

宇宙分野の挑戦的課題

柴田 大

(京都大学基礎物理研究所)

宇宙進化の歴史の概要

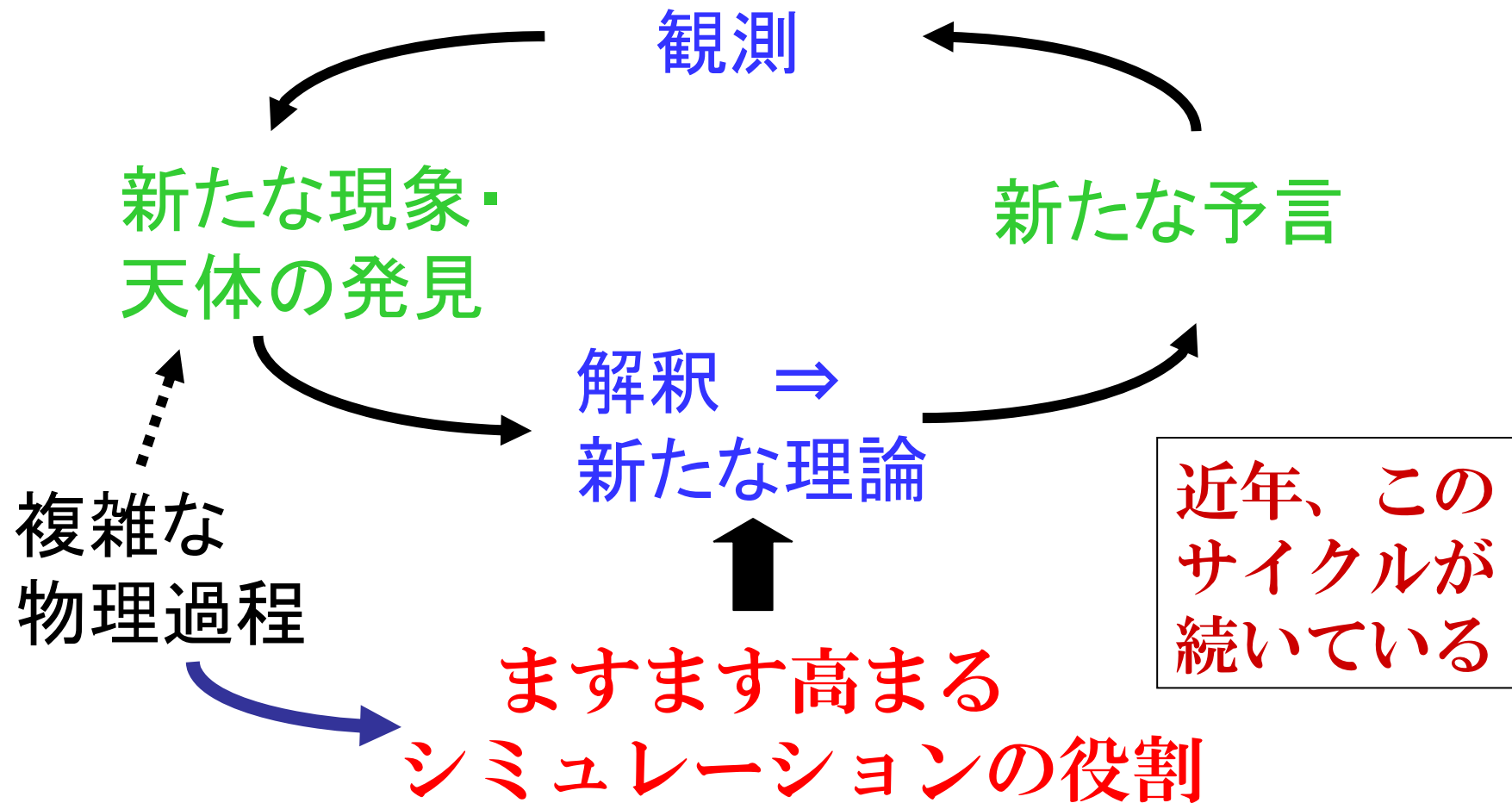
- 量子重力理論に基づく宇宙・ビッグバン
- インフレーション→最初の3分間・軽元素合成
- 宇宙の晴れ上がり・宇宙背景放射
- 最初の星・最初の超新星・最初のブラックホール
- 再イオン化・最初の銀河
- 大域的構造形成(銀河群・銀河団)
- 多様な銀河・星団の形成・進化
- 多様な星・様々な爆発現象(超新星・ γ 線バースト)
- ブラックホール・中性子星形成、ニュートリノ・重力波放射、惑星形成・太陽系誕生・生命の誕生……

これらを第一原理計算で解明したい

宇宙物理学の特徴

- 特徴① 宇宙＝大きい
⇒ 重力が支配的な対象
重力＝一般相対論、ニュートン理論、を探るた
だ 1つの分野
- 特徴② 宇宙や天体は作れない
 1. まずは、観測して探る→多くの知見
 2. 全ての観測は無理。探れない対象、探れない
深部は理論的に調べるしかない。
 3. 多くは複雑系：シミュレーションが重要な役割

宇宙物理学/天文学：学問の流れ



例： γ 線バーストの発見とその後の歴史

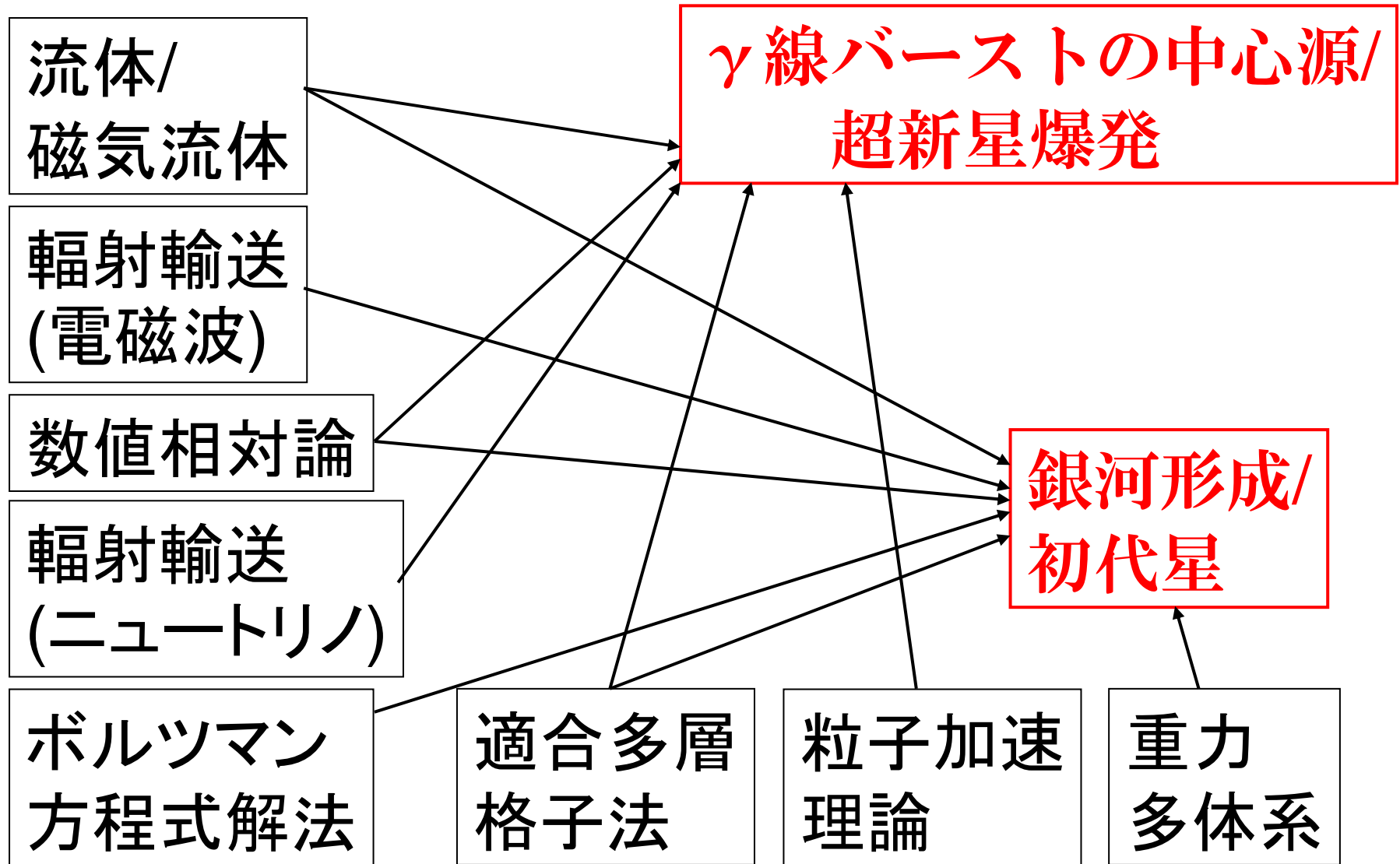
- 核実験探査衛星ベラにより見つかる(1973年)
- 年間 $\sim 10^3$ イベント、短い継続時間(~ 100 秒)、短い時間変動(\sim ミリ秒)、 $10^{32}\text{J} \times (\text{距離}/1000\text{光年})^2$
- 近傍の中性子星だろう?
- この予想は1992年まで続く
- 1992年: BATSE in CGROの発見 \rightarrow 分布が等方的!
 \rightarrow 混迷が深まる
- 1997年: BEPOSAXによる残光中の吸収線の発見
 \rightarrow 約100億光年の距離
 \rightarrow 宇宙論的とわかる
- 莫大なエネルギー: $\sim 10^{44}$ J
 \rightarrow 太陽が100億年かけて放出するエネルギーを100秒で
- 何が放射? 少なくとも一部は超新星爆発に付随。しかし大部分は未解明
- 現在の観測機: Swift, Fermi
 \rightarrow 正体は未だに不明: 情報が増えるとますます謎が深まる、のが現状
- 重力波観測が決定打か?

未解決問題のいくつか

- γ 線バースト: 宇宙最大の高エネルギー現象。
なぜこんなに高エネルギー？
- 超新星爆発: どうやって爆発するのか？
- 超巨大ブラックホール: なぜこんなに重い？
- 最初の星、最初の星団、銀河の形成:
いつ、どのように？その性質は？
- 惑星形成: 多様な惑星の形成過程は？
- 宇宙の始まり？ダークマター？ブラックホールの中心 ...

複雑な物理現象・非線形・複雑系 →
大規模計算機シミュレーションが不可欠

必要となる複数の高度な計算技術



宇宙分野内の協力体制が不可欠

- 対象が異なっても、方程式、数値計算法、並列化法の多くは共通
- しかし現在、日本では宇宙分野内でも、協力関係はあまりない
- これを機会にオール日本協力体制を
(世界的競争の中、今後不可欠に思える)
- 例えば、戦略機関に基本的なソフトウェアを集め、公開、ライブラリー化、スクール
→ 他の研究分野のコード開発に寄与、研究の進捗を相互に加速する
(掛け声倒れを監視するシステムが必要?)

分野間相互作用

- 例えば、超新星爆発、 γ 線バースト源の研究：
高温・高密度状態が実現
⇒ 原子核理論に基づく状態方程式、ニュートリノと物質の相互作用に関する知識が必須
→ 例： γ 線バースト研究に必要な核理論に基づく状態方程式は、実は手薄
→ 分野間相互作用が不可欠
→ これを機会に促進を
- 促進のためには戦略機関に多様な人を集め、半強制的にでも相互作用するような環境を作ることが必要だろう
→ 新たな学際分野が生まれるかもしれない

分野間相互作用：さらに先を

- 素粒子＝ミクロ、宇宙＝マクロ
- しかし、宇宙の始まりやブラックホールは、ミクロかつマクロな対象 → 素宇の2分野が知恵を出し合って解決されるべきもの
- 究極の課題例：弦理論(量子重力)に基づく 数値計算で宇宙創成の初期条件
→ その後の進化(インフレーション)を数値一般相対論的計算で追う (今はただの夢)
- 協力関係を確立する最初のステップに

プロフィール

柴田 大(しばた まさる)

【現職】

京都大学 基礎物理学研究所 教授

【略歴】

1989年東京工大 卒業

1993年京都大学 博士課程中退

1993年大阪大学 助手

1994年京都大学 学位取得

2000年東京大学 助教授(のち准教授)

2009年から現職