SMC のパルサーラッシュ (各論)

今西 健介、辻本 匡弘、横川 淳、小山 勝二 (京大理)

1 Introduction − パルサーラッシュとは? −

従来、小マゼラン雲 (SMC) に存在する X 線パルサーと言えば、 SMC X−1[1]、RX J0059.2−7138[2]、 2E0050.1−7247[3] の 3 つが知られているのみであった。ところが、 1997 年末から 1999 年にかけて X 線パルサーの発見が相次いで報告され、その数は一気に 15 個までに膨れあがった (図 1、図 2)。我々の銀河系ではおよそ 40 個しか見つかっていないのに対し、小さな銀河である (質量比で我々の銀河系の 100 分の 1) SMC でこれだけの数の X 線パルサーが見つかったことは脅威的な事実である (横川淳、辻本匡弘の集録参照)。 X 線衛星「あすか」はこのうち 7 つのパルサーの発見に寄与しており、この「パルサーラッシュ」に多大なる貢献をしている。本集録では、このうち我々のグループが発見した 5 つのパルサーについての解析結果等を紹介する。

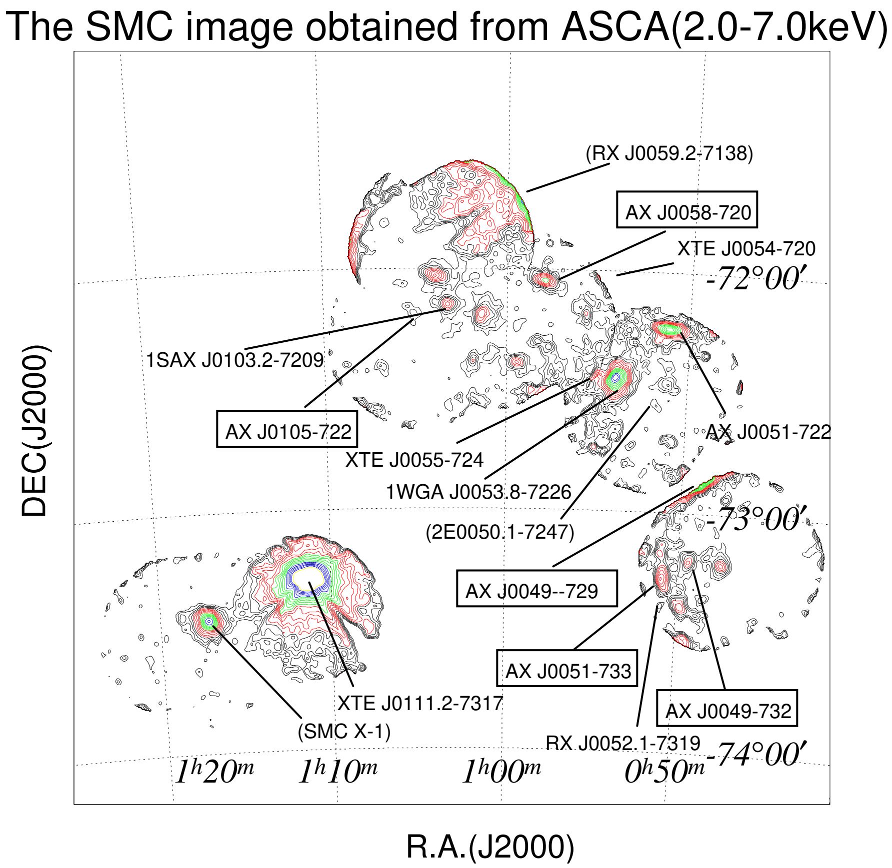

図 1: 「あすか」による SMC のイメージ (2.0–7.0keV)。現在までに発見されているパルサーも図中に示す。括弧で括られているものが 1996 年までに発見されたパルサー、四角で囲んでいるものが「あすか」により我々のグループが発見したパルサーである。

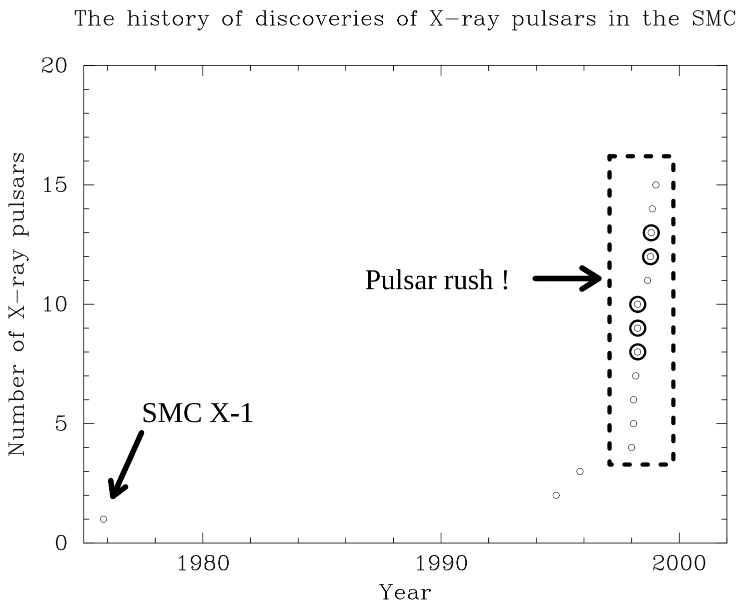

図 2: SMC の X 線パルサー発見の歴史。丸で囲んである 5 つが「あすか」により我々のグループが発見したパルサーである。

2　新発見のパルサー達

我々が発見したパルサーは、AX J0049−729[4][5]、AX J0051−733[6][7][8][9][10]、AX J0058−720[7]、AX J0049−732[12]、AX J0105−722[11] の 5 つである。表 1にその特徴をまとめる。なお、スペクトルは全て単一の absorbed powerlaw で表現できたので、表 1にはその photon index の値を示してある。

表 1: 5 つのパルサーの特徴

	RA (J2000)	DEC (J2000)	Period [sec]	Photon index	Luminosity† [ergs/sec]	Flux variation‡
AX J0049−729	00:49:00	−72:51:40	74.68±0.03	$1.02^{+0.17}_{-0.16}$	4.8×10^{36}	あり (∼20 倍)
AX J0051−733	00:50:47	−73:15:51	323.2±0.5	$1.02^{+0.43}_{-0.37}$	1.5×10^{36}	あり (∼10 倍)
AX J0058−720	00:57:58	−72:02:56	280.3±0.4	$1.00^{+0.31}_{-0.26}$	1.0×10^{36}	あり (∼8 倍)
AX J0049−732	00:49:24	−73:12:21	9.1321±0.0004	$0.86^{+0.93}_{-0.71}$	4.0×10^{35}	なし
AX J0105−722	01:05:06	−72:11:08	3.34300±0.00003	$2.20^{+0.40}_{-0.30}$	1.3×10^{35}	なし

†: 0.7–10.0keV で吸収を補正していない値。距離 60kpc[13] を仮定。
‡: *ROSAT PSPC* による以前の観測との比較。

2.1　大質量連星系パルサー、その候補

上記のうち AX J0049−732、AX J0105−722 以外の 3 つは以下の共通の特徴を有している。

1. 周期が秒単位
2. Hard なスペクトル (photon index ∼1)
3. 長期的な強度変動

これらは、 X 線パルサーの中でも大質量星と中性子星との連星系パルサー (High Mass X-ray Binary Pulsar; HMXBP) に良く見られる特徴である [14]。よってこれらのパルサーは全て HMXBP だと考えられる。特に AX J0051−733 に関しては光学による追観測が行なわれ、 V=14.7mag、V−R=+0.2mag の Be 型星に同定されているので [9][10]、 HMXBP であることに疑う余地はないであろう。他の 2 つのパルサーに関しても、決定的な証拠になり得る光学同定が望まれるところである。

また AX J0049−732 は、上の特徴のうち 3 は確認されていないものの、 1、 2 を満たすのでやはり HMXBP ではないかと思われる。しかしまだ証拠不十分ではっきりしたことは言えない。

2.2 特異なパルサー ; AX J0105−722

AX J0105−722 は、他のパルサーと一風異なった特徴を持つ。それは、

1. Soft なスペクトル (photon index∼2)
2. 強度変動は確認されていない
3. 電波超新星残骸 DEMS128 に付随している

である。超新星残骸に付随したパルサーというと、カニ星雲に代表されるような Crab-like pulsar をまず思い浮かべる。しかし、比較的遅い周期 (3.343sec。 Crab-like pulsar は 10∼100msec) を考えると、最近 Soft Gamma-ray Repeater から発見された新種のパルサーである超強磁場中性子星 = magnetar[15] に近いようである。 AX J0105−722 と、 magnetar と思われている 2 つの SGR、 SGR1806−20[16]、 SGR1900+14[17][18][19] の比較を表 2に示す。

このように非常に良く似た特徴から、我々はこのパルサーは magnetar 候補ではないかと考えている。ただ一言付け加えておかなければならないのは、このパルサーのパルス検出の有意度は ∼99.5% とさほど高くない。よって、さらに観測を重ねてパルス検出をより確固たるものにすることが望まれるだろう。

表 2: AX J0105−722 と 2 つの SGR (magnetar) の比較

	Period [sec]	Photon index	Luminosity [ergs/sec]
AX J0105−722	3.343	2.2	1.3×10^{35}
SGR1806−20	7.47	∼2.2	2×10^{35}
SGR1900+14	5.16	∼2.2	2.9×10^{34}

3　結論、今後

今回我々は、 X 線衛星「あすか」を用いて SMC から 5 つの新 X 線パルサーを発見した。様々な特徴から、このうち 3 つは明らかに HMXBP、残りのうち 1 つもやはり HMXBP だと考えられる。また、 AX J0105−722 だけは異質の特徴を有し、 magnetar 候補と考えられる。

これらのパルサーはまだ観測数が少なく、パルサーの正体を暴く重要な証拠である周期の変化率は全くわかっていない。今後は観測数を増やし、周期がどのように変化していくかを調べる事が重要になるだろう。また、 AX J0049−732、 AX J01054−722 などはかなり暗い天体であるので、今回のデータでは統計不足であることは否めない。これを解消するために、大有効面積を誇る次期 X 線衛星である XMM での観測が望まれる。

また、図 1を見ると、「あすか」の観測はまだ絶対的な pointing 数が少なく、未だに SMC 全体を覆いきっていないことがわかる。我々は「あすか」による SMC の mapping を目的に観測を提案し、 1999 年中に 40ksec×5pointing の観測を行なう予定である。これにより、今まで観測できていないところからさらに新たな X 線パルサーが検出されることが期待できる。

参考文献

[1] Lucke, R. *et al. Astrophys. J.* **206,** L25 (1976).

[2] Hughes, J. *Astrophys. J.* **427,** L25 (1994).

[3] Israel, G. L. *et al. Astrophys. J.* **484,** L141 (1997).

[4] Corbet, R., Marshall, F. E., Ozaki, M. & Ueda, Y. *IAU Circ.* No. 6803 (1997).

[5] Yokogawa, J. & Koyama, K. *IAU Circ.* No. 6835 (1998).

[6] Cowley, A. P., *et al. Publ. Astron. Soc. Pacific* **109,** 21 (1997).

[7] Yokogawa, J. & Koyama, K. *IAU Circ.* No. 6853 (1998).

[8] Kahabka, P. *IAU Circ.* No. 6854 (1998).

[9] Cook, K. *IAU Circ.* No. 6860 (1998).

[10] Schmidtke, P. C. & Cowley, A. P. *IAU Circ.* No. 6880 (1998).

[11] Yokogawa, J. & Koyama, K. *IAU Circ.* No. 7028 (1998).

[12] Imanishi, K., Yokogawa, J., & Koyama, K. *IAU Circ.* No. 7040 (1998).

[13] Mathewson, D. S., Ford, V. L., & Visvanathan, N. *Astrophys. J.* **333,** 617 (1988).

[14] Nagase, F. *Publ. Astron. Soc. Japan* **41,** 1 (1989).

[15] Thomson, C. & Duncan, R. C. *Astrophys. J.* **473,** 322 (1996).

[16] Kouvekiotou, C. *et al. Nature* **393,** 235 (1998).

[17] Hurley, K. *et al. Astrophys. J.* **510,** L111 (1999).

[18] Kouvekiotou, C. *et al. Astrophys. J.* **510,** L115 (1999).

[19] Murakami, T. *et al. Astrophys. J.* **510,** L119 (1999).