

1.2 宇宙はどのようにできたか

(1) 研究開発の概要

名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻教授の杉山直先生に「宇宙の始まりへ迫る」と題した講演をお願いした。

(2) 研究開発の経緯

平成21年2月に名古屋大学で杉山先生の情熱的な講演を聞いた生徒から、杉山先生の宇宙の話を知りたいとのリクエストがあった。そこで、9月24日には益川敏英先生の講演が既に決まっていたので、その内容と関連する内容のご講演をそれまでに頂けないかと、4月に名古屋大学理学部のSSH担当に相談し先生をご紹介頂いた。その後、研究室に伺い講演会の期日や内容についてお願いさせて頂いた

(3) 仮説（ねらい、目標）

生徒が興味・関心を抱いている宇宙に関する最近の知見を学ぶことで、宇宙だけではなく物理学全般に関する興味・関心を高める。

(4) 研究開発の方法および内容

ア 対象生徒 2年生理系物理選択者 166名

イ 実施日程 平成21年 9月18日（金）

13:30～15:10 講演「宇宙の始まりへ迫る」（講堂）

15:10～15:30 質疑応答

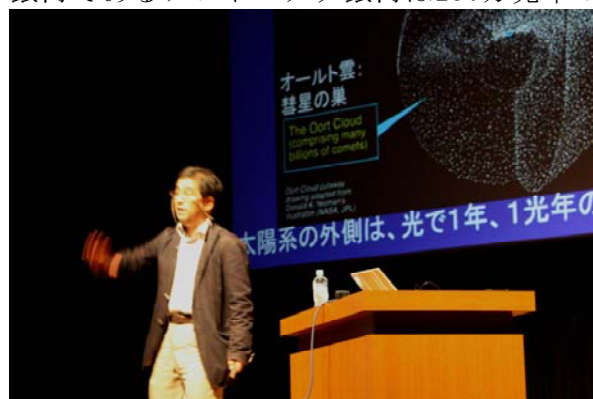
15:30～16:20 質問会（希望者のみ、第3会議室）

ウ 実施場所 アイプラザ一宮（一宮勤労福祉会館）一宮市若竹3-1-2

エ 実施内容（講演の要旨）

(ア) 望遠鏡で宇宙をみることは昔の宇宙をみること

地球から見る木星の姿は30分以上、土星は1時間前の姿である。夜空に輝くスバルは生まれてから8000万年しか経っていない星々で、440光年の距離にあるので織田信長の時代の光である。隣の銀河であるアンドロメダ銀河は250万光年の距離にあるので、そこに住む人が地球を見たら猿の惑星が見え、かみのけ座銀河団は1000個以上の銀河の集団だが、3億光年の距離にあるので、その人達が地球を観測すると石炭紀の昆虫の世界が見えてしまう。異文明の宇宙交信はこの時間の壁が原因で難しい。



講演の様子

(イ) 銀河の分布

観測される銀河の位置を正確に図にしてみると、数億光年にわたる巨大な銀河のネットワーク構造が存在していることが分かる。

(ウ) 宇宙が始まりは熱かった

ロシアの物理学者ジョージ・ガモフは元素の起源を熱い宇宙の始まりに求めた。宇宙には軽元素が充ち満ちているからで、そのためには宇宙を熱い状態から始めなければいけない。実際、宇宙の7割以上は水素であり、次にヘリウムで、この2元素で99%を占める。

(エ) 宇宙マイクロ波背景放射

ベンジャスとウイロンソンが人工衛星用のアンテナで天の川銀河にある水素原子を観測しようとして1964年に正体不明の雑音を発見した。これが宇宙マイクロ波

背景放射であり、熱い宇宙の名残である（宇宙は2.725Kの電波で充ち満ちている）。これにより熱い宇宙の始まりであるビッグバン説が証明された（1965）。また、その後のCOBE衛星は宇宙マイクロ波背景放射が熱輻射であることを完璧に証明し、宇宙マイクロ波背景放射のゆらぎを観測することで137億年という宇宙の年代を決定した。

(オ) 宇宙の始まり

素粒子物理学によると、宇宙は無から偶然に誕生した。その瞬間、時間・空間が誕生するが、生まれてすぐの宇宙は空間が3次元ではなくあと6個も余分な次元があった。この時間と9次元の空間、そこの「ひも」の振動が粒子を生み出した（ひも理論）。誕生した宇宙では、その後、余分な6次元は小さく丸まり、宇宙は時間と3次元の空間になった。



講演会後の質問会

(カ) インフレーション

次に、宇宙が始まって 10^{-36} 秒後の頃、極端な膨張が起き（インフレーション）、一気に空間が30桁倍以上に膨張した。これは、例えば、 10^{-34} 秒の間に原子1個が銀河系の大きさになるような現象であり、これを起こしたのは宇宙全体の真空が持っているエネルギーである。真空とは何もないことではなく、相転移のエネルギーなどエネルギーに充ち満ちた存在である。

(キ) ビッグバンと粒子・反粒子

その後、熱い宇宙の始まりであるビッグバンが起きた。このビッグバンの始まりには粒子と反粒子がほぼ同じ数だけ存在していた（反粒子と粒子はビッグバンで衝突を繰り返して消えてしまう）。しかし、何故か粒子が反粒子より10億個に対して1個だけ多かったためにこの宇宙には粒子だけが残った。その結果、4秒後までには宇宙は物質だけの世界となり、反物質が全て消えた。

(ク) 小林・益川理論

この対称性の破れを説明する理論の一つが小林・益川理論である。小林・益川理論は、なぜ現在の宇宙には物質しかないのかという謎に対して大きなヒントを与えている。しかし、この理論だけでは現在残っている物質の量をしっかりと説明はできておらず、さらに他の説明が必要となる。

(ケ) 元素の誕生と宇宙の晴れ上がり

宇宙誕生から3分が経つと元素が誕生する。まず、陽子と中性子からヘリウムやリチウムといった軽い元素が作られる。始めは陽子やヘリウム原子核は、電子と結びつくことなくばらばらに存在していた。この時には光は遠くに到達できず宇宙は不透明である。しかし、38万年が立つと温度が下がり（約3,000K）、電子が陽子や原子核に取り込まれて宇宙が透明になった。

(コ) 構造の形成

その後、物質が重力で引っ張り合って現在のような銀河の大規模なネットワーク構造ができた。

(サ) これからの宇宙観測

宇宙の始まりに迫るためにはより大きな望遠鏡が必要で、次世代30m望遠鏡が計画されている。ハッブル宇宙望遠鏡の3倍の口径の望遠鏡も考えられている。

<質問>

○銀河の中心にはブラックホールがあると聞いたが、ブラックホールに吸い込まれている星の数と新しくできる星の数が同じでないといけないのではないか。

銀河系中心には太陽の質量の300万倍のブラックホールがあるが、ここ数年、いろいろな銀河の中心にあるブラックホールの質量と銀河の中心部付近にある星の質量が関係していることが分かってきた。何故かは分かっていない。

○ブラックホールは吸い込まれたらその先には何があるか。

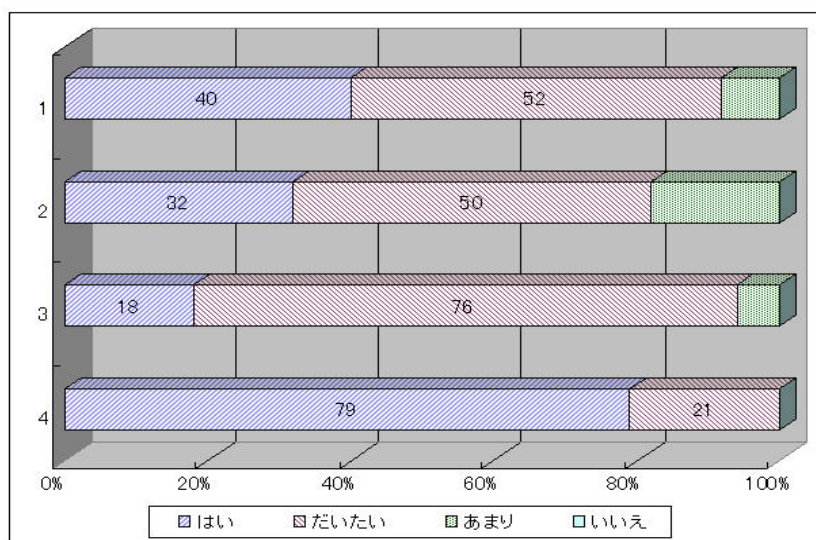
出口を作ることができるかどうかは分からない。うまく作れば空間の他の部分にワープできるかもしれないと想像されるが、その前に、吸い込まれると重力の差により人間の体はばらばらになってしまうだろう。

○宇宙がたくさんあるというが、ある宇宙の光が他の宇宙で見えるということはあるのか。

現在の観測が正しいとすれば、宇宙の膨張速度があまりに速いのでその中が全てになり外側が見えてこない。もし、膨張速度がそれほど速くならないのであれば外の世界が見えることもあるかもしれない。

(5) 検証

ア 事後アンケートの結果から



アンケートの設問

- 1 講演は面白かったですか。
- 2 講演の内容は理解できましたか。
- 3 講演の内容は高度だと思いましたか。
- 4 講演の内容にさらに学んでみたいと思いますか。

宇宙や天文現象に対する生徒の興味・関心が特に高いことが分かる。この興味・関心の強さを物理の学習等で生かす方法を考えたい。

イ 生徒の感想から

- ・動画が分かりやすくきれいだった。実験もあって興味が持てた。今後、宇宙についてもっと学びたいと思う。
- ・講義後に別室で行った質問会が素晴らしく良かった。宇宙分野の話にはとても興味あるまた講演を聞きたい。宇宙には面白い話がいっぱいありそう。
- ・ブラックホールの話が出てきたが、それについてもっと詳しく知りたいと思った。

ウ 今後の特別研究に向けて

別室で行った質問会（60人程度が入れる会議室で開催）は、質問のレベルも高く大盛況となった。少人数で気兼ねなく質問できることや、講師との距離が近く質疑の往復がしやすいことも要因として大きいと思われる。講演会後に、希望者を集めて、このような質問会を開くのも極めて効果的であると感じた。