

『重元素の起源の解明に向けた原子データの構築と中性子星合体の観測』

田中雅臣（東北大学）

Q1（ランドック／NAOJ）：Jバンドだけ合わない理由は何でしょうか。

A1：当時の計算では一部の元素にしか原子構造計算が行えておらず、その結果で他の元素を代表させていたためです。その後全元素を計算した結果、理論計算も滑らかになりました。

Q2（勝川行雄／NAOJ）：元素合成の不定性はどの程度あるのか。重元素のモデルとどちらが重要なのか。Er が合えば、他も全て問題無いのか。

A2：元素合成の不定性：合体する天体（二つの中性子星の質量や質量比）によって元素合成の結果は変わります。また、合体のシミュレーションの不定性もまだあり、特に

- ニュートリノ輻射輸送の詳細な取り込み
- 降着円盤からの質量放出

の取り扱いが難しいため、中性子星の質量が決まっても元素合成の結果が一意に決まる状況ではありません。

そのため、できるだけ観測から元素の種類や量を推定したいと思っています。

Q3（勝川行雄／NAOJ）：Er で良いのか？

A3：Er を選んだのは実験のしやすさと経験からで、一つの元素で検証できたから他も全て安心というわけではありません。

(加藤さんによる補足) 原子構造計算は ab-initio ではなく、方針(strategy)を決めないといけないため、一元素でも strategy の検証という意味では価値が高いです。

Q4（井口聖／NAOJ）：地球の重元素の割合の起源に迫るためには、これからどのような観測が必要でしょうか。重力波と光赤外観測のフォローを進めつつ、その発生確率を計算して、キロノバ起源で宇宙が主に汚染されたとしたとして、やはり地球の起源にも迫れると、

とっても面白く、まさに次世代の大きな科学目標の柱になり得るものではないかと思いました。

A4：まずは、重力波+電磁波のマルチメッセンジャー観測をより多くの天体で成功させ、中性子星合体の全体像をつかみ始める必要があると思います。実際、すでに重力波観測から様々な質量の中性子星合体が観測されており、そのような多様性に対して、いつも同じ量の重元素が放出されているのか、多様性があるならどれほどかを検証することが必要かと思います。

重力波からは発生確率、電磁波からは元素放出量が推定できますので、その掛け算(元素生成率)が分かれば、太陽・地球にある重元素の量を説明できるかは検証できると思います。

その次のステップは、やはり元素の「種類」で、中性子星合体が合成している元素組成比が太陽組成比と同じかを検証する必要があります。(生成率が足りていても、全然違う元素組成比であれば、やはり太陽・地球の元素の起源とは言えないためです)。元素の種類を同定する展望は以下の質問へのお答えとして書きます。

Q5（永岡、NIFS）：勝川さんと井口さんとほぼ同じ質問、疑問を私も持ちました。重元素合成の割合を評価するのは、とても難しそうに思いました。現在の方向性のほかにどんな展開をお考えでしょうか？

A5：はい、各波長の明るさの進化だけでは、元素の種類を評価することはほぼ不可能で、今のところできているのは、「全体に対してランタノイド(の総量)が1%程度」といった大雑把な評価だけです。それ以上の情報は、キロノバの分光観測から読み取ることがもっとも有用だと考えています。実際に2017年の例では分光観測も実現しており、様々な特徴が得られています。ただし、やはり元素のデータが不足していることから、今のところスペクトルから元素の情報を読み取ることができておらず、正確な原子データの構築が必要なところ(キロノバのスペクトルのスライドを発表資料に追加しておきます)。