

## 행성위치계산을 위한 VSOP87의 간략계산법

전경평, 김철준

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우주세계에서 일어나는 천체의 운동과 그 법칙을 연구하려면 천문학을 발전시켜야 합니다. 지구가 우주공간에 있는 무수한 천체들중의 하나인것만큼 지구를 둘러싼 우주세계에 대한 연구는 사람들의 생활과 밀접히 련관되어있습니다.》(《김정일전집》 제3권 380페이지)

컴퓨터기술이 급속히 발전함에 따라 천체의 위치와 운동을 현시해주는 프로그램들이 개발되었는데 대표적인것은 SkyGazer나 Mitaka, Starry Night Pro, Celestia이다. 최근시기 천체들의 위치와 운동을 매우 높은 정확도로 결정하는 계산체계들이 개발[1, 2]되었지만 이러한 체계들은 수천수만개에 달하는 별들의 위치와 운동을 실시간적으로 계산할것을 요구하는 현시프로그램에는 적합치 않으며 따라서 별지도프로그램을 개발하기 위해서는 계산량과 계산시간을 줄여야 한다.

본문에서는 행성들의 공간위치계산법인 VSOP87[3]의 간략계산법에 대하여 연구하였다.

VSOP87은 높은 정확도와 빠른 계산시간으로 하여 많은 응용프로그램들에서 리용된다. 이 방법에서는 행성들의 일심(태양중심)황도자리표

$L$ : 황경,  $B$ : 황위,  $R$ : 반경(=태양까지의 거리)

을 계산한다.

매 행성에 대해 황경, 황위, 반경을 구하는 합렬은 부분합렬들의 합으로 표시할수 있다.

$$\left. \begin{aligned} L &= L_0 + L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ B &= B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 \\ R &= R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

그러나 일부 경우에는 합렬의 수가 6개보다 작을수 있다. 실례로 지구의 경우  $B_5$ 가 없고  $B_0$ 부터  $B_4$ 까지 더한다.

부분합렬에 속하는 매 항들은 다음과 같이 표시된다.

$$Q = A \cos(B + C\tau) \quad (2)$$

여기서  $A, B, C$ 는 상수이며  $\tau$ 는 율리우스천년(365 250d)을 단위로 하여 원기 2000.0으로부터 쯤 시간으로서 다음과 같이 계산된다.

$$\tau = \frac{JDE - 2\,451\,545.0}{365\,250} \quad (3)$$

VSOP87에 의한 행성들의 일심황도자리표계산에서 부분합렬에 속하는 항들의 개수 즉  $\{A, B, C\}$ 값뭉음의 개수를 표 1에 보여주었다.

표 1에서 알수 있는것처럼 주어진 시각에 행성들의 위치를 결정하기 위해서는 방대한 계산을 진행해야 한다.

우리는 필요한 정확도내에서 행성들의 일심황도자리표를 계산하기 위하여 VSOP87에서 주어진 항들가운데서 충분히 큰 진폭( $A$ )을 가지는 항들만을 선택하고 진폭이 작은 항들은 무시하였다.

이때 계산결과의 정확도는 다음과 같이 평가된다.

만일  $n$ 이 남아있는 항들의 수이고  $A$ 가 남아있는 가장 작은 항의 진폭이라면 합렬의 정확도는 약  $\eta\sqrt{n} \times A$ 이다. 여기서  $\eta$ 는 2보다 작은 수이다.

표 1. VSOP87에 의한 행성들의 일심황도자리표계산에서 부분합렬에 속하는 항들의 개수

	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
L0	1 380	367	559	1 217	760	1 152	947	423
L1	839	215	341	686	369	642	426	183
L2	395	70	142	310	191	321	151	57
L3	153	9	22	129	109	148	46	15
L4	28	5	11	36	45	68	7	2
L5	13	5	5	15	10	27	1	1
B0	818	210	184	441	249	500	283	172
B1	494	133	99	287	141	260	154	82
B2	230	59	49	130	81	111	60	25
B3	53	15	11	41	42	58	16	9
B4	15	5	5	11	12	26	2	1
B5	10	4	—	5	5	11	—	1
R0	1 215	330	526	1 118	745	1 205	1 124	607
R1	711	180	292	596	381	639	514	250
R2	326	63	139	313	190	342	192	72
R3	119	7	27	111	98	157	55	22
R4	18	3	10	28	46	64	11	7
R5	10	2	3	9	9	28	—	—

간략계산법에서 행성들의 일심황도자리표를 계산할 때 부분합렬에 속하는 항들의 개수를 표 2에 보여주었다.

표 2. 간략계산법에서 행성들의 일심황도자리표를 계산할 때 부분합렬에 속하는 항들의 개수

	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
L0	38	24	64	69	64	90	91	38
L1	16	12	34	46	61	79	57	18
L2	10	8	20	33	57	63	35	7
L3	8	3	7	12	39	48	18	4
L4	6	3	3	8	19	27	4	1
L5	1	1	1	2	5	12	—	—
B0	14	9	5	16	26	34	28	17
B1	11	4	2	9	22	32	20	13
B2	9	4	—	7	14	29	11	6
B3	7	4	—	4	9	21	4	4
B4	2	1	—	3	6	12	1	1
B5	—	—	—	—	1	2	—	—
R0	13	12	40	45	46	44	59	32
R1	8	3	10	27	43	38	35	15
R2	7	3	6	11	36	32	18	5
R3	5	1	2	6	28	28	10	1
R4	—	1	1	4	15	23	2	—
R5	—	—	—	—	7	18	—	—

실례로 수성에서 일심황경의 경우를 보자. 간략계산법에서 이 행성에 대한 L0 합렬은 38개 항들을 포함하며 남아있는 가장 작은 항의 진폭은  $100 \times 10^{-8} \text{rad}$ 이므로 수성에서 일심황경의 오차는 대략

$$2 \times \sqrt{38} \times 100 \times 10^{-8} \text{rad} = 2''.54$$

로서 증가하지만(VSOP87의 오차는  $0''.01$ ) 현시장치의 분해능에 비하면 훨씬 작다. 한편 VSOP87의 경우 계산시간은 0.51ms이지만 간략계산법의 경우에는 0.11ms로서 훨씬 줄어든다.

## 맺 는 말

행성의 공간위치결정을 위한 VSOP87의 간략계산법을 제기하였다. 이 방법으로는 대단히 빠른 계산속도를 보장할수 있으므로 별자리프로그램과 같은 천문학응용프로그램개발에 효과적으로 리용할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Астрономический ежегодник, Наука, 352~395, 2009.
- [2] The Astronomical Almanac, Govt. Printing Office, 238~272, 2014.
- [3] P. Bretagnon et al.; Astronomy & Astrophysics, 202, 309, 1988.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

## Truncation Method of VSOP87 for Calculation of the Planetary Position

*Jon Kyong Pyong, Kim Chol Jun*

We adopted a truncation method in VSOP87 for calculation of the planetary position and tested its effect. This method can be applied to astronomical software with a moderate precision and a fast speed.

Keywords: astrometry, planetary position, VSOP87