

かに星雲X線源の月による掩蔽を利用した気球観測*

深田 豊** 早川 幸男** 笠原 泉**
楨野 文命** 秋山 弘光・松岡 勝
西村 純・小田 稔・田中 靖郎
中川 道夫†・桜井 敬久†・V.S. Iyengar ‡
R.K. Manchanda ‡・P.K. Kunte ‡・B.V. Srekan-
ntan ‡

1. はじめに

かに星雲X線源は、1964年Friedman[1]等によって、2~10KeV領域で、月による掩蔽を利用した観測が行われ、120"の大きさを持つことが示された。1966年にはOda[2]等により、1~6KeVでModulation Collimatorによる観測が行われ60"×110"となり、さきの結果が確認された。かに星雲からのX線は、電波、光と同様、高エネルギー電子によるシンクロトロン輻射であると考えられているが、X線(≈KeV)を出すような高エネルギー電子($E_e \geq 10^{13}$ eV $H \geq 3 \times 10^{-4}$ Gauss [3])の寿命は年の程度以下で非常に短いため、高エネルギー電子が加速供給されていなければならない。かに星雲の全輻射エネルギーは、パルサーNP 0532の回転エネルギーのLoss Rateで十分まかなえ、高エネルギー電子のエネルギー源もパルサーであると考えられるが、もし電子が $\geq 10^{13}$ eVまでパルサーで加速されるとすると $\approx 10^{-3}$ Gaussの磁場中を1分角(≈1.5光年)程度まで伝播するのは困難である。この事情は、X線のエネルギーが高くなるほど、 $E_x^{-1/2}$ で伝播距離は減少し、きびしいものとなる。1974~75年にかけてかに星雲の月による掩蔽が起き世界各地でかに星雲X線源の構造を調べるための観測が行われた。我々は特に硬X線領域での構造を調べるために、1975年1月24日に気球観測を行った。

2. 観測装置

観測装置は、掩蔽が天頂付近で起ること、及び確実にDATAを得るために、できる限り簡単化すること等を考慮して設計され同一の装置が二台製作された。装置の略図を図1に示す。検出器は5' ϕ × 3mm NaIと5' ϕ PMからなるシンチレーションカウンターを用い、

* 宇宙研特別事業費による研究論文

** 名古屋大学 理学部

† 大阪市立大学 理学部

‡ タタ基礎科学研究所

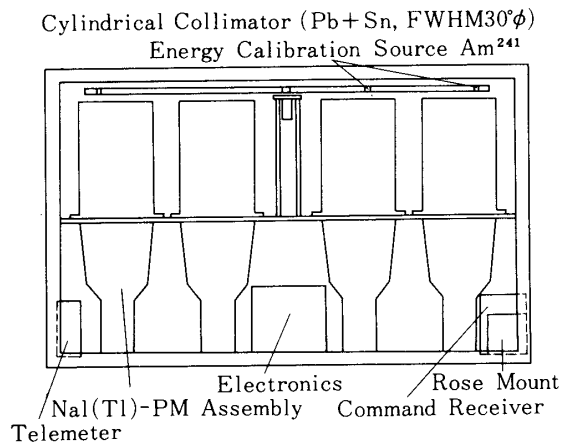


図 1

Collimator による Modulation を避けるため，円筒型 Collimator (1 mmPb+1 mmSn, FWHM 30°φ) が採用された．各装置はこのようなシンチレーションカウンタ－8本からなり，有効面積は 981cm²である．装置には Energy Calibration Source として Am²⁴¹ が取り付けてあり，地上からの Command で検出器に照射して，Inflight Calibration を行

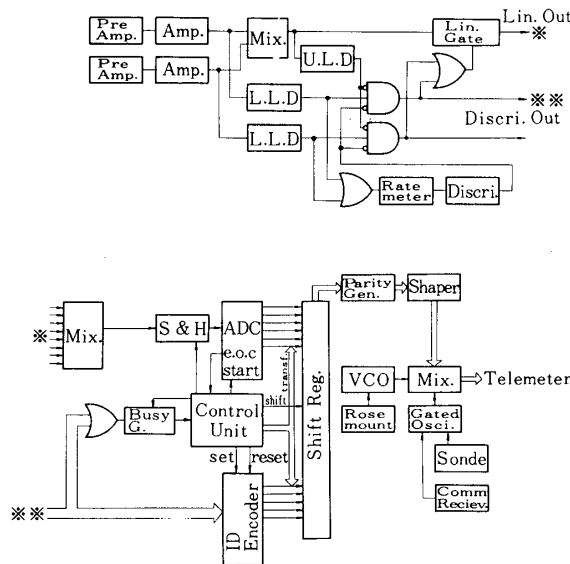


図 2

った．図 2 に回路系のダイアグラムを示す．各検出器からの 15 KeV ~ 70 KeV のパルスは 6 bits の ADC で波高分析され，これに検出器を Identify するための 4 bits の ID bits ，

§ 4. 観測結果

BのDATAは統計精度が悪いため、以下特に断らない限りAのDATAからの結果について述べる。有効エネルギーは大気吸収を考慮して20~70 KeVである。

(1) Pulsar 成分

まずパルサーのX線 light curve を得るために掩蔽前の20分間のデータをパルサーの spin down rate からの予想値 33.17585 m sec, Arecibo での75年1月24日の観測値 33.17585 m sec の付近で周期を10 n sec ステップで変化させて重ね合せ light curve の flat からのずれの χ^2 max を計算した。結果は図5(b)に示すようにパルサーの見かけの周

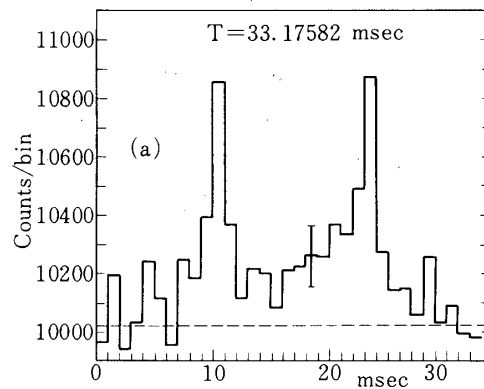


図 5 (a)

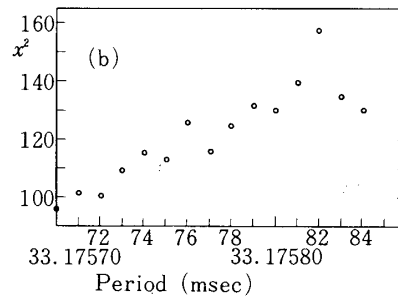


図 5 (b)

期は $T_a = 33.17582$ m sec であった。図5(a)はこの周期に対する light curve である。Main Pulse Sub Pulseとも Background Level から約 8.5σ の level で、両パルスの間隔は 13 m sec である。硬X線領域でも、両パルスのFWHMが約 1 m sec と非常にせまいことが注目される。Pulsar 成分のかに星雲全体(含パルサー)にしめる割合は light curve

と次に述べる星雲成分とから求められ26.5%であった。図6に240 sec ごとの重ね合せを示す。light curve の統計的に有意な変動は認められなかった。

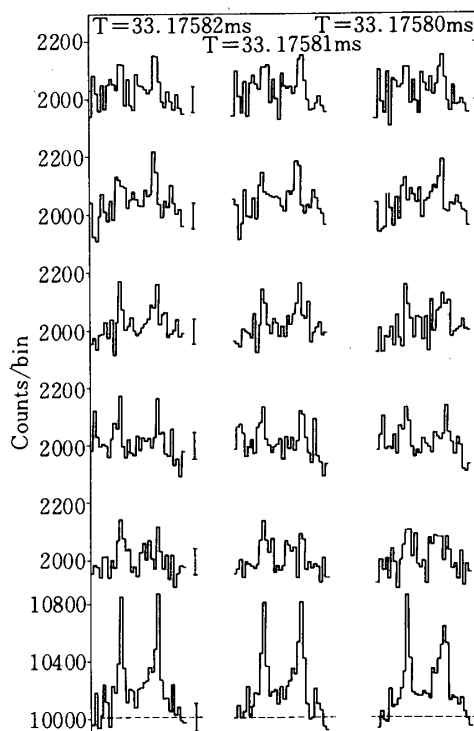


図 6

この実験では、気球の位置を測る手段がなかったため計数率の時間変化を天球上の分布に変換するためには、絶対位置を別な方法で決めなければならない。そこでパルサー成分が隠される時刻を求め、この点がパルサー-NPO 532であるとして絶対位置の決定を行った。図7(b)はMain Pulse Sub Pulseを含む(3+3) m secの部分の計数を10秒(約300spin相当)ごとにまとめてプロットしたものである。このようにしてもパルサー成分を星雲成分から完全には分離できなく、見えている星雲成分の18%が常に含まれてしまう。図から明らかのようにパルサー-NPO 532の位置はUT 16:43に対応している。

(2) 星雲成分

図7(a)に全計数率(20~70 KeV)の時間変化を示す。各点は10secの平均である。星雲成分の分布をGauss型としてその中心 t_c とFWHM P_t をパラメータとして χ^2 fittingを行った。その際パルサー成分としてlight curveから求めた7.8 c/secを使い、パルサーからの非パルス成分はないものとした。自由度20に対して $\chi^2 \text{ min} = 20.8$ が得られた。図8に χ^2 のcontourを示す。Gauss分布の中心として、

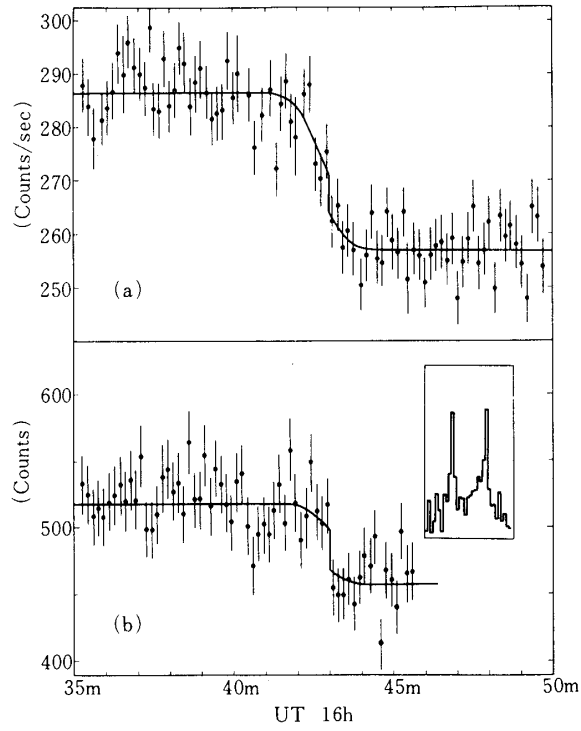


図 7

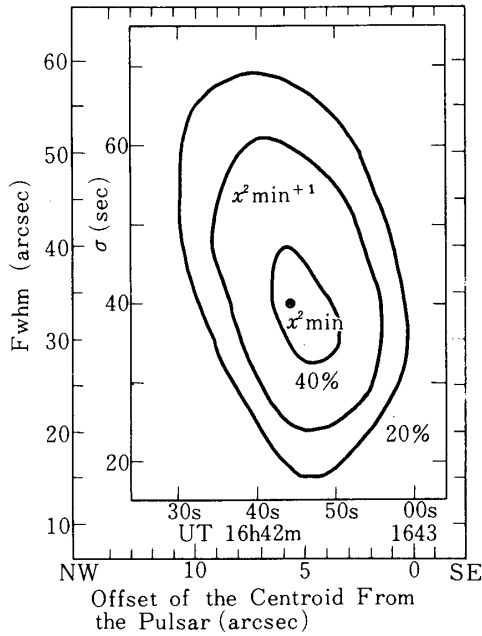


図 8

$$tc = 16^h 42^m 44^s \begin{matrix} +11 \\ -9.5 \end{matrix} s \quad UT$$

$$Dt = 95_s \begin{matrix} +48 \\ -38 \end{matrix} s$$

が得られる。図7の実線はこの best fit curve である。角度に直すと Gauss 分布の中心とパルサーとのずれが

$$d = 6'' \pm 4'' \text{ NW}$$

FWHM

$$D = 34'' \begin{matrix} +17'' \\ -14'' \end{matrix}$$

となる。図9にかに星雲中心部のスケッチと合せて、こうして得られた硬X線発生領域を示す。Gauss 分布の中心は Wisp 1, 2 付近に対応し, FWHM 34' 内には Wisp 1, 2, 3,

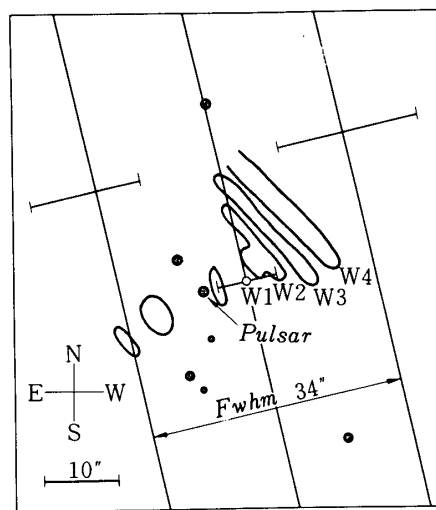


図 9

4. パルサー、及びアンヴィルが含まれる。

観測 Data はパルサーと2つの line Source を仮定することによっても fit することができ, 自由度 19 で $\chi^2 \text{ min} = 17.2$ が得られる。これらの line source の強度と位置は 48% (UT $16^h 42^m 30^s$) 26.5% ($16^h 43^m 00^s$ パルサー), 25.5% ($16^h 43^m 20^s$) で第1の line source は Wisp 2, 3, 4 に第2の line source は Anuil に対応する。図10, 11に 2-line source の場合の best fit curve と対応する天球上の位置を示す。

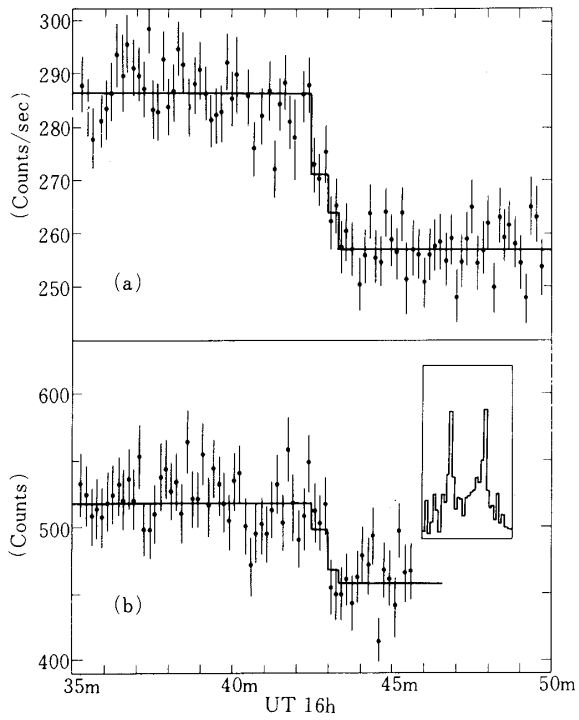


図10

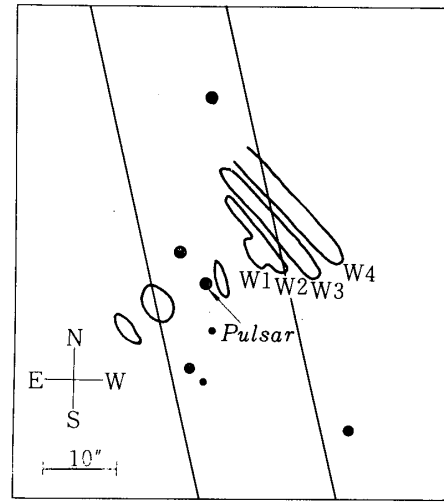


図11

図12はBの全計数率の時間変化である。Aの結果と矛盾しない。

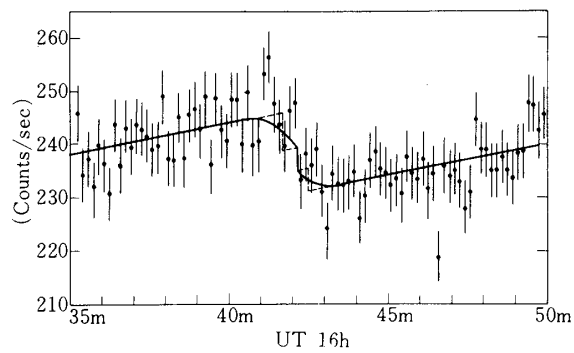


図12

この観測結果は Ricker 等[4]による 20~150 keVでの結果

$$D = 24'' \pm 7'' \quad \text{位置角 } 130^\circ$$

$$D = 49'' \pm 7'' \quad \text{位置角} \quad 240^\circ$$

中心の Pulsar からの off set

$$\alpha = 10'' \pm 4'' \text{NW}$$

と極めて良く一致する。これらの観測結果から

- (1) 数 KeV 領域での大きさ～100秒に比べて硬 X 線領域 (平均エネルギー 50 KeV) ではその $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の大きさである。
- (2) 硬 X 線源の中心の位置はパルサーと一致せず、北西方向に 6''～10'' 程度ずれている。
- (3) 硬 X 線発生領域は Wisp 1, 2, 3, 4 - Anvil の領域と一致する。が結論される。

謝 辞

2つの気球を限られた時間内で飛揚させるという困難な要求に協力して頂いた R. T. Redkar 氏をはじめとするタタ基礎科学研究所の気球グループの皆様に感謝します。

1976年5月31日新設部 (科学)

参考文献

- [1] F. Bowyer, E. T. Byram, T. A. Chubb, and H. Friedman, *Science*, **146**, 912, 1964
- [2] M. Oda, H. Bradt, G. Garmire, G. Spada, B. V. Sreekantan, H. Gursky, R. Giacconi, P. Gorenstein, and J. R. Waters, *Ap. J. Letters*, **148**, L 5, 1967
- [3] R. J. Gould, *Phys. Rev. Letters* **15**, 577, 1965
- [4] G. R. Ricker, A. Scheepmaker, S. G. Ryckman, F. E. Ballantine, F. P. Doty, P. M. Downey, and W. H. G. Lewin, *Ap. J. Letters* **197**, L 83, 1975