산개성단 M38(NGC 1912) 영역의 새로운 변광성 II NEW VARIABLE STARS IN THE REGION OF THE OPEN CLUSTER M38 (NGC 1912) II

전영범
한국천문연구원

YOUNG-BEOM JEON
Korea Astronomy and Space Science Institute
E-mail: ybjeon@kasi.re.kr
(Received March 19, 2010; Accepted April 19, 2010)

ABSTRACT

Next to Paper I (Jeon 2009a), time-series *BV* CCD images of the open cluster M38 were taken for 4 nights on December, 2009. The observations have been carried out for total 27 nights. In addition to the 20 variable stars in the Paper I, the discovery of 44 new variable stars has been presented in this paper: 6 δ Scuti stars, 2 γ Doradus stars, 18 eclipsing binaries and 18 semi-long periodic and/or slow irregular type variable stars. For the *V* photometry of the δ Scuti and γ Doradus stars, multi-frequency analysis was performed using the Discrete Fourier Transform and linear least-square fitting. The period search for the eclipsing binaries and the semi-long periodic and/or slow irregular type variable stars was performed by phase fitting method. As a result, the periods for 23 variable stars among the 44 ones were defined.

key words: clusters; M38 (NGC 1912); stars; variables; δ Scuti; γ Doradus; eclipsing binaries

1. 서론

중간 나이의 산개성단 M38(NGC 1912)은 시직경이 약 20'(WEBDA¹) 이다. 선행 연구인 Jeon(2009a; Paper I) 에는 18개의 δ Scuti형 변광성과 2개의 γ Doradus형 변광성이 포함되었다. 이들은 Szabó et al. (2006)에 발표된 3개의 δ Scuti형 변광성을 제외하면 모두 새로 발견한 것이었다. 또한 이들의 밝기와 색지수는 각각 $\langle V \rangle = 11.37 - 14.79$ 등급과 $(\langle B \rangle - \langle V \rangle) = 0.29 - 1.00$ 등급이었고, M38의 거리지수 10.5 등급, 성간소광량 $E(B - V) = 0.25$ 등급을 적용할 경우 대부분 불안정대에 놓여서 상당수가 성단 구성원일 것으로 추정되었다. 실제로 M38의 중심에서 10' 이내에 4개, 15'까지 모두 8개가 들어갔다.

이 연구는 Paper I에 이어지는 내용으로서 2009년도에 4일간 추가 관측을 수행하였고, 식쌍성과 장주기 또는 불규칙 변광성을 포함하고 있다. 또한 추가적으로 찾아낸 δ Scuti형 변광성과 γ Doradus형 변광성도 포함하였다. 단주기 변광성 탐사 프로그램인 SPVS(Short-Period Variability Survey; Jeon et al., 2005, 2007)는 구경 155 mm의 소형 굴절망원경을 이용하여 $1.0^\circ \times$

1.5° 의 관측 시야를 확보하고 있다. 산개성단 M38 영역에서 GCVS²(Samus et al., 2004)에는 불과 5개의 변광성만 수록되었고, 그 중 2개는 이 연구에서도 관측이 이루어졌으며, 나머지 3개는 너무 밝거나(LY Aur, $V_{max} = 6.7$ mag; NSV01971, $V_{max} = 8.0$ mag), 너무 어두워서(IV Aur, $V_{max} = 16$ mag) 변광 여부를 확인하지 못하였다.

2장에서는 관측 및 분석을 정리하였고, 3장에 그 결과를, 그리고 마지막 장에 전체결과의 요약 및 검토가 이루어졌다.

2. 관측 및 분석

Paper I에서는 2007년 2월 1일부터 2008년 12월 7일 사이의 자료만 이용하였고, 이 연구에서는 2009년 12월 13일부터 21일 사이에 4일간 추가로 관측하여 총 27일로 관측일 수가 늘었다(표 1 참조). SPVS는 *V* 필터에 대해 150초 노출을 기준으로 관측이 이루어지지만 관측 대상의 밝기에 따라 더 많은 노출을 주기도 한다. 표 1에서, 처음 150초로 노출하였으나 M38의 δ Scuti형 변

¹<http://www.univie.ac.at/webda/>

²<http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/>

그림 1. 이 연구에서 관측된 산개성단 M38 영역의 변광성 분포도.

표 1. 관측 자료

Date	Obs. start	Obs. end	Filter	Exposure (s)
2007 02 01	2454132.93	2454133.03	V	150
2007 02 02	2454133.91	2454134.21	V	150
2007 02 04	2454135.93	2454136.22	V	150
2007 02 05	2454136.99	2454137.21	V	150
2007 02 06	2454137.94	2454138.20	V	150
2007 02 11	2454142.91	2454143.17	V	150
2008 01 07	2454472.92	2454473.28	B, V	150
2008 01 16	2454481.96	2454482.30	V	150
2008 01 25	2454490.96	2454491.20	V	250
2008 01 26	2454492.10	2454492.24	V	250
2008 01 27	2454492.98	2454493.21	V	250
2008 01 30	2454495.94	2454496.18	V	250
2008 01 31	2454496.92	2454497.19	B, V	250
2008 02 01	2454497.92	2454498.08	B, V	250
2008 02 02	2454498.91	2454499.01	B, V	250
2008 02 03	2454499.91	2454500.09	B, V	250
2008 10 30	2454770.12	2454770.25	B, V	300
2008 10 31	2454771.09	2454771.17	V	300
2008 11 04	2454775.05	2454775.36	B, V	300
2008 11 09	2454780.10	2454780.35	B, V	300
2008 11 11	2454782.03	2454782.09	B, V	300
2008 12 06	2454807.19	2454807.35	B, V	300
2008 12 07	2454808.00	2454808.16	B, V	300
2009 12 13	2455179.01	2455179.12	B, V	300
2009 12 16	2455181.96	2455182.09	V	200
2009 12 18	2455183.96	2455184.01	V	200
2009 12 21	2455186.89	2455187.07	B, V	200

광성이 놓이는 불안정대의 밝기를 고려하여 300초까지 노출을 늘여서 관측하였다. 이것은 Paper I에서 발견된 많은 δ Scuti형 변광성의 측광정밀도를 높이기 위함이었다. 하지만 2009년의 마지막 3일은 식쌍성의 진폭을 고려할 때 200초면 충분할 것으로 보아서 관측 자료를 늘이기 위해 오히려 노출을 줄였다. 가능한 많은 관측 영상을 얻기 위해서 관측하는 동안 B 필터의 경우도 V 필터와 같은 노출을 적용하였는데 이로 인해 B 필터의 측광오차가 V 필터에 비해 커서 주기를 구하는 과정은 V 필터 자료를 이용하였다.

관측 자료는 IRAF/CCDRED(Stetson, 1987; Massey & Davis, 1992)를 이용하여 영점보정, 암잡음보정, 플랫보정의 전처리 과정을 수행하였다. 관측시스템과 측광 과정은 Paper I(Jeon, 2009a)에 자세히 수록하였다. 그림 1은 V 필터로 관측된 영상이며, Paper I에 이어서 V21부터 V64까지 번호를 부여하였다. 검은색은 변광성의 번호이며, 흰색은 비교성의 번호이다. 각각의 별 번호는 표 2의 2번째와 3번째 열에서 알 수 있다. Paper I과 같이 각각의 변광성은 각 변광성

에 가급적 가까이 위치한 별 중에서 밝고, 밝기 변화가 없는 별을 비교성으로 선택하여 차등측광을 수행하였다. 이 과정에서 CCD의 가장자리에 가까운 별의 경우 변광성보다 더 멀리 떨어진 별을 비교성으로 택하였는데, 이것은 실제 관측에서 100화소 이상 관측대상의 위치가 달라질 수 있기 때문이다. 예를 들면 변광성 중 하나인 V36의 경우 가장자리 끝에 위치해 있는데 실제 관측 과정에서 관측 영역을 벗어나기도 하고 가장자리에 너무 가까이 위치하기도 하였다. 주기 분석과정에는 측광 반경과 배경하늘값 반경을 고려하여 CCD 가장자리에서 최소한 35화소 이상 떨어진 자료만 이용하였다. 이 때 비교성 355번은 변광성보다 CCD 가장자리에서 더 멀리 떨어져 있다. 비교성의 변광 여부는 여기에 나타내지는 않았으나, 별도로 조사하였다. 이러한 방법은 이전의 연구와 동일한 방법이다(Jeon, 2008, 2009a, 2009b).

3. 결과

표 2는 이 연구에서 구한 변광성과 이들의 비교성, 좌표 및 이 연구에서 구한 등급, 색지수, 주기, 변광진폭 등을 나타낸 것이며, 각 변광성의 분류를 마지막 열에 수록하였다. 여기에서 주기는 V21에서 V28까지는 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)과 다중회귀에 의한 주기 분석(Kim & Lee, 1995)을 수행한 결과로부터 얻은 것이고, 나머지는 위상맞추기 방법으로 구하였다. Epoch은 식쌍성의 경우 최소 밝기에서 구한 것이고 나머지는 최대 밝기에서 구하였다. 각 필터 별 변광 진폭은 위상 맞추기 과정에서 분산치를 고려한 대략적인 값이다. 등급과 색지수는 각 변광성의 차등등급 자료 전체의 평균을 구한 후 비교성의 표준등급을 더하여 얻은 값이다.

3.1. δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성

V21부터 V28까지는 Paper I에서 찾지 못한 추가적인 δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성이다. 그림 2에 이들의 광도곡선을 나타내었다. 이중에서 V21부터 V26까지는 δ Scuti형, V27과 V28은 γ Doradus형 변광성의 특징을 보인다. 전체적으로 V 등급에 대해 11.52등급에서 14.88 등급의 분포를 보이며, 변광진폭은 0.01 등급에서 0.08 등급까지로 미세 변광을 보이고 있다. 그림 3은 δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성에 대해 이산 푸리에 변환과 다중회귀에 의한 주기 분석을 수행한 결과로서, 파워 스펙트럼을 보인 것이다. 그림 3의 각 패널 내에 표시된 최대치의 주파수는 모두 신호대잡음비(S/N)가 4이상인 것이다.

V21과 V22는 그림 2에서 불규칙한 진폭으로 변광하는 모습을 보이며, V 필터의 변광진폭이 0.01 등급에

표 2. 관측된 변광성의 물리량

Name*	ID (V)	ID (C)	2MASS-PSC	$\langle B \rangle$ (mag)	$\langle V \rangle$ (mag)	$\langle B \rangle - \langle V \rangle$ (mag)	P (day)	Epoch (HJD)	Amplitude B V		Type
V21	144	62	05274879+3529234	11.899	11.524	0.375	0.2924	2454133.095	0.02	0.01	DSCT?
V22	275	127	05310948+3537307	12.702	12.312	0.390	0.2843	2454133.247	-	0.01	DSCT?
V23	338	119	05275442+3609206	13.026	12.510	0.515	0.3170	2454133.108	0.10	0.07	DSCT?
V24	861	121	05305428+3601027	14.276	13.692	0.584	0.5079	-	-	0.06	DSCT?
							0.0690				
V25	1505	108	05294229+3612210	15.316	14.594	0.723	0.5078	-	-	0.07	DSCT?
							0.0689				
V26	1910	135	05314953+3551441	15.609	14.879	0.730	0.5071	-	-	0.05	DSCT?
							0.1205				
V27	424	327	05271936+3527547	13.172	12.737	0.435	1.0414	2454133.333	0.08	0.06	γ Dor
V28	1005	218	05290629+3534388	14.462	13.959	0.503	0.5681	2454132.998	0.10	0.08	γ Dor
V29 ^a	58	62	05281229+3525520	10.650	10.553	0.097	1.4191	2454133.191	0.20	0.19	EB
V30	90	85	05262245+3524135	10.796	10.404	0.393	-	-	-	-	EA
V31	107	121	05311393+3601210	11.712	11.249	0.463	5.6833	2454136.149	-	0.43	EA
V32	263	176	05272285+3555383	12.550	12.279	0.271	1.3085	2454133.785	-	0.05	EW?
V33	348	158	05274092+3552510	13.103	12.552	0.550	2.4187	2454136.667	0.08	0.08	EA
V34	473	402	05315103+3603593	13.411	12.815	0.596	0.3546	2454133.000	0.58	0.56	EB
V35	566	119	05281182+3605340	13.748	13.157	0.591	-	-	-	-	EA
V36	1113	355	05251892+3549281	14.449	13.826	0.624	0.6460	2454133.585	0.47	0.45	EW
V37	1514	53	05291057+3536476	15.328	14.570	0.758	2.4448	2454496.147	-	0.45	EA
V38	1653	143	05290055+3544386	15.456	14.773	0.683	-	-	-	-	EA
V39	1680	159	05275143+3543194	15.492	14.695	0.797	0.4662	2454133.019	0.53	0.51	EW
V40	2116	403	05265479+3602394	16.213	15.091	1.123	2.5552	2454134.421	-	1.09	EA
V41	2313	116	05295978+3548101	15.722	14.967	0.756	-	-	-	-	EA?
V42	2573	632	05262613+3530003	16.429	15.441	0.988	1.9118	2454138.766	-	0.40	EA
V43	2904	1647	05291617+3542592	16.555	15.758	0.797	0.3830	2454134.133	0.39	0.35	EW
V44	3419	966	05311469+3616597	16.836	15.946	0.890	0.3116	2454133.986	-	0.60	EW
V45	3765	191	05270146+3527000	17.027	15.970	1.057	-	-	-	-	EW?
V46	3800	593	05290019+3535233	16.852	15.954	0.898	1.2403	2454134.156	-	0.50	EW
V47	33	44	05281842+3548000	10.452	10.311	0.141	-	-	-	-	LPB
V48	37	44	05283590+3546538	10.939	10.363	0.576	-	-	-	-	L
V49	40	73	05284953+3555064	10.586	10.410	0.176	3.5684	2454142.966	0.05	0.05	LPB
V50	45	192	05280955+3546231	10.857	10.553	0.304	-	-	-	-	LPB
V51	82	136	05265791+3607464	11.576	10.996	0.580	-	-	-	-	L
V52	148	200	05285151+3523527	13.257	11.648	1.609	-	-	-	-	L
V53	281	76	05295349+3557237	14.199	12.340	1.859	-	-	-	-	L
V54	401	195	05302100+3605115	14.693	12.727	1.965	-	-	-	-	L
V55	482	329	05312517+3608128	14.774	12.834	1.940	29.5	2454154.144	-	0.24	L
V56	733	142	05305484+3556322	15.442	13.559	1.883	> 50	-	-	-	L
V57	786	139	05305982+3607067	14.059	13.526	0.533	-	-	-	-	L
V58	988	176	05273668+3559063	15.842	14.075	1.767	-	-	-	-	L
V59	1555	410	05252727+3535035	16.462	14.328	2.134	-	-	-	-	L
V60	1636	311	05263621+3601456	17.321	14.704	2.617	-	-	-	-	L
V61	1867	108	05294883+3612240	16.562	15.031	1.531	-	-	-	-	L
V62	2325	290	05252956+3535447	16.682	14.492	2.190	-	-	-	> 1.0	L
V63 ^b	2343	95	05282657+3529437	18.411	15.282	3.129	-	-	-	-	L
V64	2543	291	05265396+3534481	16.980	14.571	2.409	-	-	-	> 1.3	L

* 변광성 번호는 Paper I에 이어서 V21부터 부여하였다.

^a V0426 Aur.

^b OQ Aur.

그림 2. δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성의 광도곡선. V21에서 V26까지는 δ Scuti형 변광성의 광도곡선이며, V27과 V28은 γ Doradus형 변광성의 것이다. 각 패널의 차등등급은 평균값을 0으로 정규화하였다.

그림 2. — 계속.

그림 2. — 계속.

그림 3. δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성의 Fourier 분석 결과로 얻은 파워 스펙트럼.

그림 4. 그림 2의 V23과 V28의 위상을 맞춘 그림. V23은 B와 V 필터의 진폭차이가 약 0.7배로서 맥동변광성의 특징을 보인다.

불과하지만 그림 3에서 약 3c/d 에서 뚜렷한 최대치를 나타내고 있어서 δ Scuti형으로 분류하였다.

V23은 그림 3에서 훨씬 뚜렷한 최대치를 보이며, 그림 4에서 B와 V 필터의 진폭차이가 약 0.7배로서 맥동변광성의 특징을 보인다(Jin et al., 2004). 그림 4는 그림 2의 δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성들 중에서 위상맞추기가 쉽게 이루어져서 위상 곡선이 뚜렷이 나타나는 V23과 V28의 결과를 보인 것이다. V23은 그림 5에서 M38의 δ Scuti형 변광성이 놓이는 불안정대에 위치하고 있으나, 그림 1에서 보면 M38의 중심에서 멀리 떨어져 있어서 성단 구성원 여부를 판단하기는 어렵다. 그림 5는 전체 관측 영역의 색-등급도이며, Paper I에 수록한 변광성을 제외한 전체 변광성을 나타내었다. 표준화 과정은 Paper I에 자세히 수록하였다.

V24, V25 및 V26은 그림 3에서 가장 뚜렷하게 드러나는 최대치가 약 1.97c/d로서 모두 비슷한 주파수를 보이고 있으며, 이들은 관측일 간의 영점 변화에 의한 가짜 주파수일 가능성이 큰 것으로 보인다. 하지만 두 번째 최대치가 각각 14.499, 14.502, 8.296c/d로서 δ Scuti형의 특징을 보이고 있다. 이런 짧은 주파수는 그림 2에서 육안으로도 확인이 가능하다.

V27과 V28은 주기가 비교적 길고, 변광 진폭이 작아서 γ Doradus형 변광성의 특징을 보이는데, 각각의 주파수는 0.960c/d(1.0414일), 1.760c/d(0.5681일)이다. V27은 그림 3에서 최대치가 뚜렷하게 드러나지는 않으나 그림 2에서 뚜렷한 변광을 보이고 있다. V28은 그림 4에서 위상이 잘 맞추어지며, 그림 5에서 M38의 γ Doradus형이 놓이는 위치에 있고, 그림 1에서도 중심부에 비교적 가까이 위치하고 있어서 M38의 구성원일 가능성이 크다.

3.2. 식쌍성

이 연구에서 모두 18개의 식쌍성을 찾았는데 하나(V29)를 제외하면 모두 새로 발견한 것이다. 표 2에서 V29부터 V46까지 변광성 번호를 부여하였는데, 이

그림 5. 관측 영역의 색-등급도. 채워진 삼각형으로 나타낸 것은 δ Scuti형 변광성이며, 빈 삼각형은 γ Doradus형 변광성이다. 채워진 원은 식쌍성이며, 빈 원은 느리게 변광하는 비주기성 또는 분류가 어려운 변광성이다. 영연령주계열(ZAMS)과 δ Scuti 불안정대는 각각 Sung & Bessell(1999)와 Breger(1979)의 경험적 결과이다.

들은 V등급에서 10.65등급부터 17.03등급까지, 변광진폭은 0.05등급부터 1.09등급까지 분포하고 있다. 이들은 EA형이 9개, EW형 및 EB형이 8개이다. 주기를 구한 13개의 식쌍성은 위상 광도곡선을 그림 6에 나타내었다. 각 패널에서 위쪽은 V등급이며, 아래쪽에 나타낸 것은 B등급이다. 각각의 등급은 비교성의 등급을 더하여서 실제 등급으로 나타내었으며, B와 V 등급은 각 변광성의 색지수 값 만큼 분리되었다. 식쌍성의 물리량은 표 2에 수록하였다.

V29는 그림 6의 광도곡선에서 준분리형 식쌍성의 광도곡선을 보이며, 어긋나는 부분이 뚜렷이 나타나는데 시상 변화 등으로 인한 측광의 오차에 기인한 것으로 보여지지만 정확한 이유를 아직 알 수 없어서 자료를 모두 사용하였다.

V31은 주기가 약 5.7일로서 17개의 식쌍성 중에서 가장 길다.

V32는 변광 진폭이 작고 주기가 길어서 EW형이 맞는지 의심이 가지만 서로 다른 2개의 최대치가 뚜렷이 나타나서 식쌍성으로 분류하였다.

V33과 V40은 부극소가 거의 나타나지 않는 EA형 식쌍성이다.

그림 6. 위상맞추기로 주기가 구해진 식쌍성.

그림 7. 주기를 구하지 못한 식쌍성의 광도곡선.

그림 7. — 계속.

V37과 V42는 약 1.9일의 주기로 맞추었는데 극소점의 자료가 충분하지 않아 주극소와 부극소가 정확히 맞추어졌는지 불확실하다.

주기가 길거나 관측자료의 오차로 인해 주기 결정이 안된 5개의 식쌍성에 대한 광도곡선을 그림 7에 나타내었다. 그림 6과 같이 위쪽 자료는 V 등급이며, 아래쪽은 B 등급이다. 각 패널에서 하나만 나타난 경우는 V 등급 자료이며, B 등급은 관측을 수행하지 않았거나 측광오차가 커서 나타내지 않은 것이다. 각 식쌍성의 밝기 변화만 살펴보기 위해서 비교성과의 차등등급이 0등급이 되도록 정규화 한 후 일정 등급을 더하고 빼주어서 적당히 분리되도록 하였다.

V30, V35 및 V38은 전체 관측기간 동안 식 현상이 1-2회 밖에 없지만 EA형 식쌍성의 특징을 잘 보여준다.

V41과 V45는 불규칙적인 밝기 변화를 보이고 있어서 단지 식쌍성으로 추정만 할 뿐이다.

3.3. 장주기 및 불규칙 변광성

표 2에서 V47부터 V64까지 18개의 변광성은 장주기 및 불규칙 변광성이다. 이 중에서 V63(OQ Aur)를 제외하면 모두가 새로 발견한 변광성이다. 이들은 그림 5에서 빈 원으로 나타내었다.

GCVS 분류에 따라 V47, V49, V50은 LPB형으로, 나머지는 L형으로 분류하였다. 특히 V47, V49 및 V50은 M38의 중심부에 가까이 위치한 B형 별로서 M38의 구성원으로 보인다. LPB는 하루 이상의 긴 주기를 가지는 B형 변광성이며, L형은 느리게 변광하는 불규칙변광성이다.

그림 8은 18개의 변광성 중에서 주기를 구한 두 변광성의 위상맞추기 그림이다. 위쪽은 V 등급이며, 아래쪽은 B 등급이다.

V49는 약 3.57일의 주기에 변광진폭이 $\Delta V = 0.05$ 등급으로서 전형적인 SPB형 변광성의 특징을 보인다.

V55는 변광진폭이 크고($\Delta V = 0.24$ 등급), 약 29.5일의 주기로 전체 위상을 대략적으로 맞출 수 있었다. 하지만 주기가 길어서 보다 정밀한 주기를 구하기 위해서는 더 많은 관측이 필요하겠다.

주기가 너무 길거나 비주기형이어서 위상 맞추기가 어려운 16개의 변광성에 대해 그림 9에 광도곡선을 나타내었다. 그림 7의 경우와 마찬가지로 위쪽은 V 등급이며, 아래쪽은 B 등급이다. 각 패널에서 하나만 나타난 경우는 V 등급 자료이며, B 등급은 관측을 수행하지 않았거나 측광오차가 커서 나타내지 않은 것이다. 16개 중에서 V48, V51 및 V57은 색지수가 약 0.5등급 부근이며, 나머지는 모두 1.5등급 이상의 만기형으로

그림 8. 주기를 구한 장주기형의 변광성에 대한 위상맞추기 그림.

서 그림 5에서 뚜렷이 분리되어 나타난다. 이 연구의 전체 관측 기간은 1,054일이며, 관측일은 27일에 걸쳐 이루어졌다. 그림에도 불구하고 이들에 대해 충분한 위상을 채우지 못하고 있다. 이들의 주기 등 물리량을 얻기 위해서는 길게 이어지는 장기간 관측이 더 많이 필요하다. 그림 9에서 V62와 V64는 진폭이 1등급 이상이며, 나머지는 0.2등급 이상의 변광진폭을 가지고 있으며, V56은 최소한 50일 이상의 주기를 가지는 것으로 추정된다.

4. 요약 및 검토

보현산천문대의 단주기변광성 탐사연구인 SPVS의 관측 대상 중의 하나로 산개성단 M38에 대해 총 27일의 관측을 수행하였다.

Paper I에 이어서, 이번 연구에서는 모두 6개의 δ Scuti형과 2개의 γ Doradus형 변광성 및 18개의 식쌍성, 18개의 장주기 및 불규칙변광성을 찾아서 이들에 대한 광도곡선을 얻고, 주기 등을 구하였다. 이들 중 기존에 알려진 변광성은 2개 뿐이며, 나머지는 모두 새로운 변광성이다. Paper I의 결과를 고려하면 δ Scuti형 변광성이 모두 24개로서 지금까지 SPVS를 통해 관측한 영역들 중에서 가장 많았다.

δ Scuti형과 γ Doradus형 변광성에 대해서는 이산 푸리에 변환과 다중회귀에 의한 주기 분석을 수행하여 주기를 구하였고, 식쌍성과 장주기 및 불규칙변광성에 대해서는 위상맞추기 방법으로 주기를 구하였다. 그 결과 이 연구에서 발표된 44개의 변광성 중에서 23개의 변광성에 대해 주기를 결정할 수 있었다. 주기를 구할 수 없는 변광성의 대부분은 긴 주기여서 관측일 수가 아직 충분하지 못한 경우였다.

앞으로 보다 큰 망원경으로 분광과 측광 연구를 병행하면 Paper I과 이 연구에서 구한 변광성들의 물리량을 정밀하게 얻을 수 있고 성단 구성원 여부를 밝힐 수 있을 것이다. 성단내 변광성은 성단 연구로부터 얻은 거리와 나이 등의 정보를 적용할 경우 변광성의 특성을 보다 정밀하게 얻을 수 있어서 구성원 여부를 밝

그림 9. 정확한 변광성 분류가 어렵고, 주기를 구하지 못한 장주기형 변광성.

그림 9. — 계속.

그림 9. — 계속.

그림 9. — 계속.

그림 9. — 계속.

그림 9. — 계속.

히는 것은 중요한 의미를 가진다.

참고문헌

- Breger, M., 1979, Delta Scuti & Related Stars, PASP, 91, 5
- Jeon, Y. -B., 2008, Variable Stars in the Region of an Open Cluster M50, PKAS, 23, 17
- Jeon, Y. -B., 2009a, New Variable Stars in the Region of the Open Cluster M38 (NGC 1912) I: δ Scuti and γ Doradus Type Stars, PKAS, 2009, 24, 9 (Paper I)
- Jeon, Y. -B., 2009b, Variable Stars in the Region of an Young Open Cluster M29 (NGC 6913), PKAS, 24, 19
- Jeon, Y. -B., Nam, K. -H., Park, Y. -H., et al., 2007, Preliminary Results for Short-Period Variability Survey (SPVS): New Field Variable Stars, PKAS, 22, 141
- Jeon, Y. -B., Kim, S. -L., Park, Y. -H., et al., 2005, Short-Period Variability Survey (SPVS) in BOAO, PKAS, 20, 21
- Jin, H., Kim, S. -L., Lee, C. -U., et al., 2004, Reclassification of ROTSE-I δ Scuti Type Stars with Multiband Photometry and Fourier Decomposition, AJ, 128, 1847
- Kim, S. -L. & Lee, S. -W., 1995, CCD Photometry of a Delta Scuti Star in an Open Cluster II. BT CNC in the Praesepe, JKAS, 28, 197
- Massey, P. & Davis, L. E., 1992, A User's Guide to Stellar CCD Photometry with IRAF
- Samus, N. N., Durlevich, O. V., et al., 2004, Combined General Catalogue of Variable Stars (Samus + 2004), VizieR Online Data Catalog, 2250
- Stetson, P. B., 1987, DAOPHOT - A Computer Program for Crowded-Field Stellar Photometry, PASP, 99, 191
- Sung, H. & Bessell, M. S., 1999, UBVI CCD Photometry of M35 (NGC 2168), MNRAS, 306, 361
- Szabó, Gy. M., Furész, G., Székely, P., & Szentgyorgyi, A., 2006, Kinematics and Variable Stars in NGC 1907 and NGC 1912 (eds. C. Sterken & C. Aerts), ASP Conference Series, 349, 339