大阪市立科学館研究報告 28, 33 - 42 (2018)

東アジアの古星図における距星の特定

宮島 一彦 *

概 要

近代より前、東アジア諸国では中国の星座体系が用いられ、星図に描き表された。これらの星図において、星座の位置がどのようにして決められたか知るために、各星座の距星(位置の基準星)が星図上でどの星なのかを特定した。古記録には○座の西星などという表現でしか記されていないが、例えばその星座の星々が南北に並んでいるとき、それらのどの星を指すのか、そのような記述だけでは判断できない場合がある。幸い多くの場合、距星を特定することは可能なので、それらだけについて(あるいは不確実なものも仮に特定して)、円形星図の場合ならば横軸に去極度p、縦軸に星図中心からの距離r、方形星図ならばそれぞれ去極度pまたは赤緯δ=90-pと、星図の赤道からの隔たりyを取ってグラフを描くと、pとrまたはδとyの関係、すなわち星図の図法及び関係式がわかる。距星不明の星座に対してこの関係を適用すれば距星を特定できる。こうして、宋・水運儀象台原寸復元事業における渾象の復元や、朝鮮・天象列次分野之図と渋川春海の天象列次之図・天文分野之図との比較などを行った。その結果を報告する。

1. はじめに

中国で成立した星座体系では、星座は二十八宿(「宿」は「しゅう」と読む)と呼ばれる一群と、それ以外のものとに大別される。

これらの星座を平面図に描いた星図は、(A)天の北極を中心とし、赤道描き、常現圏・常隠圏に相当する赤緯円を同心円として描く「円形星図」と、(B)天の赤道を中段に水平な直線として描き、常現圏・常隠圏に相当する赤緯円をそれに平行な直線として描く「方形星図」とがあった。

(A)の例としては中国・蘇州の石刻「天文図」、朝鮮「天象列次分野之図」、日本の渋川春海作「天象列次之図」「天文分野之図」その他があり、(B)の例としては中国・蘇頌が撰した『新儀象法要』所収の星図や渋川春海の子・昔尹の名で版行された「天文成象」などがある。

これらの星図がどのような図法で描かれたものかは、天球を平面に描くのだから、地図の図法と同じ問題である。古代中世の西方では、星図は主に円形で、平射影(平射図法)が用いられ、近世以降は方形星図も描かれ、メルカトール図法が多く用いられた。中国では円形星図には正距方位図法が、方形星図には正距円筒図法が用いられたことを、かつて筆者は確かめた[(1)(2)(3)(4)]。以下の内容は文献(4)と重複するところがあるが、了承されたい。

要は、恒星(以下、単に星と表記)の赤緯δまたは距極度p(=90°−δ)と、方形星図ならば赤道を表す横線からの距離yとの関係を、また、円形星図ならば星図中心(天の北極)からの距離rとの関係を調べることである。正距方位図法及び正距円筒図法ではこれらの関係式は1次式となり、δまたはpを横軸、yまたはrを縦軸にとってグラフを描けば直線となる。

これができるのは、星図に記載される際に依拠した星の赤緯または距極度の値の記録が残っていることと、星図が正確に描かれていることが条件である。もっとも、観測値の記録が残っていなくても、現代の精密観測値に歳差・章動・固有運動を補正して、当時の値に換算したものを代用することもできる。もちろん、それらの星が現代の何座の何星かが同定されていなければならない。

しかし、東アジアの諸星図を観るに、星の位置が、全部が全部、正確に描かれているとは到底思えない。にもかかわらず星座の相互位置関係がおおむね正しいのは、各星座に原則として1個、基準星(距星と呼ぶことにする)が設けられ、これらについてはほぼ正確な

*中之島科学研究所
miyajimakz@beige.plala.or.jp

位置にプロットされているからだと思われる。これとても誤差があるが、後出のグラフにみるように、各星の(p,r)または(δ,y)をプロットした点は、ある程度の分散はあるものの、全体として直線状に分布しており、前述の図法が用いられていることが確かめられる。

しかしこの作業には、①前述のように、距星は現代天文学で知られている星のうち、何座の何星なのか、という同定の問題や、②それは星図に描かれた星座のどの星なのか、という問題が立ちはだかる。

近代より前、東アジア諸国では上記の中国の星座体系が用いられた。しかし、これらの星座の天球座標については、ほとんど観測記録が残っていない。

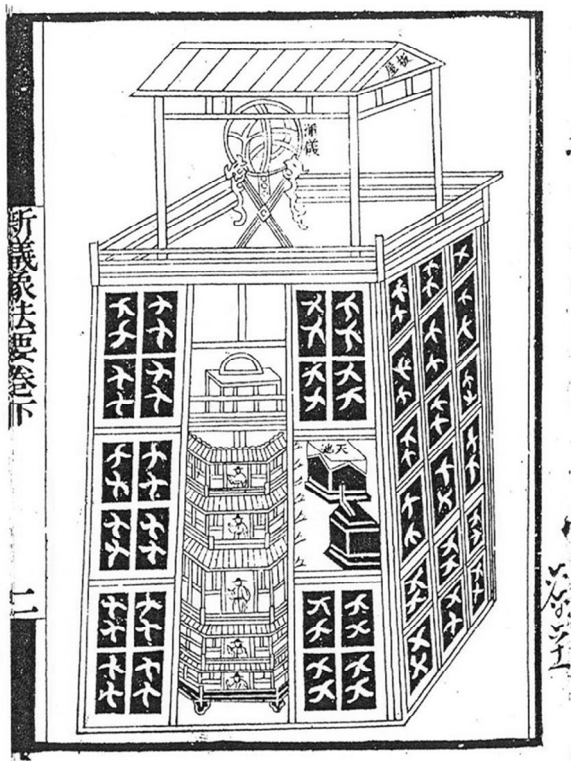
中国では頻繁に改暦が行われ、正史にその内容が残されているが、そのうちいくつかについては二十八宿の距星の天球座標の測定値が記録されている。しかし、二十八宿を構成する他の星々や、他の星座の星々の座標については、今述べたように、記録はほとんどない。最も星数の多い宋・皇祐年間の記録でも、一部の星座を除いて、1つの星座に対し1つの代表星(距星)、全283星座(星座数の数え方には不確定要素がある)に対し338星の座標測定値が残っているだけである。ほかに、いわゆる石氏星経の恒星位置データの記録があり120星の座標の観測値が残されている。これらの距星について、それらが現代天文学の何座の何星に当たるか、おもに座標の観測記録を手掛かりにし、星図を補助とした同定は、藪内清[8]をはじめ、何人かの手で行われ、距星以外の星の同定も一応なされている。しかし星図に描かれている星座は位置の誤差や形のデフォルメが大きく、星図の中のどの星が距星なのかすら判定が難しい。これまで古星図の上に具体的に示されたことはなかった。

とはいえ、筆者が1995~97年に取り組んだ水運儀象台原寸復元事業[5][6][7]における渾象の復元や、その前提となる星図の図法の解析、各種星図の比較、キトラ天文図の分析等には、この考察が不可欠である。距星の天球座標の測定値及び理論値(現代の精密値に歳差・固有運動を補正した値)と図における位置を比較することにより、距星を特定した。本論文ではそれらの分析方法と結果を提示する。

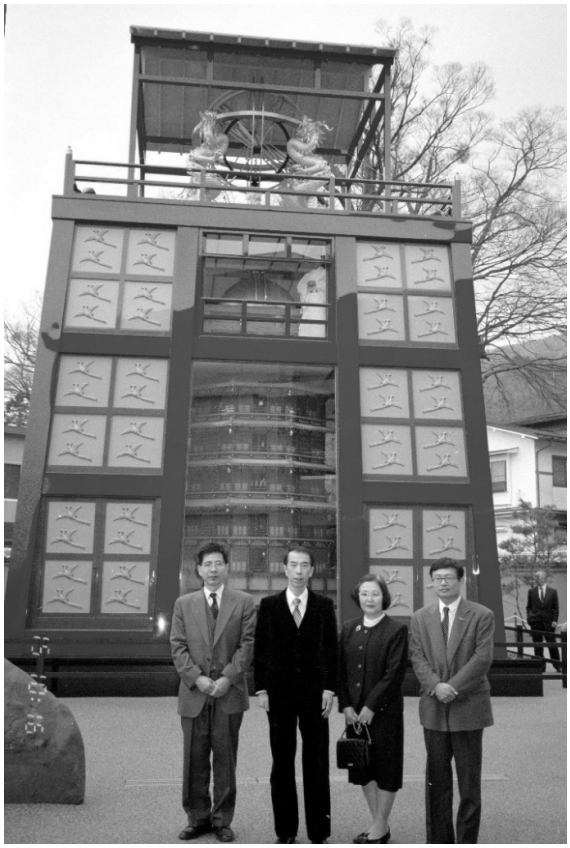
2. 水運儀象台の渾象と『新儀象法要』

2-1. 水運儀象台

上に触れた、中国・北宋末に都・開封に建設された水運儀象台(天文台兼時計台) の原寸復元は、始め、台湾・台中市の科学博物館の依頼を受けて発足したが、その後、事情によりこのプロジェクトは我々の手を離れ、我々の手掛けたものは長野県下諏訪町の「時の科学館　儀象堂」に実現した。



図版1.『新儀象法要』の水運儀象台全体図
屋内最上部が渾象



図版2. 下諏訪町の水運儀象台
屋内最上部に渾象が見える

水運儀象台全体及び各部について、建設を提案・指揮した蘇頌の『新儀象法要』に詳細な記述がある。

そこに設置された渾象(天球儀）についても述べられており、その表面に描かれた星座については星図が与えられている。

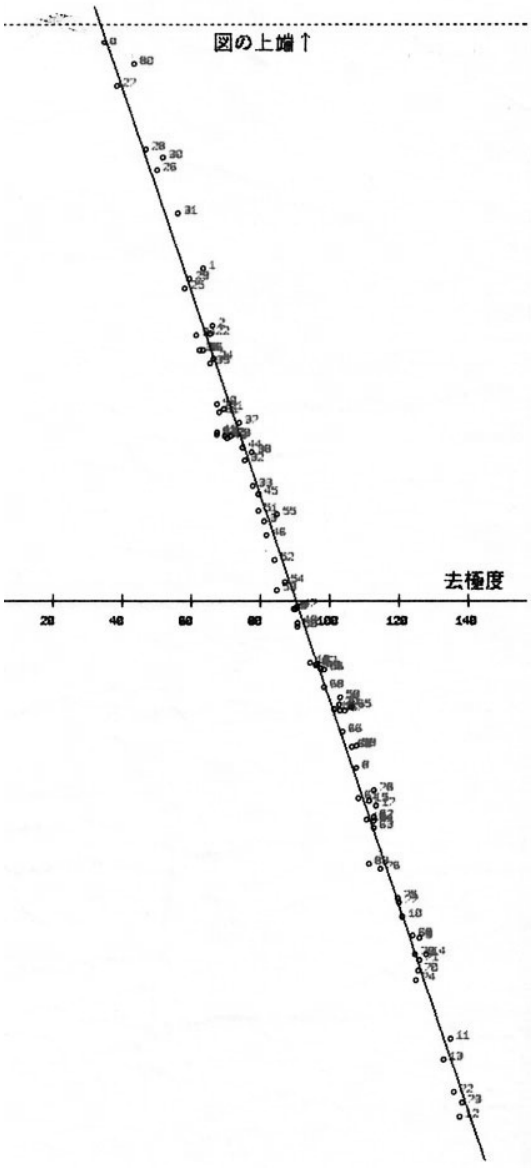
しかし1章でもふれたように、渾象は球面であり、星図は平面であって、平面図を球面に写すには、球面座標をどのように平面座標に変換したかがわからなくてはならない。

2-2.『新儀象法要』星図の図法と距星の特定

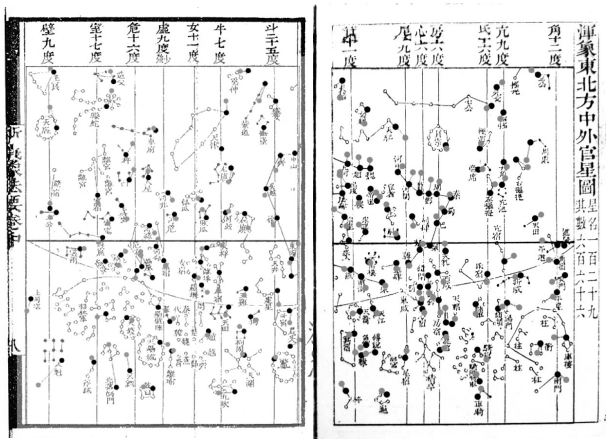
上に述べたように宋・皇祐年間の距星の天球座標の観測値が記録に残されており、藪内の研究[8]がある。

水運儀象台の建設はこれからそれほど年数がたっていないから、赤緯δや距極度pの値をこれから取り、『新儀象法要』の図においてyまたはrを測って互いの関係を求める事ができる。δやpには観測誤差やミスが、また、yやrには記入誤差やミスが伴うので、ある程度の分散が生じるが、これを最小自乗法で処理する。

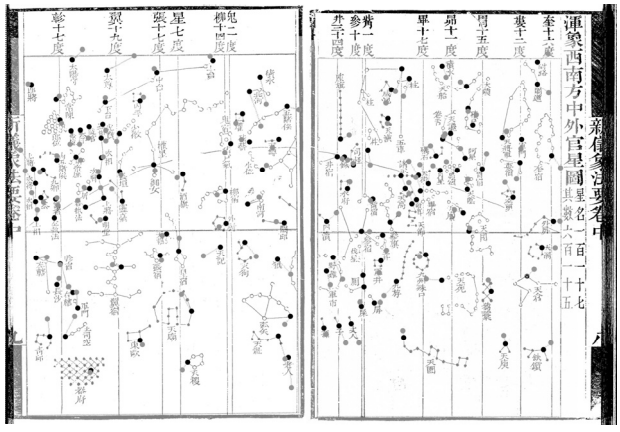
ここで、本論文で扱う問題に直面する。yやrを測定すべき距星は、星図に記載された星のうちどれであるか、という問題である。距星は例えば「○座の西星」といった表現でしか記されていないが、複数の星が南北に並んでいる場合、西星がどれを指すのか、判断が難しい。幸い、たいていの場合は距星を特定でき、判別困難なケースは比較的少ないので、仮に当たらずとも遠からず、と思われる星を選ぶ。こうして図の上で特定した距星についてrまたはyを測定し、最小自乗法を適用してrとpまたはyとδの関係を求める。次いでこの式にpまたはδの値を入れてrまたはpの値を計算し、図にプロットした時、仮定した星と位置が一致するか近いところにあれば、その推定が正しかったと判断される。別の星と一致するか近ければ前の仮定は間違いで、その星が実際の距星であったと考えられる。必ずしもどれかと一致するとは限らないが、その場合は計算位置に近い星が距星である可能性が強いと判断する。こうして改めて距星を特定しなおし、再び最小自乗法を用いて関係式を改善する。



図版3.『新儀象法要』渾象東星図距星p-y関係



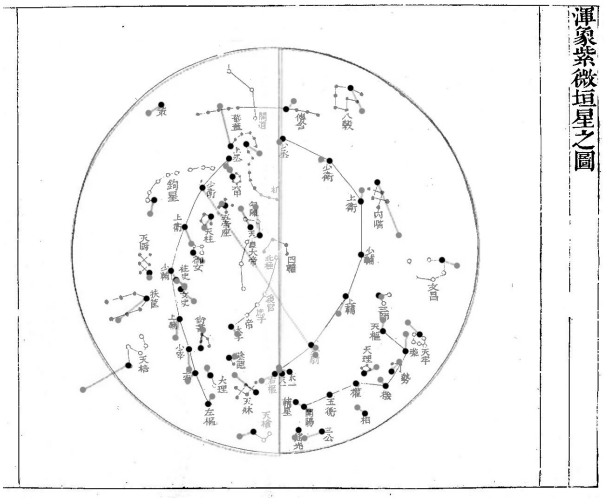
図版 4.『新儀象法要』渾象東北方星図の距星



図版5.同・西南方星図の距星

前ページ図版4.は『新儀象法要』の方形星図のうち、「渾象東北方中外官星図」すなわち赤経αが180°から270°の範囲、いわば天球の第3,4象限で、かつ常現圏以南・常隠圏以北の星についてこの作業を行なったもので、やや大きめの黒丸が距星と推定した星、これらの星と薄い直線で結んだ同じ大きさの灰色の丸が記録された距星の座標から星図上の位置を計算してプロットしたものである。また、図版5.は同じく「西南方」すなわちαが0°から180°の範囲、いわば天球の第1,2象限の星について行なったものである。

なお、このような図を作るには星の赤経値αも必要であるが、春分点の位置の決定が難しいため、中国天文学ではαの絶対値は測定されない。その西にある二十八宿距星との赤経差を「入宿度」として測定する。そのためここでは、角宿距星(α Vir、スピカ)の現代の精密観測値に歳差・章動と固有運動を補正して当時の赤経値をNeugebauerの表[9]を利用して求め、相隣る二十八宿距星間の赤経差の記録値を積算した値に入宿度を加えて、その星の赤経を算出した。



図版6.天の北極付近円形星図の距星

同様の作業を北極周辺の上規円内を示す円形星図についても行なって、星図における距星を特定した。その結果が図版6.においてやや大きい黒丸で表した星(白黒印刷でやや黒く見えるもの)であり、これらと薄い直線で結んだ灰色の丸は、記録に基づく位置である。

黒丸と灰色丸の間の位置の食い違いの原因としては、[1]最初の作図の際の誤差あるいはミス、[2]復刻を重ねるうちにだんだんずれやミスが累積した、[3]『新儀象法要』の依拠する観測が皇祐年間のものと違っていて、互いの観測値に違いがある、といったケースが考えられる。例えば上規円内、紫微左垣の少衛(π Cep)の皇祐の観測値は全く間違っていて、ほぼ紫微右垣の少尉(κ Dra)の位置と一致する。観測または記録の時に錯覚したのかもしれない。一方『新儀象法要』の円形星図ではほぼ正しい位置に描かれており、異なるデータ・ソースに基づく可能性を示唆している。もちろん、皇祐のデータに基づきながら、この星に対しては訂正を加えた、という可能性もある。このように、観測値の記録にも誤りが含まれるケースがあるが、どのような誤りがありうるかは文献(4)を参照されたい。

『新儀象法要』の依拠するデータと皇祐のデータとの間にあまり差がないとするならば、赤と青との隔たりは星図の作図誤差またはミスを表していることになるが、これを杜撰と見るか案外正確と見るかは、判断基準によるであろう。

また、距星以外の星の配列については、実際の配列に比較的忠実なものもあるが、多くはかなりデフォルメされている。ほぼ円形など、幾何学的図形に近い星座がいくつもあることからも明らかである。つまり、東アジアの古星図では、距星についてはまずまず正確な位置に描かれるが、その星座の他の星については、距星の周りに、大まかな位置に描かれるだけなのである。

2-3. 水運儀象台の渾象の星

今の場合、水運儀象台の渾象に星を表示するのが最終目的である。距星については一部の星を除いて、皇祐年間の天球座標データを現代天文学の赤道座標(α,δ)に変換すればよいのであって、δ-yやp-rの関係を求める必要はない。しかし、距星以外の星(一般星と呼ぶことにする)の位置は、天球座標データの記録がないため、星図上での距星との隔たり、すなわち方形星図では極座標(r,φ)の隔たりを天球における赤道座標の隔たりΔα,Δδへと、上で求めた関係式を用いて変換し、距星の赤道座標に加減してその星の赤道座標を算出した。

図版7.水運儀象台渾象

このような方法で星図における各星座の形を、渾象の表面に再現させたが、もともと、星図における距星の位置は皇祐の観測値を正確に反映したものでなく、誤差があるため、皇祐の値に忠実に距星の位置を渾象にプロットし、それを基準にして一般星の位置をプロッ

トすると、『新儀象法要』星図では起こらないような、星座同士が交叉する不自然なケースも出てくるが、星図における星座の形が不正確なのだからやむを得ない。距星の天球座標も、皇祐の値でなく、星図から読み取った値を換算したものを使えばそのようなことは起こらないが、星図の距星の位置をより信頼するか、皇祐の観測値をより信頼するかの問題であり、下諏訪町の復元では後者を採用し、必要に応じて修正を施した。

渾象は天球儀。中国のものは下半分が箱でおおわれる。距星はたいてい、その星座の西端に近い星が選ばれているが、必ずしも厳密に最西端の星とは限らない。この理由について、『新儀象法要』星図上での距星の図示の際に筆者が気付き、また、筆者が送った水運儀象台の渾象の星の座標を整理した精工舎の土屋栄夫氏がその表において気づいたことであるが、複数の距星が南北にほぼ一直線をなすように分布している。これは渾天儀で星の座標を測定する際、窺管の向きを南北に変えるだけで星をとらえることができ、能率的に測定できるためと考えられる。数十年前までの子午儀・子午環による星の座標測定を連想させる。

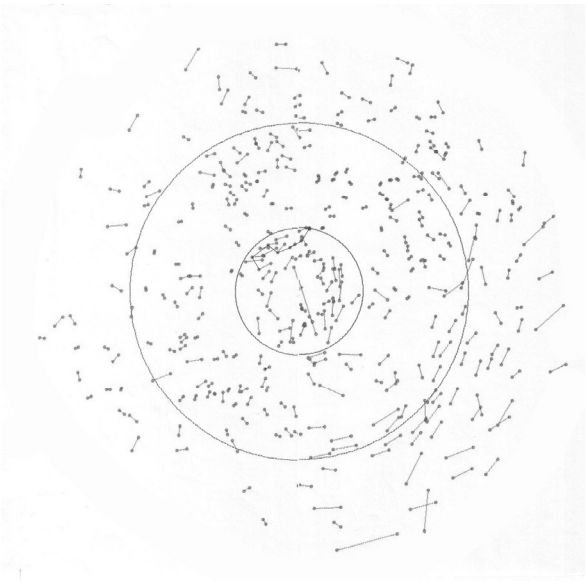
3. 淳祐石刻天文図

中国・蘇州にある南宋・淳祐年間に石刻された「天文図」は現存最古の本格的星図である。藪内によれば原図は北宋末に描かれ、その基になる観測データは、『新儀象法要』同様、皇祐か元豊の観測に基づく。これを確かめるために、皇祐の値と星図拓本の写真の上で読み取った距星の極座標とを比較する。

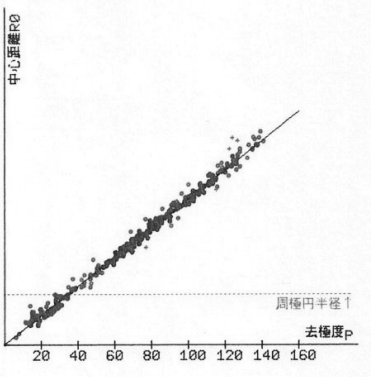
この星図の場合、『新儀象法要』星図の場合と同様、基づく観測値の誤差及びミス、観測値を原図に落とすときの誤差及びミス、原図から石刻星図を作る時の誤差及びミスの入り込みが考えられる。例えば、天市右垣は 11 星が正しいが、蘇州図の「韓」の南の星が無名で、その南が「宋」となっていて、これで 13 星ある。正しくは宋は左垣の南端の星である。

『新儀象法要』星図の場合復刻を重ねるに伴うデフォルメが生じるが、蘇州図の場合は石刻なので、刻まれた当時のままである。

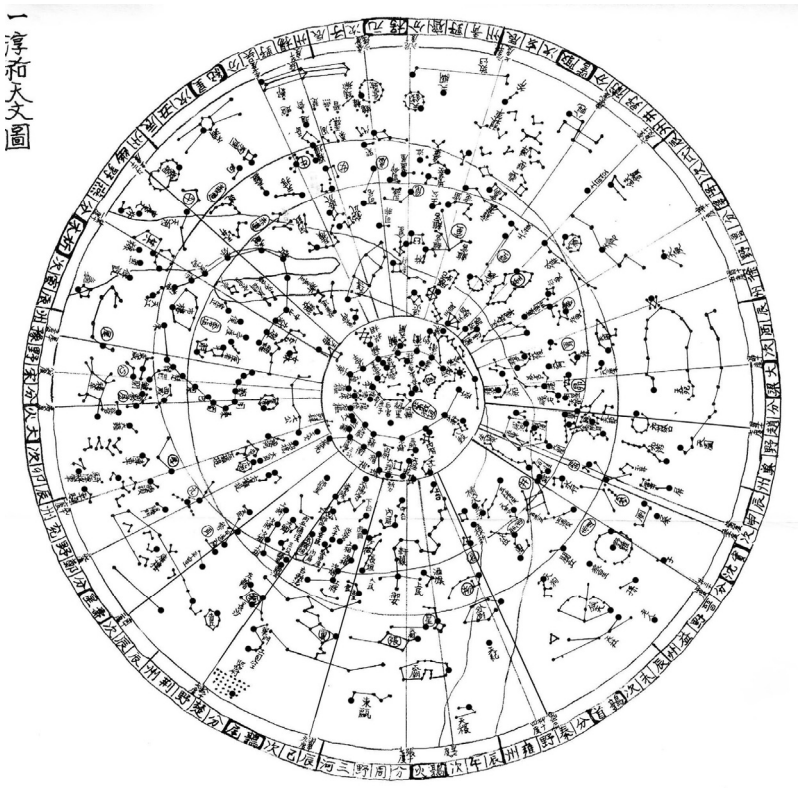
これは円形星図であるから、p-rの関係を求めることになる。pの値としては、皇祐の観測値でなく、現代の精密観測から当時の値に換算したものを用いた。結果のグラフを図版8.示す。分散は比較的少ないように見



図版9.距星の星図上の位置と理論位置



図版8.蘇州石刻星図の p-r 関係

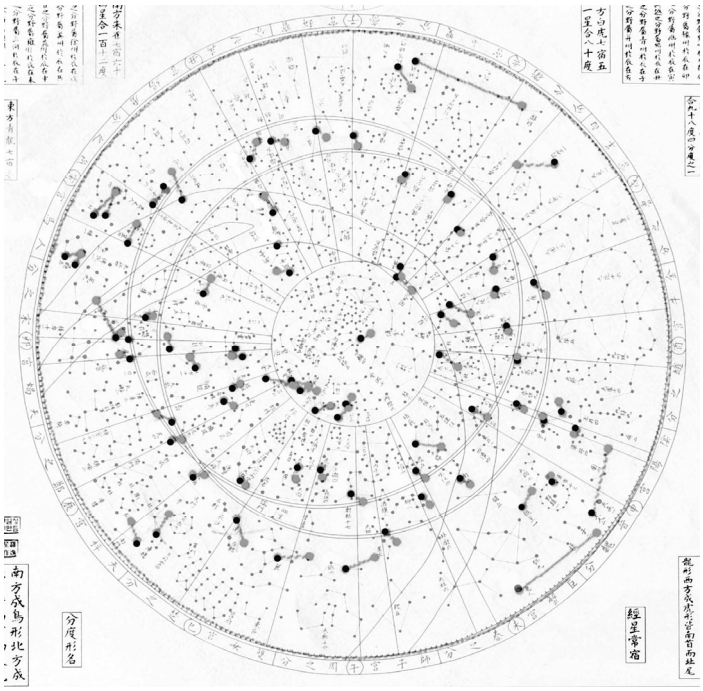


図版10.蘇州天文図の距星

える。前者を用いた場合と比較するのも興味があるが、ここでは略す。

特定した距星と皇祐の値に対応する点との隔たりを示す図を図版9.に掲げる。前掲のグラフでは分散が小さいように見えても、実際の星図で見るとけっこう位置の誤差が大きい。外の方つまり南方の星で目立つ。特に現代でいえば秋の星座に相当するあたりの誤差が大きい。図版10.に星図拓本に距星を表示した図を掲げる。やや大きい黒丸が距星である。図版9. と10. では向きが違うので注意されたい。図版9.最内円(上規)内側左上に北斗を表示しておいた。図版10.では上規内側左下である。両図を合わせて見ると、星図上での距星の特定を今少し再検討する余地が残っているが、今後のこととしたい。

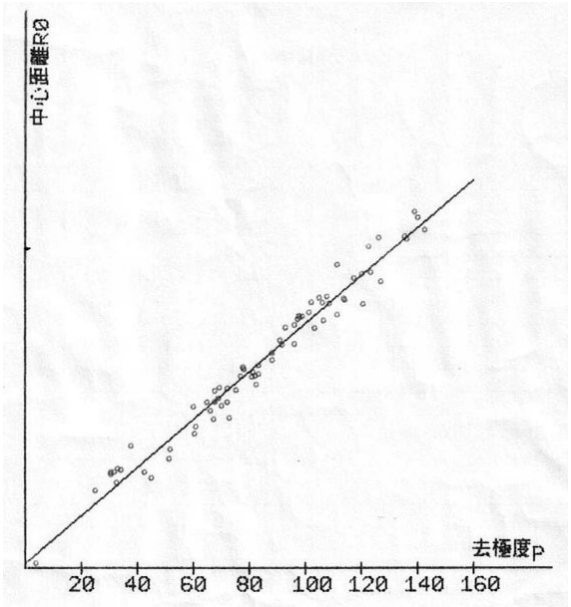
なおこのトレース図は文献(10)の付図を利用したものであるが、原図にはいくつかのミスが見られ、また、写真を利用されたものか、縦がやや横より長いため、それらを修正して用いた。



図版12.天象列次分野之図の距星

3. 朝鮮「天象列次分野之図」

この石刻星図については2014年の本報告誌の拙文[11]を参照されたい。1396年に刻まれた初刻は摩耗していて拓本は不鮮明であり、かつ、再刻は相当忠実に初刻を写しとっているように思われるので、分析は再刻の拓本写真により行なった。



図版11.天象列次分野之図のp-rグラフ

前記拙文では、この星図は高句麗の都平壌にあった石刻星図を回転させただけである可能性を指摘したが、そうであるなしにかかわらず、この星図の場合、依拠した観測データが残っていない。中国から伝来した星図をもとにしているかもしれない。距星の赤道座標値としては1400年の理論値を用い、文献(9)の表にある76星のみを用いた。分散は蘇州図よりかなり大きい(図版11.)。

次に距星の位置と理論的位置のずれを羅逸星・羅史羅父娘作成(2018)の初刻星図の復元図面[12]を白黒反転させた図の上で示す(図版12.)。ただし、距星は扱いやすい76星に限った。やや大きな黒丸が距星、同じく灰色の丸が理論値に基づく位置である。特に図の外の方の星で誤差が大きいのは蘇州図と同じであるが、老人(α Car、カノープス) や[農]丈人などは特に誤差が大きい。老人星については前記拙文で論じた。

上記のように高句麗の石刻星図を回転させただけなら、もっと古い理論値を用いるべきであり、実際、そのほうが分散が少なかったが、今はそれには触れない。また、この星図の場合も距星の決定に幾分疑問点が見つかっているが、今後のこととしたい。

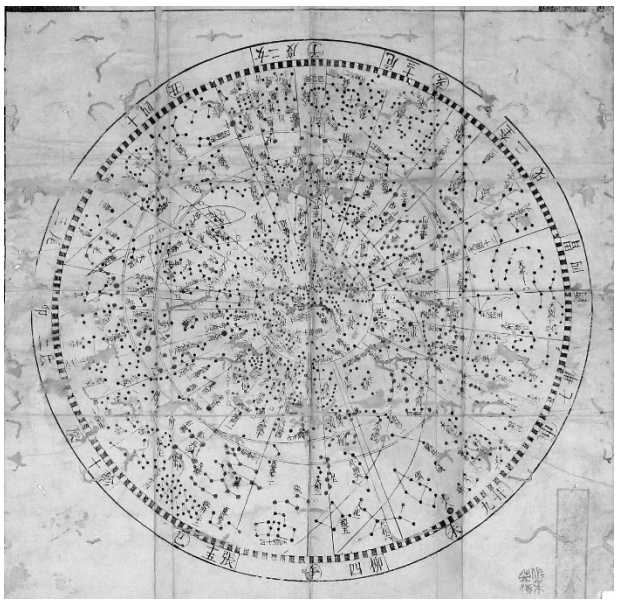
4. 渋川春海の3星図と天象列次分野之図

4-1. 天象列次之図と天文分野之図

これら2図は渋川春海が版行したものである。前者(1670年)は日本で初めて版行された星図と考えられる。また、後者(1677年)は中国の分野説に倣って、日本の諸国を十二次に配当してわが国独自の分野を示した。文献(3) (14) (15) (16)を参照されたい。

前者の星図の下に書かれた文には「朝鮮所刻天象

図。最為精密。」とあり、また、のちの渋川景佑の『寛政暦書』巻15にも「又春海。寛文中得朝鮮所刻明洪武二十八年乙亥之天象図。改正之。造天象列次之図。」とあること、およびその名称から、従来、ともに天象列次分野之図を基にしたものと考えられてきた。実際、宗太夫という星座は宗正と同じものだが、天象列次分野之図ではこれらを別のものとして記載しており、春海の両星図もこれに盲従している(次に述べる天文成象で削除)が、筆者は、両星図は必ずしも朝鮮図を忠実に写したものでなく、また、これら両図の間にも違いがあることを従来より指摘している。



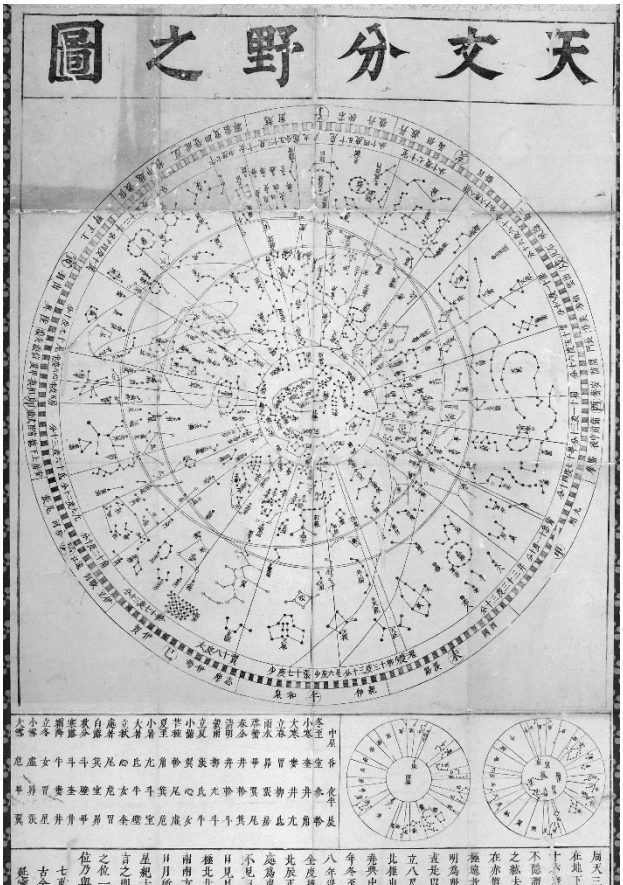
図版13.天象列次之図

例えば老人星の位置、器府・郎位・人星・八穀の形と結び方などであるが、全体としてどのように違っているかまでは、手を付けるいとまがなかった。たまたま同志社大学文化情報学部4年次(当時)の村上由衣から2017年度卒業論文のテーマについて相談を受けたので、これを取り上げてもらった。以下、その結果の一部を借りる[13]。

4-2. 両図の距星

両図とも、渋川春海の観測に基づくものではなく、過去の何かの観測データに基づくものでもないと思われる。したがって、基本的に天象列次分野之図を手本にしていることは間違いない。星図における距星の特定は筆者の『新儀象法要』・蘇州淳祐石刻天文図・天象列次分野之図の距星の特定を参照して村上が行なった。大部分の星座の形は天象列次分野之図とほぼ同じなので、それを参考にできる。形が異なるものについては他の2つを参考にして特定した。結果の図は割愛する。円形星図であるから、正距方位図法に従うものと考えてよい。

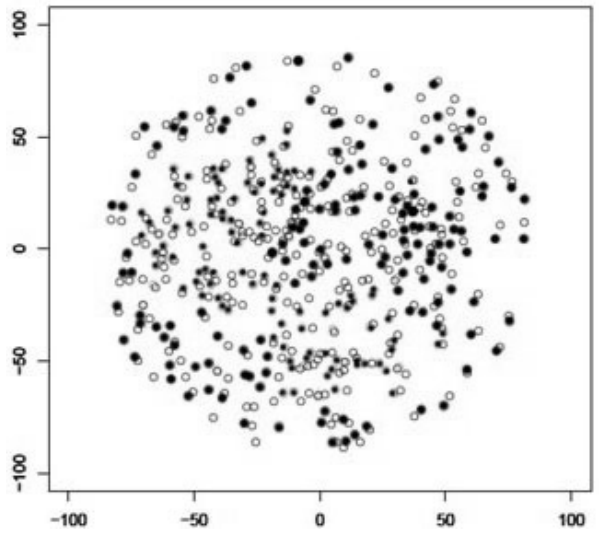
春海の2図及び朝鮮図は全体の体裁や大きさからして違っているが、その比較は今は略し、星図の星及び星座についてのみ扱う。それらの3つの星図相互での違いをどういうかたちで、比較し、表現すればよいか、なかなか難しいのであり、ここでは距星の位置を比べることにした。その意味で星図における距星の特定が必要になるのである。なお、上掲の図ではわからないが、星座の形や位置に違いがみられるものとして、前述の星座のほか、市楼・芻藁・北落師門を挙げている。



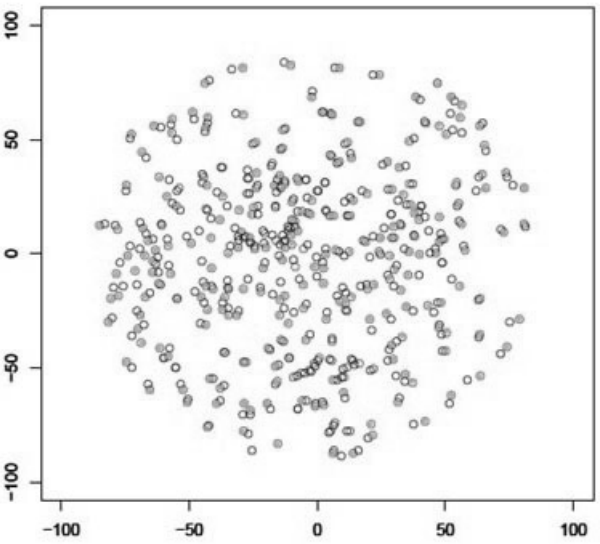
図版14.私蔵天文分野之図

次ページの3図は3つの星図の距星を2図ずつ比較したものである。3つの図で位置が微妙に異なり、敷き写ししたものでないことが判る。図版では中抜きの丸が天象列次分野之図、黒丸が天象列次之図、灰色の丸が天文分野之図のそれぞれ距星を表している。座標軸の取り方等に問題がないわけではないが、大体の様子はわかる。なお、星図の縦軸方向と冬夏至線(二

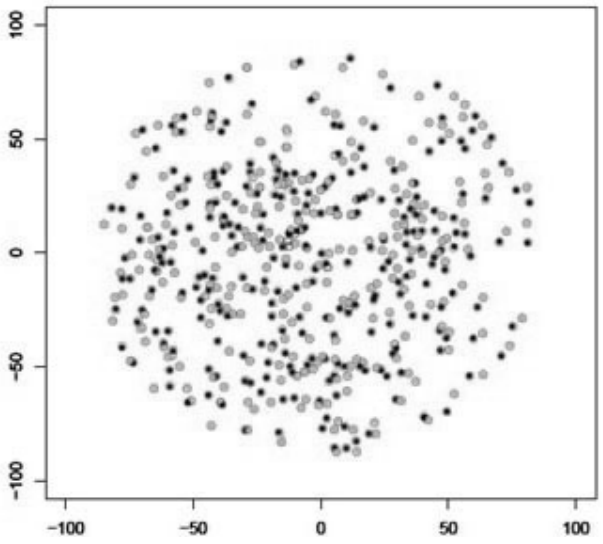
至経線)の方向のなす角など、もう少し調べる必要がある。



図版15.天象列次分野之図と天象列次之図の距星



図版16.天象列次之図と天文分野之図の距星

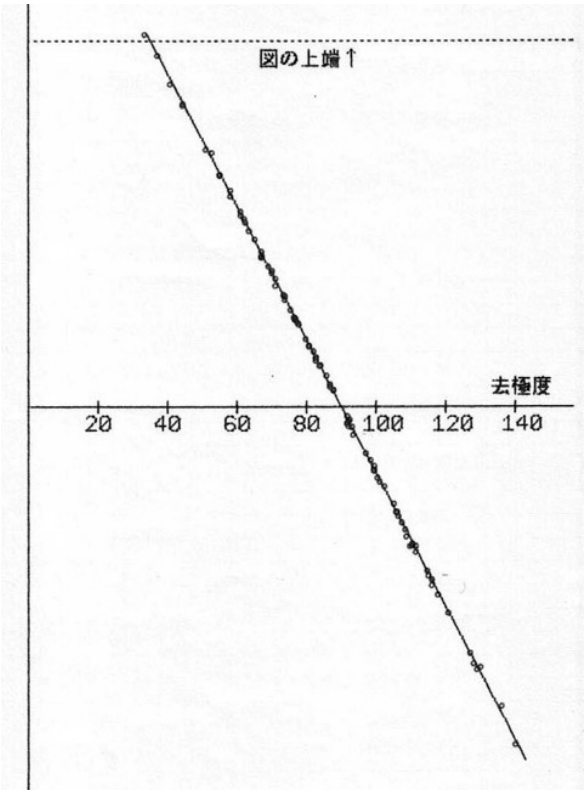


図版17.天象列次分野之図と天文分野之図の距星

4-3. 天文成象

この方形星図は渋川春海がはじめ1968年にその著『天文瓊統』の中に収録したもので、翌年、それだけを独立させて息子の昔尹の名で版行したものである。中国星座に加えて、春海父子が新設した和製星座も描かれている。

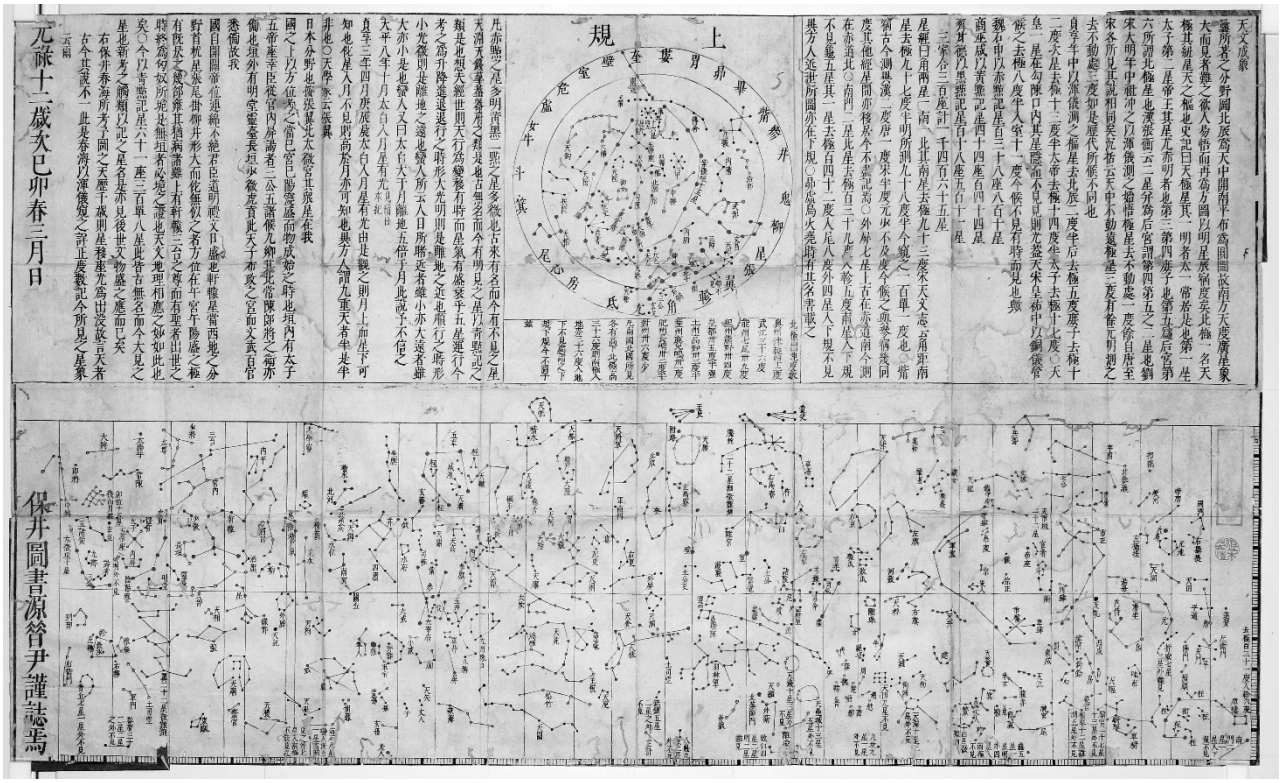
これは距星のみならずすべての星を自分なりに同定し、実際の観測に基づいてプロットしたもので、さらにそれが現代の知識で何座の何星に当たるかを渡辺敏夫[16]が同定している。本来春海の観測値と星図上の位置を比較すべきだが、渡辺の同定した星の座標の精密値と比較した。距星の図示は略し、δ-y関係のグラフのみ示す。分散が非常に小さく、春海父子が精密に作図したことが判る。



図版18.天文成象方形星図のp-y関係グラフ

5. キトラ古墳天井天文図

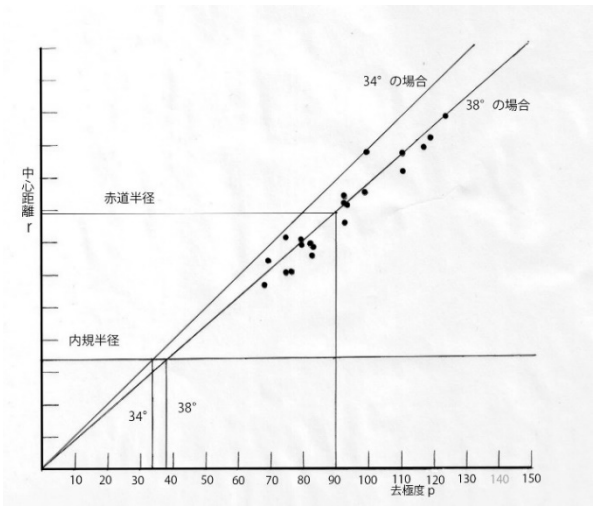
この天文図の原図は発見されておらず、いつどこで作られたものかもわからない。キトラの図が原図にどの程度忠実で、どの点を改変したのかもわからないが、筆者は、諸円の大きさ改変はなかったものと判断し、距星の位置にも著しい改変がなく、あったとしても統計的な結果には大きな影響はないと考えて、原図の使用地を推定した。この場合も距星の位置が手掛かりとなる。距星の位置から年代を推定することも原理的には可能であるが、到底正確さは望めないので、行わない。



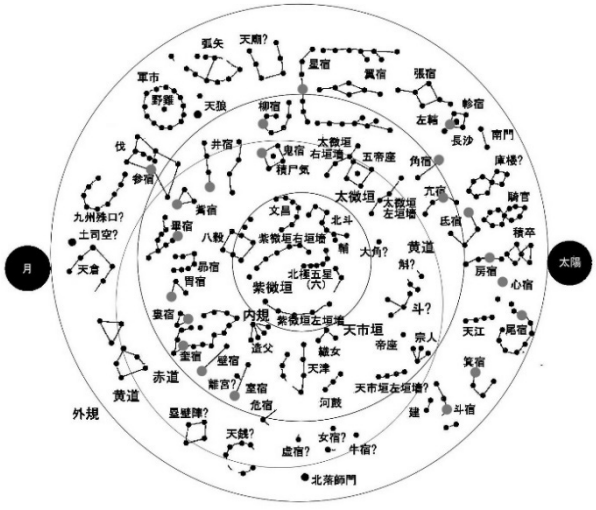
図版19.私蔵天文成象

むしろ天の北極近くに北極五星の紐星が位置ことに注意した方が良いと考える。

距星を示した図と、p-r関係のグラフとを掲げる。ただし、二十八宿以外の一般星座は同定不能のものや、一応同定されていても星座の形・星数が異なるものが多いので、距星の特定は比較的正確さが期待される二十八宿のうち残存しているものに限った。その中でも昴宿は特定が困難なため、省いてある。また、張宿・翼宿は誤って位置が入れ替わって描かれているので、やはり省いた。図の分散はここまで取り上げた本格的星図に比べてかなり大きいが、それでもある程度の統計的処理に耐えることが推測される。ただ、使用地の緯度の推定は、円の大きさがある程度正確に描かれていると仮定しての話である。pは年代とともに変化する。ここでは600年の値を用いている。



図版20.キトラ天文図 p-r 関係グラフ



図版21.キトラ天文図の距星

やや大きな黒丸が距星である。この星座見取り図は2004年作成のものであり、近年の調査で、幾分かの修正の必要が生じている。ここでは老人星の削除だけを行なった。

6. おわりに

東アジアの諸星図においては、西方のように個々の星の座標を測定して図にプロットするのでなく、距星に関してのみ位置の観測データに基づいてプロットされ、他の一般星についてはやや観念的な配列のイメージに基づいて適宜プロットされる。本格的星図とみなされるものでも、距星の位置でさえあまり正確とは言えない。もっとも、西方の星図といえども、中世イスラムの部分星図か、近代以降の西洋星図しか残っておらず、古代の天文図で残っているのはもっぱら星座絵なので、どちらが精密か、などという比較はできない。

以上見てきたように、星図における距星の特定は、それらの星図の正確さの数量的評価の目安や、星図相互の比較の際の材料となりうる。また、キトラ天文図の場合のように、使用地の緯度の推定にも使える。もう少し精密な星図であれば、基づく観測データの観測年代の推定に役立てることができる。

参考文献

(1)MIYAJIMA,K; ‘Projection Methods in Chinese, Korean and Japanese Star Maps’, *“Highlight of Astronomy”*, IAU総会Proceedings,1998.

(2)MIYAJIMA,K ‘Projection Methods in East Asian Star Maps’, *“History of Oriental Astronomy”*, Kluwer Academic Publishers,2002.

(3)宮島一彦「日本の古星図と東アジアの天文学」『人文学報』**82**、京都大学、1999。

(4)宮島一彦「東アジアの星図作図様式と水運儀象台の原寸復元」『講究録(別冊)』**68**、京都大学、2018。

(5)宮島一彦「台中市に原寸復元される水運儀象台について」1-3『和時計』**13**,**15**,**16**,和時計学会、1989- 99。

(6)宮島一彦「水運儀象台復元経緯」『天界』11月号、1997。

(7)宮島一彦 「水運儀象台原寸復元顛末記」『日本暦学会誌』**10**, 日本暦学会、2003。

(8)藪内清『中国の天文暦法』平凡社1969。

(9)P.V.Neugebauer; *“Stern Tafeln”*, J.C.Hinrichs’ sche Buchhandlung,1912.

(10) 杤尾武『古今図書集成引用書目録稿　暦象彙編乾象典 中 星辰天河』桜美林大学文学部、1972(油印)。

(11)宮島一彦 「天象列次分野之図の諸問題」『大阪市立科学館研究報告誌2014年』大阪市立科学館、2014。

(12)羅逸星・羅史羅 「天象列次分野之図(復元拓本)」 2018。

(13)村上由衣「渋川春海の二星図と『天象列次分野之図』の定量的比較」同志社大学2017年度卒業論文

(14)MIYAJIMA,K;‘Japanese Celestial Cartography before the Meiji Period’, *“The History of Cartography”* Vol.2,Book 2, University of Chicago Press,1994.

(15)宮島一彦「同志社大学所蔵・元禄14年製天球儀の位置づけ」『同志社大学 理工学研究報告』**21**,No.4、同志社大学1981。

(16)渡辺敏夫『近世日本天文学史(下)』恒星社厚生閣1987。