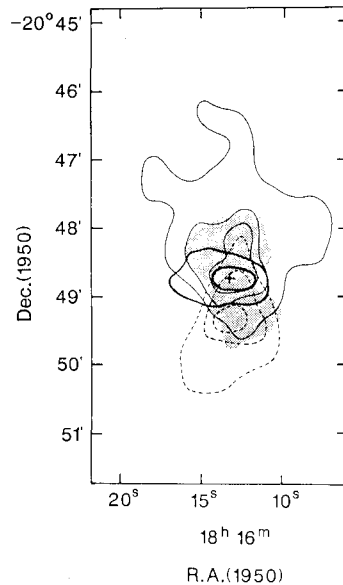


—天文学最前線—

新しい分子双極流：高密度ディスク天体：GGD 27

分子双極流はその発見以来、星生成の若い時期に特有の現象として盛んに研究がなされてきた。一方、そのエネルギー源と考えられている赤外線源には近赤外線の広がった成分を伴っていることがあることが知られ、この成分はその偏光観測から中心星の赤外光が散乱されたものであることがわかってきた。そして双方の観測例が増えるに従い、反射星雲と分子双極流の青方偏移成分が同一方向に伸びている場合が多いことが認識され始めた。

そこで Yamashita et al. 1989 Ap. J. **347**, 894. は両現象の相互関係を調べるために、最も典型的な赤外反射星雲の 1 つで、その対称軸を真横に近い角度からみている GGD 27 IRS の CO, CS 分子輝線の観測を行った。そして期待通り、赤外反射星雲と同方向の分子双極流とそれに垂直で偏平な高密度ディスクを検出した。しかも分子双極流は反射星雲の広がりとも一致し、高密度ディスクは反射星雲のくぼみに対応していることから、赤外反射光と分子輝線は同一の現象を反映した分布を示していることが明らかになった。 山下卓也 (国立天文台)

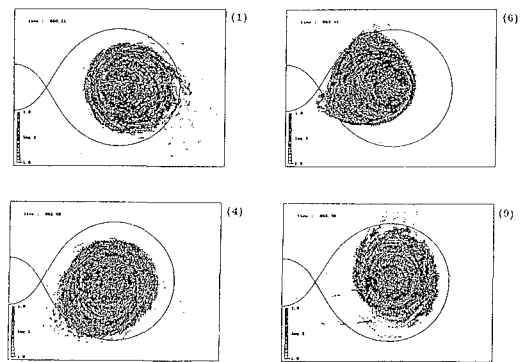


分子双極流 (青方偏移成分: 細線, 赤方偏移成分: 破線), 高密度ディスク (太線) および赤外反射星雲 (ハーフトーンの部分) を重ねた図

近接連星系における降着円盤の数値実験

標準理論の降着円盤は軸対称を仮定している。しかし、近接連星系における降着円盤の場合、降着円盤内の角運動量輸送を調べるためには伴星の潮汐力や伴星からの物質流の影響を考えねばならない。これらの現象は非軸対称なので、2次元流体の数値実験が必要だった。

実験の結果、伴星の質量が主星に比べて小さいとき、物質流が一定なのにも関わらず、近接連星系における降着円盤は伴星の潮汐力の影響で離心的楕円形に変形する (廣瀬・尾崎, PASJ, **42**, 135, 1990)。原因は、伴星と円盤外縁の公転運動が 3:1 の共鳴状態にあることにある。この円盤は慣性系でゆっくり前進するので、楕円の遠星点は公転周期より数 % 長い会合周期で伴星をかすめ、エネルギー散逸を極大にする。この微妙な周期は、大熊座 SU 型の矮新星の「超爆発」の際にみられる「超



瘤」を自然に説明する。また、超爆発の機構自体 (尾崎, PASJ, **41**, 1005, 1989), LMBX にも応用できそうである。 廣瀬雅人・尾崎洋二 (東大理)

—天文学最前線—

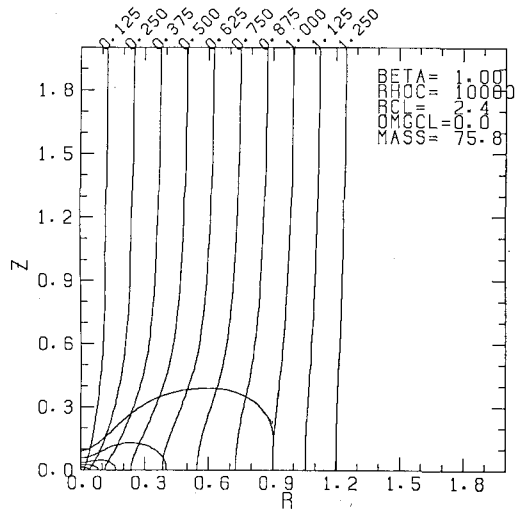
星間磁気雲の構造

星間雲で、これを収縮させる力は重力である。これに対抗して、熱圧力、磁場による力（ローレンツ力）、遠心力などが、釣合を保っていると考えられている。これらすべての力が働く場合の磁気静水平衡解を求める方法を新たに開発し（富阪、池内、中村 1988: Ap. J. **326**, 208), さまざまな平衡解の性質を調べた。重要な結果は、回転がない場合、熱圧力、磁場による力で支えられる質量の上限が、星間雲中心での磁束/質量比 p をもちいて

$$M_{cr} \approx 62 \{1 - (0.17p)^2\}^{-3/2} c_s^4 p_0^{-1/2} (4\pi G)^{-3/2}$$

と書き表せることである。ここで c_s と p_0 はそれぞれ星間雲内の音速と外部の圧力である(同 1988: Ap. J. **335**, 239)。

星間雲は、プラズマ・ドリフトによって星間雲内部の磁束分布が変化し、中心部で磁束が減少することによって最後に動的収縮にいたるといふ筋道に沿って進化する。実はこれは、この上限質量が中心部での p の減少によって減少し、 $M < M_{cr}$ (準臨界) であった星間雲が $M > M_{cr}$ (超臨界) となることによって起こっていることがわかる。
富阪幸治 (新潟大・教育)



図は、求められた磁気静水平衡解の一例を示す。回転対称の星間雲で対称 (z 軸を含む面) で切ったときの等密度線と磁力線 (おもに縦に走っている) を示す。

スーパーバブルはハローへはじけるか?

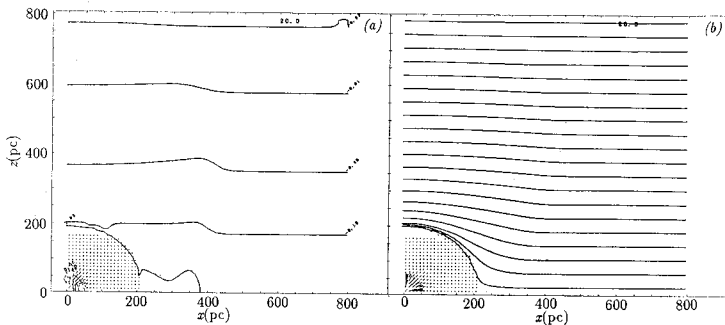
—星間磁場の効果—

M31, M33, M101 などの銀河で、中性水素ガスのホールが次々と見つかった。これは、OB アソシエーションで起こる連続超新星爆発によって巨大な超新星残骸が形成されたもの (スーパーバブル) と考えられている。銀河のディスクでは、密度は z 方向に減少しているので、スーパーバブルの大きさがディスクの厚み程度にまで達すると、密度の薄い方向に容易に膨張し、最終的にディスクを打ち抜いて、ハローへ熱いガスを放出する煙突になると (筆者も含めて) 考えてきた。しかし現実

の銀河には大局的にディスクに平行の磁場が存在し、これを横切る z 方向の流れは、妨げられると考えられる。そこで、3次元磁気流体力学シミュレーションによって星間磁場のこの効果を調べてみた (Tomisaka 1990: Astrophys. J. **361**, L5~L8)。

この結果、星間磁場が、スーパーバブルをディスク内に閉じ込めている可能性が存在することがわかった。

富阪幸治 (新潟大・教育)



図は、磁場が $5 \mu G$ 、超新星によるエネルギー放出率が 1.6×10^{37} エルグ/秒の場合の、10 Myr 後の圧力分布 (左) と磁力線 (右) の構造で、熱いガスは半径 400 pc 程度のディスク内に完全に閉じ込められ、ハローへは噴出してないことがわかる。

—天文学最前線—

スターバースト銀河からの熱いガスの流出

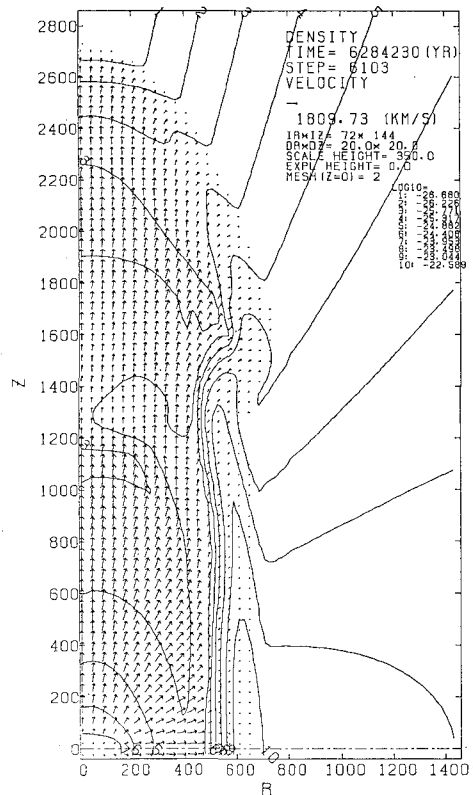
M82, NGC 253, NGC 3628 などの銀河のまわりに、おもに銀河ディスクに垂直方向に広がったX線が見つかっている。これらはいずれもスターバースト銀河と呼ばれ、中心部 (≤ 0.5 kpc) で非常に激しい星生成が起きていることが知られている。

これらの銀河の中では、星生成バーストに続いて超新星爆発バーストが起っており、銀河のまわりの広がったX線は超新星爆発で加熱された熱いガスが銀河の外まで流れ出したものと考えられる。そこでこのときの流れを、軸対称2次元流体力学シミュレーションによって調べた(富阪&池内 1988: *Astrophys. J.* 330, 695)。超新星バーストが起ってから 6 Myr で、銀河から約 3 kpc の高さまで、熱いガスが噴出し、アインシュタイン衛星で観測された、X線強度を説明できることがわかった。

最近では、もっと大規模 (~ 100 kpc) のガスハローが存在するという観測があり、これがこのバーストモデルで説明できるかどうかは次の問題である。

富阪幸治 (新潟大・教育)

図は超新星出現率 0.1 yr^{-1} 、銀河ディスク内のガスの密度 200 cc^{-1} の場合のバーストが起ってから 600 万年後の構造を表す。



恒星系力学における一般変分原理

球状星団や、銀河中心核のように、重力緩和時間が宇宙年齢より短い恒星系の力学的進化は、フォッカー・プランク方程式で記述される。恒星系では、緩和時間は crossing time よりはるかに短いため、系の進化は、星の軌道に沿って平均されたフォッカー・プランク方程式(その独立変数は、エネルギー E や角運動量 J 等である)を解くことにより求められる。この方程式は非線形微積分方程式であるため、解析解を得るのは不可能で、数値積分が必要である。しかしながら、時間以外の独立変数が 2 個以上の場合には安定に数値解を求めるのは非常に難しい。

Inagaki & Lynden-Bell, *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **244**, 254. 1990 は、軌道平均されたフォッカー・プランク方程式の近似解を求めるための変分原理を提唱した。方程式は、非線形で自己共役ではないため、通常の変分原理は適用できない。そこで、彼等は Glansdorff & Prigogine の local potential を用いた一般化された変分原理を定式化した。方程式が変分原理の形に書けると、試験関数を適当に仮定すると、微積分方程式はパラメーターに関する常微分方程式に帰着できる。

この変分原理を用いると、速度に非等方向性がある恒星系や、回転恒星系の進化を追うことが出来るものと思われる。また、軌道平均されたフォッカー・プランク方程式が少数の常微分方程式に帰着されるため、球状星団等の進化を表わす簡単なモデルが出来る。従って、一つの星団の進化を追うのではなく、より複雑な系の進化を追うことも出来るようになることが期待できる。

稲垣省五 (京大理)

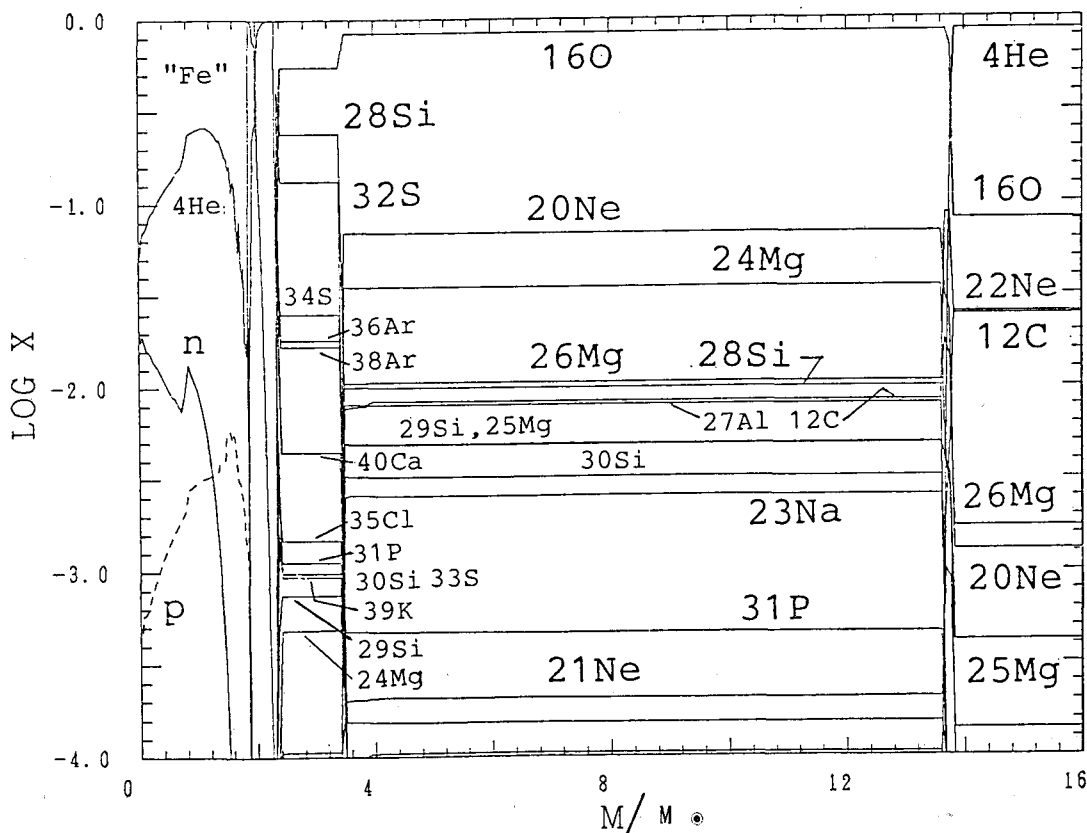
—天文学最前線—

40 倍太陽質量星の超新星への進化

10 M_{\odot} を越える大質量星は重力崩壊型超新星爆発を起こす。星の全質量とともに水素燃焼後のヘリウム核の大きさは増し、16 M_{\odot} のヘリウム核に対応する星の全質量は約 40 M_{\odot} である。この星の進化は以下の理由で重要なのでヘリウム燃焼から重力崩壊寸前までの進化をシミュレートした。この 40 M_{\odot} の星は超新星爆発により約 10 M_{\odot} という大量の酸素を放出する。従って銀河の化学進化に重要な寄与をする。超新星 1987A の場合星の全

質量は約 20 M_{\odot} で、我々の計算では放出された酸素の量は 1.5 M_{\odot} であった (Hashimoto, M., Nomoto, K., Shigeyama, T., Astr. Ap., 210, L5)。また重力崩壊直前の鉄の核は 1.85 M_{\odot} であり、 1.5×10^{51} erg の爆発のエネルギーを仮定すると約 0.6 M_{\odot} の ^{56}Ni が放出される。超新星の光度曲線や分類を考える上でもこの M_{\odot} 星は有益となるはずである。

橋本正章 (九大教養)



16 M_{\odot} のヘリウム核が重力崩壊寸前まで進化したモデル。縦軸は化学組成の質量比。

—天文学最前線—

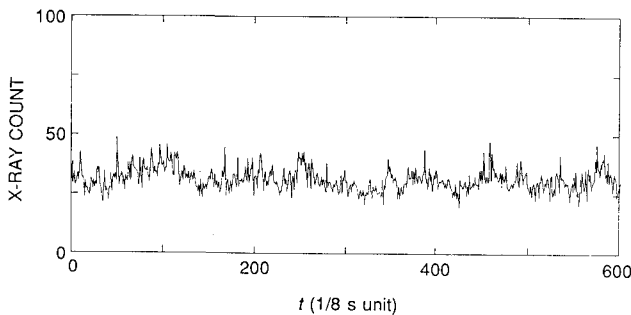
白鳥座 X-1 はカオスの力学系か？

「てんま」衛星による白鳥座 X-1 の観測 (図 1) についてカオスの解析を行った。ポアソン雑音を多く含んだデータからカオス特性をいかに引き出すかが勝負である。図 2 に結果の一部を示す。1 秒間隔の m 個の測定値を m 次元空間の 1 点として表す。時間をずらして 7680 点を m 次元空間にプロットする。2 点間の距離が r より近いペアの数が $r^{D(m)}$ に比例すれば、沢山観測があってノイズがなければ、 $D(m)$ は m の大きいところで一定となり、フラクタル次元を与える。白鳥座 X-1 のデータ (○印) と共に、ノイズのみ (+印) とローレンツのカオス系にノイズを加えたもの (△印) を比較と

して用いた。 $m \geq 7$ くらいからノイズとの分離がみられる。また、正のリヤプノフ数がみつければカオス系であることがいえるが、ノイズに邪魔されて有意の正值はみつからなかった。

本研究は 5 年ほど前にした研究であるが、出版に時間がかかり、方法論の提唱としてはよいが用いたデータは古くなってしまった。「ぎんが」のデータで再解析することが望まれる。(海野, 米山, 浦田, 正木, 近藤(正), 井上(-), PASJ, 42, 269, 1990)

海野和三郎 (近畿大)



▲ 図 1 Cyg X-1 の時間変動 (Sept. 9, 1983)

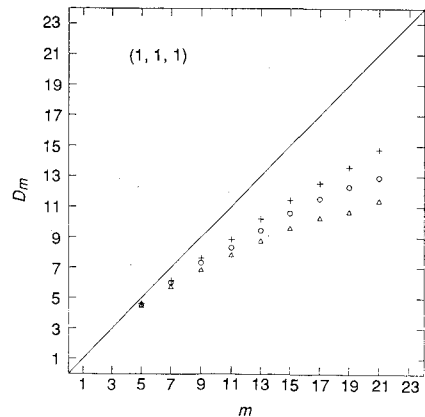


図 2 $m-D(m)$ 関係

○ Cyg X-1; + ノイズ; △ ローレンツ+ノイズ

☆編集部からのお知らせ☆

今月号をもちまして長年続いてまいりました「天文学最前線」を中止することになりました。

これまで「天文学最前線」の記事を執筆して頂いた方々、長い間ご愛読下さった方々、本当にどうもありがとうございました。また近い内に、新たなスタイルでこれまでの論文紹介を踏襲する「論文速報 (仮題)」と最新の天文情報を解説した「ニュース (仮題)」を掲載することになりました。新企画につきましてもご批判、ご協力をどうぞよろしくお願い申し上げます。