
日本日時計の会会報

2008年2月

HIDOKEI 第8号

ひ ど け い

JSS

THE JAPAN SUNDIAL SOCIETY



明石公園のカブトの日時計（明石市）

日本日時計の会役員

顧問 関口直甫

会長 後藤晶男

副会長 押田榮一

幹事(会費・会員管理) 小野行雄

幹事(カタログ・文献) 沖允人

幹事 藪保男

幹事 佐藤久忠

幹事(ひどけい編集) 鷺見洋一

ひどけい 2008年2月 第8号

(目次)

2007年度日本日時計の会総会	1
余山天文台の日時計	関口直甫 2
中国の日時計をめぐる	沖 允人 4
環境科学玩具—極型と準極型日時計のパソコンソフト作り	澤路雅夫 9
国際天文年2009参加行事	奥田治之 13
平面型日時計における季節曲線の簡易作図法について	小野行雄 14
球形日時計	奥田治之 16
編集後記	21

●入会について

入会ご希望の方は、上記の幹事会員・小野行雄
または鷺見洋一までご連絡ください。

年会費：個人3,000円、法人10,000円

学生1,500円

●投稿原稿は原則として鷺見洋一にお送りください。

日時計カタログ情報は沖允人にお送りください。

(表紙の写真) 明石公園のカブトの日時計、明石市

(裏表紙の写真) 明治村の灯台の日時計

愛知県、犬山市



東はりま日時計の丘公園
兵庫県西脇市黒田の庄町

2007年度日本日時計の会総会

第8回日本日時計の会総会が、2007年10月13日（土）、明石市天文科学館2F天文ホールで開催されました。今回の総会は明石市天文科学館の皆様方、とりわけ担当の井上毅氏にたいへんお世話を頂きました。誌上をお借りしてあつくお礼申し上げます。後藤会長は入院中のため残念ながら欠席となりました。

総会は午後1時より、押田副会長の挨拶から始まり、引き続き押田副会長を議長として進行いたしました。総会の議案は原案通り承認されましたので、会員のみなさまには、本誌によりご報告申し上げます。欠席の方には、本誌とともに総会の報告資料をお送りいたします。

1) 出席者

会員総数：個人36名 法人5社

出席者：沖允人・道子 奥田治之 押田栄一
小野行雄 角野韶炳 木下一也 澤路雅夫
鷺見洋一 野呂忠夫 馬場寛 光田淳雄・幸子
松尾真理 井上毅(科学館)

(出席者15名)

2) 決議事項

① 役員の改選

現行のまま再任。

② 20年度総会の会場について

関東方面とする。その他に申し出があれば検討する。

③ 足利工大の事務局について

移転内容、事務分担につき幹事一任

④ 2009年の国際天文年（→ p.13 参照）

日時計の会として行事を企画する。

明石市科学館の日時計広場の立案に協力する。

3) 会員による報告

報告は概ね本誌掲載の記事になっています。

4) 天文科学館行事

総会後、プラネタリウム室において、沖允人氏、小野行雄氏の担当で「世界の日時計・日本の日時計」と題する講演が、続いて天文ホールにおいて、奥田治之氏の担当で紙日時計工作教室が開催されました。

5) 見学会、14日（日）

翌日には、西脇市黒田庄町の東はりま日時計の丘公園を総勢12名で見学いたしました。あいにく曇天でしたが、旧知の方に初めての方、愉快的見学行となりました。
(編者)



天文科学館ロビー



天文科学館天文ホール



東はりま日時計の丘公園
兵庫県西脇市黒田の庄町

余山天文台（中国、上海）の日時計

Sundials in YuShan Observatory

関口直甫 N. Sekiguchi（東京都）

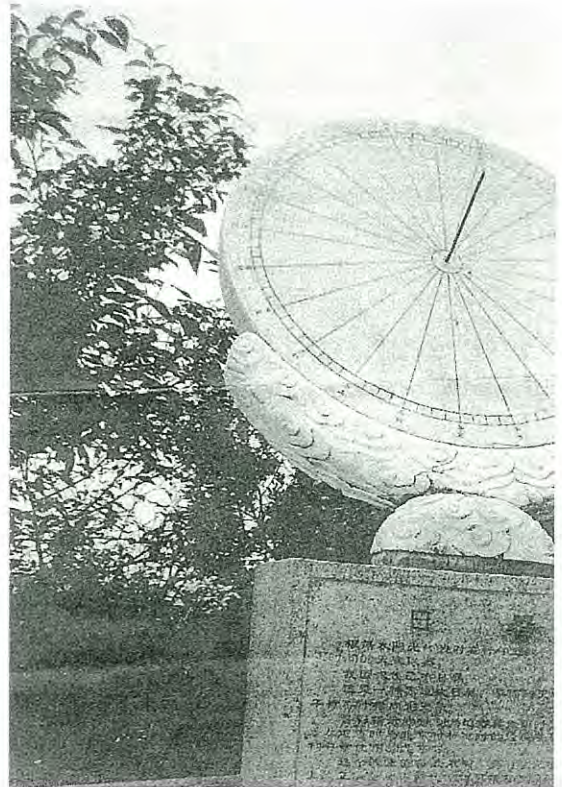
千葉県我孫子市にお住まいになっておられる日時計の愛好家で中山昌夫という方がおられます。この方のご令嬢が最近中国旅行をされ、上海郊外の「余山天文台」という所で日時計をご覧になり、写真をお撮りになって来られました。ご令嬢自身は日時計に興味があるのではないらしいのですが、お父様が日時計の趣味をもっておられるので参考までと思って撮って来られたものらしいのです。ご令嬢自身は日時計の知識はあまり持っておられないらしいのです。私は中山氏から、ご令嬢がこのような写真を撮って来られた旨手紙でお知らせを頂きました。私はひょっとすると、この写真も日本日時計の会の機関誌「ひどけい」に掲載する価値がある写真かも知れないと考え、その写真を私の所へお送り下さるようお願いしました所、早速写真を送って下さいました。

ところが、その中山氏から送って下さいました写真を拝見しまして、私の不勉強のためでしょうが、分からない点が多々出てきて、はてどうしたわけかと思案に戸惑っております。このままこれらの写真を「ひどけい」に掲載したら、読者から「変な写真だ」という質問が殺到するでしょうが、これに回答するのは容易なことではないと感じました。



まず、主な日時計の（と始めは思っていた）写真についてですが、これはよく「独楽型日時計」といわれているもので、北京の紫禁城にあるもので、中国としては標準的な形のものと思われます。ところが、各時刻の所には文字が入っておりますが、一番

下の所には「午正」という文字が読み取れます。これは「正午」の意味だろうと思われます。中国ではこのような書き方が行われているのでしょうか。その右には「不動」というように見える文字が見えます。①中国ではこういう時刻の呼び方が行われているのか、私は今まで知らなかった事ですが、現代でも行われている時刻の名称なのか知りたいと思います。



それから、この日時計は「独楽型日時計」といわれる形式の日時計で、中国では最も多い形式の日時計だと思いますが、この日時計は、1年の内3月の春分から、夏を経て9月の秋分に至るまでの半年間しかこの面に日光が当たらず、秋分から年末・正月を越えて春分に至る半年の間は、この面には日光が当たらず、日光はこの面の裏側にのみ当たる訳ですが、②裏側の模様はどうなっているのか、半年間は裏側を見上げるような形で眺めるわけですが、そうするのに便利のように作られているのか。また、写真に写っている円盤は相当斜めになっていますが、③これはどういう支持方法で支えられているのか、それも知りたいと思います。

以上は、（主）日時計に関する問題で、これらは私が無知であるからこういう疑問を持つのだといわれるかも知れません。しかし、次の均時差表の写真は、私には「奇怪」と思われるような変な写真です。

日時計に「均時差表」（写真には「時差値」と見えております）を付けることは当然でしょう。「均



時差」を8の字の模様で表すことは少し異例ですし賢明でもないと思いますが、誤りとはいえないと思います。ふつう「均時差」は平面のグラフで示しますが、ここでは円筒面に描いております。この円筒面は写真では明瞭にわかりませんが、どうも半円周の面のように見えます。また写真には球のついた細い棒が写っており、これは円周面中心の線のようです。

私は、この「均時差表」と日時計本体と一緒に写っている写真を撮って頂きたかったと思います。そうすれば日時計本体と均時差表との位置・方向関係、大きさの比もわかります。まあ、それは日時計に普段から関心をお持ちでない中山氏のお嬢様にこのことを要求するのは無理でしょう。

この構造物については、その横座標・縦座標がともに不可解です。横座標については、-20、-15(分)などと表示が読めます。これは均時差の値のようです。日本と符号が逆ですが、④中国ではこう均時差の符号をとっているのでしょうか。そしてこのグラフの尺度単位ですが、一つ一つの線の間隔は1分ですが、これでは半円周は180分=3時間で、写真に写っている細い線の影は6時間で動くことになります。⑤縦線の間隔を2倍に書いてしまったのではないのでしょうか。

このグラフの下に、「辰」「巳」という字が見えます。これは日本でも1日の時刻と十二支に割り当てて、「子」の刻、「丑」の刻・・・などと言っていましたから、⑥その時刻の数え方を中国でもしているのではないかと。ただし、⑦これは標準子午線との経度差を考慮した標準子午線における真太陽時になっているのではないかと。このグラフの下に、写真では切れて全部は見えませんが、「標準時=真・・・値」という式が見えます。これはおそらく「標準時=(この土地の)真太陽時-経度差-均時差」と言うような公式を書いたものではないのか。一番下のグラフは、その「この土地の経度差補正をした

真太陽時」を表すものではないかと、私は考えます。ただし、これは私の想像です。

さらに、この「均時差表」のグラフの左端に、縦の座標に節気の名前が書いてありますが、これも奇怪です。これは各節気について、「夏至」と「小暑」との間隔が一番小さく、「小暑」と「大暑」との間隔はそれより長い。さらに「大暑」と「立秋」との間隔はそれより長い。これはわかるのですが、それから後、「立秋」から「立冬」まではほとんど同じ間隔で書いている。⑧「秋分」の前後が一番間隔が広くなるべきなのに、等間隔で線が引いてあるのは何故か。中央の細い棒には球がついており、その影の位置で節気が読めるように作ってあるのではないかと思います。このような等間隔目盛りでは、球の影の位置によって節気を知ることは出来ません。

この8の字の形から見ると、球の影の位置によって節気を知るのではなく、球の影の位置におかまいに、節気の線によってその日の均時差を知るらしいのです。そしてその日の均時差を知れば「(この土地の)真太陽時-経度差」は、その下に見える、辰・巳・・・と記した円環で読みとる。その時刻に均時差の補正を加えて、標準時を得ることが出来ます。



そうすると何のことはない。この8字図形を書いた円環の部分だけで標準時が得られ、これで日時計の役目を立派に果たすことが出来ます。⑨私が始め主日時計と思った独楽型日時計は、古典的日時計として参考のため展示してあるにすぎないように思われます。みなさんはどうお考えになるのでしょうか。

中国の日時計をめぐる

Sundials in China

沖 允人 M. Oki (足利市)

1. 北京の故宮

中国では「時計」は「土圭」と書き、日本で「時計」となったといわれている。「時」を知り、暦を公布することは、為政者の権力の象徴でもあった。北京の故宮がその一つであろう。当時は、日時計と漏壺（水時計）を使って時を測っていた。明(1368-1644)の末期になってはじめて、ヨーロッパから、機械式時計が伝わり、次第に伝統的測時計にとってかわった。18世紀、清(しん)(1644-1912)の宮廷では、大量に機械式時計を使っていた。

故宮は1406年に明朝の永楽帝が建設し、清朝最後の皇帝溥儀まで皇帝の居城であった紫禁城である。紫は中国では高貴な色とされていた。故宮の東西約750m、南北約960mに及ぶ広大な敷地は、高さ約10mの城壁と幅約50mの濠に囲まれ、この中には多くの宮殿がある。部屋数は合計9,000以上あるという。

故宮には4個の日時計がある。いずれもコマ型日時計といわれる両面の日時計である。私は、2006年1月にチベットからの帰りに北京を訪れた。故宮の日時計は小野先生の記録(ひどけい7号「コマ型日時計レポート」p8~11、編者註)を参考にしたので短時間で見学できた。この時期は大変寒いので観光客は少なかった。

王府井の繁華街のホテル「和平賓館」に泊まっていて、歩いて故宮に行ける距離だったので、自分の思うままの時間に故宮に行き、ゆっくり日時計を見学できた。小野先生が、多分、先を急がれて見落とされたと思われる入り口手前の大きな日時計も見つかり、ゆっくり見ることができた。中国に限らず、日時計のある場所はなかなか分からず、地元の人に聞いても知らない人が多いので、誰かの報告があると便利である。

故宮博物館の2006年1月のときの入場料は30元であったが今年は60元になっていた。

2. 故宮の日時計

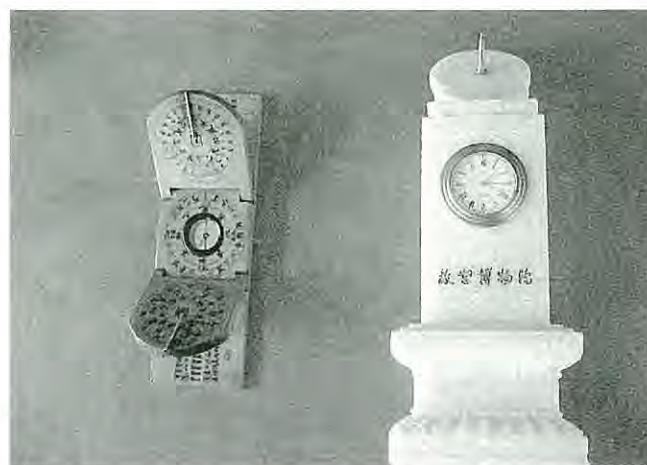
毛沢東の巨大な写真像の掲げてある天安門広場から天安門のトンネルに進むとその前の広場の左側に約2mの高さの大きな日時計がある。時刻面の石にクラックが入り、鉄で補強されている。この広場はタクシーの駐車場や乗降場所になっていて、何時も混雑している。一般観光客は、故宮見物のために天安門に急いで直進するので、この日時計には注意が向かないようである。故宮はかなり広いので、急いで見学しても2時間はたっぷりかかるので、特に団体行

動の場合はつい急ぎ足になる。

大和門をくぐると、左右に広がった大きな屋根の堂々とした大和殿が見えてくる。大和殿は故宮最大の宮殿であり、故宮の正殿である。また、現存する中国最大の木造建築物でもある。大和殿の前方、土台の最上壇である「丹陛」には度量升や日時計、銅製の香炉や鶴亀の像が置かれている。これらはみな、皇帝の世の長久と「長寿無窮」を象徴するものだったという。「丹陛」の南東の角の中央に4本の太い柱に乗ったコマ型日時計がある。大きくて見事である。製作年は乾隆帝の時代の1744年と推定されている。

中和殿・保和殿と進み、乾清殿に到る。ここにも基壇の南東の角に少し小さいコマ型日時計がある。

「上向きのダイアル面に中心を軸とした方位針が付いている。薄曇の日でも時刻が観測できる工夫がされている。ノーモンの角度がやや緯度に対して大きい。大理石の重さで長い間に傾いたのではないかと2005年2月に北京を訪れた小野行雄先生はコメントしている。この日時計の模型を大和殿の近くの売店で売っている。小野先生は石膏製で約10分1のものを購入したとあるが、私が行ったときにはそれは無く、かわりに人造大理石作りで、丸い機械時計が前面に組み込まれたものを立派な箱付きで売っていたので購入した。これは、現在、足利工業大学の「日時計の部屋」に展示してある。



近年(16世紀頃)の携帯用の日時計(木製、左)
故宮で売っていたミニチュア日時計(右)

乾清殿の北隣に坤寧宮がある。坤寧宮は明代(1368-1644)の皇后が暮らしたところである。明朝の崇禎17年、李自成の率いる農民軍の北京入城時に、崇禎皇帝は紫禁城後方の景山に逃げて首を吊り、皇后もこの坤寧宮で首を吊ったという。坤寧宮は清代には祭神の場所となった。現在、景山公園となっている。

坤寧宮の基壇の南東の角にコマ型日時計がある。これまでの4個の日時計のなかでは一番小さい。

また、故宮博物館の時計館「鐘錶表」には大型の機

械時計、百数十点がガラスケースに入れられている。日時計のコレクションもあるという。入館料は10円である。

3. 日本にあるコマ型日時計

コマ型日時計は、日本では、セイコー資料館のものが故宮の乾清殿のものとそっくりである。中国で購入されたらしい。(ひどけい6号、表紙裏)

また、名古屋市立博物館前庭のコマ型日時計はウオーターデザイン社の製作であるが、入念に設計・製作され、設置されている。(ひどけい7号 p.17)

小野先生がデザインし、製作されたノーモンを巾のある三日月形にした変形コマ型ともいうべき日時計がある。これは、美術展に出品された後に、足利工業大学に寄贈を受け「日時計の部屋」の前庭に展示してある。(ひどけい7号 p.10)

4. 孔廟・国子監と首都博物館

孔廟・国子監(The Confucius Temple and Guozian)と首都博物館は、長安街の西延長線上にあり、住所は東城区国子監街13号である。近くに国子監というバス停がある。

首都博物館は北京市の大型総合博物館として1981年10月、静かな環境の孔廟・国子監内にオープンした。同館は数十年にわたり、さまざまな文物を収集してきた。青銅器や陶磁器、書画、石刻、貨幣、玉器、帝王の印章、織物、刺しゅう、竹・木製器具、象牙・角製品、仏教彫刻、文具、民間工芸品など収蔵品はおよそ25万点。海外に名を馳せる孤品や逸品も少なくない。博物館内に日時計は収蔵していないようであった。

孔廟・国子監内の庭に故宮と同じ型の日時計がひとつある。明朝の前の元朝の時代の約600年前の日時計であるという。故宮にあるコマ型日時計と同じ型である。ここには、2006年1月3日に王府井からタクシーで行った。入場料は10元だった。年間を通して一般観光客はあまりいない。

5. 北京・骨董品街

王府井からタクシーで15分ほど南東に走った琉璃廠(ルリチャン)東街、南新華街一帯に古式建築で復元された古道具店や骨董品店が50軒以上ある。骨董品、古美術など安い物から高価なものまで沢山ある。日時計は見つからなかったが、いろいろな古道具や骨董品があり、見るだけでも楽しい。

6. 北京の古代天文台

The Ancient Beijing Observatory—Beijing Gu Guanxiangtai

北京の古代天文台は正式には北京古観象台といい、建国門の近くにある。王府井から地下鉄で1区間

で、歩いて20分程度である。地下鉄は3円で、安全な乗り物である。3つの路線があり分かりよい。行った日は2007年9月21日で、友人の浜田勝信君と妻の道子の3人である。



北京の古代天文台の入口と筆者

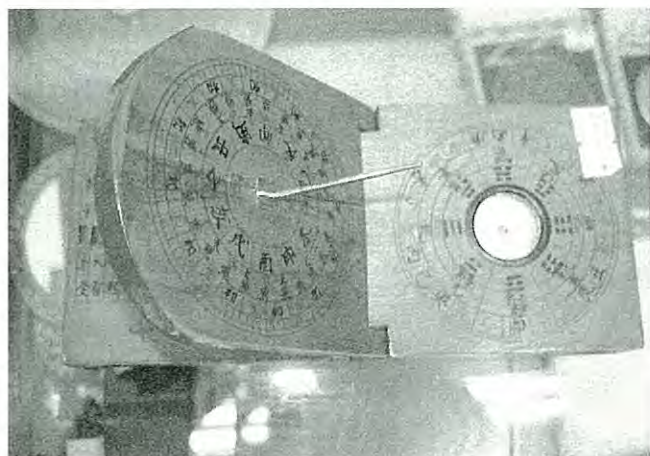
古代天文台の高さは約14mある石造りの頑丈な古い建物である。入場料30元を払って入り口を入ると急な階段がいきなり3階位の高さの建物の屋上まで続いている。登った屋上に所狭しと天文観測装置が並んでいる。天球儀(The Celestial Globe)、経緯儀(The Altazimuth)、天体の位置を測定する装置、黄道を測定する装置、真太陽時の測定器などなどが並んでいる。台や柱の部分には、龍や動物の彫刻がほどこされていて芸術品のようである。



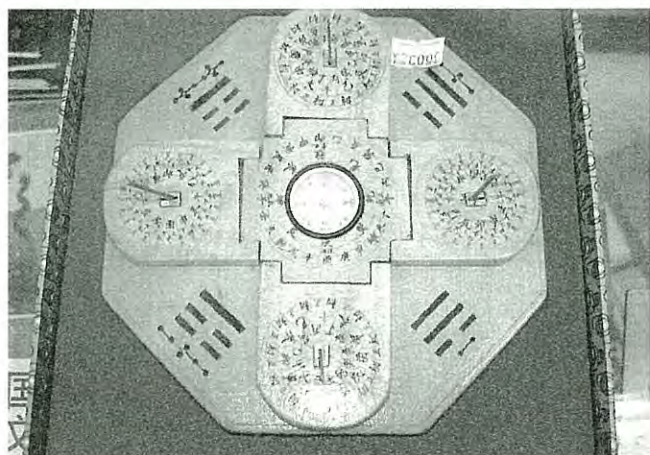
昔の天体観測装置の一部

屋上の片隅に記念品売り場があり、天文観測に関する書籍、測定装置のミニチュア、中国の古い町並みのスケッチの絵葉書や絵画なども売っている。日時計のミニチュアも3種類売っていた。携帯用日時計はどれも木製の折りたたみ式のもので、木製の携帯型日時計は中国独特のものである。全部買いたかったが現金の「元」でないと駄目だということで、手持ちの現金の「元」で一番安いものを一つだけ購入し

た。150元(約2500円)であった。一番高いのは30,000円ほどする。



近年(16世紀頃)の携帯用の日時計
(木製、時刻部は直径約7cm)



近年(16世紀頃)の携帯用の日時計
(木製、台は一辺約18cm)

階下に入りて中庭に行ってみる。古代の天文観測装置が沢山並んでいる。いかにも古そうであるが、本物は南京の紫金山天文台にあると説明に書いてあ



天体観測装置「赤道儀式渾儀」

る。庭にはかなり大きな「紫微殿(Purple Hall)」という明代(1437-1466)年間の天文台に附随して建てられた昔の建物がそのままに残っており、中には天文関係の歴史や天文学者の写真や説明があった。片隅に日釜型の日時計があったが、粗末なものであったから、多分、韓国の日時計を模して簡単に製作したもののようだ。くぼんだ半球の形をした内面に目盛が書かれている日時計は、中国では「仰儀」と呼ばれ、中国の郭守敬(1231~1316)の発明品だという説もある。



昔の日釜型日時計

(韓国のものを真似て中国で作られたという、レプリカ)

もう一つ小さい庭があり、ここには数基の日時計があった。故宮にあるコマ型、そして、水平型、柱型などである。どれも本物ではない。



コマ型日時計(レプリカ)と筆者

あった。この本物も南京の紫金山天文台にあるという。



コマ型日時計の頭部(レプリカ)



二十四節気や時刻を測る大理石の日時計
(1440年に製作、1744年に修復)



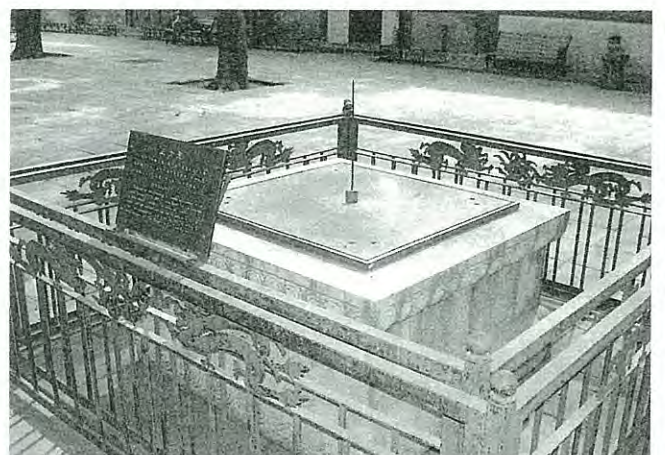
昔の日時計のいろいろ(レプリカ)



「正方案」方位決定する平板



昔の水平型日時計
ノーモンが無くなっている(レプリカ)



「地平式日晷」水平式日時計(レプリカ)

明代圭表(The Gnomon of the Ming Dynasty)「ノーモン」と説明のある2mほどの高さの金属製の柱型の日時計が目をひく。柱の影を3mほどの長さの大理石の台に落として二十四節気や時刻を測る日時計である。これが一番大切に、保存も展示も丁寧で

ひどけい 2008年2月

これらの大理石は雲南省の大理という町から切り出してきたらしい。今年の5月に大理を訪ねたばかりなので懐かしく思いだした。浜田君は絵を描くことが得意で、珍しい建物や天文装置に興味を持ち、盛

んにスケッチをしていた。子供連れの夫人が熱心に覗き込んでいた。

なお、新しい北京の天文台は北京市の西の遠くにある北京動物園の近くにある。

7. 鼓楼・鐘楼

時に関係する建物として、故宮の北の景山公園より、さらに北に鼓楼・鐘楼があるというので、古代天文台に続いて行ってみた。昔、元の時代(1271-1368)にはここが都の中心で、ここにある大太鼓と大鐘で時を知らせていた。内部も見学できるが、エレベーターはなく、手すりのない細い急なステップの高い階段を3階分登らなければならないので大変である。しかも踊り場がなく、一気に登らなければならない。

大鐘は約60トンほどある巨大なもので、さぞ大きな音がしただろうと思われた。鐘の吊ってある高い場所からは昔のままに残っている古鼓楼という狭い古い町並みが見える。狭い町並は小道がくねくねと続き、迷路のようになっている。階下に降り、その街を歩いてみると、台所が見えたり、路地で老人が何もすることも無くポツンと座っていたりして、庶民の貧困だが幸せな生活が伺えた。しかし、路地の奥の方には、阿片窟のような場所を感じ、夜や一人歩きは遠慮したい不気味さがある。

鼓楼・鐘楼まで地下鉄で行ったが、帰りは王府井のホテルまで歩いた。地図で見て、近いと思ったが、故宮の東に沿って延々と歩き、1時間あまりかかった。故宮の大きさを実感した。

8. 南京・紫金山天文台

南京は江蘇省の省都であるが、観光地ではなく、特に、夏は大変暑いので訪れる人は少ない。中国の「三大かまど」の一つといわれている。他の二つの「かまど」は重慶と武漢である。

長江にかかる南京長江大橋(6,772m)から東に紫金山が望めるが、南京の天文台は紫金山の山頂近くにあり、紫金山天文台と呼ばれている。中国の最大規模の天文台で、その歴史は古く、毛沢東など歴代の指導者達が必ず訪問したという。紫金山には無数の天体ドームが点在している。ここには歴代の天文観測機器が展示され、紀元前から使用されていた中国の天文観測機器も屋外に展示されている。

なお、南京にも北京と同様な「時」を告げた鼓楼・大鐘亭があり、また、収蔵物の多さでは中国で一、二を競う南京博物館がある。ここに若干の時計が展示されているという。

9. 広州の時計

広東省の省都は広州である。18世紀中頃、清(しん)

朝(1644-1912)は鎖国政策をすすめていたが広州(クワンチョウ)の港だけは貿易を許可していた。現在でもその流れで、広州交易会が毎年2回開催されている。昔から広州港は輸出入が盛んだったようで、西洋からの時計も広州から中国に持ち込まれたと思われる。時計などを含む骨董展示即売会などが開催されていたようで、中国古天文機器史の第4章に受西方的の時計として、三角形のノーモンの時計、彫刻のある折りたたみ式の金属製の時計などが広州で展示・即売された写真入りで紹介されている。なかなか立派な芸術の香り高い時計が多い。ひょつとすると、現在でもまだ広州のどこかに残っているかも知れない。

なお、広州と杭州は日本語読みだとどちらも「コウシュウ」と発音するが、中国語では、杭州は「ハンチョウ」と発音する。

10. 清宮旧蔵の外国製時計

「中国古天文機器史」によると清宮には八角台の金属製時計、赤道型金属製時計などなど多く収蔵されていたという。また、江蘇省常州市の天寧禪寺に清代の東西面垂直型時計があり、1990年11月に複製されているという。残念ながら私には、これらの場所が特定できない。私の勤める総合研究センターに杭州からの研究員が留学してきているので、そのうち聞いてみたいと思っている。

11. 遼寧省の瀋陽故宮

インターネットで調べたところ瀋陽にも北京のように「故宮博物院」がある。ここは「瀋陽故宮」と呼ばれていて、北京と同じコマ型の時計が一基ある。

参考文献

- (1)小野行雄:コマ型時計ノート、Equatorial Sundials、「ひどけい」第7号、pp.8-11、2006年5月
- (2)藩鼎編:彩図・中国古天文儀器史(中国語)、山西教育出版社(中国・太原市)、2005年8月
(第3章・中国古代の時計、第4章・受西方的の時計、第11章・中国民間天文機器製作、カラー写真も多く中国語が読めなくても楽しめる。)
定価180元、約3,000円
- (3)ジョゼフ・ニーダム:中国の科学と文明、第5巻、天の科学、思索社、1991年 古書でも入手可能で、5000-8000円である。中国の時計のことも大変詳しく記述されている。

環境科学玩具－極型^(註)と準極型日時計のパソコンソフト作り

Making Software for Equatorial Sundial

澤路雅夫 M, Sawaji (長野県、上田市)

(註) 極型は北半球では北極の水平面での日時計で…従来のコマ型です。今回は独楽のイメージは全く無いので、極型としました。

1. 極型日時計

パソコンソフトで作った極型日時計を図－1に示し、使用方法を見ていきます。

1) 極型日時計の設置

- ① 日向の水平な面で縦の中心線を南北に向けます。図面の上が「南」です。国内の場合磁気偏角を矢印で示しましたが、磁針は鉄骨などの影響があるので要注意。
- ② 分度器風の部分は時刻目盛で、最小目盛は10分です。
- ③ パソコンではプリントの関係で、時刻目盛は一つの平面内に表示していますが、三次元的に軸棒と同軸の円筒面に、(中心角 15° を1時間に)目盛るなど、適宜に選択できます。
- ④ 図の左側下に示した指標(目印付き棒)を、同じ寸法で作ります。
- ⑤ 指標を盤面の同心円の中心に、面に垂直に立てます。
- ⑥ 盤面を南高で、図の左下に記された角度 $[(90 - 0.1) - \text{設置点の緯度}]^\circ$ に傾け設置完了。《角度の -0.1° はパソコンのオーバーフロー防止のためです。》

2) 極型日時計の画面

(節気線と季節線)

画面の外周に時計回りに節気を記し、その近傍に対応する曲線を節気の文字色と同色で示し、また24節気線に対応して24季節線を導入し、曲線色と対応する文字色を同色にしました。

- ① 節気線：温帯地域では、24節気は年間の季節感をよく表しているものの、年々少しずつ日付が前後にズレルため、現代の〔月日・曜日体制〕に馴染まない所があり残念です。
- ② 季節線：現代の〔月日・曜日体制〕の中に〔節気感覚〕を取り入れるために、各月に2回ずつある節気を、強引ですがそれぞれの月の6日と21日に割り当ててしまいます。
- ③ 別表『季節・節気・太陽の相互関係』参照・・・符号の＝と≡があります・・・
◎月日の表示は『④21 は4月21日』で、この近傍の同色の曲線穀雨に対応。
◎同様に『⑨6 は9月6日』の季節線で、この近傍の同色の曲線白露に対応。

(時刻と季節線の読取り)

時刻：指標の棒の影と、時刻目盛との交点から時刻を読取り、補正表で補正します。

季節：指標の目印P点の影と季節線の位置とから、季節または節気の概略を読取ります。

(補正表について)

- ① 均時差グラフで補正するタイプのものも比較的多いけれど、実際にはグラフ曲線での表示は、丁寧に読取るには意外に使いにくいものです。ほかに経度差も必要です。
- ② 数値形式のものも、間隔が月の真中で1回だけのものから色々あるようですが、ここでは各月毎に、5日、15日、25日に分けて、上・中・下旬の10日毎の数値としました。
- ③ これだと多少のズレはあるものの、一区間の数値は最大で5(分)以下となり、また月の10日の補正值は上・中旬の中央値でよく、普通にはこの程度で良いかと思われますが、更に
- ④ 必要ならば～1日当たりの補正值の差は、区間差の数値を一桁下げればよいので計算に好都合です。
- ⑤ [標準時] = [読取值] - [W] の式で『W = 均時差 + 経度差』を表し、また指標の位置で補正する場合のSは『S = 均時差』だけの補正表になります。

以上の極型では、春秋分線が画面に現れないので、次の準極型を作りました。

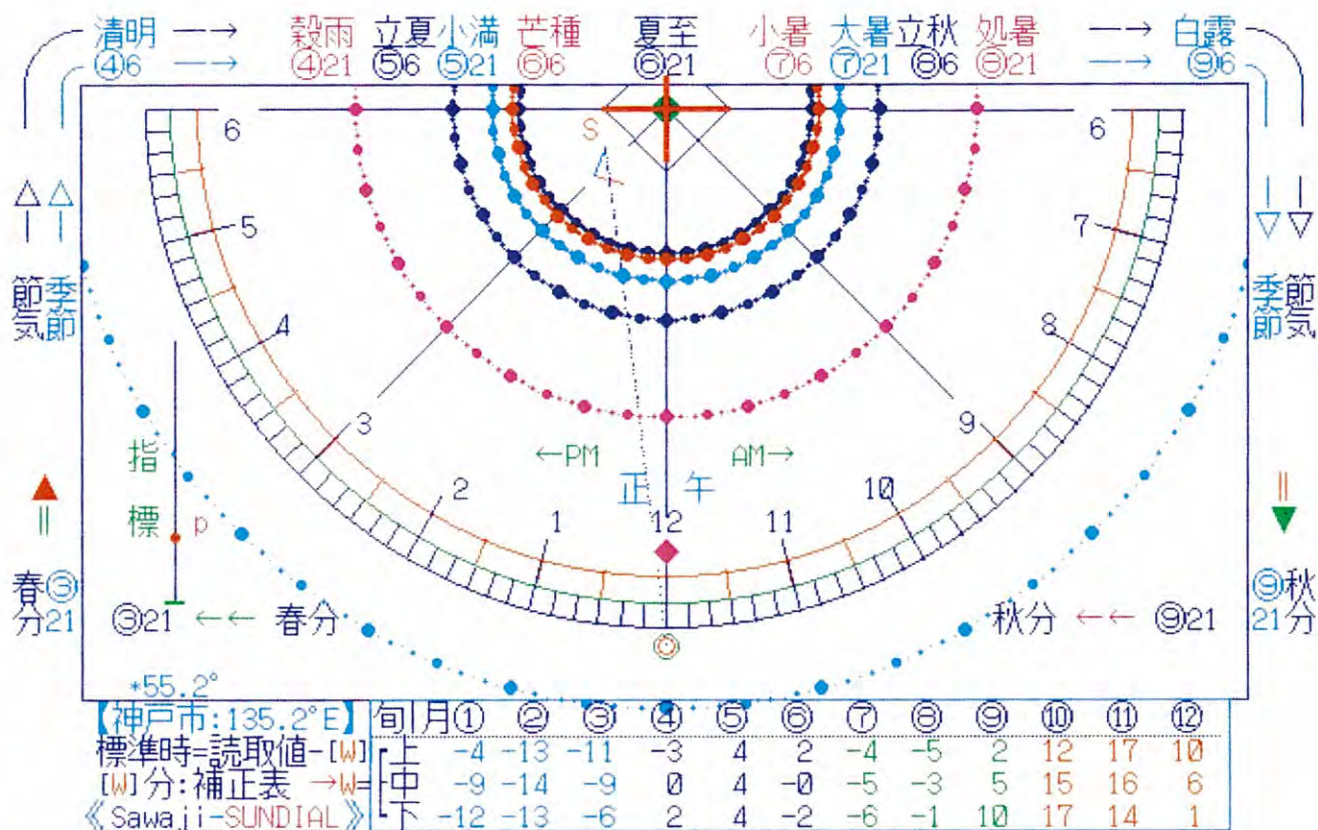


図-1

季節・節気・太陽の相互関係

(節気の字色は日時計の線色と対応)

季節		≡	節気	≡	太陽		太陽	≡	節気	≡	季節
月	日				黄経(°)		黄経(°)				日 月
12	21	≡	冬至	=	270°	▽	270°	=	冬至	≡	21 12
12	6	≡	大雪	=	255°		285°	=	小寒	≡	6 1
11	21	≡	小雪	=	240°		300°	=	大寒	≡	21 1
11	6	≡	立冬	=	225°	◆	315°	=	立春	≡	6 2
10	21	≡	霜降	=	210°		330°	=	雨水	≡	21 2
10	6	≡	寒露	=	195°		345°	=	啓蟄	≡	6 3
9	21	≡	秋分	=	180°	◎	0°	=	春分	≡	21 3
9	6	≡	白露	=	165°		15°	=	清明	≡	6 4
8	21	≡	処暑	=	150°		30°	=	穀雨	≡	21 4
8	6	≡	立秋	=	135°	◆	45°	=	立夏	≡	6 5
7	21	≡	大暑	=	120°		60°	=	小満	≡	21 5
7	6	≡	小暑	=	105°		75°	=	芒種	≡	6 6
6	21	≡	夏至	=	90°	△	90°	=	夏至	≡	21 6

別 表：季節は日時計用に『月々の6日と21日』に固定し、これを近似的に節気に対応させる。

2. 準極型日時計

春秋分線を同一画面に出すようにしたのが準極型です。パソコンソフトで作った準極型日時計を図-2に示し、使用方法を見ていきます。

1) 準極型日時計の設置

設置については傾斜角度の他 ①～⑤項については 極型と同様です。

⑥ 盤面を南高で、図の左下に記された角度 ($90 - \text{設置点の緯度} - 6.0$)° に傾け設置完了。パソコンでは、角度の 90.0° は 89.9° として扱っています。以下同様。

⑦ この角度の設定で春分・秋分線が画面の所定の位置に出ることになります。

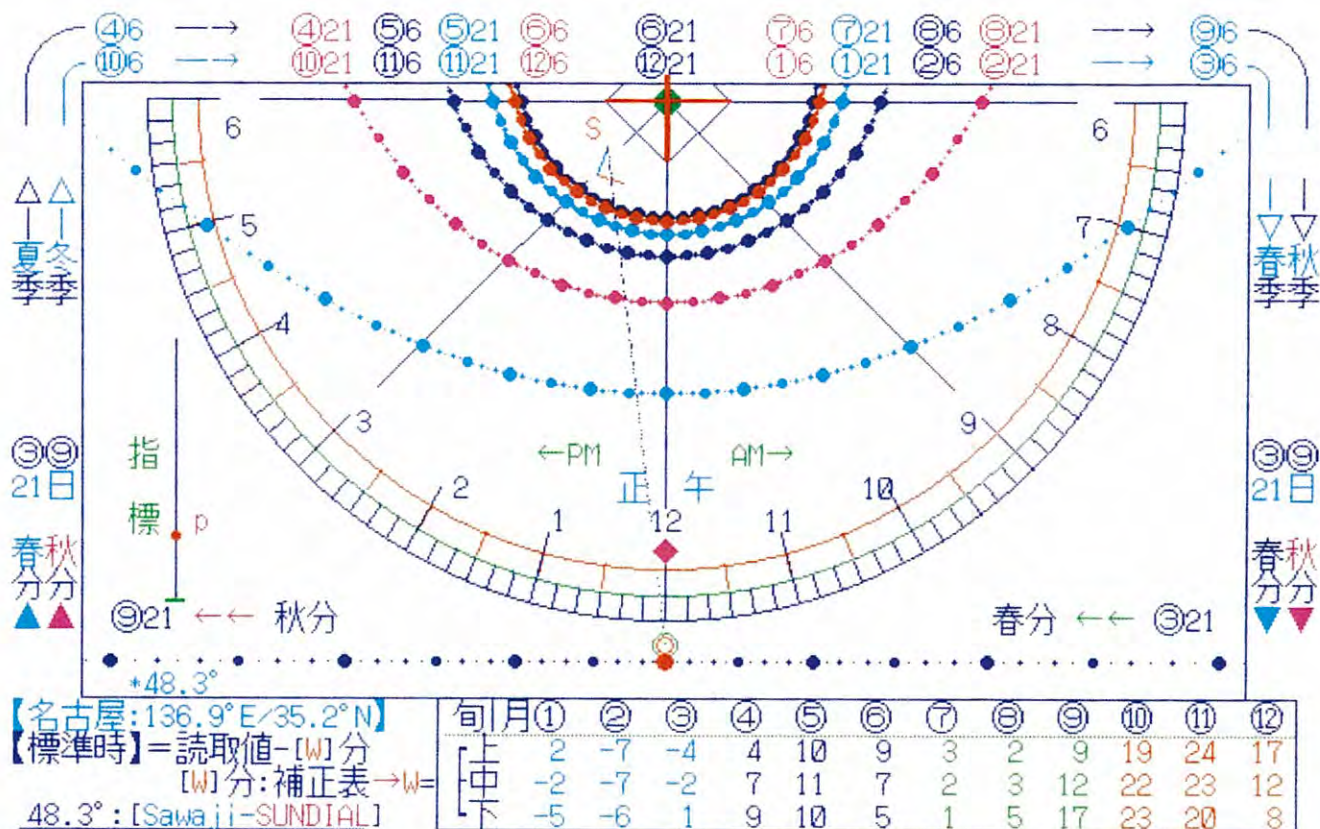


図-2

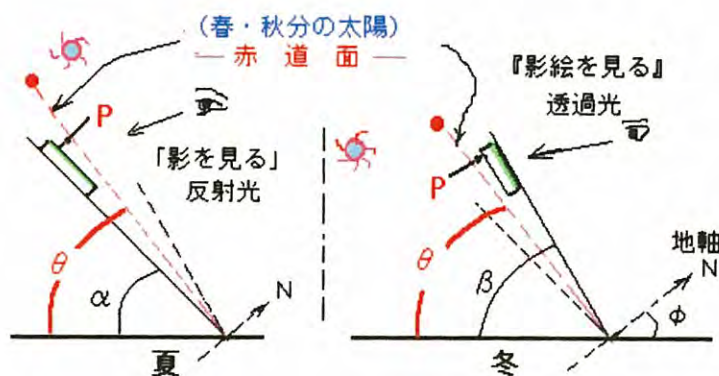


図-3（北半球の場合）



写真-1

2) 準極型日時計の画面

- ① 極型が同心円だったものが、準極型では同心円でなくなります。
- ② 時刻目盛は極型に準じて、等間隔目盛がそのまま使える範囲内にあります。
- ③ 極型には無かったが、準極型では春秋分線が現れて使用できる期間も長くなります。
- ④ 図-3の夏の図で、角 α の設定で使います。
- ⑤ 図-3の角 θ に設定すれば、先の極型の場合にあたります。
- ⑥ 春分・秋分線以外の節気線と季節線および補正表については、極型の場合と同様です。
 以上の設定で、春分から秋分までの夏時間の日時計になります。

3) 冬季日時計としての準極型

準極型日時計の傾斜角度を変えて、冬季用の日時計として使います。図-3 に設置の概要を示します。また、写真-2 に実例を示します。

① 半透明の障子紙風の和紙に、準極型日時計の画面をコピーまたはプリントします。

② これを障子枠もしくは透明板に貼ります。図-3 で太線(天)側が印刷画面

図-3 について設置方法を見ます。

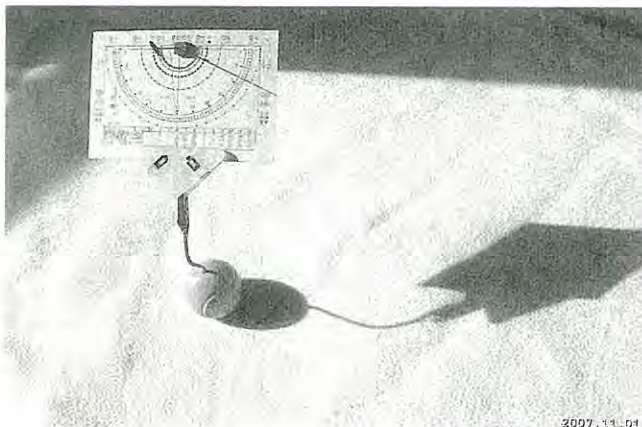


写真-2 a、夏(指標は表)

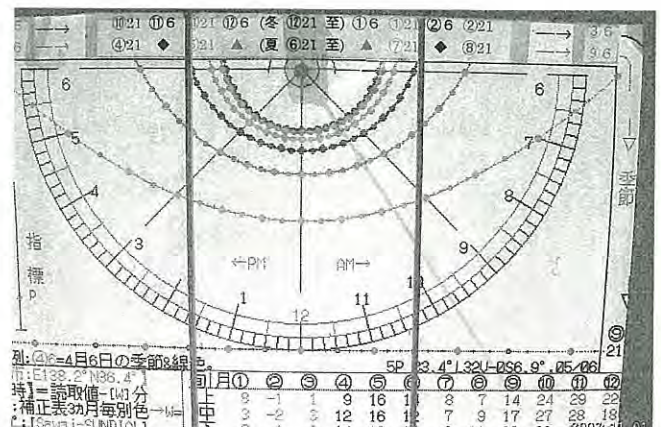


写真-2 b、冬(指標は裏)

図の底線は観測地点の水平面で、これと角 θ に傾いた線は地球の赤道面にあたります。

《夏》: 太陽高度が高い季節で、盤面は角 α に傾けて設定し、印刷面の側から観測します。

ここで、 $\theta = 90 - \phi$ 、 $\theta - \alpha = 6.5^\circ$ 、 $\phi =$ 観測地の緯度 表(天)側から見て、指標の棒の影で時刻、目印Pの影で季節または節気の概略を読取ります。

《冬》: 太陽高度が低い季節で、盤面を角 β ($> \alpha$)に傾けて、障子枠もしくは、透明板を設定。

ここで、 $\theta = 90 - \phi$ 、 $\beta - \theta = 6.5^\circ$ 、 $\phi =$ 観測地の緯度

③ 印刷画表面は天側に向けて盤面に貼り、指標はこの面の裏側に立て、透過光で観測します。

④ 指標の影を、障子の投影して影絵を見る格好で天側から観測し、時刻と季節を読取ります。

⑤ 時刻と季節の読取りや補正については、前述の場合と同様です。

冬の炬燵で、少し外側に傾いた雪見障子に、梅の小枝の影を見る感覚で日時計を愉しめます。

3. このパソコンソフトについて

1) 経度・緯度のほかに、標準時経度が判れば、すぐにその地点の日時計画面ができます。

2) 磁気偏角は国内の場合は自動的に矢印で図示できますが、ほかの場合は数値が必要です。

3) 南半球の場合、北極を南極に、北緯を南緯に切替え、時刻盤の字並びを逆順にしてOKです。

4. あとがき

冒頭に「環境科学玩具」としましたが、ここ数年来こんな感覚で、地域の小・中学生などに接して来ました。そして「環境科学玩具」とは変わった命名だと少々自賛していたところ、最近、東京にいる娘から 写真-1 の日時計が届きました。インターネットで見つけたようです。見れば、ブリキ製・折り畳み式「グリコのおまけ」で、昭和13(1938)年頃のものとか。戦争になる直前ですが、すでに「玩具」として存在した訳で、まさにおまけに脱帽です！

国際天文年 2009 参加行事

奥田治之 H, Okuda (東京都)

2009 年は、ガリレオが望遠鏡を初めて天体観測に応用して、木星の 4 大衛星や土星の輪を発見した 1609 年から 400 年目になります。これを記念して、国連ユネスコが国際天文年として採択し、世界中で様々な行事が行われることになっております。国内でも天文学会が世話をして様々な行事が計画されております。日時計の会もこの企画に参加してみたら如何かと考え、次のような催しを提案したいと思います。

日本の日時計・世界の日時計の(模型)展示と 写真展並びに創造日時計コンペ

趣旨

日時計は、何千年もの長い歴史を持つ時を知るために考案された道具であるが、今でもその魅力を残していない。まず、日時計は天文教育にとって優れた教材を提供する。言うまでもなく、日時計は地球の自転を反映した太陽の天球上の位置変化を読むもので、地球自転の理解に格好の材料を提供する。また、均時差が現れることから、自転軸の傾斜と地球公転の楕円軌道によるケプラー運動の理解に導くことができる。もちろん、自転軸の傾斜は季節による太陽高度の変化をもたらし、それに伴って季節の移り変わりが納得できる。このように、日時計は天文現象の基本を説明できる最適の教材である。また、最近の教育は、入試への過剰な関心から、知識偏重になり、物に直接触れる体験的学習が軽視され、物づくり、道具使用の経験が乏しくなっている。日時計は、紙細工から始まって、木工、金工、など簡単な工作で制作ができ、この様な体験ができる良い機会を与えてくれる。一方、現代における日時計は、時を知る実用的価値はほとんどなくしているが、様々な形態や、構造の多様性やそれらが持つ造形美は多くの人々を魅了してやまない。西洋諸国はもちろんのこと、最近では国内でも、公園、学校、あるいは各種の公共機関に様々なアイデアと、構造を持った日時計を見て楽しむことができるようになった。

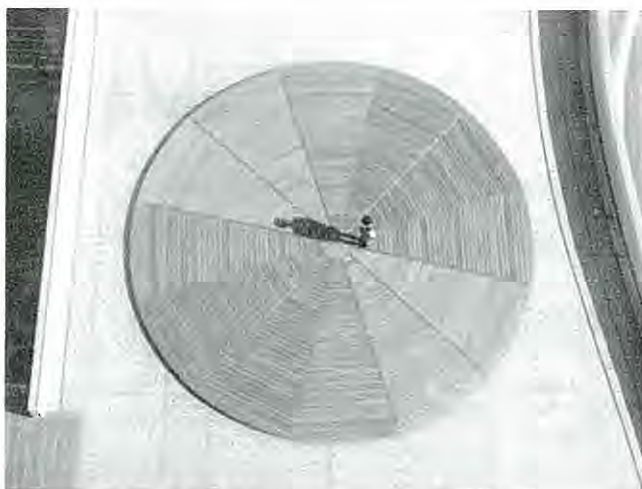
このようなことを考えると、この機会に、より多くの人々に日時計の持っている教育的意義とそのおもしろさ、美しさを知ってもらうために、日本や世界の日時計の数々を、モデルや写真で紹介し、また独自のアイデアで作られた様々の日時計を募集してその展示会を催すのも、意義のあることではなかろうか。特に後者は、全国の小中高等学校に呼びかけ、天文学の基本的知識の理解と物作りのおもしろさを体験してもらうに、よい機会を与えるのではな

かろうか。

ただ我が国においては、日時計への関心がそれほど高くはないと思われるので、この企画を広く知ってもらうことは容易でないと思われる。そのため、公共天文台の協力を仰いだり、学会などを通して広めてもらうことは可能であろう。あるいは、アマチュアのア文雑誌との共同企画にする手もあるかもしれない。このあたりは今後の課題であろう。現在、天文学会が国際天文年のとりまとめを行っているのでこれに加わり、共同事業として進めるのがよいと思われる。

会場は、できるだけ多くの見学者を集めるためには、大きな都会がよいという意見もある。たとえば、博物館、科学館、天文館の協力が得られれば理想的である。期間は 1～2 週間程度かと思っております。

最も大きな問題は費用の調達であります。これについては現在成案はありません。また、実行には準備と運営に結構な労務が伴うと思われます。そのための組織をどうするかも大きな問題かもしれません。あるいは、このような全国的な企画にしないで、一つの公共天文台(たとえば明石の天文館)の企画イベントとして開くことも考えられる。以上は、私の全くの思いつきの私案でありますので、これを日時計の会で取り上げるかどうかをまずご議論いただくことから始める必要があります。私は会に入っても間もない駆け出しの人間でありますので、会の事情も全く知りません。まずはこのような企画へのご関心ご興味の有無から、ご意見を伺うことから始めるべきだと思いますので、会を運営されている主だった方々からご意見をお聞かせいただければ幸いです。



明石市天文科学館、広場の日時計

明石市天文科学館では国際天文年 2009 参加行事の一環として、上の写真のスペースに「日時計広場」を設け、様々な日時計を展示する予定です。(編集後記参照)

平面型日時計における季節曲線(day curve)の簡易作図法について

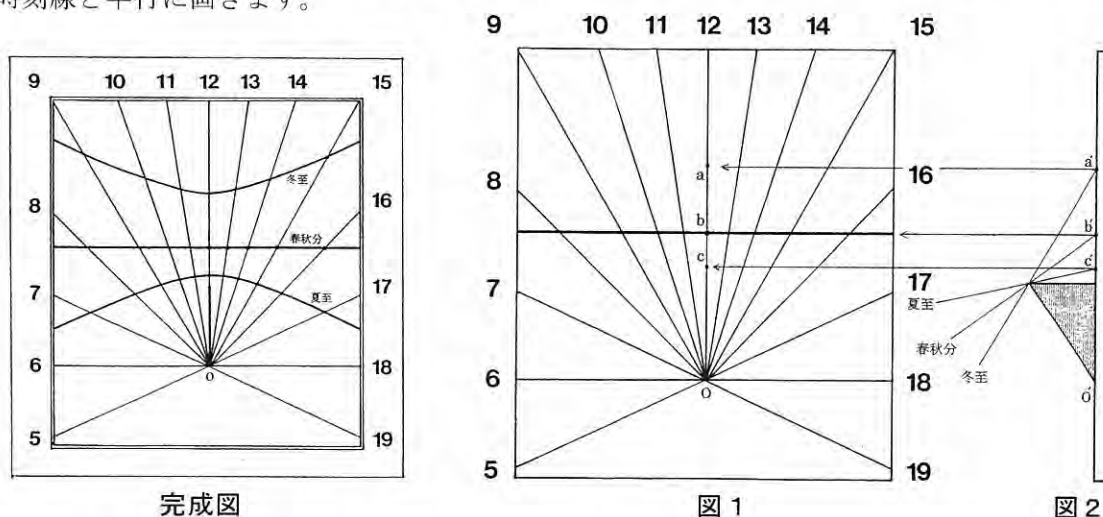
Diagram for laying out Day Curve

小野行雄 Y. Ono (東京都)

ヨーロッパの日時計の中には、時刻線だけのシンプルなダイヤルと異なり、月毎の太陽高度の違いを十二星座の季節曲線(day curve)として表示しているものがあります。十二星座の図柄やシンボルなども配して、とても良い雰囲気をつくっており、ヨーロッパ文化の風土性と厚みを感じさせます。

ここでは、図法による平面型日時計(北緯 35 度・地方時表示)の季節曲線(夏至・春秋分・冬至)の簡単な作図方法を解説します。

1. 通常の平面型日時計(北緯 35 度・地方時表示)での時刻線の作図を行います(図-1)。
2. 図-1 に対応した側面図(図-2)を書き、ノーモン先端を中心にして、正午の夏至線・春秋分線・冬至線を引き、図-2 のダイヤル面との交点を、それぞれ $a' \cdot b' \cdot c'$ とします。
3. 図-2 で求めた $a' \cdot b' \cdot c'$ を図-1(平面図)の 12 時のラインまで平行移動し、交点をそれぞれ $a \cdot b \cdot c$ とします。また春秋分線は、太陽の移動と共に影が真西―真東を直線で進みますので、 b を通り 6 時―18 時の時刻線と平行に画きます。



完成図

図 1

図 2

4. 夏至線と冬至線は、3. の春秋分線を基準として求めます。

図-3 で 12 時以外の春秋分線と時刻線との交点を、それぞれ b_{13} 、 b_{14} 、 b_{15} 、 b_{16} 、 b_{17} (延長して求める)とします。そしてこれらを図-3 のノーモンの足 O からの長さとして、図-4 の春秋分線の延長上に次のように写します。 $O - b_{13} = O' - b'_{13}$ 、 $O - b_{14} = O' - b'_{14}$ 、 $O - b_{15} = O' - b'_{15}$ 、 $O - b_{16} = O' - b'_{16}$ 、 $O - b_{17} = O' - b'_{17}$ 。

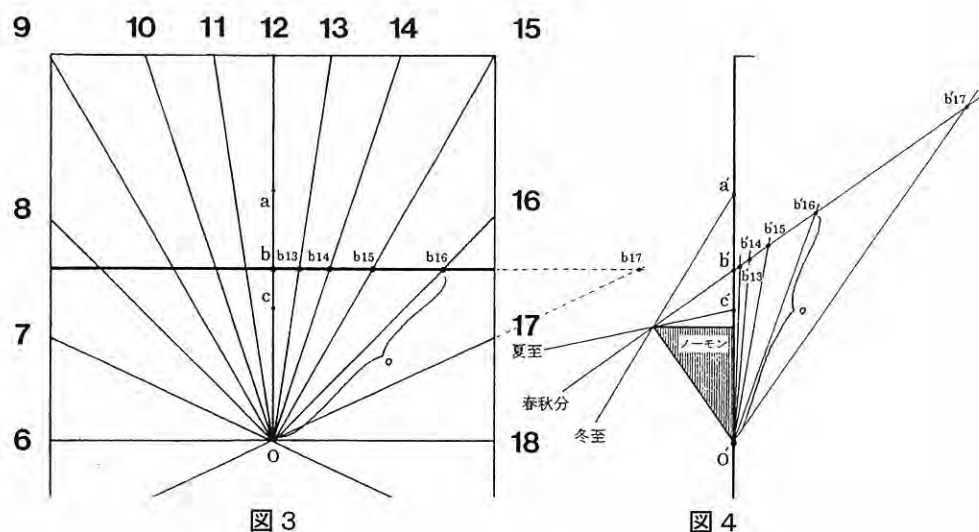


図 3

図 4

5. 図-6 の、ノーモンの足 O' と春秋分線上の点 $b'13$ 、 $b'14$ 、 $b'15$ 、 $b'16$ 、 $b'17$ を直線で結び、夏至線・冬至線の延長線との交点を、それぞれ $a'13$ 、 $a'14$ 、 $a'15$ 、 $a'16$ 、 $a'17$ 及び $c'13$ 、 $c'14$ 、 $c'15$ 、 $c'16$ 、 $c'17$ とします。つぎに、この交点と O の長さを、図-5 の対応する時刻線上に O からとり、各点を求めます。

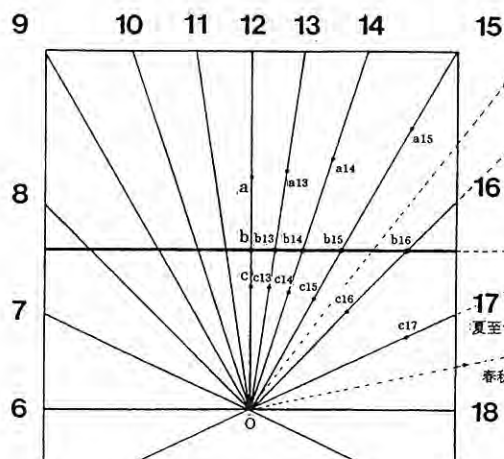


図 5

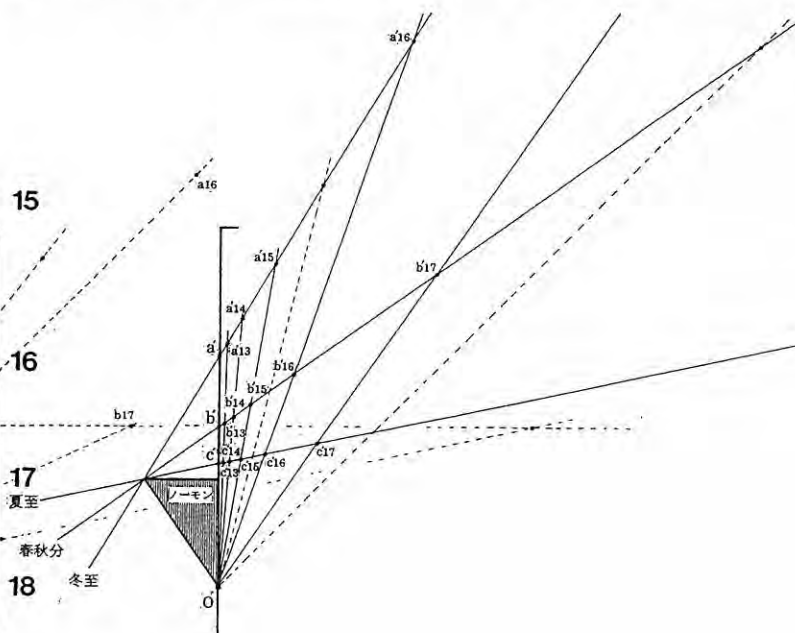


図 6

6. 自在定規などを用いて各点を繋ぎ、夏至線・冬至線のなめらかな季節曲線を作ります(図-7)。また、曲線が大きく変化する所や中間点がほしい場合は、図-5 の春秋分線上に新たな点を設定して求めることができます。なお、ここでは午後の季節曲線を例に作図しましたが、午前中については 12 時の時刻線を対称軸として反転して求めます。

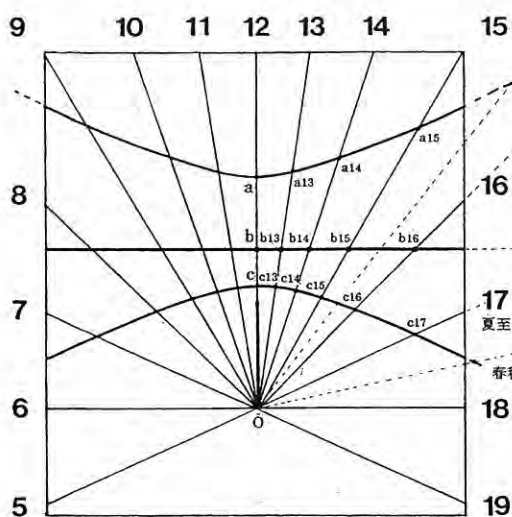


図 7

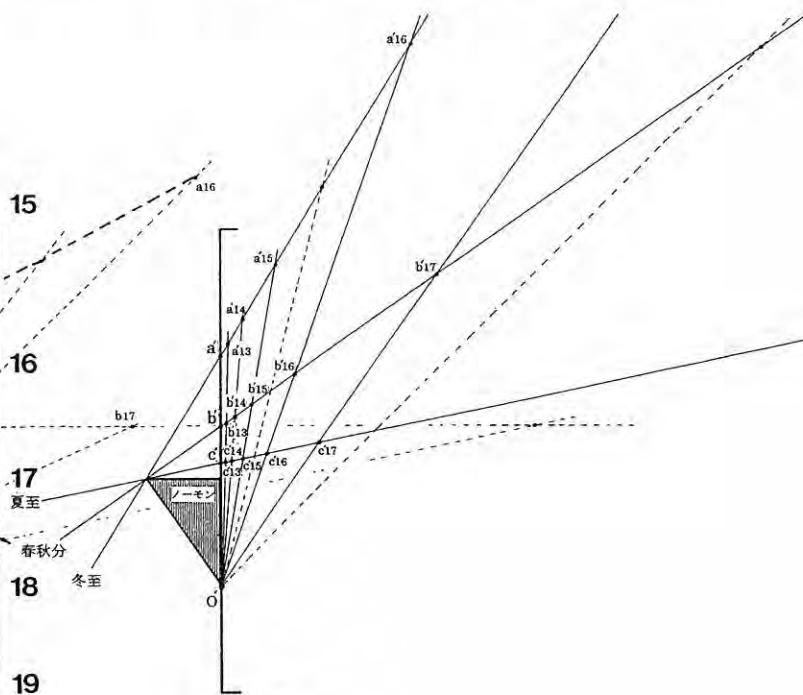


図 8

参考文献：「SUNDIALS」 Albert E. Waugh 著 DOVER 刊

球形日時計

Globe Sundial

奥田治之 H. Okuda (東京都)

武山芸英 A. takeyama

1. はじめに

数千年の歴史を持つ日時計にはさまざまな形式と構造を持ったものがある。いまや、高精度の器械時計、電子時計が出回っているので、実用的な価値はなくなってしまったが、時刻決定の基本として、歴史的にも、原理的にも意義を失ってはいない。また、その原理の基礎である地球の自転、公転などの天文学的な理解が得られる格好の教材として高い教育的価値を持っている。また、さまざまに工夫された時刻の表示方法の面白さや、構造の造形的美しさへの興味からも、日時計の魅力は大きい。

原理的には、日時計は、地球の自転に伴う太陽の天球上の動きを読み取って時刻をきめるものであるが、一般的には、ノーモンと呼ばれる直線の陰の位置から時刻を知るものが多い。原理的には、ノーモンの設定方向は自由であるが、時刻の読み取り用の目盛の設計が単純化できることから、一般には地球の自転軸と平行に向ける。また、陰の投影面も自由に選べるが、これも目盛り線の決定の容易さから、球面上（その一部）や平面上にするのが一般的である。前者の代表例が、赤道型の日時計で、極軸に平行な直線の影を球面あるいは、その一部である赤道に沿った環状の枠に投影するものである。後者の場合は、極軸に沿った直線（棒状、あるいは平面の一辺）を水平面や、垂直面に投影するものである。直線状のノーモンの場合は、基本的には、太陽の赤経上の動きだけをみるもので、時刻以外の情報は含んでいない。これに対して、ノーモン上の一点にこぶをつけたり、切れ目を入れたりして、その位置が投影面上で特定できるようにすれば、太陽の赤緯上の位置の情報が得られることから、季節の変化まで知ることが出来る。このような特徴的な点、位置をノーダスと読んでいく。このようにすれば、太陽の天球上の位置を特定することが出来る。均時差に伴う季節による太陽の天球上の位置変化を表したものがアナレンマと呼ばれるパターンであるが、これを取り入れた目盛り線を描いておけば、均時差の補正を自動的に取り入れて平均太陽時を知ることが出来る。ノーダスには、ノーモンを半直線にして、その先端を利用したもの、そこに小球をつけたものなどがあるが、韓国の日時計（仰釜日晷）にその典型を見ることが出来る。

ここまで述べてきた日時計は、いずれも、太陽の影の位置を見るものであるが、影には滲みがあって、

位置決定の精度を落とす。特にノーダスの場合は太陽の赤緯上の位置変化に対して対称性を失って位置決定の不定性を増す。この欠点を避けるためにレンズを使った集光型の日時計が出来ないものかと考えてみた。以前、足利での日時計の会のときにその構想を述べたが、それを具体的なものとして試作したので、簡単な報告をしたい。

2. 球形日時計

レンズによって太陽光を収束させれば、その焦点に鮮明な太陽像を作ることが出来、その大きさ、広がりや角度にして30分、時間にして2分に対応する。像の中心を精度よく読みとればその10分の1ぐらいまでは分解できて、時刻にして1分を切る精度が得られる。しかし、一般的にレンズの視野は狭く、この方法では、レンズを固定する限り、特定の時刻帯あるいは季節帯だけしか測定できない。もちろん、そのつど、レンズの軸を太陽方向に合わせ、この軸方向を読み取れば正確な時刻の決定が可能であるが、これでは専門家が行う天測になってしまい、日時計とはいえない。あらゆる方向で焦点を結ぶレンズということになれば、完全球対称のレンズ、すなわち球形レンズ以外にはない。ここでは、この球形レンズを使った日時計を考えてみることにする。

球形レンズは、完全球対称であるから、もちろん、あらゆる時刻、あらゆる季節で同一条件で太陽像を結ぶことが出来る。しかしながら、直感的にも、経験的にもすぐわかることであるが、ガラスや、プラスチックの球形レンズの場合、大きな球面収差のためにはっきりした像を結ばない。また、焦点距離も極端に短い。これは、図1に示した光線追跡図を見ればよくわかる。

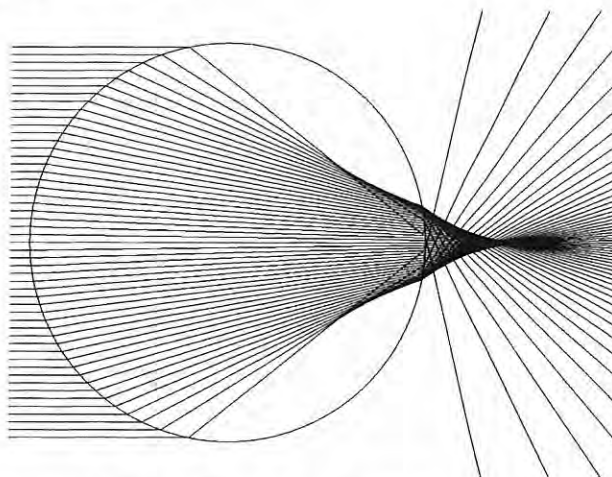


図1 球形レンズ（ガラス、屈折率1.52）の光路図

もちろん、レンズの材質に屈折率の小さなものを採用すれば改善できるが、固体、液体の場合、適当なものが見つからない。ガラスや、プラスチック

の屈折率はおよそ1.5程度である。水は比較的小さく
て1.3程度になる。水の場合の光線追跡図を図2に示
したが、かなり改善するものの、まだまだ短い。

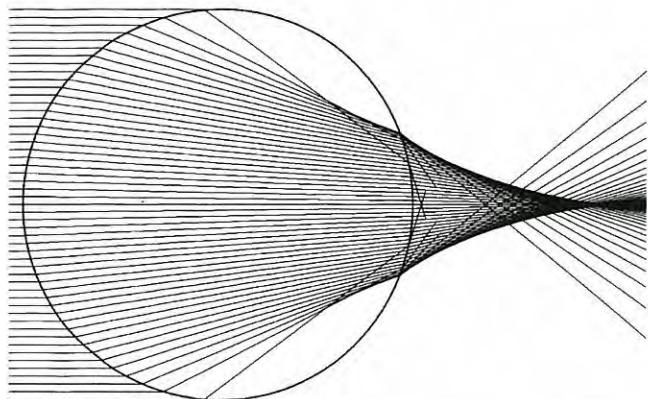


図2 球形レンズ（水、屈折率1.33）の光路図

そこで、苦肉の策として考えたのが、水の中に沈
めたガラス球（あるいはプラスチック球）である。
よく知られているように、異物質の境界面での屈折
角は、両物体の屈折率の比で決まっているので、ガ
ラスと水の屈折率が近接しているので、焦点距離は
大幅に伸びることが期待できる。実際、球形の水容
器の中央にプラスチック球を置いた場合の光路追
跡をしてみると、図3のような結果が得られた。まだ
まだ収差が大きく、完全な焦点を結ぶわけではな
いが、かなり良好な結像が得られることがわかる。

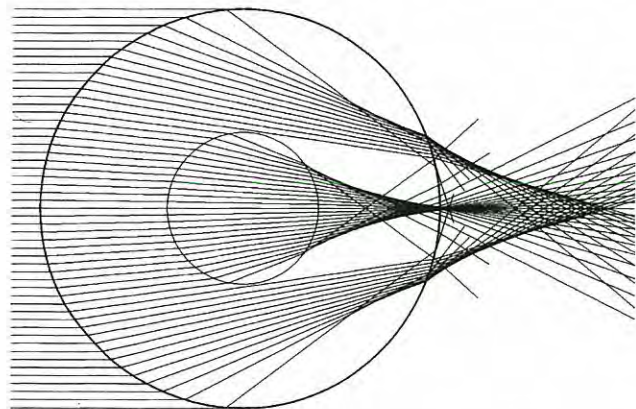


図3 球形複合レンズ（内球；プラスチック、
屈折率1.49外球；水、屈折率1.33）の光路図

この結果をもとに、結像位置は外側の水球の直径
にもよるので、試行錯誤の結果、水球の外殻にちょ
うど結像するのは、水球とプラスチック球の直径
の比がおよそ2.67倍あたりであることがわかった。
この比に近い比率を持った市販のプラスチック球
（直径4cm）とプラスチックの球形容器（直径12cm）

ひどけい 2008年2月

を買ってきてそれに水を満たして試作してみたのが、
写真1に示した日時計である。水の中には光路の見
えるように白色の散乱体を入れて見たが、写真で見
えるように計算された光路どおりの光束が確認でき
た。水球の外殻上に投影された結像の大きさは0.5mm
以下で結構シャープである。



写真1 水の中のプラスチックレンズ
の集光の様子

この原理を使って手作りで日時計を作ってみたのが
写真2である。庭先に紐でぶら下げて下から覗き込
むようにして時刻を読む。

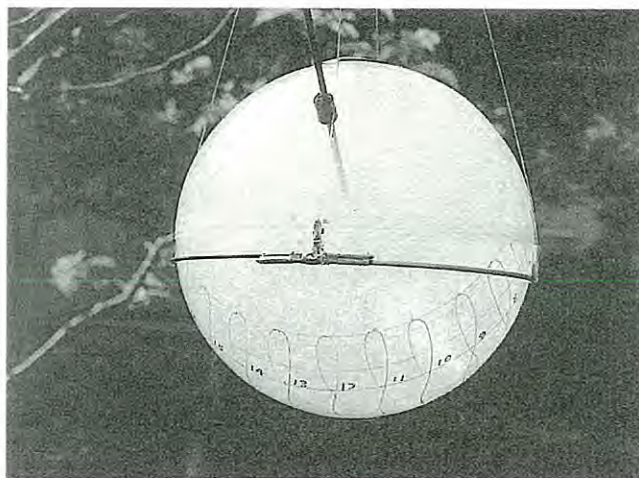


写真2 球形複合レンズを使った日時計

時刻目盛には、アナレンマを採用した。アナレンマ
は、冬至から夏至までを赤色で、夏至から冬至まで
を青色で表示した。簡単なテンプレットを使って手
書きで書き込んだので見苦しいが（写真3）、目測
で1分程度の精度で時刻を読むことが出来る。

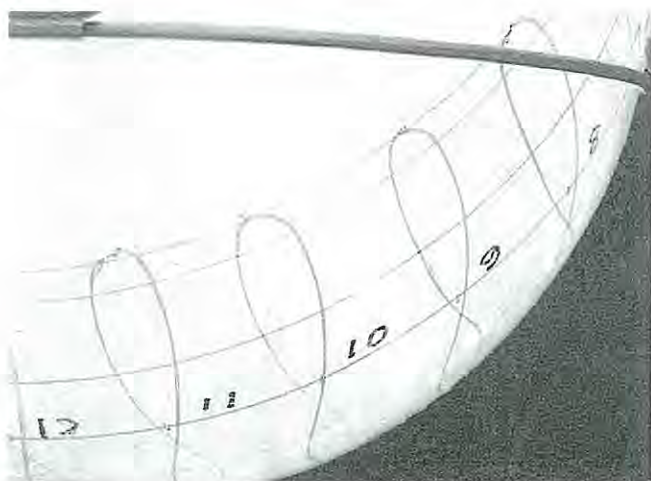


写真3 アナレンマ時刻目盛部分の拡大写真

3. まとめ

試作した球形日時計は集光レンズとしてプラスチック内球と、その外側に肉薄のプラスチック球に水を満たした外球を中心をそろえて配置したもので、完全な球対称性を持った構造である。したがって、太陽の方向に関係なく、まったく同等の集光と結像を示す。結像スポットも完全な円形で、しかもかなりシャープなものが得られる。したがって、季節や時刻の如何にかかわらず、高い精度での時刻の読み取り（決定）が可能になる。制作に必要な材料も市販で容易に手に入り、また、安価である。出来上がった試作品もテストの結果、ほぼ期待通りの特徴、性能を持つことがわかった。

ただ、今後、改良したい点、問題点もいくつかある。たとえば、

1) 焦点距離を伸ばし、また、結像性能を上げるために水球に埋めたプラスチック球を用いたが、やや、構造が複雑で、また、水（液体）を使うのは多少面倒である。また、外球まで含めると結構重くなる（直径12cmの水の球の重さは約1kg）。要は、屈折率の小さい材料があれば解決する問題であるが、それがなかなか見つからない。（別紙参照）

もっとも、散乱体を含んだ水の中に内球で収束される光の微妙な形をした包絡面が見えるのは一寸面白い点ではある。今回は散乱体にゾル状のアクリルを使ったが、もっときれいな色の散乱体（たとえば蛍光を発するものとか）が使えればいっそう面白い。実は、水を使うことには一般に高温になる焦点部の温度上昇を避けるという意外な効用もある。

2) 構造を単純にするには、単に、比較的、屈折率の小さい水球のみを使うことも考えられる。図3に見られるように、焦点の位置はかなり水球から離れるし、また、結像の質も結構よい。ただ、この場合、

焦点における温度上昇は馬鹿にならないので、投影面（文字盤）の材質の選択に注意が必要になる。裏側から見ることになるので、半透明なものにしたいので、耐熱性の高いものを選ぶのに苦労するかもしれない。実際的かどうか検討が必要であるが、焦点部の熱低減に球体表面に反射コーティングを施して熱の流入を防ぐことが考えられる。一般に光の反射角度の大きいものほど反射率が大きくなるので、うまいコーティングをすれば有効である。また、こうすれば、収差の大きい光が捨てられるので結像性能も向上することが期待できる。外周部の光は、量的には大きく、また、収差を出す主要部分であることを考えればこれは大きな効果がありそうだ。この効用は、もちろん、前述のプラスチック、水球の場合でも期待できる。もっと単純には、水に吸収物質を混入して内部で熱を吸収しえししまうことも考えられる。吸収物質が色付になれば、水球自身に色がつき、また、集光された光も色がついて美しいかもしれない。

3) 制作途中、偶然、発見したことであるが、球形レンズで太陽光線を集光したとき、焦点位置より遠い位置に、暗いが色のついた点状の光点が存在することがわかった。光点の色は、色収差のため、距離によって変わるといったこともわかった。これはどうも、ある一部の入射光が球形レンズの中で多重反射をして、狭い条件にあったものが焦点を結ぶということらしい。実際、計算機で光線追跡をすると、図4に示すような解が存在することがわかった。これは、とても暗いが、主要光線が完全に散乱した後に出来るので十分見える。これを使って日時計を作ることも考えられる。光量上げるために、球体の表面を軽く反射コーティングすることは効果がないであろうか？ 内部反射はガラス（プラスチック）自身の表面反射のみに頼っているが、その量をコーティングで増すことによって光点を明るく出来ないであろうか？

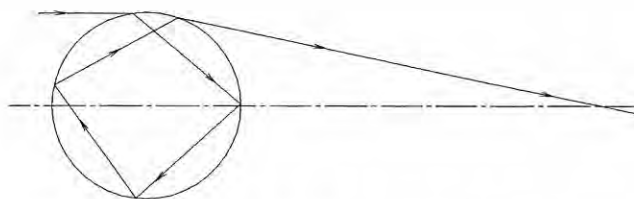


図4 内部多重反射による結像の例

4. 異なる屈折率を持つガラス、

プラスチックの組み合わせ

水を使うのは、簡便でまた安上がりする方法であるが、やはり、液体を使うのは水漏れや、水の腐敗などという問題があってやっかいな面もある。また、ガラスやプラスチックの屈折率の比は1.13程度で、焦点距離の伸びがまだものたりない点もある。焦点距離をさらに伸ばすためには、屈折率の比がもっと低い物質の組み合わせが望ましい。たとえば、内球に光学ガラス（TS-2, 屈折率1.67）と外球にプラスチック（屈折率1.49）を組み合わせると、比は1.10まで下がる。この場合の光路図を計算してみると図5のようになる。外球にプラスチックを使う場合、重合剤に散乱体を混ぜておけば光路を見ることができて面白い。また、内球に色つきガラスを使えば、光路の色を変えることができる。

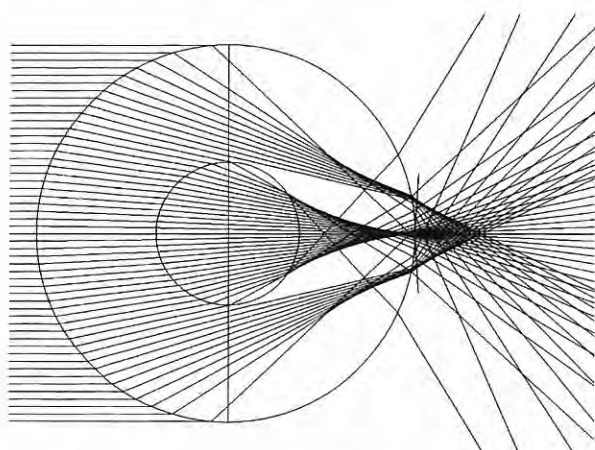


図5 プラスティック球にガラスSF2球を埋め込んだ場合

それでも、まだ、焦点距離の伸びはそれほど大きくはない。屈折率の比がもっと小さい例としてはBK7との組み合わせがある。この場合、屈折率比は1.05となり、図6のような光路になる。

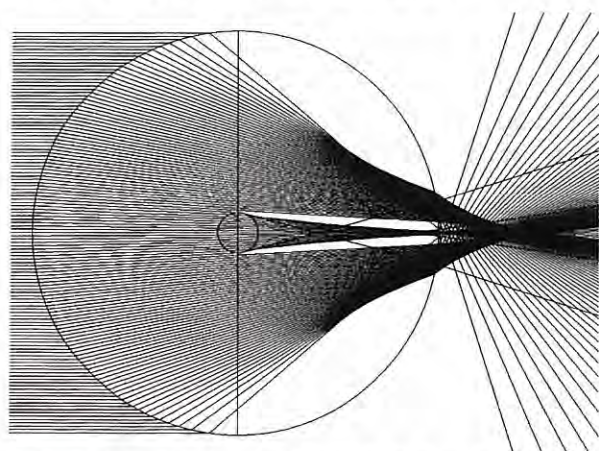


図6 プラスティック球にガラスBK7球を埋め込んだ場合

このような組み合わせレンズの場合は、固体であるので取り扱いは楽になるが、やはり、製法は複雑になり、コストもあがる。要は、屈折率の小さな固体物質があればよい。

5. シリカエアロジェルのレンズ

最近、超低伝導率の断熱材として、シリカエアロジェルなどが注目を集めている。これは、シリカをジェル状に固めたもので、空間密度を極端に下げ（密度0.1g/cc）、実効的な屈折率は、1.03から1.1程度と極めて小さい。断熱材以外にも、高エネルギー実験用にチェレンコフ検出器として利用されているようである。製作可能かどうかかわからないが、これで球形レンズを作れば、上記の組み合わせレンズと等価なものになり、おあつらえ向きである。屈折率1.05の場合の光路図を計算してみると、図7の用になり、球形日時計としては理想的なものになる。本体自身は寒天状でもろく、レンズ形状にすることはできないと思われるが、たとえば、プラスチック球の中に詰め込んでレンズとして利用できないものであろうか？ こうすれば固定も楽である。一度、具体的に検討してみたいものである。

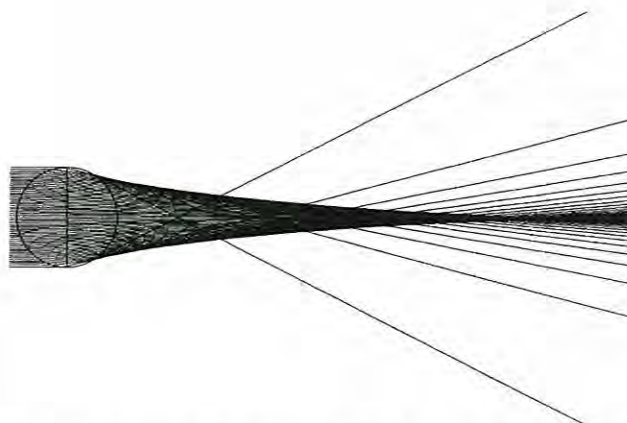


図7 シリカエアロジェル (n=1.05) の球形レンズによる光路図

6. 反射球を使う方法

球形レンズの代わりに、半球殻の内部を反射面にして、レンズの代わりをさせることも考えられる。この場合、近軸光線は反射球の半径の1/2に焦点を結ぶことを考えて、微かに散乱する透明な半球殻を反射球の間において、その上に結んだ光点の位置を読み取って時刻を知ることができる。図7に概略を示した。反射球の内側を覗かないといけないので、比較的大きめの球体が必要になるが、この場合は製法も簡単で、また、費用もそれほどかさまないので実現は容易である。

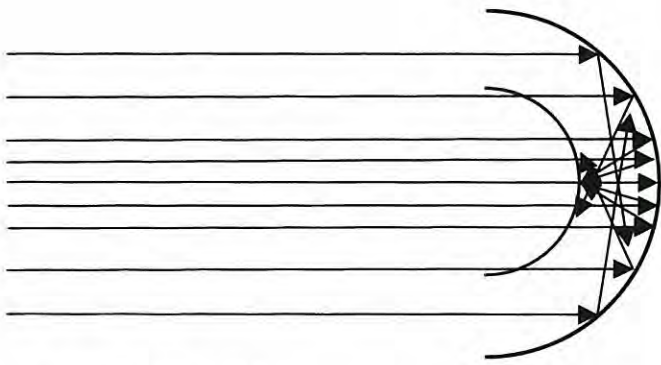


図8 反射球の場合、
1/2球は半透明にして焦点に光点を作る

ここで考えた、球形日時計は、知的興味が先行したもので、実用性に欠けるものであるかもしれないが、日時計の原点、原理的な構造の面白さ、また、もう少し、制作方法、光路の表示方法、また、文字盤の表示方法、などに工夫を凝らして作れば、観賞用の日時計としては面白いものになるのではなかろうか。

付録

地球儀型日時計

最後に、球形日時計として、教育的に面白いものに、前にもお話した、地球儀型の日時計がある。すなわち、地球儀を空中に浮かして設置し、それに太陽光線が直接当たるようにしておけば、これは、宇宙空間に浮かんだ本物の地球と等価になる。したがって、これを見れば、その時点での地球を眺めているのと変わらない。すなわち、現在、地球上のどの地域が太陽に照らされていて、どの地点が日の出を迎え、どの地点で太陽が沈んでいっているかが一目瞭然である。また、季節によっては、極地方の白夜の地域、あるいは、一日中太陽が出ない地域なども容易に示すことが出来る。さらに、一寸した工夫をすれば、その時点で、太陽がどの地点で真上に来ているかも知ることが出来る。こう考えると、これは、極めて教育的な日時計である。極の部分における日照の境界線の位置を見れば、季節も知ることができる。(図9)

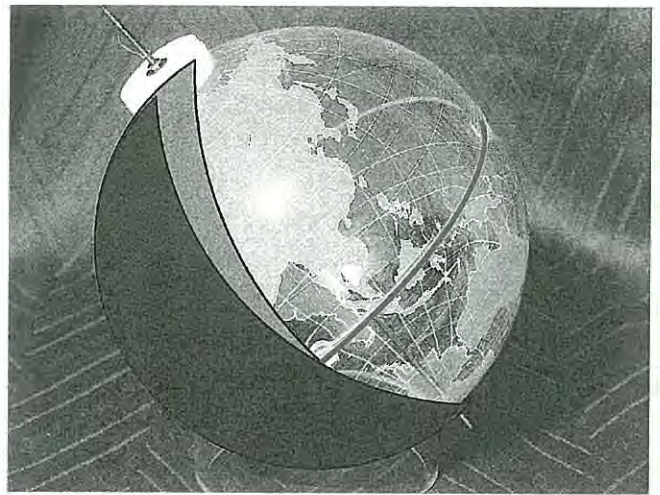


図9 地球儀型日時計の概念図
昼夜境界線が赤道と交差する位置から時刻を知る
太陽赤緯が変わっても赤道上では位置が変わらない

昼夜境界線をくっきりさせるには、地球儀の表面をできる限り乱反射面にすることが大切であるが、一般に細かい砂粒上の凸凹があるものがよい。細かい砂粒を球体の表面にまぶしたものに白い塗料を噴霧塗装したものなどが考えられる。因みに、ピンポン球はかなりよい乱反射体になっている。

昼夜の影の位置をはっきり見る工夫として、反射球体を使うことを考えた。球体の反射は光が当たっている限り全方向一様である。太陽との反射角が条件を満たす点のみが光る。球体のかわりに窪んだ反射球を使っても同じ効果が得られる。従って、地球儀上の赤道に小さな反射球(凸、凹)を埋め込んでおけば、光ったボールの位置が時間とともに次々と移って行く。

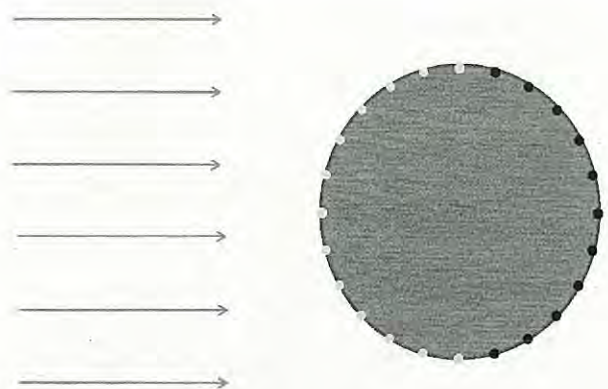


図10 反射球を使った時刻マーク

極の部分にアナレンマを同様の方法で埋め込めば、極地方の太陽光線の射し方から季節を知ることが出来る。このような日時計のモデルを試作したのが図11である。



図 1 1 反射球の時刻目盛を埋め込んだ地球儀

極にはアナレンマが埋め込んである。これでおおよその季節が判定できる

以上は、基本的な考えを述べたもので、昼夜の境界線を鮮明に浮き上がらせる方法や太陽の照射点を示す方法などまだまだ工夫することも多い。

天然の鉱物体（石）で何かよいものはないものだろうか？ 大理石の表面をざらざら面に加工したものなどどうであろうか？ 名前は思い出せないが、黒い地にきらきら光る散乱体を含んだ鉱石を見たような気がする。あるいは、細かい散乱体を混入したプラスチック球（殻）はコスト的にも楽に作れるかもしれない。公園や、博物館などならば、屋外展示用に迫力のあるものを作ることができるだろう。

編集後記 Editor's Note

●編者も還暦を迎え、昨年春に家を新築いたしました。夏には母は92歳で鬼籍の人となりました。孫引きになりますが、人が幸福であるための条件として、明治期のイギリス人エドワード・グレイは次の4つを挙げています。①自分の生活の基準になる思想 ②良い家族と友達 ③意義のある仕事 ④閑を持つこと。取り分け「閑を持つこと」について、この頃は色々と考えさせられます。そのような訳で、というのは全く言い訳に過ぎませんが、「ひどけい」の発行が大幅に遅れてしまいました。少なくとも年一回は発行すべき所です。編者として深くお詫び申し上げる次第です。

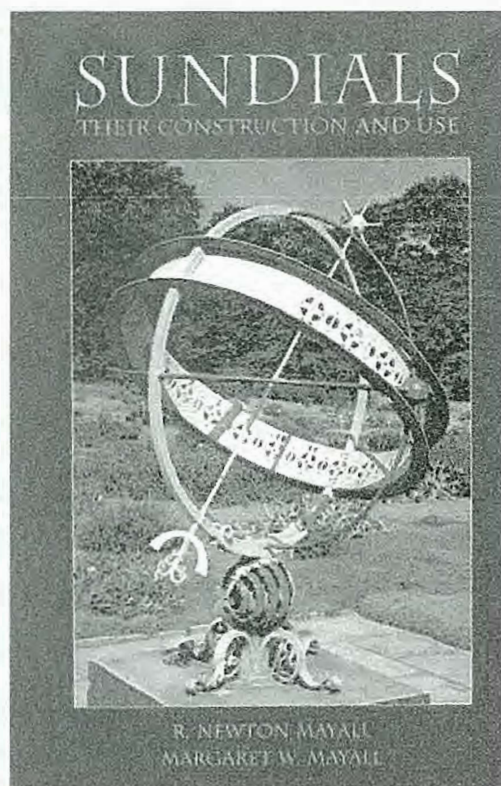
●後藤会長が昨年の夏頃入院され、療養に努めておられましたが、今年の1月に退院されお元気なご様子です。

●2007年度総会開催地の明石市天文学館では、2009国際天文年の行事の一環として、階上のスペースを「日時計広場」として装いを新たに予定ということです。2007年度総会において、日時計の会として出来る限り協力するとの確認をいたしました。神戸市在住の押田副会長により取りまとめをしていただくことになりましたので、広く会員みなさまのご意見をたまわりたいと思います。

●お詫びと訂正：「ひどけい7号」の光田淳雄氏の「正しい時刻を示さない日時計」p.6 左段2行目。

誤：高山中学校 → 正：高松中学校

たいへん申し訳ありませんでした。



Mayall & Mayall "Sundials", Dover

英文の日時計総合解説書。初版は1938年。上の写真は最新版。内容は全く変わっていない。

発行：日本日時計の会 鷲見洋一
電話：
住所：
印刷：(有)木村印刷



明治村の灯台の日時計（愛知県、犬山市）