

天王星과 테 (상상도) *

“天王星의 發見과 테의 發見”

羅 逸 星

I. 天王星의 發見

1781年 William Herschel에 의해서 太陽系는 土星의 軌道밖으로 擴張되었었다. 그것은 太陽으로부터 28만6천9백만km 떨어진 곳에서 새로운 行星이 存在한다는 것이 發見되었기 때문이다. 獨逸軍의 軍樂隊로 從軍하다가 無 - 賴으로 英國으로 건너왔던 少年 William은 낮에는 教會音樂을 作曲도 하고 聖歌隊를 指揮하면서 音樂人으로서 바쁘게 지냈지만, 밤이면 望遠鏡을 製作하고, 自作한 望遠鏡으로 맑은 밤에는 星을 熱心히 觀測하였다. 그가 남긴 大小의 望遠鏡은 지금 까지도 남아 있어 世人들의 칭송을 받고 있으려니와 觀測天文學者로서 이룩한 그의 業績은 現代天文學의 基礎가 되었음은 肉眼連星의 觀測과 日錄, 銀河系의 最初의 模型, 火星, 木星, 그리고

土星의 달들의 發見 등을 통해서 우리가 잘 아는 바이다.

그는 有名의 音樂人으로서 아마추어 天文家로 밤에 알려지지 않았던 1781年 3月13日에 世上을 깜짝 놀라게 한 偉大한 天文學的 發見을 하였다. 그것이 바로 土星보다 더 먼 軌도를 돌고 있는 새로운 行星의 發見이다. 그는 英國王室天文學會에 이 새 行星의 發見을 報告하면서 그 行星의 이름을 George星 精確하게는 Georgium Sidus이라 名命할 것을 提案하였다. George는 當代의 英國王이었고, 英國에서는 Herschel의 提案에 따라 George星으로 1850年까지 通稱되었으나, Bode의 제안에 의해 Saturn(토성)의 아버지인 Uranus(天王星)로 獨·佛을 위시한 구라파 學者들이 부른 것이 오늘날 世界에서 共認

되었다.

지금까지 우리가 알고 있는 木星型 行星인 天王星이란 어떤 行星인가 물론 앞으로 天王星의 隱폐를 통해서 많은 값이 달라지겠지만 最近의 자료를 教科書에서 찾아보면 그 제원은 다음과 같다.

公轉週期 84.01年

궤도장반경 $2,869 \times 10^9 \text{ km}$ (19.2 AU)

이심률 0.047

黃道傾角 $0^\circ.77$

自轉週期 $10^h 49^m$ Retrograde

自轉軸이 공전궤도면과 만드는角 98°

質量 $569 \times 10^{24} \text{ kg}$ (지구질량의 95倍)

赤道半徑 57,550km (지구의 9.01倍)

平均密度 0.71

Albedo 0.50

扁偏度 0.06

表面溫度 95° K

달들 5個 (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania
17^m 14^m 15^m 14

Oberon 의 궤도 128,000—568,000km
14

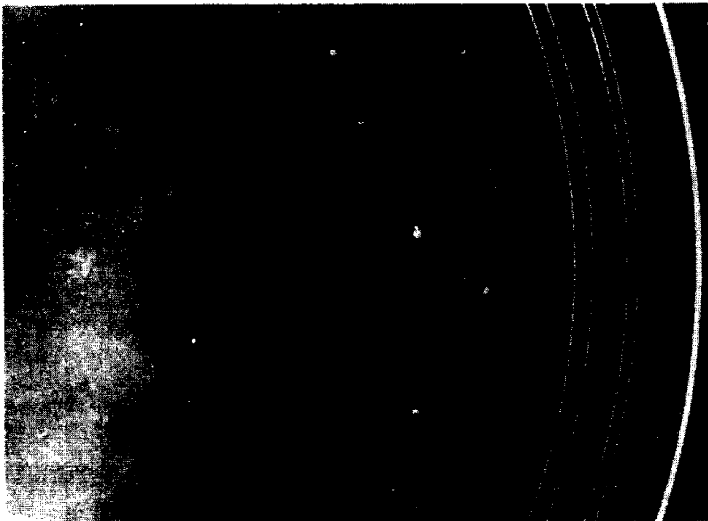
II. 天王星에 의한 별의 隱폐

달이나 行星, 그리고 行星의 큰 달들이 그들의 軌道를 運行할 때 먼 곳에 있는 별들을 가리는 때

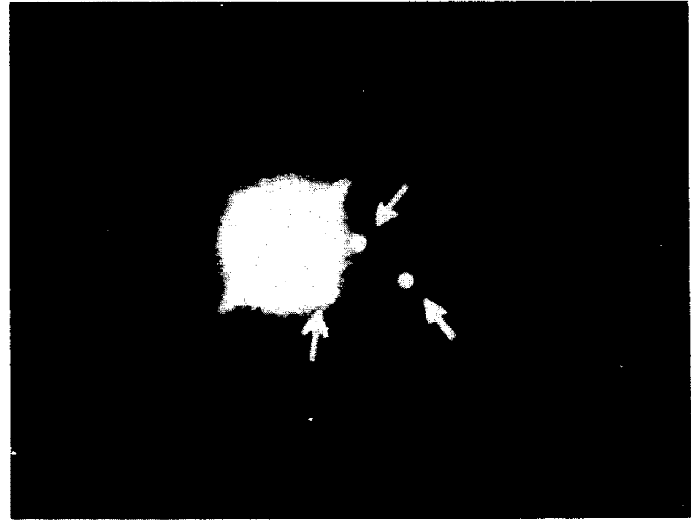
가 있다. 이것을 隱폐 (occultation)라고 부르는 데, 달에 의한 隱폐는 우리가 자주 경험하는 일이지만 行星이나 行星의 달들에 의한 隱폐는 드물게 일어난다. 그 이유는 角度로 볼 行星들의 視直徑이 달의 視直徑(약 $30'$)에는 比較도 되지 않는 작은 것이기 때문에 별들의 빛을 막을 만한 크기로서는 부적당하기 때문이다.

그러나 지금이 드문 일이지는 하지만 行星들에 의한 隱폐는 몇년에 한번씩 豫告되어 왔다. 이 豫告를 위해서는 꼭 까다로운 계산이 필요하지만 지금까지 그 豫告에 따라 天文學者들은 관측했고, 그 豫告가 正確했다는 것이 그때마다 立證되었었다. 그런데 이런 豫告를 한 사람은 과연 누군가? 그는 英國 Greenwich 천문대의 Gordon Tayler 이다. 이 Tayler 가 다시 1973년에 가장 크게 보여야 角度로 不過 $3''.6$ 밖에 되지 않는 天王星이 9등성인 赤色巨星 SAO 158687을 隱폐할 것이라고 豫告한 것이다. 隱폐하는 日字는 1977年 3月 10日, 觀測이 가능한 곳은 Australia 西部, 印度, 그리고 Africa.

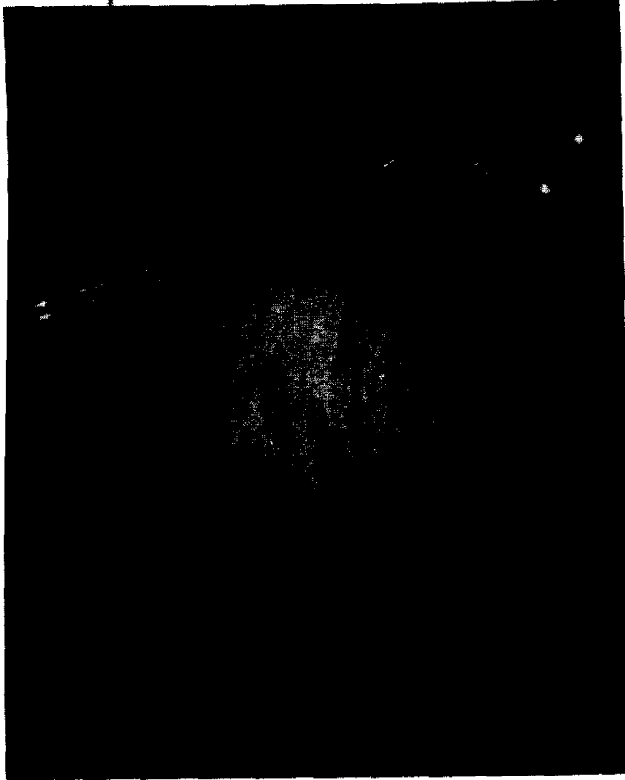
이 發表가 있는 後 主로 美國의 天文學者들이 機會에 天王星의 表面溫度, 大氣의 壓力과 化學組成, 그리고 여러 天文臺에서 觀測이 可能하다면 天王星의 直徑과 扁偏度を 조사해 보려고 4年間 準備하여 왔다.



天王星과 그 위성들 (Abell著 Exploration of The Universe P316에서 轉在).



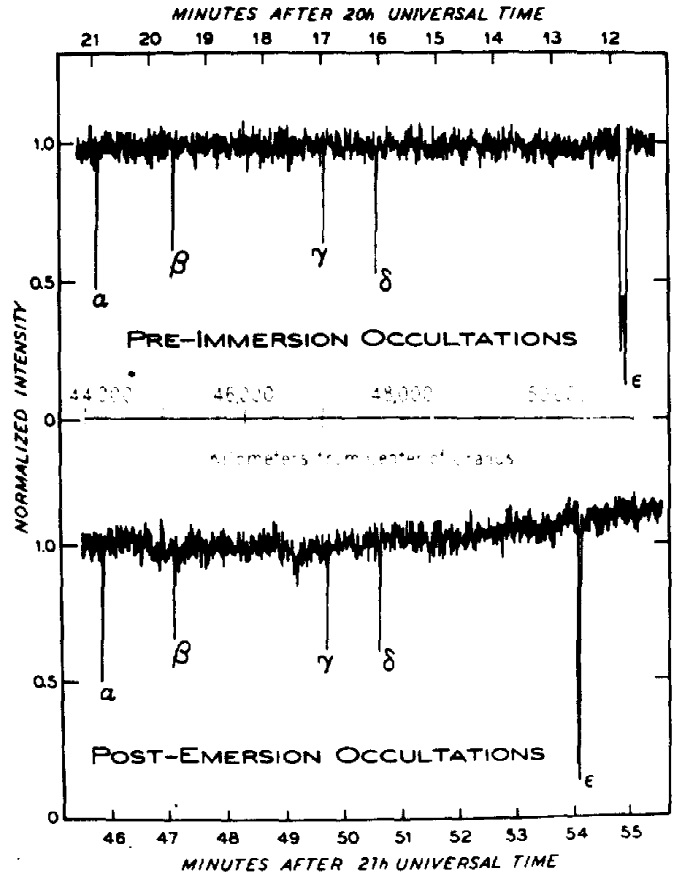
天王星의 크기와 태양의 크기를 상대적으로 그려본 것이다. *



3月10日 地球에서 본 天王星과 SAO158687 의 그림으로 KAO 탐승원과 Perth의 관측자에게 보인 天王星차에 대한 SAO 158687의 상대적 進路. *

마침내 今年 3月10日 기다리던 날은 왔고, 觀測은 成功하였다. 그러나 아직까지 本來 目的했던 年 위에서 열거한 연구를 위한 관측 결과는 정리 중에 있으므로 發表되지 않고 있지만, 全然 뜻밖의 현상이 發見되었다. 그것은 天王星도 土星과 같이 태를 가지고 있다고 하는 사실이다. 이 새로운 發見에 關하여 이야기를 시작하기 前에 이 관측이 준비되고 進行된 과정을 잠깐 이야기 해 보자.

Taylor의 豫報가 發表되자 即時 몇개의 觀測 팀이 구성되었는데 그 첫째로 Cornell 大學 팀 (J. L. Elliot, E. Dunham과 D. Mink)은 C-141機를 改造한 Kuiper Airborne Observatory (以下 KAO로 略稱)로 印度洋上空에서 地球大氣의 75%를 피할 수 있는 高度로 비행하면서 觀測하려



Cornell大學의 Elliot구름이 3月10日 얻은 SAO 158687의 光電測光 光度曲線. 隱蔽前(上)과 隱蔽後(下)는 그모양이 서로 애칭을 이루고 있고 下의 마지막 部分의 上昇 경향은 아침 어명 때문이다. *

고 준비하였다. 이 비행기는 NASA의 Ames Research Center가 마련한 것이며, 그 機体内部에는 6190Å, 7280Å, 그리고 8520Å의 3色을 同時에 測定할 수 있는 高性能 測光器를 附着시킨 91cm KAO 望遠鏡이 設置되어 있다.

둘째 팀은 미국의 Lowell天文臺(R. L. Millis와 L. H. Wasserman)와 호주의 Perth天文臺(P. V. Birch)의 合同으로 호주의 西部에 있는 Perth天文臺에서 관측하도록 준비되었다. 이 팀은 61cm 망원경에 8500Å 파장영역을 測定할 수 있는 測光器를 사용하였다.

셋째와 넷째 관측팀은 둘다 인도팀으로서 Indian Institute of Astrophysics (J. C. Bhattacharyya와 K. Kuppuswamy)와 Naini Tal에 있는 Uttar Pradesh天文臺(S. K. Gupta와 H. S.

Mahra)이다. 그 외에도 個人的으로 獨自的인 觀測을 수행한 사람으로서 J. Churms (남아연방의 Cape Town 天文臺)와 Perth 天文臺에서 觀측한 B. Zellner III (미국 Arizona 大學)가 있다.

III. 天王星의 테

KAO 에 탑승한 Cornell 大學의 Elliot 의 팀은 3月10日 20^hUT 에 赤色巨星 SAO 158687 을 望遠鏡의 視野에 포착하고 그 별의 빛의 強度를 測定하고 있었다. 이 時刻은 이미 天王星의 가장 內側을 돌고 있는 달인 Miranda (天王星에서 128,000km 되는 궤도를 돌고 있음) 보다 훨씬 天王星에 接近되었던 (約 60,000km) 때였다. 20^h12^m UT 되기 몇 秒前 갑자기 빛의 세기는 約90% 나 줄어들었고 그 상태가 約 6 秒 동안 持續되더니 다시 빛의 세기는 原狀態로 되돌아 갔다. Elliot 와 그와 함께한 다른 두 사람은 分明히 Miranda 보다 더 內側을 돌고 있는 未知의 달이 SAO

158678 의 빛을 차단(임폐)한 것으로 생각하였다. 그로부터 約 4 分後에는 또 다른 減少가 記錄되었고, 天王星에 의한 임폐가 있기前까지 3 個의 減少가 더 記錄되었다(앞페이지 오른쪽 그림참조).

Elliot 는 이 뜻밖의 發見을 비행기에서 Smithsonian 天体物理研究所에서 대기하고 있었던 B. Marsden 에게 無電으로 알렸고, 이날 Marsden 은 IAU Circular 에 未知의 天王星의 달 發見이라고 打電하고 全世界에 알렸다 (아래 그림 참조).

재미있는 이야기는 그것으로 끝나지 않는다. Elliot 등 Cornell 팀의 비행기가 호주에 아침 9 시30분에 착륙했을 때 Millis 의 팀이 비행장에서 그들을 기다리고 있었다. 비행기에서 내리면서 Elliot 가 Millis 에게 물은 첫마디는 “당신네들은 몇개의 달을 발견했소?”였다.

두팀은 觀측기록을 싸들고 바쁜 걸음으로 미국으로 돌아갔다. 그리고 각자의 觀측자료를 제각기 정리하기 시작했다. 그리고 또다시 놀라지 않을 수 없었다. 차트에 기록된 5 번의 빛의 감소는 天王星의 임폐를 전후하고 똑같이 반복되었는데 그 순서가 정반대일뿐, 時間간격이 꼭 같았다. 이것은 分明히 未知의 달들의 所行이 아니라 네의 發見이었다.

Elliot 는 가장 안쪽에서부터 바깥쪽으로 그 5 개의 테를 차례로 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$, 이라고 命名했다.

가장 넓은 테는 策一처음에 임폐한 바깥쪽의 ϵ 으로서 6 秒間이라는 것은, 그테의 넓이가 50 ~100km 가 되는 것이라고 Marsden 은 계산했고, 다른 4 個의 테는 그보다 훨씬 좁다고 말하고 있다. 한편, Elliot 는 天王星의 그림자가 지구 표면을 지나가는 속도가 약 12km/sec 이므로, 좁은 테들의 넓이는 불과 12km 안팎이 될 것이며, ϵ 테만은 天王星의 임폐前에서는 約85km 이고, 임폐 후에는 約35km 가 된다고 계산하였다. 한편 天王星의 中心에서부터 떨어져 있는 거리는 α 테의 경우 45,000km 이고 ϵ 테는 52,000km 되는 곳에 있다고 생각하고 있다.

Millis 의 팀은 beamsplitter 의 고장으로 δ 와 α 테를 놓쳐 버렸으나, α 테와 天王星 사이에 2 個의 감소를 더 觀측하였다. 따라서 테의 수는 7 個가 될지도 모른다. 그뿐만 아니라 아마도 8 번

Circular No. 3047
Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
Postal Address: Central Bureau for Astronomical Telegrams
Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
Cables: SATELLITES NEWYORK Telex: 921428 Telephone: (617) 864-6768

OCCULTATIONS BY URANUS AND (6) HEBE

R. Barrow, Gerard P. Kuiper Airborne Observatory, has relayed word from Perth of successful observations by J. L. Elliot in the southern Indian Ocean of last night's occultation of SAO 158687 by Uranus. A secondary occultation was also observed, this presumably being caused by a small body (not Miranda) in orbit about Uranus. J. Hers reports that heavy rain prevented observations in the vicinity of Johannesburg.

Preliminary reports reaching D. Dunham, Computer Sciences Corporation, suggest that the central line of the occultation of γ Cet by (6) Hebe passed between 50 and 90 km north of Mexico City. Near the latter point the event lasted 5^s, beginning on Mar. 540234^m54^s UT. A 2^s-duration occultation was observed in Mexico City itself.

COMET LOVAS (1977c)

Yamamoto Circ. No. 1847 and Orient. Astron. Assoc. Comet Bull. No. 144 give the following approximate position by M. Kojima:

1977 UT	01950	01950	m
Feb. 24.62396	10 ^h 30 ^m .6	+34°57'	16

The image is diffuse, without a tail, and the position is in good agreement with the data on IAU 3042. Subsequently, however, a report from the Tokyo Observatory casts doubt on the reality of this image and notes that T. Seki failed to find the comet near the expected position. Observations are urgently desired.

A1540-53

P. J. N. Davison, University College, London, writes that news of his discovery of an x-ray pulsator near 3U 1538-52 (cf. IAU 3039) was contained in a preprint issued in Nov. 1976 (Monthly Notices Roy. Astron. Soc. in press). The observation was made on 1976 Sept. 6-7, and the period was determined to be 52897 ± 084. The best estimate of the source's position, $\alpha = 15^{\text{h}}41^{\text{m}}12^{\text{s}}$, $\delta = -53^{\circ}04'$ (equinox 1950.0), is $> 1^{\circ}$ from 3U 1538-52, which appeared to be at an intensity well below that given in the Uhuru catalogue. The 90-percent-confidence box for A1540-53 is a 0^s5 × 0^s2 ellipse, the major axis being approximately in the direction of 3U 1538-52.

1977 March 11

Brian G. Marsden

Elliot 의 뜻밖의 발견을 全世界에 알린
IAUC 3047.



관측을 마치고 돌아와 KAO 옆에선 Cornell 大學 팀과 KAO 컴퓨터 조정자, 왼쪽으로 부터 Doug Mink, Ted Dunham, Tom Matheson, Jim Elliot. *

째 테일런지 모르는 기록이 ϵ 테 밖에서 J. Churms (남아연방)에 의해서 보고 되고 있다.

어느 테 기간에 별빛을 완전히 차단한 것은 없다. ϵ 테의 경우는 가장 많아서 90%의 빛을 차단 했지만, 다른 4개의 테는 모두 50% 안팎이다. Millis가 추가하고 있는 2개는 불과 20%에 지나지 않는다.

IV. 마지막으로

天王星의 테는 별에서 오는 빛을 차단할 수 있었기 때문에 發見되었다. 그렇다면 이 테들은 태양 빛을 반사할 것이므로 보일 수도 있지 않겠는가? 이 테들은天王星으로부터 角距離가 數秒되는 곳에 있으므로 그 투영된 총면적은天王星의 1%에 해당할 것이다. 만약 이 테들의 반사율이 토星的 테와 같다고 가정하면,天王星이 가장 어둡게 보이는 파장영역으로는 보일 수도 있을 것이다.天王星의 대기는 메탄가스가 主成分이기 때문에 메탄가스에 잘 흡수되는 광선으로 보면天王星이 어둡게 보일 것이다. 이 파장영역의 광

선이 바로天王星의 테를 볼 수 있는 광선이 될 것이다.天王星의 반사율이 1%밖에 되지 않는 메탄 흡수대인 8860 \AA 의 빛으로 테를 찾아 보려고 Arizona 大學의 B. A. Smith는 試圖해 보았다. 그러나 結果는 否定的이다. Smith는 그 理由로서 테는 石炭 정도의 반사율(약 3%)밖에 되지 않을 것이라고 보고하고 있다. 그것은 다른말로 표현하면,土星의 테는太陽光線을 잘 반사시키는 어둡으로 되어 있는데 반해 根本적으로 다른 物質로 구성 되어 있다고 할 수 밖에 없다.

한편 Marsden은天王星의 테는太陽系의 年令에 비해 보면 比較的 새로 생긴 것으로서 永年으로 보아서는 不安定한 것이라고 말하고 있다.

太陽系의 領域을 넓혀 줬던 이 行星은 Herschel의 發見以來 196年만에 새로운 큰 課題를 우리들에게 안겨 주었다.

天王星을 위해서는 福된 해, 1977年!

(연세대학교 이과대 교수)

본문에 사용된 그림들 * 표된 것은 Sky and Telescope 53(6), 1977에서 인용 게재 한 것임.