

PLAIN センター ニュース

Center for PLAnning and INformation Systems

新年を迎えて

明けましておめでとうございます。

昨年の PLAIN センターは、国立情報学研究所のスーパー SINET のノードとしてネットワークの高速化整備、計算機・ネットワーク所内 LAN の維持・管理、DARTS データベースシステムの管理・運営、科学衛星データベースの構築・公開、工学データベースの構築、ネットワークセキュリティの監視等に努めて参りました。その他に今年度予定されている計算機のリプレースに向けて昨年は汎用計算機およびスーパー・コンピュータの新システムの仕様策定を進めて参りました。また、今年はいよいよ10月より、宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所の宇宙3機関が統合され、宇宙航空研究開発機構として再出発することが昨年末の通常国会で議決されました。当 PLAIN センターもこの新機構の宇宙科学研究部門の中で科学衛星運用のために(1)計算機の維持・管理、(2)ネットワークの維持・管理、(3)データベースの開発・管理を担当していくことになっております。数少ないスタッフですが一同全力を尽くして、この新しい機構の中で職務を全うしていきたいと思っています。

今年はこの組織改革の年に当たり、上記の定常的な業務に加えて、(1)スーパー SINET の宇宙科学研究への利用、(2)計算機リプレースに伴う新システムの導入、(3)新機構移行に伴う統合情報化システムの構築を進めなければなりません。宇宙研は平成13年より国立情報学研究所の基幹ネットワーク(スーパー SINET)のノード機関の1つとして、ネットワークの対外接続容量も大幅に改善(10ギガビット毎秒)されました。また、これに伴い専用回線網も充実(従来の天文台、東大、京大、名大、東北大に加え阪大、東工大、九大、北大と宇宙研の間を1ギガビット毎秒の専用回線で接続)し、宇宙科学・天文学部会内の宇宙科学研究班の活動も軌道に乗ってまいりました。さらに所内では LAN バックボーンの整備を一昨年度より進め、現在ではスーパー・コンピュータや衛星プロジェクト運用室は元より、各研究棟・実験棟の各階末端まで1ギガビット毎秒の高速通信が可能となるよう所内 LAN の整

備を完了しております。そしてこの LAN はスーパー SINET と接続されております。今年は特に3機関の統合に伴い機構内の統合情報システムの構築が急がれるところで、現在3機関の関係者がワーキンググループを作って統合ネットワークシステムの整備を検討しているところです。

計算機のリプレースに関しては、汎用機(衛星運用支援・データ処理システム)のリプレースが今年8月、スーパー・コンピュータのリプレースが平成16年3月に予定されています。現在この両システムについてそれぞれの調達日程(仕様書策定、官報公示等)が進められているところです。今年は引き続き入札、技術審査、開札、契約、納入等の調達日程を進めることとなります。今回のリプレースを終えると次のリプレースは汎用機が5年後、スーパー・コンピュータは6年後になります。特に汎用機については現行の衛星の運用に加え、Muses-C, Lunar-A, Astro-F, Astro-E2, Solar-B 等、この期間に打ち上げられる科学衛星の運用、データ処理が行えるシステムを用意する必要があります。また、DARTS システムは平成10年から平成13年に渡り JST プロジェクトとして内容の充実を計ってきましたが、このシステム自身は開発を始めて10年を経過し、データベース管理システムの改良、利用者サービスの改善等が必要となって参りました。汎用計算機リプレースに際し、この DATRS システムの改良にも取り組みたいと考えています。

今や、計算機・ネットワークは組織運営と研究開発活動を効率良く行うための根幹的な設備となっています。また、巨額の資金を投じ、多くの研究者・技術者の努力により取得された科学衛星データ資源の公開と有効利用は研究所の使命でもあり、この精神は新機構の宇宙科学研究部門にも引き継がれるべきものであります。今年はこれまで以上に多様な課題を抱え PLAIN センターのスタッフ一同精一杯頑張る所存でありますので、皆様にもご協力・ご支援をお願い致します。

(PLAIN センター長・長瀬 文昭)

コンピューター・シミュレーションで解き明かす宇宙科学 (2)

前回に続いて、最近各国の数値シミュレーション研究の競合課題となっている「数値天文台」プロジェクトについてお話します。高度高機能科学衛星や地上望遠鏡などで発見される天体現象や宇宙の進化を解き明かすには、これまでの計算機コード(プログラム)を用い格子点を細かくして最近のスーパー・コンピュータで解くという方法だけでは不十分であり、新たな物理近似の方法やプログラム開発などが必要です。今回は特に数値天文台の計算機コード開発要素について、何を目指して数値計算コード開発が行われているのか、その現状と展望を簡単に述べたいと思います。

自然現象は、一般には大きなスケールから小さなスケールが複雑に絡み合い、そしてそれらがお互いに協同化・組織化してひとつの構造が形成されています。宇宙科学が対象とする天体現象においても同様で、差し渡し100億光年の大規模宇宙の中に、10万光年の銀河がいくつも存在し、銀河の中には数光年程度の平均距離を隔てて恒星がたくさん存在しており、多様な構造を持った階層性があるのは周知のことです。この多様な階層構造は、宇宙の進化の中で、ある階層は別の階層構造の初期条件として相互に関連しあって発展しており、階層間共通の物理過程と相違点を押さえて統一的に理解することが大切です。太陽・地球系においても、惑星間空間や磁気圏は10万度から1千万度の高温プラズマで満たされており、宇宙における星や銀河と同様な物理過程で支配されていますが、そこで重要な物理素過程に衝撃波や磁気リコネクションがあります。これらを支配する物理スケールは、数十メートルのデバイ長から数十万キロメートルの磁気圏サイズの7桁にわたっており、その大規模階層構造が多様な現象を支配しています。このような様々な領域での各階層には、その階層固有の法則と階層間相互作用があり、全体系としてダイナミックなネットワークが出来ていますが、最近米国を中心に進んできている「数値天文台」プロジェクトでは、このような階層構造を、最近の

観測的研究と併せて数値計算で解き明かそうとするものです。

宇宙や太陽・地球におけるマクロとミクロスケールの宇宙階層構造を明らかにするには、大きく二つの方法があります。一つはミクロなスケールを記述する方程式と大きなスケールを記述する巨視的方程式とを結合して解く方法で、例えば、ミクロ系では第一原理に基づいて計算し、それを適当な粗視化によってマクロ方程式に組み入れる解き方で、「物理複合型計算」と呼ばれています。もう一つの方法は、現象のスケールに応じて計算格子を細かくとっていく方法で、ある現象のスケールが空間的に局在化してどんどん小さくなっていくような場合に有効な方法で、「適合格子計算」と呼ばれます。

まず「適合格子計算」は、現象の起きている構造の複雑性に応じて格子間隔を変えて数値計算精度を上げる方法ですが、この適合格子にも色々な方法があり、現象に応じて格子の形を再配置する方法や階層構造の格子を自動生成する方法など色々なアイデアがあります。例えば、星間雲から星への進化における問題などでは、自己重力により星形成の中心部分では密度が急激に上昇するので、中心部分を正確に解かなくてはなりません。従来の古典的な正方格子の計算では空間分解能が不足し原始星への進化が十分に解明できていなかったのですが、スーパー・コンピュータを用いた適合格子計算では、分子雲コア状態から暴走収縮を経て原始星に至る進化が解明できるようになってきています。また宇宙には一般にメカニズムを解く鍵となる領域で密度勾配や速度勾配を持った境界層がありますが、そこではレーリー・テラー不安定やケルビン・ヘルムホルツ不安定を介して高度に発展した非線形状態になり物質混合が起きます。ちょうどコーヒーカップの中のミルクが混ざっていくような物質混合が大切な役割を果たしておりますが、そのような状況を正確に捉えるのにも適合格子は必要不可欠です。例えば、太陽

風と磁気圏の境界面ではケルビン・ヘルムホルツ不安定が、超新星爆発では放出物質中でのレーリー・テラー不安定が物質混合に重要な役割を果たしており、小スケールの乱流過程まで分解した上で物質混合率などの巨視的物理量を定量的に評価することが必要です。これまでの理論・シミュレーション研究では概ね2次元空間の仮定の下で混合率の評価が出来ており、現実的な3次元空間での研究が現在活発に進められています。

さてこのように適合格子計算を用いた流体・電磁流体の高精度非線形計算により、宇宙・天文の分野でも数多くの成果が得られており、また今後もスーパー・コンピュータの進歩に伴い更に大きな進展が期待できます。しかし、流体・電磁流体の枠組みでは記述できない、流体粘性、電気抵抗、熱伝導といった物理過程や輻射が優勢になる物理化学過程などは、適合格子を用いて高精度計算を行っても不十分であり、複合系の物理過程を取り扱う数値計算を行うことが必要となります。例えば、超新星爆発の場合、巨視的構造のダイナミクスは概ね流体近似で表現出来ますが、そこでの核融合反応の核物理学、X線の放出などの原子物理学、ニュートリノ輸送の素粒子物理学などの物理過程を取り込むには、それらのいくつかの物理過程を複合的に取り扱う「物理複合型計算」が必要です。このような考え方は、当然以前よりあったのですが、高度な非線形過程の下でそれぞれの詳細物理をどのようにして巨視的構造に繰り込むかについては研究が遅れている部分が多く、今後の重要研究課題となっています。例えば、毎日お世話になっている数値天気予報モデルでは、基本的に物理複合型計算が行われており、流体力学で扱えない水蒸気・エアロゾルや輻射の効果がモデル化されて大規模計算の中に取り込まれていますが、それぞれの詳細物理については今後とも更なる研究が必要とされています。宇宙物理においても同様で、磁気圏衛星「ジオテイル」や太陽物理衛星「ようこう」により解明が進んだ磁気リコネクションにおいても、未だいつどのようにして磁気リコネクションが発生するのかは分かっておりません。高温プラズマ発生の条件を解明するには、リコネクションのX点における磁場拡散過程を理解す

る必要があると考えられており、これは粒子のジャイロ運動を理解しなくては解けない問題です。数値計算研究の観点からは、リコネクションの全体構造を記述する電磁流体計算と、X点において電気抵抗を支配するプラズマ運動論に基づいた粒子計算を組み合わせた複合流体・粒子計算が必要です。また別の例としてX線天文衛星「あすか」では、SN 1006の衝撃波領域での高エネルギー電子の観測から、TeV領域にまで延びる銀河宇宙線の起源を説明することに成功しましたが、高空間分解観測を可能とした「チャンドラ」衛星で分かってきたように衝撃波領域は非常に薄いシェル（フィラメント状）から成っており、空間的に局在化した加速領域やその電磁波動・乱流電磁場がどのように形成されたかは今後の研究が期待されます。その解明には、相対論的高エネルギー宇宙線と衝撃波の構造とを結合させた複合型計算シミュレーションが威力を発揮すると考えられております。

このような複合系の計算科学研究は、決して一人の研究者が出来る内容ではなくなってきています。米国では数十人規模の天体数値計算グループが大学や研究所などに形成されており、複合型物理計算研究が強力に推進されてきています。日本における宇宙・地球物理の分野では、各大学や研究所のメンバーが協力して、太陽地球系から超新星爆発、降着円盤やジェット、銀河や星形成、そして宇宙初期に渡るスケールを、それぞれの物理要素で共通な部分をお互いに協力して開発研究していこうとするバーチャル・ラボがスタートしようとしております。（思うにこれは宇宙研のPLAINセンターでDARTSバーチャルデータセンターが立ち上がろうとしていたときの組織に似ているような気がします。）いずれにせよ、複雑な非線形性を十分に理解して宇宙を解き明かそうとするプロジェクトは、有限の能力しかないスーパー・コンピュータを、研究者の協力の下でいかにうまく使うかが一番重要な鍵であり、成功すれば「数値望遠鏡/数値観測装置」による大発見も夢ではなさそうです。

（東京大学大学院 理学系研究科
星野 真弘）

平成 14 年度宇宙科学企画情報解析センターシンポジウム 「シミュレーション計算技術のフロンティア」 開催のお知らせ

近年の計算機の演算能力の急速な向上によって、様々な分野において計算機シミュレーションが有効な手段として広く用いられるようになりました。宇宙科学分野では早い時期から計算機シミュレーションを利用していますが、現在ではアプリケーションの種類は多様化しています。

従来は計算流体力学がシミュレーションの主流でしたが、流体力学にとどまらず分子動力学、プラズマ粒子計算、重力多体系計算、宇宙線モンテカルロ計算、等、計算内容は多岐にわたっていますし、流体と構造、流体と燃焼、等を連結した多分野融合的な複雑なシミュレーション計算も始まっています。計算機アーキテクチャの進化に合わせて、それを利用する計算技術も益々進歩しています。

今回のシンポジウムではこうした新しい計算技術の情報交換を兼ねて、宇宙科学におけるシミュレーション研究の今後の展望について議論をして頂く場としたいと考えております。

チュートリアル講演として、
石井先生（コンパクト法）
越塚先生（粒子法）
崎山先生（マルチスケール解法）
矢部先生（CIP法）
坪井先生（超音速燃焼）

等からお話をいただける予定ですので、どうぞ
ふるってご参加下さい。

日時：平成 15 年 2 月 10 日（月）
午前 10 時～午後 5 時

場所：宇宙科学研究所 新A棟 2 階 A 会議場

なお、講演申込は、別途送付の申し込み書に
記入の上、平成 15 年 2 月 3 日（月）までにお
送り下さい。多数の皆様の参加をお待ちして
おります。

お問い合わせは篠原まで（e-mail：
iku@stp.isas.ac.jp）お願い致します。
（篠原 育）

大型計算機に関するお知らせ

1. 大型計算機の 1 月・2 月の保守作業予定

システム名	2月17日（月）9:00～13:00
GS 8300/10 N	M

M:システムメンテナンス

1月に予定されていた Alpha サーバの定期保
守は中止になりました。

2. 大型計算機のリブレースについて

今年夏の計算機リブレースに、以下の計算
機・端末等が含まれています。これらの装置上
で使われているプログラム等は、リブレースま
でに他のプラットフォームへの移植作業等が必要
となります。

・センター側 MSP 計算機(GS 8300): 撤去となり
ます。後継機は予定されていません。

- ・高機能端末(FMV): 上記 MSP 計算機の撤去に
伴い、高機能端末も全て撤去となります。後継
機は予定されていません。(本体、ディスプ
レー等に「fmv 99」で始まるラベルが貼られた
装置が該当します)
- ・Alpha サーバ: 後継機は他のプラットフォームに
変更予定です。

3. 大型計算機の相談窓口について

大型計算機利用上の質問・トラブルなどは高
橋氏・梶沼氏(内線8391)、ネットワーク関係の
質問・トラブルなどはPLAINセンター本田秀之
(RN 1261・内線8073)までお願いします。

（三浦 昭）