

천문대의 항해력 개발 DEVELOPMENT OF NAUTICAL ALMANAC AT KOREA ASTRONOMY OBSERVATORY

한 인 우, 신 준 호
한국표준과학연구소 천문대
(1994. 12. 9. 접수)

ABSTRACT

In Korea Astronomy Observatory, we developed a S/W package to compile the Korean Nautical Almanac. We describe the motivation to develop the S/W and explain the S/W package in general terms. In appendix, we describe the procedure to calculate the polaris table in more detail.

When we developed the S/W, we paid much attention to produce accurate data. We also made great effort to automate the compilation of Nautical Almanac as far as possible, since the compilation is time consuming and labour extensive. As a result, the S/W we developed turns out to be very accurate and efficient to compile Nautical Almanac. In fact, we could compile a Korean Nautical Almanac in a few days.

I. 서 론

항해력 (Nautical Almanac)은 해상에서 천체의 위치를 측정하여 배의 지구상 위치를 계산하는 데 필요한 자료를 수록한 책이다. 역사적으로 보면 서구 열강의 세계 진출에 필요한 정밀한 항해력 편찬의 필요성이 국가적인 천문학 연구의 주요한 동인으로 작용하였다. 그 대표적인 예로 그리니치 천문대 설립에 관련된 사실을 들 수 있다. 근대적인 정밀한 시계가 실용화되기 전 항해에서 가장 중요한 (어려운) 문제는 해상에서의 경도 결정이었다. (위도의 결정은 천구상 좌표가 알려진 천체의 관측으로 가능하지만 경도의 결정은 정밀한 시각 측정이 필요하다.) 정밀한 시계가 없이 해상에서 경도를 결정하는 천문학적 방법으로 제시된 것 중의 하나가 항성에 대한 달의 위치를 관측하는 것이었다. 이 방법을 실용화하는 데 관심을 갖게 된 영국의 찰스 2세는 천문학자들에게 자문을 구하였고, 자문에 응한 J. Flamsteed는 달뿐만 아니라 항성의 정확한 위치를 알아야 이 방법이 실용화될 수 있다고 보고하였다. 이에 따라 찰스 2세는 그리니치 천문대 설립을 명하였고 Flamsteed를 초대 천문 대장에 임명하였다고 천문학사는 기록(D. Herrmann, 1973)하고 있다. 우리 나라의 경우에도 국립천문대 설치 목적 중의 하나로 시민 생활, 항해, 항공에 필요한 시보, 편력 사업이 거론되었다는 기록(이은성, 1985)이 있다.

인공위성을 이용한 항법이 보편화된 현재에는 항해력의 중요성이 예전보다 감소한 것이 사실이다. 그러나 해상에서는 어떠한 비상 사태에도 대비하여야 하므로 배 위치 측정을 어떤 한 방법에 전적으로 의존하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 현재도 원양 선박은 항해력을 필수적으로 비치하고 있으며, 항해사는 정기적으로 천체를 관측하여 다른 방법에 의한 위치 결정과 대조하고 있다.

현재 우리 나라에서는 교통부 수로국에서 항해력을 공식적인 정부 문서로 발행하고 있다. (교통부에서는 천측력이라는 이름으로 발행하고 있는 데 이는 일본의 예를 그대로 답습한 것으로 짐작된다. 천측력보다는 항해력이 Nautical Almanac의 본 뜻에 더 가깝다고 생각되므로 앞으로 시정되어야 할 것이다.) 미국과 영국은 천체력 (Astronomical Almanac)의 경우와 마찬가지로, 미해군천문대 (U.S. Naval Observatory)와 그리니치 천문대에서 주관하여 양국이 합동으로 항해력을 발간하고 있다. 일본의 경우에는 해상보안청에서 "천측약력" (Abridged Nautical Almanac)이라는 이름으로 항해력을 발간하고 있다. 참고로 일본에서는 미국·영국의 "Astronomical Almanac"에 해당하는 천체력도 "천체위치표" (Japanese Ephemeris) 라는 이름으로 해상보안청에서 발행하고 있다. 그 외에 일본 해상보안청은 국제월성식 센터 (International Lunar Occultation Center)를 운영하는 등 다수의 천문학자들이 소속되어 천문학과 측지 관련 연구를 활발히 수행하고 있다는 사실도 우리의 경우와 비교해 볼 때 흥미를 끈다.

미국과 영국에서 발행하는 1994년판 "The Nautical Almanac" 서문을 보면 한국, 브라질, 칠레, 덴마크 등의 국가에서 이 책을 이용하여 자국의 항해력을 발간한다고 되어 있다. 교통부에서는 매년 약간의 저작료를 지급하고 그리니치 천문대에서 항해력 원본을 인수하여 해설란만 국어로 번역한 상태로 항해력을 발행하고 있다. 현재 교통부에는 천문학 전문 인력이 전무한 상태이기 때문에 이런 정도의 작업에도 어려움을 겪고 있는 실정이다. 천문대에서는 우리 나라 그리고 천문대의 위상을 감안하여 이러한 현실이 바람직하지 않다는 문제 의식을 갖고 교통부 당국과 협의한 결과 한국 항해력을 우리 독자적으로 편찬하자는 원칙에 합의하게 되어, 1993년부터 항해력 자료 계산 S/W 개발에 착수하였다. 그 동안의 작업 결과 천문대는 항해력 자료 계산·편찬 S/W 개발을 완료 1994년 초에 1995년도 항해력 원고를 교통부에 인도하였다. (1995년도 항해력은 1994년 6월에 이미 출판되었다.) 따라서 1995년도 항해력부터 우리 독자적으로 항해력을 계산 편찬할 수 있게 되었다.

본고의 목적은 항해력을 전반적으로 소개하고 천문대에서 개발한 S/W를 개괄적으로 설명하는 데 두었다. 자료 계산의 기술적인 측면 등 세부 사항에 대한 논의는 생략하기로 한다.

II. 항해력 수록 자료 설명

항해력에 수록되는 자료는 크게 1. 주표, 2. 항성표, 3. 북극성표 그리고 4. 기타 참고 자료로 분류할 수 있다. 다음에 각 표의 수록 자료에 대하여 설명한다.

1. 주표

주표에는 항해에 필요한 태양, 달, 춘분점, 주요 행성 (금성, 화성, 목성, 토성) 그리고 57개 항해성 (Navigation Star)의 연간 위치 자료를 매 3 일 간격으로 분리하여 수록하고 있다. 매 3 일의 자료는 다시 두 부분으로 나누어 두 페이지에 나누어 실는 데 첫 페이지에는 춘분점, 행

성, 항해성의 자료가, 두 번째 페이지에는 달과 태양 자료가 수록된다. (그림 1, 2 참조) 첫 페이지에 수록되는 자료는 다음과 같다.

- 춘분점, 주요 행성의 매 시간 당 위치 (그리니치 시간각, 적위)
- 해당 페이지 중간 날짜에 춘분점의 그리니치 남중 시각
- 해당 페이지 중간 날짜에 주요 행성의 항성시간각과 그리니치 남중 시각
- 해당 페이지 중간 날짜에 항해성의 항성시간각과 적위
- 해당 페이지 중간 날짜에 주요 행성의 밝기 (등급)
- 임의의 시각에 행성 위치를 계산하는 데 필요한 내삽 값 (주표 가장 밑 줄에 v, d 로 표시)

위에서 항성 시간각 (Sidereal Hour Angle)은 천체의 위치를 춘분점에서부터 서쪽으로 켄 각도로서 “360도 - 적경”에 해당한다. 주요 행성의 그리니치 시간각 내삽에 필요한 값 v 는 각 행성의 1 시간 당 시간각 증가율을 15도 02분 06초로 가정할 때 각 행성의 실제 시간각 증가율이 이보다 얼마나 큰지를 나타내 준다. 즉 “ v = 한 시간 당 각 행성의 시간각 증가율 - 15도 02분 06초”이다. 일반적으로 금성을 제외하고 v 는 항상 양의 값이다. 적위 내삽값 d 는 시간당 각 행성의 적위 변화량이다. (부호는 무시)

주표 첫 페이지에서 특기 사항은 금성의 위치의 경우 위상 변화를 고려하여 지구 중심에서 관측되는 금성 디스크의 중심의 그리니치 시간각과 적위를 수록한다는 점이다.

주표 두 번째 페이지에 실리는 달과 태양 자료는 다음과 같이 구성된다.

- 매 시간 당 달과 태양 그리니치 시간각, 적위. 달의 경우 수평 시차 추가.
- 매 시간당 달의 그리니치 시간각, 적위의 내삽값 (v, d).
- 해당 페이지 중간 날짜의 태양 시직경, 매일의 달 시직경
- 북위 72도에서 남위 60도 지역을 31개 구간으로 나눈 각 지역에서 일출몰, 월출몰, 항해.시민 박명 시각
- 매일의 균시차 (부호는 무시), 태양의 남중 시각
- 매일의 달 남중, 북중 시각과 월령

위에서 일출몰, 월출몰 시각에는 태양이나 달이 계속 지평선 위에 있을 경우에는 “○○○”로, 계속 지평선 아래에 머무를 경우에는 “***”로 표시한다. 마찬가지로 계속 박명이 지속될 경우에는 “////”로 표시한다.

2. 항성표

항성표에는 약 190개 항성의 항성시간각과 적위를 월별로 수록(그림 3, 4)한다. 항성표에는 항성의 위치 외에 각 항성의 밝기가 수록되고 고유명이 있을 경우는 이도 수록한다. 수록 항성의 선정은 대체로 3등급 보다 밝은 항성을 선택하고 천구상의 빈 여백을 채우기 위하여 약간의 항성을 추가한다.

1995. 1/4 ~ 1/6 (WED, THU, FRI)

UT (GNT)	SUN				MOON				Lat	Twilight		Sunrise	Moonrise				
	G. H. A.		Dec.	v	G. H. A.		v	Dec.		d	H. P.		Naut	Civil	4	5	6
	h	m			h	m						h					
d 4	h 0	178	51.1	S22	47.3	144	48.0	9.5	S10	46.4	10.2	58.7	***	10 41	10 29	10 19	10 10
W E E N D A Y	1	193	50.8	S22	47.0	159	16.5	9.6	S10	36.2	10.2	58.7	***	10 27	10 23	10 19	10 15
	2	208	50.5	S22	46.8	173	45.2	9.7	S10	26.0	10.3	58.7	11 33	10 16	10 18	10 18	
	3	223	50.2	S22	46.5	188	13.9	9.8	S10	15.7	10.3	58.6	10 21	10 7	10 13	10 23	
	4	238	49.9	S22	46.3	202	42.6	9.9	S10	5.3	10.4	58.6	9 45	9 59	10 9	10 18	
	5	253	49.6	S22	46.0	217	11.5	9.9	S9	55.0	10.4	58.5	9 20	9 52	10 6	10 26	
T H U R S D A Y	6	268	49.3	S22	45.8	231	40.4	10.0	S9	44.6	10.5	58.5	9 0	9 47	10 3	10 18	10 32
	7	283	49.0	S22	45.5	246	9.5	10.1	S9	34.1	10.5	58.5	8 44	9 41	10 0	10 17	10 34
	8	298	48.8	S22	45.3	260	38.6	10.2	S9	23.6	10.5	58.4	8 30	9 37	9 58	10 17	10 37
	9	313	48.5	S22	45.0	275	7.7	10.3	S9	13.1	10.6	58.4	8 18	9 33	9 56	10 17	10 39
	10	328	48.2	S22	44.7	289	37.0	10.3	S9	2.5	10.6	58.4	8 7	9 29	9 54	10 17	10 40
	11	343	47.9	S22	44.5	304	6.3	10.4	S8	51.9	10.6	58.3	7 58	9 25	9 52	10 17	10 40
	12	358	47.6	S22	44.2	318	35.8	10.5	S8	41.3	10.7	58.3	7 38	9 18	9 49	10 17	10 44
	13	373	47.3	S22	44.0	333	5.2	10.6	S8	30.6	10.7	58.2	7 22	9 12	9 45	10 16	10 46
	14	388	47.0	S22	43.7	347	34.8	10.6	S8	19.9	10.7	58.2	7 9	9 6	9 43	10 16	10 49
	15	403	46.8	S22	43.4	362	4.5	10.7	S8	9.2	10.8	58.2	6 57	9 2	9 40	10 16	10 51
	16	418	46.5	S22	43.2	376	34.2	10.8	S7	58.5	10.8	58.1	6 36	8 55	9 36	10 16	10 54
	17	433	46.2	S22	42.9	391	4.0	10.9	S7	47.7	10.8	58.1	6 18	8 46	9 32	10 16	10 58
	18	448	45.9	S22	42.6	405	33.8	10.9	S7	36.9	10.8	58.0	6 2	8 39	9 29	10 16	11 1
	19	463	45.6	S22	42.4	420	3.8	11.0	S7	26.1	10.9	58.0	5 45	8 33	9 25	10 15	11 4
	20	478	45.3	S22	42.1	434	33.8	11.1	S7	15.2	10.9	58.0	5 26	8 25	9 22	10 15	11 7
	21	493	45.0	S22	41.9	449	3.9	11.2	S7	4.3	10.9	57.9	5 5	8 17	9 17	10 15	11 11
	22	508	44.8	S22	41.6	463	34.0	11.2	S6	53.4	10.9	57.9	4 53	8 12	9 15	10 15	11 13
23	523	44.5	S22	41.3	478	4.3	11.3	S6	42.5	10.9	57.9	4 38	8 7	9 12	10 15	11 16	
F R I D A Y	0	538	44.2	S22	41.0	492	34.6	11.4	S6	31.6	11.0	57.8	4 21	8 0	9 9	10 15	11 19
	1	178	44.2	S22	41.0	132	34.6	11.4	S6	31.6	11.0	57.8	3 59	7 52	9 5	10 15	11 22
	2	193	43.9	S22	40.8	147	4.9	11.4	S6	20.6	11.0	57.8	3 49	7 45	9 3	10 15	11 24
	3	208	43.6	S22	40.5	161	35.4	11.5	S6	9.6	11.0	57.7	3 37	7 45	9 1	10 15	11 26
	4	223	43.4	S22	40.2	176	5.9	11.6	S5	58.6	11.0	57.7	3 24	7 41	8 59	10 15	11 28
S A T U R D A Y	5	238	43.1	S22	40.0	190	36.4	11.6	S5	47.6	11.0	57.7	3 8	7 36	8 57	10 15	11 30
	6	253	42.8	S22	39.7	205	7.1	11.7	S5	36.6	11.0	57.6	2 49	7 30	8 54	10 15	11 32
	7	268	42.5	S22	39.4	219	37.8	11.8	S5	25.6	11.0	57.6	2 33	7 25	8 51	10 15	11 34
	8	283	42.2	S22	39.1	234	8.5	11.8	S5	14.5	11.1	57.5	2 18	7 19	8 48	10 15	11 36
	9	298	41.9	S22	38.8	248	39.3	11.9	S5	3.5	11.1	57.5	2 5	7 14	8 45	10 15	11 38
	10	313	41.7	S22	38.6	263	10.2	11.9	S4	52.4	11.1	57.5	1 51	7 8	8 42	10 15	11 40
	11	328	41.4	S22	38.3	277	41.2	12.0	S4	41.3	11.1	57.4	1 36	7 3	8 39	10 15	11 42
	12	343	41.1	S22	38.0	292	12.2	12.1	S4	30.3	11.1	57.4	1 21	7 0	8 36	10 15	11 44
	13	358	40.8	S22	37.8	306	43.3	12.1	S4	19.2	11.1	57.4	1 6	6 55	8 33	10 15	11 46
	14	373	40.5	S22	37.5	321	14.4	12.2	S4	8.1	11.1	57.3	1 51	6 49	8 30	10 15	11 48
	15	388	40.2	S22	37.2	335	45.6	12.2	S3	57.0	11.1	57.3	1 36	6 43	8 27	10 15	11 50
	16	403	40.0	S22	36.9	350	16.8	12.3	S3	45.9	11.1	57.2	1 21	6 37	8 24	10 15	11 52
	17	418	39.7	S22	36.6	364	4.8	12.4	S3	34.8	11.1	57.2	1 6	6 31	8 21	10 15	11 54
	18	433	39.4	S22	36.4	379	19.5	12.4	S3	23.7	11.1	57.2	1 51	6 25	8 18	10 15	11 56
	19	448	39.1	S22	36.1	393	50.9	12.5	S3	12.6	11.1	57.1	1 36	6 19	8 15	10 15	11 58
	20	463	38.8	S22	35.8	408	22.4	12.5	S3	1.5	11.1	57.1	1 21	6 13	8 12	10 15	12 0
	21	478	38.6	S22	35.5	422	53.9	12.6	S2	50.4	11.1	57.1	1 6	6 7	8 9	10 15	12 2
22	493	38.3	S22	35.2	437	25.4	12.6	S2	39.3	11.1	57.0	1 51	6 1	8 6	10 15	12 4	
23	508	38.0	S22	34.9	451	57.1	12.7	S2	28.2	11.1	57.0	1 36	6 0	8 3	10 15	12 6	
S U N D A Y	0	523	37.7	S22	34.7	466	28.7	12.7	S2	17.1	11.1	56.9	1 21	5 54	8 0	10 15	12 8
	1	538	37.4	S22	34.4	480	0.5	12.8	S2	6.0	11.1	56.9	1 6	5 48	7 57	10 15	12 10
	2	178	37.5	S22	34.4	126	0.5	12.8	S2	6.0	11.1	56.9	1 51	5 42	7 54	10 15	12 12
	3	193	37.2	S22	34.1	135	32.2	12.8	S1	54.9	11.1	56.9	1 36	5 36	7 51	10 15	12 14
	4	208	36.9	S22	33.8	150	4.1	12.9	S1	43.8	11.1	56.8	1 21	5 30	7 48	10 15	12 16
	5	223	36.6	S22	33.5	164	35.9	12.9	S1	32.7	11.1	56.8	1 6	5 24	7 45	10 15	12 18
	6	238	36.3	S22	33.2	179	7.9	13.0	S1	21.7	11.1	56.8	1 51	5 18	7 42	10 15	12 20
	7	253	36.1	S22	32.9	193	39.8	13.0	S1	10.6	11.0	56.7	1 36	5 12	7 39	10 15	12 22
	8	268	35.8	S22	32.6	208	11.8	13.1	S0	59.5	11.0	56.7	1 21	5 6	7 36	10 15	12 24
	9	283	35.5	S22	32.3	222	43.9	13.1	S0	48.5	11.0	56.7	1 6	5 0	7 33	10 15	12 26
	10	298	35.2	S22	32.0	237	16.0	13.1	S0	37.5	11.0	56.6	1 51	4 54	7 30	10 15	12 28
	11	313	35.0	S22	31.7	251	48.1	13.2	S0	26.5	11.0	56.6	1 36	4 48	7 27	10 15	12 30
	12	328	34.7	S22	31.5	266	20.3	13.2	S0	15.5	11.0	56.5	1 21	4 42	7 24	10 15	12 32
	13	343	34.4	S22	31.2	280	52.5	13.3	S0	4.5	11.0	56.5	1 6	4 36	7 21	10 15	12 34
	14	358	34.1	S22	30.9	295	24.8	13.3	N0	6.5	11.0	56.5	1 51	4 30	7 18	10 15	12 36
	15	373	33.9	S22	30.6	309	57.1	13.3	N0	17.5	10.9	56.4	1 36	4 24	7 15	10 15	12 38
	16	388	33.6	S22	30.3	324	29.4	13.4	N0	28.4	10.9	56.4	1 21	4 18	7 12	10 15	12 40
17	403	33.3	S22	30.0	339	1.8	13.4	N0	39.3	10.9	56.4	1 6	4 12	7 9	10 15	12 42	
M O N D A Y	18	418	33.0	S22	29.7	353	34.2	13.4	N0	50.2	10.9	56.3	1 51	4 6	7 6	10 15	12 44
	19	433	32.8	S22	29.4	368	6.6	13.5	N1	1.1	10.9	56.3	1 36	4 0	7 3	10 15	12 46
	20	448	32.5	S22	29.1	382	39.1	13.5	N1	12.0	10.9	56.3	1 21	3 54	7 0	10 15	12 48
	21	463	32.2	S22	28.8	397	11.6	13.5	N1	22.9	10.8	56.2	1 6	3 48	6 57	10 15	12 50
	22	478	31.9	S22	28.5	411	44.2	13.6	N1	33.7	10.8	56.2	1 51	3 42	6 54	10 15	12 52
	23	493	31.7	S22	28.2	426	16.7	13.6	N1	44.5	10.8	56.2	1 36	3 36	6 51	10 15	12 54
	0	508	31.4	S22	27.9	440	49.3	13.6	N1	55.3	10.8	56.1	1 21	3 30	6 48		

1995. 1/4 ~ 1/6 (WED, THU, FRI)

UT (GMT)	ARIES	VENUS -4.5	MARS -0.5	JUPITER -1.8	SATURN 1.0	STARS
	G. H. A. Dec.	G. H. A. Dec.	G. H. A. Dec.	G. H. A. Dec.	G. H. A. Dec.	Name S. H. A. Dec.
d h m						
4 0 1	103 8.1 118 10.6 133 13.1	227 55.0 S15 51.5 242 55.1 S15 52.0 257 55.2 S15 52.5	307 11.4 N13 51.6 322 13.8 N13 51.7 337 16.3 N13 51.8	219 35.1 S20 26.5 234 37.1 S20 26.5 249 39.0 S20 26.6	122 33.9 S10 8.3 137 36.2 S10 8.2 152 38.4 S10 8.1	Acanar 315 28.6 S40 19.7 Achernar 335 37.0 S57 16.0 Acrux 173 24.7 S63 4.1
2 3 4 5	148 15.5 163 18.0 178 20.5	272 55.2 S15 53.0 287 55.3 S15 53.5 302 55.4 S15 54.1	352 18.8 N13 52.0 7 21.2 N13 52.1 22 23.7 N13 52.2	264 41.0 S20 26.7 279 42.9 S20 26.8 294 44.9 S20 26.9	167 40.7 S10 8.0 182 43.0 S10 8.0 197 45.2 S10 7.9	Adhara 255 23.0 S28 58.1 Aldebaran 291 5.0 N16 29.9
6 7 8 9 10 11	193 22.9 208 25.4 223 27.9 238 30.3 253 32.8 268 35.3	317 55.5 S15 54.6 332 55.5 S15 55.1 347 55.6 S15 55.6 2 55.7 S15 56.2 17 55.7 S15 56.7 32 55.8 S15 57.2	37 26.2 N13 52.3 52 28.6 N13 52.4 67 31.1 N13 52.5 82 33.6 N13 52.6 97 36.1 N13 52.7 112 38.5 N13 52.8	309 46.8 S20 27.0 324 48.8 S20 27.1 339 50.7 S20 27.2 354 52.7 S20 27.2 9 54.6 S20 27.3 24 56.5 S20 27.4	212 47.5 S10 7.8 227 49.7 S10 7.7 242 52.0 S10 7.6 257 54.3 S10 7.5 272 56.5 S10 7.4 287 58.8 S10 7.4	Alioth 166 32.9 N55 58.9 Alkaid 153 10.0 N49 20.0 Al Na'ir 28 1.4 S46 59.2 Alnilam 276 0.1 S 1 12.4 Alphard 218 9.4 S 8 38.3
12 13 14 15 16 17	283 37.7 298 40.2 313 42.6 328 45.1 343 47.6 358 50.0	47 55.9 S15 57.7 62 56.0 S15 58.2 77 56.0 S15 58.8 92 56.1 S15 59.3 107 56.1 S15 59.8 122 56.2 S16 0.3	127 41.0 N13 52.9 142 43.5 N13 53.0 157 46.0 N13 53.1 172 48.4 N13 53.2 187 50.9 N13 53.3 202 53.4 N13 53.4	39 58.5 S20 27.5 55 0.4 S20 27.6 70 2.4 S20 27.7 85 4.3 S20 27.8 100 6.3 S20 27.8 115 8.2 S20 27.9	303 1.0 S10 7.3 318 3.3 S10 7.2 333 5.6 S10 7.1 348 7.8 S10 7.0 3 10.1 S10 6.9 18 12.3 S10 6.8	Alphecca 126 23.0 N26 43.8 Alpheratz 357 57.9 N29 4.0 Altair 62 22.1 N 8 51.4 Ankaa 353 29.4 S42 20.2 Antares 112 43.6 S26 25.1
18 19 20 21 22 23	13 52.5 28 55.0 43 57.4 58 59.9 74 2.4 89 4.8	137 56.3 S16 0.9 152 56.3 S16 1.4 167 56.4 S16 1.9 182 56.4 S16 2.4 197 56.5 S16 3.0 212 56.6 S16 3.5	217 55.9 N13 53.6 232 58.4 N13 53.7 248 0.9 N13 53.8 263 3.4 N13 53.9 278 5.9 N13 54.0 293 8.3 N13 54.1	130 10.2 S20 28.0 145 12.1 S20 28.1 160 14.1 S20 28.2 175 16.0 S20 28.3 190 18.0 S20 28.4 205 19.9 S20 28.5	33 14.6 S10 6.8 48 16.9 S10 6.7 63 19.1 S10 6.6 78 21.4 S10 6.5 93 23.6 S10 6.4 108 25.9 S10 6.3	Arcturus 146 8.5 N19 12.4 Atria 107 58.4 S69 0.9 Avior 234 23.0 S59 29.7 Bellatrix 278 46.5 N 6 20.6 Betelgeuse 271 15.9 N 7 24.2
5 0 1 2 3 4 5	104 7.3 119 9.8 134 12.2 149 14.7 164 17.1 179 19.6	227 56.6 S16 4.0 242 56.7 S16 4.5 257 56.7 S16 5.0 272 56.8 S16 5.6 287 56.8 S16 6.1 302 56.9 S16 6.6	308 10.8 N13 54.2 323 13.3 N13 54.3 338 15.8 N13 54.5 353 18.3 N13 54.6 8 20.8 N13 54.7 23 23.3 N13 54.8	220 21.9 S20 28.5 235 23.8 S20 28.6 250 25.8 S20 28.7 265 27.7 S20 28.8 280 29.7 S20 28.9 295 31.6 S20 29.0	123 28.2 S10 6.2 138 30.4 S10 6.2 153 32.7 S10 6.1 168 34.9 S10 6.0 183 37.2 S10 5.9 198 39.5 S10 5.8	Canopus 264 1.7 S52 41.7 Capella 280 54.4 N45 59.6 Deneb 49 41.1 N45 16.0 Denebola 182 47.7 N14 35.8 Diphda 349 9.8 S18 0.9
6 7 8 9 10 11	194 22.1 209 24.5 224 27.0 239 29.5 254 31.9 269 34.4	317 56.9 S16 7.1 332 57.0 S16 7.7 347 57.0 S16 8.2 2 57.0 S16 8.7 17 57.1 S16 9.2 32 57.1 S16 9.7	38 25.8 N13 54.9 53 28.3 N13 55.0 68 30.8 N13 55.1 83 33.3 N13 55.3 98 35.8 N13 55.4 113 38.4 N13 55.5	310 33.6 S20 29.1 325 35.5 S20 29.1 340 37.5 S20 29.2 355 39.4 S20 29.3 10 41.4 S20 29.4 25 43.3 S20 29.5	213 41.7 S10 5.7 228 44.0 S10 5.6 243 46.2 S10 5.5 258 48.5 S10 5.4 273 50.7 S10 5.4 288 53.0 S10 5.3	Dubhe 194 8.3 N61 46.3 Einath 278 29.7 N28 36.1 Eltanin 90 53.1 N51 29.4 Enif 34 0.9 N 9 51.3 Fomalhaut 15 39.4 S29 39.0
12 13 14 15 16 17	284 36.9 299 39.3 314 41.8 329 44.2 344 46.7 359 49.2	47 57.2 S16 10.3 62 57.2 S16 10.8 77 57.3 S16 11.3 92 57.3 S16 11.8 107 57.3 S16 12.4 122 57.4 S16 12.9	128 40.9 N13 55.6 143 43.4 N13 55.7 158 45.9 N13 55.9 173 48.4 N13 56.0 188 50.9 N13 56.1 203 53.4 N13 56.2	40 45.3 S20 29.6 55 47.2 S20 29.7 70 49.2 S20 29.7 85 51.1 S20 29.8 100 53.1 S20 29.9 115 55.0 S20 30.0	303 55.3 S10 5.2 318 57.5 S10 5.1 333 59.8 S10 5.0 349 2.0 S10 5.0 4 4.3 S10 4.9 19 6.5 S10 4.8	Gacrux 172 16.3 S57 4.9 Gienah 176 6.5 S17 30.9 Hadar 149 7.8 S60 20.7 Hamal 328 16.3 N23 26.4 Kaus Aust. 84 2.6 S34 23.1
18 19 20 21 22 23	14 51.6 29 54.1 44 56.6 59 59.0 75 1.5 90 4.0	137 57.4 S16 13.4 152 57.4 S16 13.9 167 57.5 S16 14.4 182 57.5 S16 15.0 197 57.5 S16 15.5 212 57.6 S16 16.0	218 55.9 N13 56.3 233 58.5 N13 56.4 249 1.0 N13 56.6 264 3.5 N13 56.7 279 6.0 N13 56.8 294 8.6 N13 57.0	130 57.0 S20 30.1 145 58.9 S20 30.2 161 0.9 S20 30.3 176 2.8 S20 30.3 191 4.8 S20 30.4 206 6.7 S20 30.5	34 8.8 S10 4.7 49 11.1 S10 4.6 64 13.3 S10 4.5 79 15.6 S10 4.4 94 17.8 S10 4.3 109 20.1 S10 4.3	Kochab 137 20.2 N74 10.3 Merkab 314 52.3 N15 10.9 Merkar 314 29.3 N 4 4.2 Nenkent 148 24.0 S36 20.6 Niaplacidus 221 41.7 S69 41.8
6 0 1 2 3 4 5	105 6.4 120 8.9 135 11.4 150 13.8 165 16.3 180 18.7	227 57.6 S16 16.5 242 57.6 S16 17.0 257 57.6 S16 17.6 272 57.7 S16 18.1 287 57.7 S16 18.6 302 57.7 S16 19.1	309 11.1 N13 57.1 324 13.6 N13 57.2 339 16.1 N13 57.3 354 18.7 N13 57.5 9 21.2 N13 57.6 24 23.7 N13 57.7	221 8.7 S20 30.6 236 10.6 S20 30.7 251 12.6 S20 30.8 266 14.5 S20 30.8 281 16.5 S20 30.9 296 18.4 S20 31.0	124 22.3 S10 4.2 139 24.6 S10 4.1 154 26.8 S10 4.0 169 29.1 S10 3.9 184 31.4 S10 3.8 199 33.6 S10 3.7	Mirfak 308 59.8 N49 50.8 Nunki 76 15.8 S26 18.1 Peacock 53 41.6 S56 45.1 Pollux 243 44.3 N28 2.1 Procyon 245 13.9 N 5 14.1
6 7 8 9 10 11	195 21.2 210 23.7 225 26.1 240 28.6 255 31.1 270 33.5	317 57.7 S16 19.6 332 57.7 S16 20.2 347 57.8 S16 20.7 2 57.8 S16 21.2 17 57.8 S16 21.7 32 57.8 S16 22.2	39 26.3 N13 57.8 54 28.8 N13 58.0 69 31.3 N13 58.1 84 33.9 N13 58.2 99 36.4 N13 58.4 114 38.9 N13 58.5	311 20.4 S20 31.1 326 22.3 S20 31.2 341 24.3 S20 31.3 356 26.2 S20 31.4 11 28.2 S20 31.4 26 30.1 S20 31.5	214 35.9 S10 3.6 229 38.1 S10 3.5 244 40.4 S10 3.4 259 42.6 S10 3.3 274 44.9 S10 3.2 289 47.1 S10 3.2	Rasalhague 96 19.6 N12 33.9 Regulus 207 58.0 N11 59.3 Rigel 281 25.0 S 8 12.6 Rigel Kent. 140 11.0 S60 48.6 Sabik 102 28.7 S15 43.0
12 13 14 15 16 17	285 36.0 300 38.5 315 40.9 330 43.4 345 45.9 0 48.3	47 57.8 S16 22.8 62 57.8 S16 23.3 77 57.9 S16 23.8 92 57.9 S16 24.3 107 57.9 S16 24.8 122 57.9 S16 25.4	129 41.5 N13 58.6 144 44.0 N13 58.8 159 46.6 N13 58.9 174 49.1 N13 59.0 189 51.7 N13 59.2 204 54.2 N13 59.3	41 32.1 S20 31.6 56 34.0 S20 31.7 71 36.0 S20 31.8 86 37.9 S20 31.9 101 39.9 S20 31.9 116 41.8 S20 32.0	304 49.4 S10 3.1 319 51.7 S10 3.0 334 53.9 S10 2.9 349 56.2 S10 2.8 4 58.4 S10 2.8 20 0.7 S10 2.7	Schedar 349 56.3 N56 30.9 Shaula 96 41.1 S37 5.9 Sirius 258 45.5 S16 42.7 Spica 158 45.9 S11 8.1 Suhail 223 2.2 S43 24.8
18 19 20 21 22 23	15 50.8 30 53.2 45 55.7 60 58.2 76 0.6 91 3.1	137 57.9 S16 25.9 152 57.9 S16 26.4 167 57.9 S16 26.9 182 57.9 S16 27.4 197 57.9 S16 28.0 212 57.9 S16 28.5	219 56.8 N13 59.4 234 59.3 N13 59.6 250 1.9 N13 59.7 265 4.4 N13 59.8 280 7.0 N13 60.0 295 9.5 N14 0.1	131 43.8 S20 32.1 146 45.7 S20 32.2 161 47.7 S20 32.3 176 49.7 S20 32.4 191 51.6 S20 32.5 206 53.6 S20 32.5	35 2.9 S10 2.6 50 5.2 S10 2.5 65 7.4 S10 2.4 80 9.7 S10 2.3 95 11.9 S10 2.2 110 14.2 S10 2.2	Vega 80 48.8 N38 46.8 Zuben'ubi 137 20.9 S16 1.2
Mer. Pass.	h m 0 0.7	v 0.0 d 0.5	v 2.5 d 0.1	v 1.9 d 0.1	v 2.3 d 0.1	S. H. A. Mer. Pass Venus 123 49.3 h 8 48 Mars 204 3.6 h 3 27 Jupiter 116 14.6 h 9 17 Saturn 19 20.9 h 15 44

그림 2. 주표 오른쪽면

STARS, 1995 JANUARY-JUNE

Mag.	Name and Number	SHA						Declination							
			Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
		°	'	'	'	'	'	'	°	'	'	'	'	'	'
2.5	α Pegasi 57	13	52.3	52.3	52.3	52.2	52.0	51.8	N15	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7	10.8
2.4	β Pegasi	14	7.0	7.0	7.0	6.9	6.7	6.4	N28	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4
1.2	α Piscis Aust. 56	15	39.4	39.5	39.4	39.3	39.1	38.8	S29	39.0	38.9	38.9	38.8	38.6	38.5
2.9	η Pegasi	19	18.5	18.5	18.5	18.4	18.1	17.9	N30	11.9	11.8	11.7	11.7	11.7	11.8
2.1	β Gruis	19	24.6	24.7	24.6	24.5	24.2	23.9	S46	54.8	54.7	54.5	54.4	54.3	54.2
2.9	α Tucanae	25	28.0	28.0	27.9	27.7	27.3	26.9	S60	17.2	17.0	16.9	16.7	16.6	16.6
1.7	α Gruis 55	28	1.4	1.4	1.3	1.1	.9	.5	S46	59.2	59.1	59.0	58.8	58.7	58.7
3.0	α Aquarii	28	37.1	37.1	37.1	36.9	36.7	36.5	S 0	20.6	20.6	20.6	20.6	20.5	20.4
3.0	γ Gruis	31	35.8	35.7	35.6	35.5	35.2	34.9	S37	23.3	23.3	23.2	23.1	23.0	22.9
2.9	δ Capricorni	33	18.6	18.6	18.5	18.3	18.1	17.9	S16	9.0	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7
2.4	ϵ Pegasi 54	34	.9	.9	.8	.7	.5	.2	N 9	51.2	51.2	51.1	51.1	51.2	51.3
2.9	β Aquarii	37	10.6	10.6	10.5	10.4	10.1	9.9	S 5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.4	35.3
2.4	α Cephei	40	23.4	23.5	23.3	23.0	22.6	22.2	N62	34.1	34.0	33.8	33.7	33.8	33.9
2.5	ϵ Cygni	48	30.0	30.0	29.8	29.6	29.4	29.1	N33	57.3	57.1	57.0	57.0	57.1	57.2
1.3	α Cygni 53	49	41.3	41.3	41.1	40.9	40.6	40.3	N45	15.9	15.8	15.7	15.6	15.7	15.8
2.2	γ Cygni	54	29.5	29.4	29.3	29.0	28.8	28.5	N40	14.6	14.4	14.3	14.3	14.4	14.5
1.9	α Pavonis 52	53	41.5	41.4	41.2	40.8	40.5	40.1	S56	45.0	44.9	44.8	44.7	44.7	44.7
3.1	β Capricorni	54	49.2	49.1	48.9	48.7	48.5	48.3	S14	47.8	47.8	47.7	47.7	47.6	47.6
.8	α Aquilae 51	62	22.0	21.9	21.8	21.6	21.4	21.1	N 8	51.4	51.3	51.3	51.3	51.4	51.5
2.9	δ Cygni	63	48.0	47.9	47.7	47.5	47.2	47.0	N45	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.2
2.7	γ Aquilae	63	29.8	29.7	29.5	29.3	29.1	28.9	N10	36.2	36.1	36.0	36.0	36.1	36.2
3.1	β Cygni	67	22.4	22.3	22.1	21.9	21.6	21.5	N27	57.0	56.9	56.8	56.9	56.9	57.1
3.1	δ Draconis	71	52.5	52.3	51.9	51.5	51.0	50.8	N67	39.3	39.1	39.0	39.0	39.1	39.2
2.9	π Sagittarii	72	38.1	38.0	37.8	37.6	37.3	37.1	S21	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7
3.0	ζ Aquilae	73	42.4	42.3	42.1	41.9	41.7	41.5	N13	51.4	51.3	51.3	51.3	51.4	51.5
2.6	ζ Sagittarii	74	25.7	25.6	25.3	25.1	24.9	24.6	S29	53.1	53.1	53.1	53.1	53.0	53.0
2.0	σ Sagittarii 50	76	15.8	15.6	15.4	15.2	14.9	14.7	S26	18.1	18.1	18.0	18.0	18.0	18.0
.0	α Lyrae 49	80	48.7	48.6	48.3	48.1	47.9	47.7	N38	46.8	46.6	46.6	46.6	46.7	46.8
2.8	λ Sagittarii	83	5.2	5.0	4.8	4.5	4.3	4.1	S25	25.4	25.4	25.4	25.3	25.3	25.3
1.9	ϵ Sagittarii 48	84	2.5	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	S34	23.1	23.1	23.1	23.0	23.0	23.1
2.7	δ Sagittarii	84	50.0	49.8	49.6	49.3	49.1	48.9	S29	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7
3.0	γ Sagittarii	88	37.8	37.6	37.3	37.1	36.9	36.7	S30	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
2.2	γ Draconis 47	90	53.1	52.8	52.6	52.3	52.0	51.9	N51	29.3	29.2	29.1	29.2	29.3	29.5
3.0	ϵ Scorpii	93	11.6	11.3	11.1	10.8	10.5	10.4	S40	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4
2.8	β Ophiuchi	94	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.8	N 4	34.2	34.1	34.1	34.1	34.2	34.2
2.4	κ Scorpii	94	28.0	27.7	27.4	27.2	26.9	26.8	S39	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
2.1	α Ophiuchi 46	96	19.6	19.4	19.2	19.0	18.8	18.7	N12	33.8	33.7	33.7	33.7	33.8	33.9
1.9	θ Scorpii	95	45.7	45.4	45.1	44.9	44.6	44.4	S42	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.6
2.8	β Draconis	97	25.6	25.4	25.1	24.8	24.6	24.5	N52	18.2	18.1	18.1	18.1	18.2	18.4
1.6	λ Scorpii 45	96	41.0	40.8	40.5	40.3	40.1	39.9	S37	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
3.0	α Arae	97	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.9	S49	52.2	52.1	52.1	52.1	52.2	52.3
2.7	ν Scorpii	97	23.7	23.5	23.2	22.9	22.7	22.6	S37	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
2.9	β Arae	98	46.9	46.5	46.2	45.8	45.5	45.3	S55	31.3	31.3	31.3	31.3	31.4	31.5
2.4	η Ophiuchi 44	102	28.7	28.4	28.2	28.0	27.8	27.7	S15	43.0	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1
3.1	μ Scorpii	107	7.1	6.8	6.5	6.3	6.1	5.9	S38	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
2.3	ϵ Scorpii	107	32.4	32.2	31.9	31.7	31.5	31.4	S34	16.9	16.9	17.0	17.0	17.0	17.1
1.9	α Triang. Aust. 43	107	58.2	57.6	57.1	56.6	56.2	56.0	S69	.9	.8	.8	.9	1.0	1.2
2.8	ζ Herculis	109	43.7	43.5	43.2	43.0	42.9	42.8	N31	36.6	36.5	36.5	36.5	36.7	36.8

그림 3. 항성표 왼쪽면

STARS, 1995 JULY–DECEMBER

Mag.	Name and Number		SHA						Declination							
				July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2.5	Markab	57	13	52.3	52.3	52.3	52.2	52.0	51.8	N15	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7	10.8
2.4	β Pegasi		14	7.0	7.0	7.0	6.9	6.7	6.4	N28	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4
1.2	Fomalhaut	56	15	39.4	39.5	39.4	39.3	39.1	38.8	S29	39.0	38.9	38.9	38.8	38.6	38.5
2.9	η Pegasi		19	18.5	18.5	18.5	18.4	18.1	17.9	N30	11.9	11.8	11.7	11.7	11.7	11.8
2.1	β Gruis		19	24.6	24.7	24.6	24.5	24.2	23.9	S46	54.8	54.7	54.5	54.4	54.3	54.2
2.9	α Tucanae		25	28.0	28.0	27.9	27.7	27.3	26.9	S60	17.2	17.0	16.9	16.7	16.6	16.6
1.7	Al Na'ir	55	28	1.4	1.4	1.3	1.1	.9	.5	S46	59.2	59.1	59.0	58.8	58.7	58.7
3.0	α Aquarii		28	37.1	37.1	37.1	36.9	36.7	36.5	S 0	20.6	20.6	20.6	20.6	20.5	20.4
3.0	γ Gruis		31	35.8	35.7	35.6	35.5	35.2	34.9	S37	23.3	23.3	23.2	23.1	23.0	22.9
2.9	δ Capricorni		33	18.6	18.6	18.5	18.3	18.1	17.9	S16	9.0	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7
2.4	Enif	54	34	.9	.9	.8	.7	.5	.2	N 9	51.2	51.2	51.1	51.1	51.2	51.3
2.9	β Aquarii		37	10.6	10.6	10.5	10.4	10.1	9.9	S 5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.4	35.3
2.4	α Cephei		40	23.4	23.5	23.3	23.0	22.6	22.2	N62	34.1	34.0	33.8	33.7	33.8	33.9
2.5	ε Cygni		48	30.0	30.0	29.8	29.6	29.4	29.1	N33	57.3	57.1	57.0	57.0	57.1	57.2
1.3	Deneb	53	49	41.3	41.3	41.1	40.9	40.6	40.3	N45	15.9	15.8	15.7	15.6	15.7	15.8
2.2	γ Cygni		54	29.5	29.4	29.3	29.0	28.8	28.5	N40	14.6	14.4	14.3	14.3	14.4	14.5
1.9	Peacock	52	53	41.5	41.4	41.2	40.8	40.5	40.1	S56	45.0	44.9	44.8	44.7	44.7	44.7
3.1	β Capricorni		54	49.2	49.1	48.9	48.7	48.5	48.3	S14	47.8	47.8	47.7	47.7	47.6	47.6
.8	Altair	51	62	22.0	21.9	21.8	21.6	21.4	21.1	N 8	51.4	51.3	51.3	51.3	51.4	51.5
2.9	δ Cygni		63	48.0	47.9	47.7	47.5	47.2	47.0	N45	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.2
2.7	γ Aquilae		63	29.8	29.7	29.5	29.3	29.1	28.9	N10	36.2	36.1	36.0	36.0	36.1	36.2
3.1	β Cygni		67	22.4	22.3	22.1	21.9	21.6	21.5	N27	57.0	56.9	56.8	56.9	56.9	57.1
3.1	δ Draconis		71	52.5	52.3	51.9	51.5	51.0	50.8	N67	39.3	39.1	39.0	39.0	39.1	39.2
2.9	π Sagittarii		72	38.1	38.0	37.8	37.6	37.3	37.1	S21	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7
3.0	ζ Aquilae		73	42.4	42.3	42.1	41.9	41.7	41.5	N13	51.4	51.3	51.3	51.3	51.4	51.5
2.6	ζ Sagittarii		74	25.7	25.6	25.3	25.1	24.9	24.6	S29	53.1	53.1	53.1	53.1	53.0	53.0
2.0	Nunki	50	76	15.8	15.6	15.4	15.2	14.9	14.7	S26	18.1	18.1	18.0	18.0	18.0	18.0
.0	Vega	49	80	48.7	48.6	48.3	48.1	47.9	47.7	N38	46.8	46.6	46.6	46.6	46.7	46.8
2.8	λ Sagittarii		83	5.2	5.0	4.8	4.5	4.3	4.1	S25	25.4	25.4	25.4	25.3	25.3	25.3
1.9	Kaus Aust.	48	84	2.5	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	S34	23.1	23.1	23.1	23.0	23.0	23.1
2.7	δ Sagittarii		84	50.0	49.8	49.6	49.3	49.1	48.9	S29	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7
3.0	γ Sagittarii		88	37.8	37.6	37.3	37.1	36.9	36.7	S30	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
2.2	Eltanin	47	90	53.1	52.8	52.6	52.3	52.0	51.9	N51	29.3	29.2	29.1	29.2	29.3	29.5
3.0	ε Scorpii		93	11.6	11.3	11.1	10.8	10.5	10.4	S40	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4
2.8	β Ophiuchi		94	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.8	N 4	34.2	34.1	34.1	34.1	34.2	34.2
2.4	κ Scorpii		94	28.0	27.7	27.4	27.2	26.9	26.8	S39	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
2.1	Rasalhague	46	96	19.6	19.4	19.2	19.0	18.8	18.7	N12	33.8	33.7	33.7	33.7	33.8	33.9
1.9	θ Scorpii		95	45.7	45.4	45.1	44.9	44.6	44.4	S42	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.6
2.8	β Draconis		97	25.6	25.4	25.1	24.8	24.6	24.5	N52	18.2	18.1	18.1	18.1	18.2	18.4
1.6	Shaula	45	96	41.0	40.8	40.5	40.3	40.1	39.9	S37	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
3.0	α Arae		97	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.9	S49	52.2	52.1	52.1	52.1	52.2	52.3
2.7	ν Scorpii		97	23.7	23.5	23.2	22.9	22.7	22.6	S37	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
2.9	β Arae		98	46.9	46.5	46.2	45.8	45.5	45.3	S55	31.3	31.3	31.3	31.3	31.4	31.5
2.4	Sabik	44	102	28.7	28.4	28.2	28.0	27.8	27.7	S15	43.0	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1
3.1	μ Scorpii		107	7.1	6.8	6.5	6.3	6.1	5.9	S38	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
2.3	ε Scorpii		107	32.4	32.2	31.9	31.7	31.5	31.4	S34	16.9	16.9	17.0	17.0	17.0	17.1
1.9	Atria	43	107	58.2	57.6	57.1	56.6	56.2	56.0	S69	.9	.8	.8	.9	1.0	1.2
2.8	ζ Herculis		109	43.7	43.5	43.2	43.0	42.9	42.8	N31	36.6	36.5	36.5	36.5	36.7	36.8

그림 4. 항성표 오른쪽면

POLARIS (POLE STAR) TABLES, 1995
FOR DETERMINING LATITUDE FROM SEXTANT ALTITUDE AND FOR AZIMUTH

LHA	0° - 9°	10° - 19°	20° - 29°	30° - 39°	40° - 49°	50° - 59°	60° - 69°	70° - 79°	80° - 89°	90° - 99°	100° - 109°	110° - 119°
ARIES	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀	a ₀
0	0 22.6	0 18.4	0 15.4	0 13.8	0 13.5	0 14.6	0 17.1	0 20.9	0 25.8	0 31.8	0 38.6	0 45.9
1	22.2	18.0	15.2	13.7	13.5	14.8	17.4	21.3	26.4	32.4	39.3	46.7
2	21.7	17.7	15.0	13.6	13.6	15.0	17.8	21.8	26.9	33.1	40.0	47.5
3	21.2	17.4	14.8	13.5	13.7	15.2	18.1	22.3	27.5	33.7	40.7	48.2
4	20.8	17.1	14.6	13.5	13.8	15.5	18.5	22.7	28.1	34.4	41.4	49.0
5	0 20.4	0 16.7	0 14.4	0 13.4	0 13.9	0 15.7	0 18.9	0 23.2	0 28.7	0 35.1	0 42.2	0 49.8
6	20.0	16.5	14.3	13.4	14.0	16.0	19.2	23.7	29.3	35.8	42.9	50.6
7	19.6	16.2	14.1	13.4	14.1	16.2	19.6	24.2	29.9	36.4	43.7	51.3
8	19.2	15.9	14.0	13.4	14.3	16.5	20.0	24.8	30.5	37.1	44.4	52.1
9	18.8	15.7	13.9	13.5	14.4	16.8	20.5	25.3	31.1	37.8	45.2	52.9
10	0 18.4	0 15.4	0 13.8	0 13.5	0 14.6	0 17.1	0 20.9	0 25.8	0 31.8	0 38.6	0 45.9	0 53.7
Lat.	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁	a ₁
0	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
10	.5	.5	.6	.6	.6	.6	.5	.5	.5	.4	.4	.3
20	.5	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.5	.5	.4	.4	.4
30	.5	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.5	.5	.5	.5	.4
40	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
45	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.5
50	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
55	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.7	.7
60	.7	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.7	.7	.7
62	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
64	.7	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.8	.8	.8
66	.7	.7	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.8	.8	.9	.9
68	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0
Month	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂
Jan.	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
Feb.	.7	.7	.8	.8	.8	.9	.9	.9	.9	.9	.9	.8
Mar.	.6	.6	.7	.7	.8	.8	.9	.9	.9	.9	.9	.9
Apr.	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
May	.3	.3	.4	.4	.5	.5	.6	.7	.7	.8	.8	0.9
June	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.5	.5	.6	.6	.7	.7
July	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
Aug.	.4	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4
Sep.	.6	.6	.5	.5	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.3	.3
Oct.	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
Nov.	1.0	.9	.9	.8	.8	.7	.6	.5	.5	.4	.3	.3
Dec.	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
Lat.	AZIMUTH											
0	0.4	0.3	0.2	0.0	359.9	359.8	359.6	359.5	359.4	359.4	359.3	359.3
20	0.4	0.3	0.2	0.0	359.9	359.8	359.6	359.5	359.4	359.3	359.3	359.2
40	0.5	0.4	0.2	0.0	359.9	359.7	359.5	359.4	359.3	359.2	359.1	359.0
50	0.6	0.5	0.3	0.1	359.8	359.6	359.4	359.3	359.1	359.0	358.9	358.8
55	0.7	0.5	0.3	0.1	359.8	359.6	359.4	359.2	359.0	358.9	358.8	358.7
60	0.8	0.6	0.3	0.1	359.8	359.5	359.3	359.1	358.9	358.7	358.6	358.5
65	1.0	0.7	0.4	0.1	359.8	359.5	359.2	358.9	358.7	358.5	358.3	358.2

$$\text{위도} = \text{시고도(기차를 수정한)} - 1^\circ + a_0 + a_1 + a_2$$

위의 첫 번째에서 춘분점의 L.H.A.를 가지고 a_0 의 값을 찾고, 다음 두 번째 표에서는 춘분점의 L.H.A.로서 a_1 의 값을, 세 번째 표에서는 월별로 춘분점의 L.H.A.로서 a_2 의 값을 각각 취한다.

a_0 , a_1 , a_2 의 값은 언제나 정(+)이다. 마지막 표에는 북극성의 진 방위를 실었다.

그림 5. 북극성 표

A2 ALTITUDE CORRECTION TABLES 10' - 90' - SUN, STARS, PLANETS

OCT.-MAR. SUN			APR.-SEPT.			STARS AND PLANETS			DIP		
App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Corr. ⁿ	App. Additional Alt.	Ht. of Eye	Corr. ⁿ	Ht. of Eye
9 34			9 39			9 56			m	ft.	m
9 45	+10.8-21.5		9 51	+10.6-21.2		10 08	-5.3	1995	2.4	-2.8	8.0
9 56	+10.9-21.4		10 03	+10.7-21.1		10 20	-5.2	VENUS	2.6	-2.9	8.6
10 08	+11.0-21.3		10 15	+10.8-21.0		10 33	-5.1	Jan. 1-Jan. 2	2.8	-3.0	9.2
10 21	+11.1-21.2		10 27	+10.9-20.9		10 46	-5.0		3.0	-3.1	9.8
10 34	+11.2-21.1		10 40	+11.0-20.8		11 00	-4.9	0	3.2	-3.2	10.5
10 47	+11.3-21.0		10 54	+11.1-20.7		11 14	-4.8	34 +0.3	3.4	-3.3	11.2
11 01	+11.4-20.9		11 08	+11.2-20.6		11 29	-4.7	60 +0.2	3.6	-3.4	11.9
11 15	+11.5-20.8		11 23	+11.3-20.5		11 45	-4.6	80 +0.1	3.8	-3.5	12.6
11 30	+11.6-20.7		11 38	+11.4-20.4		12 01	-4.5		4.0	-3.6	13.3
11 46	+11.7-20.6		11 54	+11.5-20.3		12 18	-4.4	Jan. 3-Feb. 23	4.3	-3.7	14.1
12 02	+11.8-20.5		12 10	+11.6-20.2		12 35	-4.3	0	4.5	-3.8	14.9
12 19	+11.9-20.4		12 28	+11.7-20.1		12 54	-4.2	41 +0.2	4.7	-3.9	15.7
12 37	+12.0-20.3		12 46	+11.8-20.0		13 13	-4.1	76 +0.1	5.0	-4.0	16.5
12 55	+12.1-20.2		13 05	+11.9-19.9		13 33	-4.0	80 +0.1	5.2	-4.1	17.4
13 14	+12.2-20.1		13 24	+12.0-19.8		13 54	-3.9		5.5	-4.2	18.3
13 35	+12.3-20.0		13 45	+12.1-19.7		14 16	-3.8	Feb. 24-Dec. 31	5.8	-4.3	19.1
13 56	+12.4-19.9		14 07	+12.2-19.6		14 40	-3.7	0	6.1	-4.4	20.1
14 18	+12.5-19.8		14 30	+12.3-19.5		15 04	-3.6	0	6.3	-4.5	21.0
14 42	+12.6-19.7		14 54	+12.4-19.4		15 30	-3.5	60 +0.1	6.6	-4.6	22.0
15 06	+12.7-19.6		15 19	+12.5-19.3		15 57	-3.4		6.9	-4.7	22.9
15 32	+12.8-19.5		15 46	+12.6-19.2		16 26	-3.3	MARS	7.2	-4.8	23.9
15 59	+12.9-19.4		16 14	+12.7-19.1		16 56	-3.2	Jan. 1-Apr. 10	7.5	-4.9	24.9
16 28	+13.0-19.3		16 44	+12.8-19.0		17 28	-3.1	0	7.9	-5.0	26.0
16 59	+13.1-19.2		17 15	+12.9-18.9		18 02	-3.0	0 +0.2	8.2	-5.1	27.1
17 32	+13.2-19.1		17 48	+13.0-18.8		18 38	-2.9	41 +0.1	8.5	-5.2	28.1
18 06	+13.3-19.0		18 24	+13.1-18.7		19 17	-2.8	76 +0.1	8.8	-5.3	29.2
18 42	+13.4-18.9		19 01	+13.2-18.6		19 58	-2.7	80 +0.1	9.2	-5.4	30.4
19 21	+13.5-18.8		19 42	+13.3-18.5		20 42	-2.6		9.5	-5.5	31.5
20 03	+13.6-18.7		20 25	+13.4-18.4		21 28	-2.5	Apr. 11-Dec. 31	9.9	-5.6	32.7
20 48	+13.7-18.6		21 11	+13.5-18.3		22 19	-2.4	0	10.3	-5.7	33.9
21 35	+13.8-18.5		22 00	+13.6-18.2		23 13	-2.3	60 +0.1	10.6	-5.8	35.1
22 26	+13.9-18.4		22 54	+13.7-18.1		24 11	-2.2		11.0	-5.9	36.3
23 22	+14.0-18.3		23 51	+13.8-18.0		25 14	-2.1		11.4	-6.0	37.6
24 21	+14.1-18.2		24 55	+13.9-17.9		26 22	-2.0		11.8	-6.1	38.9
25 26	+14.2-18.1		26 00	+14.0-17.8		27 36	-1.9		12.2	-6.2	40.1
26 36	+14.3-18.0		27 13	+14.1-17.7		28 56	-1.8		12.6	-6.3	41.5
27 52	+14.4-17.9		28 33	+14.2-17.6		30 24	-1.7		13.0	-6.4	42.8
29 15	+14.5-17.8		30 00	+14.3-17.5		32 00	-1.6		13.4	-6.5	44.2
30 46	+14.6-17.7		31 35	+14.4-17.4		33 45	-1.5		13.8	-6.6	45.5
32 26	+14.7-17.6		33 20	+14.5-17.3		35 40	-1.4		14.2	-6.7	46.9
34 17	+14.8-17.5		35 17	+14.6-17.2		37 48	-1.3		14.7	-6.8	48.4
36 20	+14.9-17.4		37 26	+14.7-17.1		40 08	-1.2		15.1	-6.9	49.8
38 36	+15.0-17.3		39 50	+14.8-17.0		42 44	-1.1		15.5	-7.0	51.3
41 08	+15.1-17.2		42 31	+14.9-16.9		45 36	-1.0		16.0	-7.1	52.8
43 59	+15.2-17.1		45 31	+15.0-16.8		48 47	-0.9		16.5	-7.2	54.3
47 10	+15.3-17.0		48 55	+15.1-16.7		52 18	-0.8		16.9	-7.3	55.8
50 46	+15.4-16.9		52 44	+15.2-16.6		56 11	-0.7		17.4	-7.4	57.4
54 49	+15.5-16.8		57 02	+15.3-16.5		60 28	-0.6		17.9	-7.5	58.9
59 23	+15.6-16.7		61 51	+15.4-16.4		65 08	-0.5		18.4	-7.6	60.5
64 30	+15.7-16.6		67 17	+15.5-16.3		70 11	-0.4		18.8	-7.7	62.1
70 12	+15.8-16.5		73 16	+15.6-16.2		75 34	-0.3		19.3	-7.8	63.8
76 26	+15.9-16.4		79 43	+15.7-16.1		81 13	-0.2		19.8	-7.9	65.4
83 05	+16.0-16.3		86 32	+15.8-16.0		87 03	-0.1		20.4	-8.0	67.1
90 00	+16.1-16.2		90 00	+15.9-15.9		90 00	-0.0		20.9	-8.1	68.8
									21.4	-8.1	70.5

App. Alt. = Apparent Altitude = 굴절 및 안고차를 개정한 육분의 고도

그림 6. 측고도 개정표

3. 북극성표

북극성 표의 목적은 육분의로 관측한 고도로부터 관측 지점의 위도를 쉽게 구하는 데 있다. 관측 고도로부터 위도를 구하는 데는 지방 항성시, 그리고 관측 지점의 대략적 위도 등이 필요하다. 따라서 북극성 표에는 지방 항성시, 위도, 그리고 연간 날짜 등을 적절한 구간으로 나누어 쉽게 관측 고도로부터 위도를 구할 수 있는 수치들을 배열한다. (그림 5 참조)

4. 기타 참고 자료

항해력에는 천체 관측 자료로부터 관측자의 위치를 구하는 중간 과정에 필요한 자료를 표로 수록한다. 이 중에는 시간을 각도로 환산하는 표 (즉 적경 1m을 15'로 환산), 태양과 행성 시간 각의 시간당 증가율 표, 천체 관측 고도의 대기 굴절 보정표 등이 포함된다. 이 표들은 매년 변화가 없는 값들인데, 예외는 금성과 화성의 관측 고도 개정 표이다. 금성과 화성의 경우 수평 시차를 무시할 수 없으므로, 매년 금성과 화성의 위치에 따라 수평 시차를 구하여 표를 다시 작성(그림 6)하여야 한다.

III. 항해력 수록 자료 계산

항해력에 수록되는 자료는 대부분 태양, 달, 행성 그리고 항성들의 위치 자료이다. 항해력에 수록되는 천체의 위치는 원점이 지구 중심이고, 좌표계는 진춘분점에 기준한 좌표계에 대한 위치이다. 천체의 위치 계산은 먼저 기하학적 위치를 구하고, 광시간 (light time), 광행차 (annual aberration) 등을 보정하여 겉보기 위치를 구하고, 세차 장동을 보정하여 현시각 진춘분점에 대한 좌표를 구한다. 태양계 천체의 기하학적 위치는 JPL에서 배포하는 DE200을 이용하며, 항성의 경우에는 NASA/GSFC의 ADC에서 CD ROM에 담아 배포하는 YBSC Ver. 5를 이용한다. 항해성의 경우는 미해군천문대에서 배포하는 MICA (Multi year Interactive Computer Almanac)에 포함되어 있는 성표를 이용하였다. 북극성표 계산에 이용되는 북극성의 위치와 고유 운동 데이터는 FK5 성표의 값을 이용하였다.

앞에 설명한 천체 위치 계산에 필요한 프로그램은, 천문대에서 역서 편찬을 위하여 개발한 위치 천문 계산 프로그램 모음인 "PATool"의 부프로그램들을 이용하여 쉽게 개발할 수 있었다. (1994, 한인우) 다만 예외는 북극성표를 작성하는 것이다. 북극성표는 현지 우리의 역서에 수록되지 않으므로 이를 계산하는 프로그램이 없어 새로이 개발하였다. (1995년 항해력을 계산할 때는 이 프로그램이 개발되지 않아 그리니치 천문대의 항해력에 실린 북극성표를 전제하였다.) 본고에서는 PATool을 이용한 프로그램에 대한 설명은 생략하고 북극성표 계산 알고리즘에 대하여 부록에서 설명하기로 한다.

VI. 항해력 수록 표 만들기

항해력 편찬은 수록 자료 계산 외에 실제 인쇄를 위한 표를 만드는 작업이 매우 중요하다. 매년 새로 인쇄해야 되는 표의 숫자는 약 270여 페이지에 이른다. 이 표들을 수작업으로 편집할 경우 많은 시간과 인력이 소요될 뿐더러 편집 과정에서 오타등이 발생할 가능성이 크다. 따라서 컴퓨터를 이용한 표 편집 작업의 자동화가 절실히 요구된다.

표 편집 작업의 자동화를 위하여 우리는 워드 프로세서의 매크로 기능과 한국과학기술원에서 개발 배포하는 한글 LaTeX을 이용하는 두 가지 방법을 시도하였다. 한글 LaTeX은 사용자가 원하는 표를 만드는 데 필요한 데이터와 명령어들로 구성된 텍스트 파일을 입력 파일로 받아 컴파일한다. 따라서 사용자는 한글 LaTeX 입력 파일을 만들어 주는 프로그램을 작성하여 원하는 표 형태를 수작업 없이 만들 수 있다. 한글 LaTeX 입력 파일을 만드는 프로그램을 작성하는 것은 그리 용이하지는 않고 개발에 많은 시간이 필요하다. 그러나 한번 프로그램을 개발하면 그 이후는 수작업이 전혀 필요하지 않은 장점이 있다. 한글 LaTeX의 단점은 아직까지 고품위 인쇄를 지원하지 않으며, 활자체가 매우 제한적이며 또한 그래픽 처리가 쉽지 않다는 점이다. 항해력에서 주표를 제외한 모든 표는 한글 LaTeX을 이용하여 작성하였다.

항해력의 주표(그림 2)에는 달 위상을 그림으로 실어 준다. 앞에서도 언급하였듯이 한글 LaTeX의 그래픽 지원이 만족스럽지 않아 한글 LaTeX을 이용하여 주표를 만들면 나중에 그림을 수작업으로 따붙이기하는 번거로움이 있다. 따라서 항해력의 주표는 아래아 한글의 매크로 기능을 이용하여 편집을 하기로 하였다. 편집의 첫 번째 절차는 주표 계산 프로그램에서 주표의 데이터를 실제 인쇄되는 표 형태로 배열한 텍스트 파일로 출력하는 것이다. 이 텍스트 파일을 아래아 한글에서 불러 들여 활자체 크기 및 줄 간격등 페이지 형태를 조절하고, 줄긋기 기능을 이용하여 표의 줄을 긋는 것이다. 자동화는 다름 아닌 위에서 설명한 모든 작업 과정을 아래아 한글에서 지원되는 모든 기능을 매크로로 정의하여 수행하는 것이다. 아래아 한글에서는 최대 10개의 매크로를 정의할 수 있는데 10개의 매크로로 표를 만드는 모든 기능을 수행할 수 있었다.

V. 결 론

본고에서 설명한 항해력 개발은 여러 가지 의의가 있다고 생각한다. 우선 역서 편찬을 위하여 개발한 프로그램 모음집 "PATool"을 이용하여 개발한 첫 번째 중요한 S/W라는 의미가 있다. 다음으로 편찬 과정을 자동화하여 인력 및 시간을 최대한 절감하였다는 점이다. 마지막으로 천문학 연구 성과를 국가적으로 필요한 기능을 지원하는 데 활용했다는 사실이다. 이는 천문대 그리고 천문학의 사회적 인식과 위상을 높이는 데 도움이 될 것이라고 생각된다.

부록 1. 북극성표 계산

1. 서 론

작은곰 자리에서 2등성의 밝기로 빛나고 있는 북극성은 북반구의 어디에서나 관측되며 천구의 북극에 매우 가깝기 때문에 예로부터 관측자의 위도를 결정하는 데 널리 이용되어 왔다. 특히 항해나 측량에서는 북극성의 관측 고도로부터 간단한 과정을 거쳐 관측자의 위도를 정밀하게 계산할 수 있기 때문에 북극성의 관측이 매우 중요하다. 북극성표 (Polaris Table)는 북극성의 관측 고도로부터 위도를 결정하는 과정에 필요한 수치를 배열한 표로서 역서 (Astronomical Almanac)와 항해력 (Nautical Almanac)에 매년 수록된다. 북극성표에는 관측자의 고도 외에 북극성의 방위각을 계산하는 데 필요한 수치도 수록된다.

천문대에서는 항해력 계산 S/W 개발의 일부로서 북극성표 계산 프로그램을 개발하였다. 북극성표 자료 계산에 이용되는 북극성의 위치 및 고유 운동 데이터는 FK5 카탈로그를 이용하였다. 북극성표의 형식은 미해군 천문대와 그리니치 천문대에서 발간하는 Nautical Almanac의 형식을 그대로 채택하였다. 프로그램 언어는 포트란을 이용하였으며, 임의의 연도를 입력하면 그 해에 해당되는 북극성표를 항해력의 형식에 맞도록 출력한다. 이 출력 파일은 곧바로 Tex의 입력 파일로 사용되어 최종 인쇄물을 얻을 수 있다.

이 부록의 목적은 천문대에서 항해력 편찬과 관련하여 개발한 북극성표 계산 과정을 기술하는 것이다. 제 2장에서는 북극성표가 만들어지는 이론적 배경에 대해 자세히 설명하고 3장에서는 북극성표의 작성 절차 및 사용 설명을, 그리고 4장에는 토론을 하기로 한다.

2. 이론 및 계산

어떤 천체의 적도 좌표계와 지평좌표계 좌표 사이의 관계는 다음의 벡터식으로 표현된다. (Green, 1985)

$$\begin{pmatrix} \cos h \cos(-z) \\ \cos h \sin(-z) \\ \sin h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \delta \cos t \sin \phi - \sin \delta \cos \phi \\ \cos \delta \sin t \\ \cos \delta \cos t \cos \phi + \sin \delta \sin \phi \end{pmatrix}. \quad (1)$$

위에서 h 와 Z 는 각각 관측자의 고도 및 방위각을, t 와 δ 는 북극성의 시간각 (hour angle) 및 적위를, 그리고 ϕ 는 관측자의 위도를 나타낸다. 북극성의 극거리(polar distance)를 p ($= 90^\circ - \delta$) 라고 하면, 연중 $p \ll 1$ 이므로, 식 (1)의 z 성분을 p 에 대하여 테일러 전개하여 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin p \cos t \cos \phi + \cos p \sin \phi \\ &= \{p + O(p^3)\} \cos t \cos \phi + \{1 - \frac{1}{2} p^2 + O(p^4)\} \sin \phi \\ &= \sin \phi + p \cos t \cos \phi - \frac{1}{2} p^2 \sin \phi + O(p^3) \end{aligned} \quad (2)$$

위 식에서 p 를 무시하면 $\sin h = \sin \phi$ 이고 따라서 $h = \phi$ 이다. 이는 북극성이 정확히 북극

을 향하고 있으면 북극성의 고도가 곧 위도가 된다는 당연한 사실이다. 식 (2)에서 p 가 매우 작으므로 h 와 ϕ 사이의 차이도 매우 작을 것이므로 우리는 다음과 같이 놓을 수 있다.

$$h = \phi + \Delta \quad (\Delta \ll 1) \quad (3)$$

식 (3)을 식 (2)에 대입하여 Δ 에 대한 테일러 전개를 하여 다음 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin(\phi + \Delta) \\ &= \sin \phi + \cos \phi \cdot \Delta - \frac{1}{2} \sin \phi \cdot \Delta^2 + O(\Delta^3) \end{aligned} \quad (4)$$

식 (2)와 (4)를 비교해 보면 우리는 Δ 를 p 의 다항식으로 전개할 수 있음을 알 수 있다. $\Delta = ap + bp^2 + O(p^3)$ 라하고 이를 식 (4)에 대입하여 다음의 결과를 얻게 된다.

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin \phi + \cos \phi (ap + bp^2) - \frac{1}{2} \sin \phi a^2 p^2 + O(p^3) \\ &= \sin \phi + ap \cos \phi + p^2 \{ b \cos \phi - \frac{1}{2} a^2 \sin \phi \} + O(p^3) \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)와 (2)로부터 우리는 $a = \cos t$, $b = -\frac{1}{2} \tan \phi \sin^2 t$ 의 결과를 쉽게 얻을 수 있고 따라서 다음과 같이 h 를 p 의 다항식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} h &= \phi + ap + bp^2 + O(p^3) \\ &= \phi + p \cos t - \frac{1}{2} p^2 \tan \phi \sin^2 t + O(p^3) \end{aligned} \quad (6)$$

이제 관측자의 방위각을 구하여 보자. 식 (1)의 x, y 성분으로부터 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \tan z &= \frac{\cos \delta \sin t}{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \cos t \sin \phi} \\ &= \frac{\sin p \sin t}{\cos p \cos \phi - \sin p \cos t \sin \phi} \\ &= \frac{\tan p \sin t}{\cos \phi (1 - \tan p \cos t \tan \phi)} \end{aligned} \quad (7)$$

위 식의 양 변에 $\cos \phi$ 를 곱한 후 우변을 p 에 대하여 테일러 전개하여 다음의 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} \tan z \cos \phi &= \frac{\sin t \{p + O(p^3)\}}{1 - \cos t \tan \phi \{p + O(p^3)\}} \\ &= \sin t \{p + O(p^3)\} \{1 + \cos t \tan \phi (p + O(p^3))\} \\ &= p \sin t + p^2 \sin t \cos t \tan \phi + O(p^3) \end{aligned} \quad (8)$$

위 식을 보면 $p \ll 1$ 이므로 $\tan z \cos \phi \ll 1$ 임을 알 수 있다. 따라서 관측자 위도 ϕ 가 북극에 매우 가깝지 않으면 $\cos \phi$ 는 영에 가깝지 않으므로 $\tan z \ll 1$ 이고 따라서 북극성의 방위각 z 는 매우 작은 값을 갖는다. 이는 북극에 매우 근접한 지역이 아니면 북극성은 항상 정북쪽 근처에 위치하고 따라서 북극성의 방위각이 매우 작다는 사실에 다름 아니다. 따라서 우리는 $\tan z = z$ 로 놓고 식 (8)을 다음과 같이 고쳐 쓸 수 있다.

$$z \cos \phi = p \sin t + p^2 \sin t \cos t \tan \phi + O(p^3) \quad (9)$$

식 (6)과 (9)에서 북극성의 고도와 방위각은 $p, \phi, t = LST - \alpha$ 의 함수로 표시된다. 여기서 α 는 북극성의 적경이며, LST는 지방항성시 (Local Sidereal Time)이다. p 와 α 는 북극성의

고유 운동 그리고 세차 장동 때문에 연중 약간의 변화를 보인다. 따라서 북극성의 고도와 방위각은 연중 관측 시각, 관측자 위도, 그리고 지방항성시의 함수이다. 북극성표의 목적은 이 세 가지 함수로 표현되는 북극성의 고도와 방위각을 계산하는 데 필요한 수치를 사용하기 쉽게 효율적으로 배열하는 것이다. 이를 위하여 우선 연중 적절한 시기의 북극성의 위치 (p_0, α_0) 와 지구상 평균 위도 ϕ_0 를 택한다. (p_0, α_0) 는 연중 북극성의 평균 위치와 최대한 근접하도록 택하고 ϕ_0 는 일반적으로 50° 를 사용한다.

이제 (p_0, α_0, ϕ_0) 를 이용하여 북극성표를 만드는데 유용하도록 (1-6)과 (1-9)의 모양을 다음과 같이 고쳐 본다.

$$\begin{aligned} \phi - h = & - (p_0 \cos t_0 - \frac{1}{2} p_0^2 \sin^2 t_0 \tan \phi_0) \\ & + \frac{1}{2} p_0^2 \sin^2 t_0 (\tan \phi - \tan \phi_0) \\ & - (p \cos t - p_0 \cos t_0) \\ & + \frac{1}{2} \tan \phi (p^2 \sin^2 t - p_0^2 \sin^2 t_0) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} z \cos \phi = & - (p_0 \sin t_0 + p_0^2 \sin t_0 \cos t_0 \tan \phi_0) \\ & - p_0^2 \sin t_0 \cos t_0 (\tan \phi - \tan \phi_0) \\ & - (p \sin t - p_0 \sin t_0) \\ & - \tan \phi (p^2 \sin t \cos t - p_0^2 \sin t_0 \cos t_0) \end{aligned} \quad (11)$$

위에서 $t_0 = LST - \alpha_0$ 이다. $p = p_0 + \Delta p$, $t = t_0 + \Delta t$ 라 하면 위 식 우변의 4번째 항은 대체로 $\Delta p^2 \Delta t^2$ 정도의 크기를 갖게 된다. 따라서 우리는 식 (10), (11)의 4번째 항을 무시하고 다음과 같이 고쳐 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \phi - h = & - (p_0 \cos t_0 - \frac{1}{2} p_0^2 \sin^2 t_0 \tan \phi_0) \\ & + \frac{1}{2} p_0^2 \sin^2 t_0 (\tan \phi - \tan \phi_0) \\ & - (p \cos t - p_0 \cos t_0) \\ = & a_0 + a_1 + a_1 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} z \cos \phi = & - (p_0 \sin t_0 + p_0^2 \sin t_0 \cos t_0 \tan \phi_0) \\ & - p_0^2 \sin t_0 \cos t_0 (\tan \phi - \tan \phi_0) \\ & - (p \sin t - p_0 \sin t_0) \\ = & b_0 + b_1 + b_2 \end{aligned} \quad (13)$$

식 (12)와 (13)의 첫 번째 계수 (a_0, b_0) 는 $t_0 = LST - \alpha_0$ 이므로 지방항성시 LST 만의 함수이다. 두 번째 항 (a_1, b_1) 은 LST 와 위도 ϕ 의 함수이다. 이 항은 ϕ_0 를 적절히 선

택하면 그 변화의 범위가 $0.5'$ 보다 작은 값을 갖게 되고, 따라서 (a_1, b_1) 을 표시하는 데 넓은 간격의 위도와 지방시간각에 대해 충분한 정밀도로 나타낼 수 있다. 세 번째 항 (a_2, b_2) 는 t_0 와 LST의 함수이다. a_0 와 b_0 를 적당히 선택함으로써 이 항의 크기도 일년을 통해 $0.5'$ 이하로 유지할 수 있다. 따라서 (a_2, b_2) 역시 넓은 간격의 날짜와 위도에 대해 정밀한 값을 나타낼 수 있다.

3. 북극성표의 작성 및 사용법

이 장에서는 앞에서 설명한 알고리즘에 따라 데이터를 계산한 후 실제 북극성표를 작성하는 절차를 설명하기로 한다. 북극성표는 크게 4부분으로 구성된다. 북극성표의 맨 위에는 a_0 가 실리는 데, 지방항성시를 1° 간격에 대하여 매 수치가 배열된다. 다음으로 지방항성시 10° 간격과 적당한 간격의 위도 간격에 대하여 a_1 이 배열된다. 세 번째 부분에 실리는 a_2 는 지방항성시 10° , 연중 1달 간격으로 배열된다.

다음으로 북극성의 방위각 계산에 필요한 수치가 북극성표 맨 하단에 주어진다. 여기에 주어진 수치는 지방항성시 10° 간격과 적당한 간격의 위도 간격에 대하여 배열되는 데, 이는 b_2 의 경우 연중 변화를 무시하고 평균값을 취하여 b_0, b_1, b_2 의 합계를 $\cos \phi$ 로 나누어 수록한 것이다. 따라서 북극성의 방위각 계산은 위도 계산보다 정밀도가 떨어진다.

실제 항해력에 수록되는 계수 a_0, a_1, a_2 의 경우, 모든 값이 양수 값을 갖도록 특정 상수를 더한다. 이는 계산 과정에서 음수의 사용을 피하는 항해력의 관례에 기인한다. a_0 에는 $58.8'$, a_1, a_2 에는 각각 $0.6'$ 를 더한다. 따라서 항해력에 수록된 북극성표를 이용하여 위도를 결정할 경우 다음 식을 이용하여야 한다.

$$\text{위도} = \text{굴절을 보정한 시고도} - 1^\circ + a_0 + a_1 + a_2$$

이 내용에 대한 설명은 첫 번째 및 세 번째 페이지의 하단부에 기록을 하여 사용자로 하여금 혼동하는 일이 없도록 하였다. 한편 두 번째 페이지의 하단부에는 북극성의 시고도를 구하는 예제를 실어 사용자로 하여금 손쉽게 위도를 구할 수 있게 하였다.

4. 토 론

본 연구의 결과를 1994년 및 1995년도 Nautical Almanac에 수록되어 있는 북극성표의 결과와 비교하여 보았다. 결과는 북극성표 전반에 걸쳐 $0.1'$ 미만의 오차를 보였다. 항해력에 실린 수치의 유효 숫자가 $0.1'$ 이므로 본 연구 결과가 충분한 신뢰성을 갖고 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

- 이은성, 1985, 역법의 원리분석, 정음사, pp 354 - 355
 한인우, 1994, "위치 천문 S/W 모음집", 천문대 기술 보고서
 Green, R. M. 1985, Spherical Astronomy, Cambridge University Press, pp 22 - 32
 Herrmann, D. B. 1973, The History of astronomy from Herschel to Herzsprung,

Cambridge University Press, pp 49 - 50
Seidelmann, P. K. 1992, Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac,
University Science Books