盤

【総括からのメッセージ】

「流体」をキーワードとして、広い分野から優れた若手研究者の応募を期待します。是非、皆さんの手で未来の「流体科学」を作りましょう。