

アドバンス・シミュレーション 第3回 ・セミナー 2026

2026年7月17日(金) 開催

プログラム

1. アドバンスソフト株式会社についてと、先生のご紹介 1
2. **招待講演**
「天の川銀河を星一つ一つまで再現したシミュレーション」 3
東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 教授 泉 聡志 様
3. アドバンスソフトからの情報提供 16

講演概要

「天の川銀河を星一つ一つまで再現したシミュレーション」

東京大学 大学院理学系研究科 天文学専攻 教授 藤井 通子 様

夜空に輝く天の川は、円盤銀河と呼ばれる円盤状に集まる星々です。太陽もその中の星の一つであり、我々は天の川銀河の円盤の中にいるため、常に円盤を横からしか見ることはできません。

しかし、様々な観測から、天の川銀河には、渦巻状の腕や、超新星爆発によって作られたバブル、円盤上方に吹き上げられる高温のガスなど、豊かな構造が知られています。数値シミュレーションによって、天の川銀河を丸ごと再現することで、これらの現象の関係を明らかにしていくことができます。

そのために、「富岳」や GPU スパコン、AI を用いて、世界最大規模のシミュレーションを行う取り組みについてお話しします。



アドバンスソフト株式会社についてと 先生のご紹介

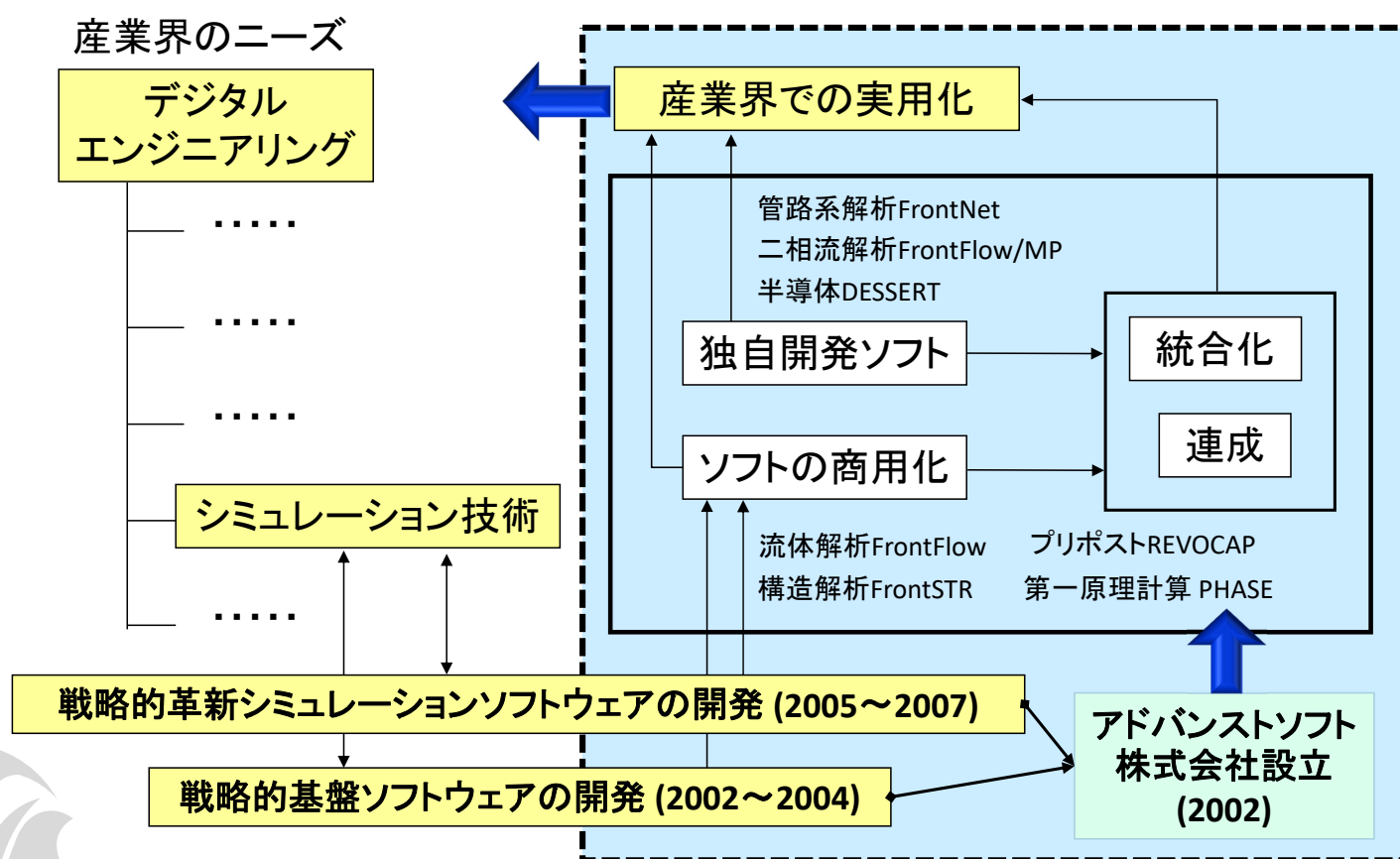
第3回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2026
(東京大学 大学院理学系研究科 天文学専攻
教授 藤井 通子 様)

2026年7月17日 (金) 開催
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2026 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

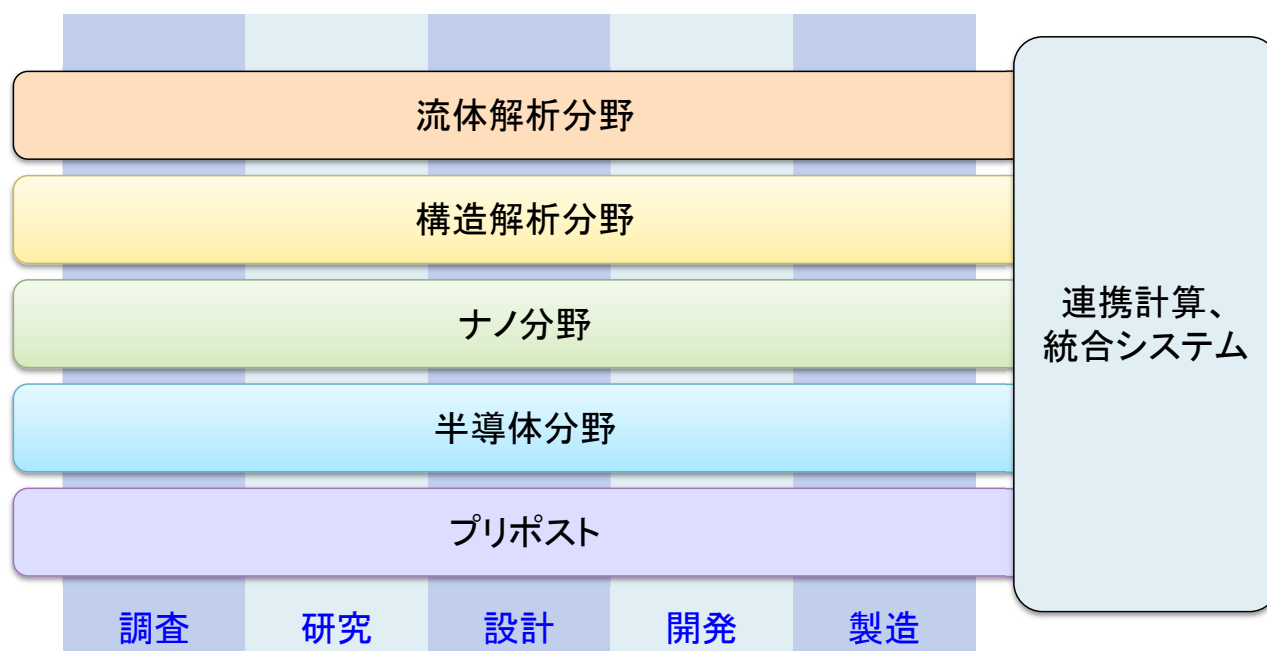
1

アドバンスソフトとは



Copyright ©2026 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

藤井 通子 先生 のご紹介

ご経歴

2010年	東京大学 大学院理学系研究科 博士課程修了。
	鹿児島大学、オランダ・ライデン大学、 日本学術振興会 特別研究員、国立天文台 特任助教を経て、
2016年	東京大学 大学院理学系研究科 准教授。
2026年	同 教授。

ご研究内容

星団や銀河といった重力によって多数の星が集まる系（重力多体系）の数値シミュレーションを専門とする。「富岳」成果創出加速プログラムにも参加。

天の川銀河を星一つ一つまで 再現したシミュレーション

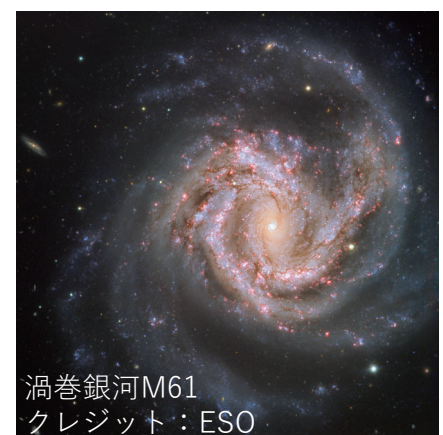
藤井 通子

(東京大学理学系研究科天文学専攻)

画像：銀河形成シミュレーション（クレジット：斎藤貴之）

自己紹介

- 2010年学位取得（東京大学理学系研究科天文学専攻）
- 主な研究テーマ：大規模数値シミュレーションを用いた銀河や星団の進化
 - スパコンを使ってシミュレーション（「富岳」等、1000CPUコア以上を使う）
 - 2025年度まで：「富岳」成果創出加速プログラムの内、宇宙・惑星の課題のサブ課題代表
 - GPUクラスタを使ったプロジェクトにも参加
 - 2014年ゴードンベル賞ファイナリストのメンバー：アメリカのGPUクラスタ「Titan」を使って、18600GPU並列計算



天の川銀河

- 私たちの住んでいる銀河
- 常に横からしか見ることができない

©ESO/Yuri Beletsky

VLT@チリ

渦巻銀河

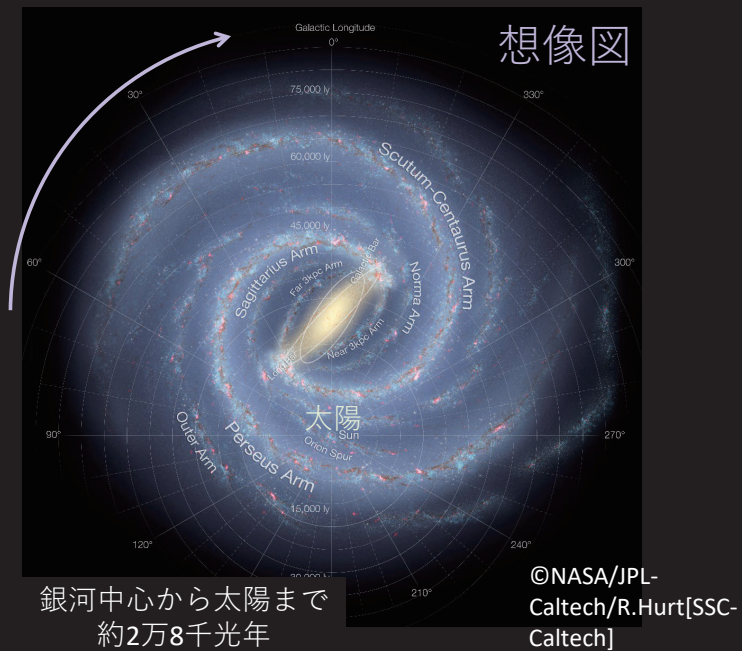
- 星とガスでできた円盤
- 渦巻き腕を持つ
 - 渦状腕（かじょうわん）、スパイラルアーム
 - 真ん中に棒がある⇒棒渦巻銀河
- 見えないダークマターのかたまり（ダークマターハロー）の中にある

ダークマター
ハロー

Credit: ESA/Hubble & NASA

天の川銀河も渦巻銀河

- 上から見ると渦巻き
 - 棒渦巻銀河
- 観測から渦巻き腕があることがわかっている
- 本当は誰も上から見たことはない
- 星の運動は、太陽の近くなら測れる
 - 位置天文学衛星：Gaia
 - 星は円盤内を動いている
 - 数億年で1回転、腕の形も変わるが、人間の寿命の間にその動きを直接見ることはできない
 - シミュレーションと比較することで、銀河全体の運動を理解できる



銀河のシミュレーション

- 星、星間ガス、ダークマターからなる系
- これらを粒子で表現し、その運動を計算し、時間発展させる
 - ある時間で重力や流体の計算を行い、常微分方程式を数値積分
- 多数の粒子からなる系のシミュレーション
 - 銀河、星団、惑星系など
- 毎ステップ、粒子間に働く重力を計算→位置と速度を更新
- シンプルな運動方程式

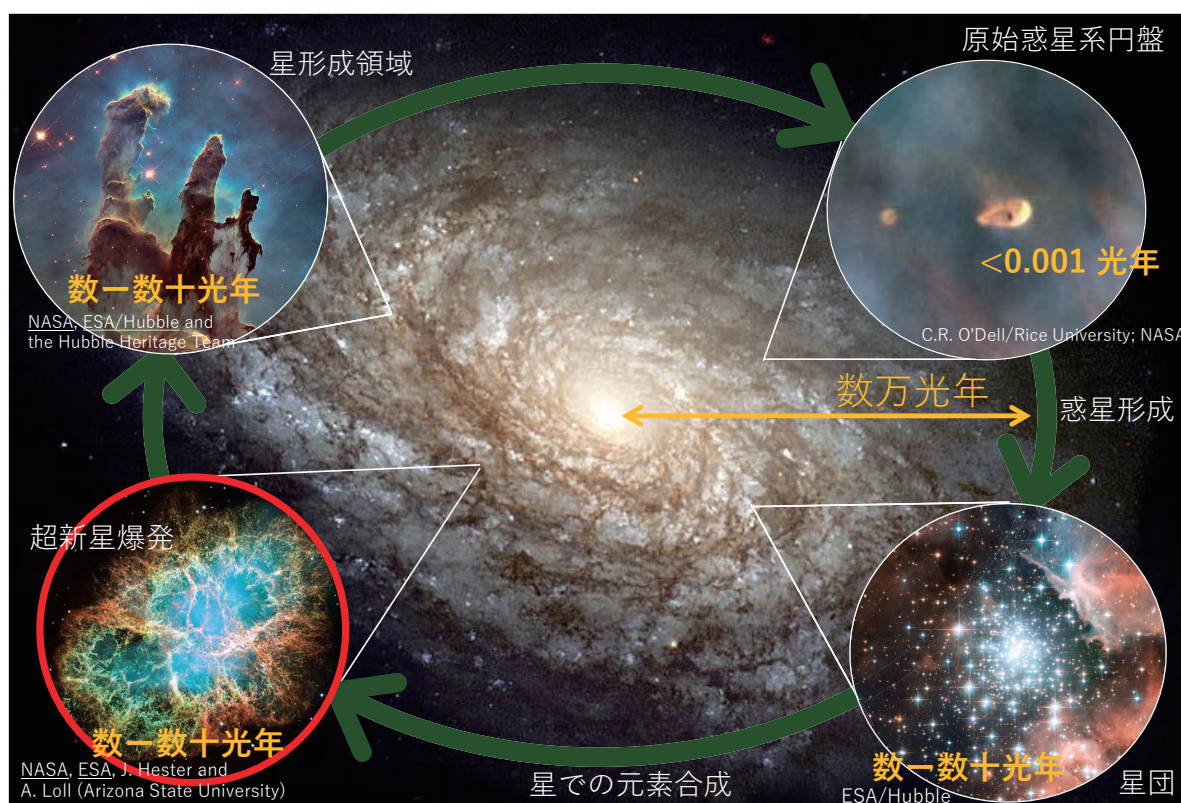
$$\frac{d^2 \mathbf{x}_i}{dt^2} = \sum_{j \neq i, 1 \leq j \leq N} Gm_j \frac{\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i}{|\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i|^3}$$

- まずは「重力のみ」から

<https://4d2u.nao.ac.jp/movies/20120401-galaxy/>

渦巻銀河の運動と星間ガス

- 腕などの大局的な構造は重力によって決まる
- 腕の中に主に水素からなる星間ガスが集まる
- 低温(<100K)のガスから星が生まれる
- 星の中で元素合成が起こり、様々な元素ができる
- 星の死と共に銀河内に還る
- 繰り返し



これらをできるだけ全部取り入れてシミュレーションしたい！

The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

天の川銀河のシミュレーション

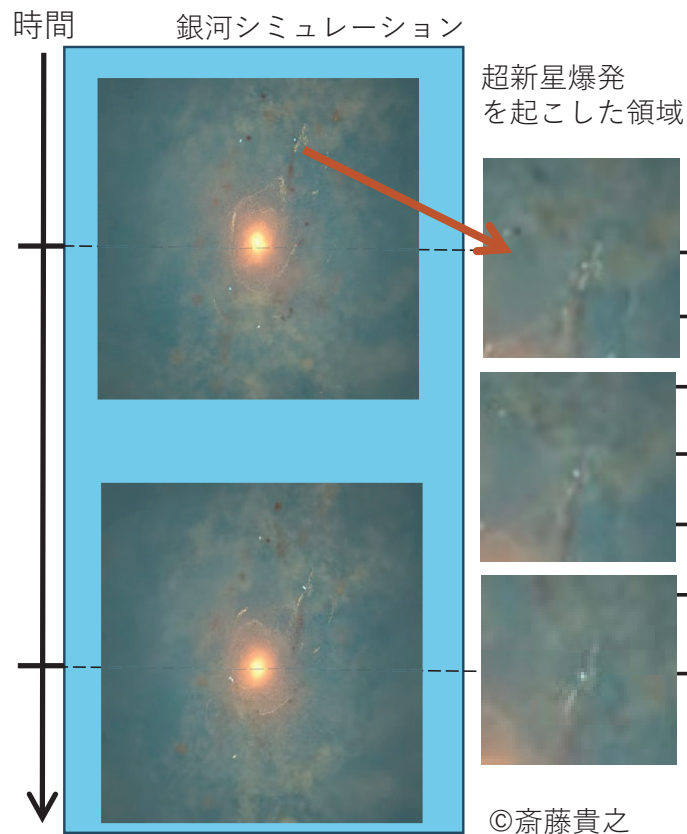
- 星、星間ガス、ダークマターからなる系
- 粒子系としてシミュレーションすることを考える
 - ガスやダークマターも粒子分布で表現
- 今のスパコンで扱える粒子の数は 10^9 個くらい
 - 天の川銀河の銀河円盤の星の数は 10^{10-11} 個くらい
 - 数個の星を一つの粒子として扱う方法が主流
→ 星一つ一つを粒子で表現したい
- 幅広い時間・空間スケール
 - ダークマターハローの直径： $\sim 2 \times 10^6$ 光年
 - 超新星爆発の広がる範囲：数十光年
 - 銀河の1回転： $\sim 10^8$ 年
 - 超新星爆発の広がる時間：1000年

できるだけ大規模なシミュレーションをするには

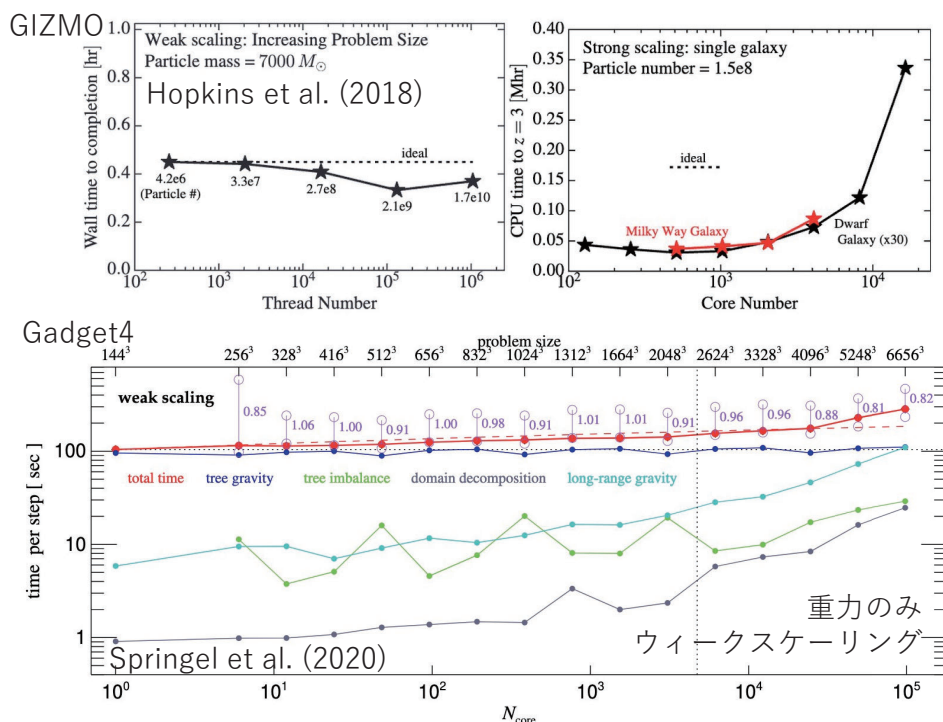
- 十分なメモリ、十分に速い計算、十分少ないステップ数
- 並列計算を使って並列度を上げれば、メモリは確保できる
- 並列計算を行うと、ノード間通信が必要となる
 - 1000ノードを超えてくると、通信に工夫が必要
 - できるだけノード間通信を減らせるアルゴリズムだと良い
- GPUを使うと一部の計算は速くなる
 - どこをCPU/GPUで計算させるのか
 - CPU-GPU間のデータ転送の工夫は必要

銀河の大規模並列 シミュレーションの課題

- 銀河の構造は細かいところまで見るとかなり複雑
 - 一部の低温高密度ガスから星が生まれる
 - 寿命が来た大質量星は超新星爆発を起こして、周囲の星間ガスを高温に
- 細かい構造は短い時間スケールで時間変動するので、時間刻みも短くなる（全体の構造の時間スケールに対し3-5桁違う）
- 短い時間刻みを必要とする粒子は一部
 - ロードバランスが悪くなる
 - ノード間通信が増えて、通信のオーバーヘッドが大きくなる
(10000コアを超えてくると致命的)
 - 富岳：14万ノード、Frontier：3万8千GPU



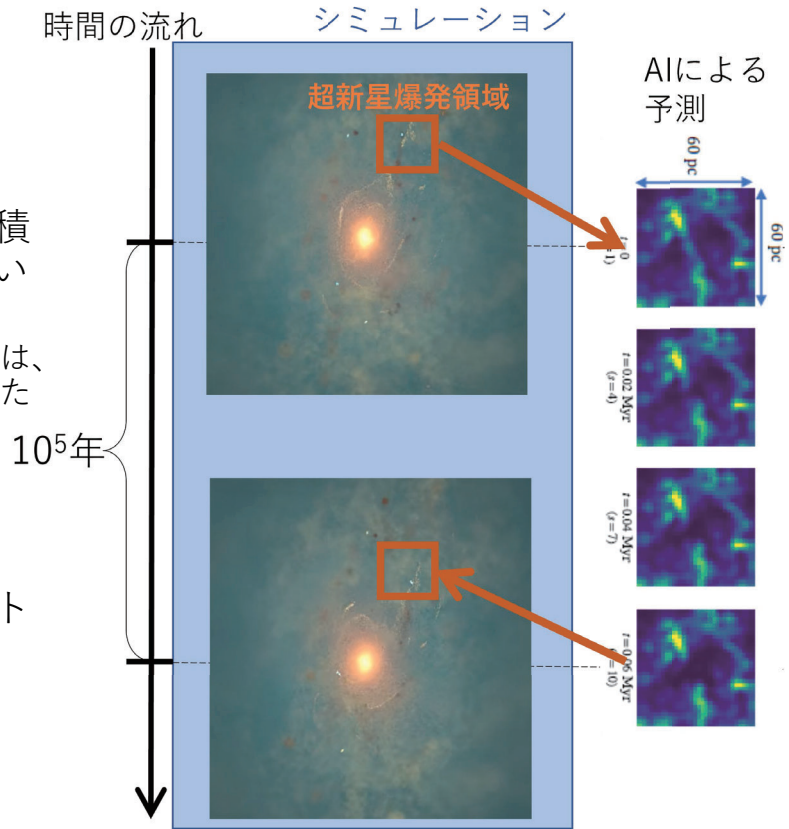
銀河のシミュレーションでの並列化効率



- 現在の銀河形成シミュレーションで用いられているコードの並列化効率の例
- 数千コアを超えるとそれ以上速くならない
- 銀河の規模を固定すると、粒子数 N を増やして分解能を上げるとステップ数は $N^{1/3}$ で増える
- 1ステップごとに通信が必要なので、ステップ数はできるだけ少なくしたい

AIの利用

- 短い時間刻みを必要とする現象を、数値積分せずにAIによる予測で置き換えられないか？
 - 今でも、分解できない小さなスケールの現象は、サブグリッドモデルと呼ばれる物理に基づいたモデルで計算されている（例：星形成）
- 超新星爆発後のシェルの膨張シミュレーションの結果を学習
→機械学習で予測するモデル（サロゲートモデル）を作成（平島、藤井他 2023）
- 銀河のシミュレーションに組み込む

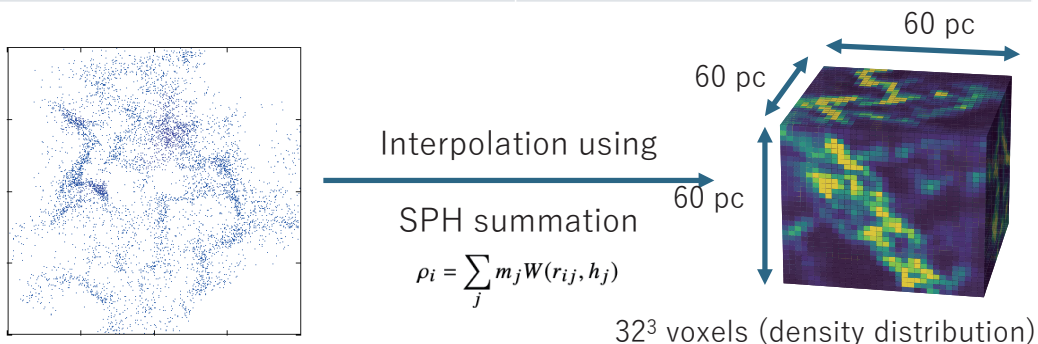


学習データの作成

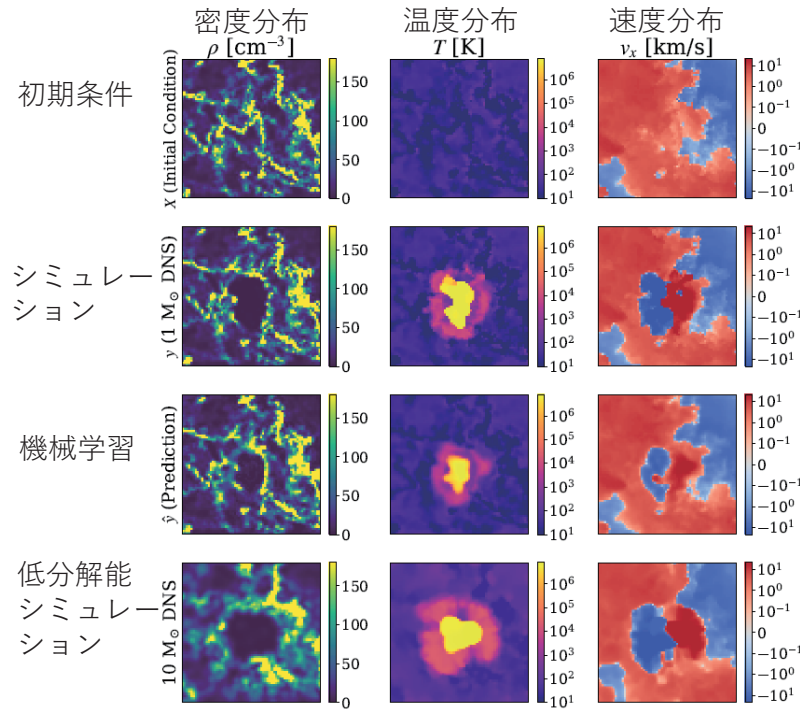
平島、藤井他 (2023, MNRAS)

粒子法(smoothed particle hydrodynamics)で計算した超新星爆発後のシェルの膨張を3次元メッシュデータへ

ガスの温度	10 [K]
ガスの平均密度	40 ~ 60 [cm ⁻³]
爆発のエネルギー	10 ⁵¹ [erg]
ガスの総質量	10 ⁶ [M _⊙]
ガス粒子一つの質量	1 [M _⊙]
ソフトニング長（空間分解能）	0.5 [pc]



超新星爆発後のシェルの膨張のAIによる再現



• U-Netを用いて、密度、温度、速度を予測

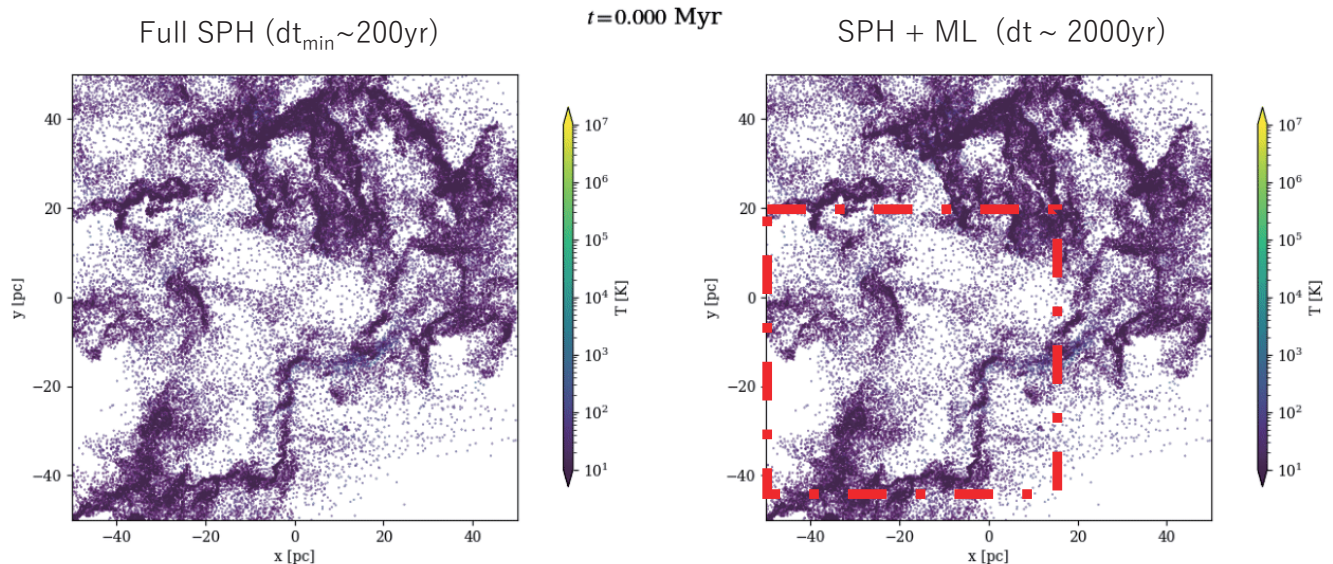
- 大規模シミュレーションに組み込むため、高速かつ軽量（メモリをあまり使わない）なモデルが必要
- 森脇（東京大学）、S. Ho (Flatiron Institute, US)との共同研究

• 低分解能のシミュレーションより、機械学習の方が高分解能のシミュレーション結果に近い

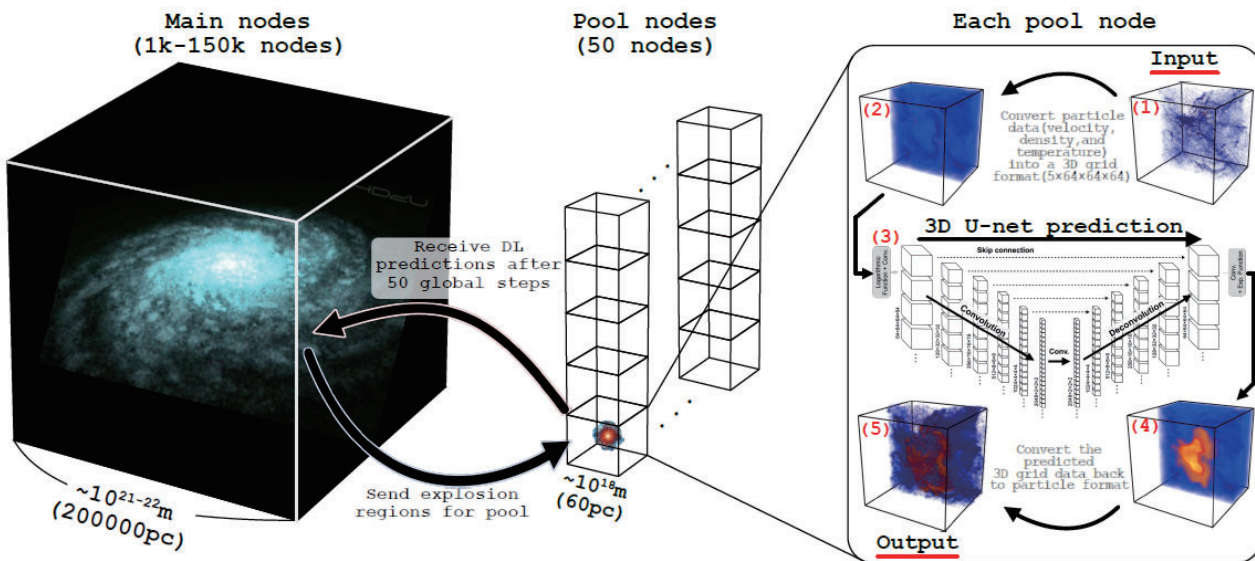
- エネルギーが保存していない系
- 運動エネルギーや熱エネルギーのずれ方にバイアスがないことは確認

シミュレーションに組み込んで時間積分してみる

$t=0$ で起こったSNに対して $t=0.1\text{Myr}$ 時点でのシェルの広がりを予測した後、シミュレーションにその結果を入れて、続きを計算する。破綻しなければOK。



銀河シミュレーションに組み込む

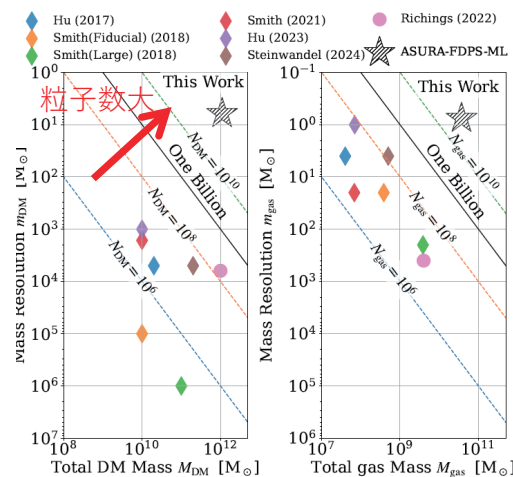
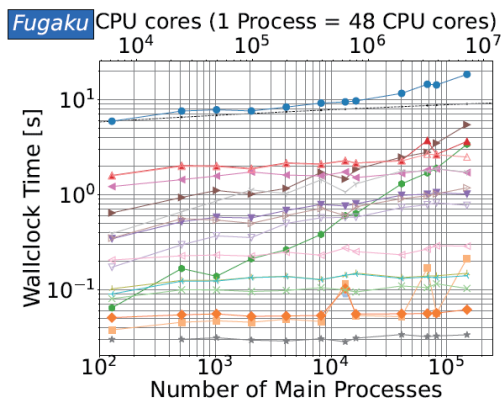
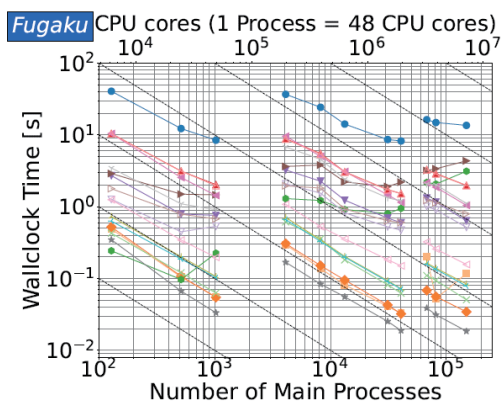


平島、藤井他 (SC25) より

- 50MPIプロセス(Pool nodes)をMLのように確保
- 残りのプロセス(Main nodes)は重力・流体計算、時間積分などを行う

「富岳」での大規模実行

平島、藤井他 (SC25)



合計 3×10^{11} 粒子

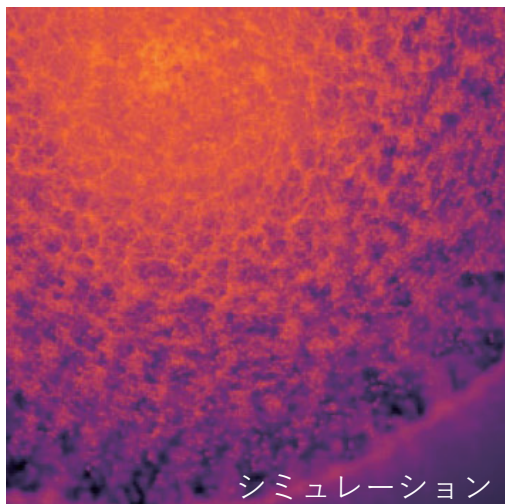
- 1ステップ10秒を切るくらいまで速度が出る（2か月で10億年の計算が終わる）
- 10000並列を超えてくると、通信が見えてしまう
 - 1プロセスあたりの粒子数が増えれば、相対的に通信は気にならなくなる
- 重力計算が一番重い、計算は効率よくできていて、流体計算など、重力以外の部分が同じくらいボトルネックとなってしまう

GPUへの対応

- 現在、Top500の上位はほとんどGPUクラスター
- CPUよりも同じ計算を同時に並行して行える
 - AIで活用されている
- 重力計算・流体相互作用計算に用いているライブラリ「FDPS」はGPUにも対応している
 - 日本は重力計算にGPUをいち早く導入していた
濱田他、2009年ゴードンベル賞
- 東大・筑波大の「Miyabi」、ヨーロッパの「JUPITER」、アメリカの「Aurora」を用いてパフォーマンス測定
- 今後はGPUでパフォーマンスが出せるように

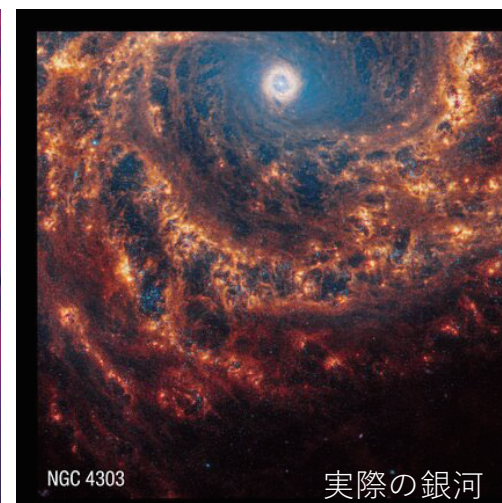
星一つ一つまで再現した 天の川銀河シミュレーション

- まだ、詳細な解析はこれからだが…
 - 渦状腕の運動と星形成の関係
 - 超新星爆発がトリガーする星形成
 - 超新星爆発による星間ガスの巻き上げ
 - ハロー領域と円盤のガスのやり取り



シミュレーション

平島、藤井他 (SC25)



実際の銀河

NASA, ESA, CSA, STScI, J. Lee (STScI), T. Williams (Oxford), PHANGS Team, E. Wheatley (STScI)

まとめと今後の展望

- 天の川銀河サイズの銀河の形成過程を星一つ一つまで再現してシミュレーションするには…
 - 5桁以上異なる時間・空間スケールを扱うことが課題
 - 一部の領域で極端に短い時間刻み→大規模並列計算のボトルネック
- 機械学習で時間積分の結果を代替することで短い時間刻みをなくす
 - これまでも分解能が足りない部分は「サブグリッドモデル」で代替されていた
 - より良いサブグリッドモデルとも言える
 - 超新星爆発については動いており、銀河全体の大局的な性質は正しく再現されている
- ポスト「富岳」はGPU
 - 現在、Top500の上位はほとんどGPUクラス
 - 一番重い重力計算部分はGPUでの実績が多くあり、すでに動いている
 - 天の川銀河のガスは円盤の星の10—20%。ガスが十分多ければ、流体計算もGPUで速くなる

アドバンスソフト
からの情報提供

1. 今後のセミナー予定
2. セミナー資料のダウンロード
3. アーカイブ動画のご案内

Copyright ©2026 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

今後のセミナー予定

No.	日程		内容	テーマ
第4回	8月28日（金）	受付中	「第一原理計算と古典溶液理論の融合で挑む電気化学界面」 筑波大学 計算科学研究センター 量子物性研究部門 教授 大谷 実 様	第一原理計算・電気化学
第5回	9月18日（金）	受付準備中	「数値計算・機械学習を活用した触媒システム開発の課題と展望」 北見工業大学 工学部 機械電気系 地球環境工学科 エネルギー総合工学コース 准教授 植西 徹 様（元トヨタ自動車）	実験と計算の融合
第6回	10月23日（金）	受付準備中	「(タイトル未定)」 東京科学大学 総合研究院 難治疾患研究所 計算システム生物学分野 教授 島村 徹平 様	（仮）データ同化、創薬

※詳細につきましては後日改めてご連絡させていただきます。

下記のURLから、過去のセミナー資料をダウンロード可能です。
<https://www.advancesoft.jp/download/>

アドバンスソフト株式会社

シミュレーション図書館（資料ダウンロード）

ホーム / シミュレーション図書館（資料ダウンロード）

シミュレーション図書館（資料ダウンロード）について

- 初めてご利用いただくお客さまは、「新規メンバー登録（フォーラム会員登録）」をお願いします。ご登録いただきますと、いただいたメールアドレスあてにダウンロード用のログインパスワードをお知らせいたします。
- ログインパスワードをお持ちのお客さまは、お客さまのご登録されたメールアドレスと、こちらからお知らせしましたパスワードで、ログインしてください。ログイン中はどの資料もダウンロードいただけます。
- 会社案内、会社概要、開発実績は、ログイン不要でダウンロードいただけます。
- ご登録いただいたメールアドレスあてに、メールマガジンやアドバンスソフトからのご案内をお送りさせていただきます場合がございますので、ご了承ください。
- 資料に含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。

資料カテゴリー一覧

パッケージソフトウェア▷ナノ・バイオ 半導体 流体 管路系 二相流 防災 構造 統合環境
解析・コンサルティング▷防災・地震 二相流 2次電池 その他

資料一覧

アドバンス・シミュレーション・セミナー

検索

【解析・コンサルティング（その他）】> セミナー資料（【オンラインセミナー】第1回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025「名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授 堀田 英之 様」）20250530_all【全体】

カテゴリー 解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング（その他）】> セミナー資料（【オンラインセミナー】第2回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025「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」）20250613_all【全体】

カテゴリー 解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング（その他）】> セミナー資料（【オンラインセミナー】第3回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025「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」）20250718_all【全体】

カテゴリー 解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング（その他）】> セミナー資料（【オンラインセミナー】第4回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025「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」）20250801_all【全体】

カテゴリー 解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング（その他）】> セミナー資料（【オンラインセミナー】第5回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025「九州大学 准教授 久谷 雄一 様」）20250912_all【全体】

カテゴリー 解析・コンサルティング

Copyright ©2026 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

YouTubeにて、セミナーのアーカイブ動画を配信中
<https://www.youtube.com/user/advancesoft>

YouTube

検索

作成

アドバンス・シミュレーション・セミナー

作成者: advancesoft • 再生リスト・22本の動画・1,861回視聴

アドバンスソフト株式会社は、このたび、我が国における最先端研究をテーマとして...さらに

すべて再生

1 【セミナー動画】第1回 アドバンス・シミュレーション・セ...
advancesoft • 50 回視聴 • 6 日前

2 【セミナー動画】第10回 アドバンス・シミュレーション・セ...
advancesoft • 176 回視聴 • 4 か月前

3 【セミナー動画】第8回 アドバンス・シミュレーション・セ...
advancesoft • 340 回視聴 • 6 か月前

4 【セミナー動画】第7回 アドバンス・シミュレーション・セ...
advancesoft • 293 回視聴 • 7 か月前

【セミナー動画】第6回 アドバンス・シミュレーション・セ...

YouTube

検索

作成

アドバンスソフトのセミナー動画（アーカイブ）

作成者: advancesoft • 再生リスト・15本の動画・214回視聴

すべて再生

1 【セミナー動画】NanoLabo/NeuralMD 製品紹介セミナー 202...
advancesoft • 370 回視聴 • 11 か月前

2 【セミナー動画】プラントエンジニア向け流体セミナー 2024...
advancesoft • 275 回視聴 • 11 か月前

3 【セミナー動画】NanoLabo/NeuralMD 新機能および今後の開発...
advancesoft • 313 回視聴 • 1 年前

4 【セミナー動画】生成 AI・大規模言語モデルとCAE セミナー ...
advancesoft • 1162 回視聴 • 1 年前

【セミナー動画】NanoLabo/NeuralMD 新機能紹介セミナー ...



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立てる用途に限定して無料配布しています。
このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。
このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。