

極圈內任一處永晝或永夜的期長

劉惟明

台北市園藝花卉業職業工會

作者前文「觀察到以北極星為圓心的同心圓星星完整圓形軌跡或圓的部份弧形軌跡之地理條件」(科學教育月刊, 第 444 期, 18~26 頁, 110 年 11 月)分析北極點和北極圈上永晝或永夜的期長, 本文按前文的論點, 繼續分析北極圈內任一處永晝或永夜的期長。讀者可按本文之方法分析南極圈內的情況, 應獲得與北極圈內對應地點相同的結果。

吾人可將太陽視為天幕上的一顆星星, 在地球表面任一處的白天某一固定時間(例如正午)觀察太陽的角高, 每日皆有變動, 假設地球的公轉軌道為正圓形, 太陽角高的變動將按夏至一經 91.310000 日→秋分一經 91.310000 日→冬至一經 91.310000 日→春分一經 91.310000 日→夏至的平均周期規律方式變化。假設地球為正球形及地軸傾角, 即赤道面與黃道面的交角, 為 23.5° , 夏至到冬至或冬至到夏至期間, 太陽光線在地球表面同一緯度的入射方向角度變化皆為 47° (圖 1), 平均每日變化 $47^\circ \div (365.24 \div 2) \approx 0.257365^\circ$ 。

假設地球的經度為 0° 至 360° , 西經度 w° 相當於經度 $180^\circ + (180 - w)^\circ$, 再假設經度 180° 線在當地時間 $DBBO = 3$ 月 20.500000 日(正午)為春分(陽光直射經緯度($180^\circ, 0^\circ$ 點)), 在北極點($90^\circ N$)永晝開始, 之後在北

極圈內子夜時的地點之連線(與「某一經度線在北極圈內的部份」重疊, 即圖 1 中之 OA 弧線, 以下簡稱子夜線, 春分時的子夜線與經度 0° 線在北極圈內的部份重疊)上陽光可及處以每日 0.257365° 的速度向低緯度擴展, 緯度大於等於「陽光擴展所至的緯度」之處皆永晝, 北極圈內其他緯度之處一日內皆部份晝、部份夜。永晝(及永夜, 如下分析)由緯度決定, 與經度無關, 但不同經度之處永晝開始的當地時間與經度有關。陽光沿子夜線到達北極圈($66.5^\circ N$)需 $(90 - 66.5) \div 0.257365 = 91.310000$ 日, 即經度 180° 線在當地時間 6 月 19.810000 日為夏至, 此時刻北極圈內皆永晝。以經度 180° 線的當地時間為準, 北極圈內緯度 $\alpha^\circ N (66.5^\circ \leq \alpha^\circ \leq 90^\circ)$ 永晝開始的日期 $DBB =$ 北極點永晝開始的日期 $DBBO + ((90 - \alpha) \div 0.257365)$ 日。此為以經度 180° 線的當地時間為準的永晝開始的日期, 以任意經度 L° 線之當地時間為準則為 $DBBL = DBB + (L - 180) \div 360$, 若 $DBBL$ 的整數部份比 DBB 的整數部份多 1, 表示次日; 若少 1, 表示前日。

夏至之後陽光沿子夜線可及處以每日 0.257365° 的速度向高緯度退縮, 到達北極點需 91.310000 日, 即經度 180° 線在當地時間 9 月 19.120000 日為秋分, 此時北極圈內永晝結束, 永夜自北極點開始。以經度

180°線的當地時間為準，北極圈內緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 永晝結束的日期 DBE=北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 + $((\alpha-66.5)\div 0.257365)$ 日。此為以經度 180°線的當地時間為準的永晝結束的日期，以任意經度 L° 線之當地時間為準則為 DBEL=DBE+(L-180) $\div 360$ ，若 DBEL 的整數部份比 DBE 的整數部份多 1，表示次日；若少 1，表示前日。

故，北極圈內經度 L° (東經度；若為西經度 w° ， $L^\circ = 180^\circ + (180-w)^\circ$) 緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 之處永晝的期長 DB
 =該處永晝結束的日期 DBEL-該處永晝開始的日期 DBBL
 =(DBE+(L-180) $\div 360$)-(DBB+(L-180) $\div 360$)
 =(北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 + $((\alpha-66.5)\div 0.257365)$ 日)-(北極點永晝開始的日期 DBBO+ $((90-\alpha)\div 0.257365)$ 日)
 =91.310000 日 + $((2\alpha-156.5)\div 0.257365)$ 日
 (1)，與經度無關。

經度 180°線在當地時間 9 月 19.120000 日為秋分，永夜自北極點開始。之後陽光沿正午線(與子夜線差 180°相對的線，即圖 1 中之 OB 弧線)可及處以每日 0.257365°的速度向低緯度退縮，到達北極圈需 91.310000 日，即經度 180°線在當地時間 12 月 19.430000 日為冬至，此時北極圈內皆永夜。以經度 180°線的當地時間為準，北極圈內緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 永夜開始的日期 DDB=北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 ×

2+ $((90-\alpha)\div 0.257365)$ 日。此為以經度 180°線的當地時間為準的永夜開始的日期，以任意經度 L° 線之當地時間為準則為 DDBL=DDB+(L-180) $\div 360$ ，若 DDBL 的整數部份比 DDB 的整數部份多 1，表示次日；若少 1，表示前日。

冬至之後陽光沿正午線可及處以每日 0.257365°的速度向高緯度擴展，到達北極點需 91.310000 日，即經度 180°線在當地時間 3 月 20.740000 日為春分，此時北極圈內永夜結束，永晝自北極點開始。以經度 180°線的當地時間為準，北極圈內緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 永夜結束的日期 DDE=北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 × 3+ $((\alpha-66.5)\div 0.257365)$ 日。此為以經度 180°線的當地時間為準的永夜結束的日期，以任意經度 L° 線之當地時間為準則為 DDEL=DDE+(L-180) $\div 360$ ，若 DDEL 的整數部份比 DDE 的整數部份多 1，表示次日；若少 1，表示前日。

故，北極圈內經度 L° 緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 之處永夜的期長 DD
 =該處永夜結束的日期 DDEL-該處永夜開始的日期 DDBL
 =(DDE+(L-180) $\div 360$)-(DDB+(L-180) $\div 360$)
 =(北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 × 3+ $((\alpha-66.5)\div 0.257365)$ 日)-(北極點永晝開始的日期 DBBO+91.310000 日 × 2+ $((90-\alpha)\div 0.257365)$ 日)
 =91.310000 日 + $((2\alpha-156.5)\div 0.257365)$ 日

(2)

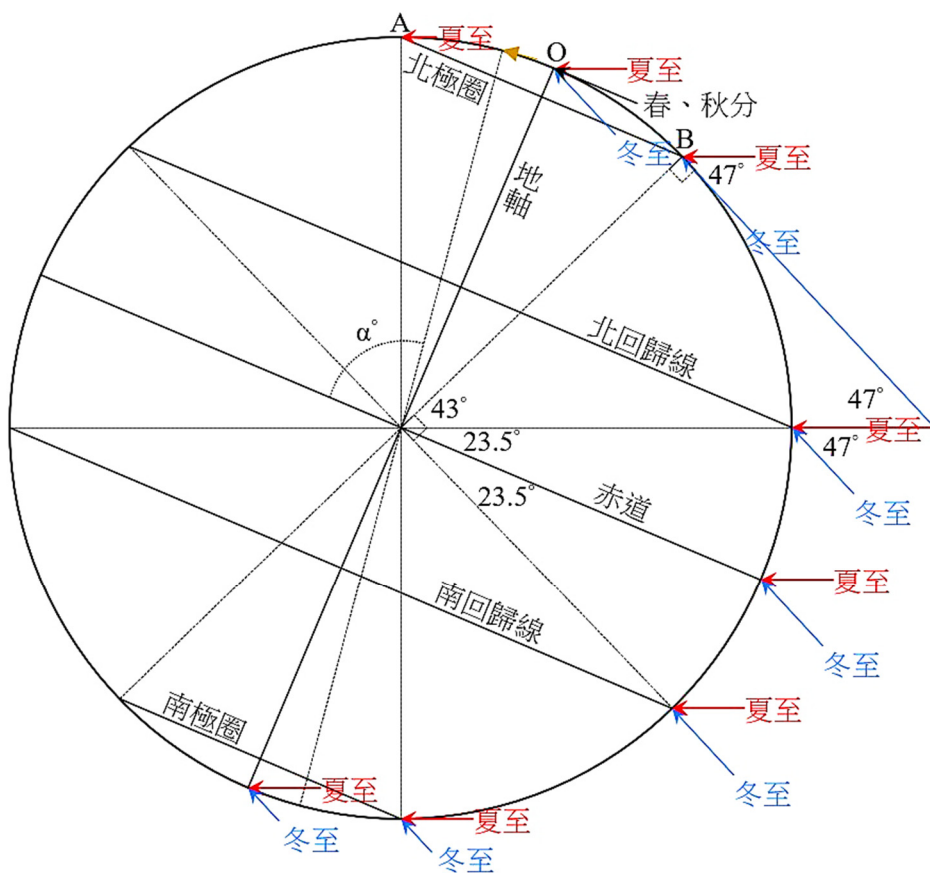
=北極圈內緯度 $\alpha^\circ\text{N}$ 永晝的期長 DB，
與經度無關。

結論：

1. 極圈內同緯度地點的永晝期與永夜期長度相同。
2. 極圈內永晝期與永夜期的長度僅與所在地之緯度相關，與經度無關。

註：

1. 以上分析係根據地球為正球形及地球公轉軌道為圓形的假設，但地球實為橢球形及地球公轉軌道實為橢圓形，加上人為的時區劃分與置閏，上述的春、秋分與冬、夏至的時刻，及永晝與永夜的期長，與實際略有差異。
2. 除前文之常數外，本文亦使用之常數：一年為 365.24 日。
3. 本文數字計算精確至小數點以下第 6 位。



圖一