

「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」
(略称：富岳加速・計算宇宙惑星)

牧野淳一郎

神戸大学 理学研究科 惑星学専攻/CPS

話の順番

- 「富岳」成果創出加速プログラム
- 宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築
 - － 概要・目標
 - － 各サブ課題の構成

「富岳」 成果創出加速プログラム

- 2020 年度から 2022 年度までの 3 年間
- 4 領域 19 課題 (+ 来年度追加募集 ?)

4 領域

1. 人類の普遍的課題への挑戦と未来開拓
2. 国民の生命・財産を守る取組の強化
3. 産業競争力の強化
4. 研究基盤

1 人類の普遍的課題への挑戦と未来開拓

- 量子物質の創発と機能のための基礎科学 —「富岳」と最先端実験の密連携による革新的強相関電子科学
- 全原子・粗視化分子動力学による細胞内分子動態の解明
- シミュレーションで探る基礎科学：素粒子の基本法則から元素の生成まで
- 宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築 (計算宇宙惑星)
- 大規模データ解析と人工知能技術によるがんの起源と多様性の解明
- 脳結合データ解析と機能構造推定に基づくヒトスケール全脳シミュレーション※
- 核燃焼プラズマ閉じ込め物理の開拓

2 国民の生命・財産を守る取組の強化

- プレシジョンメディスンを加速する創薬ビッグデータ統合システムの推進
- 防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測
- マルチスケール心臓シミュレータと大規模臨床データの革新的統合による心不全パンデミックの克服
- 大規模数値シミュレーションによる地震発生から地震動・地盤増幅評価までの統合的予測システムの構築とその社会実装

3 産業競争力の強化

- 省エネルギー次世代半導体デバイス開発のための量子論マルチシミュレーション
- 「富岳」を利用した革新的流体性能予測技術の研究開発
- 航空機フライト試験を代替する近未来型設計技術の先導的実証研究
- 次世代二次電池・燃料電池開発によるET革命に向けた計算・データ材料科学研究
- 環境適合型機能性化学品
- 大規模計算とデータ駆動手法による高性能永久磁石の開発
- スーパーシミュレーションとAIを連携活用した実機クリーンエネルギーシステムのデジタルツインの構築と活用

4 研究基盤

- 全脳血液循環シミュレーションデータ 科学に基づく個別化医療支援技術の開発

歴史的経緯

- 「京」の時: (準備期間除いて) 2011-2015 の5年間の「戦略プログラム」
 - － 分野5 物質と宇宙の起源と構造
- 2015-2019 重点課題9分野、2016-2019 萌芽的課題4分野
 - － 宇宙の基本法則と進化の解明
 - － 太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明

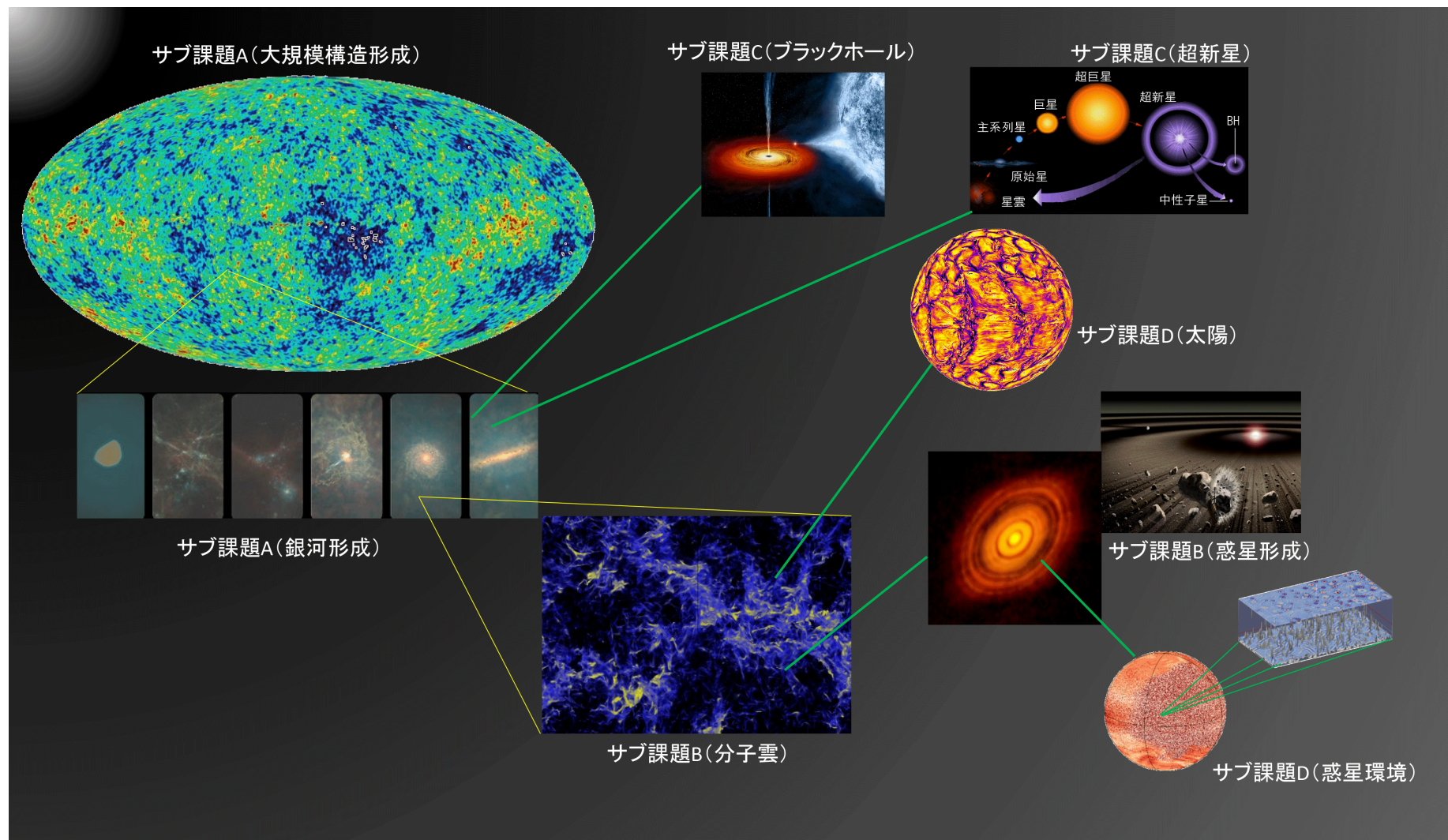
(個人的には、あんまり分野・期間を細かくわけないほうが成果につながると思うわけですが)

計算宇宙惑星課題の目標

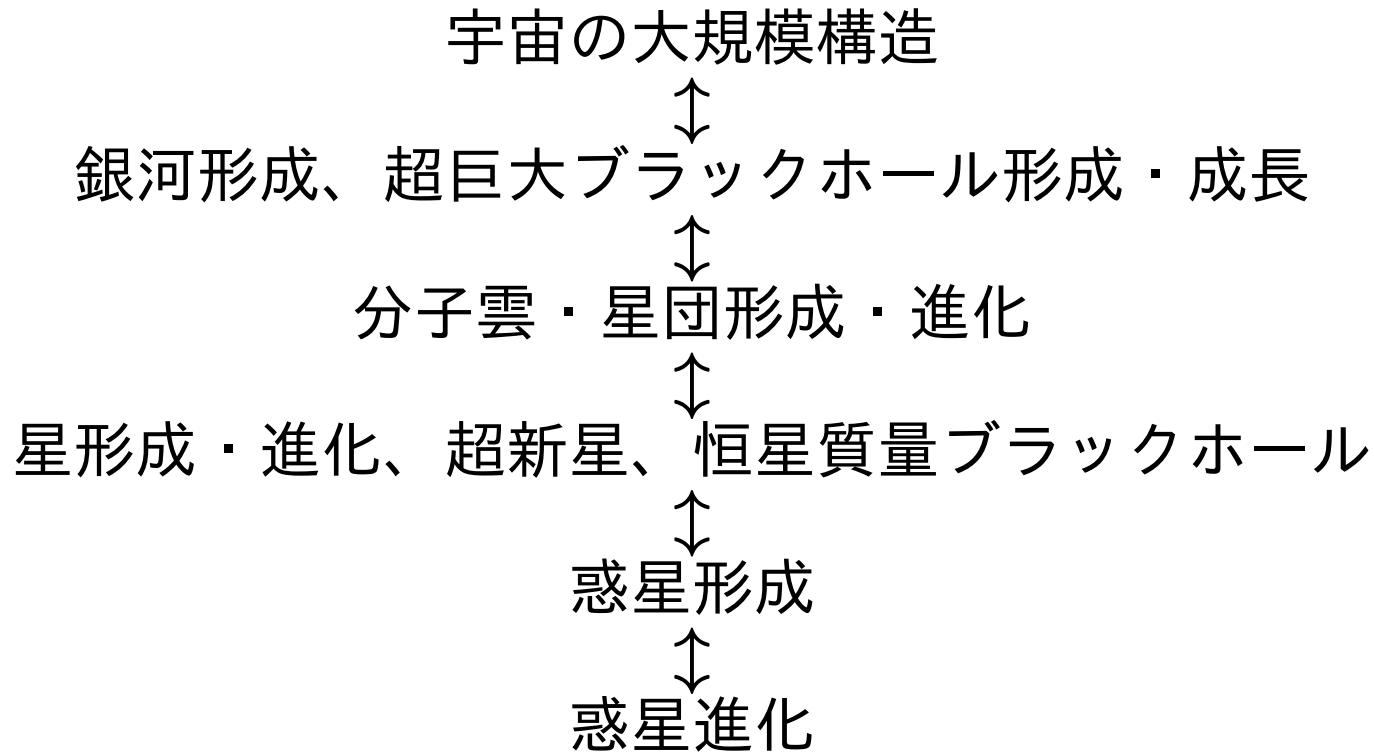
宇宙の始まりであるビッグバンから、膨張宇宙における重力不安定による構造形成、それに伴って起こる銀河形成、銀河の中での星形成、星形成に伴う惑星形成、形成後の惑星の進化、惑星表層環境の形成、さらには太陽活動とその太陽圏、地球への影響といった、宇宙における階層的な構造の形成と進化についての全体的・統一的な理解を、複数の階層にまたがって「富岳」を駆使した世界最高規模のシミュレーションと最新の観測成果を組み合わせることで構築する。

割と文字通り、「宇宙の統一的理解」

課題の構造



目標としては、、、

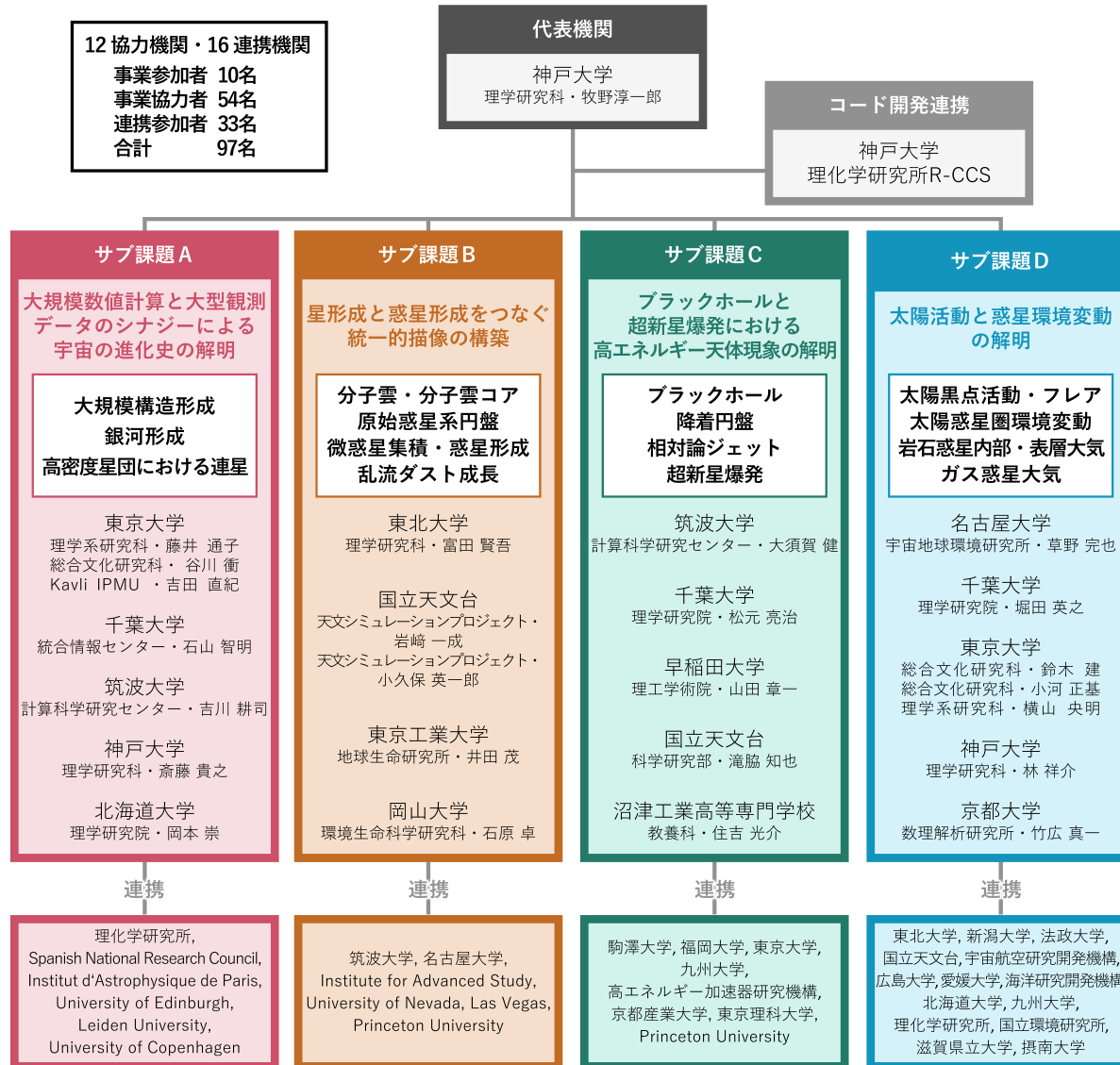


- あんまり変な仮定や近似いれないで
 - 関係する階層との相互作用もちゃんといれて
 - 観測と連携して天体形成進化を理解する
- ように「なりたい」

課題内の構成

- サブ課題 A「大規模数値計算と大型観測データのシナジーによる宇宙の進化史の解明」— 大規模構造、銀河、星団
- サブ課題 B「星形成と惑星形成をつなぐ統一的描像の構築」— 星形成から惑星形成、
- サブ課題 C「ブラックホールと超新星爆発における高エネルギー天体現象の解明」— ブラックホールとその周りの降着円盤や超新星爆発等の高エネルギー現象
- サブ課題 D「太陽活動と惑星環境変動の解明」— 惑星の内部および表層環境の動態・太陽恒星活動とその惑星環境への影響

宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築



そうはいっても

- あんまり変な仮定や近似いれないで
- 関係する階層との相互作用もちゃんといれて
- 観測と連携して天体形成進化を理解する

なんてことは本当にできるのか？

大規模構造

- はいってくる物理は重力だけ。構造自体にはバリオン物理、銀河形成はほぼ影響しない。
- ダークマターは何か？ は問題。ニュートリノもあるか？ とか
- ダークマターだけならそこそこの「精度」で計算可能。
- 観測との比較は「精密科学」になってきている (銀河形成モデルはまだはいる)

銀河形成

- 大規模構造 (宇宙論的初期条件) は割と決まった。
- 観測: GAIA で我々の銀河系個別の星レベルの位置・運動がみえる
- その理解には星団での星形成、星団の「熱力学的」進化がはいった銀河形成・進化シミュレーションが必要
- 質量分解能を太陽質量くらいにして個別の星を表現: 富岳でその辺までいきたい。
- 星形成自体はまだモデル必要。

星団形成・進化

- 星団の「熱力学的」進化は手が届きそう (ハミルトニアン分割による $O(N \log N)$ コードの開発)
- 星団形成: まだ単純な初期条件から。必要な物理が全部はいった計算かどうかはまだ問題? 将来的に銀河形成との関係を

ブラックホール・超新星

牧野がいうと嘘いいそうですが、、、

- ブラックホール、降着円盤の一般相対論的3次元輻射磁気流体計算
- 超新星爆発の3次元輻射磁気流体計算

銀河形成・星形成へのフィードバック。観測との関係。

星・惑星形成

- 星形成: 牧野がいうと嘘いいそうなので今日はパス
- 惑星形成: 色々難しいが、大規模シミュレーションは段々可能になってきた (ハミルトニアン分割による $O(N \log N)$ コードの開発)

太陽活動

物理はある意味「単純」といいいい？

- 対流層、磁場: 大規模シミュレーションでかなり「再現」
- その上。フレア、太陽圏: 連結階層シミュレーションがちゃんとできる世界

惑星環境変動

- 惑星表層：地球の気候モデルから惑星気候へ。
- 固体地球進化。マントル対流とプレートテクトニクス。プレートを扱う手法ができてきた。

まとめ

- 計算宇宙惑星では、割と本当に「宇宙の統一的理解」を目標にする。
- 「統一的理解」の意味は
 - － あんまり変な仮定や近似いれないで
 - － 関係する階層との相互作用もちゃんといれて
 - － 観測と連携して天体形成進化を理解すること。
- 詳しくは今日明日の各サブ課題の発表で。