

Longitude Without Time

J. W. Luce

Journal of The Institute of
Navigation of U.S.A. Vol. 24,
No. 2, Summer 1977

緒 言

最近 10年餘間 緯度決定에 있어서 달에 의한 方法(Lunar Method)에 混亂된 關心을 보여 왔다. 1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8) 달에 의한 方法의 實質的인 必要性은 時辰儀와 無線時報가 있는 오늘날에는 거의 없다. 그러나 時報受信器(Radio) 또는 電子時辰儀內에 한 방울의 물이라도 들어가면 故障을 일으키며, 電池의 수명이 다하면 作動을 하지 않게 된다. 이러한 可能性은 작은 매일수록, 특히 옷트에서 더욱 일어나기 쉬우며, 그 結果는 매우 심각하다. 어떤 天文航海者가 豫期치 않게 GMT를 알 수 없게 되었음을 發見하면 그 緯度로 내려가거나 또는 달에 의한 方法을 使用하거나 두가지 중에서 한가지만을 選擇해야 한다.

歷史的으로 볼 때 달에 의한 方法은 대단히 어렵고 複雜하고, 귀찮았으며, 近年에는 어떠한 航海學冊에도 실려 있지 않다. 달에 의한 方法이 GMT를 상실했을 때의 效果의인 代案이 되기 위해서는 簡單하고 다른 方法을 배워온 航海士가 매우 빨리 배울 수 있으며, 아무런 事前 計劃없이 단지 이러한 方法이 있다는 정도의 知識만 갖고 船內의 指針書에 따라 利用할 수 있어야 한다. 즉, 航海者가 在來로 使用하는 裝備와 要領만을 必要로 해야 한다.

原 理

여기에 提示한 方法(實施方法)은 筆者에 의하여 開發된 것으로서 1966년에 Francis Chichester경의 提案에 基礎를 두고 있다. 이 方法은 오늘날의 天測曆과 航海表를 使用하도록 企圖된 것이다. 모든 달에 의한 方法들이 基礎를 두고 있는 原理는 달이 恒星과는 다른 速度率로 地球의 周圍를 東에서 西로 돌고 있다는 것이다. 時計를 必要로 하지만 반드시 時辰儀일 必要는 없다. 이 時計가 하루에 35分 以上 빠르거나 늦지 않는다면 3회의 天測을 行하는 데에 걸리는 20分 동안에 1/2秒 以內的 誤差를 가질 것이다. 重要한 것은 誤差의 크기는 모를지라도 같은 誤差를 유지하는 時計에 의해 모든 天測이 行해져야 한다. 그러나 可能하면 時計의 誤差의 推定을 正確하게 할 價値가 있으며, 이것은 日出, 日沒, 또는 太陽의 子午線 正中時를 주목하므로써, DR 위치를 가지고 天測曆의 主表(Daily pages)를 參考하므로써 普通 10分內的 精度로 할 수 있다.

基本的으로 이 方法(A New Lunar Method)은 아주 簡單하다. 아침 또는 저녁 박명시에 달과 두 恒星의 씩스탄트 高度와 時間을 測定한다(太陽과 惑星을 사용해서는 안된다). 그리고 H.O. 208, H.O. 211, H.O. 214, H.O. 229과 같은 普通의 修正差法중 하나를 使用하여 計算하여 普通의 方法으로 記入(plot)한다. 時計의 時間이 정말 正確하고 天測이 正確하다면 세 位置線은 實際

Longitude Without Time

船位인 한 點에서 交叉할 것이다. 그러나 時計의 時間에 誤差가 있다면 달에 의한 位置線은 恆星에 의한 位置(Fix)의 東, 또는 西로 어떤 距離만큼 떨어져 위치할 것이며, 이 距離는 時間에 포함된 誤差에 비례한다. 이 거리를 位置記入用圖上에서 재서 天測曆에서 부터의 자료로 時間誤差를 計算하고 배의 眞位置를 다시 作圖하는 데에 使用된다. 불행이도 달의 運動速度와 恆星의 速度 사이의 差異는 적어서, 理論적으로는 이 方法이 完全히 正確하지만 實際로는 섹스탄트 觀測 또는 作圖상의 어떤 誤差가 상당히 擴大된다. 즉, 航海者는 이렇게 해서 決定한 經度가 GMT를 알고 있는 경우보다 正確하지 못하다는 點을 認識하여 이러한 誤差를 最小로 줄이기 위해 最大限의 注意를 기울여야 한다.

實施方法

1. 박명시에 달과 두 恆星의 섹스탄트 高度를 觀測한다. 저녁 때에는 박명시 직전에 달을 觀측하고, 아침에는 별들이 사라지자마자 달을 觀측한다. 方位가 約 90° 差異나는 두 恆星을 택하도록 노력한다. 測定時間과 섹스탄트 눈금을 記錄하면서 재빠르게 각 天體에 대하여 한 차례의 觀측을 한다. 각 天體에 대하여 5分안에 약 6회의 연속적인 觀測을 하도록 하지만 각 測定이 正確 하도록 充分한 時間을 取한다.

2. 각회차 觀測에 대하여 그래프용지상에 그 觀測時間對 高度線을 記入하고 Bowditch⁹⁾의 1507편에 기술한 HO214 “Delta T”方法을 써서 觀測線(Line of Sight)의 正確한 기울기를 計算한다. 두 드러지게 나쁜 觀측치는 버리고 남은 觀측치에 가장 잘 맞는 기울기의 선을 작도한다. 이선의 중간 가까이 한점을 택해서 그 시간과 고도를 決定한다. 實際의 섹스탄트로 觀측한 눈금의 한 값보다 오히려 計算에 의한 이 點을 使用한다. Fig.1은 이것이 行해진 方法을 나타낸다.

3. 선택된 3회의 觀측에 대해 Bowditch의 16章에 기술된 모든 修正을 하고 통상의 方法으로 위치기입용도에 位置線을 기입한다. 선택의 針路와 速度에 따라 이한 위치선의 輪을 꼭실하게 傳位(전진 또는 후퇴) 시킨다.

4. 두 恆星에 의한 위치선의 交點과 달에 의한 위치선사이에 正東 또는 正西方向의 經度差(dLo)를 위치기입용도의 상부 또는 하부에 있는 스케일을 이용하여 잰다.

5. 다음과 같이 經度誤差(eLo)를 計算한다.

$$\frac{902.46 \times dLo}{43.46 - v} = eLo$$

여기서, dLo : 分 單位로 求한 經度差

902.46 : 天測曆에 근거한 춘분점의 GHA의 시간당 증가를 分單位로 表示한 것.

43.46 : 天測曆에 기초를 두고 있는 춘분점과 달의 GHA의 시간당 증가 사이의 分單位의 差

v : 觀측시간에 가장 가까운 Greenwich 日時에 대한 天測曆의 主表에 기재된 달의 GHA의 증가

eLo : 선택의 위치를 記入하기 위해 두 恆星의 位置線의 交點을 東 또는 西로 移動시

켜야 할 經度의 分數. 恒星의 位置線의 交點은 달의 位置線이 있는 쪽으로 이 위치선을 뛰어 넘어 이동시킨다.

6. 時計의 誤差(WE)는 다음과 같이 計算한다.

$$eLo \times 4 = WE(\text{秒})$$

달의 位置線이 恒星에 의한 위치의 東쪽에 있을 때에는 시계가 빠른 것이고, 서쪽에 있으면 늦은 것이다. 만일 eLo 修正이 너무 크게 나타나면 이 시계의 오차를 각 관측시간에 수정하여 전과같은 섹스탄트 data를 써서 세번의 관측치를 다시 계산하고, 다시 作圖할 가치가 있다. 이 과정이 섹스탄트 지시치의 오차를 감소시킬 수는 없으나, 計算과 作圖에 의한 誤差를 최소로 감소시킬 것이다. 모든 航法은 一連의 近似法이며, 이 방법도 결코 예외의 일수는 없다.

觀測과 作圖에 포함된 여하한 誤差도 확대되기 때문에 이 方法은 GMT를 알고 있을 때에는 사

용해서는 안되지만 GMT를 모를 때에는 가장 좋은 代案인 것이다. 달이 正東 또는 正西에 있고 또한 v 의 값이 작을 때 이 방법은 가장 정확하다. 이러한 조건하에서는 上記한 誤差는 21배로 확대된다. 달의 方位가 東 또는 西로부터 37° 떨어져 있을 때 이러한 오차는 25% 더 커지고, 각각 26배 및 44배가 된다. 位置의 緯度는 이러한 방법을 써도 전혀 영향을 받지 않으며, 위치가 가지는 것과 같은 精度를 가진다. 달의 方位가 北 또는 南쪽 가까이 있을 때 이 방법은 사용될 수 없다.

흔히 항해사가 세 天體에 의한 위치 결정을 즐기는 것과는 달리 이 방법은 두개의 항성만을 사용함에 留意하여야 한다. 왜냐하면 세 천체에 의한 위치가 항해자에게 精度보다는 신뢰성을 주는 것이기 때문이다. 만일 세 천체의 위치선에 의한 誤差三角形이 작으면 항해사는 관측에 큰 오차가 포함되지 않았다고 생각하고 자부심을 가질 것이다. 만일 삼각형이 크면 배의 위치가 그 삼각형의 中心에 있다는 것을 의미하는 것은 아니며, 오히려 어느것인지는 모르지만, 그 위치선중 하나 또는 그 이상의 위치선이 상당한 오차를 포함하고 있는 것을 의미한다. 이 방법에 있어서 정확성과 함께 신뢰성도 일련의 관측의 작도과정, 즉 좋지 않는 관측치를 버리고 좋은 관측치만 平均하므로써 얻어질 수 있으며, 따라서 의심스러운 여러개의 관측치보다는 2개의 좋은 관측치가 오히려 바람직하다. 뿐만아니라 박명시간이 통상 둘 이상의 恒星에 대한 일련의 좋은 관측을 할만큼 충분히 길지 못하다.

統計的으로 달은 全 期間의 절반 동안만 이 방법을 위한 有利한 위치에 있게 된다. 그러나 일반적으로 약 3일 이내에는 아침이나 저녁중 한 때에 이용가능한 위치로 들어간다. 만일 이 방법으로 한번 위치를 얻고, 그 시계의 誤差를 決定하면 시계의 時差率만 안다면 달이 불리한 위치에 들어가

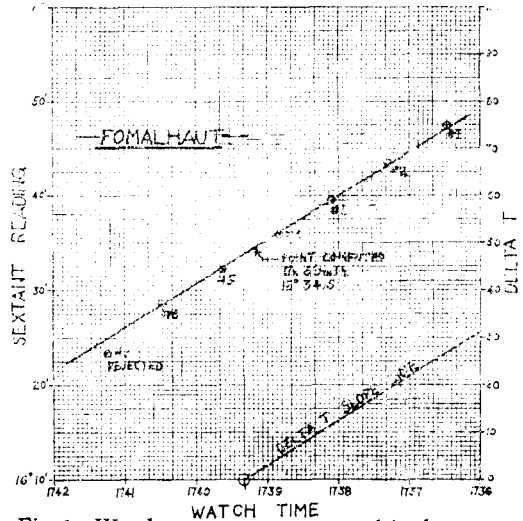


Fig. 1 Watch time and sextant altitudes are plotted for each run of sights. Correct slope of run is calculated, obviously defective sights are rejected, and good ones are averaged graphically. A point on the line, rather than one of the sights, is used in computation.

Longitude Without Time

도 이 시계의 誤差를 修正하여, 통상의 方法으로 位置를 求할 수 있다.

例題

船舶이 1974年 1月 6日(日曜日)에 DR위치 60°51'W, 40°27'N인 북대서양에 있다고 가정하자. 저녁 박명시에 항해사가 ZT로 개략 4시를 유지하지만 오차를 알 수 없는 팔목시계를 써서 모든 修正을 하여 다음과 같은 관측치를 얻었다.

Body	Watch Time	Altitude	Bearing
Moon	17 ^h 23 ^m 30 ^s	23°52'.0	080°
Fomalhaut	17 ^h 39 ^m 11 ^s	16°34'.5	200°
Deneb	17 ^h 42 ^m 54 ^s	47°21'.5	300°

이들은 이 예에서 H.O. 214를 사용해서 진행하여 Fig.2에 作圖 하였다. dLo를 얻은 결과 6.6'이었고 따라서 eLo는 144.4를 얻었다. 船位를 算出하기 위하여 항성의 위치선의 교점을 달의 위치선 쪽으로 그것을 뛰어넘어서 正東으로 이 距離만큼 움직인다. 時計의 誤差를 計算한 結果 9分38秒 빠른 것으로 밝혀졌다.

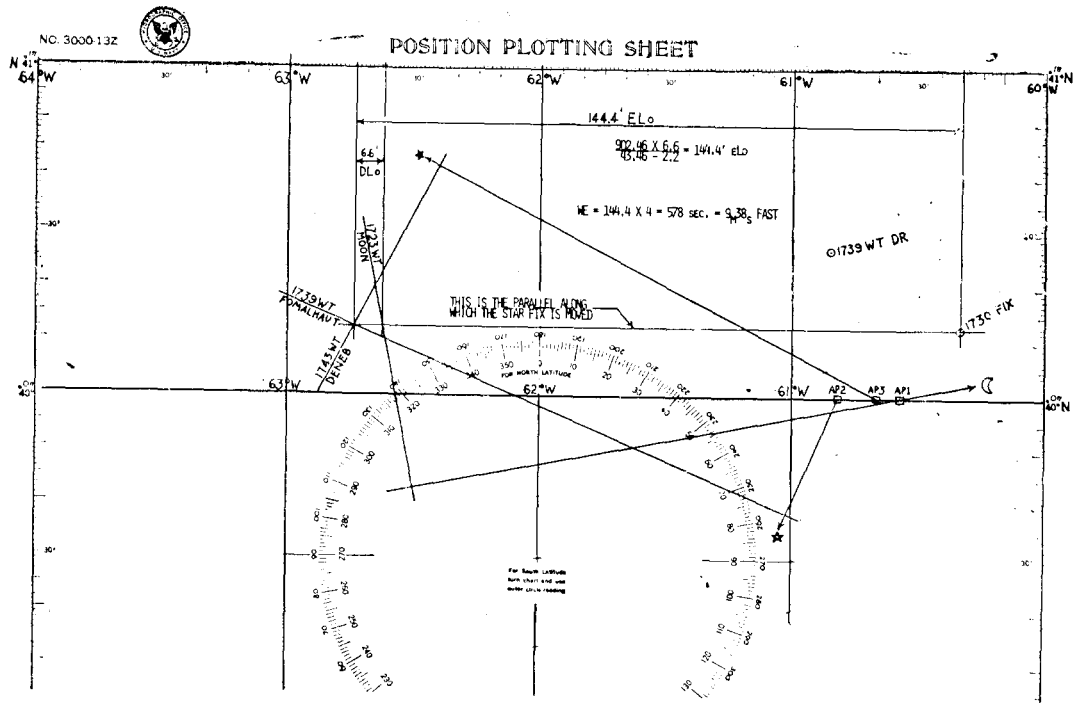


Fig. 2. Two star lines and a moon line are plotted. All three contain unknown but identical watch error. Watch error and error in longitude are calculated using Nautical Almanac data.

鄭世謨·金東一譯

參 考 文 獻

1. Chichester, "Longitude Without Time", Jour. Inst. Navigation 19, 106, London, 1966.
2. Sadler, D. H. "Comments", Jour. Inst. Navigation 19, 107, London, 1966.
3. H. M. Nautical Almanac Office, "A Modern View of Lunar Distances", Jour. Inst. Navigation 19, 131, London, 1966.
4. Evans, J. J., "Longitude Without Time", Jour. Inst. Navigation 19, 392, London, 1966.
5. Sadler, D. H., "Longitude Without Time", Jour. Inst. Navigation 21, 234, London, 1968.
6. Ortlepp, B., "Longitude Without Time", Navigation, Vol. 16, 29, U.S.A., 1969.
7. Wright, F. W., "Examples of Moon Sights to Obtain Time and Longitude", Navigation, Vol. 18, 292, U.S.A, 1971.
8. Kerst, D. W., "Longitude Without Time", Navigation, Vol. 22, 283, U.S.A., 1975.
9. Bowditch, N., "American Practical Navigator", H. O. Pub. No. 9, 1958/1962 Editions, U.S. Navy Hydrographic Office.