การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M67

The Physical Analysis of Stars in M67 Cluster

รณกฤต รัตนมาลา[1*] , วันธนา ศิลปวิลาวัณย์[1]

Ronnakrit Rattanamala[1*], Wanthana Silpawilawan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุดาว M67 ในครั้งนี้ ทำการสังเกตการณ์ด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิดริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2556 ภาพที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ ได้แก่ อุณหภูมิยังผล , มวล , รัศมี และอายุของดาวฤกษ์ ผลที่ได้พบว่าดาวฤกษ์ที่ได้ทำการวิเคราะห์มีค่าอุณหภูมิยังผลอยู่ในช่วง 3,324.799 K ถึง 28,541.996 K มวลอยู่ในช่วง 1.664M_{sun} ถึง 2.807M_{sun} รัศมีอยู่ในช่วง 0.099R_{sun} ถึง 18.385R_{sun} และอายุของดาวอยู่ในช่วง 0.0757 t_{sun} ถึง 0.2797 t_{sun} และจากค่าอุณหภูมิยังผลที่คำนวณได้สามารถจัดประเภทตามลำดับสเปกตรัม ได้แก่ ชนิด B,A,F,K และ M และเมื่อพิจารณาแผนภาพ H-R diagram พบว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่เหนือดาวฤกษ์ในแถบลำดับแสดงว่าเป็นดาวฤกษ์ประเภทดาวใต้ยักษ์ (Sub giant stars) หรือดาวยักษ์(Giant stars) แต่จะมีดาวฤกษ์หนึ่งดวงที่มีตำแหน่งอยู่ใต้ดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักซึ่งอาจกำลังวิวัฒนาการไปเป็นดาวแคระในอนาคต

คำสำคัญ: ดาวฤกษ์ กระจุกดาว M67 โฟโตเมทรี

Abstract

The study of the physical properties of stars in M67 cluster were observed by CCD Photometer via Ritchey-Chretien Reflecting Telescope(0.5 m) at Princess Sirindhorn Observatory, Chiang Mai University in January 2013. The data were analyzed and calculated of the stars physical properties such as temperature, mass, radius and age of stars. In the calculated results, the temperatures were 3,324.799 K - 28,541.996 K, the masses were 1.664M_{sun} - 2.807M_{sun}, the radiuses were 0.099R_{sun} - 18.385R_{sun} the ages of stars were 0.0757 t_{sun} - 0.2797 t_{sun}. We were determined the spectrum types of stars from effective temperature calculated values which found that they were B,A,F,K and

[1] อาจารย์ โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[1] Lecturer of Physics and General Science Program Factory of Science and Technology Nakhon Ratchasima Ratjabhat University, Naimuang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

* Corresponding Author: Ronnakrit Rattanamala, Physics and General Science Program, Factory of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Ratjabhat University, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand, Email. astro_ron@hotmail.com

M types. Moreover, the H-R diagram was presented that the stars were sub-giant stars and giant stars but only one star had located under main sequence stars, that may be having evolution to dwarf star in the future.

KeyWords: Stars, M67 Cluster, Photometry

บทนำ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ถือเป็นการศึกษาที่มีความสำคัญมากต่อการศึกษาทางด้านดาราศาสตร์ เนื่องจากดาวฤกษ์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่มีพลังงานและแสงสว่างในตัวเอง การศึกษาดาวฤกษ์เริ่มจากสมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน และดาวฤกษ์ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกก็คือดวงอาทิตย์ ดังนั้นการศึกษาดาวฤกษ์ดวงอื่นๆ ก็จะสามารถอธิบายถึงแนวโน้มวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์ของเราได้เช่นกัน ซึ่งดาวฤกษ์ส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่รวมกันที่กระจุกดาว และโดยทั่วไปกระจุกดาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระจุกดาวทรงเปิด(Open Cluster) และกระจุกดาวทรงกลม(Globular Cluster)[1]

กระจุกดาว M67 (Messier 67, NGC 2682) เป็นกระจุกดาวเปิดในกลุ่มดาวปู (Cancer) มีตำแหน่ง Right ascension 8h 51.4m Declination +11° 49’ ถือว่าเป็นกระจุกดาวเปิด และเป็นกระจุกดาวตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้เป็นอย่างดี[2]

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M67 ได้แก่ อุณหภูมิยังผล , มวล , รัศมี และ อายุของดาวฤกษ์ โดยการถ่ายภาพดาวด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิดริชชี-เครเทียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการศึกษา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M67 ในครั้งนี้ จะดำเนินการเก็บข้อมูลที่หอดูดาวสิริธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงริชชี-เครเทียน (Ritchey-Chretien Reflecting Telescope) ดังแสดงใน Figure 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และสีเหลือง(V) ภาพถ่ายที่ได้จะนำมากำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction Images) และหาค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ ด้วยเทคนิคโฟโตเมทรี (Photometry)

Figure 1 Ritchey-Chretien Reflecting Telescope

เมื่อได้ข้อมูลโชติมาตรจากการวัดด้วยเทคนิคโฟโตเมทรีแล้วจะต้องปรับค่าโชติมาตรให้อยู่ในระบบมาตรฐาน ยูบีวี (UBV System) และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ เพื่อนำไปคำนวณคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ต่อไป

ในการปรับค่าโชติมาตรให้อยู่ในระบบมาตรฐาน จะใช้สมการที่ 1 และ 2 ในการปรับค่า

$$V = v_0 + \varepsilon(B-V) + \zeta_v \qquad (1)$$

$$(B-V) = \mu(b-v)_0 + \zeta_{bv} \qquad (2)$$

โดย

V คือ ค่าโชติมาตรปรากฏช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองในระบบ UBV ของดาวฤกษ์

ε, μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าของโชติมาตรและสีในระบบ UBV ของดาวฤกษ์

ζ_v, ζ_{bv} คือ ค่าจุดศูนย์ของโชติมาตรและสีในระบบ UBV ของดาวฤกษ์

$v_0, (b-v)_0$ คือ โชติมาตรที่วัดจากนอกชั้นบรรยากาศในช่วงสีเหลืองและดัชนีสี ของดาวฤกษ์

$(B-V)$ คือ ดัชนีสีของดาวฤกษ์[3]

ในการวิเคราะห์หาค่าโชตมาตรสัมบูรณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองของดาวฤกษ์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$M_v = V - 5\log(\frac{d}{10}) - A_v \qquad (3)$$

เมื่อ

M_v คือ โชติมาตรสัมบูรณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง

V คือ โชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง

d คือ ระยะทางของดาวฤกษ์ ในหน่วยพาร์เสก(pc)

A_v คือ ค่าการบดบังแสงดาวในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง[4]

โดยค่า A_v จะหาได้จากสมการที่ 4

$$A_v \approx 3.2E(B-V) \qquad (4)$$

เมื่อ

$E(B-V)$ คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดได้กับค่าจริง(Color Excess)

วิเคราะห์หาจากสมการที่ 5

$$E(B-V) = (B-V)_{ob} - (B-V)_0 \qquad (5)$$

เมื่อ

$(B-V)_{ob}$ คือ ดัชนีสีที่สังเกตการณ์ได้

$(B-V)_0$ คือ ดัชนีสีแท้จริง[3]

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M67 ในครั้งนี้จะพิจารณาคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผล (T_{eff}) , กำลังส่องสว่าง (L) , รัศมี (R) , มวล (M) และอายุ (t) ของดาวฤกษ์ โดยใช้ทฤษฎีความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์และคำนวณดังต่อไปนี้

อุณหภูมิยังผล

การคำนวณอุณหภูมิยังผลสามารถทำได้โดยการหาค่าดัชนีสีของดาวฤกษ์ ซึ่งเป็นผลต่างของโชติมาตรในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินกับสีเหลือง ตามความสัมพันธ์[4] ดังสมการที่ 6

$$\frac{1}{T_{eff}} = \left(9.52307\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)(B-V) \qquad (6)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์-กำลังส่องสว่าง

จากการวิเคราะห์ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์ ก็จะสามารถวิเคราะห์ค่ากำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์-กำลังส่องสว่าง[4] ดังสมการที่ 7

$$M_v = 4.75 - 2.5\log(\frac{L}{L_{sun}}) \qquad (7)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่าง-รัศมี-อุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่าง-รัศมี-อุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์[3] ดังสมการที่ 8

$$\frac{L}{L_{sun}} = (\frac{R}{R_{sun}})^2 (\frac{T_{eff}}{T_{sun}})^4 \qquad (8)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่าง-มวลของดาวฤกษ์

จากการศึกษาค่ามวลกับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์พบว่า ค่าของกำลังส่องสว่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามมวลของดาวฤกษ์ยกกำลัง 3.5 เมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ เขียนเป็นสมการที่ 9 ได้ว่า[3]

$$\frac{L}{L_{sun}} = \left(\frac{M}{M_{sun}}\right)^{3.5} \qquad (9)$$

สเกลเวลานิเคลียร์

ช่วงเวลาหรือช่วงชีวิตที่ดาวฤกษ์สามารถปลดปล่อยพลังงานออกมา โดยปฏิกิริยานิวเคลียร์ภายในดาวฤกษ์[4] หาได้ดังสมการที่ 10

$$\frac{t}{t_{sun}} = \left(\frac{M}{M_{sun}}\right)^{-2.5} \qquad (10)$$

ผลการศึกษา

จากการสังเกตการณ์โดยการถ่ายภาพกระจุกดาว M67 เราจะใช้ดาว 1018-0719694 เป็นดาวตรวจสอบ และดาว 1018-0180079 เป็นดาวเปรียบเทียบ(Figure 2) โดยข้อมูลเบื้องตนของดาวทั้งสองแสดงในตาราง (Table 1)

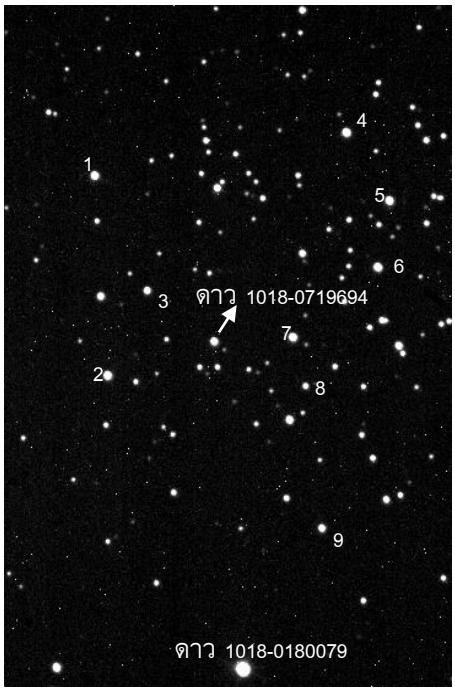

Figure 2 M67 Cluster Image , Check star(1018-0719694) and Reference star (1018-0180079).

Table 1 The data of Check and Reference stars. The NOMAD Catalog[5]

Stars	RA(2000)	DEC(2000)	Mag. B	Mag. V	B-V
1018-0719694 (Check Star)	$132^{O}.8625$	$+11^{O}.8645$	10.955	10.815	0.14
1018-0180079 (Reference Star)	$132^{O}.9556$	$+11^{O}.8941$	8.971	7.859	1.112

จากการวิเคราะห์สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงเข้าสู่ระบบมาตรฐาน ยูบีวี ได้ดังนี้

$$\varepsilon = -0.07373554 \qquad \mu = 3.06965922$$
$$\zeta_{v} = -1.04883449$$
$$\zeta_{bv} = -2.92740968$$

และเขียนสมการในการแปลงค่าสู่ค่ามาตรฐานได้คือ

$$V = v_0 - 0.07373554(B-V) - 1.04883449 \quad (11)$$
$$(B-V) = 3.0696592(b-v)_0 - 2.92740968 \quad (12)$$

จากสมการการที่ 11 และ 12 เป็นสมการการแปลงค่าสู่ค่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถคำนวณโชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง และค่าดัชนีสี ได้ดังตาราง (Table 2) และจากการศึกษาของ Yakut et al.[6] ในปี ค.ศ.2009 พบว่ากระจุกดาว M67 มีระยะห่างจากโลกเท่ากับ 875 pc ซึ่งสมาชิกดาวฤกษ์ของกระจุกดาว M67 จะมีระยะห่างห่างเท่ากันหมด คือ 875 pc และค่าการบดบังแสงดาวในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง กับค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดได้กับค่าจริง ก็จะมีค่าเท่ากันทุกดวง ซึ่งคำนวณได้เท่ากับ

$E(B-V) = -0.0720$

และ $A_v = -0.2304$

จากปริมาณทั้งหมดสามารถคำนวณหาค่าคุณสมบัติของดาวฤกษ์ได้ดังตาราง(Table 3) และเมื่อสร้างกราฟ H-R Diagram โดยความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์(แกน Y) กับค่าดัชนีสี(B-V) จากการคำนวณกับฐานข้อมูลของดาวในแถบลำดับหลัก[7] เพื่อพิจารณาประเภทของดาวฤกษ์ตามกำลังส่องสว่าง (Luminosity classes)(Figure 3)

Table 2 The calculates of B , V and B-V values of stars and data bases of B , V and B-V of stars.

Stars	Calculates				Data bases		
	B	V	B-V	M_v	B	V	B-V
1	11.7814	10.4894	1.2920	1.0549	11.648	10.495	1.153
2	11.7226	10.4748	1.2477	1.0403	11.606	10.442	1.164
3	11.6333	11.2951	0.3382	1.8606	11.876	11.207	0.669
4	11.8136	10.2622	1.5513	0.8277	11.702	10.383	1.319
5	11.6868	10.4258	1.2610	0.9913	11.580	10.394	1.186
6	10.6955	10.4819	0.2136	1.0474	11.094	10.545	0.549
7	11.8268	10.5063	1.3205	1.0718	11.281	10.425	0.856
8	11.7936	12.2480	-0.4543	2.8135	11.770	12.280	-0.51
9	12.456	11.2352	1.2216	1.8007	12.854	11.248	1.606

Table 3 The physical properties of stars from calculation.

Stars	T_{eff}(K)	L/L_{sun}	M/M_{sun}	t/t_{sun}	R/R_{sun}	Types
1	3,753.6646	30.0633	2.6442	0.0879	12.9916	K
2	3,838.0492	30.4691	2.6543	0.0871	12.5101	K
3	7,140.5154	14.3138	2.1390	0.1494	2.4772	F
4	3,324.7996	37.0594	2.8070	0.0757	18.3854	M
5	3,812.3617	31.8767	2.6888	0.0843	12.9689	K
6	8,095.0433	30.2699	2.6493	0.0875	2.8029	A
7	3,701.1499	29.5987	2.6324	0.0889	13.2592	K
8	28,541.9963	5.9509	1.6646	0.2797	0.0999	B
9	3,889.6920	15.1257	2.1730	0.1436	8.5818	K

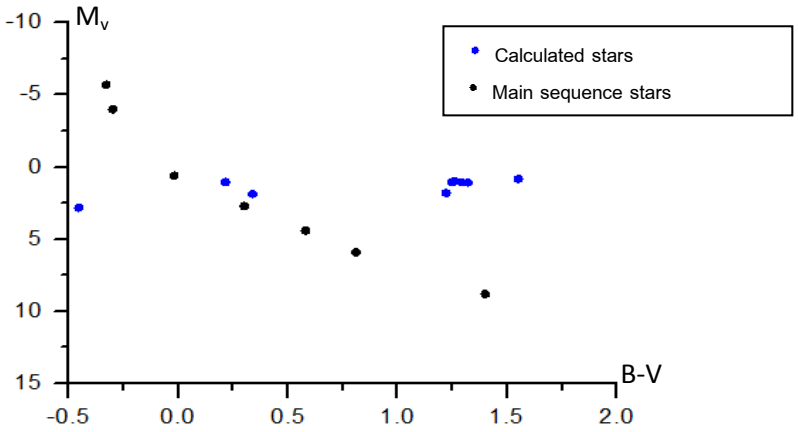

Figure 3 The H-R diagram

วิจารณ์และสรุปผล

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M67 พบว่าดาวฤกษ์ที่ทำการวิเคราะห์มีค่าอุณหภูมิยังผลอยู่ระหว่าง 3,324.7996 ถึง 28,541.9963 เคลวิน มีค่ามวลอยู่ระหว่าง1.6646 M_{sun} ถึง 2.8070 M_{sun} มีค่ารัศมีอยู่ระหว่าง 0.0999 R_{sun} ถึง 18.3854 R_{sun} และมีค่าสเกลนิวเคลียร์หรืออายุของดาวฤกษ์อยู่ระหว่าง 0.0757 t_{sun} ถึง 0.2797 t_{sun} เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิยังผลพบว่าดาวฤกษ์ที่พิจารณาจัดว่าเป็นดาวฤกษ์สเปกตรัมชนิด B,A,F,K และ M เมื่อพิจารณาแผนภาพ H-R diagram พบว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่เหนือดาวฤกษ์ในแถบลำดับแสดงว่าเป็นดาวฤกษ์ประเภทดาวใต้ยักษ์(Sub giant stars) หรือดาวยักษ์ (Giant stars) ที่มีสีแดง แต่จะมีดาวฤกษ์หนึ่งดวงที่มีตำแหน่งใน H-R diagram ที่อยู่ใต้ดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักซึ่งอาจกำลังวิวัฒนาการไปเป็นดาวแคระในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกองวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณหอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. บุญรักษา สุนทรธรรม, ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 2, เชียงใหม่. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2528.
2. Messier 67, Wikipedia [homepage on the internet]. [revised 2013, June 20] Available from:URL:http://en.wikipedia.org/wiki/Messier_67.
3. บุญรักษา สุนทรธรรม. ดาราศาสตร์ฟิสิกส์ พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
4. สุพรรณี ไพรศรีจันทร์. สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด เอ็ม15: การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลับเชียงใหม่, 2549.
5. Aladin sky atlas [homepage on the internet]. [revised 2013, Jun. 17] Available from: URL: http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl~.
6. K.Yakut et.al. Close binary and other variable stars in the solar-age Galactic open cluster 67. Astronomy and Astrophysics. Volume 503, Pages 165-176.2009.

7. อัจฉรา ธีรวิทยานุกุล. การเปลี่ยนแปลงคาบของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด บีแซด อีริดานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551.