



太陽系の起源を求めて

—— 中澤研究室～応用物理学科 ——



中澤 清 教授

我々の住む地球、太陽系、そして銀河系は、一体どんなプロセスを経て、どのようにしてできたのか。この疑問は、誰しも一度は持ったことがあるのではないだろうか。惑星物理学や太陽系形成論などと呼ばれる分野に属するこの問題は、1970年代に入って大きく発展した。アメリカのCameron、ソビエトのSafronov、そして京都大学の林教授が、それぞ

れ太陽系形成のモデルを発表したのである。現在では、京都大学グループが提唱した通称「Kyoto-model」が主流となっている。

そこで今回我々は、この「Kyoto-model」の構築に深く関与され、本学においても太陽系形成論に正面から取り組んでおられる、応用物理学科の中澤清教授にお話を伺うことにした。



3つの太陽系形成論

ではここで、前述の3つの形成論のモデルを順に追ってみよう。

まず「Cameron-model」では、原始太陽系の総質量は現在の太陽質量のほぼ2倍(2 Ms)に設定されている。太陽の質量はあまり変化していないと考えられるため、原始太陽のまわりを総質量1 Msのガス雲がとり巻いている形になる。このガス雲は惑星の形成に必要な元素のすべて、すなわち水素、ヘリウムを主成分とし、少量の金属、岩石を含むもので構成されていたと考えられている。

次の段階になると、ガス雲は1 Msという自分の質量のために重力崩壊を起こし、木星程度の大きさの千個

ほどのガス塊に分裂してしまう。そしてガス中の金属・石質成分がガス塊の中心に沈澱し、地球質量の5倍(5 Me)程度の「核」を作る。

これが木星型惑星であり、何らかの要因でガスをはぎとられて「核」だけになったものが地球型惑星である。これが「Cameron-model」の概略である(図1)。

しかし後に、5 Meもの質量をもつ核が周囲のガスをはぎとられることはない、とか、5 Meもの質量をもつ地球型惑星は存在しない、といった反論を受け、Cameronは自説を取り下げるようになった。

次に「Safronov-model」であるが、こちらの原始太陽系の総質量は現在の太陽系の総質量より少し大きい値、約1.04 Msに設定されている。つまり、「Cameron-model」との相違点は初期設定にあることがわかる。「Safronov-model」のガス雲は質量が小さいため分裂せず、そのかわりにガス中の金属、岩石成分がガス雲の中で沈澱・集中して、直径約5 km程の微惑星を 10^{11} 個ほど作る。

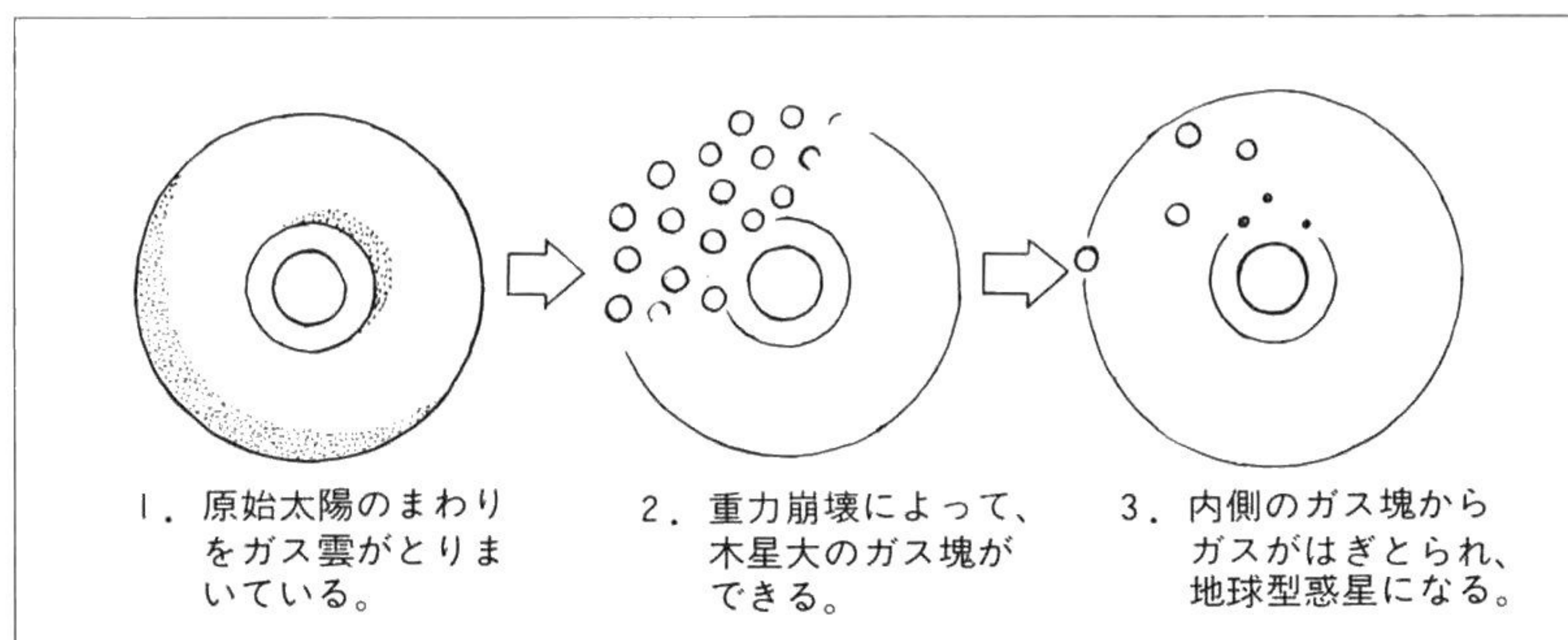


図1 Cameron-modelの概略

しかし「Safronov-model」はこの段階で、残留していた水素やヘリウムが太陽系外へ逃げてしまったと考えた。このため、微惑星の衝突、集積によって地球型惑星は作ることができたが、多量の水素、ヘリウムを必要とする木星型惑星が作れなくなってしまった。

さて、問題の「Kyoto-model」はどうかというと、初期条件の設定は「Safronov-model」とほぼ同じ、約1.03Msである。ガス中の金属、岩石成分が微惑星を作ることと同じである。ところが、「Kyoto-model」は残ったガスを地球型惑星に付着させて木星型惑星の形成に成功した。この考え方で物理法則を厳密に適用しながら46億年を追跡すると、ほぼ現在の太陽系に近い形になるそうである（図2）。

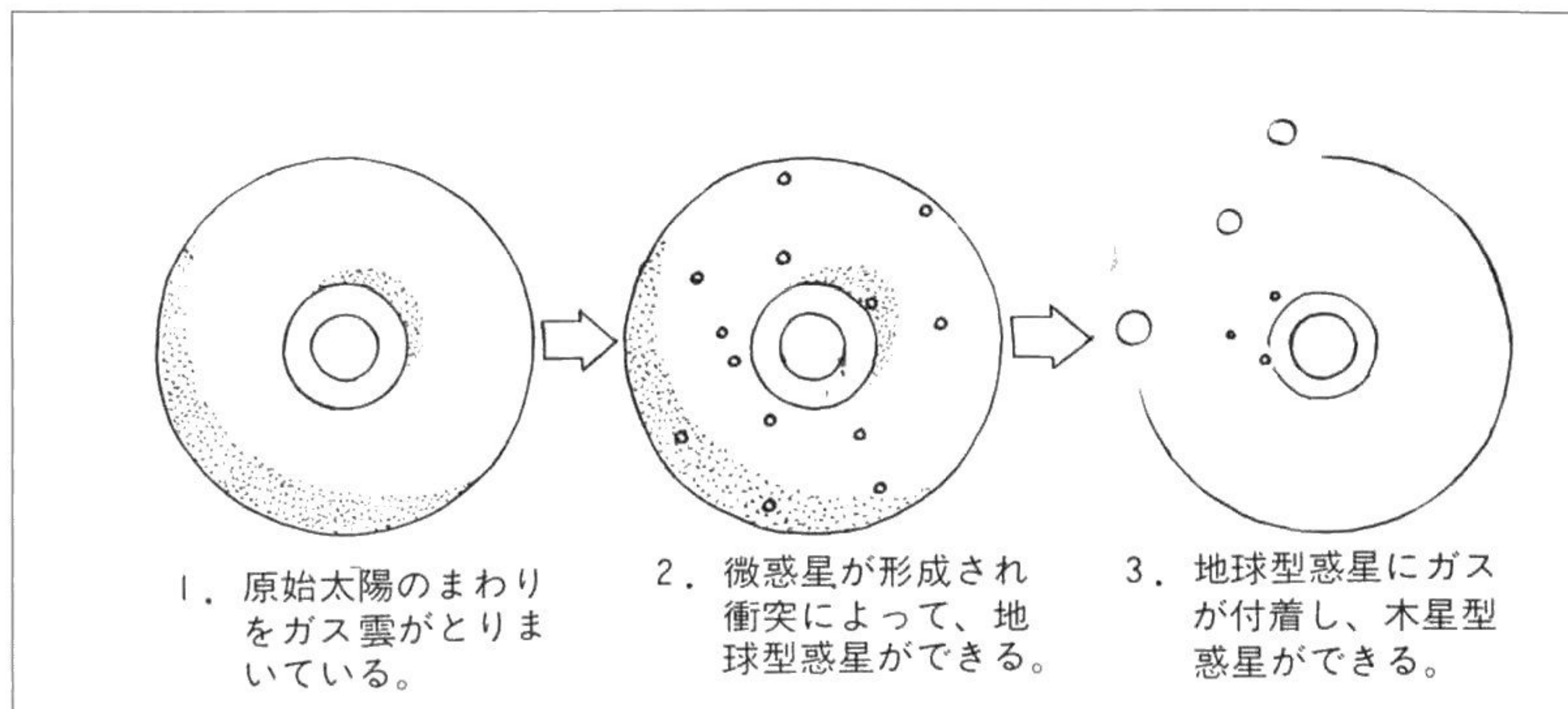


図2 Kyoto-modelの概略

Cameron、Safronov、Kyotoの各モデルの違いは大方が、初期設定と適用した物理法則の違いなのだが、何故「Kyoto-model」グループは1.03 Msという数値を導入したのか。

「Cameron-model」は結果的に1 Msものガスを太陽系外に放棄するのだが、それに必要なエネルギーは膨大なものになる。そこで教授は、自

然界は物質やエネルギーの移動を極力小さくするよう動くのではないかと考えられた。そして「Kyoto-model」のように初期設定をすると大きな困難はないことが判ったのだそうである。ただ、「本当に自然がそう動くのかは判りませんがね」と教授がおっしゃったことを付け加えておく。

★ 従来の統計力学への疑問

中澤教授の現在の興味は、重力場内での多粒子系の統計的振舞にあるという。この研究も、太陽系形成にとって非常に重要な問題である。

多くの分子を箱の中に入れて温度を一定に保ったとき、分子の速度分布はMaxwell分布となる（図3）。仮にこの箱の中に大質量の物体が存在するとしたら、分子の速度分布は一体どうなるのであろうか（図4）。物体の持つ重力によって、分子の軌道は当然変えられるであろう。この場合には時間を無限大にしても分子速度はMaxwell分布になるかどうか判らず、それ以上に、例えば平衡状態が存在するのかどうかさえ判らないのである。

では、これを原始太陽系にあてはめてみよう。分子を微惑星、大質量の物体を太陽と思って頂きたい。果たしてこの場合、惑星はMaxwell分布で飛びまわるのであろうか。

現在の太陽系の惑星は、ほとんどが同一平面上で円に近い軌道にそっ

て公転しているという事実を踏まえると、とてもそうは考えられない。これは外場（この場合は太陽重力）による従来の統計力学の破綻であると中澤教授はおっしゃった。惑星が作られる段階で、微惑星が互いにどれほどランダムな動きをするかが太陽系形成のキーポイントとなる。その場合、現在までに確立されている統計力学では対応しきれないのが現状である。

微惑星が1個だけであれば、当然その運動はケプラー運動となる。しかし微惑星がもう1個増えて三体問題となると、もはや解析的に解くこ

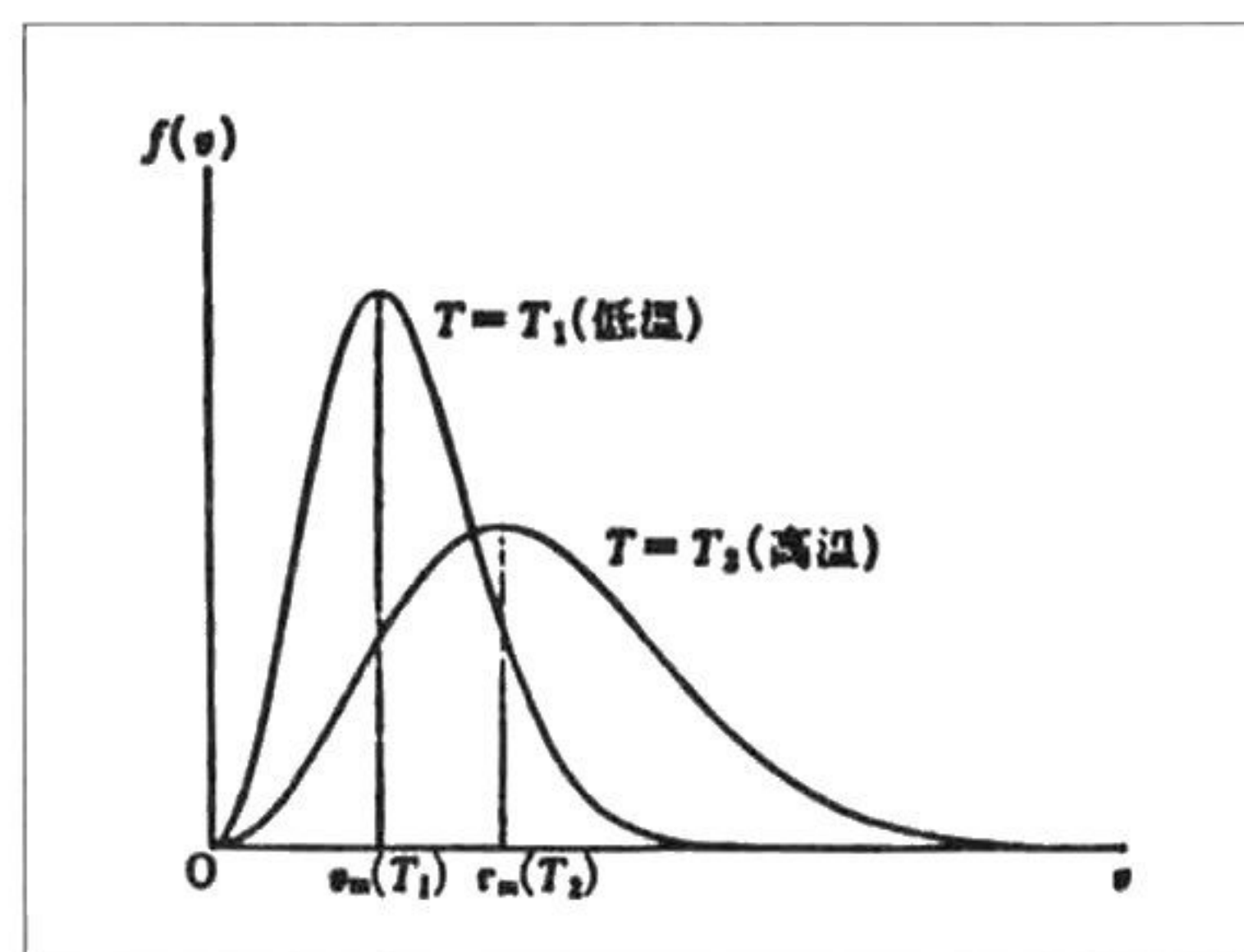


図3 Maxwell分布

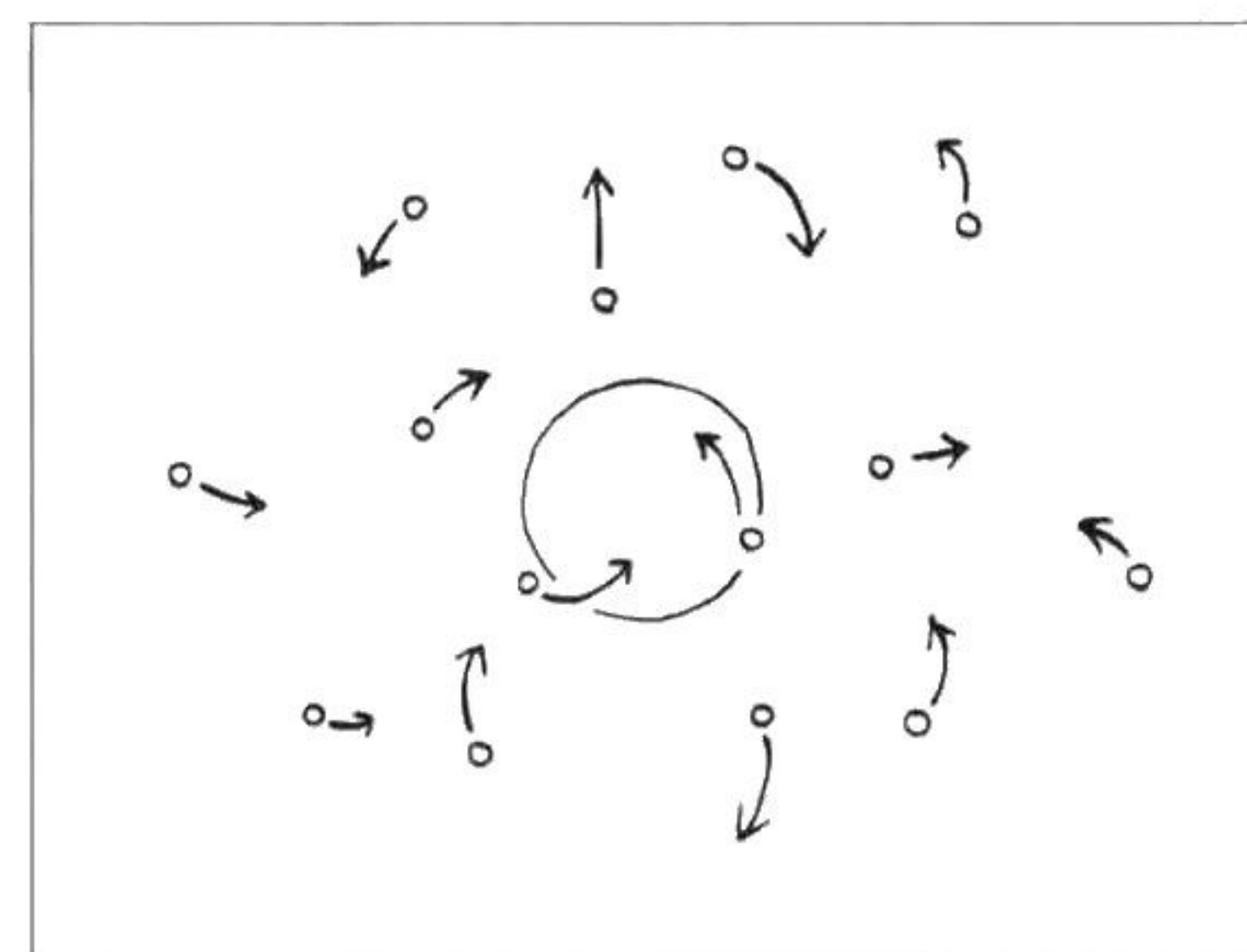


図4 重力場内多粒子系

とはできず、数値的にしか解く方法はない。太陽系形成の初期にあった微惑星の数は 10^{11} 個であり、その運動を統計的に追跡することさえ容易ではない。しかも重力粒子群の統計力学は、ラグランジェやオイラー、統計力学を確立したプランクやアインシュタイン等が、気付きながらも解決し得なかった問題なのである。このような難問を中澤教授はどのよ

うにして解いてゆかれるのか。「彼等が持っていなかったものを、我々は一つだけ持っている。」と教授はおっしゃった。それはコンピュータである。

数値的にしか解くことができないのだから、それをコンピュータにやらせればよい。しかし 10^{11} 個もの粒子群のシミュレーションは、経済的な面からも時間的な面からもそう簡

単にできるものではない。そこで中澤教授は微惑星の数を十万、百万と増やしていき、数の変化に対する法則性を見つけ出して、それを千億個の場合に適用して答を出そうと考えておられる。

「これならかなりの確信を持って答えられますからね。」と教授はおっしゃった。

★ 学生は研究をするべきか

中澤教授の専門は「惑星物理学」とされている。この言葉についてお尋ねしたところ、「でっちあげた言葉なんですよ」という答が返ってきた。教授がなさっていることは要するに物理学そのものであって、「惑星」とつくのは、単に扱う対象が惑星だから、というだけである。そのため、自分の専門を明示しなくてはならない時以外はこの言葉は使わないそうである。

また、中澤研究室というのは東工大の中においてもかなりユニークな存在である。教授は中澤教授一人。助教授もいなければ助手もいない。これだけでも変わっているのだが、それ以上にユニークなのは、学部4年生とマスターコースの学生には研究をさせないことにしている、という点である。これは、中澤教授のポリシーに依るところが大きい。マスターコース以下の学生に研究をさせないのは、学生一人一人のこと、大学というものの存在意義、ひいては日本全体の利益を考えられてのことだそうである。

「僕の指導方針として、学部、マスターレベルでは決してスペシャリストにはしない。例えば、その人が非常に優秀で、仮に木星形成の理論を完璧に作り上げたとする。その場合、もう木星形成について研究することはなくなる。もし若いうちに他のことを何も勉強してなかったら、その人はそれで終わりでしょ？ 反対に彼が無能で、一生かけて木星形成を研究するとしたら、これは全くつまらない。

大体、一つの研究課題は難しいものであっても数年もすれば終わってしまうものです。とすれば、次々に研究対象を変えていかなくてはいけない。27～8歳から57～8歳まで研究をしていくとして、5つか6つは違うフィールドの研究をやるわけ。だから、学生時代にはできるだけ多くの学問体系をかじっておいて、ほかのフィールドへ移る下地をつくっておくべきなのです。そういう意味で僕は、若い人が早く研究につくことを心配している。マスター論文はトイレットペーパーでもよろしい。そ

んな暇があるなら、30年間自分の糧となるものをつくれ、と言っているんです。」

近ごろ、「自分の研究が第一、教育は二の次」と考える教授が多いと言われる中、教授はうれしい言葉を言ってくださった。

「確かにすごいコストを払って学生を教育しても、僕個人にとっては面白くもないし利益もない。でも、そう考えちゃいけない。学生の教育なんていうのは僕個人としてはつまらないことだけど、日本全体の利益という尺度で考えれば、僕一人で研究をして、学生を教育せずにいるよりも遙かに有意義なんです。10年後、20年後には、君達は一人で走るんだから……」

取材を終えて筆者が考えると、やはりこの中澤研究室の「色」は中澤教授御自身の人柄からくるものであると、改めて認識させられた気がします。

最後になってしまいましたが、こちらに不手際があったにもかかわらず

ず、快く取材を引き受けて下さった中澤教授をはじめ、研究室の皆さんに深く感謝しつつ筆を置きたいと思えます。

(加藤)