

행성상성운의 분포와 시선속도 연구

허승재 · 혈 식*

충북대학교 지구과학교육과, 361-763, 충북 청주시 개신동 12

Radial Velocities of Galactic Planetary Nebulae

Seung-Jae Huh and Siek Hyung*

School of Science Education (Astronomy), Chungbuk National University,
Chungbuk 361-763, Korea

Abstract: The distribution and kinematic information of the planetary nebula (PN) may provide a hint about the Galactic dynamics and evolutionary history. An analysis of the Galactic planetary nebular distribution and kinematics (distance, direction, velocity) is undertaken, using the 502 PNs observational data given in the "THE STRASBOURG-ESO CATALOGUE OF GALACTIC PLANETARY NEBULAE." The representative average radial velocities, $\langle V_r \rangle$ is derived in six different directions of galactic latitudes, $l=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$, plus apex and antapex ($56^\circ, 236^\circ$), respectively. The PNe near the apex approaches to the Sun with radial velocities, which values are $\langle V_r \rangle = 69.0$ km/s; whereas, those near the antapex recedes with $\langle V_r \rangle = 64.1$ km/s, respectively. No particular trends are found along the z direction, although more PNs are found below the Galactic plane. This implies that the 3rd generation objects, PNs, move slowly on the galactic plane compared to the 4th generation stars like the Sun, indicative of possible interaction.

Keywords: planetary nebula, radial velocity, Galactic evolution

요약: 우리은하 속의 행성상성운들의 운동 자료를 분석하여, 은하 회전의 운동학적 특성과 진화에 대한 단서를 제공한다. 우리는 THE STRASBOURG-ESO CATALOGUE OF GALACTIC PLANETARY NEBULAE에 주어진 자료 502개를 이용하여 행성상성운의 운동학적 특성을 분석하였다. 은경(l)이 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 인 4방향과 태양의 항점과 배점의 총 6방향에 대한 특징적인 평균시선속도 $\langle V_r \rangle$ 를 구하였다. 행성상성운들은 항점에서 69.0 km/s로 태양에 접근하고, 배점($56^\circ, 236^\circ$)에서 64.1 km/s로 멀어지고 있는 경향을 보였다. z 방향으로 행성상성운의 분포를 보면 은하면 아래쪽에 더 많이 분포하지만, 큰 차이는 보이지 않았다. 우리은하에 속한 전체 3세대인 행성상성운들의 회전속도 성분이 태양에 비해 상대적으로 느림을 알 수 있는데 이는 4세대 별인 태양이 제 3세대 별들과 조우할 수 있음을 암시한다.

주요어: 행성상성운, 시선속도, 우리은하 진화

서론

우리은하는 별과 가스로 구성되어 있으므로 별의 탄생과 죽음과정 그리고 성간 물질로의 환원과정에 대한 이해는 우리은하 진화를 연구하는데 중요한 단서를 제공할 것으로 여겨진다. 태양은 약 2억 2천에서 2억 5천만년에 한번 우리은하를 회전한다. 1/4 바퀴전인 6천5백만년 전에 운석(또는 혜성)충돌로 공룡

이 멸망했고, 한바퀴전인 2억 5천만년전인 고생대 폐름기에도 비슷한 천문학적 사건으로 바다의 생명이 전멸하였다(한국지구과학회, 1998). 전문학적인 현상이 지구의 역사에 어떠한 영향을 주는가는 운석이나 혜성의 충돌에 의해 생성된 충돌구(impact crater)를 조사하여, 시간에 대한 충돌현상의 빈도, 충돌구의 크기 등을 조사하여 알 수 있다(Scyfer & Sirkin, 1979). Griev(1987)는 충돌구의 자료 연구결과 충돌현상은 기본적으로 16.5 Myr의 주기가 있다고 주장하였으며, 충돌구의 지름과 주기는 상관관계가 있음을 밝히기도 하였다(Grieve, 1993; Grieve & Pesonen, 1996).

*Corresponding author: hyung@chungbuk.ac.kr
Tel: 82-43-261-2726
Fax: 82-43-271-0526

Shoemaker(1998)는 태양이 주기적으로 별들이 밀집되어 있는 은하면을 주기적으로 통과하며, 이 때 오르트(Oort Cloud; 태양중심에서 부터 거리 약 50,000AU)를 이루는 혜성 핵들이 주기적으로 지구에 충돌현상을 가져왔다고 주장했다. 일반적으로 직경이 45 km인 충돌구는 지름이 3 km인 소행성에 의해서 형성되는 것으로 알려져 있다. 혜성에 의한 충돌 직경은 소행성에 의한 경우보다 크며, 충돌시 생대계 및 지구의 역사에 큰 영향을 미칠 것으로 여겨진다. 어떤 원인에 의해 혜성이 지구를 향해 돌진하여, 때때로 지구와 충돌하기도 할까? 이러한 격변현상은 천문학적인 현상과 연관시켜 해석해야하는데, 앞에서 언급한 Shoemaker(1998)의 제안과는 다른 가능성을 이 연구에서 조사하고자 하였다. Shoemaker는 태양 궤도가 주기적으로 은하면을 통과할 때, 혜성이 우리를 향해 다가온다고 제안하였지만, 현재 태양은 바로 은하면에 위치하고 있다. 따라서 현재의 태양의 위치만을 고려하면, 그의 제안은 설득력이 약해 보인다.

우리는 혜성의 충돌현상이 우리은하에서 제 4세대 별로 알려진 태양이 은하를 회전하는 동안, 다른 세대의 별들, 즉 제 3세대 별과의 조우가능성을 이 연

구에서 조사하였다. 다른 세대의 별과의 조우는 결국 혜성핵이 모인 오르트의 구름에 섭동을 가져오고 이 결과 혜성핵이 태양계 안쪽으로 이동토록 하게 될 것이다. 이러한 가능성을 찾기 위해 우리는 제 3세대 별인 행성상성운의 운동학적 특성을 조사하였다. 제2장에서는 연구에 사용된 행성상성운의 관측자료와 자료의 통계적 정리과정을 제3장에서는 관측 자료의 분석하여 은경, 은위에 따른 행성상성운의 평균시선속도자료를 제4장에서는 연구결과의 의미를 살펴보고 토론하였다.

행성상성운의 관측 자료

Acker et al.(1992)은 지금까지 행성상성운을 연구하는 천문학자들이 발표한 자료를 THE STRASBOURG-ESO CATALOGUE OF GALACTIC PLANETARY NEBULAE에 수집하였다. 여기에 나온 1143개의 행성상성운 중 거리(d)와 시선속도(V)가 주어진 행성상성운 502개를 선택하여, 이 연구에 사용하였다.

Table 1은 ESO 카탈로그에 나온 자료 중 NGC 5979의 자료를 수정없이 옮긴 것이다. Table 1에는

Table 1. Strasbourg-eso catalogue of galactic planetary nebulae

322.5-05.2										
NGC 5979. PK 322-5°1, ESO 136-03, He 2-135, Sa 2-124, VV 14, VV' 126, Wray 16-187, IRAS 15434-6103										
1950:	15 43 26.0	-61 03 50	IRAS	Disc.: Herschel 1835	Diameter (") opt 8. CaKα72	R _{hel} +23.0 ± 3.0 S1PFB3				
	15 43 26.0	-61 03 48	M176							
2000:	15 47 40.8	-61 13 03								
Intens. (Hβ = 100)	ESO-B C+IDS 1985-08-01			IR Class:	S	IRAS Fluxes (Jy)		Qual		
HeII	468.6 nm	102	He I	656.3 nm	368	J	11.80	12μm	0.67	3
[OIII]	456.3	14	[NII]	654.4	16:	H	11.71	25μm	10.44	3
	500.7	815	[SII]	671.7		K	11.00	60μm	9.90	3
HeI	587.6	2.4		673.1		L		100μm	4.90	2
lgF _{Hβ} (mWm ⁻²)	-11.22 ± .02 W69, SK89			Photom.	W85	Radio	2cm 102	MAl87		
						(mJy)	6cm 117	Ca82		
Central Star: AG82 186 — HD 140586; CS1-61-15434 B 16.3 V 15.3 Qual: C SK89										
Distance (kpc) stat.: 3.81 (CaKα71); 4.14 (MAl73); 4.04 (Ca76); 3.3 (Ac78); 1.78 (Da82); 1.50 (AGNR84); 2.6 (Ma84); 2.81 (CKS91)										

Bibliography: PK67, AG82, AGR89, AST89, AcMa77, CoBa80, Da73, HLSW75, He67, IwKa65, Ka70, Ka76, LNP89, MaPo80, MiWe79, PM87, PPF87, PiKh79, Sa75, Sh85, TACS89, TASC91, Web66, W66

60-13831 Masini W.L., Faudenz-Abans M., De Oliveira M. Rev. Mex. Astron. 12, 237-273 Extinction distances to the planetary nebulae NGC 6563 and NGC 5979.

행성상성운 NGC 5979의 다른 좌표계 명명법인 PK 322-5th, ESO 136-03, He 2-135, Sa 2-124, VV 74, VV' 126, Wray 16-187, IRAS 15434-6103 나와 있다. 가장 최근에는 은하 좌표계에 근거한 이름으로 G322.5-05.2가 있는데 이는 대략적인 은경(l)이 322.5° 이고, 은위(b)가 -5.2°임을 지칭한다. 이 행성상성운의 2000년의 직경(α)은 15^h47^m40.8^s 직위(δ)는 -61°10'3", 직경은 평화관측에 의하면 8", 이 행성상성운이 태양에 대해 시선속도 $(V_r) + 23.0 \pm 3.0$ km/s로 떨어져 있다. H β 선의 밝기는 6.03×10^{-12} erg/cm²/Å ($10^{-11.22}$ mW/m²)이다. 우리는 관측된 모든 거리자료의 평균값을 취하여 이 행성상성운까지의 평균거리로 정했다. 행성상성운의 중심별의 겉보기등급은 피랑피장 영역의 겉보기등급 $B = 16.3^m$, 노랑피장 영역의 안시등급 $V = 15.3^m$ 이다.

ESO 카타로그에 관측된 행성상성운에는 은경과 은위, 시선속도, 1950년대와 2000년대 직경과 직위의 자료가 주어져 있는데, 우리는 이러한 값들을 EXCEL을 사용해 행성상성운 DATA BASE를 만들었다. DATA BASE에 나온 행성상성운의 자료를 기반으로 하여 SURFER을 통해 우리 은하내의 2D와 3D상의 좌표를 입력하여 위치, 은경, 시선속도의 관계를 표현하였다. SURFER를 통해 구현된 우리은하내에 행성상성운의 분포와 현재 연구된 태양 근처 나선팔과의 분포상의 관계를 PHOTOSHOP을 통해 중첩(overlap)하여 어떠한 관계가 있는지를 알아보았다.

자료의 분석

z 방향의 분포

우리은하와 태양과의 거리를 8kpc으로, 은하평면에 나란하다고 보고, 직교 좌표값 $X_G = r \sin(l)$, $Y_G = -r \cos(l)$, $Z_G (=z) = d \sin(b)$ 구하고, 행성상성운의 은하 중심에 대한 고유운동을 수직인 3개의 성분으로 분해하면, 은하면을 기준으로 수직인 방향에 대해 행성상성운의 분포를 조사할 수 있는데, 최대 500 pc에서 최소 -500 pc까지 50 pc 간격으로 총 22구간으로 나누어 행성상성운의 개수 분포를 Table 2에 제시하였다. Table 2와 Fig. 1에 의하면 행성상성운은 은하면 아래쪽에 더 많이 존재하지만, 큰 차이는 보이지 않았다. Fig. 1은 Table 2를 막대그래프로 나타낸 그림이다.

Table 2. PN distribution in the z direction divided by 50pc (502 PNs)

No.	Range zpc	N
1	500~	50
2	450~500	14
3	450~400	15
4	400~350	12
5	350~300	15
6	300~250	13
7	250~200	17
8	200~150	21
9	150~100	15
10	100~50	19
11	50~0	21
12	0~-50	21
13	-50~-100	27
14	-100~-150	31
15	-150~-200	26
16	-200~-250	27
17	-250~-300	25
18	-300~-350	15
19	-350~-400	12
20	-400~-450	12
21	-450~-500	21
22	-500~	73

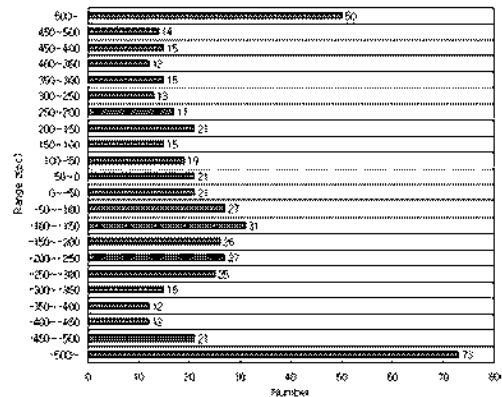


Fig. 1. PN distribution in the z direction divided by 50pc (502 PNs).

시선방향 평균시선속도

극부 정지 좌표계(LSR) 안에서 은경(l)이 0°, 90°, 180°, 270° 및 항집, 매집에 대한 행성상성운의 개수 분포와 시선방향의 평균시선속도를 구한 결과는 Table 3와 같다. 평균시선속도값은 모든 자료가 똑같은 중요도를 가졌다고 가정하고 구한 산술평균값이다.

Table 3. Average radial velocities $\langle V_r \rangle$ in the 6 directions

No	l°	b°	N	$\langle V_r \rangle$ (km/s)	비고
1	0 ± 10	0 ± 10	78	15.1	은하중심
2	56 ± 10	23 ± 10	5	-69.0	향점
3	90 ± 10	0 ± 10	14	-66.2	회전방향
4	180 ± 10	0 ± 10	8	28.8	
5	236 ± 10	-23 ± 10	16	64.1	배점
6	270 ± 10	0 ± 10	8	21.5	

※ see text for the explanation of $(l \pm 10^\circ, b \pm 10^\circ)$

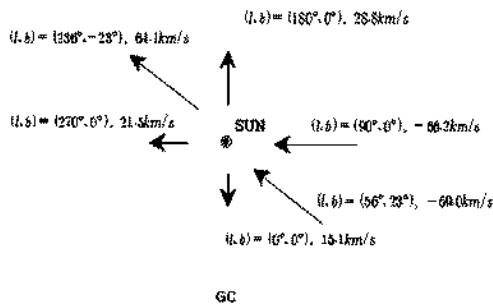


Fig. 2. Average PN radial velocities from the 6 directions.

1구간 $(l, b) = (0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 78개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 은 15.1 km/s이다. [단, 우리는 이 논문에서 은경을 $l \pm 10^\circ$, 은위 $b \pm 10^\circ$ 등으로 표시했는데 이는 은경이 $l - 10^\circ \sim l + 10^\circ$ 범위임을 은위가 $l - 10^\circ \sim l + 10^\circ$ 의 범위임으로 정의하였다.] 2구간 $(l, b) = (56^\circ \pm 10^\circ, 23^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 5개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 는 -69.0 km/s이다. 3구간 $(l, b) = (90^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 14개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 는 -66.2 km/s이다. 4구간 $(l, b) = (180^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 8개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 는 28.2 km/s이다. 5구간 $(l, b) = (236^\circ \pm 10^\circ, -23^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 16개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 는 64.1 km/s이다. 6구간 $(l, b) = (270^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 8개의 행성상성운이 관측되었으며, $\langle V_r \rangle$ 는 21.5 km/s이다. Table 3에 제시된 자료를 태양을 중심으로 두고, 우리은하의 위쪽에서 본 행성상성운의 시선속도를 도식적으로 나타내면 Fig. 2와 같다. $(l, b) = (90^\circ, 0^\circ)$, $(l, b) = (56^\circ, 23^\circ)$ 의 두 지점에 있는 행성상성운들은 다가오고 있으며, 다른 4개의 지점의 행성상성운들은 태양으로부터 멀어지고 있다. 특히 향점과 $(l, b) = (90^\circ, 0^\circ)$ 지점 부근의 행성상성운들은 -69.0 km/s, -66.2 km/s의 빠른 속도로 다가오고 있으며, 이와 반대로 배점 부근의 행성상성

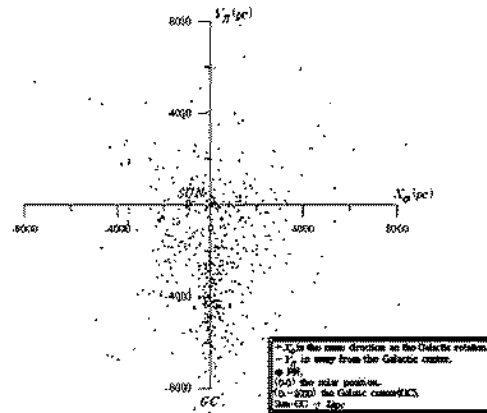


Fig. 3. PN distribution projected in $X_{Gal} - Y_{Gal}$ (face-on view).

운들은 64.1 km/s의 빠른 속도로 멀어지고 있음을 알 수 있다.

$(l, b) = (135^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$, $(l, b) = (315^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ 에서는 일정한 규칙성이 나타나지 않은 -31.2 km/s, 67.0 km/s를 얻었다. 향점과 배점의 평균시선속도 값의 1σ 오차는 각각 ± 46.3 , ± 26.4 km/s으로 평균시선속도 값이 의미있는 값임을 판단할 수 있다. 그러나, 향점과 배점을 제외한 나머지 방향의 평균시선속도 값이 오차(1σ) 값에 비해 작게 나왔다. 이에 오차값을 제시하지 않았다. 그 이유는 집속속도를 알지 못하는 자료의 한계성으로 인해, 1) 행성상성운이 태양으로 접근하는지 멀어지는지의 경향성과 2) 접근하면 어느 방향에서 접근하는지 등의 경향성판을 언급할 수밖에 없는 이 연구의 한계성 때문이다.

우리은하내 행성상성운의 분포도

Fig. 3은 우리은하내의 행성상성운들을 은하면 위에서 보았을 때 분포도이다. 가로축은 X_{Gal} 방향 [은경이 $90^\circ \sim 270^\circ$]으로, (+)는 LSR에서 은경이 90° 방향을 (-)는 LSR에서 은경이 270° 방향을 의미한다. 세로축은 Y_{Gal} 방향으로 [은경이 $0^\circ \sim 180^\circ$], (+)는 LSR에서 은경이 180° 방향을 (-)는 LSR에서 은경이 0° 방향을 의미한다. 은하 중심(GC)은 세로축 (-)방향으로 8 kpc에 위치하고 있다. 태양은 좌표의 중심에 위치하고 있다. Fig. 3를 보면 태양에서 은하중심 부분쪽으로 특히 많은 행성상성운이 모여있는 것으로 나타나는데, 이는 은하중심부 방향에 대한 관측자의 관측 선택에 의한 선택적 효과로 보인다. GC 방향 너머에 있는 것처럼 보이는 행성상성운은 은하면에서

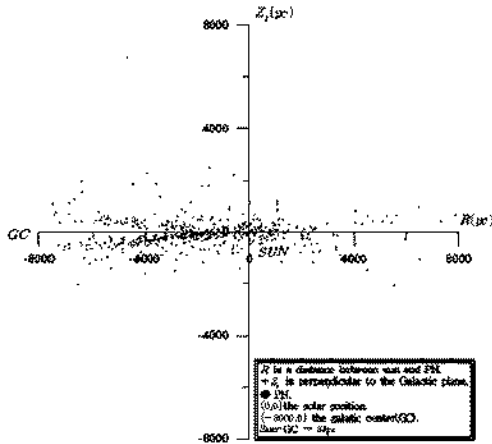


Fig. 4. PN distribution in R-Z.

비교적 멀리 떨어진 것으로, 즉 $z=400$ pc 이상의 높이의 중앙 팽대부의 행성상성운들로 투영되어서 보인 결과이다. 하지만 행성상성운이 이처럼 먼 곳까지 분포하기는 현실적으로 어려운데, 즉 팽대부에는 비교적 질량이 작고 붉은 별들로 이루어져 있는데, 이처럼 밝은 행성상성운이 되기 위한 질량이 큰 별이 존재하기는 어렵다. 이와같이 은하 중심부에 있는 행성상성운이 멀어 보이는 것은 행성상성운까지 구할 거리 값에 오차로 인해 실제보다 멀리 있는 것으로 판단되어졌을 가능성도 있다.

Fig. 4은 태양에서 행성상성운까지의 거리값 (R)를 구한 후 그 값을 가로축으로 두고, 행성상성운이 은하면으로부터 어느 위치인지 즉 Z 를 세로축으로 두어 행성상성운의 분포를 표시한 것이다. 태양은 좌표의 원점에 위치하고 있으며, 태양으로부터 가로축으로 (-방향) 8kpc 떨어진 지점에 우리은하 중심이 위치하고 있다. GC 주변을 보면 은하면 가까이에는 행성상성운이 존재하지 않음을 알 수 있는데, 이 이유는 성간소광으로 인해 행성상성운이 관측되지 않거나 제3세대인 행성상성운이 은하면에서 약간 떨어진 곳에만 분포하는 것으로 해석될 수 있다. GC 부분의 은하면에서 행성상성운이 분포하지 않는 이유를 은하 중심 근방의 티끌과 먼지에 의한 차폐현상이라고 한 후 소광각을 구하면, 약 5.7° 임을 알 수 있다. 일반적으로는 우리은하 원반의 소광각은 약 10° 정도로 알려져 있는데, 은하 중심지역은 이보다 작은 값을 보인다.

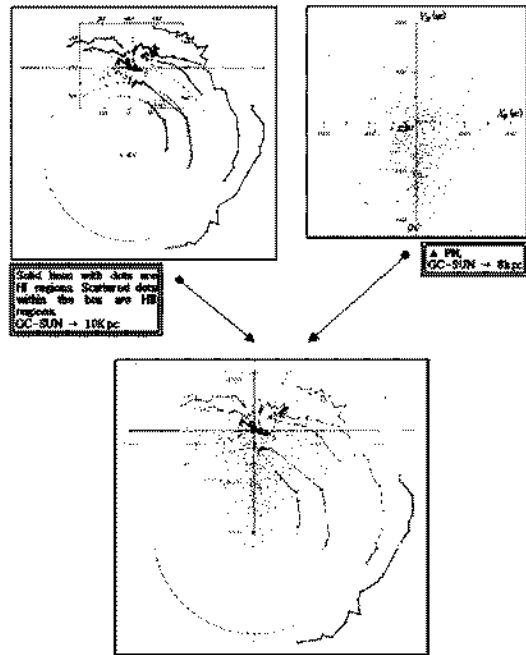


Fig. 5. PN distribution overlapped with HI Spiral arms.

우리은하 나선팔과의 중첩

은하면상에 분포된 행성상성운(분포)과 우리은하 근처에 위치한 나선팔과의 중첩한 결과는 다음의 Fig. 5와 같다. 우리는 두 개의 자료 즉, HI와 행성상성운의 자료를 중첩(overlap)하여 표시하였다. 위의 왼쪽 그림은 Weaver(1970)가 21 cm 관측으로 본 은하계 구조이며, 위의 오른쪽 그림은 ESO 카탈로그에서 관측된 행성상성운의 분포이며, 아래의 그림은 이 두 종류의 분포를 은하면 위에서 함께 본 그림이다. Weaver(1970)는 우리은하 중심과 태양까지의 거리를 10 kpc로 가정하여 나선팔의 분포를 나타내어, 우리는 은하중심에서 태양까지의 거리를 8 kpc로 가정하였기 때문에 중첩하는 과정에서 축척(scale)을 10 kpc로 조정하였다. 행성상성운의 분포가 우리은하내의 나선팔의 위치와 어느 정도 일치하는 것을 알 수 있다. 우리은하는 진화함에 따라 다양한 종족(세대)의 전체가 생성되어 나타나는데 나선팔 부근에서 최근 생성된 제 5세대 전체, 태양과 같은 제 4세대 전체들, 그리고 제 3세대로 별의 잔해물인 행성상성운들이다. 중첩된 그림을 보면, 제 4세대 별인 태양에서

가까운 곳인 1.5 kpc 주변에는 제 5세대 별들보다 행성상성운들이 더욱 많이 분포함을 알 수 있다. 또한 제 4세대 태양의 회전방향(시계방향)의 앞쪽에 제 3세대의 행성상성운이 더 많이 분포함을 알 수 있다. 현재 태양의 위치는 나선관의 오른쪽으로 나선관보다 앞에 있다. 일반적으로 나중에 형성된 즉 나선관을 이루는 제 5세대 천체들의 회전속도의 수평성분은 제 4세대 별인 태양보다 빠르다. 반면 나선관과 같은 밀집된 분포를 보이지 않지만 우리 태양의 앞쪽에 위치한 제 3세대 별인 행성상성운의 회전속도(수직 성분속도를 제외한 수평성분)는 반만 느리다. 이러한 속도 차이와 다른 세대의 별들의 분포의 규칙성이 태양계를 이루고 있는 전체의 중력에 영향을 줄 수 있는 가능성이 있다.

결론 및 토의

우리은하 중심에 대한 별들의 운동은 3성분 (J , X , Z)으로 분해할 수 있다. 그 예로, 태양은 LSR에 대하여 (J , X , Z) = (-10.4 km/s, 14.8 km/s, 7.3 km/s)의 속도로 움직인다(Zeilik et al., 1992). 우리는 지금까지 관측된 모든 행성상성운 중 거리가 구해진 행성상성운의 우리은하내 위치 및 분포를 위의 세 성분으로 나눈 후 분포들을 통계적으로 분석하여 나선관과 같은 특징적인 형태로 분포하고 있는지를 조사하였다.

우리은하내의 행성상성운의 분포상의 특성과 태양에 대한 시선속도의 은경에 대한 변화를 연구하였다. 행성상성운들의 은하면에 수직 방향 분포를 보면, 은하면 아래쪽에 약간 많은 수가 존재하지만, 원반중심부(은하면)에 특별히 많이 몰려 있지 않았다. 행성상성운들의 운동학적 특성을 보면 $l=0^\circ$, 180° , 270° 과 배심 방향에서 $\langle V \rangle = 15.1, 28.2, 21.5, 64.1$ km/s의 속도로 밀어지고 있었고, $l=90^\circ$ 과 항심 방향에서 $\langle V \rangle = 66.2, 69.0$ km/s의 속도로 다가오고 있었다. 즉 항심부근의 행성상성운들은 비교적 빠른 속도로 다가오고 있는 반면, 배심을 포함한 다른 방향 부근에서는 여러 속도로 분산되어 밀어지는 것을 알 수 있다. 이는 행성상성운 회전속도의 수평성분이 태양에 비해 상대적으로 느리며, 수직성분이 비교적 빠르다는 것을 알려준다. 또한, $R-Z$ 에 나타난 행성상성운의 분포를 보면, 우리은하 중심방향부근의 성간더플(dust)에 의해 은하면 주위 정도 구간에서 차폐됨을 알 수

있었다. 이러한 성간 소광에도 불구하고 은하 중심방향에서 많은 행성상성운이 발견되었는데 이는 전문학자들의 관심도에 따른 선택적 효과로 판단된다. 마지막으로, 행성상성운의 분포는 제 5세대 별들이 모인 나선관 같은 특징적인 규칙분포를 보이지 않았지만, 항심부근에 상대적으로 많은 수의 행성상성운들이 분포하고 있는데 이것이 선택적인 효과인지는 확인할 수 없었다. 거리를 비교적 정확히 측정할 수 있는 세페이드 변광성을 이용한 은하의 오프트 회전 곡선 자료에 의하면, $R < R_0$ 인 별들은 은하 중심둘레를 LSR 보다 빠르게 움직인 반만 먼 곳의 별들은 느리게 움직이고 있다(Zeilik et al., 1992). 우리의 연구에서는 행성상성운의 섭속속도 성분을 알 수가 없기 때문에 정량적으로 은하중심으로부터 거리에 따른 회전 곡선을 얻을 수는 없었다.

이 연구를 통해 행성상성운의 섭속속도를 파악할 수 없으므로 행성상성운의 실질적인 공간방향의 운동을 알 수는 없었지만, 시선속도를 통해 항심과 배심 등 원 운동 방향에 대해 행성상성운의 태양에 대한 운동학적 특성이 규칙작임을 알 수 있었다. 반일, 항심이나 은경이 90° 인 방향으로 2000 pc(Fig. 3) 거리에 있는 행성상성운이 태양을 향해, 앞에서 구한 시선속도 -66.2 km/s(Fig. 2)로 접근해온다면, 약 3천만년 후에는 태양계 근처를 지나게 될 것이다(또는 1000 pc로 가정하는 경우 1.5천만년 후에 태양근처를 지난). 이 연구에서 이용된 행성상성운은 실제로 존재하는 것보다 작은 일부분의 자료를 바탕으로 추정해 본 것이다. 앞으로 많은 관측 자료가 쌓이면 좀 더 확실한 결론에 도달하리라 생각된다. 이러한 결과가 서론에서 언급한 형성의 지구 충돌 현상과 어떠한 인관성이 있는지 알기 위해서는 더욱더 많은 관측 자료가 얻어져야 한다. 또한, 이 연구는 행성상성운의 공간상의 정확한 운동을 알기위해서 섭속속도를 파악해야하는 과제를 남기고 있다. 이론적으로 STScI Digitized Sky Survey에 나온 1950, 2000년의 영상을 비교하여, 직경과 직위 값의 변화를 구한 후 세차운동을 보정하여, 고유운동(μ) 값을 구할 수 있다. 이 고유운동 값에서 섭속속도를 구할 수 있는데, 이 과정에서 행성상성운이 별과 같은 실광원이 아니기 때문에 이 연구가 실행되기에는 큰 어려움이 존재한다. 이러한 어려움이 극복되면, 행성상성운의 자료가 우리은하의 역학적 진화연구 뿐만 아니라 지구의 천문학적 연구에도 대한 중요한 실마리를 제공하리라 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 (ARCSEC)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

참고문헌

한국지구과학회, 1998, 지구과학계원, 교학연구사, 서울, 783 p.
Acker, A., Ochsenbein, F., Stenholm, B., Tylenda, R., Marcout, J., & Schohn, C. 1992, Strasbourg-LSO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae (Geneva: LSO).
Grieve, R. A. F., 1987, Rev. Earth Planet. Sci., 15, 245.

Grieve, R. A. F., 1993, compilation of Crater Data obtainable on application to Grieve.
Grieve, R. A. F., & Pesonen, L. J., 1996, Earth, Moon, Planets, 357.
Seyfert, C. K. & Sirkin, L. A., 1979, Earth History and Plate Tectonics, New York : Harper & Row.
Shoemaker, E. M., 1998, Impact Cratering Through Geologic Time, JRASC, 92, 297.
Weaver, H., 1970, Spiral Structure of the Galaxy Derived from the Hat Creek Survey of Neutral Hydrogen, IAUS, 38, 126.
Zelik, M., Gregory, S. A. & Smith, L. V. P., 1992, Introductory astronomy and astrophysics, Saunders College Pub. USA, 395 p.

2005년 9월 1일 원고 접수
2005년 9월 23일 수정원고 접수
2005년 9월 29일 원고 채택