

경희대학교 망원경을 이용한 SL-9의 목성 충돌 후 충돌 흔적 진화 관측 연구¹

손동훈 · 송유미 · 이서구 · 진호 · 김갑성 · 김상준

경희대학교 천문대, 경희대학교 우주과학과

STUDY OF THE EVOLUTION OF SL-9 IMPACT SITES ON JUPITER WITH THE KYUNGHEE UNIVERSITY 30 INCH TELESCOPE

D. H. Son, Y. M. Song, S. G. Lee, H. Jin, K.-S. Kim, S. J. Kim

KyungHee Observatory, Department of Astronomy and Space Science, KyungHee University

email: dhson@khobs.kyunghee.ac.kr

(Received October 25, 1995; Accepted November 20, 1995)

요 약

경희대학교 천문대에서는 1994년 7월 17일부터 9월 3일에 걸쳐 CCD카메라와 R필터를 장착한 구경 76cm 광학 망원경을 이용하여 슈메이커-레비(SL-9)혜성의 목성 충돌 흔적을 관측하였다. 관측된 모든 화상 자료에 대하여 각 충돌 흔적을 가려내고, 충돌 흔적의 자전 주기와 이동 속도, 크기를 계산하였다. 그 결과 A, C, E, G, H, K, L, Q1, W, G그룹 등의 충돌 흔적이 관측되었음을 알았다. G, L충돌 흔적들을 통해 구한 System II에 대한 이동 속도는 $-8.0m/s$ 에서 $8.8m/s$ 의 값을 나타냈으며, 자전 주기는 $9^h55^m39.4^s \pm 34^s$ 였다. 비교적 큰 G와 L충돌 흔적의 길이는 최초 관측시 각각 $1.95 \times 10^4 km$, $2.20 \times 10^4 km$ 였다. 또한 충돌 흔적이 진화해 가는 모습을 통해 충돌 흔적의 분산에 대하여 조사하였다.

ABSTRACT

We observed SL-9 impact sites on Jupiter with a CCD and a R filter on the KyungHee University 30-inch telescope between July 17 and September 3, 1994. We identified impact sites of A, C, E, G, H, K, L, Q1, W and G-group. We calculated the moving velocity relative to System II and rotation period of the

¹본 연구는 한국천문대 연구비 지원과, 부분적으로 경희대학교 기초과학육성 특정 과제(UO 1464) 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

G, L sites to be from -8.0 to $8.8m/s$, and $9^h55^m39.4^s \pm 34^s$, respectively. The diameters of G and L sites in our first observation were 1.95×10^4km , and 2.20×10^4km , respectively. In particular, we investigated the evolution of the impact sites by calculating the diffusion rates of the impact clouds.

1. 서 론

1992년에 20여개의 조각으로 부서졌던 슈메이커-레비9 혜성이 1994년 7월 17일부터 22일에 걸쳐 목성에 충돌하는 대장관이 펼쳐졌다. 세계 여러 천문대의 지상 망원경은 물론 Hubble망원경을 비롯한 우주에 떠 있는 여러 관측 장비가 충돌 장면과 그 흔적을 관측하였다. 경희대학교 천문대에서도 SL-9의 목성 충돌 흔적을 7월에서 9월까지 두 달 남짓 관측하여 70여개의 화상을 얻었다. 구경 76cm Ritchey-Chretien방식의 카세그레인 망원경에 f/13.5의 부경과 R filter, CCD를 부착하여 관측하였다. CCD는 Thompson TH7883 모델로 384×576 의 pixel배열을 가지며, 각 pixel의 크기는 $23\mu m \times 23\mu m$ 이다. 관측시 노출시간은 주로 0.1초이고 최대 3초 정도였다.

표 1에 경희대학교 천문대에서 관측한 충돌 흔적별 관측 일수를 나타냈다. 그 후 목성을 관측할 수 없었다가 1995년 3월 이후 다시 관측을 실시하였다. 그러나 각각의 충돌 흔적은 찾아볼 수 없었고, 충돌 흔적들은 서로 합쳐져서 긴 검은 띠를 형성하고 있었다. 본 논문에서는 작년에 관측한 자료들 중에서 충돌 흔적이 잘 나타나 있는 것들만을 자료로 택하였다. 이러한 데이터를 통하여 각 충돌 흔적이 어떤 핵이 충돌한 흔적인가를 확인하고, 각 충돌 흔적별로 크기와 이동 속도, 분산 속도 등을 계산하였다.

표 1. 충돌 흔적별 관측 일수 (1994년).

그룹*	E	H	G	L	K
관측일수 (days)	5	6	7	7	6
충돌 흔적의 자전수(회)	89	87	88	85	86

* 전체 충돌흔적을 5개 group으로 분류하였음

E - E, F, T, V의 충돌지점 H - H의 충돌지점
 G - D, G, N, Q, R, S의 충돌지점 L - L의 충돌지점
 K - K, P, U, W의 충돌지점

2. 충돌 흔적의 구분

각 충돌 흔적이 어떤 핵에 의해 생긴 것인가를 구분하기 위해 처음에는 JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서 계산한 Time Table과 우리가 관측한 시간을 비교하였다. 후에 Internet을 통해 매릴랜드 대학에서 TRACKER라는 간단한 PC용 프로그램을 입수하여 쉽게 각 충돌 흔적을 판

별할 수 있었다. TRACKER는 사용자가 지정한 일시의 충돌 흔적과 위도·경도를 나타내 주며, 또한 분단위로 목성 자전 시뮬레이션을 보여주는 기능이 있다. 이때 위도는 Jovicentric이고, 경도는 System II이다. 이 프로그램은 Texas A&M이라는 곳에서 제작한 MS-DOS용의 free software로서, 우리는 1994년 8월에 배포된 Version 5.0을 사용하였다. 그림 1에 TRACKER를 실행시킨 화면을 보였다. 그 결과 거의 모든 관측 데이터에서 Image Processing을 거치지 않고도 A, C, E, G, H, K, L, Q1, W, G그룹 등의 충돌 흔적이 관측된 것으로 나타났다. 우리는 이러한 충돌 흔적들을 5개의 group, 즉 표 1과 같이 분류하였다. 표에서 '충돌 흔적의 자전수'는 관측 일수 동안 각 그룹의 충돌 흔적이 목성 자전과 함께 회전한 수를 말한다. D, R, S의 충돌 흔적은 G그룹에 포함되어 나타나 S만 조금 분별되고 각각의 정확한 구분은 불가능했다.

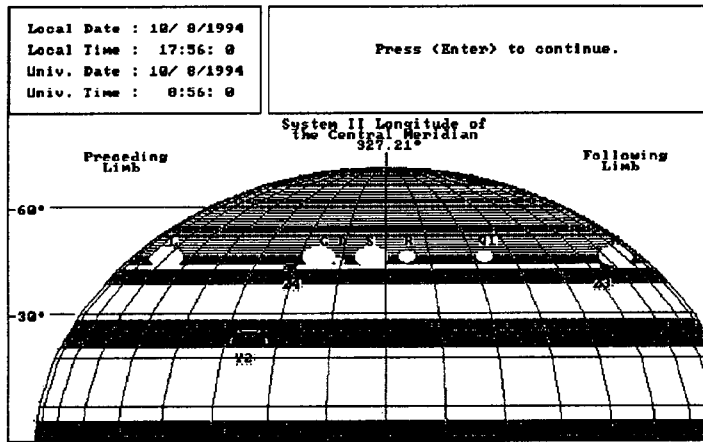


그림 1. TRACKER 5.0 실행 화면 (위쪽이 남쪽이므로 목성의 남반구를 보여주고 있다).

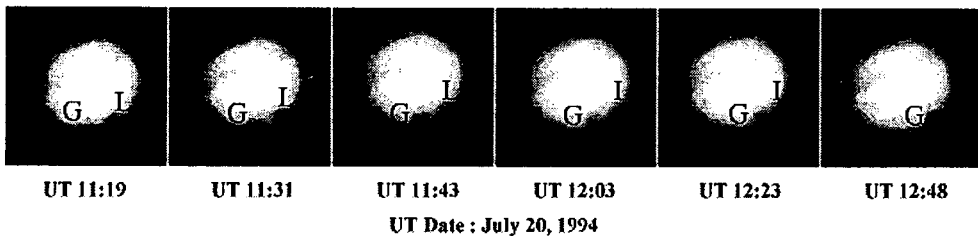


그림 2. G, L핵의 충돌 흔적.

3. 충돌 흔적의 이동 속도

그림 2는 7월 20일에 관측된 G, L 충돌 흔적 화상 중에서 6개를 나타낸 것이다. 화상을 통해 직접 목성 표면에서의 충돌 흔적 위치를 알 수 없어, TRACKER 프로그램상의 위치와 비교하여 위치를 추정하였다. TRACKER에서 예측한 충돌 시각과 충돌 지점의 위치가 맞다고 가정하고, 충돌 후 우리가 관측한 시각에서의 위치가 그 시각에 대한 TRACKER의 예상 위치와 차이가 나는 것을 이용하여 G, L 충돌 흔적의 이동 속도를 계산해 보았다.

우선 TRACKER상의 충돌 흔적 위치를 우리의 관측에서 나타나는 충돌 흔적의 위치와 동일하게 보이도록 하고 이때의 예상 시각과 우리의 관측 시간의 시간차를 구한다. 또한 이때의 Central Meridian과 우리의 관측시간일때의 예상 Central Meridian간의 차이를 통해, 예상 위치와 관측 위치간의 경도차를 알아냈다. 여기에서 구한 속도의 단위(경도차/시간)를 mks단위계로 변환하기 위해서 목성 위도 44° 표면에서의 경도 1°에 해당하는 길이를 다음과 같이 구하였다.

충돌 흔적이 나타나는 곳은 목성의 위도 -44°부근이므로 -44° 단면에서의 목성 반경을 x_1 이라 할 때 이 지점의 목성 둘레 길이는 다음과 같다 (그림 3).

$$L = 2\pi x_1$$

L 을 구하기 위해 다음 식들을 이용했다. 여기서 목성의 적도 반경 $a = 71398km$, 극반경 $b = 66,770km$ (R. Smoluchowski 1976), 위도 $\theta = 44^\circ$ 이다.

$$\frac{x_1^2}{a^2} + \frac{y_1^2}{b^2} = 1$$

$$x_1 = r_1 \cos \theta$$

$$y_1 = r_1 \sin \theta$$

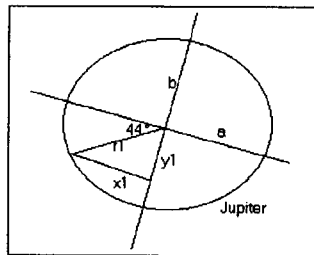


그림 3. 목성의 44°S부근 둘레 길이 계산.

위의 식들을 통해 $L = 312,080km$ 로 계산되었다. 그러므로 -44°부근에서의 경도 1° 차이는 867km이다. 이러한 결과들을 이용해 충돌 흔적의 자전 속도를 계산한 결과를 표 2에 나타냈다.

표 2. 충돌 흔적의 이동 속도 및 자전 주기 계산.

관측시각 (UT)	관측시각에 대한 TRACKER의 예상 Central Meridian	관측위치와 동일한 위치를 보일 때 TRACKER의 예상		경도차/시간	목성자전을 포함한 이동속도 [km/s]	System II 에 대한 이동속도 [m/s]	System III 에 대한 이동속도 [m/s]
		시각 (UT)	Central Meridian				
11:19	288.57°	10:50	271.05°	17.52°/26분	8.7298	-1.9	-5.1
11:31	295.82°	11:21	289.78°	6.04°/10분	8.7278	-3.9	-6.6
11:43	303.07°	11:51	307.91°	4.84°/8분	8.7423	10.6	7.9
12:03	315.16°	11:59	312.74°	2.42°/4분	8.7423	10.6	7.9
12:23	327.24°	12:30	331.47°	4.23°/7분	8.7319	0.2	-2.5
12:48	342.35°	12:54	345.97°	3.62°/6분	8.7182	-13.5	-16.2
평균치					8.7321km/s ±8.4m/s	0.4m/s ±8.4m/s	-2.4m/s ±8.4m/s

자전 속도 $v = 8.7321km/s \pm 8.4m/s$ 와 L 을 이용해 충돌 흔적이 목성 표면을 따라 회전하는 주기($P = L/v$)를 계산한 결과 충돌 흔적의 자전 주기는 $9^h55^m39.4^s \pm 34^s$ 로 나왔다.

여기서 구한 자전 속도는 충돌 흔적의 이동 속도에 목성 자전 속도가 포함되어 있는 양이므로 목성 자체의 자전 속도를 뺀 충돌 흔적만의 이동 속도를 구하기 위해 IAU System II ($9^h55^m40.63^s$)와 System III ($9^h55^m29.71^s$)의 자전주기를 이용하였다. 각각의 자전 주기와 위에서 구한 L 값을 이용하여 계산한 목성의 -44° 부근 자전 속도는 각각 $8.7317km/s$ 와 $8.7344km/s$ 이다. 그러므로 목성 자전 속도를 뺀 충돌 흔적의 이동 속도는 System II에 대해서는 $-8.0 \sim 8.8m/s$, System III에 대해서는 $-10.8 \sim 6.0m/s$ 로 나타났다.

Conrath et al. (1990)의 대기 모델에 의하면 목성 성층권 바람 속도는 대류권 바람 속도의 1/10이상으로 느리다고 한다. 이를 확인하고자 성층권에 위치한 충돌 흔적의 이동 속도와 -44° 부근 대류권의 이동 속도를 비교해 보았다. -44° 부근 대류권(SSTZ)의 System III에 대한 연간 평균 Zonal Velocity $+6.2m/s$ (Smith & Hunt 1976)와 비교하면 충돌 흔적의 이동 속도는 $0.2 \sim 17.0m/s$ 느리다.

4. 충돌 흔적의 크기

관측된 화상 자료에서 충돌 흔적이 차지하는 pixel수를 알아내고, 삼각 시차법을 이용하여 충돌 흔적의 크기를 구해 보았다. 경희대학교 천문대에 설치된 CCD는 384×576 개의 pixel배열을 가지며, 한 pixel당 $0''.46$ 의 시직경을 나타낸다. 이를 토대로 우선 image화면에 나타나는 충돌 흔적의 좌표를 통해 pixel수를 알아냈다. 이것을 시직경으로 바꾼 뒤, 해당 관측일의 목성거리를 곱하여 충돌 흔적의 크기를 구하였다. 관측된 크기에서 목성곡면에 의한 효과를 보정하기 위해 $\cos \theta$

를 나누어 실제 목성표면에서의 크기를 구하였다. 즉 충돌 흔적이 차지하는 pixel수를 N , 목성까지 거리를 r , $1'' = 4.848 \times 10^{-6} \text{rad}$, 충돌 흔적의 위치와 System II Central Meridian과의 경도차 또는 적도와의 위도 차이를 θ 라고 할 때 충돌 흔적의 크기 R 은 다음과 같은 근사치 계산을 하였다. 충돌 흔적이 차지하는 표면적은 목성 전체 표면에 비해 충분히 적은 양이므로 그 곡률은 매우 작기 때문에, 충돌 흔적의 곡면 길이를 직선 길이로 근사하였을 때의 오차는 충분히 작다.

$$R = 0.46 \times 4.848 \times 10^{-6} \times N \times r / \cos \theta$$

목성 거리는 SkyCalc라는 공개용 PC프로그램(ver1.0, Computer Assist사 제작 1988)을 이용해 관측된 날짜에 해당하는 값을 얻었다. 경희대학교 천문대에서 자체 제작하여 CCD 영상 관측용으로 사용하고 있는 프로그램(KH CCD)에서는 그림 4와 같이 Line_P메뉴를 이용하여 커서가 위치하고 있는 pixel의 좌표값을 알 수 있다 (진 호 1995). 그러므로 충돌 흔적의 양 끝 좌표를 구하면 충돌 흔적이 차지하는 pixel수를 이용하여 그 실제 크기를 구할 수 있다.

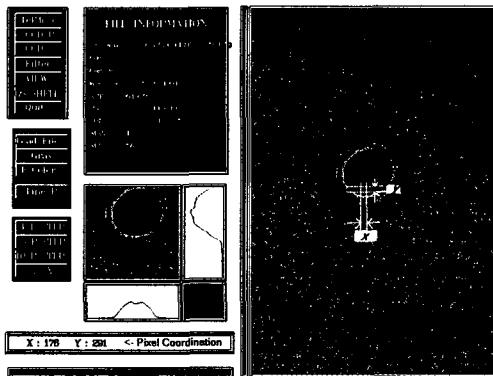


그림 4. KH CCD에서의 충돌 흔적의 좌표.

표 3은 관측된 화상 자료 중에서 충돌 흔적이 잘 나타나 있는 것들을 고른 후 각 충돌 흔적의 크기를 계산한 것이다. 충돌 흔적의 양 끝 좌표를 얻고 이 좌표값 차이, 즉 충돌 흔적이 차지하는 pixel수를 이용하여 image상의 수평 방향(길이)과 수직 방향(폭)으로의 크기를 계산하는 과정을 나타낸다. 표 4는 각 충돌 흔적에 대해 경희대 천문대에서 우리가 처음 관측했던 날의 크기를 평균한 결과를 나타낸다. G와 L핵의 경우를 예로 들면, 표 3에 나타난 것처럼 처음 관측된 날은 7월 20일이고 이 날짜에 얻은 자료를 통해 계산된 크기가 나와 있다. 이 크기들을 평균한 결과가 표 4이다. 그림 5는 각 충돌 흔적의 크기 비교를 위해 표 4를 그래프로 나타낸 것이다.

이 방법은 목성의 자전축 경사와 황도면에서의 지구에 대한 상대적 기울기 등을 고려하지 않았지만 이들을 무시함으로써 발생하는 오차는 무시할 만큼 작다. 단지 목성곡면에 대한 효과만을 고려하여 image상에 나타난 수평, 수직 방향에 대한 크기를 계산하였다. 이 계산 방법의 오차를

표 3. 층들 흔적 크기 계산.

날짜	시간 (KST)	목성거리 [AU]	층들핵	pixel수		보정된 크기 [$10^4 km$]	
				가로축	세로축	가로크기	세로크기
7/18	22:30:12	5.156	E	5	4	0.88	0.94
7/19	21:45:41	5.171	K	9	8	1.59	1.92
			C	2	4	0.49	0.94
7/20	20:19:22	5.185	G	11	9	2.07	2.16
			L	10	10	1.86	2.40
	G		10	10	1.80	2.40	
	L		11	10	2.18	2.40	
	20:43:01		G	11	11	1.92	2.64
			L	10	11	2.14	2.64
	21:03:05		G	11	10	1.91	2.40
			L	10	10	2.60	2.40
	21:23:50		G	11	10	1.97	2.40
	21:48:26		G	10	10	2.01	2.40
7/22	21:16:47	5.216	L	14	11	2.44	2.66
	21:39:21		L	14	10	2.47	2.42
	21:57:52		L	13	10	2.42	2.42
			G	12	10	2.28	2.42
7/23	20:13:23	5.231	H	8	8	1.45	1.94
			Q1	7	6	1.35	1.46
	21:19:46		E	7	9	1.35	2.15
			H	7	8	1.33	1.94
	22:10:29		A	4	5	1.20	1.19
			E	6	7	1.21	1.67
7/24	21:25:35	5.247	W	9	7	1.58	1.70
			K	10	8	1.76	1.95
7/30	20:29:57	5.339	H	6	6	1.31	1.49
			Q1	11	9	1.97	2.23
8/3	20:00:01	5.400	L	14	9	3.79	2.25
			W	10	8	1.81	2.00
			K	10	10	1.87	2.50
	21:02:08		G	13	9	4.14	2.25
			L	14	11	2.57	2.75
8/5	21:33:09	5.431	L	14	10	4.12	2.52
			W	12	10	2.18	2.52
			K	12	11	2.22	2.77
8/8	21:21:59	5.477	(R+)S*	10	9	2.04	2.29
			G(+D)*	14	8	2.63	2.03
			L	15	10	3.21	2.54

* S와 G에 각각 R, D가 붙어 보임

표 4. 충돌 흔적의 초기 크기 비교 (경희대에서 처음 관측한 날의 평균 크기).

충돌 흔적		A	C	E	G	H	K	L	Q1	W
평균크기	length	1.20	0.49	0.88	1.95	1.39	1.59	2.20	1.35	1.58
[$10^4 km$]	width	1.19	0.94	0.94	2.40	1.94	1.92	2.46	1.46	1.70

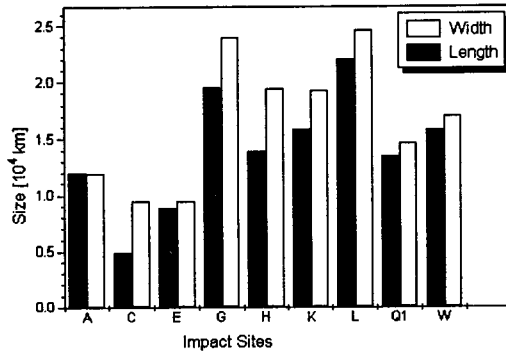


그림 5. 충돌 흔적 크기 비교 그래프.

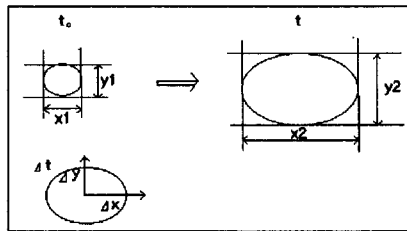


그림 6. 충돌 흔적의 분산

알아보기 위해 7월 17일에 관측된 자료를 토대로 목성의 전체 크기를 구해 보았다. 그 결과 목성의 적도 반경이 $7.25 \times 10^4 km$ 로 나왔다. 이것을 역서(한국천문대 1994)에 나온 값 ($7.15 \times 10^4 km$)과 비교하여 1.40%의 오차를 얻었다. 그러므로 우리가 구한 G핵의 길이($1.95 \times 10^4 km$)는 목성 적도 반경의 27.27%나 되는 크기이고, 그 불확정성은 $\pm 1.40\%$ 이다.

5. 충돌 흔적의 분산

SL-9의 목성 충돌 후 충돌 흔적의 진화 과정을 두 달 동안 관측한 결과, 충돌 흔적의 크기와 모양이 변화하는 것을 볼 수 있었다. 시간이 지날수록 분산으로 인하여 충돌 흔적끼리 합쳐지거

표 5. 충돌 흔적의 분산 속도.

충돌흔적	일시	크기[$10^4 km$]		크기변화 [$10^4 km$]		시간변화[sec]	분산속도[m/s]	
		수평	수직	수평	수직		수평	수직
E	7/18 22:30:12	0.88	0.94					
	7/23 22:10:29	1.21	1.67	0.33	0.73	430817	3.83	8.47
G	7/20*20:58:10	1.95	2.40					
	7/22 21:57:52	2.28	2.42	0.33	0.02	176382	9.35	0.57
	8/3 21:02:08	4.14	2.25	1.86	-0.17	1033456	9.00	-0.82
	8/8 21:21:59	2.63	2.03	-1.51	-0.22	433191	-17.43	-2.54
H	7/23 20:13:23	1.45	1.94					
	7/30 20:29:57	1.31	1.49	-0.14	-0.45	605794	-1.16	-3.71
K	7/19 21:45:41	1.59	1.92					
	7/24 21:25:35	1.76	1.95	0.17	0.03	430794	1.97	0.35
	8/3 20:00:01	1.87	2.50	0.11	0.55	858866	0.64	3.20
	8/5 21:33:09	2.22	2.77	0.35	0.27	178388	9.81	7.57
L	7/20*20:58:10	2.20	2.46					
	7/22*21:38:00	2.44	2.50	0.24	0.04	175190	6.85	1.14
	8/3 *20:31:06	2.18	2.50	0.74	0	1119186	3.31	0
	8/5 21:33:09	4.12	2.52	0.94	0.02	176523	26.63	0.57
	8/8 21:21:59	3.21	2.54	-0.91	0.02	258530	-17.60	0.39
Q1	7/23 20:13:23	1.35	1.46					
	7/30 20:29:57	1.97	2.23	0.62	0.77	605794	5.12	6.36
W	7/24 21:25:35	1.58	1.70					
	8/3 20:00:01	1.81	2.00	0.23	0.30	858866	1.34	1.75
	8/5 21:33:09	2.18	2.52	0.37	0.52	178388	10.37	14.57

*표시는 각 충돌 흔적에 대하여 표 3에서 쓰인 데이터가 해당 일시에 여러개 인 경우, 관측된 시간을 평균한 것임.

나 희미한 충돌 흔적은 더이상 보이지 않게 되는 것을 관측하였다. 이처럼 충돌 흔적이 시간에 따라 진화해 가는 모습을 통해 분산 속도 계산을 시도하였다.

그림 6에 나타난 것처럼 충돌 흔적이 시간 t_0 에서 길이가 x_1 , 폭이 y_1 이었던 것이 시간 t 에서는 x_2 , y_2 로 나타났다고 가정한다. 중심에서 한쪽 방향으로 분산되는 속도를 알기 위해 길이 변화 ($\Delta x = (x_2 - x_1)/2$), 폭 변화 ($\Delta y = (y_2 - y_1)/2$), 시간 변화 ($\Delta t = t - t_0$)를 구한다. 그러면 수평 방향으로의 분산 속도 V_{\parallel} 과 수직 방향으로의 분산 속도 V_{\perp} 은 다음 식으로 얻을 수 있다.

$$V_{\parallel} = \Delta x / \Delta t$$

$$V_{\perp} = \Delta y / \Delta t$$

분산이 중심에 대하여 대칭으로 일어난다고 가정하고, 위의 과정으로 두 방향으로의 분산 속도를 계산하였다. 표 5는 앞서의 크기 계산 결과를 이용해 각 충돌 흔적에 대하여 분류한 후, 크기 변화와 시간 변화를 통해 분산 속도를 계산한 것이다.

표 6. 분산 속도 비교.

충돌흔적	충돌일	관측일	비교일	분산속도[m/s]		비고
				수평	수직	
E	7/17	7/18	7/18 ~ 7/23	3.83	8.47	E
G	7/18	7/20	7/20 ~ 7/22	9.35	0.57	G1
			7/22 ~ 8/3	9.00	-0.82	G2
			8/3 ~ 8/8	-17.43	-2.54	G3
H	7/19	7/23	7/23 ~ 7/30	-1.16	-3.71	H
K	7/19	7/19	7/19 ~ 7/24	1.97	0.35	K1
			7/24 ~ 8/3	0.64	3.20	K2
			8/3 ~ 8/5	9.81	7.57	K3
L	7/20	7/20	7/20 ~ 7/22	6.85	1.14	L1
			7/22 ~ 8/3	3.31	0	L2
			8/3 ~ 8/5	26.63	0.57	L3
			8/5 ~ 8/8	-17.60	0.39	L4
Q1	7/21	7/23	7/23 ~ 7/30	5.12	6.36	Q1
W	7/22	7/24	7/24 ~ 8/3	1.34	1.75	W1
			8/3 ~ 8/5	10.37	14.57	W2

표 6은 표 5에서 계산된 분산 속도와 충돌 핵이 목성에 충돌한 날짜, 그리고 우리가 그 충돌 흔적을 처음 관측한 날짜를 함께 보인 것이다. 비교란을 보면 G, K, L, W의 경우 각 비교일에 대한 index가 부여되었다. 이것은 한 충돌 흔적에 대해 비교일이 여러개인 경우 각각을 구분하기 위해 임의로 붙인 것이다.

그림 7은 수평 방향의 길이와 수직 방향으로의 폭 변화에 따른 분산 속도를 그래프로 나타낸 것이다. 한 충돌 흔적에 대해 연속적인 변화를 나타낸 것이 아니라 비교 데이터가 적어 E는 1개, G는 2개, L은 4개만 나타나 있다. 이는 표 6에서 부여된 index로 구분되어 있다. 처음 크기 계산을 시작할 때 image가 비교적 좋은 것들만 골라 데이터로 택하여 계산을 해 나갔기 때문에 연속적이고 자세한 중간 과정은 알 수 없었다.

그림 7에서 길이 변화에 대한 분산 속도에서는 규칙적인 모습을 볼 수 없었다. 그러나 폭 변화에 따른 분산 속도 그래프에서는 어느 정도 규칙적인 모습을 볼 수 있었다. 분산 속도의 절대치만을 고려할 때 G, K, W 충돌 흔적의 경우는 시간이 지날 수록 분산량이 커져 갔다. 즉 시간이 지날 수록 더욱 빨리 분산되어 갔다고 볼 수 있다. 이와 반대로 L 충돌 흔적의 경우는 분산량이 감소해 가는 것으로 나타났다. 이와 같은 관측 결과가 목성 표면에서 실제로 일어난 사건과 부합된다면, 무엇이 제일 큰 L 충돌 흔적의 분산에는 제동을 걸고 L에 비해 비교적 작은 다른 충돌 흔적의 분산은 증가시켰는가에 대한 의문이 남는다. 분산 속도의 부호가 -인 것은 충돌 흔적의 계속적인 팽창에 의해 점차 충돌 흔적 주변이 분산되어 없어져, 우리에게 관측되는 부분이 줄어든 결과이다.

전체 관측일수 동안 분산이 일정하게 일어났다고 가정하면(즉, 분산 속도들을 평균하면), H

충돌 흔적의 분산 속도 크기는 관측화상에서의 동-서 방향으로 1.16m/s, 남-북 방향으로 3.71m/s이고, L충돌 흔적의 경우는 동-서 방향으로 4.4 ~ 22.8m/s, 남-북 방향으로 -0.06 ~ 0.76m/s이다. Hammel et al. (1995)의 결과에 의하면 H site의 북쪽은 약 10m/s, 남쪽은 0.25 ~ 0.5m/s로 나타났으며, L site의 분산은 북쪽 방향으로 30m/s, 남쪽 방향으로 40m/s이다.

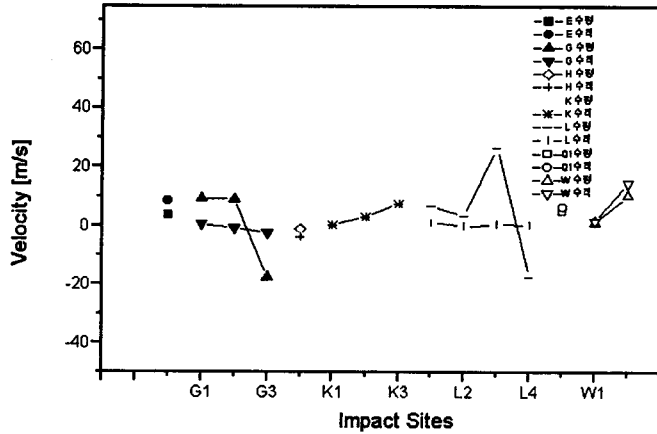


그림 7. 충돌 흔적의 분산 속도.

Hammel et al. (1995)의 결과는 HST화상을 통해 얻어진 결과로서, 사용한 filter로는 H충돌 흔적의 경우 F410M(409.04nm)였고 L충돌 흔적의 경우는 889nm와 410nm filter를 사용하였다. 이에 반하여 우리의 관측은 모든 충돌 흔적에 대해 R filter만을 사용하였다. 또한 Hammel et al. (1995)의 결과는 목성 자체에 대한 동-서 또는 남-북 방향에 대하여 계산한 것이고, 우리의 결과는 단지 관측 화상에서 수평축을 동-서 방향으로, 수직축을 남-북 방향으로 정하고 충돌 흔적의 크기와 분산이 중심으로부터 대칭적으로 일어난다고 가정하여 분산을 계산하였다. 마지막으로 해상도의 차이로 인해 HST에서 관측되는 충돌 흔적 주변의 희미한 부분이나 미세한 구조 등은 볼 수 없었다. 이러한 원인들로 인하여 우리의 결과가 Hammel et al. (1995)의 결과와 차이가 났다고 생각된다.

6. 결론

경희대학교 천문대의 관측을 통하여 A, C, E, G, H, L, Q1, W, G그룹 등의 충돌 흔적을 확인할 수 있었다. G, L충돌 흔적들을 통하여 구한 System II에 대한 이동 속도는 -8.0 ~ 8.8m/s, 자전 주기는 $9^h 55^m 39.4^s \pm 34^s$ 로 나왔다. CCD image에서 충돌 흔적이 차지하는 pixel수를 이

용하여 충돌 흔적의 크기를 계산한 결과, 다른 충돌 흔적에 비하여 비교적 큰 G와 L충돌 흔적의 길이는 최초 관측시 각각 $1.95 \times 10^4 km$, $2.20 \times 10^4 km$ 였다. 전체 관측일수 동안 분산이 일정하게 일어났다고 가정하면, H 충돌 흔적의 분산 속도 크기는 관측화상에서의 동-서 방향으로는 $1.16m/s$, 남-북 방향으로는 $3.71m/s$ 이고, L충돌 흔적의 경우는 동-서 방향으로 $4.4 \sim 22.8m/s$, 남-북 방향으로 $-0.06 \sim 0.76m/s$ 였다.

감사의 글: TRACKER에 대한 정보를 주신 한국천문대의 김봉규 연구원께 감사를 드립니다. 또한 이 논문을 읽고 여러 가지 문제점을 지적하여 주신 심사위원들께도 감사드립니다.

참고문헌

- 역서 1994, 한국천문대, 101
 진 호 1995, 석사학위논문
 Conrath, B. J., Gierasch, P. J. & Leroy, S. S. 1990, ICARUS, 83, p.255
 Hammel, H. B., Beebe, R. F., Ingersoll, A. P., Orton, G. S., Mills, J. R., Simon, A. A., Chodas, P., Clarke, J. T., De Jong, E., Dowling, T. E., Harrington, J., Huber, L. F., Karkoschka, E., Santori, C. M., Toigo, A., Yeomans, D. & West, R. A. 1995, Science, 267, p.1293
 Smith, B. A. & Hunt, G. E. 1976, Jupiter edited by T. Gehrels, p.564
 Smoluchowski, R. 1976, Jupiter edited by T. Gehrels, 20