

# 「自己重力恒星ガス体の統計熱力学」に関する Workshop 形式の小研究会

家 正 則\*

## 1. 研究会の経過

上記のような少々長い題名の研究会が、昭和53年2月2日~4日に東大教養部で開催された。参加者は計22名、世話役は東京天文台の宮本昌典氏、スポンサーは総研A「星の進化の最終段階と一般相対論的天体現象の研究」(代表者:京大の林忠四郎氏)であった。

この研究会は、研究成果の発表会という形式をとらず、いくつかの研究手法そのもの特徴・適用限界・相互関係を明らかにし、恒星ガス体の熱力学的特性を記述し理解するより良い方法を探ろうという意欲的な企画で開かれた。提供された話題は以下の7つで、各々に約2時間をかけての講演とかなり熱っぽい(熱源が多く熱交換が盛んという意味)討論がなされた。

1. 自己重力系の進化と非可逆過程: 流体近似(杉本)
2. 恒星系力学に関連した問題提起(蜂巢)
3. Dynamical Friction(湯谷)
4. Fokker-Planck 方程式で記述される自己重力系(古沢)
5. 多体分布関数で記述される自己重力系(稲垣)
6. 稀薄・濃厚プラズマ及び乱流における Closure Problem(一丸)
7. 微小惑星系の統計力学(中川)

## 2. 自己重力恒星ガス体とは?

自己重力恒星ガスという言葉には耳慣れない感じを持たれた方もあると思うので、ここでは私なりに把握したこの研究会の背景となる問題意義について述べさせて載くことにする。より詳しい内容に興味のある方は、月報3月号に稲垣氏の解説記事があるので参照されたい。

天文ファンなら球状星団や銀河の美しさに感動された方が多いと思うが、これらの天体はその中の個々の星を原子にたとえると、いわば‘恒星ガス’と考えることができる。気体分子運動論的観点から眺めると、この恒星ガスには原子・分子からなる‘普通のガス’とは異なる点がある。まず、普通のガスでは原子間相互作用は近距離力と見なせるので衝突という概念が有効であるが、恒星ガスでは星と星は遠距離力(重力)で相互作用しているため平均自由行程  $l$  が系の半径  $R$  に比べて一般には小さいとは限らない。或る星に働く力は原則として系の中の全ての星による重力を考慮する必要がある。このような系を‘自己重力恒星ガス体’と呼んでいる。また、恒星ガスではその粒子数はまさに「星の数ほど」ではある

が、この数は普通のガス中の原子数に比べれば遙かに少なく、統計的扱いが必ずしも正当化できない場合がある。

恒星ガスでは相互作用が遠距離力であるため局所熱平衡が成立しない場合があり、速度分布はいつも高度の対称性をもっているとは限らない。このような系を記述するには形状空間だけでなく速度空間での分布をも考慮する必要がある。粒子数が  $N$  個の場合、 $6N$  次元の位相空間中の一点で系の状態を表現し、系の進化をその位相空間での軌跡として記述する Liouville 方程式という式があり、これが恒星ガスの記述の出発点となる。この式は系に多体相関がなければ(系の中に連星や特定の波動がなければ)、一体分布関数に対する6次元の Boltzmann 方程式に帰着できる。更に、速度分布が Maxwell 分布であれば、この式を速度空間で積分して流体の方程式に帰着させることができる。

恒星ガスに似た系として、やはり相互作用が長距離力(クーロン力)である‘プラズマガス’がある。プラズマの性質は実験という武器と核融合という社会的要請があるため非常に精力的に研究されている。プラズマガスと恒星ガスには多くの共通点があり、研究手法も共有できる部分が多いが、本質的に異なる点がいくつかある。プラズマは正負二種類の荷電粒子からなるが、平均としては荷電が中和されている場合が多く、遠距離力とはいっても Debye 半径以遠では実際上力を無視することができ局所的取扱いが可能ながあるが、恒星ガスにはこのような中和効果がないため本質的に大局的取扱いが必要である。またクーロン力は同種粒子間では斥力であるが、重力は引力である。この違いは特に系の安定性の問題に関する場合には重要となる。

これらの問題をどう取り扱うかを勉強し、今後の課題を明確にすることが本研究会のねらいであったが、会として結論めいたまとめをするには至らなかった。しかしながら、QSO のモデルの基礎となる高密度恒星ガス体への進化の可能性の問題、恒星ガスに見られる渦状構造の問題、球状星団や楕円銀河がどのようにして現在の形状に落ち着いたのかという問題、恒星ガスの進化の終点は何かという問題、進化の過程での連星(普通の気体の分子に相当する)形成の影響の問題・・・等の個々の面白い問題を考える際に、流体近似 ( $l \ll R$ ) から徐々に統計力学的自由度を導入してゆくという立場が積み重ねの発想として位置づけし易いのに対し、その逆方向 ( $l \geq R$ ) からのアプローチが難しいながらも直接的であり重要であ

\* 東大理

ろうという印象を持ったのは私だけではないと思う。とにかく活発な議論を通じて、私には大変得るところの大きい研究会であった。この紙面を借りて世話人並びに講演者の方々にお礼申し上げたい。

## 雑報〔II〕

### 天体情報システムに関する研究会報告

福田一郎 (金沢工業大学)

従来、天体カタログやデータ集は印刷物の形で発表されてきたが、最近では磁気テープのような計算機処理可能 (Machine-readable, 以下 MR と略す) な形式のものも多くみられるようになった。MR 形式の情報は検索や統計処理の面では非常に便利なものと考えられる反面、何らかの処理システムを通さない限り中味を見ることすらできないといった性質のものであるため、データの表現、ファイルの形式、或は記憶媒体の規格 (磁気テープの記録密度、ブロック長など) 等を十分考慮したうえで MR 化を行わないと他の研究機関 (処理システム) との互換性の点で問題が生じる恐れがある。

現在フランスの Strasbourg で天体データの MR 化の作業が精力的にすすめられており、そのいくつかは我国にも入ってきている。因みに筆者が所属している金沢工大では全データの購入計画をたて、既に数十種を入手済である。また Strasbourg 以外にも研究機関や研究者個人に必要なデータを MR 化しているところもみられる。ところが現時点に於ては MR 化データに関する基本的情報が不足し、研究者間での情報交換、相互利用が活発に行なわれているとは言えない。

こうした現況にかんがみて我国における MR 化データの作成・利用等に関する現状を把握し、今後の諸問題を討論する目的で昨秋「天体情報システムに関する研究会」が開催された。講演、討論の題目は次の通りである。

Revised Rotational Catalog について (上杉明=京大), Machine-Assisted Catalog Compilation (福田一郎=金沢工大), 天体カタログの Validation (西村史朗=東京天文台), AGK3 と SAO の星表差について (古川麒一郎, 平山智啓=東京天文台), Coded Numbering System による Cluster-Member の同定について (定金晃三=大阪教育大), データ処理における画像読取素子の利用 (中嶋浩一=東京天文台), ILS 統一再計算データファイリングシステム (横山紘一=緯度観測所), 暦算資料の作成と管理 (仙田昭夫=水路部), Strasbourg データファイルの転入状況報告 (寺下陽一=金沢工大), 数式処理における hash 法の適用 (木下宙=東京天文台), 東大オンライン情報検索システムにおける数値データサービス (山本毅雄=東大大型センター), 太陽電波世界資料解析センターの現状

について (鯉目信三=名大空電研), 天体データファイル利用に対するデータベース技術の応用 (寺下陽一・北村彰=金沢工大)。その他二、三のコメントならびに参加者全員による総合討論があり、各機関における MR 化の現状と将来の問題点等に関する情報交換が活発に行なわれ 2 日間の日程をおえた。

尚、この研究会に際し、特定研究「情報システムの形成過程と学術情報の組織化」からの援助をうけた。

### “喰り”のあるケフェイド——たて座 V367 星をめぐって

“喰り”のあるケフェイド、たて座 V367 星 (周期 = 6.29 日) をめぐって、最近すこし議論が起きている。この星は、多分、銀河星団 NGC 6649 のメンバーであるので、年齢、絶対等級、有効温度について、星の進化の計算と比較するなどして、ある程度推定でき、例えば小林たち (1976) は、それぞれ、 $4 \times 10^7$  年、 $-3.8$  等、6200K という値であろうとしている。この星の質量は、星の進化の理論からは、赤色巨星段階での質量放出率が年  $10^{-6} M_{\odot}$  程度以下であるとすると、略  $6 M_{\odot}$  はあると見られるが、脈動理論と変光周期から求めた質量は  $3.8 M_{\odot}$  となり、一致しない。さらに、理論と二つの周期の比から求めた質量は  $2.3 M_{\odot}$  となり、脈動理論内部にも問題があることが判った。A. N. Cox たち (Ap. J. Letters, 214, 1977) は、この星の外層の元素組成が、拡散などにより不均一になっているのではないかと考え、その場合には質量が  $5 M_{\odot}$  になることを見出した。斎尾たち (1977) は対流理論のパラメータ  $l/H$  を 1.5 とした模型をつくって調べたが、観測と矛盾しないような模型は得られていない。喰りのある変光星の周期決定は難しい問題であり、銀河星団の年齢、絶対光度についても見直しが行なわれつつあるので、この星について生じている矛盾は、本質的なものでない可能性が強いが、研究が必要とされている。最近、D. J. Faulkner (Ap. J., 218, 1977) が、第 3 の周期を見出したカシオペア座 TU 星についても、模型の振動周期との不一致が問題となっており、典型的ケフェイドの理論も、外層の化学組成、対流層の取扱い、非動径振動も含めた振動のモードの問題、変光曲線のコブの説明などの要素を含んで、新しい具体化の時期に入っているように見える。

なお、喰りのある種族 II ケフェイドではないかとして関心をもたれていた、りゅう座 BC 星は、喰りの整約を改良したところ、従来の基本周期決定に誤りがあったことから、喰りのない、こと座 RR 星型変光星であることが明らかとなり、問題は解決した (Szabados など, IBVS No. 1197, 1976)。変光星の周期については慎重に接近すべきであるらしい。(竹内 峯)