

らるるか速くに位置している平行世界を覗いているだけのことになる。どうだ、あなたにもこれだったら納得できるんじゃないのか？」

矢島という男は異様に饒舌だった。口からつばを飛ばしながら、この長口舌を一気にまくしたてた。まったく疲れを知らない弁舌家というほかはない。

「あなたは本当にそんなことを信じているのか？ あなたは本当にパラレル・ワールドなんてものがあるとそう信じているのか？」

背中を向けている男が、なにかとまどろったような声でそうつぶやいた。

「そう、おれはそう信じている。おれたちは絶えずパラレル・ワールドのなかを旅しているんだ。おれはそう信じているよ。おれたちはその意味では、だれもが永遠に旅をつづけているトラベラーなのさ。そうなんだ。その意味では、このジローという少年とおなじことなのさ——」

いきなり自分の名が出てきたことに驚かされて、ジローは思わず声をあげていた。

もちろん、その声がふたりの男に届いたはずはない。そんなはずはないのだが、それでもなにかフラッと異常のようなものを感じたのかもしれない。それともそれはたんなる偶然だったのだろうか？

これまで背中を向けていた男がふいにこちらを振り返ったのだ。

このときがジローが雄方次郎と顔をあわせたその最初の瞬間だった。

ジローはジツとその若者の顔を見つめつづけている。どうしてか、その若者の顔から視線を離すことができなくなってしまった。

その若者のほうもなんとなく訝しげな視線を向け、ジローのほうを見ていたかのように感じられた。

もちろん、その若者がジローの存在に気がついてはいるはずはなく、これはジローの思い過ごしにすぎなかったのだらうが。

このときにはまだジローは何も気がついていなかった。

ジローが戦うべき究極の神靈(カミヤマト)とはすなわち時間そのもの、ということにも気がついていなかった。

まだ、いま顔を見合わせているその若者とは、いずれたがいに人類の運命を賭し、どちらかが倒れるまで戦うべき運命にあるのだ、ということにも気がついていなかったのだった……

(第二部了)

(第二部は終章になりますが、それを書きつぐのに、次号から二月だけお休みをいただきたいと思ひます。——作者)



サイエンスへの誘い

パートSF研のページ

宇宙ジェットのコンピュータ・シミュレーション — 柴田一成

【所員紹介】

柴田一成所員は、学術・マスコミ・解説と大活躍でいまやパート研の花形となった。福江純所員の紹介で入所された新進です。

昭和五二年に京都大学理学部を卒業、五年に『太陽彩層における非線形磁気流体波伝播』という研究で理学博士、現在、愛知教育大学教育学部の助教授をしておられます。

主な研究テーマは、

「太陽表面磁気流体現象のコンピュータ・シミュレーション研究」

「宇宙ジェット現象のコンピュータ・シミュレーション研究」

「降着円盤における磁気流体不安定のコン

ピュータ・シミュレーション研究」

——ということですが。

天体物理学といいますが、我々が連想するのは、観測と理論ですが、その双方において、コンピュータが重大な役割を果たしています。

技術開発でも同じことで、例えばマイクロ波アンテナのような一見単純なもので、その開発費の七割はコンピュータ関係です。SFとコンピュータの結びつきも、これからますます強いものとなると思っています。

それから印象的なことは、天体の捉え方が、昔のような「球」ではなく、「円盤」と「ジェット流」に変わってきているとい

う事ですが。これは、この宇宙には「回転」が存在する——という所から容易に理解できますが、それを具体的に記述するのは大変なことで、現代宇宙物理学の最大の課題であることがこのエッセイから分かります。

では、柴田所員の生々しい研究実話をどうぞ。

(石原謙夫)



1 宇宙ジェットの発見

最近一〇数年間における天文学上最大の発見は「宇宙ジェット」であらう。宇宙ジェットの本体は、その名からもわかるように、ジェット機のジェット類似の細く絞ら

の、「シエットの時代」となっている。

2 宇宙シエットの母天体

では、以上のように注目を集めている宇宙シエットの理論的理解は、どこまで進んでいるのであろうか。まず、宇宙シエットが噴出する母天体の中心領域には降着円盤

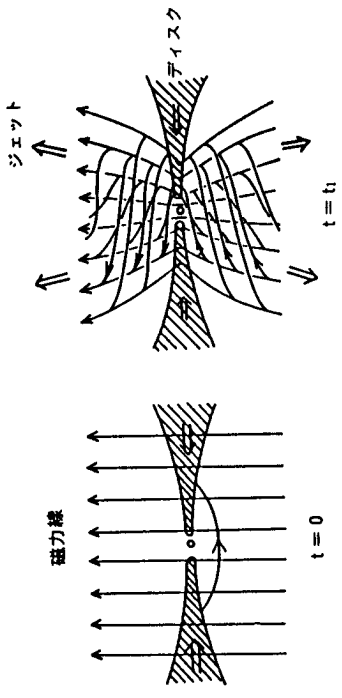


図2 内田と柴田によって考えられた宇宙シエットの磁気流体モデルの概念図

が存在すると考えられている。降着円盤とは、中心天体(恒星やブラックホール)にガスが渦を巻いて落下するときに行なわれることである。シエットは降着円盤中でガスが落下するときに解放された重力エネルギーを基にして、円盤の回転軸に平行な二つの方向に噴出していると思われる。降着円盤の中心にある天体は、銀河中心核の場合には超巨大なブラックホール(太陽質量の百万倍ないし一億倍)、SS四三三では太陽質量(または、せいぜいその一〇倍)程度のブラックホール、恒星形成域ではもちろん原始星の芯(コア)である。むろん、このような状況を「見た」人は皆無だから、まだ謎につつまれているのは事実だが、他の可能性は理論的に考え難いのである。

3 宇宙シエットの形成機構……二つの説

さて、問題は宇宙シエットの形成機構である。シエットはいかにして加速され、どのようにして細く絞られたか、という問題である。これについては、これまで様々な提案がなされてきたが、定説(またはそれに適する世界共通の意見)はまだない。多くの提案を集約すると、それらは大きく二つのグループに分けられる。

一つは、降着円盤の物質分布がシエットのコリメーション(細く絞ること)に重大

れた超音速流である。ただし、そのサイズが天文学的スケールのために「宇宙」という文字がついている。

現代的な意味での宇宙シエットの発見は、電波銀河の発見に始まる。電波銀河というのは、きわめて強力な電波を発している銀河のことであり、発見された当初は爆発している銀河と考えられた。詳しく調べてみると、電波源は二つ目玉(その間隔は実に数十万(百万光年)になっており、銀河本体は二つ目玉のほぼ中央に位置してい

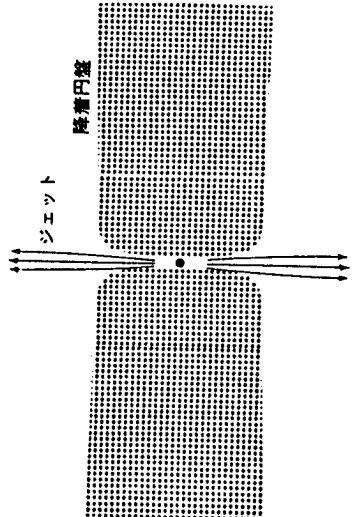


図1 幾何学的に厚い降着円盤、銀河中心核、SS433、分子雲中で、宇宙シエット形成に役買っていると考えられている

だ。この二つ目玉電波源は銀河本体の爆発による放出物だろうと思われたが、それにしては電波源が明る過ぎるのが不思議だった。もう少し詳しい構造がわかるようになると、二つ目玉電波源には銀河の中心核から伸びる細長いシエット状の構造がつかっていることがわかってきた。どうやら、このシエットが二つ目玉電波源に連続的にエネルギーを供給してそれを光らせているらしい。さらには、謎の天体であったクエーサーにもシエットが付随していること、クエーサーはきわめて遠方の銀河の中心核であること、なども明らかになってきた。銀河の中心核では、単純な爆発ではなく細長いシエットをつくるような不思議な、そして、途方もない激しい現象が発生しているらしい。こうして、当初考えられた「銀河の爆発」という単純なイメージは、「銀河中心核シエット」というイメージに次第に変貌した。

「宇宙シエット」という言葉が使われるようになったのは、もっと最近のことで、それは、SS四三三や恒星形成領域に銀河中心核シエット類似の形態をもつ双極流(シエット)が発見されてからである。ともに、我々の銀河系内に存在する恒星スケール(せいぜい数光年)の現象である。これらのシエットと銀河中心核シエットは総称

して「宇宙シエット」と呼ばれるようになった。

恒星スケールの宇宙シエットの発見は二つの重要な意義を持っている。一つは、これらを解明することによって、謎に満ちた「銀河中心核シエット」を解き明かすヒントが得られる可能性が生じたことである。というのは、電波銀河やクエーサーの中心核はあまりに遠方にあるため、中心核本体の詳細な観測は今のところ望むべくもないが、恒星スケールの宇宙シエットならば距離が近いので、現在の観測技術でも詳しく観測することができるからである。実際、宇宙シエットの中では最も新参の恒星形成域分子双極流が、今ではその詳細が最も良くわかる宇宙シエットになっている。分子双極流の微細構造の解明には、わが国の野辺山四五m電波望遠鏡が大きな貢献をした。もう一つの意義は、シエットという現象が、銀河中心核に固有の現象ではなく、天体のスケールによらない普遍的な現象であることが判明したことである。このことは、シエットの解明から天体活動や進化の普遍的・基本的法則が明らかになる可能性を示唆する。以上のような意義に加えて、その不思議な形態は多くの天文学者の興味を惹き、ここ数年は毎号の天文学術誌にいつも数篇のシエット関係の論文が載るほど

な電荷をしているという考えである。例えば、ブラックホールの周りの降着円盤は、ある条件のもとで円盤に垂直な方向に厚く膨らむが、このとき、円盤の回転軸付近に細長い空洞ができる。この空洞中のガスが円盤からの強烈な輻射圧で加速されると、ガスは空洞の壁に沿って流れざるを得ないので、結局、細く絞られたシエットができるだろう、という考えである(図1参照)。

わが国では、大阪教育大の堀江博士がこの説に基づいて解析的な理論モデルを構築させた。恒星形成域双極流の場合は、中心に生まれたばかりの(あるいは生まれつつある)星があるので、少し事情は異なるが、やはり同様の説がある。生まれたばかりの星が強烈な恒星風を吹き出していることは、古くから知られていた。この恒星風は、赤道面内では円盤中の濃いガスの存在のため減速されるが、回転軸方向はガスが少ないので減速されず自由に流出できる。そのようにして、円盤の回転軸方向に流れ出した恒星風が、回りの雲の分子ガスを掃き集めて押し出しているのが分子双極流として見えるのではないかと、というのが恒星形成域双極流の場合の考え方である。わが国では、北大の坂下教授や北海道教育大の奥田博士らがこの考え方に基づいて理論を展開させている。

かである。このモデルはスケールによらず、降着円盤とそれを貫く磁場さえあれば良いので、銀河中心核シニェットにも、恒星形成域双極流にも等しく適用できる。

4 コンピュータ・シミュレーションの実際

図3のコンピュータ・シミュレーションは一体どれくらい大変(あるいは簡単)なものなのか、と疑問を持たれる読者の方もおられるかもしれないから、ここで少し詳しく説明しておこう。

まず、ここで言うコンピュータ・シミュレーションとは、時間的に変化するような現象を数値計算によって再現することを指す。図3の場合、現象を記述する方程式は磁気流体力学(MHD)方程式として既知である。もちろん、このMHD方程式で記述できない物理過程もあるが、それは今考えないことにしよう。そうすると、あとやるべきことは、MHD方程式のできるだけ正確な近似解をコンピュータを用いて求めることである。MHD方程式(数学的に言うと、非線形双曲型連立偏微分方程式)の数値解法はコンピュータの出現以来長く研究されているが、残念ながら、万人が満足しうるような方法はまだ見つかっていない。私が用いている方法は、空間を格子で分割し格子点上の物理量だけを計算すると

いう方法である。ちなみに図3(空間二次元)の格子点の数は 80×80 である。この方法の欠点は数値不安定(計算誤差が暴散すること)が起こりやすいことで、そのため計算プログラムには様々な工夫をほとんどさねばならない。ここら辺りでは、計算してみないとわからないことが一杯あり、こうなってくると、もう理論というよりは実験である。

次に、考えないといけないのは計算時間の制約である。富士通FACOM M200程度的大型計算機(スカラーマシン)だと、図3の終わり(約4000ステップ)まで計算するのに、CPUタイムで一〜二時間かかる。私がしばしば使う名古屋大学大型計算機センター(全国共同利用)では、一秒の計算に六円の課金がかかるが、長時間シミュレーションは一秒当たりの金額が安くなるというように課金方式のため、図3の計算はM200では一万円程度になっている。ただし、最近ではスーパーコンピュータ(ベクトルマシンVP100)の導入によって、同じ課金システムで計算速度は一〇倍〜四〇倍高速になった。そのため図3の計算も一〇〇〇円程度で『気安く』実行できる。これは明らかに世界一恵まれたコンピュータ環境である。

(話は脱線するが、この程度的大型計算機

(VP100など)の大学への納入価格は、レンタルで年間約四億円だそうである。)

5 おわりに

それにつけても感ずるのは、この稿に関係する分野でのわが国の研究者達の理論・観測両面の活躍である。これは、上述のコンピュータ環境からもわかるように、国力(経済力)の反映であることは明らかである。天文(宇宙物理)分野で初の日本人ノベル賞受賞者が出現するのも、そう遠くない将来にありそうな気がする。

そろそろSF分野でも世界でベストセラーになるような作品や、国際的な賞を受けるような作品が、日本人によって書かれても良い頃ではなからうか。

「このような研究とSFとがどう結びつくのかは別として、国力にはゆとりがあり、個人としてはバイオニア精神を持っていないと、なかなか良い仕事は出来ないようです。頑張りたいものであります。次号では、ブラックホールが太陽系に侵入してきたら——という、『さよならコンピュータ』でおなじみの設定を、例え常理の中嶋信生博士に計算していただきます。お楽しみに……(石原)」

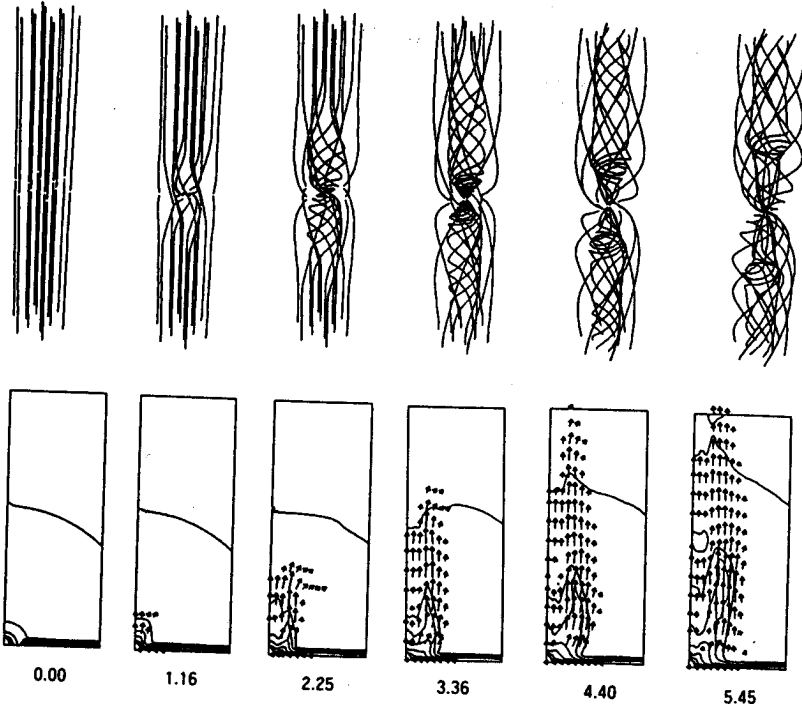


図3 宇宙シニェットの磁気流体モデルのコンピュータ・シミュレーション。右部が三次元的に見た磁気線の時間変化。中部は密度分布(等高線)と速度ベクトル(矢印)。左図は右図の断面の1/4象限だけを示している。

もう一つの考え方は磁気流体機構である。この説では、磁場による力がシニェットの加速やコリメーションに重要な役割を果たすと考える。実際、太陽の表面で発生している様々な活動現象(その中には小さなシニェットもある)は、多かれ少なかれ、す

べて磁場に関係していることが知られているので、降着円盤でも磁場が重要な役割を果たしていることは十二分に予想される。さて、初期に磁気線が降着円盤を垂直に貫いているとしよう(図2)。円盤中のガスは回転しながら中心天体に落ち込んでゆく

で、磁力線は中心に引く張られると同時に円盤の回転によってヘリカルにねじられる。というのは、円盤中のガスは地球大気とは異なって自由電子を多く含むため、ガスと磁力線はほとんどくっついて運動するからである。ねじれた磁力線は、ねじれた「鋼鉄の針金」と似たような性質をもち、元のまっすぐな状態に戻ろうとする。このようにして、ヘリカルにねじれた磁場がほどけるときに生じる力によって、円盤の表面層のガスが円盤の上下に加速されてシニェットが形成されると考えるのである。磁場の力はシニェットの横方向の膨張を防ぐ役割も果たすので、結局、シニェットは大局的な磁力線に沿って運動することになる(図2参照)。この過程は非常に複雑なため、解析的な方法で正確な理論モデルをつくるのはきわめて困難である。東大の内田教授と私は、この問題をコンピュータ・シミュレーションによって解くことを世界で最初に試みた。その結果を図3に示す。図3の上部は三次元的に見た磁気線の時間変化の様子、下部は密度の等高線に速度ベクトル分布を重ねた図の時間変化の様子である。時刻が二・二五辺りから顕著なシニェットが噴出し始め、その後大局的な磁力線に沿って運動していることがよくわ