

2016年2月19日

報道関係者各位

甲 南 大 学

プレスリリース (2016.2.19)

本日、下記にかかるプレスリリースを別添資料のとおり配信いたしますので、ご査収いただき取材についてご検討くださるようお願い申し上げます。

記

○冨永望准教授と東京大学・国立天文台との国際共同研究論文が英国科学雑誌『Nature』に掲載されます
(東京大学、国立天文台との共同発表)

※記者会見を2月22日(月)14時から15時まで、東京大学理学部1号館中央棟2階233講義室において開催いたします。詳細は添付資料をご参照ください。

《本件に関するお問い合わせ先》

[プレスリリースについて]

甲南学園広報部 松岡

兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

TEL: 078-435-2314 (直通) Email: kouhou@adm.konan-u.ac.jp

[研究内容について]

甲南大学理工学部物理学科理論研究室 准教授 冨永 望

TEL: 078-435-2482 (直通)

Email: tominaga@konan-u.ac.jp

プレスリリース配信先：兵庫県教育委員会記者クラブ、神戸市政記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ
(東京大学より文部科学記者会、科学記者会、大学記者会に別途配信)

以 上

記者会見 開催のお知らせ

すばる望遠鏡が解明、本当に50億光年の彼方からやってきていた

謎の天体・高速電波バースト

1. 会見日時： 2016年2月22日（月）14:00 ～ 15:00

2. 会見場所： 理学部1号館中央棟2階233講義室

3. 出席者： 戸谷友則（東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 教授）

4. 発表のポイント

- ◆ 高速電波バーストと呼ばれる謎の天体をすばる望遠鏡で追観測し、母銀河を発見して距離が50億光年という宇宙論的遠方であることを明らかにした。
- ◆ 今まで謎に満ちていた新種の天体現象について、史上初めて母銀河を発見し、距離を明らかにした。
- ◆ 高速電波バーストの正体の解明と、宇宙論研究への応用を目指して今後、研究が大きく発展することが期待される。

5. 発表概要：

電波望遠鏡（注1）で夜空を観測していると、継続時間がわずかに数ミリ秒という極めて短い、「高速電波バースト(Fast Radio Burst=FRB)」という謎のフラッシュ現象が起きます。数年前に発見されたばかりで、観測された電波の特徴から、パルサー（注2）などの銀河系内の既知天体ではなく、銀河系外、しかも50~100億光年という宇宙論的な遠距離（注3）からやってきていることが示唆されていました。しかし、直接的な距離測定はこれまで全く例がなく、実は天体現象などではなく地球大気における発光現象ではないかという主張すらありました。今回、東京大学や国立天文台などを含む国際研究チームは、オーストラリアのパークス電波天文台が発見したFRBに対してすばる望遠鏡で追観測を行い、初めてFRBが発生した遠方の銀河を突き止め、その距離が50億光年という遠距離であることを証明しました。これにより、FRBは本当に宇宙論的遠距離にある巨大な爆発現象であることが明らかになり、また、宇宙における通常物質（バリオン）の大半が未検出だったという、宇宙論上の「ミッシングバリオン問題」が解決しました。今後、FRBの正体を明らかにし、また宇宙論研究に応用するため、さらなる研究の活発化が期待されます。

6. 発表内容：

数年前に発見された「高速電波バースト(Fast Radio Burst=FRB)」という謎の天体が、世界の天文学界を騒がせています。電波望遠鏡で夜空を観測していると、継続時間がわずかに数ミリ秒（1ミリ秒=1/1000秒）という極めて短い謎のフラッシュ現象が起きます。その頻度は、全天で1日あたり数千回も起きていると言われていています。その正体は全く不明で、その距離すら、地球大気で発生しているのか、宇宙論的な遠距離なのか、皆目わからない状況でした。一般に

天文学で難しいのは天体までの距離を決めることです。距離がわからないと、天体が放つエネルギーの大きさも全くわからないため、まずは距離を決めることがその天体を理解する第一歩です。さまざまな波長における高性能望遠鏡のおかげで天文学が大きく発展している今日、このように距離すら全くわからないという「謎の天体現象」は他にありません。

これまで、FRB の直接的な距離測定はなされておりましたが、実は FRB の電波の特徴から距離が推定されていました。FRB からの電波は、波長の長いものほど遅れてシグナルが到着します（図1）。これは、電波が伝搬する際に通過してきた物質中の電子による効果で、これから視線上の電子の総量がわかります。これを分散指標（dispersion measure=DM）と呼びます。銀河系内のパルサーではこの DM が観測されており、これから距離が推定できます。（DM が大きいほど、距離が大きい。）驚くべき事に、FRB はこのパルサーよりはるかに大きな DM を示しています。これは銀河系内天体では説明できない量なので、宇宙全体で銀河と銀河の間に満ちている銀河間物質中の電子によるものと考えられ、そこから距離を推定すると 50~100 億光年という宇宙論的な遠方からやってきていることになります。距離が大きいと言うことは、それだけ巨大な爆発現象ということです。また、継続時間の短さは 10 km 程度のコンパクトな天体を示唆します。これらから、FRB は超新星や中性子星、ブラックホールに関連した、これまで全く予想もされなかった未知の現象ではないかと議論されています。もしそうであれば、FRB の発見はパルサーやガンマ線バーストの発見に匹敵する、天文学史上の大発見となるとも言われています。しかし、DM による距離推定は直接的な距離測定とは言えず、例えば FRB は地球大気や、太陽に比較的近い銀河系内の恒星で起きている現象ではないかという主張もあり、FRB の起源を巡る論争は混沌としていました。

このような状況を打開することを目指し、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻の戸谷友則教授らが中心となり、すばる望遠鏡を用いて FRB を追観測する日本チームを立ち上げ、FRB を検出しているオーストラリアのパークス天文台との共同観測プロジェクトを始めました。2015 年 4 月 18 日におおいぬ座付近で発生した FRB に対して、発生後数日以内にすばる望遠鏡で当該天域を撮像しました。FRB の位置決定精度は満月 1 つ程度の大きさであり、この領域を 8m 級の大望遠鏡で一度にカバーできるのは、すばる望遠鏡の大きな強みです。残念ながら、すばるによる可視光観測では、FRB に関係すると思われる変動天体は見つかりませんでした。しかしその半年後、FRB 発生領域を Australia Telescope Compact Array (ATCA) という別の電波望遠鏡で観測していたグループがデータを詳しく検討していたところ、FRB 発生後数日間のうちに暗くなった電波天体があったことに気づきました。このような天体が FRB とは無関係に見つかる確率は統計的に低い(1/1000 程度)ため、この天体が FRB の残光と考えられます。これにより位置決定精度が格段にあがり、約 1 秒角 (1/3600 度) で FRB の位置が決まりました。そこですばる望遠鏡の可視画像を見直してみると、まさにその場所に銀河が見つかりました（図2）。これが、FRB が起きた母銀河と考えられます。続いてすばる望遠鏡チームは、この銀河に対して今度は分光観測を行い、赤方偏移（注4）が $z=0.492$ であることを発見しました（図2）。これから距離が約 50 億光年と求められ、DM による予想と良く一致していました。本研究により、FRB が宇宙論的な遠距離で起きている天体現象であることが初めて判明したのです。

さらに、本研究結果は宇宙論的な問題にも重要な示唆を与えます。まだ正体不明のダークマターやダークエネルギーを除き、宇宙に存在する既知の元素からなる通常物質を総称してバリオ

ン（注 5）と呼びます。宇宙における全バリオン物質の平均密度は、宇宙論の最新データに基づく宇宙モデルから理論的に $4.2 \times 10^{-31} \text{ g cm}^{-3}$ と見積もられています。しかし、銀河にとりこまれ、星や星間ガスになっているバリオンはこの 10%程度しかありません。残りの 90%は銀河間空間にガスとして存在していると考えられていますが、その半分以上は未だに観測的には検出されておらず、「ミッシングバリオン問題」と呼ばれていました。FRB の DM はまさにこの銀河間空間のバリオン中の電子によるものですから、今回の FRB で測定された DM と、赤方偏移から決まった距離を使うと、銀河間空間の電子密度が割り出せます。それが、上記の宇宙論から予想されるバリオン密度によく一致していました。つまり本研究により、銀河間空間に宇宙論が予想する通りの密度でバリオンが存在していることが実証され、ミッシングバリオン問題が解決したと言えます。

さて、この FRB の正体は一体何なのでしょう？本研究結果は、これについても一つ重要な示唆を与えています。今回我々が見つけた FRB の母銀河は、楕円銀河だったのです。楕円銀河は一般に古い星の集まりで、最近の星形成をほとんど行っていないと考えられています。重力崩壊型超新星や、それに伴う中性子星やブラックホールの誕生は、寿命の短い大質量星の最期に関連しており、ほとんどの場合、活発に星形成がおきていて若い星が多い渦巻き銀河に見つかります。FRB については、超新星に関連した現象や、マグネターと呼ばれる若くて強磁場を持った中性子星などの仮説が提唱されていますが、そうした仮説は FRB もやはり渦巻き銀河で発生することを予想しますので、今回の観測結果とは合致しません。一方で、中性子星に関連した現象でありながら、楕円銀河で起きてもよい仮説があります。中性子星同士が連星を構成していて、長い時間をかけて重力波を放出しながら接近し、最後に合体するときに FRB になれば、楕円銀河で起きても不思議はありません。（なお、FRB の中性子星連星合体説は、今回の研究で日本チームを率いた、東京大学の戸谷友則教授が提唱したものです。） 今月 11 日に発表された、ブラックホール連星の合体からの重力波検出という大ニュースが記憶に新しいですが、この連星中性子星合体も有力な重力波源とされています。近い将来、FRB からの重力波が検出される日が訪れるかもしれません。同様なもう一つの仮説として、白色矮星同士の連星合体という説もカリフォルニア大学バークレイ校の檜山和己研究員らによって提唱されています。

ただし、母銀河が発見されたのはまだ今回の一例しかなく、FRB の正体は何なのかを明確に決定するには今後さまざまな観測が必要です。FRB が本当に宇宙論的遠方で起きている爆発現象であることを明らかにした本研究成果を契機として、今後はこの謎に満ちた新種の天体現象の研究が世界的にますます活発化することでしょう。宇宙論的な諸問題に迫るための新しい道具としての役割も期待されています。

7. 発表雑誌：

雑誌名：Nature

論文タイトル：The host galaxy of a fast radio burst

著者：

E. F. Keane^{1,2,3,*}, S. Johnston⁴, S. Bhandari^{2,3}, E. Barr², N. D. R. Bhat^{5,3}, M. Burgay⁶, M. Caleb^{7,2,3},
C. Flynn^{2,3}, A. Jameson^{2,3}, M. Kramer^{8,10}, E. Petroff^{2,3,4}, A. Possenti⁶, W. van Straten², M.
Bailes^{2,3}, S. Burke-Spolaor⁹, R. P. Eatough⁸, B. Stappers¹⁰, T. Totani^{11,*}, M. Honma^{13,14}, H. Furusawa¹³,
T. Hattori¹², T. Morokuma^{15,16}, Y. Niino¹³, H. Sugai¹⁶, T. Terai¹², N. Tominaga^{17,16}, S. Yamasaki¹¹,
N. Yasuda¹⁶, R. Allen², J. Cooke^{2,3}, J. Jencson¹⁸, M. M. Kasliwal¹⁸, D. L. Kaplan¹⁹, S. J. Tingay^{5,3},
A. Williams⁵, R. Wayth^{5,3}, P. Chandra²⁰, D. Perrodin⁶, M. Berezina⁸, M. Mickaliger¹⁰ & C.
Bassa²¹

※論文全体の責任著者は筆頭の E. Keane 氏、日本チームの代表は東京大学の戸谷友則教授が務めております。

DOI 番号：DOI 10.1038/nature17140

8. 注意事項：

日本時間 2 月 25 日（木）午前 3 時（現地英国時間 2 月 24 日（水）午後 6 時）以前の公開は禁止されております。

9. 記者会見当日配布資料

会見当日の配布資料は、こちらからご覧いただけます。

http://tac.astron.s.u-tokyo.ac.jp/~totani/up/frb_pr2016.pdf

10. 問い合わせ先：

（研究に関すること）

東京大学 大学院理学系研究科 天文学専攻

教授 戸谷友則

TEL：03-5841-4257, 090-1148-5214 E-mail：totani@astron.s.u-tokyo.ac.jp

（すばる望遠鏡に関すること）

国立天文台 ハワイ観測所

広報担当サイエンティスト 藤原英明

TEL：+1-808-934-5922 E-mail：hideaki@naoj.org

※日本との時差は－19 時間あります。時差にご配慮願います。

(報道に関すること)

東京大学 大学院理学系研究科・理学部

特任専門職員 武田加奈子、准教授・広報室副室長 横山広美

TEL : 03-5841-8856 E-mail : kouhou@adm.s.u-tokyo.ac.jp

東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構

広報担当 小森真里奈

Tel: 04-7136-5977 E-mail: press@ipmu.jp

11. 用語解説：

注1 電波望遠鏡：可視光や赤外線よりさらに波長が長い電磁波を電波と呼び、電波望遠鏡で宇宙の天体現象の観測が行われている。今回の話題である FRB は、典型的に振動数がギガヘルツ程度の電波で発見される。

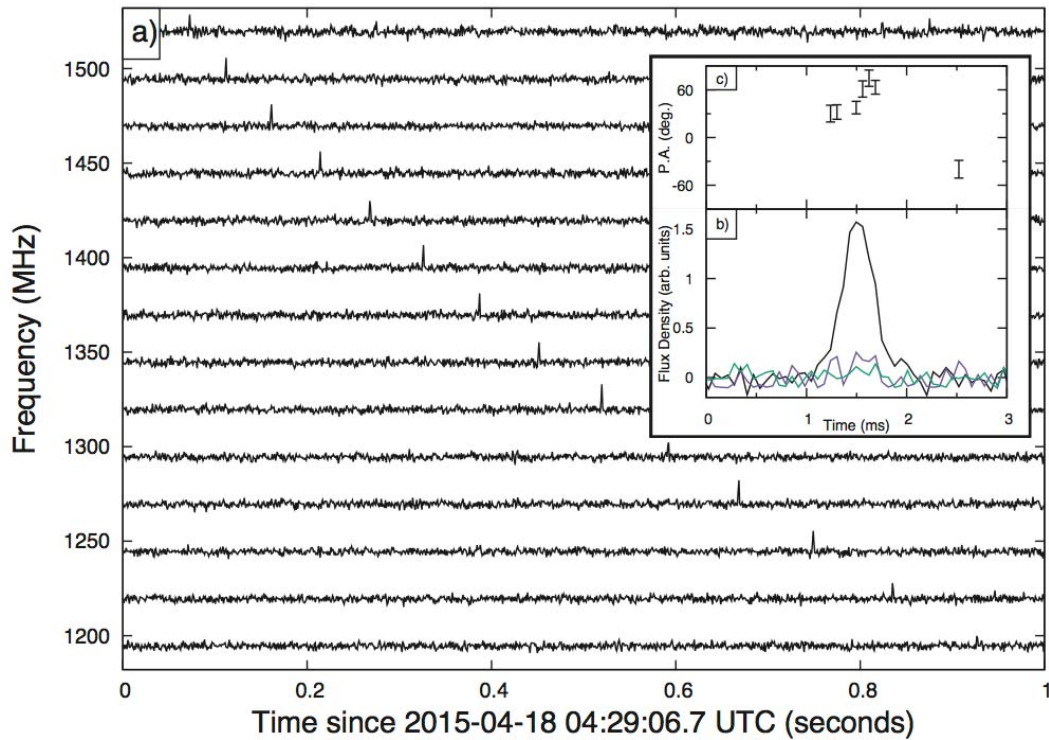
注2 パルサー：超新星爆発の後に残る中性子星が、 10^{12} ガウスほどの磁場を持ち、数十 msec から数秒の周期で回転している星。周期的な電波放射を行い、パルサーとして観測される。

注3 宇宙論的距離：光の速さで到達するのに宇宙の年齢(約 137 億年)に匹敵する時間がかかる距離を宇宙論的距離と呼ぶ。数十億光年より大きな距離を指す。

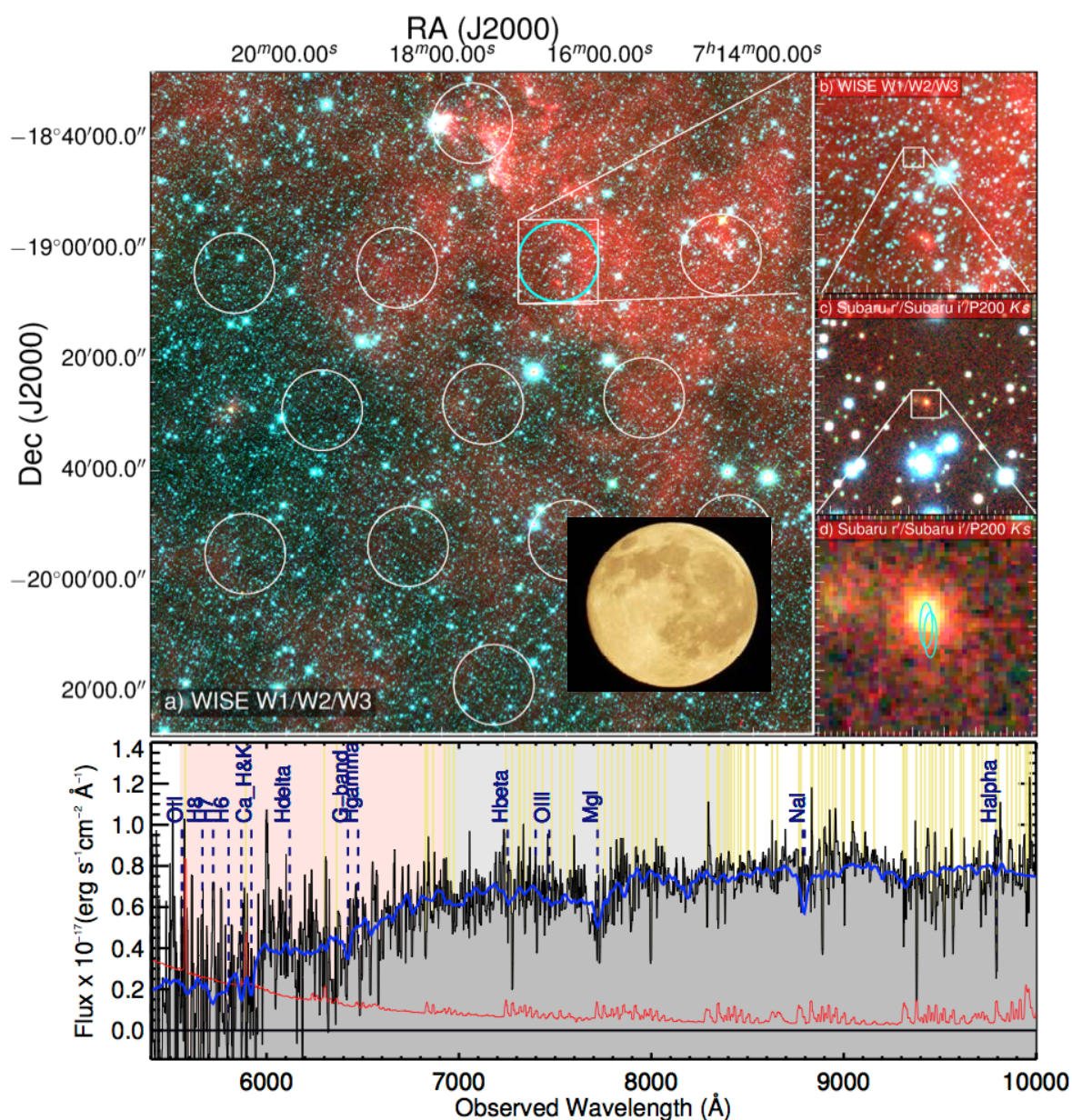
注4 赤方偏移：宇宙が膨張しているために、銀河系外の天体は遠方のものほど速く遠ざかり、ドップラー効果により波長が延びて見える現象。赤方偏移 z は波長が $(1+z)$ 倍に延びているという形で定義される。今回の FRB の母銀河は、波長が 1.49 倍に延びていることになる。これから距離を計算すると 50 億光年となる。膨張している宇宙では距離の定義はいくつかあるが、ここではこれまでの報道の慣例に従い、光が実際に通ってきた光路の長さとしている。今回の FRB が発生したのが、今から 50 億年前ということになる。

注5 ダークエネルギー、ダークマター（暗黒物質）、バリオン：最新宇宙論観測によれば、宇宙の全エネルギー（質量）密度のうち、最も大きな割合を占めるのは宇宙膨張を加速させるダークエネルギー（68%）であり、その次に大きいのがダークマター（27%）である。バリオンはその次に大きく、5%を占める。

12. 添付資料 :



(図1) 今回観測されたFRBの電波強度の時間変化を、観測する振動数(波長の逆数)に分けて示したもの。継続時間1 msec (1/1000 秒) 以下の短いパルスが、小さな振動数(長い波長)ほど、遅れて到着していることがわかる。図中の右上の下側のパネルは、パルスの拡大図。(上のパネルは専門的なので説明は割愛します)

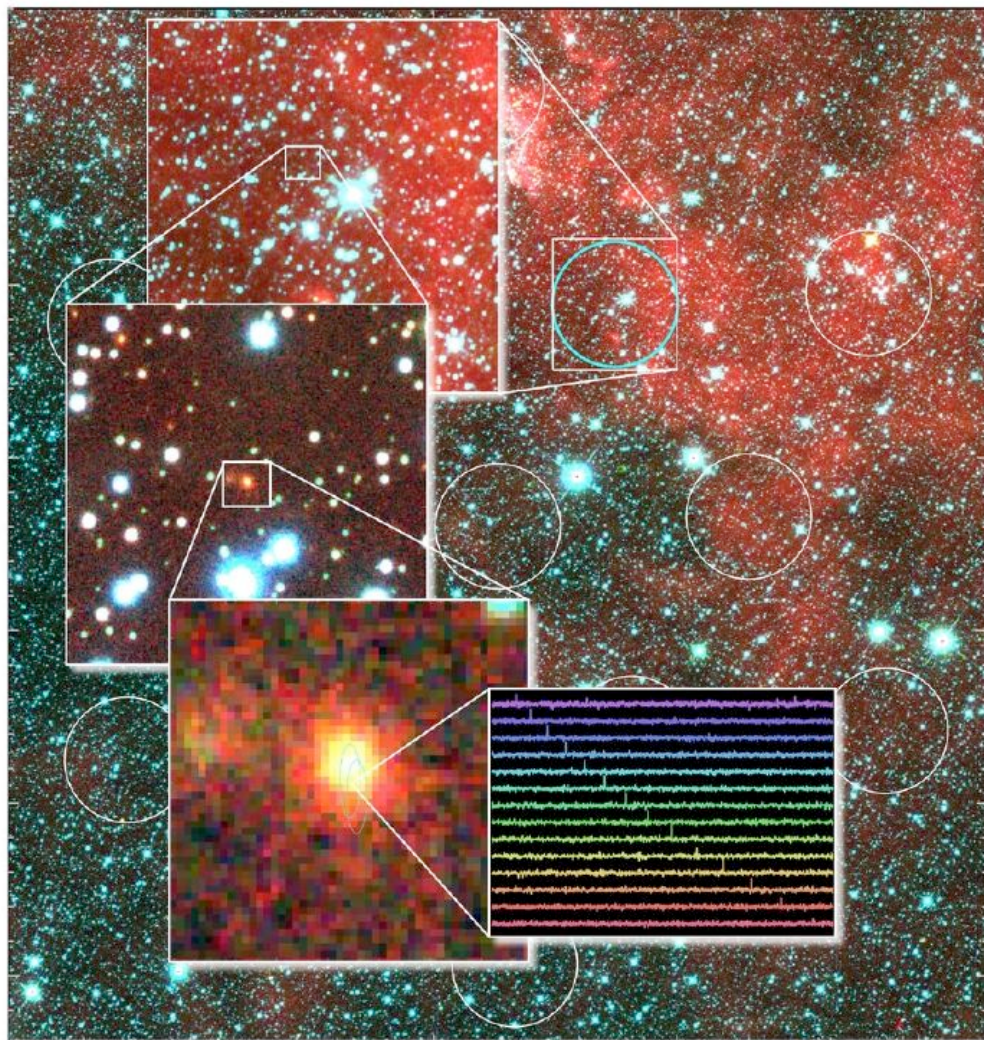


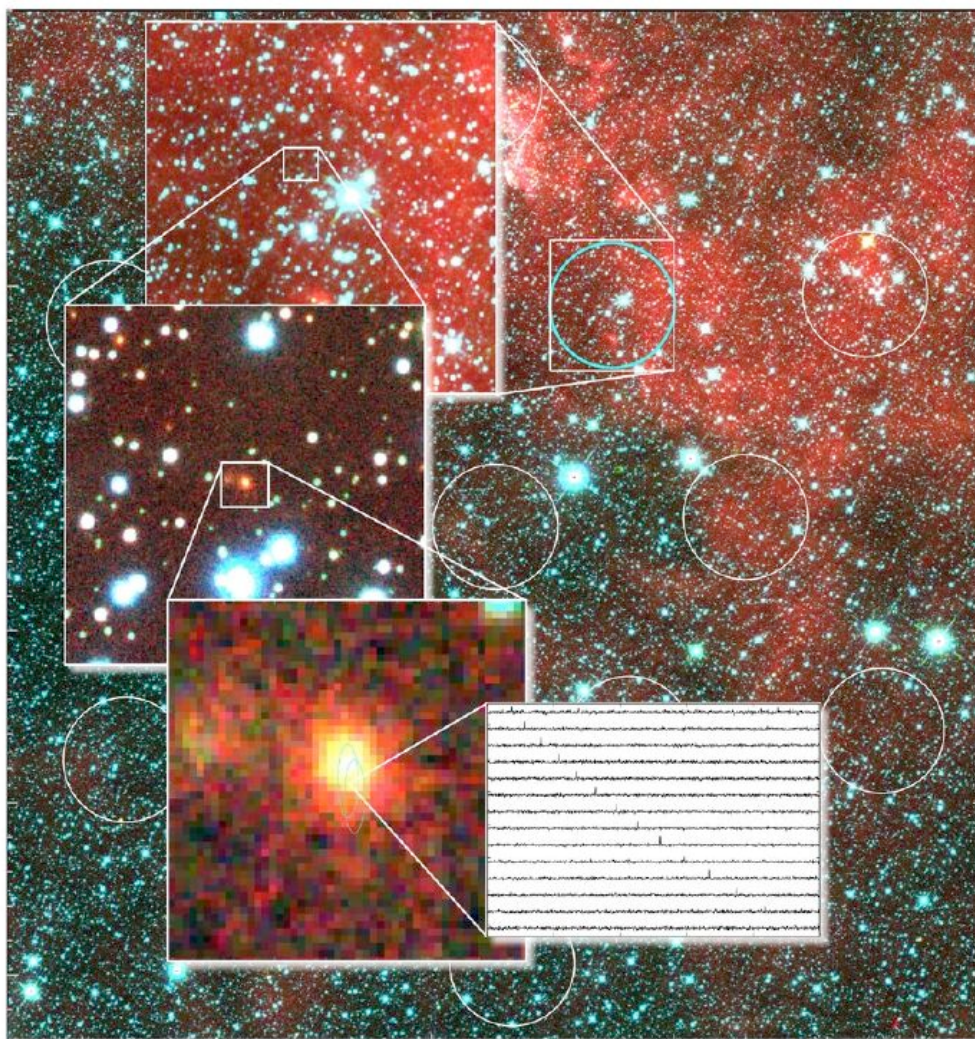
(図 2)

左上パネル：パークス電波天文台が観測した全領域。（参考に、満月の大きさも示してある。）白丸の中で FRB が発生すると検出できるが、白丸の中のどこかはわからない。今回の FRB は、水色の丸の中で発生した。

右側の 3 パネル：左上パネルの拡大図。右側の 2, 3 列目のパネルには、すばる望遠鏡で取得したデータによる FRB 母銀河の画像が示されている。周辺の多くの星や銀河に比べて、色が赤いことがわかる（楕円銀河は、最も赤い部類の銀河）。下パネル：すばる望遠鏡で FRB 母銀河を分光してスペクトル（波長ごとの光にわけた強度分布）にしたもの。黒が観測データ、青い線が楕円銀河の標準的なスペクトルで、いくつかの元素の吸収線や全体的な形が良く一致している。これにより、赤方偏移が $z=0.492$ と決定された。

以下に参考として、Nature プレスリリース用に用意された2つのイメージを添付します。図1と図2の内容を一部抜粋してまとめたものです。





13. 記者会見会場：

東京大学本郷キャンパス理学部 1 号館中央棟 2 階 233 講義室

