

CP-PACS プロジェクトと宇宙物理学

梅村 雅之

筑波大学物理学系／計算物理学研究センター(当時)

筑波大学数理物質科学研究科／計算科学研究センター(現在)

私と CP-PACS プロジェクトの関り合いは、1993 年6月の1本の電話から始まった。当時計算物理学研究センター長をされていた岩崎先生から突然お電話を頂き、筑波大学に宇宙物理分野を新設することになったので、筑波大に来ませんかというお誘いを受けたのである。当時、私は国立天文台理論天文学研究系で助手をしており、銀河形成の数値シミュレーションを行いながら、研究系主幹であった観山正見先生(現国立天文台長)と共に、宇宙分野における輻射輸送専用計算機製作プロジェクトに携わっていた。実は、それまで岩崎先生とは面識がなく、恥ずかしながら、CP-PACS プロジェクトのことも不案内であった。電話から1週間後、三鷹の航空宇宙技術研究所に岩崎先生が出張に来られるということで、その近くで初めて岩崎先生にお会いした次第である。そこで、岩崎先生が進められているご研究のことや、今回のポストのことについて小一時間お話を聞かせて頂いた。新天地で宇宙グループを作るということには大変魅力を感じ、赴任の件をお受けした。

また、当時天文台で同じく輻射輸送専用計算機製作プロジェクトに携わっていたのが中本さん(現東工大准教授)で、翌年(2004年6月)に筑波大の宇宙グループの助手に着任した。このため、天文台の輻射輸送専用計算機プロジェクトは頓挫する形となってしまった。

筑波大に着任当時、CP-PACS プロジェクトは既に2年目の最後に入り、計算機アーキテクチャについての詳細な検討が進んでいた。天文台で輻射輸送専用計算機なるものを考えていたとはいえ、知識・経験の面で CP-PACS と比較すると、紙飛行機とジェット機製作ほどの差があり、PVP-SW, Slide Window といったこれまで耳にしたことがない話が交わされ、当初からすっきり落ちこぼれとなってしまった。しかし、CP-PACS を使って

どういふ計算を行えば新しいことができるかということの中本さんと試行錯誤する中で、天文台の輻射輸送専用計算機の青写真が生きてきた。光の伝播を扱う輻射輸送計算は6次元の計算を必要とし、宇宙分野では前人未踏の分野であった。CP-PACSを用いることで、天文台で考えていたアルゴリズムの応用で輻射輸送計算が世界に先駆けて実現できる可能性が見えてきたのである。しかし、当時輻射輸送計算のノウハウはほとんど持っておらず、また実際に計算したとしてもその収束性すら保証されていないという代物だった。従って、輻射輸送計算について、まずは低次元の問題から始めて、これらの経験を積むという段階が必要であった。そして同時に、CP-PACSのアーキテクチャの上で、6次元輻射輸送計算をどのように実現するかという検討も必要になった。これらには、思いのほか時間を要し、何年間かがあつという間に経ってしまった。途中から須佐さん(現甲南大准教授)も宇宙グループに加わり、1999年になってCP-PACSを使った世界で初めての6次元輻射輸送計算が実現し、最初の論文が発表された。この計算により、我々は、非一様宇宙における電離光子の6次元輻射輸送を扱い、宇宙再電離過程の大規模数値シミュレーションを実現することができた。この輻射輸送計算は、その後も発展し重要な論文を製作することができた。また、その頃からCOE研究員の森正夫氏(現筑波大准教授)と共に、超新星爆発の集積効果を採り入れた銀河進化に関する高精度数値流体力学計算をCP-PACSで始めた。これは、地球シミュレータを使った結果と合わせて、銀河が原始銀河から楕円銀河へと進化する過程を解明することができた。この結果は、2006年3月のNatureに掲載された。これらはすべて、長い道のりを経ての成果であったが、共同研究者の協力を得て成し得た価値のある到達点であると思っている。

CP-PACSの輻射輸送計算は、その後も発展し現在の研究につながっている。輻射輸送の計算に流体計算を結合した輻射流体計算への取り組みは、未来開拓学術推進研究事業「次世代超並列計算機の開発」プロジェクト(1997年度～2002年度)で推進したHMCS(Heterogeneous Multi-Computer System)によって、世界に先駆けて実現することができた。HMCSは、CP-PACSに重力計算専用機であるGRAPE-6をネットワークを

介して結合した異機種融合型計算機である。流体計算を結合するとき、流体計算部分そのものは輻射輸送計算より軽いので、ホストで行うことが出来るが、重力計算部分がかかなり重くなる。そこで、重力計算をGRAPEに任せることで、宇宙輻射流体計算が実現できるようになるのである。考えてみると、GRAPEプロジェクトとは、概念設計当時から長い付き合いである。概念論文がNatureに掲載されたのが1990年である。私自身は、GRAPE製作に対してのコントリビューションはほとんどなかったが、GRAPEに近接粒子を返す機能を加えることで、粒子法流体力学の計算が $O(N^2)$ から $O(N)$ にできることを提案し、これを採り入れてもらった。GRAPE(当時は1号機GRAPE-1A)を用いた粒子法流体力学のシミュレーションを初めて行って論文を書いたのは1993年である。聞くところによれば、朴先生は慶応大学にいらした頃から、GRAPEプロジェクトとの関わりがあり、1号機のボードのラッピングのノウハウなども指導して頂いたそうである。筑波大で、HMCSという形で、一緒にプロジェクトを推進することになったのは、何かのご縁であると思う。HMCSプロジェクトは、現在FIRSTプロジェクトという形で受け継がれ、大規模輻射流体力学計算を実現するための新たな融合型並列計算機(FIRST)を製作し、大規模シミュレーションを推進している。天文台から筑波大に移ることになった1993年末から現在まで、この10数年は、宇宙輻射流体力学実現に向けての長い戦いであったように思う。縁あって、CP-PACSプロジェクトに加わったことは、宇宙輻射流体力学実現に向けての重要なステップとなった。現在の成果は、多くの共同研究者に恵まれたお蔭である。中本さん、須佐さんとの協働がなければ、宇宙輻射流体力学は実現しなかったであろう。この場を借りて、深く感謝したい。そして、岩崎前学長、宇川副学長をはじめ、これまで宇宙物理分野の研究を支援し続けてきて頂いた全ての方々に深く感謝申し上げる次第である。