

紹介

## 中国計量史話(2)

関 増建\*\* 著  
加島 淳一郎\*\*\* 訳

## 四、計時方法の変遷

時間の計量は計量学の重要な研究内容の一つである。時間計量の要素は計時方法にある。時間単位の確定以後、如何に適合する計時計器を選んで時間の流れを反映させるかが、計時方法の上で解決すべき問題であった。それ故、計時方法の発展変遷は、計量史の重要な研究対象である。

## 1. 日晷（日時計）計時の発展

時間概念の発生は、人類が太陽運動を視て感受したことに源がある。早期の時間単位の区分は、太陽の空間の方位を標準とした。例えば12時制と〈淮南子〉に記載の15時制は皆これに当たる。この状況が、時間を計るには太陽の空中の方位を観察すればよいとの考え方を啓発した。但し空中にある太陽を観察するには背景が乏しく、其の具体的方位を示す方法も無く、且つ陽光が人の目を直射して観察に不便であった。このため、人々は平地に竿を立てて、其の影の方位を観察して、逆に太陽の空間方位を推察し相応の時刻を知ることが出来ると思うようになった。この思いの実施が日晷計時の誕生である。

早期の日晷計時は、殆どが比較的平坦な地面を選んで一本の竿を立て、竿の周囲の地面上に時刻を表示する線条を画き、竿影がこれら線条

の間に落ちる位置によって時刻を読取るという形式であった。この地上に立てる竿を「表」と呼んだ。我々が現在、計時計器を「鐘表」〔訳者注：中国語で時計を意味する〕と呼ぶのは、これから来ている。この表と周囲に刻した時間を表示する線条の地面とで、原始的な日時計が構成され、刻々時刻を示す地面が即ち日晷の晷面である。「晷」という字は日影を意味する。日晷計時とは陽光下、表影位置の変化で当時の時刻を確定したことを指す。晷面に水平に放置した日晷が地平式日晷で、早期の日時計である。

日時計が中国古代の何時頃の時期に発生したかは、現在尚信すべき文字の記載は無い。最も早い記録は〈史記〉の中にある。〈史記・司馬穰苴列伝〉の記述によれば、戦国時代斉国は燕国の進攻を受け、連戦連敗し、斉景公は朝臣の推挙で司馬穰苴に軍を率いて抵抗するよう命じ、同時に庄賈を監軍に任命した。司馬穰苴は庄賈と翌日正午に軍営で会うと約した。正午の時刻を決めるため、彼は先に軍中にいき、漏刻計時（水時計）と同時に一本の表杆を立て、杆影を観察して時刻を決定した。即ち地平式日晷を構成した。このことは、戦国時には日時計の利用は当たり前のものになっていて、日時計の発生は戦国時より遅くないことを示している。

秦漢時期の日時計の形式を我々は幸いにも窺い知ることが出来る。1897年、内蒙古呼和浩特

\* 原稿受付 2002年4月24日 中国大百科全書出版社（北京阜成門北大街17号）の〈中華文明史話〉叢書百冊の中の一冊として2000年1月に出版されたものの紹介

\*\* 上海市華山路1954号上海交通大学人文学院科学史与科学哲学系

\*\*\* 会員 〒251-0045 神奈川県藤沢市辻堂東海岸4-6-22

(フフホト)の南、托克托(トコト)城で方形の寸法 27.5cm×27.4cm×3.5cm の石板が出土した。石板の板面には一個の大円圈が刻され、円心の処に丸い孔があいている。円面の約 2/3 の部分に均等割りの 69 本の輻射状分割線が刻され、各分割線と円周の交差点毎に小さな丸い孔があり、孔の外側に時計回りに 1 から 69 までの数字が秦漢の際流行した小篆書で書かれている。出土状況と文字から、この石板は秦漢時の遺物と断定できる。この石板は現在北京の中国歴史博物館に収蔵されている。

石板の形から考えれば、これは時刻の測定に用いられたに相違ない。69 個の円孔で円周を 68 に区分していることは、各区分が円周の 1% に相当し、これは全円周を 100 等分に分割したことになり、一日を 100 刻に分けたことと対応する。石板上の分割線分布の範囲はその出土地点の太陽出没方位分布の最大範囲と基本的に相当し、昼間の時刻を測定していたことを示している。

具体的使用方法は、多分石板を水平に安置し、輻射状線条の部分北面に置き、然る後に石板の中心円孔に垂直に表を挿し、表影の輻射状線条間の位置を観測して、当時の時刻を知ったのであろう。これは一つの地平式日時計に相違ない。

トコト城のこの石板の使用方法に対し、今ま

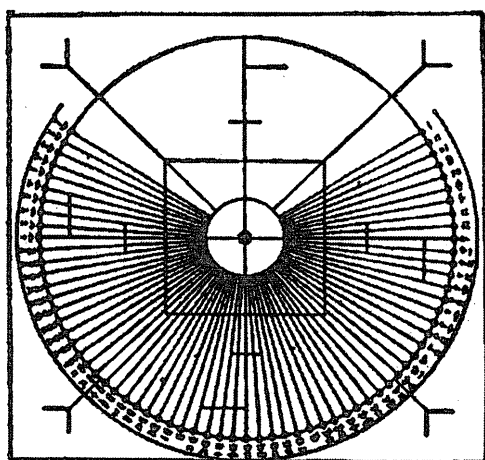


図4 西漢時代の日時計

で学术界には異なった見解もあった。但し地平式日時計の歴史発展過程中的のものだということは一致している。1932年、洛陽金村でも石板1個が出土し、形状はトコト城日時計と基本的に一致しており、同じ用途に使用されたことを示している。金村日時計は現在カナダの王立オンタリオ博物館に在る。この2個の日時計は共に秦漢時に属するが、その出土地点が相異なること甚だ遠いことは、当時相当多くの地域で使用されたことを示している。只、この種の日時計は当時の文献に記載が無く、後世消えてしまったのは、存在した時間が短いのか、又は他の理由によるのであろうか？

原因は、この種日時計の計時誤差が比較的大きいためである。

我々は、太陽の天上の周日視運動は赤道面と平行で、日時計の表を赤道面と平行の平面に投影させれば、影の移動は始めて均一になると知っている。もしも日時計を地上に設置すると、日の出と日没時は表影の移動は速く、正午頃は緩慢で誤差が生じる。このため、地平式日時計面が均等刻度であれば、正しい時刻を反映することは出来ない。トコト城日時計にしる、金村日時計にしる、その石板面の輻射状線条の分布は共に均等で、計時に用いるには理想的なものではなく、このことが後世に伝わらなかった原因であろう。

均等刻度地平式日時計の計時欠陥は、その他の計時計器と対比すればすぐに判ることである。この欠陥を補うには、その他の計時計器(漏刻の如き)で校正し、その均等刻度を不均衡なものに改革すれば良い。但し太陽の地平経度変化は、一日の中でも不均衡だけでなく、観察者の所在地緯度の変化でも変化する。つまり地平式日時計上に不変の刻度を画き、これを用いて時間の均等な流れを反映させることは相当に困難であり、この改革の歴史資料は今に至るも発見されていない。

隋開皇十四年(594年)、天文学者 袁充は一つの方案を提示した。彼は均等刻度の地平式日

時計を計時の根拠とし、時刻制度を不均衡なものに改変しようとした。この改革は、時刻制度を日時計が顯示する時間に一致させることであるが、不等間隔の時刻制度は伝統習慣と一致せず、又その他の計時計器とも矛盾し、実質的には一種の後退であり、人々の抵抗を受けたのは理の当然である。

このようにして、地平式日時計の行き先は只一つしか残らず：赤道式日時計に取って代わられた。

所謂赤道式日時計は、日時計の表針が天北極を指し、面を赤道と平行に置き、面上の刻度を均等にすることを指す。現在、故宮太和殿前丹陛左側にある日時計は赤道式である。この日時計は上下両面に刻度があり、表針の鉄針は面の中心を貫通して上下にある。春分から秋分までの半年間は、太陽は赤道の北にあり、上部の鉄針を照らすので、この時は上盤面の刻度を見る。逆の半年間は、太陽は赤道の南にあり、下部の鉄針を照らし、影は下盤面に投射するので、下盤面の刻度を見る。面と赤道面は平行なので、鉄針の影の回転は均等であり、盤面刻度に反映する時間も精確である。赤道式日時計は南宋時代から流行した。清初の天文学者 梅文鼎は曾って彼の家郷に唐代の赤道式日時計があったと述べているが、唐代の文献には見当たらない。文献に記載の赤道式日時計の発明者は南宋の曾南仲である。この記載は南宋 曾敏行著の〈独醒雜志〉巻二にある。記載には赤道式日時計の機構と季節によっての両面使用原理を丁寧に説明している。

赤道式日時計は人々の歓迎を受け一時大いに使用され、種々の改善がなされた。例えば携帯式にして、面を底座の上に傾斜して置き、その傾

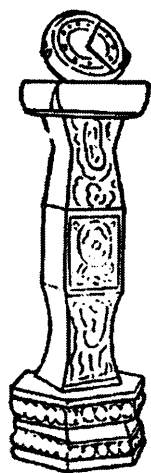


図5 赤道式日時計

斜角を調整出来る様にし、異なる緯度でも使えるようにした。底座上には又指南針を置けるようにし、底座を南北方向に置くのに便利にした。この携帯式日時計は随時随地で時間を計測出来るだけでなく、指南針で方向も分別でき、使用は非常に便利になった。この形式の日時計は後に国外にも伝わった。イギリスの著名な学者ジョセフ・ニーダム博士はその偉大な著作〈中国科学技術史〉で、赤道式携帯日時計は17世紀の欧州で非常に流行したが、これは西方伝教士が欧州に持帰ったか、或いはそれより早くにアラブかユダヤを通じて欧州に入ったのではと述べている。

地平式と赤道式以外にも、計時用日時計にもう一つの形式——球面日時計がある。球面日時計で最も著名なのは元代天文学家 郭守敬発明の仰儀がある。仰儀の形式と機構は〈元史・天文志〉に具体的描写がある。仰儀の形状は方形の台の上に載せた銅鍋のようで、鍋口には12方位の標識を刻み、鍋の内側に天体位置を表示する各種座標線を画く。鍋の半径は6元尺に達し、1.8mに相当する。鍋口の上辺の周囲を穿って水槽を設け、水槽に水を注いで仰儀の安置が水平か否かを調べる。鍋口上の12方位の巽（東南）坤（西南）方位に東西方向に沿って1本の竿を架け、竿上に1本の縮杆を置き縮杆は正南北方向に架設し、縮杆の頂端に璣板を置いて璣板の地平傾角を調整可能にして、太陽光と垂直な状態を保つようにしている。璣板の中心には芥子粒大の孔を開け、小孔の位置と球面中心を符合させる。

郭守敬が球面日時計を選択したのは彼の考察に基づく。〈元史・郭守敬伝〉の記述：「表の矩方を以て、天の正円を測るは、円を以て円を求めるに若くは無く、仰儀を作る」。郭守敬は、天は一つの円球であるとの観点から出発し、天体運動の測定には「円を以て円を求める」べしと、天体運動に合った球体形式を選択したのだ。太陽の周日視運動は天空中の一種の円周運動であり、この種の運動を凹球面に投影することはそ

の実際運動状況を反映させる。球面日時計を計時器具とすることは、科学理論に合致している。

郭守敬の仰儀は非常に便利である。使用時、璣板をうまく調整して、太陽光と垂直にすれば、小孔が像を成す原理で、太陽光が小孔を透過し、仰儀の球面上に清晰な太陽像を形成する。球面上の座標網は天球の地平線以上の半球を小孔を通じて仰儀内球面に投影する方法で画かれ、このため、球面上の太陽像の位置の観察を通じて、直接に太陽の天空中の位置を知り、又直接に時間を読み取ることが出来る。

又一方で、太陽の空中の位置は、伝統暦法の二十四節気と直接関係があり、仰儀は単に計時に用いるだけでなく、節気の発生時期を測り知ることができる。その他、仰儀観察は太陽像なので、一旦日食が発生すると、太陽像も相応の変化が生じ、仰儀を用いれば日食の全過程を観察でき、各食の時刻と方位及び食分の多少を測定できる。過去の日食観察は、単に食分の多少が測定できただけで、発生時刻を知ろうとすれば、専門の計時計器と配合しなければならなかったが、仰儀を使用すれば同時に多くの要素が測定でき、その他計器の及ぶところではない。又、郭守敬の仰儀は相当大きく、球面上の座標網も相当精確に画くことができ、その計時精度もその他の日時計より高くしている。このため、郭守敬の仰儀の発明は、中国古代日時計計時を大々的に前進させた。

## 2. 漏刻（水時計）計時の変遷

中国古代各種計時計器中、地位が最重要で使用歴史が最も悠久なものは、漏刻に属さないものはない。

漏刻計時の基本原理は、均等な水流を利用して水位変化で時間を顕示することである。時期の違い、場所の違いで、漏刻は又諸如漏、漏壺、掣壺、刻漏、水鐘、銅壺滴漏等々の異なった名称がある。名称も異なり、形式も年代に伴って推移し変化したが、其の原理は基本的には同じである。

現代計時科学の観点から見ると、漏刻計時の実質は守時である。漏刻は太陽或いはその他天体の空中の位置を観測して計時するのではなく、その他の天文計時手段で提供された計時を基点としてその顕示する時間を天文計時と一致させる。漏刻は天文計時を標準とし、其の目的は天文計時の結果を保持することであり、相応の天文計時の結果は漏刻の計時系統で明らかに出来る。この種の計時が即ち守時である。

漏刻は独立して使用出来る計時器具ではないが、天文計時の結果の対比を通じて自己の計時起点と単位を確定した後には、連続計時が出来る。これは現代日常生活での、時計の使用状況と相似ている。このため、漏刻の出現は、人々に頻繁に天文観測に従事する必要を無くし、随時時刻を知る有用な器具を提供した。又中国古代時間計量をして自然条件に対する依頼を減少させ、古人の時間計量探索を大きく前進させた。

漏刻の中国における起源は非常に早い。〈随書・天文志〉に曰く：「昔黄帝〔訳者注：中国古代伝説上の皇帝、中国人は自分達を指し我ら黄帝の子孫と言う〕漏水を創観し、器を制し規則を取り、以て昼夜を分ける」。即ち漏刻は黄帝が容器からの漏水を観察して、そこから啓発され発明したものである。漏刻が果たして黄帝の発明か否かは、ここでは論じないが、少なくとも二つの消息を我々に提供している：その一つは、漏刻の発明は器物漏水現象が人々を啓発したこと。この推測は道理に合っている。早くも新石器時代に、中国古代の賢人は已に陶器を製作していた。陶器は使用中各種原因で漏れがでることは免れ難く、極端に言えば、ある種の漏器は元来その目的を持って製造されているのである。例えば醸造濾過用の醸漏器は即ちこれである。既に漏器であれば、水が流失するのは免れず、水の流失必要時間が人を啓発し、人々をしてこの二者を関係させ、水量変化で時間の流れを表示し、これから漸次漏刻を発生させるに至った。その二は、漏刻の出現時期が非常に早いこと。現存する仰韶文化器物中に、陶製漏

器がある。これら漏器は、計時用の漏刻とは断定できないが、少なくとも漏刻となんらかの淵源関係があることは肯定でき、〈隋書・天文志〉の説法はある程度正しいと言える。

中国南北朝時代に〈漏刻経〉という書物があり、其の中に曰く：「漏刻の作は、蓋し軒轅の日に肇まり、夏商の代に宣す」。軒轅とは黄帝のことで、これは漏刻の起源は黄帝時代で、夏商時代に大発展したことを説明している。研究結果から、漏刻が「夏商の代に宣す」の説法は道理がある。歴代漏刻計時が使用した百刻制の最も早いものは、商代制定と推測され、古人がある時は、「刻」を「商」と呼んでいたことが、商代に漏刻が発展した有力な証拠である。

周朝に入って以後、漏刻の地位は一段と高まった。〈周礼・夏官司馬・挈壺氏〉記載の漏壺専任管理人員は20人の多きに達している。戦国時期、漏壺の使用は更に普遍的になり、前節で戦国時期齊国将軍 田穰苴が日時計時を用いたと紹介したが、彼は漏刻も使用している。〈史記・司馬穰苴列伝〉は当時の情景を紹介している：「穰苴が先ず軍に馳せ、表を立て漏を下して賈を待つ」。「表を立てる」は日時計時のことであり、「漏を下す」は漏刻での計時である。

田穰苴は二系統の計時を用いたが、日時計を標準としたことは明らかであり、漏刻を用いたのは守時である。もしもその日の正午に雲が太陽を遮っていれば日時計で計時出来ないが、漏刻で計測した時間で正午になったか否かの判定が出来る。〈史記〉のこの記載は、今までで人々が漏刻計時を使用したことの最も早い資料である。これは当時の人々が已に漏刻を一種権威



図6 最も原始的な浮箭漏

性ある守時計器とみていたことを示している。

早期の漏刻の形式は比較的簡単で、一つの簡単な壺の底に小さな孔を開け、壺中の水面高度の変化を観察して時間を推測していた。この種の漏壺を、単壺式洩水型漏壺と呼ぶ。計時のため、人々は最初、壺の壁上に時刻の標記を刻もうとした。但しこの標記は壺内壁にするには、刻むのが難しく、観察にも不便である；もしも外壁に刻めば水位との関係を観察することが難しい。そこで古人はすぐにこれを改善した。彼らは一本の時刻標記を刻んだ棒を壺内に挿し入れ、棒が水面に浸没する状況を見て時刻を読取った。早期、漏壺の使用の多くは軍事と関係があり、軍事で用いる箭が利用された。そのためこの方法を淹箭法とも呼び、以降踏襲され、後世漏壺に用いる時刻標記した棒も箭と呼ばれた。箭の使用は漏刻に、現在時計の時針と表盤による時刻を示すのと同じような効果をもたらした。

淹箭法で時間観察するのはまだ不便であった。そこで漏壺の運転中、別の壺を用意して排水を収集し、この壺に箭を挿した木片を入れれば、壺中の水位の上昇により、箭が壺外に露出する部分が逐次増加するので、箭が壺外に露出する長さを観察すれば、経過する時間の長さを直視できることを思い付き新型漏刻——浮箭漏が生れた。

最初の浮箭漏は非常に簡単で粗末なもので、宋代 楊甲編著の〈六経図〉に浮箭漏の最も原始的な形式の記載がある。左側の松明は冬場に漏壺中の水が結氷するのを防止するものである。浮箭漏が何時頃世に出たかは、華同旭博士の研究によれば、漢武帝の時期である。漏刻を正式に天文計時計器としたのも、この時期に始まる。〈後漢書・律曆志〉に曰く：「孔壺で漏を為し、浮箭で刻を為し、下漏数刻、以て星を考中し、昏明生ずる」。ここで言っていることは、即ち浮箭漏の天文計時作業への応用である。

早期の漏刻は、沈箭漏であれ浮箭漏であれ、計時精度は高いとは言えない。浮箭漏を例にあげれば、時間の流れは受水壺中の水位の変化を

反映するが、受水壺水位変化と排水壺の漏水速度は関係がある。

排水壺漏水速度はその内部水位の高さで定まり、流速は水位が高いときは大で、低いときは緩やかで、このため受壺中木箭の上昇速度は不均衡になる。木箭上の時刻標示を不均衡にすれば解決するが、そのためには高精度の計時計器で校正する必要があるが、漢代ではこれは容易ではなかった。別の方法は、排水壺に絶えず水を足し、その水位を一定高度に保持し、排水速度変化を減少されることである。この管理に心を配って計時精度を高める方法は当然必要ではあるが、立竿見影の効力内に止まり、精度を高めるには限界がある。この局面を大巾に改善するためには、構造上で突破しなければならなかった。その結果が多級漏壺の誕生である。

最も早い多級漏壺は二級漏壺であり、二個の排水壺と一個の受水壺で組成される。東漢の著名な科学者 張衡 (西暦 78~139 年) が当時の二級漏壺の使用状況を描写している:「銅を以て器と為し、更に差を置いて畳み (重ね)、実るに清水を以てし、下に各孔を開ける。玉虬で漏水を吐き兩壺に入れ、左を夜と為し、右を昼と為す」(唐代 徐堅<初学記>)。これら漏壺は銅で制作し、二個の排水壺の底に孔を開け、第一の排水壺から流出した水を第二の排水壺に流入し、そこから更に受水壺に排水する。所謂「再疊差置」は二個の漏壺を階段のように重ねて安置することである。玉虬とは玉で作った排水管のことで、管の出口には竜の首が彫刻してあり、排水壺の水は玉虬を通して排出される。昼夜の長さが異なるため、受水壺も二個あり、白昼と夜間使用に分別されている。この話から、遅くとも東漢で二級漏壺が発明されていたことが判る。

多級漏壺の使用は大巾に計時精度を向上させたが、その原因は二番目の排水壺が最初の排水壺水位変化の計時結果に対する影響を大々的に軽減させたことにある。二級漏壺を例にとると、排水壺壺口の横断面積を  $S$  と仮定し、第一排水壺の単位時間当たり排水量の変化を  $\Delta V$  とすれ

ば、第二排水壺流量不変の前提の下、その相応の水位変化は

$\Delta h = \Delta V / S$  となり、出水口不変の情況下、その内部水位が第一漏壺流量変化の影響を受けることが小さくなる。もしも、 $\Delta V = 1 \text{ cm}^3$ ,  $S = 1,256 \text{ cm}^2$  (口径 40cm の円壺に相当) とすれば、 $\Delta h \approx 0.0008 \text{ cm}$  となり、第一排水壺毎秒排水量変化  $1 \text{ cm}^3$  (この変化幅は相当に大きい) に対し、第二排水壺水位高度の変化は僅か  $0.0008 \text{ cm}$  しかなく、微小なものと言える。第二排水壺中の水位変化でその本体の排水速度を管理しようとするれば、この水位変化は更に小さく出来る。このため、第二漏壺の存在は、第一排水壺水位変化の最終流速に対する影響を大々的に削減し、漏刻の計時精度向上に非常に有利なことは明らかである。

二級漏壺が大巾に漏刻計時精度を向上したため、古人は一步進めて漏壺の数を増やすことを考え、三台排水壺連用の漏刻が出現した。晋代孫綽の<漏刻銘>が三級漏刻存在の最も早い記載である:「筒を三階に累ね、水を積して淵と成り、器滿れば則盈、虚を承け下に赴く」。いわゆる「累筒三階」とは三台連用の円形排水壺を指す。唐代に至って、呂才が連用の排水壺数を四個に増加し、四級漏壺が誕生した。楊甲の<六経図>に呂才漏壺の記載がある。實際上、漏壺の級数は更に増加させる必要は無い。

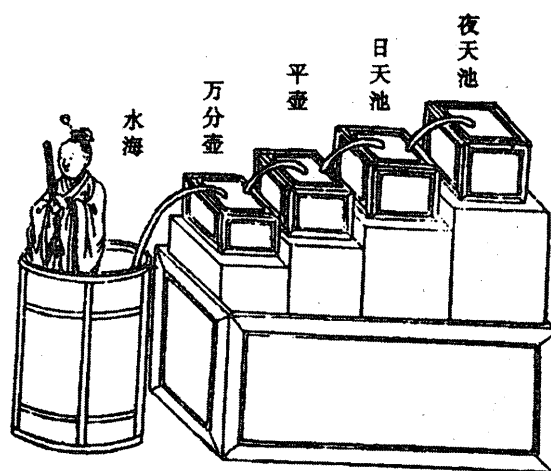


図7 唐代呂才の漏刻

華同旭は曾って多級漏壺の模擬実験を行った。彼の実験では、二級漏壺でうまく調整すれば、一日の誤差を20秒以内に抑えられた。このような計時精度は、古人の社会生活から言えば充分である。このため、華同旭は〈中国漏刻〉一書中で指摘している：「二級補償式浮箭漏の計時精度は已に高く、一般には更に補償級数を増加する必要は無い。安定の角度から見れば、多くても三級で、四級以上は完全に必要無い」。

その一方で華同旭は、多級漏壺を高精度に運行する鍵は壺の調整にあり、各級漏壺の初水位と第一漏壺への加水時間間隔を合理的に確定すべきことを発見している。この過程は非常に複雑で、長期経験の累積が必要であった。このため、古人は又如何に簡単に水位の安定を保持できるかに弛まない探求を続けた。この探求の成果が燕肅の蓮花漏の発明である。

蓮花漏は〈古今圖書集成・曆法典〉卷九十九にある。蓮花漏と呼ぶ所以は、その受水壺の蓋の上に金色の蓮花装飾があるからである。蓮花形飾物の中心に孔があり、時刻標示を刻した木箭が孔を通じて壺内に挿しこまれ、壺内水面の昇降に伴って上下に移動する。構造から見て、燕肅蓮花漏は二級漏壺の類だが、普通の二級漏壺に比べ改善され、第二排水壺（図中では「下柜」とある）の側に「銅節水小筒、竹注筒、減水盂」三物を設けている。

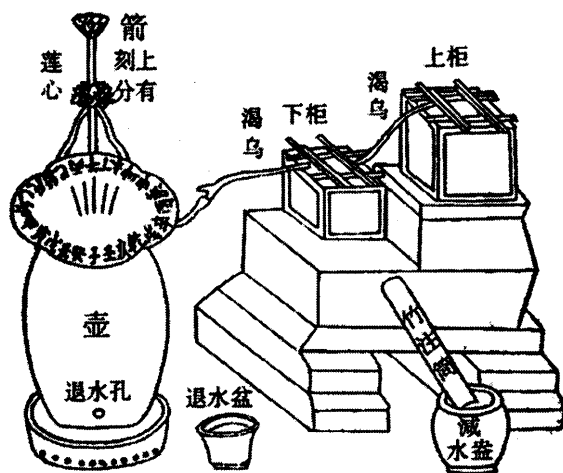


図8 北宋燕肅の蓮花漏

図中には「銅節水小筒」が欠けているが、この筒は上が下柜に接し、下は「竹注筒」に連なる。上柜の水は「渴鳥」（即ち虹吸管）を通じて下柜に引き入れられ、下柜の水は第二の「渴鳥」を通じて箭壺に引き入れられる。設計上、上柜「渴鳥」の口径は比較的大きく、同一時間内に上柜から下柜に流入する水は下柜の流出量より多い。このようにして一定の時間になると、下柜の余った水は柜に沿って特別に設けられた水槽にゆっくりと流れ出し、その水は「銅節水小筒」から「竹注水筒」を経て「減水盂」に流入する。これが後世に名高い蓮花漏の漫流系統である。漫流系統の確立で、下柜水位の安定保持が出来、計時精度向上に重要な作用を為した。このため、この設計は後世の漏壺に広範に採用された。燕肅蓮花漏以外にも、中国歴史上5世紀北魏道士 李蘭発明の秤漏、11世紀北宋科学者 沈括創作の熙寧晷漏などの有名な漏壺がある。計時精度向上のため、構造上工夫を凝らし、革新を相競っただけでなく、主客観的条件にも改善の努力を払った。例えば漏刻に用いる水も、井戸水を用いるよう規定し、水質、水温等の要素の安定を保持した。更に漏刻を密室に置き、環境を安定させ、温度変化の流量への影響を減少させた。その外、漏壺を制作するとき、構造と材料の選択もすこぶる慎重で、厳格な管理も要求した。正に中国古人の聡敏な智慧と孜孜として弛まぬ努力が、漏刻を古代中国において高度に発展させ、その計時精度は人を驚奇させる地步まで達した。東漢以後相当の長期間、中国漏刻の一日の誤差は多くとも1分間以内、あるものは僅か20秒前後で、これは同時期の西方機械時計精度を遥かに凌駕している。西方では、ガリレイが振り子の等時性を発見後、18世紀になって、人々は直進式擒縱機構を機械時計に応用してから、機械時計の精度がやっと一日の誤差数秒となった。この時期に、機械時計の計時精度がやっと中国の伝統的漏刻を超えたのである。

### 3. 機械計時の進化

中国古代にも機械計時器は存在したが、西方常用の機械時計ではなく、時間計測の機能も有する天文器具であった。

中国天文器具の発展は漢代に一つの高峰を形成し、後世天文学に大きな影響を与えた渾儀、渾象はこの時期に出現した。いわゆる渾象とは、計時機能も兼ねた天文演示器具である。西漢文学 楊雄の記載によれば、漢宣帝時の大司農中丞（全国農業を主管する官員）耿寿昌が渾象を最も早く制作したとある。但し楊雄は単に紹介しただけで、説明は加えておらず、今の人には耿寿昌渾象の構成、性質、機能も不明で、その存在すら疑念がある。

天文儀象発展史上、計時機能を有する渾象の最も早い発明者は東漢の科学者 張衡である。〈晋書・天文志〉に張衡の発明が記載されている：「順帝時に至り、張衡又渾象を制し、内外規、南北極、黄赤道を具し、二十四氣、二十八宿を列し、中外星官及び日月五緯、漏水を以て之を殿上に転じ、室内星中出没を天と相応し、其闕戻に因り、又瑞を転じ冥を輪じ、階下に莢し、月の虚盈に随い、曆に依り開落す」。これが天文学史上有名な張衡水運渾象である。この説明及びその他関連資料から判ることは、この渾象の主体は天体を象徴する銅製円球で、円球上に対応する南北天極を標示し、天赤道、黄道、を描き出し、黄道上に二十四節氣の位置を表示し、更に円球上に多くの恒星の位置を標示し、移動可能な標示で太陽、月と金、木、水、火、土五大行星を表示する。渾象は密室に安置し、漏壺から流出する水を動力としてそれを転回せしめ、天体運動の模擬とする。

張衡の水運渾象の主要なものは演示器具で、目的は形象でその宇宙構造理論を説明し、渾天学説（第六章 4 節で詳述）を宣伝することであった。但し渾象上に二十四節氣の標示があり、太陽の天球上の位置を反映しており、人々は太陽の渾象上の方位を観察して、当日の節氣を知るだけでなく、当時の大体の時刻を知ることが

出来る。太陽は渾象の転動に伴い、真の太陽時に類似の時刻を提供する。このため、この渾象本体は原始的機械時計と視ることも出来る。〈隋書・天文志〉の記載によれば、渾象制作後、張衡は操作人員に門戸を閉じた室内で、渾象上に示された天体運動状況を大声で報告するよう命じ、同時に外に居る人に天体進行を実際に観測させ、渾象上示された結果と対比させたが、その結果は「璣を施して加える所、某星始めて見え、某星已に中り、某星今没す、皆符に合うが如し」であった。本渾象は天体運動の実際状況を正確に反映しており、一定の計時精度を保っていたと言える。

張衡がこの水運渾象で計時したことは確かである。彼はこれを一個の瑞輪莢莢と呼ぶ装置と連動し、莢莢の開閉を通じて人々に具体的な日を示した。所謂莢莢とは伝説上で唐堯時代にあったとされる植物である。この植物には特徴があり、朔望月の毎月初日から、毎日1莢生じ、15日経つと15莢となり、第16日から逆に毎日1莢づつ落ち、月末になると全部落ちる。小月の時は、最後の1莢は枯れるだけで落ちない。このため、これは一種の天然の日曆に相当する。莢莢は人々が想像した美しい産物であるが、張衡はこの伝説上の植物を彼の水運渾象上に移植し、自動日曆の作用をする機構に使用した。張衡の水運渾象はある程度現代の日曆付きの時計と相似している。

張衡の水運渾象を歴代の人々が模倣した。例えば三国時代東呉の王蕃、葛衡、南北朝時期劉宋の錢樂之、梁代の陶弘景、隋代の耿詢等である。其中で水運渾象の制作方面で顕著な進歩をなしたのが唐代の著名天文学家 一行と梁令瓚である。唐開元十一年（723年）、一行と梁令瓚は合作で「渾天銅器」一台を設計製造した。これは中国歴史上に重要な地位を占める水運渾象である。これは天体運動を模擬する方面では、張衡水運渾象と類似で、日月星辰の天空中の相対位置及びその周日視運動状況を標示している。このため、渾象上の太陽の周日運動により、当



時の具体的時刻が判り、渾象上の太陽と恒星間相対位置の変化で、当時の諸処の節気が判る。この渾象に計時機能があることは、これで肯定できる。

一行の水運渾象の内部機構は非常に複雑で、〈新唐書・天文志〉に因れば「皆柜中に各輪軸を施し、鈎鍵閉鎖して、交錯相持す」とあり、この渾象に複雑な歯車伝動機構が使用されたことを示している。それだけでなく、この渾象は中国儀象史上最初に自動報時装置を採用した。〈新唐書・天文志〉は次のように描写している：「二木人を地平に立て：其の一は前に鼓を置き以て刻を候じ、一刻に至れば則自ら之を撃つ；其の一は前に鐘を置き以て辰を候じ、一辰に至れば亦自ら之を撞く」。つまり時辰と時刻に自動報時し、人々は鐘鳴或いは鼓響を聞いて、当時の時刻を知ったことを示している。これは近代機械時計の自鳴時計の鳴響作用と同じである。唐代以後、歴代水運渾象の大部分が自動報時装置を設けているが、一行水運渾象から啓発された結果である。

宋代に入ると、水運渾象の製造に新たな高峰が出現した。北宋太平興国四年（979年）、民間天文学家 張思訓が一台の渾象を設計制作した。〈宋史・天文志〉にこの渾象の構造、機能が詳細に記載されている：「其の制：起楼の高さ丈余、機械は内に隠れ天を規り、地を矩す。下に地輪を設け、地足；又横輪、側輪、斜輪を為し、身関、中関、小関、天柱を定める；七直神、左で鈴を揺らし、右で鐘を扣き、中で鼓を撃ち、以て刻数を定め、每一昼夜、周って而して復始まる；又木を以て十二神と為し、各一時に直し、其の時が至れば則自ら辰牌を執り、循環して出ず、刻数に随い以て昼夜の短長を定む……」。この記述から、張思訓渾象の構造は極めて大きく、機械装置は渾象内部に隠蔽されていることが判る。渾象は天を象徴する一個の大円球を用い、円球の一半は矩形の外柜で遮蔽し、柜子（櫃）が地を代表する。それが表現する各種天体運行状況は一行、梁令瓚の水運渾象と相似である。

報時系統では張思訓は又一步前進させた。彼は7個の木偶神像を用いて鈴を揺らし、鐘を敲き、鼓を撃ち、音響信号で刻を報じた；同時に12個の木偶神像を設計し、それらに12時辰の一つの時辰を書いた牌を別々に持たせ、時辰牌で時を報じた。ある時辰に達する毎に、相応する時辰牌を抱いた木偶神像が自動的に現われ、次の時辰になると消え失せて、次の時辰牌を抱いた神像が現われる。このように一周して復始まり、循環反復し、時辰牌を見れば当時の時辰が判る。音響報時と時辰牌頭示の組み合わせは、張思訓の一つの創造である。

これだけでなく、張思訓は水の粘度が温度変化影響を受け漏刻排水量に不安定の状況を作り出すことも考慮した。冬の気温は低く、水の粘度が大きいので漏壺の排水速度が下降するため、渾象も漏壺排出の水で動かすので、その報時に「寒暑で標準無し」の現象が発生するので、水銀を以て水と代替し、好ましい効果を得た。今日から見ると、水銀の粘度は温度変化の影響を受け難く、気温が低い時も凝結し難く、水銀を水と代替することは好結果を得ることは当然である。但し水銀は蒸発して水銀蒸気になると、人体に有害であり、加えて水銀を用いるには資金もかかるので、後世の渾象で水銀を動力源としたものは見当たらない。

北宋水運渾象の特徴は規模が極大のことである。北宋元祐七年（1092年）、吏部尚書 蘇頌の主持の下、吏部官員 韓公廉は張思訓渾象より更に規模が宏大な水運儀象台を制作した。蘇頌はこの水運儀象台に関する〈新儀象法要〉という書物を書いた。内容は、図文共に詳細に渉る著作で、この器具の構造、原理、機能がよく理解できる。

蘇頌一韓公廉の水運儀象台は三層に分かれる。上層には一種の天文測定器具で時刻も測れる渾儀を安置してある。中層には渾象を安置し、天体運動状況の模擬に用いる。下層は報時系統である。全体の水運儀象台は一對の漏壺からの排水を動力とする。儀象台内部には複雑な機械伝

動装置が組み込まれ、漏壺からの排水を動力とし、渾象が演示する内容は実際の天象と大体符合し、下層の報時系統で対応する時刻を報ずる。

水運儀象台の報時系統は相当完備している。5部分に分れ、5層の木閣の中に置かれている。第一層は音響で時を報じる：木閣上に扇門が三つ開き、左側門内の木偶が鈴を揺らして毎時辰の時初を告げ、右側門内の木偶が鐘を撞いて毎時辰の時正を報じ、中間門内の木偶が刻数を報告するのに用いられ、一刻毎に自動的に鼓を敲つ。第二、三層木閣では木偶が時牌で時を報じる。第二層には24個の木偶が置かれ、12の時辰の時初と時正を書いた木牌を分け持って、対応の時間が来る毎に、手に時牌を持った木偶がこの層の木閣の一扇小門内に現われ、その時刻が一目瞭然である。第三層木閣には96個の手に報刻牌を持った木偶が置かれ、対応する小門内に順繰りに現われ、当時の具体的刻数を報告する。木閣の第四、五層は夜間時刻の報告専門に用いられる。第四層は木偶が鉦を敲いて更点〔訳者注：古代中国では夜間の時間を五つに分け、五更とした〕を報じ、第五層は木偶が夜時牌を手に持って具体的な夜間の時刻を告げた。蘇頌一韓公廉水運渾象台は単に張思訓渾象の音響報時と時牌報時の長所を吸収しただけでなく、更に夜間の報時を加え、報時内容を豊富にし、その報時部分の機能も完備させ、使用が更に便利になった。

蘇頌以後、人々は継続して水運渾象を制作したが、その規模と複雑性は蘇頌の水運儀象台に比べると稚拙である。元代に至り、郭守敬が一台の大明殿灯漏と呼ぶ計時計器を制作し、この儀器は伝統的水運渾象が天体運行を演示する部分を捨て去り、漏壺から流出する水で動く機械時計とした。大明殿灯漏の発明は、伝統的水運渾象が計時計器に向かって発展した具体的表現である。

渾象以外に、渾儀も計時に用いられた。渾儀は古代の重要な天文観測計器であって、各種天体の関連座標の測定に用いられ、天体運動の模

擬演示を主要な機能とする渾象とは本質的に違うものである。渾儀の起源は、学术界でも見方が異なる。一般的には、渾儀は漢武帝時代に天文学家 落下閎等が発明したと言われている。〈晋書・天文志上〉に曰く「漢太初に至り、落下閎、鮮于妄人、耿寿昌等と員儀を造り以て暦度を考ず」。〈隋書・天文志〉にも「落下閎漢孝武帝のために地中に渾天を転じ、時節を定め、泰初暦を作る」とある。ここに書かれた員儀、渾天とは渾儀を指す。ここから、渾儀の発明時期は遅くとも漢武帝時期と定められる。

渾儀の主要な部品は窺管（望筒）である。窺管は中空の管で照準作用を可能にする。眼を管の下端に当てて観測したい天体に管で照準を合わせる。窺管は一つの双環の中間に挟まれ、この双環の中を滑動でき、双環も又二つの支点を巡って転動でき、双環をして平面に在って全天球を掃過させる。このように双環の回転と窺管の滑動を借りて、窺管を天空の任意のある区域に向けることができる。この外に、渾儀上には更にながしかの各種の天文学的な意味を持つ環圈と支持機構がある。例えば地平面と平行な地渾環は、赤道面の赤道環を代表し、天常環は東西方向の卯酉環と南北方向の子午環の象徴である等々。関係ある環圈上に刻度があり、観測したい天体に窺管を向けた時、対応する環圈上の刻度から当該天体の関連天文座標を读取る。従って、渾儀の主要目的は天文観測である。

渾儀は一種の天文観測器具であるが、ではそ

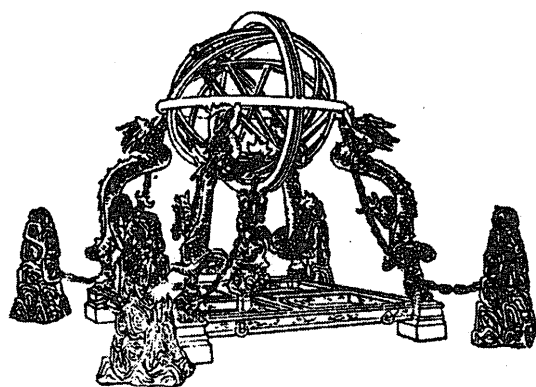


図9 渾儀（1437年制）

れで太陽の空中の時角変化を測れば、相応の時間が判るのだろうか。これが正に渾儀が計時に用いられる根本原因である。これについては、遅くとも唐代に、人々は認識していた。唐初天文学家 李淳風は一台の渾儀を設計し、天黄儀と名付けた。〈新唐書・天文志〉の説明ではこの渾儀は「仰いで以て天の辰宿を觀察し、下は以て器の・度を識る」とあり、「識・度」とは太陽の位置から時間を知ることである。この儀器の関連環圈上には十二辰の標示が刻され、十二辰とは時間単位であり、正に計時に用いられた証明である。その後、一行、梁令・設計の渾儀——黄道游儀上にも、時刻標示が刻され、しかも昼夜百刻であり、李淳風の刻画より更に精密となった。この種の刻画は時刻の測定用であることは明らかである。これ以後、渾儀上に時間標示を刻画することは、歴代の慣例となった。

古人の渾儀での時間計測には変遷過程がある。唐代、渾儀上の時刻標示は地平環上に分布していたが、これは非科学的で、その理由は前述した地平式日時計が赤道式日時計計時の精確性に劣るのと同じである。この状況は北宋皇祐三年（1051年）まで続いたが、舒易簡、于淵、周琮等が一台の渾儀を製造し、時間標示を天常環に均等に分布した。天常環は赤道と平行なので、

天常環上の刻度から被観測天体の時角変化を知ることが出来る。この状況は赤道式日時計の利用と同じく、太陽が空中で異なる位置に在る時の単位時間内の周日視運動が地平環上の投影不均衡現象を解決し、渾儀の計時精度を大巾に向上させ、天文計時の一大進歩をもたらした。

渾儀での計時はかなりの精度を得ることが出来た。渾儀の寸法は比較的大きく、天常環上の時刻分割も相当詳細になり、計時精度向上に有利に働いた。例えば南京紫金山天文台に現存する明代渾儀の天常環上の時刻標示最小単位は一刻の $1/36$ で、現代の24秒に相当し、推測して読取れば更に精確さを増す。古代の他の計時儀器でこのような精度を得ることは相当困難であり、渾儀計時の優越性を示すものである。

16世紀末、西方伝教士が中国に入り、欧州時計も伝来した。これら時計はすぐに中国人の興味を引き、模索を経てその構造を理解し、その中の奥妙さと制作技術を掌握し、自己の時計製造業を発展させた。広州、蘇州は当時中国内の著名な機械時計製造の中心地であった。現在北京の故宮博物院に時計館があり、清初以来の時計が多数収蔵されているが、その中の多くは中国製で制作は精巧、美観、複雑で当時の中国時計製作技術の高さを反映している。