

謎の天体 Fast Radio Burst は若い中性子星が起源か？

檜山和己 (東京大学理学系大学院付属ビックバン宇宙国際研究センター kashiyama@phys.s.u-tokyo.ac.jp)

Fast Radio Burst (FRB) とは 2007 年に Lorimer らによって発見された継続時間がミリ秒程度の突発的な GHz 帯電波信号である。非常に大きな分散度 (dispersion measure) を持つことから我々の銀河系外、宇宙論的な距離から飛来していることが示唆されるが、その発生メカニズム、起源ともにわかっていない謎の天体である。

FRB の起源を解明する上でポイントになっているのは検出装置である電波望遠鏡の角度分解能である。最初に FRB を発見した Parkes 電波望遠鏡をはじめとする単一鏡型望遠鏡の場合、角度分解能は良くても数分角程度であり、FRB の到来方向のエラー領域の中には大量の銀河が存在してしまう。このため FRB がいったいどの銀河からやってきたかわからない。新しい FRB が発見される度に、電波から可視光、X 線、γ 線に至る多波長対応天体 (カウンタパート) の探索も精力的に行われたが天体の同定には至らなかった。

そんな中、突破口になり得る観測結果が 2017 年に報告された。Chatterjee らは、FRB 121102 という、現在確認されている中では唯一の「繰り返す」FRB からのバーストを長基線の電波干渉計を用いて検出することに成功したのである。これにより到来方向がミリ秒角の精度で決定され、この FRB が地球からおよそ 3 億光年先にある小さな銀河の星形成領域からやってきていることがわかった。さらに、FRB の到来方向から非常に明るい定常的な電波カウンタパートを検出することにも成功したの

である。

さて、発見以来、種々の中性子星が行う突発現象と FRB の類似性が指摘されてきた。一方、それらはあくまで似て非なる現象であり、FRB を起こす中性子星は我々の銀河やその近傍には見つかっていない。FRB の起源が中性子星だとするとその中性子星はなんらかの特殊な性質を持つはずだ。目下の課題は、中性子星のどのような特性が FRB 121102 の特性 (繰り返すこと、小さな母銀河、明るい定常電波カウンタパート、など) と整合的に結びつくのか、である。

まず注目すべき特性は年齢だろう。かにパルサーに代表される我々の銀河系内の中性子星はもっとも若いものでも数 100 歳。生後 100 年に満たない中性子星が若さに任せて FRB や明るい定常放射を行う、というのは直感的にも理解できる。このような「若い中性子星モデル」は FRB の起源天体の最有力候補である。

「若い中性子星モデル」を用いて FRB 121102 の観測結果を説明しようとする、単純に年齢が若いだけでは不十分であり、中性子星が超新星爆発で生まれたときの磁場や回転周期などの物理パラメータが厳しく制限される。興味深いことに、この磁場や回転周期の値は宇宙一明るい超新星爆発を説明するための「生まれたての中性子星モデル」で要求される値にピタリと一致する。この結果は FRB と特殊な超新星爆発との間に思いもよらない関係があることを示唆しているのかもしれない。

—Keywords—

分散度：

電離ガス中を進行する電波の伝播速度は周波数が高いほど大きい。宇宙空間は電離ガスが充満しているので、宇宙で起こる突発的な電波放射現象を観測すると低周波成分が高周波成分に対して遅れて検出される。この到来時間の遅れのおよび観測者の視線方向に沿った電離ガスの面密度、分散度 (dispersion measure)

$$DM = \int n_e ds$$

に比例する。

中性子星と突発現象：

太陽の 10 倍以上の質量を持つ星がその一生を終え、超新星爆発を起こすと、その中心には中性子星が形成される。わずか 10 km 程度の半径に太陽と同程度の質量が詰め込まれた超高密度星である中性子星は、回転、磁場、などをエネルギー源として様々な突発現象を起こす。かにパルサーが起こすジャイアントパルスと呼ばれる電波バーストや、マグネターが起こすガンマ線フラッシュなどはその代表格である。

著者が現在の編集委員ですが、このような場合、会誌編集委員会では別の委員を担当編集委員に選び、記事の公正さを保つという内規に従っております。

本記事は規定の長さを超過しておりますが、編集委員会の判断によりこのまま掲載しております。