

## 第9回アドバンス・シミュレーション・セミナー2025 開催報告

### 東京大学 情報基盤センター スーパーコンピューティング研究部門 教授 中島 研吾 様

## 『計算・データ・学習』融合と富岳 NEXT, その先にあるもの

アドバンス・シミュレーション・ニュースは、アドバンスソフト株式会社が2021年度から、我が国における計算科学技術の振興を目的として、幅広い分野の最先端研究を対象として開催している「アドバンス・シミュレーション・セミナー」の開催報告と今後の開催予定をご案内するサービスです。

本セミナーで紹介される多種多様な最先端研究をきっかけに、企業の研究開発を担う技術者の方が新たな視点を持つこと、最先端研究を産業に応用する起点となること、長期的には計算科学シミュレーション分野の裾野が広がること等を期待しています。

### 開催概要

- 日時：2025年12月19日（金）15:30～17:00
- 開催方法：オンラインセミナー（Zoomにて開催）
- 主催：アドバンスソフト株式会社 出版事業部
- 講演概要

近年、スーパーコンピューティングは急速に変革しており、従来の計算科学シミュレーションに加えて、データ科学、機械学習・AIなど様々な分野に利用されています。東京大学情報基盤センター（本センター）では、2015年頃から「計算・データ・学習（Simulation・Data・Learning, S+D+L）」融合による新しい科学の開拓を推進してきました。2021年に運用を開始した「Wisteria/BDEC-01」システム上で、革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」を使用して実現した様々な成果とともに、近年取り組んでいる量子・HPCハイブリッド連携についても紹介します。スーパーコンピュータ「富岳」の後継機である富岳NEXTはGPUを搭載したシステムです。CPU向けに開発されたアプリケーションの移行、プログラミング環境の整備に向けた本センターの取り組みについても紹介します。



本稿は、2025年12月19日に開催した「アドバンス・シミュレーション・セミナー2025」において、中島 研吾 様にご講演いただいた内容をアドバンスソフトがまとめたものです。

### ご講演内容

#### 1. 講演内容

**1.1. 計算・データ・学習の融合とBDEC計画の全貌**  
東京大学情報基盤センターは、1965年の設立から2025年で節目となる60周年を迎えた。日本で最も古い学術向けスーパーコンピュータセンターとしての歴史を持ち、現在は全国8大学からなる「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」の中核として、日本のハイパフォーマンス・コンピューティング（HPC）を牽引している。同センターが現在、最も注力しているのが「計算（Simulation）」「データ（Data）」「学習（Learning）」の三要素を高度に融合させる「S+D+L」という新たなパラダイムである。この概念を具現化するのが、約10年前から推進されている「BDEC (Big Data and Extreme Computing)」計画だ。従来のスパコンの主用途は、物理法則に基づく数値シミュレーション（S）であった。しかし、近年のデータ爆発とAI技術の飛躍的發展に

より、シミュレーションに膨大な観測データ (D) を取り込み、機械学習 (L) によって計算を高速化・高度化するアプローチが不可欠となっている。これは単なる手法の組み合わせではなく、ハードウェアとソフトウェアの両面において、計算機科学の在り方を根本から再定義する挑戦である。具体的には、地球科学のような複雑なシステムを扱う分野において、観測データとシミュレーションをリアルタイムで結びつける「データ同化」や、計算コストの極めて高い物理プロセスを AI で代替する「サロゲートモデル」の開発が進められている。同センターは、これらの融合計算を支えるための先端的な計算資源として、「Wisteria/BDEC-01」や「Miyabi」などのシステムを導入し、多様化するワークロードに対応している。

## 1.2. ヘテロ環境を支える革新的基盤ソフトウェア

計算・データ・学習の融合を実現するためには、異なるアーキテクチャを持つ計算資源を混載した「ヘテロジニアス・システム」の活用が鍵となる。同センターが運用する「Wisteria/BDEC-01」は、シミュレーション用の「Odyssey (CPU ノード)」と、データ・学習用の「Aquarius (GPU ノード)」という二つの独立したノード群を内包している。Odyssey は富岳と同じ A64FX プロセッサを搭載している。これらを単一の計算基盤として機能させるには、物理的な接続だけでなく、論理的な連携を司るソフトウェア基盤が極めて重要となる。そこで開発されたのが、科研費プロジェクトとして推進された「h3-Open-BDEC」である。このプロジェクトがもたらした最大のイノベーションの一つが、通信ライブラリ「Wait-IO」だ。分散メモリ型並列計算機における通信には、MPI (Message Passing Interface) が使用されているが、Wisteria/BDEC-01 の Odyssey と Aquarius はアーキテクチャが異なるため、両者間を MPI によって通信することは不可能である。WaitIO は、Odyssey-Aquarius 間を連結する高速な InfiniBand ネットワークや高速ファイルシステム経由で、Odyssey と Aquarius 間の通信を MPI ライクなインタフェースによって実現するライブラリである。これにより、Odyssey で実行中のシミュレーション結果を、逐次 Aquarius へ転送して学習させ、その推論結果を再び Odyssey へフィードバックするという動的な連携が可能になった。

また、大気と海洋、あるいは構造と流体といった異なる物理現象を連成させる「マルチフィジックス・カプラー」の概念を拡張し、計算プロセスと学習プロセスを直接結びつける試みも特筆に値する。さらに、ファイルシステム経由とネットワーク経由の通信を自動で切り替える「Wait-IO Hybrid」などのユーティリティ群が整備されたことで、研究者はインフラの複雑さを意識することなく、高度な融合計算に専念できる環境が整いつつある。これらの基盤技術は、将来の「富岳 NEXT」においても、異なるデバイス間を繋ぐ重要な役割を果たすことが期待されている。

## 1.3. 融合計算が導くシミュレーションの最前線

融合計算の有効性は、具体的な科学的課題において驚異的な成果として現れている。その代表例が、東京大学地震研究所との共同研究による「リアルタイムデータ同化」を用いた地震波伝搬シミュレーション

である。日本全国に展開された 2,000 点規模の地震観測網「JDX ネット」からは、1 秒間に 100 回という高頻度でデータが送られてくる。これらを SINET6 経由でスパコンに取り込み、シミュレーション結果をリアルタイムで補正することで、従来の「Forward シミュレーション」では困難であった、震源断層の破壊過程の影響を考慮した正確な強震動予測が可能となった。さらに、気象予測の分野では「AI エミュレーター」の活用が劇的な効率化をもたらしている。全球規模の雲物理シミュレーションにおいて、物理法則を厳密に解くと膨大な計算時間を要する特定のプロセスを、三層パーセプトロンのようなシンプルな AI モデルで代替する試みである。高精度のシミュレーション結果を教師データとして学習させることで、精度を維持しながら計算負荷を大幅に削減することに成功した。当初は AI の精度不足も懸念されたが、入力パラメータを最適化することで、現在では実用レベルに近い精度を達成している。これらの取り組みの中でも、特に際立った成果が「アンサンブル連成計算」による 100 倍以上の効率化である。気象予測において不可欠なアンサンブル計算 (多数のシナリオ計算) において、低解像度モデルと高解像度モデルを効率的に組み合わせる手法を開発した。また、これらの一連の成果により、研究チームは文部科学大臣表彰を受賞した。

## 1.4. 量子スパコン連携とハイブリッド計算

HPC のさらなるフロンティアとして、古典的なスーパーコンピュータと量子コンピュータを連携させる「量子・スパコン連携プラットフォーム」の構築が進んでいる。これは NEDO のプロジェクト「JHPC-quantum」として推進されており、理研、ソフトバンク、東京大学、大阪大学などが参加している。量子コンピュータは、特定の探索や量子化学計算において圧倒的な優位性を持つ可能性がある一方で、大規模なデータ処理や汎用的な計算には課題が残る。そこで、スパコンをメインエンジンとし、量子コンピュータを特定のタスクを処理する「加速装置」として利用するハイブリッド計算が構想されている。

具体的には、原子や分子のエネルギー状態を求める「VQE (変分量子固有値ソルバー)」などのアルゴリズムがターゲットとなっている。量子デバイスがサンプルの生成や期待値の測定を並列で行い、スパコンがその結果をもとに最適化計算を実行するという役割分担である。東京大学では、この連携を容易にするために「Wait-IO」を Python に対応させ、既存の量子計算フレームワーク (CUDA-Q 等) との統合を図っている。JHPCN-quantum では、IBM 製の超伝導型 (ibm\_kobe、神戸) と Quantinuum 社製によるイオントラップ型 (REIMEI、和光) という 2 基の量子コンピュータを導入し、これらと富岳、Miyabi を接続した量子スパコン連携を推進している。

この他、東京大学が主導する量子イノベーションイニシアティブ協議会 (QII) が運用する、川崎に設置された ibm\_kawasaki システム (ibm\_kobe と同等の性能) を Miyabi と連携させる試みも始まっている。ここではデータ活用社会創生プラットフォーム「mdx」上にワークフローサーバーを構築し、オープンソースの「Prefect」などを活用して、量子スパコン連携を実現している。このように、量子計算を「遠い将来の技術」としてではなく、現在の HPC エコシ

ステムの一部として統合していくアプローチは、日本の計算機科学における独自の強みとなりつつある。

### 1.5. 富岳 NEXT の展望とプログラミング変革

現在、日本の次世代フラッグシップ機「富岳 NEXT」に向けた開発が加速している。富岳 NEXT は、富士通の低消費電力 CPU「Monaka-X」と NVIDIA 製の最新 GPU を組み合わせた構成となることが公表されている。特筆すべきは、アプリケーション性能において「富岳比 100 倍」という極めて高い目標を掲げている点だ。しかし、ハードウェアの倍精度演算性能 (FP64) そのものの向上は数倍程度に留まると予測されており、この 100 倍という目標を達成するには、アルゴリズムとソフトウェアの大胆な刷新が不可欠である。その有力な武器となるのが、AI 計算向けの低精度演算 (INT8 や FP16) を活用して倍精度 (FP64) 相当の精度を得る「尾崎スキーム」などの混合精度演算技術だ。ハードウェアの進化が AI 向けに最適化される中、数値計算の側がその特性を逆手に取り、高性能を劇的に引き出すための研究開発が進められている。また、膨大な数の CPU ユーザーをスムーズに GPU 環境へ移行させるため、RIST、東京大学、筑波大学、東京科学大学が中心となり、全国規模の技術支援組織「次世代 HPC・AI 研究開発支援センター (HAIRDESC)」が立ち上げられた。しかし、技術以上に困難な課題は「Fortran からの脱却」という文化的な変革かもしれない。日本の科学技術計算を長年支えてきた Fortran は、最新の GPU 環境や広大な AI エコシステムとの親和性において課題を抱えつつある。今後 10 年を見据え、C++ やポータブルなプログラミング環境 (Kokkos 等) への移行、あるいは生成 AI を用いた自動コード変換を戦略的に進める必要がある。富岳 NEXT への道は、単なるマシンの更新ではない。それは、計算手法、アルゴリズム、そしてプログラミング言語に至るまで、日本の計算科学の土壌そのものを、AI と協調する新たなステージへとアップデートする歴史的なプロセスなのである。

### 1.6. 聴講における感想 (アドバンスソフト)

東京大学情報基盤センターが推進する BDEC 計画や「富岳 NEXT」に向けた展望は、日本の計算科学を新たなステージへと引き上げる革新的な取り組みであり、プログラム開発に従事する立場として、より高速な計算環境が整備され、広く公開されることは非常に喜ばしいと感じる。一方で、ハードウェアが高度にヘテロジニアス化 (多様化) する中で、その潜在性能を最大限に引き出すための最適化には、従来以上に多大な工数が求められている。

報告の中で触れられた「Fortran からの脱却」という文化的な変革やプログラミング言語の移行は、長年資産を積み上げてきた技術者にとって、開発効率や信頼性の維持という面で極めて大きなリスクを伴うものである。今後の HPC 環境においては、特定の言語への移行を強いるだけでなく、Wait-IO や H3-Open-BDEC のような、インフラの複雑さを隠蔽するミドルウェアの拡充を強く期待したい。研究者や開発者が、ハードウェアの細部を意識することなく高度な融合計算に専念できる「使いやすい」基盤ソフトウェアの整備こそが、真の計算機科学の発展に直結すると確信している。

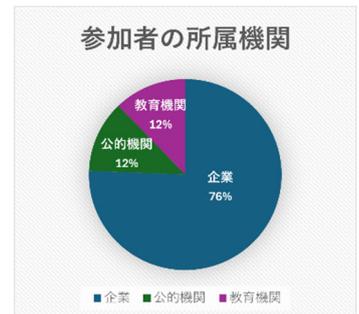
### 【ご経歴・ご研究内容】

東京大学 工学部 航空学科卒業 (1985)、テキサス大学 オースティン校大学院修了 (1993)、三菱総合研究所 (1985-1999)、高度情報科学技術研究機構 (RIST) (1999-2004)、東京大学 理学系研究科 (2004-2008) を経て 2008 年より現職。2018 年より理化学研究所計算科学研究センター (R-CCS) 副センター長を兼務。専門は、高性能計算 (High-Performance Computing)、計算力学、数値線形代数。

## 参加者のご意見

申込者は 114 名、当日の参加者 (視聴者) (社外) は 82 名でした。

参加者 (視聴者) の内訳は、企業が 62 名、公的機関が 10 名、教育機関が 10 名でした。主な業種は、「材料/素材」、「電機/精密機器/IT 機器」、「建築/土木」でした。主な職種は、「研究/開発」、主な職種は、「研究/開発」で



した。セミナー後のアンケートは、73 名からご回答いただきました。満足度の平均値は 10 点満点中 7.6 と高評価でした。また、「AI 活用から、今後の HPC 展望まで幅広い内容でとても参考になった。」や「最先端研究者の方の「実感」としてのお話が聞きたかったので、とても楽しかった。」等、満足度の高い講演であったことがうかがえるご感想をいただきました。

## 公開資料

ご講演の YouTube 動画は、右の QR コードからご覧いただくことができます。



ご講演の資料は、右の QR コードの「資料をダウンロードする」からログイン後、ダウンロードすることができます。ログインアカウントをお持ちでない方は、「資料をダウンロードする」から新規メンバー登録後、ログインしてダウンロードすることができます。



右の QR コードから過去のアドバンス・シミュレーション・セミナーの YouTube 動画をご覧いただくことができます。



2024 年度に開催したセミナーの各記事の一つにまとめて、24 ページの冊子として発行いたしました。全 10 回分の記事を一度にご覧いただけますので、ぜひお手元にてご一読いただけますと幸いです。



## 2025 年度の開催日程

アドバンス・シミュレーション・セミナー

2025 の開催要領

<https://www.advancesoft.jp/seminar/33224/>



No.	日程 受付状況	内容	テーマ
第 1 回	5 月 30 日 (金) 終了	「太陽内部の磁気乱流シミュレーション」 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授 堀田 英之 様	磁気流体力学 ・ HPC
第 2 回	6 月 13 日 (金) 終了	「流体乱流における同期現象とデータ駆動型手法」 東京理科大学 理学部 第一部 応用数学科 准教授 犬伏 正信 様	データ同化、 機械学習
第 3 回	7 月 18 日 (金) 終了	「火災・爆発災害のリスク低減への燃焼研究の応用」 東京理科大学 創域理工学研究科 国際火災科学専攻 教授 土橋 律 様	火災・爆発 災害現象
第 4 回	8 月 1 日 (金) 終了	「AI 新時代を切り拓く政府の次世代 HPC 戦略の展望」 文部科学省 研究振興局 参事官 (情報担当) 付 計算科学技術推進室 室長 栗原 潔 様	政府の 科学技術政策
第 5 回	9 月 12 日 (金) 終了	「量子技術を応用した次世代流体解析基盤の確立に向けて」 九州大学 工学研究院 航空宇宙工学部門 准教授 久谷 雄一 様	流体工学、 量子演算
第 6 回	10 月 17 日 (金) 終了	「火災・爆発現象のモデリングおよび早期異常検知」 東京理科大学 創域理工学研究科 国際火災科学専攻 教授 桑名 一徳 様	火災科学、 燃焼理論
第 7 回	11 月 7 日 (金) 終了	「AI とシミュレーションが駆動する創薬分子設計」 東京科学大学 情報理工学院 情報工学系 准教授 大上 雅史 様	AI 創薬
第 8 回	11 月 28 日 (金) 終了	「原子力から考える汎用解析コードの役割と可能性」 早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 共同原子力専攻 教授 山路 哲史 様	総合理工学
第 9 回	12 月 19 日 (金) 終了	「『計算・データ・学習』融合と富岳 NEXT、その先にあるもの」 東京大学 情報基盤センター スーパーコンピューティング部門 教授 中島 研吾 様	計算科学・ 計算機科学
第 10 回	2026 年 1 月 23 日 (金) 終了	「地層処分の安全評価におけるシミュレーションの活用と展望」 原子力発電環境整備機構 技術部 性能評価技術グループ グループマネージャー 石田 圭輔 様	地層処分

アドバンス・シミュレーション・セミナー2026 第 1 回 4 月 17 日 (金) 開催いたします。

ホームページより、お申込みください。引き続きよろしくお願いたします。

【お問い合わせ先】

アドバンスソフト株式会社 出版事業部  
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台四丁目 3 番地 新お茶の水ビルディング 17 階西  
E-mail : [office@advancesoft.jp](mailto:office@advancesoft.jp) <https://www.advancesoft.jp/>



当社では随時人材の募集も行っております。  
<https://www.advancesoft.jp/recruit/>



Copyright © 2026 AdvantageSoft Corporation. All right reserved.