

投稿

宇宙は果てほどよく分かるの怪

加藤 賢一（大阪市立科学館）

「天体までの距離は遠いほどよく分かる」と言ったら、よほど常識はずれと思われるだろう。しかし、ある意味でこれはホントウである。業界の方にはもちろん良く知られていることだろうが、最近、それを『発見』してちょっとびっくり。地球近傍天体でも距離測定は難しいと言われているのに如何なる事態か、すわご注進！と考えた次第である。

答えを見たら、なーんだである。「宇宙論Ⅱ－宇宙の進化」（シリーズ現代の天文学 3、二間瀬敏史・池内了・千葉桓司編、2007、日本評論社）の図 2.4 をご覧いただきたい（図 1 に転載）。原点から右上に向かう 3 本の曲線が赤方偏移と距離（現在から遡った時間で表示）の関係を表している。横軸が赤方偏移の大きさで、それが大きくなるにつれて曲線の傾きが小さくなり、5 になるとほとんど真横になっている。3 本描かれているのは密度パラメータ Ω_m 、 Ω_Λ （それぞれ、臨界密度に対する物質密度、および宇宙定数の比）のとり方が違うため、一番もっともらしい値（ $\Omega_m = 0.24$ 、ハッブル定数 = 73 km/s/Mpc ）を採用すると宇宙年齢が 137 億年になるらしい。

これを見ると、たとえば、 $\Omega_m = 0.24$ とすると、赤方偏移が 4 なら現在から遡った時間は 121 億年で、5 なら 124 億年となり、差は 3 億年になることがわかる。一方、実際の観測では、赤方偏移は中性水素が発するライマン α 線（波長 1215A）のずれから求められている。赤方偏移が 4 ならライマン α 線は 6075A にシフトし、赤方偏移が 5 なら 7290A にずれる（赤方偏移 = 波長のずれ / 元の波長）。これだけの波長差を分離するのは極めて簡単だ（観測できたとしてだが）。この例では

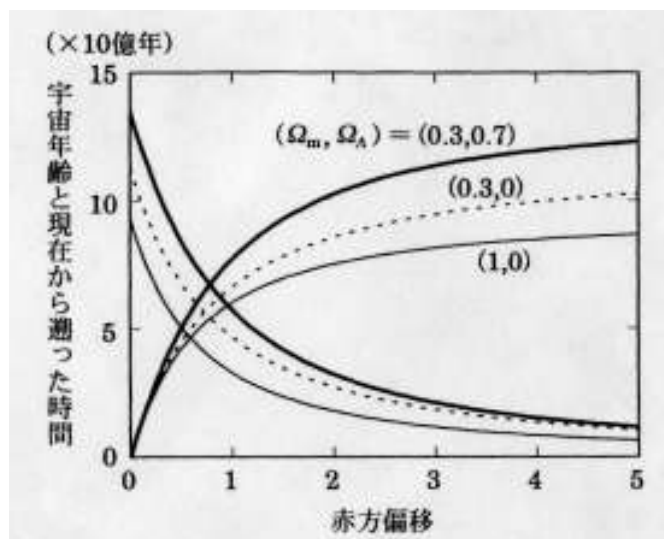


図 1. 「宇宙論Ⅱ－宇宙の進化」（シリーズ現代の天文学 3、二間瀬敏史・池内了・千葉桓司編、2007、日本評論社）の図 2.4。以下の説明が付いている。

宇宙年齢 $t(z)$ の赤方偏移 z の依存性（ z 大で小となる線）と現在から遡った時間 $t_0 - t(z)$ の z 依存性（ z 大で大となる線）を、典型的な宇宙論パラメータの組み合わせ、 $(\Omega_m, \Omega_\Lambda) = (0.3, 0.7)$ 、 $(0.3, 0)$ 、 $(1, 0)$ に対して示す。ハッブル定数は $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ としている。

1215A のずれで 3 億光年の差となったが、実際の観測では 100A の差は検出できるだろうから、120 億光年先で 3000 万光年位は分解できる。つまり、120 億光年と 120 億 3000 万光年の距離の差を分解できるのだ。これはすごい、と思う。

以上から、赤方偏移が大きくなるにつれて現在から遡った時間をいくらかでも細かく分解できることがわかるだろう。つまり、宇宙は果てほどよく分かる！ 図 1 が示しているこ

とである。

2011年1月末、ハッブル宇宙望遠鏡チームがこれまで最遠の銀河を発見したと発表した。距離は132億光年という。それまでの最遠記録は131億光年だったから、ハッブル宇宙望遠鏡チームは131億光年先で1億光年の差を見出した。果たしてそんなことが本当にできるのだろうか、とその時、無知なる筆者は疑問に感じた。まして、彼らは分光器を用いたわけではなく、撮像観測から赤方偏移を求めたというのである。

ハッブル宇宙望遠鏡の広視野カメラには何枚か赤外線フィルターが装着されていて、それぞれで遠方の銀河を撮影すると短い波長帯のフィルターでは写らない銀河が長い波長帯のフィルターでは写ることがある。銀河はライマン α 線より短い波長の光はほとんど出さないから、写っている像はライマン α 線と見なしてよかろう、という理屈でフィルターによっておよその赤方偏移が求まるらしい。今回、F164というフィルターでは写らなかったのに、F167には写っていたと言う。それぞれ1.64 μ と1.67 μ を中心とするフィルターで、つまり1215Aのライマン α 線が1.64 μ ではなく、1.67 μ にシフトしていた。図1から距離を求めると、1.64 μ なら133.5億光年となるが、1.67 μ なら133.6億光年先となる。つまり、2つのフィルターは133億光年先の1000万光年の差を見出す力を持っていたのである。

なお、ハッブルチームの発表した距離と図1の元になった「宇宙論Ⅱ－宇宙の進化」の(2.44)式から得られる距離に若干の相違があるが、話の筋には関係ないので無視していただきたい。また、現在から遡った時間が131億年の天体までの距離は131億光年ではない、などと野暮な突っ込みは入れないようお願いしたい。最後に、ハッブル宇宙望遠鏡の赤外

線フィルターについては、同僚の石坂千春学芸員に教えて戴いた。記して感謝申し上げます。

加藤 賢一

kato@sci-museum.jp