

항성들의 시위치에 대한 개선된 계산방법

동혁, 김철준

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우주세계에서 일어나는 천체의 운동과 그 법칙을 연구하려면 천문학을 발전시켜야 합니다.》(《김정일전집》 제3권 380페이지)

론문에서는 개선된 계산방법으로 항성들의 시위치를 다시 계산하였다. 항성들의 시위치는 고유운동과 세차, 장동뿐아니라 광행차와 중력효과를 비롯하여 별시선의 미소한 변화까지도 고려한 위치이다.

론문에서는 2000년 이후 개선된 세차장동모형 IAU2006/2000A와[2-4] 별목록 FK6을 리용하여 항성들의 시위치계산알고리즘과 초기자료들을 개선하였다.

천체들의 시위치를 계산하는 알고리즘은 다음과 같다.

시위치계산을 위해 출발자료로서 ICRS에서 주어지고 J2000.0원기 및 분점에 대한 별의 위치 α_0, δ_0 과 고유운동의 변위벡토르 $\mu_{\alpha_0}, \mu_{\delta_0}$ 을 리용한다.

① 겉보기위치를 계산하는 시각 t 를 질(량중)심력학시 TDB로 준다. 이 시간척도와 지구시간척도 TT사이의 차이는 비본질적이다. 즉 $t = \text{TDB} = \text{TT}$ 로 볼수 있다.

② t 시각에 지구의 질심위치 \mathbf{E}_B 와 속도 $\dot{\mathbf{E}}_B$, 태양중심에 대한 지구위치 \mathbf{E} 를 얻는다. \mathbf{E}_B 와 \mathbf{E} 벡토르성분들은 천문단위로, $\dot{\mathbf{E}}_B$ 벡토르성분들은 1d(하루)당 천문단위로 표시한다. J2000.0원기의 적도와 분점에 대한 별의 질심위치벡토르는

$$\mathbf{q} = (\cos \alpha_0 \cos \delta_0, \sin \alpha_0 \cos \delta_0, \sin \delta_0) \quad (1)$$

으로 계산된다. 세기당 라디안으로 표시된 별의 고유운동벡토르 \mathbf{m} 의 사영은 다음의 공식으로 계산된다.

$$\left. \begin{aligned} m_x &= -\mu_{\alpha_0} \cos \delta_0 \sin \alpha_0 - \mu_{\delta_0} \sin \delta_0 \cos \alpha_0 + v\pi \cos \delta_0 \cos \alpha_0 \\ m_y &= -\mu_{\alpha_0} \cos \delta_0 \cos \alpha_0 - \mu_{\delta_0} \sin \delta_0 \sin \alpha_0 + v\pi \cos \delta_0 \sin \alpha_0 \\ m_z &= \mu_{\delta_0} \cos \delta_0 + v\pi \sin \delta_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

여기서 100y당 고유운동의 변위벡토르 $\mu_{\alpha_0}, \mu_{\delta_0}$ 과 시차 π 는 라디안으로, 동경속도 v 는 100y당 천문단위로 표시된다.(1km/s=21.094 95a.u./100y)

t 시각 별의 지심벡토르

$$\mathbf{P} = \mathbf{q} + T\mathbf{m} - \pi \mathbf{E}_B \quad (3)$$

를 계산한다. 여기서 $T = (\text{JD}(t) - 2\,451\,545.0)/36\,525$ 는 주어진 시각과 표준원기 J2000.0사이의 율리우스세기로 표시된 시간구간이다.

단위벡토르 \mathbf{p} 와 \mathbf{e} 를 계산한다.

$$\mathbf{p} = \frac{\mathbf{P}}{|\mathbf{P}|}, \mathbf{e} = \frac{\mathbf{E}}{|\mathbf{E}|} \quad (4)$$

③ 별에로의 지심방향단위벡토르 \mathbf{p} 에 빛의 중력편기보정

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{p} + \frac{2\mu(\mathbf{e} - (\mathbf{p} \cdot \mathbf{e})\mathbf{p})}{c^2 E(1 + \mathbf{p} \cdot \mathbf{e})} \quad (5)$$

를 받아들인다. 여기서 $\frac{\mu}{c^2} = 9.87 \cdot 10^{-9}$ a.u.(천문단위)이며 $E = |\mathbf{E}|$ 를 의미한다.

④ 광행차를 고려하면 질심기준계에 대해 속도 \mathbf{V} 로 운동하는 지심관성계에서 별에 대한 고유방향 \mathbf{p}_2 를 얻는다.

$$\mathbf{p}_2 = \left(\beta^{-1} \mathbf{p}_1 + \mathbf{V} + \frac{(\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{V})\mathbf{V}}{1 + \beta^{-1}} \right) / (1 + \mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{V}) \quad (6)$$

여기서 $\mathbf{V} = \dot{\mathbf{E}}_B / c = 0.005 \ 775 \dot{\mathbf{E}}_B$, $\beta = (1 - V^2)^{-1/2}$, c 는 빛속도이다.

⑤ 별에 대한 보임방향 \mathbf{p}_3 을 얻기 위해 세차장동을 고려한 고유방향을 환산한다.

$$\mathbf{p}_3 = R \mathbf{p}_2 \quad (7)$$

여기서 R 는 세차, 장동, 틀쫄림을 모두 고려한 행렬이다.

⑥ 직각자리표에서 구자리표계로 넘어간다.

$$\mathbf{p}_3 = \mathbf{p}_3(x, y, z), \alpha = \arctan\left(\frac{y}{x}\right), \delta = \arcsin \varepsilon \quad (8)$$

다음의 표에 항성 22 And에 대해 2009년 1월 26일 그리니치상정중시각에 별의 적경과 적위에 대한 선행연구[1]결과와 계산값을 보여주었다.

표. 2009년 1월 26일 그리니치상정중시각에 별의 적경과 적위에 대한 선행연구결과와 계산값

| | 그리니치에서의 별의 상정중시 | 적경 | 적위 |
|--------|---------------------------|---|-----------------------|
| 선행연구결과 | 1월 26.7일 | 00 ^h 10 ^m 47 ^s .213 | 46° 07' 36".80 |
| 계산값 | 1월 26일 15.77시(0.657 083일) | 00 ^h 10 ^m 47 ^s .222 384 95 | 46° 07' 36".895 862 3 |

비교결과 계산값이 선행연구의 결과와 0^s.1의 정확도로 일치한다는것을 알수 있다.

맺 는 말

논문에서는 FK6목록과 ICRS로부터 IAU2006/2000A세차장동모형을 리용하여 주어진 시각에 항성의 시위치를 계산하였다. 계산결과 선행연구의 자료들과 잘 일치하는 수값들을 얻었다.

참 고 문 헌

- [1] Институт прикладной астрономии РАН; Астрономический ежегодник, , Издательство Наука, 301, 2009.
- [2] George H. Kaplan; USNO Circular, 179, 118, 2005.
- [3] Dennis D. McCarthy et al.; IERS Conventions(2003), 32, 14, 2004
- [4] J. Sánchez et al.; J. Comput. Phys., 308, 273, 2016.

On the Updated Calculation Method of Apparent Positions of Stars

Tong Hyok, Kim Chol Jun

We calculated the apparent positions of stars at the given date, using the star catalogues FK6, ICRS and IAU2006/2000A precession–nutation model. After calculation we obtained the results equal to the abroad publications within the error tolerance.

Key words: apparent position, precession–nutation, aberration