

投稿

銀河系中心附近の質量

前岡光明（関東支部）

1. はじめに

本文書は、アメリカのベラ・ルービン女士は、渦巻銀河の腕の回転速度を何点か観測し、半径が大きくなっても回転速度はそれほど遅くならず、観測される星の質量と、ケプラーの法則を用いた予測とは異なる結果になることを示した。そのため、銀河には観測できる天体以外に、観測できないが質量を持つダークマターが銀河全体に渡って多量に存在すると考えられている（[1] pp.219~222）。

私の手元の本[2]に、我々の銀河系の中心付近においての、天体の公転に関するデータ（銀河系中心からの距離と、回転速度）が示されている（表1）。銀河系の中心近くであれば、広く分布しているダークマターの影響は比較的少ないはずであり、銀河系中心近くの天体の質量の様子が判るはずである。そこで、ここでは、表1のデータを用いて、質量を求めてみた。

表1 銀河系中心からの距離と公転速度*

天体	r [光年]	v [km/s]
太陽	28,000	220
中心核円盤	2,000	200
中心核附近のリング	5	100 以上

*データは[2]による。

2. 質量の導出式

質量 m の天体が、銀河系中心から距離 r の円軌道を、速度 v で公転しているなら、この天体に作用する遠心力は、 mv^2/r で表される。また、銀河系の中心に対して、天体が球対称

に分布しているならば、銀河系中心からの距離 r における重力（万有引力）は、 GMm/r^2 と表すことができる。但し、 G は万有引力定数であり、 M は銀河系中心から半径 r より内側の総質量である。この天体では、遠心力と重力は釣り合っ等しいはずなので、

$$mv^2/r = GMm/r^2$$

となり、

$$M = rv^2/G \quad (1)$$

を得る。つまり、銀河系中心からの距離 r と、公転速度 v が判れば、 r より内側にある天体の総質量 M を知ることができる。

3. 質量の導出

式(1)と表1のデータを用いて、次のように、質量を求めてみた。

3.1 太陽(半径 28000 光年)より内側の質量

太陽についての値、

$$r = 28000 \text{ 光年} = 2.65 \times 10^{22} \text{ cm}$$

$$v = 220 \text{ km/sec} = 2.20 \times 10^7 \text{ cm sec}^{-1}$$

と、万有引力定数 G の値、

$$G = 6.673 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-2} \text{ g}^{-1}$$

を用いると、

$$M = 1.92 \times 10^{44} \text{ g} = 1.0 \times 10^{11} M_{\odot}$$

を得た。但し、 M_{\odot} は太陽質量を意味し、 $M_{\odot} = 2.00 \times 10^{33} \text{ g}$ である。つまり、銀河系中心から 28000 光年よりも内側に存在する質量は、太陽質量の約 100 億倍である。

3.2 中心核円盤(半径 2000 光年)より内側の質量

3.1 節と同様に、中心核円盤の距離と公転速度のデータ(表 1)を用いて、この円盤より内側の質量を求めると、

$$M = 1.13 \times 10^{43} \text{g} = 5.7 \times 10^9 M_{\odot}$$

を得た。つまり、銀河系中心から 2000 光年以内の質量は、太陽質量の 57 億倍となった。

3.3 中心核附近のリング(半径 5 光年)より内側の質量

同様に、中心核ハロー内のリングの距離と公転速度のデータを用いて、この円盤より内側の質量を求めた。この結果、

$$M \geq 7.1 \times 10^{39} \text{g} = 3.5 \times 10^6 M_{\odot}$$

を得た。つまり、銀河系中心から 5 光年以内の質量の下限は、太陽質量の 350 万倍となった。ここで、「質量の下限」と記したのは、公転速度が下限として与えられているためである(表 1)。

4. 考察

3.節で得られた結果を、表 2 にまとめる。この表が示すように、銀河系中心からの距離が小さくなるほど、存在する質量は小さくなる。

表 2 銀河系中心からの距離と質量

天体	r [光年]	M / M _⊙
太陽	28,000	1.0 × 10 ¹¹
中心核円盤	2,000	5.7 × 10 ⁹
中心核附近のリング	5	> 3.5 × 10 ⁶

銀河系中心から 5 光年内の質量として求めた 350 万太陽質量は、銀河系中心の巨大ブラックホールの質量として見積もられている(3.7 ± 1.5) × 10⁶ M_⊙。(例えば[3]) とほぼ同じである。つまり、銀河系中心の 5 光年程度の

領域で見積もられるほとんどの質量は、巨大ブラックホールによることになる。

一方、銀河系中心から 2000 光年以内の領域については、銀河系中心のブラックホールよりもはるかに大きな質量(57 億太陽質量)が存在する。更に大きなスケール(太陽の 28000 光年)では、この質量は更に大きくなる(1000 億太陽質量)。ここでの議論だけでは、この質量がどんな天体によるのかを明らかにすることはできないが、銀河系の中に広く分布している天体(恒星、星間物質、ダークマターなど)によると考えてよいだろう。

文 献

- [1] 佐藤勝彦(2008)『宇宙論の飽くなき野望』、技術評論社
- [2] 沼澤茂美、脇屋奈々代(2004)『140 億光年のすべてが見えてくる宇宙の事典』、ナツメ社
- [3] 祖父江義明他編(2007)『銀河 II—銀河系』(シリーズ現代の天文学、第 5 巻)、日本評論社、3.5.3 節