

散開星団で探る銀河系の回転

稲垣徳晃（高3）【立教池袋高等学校】，角地山春奈（高2）【八戸工業大学第二高等学校】，
北村勇人（高2）【大宮高等学校】，小林奈津美（高3）【都留高等学校】，
佐藤宏樹（B1）【茨城大学】，西本晋一（高2）【修道高等学校】，原雄貴（高2）【飯田高等学校】，
宮蔭実佑（高2）【神奈川総合高等学校】，米山祐樹（高2）【大垣東高等学校】 【銀河学校2011 B班】

1. 概要

本研究は散開星団の観測により銀河系においてケプラーの法則が成立するかを調べ、銀河系の回転の様子を探ったものである。結果としてケプラーの法則が銀河系に成立するとは言えなかった。なお、本研究は2011年8月9日~12日にかけて実施された東京大学木曾観測所主催の銀河学校2011にて行った。

2. 観測

今回の研究対象である銀河系本体に含まれることが確実な散開星団を観測対象とし、同観測所のアーカイブデータを使用した。

観測天体	共通データ
NGC7790 2004年8月12日撮像 B・Vバンド:10[sec]	装置 東京大学木曾観測所105cmシュミット
NGC6694 2003年8月3日撮像 B・Vバンド:120[sec]	カメラ
NGC2168 2011年1月18日撮像 Bバンド:60[sec] Vバンド:30[sec]	

3. 解析

1. 観測データに一次処理を行った後に各星団のHR図を作成。
2. 太陽(地球)からの距離が既知のヒアデス星団のHR図と各々のHR図(図1.2,図1.3,図1.4)とを比較し、太陽からの距離を推定。
3. 銀河系の概観図(図1.1)に太陽—散開星団間の距離、既知の視線速度と横断速度による合成速度、銀経を書き出す。
4. 銀河系中心部から星団との距離(Rとおく)と、星団が銀河系内を回転する速度(Vとおく)を推定。
5. これらの数値を用いて、後述しているケプラー第三法則を変形した

$RV^2 = \text{一定}$ が成り立つか判断する。

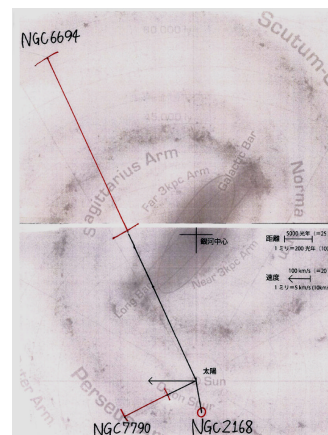
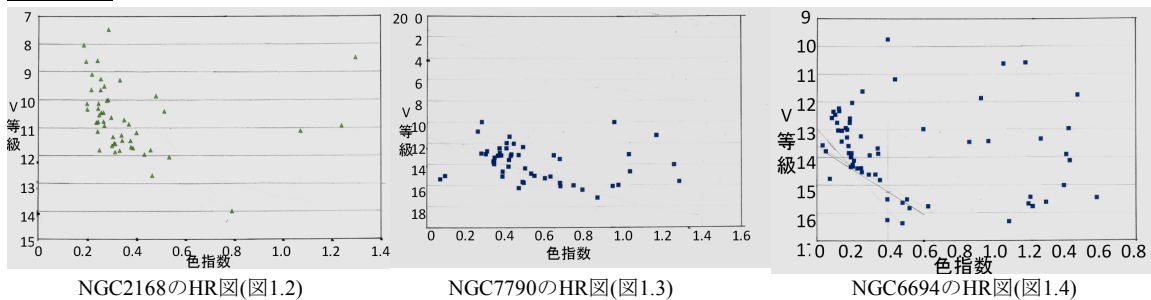


図1.1 銀河系概観図



ケプラー第三法則とは、ケプラーが太陽系の惑星運動について発見した経験則であり、「楕円運動する天体の公転周期の二乗は長半径の三乗に比例」というものである。我々はこの際惑星の公転運動と銀河系の回転が同様の仕組みと仮定した。太陽系の惑星はほぼ円運動に近い為、今回は銀河系も同様に中心部の周りを星団が円運動していると考える。

銀河系中心部の平均質量をM,各散開星団の平均質量をmとする.

万有引力の法則から遠心力と万有引力の釣り合いを考えると,

$$GMm/R^2 = mV^2/R$$

$$\Leftrightarrow RV^2 = GM \quad (Gは万有引力定数)$$

散開星団のRV²を比較する上でMは同じ値と仮定しているので, RV²はある定数になると考えられる. よって星団のRV²の値が太陽のRV²と一致すれば,銀河系についてもケプラー第三法則が成り立っているとと言える.

4.結果

NGC2168,NGC7790については近い値が得られたものの数値が一致しておらず成立しているとは言えなかった,NGC6694の場合このデータでは他の星団と逆方向に回転していることになり,加えて誤差が大きく,ケプラー第三法則が成立するか判断できなかった. (表2.1,図2.2)

5.考察

今回NGC6694が他の星団とは逆方向になってしまった原因として,測光ミスによる等級比較と距離比較の誤りが考えられる.NGC6694の測光データにばらつきがあるが,これについては星団の前後に存在する恒星をターゲットに含めてしまった可能性があり,次の作業となる等級比較と距離比較の誤差に繋がってしまったと考えられる.NGC2168を除く他の星団について誤差が大きくなってしまったことについては,測光のデータ不足が原因となり,太陽-散開星団間の距離導出時,星団のHR図と距離の基準としたヒアデス星団のHR図を比較する際にプロットされた恒星が描く曲線の傾きが一致しなかったためと思われる.さらにどの星団もRV²の値が一定に成らなかった原因として,銀河系は中心が恒星の集合体であるバルジで,そのバルジ内で質量の偏りが起きているために,星団に及ぼす引力の大きさに偏りが出来てしまっているのではないかと考えた.とすると我々の仮定とは異なり銀河系は太陽系と構造が違うため,この度のようにRV²が定数とならず,ケプラー第三法則は成立しないのではないかと考えられる.

6.結論

どの星団においてもケプラー第3法則が成り立つとは言えず,NGC7794とNGC6694については誤差が大きく判断が出来なかった. 今回銀河系の回転はケプラーの法則に則っているとは言えなかった.これは「惑星の公転運動と銀河系の回転が同様の仕組みである」という仮定が間違っていたということが考えられる.誤差に関してはさらなる観測・解析が必要である.

7.謝辞

本研究は東京大学木曾観測所の松永典之氏,TAの舘洞すみれ氏,寺西孝友氏,その他多くの銀河学校スタッフの方々に協力頂きました.この場をお借りして厚くお礼申し上げます.または発表にはNPO法人サイエンスステーションの協力を頂きました,合わせてお礼を申し上げます.

8.参考文献

「理科年表」(国立天文台編,丸善)

「銀河系と銀河宇宙」(岡村定矩著,東京大学出版会)

表2.1

	距離(R)[光年]	回転速度(V)[km/s]	RV ²
NGC 2168	32800	215	1.52×10 ⁹
NGC 7790	30600~36200	175	0.94*10 ⁹ ~1.11*10 ⁹
NGC 6694	12400~51200	-190	4.48*10 ⁹ ~18.5*10 ⁹
太陽	28000	220	1.36*10 ⁹

散開星団のRV² 図2.2

