

数値天体物理学サマースクール (流体・磁気流体コース)

基本課題解説

基本課題(選択)

使用するコード

- | | | |
|-----|--------------------------------|--------------|
| 1. | 恒星フレアの擬2次元モデル (柴田) | フレア |
| 2. | 銀河フレア (柴田) | フレア |
| 3. | 多重超新星爆発 (柴田) | セドフ |
| 4. | 惑星間衝撃波 (柴田) | セドフまたはスピキュール |
| 5. | 擬2次元スピキュール (工藤) | スピキュール |
| 6. | 銀河スピキュール (工藤) | スピキュール |
| 7. | 降着円盤スピキュール／ジェット(桑原) | スピキュール |
| 8. | MHDショックチューブ (福田) | ショックチューブ |
| 9. | アルフベン波の decay instability (福田) | 未 |
| 10. | Roe's hydro code 開発 (山下) | 未 |

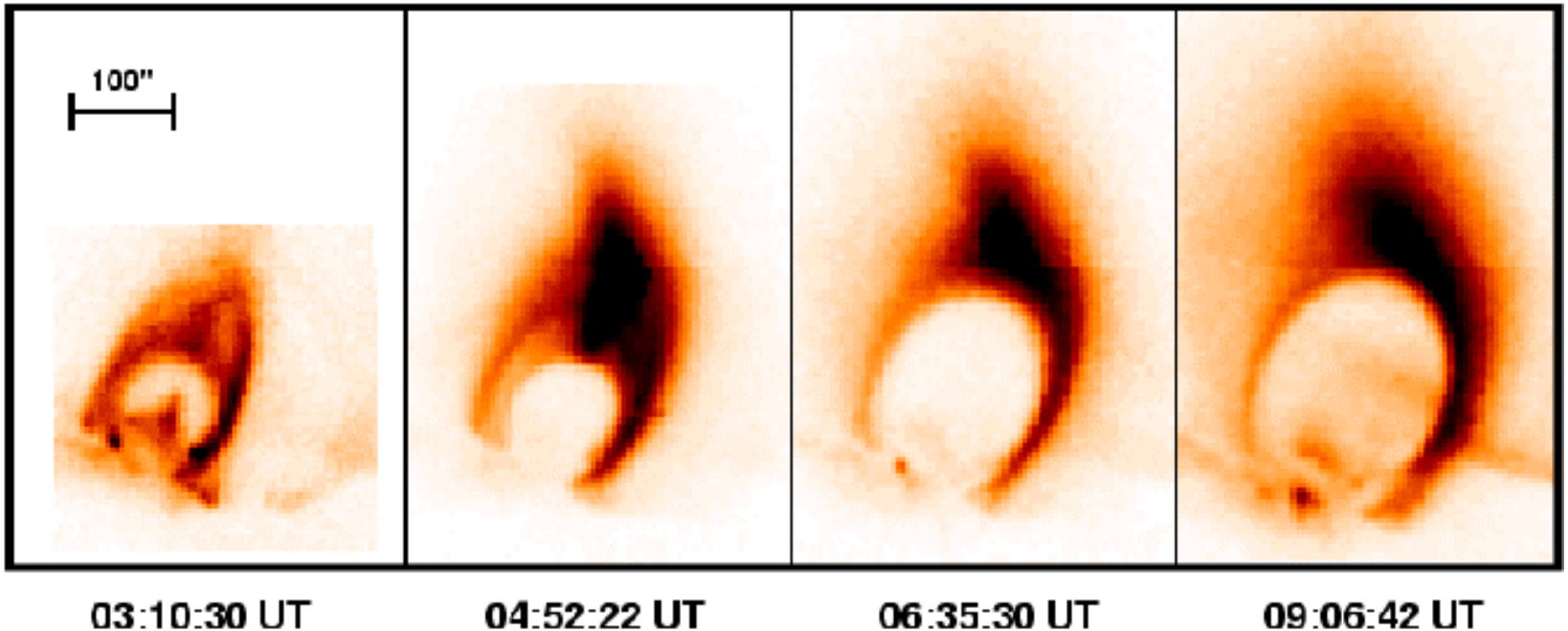
基本課題1：熱伝導流体 擬2次元恒星フレアモデル

- 動機： Favata, Micela, Reale (2001)AA 375, 485 :
1次元流体フレアループモデル
これよりループ長を推定
- しかし、実際はフレアは磁気リコネクションによって加熱されているはず。つまり、フレアループは2次元(3次元)的のはず。Favataらのループ長の推定はどこまで信用できるか？

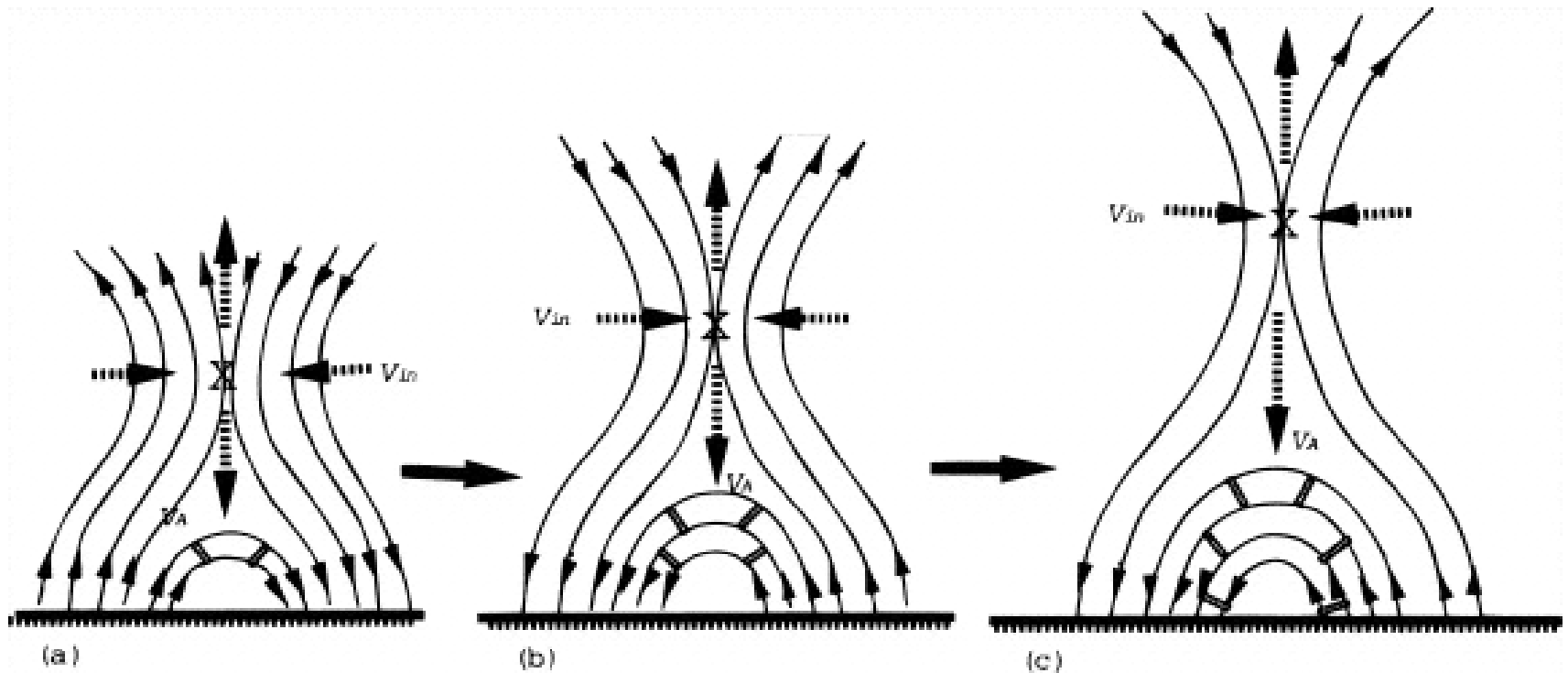
太陽フレアの正体

(X線／ようこう: 常田ら1992)

21-FEB-1992 Flare SXT Image Filter : Al.1

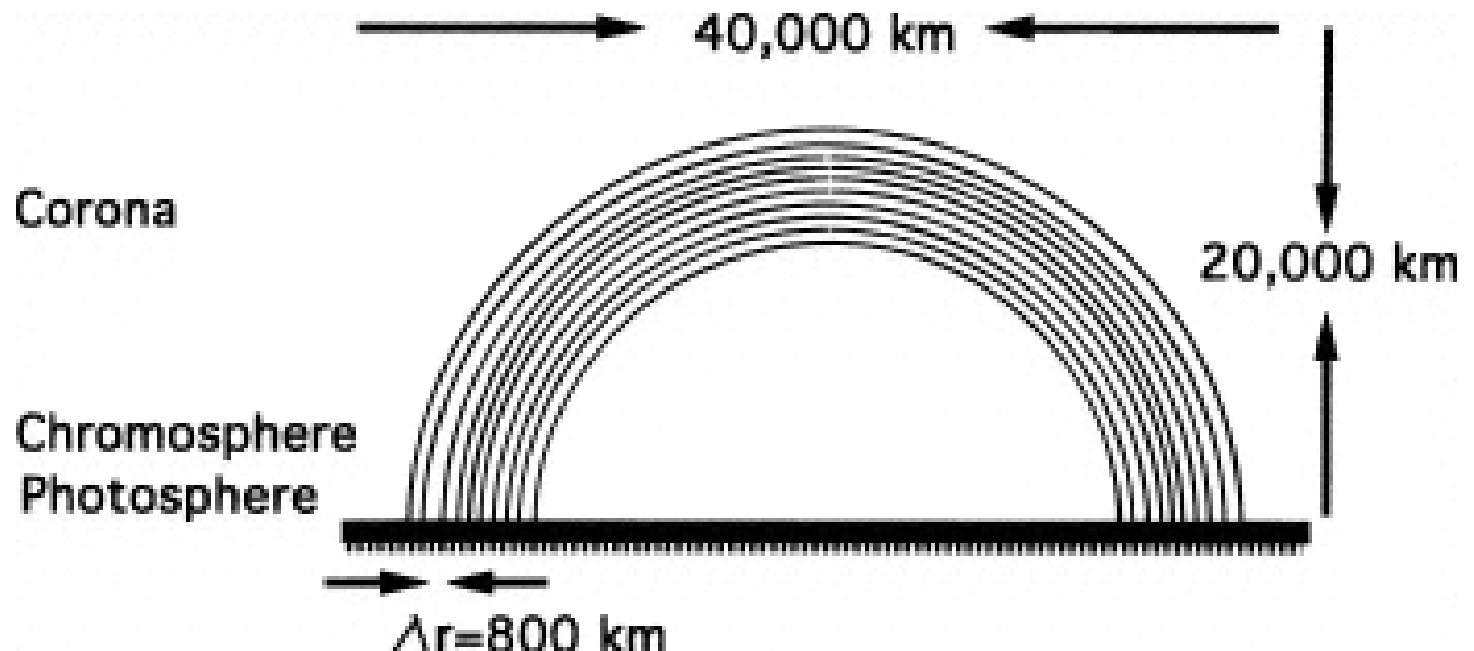


太陽フレアの擬2次元モデル (Hori et al. 1977)

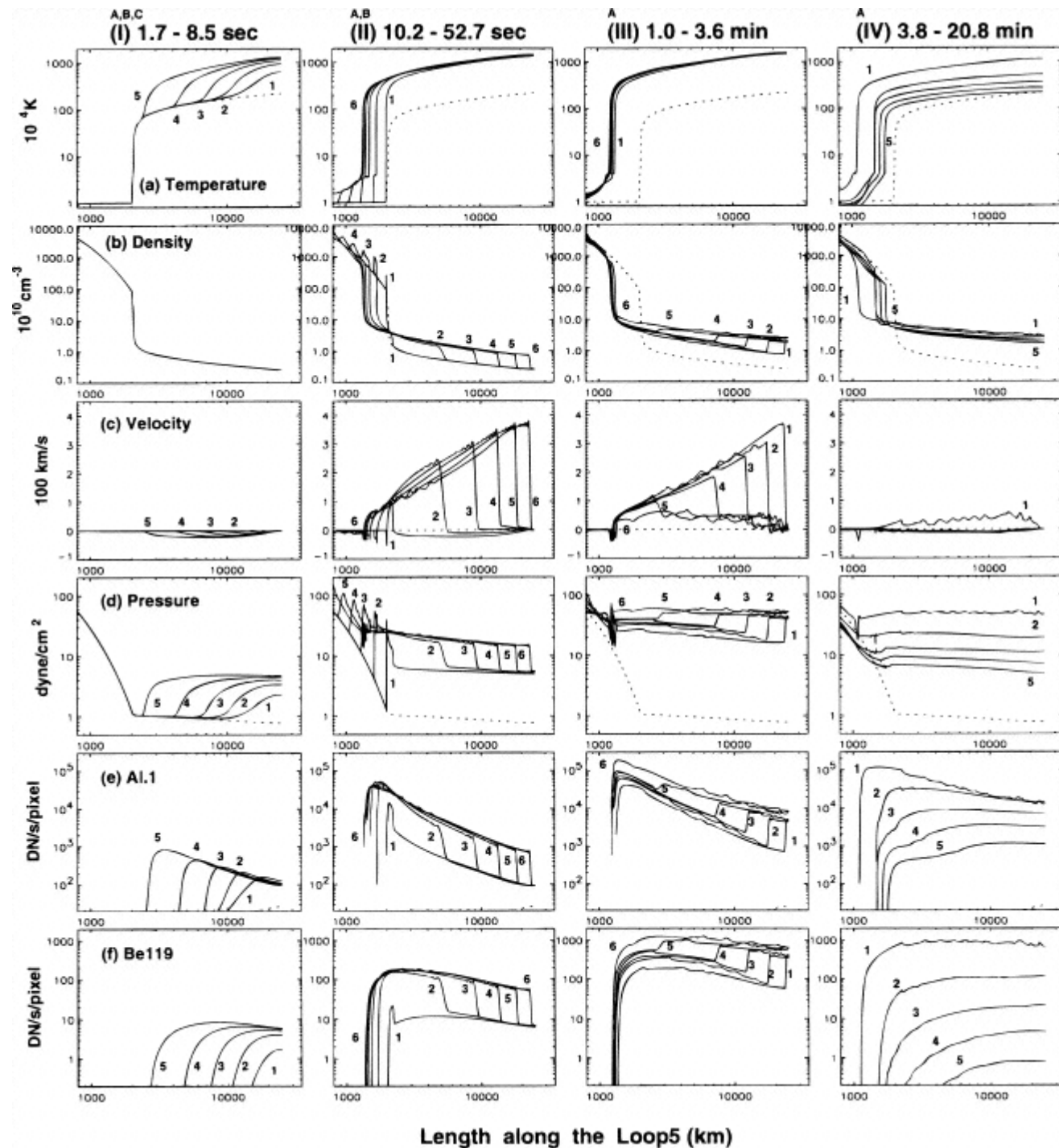


擬2次元モデルは、いかにして つくるか？

- 長さの異なるループの進化を別々に計算し、後に合成する。1人1本のループを担当する。



1次元 フレア ループ の計算 結果

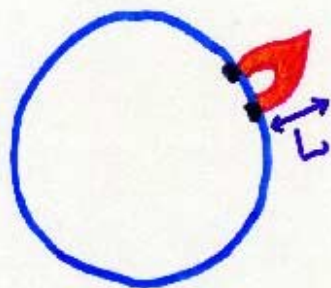


合成された擬 2次元太陽フ レアループ・ モデル(Hori et al. 1997)

この恒星フレア版を
つくる => 世界初！

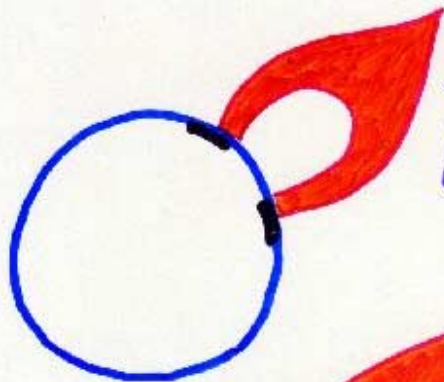


太陽フレア



$$\begin{cases} B \sim 100 \text{ G} \\ L \sim 10^4 - 10^5 \text{ km} \\ E_{\text{mag}} = \frac{B^2}{8\pi} L^3 \\ \sim 10^{29} - 10^{32} \text{ erg} \end{cases}$$

恒星フレア

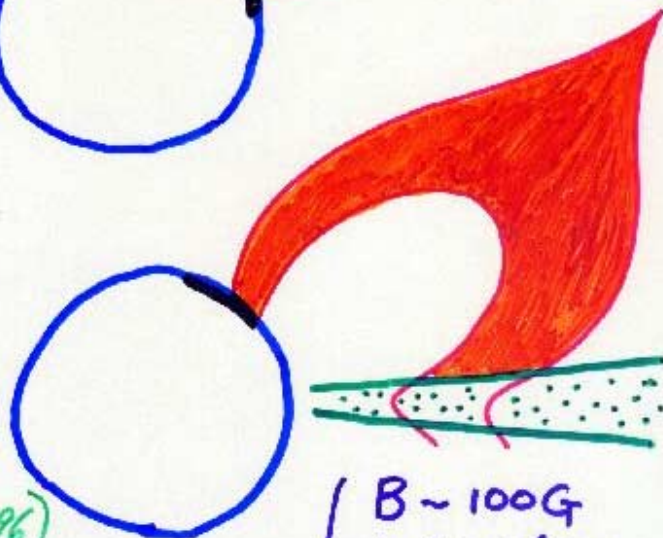


$$\begin{cases} B \sim 100 \text{ G} \\ L \sim 10^5 - 10^6 \text{ km} \\ E_{\text{mag}} \sim 10^{32} - 10^{35} \text{ erg} \end{cases}$$

原始星フレア



(Hayashi et al. 1996)



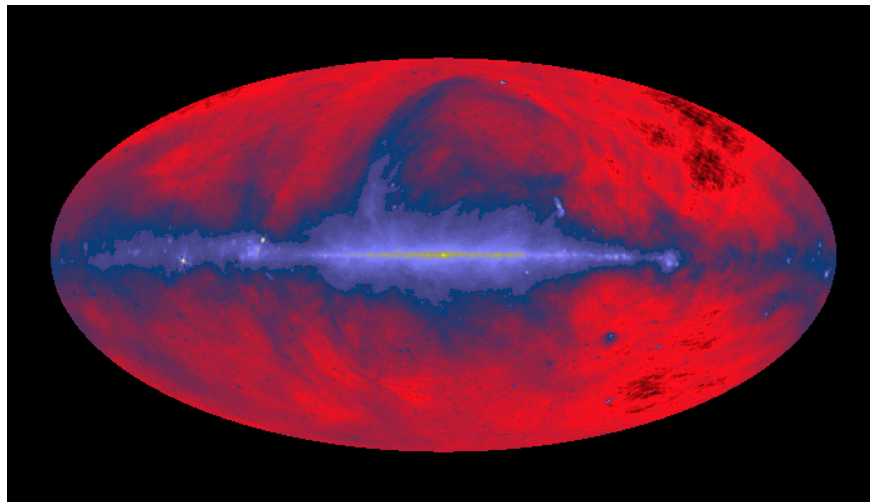
$$\begin{cases} B \sim 100 \text{ G} \\ L \gtrsim 10^6 \text{ km} \\ E_{\text{mag}} \gtrsim 10^{35} \text{ erg} \end{cases}$$

恒星フレアのパラメータ

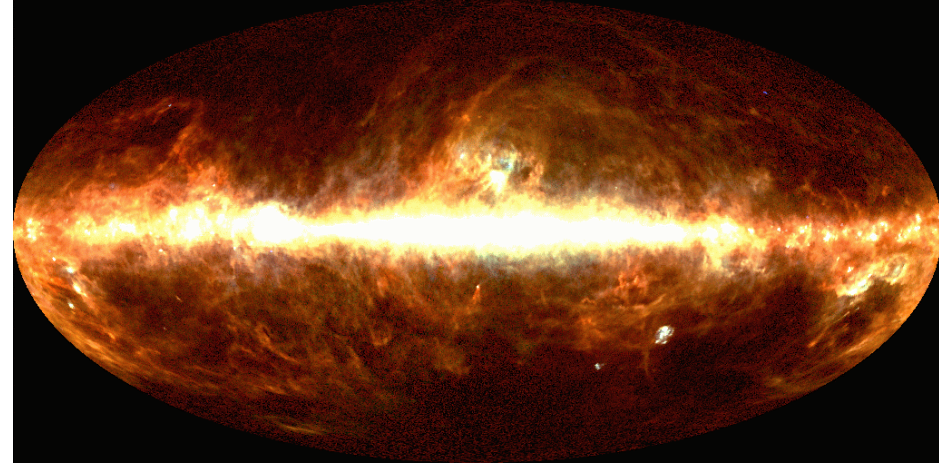
- 原始星 YLW15 (Class I) Tsuboi et al. 2000
- 恒星半径 = $4R_{\odot} = 3 \times 10^{11}$ cm
- (フレア温度 = 6000万度, フレア光度 = 2×10^{32} erg/s, 継続時間 = 10時間)
- ループの頂点の高さ = 3×10^{11} cm
- 個々のループの太さ = 2.5×10^{10} cm、ループ数 = 4本
- フレア前のコロナの温度 = 1000万度
- フレア加熱場所のサイズ = 3×10^{10} cm
- フレア加熱率 = $10 \text{ erg/cm}^3/\text{s}$
- 個々のループ加熱時間 = 1時間

基本課題2：熱伝導流体 銀河フレア

- 問題： 銀河ガス円盤に足を持つ磁気ループで磁気リコネクション加熱が起きると、どのようなダイナミックスが発生するか？ ループの温度はどうなるか？



銀河フレア



- ループ長 = 1 kpc
- 加熱場所のサイズ = 0.1 kpc
- フレア加熱率 =

$$\frac{B^2}{4\pi} \frac{V_A}{L} = \frac{B^3}{4\pi L (4\pi\rho)^{1/2}} \approx 10^{-25} \text{ erg} / \text{cm}^3 / \text{s}$$

$$B \approx 3\mu\text{G}, \quad n \approx 0.001 \text{ cm}^{-3}$$

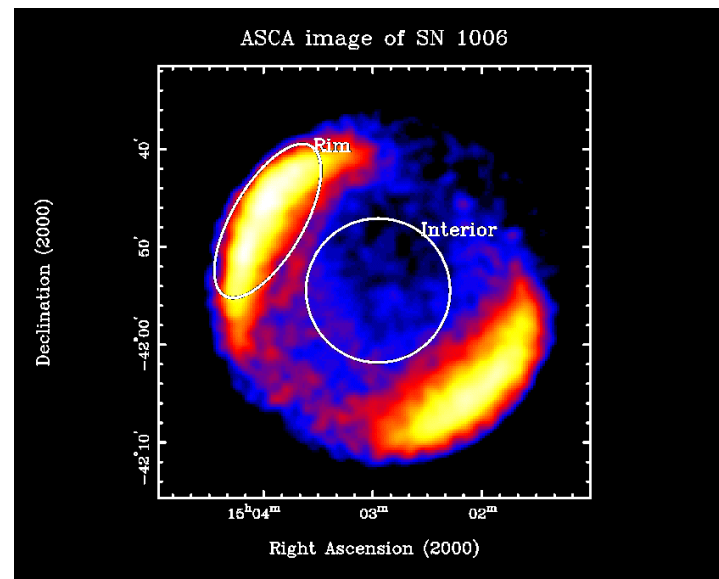
初期条件と問題

- ガス円盤の表面付近
(1万度、0.1個/cc)
- 高温ハロー(100万度、0.001個/cc)
- できた銀河フレアの温度はどれくらいになるか？ 蒸発流の速度は？
- フレアの加熱率をいろいろ変えてやってみる。

基本課題3：点源爆発

多重超新星爆発

- 超新星爆発が狭い領域で少し時間をおいて次々と起きた場合、衝撃波伝播の法則はセドフ解とどれだけ異なるか？



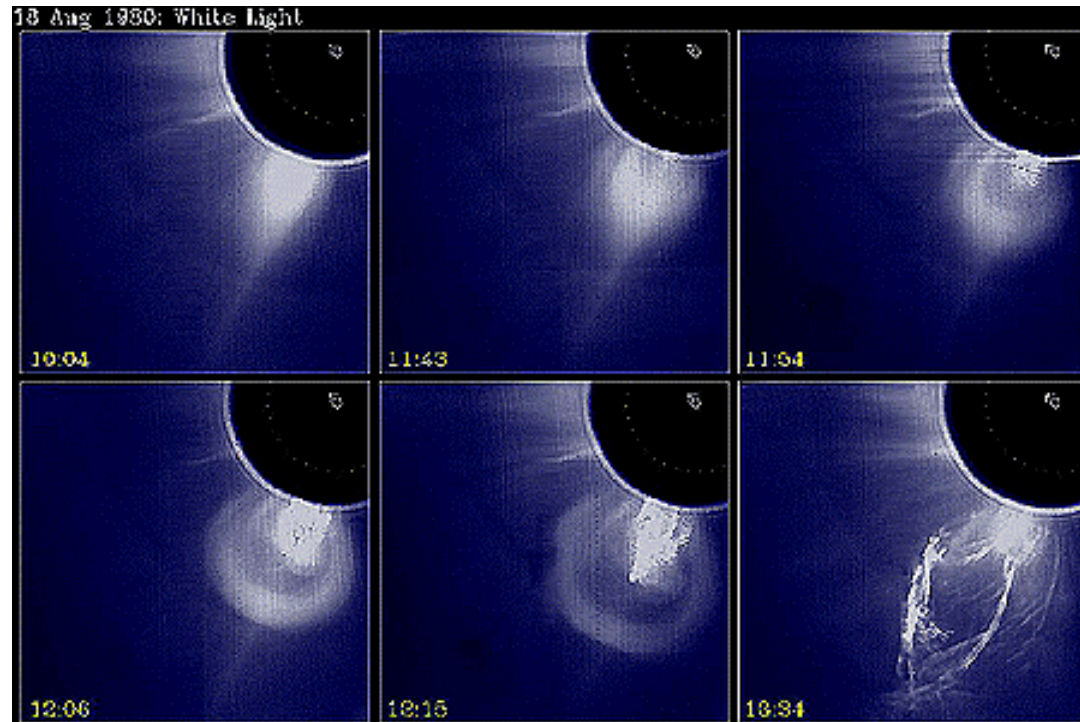
多重超新星爆発の 残骸の計算法

- 点源(超新星)爆発(10^{51} エルグ)を
同じ場所(密度1個/cc)で300年毎に繰り返し
3発爆発させる。1万年後には衝撃波はどこまで
伝播しているか？ 距離を時間の関数としてプロッ
トせよ。また密度分布はどんな分布をしているか。
- 3×10^{51} エルグの点源爆発を計算し、
1万年後の衝撃波の位置、密度分布を調べ、上
の例の衝撃波の位置と比較せよ。
- 300年毎を1000年毎にするとどうなるか？

基本課題4： 惑星間衝撃波

コロナ質量放出(CME)カニバリズムのモデル

- 遅いCMEが発生した直後に、速いCMEが発生して、遅いCMEを飲み込む現象
- その証拠(痕跡)らしきもの(?)が地球近傍の人工衛星探査で発見された。本当に痕跡かどうか、シミュレーションで検証する。



Source: High Altitude Observatory/Solar Maximum Mission Archives

H40 A-013

計算方法

- 5太陽半径—200太陽半径(1天文単位)までの領域をとる
- 超音速太陽風(速度=450km/s=一定)
音速は100km/s
- 密度=10⁴個/cc at r = 5R_o
距離の2乗に反比例して減少
- 最初のCME コア(10⁵ /cc)が r=10R_o
- 2回目の高速CME(800km/s)は境界条件で
インプット、継続時間は数時間、
密度は初期の10倍。

詳しくは、水野(京大)まで

基本課題1：熱伝導流体 擬2次元原始星フレアモデル

- 動機： 原始星フレアのループの長さに関する論争を解決する。
- Tsuboi et al. (2000), Monmerle et al. (2000)
フレアX線強度の減衰時間＝放射冷却時間
＝>フレア密度＝>EM = $n^2 L^3$ よりL決定
- Favata, Reale et al (2001)
フレアの継続加熱を考慮
1次元ループモデルに基づく
フレアの冷却曲線よりフレアループ長を決定
上記の結果よりループ長は短い