

東アジアの星図作図様式と水運儀象台の原寸復元

Drawing styles or projection methods

of the East Asian star maps

and full scale restoration of the Shuiyun yixiang-tai

宮島一彦

Kazuhiko Miyajima*

Abstract

I was engaged in the project of full scale restoration of the Shuiyun yixiang-tai (水運儀象台) which was a composite facility of clock tower and astronomical observatory built at Kaifun (開封) of the capital of the Northern Song (北宋) Dynasty. I analyzed some old star maps in East Asia, for example, those contained in the *Xin yixiang fayao* (新儀象法要). The rectangular star maps were drawn in accordance with the cylindrical equidistant projection, and the circular star maps were drawn in accordance with the azimuthal equidistant projection. I applied the result mentioned above, I determined the position of these stars on the surface of a Celestial globe in the Shuiyun yixiang-tai. I also applied the same method to the ceiling star map of the Kitora burial mound in Japan, and estimated the latitude where the original drawing of the star map of Kitora was made.

§1 はじめに

東アジアの古星図には、内規(上規、周極星の範囲を表す円、常現圏)・赤道・外規(下規、地平線上に昇らない天の範囲を表す円、常隠圏)を天の北極を中心とする同心円として表す円形星図と、内規・赤道・外規を平行な直線として表す方形星図とがある。

これらの星図がどのような投影法あるいは作図法によって描かれているか、

Received May 21, 2016.

2010 Mathematics Subject Classifications: 01A13, 01A25

Key Words: Projection Method, Star Maps, Shuiyun yixian-tai, Kitora Burial Mound

* 中之島科学研究所 Nakanoshima Science Laboratory, Osaka Science Museum, Osaka 530-0005, Japan.
e-mail: miyajimakz@beige.plala.or.jp

すなわち、天球座標(α, δ)を持つ点が星図上のどのような点にプロットされているか、かつてはほとんど言及されることがなく、かねがねそれを明らかにしたいという気があった。

そうするうち1987年、丹青社より台湾・台中市に中国・北宋末、都の開封に建設された水運儀象台を原寸復元する事業の依頼が、京都大学人文科学研究所の科学史研究班にもたらされた。

水運儀象台というのは、中国・北宋末に蘇頌が発案し、韓公廉の設計に基づいて首都・開封に建設された天文台兼時計台であり、屋上に渾天儀、屋下の最上階に渾象(天球儀)があつて天体の運行とシンクロナイズして回転し、それ以下の階に、複数の時刻制度に従う時刻札を持った人形が窓に現れる装置や、その際に別の人形が鉦や太鼓を打ち鳴らす装置があり、それらすべてが水力によって駆動される施設である。特に、それらが円滑にかつ一定ピッチで駆動されるように、一種の脱進装置(escapement)が組み込まれており、仕組みは違うが西洋の時計に脱進機が組み込まれるよりおそらく200年ほど先んじていることが注目されてきた。

そしてこの施設全体の構造とそれぞれの仕組みを蘇頌が『新儀象法要』(1092年)に図入りで書き残していることから、この記述と図を基にして、これらの施設や仕組みを解明・復元しようとする試みは過去にもあったが、実現したのは脱進装置とそれに直接つながっている部分についてだけだった。

台中市には、国立科学博物館の1号館が日本の、2号館はイギリスの企業の手で建設され、3号館が中国伝統科学をテーマに、日本の企業の手で建設されることになり、その目玉展示をこの水運儀象台の原寸復元にするとのことであった。

筆者もこの事業の一員として、京都大学人文科学研究所の新井晋司氏、及び会田俊夫先生(この後間もなく急逝)から紹介された京都大学工学部の藤尾博重氏とともに『新儀象法要』の解読に取り組み、精工舎が具体的な設計にあたったが、事情により、この事業は台湾のグループの手に移り、我々の努力は日の目を見なかった。しかし、1995年になって、長野県下諏訪町にこれを実現する話が持ち上がり、筆者は渾儀(渾天儀。天球を赤道・黄道・子午線等の環の組み合わせで表現した観測器または説明用模型)・渾象(渾天象。天球儀)の目盛環と星座の考証を担当した機に、かねて確かめたいと思っていた星図作図法について分析したものである。

水運儀象台そのものは、下諏訪町に「諏訪湖 時の科学館 儀象堂」の目玉展示として1997年に完成した。

その後、1998年に奈良県明日香村のキトラ古墳(西暦700年代初頭の築造)石室天井に天文図が発見され、その分析を筆者が担当した際にも、上記の成果を応用した。



下諏訪町「諏訪湖 時の科学館 儀象堂」の水運儀象台

§2 水運儀象台渾象の星の位置決定

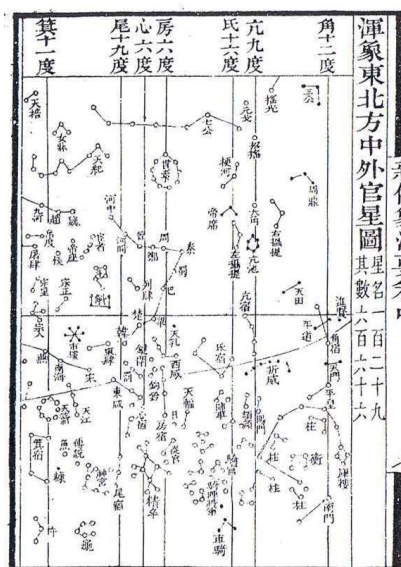
『新儀象法要』にはいくつかの星図が収録されている。すなわち、「渾象東北方中外官星図」「渾象西南方中外官星図」と題する方形星図、「渾象紫微垣星之図」という上規内の円形星図、「および」「渾象北極図」と題する天の北極を中心とする赤道以北の円形星図と、「渾象南極図」と題する天の南極を中心とする赤道以南の円形星図(常隱圏内は空白)である。後2者は全体の概観を示すためのものであり、狭いスペースに多くの星が記入されていて、分析にはあまり適さない。

渾象に星を表示するには、星々の天球座標値を与えなければならないのであるが、たとえ中国の星図に描かれている星が、それぞれ現代のわれわれが知っている何座の何星にあたるかという同定がほぼできていたとしても、それらの星の該当する年代における正確な位置を計算して渾象にプロットするわけにはいかない。あくまで当時認識されていた星の位置に従ってプロットしなければならない。

『新儀象法要』所収の星図は水運儀象台の渾象に表示された星座を示すためのものであるから、実際の渾象もこれらの図を基に星座を描けばよい、というより、描かねばならないことになる。しかしこれらは平面図であり、球面である渾象の表面に描くには、球面上の位置をどのように平面上に写したのか、すなわち星図の投影法ないしは作図法が分からなければならない。

幸いにも建設年代に近い皇祐年間(1049~54)の星の天球座標の観測値は記録が残っており、藪内清先生の研究がある。そこでこれらの座標値をもって代用することにした。しかし、この記録にも様々な誤りが含まれている可能性がある。しかも、一部の星座を除いて、ほとんどのばあい、座標の観測値があるのはその星座の中の代表星1個に対してだけである。この代表星を距星と呼ぶことにする。中国の星座数は 数え方によって違ってくるが、文献上は一応283座と表現される。それに対し、皇祐年間の記録は361個(去極度は359星)である。一方、総星数は1464星とされるから、1000個以上の星については、何らかの方法で天球座標を推定する必要がある。なお『新儀象法要』の3図(円形星図と方形星図が一部重複)、および、ほぼ同時期の観測に基づいたと思われる蘇州淳祐石刻「天文図」(石刻されたのは南宋の西暦1247年)のいずれにも星の記載漏れがあるが、ほぼ、上記の星数に沿ったものである。

そこで、『新儀象法要』星図の作図法を明らかにしたうえで、その関係式に基づいて、星図上での距星と一般星との隔たりを両星の赤経赤緯の隔たりに換算



『新儀象法要』渾象東北方中外官星図の右半分。便宜上、「東星図」と呼ぶことにする。

し、距星の赤経赤緯にそれを加減して、その一般星の赤経赤緯とする、という手法を用いることにした。

皇祐年間の星の観測記録に関する藪内清先生の研究では、記載された天球座標の観測値を実在の星の正しい座標と比較して、両方の値が近いものを見つけ出し、史料記載の星は現行の某星座の某星、と同定する。

皇祐年間の記録では、個々の距星を指すのに、星座名と其中での位置、および、時にはその星の明るさを、例えば「貫索西南大星」のように表すが、この星は藪内清先生の同定ではかんむり座の α 星である。なお、座標値は現行の赤緯 δ の代わりに去極度($p=90^\circ-\delta$)を用いる。中国では、角度は円周を1恒星年の日数に等しくとる。1恒星年の日数の採用値は歴代の暦法でそれぞれ違うが、その違いはそれほど大きくないので、円周はほぼ365.25度と思ってよい。すると、直角(天の北極の赤緯)は 91° 余となる。また、現行の赤経は春分点を通る赤経線を赤経 0° (0時)として西から東へと計って1周 360° とし(便宜上このような角度の取り方を現行度と呼ぶことにする)、天球上の任意の点あるいは星を通る経線の、この経線からの隔たりをもってその赤経値とするが、中国では上記のように円周を約365.25度とする(便宜上中国度と呼ぶことにする)とともに、天球を、二十八宿距星を通る赤経線(便宜上「距線」と呼ぶことにする)によって縦割りにし、その星を通る赤経線と、その西方にあって最も近い距線との赤経差を入宿度として表記するだけである。したがって、例えば西方で最も近い距星の赤経の正確値(現代の精密な観測値に歳差を補正して、当時の値に換算したもの)に、この星の入宿度を現行度に換算したものを加え、この星の赤経の観測値とする。

このようにして、皇祐年間の星表記載の星と実際の星との同定が行われたが、筆者のばあいには、さらに『新儀象法要』星図のどの星が距星なのかを特定しなければならない。前記のように「貫索西南大星」という程度では「貫索」というほぼ円形に星が並んだ星座のどの星のことなのか、はっきりしないのである。幸いそのようなケースはそれほど多くはなかったので、次のような方法をとった。

すなわち、そのばあいには可能性の高い星を仮に選んでおく。各距星に対する藪内清先生の同定に従って天球座標(α, δ)または(α, p)を求め、星図上での直角座標(x, y)または極座標(r, θ)との関係式を決定する。このばあい、星図上での位置にはさまざまな誤差が含まれているから、最小自乗法を用いる。この関係式に、その星の天球座標の正確値を入れて星図上での座標を計算し、図にプロットする。上記の誤差のため、こうしてプロットした点と、もともと描かれている星の位置とは必ずしも一致しないが、たいてい互いの位置は近いところにある。大きく離れている場合は何らかの間違いか誤差が含まれていると考えられる。また、上記のように星図上での位置が不確定で仮の星を採用したものも含まれている。しかしこれらの数はあまり多くないので、関係式の決定にはそれほど影響しない。そして、正確値で計算した位置を星図にプロットして、もともと描かれている別の星に近い場合には史料における位置の表現を検討したうえ、距星をその星に変更し、改めてその星の星図上の座標を入力して、関係式を修正する。

このような作業を行って、いくつかの星について藪内・Chevalier-土橋・伊世

同各氏の同定と異なる星を提起し、いくつかの星について、何らかの間違いまたは誤差が入り込んだケースを見つけ出した。これらの間違いのケースとしては次のようなものが考えられる。

- ① 星図に基づいている観測(藪内清先生は元豊年間(1078~85)の観測と推定している。『宋史』天文志には、この時の観測値は二十八宿距星についてしか記録がない)と皇祐の観測とで観測誤差が異なる。広い意味の誤差として、渾天儀の目盛の読み違いも含まれる。例えば、10度間違えたとか、1度目盛を逆の側から数えたとか、記録担当者の書き違いもあるかもしれない。
- ② 星図の基づく観測と皇祐の観測とで、距星として別の星を観測した。
- ③ 文献(『文献通考』『靈台秘苑』『管窺輯要』など)に収録される際の誤写。
- ④ 原図及び版本作成時の作図の誤り。
- ⑤ 復刻の際の位置のずれ。

これらのうち修正可能な僅かなものについては距星の座標に修正を施し、一般星については距星との相対位置から座標を求め、距星・一般星を合わせて座標を精工舎に送り、これに基づいて渾象に星と星座が表示された。

ただし、『新儀象法要』星図に描かれている距星の位置の誤差が大きいものについては、正しい位置にプロットするには、星図から求められる位置から大きく移動させることになり、その星座の他の星を距星との相対位置に従って記入すると、他の星座と重なり合う(星を結ぶ線が交叉する)不自然なケースがいくつか生じてしまったことはやむを得ない。

筆者が距星を特定するために作った比較図を見て気が付いたことで、精工舎の土屋栄夫氏も全星の座標の表を整理して気が付いたこととして、

- ① 距星としては各星座の西端近くの星が採られている。
- ② 各距星は南北にほぼ一列をなす。

という傾向があげられる。現代の、といっても半世紀ほど前までは、であるが、子午儀とか子午環で恒星の天球座標を測定する場合、順次南中する星に対し、望遠鏡を南北に動かすだけで値を読み取ってゆくが、渾天儀の望筒(窺管、玉衡、sighting tube)でもそれに近いやり方で観測したのではないかと思われる。

§3 東アジアの星図作図様式

(1) 『新儀象法要』星図

上述のように「渾象東北方中外官星図」と「渾象西南方中外官星図」および「渾象紫微垣星之図」について分析した。それぞれは左右のページに分かれているので、計6図となる。ここでの東北西南は、二十八宿を7宿ずつに分けて、四方位名を冠したこと(東方七宿など)に由来し、「渾象東北星図」は現行度表現で赤経 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ($=0^{\circ}$)、「渾象西南星図」は $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の天域を描いていると思われる。中段の水平な線が赤道を表し、その下の、下に凸の曲線が黄道を表す。赤道の右端を原点にとって、縦にy座標(上が正)、横にx座標(一般の習慣とは逆

に、天文学での赤経の習慣に従って左に正)をとる。

「渾象東北方中外官星図」の右側ページ、いわば「渾象東星図」について2節で述べたような分析を行った結果は、グラフに見られるとおりである。これは方形星図なので、 x と α 、 y と p (または δ)の関係を求めることになる。 α と x が一次式の関係にあることは予期されるが、実際、 α と x を縦横軸にとったグラフは直線となり、関係式は、

$$\alpha = a \cdot x + b$$

の形となる。 a は図の実際の大きさによって決まる値である。一方、 $b=180.24$ となった。 b が180に近いことは、図の赤道の右端が秋分点であることを意味する。したがって、この図で黄道がこの点で赤道と交わっていない(赤道より南にある)のは、次の「西南方星図」の左端で黄道が赤道の南にあることと、整合してはいるが、実は描き方が不正確であることを意味する。転写を重ねるうち、意味を理解しない彫師によって誤りが入り込んだと思われる。

同様に「北星図」では $b=263.52$ 、「西星図」では $b=0.52$ 、「南星図」では $b=88.87$ となって、赤道の右端はそれぞれ、冬至点・春分点・夏至点の赤経にほぼ一致する。 a は4星図で同じ値になるべきものであるが、一致しない。しかし互いの食い違いは小さいといえる。

p と y との関係をグラフに示すと、図のように直線となる。すなわち、

$$p = c \cdot y + d$$

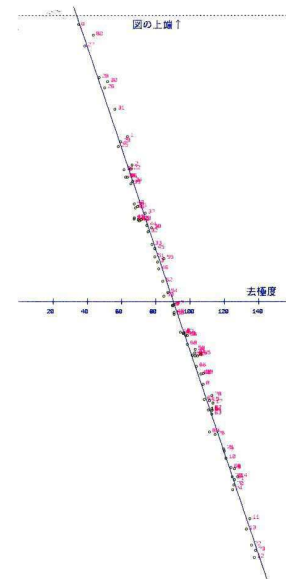
で表される。これは正距円筒図法とばれる図法である。 c は図の実際の大きさに依存する。「東星図」の場合 $d=90.37$ となった。これは赤道の去極度に対応するから、90(δ を用いた場合は0)になるべきものであるが、それに近い値になっており、転写を重ねてきたであろう版本の図としては正確といえる。

他の3図もほぼ同様の結果となった。

図の上の端を区切る横線の赤緯を求めると 33.86° となり、内規の値としてはやや小さい。北星図では 35.77° となり、わずかに大きい。他の2つの象限のばあいも内規とするには値の誤差がやや大きい。

もし、この星図が正距円筒図法に準拠しないものであれば、 p または δ と y との関係は一次式にならず、グラフは直線にならない。例えば中心投影だと、 $y = a \cdot \tan \delta$ となり、 δ が大きくなるにつれ、 y は急速に増大する。メルカトル図法も中心投影に近い。Needhamは『新儀象法要』の方形星図を『中国の科学と文明』邦訳第5巻の中で「メルカトル投影図法にきわめて類似した」とか「メルカトル図法で描かれた」とか書いているが、この点に注意を払わなかったと思われる。

「渾象紫微垣星之図」も見開き2ページに半円ずつが描かれている。このような



『新儀象法要』東星図のばあいの p - y 関係グラフ。

円形星図のばあい、図が作成された時も正しくこの点を原点として描かれた、と仮定し、座標原点を天の北極にとって分析するのであれば比較的簡単であるが、作図の際の原点が天の北極からずれていたことを想定すると、分析は厄介になる。

第1点は、赤経 0° の線をまたぐ場合の処理で、 360° に近い値から、突然 0° に近い値に変わるからである。別の工夫もできるように思うが、ここではばあいに応じて適当に360を加減して処理した。第2点目は、極座標の場合に最小自乗法が使いにくいことである。ここでは、去極度 p と作図中心からの距離 r (図では $R0$ と表記)の関係をまず求め、それから赤経に関する処理を行った。

もし、作図原点が天の北極と一致しており、正距方位図法で描かれておれば、 p と r との関係は正比例になる。定数項は存在しないはずだが、試みにこれも式に加えて調べてみた。いわば正距円錐図法を仮定したものである(それだと本来、全円の図にならないはずである)。結果は、定数項は0に近かったが、作図原点と天の北極とは僅かにずれているように思われる。

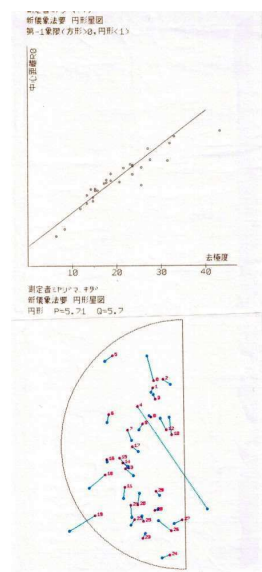
全般にこの円形星図のほうが、先に調べた方形星図より距星の位置の誤差が大きい。現代の赤道儀式望遠鏡でも、極に近い天体は視野に導入しにくいものであって、同様の事情で観測誤差が大きくなったものと思われる。

この円形星図はほぼ周極星の範囲(常現圏=内規)を描いたものと考えられるが、厳密にそうであればこの境界円の去極度は、図の使用地の緯度に等しいはずである。図の円周の半径を関係式に当てはめればその対応する去極度が得られるが、右半円について求めてみると 37.45° となつて過大であり、左半円では 33.16° となつて過少である。

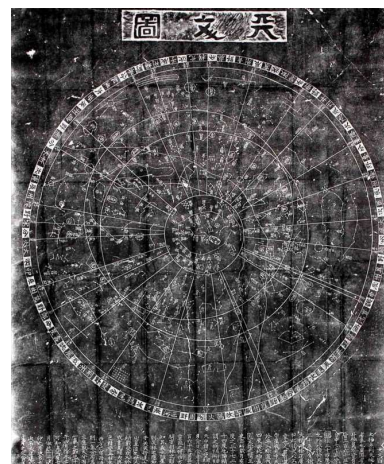
また、少衛の位置が全く違っている。皇祐の値のほうがおかしいのであって、図は比較的正確に描かれている。皇祐のデータが、はじめ正しかったものが伝写の際に間違われたという可能性もあるが、はじめから間違っていたとすれば、『新儀象法要』の図は皇祐のデータに基づいて描かれたものではないことになる。

(2)蘇州淳祐石刻「天文図」

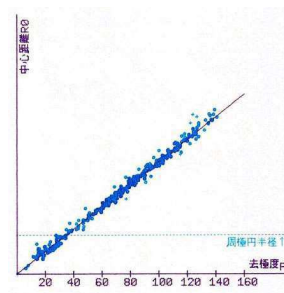
これも円形星図である。これは石に刻まれたものなので、『新儀象法要』星図のように、復刻を重ねる際にデフ



紫微垣星図の片側。上は p - r 関係グラフ。下は原図の星の位置と座標値に従ってプロットした位置との比較。



蘇州淳祐石刻「天文図」拓本



蘇州図の p - r 関係グラフ

オルメされる心配はない。ただ、データの観測誤差、データを基に作図した時の作図誤差と図を石に転写した時の誤差が考えられるだけである。

これも図のように正距方位図法であることが確かめられた。

古代ギリシアや近世までのヨーロッパでよく用いられた平射影(ステレオ投影)では、去極度が大きいほど、北極からの隔たりの増加率が大きくなり、去極度を p とすると、 $\tan(p/2)$ に比例する。正距方位図法だと、上述のように図の中心(ほぼ天の北極)からの図上の距離は去極度に比例し、グラフは直線となる。したがって関係式に内規の半径を代入すると使用地の緯度が求まる。また、作図が正しければ、赤道と内規の半径比は 90° と緯度との比に等しい。この図の場合、どちらからともほぼ 34.55° という値が得られた。これは北宋の都・開封の緯度に一致する。石刻図は南宋になって作られたが、原図は北宋末に作られたことが知られており、そのことと矛盾しない。

なお、仔細に調べると星の脱落及び星の名称の付け間違いがみられる。

(3)朝鮮・天象列次分野之図

石板に刻んだ円形星図で、初刻表裏と再刻、木版印刷2種が知られている。もっともよく流布している再刻の拓本に基づいて調べ、やはり正距方位図法であることが確かめられた。グラフの分散は蘇州図より大きく、したがって、距星の理論位置と実際の図の位置との隔たりが大きいものが多い。内規の半径は 37.84° となり、朝鮮王朝の都であった現在のソウルの緯度とほぼ一致する。

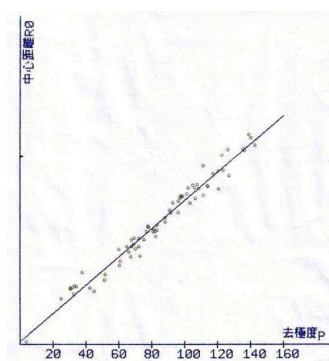
(4)渋川春海/昔尹の「天文成象」

2015年のこの集会は渋川春海没後300年記念ということであるが、この星図は渋川春海が独自の観測データに基づき制作した方形星図と円形星図(内規の内側)で、1698年に『天文瓊統』に収載し、翌年、星図を独立させて息子の昔尹の名で版行したものである。どの星を観測したかの同定については渡辺敏夫先生の研究があるので、それを用いて方形星図について調べてみると、各点がきわめて正確に直線グラフに乗り、観測も作図も正確であることが分かる。

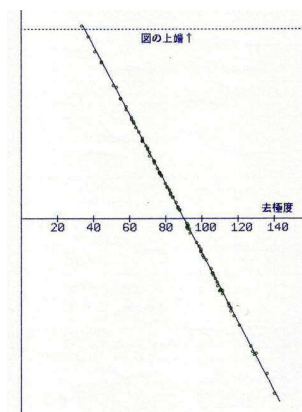
(5)キトラ古墳天文図



再刻天象列次分野之図拓本



同上の p-r 関係グラフ



天文成象の p-r 関係グラフ

発見当初から、この円形星図の原図はどこからもたらされたものかが関心を集めてきた。

星の配列は地球上、どこから見ても同じに見え、したがって、どこで観測しても恒星の天球座標は同じであり、それを図にプロットした星図からそのもとになるデータを測定した観測地を知ることはできない。ただ、これまで述べたように、東アジアの円形古星図では、3つの同心円のいちばん内側の、内規(上規)の大きさが緯度に依存する。もしこれが正確に描かれているのであれば、この円の大きさから「使用地の」緯度(のみ)が推定できる。いちばん外側の外規(下規)の大きさも緯度に依存するが、この円については図の製作者はそれほど気を配っていないようで、あまり正確とはいえない。特にキトラの場合、石室の東西方向の幅が狭いため、小さめに描かれており、それでも東西の割り込みにかかってしまっている。そのため、外規を緯度の推定に使うことはできない。

前述のように、星図が正距方位図法で描かれておれば内規の去極度は緯度に等しい。筆者は、1998年のキトラ天文図発見後まもなく、それが正距方位図法で描かれていることを確かめた(調査報告書参照。この時の距星の同定には一部誤りが含まれるが、結果にそれほど影響しない)。これによって内規の大きさから使用地の緯度が推定できるが、これには(2)で述べたように2つの方法が考えられる。どちらも内規の大きさを用いるという点では共通しているので、たがいに独立というわけにはいかないが、何と比較するかが違うので、半独立ということができる。

1つ目は、赤道の大きさと比較する方法で、正距方位図法のばあい正比例だから、

$$(\text{内規半径})/(\text{赤道半径})=(\text{緯度})/(90\text{度})$$

という関係になる。

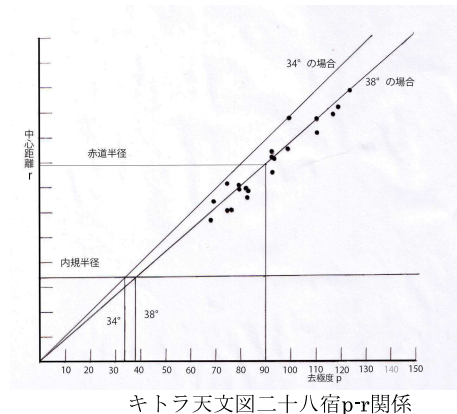
キトラ天文図の場合、発見当初の画像からは 38.4° という値が得られ、高句麗の都・平壤(39.2°)に近いと判断した(調査報告書)が、その公表された最新の寸法によると、東西方向のサイズからは 37.5° 、南北方向からは 37.3° 程度となり、ほぼソウルの緯度に一致する。百済が一時ここに都をおいたことがあるので、その可能性がある。

もう一つの方法は、これも前述のとおり、複数の距星の位置から統計的に去極度 p と図における北極からの隔たり r との関係の比例定数を決め、それに内規の半径を当てはめて計算する方法である。キトラ天文図の星座は75座ほど確認されているが、中国のどの星座に該当するか、同定不能のものも多い。その中で、二十八宿のうちの22個は確認されており、それ以外にもいくつか同定できている星座がある。このうち、例えば昴宿は星の配列の表し方が全く他の星図と違い、また、実際の配列とも異なり、さらに実際よりはるかに大きく描かれているので、どれが距星か決められない。今回は二十八宿のうち残存するものから昴宿を除いた21星座に対して統計処理した結果、(正距方位座標であることが確かめられると同時に)当初は38度余、今回は単純平均で求めたが、東西からは 38.1° (赤道半径は 91.4° に対応)、南北から 38.0° (赤道は 89.7°) となつて、第1の方法とあ

まり矛盾しない。これらの推定は、内規が正確に描かれていることが前提になっているが、これは紙印刷された画像を測定したもので、実測すれば 37° に近づくと思われる。2つの方法で数値がほぼ一致し、赤道半径に対しても 90° に近い値となることは、その条件がおおむね満たされていることを示唆している。

最近、相馬充氏は 34 度程度の値を導いているが、この値を当てはめると赤道の去極度の値が 81 度程度で、 90 度よりかなり小さくなってしまい、矛盾する。

ここでは観測年代の問題を棚上げにして緯度を推定したが、星の赤緯は歳差により約 25900 年周期で変動する。したがって、グラフに星のデータをプロットした点の位置も、この周期で ± 23.5 度の振幅で左右に往復運動するが、今のケースのように数百年か 1000 年程度であれば、 $0.5\sim 1^\circ$ 程度の変化はあるものの、天の北極をぐるりと取り囲むようにサンプリングしているため、個々の誤差が相殺されるので、結果はかなり信用できると思われる。



§4 おわりに

以上、長野県下諏訪町の水運儀象台の原寸復元と、東アジアの星図の投影法ないし作図法の解析結果を述べた。方形星図は正距円筒図法、円形星図は正距方位図法によって描かれている。蘇州淳祐石刻「天文図」と朝鮮・天象列次分野之図の内規はそれぞれの都の緯度に該当する大きさに描かれている。キトラ天文図に対しても同様の方法を用いて、原図の使用地緯度を 37.5 度付近と推定した。

渋川春海父子の「天文成象」は正確に描かれていることも示した。

References

- [1] 藪内清「宋代の星宿」『東方學報』No.7、1936。
- [2] Miyajima, K., Projection methods in Chinese, Korean and Japanese star maps, *Highlight of Astronomy*, 1998.
- [3] 宮島一彦「キトラ古墳天文図」『キトラ古墳学術調査報告書』明日香村教育委員会、1999。
- [4] 宮島一彦「日本の古星図と東アジアの天文学」『人文學報』京都大学人文科学研究所No.82、1999。
- [5] Miyajima, K., Projection methods in East Asian star maps, *History of Oriental Astronomy*, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [6] 宮島一彦「水運儀象台原寸復元顛末記」『日本暦学会誌』日本暦学会2003。