

学術変革領域研究(A)

**社会変革の源泉となる
革新的アルゴリズム基盤の創出と体系化**

スタートアップ交流会

2021年1月7日

領域代表者 湊 真一
(京都大学 情報学研究科 教授)

本日のプログラム

- 13:00~14:45 プレミーティング
- 15:00~15:05 開会の挨拶・事務連絡 (湊)
- 15:05~15:40 研究領域全体の概要紹介および質疑応答 (湊)
- 15:40~15:55 A01班 研究計画紹介 (宇野)
- 15:55~16:10 A02班 研究計画紹介 (安田)
- (休憩)
- 16:20~16:35 B01班 研究計画紹介 (堀山)
- 16:35~16:50 B02班 研究計画紹介 (河原林)
- 16:50~17:05 B03班 研究計画紹介 (山下)
- 17:05~17:20 B04班 研究計画紹介 (牧野)
- 17:20~17:30 公募研究の募集案内・その他補足説明 (湊)
- 17:30~17:55 パネルディスカッション風の自由討論
- 17:55~18:00 閉会の挨拶 (湊)
- 18:30~20:30頃 夕食談話会 (途中出入り自由)

- **学術変革領域(A)が採択されました。アルゴリズム関連研究分野の発展、特に若手中堅研究者の成長を支援していきたいと思えます。**
- 喜びもつかの間、足掛け5年間の研究プロジェクトの立ち上げ作業を進めて行かなくてははいけません。冷静に考えると結構たいへんです。
- 研究者の皆さん方が、プロジェクトの形式的な活動に振り回されて、研究のための時間が損なわれないようにできるだけ留意したいと思えます。
 - 研究者それぞれが得意とする研究分野や、やりたいと思う研究テーマで貢献してもらおう
 - 実質的な研究につながるような活動に注力してもらおう
 - 自由闊達にやっていただいて、出てきた新しい成果の芽を逃さず捉え、機動的に研究資源を投入していく

採択までの道のり

- 2019.03 日本学術会議マスタープラン2020に「革新的アルゴリズム・最適化基盤」を提案（→2020年夏にヒアリング対象計画に選定）
（河原林先生、徳山先生、今井浩先生、渡辺治先生、湊、他）
- 2019.06 徳山先生代表（湊分担）でCREST応募（→不採択）
- 2019.10 新学術→学術変革領域の制度変更案が公表。応募検討開始
（情報系が理工系から独立し大項目JKの審査区分に）
- 2020.12 計画班の組織構成準備（45歳年齢制限、(A)(B)重複制限等を考慮）
- 2020.01 公募開始 領域計画書の作成 研究分担者の依頼
- 2020.03.16 領域計画書の提出（この頃からコロナの影響が拡大）
- 2020.07.01 **1次選考結果の通知** 各計画班の研究計画調書の作成開始
- 2020.07.17 各計画班の研究計画調書の提出
- 2020.08.31 オンライン面接日程の通知 プレゼン資料の作成開始
- 2020.10.01 面接プレゼン資料の提出
- 2020.10.02 **（学変(B) 伊藤健洋先生 採択内定）**
- 2020.10.12 オンライン面接（宇野先生と河原林先生に陪席を依頼）
- 2020.11.19 **採択内定通知**（応募35件→採択3件 競争率11.7倍）

本研究領域の社会的背景

集積回路（計算機）、高速光通信、大容量記憶技術の急激な進歩

人類がこれまでに経験したことのない

10万～100万倍の圧倒的な価格性能比の向上

例えば近年のディープラーニングやAIのブームも、基本アルゴリズムは1990年代にすでに確立していた。

→ 昔は**1万時間**かけないと学習できなかった処理が、今では**1時間**で十分に学習できるようになった。



今後10～20年は、計算性能の圧倒的向上の恩恵を受けた
アルゴリズム技術が社会変革を牽引する。

- 世を支配する巨人企業「**GAFA**」もアルゴリズム技術が競争力の源泉
- さらに、**量子や光**のような近未来の革新的計算デバイスを想定して、その恩恵を活かすための理論研究も必須
- アルゴリズム技術は全ての情報学分野に貢献するだけでなく、**あらゆる実験科学・社会科学にも直接間接に貢献する。**



国際的な研究動向から見た我が国の現状と課題

AI応用分野は物量に勝る米国・中国に圧倒されつつある

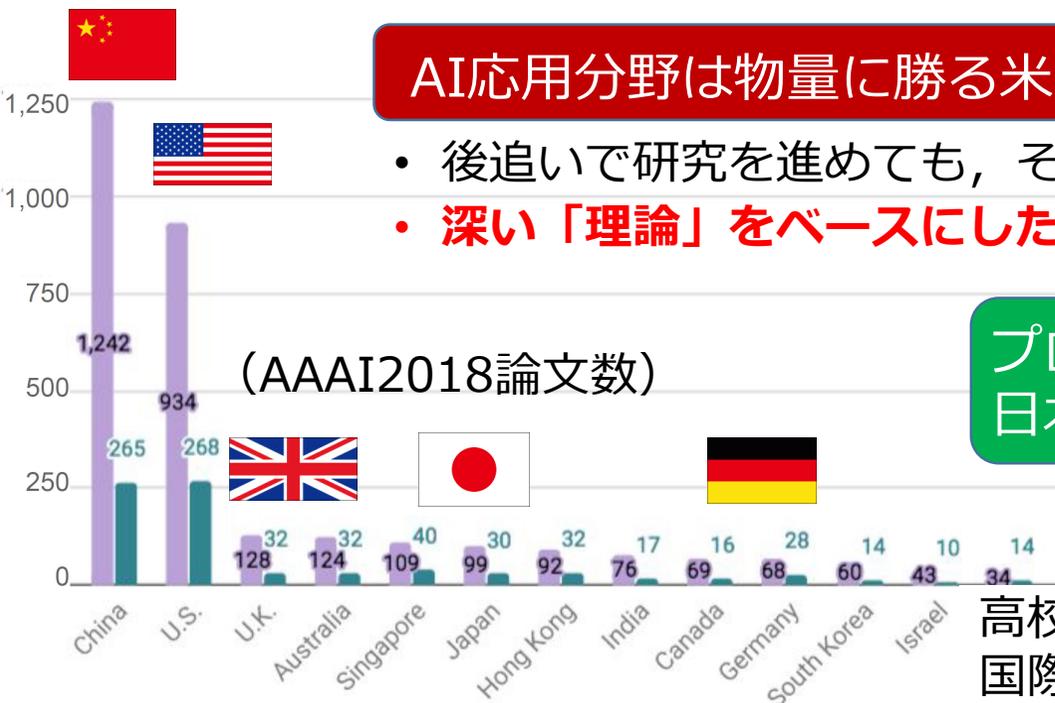
- 後追いで研究を進めても、それを追い越すのは容易ではない
- **深い「理論」をベースにした競争力の源泉が必要**

プログラミングやアルゴリズムの分野では、日本は今でも世界と対等に戦っている。

ICPC 2019 世界大会 :

1位:モスクワ大 2位:MIT 3位:東大

高校・大学での数学・情報オリンピックや国際競技プログラミングではトップレベルを維持



アルゴリズム研究における2つの課題

1. 「短距離走」的な練習問題で鍛えられた高校・大学学部レベルの優秀人材を、**深い「理論」を身につけた「長距離選手」に強化育成すること**
→ 2010年代から取り組まれ、徐々に成果が出始めている
2. **理論研究者と応用研究者をつないで、真に社会変革の源泉となるような革新的な研究成果を導くこと**
→ **育ちつつある優秀な理論研究者の力を、論文業績だけに留まらず、社会変革を起こす競争力の源泉としていくことが今後特に重要**

変革すべき課題：理論と応用の有機的接続

計算機の黎明期には理論と応用が一体だったが、
今では学問としての距離が離れてしまっている。

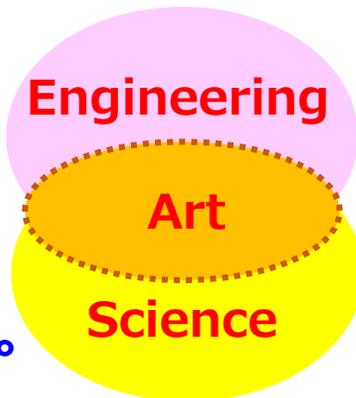
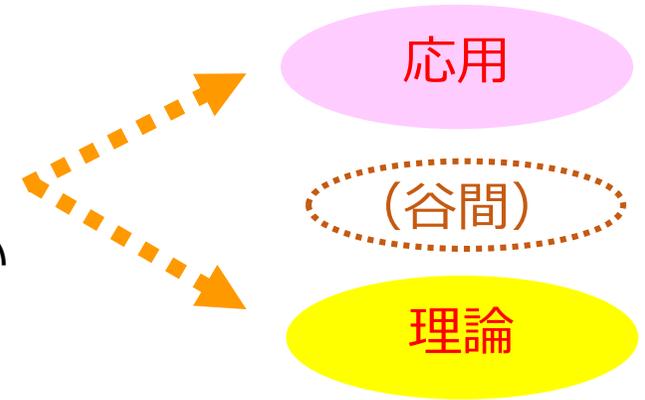
- 理論と応用でそれぞれ別の研究者コミュニティに分かれ、その谷間では論文業績が出にくいいため、研究者が育ちにくい
- 理論研究者と応用研究者との意思疎通がなかなか難しい

縦割りの応用分野ごとに
情報学との融合研究プロジェクトを実施する傾向

- 「生命科学と情報」「材料科学と情報」「防災と情報」「農学と情報」「金融と情報」 etc.
→ **数少ない情報系研究者を奪い合う構図**となり、勢力の分散が危惧
(特に深い理論のわかる研究者が不足)

理論と応用をつなぐ「**Art層**」を学問として体系化し、
研究者が集まる場（コミュニティ）を維持・強化すべき

→ **それこそが変革すべき課題「革新的アルゴリズム基盤」である。**

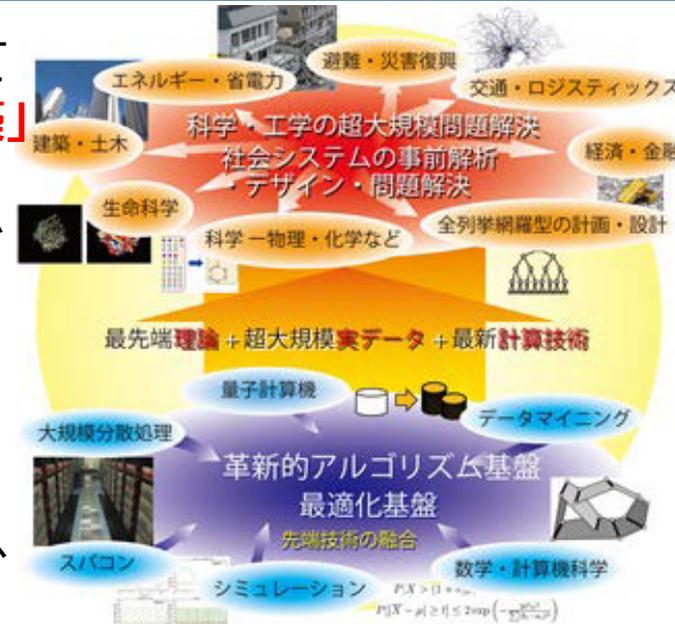


しかしただ集まればよいというわけではない。

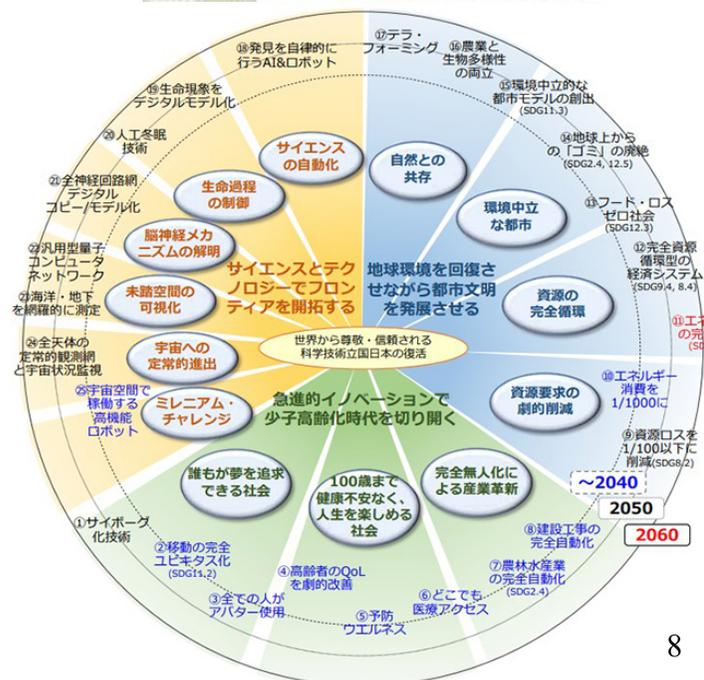
- 理論と応用の研究者が理解し合える「**プラットフォーム**」を作りそこに集まることが重要。
- 例えば、線形計画法(LP, ILP)、行列計算パッケージ、広い意味ではマイクロプロセッサも、深層学習モデルも、イジングモデルも、プラットフォームの成功事例と言える。

国レベルの大型研究計画との関係

- 日本学術会議「**第4期マスタープラン2020**」において「**革新的アルゴリズムと最適化の基盤と社会実装体制の構築**」が大型研究計画として正式登録され公表されている
 - 情報学の重点計画は「次期SINET」のみで、それに次ぐ**上位5件の「ヒアリング対象」計画に選定されている。**
 - マスタープランは将来の指針として重要研究を選定したもので、研究経費が措置されている訳ではない。
- 本研究領域は上記マスタープラン計画の**基礎・基盤の部分をボトムアップにカバーするもので、**国レベルの研究戦略に沿ったものである。



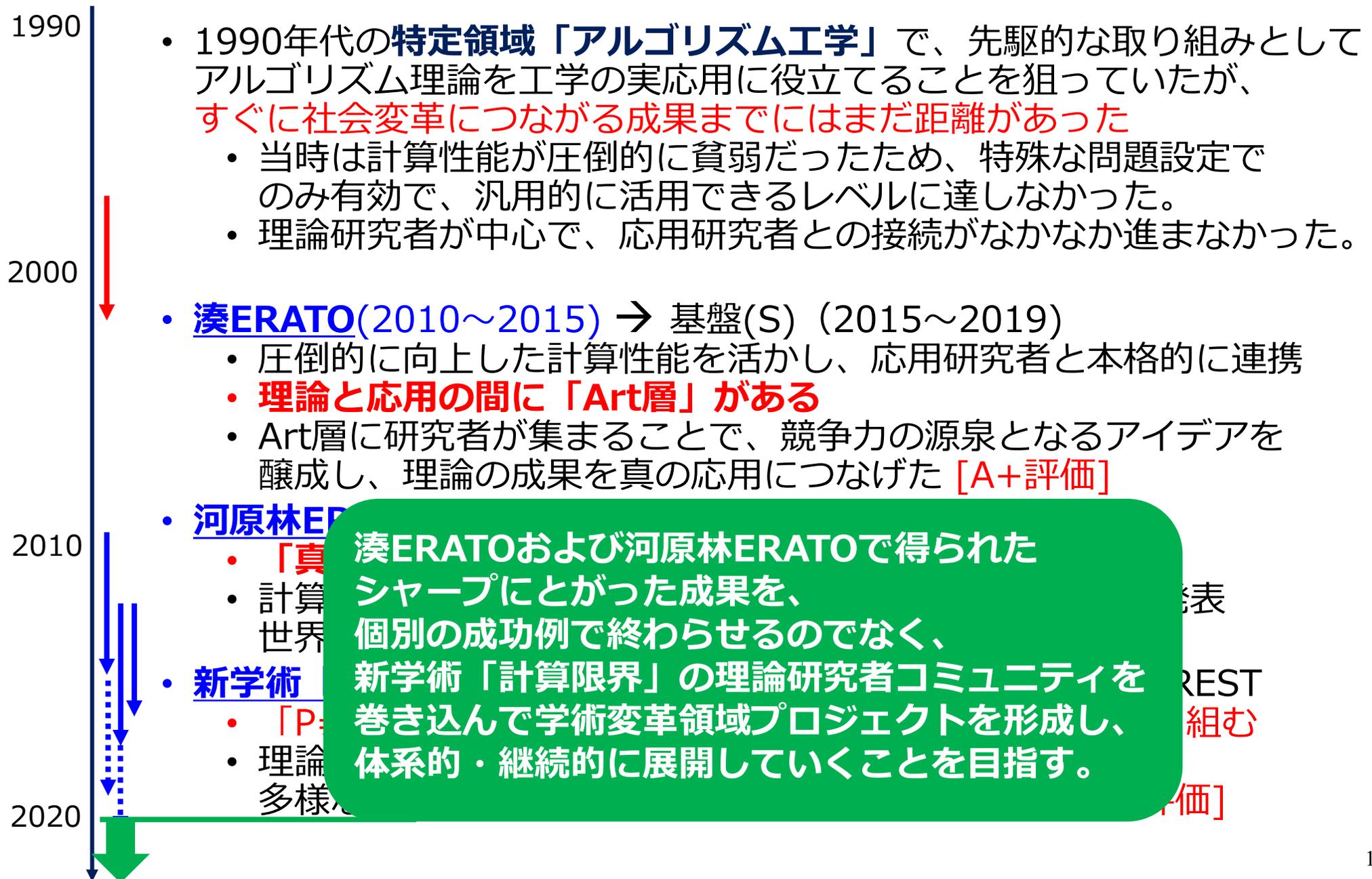
- 今年に入ってトップダウン型の大規模プロジェクト：**「ムーンショット型研究開発」**が始動しているが、**アルゴリズム技術は特定の1項目に入る性質のものではなく、すべての変革の源泉となるものである。**
 - ムーンショットやCRESTなどの応用志向型の研究プロジェクトよりも、ボトムアップに学問分野を形成する学術変革領域研究のようなプロジェクト形式がより相応しいと考えている。



本研究領域に関連する過去の取り組み

-
- 1990
- 1990年代の**特定領域「アルゴリズム工学」**で、先駆的な取り組みとしてアルゴリズム理論を工学の実応用に役立てることを狙っていたが、**すぐに社会変革につながる成果までにはまだ距離があった**
 - 当時は計算性能が圧倒的に貧弱だったため、特殊な問題設定でのみ有効で、汎用的に活用できるレベルに達しなかった。
 - 理論研究者が中心で、応用研究者との接続がなかなか進まなかった。
- 2000
- **湊ERATO(2010~2015) → 基盤(S) (2015~2019)**
 - 圧倒的に向上した計算性能を活かし、応用研究者と本格的に連携
 - **理論と応用の間に「Art層」がある**
 - Art層に研究者が集まることで、競争力の源泉となるアイデアを醸成し、理論の成果を真の応用につなげた **[A+評価]**
- 2010
- **河原林ERATO(2012~2017) → 基盤(S) (2017~)**
 - **「真に強い理論研究が世の中を変える」**
 - 計算機科学分野のトップ国際会議に120本以上の論文を発表
世界トップ級の若手研究者集団を育成した **[A+評価]**
 - **新学術「計算限界」 (2012~2016) → 加藤CREST/宇野CREST**
 - **「P≠NP予想」などの最重要未解決問題に真正面から取り組む**
 - 理論計算機科学の国内/国際コミュニティを広く組織し、
多様な研究者の連携により研究を深化・発展させた **[A評価]**
- 2020

本研究領域に関連する過去の取り組み



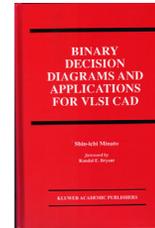
領域代表者（湊）の経歴

- 1965年生まれ・石川県出身
- 1990: 京大・工・情報・修士了（1995 博士課程了）
- 1990～2004: **NTT研究所** 研究員（厚木/横須賀）
（1997.01～12: 米国スタンフォード大学 客員研究員）
- 2004～2018: **北大・情報科学研究科** 助教授（2010～ 教授）
- 2018～現在: **京大・情報学研究科** 教授（現職）



データ構造「ZDD」（1993）の考案・命名

- 博士論文が専門書として出版され、欧米で大学院教材に
- 「アルゴリズムのバイブル」と呼ばれるKnuthの世界的教科書に独立項目として約30ページの解説（**日本人の成果では唯一**）



湊ERATO「離散構造処理系」研究総括（2010～15）

- 理論と応用をつなぐ中間層としての「**Art層**」の提唱とその育成
- 異分野連携研究を推進
- 若手中堅の研究リーダを多く輩出
- 日本科学未来館でERATO成果展示（**監修YouTube動画 290万再生**）



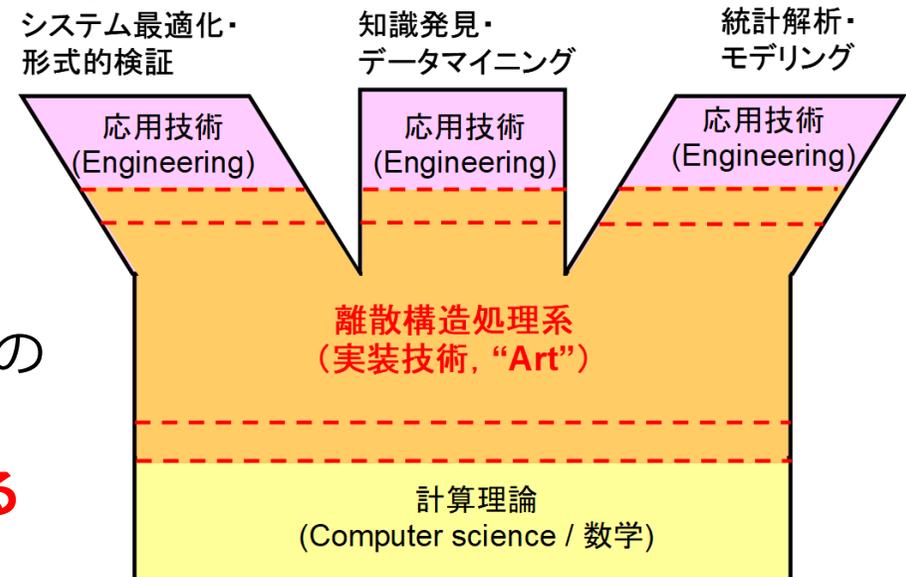
湊ERATO/基盤(S)での理論と応用をつなぐ連携の実績

様々な応用分野において第一線の研究者との人脈を構築

- 電力網の解析・制御（早稲田大・林 泰弘 教授） → 電力系CREST代表
 - 実験科学の統計検定（東大・津田 宏治 教授 他） → ビッグデータCREST代表
 - 疫学ホットスポット解析（岡山大・栗原 考次 教授 他） → 統計連合学会 理事長
 - 化学反応経路解析（北大・前田 理 教授 他） → 北大WPI代表・ERATO総括
 - 避難所の割り当て問題（京大・加藤 直樹 教授） → ビッグデータCREST代表
 - 選挙区割り問題（文教大・堀田 敬介 准教授） → 選挙学会賞 受賞
 - 株価データベース解析（関学大・岡田 克彦 教授 他） → 投資助言会社起業、雇用創出
- （以上全て湊との共著/共同プロジェクト実績あり）**

最先端のアルゴリズム技法を社会的に重要な課題に応用

- 湊ERATO終了後も共同研究活動を継続
- 各応用分野ごとにWPI/ERATO/CREST等の大型プロジェクトとして発展
- **本研究領域のアウトプット先は豊富にある（準備は整っている）**



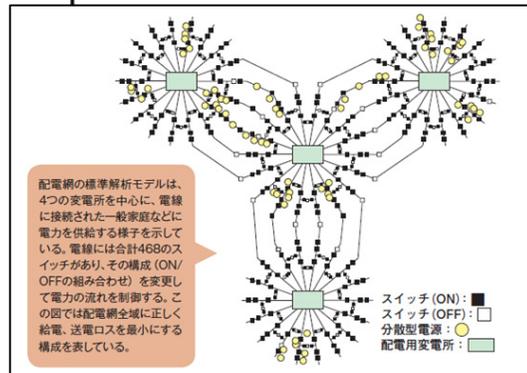
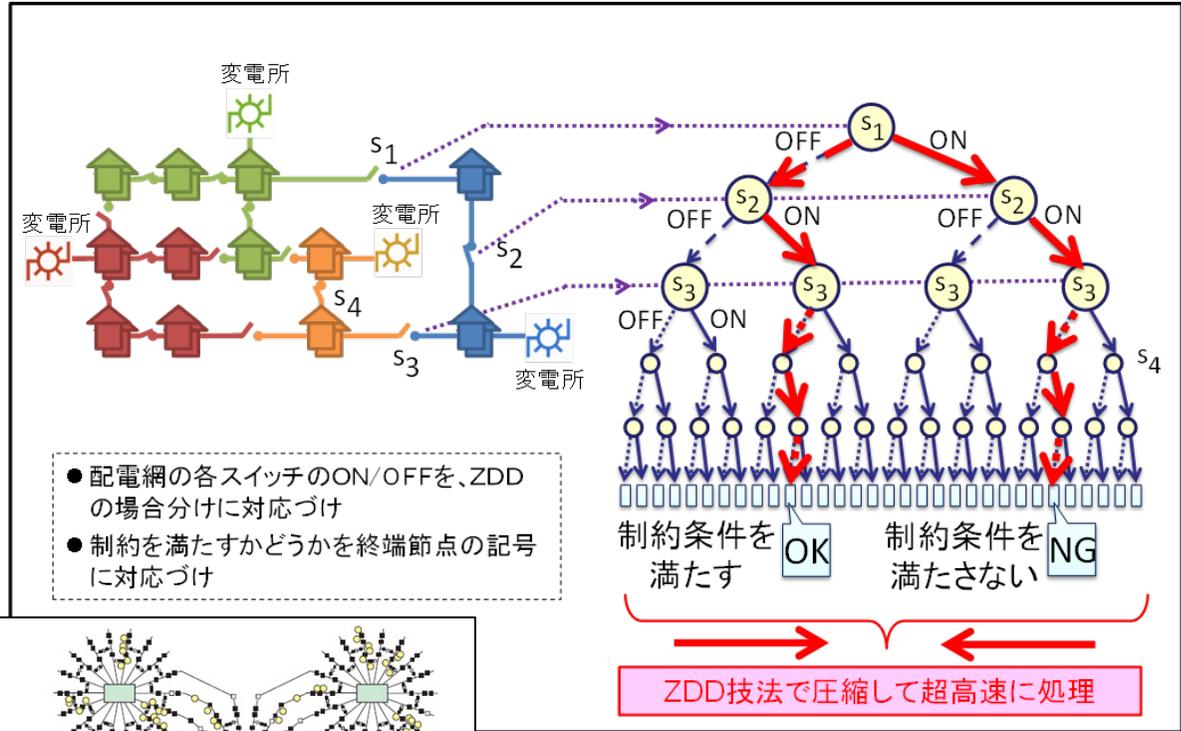
湊ERATO/基盤(S)での理論と応用をつなぐ連携の実績

様々な応用分野において第一線の研究者との人脈を構築

- **電力網の解析・制御** (早稲田大・林 泰弘 教授) → 電力系CREST代表
 - 実験科学の統計検定 (南大・江崎 教授 他) → ビッグデータCREST代表
 - 疫学ホットスポット解析
 - 化学反応経路解析 (北)
 - 避難所の割り当て問題
 - 選挙区割り問題 (文教)
 - 株価データベース解析
- (以上全て湊との共著/共同)

最先端のアルゴリズム 社会的に重要な課題

- 湊ERATO終了後も共同
- 各応用分野ごとにWPI
大型プロジェクトとして
- **本研究領域のアウトプット**
(準備は整っている)



大震災後に重要性を増した
電力網の解析技法の高速化・
大規模化・高信頼化を達成

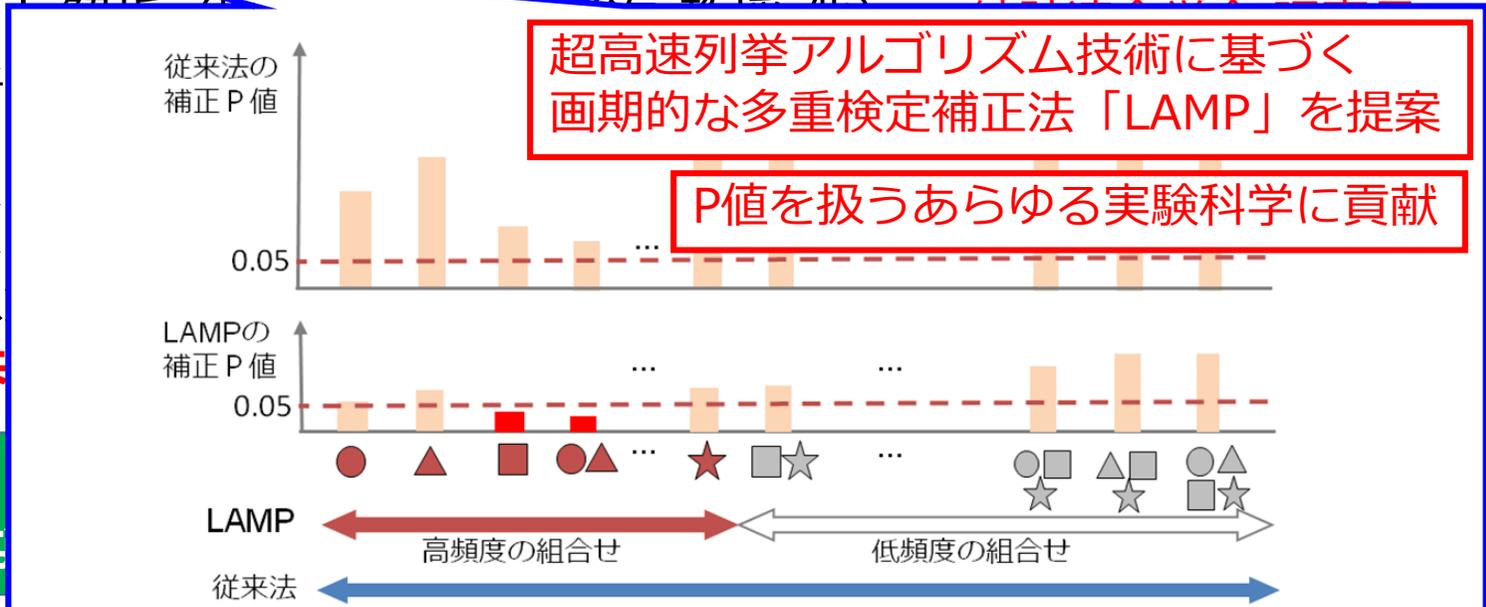
湊ERATO/基盤(S)での理論と応用をつなぐ連携の実績

様々な応用分野において第一線の研究者との人脈を構築

- 電力網の解析・制御 (早稲田大・林 泰弘 教授) → 電力系CREST代表
 - 実験科学の統計検定** (東大・津田 宏治 教授 他) → ビッグデータCREST代表
 - 疫学ホットスポット
 - 化学反応経路解析
 - 避難所の割り当て
 - 選挙区割り問題 (
 - 株価データベース
- (以上全て湊との共同研究)

最先端のアルゴリズム 社会的に重要な

- 湊ERATO終了後も
- 各応用分野ごとに大型プロジェクト
- 本研究領域のアウトリーチ (準備は整っている)**



Statistical significance of combinatorial regulations

Aika Terada^{a,b,c}, Mariko Okada-Hatakeyama^d, Koji Tsuda^{c,e,1}, and Jun Sese^{a,b,1}

^aDepartment of Computer Science and ^bEducation Academy of Computational Life Science, ^cMinato Discrete Structure Manipulation System Project, Exploratory Research Sapporo, Hokkaido 060-0814, Japan; ^dLaboratory for Integrated Cellular Systems, RIKEN Kanagawa 230-0045, Japan; and ^eComputational Biology Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8565, Japan

米国科学アカデミー紀要 (PNAS) (2013年8月)

Edited by Wing Hung Wong, Stanford University, Stanford, CA, and approved July 3, 2013 (received for review February 4, 2013)

More than three transcription factors often work together to enable cells to respond to various signals. The detection of combinatorial regulation by multiple transcription factors, however, is not only

deliberately excluding such tests. Here, we propose an efficient branch-and-bound algorithm, called the “limitless arity multiple-testing procedure” (LAMP). LAMP counts the exact number of

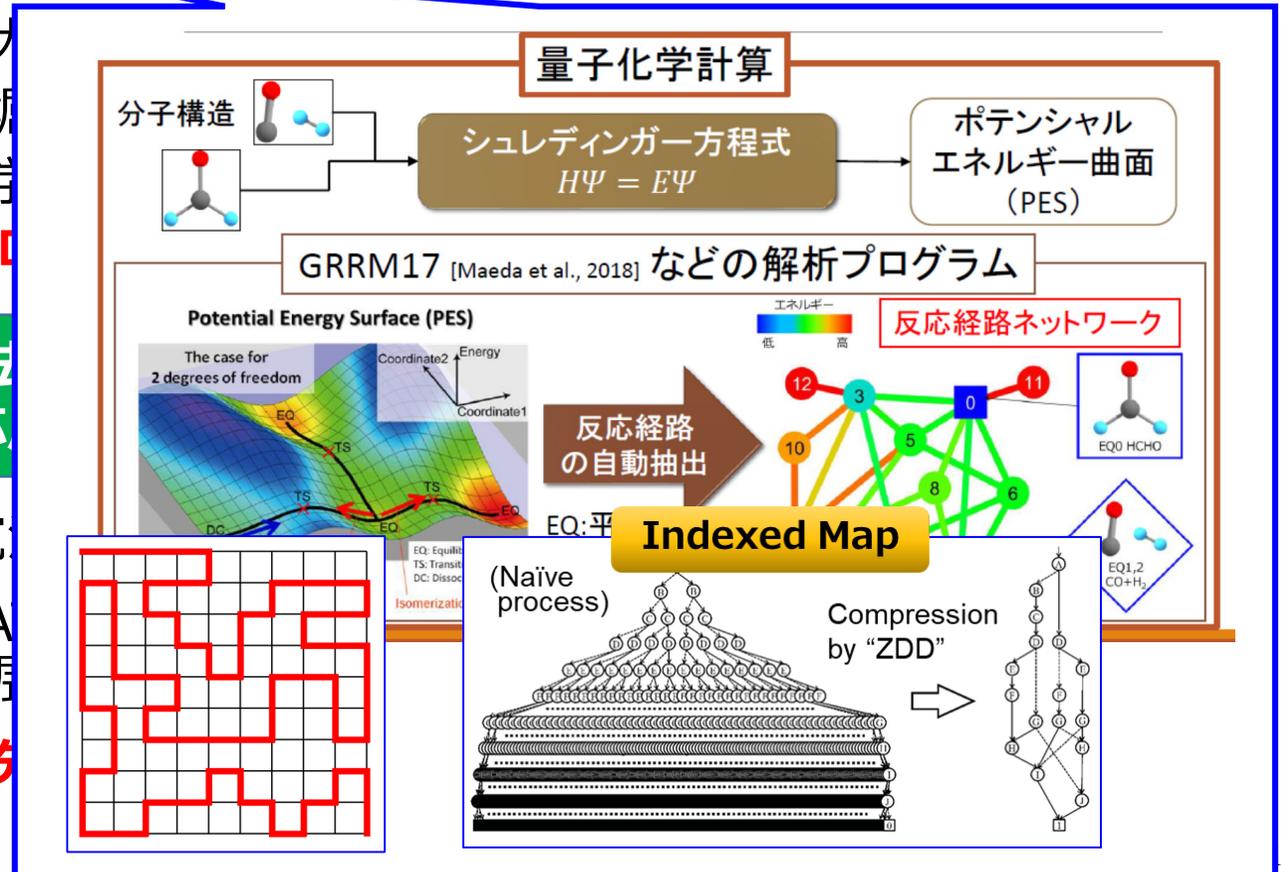
湊ERATO/基盤(S)での理論と応用をつなぐ連携の実績

様々な応用分野において第一線の研究者との人脈を構築

- 電力網の解析・制御（早稲田大・林 泰弘 教授） → 電力系CREST代表
 - 実験科学の統計検定（東大・津田 宏治 教授 他） → ビッグデータCREST代表
 - 疫学ホットスポット解析（岡山大・栗原 考次 教授 他） → 統計連合学会 理事長
 - 化学反応経路解析**（北大・前田 理 教授 他） → 北大WPI代表・ERATO総括
 - 避難所の割り当て問題（京大）
 - 選挙区割り問題（文教大・城）
 - 株価データベース解析（関学）
- （以上全て湊との共著/共同プロジェクト）**

最先端のアルゴリズム技法 社会的に重要な課題に応

- 湊ERATO終了後も共同研究
- 各応用分野ごとにWPI/ERA
大型プロジェクトとして発展
- 本研究領域のアウトプット**
（準備は整っている）



本研究領域のビジョンと達成目標

計算性能の圧倒的向上の恩恵を活かし、社会変革を促す
「**革新的アルゴリズム基盤**」を体系的に構築する。

- 理論と応用をわかりやすくつなぐ仕組みを提供する。
- **社会変革を促すような新しい価値観に基づいて、理論を追究し深める。**

世界の後追いではなく、日本が強みを持つ3分野を重点化

1. **離散構造処理に基づく超高速なアルゴリズムの理論や技法** [湊ERATO]
列挙アルゴリズム、BDD/ZDDの技法、SAT技術の発展
2. **ビッグデータを扱う超高速なアルゴリズムの理論や技法** [河原林ERATO]
巨大グラフ、機械学習、離散最適化
3. **非古典的な超高速/超並列アルゴリズムの理論や技法** [新学術 計算限界]
量子などの近未来の革新的デバイスを想定

達成目標：上記3分野を中核として、革新的アルゴリズム基盤と呼べる
フレームワークを構築し、学術基盤として公開する。

- 社会変革を促すような新しい価値観に基づく**問題設定**および**例題データセット集積**
- 実問題の規模や複雑さに耐える性能の**アルゴリズム実装**と**オープンソフト化**
- 上記に関する体系的な研究成果として国際的に引用される**論文や書籍の出版**
- 理論研究者と応用研究者の有機的連携を醸成するための**研究者コミュニティ**の強化

研究項目および計画班の構成

本研究領域のビジョンに基づき、従来と異なる戦略的な組織構成を計画

(電力, 通信, 防災, 生命科学, 材料科学, 金融工学, etc)

総括班(湊)
社会変革の源泉となる
革新的アルゴリズム基盤の
創出と体系化

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

.....

研究項目A:
革新的アルゴリズム基盤の定式化と実装

A01(宇野)
新概念に基づく
問題創出・定式化

A02(安田)
社会を志向した
アルゴリズム実装

(理論計算機科学)
(アルゴリズム工学)

海外
研究グループ

理論分野
研究協力者

研究項目B:
革新的アルゴリズム基盤を構成する理論と技法

B01(堀山)
離散構造の理解と
処理基盤の創出

B02(河原林)
新計算モデルに基づく
アルゴリズム・最適化

B03(山下)
量子アルゴリズム
非古典計算モデル

B04(牧野)
基礎理論・技法の
追究と発展

研究項目および計画班の構成

本研究領域のビジョンに基づき、従来と異なる戦略的な組織構成を計画

(電力, 通信, 防災, 生命科学, 材料科学, 金融工学, etc)

総括班(湊)
社会変革の源泉となる
革新的アルゴリズム基盤の
創出と体系化

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

.....

まず研究項目Aとして、
理論と応用のインタフェース部分について
設計・体系化を追究する計画班を筆頭に配置

研究項目A:
革新的アルゴリズム基盤の定式化と実装

A01(宇野)
新概念に基づく
問題創出・定式化

A02(安田)
社会を志向した
アルゴリズム実装

(アルゴリズム工学)

海外
研究グループ

理論分野
研究協力者

その下に研究項目Bとして、
日本が強みとする研究分野の理論と技法を
追究する計画班を配置し、下支えする構え

研究項目B:
革新的アルゴリズム基盤を構成する理論と技法

B01(堀山)
離散構造の理解と
処理基盤の創出

B02(河原林)
新計算モデルに基づく
アルゴリズム・最適化

B03(山下)
量子アルゴリズム
非古典計算モデル

B04(牧野)
基礎理論・技法の
追究と発展

研究項目および計画班の構成

本研究領域のビジョンに基づき、従来と異なる戦略的な組織構成を計画

(電力, 通信, 防災, 生)

応用分野の研究者は、別にCRESTなどのプロジェクトを持つので、A01,02班を通し連携

総括班(湊)
社会変革の源泉となる
革新的アルゴリズム基盤の
創出と体系化

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

応用分野
研究協力者

.....

まず研究項目Aとして、
理論と応用のインタフェース部分について
設計・体系化を追究する計画班を筆頭に配置

研究項目A:
革新的アルゴリズム基盤の定式化と実装

(アルゴリズム工学)

理論分野
研究協力者

海外
研究グループ

A01(宇野)
新概念に基づく
問題創出・定式化

A02(安田)
社会を志向した
アルゴリズム実装

その下に研究項目Bとして、
日本が強みとする研究分野の理論と技法を
追究する計画班を配置し、下支えする構え

研究項目B:
革新的アルゴリズム基盤を構成する理論と技法

B01(堀山)
離散構造の理解と
処理基盤の創出

B02(河原林)
新計算モデルに基づく
アルゴリズム・最適化

B03(山下)
量子アルゴリズム
非古典計算モデル

B04(牧野)
基礎理論・技法の
追究と発展

A01：新概念に基づく問題創出・定式化（代表：宇野）

- 新たな社会的価値観が持つ数理構造を解明してモデル化する**分野横断型議論プラットフォーム**を構築し、社会全体をカバーする情報学の問題群を構成する
- 既存研究では扱われてこなかった新たな概念・構造を持つ問題に対する効率的なアルゴリズムの開発を行う



A02 : 社会を志向したアルゴリズム実装 (代表 : 安田)

- 理論計算機科学の成果を広く社会に利用可能な形として実装するための研究開発を行う
- アルゴリズム成果と利用者をつなぐ適切な抽象表現形式を探り、アルゴリズムの数学的な構造の維持と、他分野の研究者・技術者からの使い勝手の両立の実現

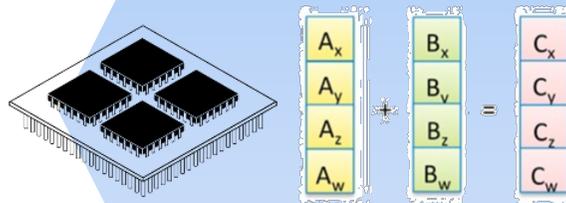
アルゴリズム基盤

抽象表現の追求

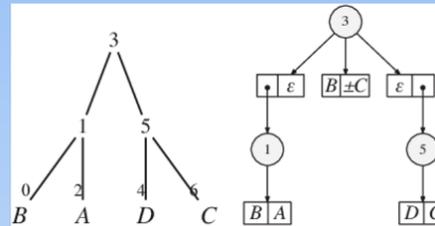
オープンソース

外部公開

高効率実装



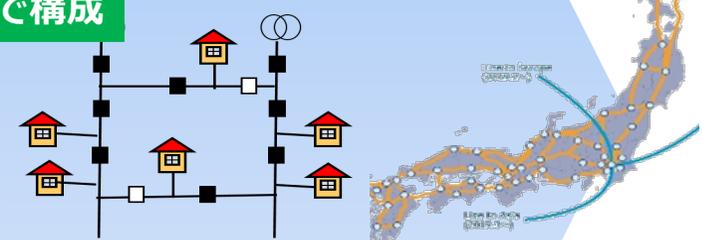
コア数・SIMDの増大
並列SAT技法の援用



ZSDD等新しい
データ構造

企業研究者が
計画班代表を務め
高度な実装技術を
持つメンバで構成

応用問題適用



電力網・通信網などの
公共インフラ強靱化問題

代表 : 安田



有村



西野



鍋島



井上

B班理論成果

B班成果の取入れ

B班成果の取入れ

B班理論成果

B01 : 離散構造の理解と処理基盤の創出 (代表 : 堀山)

- 大規模離散構造の理解に基づいた革新的アルゴリズム基盤の創出を目指す
 - BDD/ZDD, SAT, グラフ, 文字列処理などの分野では, 大規模な探索空間を効率的に扱う知見を個別に蓄えてきている。
 - これらの知見を融合し, **理論と実装が一体となって**大規模離散構造の処理アルゴリズム基盤技術を構築する

大規模離散構造の理解
大規模離散構造を利用した
アルゴリズム設計技法の体系化

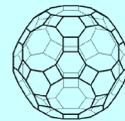
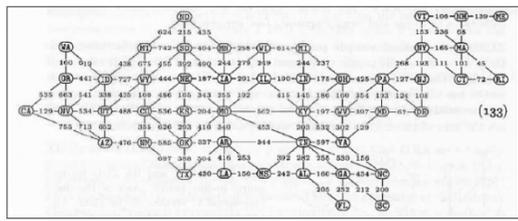


代表: 堀山貴史

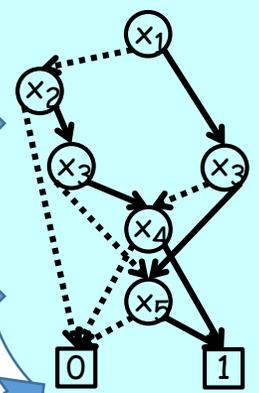
- BDD/ZDD アルゴリズム
- 大規模離散構造処理

領域内他班や
他分野との連携

181潤 5771溝 8919穰 7376稗 459垓
2899京 4520兆 2399億 4216万 4480
通り



$$(x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(x_2 \vee \bar{x}_4 \vee \bar{x}_5) \dots$$



湊 真一

- BDD/ZDD アルゴリズム
- 列挙索引化



番原 睦則

- SAT アルゴリズム
- 知識コンパイル



宇野 裕之

- グラフ アルゴリズム
- 逆探索による列挙



竹田 正幸

- 文字列アルゴリズム
- 簡潔データ構造



松井 泰子

- 列挙的観点からの離散構造
- 逆探索による列挙



上原 隆平

- ゲーム・パズルと計算量
- 計算量理論的観点からの離散構造

B02 : 新計算モデルにおけるアルゴリズム・最適化 (代表 : 河原林)

- 現在の新しい計算モデルに合わせた高速アルゴリズム, および最適化手法を研究開発する

理論計算機科学、最適化、離散数学の基礎研究



計算量理論
離散アルゴリズム
(河原林健一、平原秀一)



組合せ最適化
オンライン学習
(岩田覚、福永拓郎)



巨大グラフ解析
高速アルゴリズム開発
(河原林健一、吉田悠一)

河原林ERATOで育った世界トップ級の若手研究者集団を牽引

New Computation ERA

オンライン, ストリーミング, 分散計算, 並列計算, 省メモリ計算
など, データの読み込み方の制限や、メモリスペースの制限

B03 : 量子アルゴリズムの革新的基盤創出 (代表 : 山下)

- 量子計算機が実現した時に、それを有効に使いこなすための計算理論の構築に取り組む

「理想的な量子計算機における**理論的な研究**」と「非理想的な現実の量子計算機を理論の裏付けなしに利用する**実践的な研究**」の両者に、現在、大きなギャップがある。

量子計算の**様々なモデル**からの理論的な研究と実践的な研究を有機的に行うことで、**理論と実践のギャップ**を埋め、最終的には**古典と量子計算を協調利用する計算基盤**を創出を目指す。

最終目標: 量子アルゴリズムの理論と実装を接続する革新的基盤の創出

実践的な量子計算の利用に関する研究

実践的な研究からのアプローチ

古典計算と量子計算を協調利用する計算基盤



分担:山本

計算理論側からのアプローチ

他班との連携



分担:谷

能力が限定された量子計算モデルに関する研究

測定量子計算モデルに関する研究



分担:森

分散量子計算モデルに関する研究



分担:ルガル

量子回路モデルに関する研究



代表:山下

万能量子計算モデルに関する研究

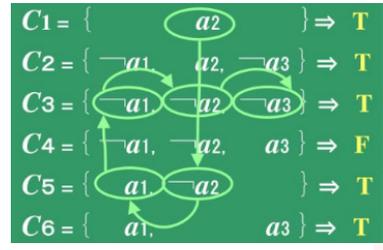
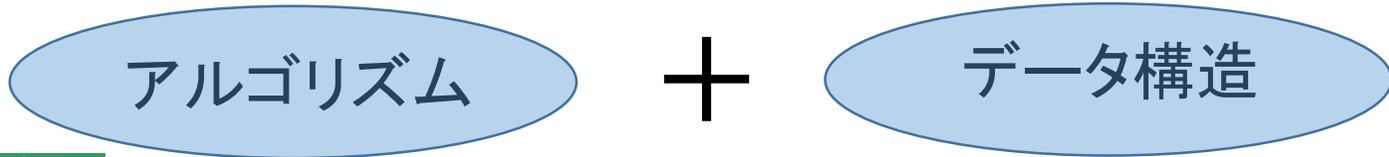


分担:西村

量子計算アルゴリズム分野の主要な理論研究者がこの計画班に集結

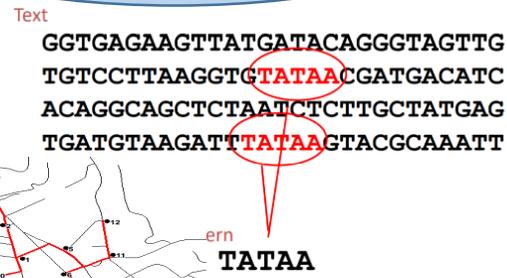
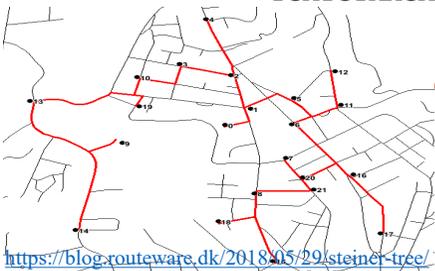
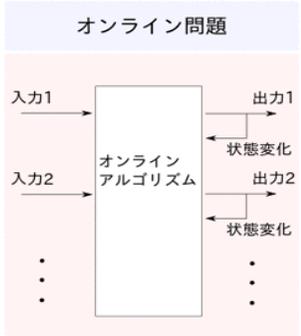
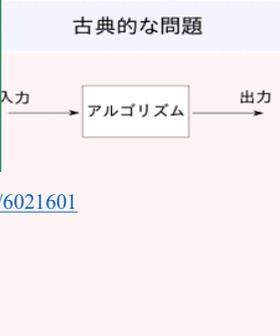
B04 : アルゴリズム基礎理論の追究・発展 (代表 : 牧野)

- アルゴリズムにおける基礎理論をさらに追及し, 展開させる
 - $P \neq NP$ 予想に代表されるように, アルゴリズム基礎理論において **まだまだ未解決問題として残された部分** が数多く存在する.
 - 種々の問題の数理的構造を解析し, データ構造の効率化とそれを利用した高速アルゴリズムの開発を行う



<https://www.slideserve.com/heriberto-noboa/6021601>

論理的
アルゴリズム



代表 : 牧野和久



玉置 卓

最適化
アルゴリズム



小野廣隆

計算論的
アルゴリズム



河村 彰星

学習論的
アルゴリズム



瀧本 英二

圧縮アルゴリズム



定兼邦彦

計算生物学的
アルゴリズム



渋谷哲朗

総括班：研究領域の組織運営と研究推進（代表：湊）

優れた研究業績だけでなく、大型プロジェクト運営の経験を併せ持つ人材を選抜

- 40代中盤～50代中盤の研究者10名でバランスよく構成
- 今後10年以上にわたって本研究領域を実質的に牽引していくことができる各分野のリーダー



公募班募集と若手研究者の育成

公募班による新進気鋭の若手研究者コミュニティの活性化

- 2年目と4年目に**できるだけ多く（15～17件）**の公募班採択を計画。
競争原理を考慮すると30件以上の応募が望ましい。**応募件数確保の見通しは底固い。**
（直近2月のシンポジウムで理論計算機科学の若手研究者41人発表の実績あり）
- 公募班代表者が**個人的に強みを持つ理論や技法**をさらに発展させ、
本研究領域で扱う**「革新的アルゴリズム基盤」**に貢献できる提案を求める。
（重要問題の定式化、解法の創出と体系化、理論的限界の解析、ツールの実装法、etc.）
- 湊ERATO, 河原林ERATO, 新学術「計算限界」等で育った若手中堅トップ研究者集団の
強い部分をさらに伸ばしつつ、社会変革の源泉となる成果を目指す研究活動を促す

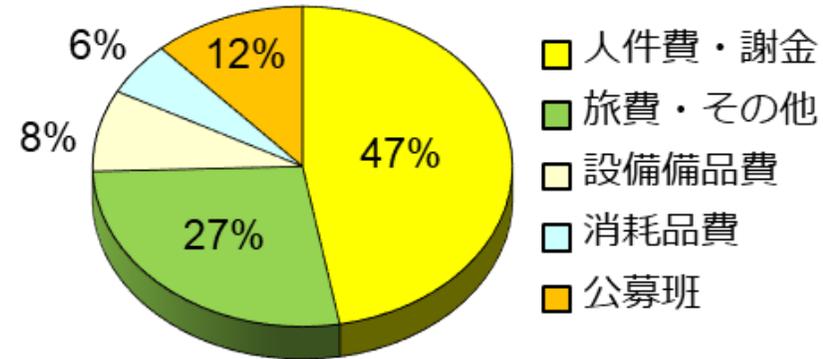
計画班と公募班の交流による若手研究者の育成

- 各公募班は、**主となる計画班の他に1つ以上の副所属班を設定**し、複数の計画班と
有機的に連携しながら研究を推進。
- 湊ERATOで実績のある**「短期集中セミナー」（SSSW）**を領域全体で組織的に実施
（テーマを絞り少人数の研究者を集めて集中的に議論を行い、新しい研究の芽を育てる）
- **トップ国際会議レベルの学問的成果**と、**社会的インパクトのある成果**の両面で評価
有望な芽が見出されれば、機動的に研究資源を投入
- サマースクールを開催し、**大学院レベルの学生から研究者志向の人材を発掘する。**
各種プログラミングコンテストを協賛・後援し、**より若い人材に将来の姿を見せる。**

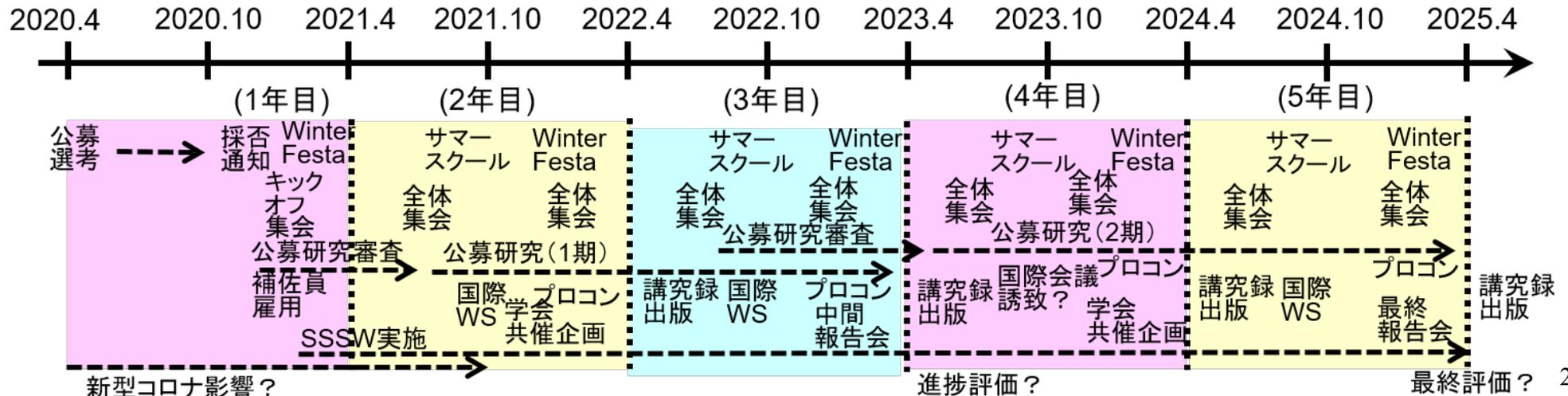
予算計画とロードマップ

予算計画の概要

- 期間全体(4年4か月)で計画班 総額 8.5億円 (約2億円/年)
- 各計画班で年間2000~3000万円程度
 - 特殊な実験設備は不要 (研究用の計算機サーバが主)
 - ポスドク研究員/RAの person 費、旅費、学会参加費等
 - 海外著名研究者の招聘や国際会議誘致費用を計上
- 総括班で年間3000~3500万円
 - オフィス賃料
 - 共用サーバ費用、研究員/技術員 person 費等
- 各公募班で年間200万円
 - 公募班合計で3400万円/年 (計画班と別枠)



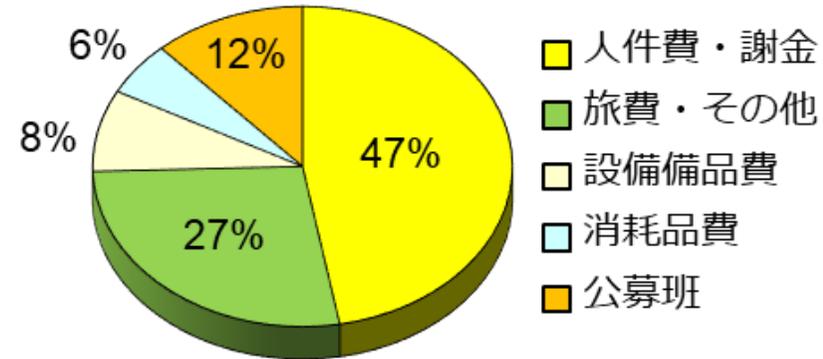
研究期間全体のロードマップ



予算計画とロードマップ

予算計画の概要

- 期間全体(4年4か月)で計画班 総額 8.5億円 (約2億円/年)
- 各計画班で年間2000~3000万円程度
 - 特殊な実験設備は不要 (研究用の計算機サーバが主)
 - ポスドク研究員/RAの person 費、旅費、学会参加費等
 - 海外著名研究者の招聘や国際会議誘致費用を計上
- 総括班で年間3000~3500万円
 - オフィス賃料
 - 共用サーバ費用、研究員/技術員 person 費等
- 各公募班で年間200万円
 - 公募班合計で3400万円/年 (計画班と別)



研究期間全体のロードマップ

2020.4 2020.10 2021.4 2021.10 2022.4



初年度から2年目にかけては、**新型コロナウイルスの影響**を受ける可能性が高く、大規模集会や海外出張等は困難となるおそれがある。その場合はオンライン開催などの代替手段をできる限り活用する。

湊ERATO実施中に東日本大震災が発生し、様々な困難に直面した。過去の経験を活かして柔軟に対応していく。

まとめ

「深い理論」の成果を社会変革につなげていくことが今後ますます重要

- 理論と応用が出会う場としての「**革新的アルゴリズム基盤**」
- 社会変革を促すような**新しい価値観**に基づいて、**理論を追究し深める**。

日本の強みを活かす戦略的な研究体制

- **応用研究とのインタフェース**を意識した戦略的な布陣
- 国際的優位性を持つ研究分野に重点化しつつ、有望な芽が出れば機動的に研究資源を投入
- **適度に狭い日本だからこそ、コミュニティの枠を超える異分野連携に国際的な優位性がある**

応用(application)は「花や実」
理論(theory)は「木の根」
技法(art)は「木の幹」

本研究領域：情報学の「根」と「幹」を強化

- 根や幹の人材が細ってはいけない
- 理論と応用をつなぐ**幹を重視**することがポイント
- 学術変革領域研究により、ボトムアップに社会変革の源泉となる学問分野を醸成する



(祇園・枝垂桜)

審査結果の所見

社会のデジタル化においては、その核となる「計算」（コンピューテーション）の設計と活用が重要である。本研究領域は、計算の設計技法であるアルゴリズムの研究を基に、社会活用の観点も包含し、高度な数理科学も用いて計算を構築する新たな学術体系－アルゴリズム基盤－の創出を目指した提案であり、新たな産業を生み出し社会を変えるような計算活用の基礎となることが期待される。

領域代表者が率いた ERATO で試み、成功した新たな研究手法である、実装技術層を中心とした共同研究による基礎理論と社会実装をつなぐ研究を組織的に行い、革新的な定式化プラットフォームやアルゴリズム実装手法を進めることで、新たな日本流アルゴリズム設計手法を体系化することが望まれる。

また、計画研究代表者の一人が率いた ERATO で成功した若手育成の試みを、本研究領域においても博士研究員育成や公募研究において展開し、日本の情報科学技術とその活用において学術・産業界を牽引する研究者・技術者の育成に期待したい。

なお、分野の性格上、目標や成果の示し方が抽象的になる場合もあることは理解できるが、基礎理論が社会実装へ結びついた成果やその手法を具体的に示す工夫が望まれる。

(文科省webサイト公表資料より)

本研究領域の名称・略称について

- **正式名称**：
「社会変革の源泉となる革新的アルゴリズム基盤の創出と体系化」
- 文科省の公式略称（8文字以内）：「アルゴリズム基盤」
- 通称：「**社会変革アルゴリズム基盤**」プロジェクト

- **英語名称**：
Creation and Organization of Innovative
Algorithmic Foundations for Social Advancement
- 略称：**AFSA Project** （エイエフエスエイ、アフサ）

- **領域ホームページ**：www.afsa.jp **独自ドメイン取得済み**
 - 現在は、HTML直打ちの仮ページで、領域概要、組織構成、公募概要などの情報を掲載しています。
 - 今年度末にかけて本格的な広報ページを整備していきます。

分担者以外の方で本研究領域に興味を持つ皆さまへ

本研究領域への関わり方

(1) 公募研究に応募

- ・ 選考審査で採択されれば公式に領域内部メンバとなる。
- ・ 競争的資金獲得を研究者のキャリアアップにつなげて欲しい

(2) 研究協力者

- ・ 自前の研究資金で参加し、領域メンバと連携して活動する
- ・ 具体的なテーマを設定し、共著論文執筆や実応用などを行う。
- ・ 領域の活動報告書等に研究協力者として明記する。

(3) セミナ会員

- ・ 領域内のセミナーや研究集会等の案内を受け、不定期に参加。
- ・ 面白い成果が出そうなら、その時点で研究協力者として加入。

その他、もっと濃厚な関与形態：

- ・ ポスドク研究員としての雇用（公募または推薦）
→ 任期内に次のステップアップが大いに期待できる人
- ・ 研究補助員（RA）としての雇用 → 大学院生で研究に貢献できる人
- ・ 研究分担者の追加（計画班の個別事情による）
→ 分担者追加の必要性が説明でき、共に責任を負ってもらえる方

• 公募研究の募集

- 1月下旬から公募班の募集が始まる予定だそうです。
(詳細な日程や公募要領はまだわかっていません)
- 15~17件程度の公募班を採択予定
→ そのうち半分程度は若手研究者を採択することが
学術変革(A)の制度上の要件になっている
- 十分な応募件数がないと採択件数を増やせないなので、
皆さまぜひ呼びかけをお願いします。
- 研究期間は2年間、研究費は1年あたり200万円程度を予定。
- 研究費よりも、領域集会などで横のつながりができること、
競争的資金獲得が将来の研究ポジション獲得のための業績に
なることが魅力だと思っています。
- 公募研究はいずれかの計画班に所属することになります。
- 本領域の独自の取り組みとして、領域内の全てのメンバは
主所属の計画班の他に副所属を設定し、副所属の班では
研究協力者として登録して、領域横断的な研究を推進します。

• 主な年中行事（案）

- 年2回の領域集会
- 夏のサマースクール
- 各計画班で1～2か月に1回程度のSSSW（短期滞在集中セミナー）
- 国際会議や国内研究会の協賛イベント

• その他の活動（案）

- 東西に連携拠点（サテライトラボ）を設置
 - **東京神田サテラボ 京都市内サテラボ（河原町三条付近）**
- 学変(B)や応用系CRESTなど、他の研究プロジェクトとの連携
- オープンソフトウェアや例題データセット等の整備（→ アルゴリズム基盤としての体系化）
- 定期的な情報発信（ニュースレター発行や講究録出版など）
- 研究成果が出れば、うまい見せ方を考えて報道発表

東京・神田サテライトラボ

- これまでの基盤(S)プロジェクトで、NII宇野先生が中心となり、研究拠点として有効活用中
 - 神田駅から徒歩4分、NIIから徒歩10分
 - 小規模な国際ワークショップ会場としても活用
- 学術変革(A)で、今後も継続的に利用
 - 現在は新型コロナの影響により、使用方法に制限あり
 - 対面での深い議論とオンラインの機動性を効果的に組合せた集会方法を検討中
 - 来年度以降、コロナの状況を見ながら徐々に定常運用に戻していく



京都サテライトラボの新設

● 京都市内中心部にサテラボを新設

- 地下鉄東西線 市役所前駅より徒歩3分
(12~13分の乗車で京都駅)
- 京阪三条 徒歩6分、阪急河原町 徒歩8分
- 京大からバスで15分 (京阪電車も利用可)
- 周辺はホテルや飲食店が豊富で、しかも落ち着いた雰囲気 (本能寺正門から50m)

● 賃貸契約手続き中 (2月中旬引渡し予定)

- 今年度中に内装を整備して、来年度以降、コロナの状況を見ながら、徐々に研究拠点化
- 神田ラボとの相乗効果を期待
(12時に神田ラボを出て15時に京都ラボに到着)
(旧東海道のほぼ起点と終点)
- 対面とオンラインのベストミックスを狙う



おわりに

- 研究者の皆さん方が、プロジェクトの形式的な活動に振り回されて、研究のための時間が損なわれないようにできるだけ留意したいと思います。
 - 研究者それぞれが得意とする研究分野や、やりたいと思う研究テーマで貢献してもらおう
 - 実質的な研究につながるような活動に注力してもらおう
 - 自由闊達にやっていただいて、出てきた新しい成果の芽を逃さず捉え、機動的に研究資源を投入していく
- **今回の研究計画書では、極力、無理な約束はしていません。それぞれ研究者が得意とすることを組合せて、結果的に世の中に貢献できそうな体制を組んだつもりです。**
- **これから足掛け5年間、せっかくやるので皆さん楽しんで研究成果を出していきましょう。**
- **外部メンバの方でも興味をお持ちの方は、どうぞ積極的にご参加ください。分野全体で発展させていきましょう。**