

# 投影日晷原理與模擬

蘇偉昭

屏東教育大學 應用物理系

(投稿日期：民國 101 年 10 月 24 日，修訂日期：101 年 12 月 26 日，接受日期：101 年 12 月 26 日)

**摘要：**投影日晷是起源於赤道日晷，由不同投影方向將赤道日晷上 24 個小時點與晷針軸線投影到一平面所構成的日晷。晷面上小時點分佈和赤緯尺（晷針軸線投影）長短與緯度、投影角度與晷面傾角三者有關。投影日晷晷針外形主要為一條平行於投影方向的直線（即晷針線），此晷針線需隨著日期在赤緯尺上移動，投影日晷晷面上沒有固定的小時線，讀取日晷時是以固定的小時點為參考來判斷。由於投影日晷起源於赤道日晷，因此也會有時差問題，需要做時間修正才能轉成鐘錶時間。

本文主要目的是利用個人設計的投影日晷程式展示投影日晷相關原理。使用者可透過改變程式中的緯度、晷面傾角與投影角度等參數，模擬不同視角的投影日晷，與不同日期時間、經度的晷針線影在晷面變化情形，以建構與深化空間與時間概念。

**關鍵詞：**投影日晷、日晷模擬、空間與時間

## 壹、前言

到台中科博館可以在戶外庭園看到一個沒有固定晷針的橢圓日晷，當要讀取日晷時，人們需要依照日期站在指定的位置上，利用自己的身影為晷針影來讀取時間，所以有稱此日晷為人影日晷或變心日晷，英文稱為 *analemmatic sundial*。因為此日晷起源於赤道日晷，也就是將赤道日晷依某一方向投影到某一平面而得的日晷，所以又稱為投影日

晷（邱紀良，2008）。此類日晷多為橢圓形，有別於常見的圓形赤道日晷和地平日晷。因為此類日晷其晷針需隨日期移動，讓人懷疑此日晷是否準確可靠？或者怎樣才能正確地使用此類型日晷？本文主要目的是利用本人所設計的模擬程式，展示投影日晷原理與日晷時和鐘錶時間的關係，讓使用者瞭解模擬參數之間的關係，並透過改變程式中的緯度、投影角度與晷面傾角等參數，模擬不同視角的投影日晷，與不同日期時間、經度的

晷針線影在晷面變化情形，以建構與深化空間與時間概念。

## 貳、投影日晷原理

所謂投影日晷是指將一個假想赤道日晷依某個方向投影到某一平面上所構成的日晷，因為投影方向與晷面方向可以任意選擇，所以可以用這兩方向配對來對投影日晷做分類：如以當地水平面做參考，投影方向和晷面方向都可分成垂直水平方向、平行水平方向與斜交水平方向（傾斜），所以投影日晷分成垂直投影水平日晷、垂直投影傾斜日晷、傾斜投影水平日晷、傾斜投影傾斜日晷、傾斜投影垂直日晷、水平投影傾斜日晷、水平投影垂直日晷共七種，而水平投影水平日晷與垂直投影垂直日晷並不存在，因為無法將假想赤道日晷投影在晷面上。

一般為了說明投影日晷原理，其說明圖都將假想赤道日晷與投影面分開，再以投影方向連接線聯繫兩者的關係（圖 1），不過為了電腦模擬上的方便，我們將假想赤道日晷晷心與投影圓盤上的投影日晷晷心放置在一起，並重疊到所設定螢幕座標原點（圖 2 中  $M$  點）上，當改變程式的投影視角時，原點是唯一不動的點。圖 1 表赤道日晷與投影日晷側面圖，說明如何以垂直投影方式，由赤道日晷產生投影日晷。圖 1 中  $\varphi$  為緯度； $OS$  表當地水平面上的直線，朝南北方向， $S$  指向南方； $en$  為赤道日晷側面圖，中心點為  $m$ ，晷針軸線為  $dj$ （與地軸平行），且晷針軸線與地平面的夾角為當地緯度  $\varphi$ 。 $\varepsilon$  為天赤道與黃道夾角， $n$  為中午 12 時小時點， $e$  為深夜 0 時小時點。如果選  $mj = mn \tan \varepsilon$ ，則在夏至正午時，點  $j$  的影子會落在  $n$  點，同樣的如果選  $md = mn \tan \varepsilon$ ，則在冬至正午時，點  $d$  影子也會落在  $n$  點。如果將赤道日

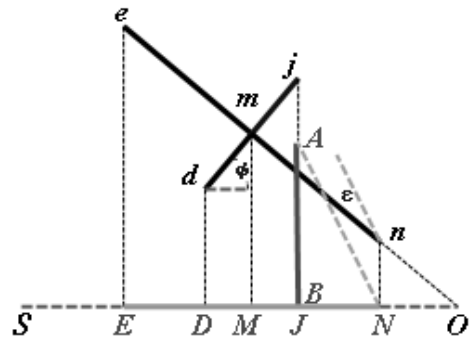


圖 1：垂直投影水平日晷投影方式

晷各點( $e$ 、 $m$ 、 $n$ 、 $j$ 、 $d$ )分別垂直投影到地面( $E$ 、 $M$ 、 $N$ 、 $J$ 、 $D$ )，則成為投影日晷。其中  $\overline{DJ}$  為投影日晷的赤緯尺 (the scale of dates)， $\overline{AB}$  為晷針線，其方向需與投影方向平行，晷針線跟 (點  $B$ ) 位置則需隨著日期在赤緯尺上移動，如在夏至、冬至時，點  $B$  需分別移至點  $J$  與點  $D$ ，在春分與秋分時，點  $B$  需移至  $M$  點。 $\overline{AB}$  長度並沒有限定，不過不能太短，否則其晷針影無法到達小時點，不易閱讀日晷時。

圖 2 為所模擬北緯  $22^\circ$  的 3D 投影日晷，其如何形成說明如下：圖中的赤道圈，可以想像為赤道日晷，在這圓圈上均勻的分佈 24 個小時點（沒有畫出），最高點為 0 點小時點，即圖 1 的點  $e$ ，最低點為中午 12 點，即圖 1 的  $n$  點，將這 24 個小時點垂直投影到晷面，即為圖中所標示的小時點，由於投影方向的關係，圖 2 小時點呈現橢圓形的分佈。圖 2 也沒有畫出赤道日晷的晷針軸線，不過可以依照圖 1 的說明，將  $\overline{dj}$  投影成晷面上的赤緯尺  $\overline{DJ}$ 。

圖 2 中的晷針外形為三角形，且模擬時假設如「片」般沒有厚度，所以稱其為三角片晷針。線  $\overline{AB}$  為三角片晷針的一邊，和投影方向平行，線  $\overline{AB}$  所產生的線晷針影就是用來讀取日晷時的，三角形的另外一邊則沒

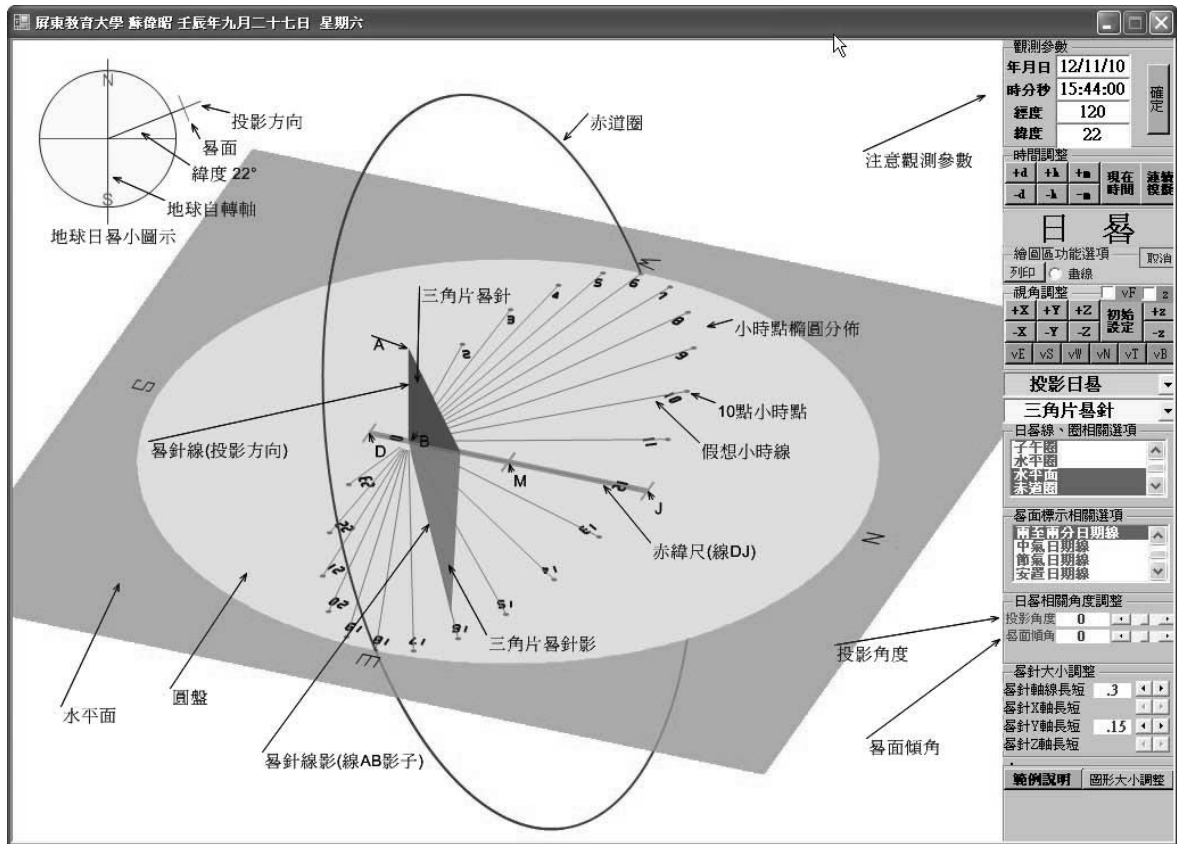


圖 2：北緯 22° 垂直投影水平日晷

有任何作用，可為任意形狀，由此可知投影日晷晷針的基本條件就是要有一線  $\overline{AB}$ ，並用其所產生的晷針線影來讀取日晷時，其餘的部份要如何變化都可以，只要不遮蔽影響晷針線影的產生即可。投影日晷是以點  $B$  至各小時點的直線為當時的小時線，因為點  $B$  需隨日期時間在赤緯尺移動，因此可以想像隨時都會產生新的小時線，因為小時線並不固定，在實體的投影日晷晷面上並不會畫出小時線，以免重疊不易分辨。為了說明如何用晷針線影來讀取日晷時，程式在圖 2 中顯示當時的 24 條假想小時線，因此由圖中很容易發現線晷針影正落在 16 點的小時線上，顯示此時日晷時為 16 點。

### 參、影響投影日晷外型的因子

投影日晷的小時點分佈為一般為橢圓形，如果讓橢圓長半徑長度固定，則其短半徑長度可以在 0 至長半徑長度變化，當短半徑長度為 0 時，小時點分佈為一直線，當短半徑長度等於長半徑長度時，小時點分佈為一正圓。

日晷小時點分佈與赤緯尺長短會影響日晷時的判讀，一般來說小時點以圓形分佈，且赤緯尺都在小時點分佈形狀之內較好，因為此時所有相鄰假想小時線夾角較均勻，不會有些太小（小時點太靠近）不容易讀取日

晷時。如果赤緯尺在小時點分佈形狀之外，當晷針線隨著日期（如夏至）移至小時點分佈之外，晷針線影可能同時接近兩個小時點造成不易判讀日晷時，這些問題是在製作投影日晷時必須考量的。影響投影日晷小時點分佈和赤緯尺長短的主要因子為緯度、投影角度和晷面傾角。以下將以模擬圖形分別說明這些因子的影響：

### 一、緯度

為了方便說明，可以先考慮緯度單一因子對垂直投影水平日晷的影響：當緯度越高，小時點分佈的形狀會逐漸由橢圓形趨近圓形且赤緯尺長度越短，在極點時，其小時

點會成圓形分佈，且赤緯尺會縮成一點；反之緯度越低，橢圓形狀越接近一直線，赤緯尺長度越長，在赤道上，小時點會成直線分佈；當緯度在回歸線上，則赤緯尺的長度與橢圓的短軸長度一樣。

例如圖 2 和圖 3，兩者模擬參數除了緯度由 22° 改成 50° 之外，其餘都一樣，且都是垂直投影水平日晷。比較圖 2 和圖 3 可以發現上述的規律，即圖 3 緯度高，其小時點分佈較圖 2 來的圓，且赤緯尺也較短。再者，圖 3 模擬的緯度 50° 高於北回歸線，所以赤緯尺都落在小時點分佈的橢圓內，反之圖 2 模擬的緯度 22° 低於北回歸線，所以有部份赤緯尺在小時點分佈所圍成的橢圓之外。

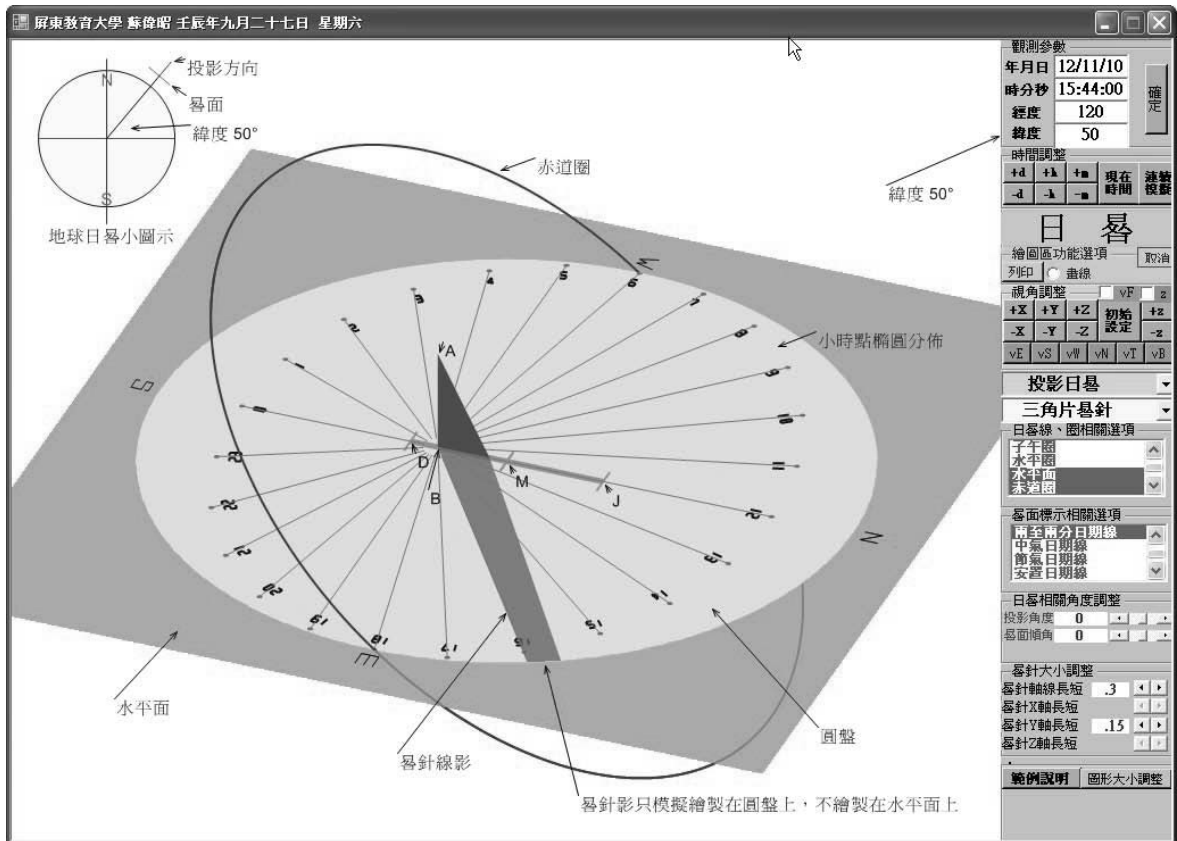


圖 3：北緯 50° 垂直投影水平日晷

## 二、投影角度

較佳的投影日晷為小時點圓形分佈，因為不同日期晷針線影至相鄰兩小時點的夾角較為均勻，容易區分判讀日晷時，因此如何產生小時點圓形分佈的投影日晷，是值得探討的。其實要獲得時點圓形分佈的投影日晷相當簡單，只要選擇適當的投影方向，即可得圓形小時點分佈投影日晷，以水平晷面投影日晷為例：圖 4 為圓形小時點分佈投影日晷方式： $\overline{OW}$  為  $\angle eOE$  的角平分線，如果選擇投影方向垂直  $\overline{OW}$ ，則  $\overline{EN} = \overline{en}$ ，投影日晷晷面南北方向長度與赤道日晷直徑將會一樣，不像圖 1 中的  $\overline{EN}$  被縮小，因此投影日晷將成圓形，值得注意的是投影晷針線  $\overline{AB}$  仍與投影方向平行，且  $\overline{DJ}$  長度也和圖 1 不一樣。

相同緯度的水平晷面投影日晷，要讓小時點成圓形分佈的投影角度不只一種，如圖 5 所示，其  $\overline{OW}$  為  $\angle eOE$  的角平分線，如投影方向垂直  $\overline{OW}$ ，則可得  $\overline{EN} = \overline{en}$ 。此時所有小時點會以東西方向為對稱線做南北互換，即原來在中心點  $M$  北方的 12 時小時點（圖 4），現在變成在中心點  $M$  的南方（圖 5），而在中心點  $M$  南方的 0 時小時點（圖 4），現在變成在中心點  $M$  的北方（圖 5）。對於赤道尺來說，這樣的投影方向並沒有造成點  $J$  和點  $D$  南北方向互換，主要原因是點  $J$  和點  $D$  是由赤道日晷晷針軸線投影而得，而小時點是由分佈在赤道日晷晷面的小時點投影而得，赤道日晷軸線晷針與晷面互相垂直造成上述結果。

由圖 4 可得當投影晷針線  $\overline{AB}$  和晷面法線  $\overline{VB}$  夾角（即投影角度）為  $\theta = 45^\circ - \phi/2$ （公式 1）時，小時點分佈將成為圓形，在此以圖 6 來展示此一特點：圖 6 和圖 2 的模擬緯度一樣為  $22^\circ$ ，利用（公式 1）可得小

時點分佈為圓形的投影角度為  $45^\circ - 22^\circ/2 = 34^\circ$ ，在圖 6 模擬也正顯示小時點分佈為圓形結果。

由圖 5 也可得當投影晷針線  $\overline{AB}$  和晷面法線  $\overline{VB}$  夾角（即投影角度）為  $\theta = 45^\circ + \phi/2$ （公式 2）時，小時點分佈也會成為圓形。在模擬上為區分圖 4 與圖 5 中的投影角度，本程式將以點  $B$  為旋轉點，從  $\overline{VB}$  順時針轉至  $\overline{AB}$  的角度設為正，從  $\overline{VB}$  逆時針轉至  $\overline{AB}$  的角度設為負，且設定相對於晷面法線  $\overline{VB}$  的投影角度為  $-90^\circ \sim 90^\circ$ ，因此利用（公式 2）可得  $45^\circ + 22^\circ/2 = 56^\circ$ ，因為是逆時針旋轉，所以投影角度為  $-56^\circ$ ，圖 7 即調整此一投影角度所得的結果。比較圖 6 與圖 7，可發現上面提及的現象，即兩者小時點以東西方向為對稱線做南北互換，而赤道尺上的點  $J$  與點  $D$  南北方向並沒有互換，但長度改變了。

## 三、晷面傾角

晷面傾角也會影響小時點分佈形狀，所以模擬時也需要考慮此一因子。為了對稱緣故，在此限定晷面僅以東西方向為轉軸，做南北傾斜，同時本模擬程式中晷面傾角參數設定向北傾斜（晷面法線偏北）其晷面傾角為正，反之，向南傾斜（晷面法線偏南）其晷面傾角為負，因此相對於水平面，本程式將晷面傾角參數設範圍為  $-90^\circ \sim 90^\circ$ 。在某

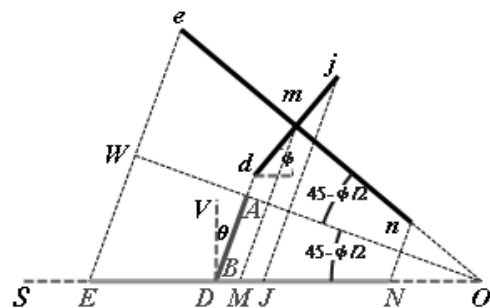


圖 4： $\theta > 0$  圓形小時點分佈投影方式

一緯度上，若其晷面向南或向北傾斜一個角度時，也可以找出適當的投影角度讓小時點分佈成爲圓形：圖 8 假設晷面向南傾斜一個角度  $\rho$ ，當投影晷針線  $\overline{AB}$  和晷面法線  $\overline{VB}$  夾角爲  $\theta = 45^\circ - (\varphi - \rho)/2$  (公式 3)，則晷面

上的小時點分佈也會成爲圓形。圖 9 模擬北緯  $22^\circ$ ，晷面向南傾斜  $20^\circ$  (晷面傾角參數調爲  $-20^\circ$ )，利用 (公式 3) 得投影角度  $\theta = 45^\circ - (22^\circ - 20^\circ)/2 = 44^\circ$ ，所以將程式中的投影角度調爲  $44^\circ$ ，其結果正如所預期，

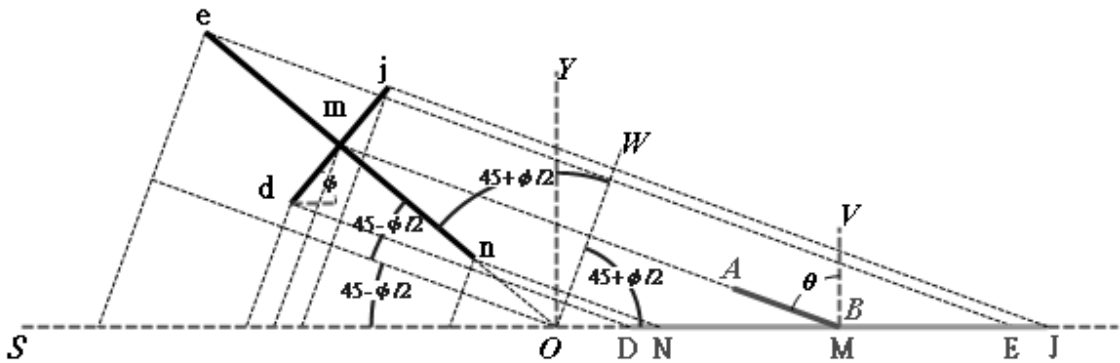


圖 5： $\theta < 0$  圓形小時點分佈投影方式

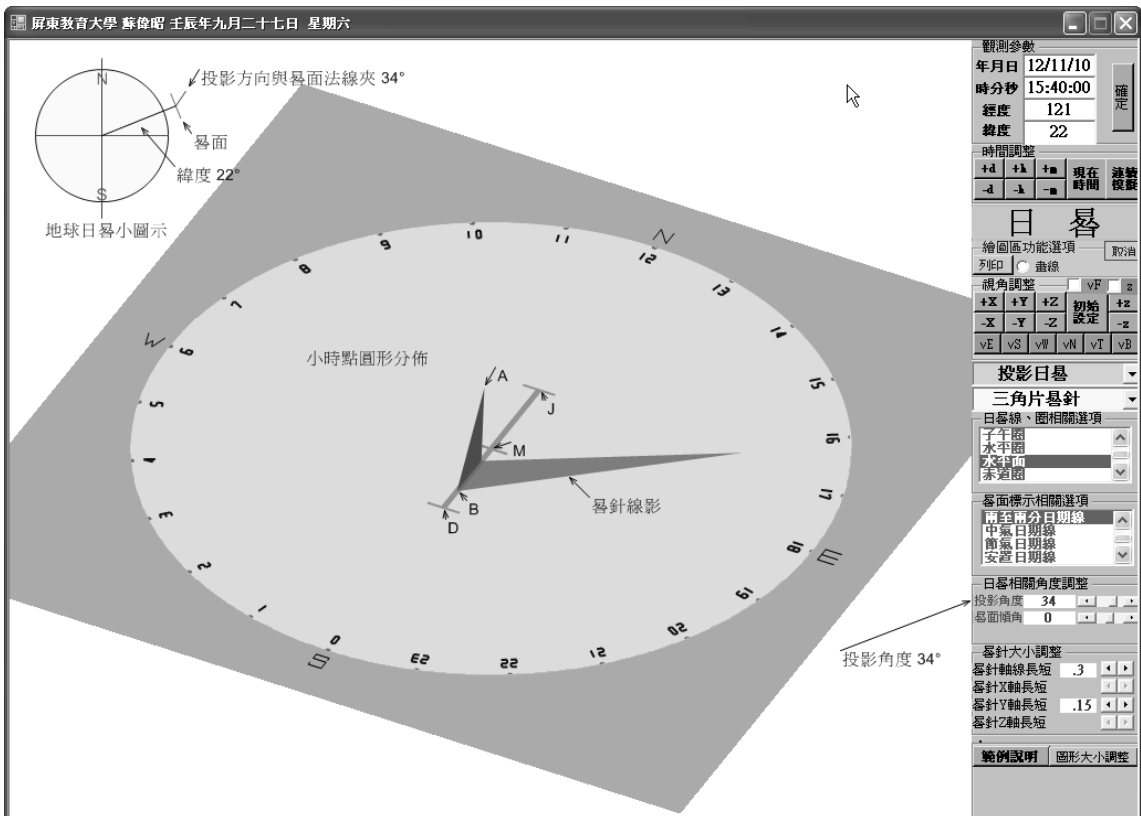


圖 6：北緯  $22^\circ$ 、投影角度  $34^\circ$ ，小時點圓形分佈投影日晷

在圖 9 中小時點分佈是圓形。

比較圖 4 與圖 8 中的  $\theta$  可知，晷面傾角效應如同緯度一樣，即將晷面傾角加上緯度所得的角度為一新緯度，利用此一新緯度所作成的當地水平投影日晷，若以同樣的投影角度可得相同的投影日晷，以圖 9 為例：在緯度  $2^\circ$  ( $22^\circ - 20^\circ = 2^\circ$ ) 設置水平投影日晷，如果投影角度為  $44^\circ$ ，則晷面上小時點分佈也會是圓形的。

雖然晷面傾角效應如同緯度一樣，但在任一緯度上，傾斜的晷面終究會造成白天某些時段晷面背對著太陽，使得太陽照不到晷針，減少可讀取日晷時的時段。

因為模擬程式設定晷面傾角只做南北傾斜，且投影角度是落在通過南北的垂直面上

，所以投影方向只有南北分量，沒有東西分量，沿著投影方向將赤道日晷投射成投影日晷時，投影日晷東西向寬度會與赤道日晷一樣，但南北方向長度則會隨著投影方向而改變，因此投影日晷上 6 時與 18 時小時點距離 ( $r_{6-18}$ ) 將和赤道日晷 6 時與 18 時小時點距離一樣，且會保持固定，而 0 時與 12 時小時點的距離 ( $r_{0-12}$ ) 將會隨著投影角度改變而改變，可以小於、等於或大於  $r_{6-18}$ 。本模擬程式設定投影日晷是落在圓盤上(參考圖 2)，圓盤直徑等於  $r_{6-18}$ ，當  $r_{0-12} \leq r_{6-18}$ ，所有小時點都可以落在圓盤上，當  $r_{0-12} > r_{6-18}$  時，會有部份的小時點沒有落在圓盤上，模擬上也不會畫出這些小時點。

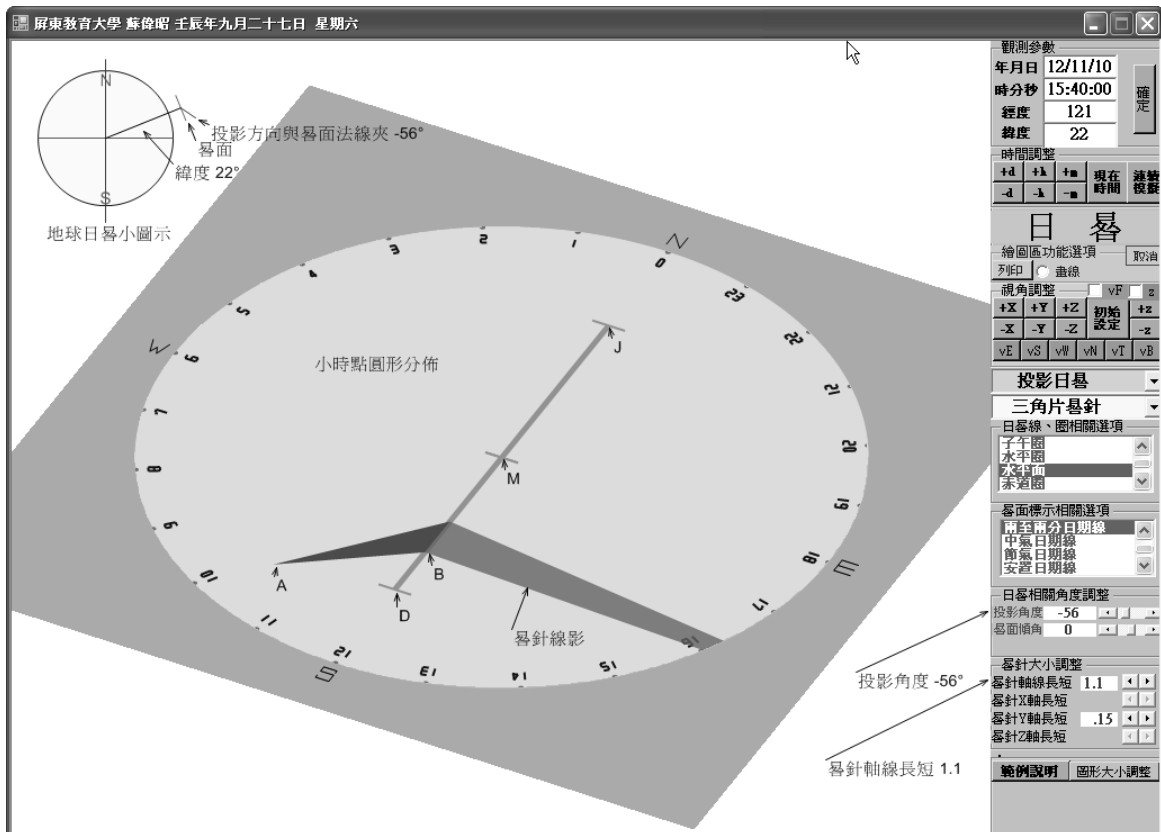


圖 7：北緯  $22^\circ$ 、投影角度  $-56^\circ$ ，小時點圓形分佈投影日晷

### 肆、日晷與鐘錶時間互換

一般用日晷所測的時間稱為視太陽時 (apparent solar time)，也可以稱為日晷時，另外，我們可假想有一個假的太陽，以圓形等速的方式繞地球天赤道轉 (以地球為中心來思考)，以這樣假想的現象所建構的計時架構稱為地方平均太陽時 (local mean solar time)，日晷時與地方平均太陽時的差異為時差 (Equation of time)。時差是來自於真實的太陽繞地球並不是等速圓周運動，且太陽在天空的軌跡是黃道而不是天赤道，造成不同日期太陽每天在某地中天的時間並不一樣。一年中有兩段時間視太陽時比地方平均太陽時快，也有兩段時間視太陽時比地方平均太陽時慢，視太陽時比地方平均太陽時最多快約 16.5 分 (約在 11 月 3 日)、最多慢約 14.2 分 (約在 2 月 12 日)，如圖 10 時差圖所示。圖 10 縱軸為時差，橫軸為日數，每年 1 月 1

日日數為 1，1 月 2 日日數為 2，以此累積一整年至日數 365 或日數 366。由時差圖可知，時差是一連續的變化，也就是隨時在改變，不過日常為了方便使用，多以日為單位，並假設每一天不同時間其時差都一樣。

利用時差圖可以很容易得到某日時差：首先將某日換算成當年的日數，然後畫一直線垂直橫軸，並通過此日的日數，此一垂直線會與時差曲線交於一點，再畫一平行橫軸的直線，此平行直線與縱軸的交點即為此日的時差，例如圖 10 中 6 月 21 日時差約 -1 分鐘，11 月 10 日時差約 16 分鐘。

我們每天用的鐘錶時間是地方標準時 (local standard time)，每 15° 經度共用一時區，所以在同一時區太陽到達不同經度的中天時間也會不一樣，差 1° 經度差 4 分鐘。因此，赤道日晷所標示的日晷時，每天都需要做上述兩種時間校正才能獲得地方標準時，而投影日晷起源於赤道日晷，觀測時也必須

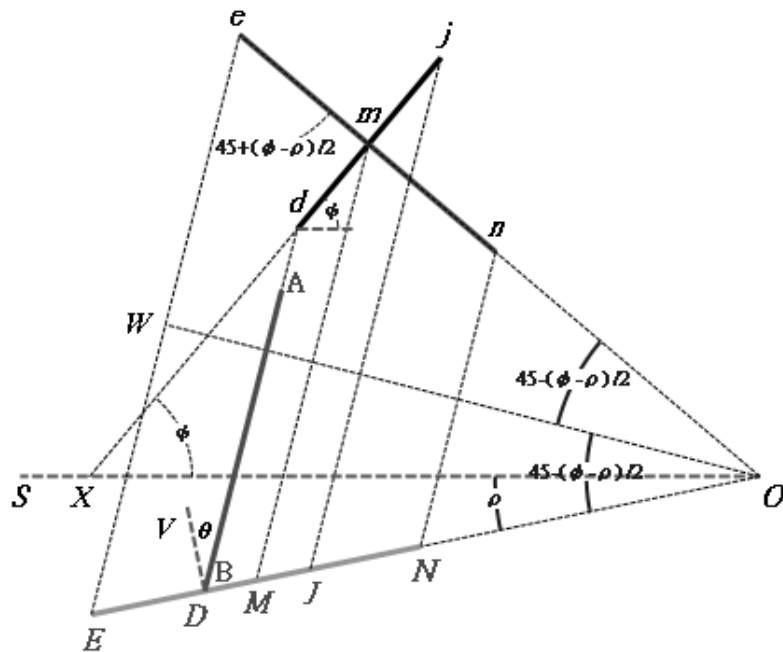


圖 8：傾斜晷面圓形小時點分佈投影方式



做相同的時間校正：例如圖2中，觀測參數中日期時間為 2012/11/10 15:44:00、經度 120°、緯度 22°，而日晷時正好指向16點，因為此模擬正好在經度為120°，即東八時區參考經線上，所以無須做因經度偏差引起的時間修正，而模擬的地方標準時與日晷時差16分鐘正好如圖10的時差所指時間差。接下來，我們以上述的模擬結果做時間的比較：圖2和圖3的觀測參數，除了圖2緯度為 22°，而圖3緯度為 50° 外，其餘模擬參數都一樣，比較兩圖可知，雖然在兩個不同緯度的垂直投影水平日晷，兩者的時差是一樣的。

在圖2和圖6的觀測參數中，兩者日期與緯度都一樣，但是圖2經度為 120°，而圖6經度為 121°，因為兩圖經度差 1°，所以差 4 分鐘

，比較兩圖模擬結果可知，當兩者的日晷時都指向16點時，圖6時間為 15:40:00，而圖 2 時間為 15:44:00，兩者正好差 4 分鐘。因為每天太陽會先通過經線 121° 的中天，再通過經線 120° 的中天，所以日晷時在圖6會比圖2早四分鐘指向16點。

圖6和圖7除了投影角度不一樣，造成小時點分佈與赤緯尺長度不同外，兩者觀測參數都一樣，因為兩者都在同一經度所以如所預期，在相同時間 15:40:00，日晷時都會指向 16 點。也就是說，不同投影日晷在同一地點，其日晷時應該是一樣的，而模擬圖也顯示此一結果。

圖 9 和圖 2 的經度、緯度都一樣，但是圖 9 模擬日期時間為 12/06/21 16:01:00，參

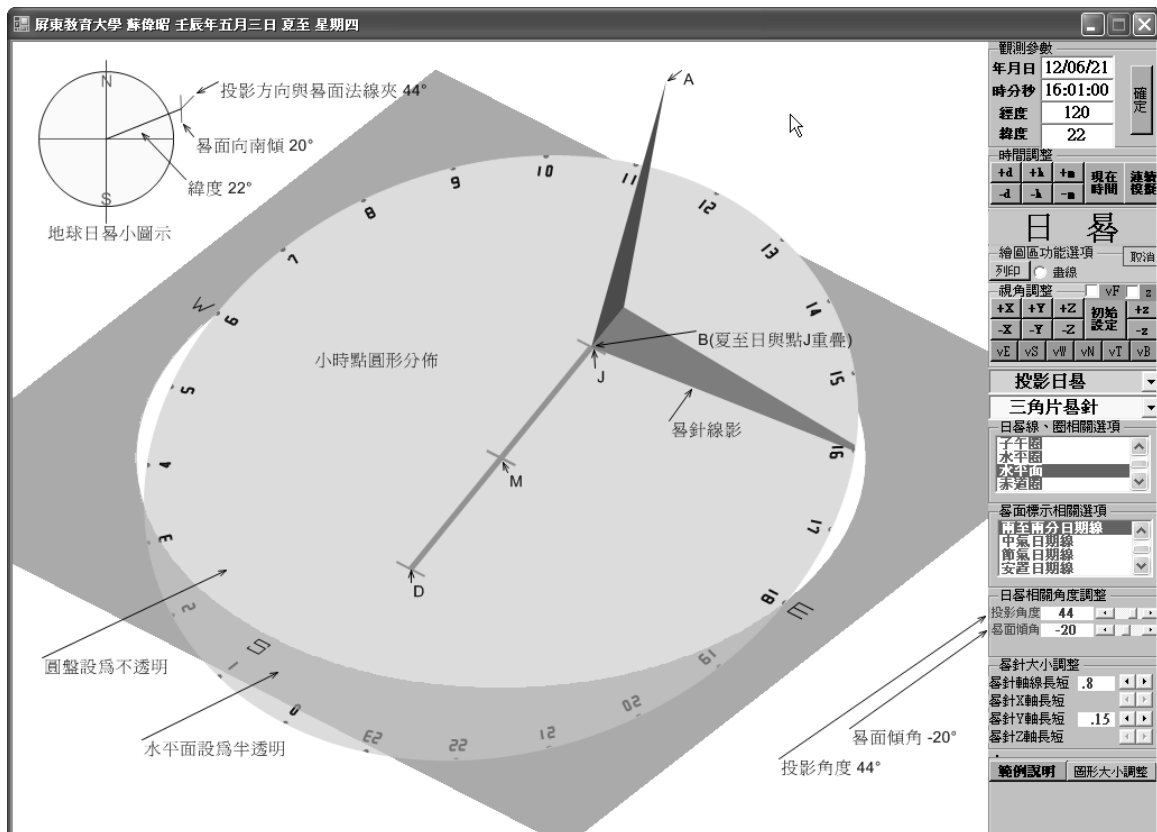


圖 9：北緯 22°、晷面傾角 44°、投影角度 44°，小時點圓形分佈投影日晷

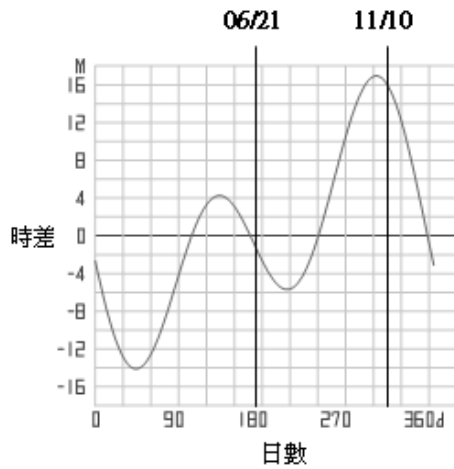


圖 10：時差圖

考時差圖 10，可得當日時差為-1 分鐘，所以當圖 9 的時間為 16:01:00，晷針線影正好指向 16 點，這一點是和圖 2 差 16 分鐘是不同的，也顯示模擬結果是依循時差圖的時間規律。

## 伍、地球日晷小圖示

圖2、3、6、7、9中左上角地球日晷小圖示主要是標示從地球外看日晷與地球的相對位置，以更宏觀的角度來掌握投影日晷晷面、投影方向(晷針線方向)相對於地球的位置。小圖示中假設日晷固定在某一條經線上，此經線正好落在投影面(螢幕)上，也就是從西邊側面觀看晷面(和圖1、4、5由東邊側面觀看晷面相反)，此時晷面將成一直線，此線的中心點(即圖2的點M)與地球球心連線代表當地的垂直方向，日晷晷面會隨著程式觀測參數中的緯度調整而調整，如圖2和圖3緯度不同，所顯示的日晷位置也不一樣。

模擬程式中的晷面傾角調整捲軸可以讓晷面做南北各 $90^\circ$ 傾斜，而投影角度捲軸的角度表示投影方向與晷面法線的夾角，當改

變這些參數時，除了日晷模擬結果會改變外，地球日晷小圖示中的晷面與晷針方向也會同時改變。例如當晷面傾角為 $0^\circ$ 時，晷面以水平方向擺放，圖2、3、6、7所示晷面(線)與當地水平面(即當地切線)平行，也就是晷面中心點與地球球心的連線會與晷面垂直。當投影角度為 $0^\circ$ 時，表投影方向與晷面垂直，這一點也可以在圖2和圖3發現。

圖6和圖7投影角度各為 $34^\circ$ 和 $-56^\circ$ ，即投影方向與晷面法線各夾 $34^\circ$ 和 $-56^\circ$ ，所以由地球日晷小圖示可以看到圖6投影方向由北方上空指向晷面，而圖7則由南方上空指向晷面。圖9晷面傾角 $-20^\circ$ 、投影角度為 $44^\circ$ ，由小圖示可以看到晷面不再平行當地水平面，而是向南傾斜 $20^\circ$ 且投影方向與晷面法線夾 $44^\circ$ ，是由北方上空向傾斜的晷面投影。

由上述這些模擬圖可知，投影日晷晷針線方向可以為任意角度，不需和赤道日晷與地平日晷一樣，遵守晷針軸線需與地轉軸平行的限制。

## 陸、人影日晷

人影日晷是一種以人為晷針的投影日晷，因為人垂直站立在水平面上較為容易且自然，所以是屬於垂直投影在水平面上的投影日晷，當緯度漸小時，橢圓形的投影日晷其短半徑與長半徑比也逐漸變小，在赤道上短半徑將為0，而晷針影至某些相鄰兩小時點的夾角也會太小或為 $0^\circ$ 以致不能區別，也就是說在緯度較低的地方或赤道上較不適合使用人影日晷。相反的，人影日晷較適合在中高緯度，因為垂直投影在地平面的橢圓其短半徑與長半徑比較大，容易閱讀日晷時。到了北極，人影日晷中的小時點將成圓形分佈，此時與地平日晷一樣。

台中自然科學博物館緯度位置雖然不

高，但仍高於北回歸線，赤緯尺會落在小時點分佈橢圓形內，設置人影日晷還算適合，如果要在高雄科工館設置人影日晷，其結果會如圖2所示部份赤緯尺會落在小時點分佈之外，此時要注意在夏至時期，也就是圖2中點B移至點J附近時，在某些時間其晷針線影可能指向兩相鄰小時點，造成日晷時判讀的困擾。

設置人影日晷時，小時點距晷面中心點不宜太長，否則會有很多時段因人影太短，指不到小時點不易判讀日晷時，例如圖6顯示晷針線影太短，指不到小時點，而且沒有如圖2有假想的小時線做日晷時判讀的參考，所以判讀上誤差較大。在圖7，原本晷針線影也太短指不到小時點，但在模擬上因為調整晷針線長度，所以晷針線影可指向小時點。在現實上，無法隨時調整人的高度，因此人影日晷要考量人的高度，如先計算出不同日期時間可能產生的影長度，以製作適當尺度的人影日晷，讓多數時間可以容易判讀日晷時。

人影日晷用人當作晷針，讓人參與其中來判讀日晷時雖然可以引起人們的興趣，不過人有高低、胖矮，也可能無法站立、或是站立時無法挺直，所以以人影來判讀日晷時誤差一定會相當大，改善之道，或許可以一細直桿取代人，由一底座豎起此一直桿，再讓直桿跟著底座隨著日期在赤緯尺上移動，如此每一個人就可以利用它讀出正確的日晷時。如設置小時點圓形分佈的投影日晷，也可讓傾斜的直桿平行投影日晷讀取日晷時，當然也可以和本模擬程式做比對，查看兩者的日晷時是否一致。

## 柒、結論

國人從小學就知道可以用日晷來測量時間，但從國中至大學，因為教科書多不再談

及日晷，所以絕大多數人對日晷的概念也僅只於小學階段，不但不瞭解日晷觀測原理，也無法體會古人如何量測、定義時間的演進過程，相當可惜！在國內，公共場域多設置水平日晷和赤道日晷，造成一般民眾誤認為日晷僅有這兩種。台中自然科學博物館是國內少數設置人影日晷的地方，不過相信多數去看過的人都不知道它是投影日晷的一種，當然更不會知道其原理，再者，使用人影當作晷針影看起來相當粗糙，很難令人相信其可以準確測量時間。如果能配置可以移動的直桿，以量測日晷時做為對照，或許更能引起參觀者興趣。

直接用幾何數學去瞭解投影日晷原理，對多數人有其難處。其次，投影日晷形狀和緯度、投影方向與晷面傾角有關，觀測時，晷針線除了需平行投影方向外，也需要隨日期在赤緯尺上移動到正確位置，再加上需要考慮時間修正才能從日晷時轉換成地方標準時，對一般民眾來說有一定的難度。

本投影日晷模擬軟體是針對對投影日晷有興趣但不瞭解其原理的人設計的，透過程式不但可以立即模擬不同緯度、不同投影方向和不同南北傾斜晷面的投影日晷，也可以模擬如何利用晷針線影讀取日晷時，與日晷時和地方標準時的關係。

## 參考文獻

1. 邱紀良(2008)。日晷百變。新竹市：國立清華大學出版社。
2. 蘇偉昭(2008)。平面日晷之電腦模擬。台灣教育學術研討會，台北市。
3. 蘇偉昭(2010)。平面日晷模擬、製作與觀測。數位內容與虛擬學習研討會
4. 蘇偉昭(2011)。球面日晷之電腦模擬。第27屆科學教育研討會，高雄市。

5. Mayall, R.N., & Mayall, M.W.(2000).  
Sundials: Their Construction and Use.  
New York, Dover Publications.
6. Rohr, R.J.(1996). Sundials: History, Theory,  
and Practice. New York, Dover  
Publications(1965 1st ED).

## **A simulation program for Analemmatic sundial**

**Wei-Jou Su**

National Pingtung University of Education

### **Abstract**

Analemmatic sundial is originated in equatorial sundial, that is, 24-hour points and gnomon of equatorial sundial are projected onto a plane by a selected projection angle. The distribution of hour points and length of scale of dates (from gnomon projection) are affected by latitude, the projection angle and the inclination of the dial plane. The gnomon of analemmatic sundial is parallel to the projection direction. There are no hour lines on the dial and the time of day is read by referring to the fixed hour points. The gnomon is not fixed and must change position daily to accurately indicate time of day. Local standard time can be obtained by applying the time corrections to sundial time.

The main purpose of this paper was to show how to use my sundial program to demonstrate the principles of analemmatic sundial. By changing parameters such as the latitude, projection angle, inclination of the dial plane and 3D projection parameters, the program will simulate different projections of sundial. The program also simulates the shadow change according to different date/time and longitude. Hopefully, users can use this program to promote their concept of space and time.

**Key words:** Analemmatic sundial, Sundial simulation, Space and time

