

김해천문대 60cm 반사망원경의 측광성능 분석과 소행성 탐사

이상현^{1†}, 강용우², 이경훈³

¹김해천문대

²한국천문연구원

³한국과학영재학교

SEARCHING MINOR PLANETS AND PHOTOMETRIC QUALITY OF 60cm REFLECTOR IN GIMHAE ASTRONOMICAL OBSERVATORY

Sang Hyun Lee^{1†}, Yong-Woo Kang², and Kyung-Hoon Lee³

¹Gimhae City Facilities Management Corp. Gimhae Astron. Observatory, Gimhae 621-170, Korea

²Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea

³Korea Science Academy, Busan 614-822, Korea

E-mail: ngc2420@hanmail.net

(Received June 22, 2007; Accepted July 27, 2007)

요 약

이 연구에서는 김해천문대 망원경을 이용하여 측광성능을 분석하고, 시민천문대의 망원경으로 경쟁력 있는 관측의 하나로서 소행성 탐사를 제안하기 위한 관측을 수행하였다. 관측은 김해천문대의 60cm 반사망원경을 이용하여 2007년 1월 13일에 이루어졌다. 관측에는 Schuler BVI 필터와 1K CCD 카메라(AP8p)를 이용하였다. 측광성능을 확인하기 위해 등급이 잘 알려진 산개성단 M67의 표준성 영역을 관측하였고, 관측한 자료들로부터 표준계 변환계수, 대기소광계수 등을 얻었으며, 측광의 정밀도를 구하였다. PSF 측광을 통하여 M67의 색-등급도를 구하였고, 유용한 한계등급과 성단의 물리적 특성 등에 대해 고찰하였는데, 이 방법은 시민천문대급의 망원경의 측광성능을 측정하는 방법으로 유용하게 사용할 수 있다. 한편, 소행성 등과 같은 신천체의 발견 가능성을 조사하기 위하여 황도의 총 부근의 임의의 영역을 관측하였고, 그 결과를 논의하였다. 연구 결과, 김해천문대에서는 18.3등급보다 밝은 태양계 미세 천체의 탐사와 16등급보다 밝은 별들의 측광 관측 등이 가능함을 확인 할 수 있었다. 즉, 김해천문대의 망원경으로도 과학적이며 신뢰성 있는 관측을 수행 할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 시민천문대에서의 천문 연구 활동 가능성을 시사한다.

ABSTRACT

In this paper, we have presented the observational result for the photometric quality of main telescopes in Gimhae Astronomical Observatory. Also we performed the observation of searching new minor planets as competitive work in public observatories. The observation was carried out using 60cm telescope of Gimhae Astronomical Observatory on 2007 January 13. And, Schuler BVI filters and 1K CCD camera (AP8p) were used. To define the quality of CCD photometry, we observed the region of well-known standard stars in the open cluster M67. From observed data,

[†]corresponding author

The transformation coefficients and airmass coefficients were obtained, and the accuracy of CCD photometry was investigated. From PSF photometry, we obtained the color-magnitude diagram of M67, and considered the useful magnitude limit and the physical properties of M67. This method can be successfully used to confirm the photometric quality of main telescope in public observatories. To investigate the detection possibility of unknown object as asteroid, we observed the near area of the opposition in the ecliptic plane. And we discussed the result. Our result show that it can be possible to detect minor planets in solar system brighter than $V \sim 18.3$ mag. and it can carry out photometric study brighter than $V 16$ mag. in Gimhae Astronomical Observatory. These results imply that the public observatories can make the research work.

Keywords: public observatory, Gimhae, CCD photometry, M67, asteroid

1. 서 론

시민천문대는 일반시민들을 대상으로 과학문화체험을 제공할 목적으로 지방자치단체에서 건립한 것이다. 공통적인 주요 시설로는 관측시설, 천체투영실, 전시실 등을 갖추고 있다. 특히, 주 망원경은 20cm급 이상의 굴절 망원경이나 40cm~80cm급 반사망원경을 설치, 운영하고 있다. 이들 망원경은 주로 시민들의 안시관측으로 활용하고 있는데, 일반시민의 우주에 대한 관심도를 높여 천문·우주과학의 저변 확대에 지대한 공헌을 하고 있다. 초기에 대전, 영월, 김해에서 개관한 이후, 시민들의 전폭적인 호응을 얻어서 최근 많은 지방자치단체들이 적극적으로 천문과학관을 건립하거나 계획하고 있다. 한국과학재단의 2006년 지방 과학관 지원 사업 운영 자료집에 의하면, 2006년 9월까지 건립 중에 있는 시설이 9개이고, 신규로 건립 계획이 추진되는 시설이 7개이다. 현재, 전국적으로 완공되어 운영되고 있는 시민천문대는, 2007년 6월에 개관한 양구천문대를 포함하면 모두 7개이다.

김해천문대는 김해시 분성산 정상에 위치한 시민천문대로 2002년 2월에 개관하였다. 주요 시설로는 60cm 반사망원경과 20cm 굴절망원경이 설치된 2개의 관측실과 소형 망원경이 설치된 보조관측실이 있는 관측동과 천체투영실, 전시실 등이 있는 전시동으로 구성되어 있고, 시민들의 천문교육을 위한 강의동을 신축하고 있다. 매년 다양한 행사를 개최하는 등 홍보를 통해 연간 10만명 내외의 많은 시민들이 부산, 경남을 비롯하여 전국적으로 찾아오고 있다. 그러나 김해천문대는 인구 48만명의 김해 도심에 가까운 곳에 위치해 있으며, 인근에 인구 400만명의 부산광역시를 비롯하여 창원, 마산, 양산 등의 도시와 인접해 있어서 도심의 불빛으로 인한 광해가 심하여 관측 하기에는 다소 지리적으로 불리한 여건이다.

김해천문대의 주 망원경은 일본의 우찌사에서 제작한 망원경으로 구경 60cm의 Ritchey-Chretien Cassegrain식 망원경으로 초점비는 $f/9$ 이다. 망원경은 포크식 적도에 설치되어 있으며, 안시관측을 위주로 하는 시민천문대에 최적화되어 설계되었다. 따라서 초점면의 이미지 서클은 약 20mm로 비교적 좁은 편이다(조영목 2006). 그러나, 김해천문대의 주망원경은 설치 당시, 향후 연구목적으로도 사용할 수 있도록 UBVR 필터 시스템과 CCD를 함께 설치하였는데, 시민들이 관람하는 시간대

에는 CCD를 장착하지 않지만, 맑은 날에는 22시 이후부터 새벽까지는 사용할 수 있다. 따라서 CCD의 바닥고르기 영상은 초저녁 박명 시에는 보통 얻기가 어렵고, 새벽 박명 시에 얻어야 하는 어려움이 있다. 시민천문대의 주 망원경은 교육 및 관람을 통한 일반 대중의 과학마인드 보급을 위해 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 시민들이 이용하는 시간은 특별한 경우를 제외하면 22시 이전에 마치게 된다. 그래서 22시 이후부터 새벽박명까지의 시간을 활용하면 관측이 가능한데, 이 시간대는 도심의 광해가 최소화되는 시간이기 때문에 도심에 인접한 시민천문대에서 관측하기에는 오히려 유리한 면이 있다.

주 망원경의 규모는 본격적인 연구용 망원경에 비하면 소형 망원경이지만 관측시간을 지속적으로 확보할 수 있다는 장점이 있다. 단점으로는, 앞에서 언급한 광해 문제와 22시 이전에는 관측을 하기 힘든 문제로 인하여, 관측 장비를 탈부착을 하여야함으로 발생하는 측광 시스템의 안정성 문제가 있다. 그 외에도 시민천문대의 주요 건립 취지가 시민의 과학마인드 보급이기 때문에 연구 활동을 위한 운영상의 어려움을 안고 있다. 이러한 단점에도 불구하고 장점을 잘 활용하면 시민천문대의 주 망원경으로 수행할 수 있는 여러 가지 연구 과제를 찾을 수 있다. 특히, 새로운 소행성의 탐사 연구는 지구근접천체 탐사 등과 연계된 연구 참여에도 의의가 있지만, 신천체 발견이 가지는 대중성으로 인하여 시민천문대의 본연의 목적과도 부합되는 점이 많다. 그래서 신천체 탐사는 시민천문대에서 수행할 수 있는 최적의 연구 주제라고 할 수 있다. 이러한 연구 활동을 통하여, 향후 시민천문대의 관측 연구가 활성화되면 변광성 연구 등과 같이 소형 망원경으로 시도할 수 있는 다양한 학술 연구가 가능해 질 수 있다.

국내에서는 아직까지 시민천문대의 망원경을 이용한 본격적인 측광연구가 이루어진 바가 없다. 본격적인 측광연구를 위해서는 관측시스템의 측광 정밀도에 대한 체계적인 검증이 반드시 필요하다. 따라서, 이 연구에서는 김해천문대의 60cm 반사망원경을 이용하여 산개성단 M67의 표준성 영역을 관측하고, 이 자료의 표준화 및 색-등급도 비교를 통하여 측광의 정밀도를 확인하고자 한다. 또한, 황도대의 층에 가까운 임의 영역을 관측하여 소행성 탐색 연구의 가능성도 알아보려고 한다.

2. 관 측

관측은 김해천문대의 60cm 반사망원경을 이용하여 2007년 1월 13일에 이루어졌다. 관측에는 Schüler BVI 필터와 Apogee 1K CCD 카메라(AP8p)를 이용하였다. CCD 카메라는 1화소당 $0.92'' \times 0.92''$ 이고, 전체 화면은 하늘의 $15.7' \times 15.7'$ 정도를 찍을 수 있다. 관측에 사용된 주 망원경과 1K CCD의 사양은 표 1과 같다.

표준화 및 측광 성능 확인을 위한 산개성단 M67의 관측은 Schüler사에서 제작한 Johnson-Cousins BVI 필터를 이용하여 관측하였으며, 투과대기량에 따라 3회를 관측하였다. M67의 관측 기록을 표 2에 보였다. 또한 황도대의 층의 위치 부근에 임의의 3개의 영역을 정하여 각 영역별로 약 1시간 간격으로 3~4회를 관측하였다. 황도대의 층의 위치는 태양계의 외행성이 가장 밝아질 때의 위치로 소행성 등 태양계 미세 천체를 관측하기에 매우 유리한 위치인데, 한계등급이 내려갈수록 소행성이 발견될 기대치가 높아지므로 CCD에서 잘 반응하는 I 필터에서 100초~600초의 노출로 촬영하였다. 관측된 황도대 영역들의 관측 기록은 표 3에 나타내었다. 관측동안 CCD 카메라의 온도는 $-45 \pm 1^\circ\text{C}$ 였고, 관측시의 시상은 $3.''8 \sim 4.''5$ 정도였다.

표 1. 사용된 관측 장비의 사양.

주요장비	구분	규격
주망원경	Clean Aperture	60cm
	Optical type	Ritchey-Chretien Cassegrain
	Effective focal ratio	f/9
CCD 카메라	Chip	SITe SI003AB CCD
	Array (pixels)	1024 × 1024
	Pixel size	24 μ
	Chip Size (mm)	24.6 × 24.6
	Linear Full Well	300,000 e-
	Gain	4 ~ 5e-/ADU
	QE(400nm)	62%
	Peak QE(650nm)	85%
	Filter system	Johnson-Cousins BVI filter
주망원경+	Pixel scale: 0.92arcsec/pix,	
CCD 카메라	Image Field of View: 15.7arcmin × 15.7arcmin	

표 2. 산개성단 M67 관측 기록(중심좌표 R.A.: 08^h51^m23.6^s DEC.: +11°48'04.3'').

필터	관측시각(UT)	노출시간(초)
B	15:18:48	100
V	15:23:44	80
I	15:30:49	60
B	16:32:15	600
V	16:47:04	400
I	16:58:17	300
B	19:29:28	120
V	19:35:37	80
I	19:39:27	60

표 3. 관측된 황도대의 중심영역 좌표와 관측 기록(I필터).

관측 영역	적경(J2000)	적위(J2000)	관측시각(UT)	노출시간(초)
Area 1	8 ^h 50 ^m 00 ^s .0	+17°00'00''	17:08:21	600
			17:59:27	300
			18:05:45	100
			18:20:38	100
Area 2	8 ^h 50 ^m 00 ^s .0	+17°20'00''	17:23:44	600
			18:10:37	100
			18:23:47	100
Area 3	8 ^h 50 ^m 00 ^s .0	+17°40'00''	17:38:51	600
			17:50:24	300
			18:17:20	100
			18:27:09	100

3. 관측자료 처리와 표준계 변환

관측된 자료는 IRAF/CCDREAD(Stetson 1991)를 이용하여 전처리 하였다. 시민천문대의 특성상 초저녁 박명 하늘을 이용한 바닷고르기 영상을 얻을 수 없어서 새벽 박명 하늘을 이용하여 바닷고르기 영상을 얻었다. B, V, I 필터별로 각각 5개의 영상을 합성하여 얻어진 바닷고르기 영상을 사용

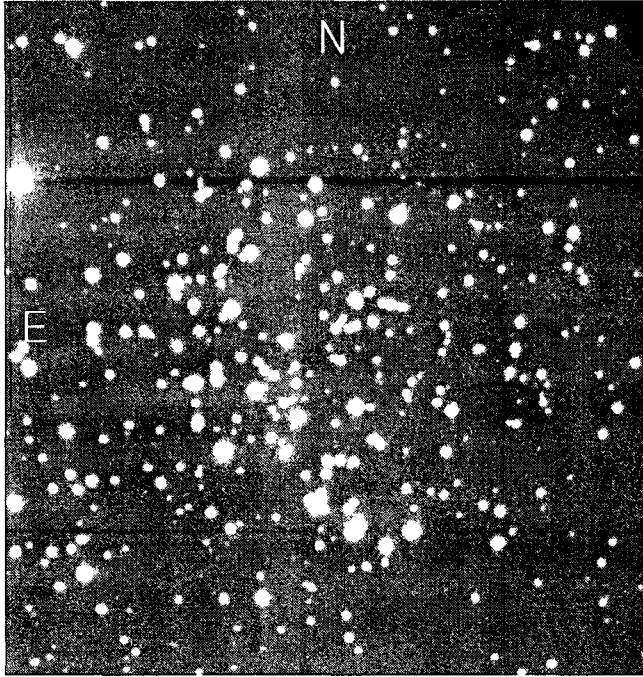


그림 1. 관측된 산개성단 M67의 V필터 영상.

하였다. 관측시간 중 100초의 암영상과 영점영상을 각각 10개를 촬영하여 암잡음과 영점 보정을 하였다. 측광에 사용한 M67의 영상은, 각 필터에서 각각 600초, 400초, 300초로 노출 준 영상을 사용하였다. 보정이 끝난 관측된 영상은 동서방향으로 특징적인 바닥고르기 영상의 잔차가 보였으며, 망원경의 이미지 서클 보다 넓은 외곽영역의 비네팅으로 인해 영상의 가장자리에 흔적이 남았으나, 전체적으로 고르게 보정이 되었다. 그림 1에 관측된 M67의 보정이 끝난 V필터 영상을 보였다.

우리는 전처리된 산개성단 M67의 영상에 대하여 측광을 수행하였다. M67은 투과대기량을 1.09에서 1.45까지 변화시키면서 모두 3회에 걸쳐 관측되었다. 이렇게 관측된 영상에서 등급이 잘 알려진 17개의 별(Chevalier & Ilovaisky 1991)에 대하여, 측광 구경을 11화소로 하고 구경 측광을 실시하였다. 얻어진 측광값들을 사용하여 표준계 변환계수들을 구하였다. 그림 2에 표준계 변환 등급에 따른 PSF 측광오차를 나타내었다. 그림에서 보듯이, 측광오차 약 0.1등급 내이고 $V \sim 18.2$ 까지 측광되었다. 구하여진 표준계 변환 관계식은 식 (1)과 같다. 그림 3에는 표준계 변환 계수들의 잔차를 표기하였다. B, V, I 각 필터별 잔차는 $\pm 0.021, \pm 0.020, \pm 0.022$ 이다.

$$\begin{aligned}
 B - b &= -0.0432(\pm 0.0128)(B - V) - 0.1947(\pm 0.0538) \chi - 5.0509(\pm 0.0205) \\
 V - v &= -0.0196(\pm 0.0129)(B - V) - 0.1277(\pm 0.0434) \chi - 4.9363(\pm 0.0197) \\
 I - i &= 0.0430(\pm 0.0176)(B - V) - 0.0882(\pm 0.1663) \chi - 5.7284(\pm 0.0222)
 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 대문자는 표준등급, 소문자는 기기등급, χ 는 투과 대기량이다.

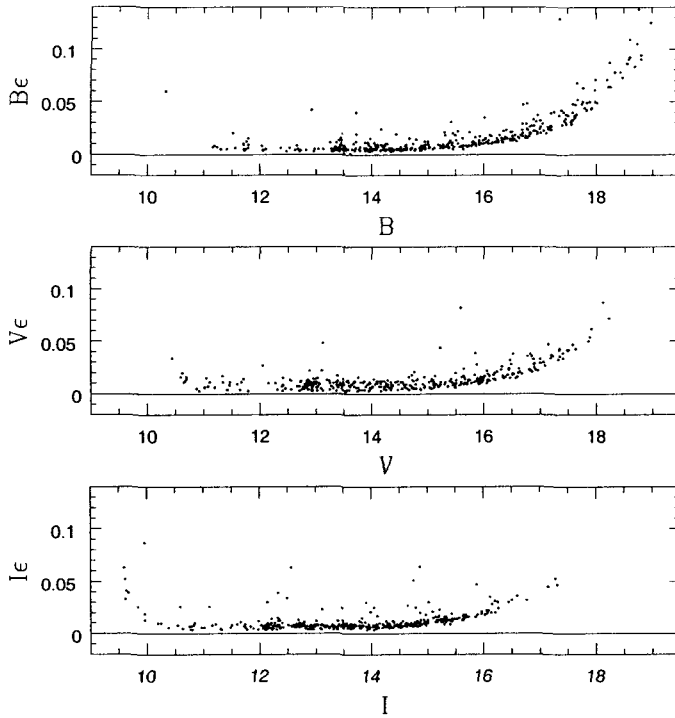


그림 2. 표준계 변환 등급에 따른 PSF 측광오차.

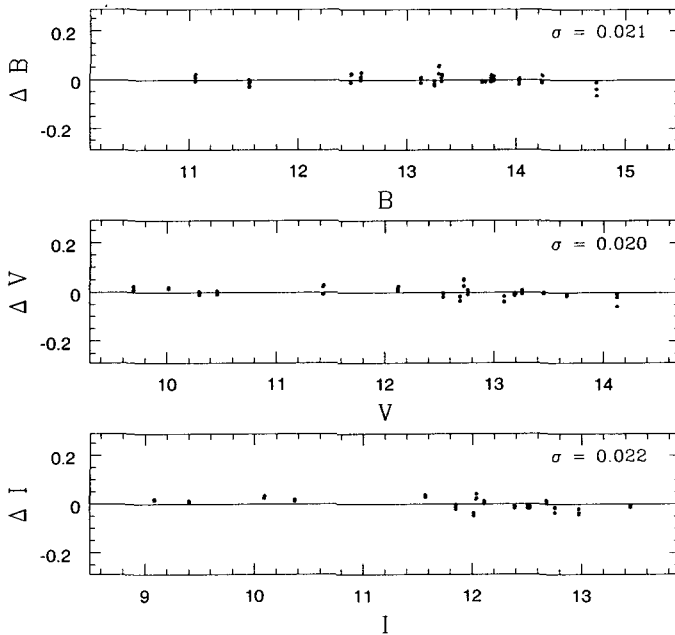


그림 3. 표준계 변환의 잔차.

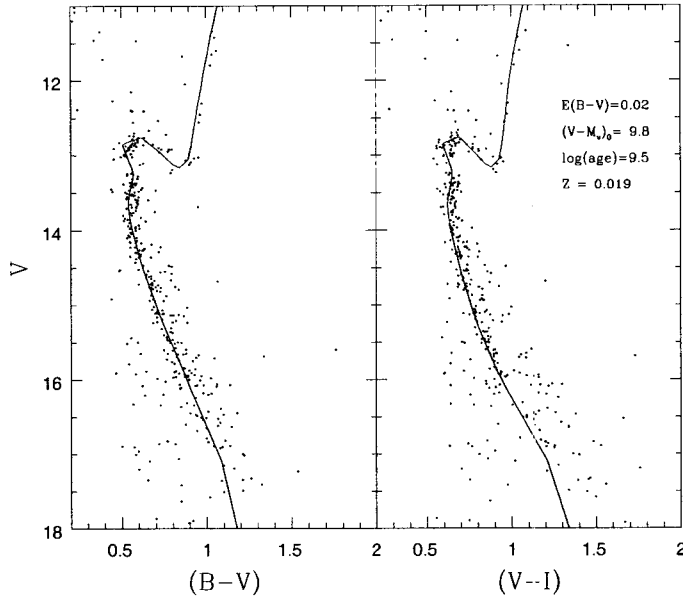


그림 4. 산개성단 M67의 색-등급도와 등연령선 맞추기.

표 4. 이전 연구자들의 결과와 비교.

연구자	E(B-V)	거리지수(V-M _v) ₀	중원소함량	Log(age)
Montgomery et al.(1993)	0.05	9.72	Z=0.0169	9.6
Sandquist(2004)	0.04	9.6	[Fe/H]=0.02	9.6
Best fit(This work)	0.02	9.8	Z=0.019	9.5

4. 성단의 색-등급도와 측광성능

산개성단 M67의 관측된 영역의 모든 별들을 측광하여 색-등급도를 얻었고, 이전 연구자들의 결과와 비교하여 측광성능을 고찰하였다. 어두운 별들의 측광 한계를 알아보려고 하였기 때문에 관측된 M67의 자료는 3개(B, V, I)의 필터에서 비교적 장기노출을 하여 얻었다. 얻어진 영상은 IRAF/DAOPHOT(Stetson 1991)를 사용하여 PSF(Point Spread Function) 측광을 시행하였다. 그 다음, 표준성의 측광에서 사용한 11화소 구경을 적용하여 구경 측광 보정을 하였다. 이렇게 보정된 별들의 등급을 앞에서 구한 표준계 변환 계수를 이용하여 표준계 변환을 하였다.

산개성단 M67 영역의 표준계 변환을 마친 398개의 별을 이용하여 색-등급도를 얻었고, 이 색-등급도에 등연령선을 맞추었다. 그림 4에 그 결과를 나타내었다. 색-등급도 상에서 16등급 이하의 자료는 오차가 많아 주계열 및 쌍성열의 특성이 잘 나타나지 않으나, 이보다 밝은 별은 등연령선을 잘 따르는 것을 볼 수 있다. 등연령선은 Padova 그룹의 2000년 자료(Salasnich et al. 2000)를 이용하였으며, 표 4에서는 구하여진 물리량들을 이전 연구자들의 결과와 비교하였다.

얻어진 색-등급도는 V~16까지의 별들까지는, 그림 2에 보듯이 측광 정밀도가 높음($V\epsilon \leq 0.02\text{mag}$)

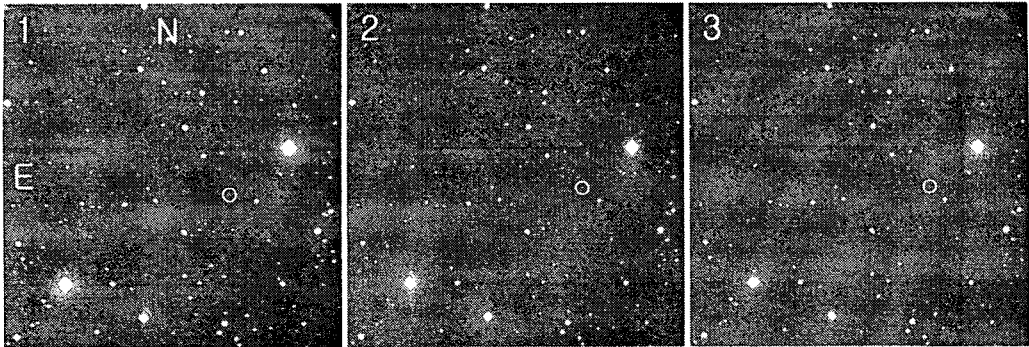


그림 5. 발견된 이동천체(둥근 원으로 표시).

자료를 얻었으며, $V \sim 18.3$ 의 별들까지도 나타나 있음을 알 수 있다. 비슷한 조건에서 관측한 Lee & Lee(1996)의 서울대학교 60cm 망원경을 사용한 산개성단 연구에 비해 적어도 2등급 이상 더 어두운 등급까지 내려갔다. 이는 비록 같은 도심이라고는 하나, 김해가 서울에 비해 광해가 적은 관측환경이라는 점과 김해천문대의 60cm 망원경의 추적 상태가 양호하여 장시간 노출이 가능하였던 점도 있다. 그림 4의 결과를 통해, 우리는 김해천문대의 60cm 망원경을 이용하면 한계등급 $V \sim 16$ 등급보다 밝은 별들의 측광관측 연구가 무난히 이루어질 수 있으며, $V \sim 18.3$ 등급의 별까지도 식별할 수 있음을 알 수 있다.

5. 태양계 신천체 탐사 관측

최근 망원경이 대형화됨에 따라 비교적 경쟁력이 약한 1m 이내의 소형망원경은 가까우면서도 넓은 영역을 관측하는 연구 분야를 수행하여 경쟁력을 확보하고 있다. 예를 들면 태양계 내 신천체의 탐색에 대한 연구(배영호 등 2005)가 있는데, 태양계 내의 신천체를 탐색하는 경우에는 신천체의 고유명칭을 부여할 수 있는 권리가 부여되기 때문에 일반인들의 관심을 유도할 수 있다. 특히 김해천문대와 같은 시민천문대의 경우 시민들에 대한 파급효과가 매우 큰 주제이다.

소행성은 주로 황도 부근에 모여 있는데, 충의 위치에서 가장 밝아진다. 그래서 이 연구에서는 임의로 적경 $8^h 50^m$ 의 위치에서 적위 $17^\circ \sim 19^\circ$ 사이의 황도대 부근 6개 영역을 선정하여, 그 중 3개 영역을 관측하였다. 시간 차이를 두고 여러 번 관측하면 별인 경우에는 항상 같은 자리에 나타나지만 태양계 내의 천체인 경우에는 그 위치가 조금씩 달라진다. 많은 양의 데이터를 처리하는 경우에 이동하는 천체를 찾아낼 때는 자동화된 프로그램을 이용하는 경우가 많은데, 이 경우 충분한 S/N비를 얻을 수 있는 등급에서 유용하다. 그러나 밝은 대상들은 대부분 가깝거나 큰 천체로 이미 발견되었을 가능성이 매우 높은 천체들이다. 새로운 소행성을 발견하려고 하면 가능한 어두운 대상을 찾는 것이 바람직하다. 그래서 이 연구에서는 ximtool(The Space Telescope Science Data Analysis System, STSDAS 1995)의 blink 기능을 이용하여 눈으로 직접 확인하는 방법을 사용하였다.

이와 같은 방법으로 우리는 선택한 3개의 관측된 영역 중 1개의 영역에서 이동천체로 추정되는 천체를 1개 발견하였다. 그림 5에 발견된 이동천체를 나타내었다. 관측된 이동천체의 I등급은 17.3등

표 5. 발견된 이동천체의 좌표와 관측시간 및 등급.

발견된 이동천체의 위치변화	R.A.	Dec.	UT	I _{mag} .
1	8h47m15.3s	17°19'07.''7	17:23:44	17.4
2	8h46m46.1s	17°19'23.''4	18:10:37	17.2
3	8h46m38.1s	17°19'28.''3	18:23:47	17.2

The following objects, brighter than $V = 20.0$, were found in the 15.0-arcminute region around R.A. = 08 47 15.30, Decl. = +17 19 07.7 (J2000.0) on 2007 01 13.72 UT:

Object designation	R.A.			Decl.	V	Offsets		Motion/hr		Orbit	Further observations? Comment (Elong/Decl/V at date 1)
	h	m	s			R.A.	Decl.	R.A.	Decl.		
101P/Chernykh (19360) 1997 JS12	08 47 22.8	+17 17 54	18.7	1.8E	1.2S	23-	8+	50	(r = 3.82 AU)	None needed at this time.	
	08 47 20.2	+17 27 34	18.7	1.2E	8.4N	25-	7+	120			

The following objects, brighter than $V = 20.0$, were found in the 15.0-arcminute region around R.A. = 08 46 46.10, Decl. = +17 19 23.4 (J2000.0) on 2007 01 13.76 UT:

Object designation	R.A.			Decl.	V	Offsets		Motion/hr		Orbit	Further observations? Comment (Elong/Decl/V at date 1)
	h	m	s			R.A.	Decl.	R.A.	Decl.		
101P/Chernykh (19360) 1997 JS12	08 47 21.2	+17 18 02	18.7	8.4E	1.4S	23-	8+	50	(r = 3.82 AU)	None needed at this time.	
(146698) 2001 VY87	08 47 18.4	+17 27 41	18.7	7.7E	8.3N	25-	7+	120			
	08 46 06.4	+17 28 36	19.1	9.5W	9.2N	30-	14+	40		None needed at this time.	

The following objects, brighter than $V = 20.0$, were found in the 15.0-arcminute region around R.A. = 08 46 38.10, Decl. = +17 19 28.3 (J2000.0) on 2007 01 13.77 UT:

Object designation	R.A.			Decl.	V	Offsets		Motion/hr		Orbit	Further observations? Comment (Elong/Decl/V at date 1)
	h	m	s			R.A.	Decl.	R.A.	Decl.		
101P/Chernykh (146698) 2001 VY87	08 47 20.8	+17 18 05	18.7	10.2E	1.4S	23-	8+	50	(r = 3.82 AU)	None needed at this time.	
(19360) 1997 JS12	08 46 05.9	+17 28 40	19.1	7.7W	9.2N	30-	14+	40		None needed at this time.	
(86524) 2000 OK74	08 47 18.0	+17 27 43	18.7	9.5E	8.2N	25-	7+	120		None needed at this time.	
	08 46 07.6	+17 07 25	19.4	7.3W	12.1S	33-	7+	80		None needed at this time.	

그림 6. 관측 자료를 MPC에 등재된 소행성, 혜성 등의 자료들(MPC 2007)과 비교.

급이다. 발견된 이동천체는 태양의 빛을 반사하는 천체이므로 태양의 색지수 $V-I=0.8$ (Allen 1973) 전후로 가정하면, V등급은 대략 18.0등급 보다 조금 어두울 것으로 추정된다. 향후 연구에서는 V, I 두개의 파장대에서 관측하면 등급의 신뢰성을 더 높일 수 있을 것이다. 표 5에서는 이 영역에서 발견된 이동천체의 좌표와 관측시간 및 등급을 나타내었다. 표 5로부터 발견된 이동천체의 공간상의 움직임 추정을 하면, R.A. $\sim -37''/\text{hr}$, Dec. $\sim +21''/\text{hr}$ 정도의 이동량을 보인다. 이런 정도의 이동량을 보이는 것으로 보아, 이 천체는 소행성일 가능성이 높다.

관측 결과를 얻은 다음, 발견된 이동천체가 무엇인지 확인하기 위하여, 관측 자료를 MPC(Minor Planet Center)에 등재된 소행성, 혜성 등의 자료들(<http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>, MPC 2007)과 비교하여 그 결과를 그림 6에 보였다. 그림 6의 세 경우 모두 발견된 이동천체 근처 15' 내에 2~4개의 알려진 이동천체가 있었으나, 위치 차이가 많이 났다. 즉, MPC에 등재된 자료들로는 이 이동천체를 확인할 수 없어 미 발견된 태양계 내의 천체일 가능성이 크다. 그러나, 시험관측인 관계로 후속관측이 이루어지지 않아서 그 진위를 확인할 수는 없었다. MPC에 김해천문대의 천문대 코

드 부여를 요청하였고, 코드 부여가 되면 이 결과들을 보고할 예정이다. 이러한 관측을 통하여, 김해천문대의 60cm 망원경으로 태양계 내의 작은 천체를 발견하는 일이 비교적 희망적이라는 사실을 확인할 수 있었다.

6. 논의 및 향후 활용 방안

이 연구에서 우리는 김해천문대의 60cm 망원경과 AP8p CCD 카메라 시스템을 이용하여 산개성단 M67 및 층에 위치한 임의의 황도대 영역을 관측한 결과를 보였다. 얻어진 M67의 측광 결과는 연구용 천문대의 측광결과에 비해 다소 떨어지지만 비견할 만한 측광 정밀도를 보였고, V~16등급까지의 측광 값은 비교적 신뢰할 만하며, V~18.3등급까지 별이 확인됨을 알 수 있었다. 또한, 소행성 관측 영상을 통하여 V = 18~18.3등급에 해당하는 흐린 이동천체를 발견하여, 태양계 내의 미세 천체를 발견할 수 있음을 확인하였다.

즉, 김해천문대의 관측시스템은 V~18.3등급보다 밝은 태양계 미세 천체 탐사, V~16등급보다 밝은 별들의 측광 관측 등을 수행할 수 있을 것으로 보인다. 태양계 내의 신천체를 탐색하는 경우에는 신천체의 고유명칭을 부여할 수 있는 권리가 부여되기 때문에 일반인들의 관심을 유도할 수 있다. 특히 김해천문대와 같은 시민천문대의 경우 시민들에 대한 과급효과가 매우 큰 주제이다. 이러한 관측들을 통해 앞으로 시민천문대의 운영에 관람과 교육 뿐 아니라 소형망원경을 이용한 천문 관측 연구의 영역까지도 확장할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 배영호, 변용익, 강용우, 박선엽, 오세현, 유성열, 한원용, 임홍서, 문홍규 2005, 한국우주과학회지, 22, 393
- 조영목 2006, 석사학위논문, 교원대학교
- Allen, C. W. 1973, *Astrophysical Quantities* (London: The Athlone press), p.162
- Chevalier, C. & Ilovaisky, S. A. 1991, *A&AS*, 90, 225
- Lee, S. H. & Lee, S.-W. 1996, *PKAS*, 11, 139
- Montgomery, K. A., Marschall, L. A., & Janes, K. A. 1993, *AJ*, 106, 181
- Salasnich, B., Girardi, L., Weiss, A., & Chiosi, C. 2000, *A&A*, 361, 1023
- Sandquist, E. L. 2004, *MNRAS*, 347, 101
- Stetson, P. B. 1991, *PASP*, 102, 932