

# M67 の色等級図の作成と年齢推測

井上 資生

## 要約

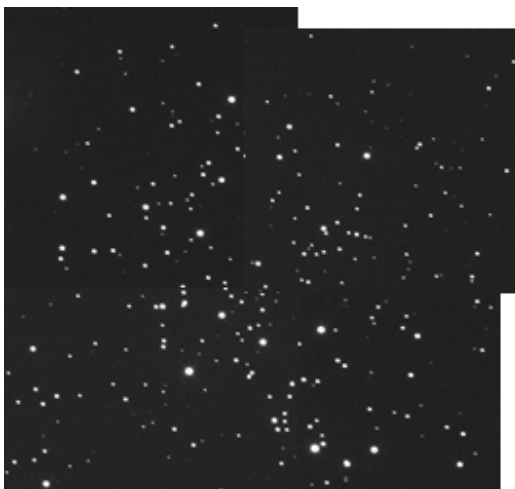
美星天文台の 101cm 望遠鏡を使用させていただき、散開星団 M67 を V および R バンドで観測した。撮影された CCD 画像データを測光用ソフト「makalii」で測光し、標準星として HR4468 を用いて約 300 のメンバー星の光度等級を求めた。そして、EXCEL によりまとめて M67 の色等級図を作成した。散開星団すばるの色等級図との比較を行い、M67 がすばるより古い星団であることを確認した。さらに、恒星進化理論曲線を用いて年齢推測を行った結果、M67 の年齢は 30~50 億年であるということが分かった。

We have made photometric observations of the open cluster M67 in the *V*(visible) and *R*(red) bands with the use of the Bisei Astronomical Observatory 101cm telescope. We measure CCD image frames with the photometry software called *makalii*, and get magnitudes of about 300 member stars through a standard star HR4468. As a result, we obtain the color-magnitude diagram(CMD) of M67 in the Excel format. The comparison of CMDs for M67 and for Pleiades reveals that the former is older than the latter. With the use of the CMD constructed on the theory of stellar evolution, it is suggested that the age of M67 is three to five billion years.

キーワード 散開星団 M67, 測光, 色等級図, 年齢  
open cluster M67, photometry, color-magnitude diagram, age

## 1. 序論

今回研究を行った M67 星団 (図 1) は蟹座にあり、M67 星団 (NGC2682) は距離が地球から 2350 光年 (721pc) 離れている。年齢は太陽とほぼ同じである。そのため、M67 は以前太陽の生まれ故郷であり、太陽は M67 星団の中で誕生した後、星団から離れて現在の位置に落ち着いたという説があり興味を持った。天の川から離れていて、観測にも適しているので、色等級図を作成



撮影した M67

し、比較して年齢を推測することを目的として研究を行った。

## 2. 本論

散開星団とは、同じ星雲から生まれた星の集団である。例として、プレアデス星団 (すばる) (図 2) がある。



図 2. プレアデス星団 (すばる)

HR 図 (図 3) とは、縦軸に絶対等級、横軸にスペクトル型をとったものである。座標軸通りに星を配置すると、その星の年齢等の特徴がわかるため、星の性質や進化の過程の研究に必要不可欠である。しかし、自分達には HR 図のスペクトル型を求めることは難しかったため、今回

は縦軸に等級, 横軸に色指数をとった色等級図 (図4) を作成した。

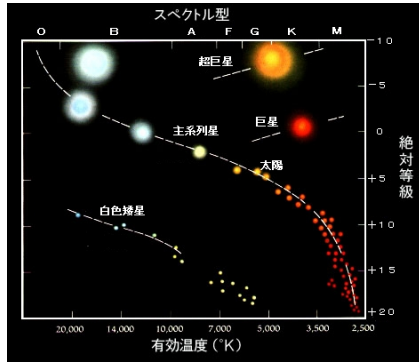


図3. 一般的なHR図

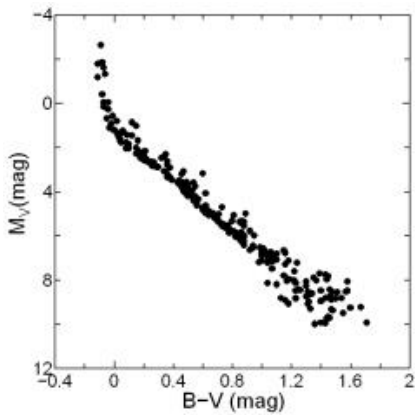


図4. すばるの色等級図

色指数 (図5) とは、恒星に二色のフィルターを通した明るさ (等級) の差である。今回の研究では、V (可視) - R (赤) を使用した。値が大きいほど赤く低温であり、値が小さいほど青く高温である。

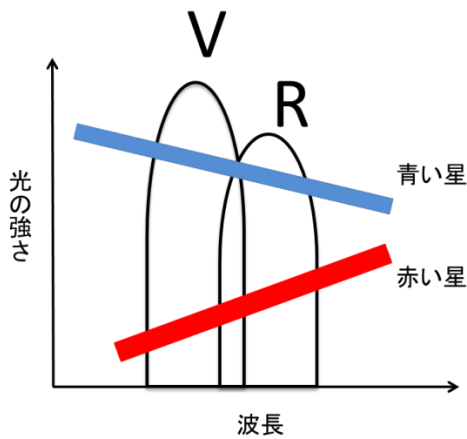


図5. 色指数

### (1) M67の撮影と一次処理

この研究では美星天文台の101cmの望遠鏡 (図6) と画素数 1024×1024, サイズ 26.4mm×26.4mm の冷却 CCD カメラ (図7) を使用させていただいた。M67の大きさと視野の関係で4分割して撮影を行った。まずはフィルターVを使用して天体フレームとダークフレームの撮影。同じことをフィルターRでも繰り返す。次に先程と同じ手順で標準星の撮影。次にドームを閉じて白熱灯でスリットを照らし、フラットフレームの撮影を行った。



図6. 美星天文台101cm望遠鏡

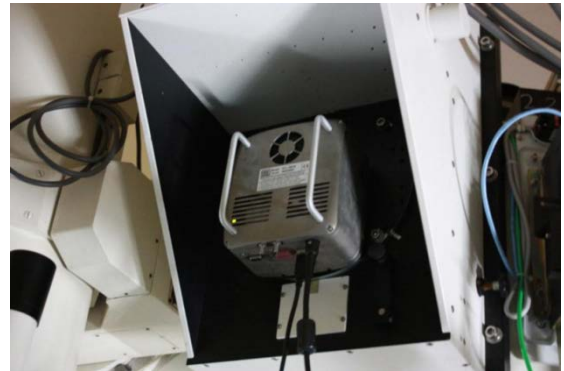


図7. 今回使用した冷却CCDカメラ

それぞれの天体フレームのダーク・フラット処理を行った。

<結果>

月の影響もなく、天候にも恵まれて、順調に撮影が行われた。

V, Rそれぞれ4分割で計8枚の天体フレームと標準星の天体フレーム及び、ダーク、フラットフレームが撮影できた。

## (2) 測光

測光用ソフト「makalii」(図8)を使用して測光を行った。

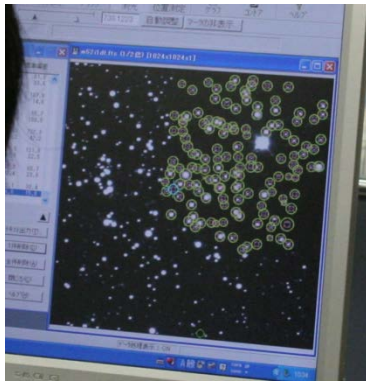


図8. Makaliiを使用した測光風景

<結果>

314個の天体について、測光結果が得られた。

標準星	測光結果	等級	番号	測光結果v	測光結果r	等級v	等級r	v-r	v
HR4468v	32511059	4.7	1	60699.81	40478.27	14.22006	13.61057	0.609492	14.22006
HR4468r	36424223	4.72	2	228173.5	144231.6	12.78237	12.23097	0.551393	12.78237
			3	549559.1	419136.9	11.82799	11.07274	0.755259	11.82799
			4	42196.97	29456.54	14.61483	13.95567	0.659156	14.61483
			5	146334.7	106495.4	13.26466	12.5603	0.704364	13.26466
			6	79457.65	52395.52	13.92769	13.33039	0.597301	13.92769
			7	47017.2	28348.46	14.49739	13.9973	0.500087	14.49739
			8	181952.9	113852.8	13.02813	12.48777	0.540367	13.02813
			9	8189.263	6424.083	16.39492	15.6091	0.785821	16.39492
			10	13289.86	10000.13	15.86923	15.12861	0.740618	15.86923
			11	52453.48	34078.14	14.3786	13.79744	0.581159	14.3786
			12	149447.1	117679.0	10.74181	9.951879	0.789934	10.74181
			13	81550.04	49339.29	13.89947	13.39564	0.503827	13.89947
			14	193514.0	147844.3	10.46125	9.704115	0.757135	10.46125
			15	43944.76	26058.14	14.57076	14.08877	0.481996	14.57076
			16	38.4375	110731.4	22.21614	12.51795	9.698194	22.21614
			17	221084.6	103061.1	12.81663	12.59589	0.220747	12.81663
			18	189897.8	85414.43	12.98173	12.7998	0.181933	12.98173
			19	142838.8	151269.1	13.29092	12.17925	1.111665	13.29092
			20	228403.2	202065.6	12.78128	11.86489	0.916381	12.78128
			21	341712.7	116068.4	12.34388	12.46684	-0.12296	12.34388
			22	186874	79444.92	12.99916	12.87846	0.120698	12.99916
			23	118162.8	79525.44	13.49683	12.87736	0.619468	13.49683
			24	137414.5	39323.54	13.33295	13.64199	-0.30904	13.33295
			25	64542.73	120893.3	14.15341	12.42262	1.730793	14.15341
			26	194029.2	25861.98	12.95836	14.09697	-1.13861	12.95836
			27	44379.5	82319.28	14.56007	12.83987	1.720203	14.56007
			28	153729.9	68399.16	13.21113	13.041	0.170136	13.21113
			29	107615.5	480426.4	13.59834	10.92456	2.673785	13.59834
			30	630164.8	180401.8	11.6794	11.98802	-0.30863	11.6794
			31	276578.1	76685.81	12.57349	12.91684	-0.34335	12.57349
			32	119022.5	8159.429	13.48896	15.34948	-1.86052	13.48896
			33	10723.14	141999.9	16.10223	12.24791	3.85432	16.10223
			34	216753.5	272268.0	12.83812	9.041134	3.796981	12.83812

## (3) 色等級図の作成

測光後、データをテキスト出力し、EXCELで集計を行った。標準星であるHR4468の値を使用し、ノーマン・ポグソンの式

$$\text{等級} = \text{標準星の等級} - 2.5 \log_{10} \frac{\text{目的天体のカウント値} / \text{露出時間}}{\text{標準星のカウント値} / \text{露出時間}}$$

を用いて等級を計算した。そのデータの横軸をV-R(色指数)、縦軸をV(等級)でグラフ化し、色等級図とした。

(図9)

今回の色等級図には314個の恒星データを使用するこ

とができた。限界等級は20等級程度であり、主系列星がよく表れていた。赤色巨星へ進化する転向の様子もよくわかるものとなっていた。

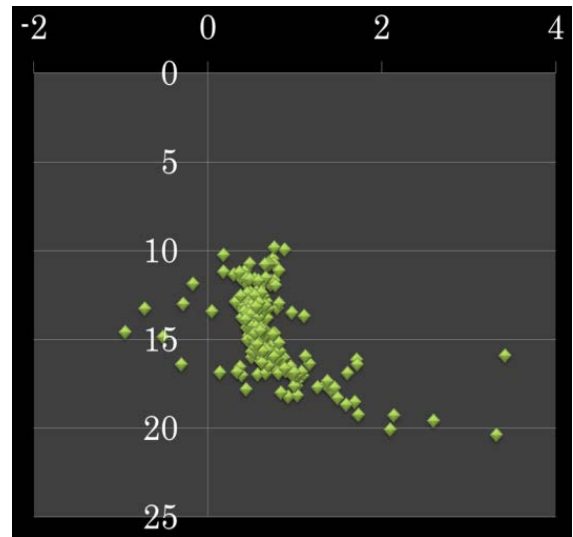


図9. 今回作成した色等級図

## (4) 考察

<すばるの色等級図(図10)との比較>

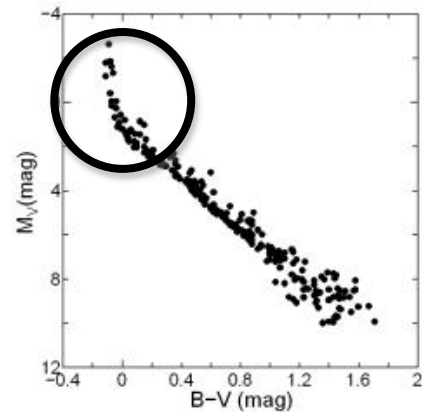
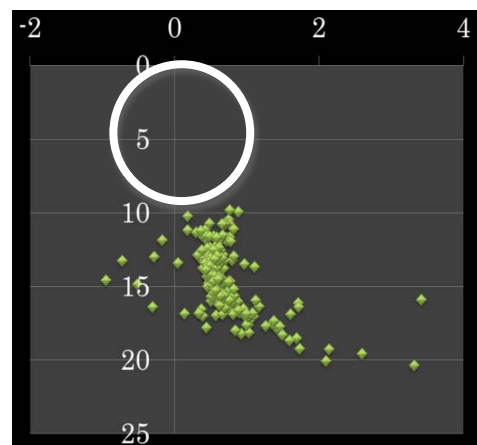


図10. すばるの色等級図



すばるの色等級図は非常に若い星団であるため、主系列がほぼ直線である。一方で、M67 星団の色等級図は、主系列の左上部分が右上へと移行し、一生を終えてなくなっているの、古い星団であることがわかる。

### <M67 の年齢推定>

恒星進化理論曲線 (図 1 1) を用いて年齢推測を行った。

まず縦軸の値を絶対等級に変換する。

式、絶対等級  $M = m - 5 \times \log_{10} (D/10)$  に  $D$  は pc 単位の距離なので、 $D = 721 \text{pc}$  を代入すると、 $M = m - 9.29$  となる。つまり、9.29 等級小さくなる。この値を使用し、縦軸を 9.29 等級下げて絶対等級に変換した。このデータに恒星進化理論曲線を重ね合わせて (図 1 2) 年齢推測を行った結果、M67 の年齢は 30~50 億年程度と推定された。

### 3. 結論

今回の観測で、314 個の恒星データを使用する色等級図を作成することができた。限界等級は 20 等級程度であり、主系列星がよく表れていて、赤色巨星へ進化する転向の様子もよくわかるものであった。

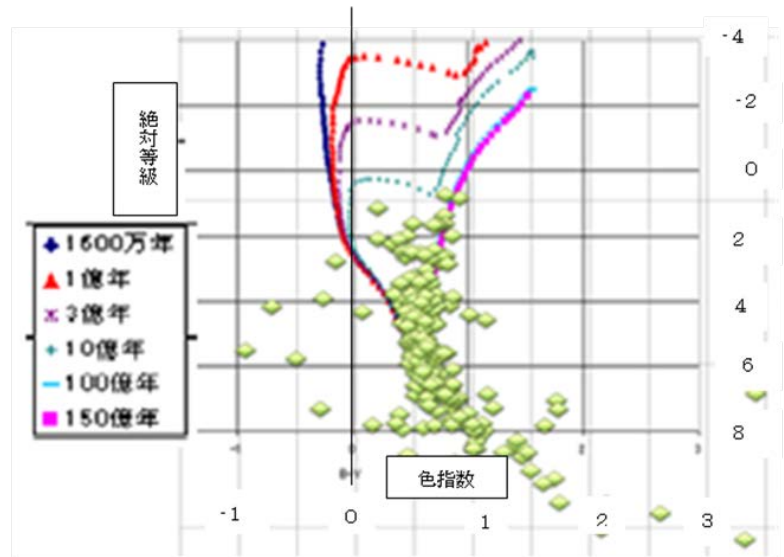
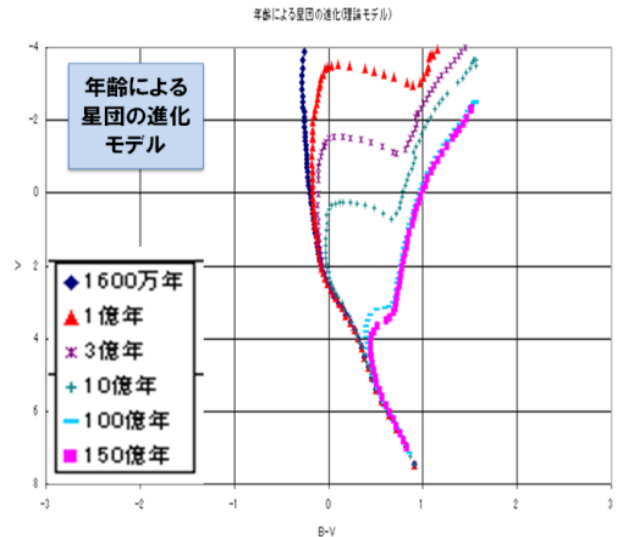
恒星進化理論曲線を重ね合わせて年齢推測を行った結果、M67 の年齢は 30~50 億年と推定される。

この研究は自分たちにとって初めての研究であったが、天候に恵まれており、月の影響がなく、美星天文台の 101cm 望遠鏡を使用させていただいたので、かなりいい結果が出たのだと思う。

### <今後の課題>

今回の測光観測はばらつきも少なめで、きれいな色等級図を得ることができたので、年齢推定をもっと詳しく行うため、星団のメンバーシップも考慮し、散開星団以外の恒星を除去し、再解析を行う。

理論モデルとの比較を考えて、V バンド、R バンド以外のカラーバンドの測光観測にも挑戦する。



### <参考文献>

R.K.S.Yadav,etal Astronomy&Asrophysics  
484,609-620(2008)  
理科年表 平成 24 年 (国立天文台編 丸善)

### <謝辞>

今回の研究に協力していただいた美星天文台スタッフの方々、元国立天文台教授前原英夫先生、大阪教育大学教授定金晃三先生、ご指導いただきありがとうございました。