

二国間交流事業 共同研究報告書

平成24年 5月 9日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 時空標準研究室

職・氏名 ^(ふりがな) 主任研究員・関戸 衛 ^{せきど まもる}

1. 事業名 相手国 (ロシア) との共同研究 振興会対応機関 (RFBR)
2. 研究課題名 ジャイアントパルスの共同観測とそれによる精密時刻比較への応用に関する研究

3. 全採用期間

平成22年4月1日 ~ 平成24年3月31日 (2年0ヶ月)

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 4,049,039円

初年度経費1,889,212円、 2年度経費2,159,827円、 3年度経費 円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 0円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
岳藤 一宏	情報通信研究機構 電磁波計測研究所 時空標準研究室 専攻研究員	パルサーの観測・信号処理技術 開発
浜 真一	情報通信研究機構、電磁波計測研究所 時空標準研究室 研究マネージャ	パルサーの VLBI 観測
川合 栄治	情報通信研究機構、電磁波計測研究所 時空標準研究室 主任研究員	34m アンテナ運用
小山 泰弘	情報通信研究機構、国際推進部門 国際連携推進室 室長	34m アンテナ運用
市川 隆一	情報通信研究機構、電磁波計測研究所 時空標準研究室 副室長	34m アンテナ運用
近藤 哲朗	情報通信研究機構 アジア連携センター長	34m アンテナ運用
竹内 央	宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部 助教	臼田 64m アンテナ運用、観測デ ータ処理技術開発
寺澤 敏夫	東京大学宇宙線研究所 教授	パルサーの観測データ処理、パ ルサー及び星間プラズマ伝播
田中 康之	宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部 学振特別研究員	X 線天文衛星観測
山越 陽介	東京工業大学 修士課程 2 年	パルサーの観測データ処理
樋口 千夏	東京工業大学 修士課程 2 年	パルサーの観測データ処理
三上 諒	東京大学 修士課程 1 年	パルサーの観測データ処理

(2) 相手国側研究代表者

レバデフ物理学研究所 プーシノ電波観測所・教授・ユリ・ペトロビッチ・イリヤソフ博士

平成 22 年 10 月にイリヤソフ教授が他界されたため、平成 22 年 1 月以降は研究代表者が

レバデフ物理学研究所 プーシノ電波観測所・副所長・ワシリ・ワシリビッチ・オレシコ博士
に変更となった。

(3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏 名	所属・職名（国名）	研 究 協 力 テ ー マ
Vladimir A. Potapov	Lebedev Physical Institute (LPI), Pushchino Radio Astronomy Observatory・主任研究員(ロシア)	パルサータイミング観測、データ解析
Alexander E. Rodin	LPI, Pushchino Radio Astronomy Observatory・主任研究員(ロシア)	パルサーVLBI 観測
Mikhail V. Popov.	LPI, Astro Space Cenceter・教授(ロシア)	パルサー観測データ処理、タイミング解析
Vladimir A. Soglasnov	LPI, Astro Space Cenceter・主任研究員(ロシア)	パルサー観測データ処理、タイミング解析
Olega A. Moshkina Nadezhda Y. Korotova	LPI, Astro Space Cenceter・研究員(ロシア)	パルサー観測データ処理
Vladimir E. Zharov	LPI, Astro Space Cenceter・研究員(ロシア) Moscow State University・教授(ロシア)	パルサー観測データ処理 位置天文学、地球回転

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

〔目的〕 パルサーは規則的に明滅するパルス信号が観測される天体であり、その正体は太陽のような恒星が星の一生を終えて超新星爆発し崩壊した後に残る、中性子からなる超高密度の天体である。強い磁場を持ち、速いものは毎秒 800 回転もの猛烈なスピンをを行っているため電磁誘導により地上では生成できないほどの強い電場が誘起され、電波からガンマ線までの広い電磁波スペクトルでエネルギー放射が観測されている。近年の観測装置の広帯域・高速化により、高い時間分解能での観測が可能になり、通常のパルスの数万倍以上の強度のジャイアント電波パルス（GRP）と呼ばれる極めて鋭いパルス信号が観測されている（パルス幅 2 ナノ秒のパルス検出：Hankins et al., Nature 422, 141-143, 2003）。

本研究では、情報通信研究機構（NICT）の 34m パラボラアンテナとロシア・レベデフ物理学研究所の 64m アンテナを使って、GRP を発するパルサーの探索、両大型アンテナを使ったパルサーの同時観測を計画した。また、このような GRP の検出を複数の地点で同時におこなうことにより、それぞれの局のもつ原子時計の時刻・周波数高精度に比較可能とするための技術的検討を行うことを目的とした。

〔研究計画の実施状況〕

（2010 年度）NICT の鹿島 34m アンテナで ADS3000+を使った観測システムを設置し、4 月から試験的な観測を行なった。12 月 6 日に、Crab パルサーについて、ロシアとの同時観測を実施した。ロシアでは Kalyazin64m アンテナが使用できなかったため、Pushchino の 22m 口径のアンテナで観測を行なった。観測したデータの処理は、ロシア側及び NICT で行ったほか、ハードディスクにデータをコピーして共同研究者である東大宇宙線研究所の寺澤教授に送り、並行・独立して処理を行なっている。2011 年 2 月に日本から 3 名がロシアのレベデフ物理学研究所プーシノ電波観測所及びアストロスペースセンターを訪問し、共同研究の打ち合わせを行なった。

（2011 年度）鹿島 34m アンテナは 3 月 11 日の大震災の影響もあり、9 月までアンテナを動かすことができなかった。共同研究者の JAXA/ISAS 竹内博士の協力を得て、臼田 64m アンテナに ADS3000+を設置し、10 月には鹿島 34m と臼田 64m アンテナを使って Crab パルサーの同時観測を実施した。12 月にはロシアの共同研究者 2 名を招聘し、ロシアでの研究進捗状況などについての報告会を東大で開催した。また 3 月には日本から 3 名がロシアに渡航し日本側の研究の進捗報告を行い、今後の共同研究について打ち合わせを行なった。

本共同研究期間中に実施したパルサー観測のリストを表 1 に示す。

表 1 本共同研究期間中に実施したパルサー観測

観測日時 (UT)	周波数帯域	観測局	天体名
2010/04/06 11:45-13:37	L-band(1404-1434MHz)	鹿島 34m	Crab Pulsar
2010/12/06 08:00 -10:00 2010/12/07 09:40 -18:00	L-band(1404-1434MHz)	鹿島 34m	Crab Pulsar
2011/03/22 05:45-(5h)	L-band(1404-1434MHz) S-band(2212-2276MHz)	臼田 64m	Crab Pulsar
2011/09/01 15:00-(10h)	L-band(1404-1434MHz)	鹿島 34m	Crab Pulsar

2011/10/17 12:25-17:30	L-band(1404-1434MHz) S-band(2212-2276MHz)	鹿島 34m 白田 64m	Crab Pulsar
2011/11/03 19:10-21:44 2011/11/04 19:10-21:44	L-band(1404-1434MHz)	鹿島 34m	Vela Pulsar
2011/12/12 10:00-(5h)	L-band(1404-1434MHz)	鹿島 34m	PSR0950 他
2012/02/29 06:51-08:08	L-band(1250-1506MHz)	白田 64m	Crab Pulsar

[得られた成果の概要]

2010年度はCrabパルサーの観測データから、日本で始めてジャイアントパルスの検出に成功した(図1参照)。12月5-6日には鹿島34mアンテナとロシアのプーシノ22mアンテナ(予定していたKalyazin64mアンテナが大規模な改修工事を行っているため使用できなかった)との同時観測を行った。両観測地点のデータを解析した結果、両観測地点でパルス到達時間(TOA)に相関のあるパルスが多数観測され(図2参照)、鹿島とプーシノのそれぞれの観測局の原子時計の周波数差によると思われる差が得られている。

パルサーのジャイアントパルスを使って周波数・時刻比較を行うためには、単位時間当たりどの程度の頻度で時刻比較に使えるジャイアントパルスが検出できるかが実用上重要である。鹿島34mアンテナ(L-band)で観測されたGRPのデータを使ってGRPの発生時間分布がポアソン分布に従うことを確認し(図3参照)、鹿島34mアンテナ(L-band, SEFD~200Jy)で受信される信号帯雑音比SNR>6以上のGRPの平均発生時間間隔は約4.8秒であると推定された。精度の高い周波数・時刻比較を行うためにはできるだけSNRの大きなパルスを使う必要があるが、SNRのしきい値を10、15と上げると、利用可能なパルスの数が指数関数的に減少し、パルスの発生間隔はそれぞれ、12秒、20秒となった。更に白田64mアンテナで観測周波数を上げてS-bandで取得したデータで同様にGRPの出現間隔を調べたところ、SNR>6、SNR>10、SNR>15、それぞれの場合で約30秒、1分、2分であった。観測周波数を上げるとパルスの電波強度が低下し、急速に発生頻度が低下することが分かった。この点がGRPを使って周波数・時刻比較を行う上での問題点の一つである。

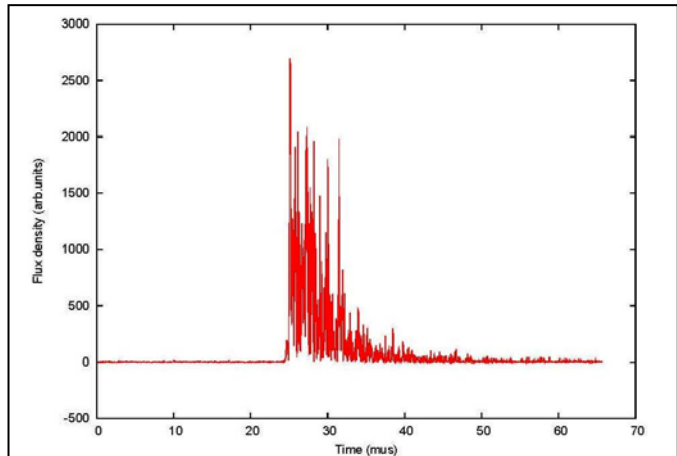


図1 「かにパルサー」から放射されたジャイアントパルス(2011年3月22日に白田64mアンテナで観測)

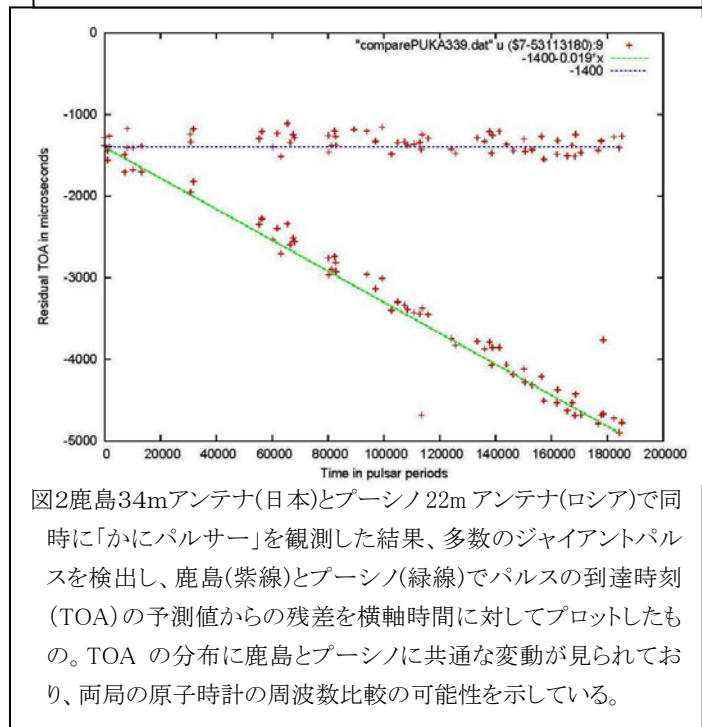


図2鹿島34mアンテナ(日本)とプーシノ22mアンテナ(ロシア)で同時に「かにパルサー」を観測した結果、多数のジャイアントパルスを検出し、鹿島(紫線)とプーシノ(緑線)でパルスの到達時刻(TOA)の予測値からの残差を横軸時間に対してプロットしたものの。TOAの分布に鹿島とプーシノに共通な変動が見られており、両局の原子時計の周波数比較の可能性を示している。

観測された GRP は数十ナノ秒以下の微細構造・数 MHz の周波数構造を持っており、パルス伝搬途中のプラズマによる回折パターンを表していると考えられる。その可能性の 1 つとして、パルサー近傍の相対論的プラズマ流内での回折現象についての検討を進めている。また、X 線天文衛星「すざく」との共同観測を実施し、電波観測される GRP と高エネルギーのパルスとの相関関係について検討を行なっているが（図 4）、統計的有意性の確立には X 線光子数の統計が十分でなく、さらなるデータの蓄積を続けている。

