

『サイエンスカフェ』

主 催 : 日本学術会議
 日 時 : 平成30年1月26日(金) 19:00~20:30
 場 所 : 日本学術会議6階6-A(1)(2)会議室
 テ ー マ : 「重力波」で探る宇宙の元素の起源
 講 師 : 田中 雅臣さん(自然科学研究機構 国立天文台 助教)
 ファシリテーター : 須藤 靖さん(東京大学大学院理学系研究科物理学専攻教授)
 参加人数 : 30名

2015年9月、初めて「重力波」が直接観測されました。重力波は1916年にアインシュタインが一般相対論からその存在を予言していたもので、まさに世紀の偉業といえます。初めて捉えられた重力波は宇宙に存在するブラックホールの合体現象によるもので、天文学にも大きなインパクトを与えました。この成果に対して2017年のノーベル物理学賞が与えられたことは記憶に新しいことでしょう。2017年8月には中性子星の合体からの重力波が初めて観測されました。その速報を受け、日本のすばる望遠鏡を含む世界中の望遠鏡が重力波を放った天体の電磁波による観測に成功しました。人類は初めて重力波を放った天体を目にしたのです。中性子星の合体は、金やプラチナ、ウランなどの重元素を作り出す現象としても注目されており、重力波と電磁波の共同観測によって宇宙における元素の起源の理解が大きく進もうとしています。

今回のサイエンスカフェでは重力波観測、そして重力波天体の電磁波観測の意義をお話しし、研究の最前線(と裏側)を紹介したいと思います。

◎はじめに

ファシリテーターの須藤さんより、講師の田中さんについての簡単な紹介がされた。

続いて、講師の田中さんより、自己紹介を交えて内容の説明がなされた。



(左: 講師・田中雅臣さん、右: ファシリテーター・須藤靖さん)

◎話題提供の主な事項

1. 重力波とは？

○重力波：重力を時空のゆがみと考えたときの伝播する波。強重力天体が動き回るほど、強くなる。

○強重力天体：主に中性子星とブラックホールを指し、赤色超巨星・超新星爆発を経て、約1千万年で生まれる。

○中性子星：質量が地球の50万倍、半径10kmの密度が1兆 kg/cm^3 にも及ぶ、重力が地球の2千億倍もある天体。

○重力波天体：中性子星やブラックホールが合体することで生まれる。

○重力波の観測には重力波望遠鏡が使われる。重力波の初観測はブラックホール同士の合体。

○重力波を検出するだけでは正確な場所を特定できない。電磁波も検出することで場所を特定し対応天体を探す。これを「マルチメッセンジャー天文学」という。

2. 重力波と元素の意外な関係

○天体の内部では、核融合反応によって水素からヘリウム、炭素や酸素などに変化していき、最終的に約1千万年で最も安定な鉄ができる。

○鉄より原子番号の大きい金やプラチナはどのようにできたのか？その鍵は中性子星にある。

○中性子が原子核にぶつくと放射性崩壊を生じ、より重い元素ができることから、中性子星合体によって重力波が生じるとともに、金やプラチナが放出されると考えられた。

○キロノバと呼ばれる現象によって中性子星は光る。これは金やプラチナを放出する際に、放射性崩壊エネルギーが生じるからである。可視光線よりも赤外線の方が長く輝き、10日間も続く。

3. ついに「見えた」重力波天体

○2017年8月17日中性子星合体からの重力波を初検出。

⇒すばる望遠鏡で他にそれらしい天体がないことを確認。

⇒1週間ほどで光が消失 = キロノバと特定

⇒重元素の合成現場を捉えることができた。

○中性子星合体からの重力波初観測 + 重力波天体からの電磁波初観測

⇒「マルチメッセンジャー天文学」の幕開け

⇒更なる展開が見込まれる。

・中性子星合体の頻度は？

・いつも同じだけ元素を作るのか？

- ・作り出している元素の種類は？
- ・ブラックホールと中性子星が合体すると？ 等

◎会場との質疑の主な内容

- ◆－中性子星合体によって原理的にはどんな重元素でもできるのか？天然元素最大のウランもできるのか？
 - －可能と思われる。中性子が大量にくっつくため、瞬間的にはウラン以上の元素ができていると思われるが、直接の証拠はない。キロノバがあったということは、鉄以上の重元素ができたということが言える。今後、現象を観測し、一つ一つ検証することで、判明すると思われる。
- ◆－過酷な状況下であれば重元素固有のスペクトルが観測できるはずだが、それは明示できていないのか？
 - －中性子星から逃げ出しており、膨張の速度が光速の10%のため、現在はよくわからない。分光観測はできているため、理論的に観測は可能である。
- ◆－今までに重元素が生まれた説がいくつもあったと思うが、キロノバが有力な説となった経緯を詳しく伺いたい。
 - －説として大きく分けると、超新星爆発の瞬間に作られるという説と、中性子星の合体の2つがある。元々は超新星爆発の説が有力だったが、この10年でコンピュータの精度が飛躍的に向上したことで状況が一変した。ニュートリノで星を爆発させたとすると、中性子がなくなってしまうことが判明した。また、中性子星の合体のシミュレーションでは、重力が強い中性子星でもものが飛んでいくことが判明した。その結果、中性子星の合体の方が有力な説となったが、これは超新星爆発の説を否定するものではない。これからの検証が必要となる。
- ◆－中性子星が合体する確率は1万年に1回ということだが、地球になぜこんなにも重元素があるのか？
 - －確かに、宇宙に存在する金やプラチナの割合は非常に少ない。それらがどこでできたのもわからないが、100億年もの間に中性子星合体が繰り返され、少しずつたまった結果として考えると不思議ではない。
- ◆－重力波望遠鏡のLIGOやVirgoは全長4kmもあるのはなぜ？
 - －長いほど、観測できる精度が向上する。しかし、広大で平坦な環境や予算上の限界が4kmとなっている。しかし、全長10kmのものを作ろうという計画もあり、それが実現されれば、現在3億光年先まで観測可能なのに対して、7億光年先まで観測可能になる。

◆ーキロノバの光はなぜ10日で消えるのか？

○ー切りのいい日数になったのは全くの偶然。もし、中性子星合体で大きなものが飛び出すと、その日数は長くなり、逆に小さいと、日数も短くなる。

最後にファシリテーターの須藤さんより、物理の歴史に残る出来事を田中さんを通して追体験できたことへの謝意が述べられた。また、自分が生きている間に重力波が観測できるとは思わなかったこと、途方もないことでも人類はなんでも達成できるのではないか、とのまとめがされた。



平成29年1月26日(金)19:00～20:30 平成29年度第5回サイエンスカフェ
 テーマ:「重力波」で探る宇宙の元素の起源
 講 師: 田中雅臣氏(自然科学研究機構 国立天文台 助教)

参加申込者数	38
当日参加者数	30
アンケート回収数	28

A. 性別

①男性	②女性	回答なし
21	7	1

B. 年齢

①10代	②20代	③30代	④40代	⑤50代	⑥60歳～	回答なし
0	3	5	3	6	10	1

C. 職業

①生徒	②大学生・短大生	③大学院生	④会社員・公務員	⑤自営業		
0	5	0	11	3		
⑥教員	⑦研究者	⑧家事育児(専業)	⑨アルバイト	⑩無職	⑪その他	回答なし
2	1	1	0	2	2	1

D. サイエンスカフェへの参加回数

①初めて	②2回目	③3回目～	回答なし
15	5	7	1

1. どこでサイエンスカフェを知りましたか。

①日本学術会議 ホームページ	②日本学術会議 ニュースメール	③友人・知人から	④その他	回答なし
9	0	5	14	0
④その他 ・大学の教授・教員からの紹介 ・TENNET(4件) ・サイエンスカフェ・オリオン(八王子)のメンバーメール ・サイエンス・ポータル(3件) ・天文学会からのe-mail(2件) ・Twitter(2件)				

2. どうしてサイエンスカフェに参加したいと思われましたか。(複数回答者有)

①テーマに興味があった	②ゲストの研究者に興味があった	③サイエンスカフェそのものに興味があった	④以前に参加して楽しかったから	⑤その他	回答なし
26	14	7	1	1	0
⑤その他 ・高校生のときに研究でお世話になった方から、以前、田中さんの著書を紹介していただいており、本を持っていたこと、また、その方からの後押しで。					

3. 今回は参加してどのくらい楽しめましたか。				
①とても満足	②満足	③まあまあ	④不満	回答なし
22	1	3	0	2
①とても満足 ・普段聞けない貴重な話が聞けた。 ・あたらしい知見が得られた(具体的に分かった) ・実際の研究のお話を拝聴できた点 ・むずかしい内容を楽しく知ることができた ・先生方の情熱 ・スライドもわかりやすく、余談的なものも楽しかった ・わかりやすく説明していただいた。 ・元素の出来方との関連性が新鮮だった。 ・研究者当事者の話を聞けた。 ・疑問に適格にお答えいただけました。 ・知りたい話が聞けた ・重力波についてよく理解することができたため ・講師の方の講演がすごくよかった。須藤先生の進め方もうまかった。 ・自分の興味のあった分野ということと、内容が分かりやすかったので楽しんでいくことができました。				
②満足				
③まあまあ				
・重力波が時空のゆがみという説明を一般相対論を用いてわかり易く説明して欲しかった ・中性子星合体がなぜ光のかという方程式もあった方がよい				
④不満				

4. 今回どのような点が良かったですか。(複数回答有)				
①ゲストの話が おもしろかった	②気軽に発言でき た	③他の参加者の 意見を聞けた	④その他	回答なし
23	5	9	1	5
・質問と答えも面白かった。				

5. ふだん科学技術に関する情報をどこから得ていますか。(複数回答可)					
①テレビ、ラジオ、 インターネット	②雑誌、新聞	③書籍	④科学館・博 物館	⑤図書館	⑥シンポジウム、 講演会など
22	12	22	12	7	20
⑦大学や研究機 関のイベント(一般 公開など)	⑧家族や友人との 会話など	⑨特にどこからも 得ていない	⑩その他	回答なし	
17	4	0	3	0	
⑩その他 ・サイエンスカフェ ・ゼミ					

6. 今後のサイエンスカフェで取り上げてほしい話題についてお聞かせください。
Superstring Theory/量子論の重ね合わせと収縮についてやさしく。素粒子物理。/宇宙、素粒子/細胞膜 等生物に関する話題/海流や気流の蛇行/地球温暖化と気象の関係/生命科学に関する話題/量子力学 についてわかりやすく/ロボットとIOT/IPS細胞/ダークマター/ダークエネルギー関係/iPS/月の起源/創造 の柱/TMT、京大3.8m望遠鏡など/GIS,GPS/

7. 科学者や技術者について、どのような印象をお持ちですか。(複数回答者)				
①身近な存在であり、親しみを感ずる	②一般に社会的地位が高い	③信頼できる	④その他	回答なし
21	4	5	4	4
④その他 ・同じ学年にいたら、みんなが気付くようなくらいに勉強ができる人 ・専門的な知識は奥深い一般常識に欠ける。専門性についてはプライドがあるため、「知らない」とはいえない性質がある。その為、この世の中のウソの90%はその様な専門化から発生する。 ・にせ科学やメディアのまちがいが多すぎるので、正しいことを知ることができる ・身近な存在ではありませんが、親しみは感じています。ご自分の研究内容を素人にも分かるようにという熱意に好感がもてます。 ・科学を職にできていて素晴らしいと思う。努力されているんだなあ、秀才だなあと思う。				

8. (7に関連して) 今回、サイエンスカフェに参加されて、科学者や技術者についての印象は変わりましたか。				
①変わった	4	②変わらない	15	回答なし
①変わった ・より天文学に興味がわいた。 ・面白い人間が多いと思った。 ・研究の裏話などを聞くことができ、より身近な存在に感じられたため。 ・気さくで話が面白い。研究者の方々を前よりも身近に感じられました。				
②変わらない 一か月に何度かは講演等にてお話を拝聴しているので特に変わりません。				

9. その他、ご自由にあなたの感想などをお聞かせください。				
・最高の機会をありがとうございました。天文に関する話題はまたTENNETに流していただけるとありがたいです。 ・須藤先生のtennetの情報で参加しました。 ・今回参加して、90分以上のものを得ることができました。田中さんの本は、わたしが初めて、天文学の分野で(文庫本じゃない本)「欲しい！」と思って買った本です。家に帰ってもう一度じっくり読みたいと思います！ ・高校時代に英語の課題でチャンドラセカールの業績に関連した本を読んで感動したことを思い出しました。 ・次回のサイエンスカフェを楽しみにしております。 ・物理の歴史的な発見をされた方のお話を伺える機会をこのタイミングでいただけたのはうれしいです。記者会見はちょっと難しかったので。 ・PPTの資料を配布或いは公開してほしい ・急な参加のお願いに対してご親切にご対応戴き有難うございました。 ・勉強になった。				