

科学者の卵レポートへの返答

秋山 正幸 (東北大学理学研究科天文学専攻)

- レポート作成の時間が短いのに課題設定が抽象的でみんな苦労したようですが、いろいろな方向から考察してくれていて感心しました。中には具体的に道筋だてて考察してくれたレポートもあり良かったです。各自が重要だと思う方向から道筋だてて考察するということはとても重要です。レポートの課題についてさらに考えようという場合に読んでもらうようにいくつかの回答を抜き出してこのまとめを作ってみました。黒丸が回答から抜き出したものですが、少し変えているものもあります。疑問や感想があれば akiyama@astr.tohoku.ac.jp まで送って下さい。

1 課題 1

ひとつ目は「今日の話聞いた上でわれわれ人類の存在を考える際に銀河のことを知ることはどう重要になると思いますか？自由に考察してください。」という課題でした。

- 「地球上で人類が誕生するためには太陽の明るさや太陽からの距離など様々な必要条件がある。あまりに高温の環境では人類が誕生することが出来ない。」
- 「将来、太陽の寿命が尽きるときに人類が移住するための惑星の条件を知る上で重要である。」

このように考察してくれている人は何人かいました。太陽系の中やその周りの恒星のスケールで見ると、惑星そのものの環境ということが人類が誕生することを考えると重要です。ただ太陽の寿命が尽きるのはまだまだだいぶ先のことです。

さらに、恒星が誕生するときに地球や太陽系のように多数の惑星が形成される条件とは何だろうか？ということに目を向けるとどう考えられるでしょうか。

- 「地球を構成する元素がどのようにしてどのくらいの時間をかけて出来たかを知ることにつながる」
- 「星の中で、水素やヘリウムから違った元素ができ、それがどのような過程を経て、地球形成や生命誕生につながったかという流れを知ることが出来る。」

のような答えもありました。実は水素とヘリウムがほとんどを占める条件では惑星系は形成されないかもしれません。ガスの中にある程度重元素 (天文学ではヘリウムより重い元素を「金属」と呼びます) があることが条件になりそうです。最近の観測では太陽以外の星にも惑星が発見されています。ほとんどは木星やそれよりも重い惑星ですが、地球の何倍かくらいの小さい惑星もいくつか見つかりつつあります。こういった惑星が見つかる星の条件を調べてみると実は「金属量」が高いということがわかってきました。星の「金属量」というのは星の中のガスにどれだけ水素

やヘリウム以外の元素が含まれているかという指標です。星の「金属量」が低いとその周りに惑星が見つからないことが多く、星の「金属量」が高いとその周りに惑星が見つかることが多いという傾向があると指摘されています。このことは星が生まれるときのガスの中にある程度「金属」が含まれていないと惑星が形成されないということを表しているのかもしれませんが。

では星が生まれる際の「金属量」というのはどうやって決まるのでしょうか？初期の宇宙ではじめて銀河のような星の集団が形成される時には「金属量」はとても低かったと考えられています。第1世代の星が作られてその中の核融合で水素やヘリウムより重い「金属」の元素が合成されます。その星が死ぬと回りのガスに「金属」をまき散らして「汚染」することになります。その「汚染」されたガスから次の世代の「金属量」のやや高い星が作られることになります。星は銀河の中で作られますが、こういったことを繰り返して、銀河の中のガスの「金属量」が高くなり、「金属量」の高いガスから星が生まれるようになります。銀河の進化というのは、銀河の中でガスが消費されて星が生まれ「金属」がどんどん生成されるというサイクルも含んでいます。実際に最近の観測結果では銀河の中のガスの「金属量」が宇宙の歴史とともに上がってきていることも示唆されています。

では銀河の中での星の形成というのはどのように起こっているかということが問題になります。一つは銀河の周りのガスがゆっくりと「降り積もり」そのガスから星が生まれるということがあります。もう一つは銀河の衝突や合体が起こると銀河の中のガスが銀河の中心に集まってたくさんの星を生み出すという現象があります。このような過程によって銀河の中で星が生まれるということが起こります。このような銀河スケールの星の形成史によって、銀河の中のガスの「金属量」が高くなる様子が決まります。その「金属量」が地球や太陽系のようなシステムが誕生するための条件になっているとも考えられています。

このあたりの話に興味があれば参考図書も読んでみてください。

2 課題2

ふたつ目は「さまざまな物理現象のうち、どのような現象が実際に起こるのか？どのような現象が重要になるのか？を考える際にそれぞれの物理現象の時間スケールを考えることが重要になります。銀河の「進化」を考える上で重要になる時間スケールについて自由に考察してください。」という課題でした。講義の中でも触れましたが、銀河の進化を引き起こす要因としては銀河の衝突・合体があります。銀河の衝突・合体があるとそれぞれの銀河の中の星が混ざり合って一つの銀河を作ることになります。また課題1のまとめにもありますが、このようなことが起こると銀河の中でたくさんの星が一度に生まれるという現象も起こります。ので考える時間スケールとしては

- 「銀河の進化を引き起こす要因の一つが銀河の衝突・合体であるならばそれが起こりうる時間スケールについて考察していけばいいのではないだろうか。」
- 「銀河の衝突が起こってから次に同じ銀河が衝突するまでにかかる時間。」
- 「銀河の衝突が起こってから落ち着くまでの時間。」

ということがまずありそうです。ではその時間スケールはどのように決まるのでしょうか。

- 「銀河の動く速さが速ければ速いほど衝突が起こりやすくなり時間スケールが短くなる。ので銀河の動く速さが重要。」

銀河の衝突の時間間隔を考える上では銀河の動く速さ、銀河同士の間隔、そして銀河そのものの大きさが重要になります。ただ実は難しいこともあって、銀河の動く速さが速くなると衝突を起こす確率が上がりますが、速い場合には高速で通り過ぎるだけで衝突の際の影響が小さくなるということも起こります。

ここからさらに考察すると実は次のようなことも重要になります。

- 「どのくらいの (加) 速度で宇宙が膨張しつつあるのか」
- 「宇宙膨張の過程が暗黒物質の支配から暗黒エネルギーの支配に変化するまでの時間スケール」

という回答がありました。実はこれも重要な視点で、宇宙全体の膨張の力学を暗黒物質が支配していたころは宇宙膨張はゆっくりと減速していましたが、暗黒エネルギーが支配するようになると宇宙膨張は加速に転じました。宇宙膨張が急激に進むようになると銀河と銀河の距離が引き離されることになり銀河と銀河の衝突も起こりにくくなります。これにより銀河と銀河の衝突の起こるまでの時間スケールが長くなり、銀河の進化 (変化) の起こる時間スケールも長くなることになりました。だからわれわれの住む銀河系のあるあたりの宇宙では銀河の進化が激しく起こらないようになったとも考えられます。

それ以外でも

- 「星の一生のタイムスケールは銀河の進化に影響を与えるのではないか。」

という回答もありました。銀河を構成する星に着目して考えるとそのとおりです。以上です。