

미디안 필터링을 이용한 혜성의 이미지 처리기법
IMAGE PROCESSING TECHNIC USING MEDIAN FILTERING FOR COMET

박영식, 이충욱, 진호, 박장현, 한원용
한국천문연구원

Y.-S. PARK, C.-U. LEE, H. JIN, J.-H. PARK, AND W.-Y. HAN
Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea
E-mail: parkys@kasi.re.kr

(Received December 3, 2007; Accepted December 15, 2007)

ABSTRACT

The detection and measurement of faint features in cometary image is generally troublesome due to the high value of the ratio of the brightness of the nucleus to the tail, the large size and low surface brightness of the coma and tail and the disturbing presence of field stars trails. The image processing is based on background removal by median filtering. Sample results are shown for the case study of comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3.

Key words: image process, median filtering, comet

1. 서론

일반적으로 혜성은 지상관측으로 중심의 핵은 보이지 않고, 핵에서 분출된 물질들이 핵을 둘러싸고 있는 가상핵(pseudo nucleus)이 보이고, 가상핵 주변을 둘러싸고 있는 코마와 태양풍에 의해 생긴 꼬리가 그 주된 형태가 된다. 코마와 꼬리 등에 가려져서 지상에서는 가상핵과 핵에서 분출하는 제트 등의 현상도 직접 관측하기 어렵다. 다만 허블 우주망원경으로 관측한 혜성들을 보면 코마 중심부의 가상핵과, 핵에서 방출되는 활발한 제트 활동도 직접 관측이 되는 것을 볼 수 있다. 또한 최근 Fuse et al. (2007)에 의하면 지상의 대형 망원경 (Subaru) 으로 73P/Schwassmann-Wachmann 3(이하 SW3) 혜성의 B 조각에서 54개의 작은 혜성 조각들을 검출한 것을 볼 수 있다.

SW3 혜성은 1930년 독일의 Bergedorf 천문대의 Schwassmann과 Wachmann에 의해 발견되었으며 (Belyaev et al., 1986) 주기는 5.3년이며 목성족 혜성이다. 1930년 혜성이 지구에 0.0565AU로 가까이 접근했을 때 핵의 모양이 타원형으로 늘어나 있는 것을 발견했고, 1989년 Sekanina (1989)는 모양 자체가 핵이 조각났다는 것의 충분한 증거가 되지 않는다고 하였다. 1995년 12월 ESO La Silla에 있는 3.6m 와 NTT를 사용하여 Boehnhardt 와 Karl (1995)이 관측으로 핵이 조각난 것을 처음 확인하였다.

Boehnhardt 와 Birkle (1994), Lara et al. (2006), Fandez-Abans 와 Oliveira-Abans (1998) 등에 의해

미디안 필터링 뿐만 아니라 라플라시안 필터링 등에 대한 연구가 진행되었으며, 이와 같은 영상 처리 방법을 통해 코마와 꼬리 등에 가려진 혜성내부의 활동영역(제트, 물질 분출)을 검출하고 있다. 영상 처리를 통해 혜성 내부의 활동영역을 검출하게 되면, 혜성의 자전속도, 물질 분출율, 제트의 변화 등을 연구할 수 있다.

이 연구에서는 국내-외의 소형(~2m 내외) 망원경을 이용하여 관측한 영상을 가지고 미디안 필터링 처리를 통하여 코마 등에 가려진 혜성의 내부 구조 검출의 가능성에 대해 기술하고자 한다.

2. 관측 및 자료처리

SW3 혜성의 관측은 2006년 5월 10일 미국 애리조나에 있는 레몬산 천문대 1M 망원경과, FLI 2Kx2K CCD, Johnson *B, V, R* 필터를 이용하여 관측을 하였다. 관측당시 혜성은 지구와 0.08AU정도의 거리에 있어서 천구상의 이동속도가 빨랐기 때문에, 항성시 추적 속도에 혜성의 적경/적위 이동속도를 보정하면서 관측을 해야 한다. 이렇게 관측을 하게 되면 혜성은 이동이 없이 찍히게 되며, 별은 혜성의 이동 방향대로 직선으로 움직임이 나타난다. 관측 당시 SW3 B 조각의 경우 $\Delta\alpha \sim +0.281$ arcsec/s, $\Delta\delta \sim -0.067$ arcsec/s의 속도로 천구상에서 이동을 하고 있었기 때문에, 그 속도를 보정하면서 관측을 수행 하였다. SW3 조각 중에 큰 조각 두개인 B, C 조각을 관측하였다.

관측한 영상처리는 IRAF를 이용하여 처리하였으며,

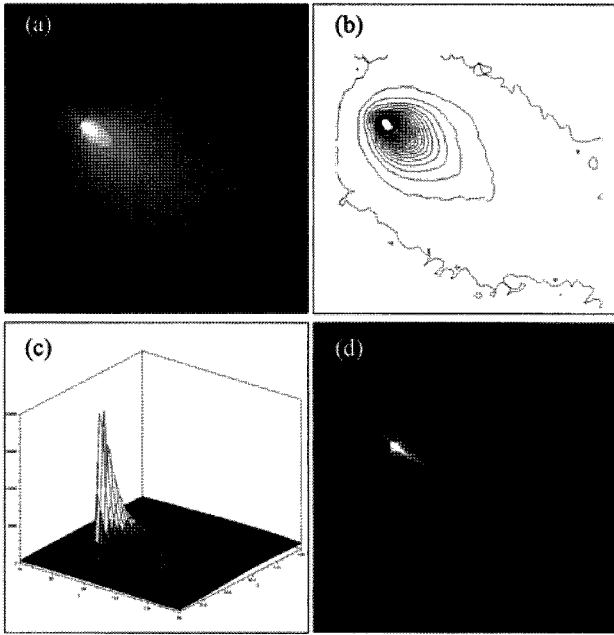


그림 1. 각종 영상 처리방법의 예

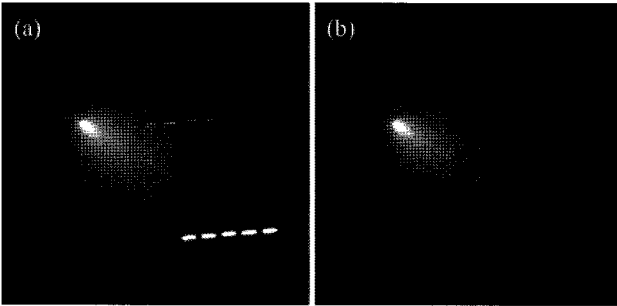


그림 2. 평균합성과 미디안 합성의 예

전처리 과정을 거친 영상들은 각각 S/N 비를 높이기 위하여 필터별로 미디안 합성을 하여 미디안 필터링을 적용하였다.

3. 미디안 필터링과 SW3혜성

3.1 미디안 필터링

은하나 혜성 등의 내부 구조들을 검출하기 위하여 전처리만을 거친 영상 처리방법으로는 검출이 어렵다. 표면 밝기 등의 분포를 알아보기 위해 등고선 맵을 그려보거나 3차원 맵을 그려볼 수는 있으나, 실제 내부에 가려진 미세한 구조들을 직접 볼 수는 없다. 그림 1은

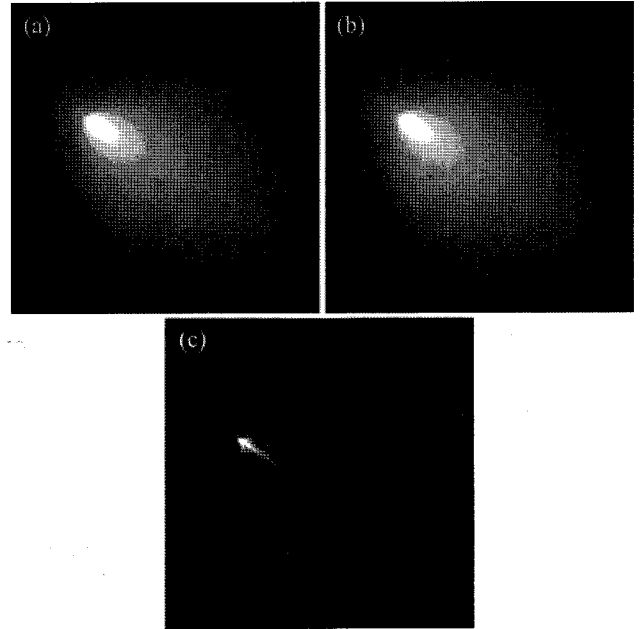


그림 3. (a)는 미디안 합성한 영상, (b)는 11x11 픽셀로 미디안 필터링한 영상, (c)는 (a)영상에서 (b)영상을 뺀 잔차 영상.

SW3 B조각의 영상으로 (a)는 기본영상, (b)는 등고선 맵, (c)는 3차원 맵, (d)는 미디안 필터링을 적용한 영상의 예이다.

미디안 필터링을 적용하기 위해 S/N비를 높이기 위한 방법으로 영상을 여러 장 합성하게 된다. 혜성의 경우 적경/적위 방향으로 이동하는 속도에 따라 보정을 하면서 관측하기 때문에, 평균 합성 방법으로 합성할 경우 그림 2의 (a)처럼 배경의 별들이 그대로 나타나게 된다. 이 영상에 미디안 필터링을 적용 하게 되면, 별들의 성분이 그대로 배경의 잡음 성분으로 작용하기 때문에, 그림 2의 (b)처럼 미디안으로 합성을을 하면 배경의 별들이 사라지게 된다.

미디안 필터링의 원리는, 그림 3에서 전처리를 거치고 여러 장의 영상을 미디안 합성한 영상은 (a), 11x11 미디안 필터링을 거친 영상은 (b), (a)영상에서 (b)영상을 빼고 남은 잔차 영상이 (c)가 된다. 여기서 11x11은 미디안 값을 취하는 박스 크기가 되는데, 미디안 필터링을 적용하는 혜성의 코마 크기에 따라 조금씩 변화를 주며 적용할 수 있다.

그림 4는 SW3 B조각에 미디안 필터링을 적용했을 때 미디안 박스 크기에 따라 달라지는 잔차 영상의 차이를 보여주고 있다. 각기 다른 크기의 미디안 박스를 적용했을 때의 결과이다. 미디안 박스 크기가 작을 때에는, 코마 내부에서 제트가 분출하는 모습이 보이는

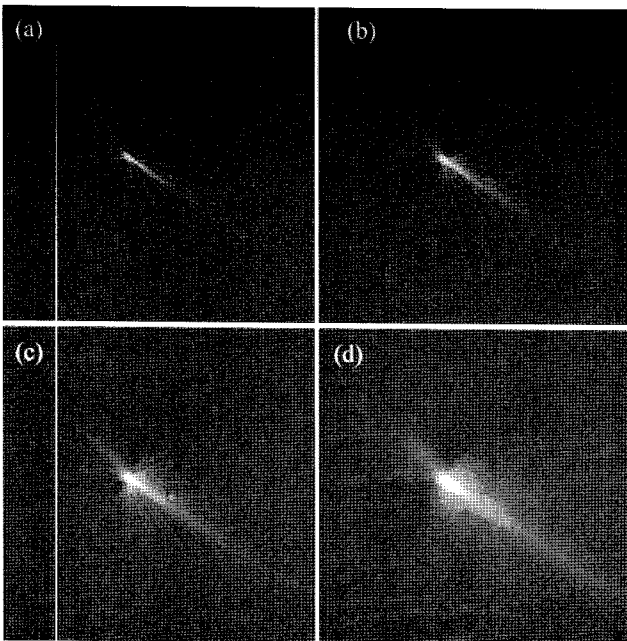


그림 4. 미디안 박스 크기에 따른 잔존영상의 변화, (a) 5×5, (b) 7×7, (c) 11×11, (d) 21×21 픽셀의 미디안 박스 크기.

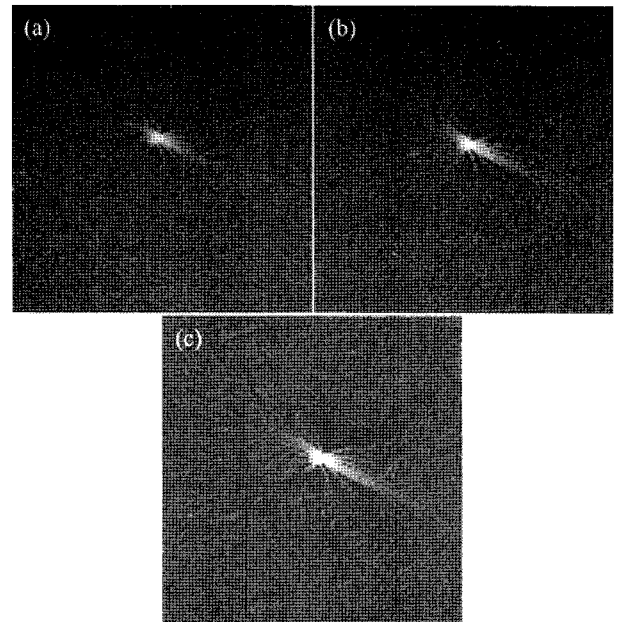


그림 5. SW3 C 조각의 잔차 영상. (a)는 B 필터, (b)는 V 필터, (c)는 R 필터영상이다.

것 같지만, 다른 크기의 미디안 박스를 적용한 영상과 비교해보면 인위적인 모습(artifact)이 나타남을 알 수 있다. 이는 코마의 크기에 따라 미디안 박스 크기를 다르게 선택해야 함을 알 수 있다.

3.2 SW3 혜성의 미디안 필터링 결과

SW3 혜성의 B, C 조각에 대해 각각 B, V, R 필터를 사용하여 관측을 하였다. 표 1은 혜성의 관측 및 영상 처리 정보이다. 각 필터별 영상을 미디안 필터링 처리한 결과 영상은 그림 5, 6과 같다.

그림 5는 SW3 C 조각의 이미지 처리 결과이다. B, V 필터보다 파장이 긴 R 필터에서 혜성의 꼬리방향으로의 물질 분출 모양이 더 잘 드러나 보임을 알 수 있으며, 이것은 Spitzer 망원경이 관측한 SW3혜성의 적외선 영상을 보면 알 수 있다.(<http://www.spitzer.caltech.edu/Media/releases/ssc2006-13/release.shtml>) 혜성의 크기가 B 조각보다 작아서 내부의 구조들이 잘 보이지는 않으나, 태양방향으로의 anti-tail과 꼬리 방향으로의 물질 분출의 모양들을 확인 할 수 있다.

그림 6은 SW3 B 조각의 이미지 처리 결과이며, 관측당시 혜성의 코마 크기가 C 조각보다 더 크게 보였기 때문에 잔차 영상에서 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

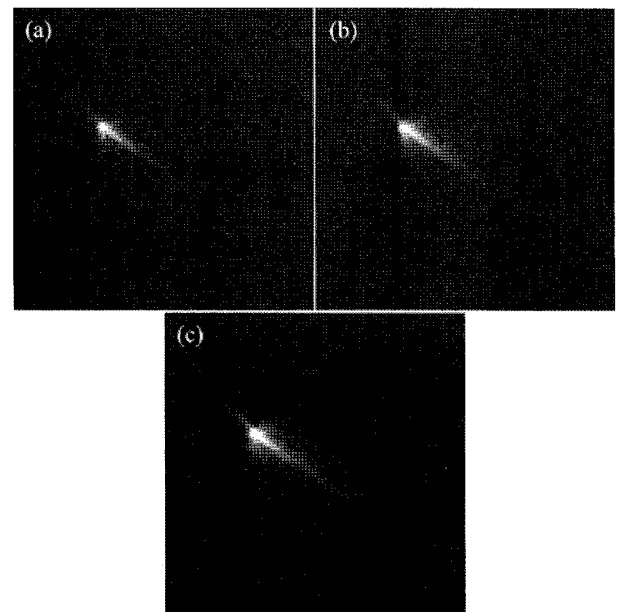


그림 6. SW3 B 조각의 잔차 영상. (a)는 B 필터, (b)는 V 필터, (c)는 R 필터영상이다.

표 1. 73P/SW 3혜성의 관측/영상 처리 정보

혜성	조각	필터	노출 시간	합성방법	미디안 박스	합성 매수
73P/ SW 3	B	B	60s	미디안	11×11	5
		V				
		R				
	C	B			5×5	
		V				
		R				

그림 6에서도 B, V 필터보다 파장이 긴 R 필터에서 좀 더 내부 구조가 잘 보임을 알 수 있다. R 필터의 영상을 좀 더 자세히 살펴본 것이 그림 7이며, 30장의 R 필터 영상을 합성한 것이다. Anti-tail과 꼬리의 방향, 작은 혜성의 조각과 꼬리가 중간이 끊어짐을 알 수 있었다. Anti-tail의 방향은 PA~320°, 꼬리의 방향은 PA~125° 이다. 코마 중심부에서 벗어난 지점을 보면 B 조각이 다시 쪼개진 것을 볼 수 있으며, 그림 7에서는 두개의 조각을 확인할 수 있었다.

관측 당시 SW3 B조각과 지구의 거리는 0.08014AU 이고 픽셀당 37.56 km가 대응되므로, 조각난 혜성의 크기는 약 187.8 km로 추정된다. 그러나 실제 조각난 혜성의 자체의 크기는 아니고, 조각난 혜성에 다시 코마가 생겨서 크게 관측되는 것으로 볼 수 있다. 2006년 4월경의 HST 관측 결과를 보면 SW3 B의 경우 수백 개의 조각으로 다시 쪼개진 것을 볼 수 있다. (<http://hubblesite.org/news-center/archive/releases/solar-system/2006/18/>)

5. 결론 및 논의

73P/SW 3 혜성의 영상을 가지고 간단한 영상 처리 과정을 통해 혜성내부의 보이지 않는 제트와 물질 분출 형태의 검출 가능성에 대한 연구를 진행하였다. 각기 다른 조건의 혜성들에 대해 좀 더 많은 관측 자료들을 가지고 영상처리를 해본 뒤에, 비교 분석을 하게 되면 정확한 영상 처리에 대한 기준을 확립 할 수 있을 것으로 생각된다.

허블 우주망원경이나 지상의 8m급 대형망원경으로 직접 혜성의 내부 구조를 검출할 수 없을 때, 좀 더 많은 시간을 관측할 수 있는 장점을 이용하여 많은 영상을 관측하고, 이 연구에서 수행한 방법으로 영상처리를 하게 되면 간접적인 방법으로 혜성 내부를 검출하고 연구에 활용할 수 있을 것이다.

미디안 필터링은 보통 이미지에 있는 잡음 성분을 제거하는 목적으로 사용되는 방법인데, 원본영상에서 필

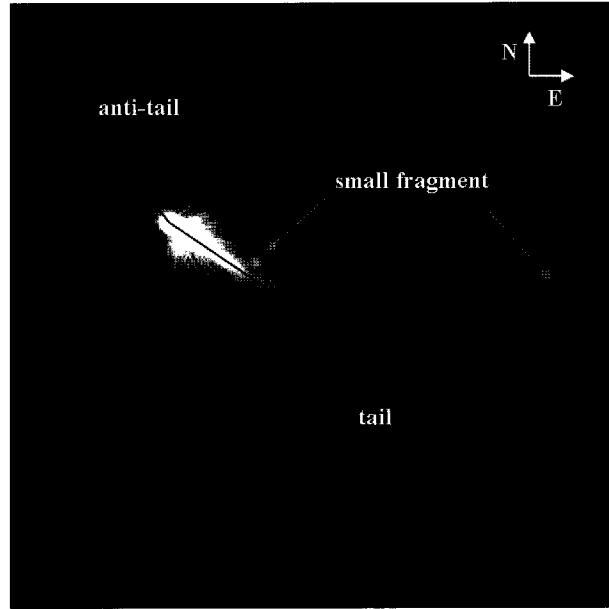


그림 7. SW 3 B조각의 R 필터의 잔차 영상

터링을 거친 영상을 뺀 잔차 영상을 가지고 영상 분석에 사용을 하였다. 그 결과 전처리 과정만을 거친 영상에서는 보이지 않았던, anti-tail과 조각난 혜성에서 다시 조각난 작은 혜성을 검출할 수 있었다. 앞으로 지구 근처를 가까이(~0.5AU 이내) 지나는 혜성에 대해 좀 더 많은 관측을 수행하고, 영상 분석을 한 뒤에 영상 처리에 대한 심층 분석 및 관련 분야의 연구 활용 가능성에 대해 알아 볼 수 있을 것이다.

참고 문헌

Belyaev, N. A., Kresak, L., Pittich, E. M., & Pushkarev, A. N., 1986, in Catalogue of Short-period Comets, (Bratislava: Slovak Acad. Sci.), 233

Boehnhardt, H. & Birkle, K., 1994, Time variable coma structures in comet P/Swift-Tuttle, A&AS, 107, 101

Boehnhardt, H., Kaürl, H. U. Keen, R.; Camilleri, P. Carvajal, J. Hale, A., 1995, Comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3, IAU Circ., 6274

Faúndez-Abans, M. & Oliveira-Abans, M., 1998, Looking for fine structures in galaxies, A&AS, 128, 289

Fuse T., Yamamoto N., Kinoshita D., Furusawa H., & Watanabe J., 2007, Observations of Fragments Split from Nucleus B of Comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3 with Subaru Telescope, PASJ, 59, 381

- Lara, L. M., Boehnhardt, H., Gredel, R., Gutierrez, P. J., Ortiz, J. L., Rodrigo, R., & Vidal-Nunez M. J., 2006, Pre-impact monitoring of Comet 9P/Tempel 1, the Deep Impact target, *A&A*, 445, 1151
- Sekanina, Z., 1989, Nuclei of two earth-grazing comets of fan-shaped appearance, *AJ*, 98, 2322