



指導教員:  
田浦健次郎 教授  
tau@eidos.ic.i.u-tokyo.ac.jp

研究分野:  
大規模計算・データ処理  
システムソフトウェア

研究場所:  
本郷キャンパス 工学部 2号館  
<https://www.eidos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/>

## 大規模計算とそれを支えるシステムソフトウェア

### 1 はじめに

機械学習に代表される高度な情報処理技術の近年の進展は、大規模データと高性能計算技術により支えられています。また、従来から自然科学や工学のありとあらゆる分野（生体分子の働きの理解、気候変動の予測、新材料の設計、銀河形成の過程の理解、など）でコンピュータシミュレーションが必須の道具となっており、これにも高性能計算が必須です。近年はその両者を融合して、物理法則に基づくシミュレーションを観測データを元にした機械学習と融合させる新たな計算手法も進化しています。

計算機はかつて、ソフトウェアを大して書き換えるよりも CPU の逐次処理性能、中でも周波数の向上によって高速化されてきましたが、近年では周波数の向上は頭打ち（Dennard スケーリング則の終焉）を迎え、高性能化は並列処理、そのためのソフトウェアによって達成されなくてはならなくなりました。現在の CPU はベクトル命令、スーパースカラー、マルチコアを組み合わせた並列処理で高速化を達成していますし、GPU が高速な理由の本質も大量の並列処理にあります。

### 2 研究テーマ

現在の並列計算機でも将来のマシンでも、ハードウェアの進化に頼るだけでは実際のアプリケーションの高速化は困難で、それを容易に使えるようにするためのプログラミング言語やオペレーティングシステムなど、計算機の根幹を担うソフトウェア（システムソフトウェア）が不可欠です。特に、並列化、ベクトル化、負荷分散、データ配置など、ハードウェアの性能を引き出すための処理を自動化し、プログラマの負担を軽減するシステムソフトウェアが非常に重要になります。

我々の研究室ではそのような高性能計算を支えるためのシステムソフトウェアについての研究の蓄積があり、近年は機械学習や大規模データ処理とその応用についても興味を持って研究しています。

以下は進行中の研究プロジェクトの一部です。

**並列・分散計算のためのシステムソフトウェア** 大規模な科学技術計算（シミュレーション）や機械学習には CPU や GPU をネットワークで多数結合した大規模並列マシン（スーパーコンピュータ）を用います。そういう環境を圧倒的に簡単にプログラミングできるようにすることを目指してプログラミング言語処理系の研究をしています。数十コアを搭載した並列計算機や、それを数千台規模でネットワークで結合した環境で、処理系が自動的にデータや計算を分散し、全てのデータを単一の計算機にあるかのように扱えることを目指しています。

**データ処理のための高性能処理系** データ（文字列）処理に特化して、プログラミングの容易さと高速化・並列化を両立するための方式を研究しています。解析したい文字列の文法（パターン）を記述すると、それに従って文字列を、ベクトル化、並列化を用いて高速に解析するプログラム（構文解析器）を自動的に生成します。これをもとに、超大規模なデータを高速に解析する処理系を実装しています。

**データセキュリティ・プライバシー保護のためのシステムソフトウェア** 医療データや軌跡データなど、分析に必要または機械学習に有用な多くのデータが、個人データです。そのようなデータを安全に解析するためには安全なデータストレージや、解析結果から個人情報が流出しないようにするためのプライバシー保護解析手法が必要です。そのための暗号化ファイルシステムや、個人情報を流出させないためのプログラミングの枠組みを設計・実装しています。

**プライバシー保護機械学習** 上記テーマ 3 に関連して、プライバシーを保護しながら医用画像から診断モデルを構築する研究です。東大病院 花岡研究室と共同で進めています。

**生成モデルを用いた結晶構造探索** 機械学習を用いた物性の評価や、望ましい性質を持つ物質の探索が行われています。安定な結晶構造を生成する Diffusion に基づく生成モデルについて研究しています。情報基盤センター河村特任講師、華井特任助教らとの共同で進めています。

以下は現在進行中の研究ではありませんが、田浦が特に興味を持っており、取り組みたい学生を歓迎するテーマで、専門家の助言を仰ぎながら進めることができたトピックです。いずれも大規模データ解析や高性能計算と関係します。

**大規模言語モデルの構築、最適化、応用** ChatGPT を始めとする大規模言語モデル（LLM）が社会で大きな話題を呼んでいます。その計算方法は（他の機械学習のモデルと同じく）大量の行列計算の塊で、そのパラメータの数を異常なほど大きくする（ChatGPT で 1750 億）とすることで、あのような動作が生まれますがその原理は未知のままです。日本でもその知能（と人間から見える動作）がどのように生まれるのかを解明することを目的とした専門家の取り組み（LLM 勉強会 <https://llm-jp.nii.ac.jp/>）が始まって、我々（情報基盤センター教員数名、4 年生 1 名、3 年生 2 名）も参画しています。田浦は LLM の専門家ではありませんが、それは大規模高性能計算の対象としても、新たな計算手法（効率化・省力化）の対象としても、原理解明の対象としても、また、応用のツールとしても重要なかつ興味深い対象です。LLM 勉強会で実装に参加しながら、この分野に参画したい学生を歓迎します。また、LLM の応用としてプログラミング処理系や、プログラミング教育、東大の IT サポート（utelecon）に寄せられた大量のログを元にした自動回答への応用に興味がある学生を歓迎します。

**企業データマイニング** 企業のホームページを大量に収集して企業間の類似性や関係を抽出し、より良い事業継承に役立てるための研究を、株式会社アドバンストアイ、要素技術としては単語の埋め込みを用いたホームページからの類似単語の検索や、ホームページから読み取った事業内容の類似性抽出の高速化が挙げられます。今後は LLM を応用することも考えられるでしょう。鶴岡研究室との共同研究として実施しています。