

UBV CCD PHOTOMETRY OF OPEN CLUSTER NGC 1907 AND NGC 1912¹⁾

이 상 현, 이 시 우
서울대학교 천문학과
(1996. 10. 30 접수)

ABSTRACT

Galactic open clusters NGC 1907 and NGC 1912 are known as a binary cluster candidate by Subramaniam *et al.*(1995). With the SNUO 0.6m telescope, UBV CCD photometric observations were performed for 62 stars in NGC 1907 within the area of $8' \times 8'$ and 203 stars in NGC 1912 within the area of $15' \times 15'$ area. We obtained C-M and C-C diagrams. Their mean reddenings are $E(B-V) = 0.50 \pm 0.03$ for NGC 1907 and 0.27 ± 0.03 for NGC 1912. The distance moduli are estimated as 10.9 ± 0.15 and 10.4 ± 0.10 for NGC 1907 and NGC 1912, respectively. The ages for these clusters are 400 ± 50 Myr for NGC 1907 and 150 ± 30 Myr for NGC 1912. The distance difference of the two clusters is 300pc and the age difference is 150Myr. These results imply that the two clusters are not physically connected.

keyword : Open cluster, Binary cluster, NGC 1907, NGC 1912

I. 서 론

NGC 1907(적경 : $5^h 24.^m7$, 적위 : $+35^\circ 17'$)과 NGC 1912(적경 : $5^h 25.^m3$, 적위 : $+35^\circ 48'$)는 천구상에서 서로 근접한 위치에 있는 산개성단이다. Lyngå(1987)의 산개성단목록에 따르면 이 두 성단까지의 거리는 각각 1330pc과 1234pc으로 매우 유사한 것으로 알려져 있다.

Subramaniam *et al.*(Subramaniam, Gorti, Sagar, Bhatt, 1995 이후 SGSB)는 Lyngå(1987)의 산개성단목록을 이용하여 우리은하내에 거리가 알려진 413개의 산개성단에 대하여 공간적으로 인접해 있는 성단의 쌍을 조사하였다. 이들은 두 성단 사이의 분리거리가 20pc 이내에 있는 16개의 성단쌍을 제시하고, 이 성단쌍들이 각각 물리적으로 연결되어 있는 이중성단일 가능성은 시사하였다.

이러한 이중성단에 관한 연구는 우리은하보다 마젤란은하에서 먼저 연구(Bhatia *et al.* 1991 ;

1) 본 연구는 교육부지원 BSRI-95-5411와 BSRI-96-5411에 의한 것임.

Hatzidimitriou and Bhatia 1990 ; Bhatia and Hatzidimitriou 1988 ; Bhatia 1990)되었다. 마젤란은하내의 이중성단에 대한 연구는 주로 슈미트 사진관판을 분석하여 이루어졌는데, 사진관판상에서 각거리가 가까운 성단들이 이중성단 후보로 선정되었다. 지금까지 대·소마젤란은하에서 각각 69쌍과 9쌍의 이중성단 후보가 알려져 있다. 이러한 수치는 각 은하내에서 발견되는 성단의 총개수에 대해 각각 11.5%와 7.8%에 해당한다. 두개의 성단이 인접해 있는 이중성단은 서로 합쳐져서 한개의 성단으로 진화될 수 있다. 그러나 Bhatia(1990)에 의하면 이들은 중력적으로 역학적 평형에 이르기 전에 은하의 강한 조석력이나 거대분자운과의 조우를 통해 성단이 파괴될 가능성이 높다.

SGSB의 결과를 보면 대·소마젤란은하에서의 이중성단의 존재비와 우리은하에서의 존재비가 유사하다는 사실을 알 수 있다. 그러나 우리은하에서 이중성단후보를 선택하는 방법은 마젤란은하에서 사용한 방법과 다르다. 마젤란은하에서는 관측자로부터 마젤란은하내의 성단들까지 거리는 대체로 동일하다는 가정을 하였다. 이러한 가정하에서는 두개의 성단이 투영되어 이중성단으로 발견될 가능성이 있다. 이에 대한 연구는 Hatzidimitriou와 Bhatia(1990)에 의해 이루어졌는데, 이들의 결과에 의하면 마젤란은하에서는 시선방향으로 투영된 이중성단의 개수보다 더 많은 개수의 이중성단이 발견되는 것으로 알려져 있다. 반면에 우리은하내의 이중성단후보는 거리가 알려진 산개성단에 국한되어 선정하였다. SGSB는 알려진 성단까지의 거리에 대해 10%의 관측오차를 허용하고, 이 허용치 이내에 존재하는 성단은 같은 거리에 있다고 가정했다. 따라서 성단까지의 거리가 대체로 수 kpc임을 고려하면 수 100pc의 거리의 불확실성이 존재한다. 이러한 거리오차는 이들이 채택한 이중성단의 임계분리거리인 20pc에 비해 매우 큰 값이다. 이중성단이 과연 물리적으로 연관되었는지 또 이들은 동시에 같은 장소에서 생긴 것인지를 조사하기 위해서는 먼저 이중성단후보의 정밀거리측정과 나이결정이 수반되어야 한다.

본 연구에서는 SGSB가 제안한 이중성단후보 중 NGC 1907과 NGC 1912에 대한 UBV CCD 측광을 실시하여 상호관련성여부를 알아보고자 한다.

II. 관측 및 자료처리

관측은 서울대 천문대(이하 SNUO)에 있는 0.6m 망원경에 의해 수행되었다. Johnson의 UBV 필터와 Photometrics사의 PM512 CCD가 관측에 이용되었다. 이 CCD를 이용하여 관측할 경우 1개의 화소는 $1'' \times 1''$ 에 해당하고 관측영역은 $8' \times 8'$ 에 해당한다. 관측은 1995년 2월 5일~27일 사이에 6일을 수행하였으며 관측기간동안의 시상은 대체로 $3'' \sim 7''$ 였다. 노출은 30초~200초였으며 U필터의 경우는 100초 내지 200초를 노출하였다. 그럼 1에서 NGC 1907과 NGC 1912의 관측된 영역(V필터 사용)을 나타내었다.

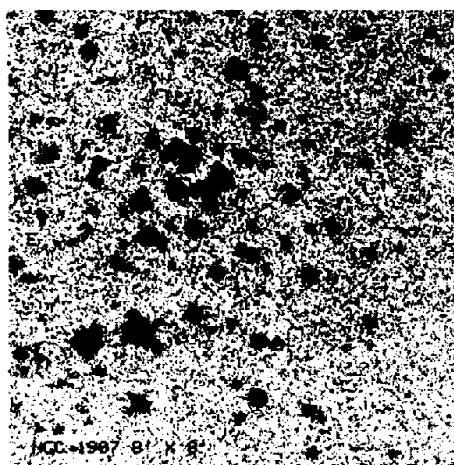
관측된 자료는 천문분석무론모인 IRAF의 점분산함수(PSF) 맞추기방법을 이용하여 처리하였다. 영점 및 암잡음, 바닥고르기를 위하여 매 관측일마다 수십개의 영점영상과 암영상 및 바닥고르기 영상을 얻어서 보정하였다. 관측된 두 성단은 Hoag(1961)에 의해 광전측광된 별들을 이용하여 다음의 관계를 이용하여 표준계로 변환하였다.

$$V = v + \alpha_v(b - v) + \beta_v$$

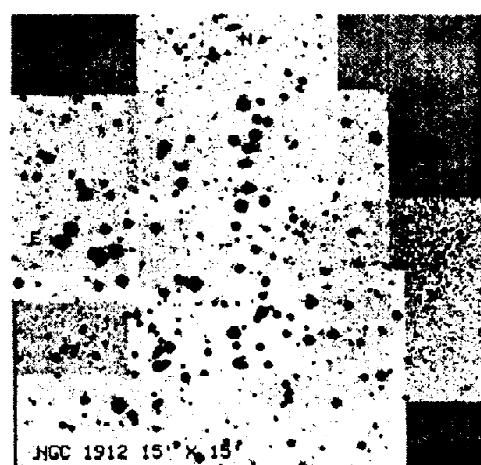
$$(B-V) = \alpha_{BV}(b-v) + \beta_{BV}$$

$$(U-B) = \alpha_{UB}(u-b) + \beta_{UB}$$

여기서 계수 α ($\alpha_V = -0.021 \sim -0.022$, $\alpha_{BV} = 1.103 \sim 1.153$, $\alpha_{UB} = 0.969 \sim 1.098$)는 수광기의 반응상태에 의존하는 항이며, 계수 β 는 투과대기량과 영점변위를 나타내는 항으로 매 관측시마다 다르게 나타날 수 있는 값이다. NGC 1907에 대해서는 2월 5일과 2월 9일 양일간 관측한



NGC 1907



NGC 1912

그림 1. NGC 1907과 NGC 1912의 관측된 영역 NGC 1912는 7개의 영역을 모자이크한 것이다. 그림의 윗부분이 북쪽, 좌측이 동쪽이며, 두 성단에 대해 관측된 영역은 각각 약 $8' \times 8'$ 과 $15' \times 15'$ 이다.

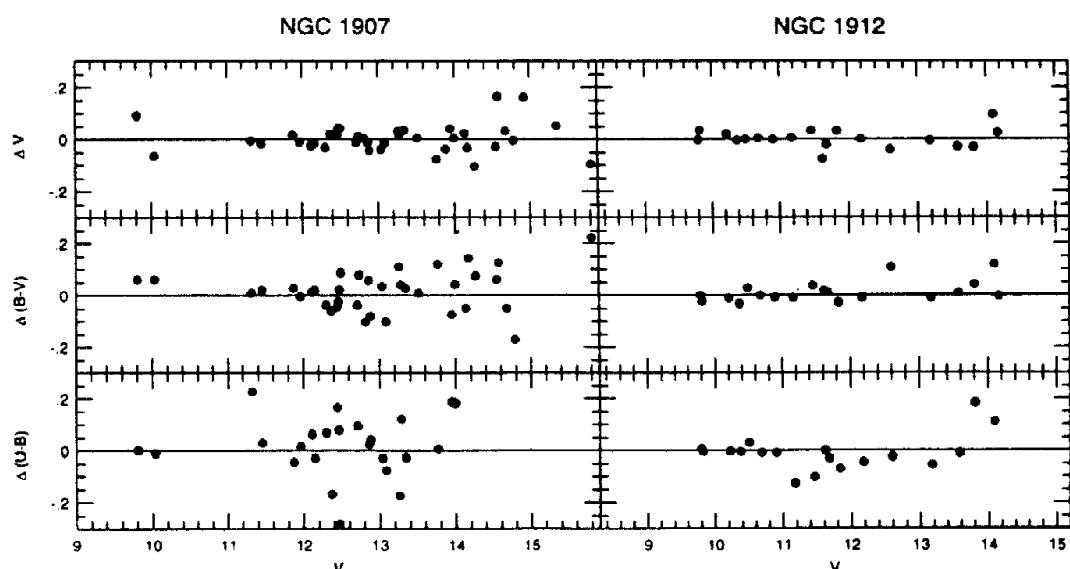


그림 2. Hoag(1961)의 자료와 측광결과를 비교하였다.

자료를 독립적으로 변환하여 얻어진 결과를 측광오차에 대해 가중평균한 값을 사용하였다. 그림 2에서 관측된 두 성단의 측광결과를 Hoag(1961)의 광전측광자료와 비교하였다.

III. 색-등급도와 색-색도

측광오차가 0.15등급보다 작은 별들에 대해 색-등급도와 색-색도를 각각 얻었다(그림3-4). 이 결과는 Hoag *et al.*(1961)이 광전 및 사진측광으로 얻은 것과 유사하다. 그러나 NGC 1912의 경우 Hoag *et al.*(1961)의 색-등급도상에서 $V \approx 13''$ 에서 보이는 주계열상의 결집현상이 본 연구에서는 뚜렷이 나타나지 않는다. 두 성단의 색-등급도상에서 심한 분산이 보이는 것을 볼 수 있다. 이는 성단부근에 존재하는 성운에 의한 차등소광에 의한 효과일 가능성이 크다. Goy(1972)에 의하면 성단과 비슷한 위치에 존재하는 S230 및 S234라는 HII영역이 성간소광에 영향을 주고 있는 것으로 알려져 있다. NGC 1912의 경우 S230에 의한 영향만 알려져 있는 반면에, NGC 1907의 경우 이 두개의 HII영역 모두에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 두 성단의 색-등급도 상에서 NGC 1907의 경우가 NGC 1912에서 보다 더 많은 분산이 보임을 알 수 있다. 그리고 이러한 요인외에도 특히 NGC 1907의 경우 어두운 별에서의 측광오차와 비구성원등이 분산의 원인이 되는 것으로 보인다.

구성원판정은 NGC 1912에 대해서는 고유운동연구에 의해 구성원일 확률이 50%보다 큰별을 택해 그림 5에 표시했다. 그리고 NGC 1907의 경우 고유운동자료가 없기 때문에 그림 5에서 보는 항성진화모형상에 나타나는 색-등급도의 형태를 고려하여 평균적인 곡선에 대한 분산을 구하여 3σ 보다 큰 분산을 갖는 별들을 비 구성원으로 보았다. 이때 어두운 별들은 밝은 별에 비해 측광오차가 크므로 2등급씩 나누어서 분산을 구하여 적용하였다. NGC 1912에 대해서는 고유운동자료가 없는 별에 위의 방법을 적용하였다.

성단에 연관된 HII영역에 의한 차등소광을 보정하기 위해 $(B-V)_0 < 0$ 인 조기형 별에 대해서는 색-색도상에서 $E(U-B)/E(B-V) = 0.72$ 의 기울기를 이용했다. 즉 각 별들을 위의 적색화선을 따라 표준색-색도(Lee & Sung 1995)에 일치하도록 이동시켜 $(B-V)_0$ 를 추정했다. $(B-V)_0 > 0$ 인 별들에 대해서는 각각의 별들에 대한 차등소광을 보정하지 않고 구성원전체의 적색화량의 평균값을 소광량으로 하여 보정하였다. 평균소광은 NGC 1907과 NGC 1912에 대해 각각 $E(B-V) = 0.5 \pm 0.03$, 0.27 ± 0.03 이다. 등급에 대한 소광은 $\Delta V = 3.1 E(B-V)$ 의 관계를 이용하여 보정하였다.

IV. 거리와 나이

두 성단까지의 거리와 나이는 두 성단의 상호연관성을 알아보는데 있어서 매우 중요한 물리량이다. 성단까지의 거리를 알아내면 두 성단의 공간적인 일치성을 알아낼 수 있고, 나이로 부터 두 성단이 동일한 시대에 태어났는지를 추정할 수 있다.

성단까지의 거리는 Mermilliod(1981)의 경험적인 영연령주계열을 이용하여 결정하였다. 이 방법을 이용하여 NGC 1907까지의 거리지수는 $(V-M_v)_0 = 10.9 \pm 0.2$ 그리고 NGC 1912까지의 거

리지수는 $(V-M_V)_0 = 10.4 \pm 0.2$ 를 얻었다. 이 값은 각각 $1.5 \pm 0.15\text{kpc}$, $1.2 \pm 0.1\text{kpc}$ 에 해당하는 거리이다. 이 거리의 차이는 약 300pc으로써 거리의 오차보다 더 큰 값이다. 표 1에서 두 성단의 거리에 관한 이전의 연구결과와 비교하였다. 여기서 두 성단의 거리의 차이는 62pc~663pc 으로써 연구자들에 따라 많이 다르다. 본 연구결과를 조합한 평균은 273pc으로 본 연구에서 추정된 거리차이와 유사하다. 각 성단의 평균거리를 보면 NGC 1907과 NGC 1912에서 각각

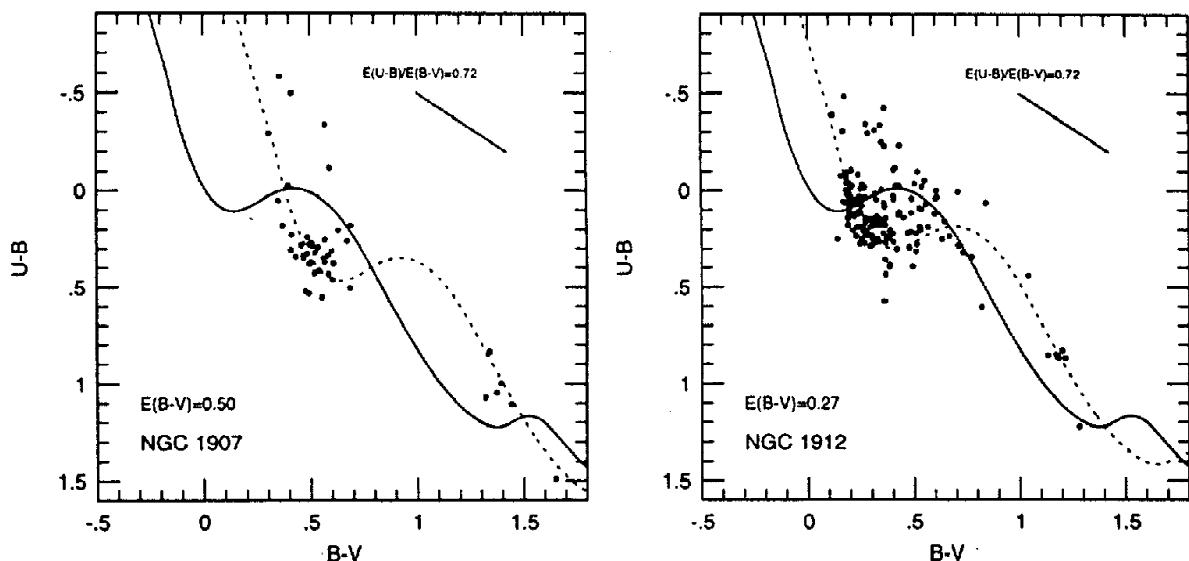


그림 3. 두 성단의 색-색도. 적색화선의 기울기 $E(U-B)/E(B-V)=0.72$ 를 사용하여 성간적색화량을 얻었다. 기준선(실선)은 Lee & Sung(1995)를 이용하였다. 점선은 기준선에서 성간소광만큼 이동하여 맞춘 선이다.

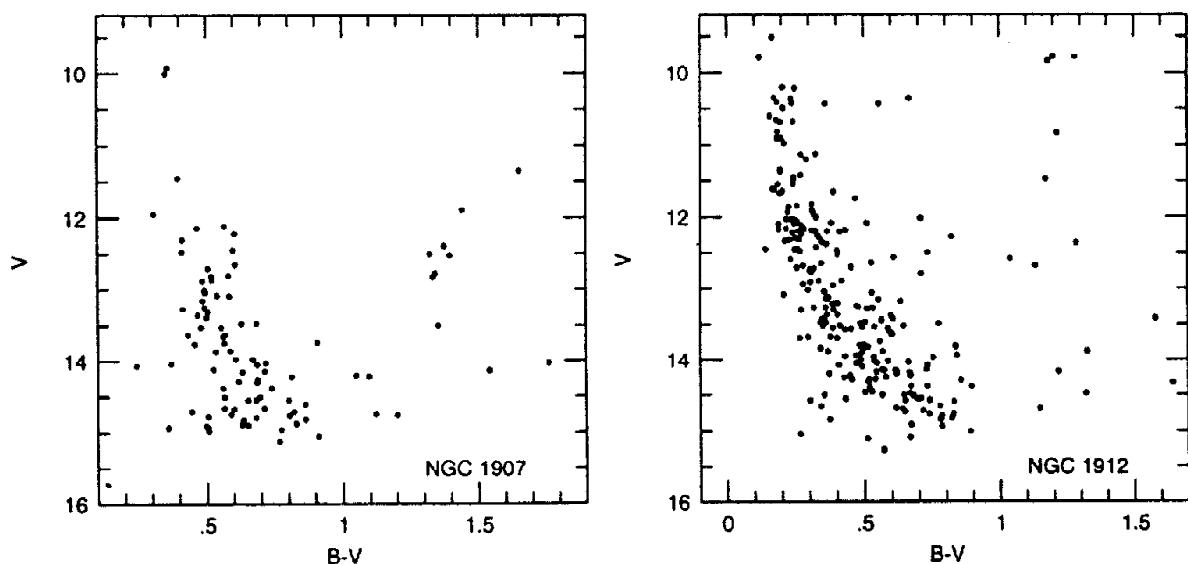


그림 4. 측광 결과 얻어진 색-등급도.

1675pc와 1420pc으로 두 성단의 거리차이는 255pc이다. 이러한 차이는 각 성단의 크기(5~7pc)보다 50배 이상 큰 값이다.

표 1. 두 성단까지의 거리에 대한 이전의 연구

연구자	거리(pc)		거리차(pc)
	NGC 1907	NGC 1912	
Johnson(1961)	1380	1318	62
Becker(1963)	1380	1445	65
Grav(1963)	2291	1905	386
Hoag(1965)	1202	870	32
Becker(1971)	2630	1967	663
Lingå(1987)	1330	1236	94
본연구	1513	1202	311
평균	1675	1420	273

성단의 나이는 항성진화모형에 의해 결정된 등연령곡선을 관측된 색-등급도에 맞추는 방법을 이용하여 구할 수 있다. 본 연구에서는 Padova 연구집단(Bertelli *et al.* 1994)의 등연령곡선을 이용하여 두 성단의 나이를 구하였다. Padova 연구집단의 등연령곡선은 몇 가지의 중원소함량에 대한 것을 제시하고 있는데, 이 중에서 관측된 성단과 가장 잘 일치하는 $[Fe/H]=-0.31$ 의 등연령곡선을 선택하였다. 그림 5에서 두 성단의 나이는 NGC 1907과 NGC 1912에 대해 각각 $\log(t) = 8.6 \pm 0.05$, 8.4 ± 0.05 으로 주어진다. 이 값은 각각 400 ± 50 Myr과 250 ± 60 Myr에 해당하는 나이로써 두 성단은 약 150 Myr의 나이차이가 있다. 젊은 산개성단의 생성에 관한 Iben *et al.*(1965)의 연구에 의하면 산개성단의 나이 분산은 약 10 Myr로써 이 기간이 지나면 별의 생성

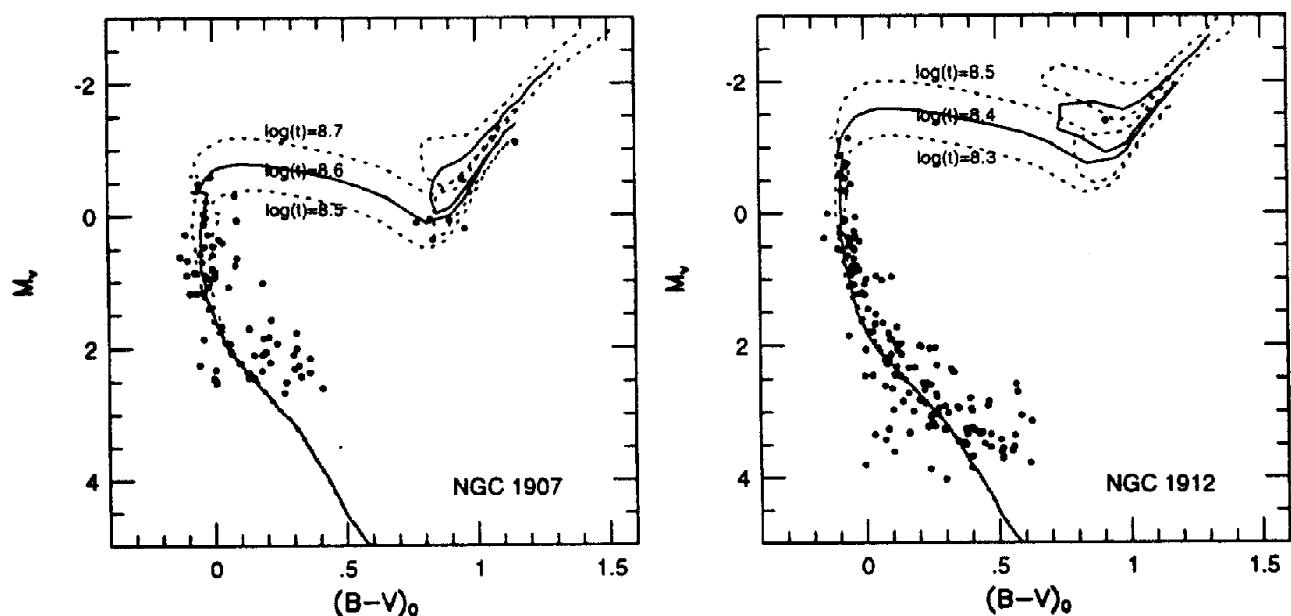


그림 5. 얻어진 색-등급도에 대해 Padova 연구집단의 이론적인 등연령곡선을 맞추어 두 성단의 나이를 조사하였다. 실선이 선택된 연령에 해당하는 등연령곡선이다. 이 곡선은 중원소함량 $[Fe/H] = -0.31$ 에 해당하는 곡선이다.

이 급격히 줄어든다. 즉 두개의 성단이 동일한 기원에 의해 생성이 되었다면 두 성단의 나이차이는 10Myr이내일 것이다. 관측된 두 성단의 나이의 차이가 150Myr임을 고려할 때 두 성단은 서로 다른 시기에 탄생되었을 가능성이 높다.

V. 논의 및 결론

두 성단이 공간적으로 근접해 있다면 근접한 지역에서 동시에 생성되었거나 또는 다른 곳에서 생성된 것이 공간운동을 하다가 가까이 만날 수 있다. 후자의 경우에는 일반은하회전을 고려할 때 생성시 은하회전의 큰 속도분산이 없다면 다른 영역으로의 이동이 어려울 것이다. 전자의 경우에 두 성단은 색-등급도 상에서 별의 분포가 비슷한 양상을 보일 것으로 기대된다. 예를들면 지금까지 가장 잘 알려진 페르세우스 이중성단(h & χ-Persei)의 경우에 그림 6a에서 보인 것처럼 두 성단에서 얻어지는 색-등급도는 거의 비슷한 모양을 하고 있다(Mermilliod 1988). 이에 반해 NGC 1907과 NGC 1912의 색-등급도는 그림 6b에서 보는 바와 같이 상당히 다른 양상을 나타낸다.

지금까지 알아본 두 성단의 거리, 나이, 색-등급도상의 특성에서, 이들 두 성단의 유사성을 찾아보기 어렵다. 이러한 결과는 이들 두 성단이 물리적으로 상호연관성이 있는 성단의 쌍이 아니라 단지 시선방향으로 투영되어 보이는 광학적 이중성단일 가능성을 제시한다.

본 연구는 SGSB와 상반된 결과를 얻었다. 이러한 이유는 이들의 이중성단후보는 단지 Lingå(1987)의 목록에 제시된 성단까지의 거리를 기준으로 선정하였는데, 표 1에서 보듯이 이

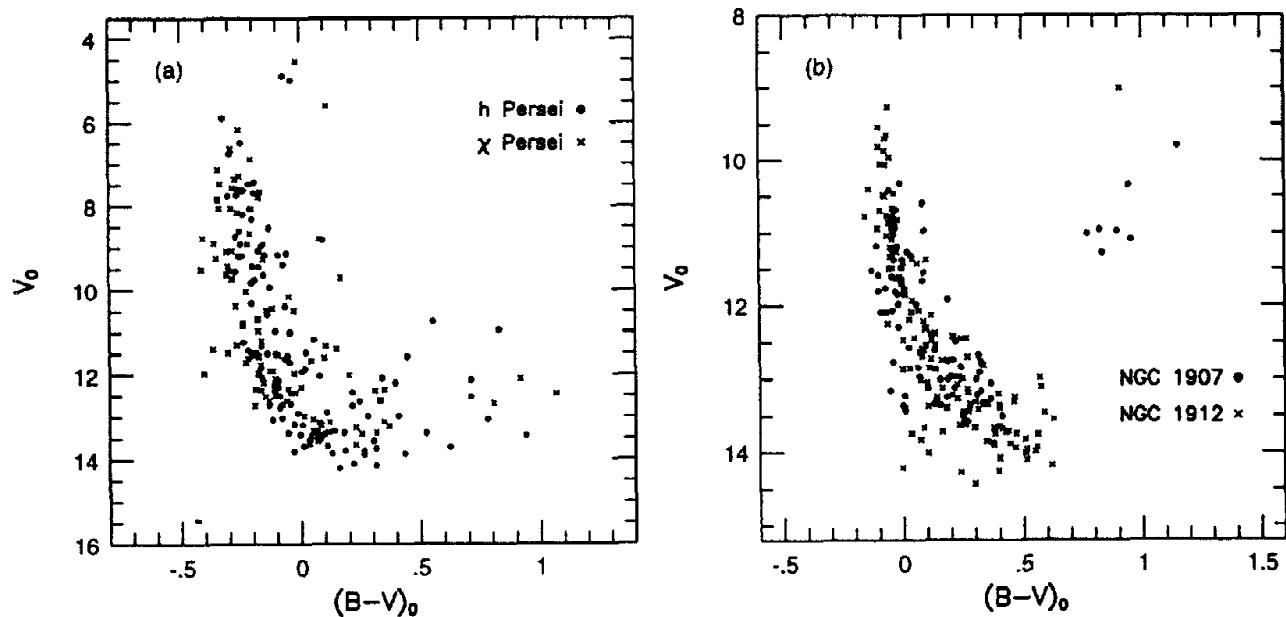


그림 6. 관측된 두 성단 및 페르세우스 이중성단에 대해 성간소광을 보정한 색-등급도를 각각 그렸다. 페르세우스이중성단에 관한 자료는 Mermilliod(1988)에 의한 것이다. 이 그림에서 페르세우스 이중성단의 경우 별들이 거의 유사하게 분포하는 반면에, NGC 1907과 NGC 1912는 유사한 점을 찾기 어렵다.

목록에 따르면 두 성단의 거리차이는 94pc으로 관측적인 오차 이내에 있는 것으로 보인다. 그러나 두 성단의 실제거리는 이 값의 3배정도 떨어져 있다. 또한 이들은 성단쌍의 나이에 관한 고려는 없었다. 성단의 나이는 성단의 생성시기를 말해주는 물리량으로 두 성단이 150Myr의 나이차이가 있다는 사실 또한 두 성단의 연관성을 희박하게 만드는 중요한 요인이 된다.

참고문헌

- Becker, W., 1963, Zs.f. Ap., 57, 117
 Becker, W., Fenkart, R., 1971, A&ApS, 4, 241
 Bertelli, G., Bressan, A., Chiosi, C., Fagotto, F., Nasi, E., 1994, A&AS, 106, 275
 Bhatia, R. K., 1990, PASJ, 42, 757
 Bhatia, R. K., Hatzidimitriou, D., 1988, MNRAS, 230, 215
 Bhatia, R. K., Read, M., A., Hatzidimitriou, D., Tritton S., 1991, A&ApS, 87, 335
 Goy, G., 1972, A&Ap, 21, 11
 Gray, D. F., 1963, AJ, 68, 572
 Hatzidimitriou, D., Bhatia, R. K., 1988, In : IAU Symp, 128, 567
 Hatzidimitriou, D., Bhatia, R. K., 1990, A&Ap, 230, 11
 Hoag, A. A., Applequist, N. L., 1965, ApJS, 107, 215
 Hoag, A. A., Johnson, H. L., Iriarte, B., Mitchel, R. I., 1961, Publ. US. Nav. Obs. 17, 347
 Iben, I., Jr., Talbot, R. J., 1965, ApJ., 144, 968
 Johnson, H. L., Hoag, A. A., Iriarte, B., Mitchell, R. I., and Hellam, K. L., 1961, Lowell
 Obs. Bull., 5, 133
 Lee, S. W., Sung, 1995, JKAS, 28, 45
 Lyngå, G., 1987, "Lund Catalogue of Open Cluster Data", 5th ed.(ADC CD Rom version)
 Merrilliod, J. C., 1981, A&Ap, 97, 235
 Merrilliod, J. C., 1988, Bull. Inform. CDS, No35, 77
 Mills, G. A., 1967, J. obs., 50, 179
 Subramaniam, A., Gorti, U., Sager, R., Bhatt, H. C., 1995, A&Ap, 302, 86