

日本数学史学会『数学史研究』別冊  
第Ⅲ期 第1巻 第1号 pp.1-18  
2022年7月 発行

## 『格子月進図』の原図となった古代星図の年代推定

竹 迫 忍

## 『格子月進図』の原図となった古代星図の年代推定\*

竹迫 忍†

### 1. はじめに

『格子月進図』[4]は土御門家伝来の星図で、安部泰世が文保元(1317)年ごろ所蔵の原本から書写したものである<sup>1</sup>。しかし、戦時中に展示されていた有楽町東日会館で空襲を受け焼失(1945)した。幸い写真が残されており、佐々木英治[7]の復元版も発行されている。

筆者は竹迫忍[9]で『格子月進図』の原本は初唐の星図と推定した。星座名に皇帝やその親族の諱(いみな)である「虎」と「淵」の当て字が使われている避諱(ひき)の状況からみると、原本の製作年代は唐・高祖から太宗の間(618~649)に絞られる<sup>2</sup>。また、竹迫忍[11]では『格子月進図』に描かれている星の位置と、現代の星表の歳差を考慮した位置との誤差を最小二乗法により比較することにより、星図の星の位置の観測年代を400年頃と推定した。避諱の対象となる文字は皇帝の即位により変化することを考慮すると、『格子月進図』の原本は、400年頃に作成された星表や星図をもとに唐の初めに星座名を修正して描かれ、太宗の存命中に最新の星図として日本に渡来した可能性が高いと思われる<sup>3</sup>。

本稿では『格子月進図』や他の唐代以降の星図に描かれている春分秋分点や12次<sup>4</sup>などの年代推定により、唐代の星図の原図となった古代星図の製作年代を考察する。

### 2. 春分秋分点による年代推定

春分秋分点は赤道と太陽の経路である黄道が春と秋に交わる点であり、歳差により移動する。古代星図の年代推定はその容易さから、星図に描かれた春分秋分点の位置により行われることもある。しかし、かならずしも正しい推定は行われてはいない。『格子月進図』を再発見し紹介した井本進[1,p.69]は、星図の春秋二分点からその年代を1100年頃と推定し、宋の元豊年間(1078~1085)の観測をもとに星図を書いたと見ていいとした。これは『格子月進図』の分点を表1のように読み年代を推定したと考えられる。春分点は奎宿5.9度(1548)、秋分点は左右2ヶ所あり、角宿3.9度(654)と角宿-7.9度(-278)となる。この3点

\* 受理日: 2021年9月3日, 改定稿受理日: 2022年3月31日, 採択日: 2022年4月3日

† takesako@mrj.biglobe.ne.jp

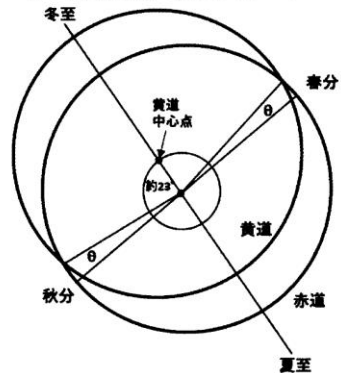
から、最後の秋分点は不正と判断し、最初の春秋二分点を平均すると1101年となる。しかし、これは宿度を誤って東西逆に見た結果が800年も下る推定だった<sup>5</sup>。

また、宮島一彦[22,pp.51-52]は東アジアの星図で用いられる円形星図(キトラ天文図のような星図)は正距方位図法により作図されているが、そこに描かれている黄道は赤道と同じ直径の偏中心円で作図されているため、春分点と秋分点が $180^\circ$ に正対していないので、正対するような偏中心円に補正する必要があるとしている。これは図1のように、星図に描かれた赤道と黄道の交点の読み取り値では正しい年代推定はできず、補正( $\theta$ )が必要なることを意味する。また、宮島一彦[22,p.52]では、南宋時代の『蘇州天文図』<sup>6</sup>の黄道円の中心となる冬至点を基準( $270^\circ$ )として各距星の位置を求め、それにより年代の推定を行っている<sup>7</sup>。その結果28距星の平均として328.2年、誤差の大きい2星を除いた平均353.5年を得た<sup>8</sup>。宮島一彦[22,p.49]ではこの年代について、中国「南北朝前半の冬至点の位置に対応しているが、単に作図の誤差(約 $10^\circ$ )」とも考えられる<sup>9</sup>。これにより、宋代の『蘇州天文図』に、300年代の星図と同じ黄道円が描かれている可能性があることになる。なお、図から分かるように、補正しても中間点である冬至の位置やその推定年は変わらない。

筆者は『格子月進図』に加え、『蘇州天文図』と晩唐の星図が原図と推定した李氏朝鮮の『天象列次分野之図』<sup>10</sup>の春分秋分点の位置を測定しその年代を推定した。表1が星図から読み取った値とそれを補正した年代推定結果である<sup>11</sup>。例えば『蘇州天文図』では奎宿経線から $3.6$ 度に春分点があり、角宿経線から $5.4$ 度に秋分点がある。また、春分点から秋分点までの角度は $168.2$ 度であり正対していない。これを補正するため、 $180$ 度との差分 $11.8$ 度の半分である $5.9$ 度( $\theta$ )を春分点には加え、秋分点からは引いた結果が補正後の春分秋分点の位置である。この位置をもとに年代を推定した結果、春分点が奎宿( $\zeta$  And) $9.5$ 度となるのが331年、角宿( $\alpha$  Vir) $-0.5$ 度となるのが386年、平均して359年となった。これは前述の宮島一彦[22]の推定年(353.5年)とほぼ同じ結果である。

同様に『天象列次分野之図』も春分秋分点が『蘇州天文図』とほぼ同じ位置にあり、推定年は春分点が363年、秋分点が370年、平均で367年となった。年代の大きく異なる星図の黄道円が偶然一致する可能性は少なく、単に製作時の誤差とは言えないことになる。

図1 春分秋分点の補正のイメージ



方形図の『格子月進図』には星図の右端と左端に2つの秋分点がある。左の秋分点では春分点との間隔が180度を越えるので誤写と判断した。右の秋分点も正対していないことから『格子月進図』の黄道線は、円図に描かれていた黄道円を方形図に写したことになる。同様に補正した場合、推定年は、春分点が347年、秋分点が307年、平均で327年となった。『格子月進図』にも300年代の星図と同じ黄道線が描かれていることになる。

念のため『キトラ天文図』も黄道を左右に反転して測定したところ、春分点が奎宿3.7度、秋分点が角宿19.6度(亢宿)、間隔が163.2度となった。春分点はほぼ同じであるが、秋分点はずれが大きく、天文図の誤差が大きいため年代推定は意味が無いと判断した。

表1の結果により、唐代の星図に描かれていた黄道円は平均で350年頃の推定年を示しており、『蘇州天文図』もその黄道円を継承していたことになる。竹迫忍[11, pp.8-9]での距星の宿広度と赤緯を用いた最小二乗法による検証では、『蘇州天文図』の星の位置は宋代に観測されたことが明確である。宋代の星図製作者は観測データによる星図の上に、手本にした唐代の星図にある黄道を星図の一つの枠として同じ仕様で描いた可能性が高い<sup>12</sup>。なお、補正後の春分点と秋分点一致していないのは描画/読み取り等の誤差による。

表1 古代星図の春分秋分読み取り値と推定年計算結果(角度は西洋度)

星図	春分点	秋分点	間隔 (度)	補正分 (度)	補正後春分点		補正後秋分点		平均 推定年
	奎宿	角宿			奎宿	推定年	角宿	推定年	
蘇州天文図	3.6	5.4	168.2	5.9	9.5	331	-0.5	386	359
天象列次分野之図	3.7	5.1	169.2	5.4	9.1	363	-0.3	370	367
格子月進図(右秋分)	5.9	3.9	173.1	3.4	9.3	347	0.5	307	327
格子月進図(左秋分)	5.9	-7.9	184.9	-	(誤写と推定)				
キトラ天文図(反転)	3.7	19.6	163.2	-	(誤差大のため推定せず)				

### 3. 12次による年代推定

『格子月進図』では12次の星紀の経線が斗宿経線から東に7度に描かれており、星紀の区間(31度)の半分15.5度を加えると、星紀の中心である冬至の位置は斗宿経線から22.5度の位置になる。大崎正次[3, pp.263-271]は斗宿距星( $\phi$  Sgr)から22.5度の位置が冬至の赤経270度になるのは-162年と推算した。同様にほかの節気も比較し『格子月進図』の12次の年代を-189±21年と推定した。さらに、星の赤緯の位置から最小二乗法で求めた元期を500±50年と推定した。この結果から、『格子月進図』は2つの年代を1つの図の中にもつ、現代から見るとまことに奇妙な、あきれた星図と評した。しかし、星図の作者が2つの元期をもとに一つの星図を製作することはないので整合する理由があるはずである。

12次を詳細に検討するため、大崎正次[3, p.263]の暦法の暦数(冬至の位置)にさらに4つ

の暦法(乾象暦、大明暦、興和暦、大象暦)を追加しまとめたものを表2に示す。表2の欄は右から暦法名、暦の修成年代(中国天文学史整理研究小組[26,pp.253-254]による)、暦法記載の冬至の斗宿距星からの位置、西洋度表示(360/365.25倍)、暦法修成年での斗宿距星の位置、距星と冬至(270度)との差(斗宿度)、暦法記載値との誤差、大崎正次[3,p.263]に記載の誤差が0となる対応年である。

表2の暦法の値と計算値(真値)を年代順にグラフにしたものが図2である。この図では各暦法の冬至の位置は歳差により斗宿度が減少するが、計算値との誤差が少ないのは400年代の元嘉暦(443)以降である。歳差の中国での発見は4世紀の東晋の虞喜とされるが、暦法に導入されたのは祖冲之の大明暦(463)が最初でありそれ以前の暦に歳差の考慮はない。四角で囲んだ四分暦(施行期間85~263)、乾象暦(223~280)、景初暦(237~451)は21度から22度ではほぼ同じ値なので、実測無しに『石氏星経』(冬至:斗宿21度)の定数を踏襲した可能性が高い<sup>13</sup>。1度の違いは1日の冬至のズレになるが気づかなかったとみられる。

『格子月進図』の斗宿22.5度は星図から読み取った値であるが、星図の12次は等間隔ではなく、赤道の全周も暦法の約365.25度より大きい366度なので、参照した暦法の暦数通りではない。したがって、『格子月進図』の12次の暦数は景初暦などの暦数と同等と見て良い。これにより、12次による『格子月進図』の原図の推定年代としては、後漢から451年までとなる。景初暦は東晋(317~420)でも施行されており、『格子月進図』の12次の推定年代も春分秋分点や星の位置から推定した年代と整合したことになる。

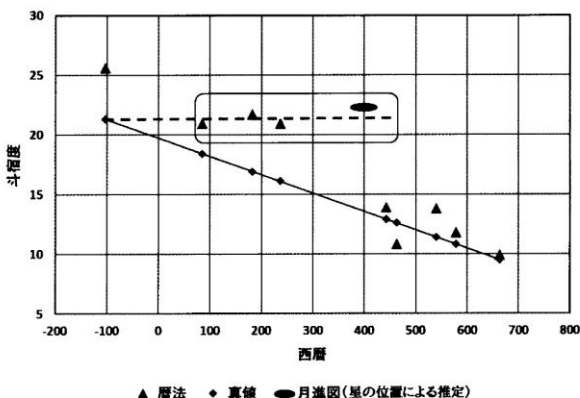
表2 歴代暦法の冬至の記載宿度の検証

暦法	暦法記載の値			計算値 (270° との差)			大崎計算 対応年	『歴代天文律曆等 志彙編』[25](以下 彙編と略す)記載項
	暦修成 年代	冬至の 斗宿度**	西洋度 (A)	斗距星 赤経	斗宿度 (B)	誤差 (A-B)		
太初暦	-103	26(牛初)	25.6	248.7	21.3	4.3	-450	5冊 p.1431
四分暦	85	21.25*	20.9	251.6	18.4	2.5	-70	5冊 p.1518
乾象暦	182頃	22	21.7	253.1	16.9	4.8		5冊 p.1580
景初暦	237	21少	20.9	253.9	16.1	4.9	-80	5冊 p.1632
元嘉暦	443	14強	13.9	257.1	12.9	1.0	377	6冊 p.1735
大明暦	463	11	10.8	257.4	12.6	-1.8		6冊 p.1743
興和暦	540	14	13.8	258.6	11.4	2.4		6冊 p.1843
大象暦	579	12	11.8	259.2	10.8	1.0		6冊 p.1892
麟徳暦	664	10	9.9	260.5	9.5	0.4	639	7冊 p.2199
月進図	-	22.5	22.2	247.8	22.2	0.0	-162	

注：\* 大崎正次[3,p.263]は21度としている。

\*\*中国度。太陽の1日の動きを1度としているため、一周が約365.25度となる。

図2 年代による暦法の冬至の位置(斗宿度/赤経)の変化



▲ 暦法 ◆ 真値 ● 月進図(星の位置による推定)

#### 4. 他の唐代星図の12次の検証

1900年に敦煌・莫高窟から発見された文書に含まれる星図『敦煌天文図』（野尻抱影 [20, pp.192-194]を参照）は、竹迫忍[9]で原因は800年頃の星図と推定した。『敦煌天文図』は北天の円形図と中緯度の方角図を月別に12次で分けた図で構成されている。例として星紀の11月の部分には『自斗十二度至女七度、於辰在丑、為星(記)[紀]者言[其]統(己)[紀]万物[十二月位万物]之[所]終[始]、故曰星(記)[紀也]吳越之分野』( ()は削除、[]は追記、唐開元占経[29]64巻で補う)とあり、誤字脱字が多く、後代に原本から雑に速写された絵図である。12次の値は『晋書天文志』や『乙巳占』の分野説<sup>14</sup>の範囲とほぼ同じであるが「鶉尾」の初度が違い、『唐開元占経』と同じ張宿18度であり『唐開元占経』を参照したと考えられる。星紀の中間点はほぼ牛宿初度となり太初暦と同じとなる。『敦煌天文図』は分野説での12次であり、節気による12次の範囲とは唐代で約15°程度のずれがある。

『天象列次分野之図』の12次は石刻星図の碑文に「十二国分野及星宿分度」として「星紀」は[自斗十二度至須女七度]とあり『敦煌天文図』とほぼ同じ『晋書天文志』の分野説の値が記されている。星図では外枠の円環が12に分かれ「星紀」には「磨羯宮(丑)吳之分」とあり、西洋の12宮と統合されている。「星紀」の範囲を「磨羯宮」と同等にみる区分は日本に残る宿曜経のホロスコープ『宿曜経命勘録』（藪内清[23, p.373]参照)と同様であるが、『天象列次分野之図』の12宮の漢字名は回回暦法(1384)と同じなので、円環も伝来当初のままではない。「斗12度から女宿7度」が「磨羯宮」の範囲(270~300°)に重なってい

たのは、赤経で見ても513年から631年までであるが、占星術に利用された符天暦が編纂された780年頃でもずれば2度程度であるので、統合された年代の確定はできない。

このように、唐代の星図を原図とする『敦煌天文図』と『天象列次分野之図』の12次は分野説にもとづいている。また、『蘇州天文図』の12次も分野説での区分である。したがって、星図に描かれる12次は、唐代において暦法の節気から分野説に進化したと考えられる。その意味でも、暦法の節気による12次が唯一描かれた『格子月進図』は、古代の星図を伝える他に例のない最古の星図となる。

### 5. 28宿距星の赤緯と赤経を用いた年代推定

中村士[16]は『キトラ天文図』の年代推定に、28宿距星の赤緯( $\delta$ )と赤経( $\alpha$ )の観測誤差から起きるずれをブートストラップ法<sup>15</sup>で統計的に推定する『二十八宿ブートストラップ法』と名付けた推定法を提案した。この場合の28宿の誤差( $\Delta L$ )は次の式で表される。

$$\Delta L = \Sigma \text{root}((\delta_0 - \delta_c)^2 + (\alpha_0 - \alpha_c)^2 \cos^2 \delta_c) \text{-----} (1)$$

ここでは、この方法を用いて星図に描かれた距星の推定年を確認する。

赤緯と赤経(もしくは、黄緯と黄経)を年代推定に用いるのは、西洋の古代星表の推定に用いられる方法である。古代中国の天文学では、星の位置を天極からの角度(去極度)と赤道付近の28の星宿(星座)にある明るい星(距星)からの角度(宿度)で表示している。宿度は距星との相対角度なので、歳差が相殺され、その影響が非常に小さいという利点がある。距星と距星の間の角度を宿広度とよび、28星宿の宿広度が決められているが、変化が少ないので漢代から唐の一行の時代まで変更されていない。したがって、年代推定に赤経を用いる場合には、28星宿距星の宿広度から赤経を推定する方法が重要となる。

中村士[16,p.201]で提案されている方法は、年代推定を行う28宿距星の各宿広度と去極度のデータがあった場合に、最初の星宿である角宿距星の位置を赤経0度(赤経誤差0と理解した)とし、各距星の赤経を宿広度から決め、(1)式により $\Delta L$ が最小となる年(year\_0)をもとめる。次に隣の星宿である亢宿距星の位置を赤経0度として、同様に $\Delta L$ が最小となる年(year\_1)をもとめる。これを続け、28宿距星のそれぞれを原点とした計算が終わった時点でyear\_0からyear\_27の平均を星図の推定中心年とし、各距星での計算年の推定中心年からの振れから、標準偏差(未確定年幅)を計算する方法である。さらに、ブートストラップ法でシミュレーションを行い信頼度90%の未確定年幅をもとめている。

中村士[16,pp.197-202]ではこの方法でキトラ天文図から推定年と未確定年幅をもとめBC81年 $\pm$ 122年(標準偏差、25距星)とした。さらに、ブートストラップ法のシミュレーションでは未確定年幅が約1/3の約 $\pm$ 40年(信頼度90%区間)となったとしている。母集団の分

散( $\sigma$ )と同じとした場合の正規分布での90%信頼区間と標準偏差の関係は式(2)で表されるが、ブートストラップ法を用いたシミュレーション結果も式(2)に一致する。

$$[90\% \text{信頼区間}] = \pm \text{標準偏差}(\sigma) \times (1.64/\text{root}(25 \text{星})) = \pm \text{標準偏差}(\sigma)/3.05 \text{ ----- (2)}$$

この推定法と去極度を用いた推定法を比較するために、竹迫忍[11]と同様の方法でシミュレーションをおこなった。評価したケースは2つあり、case 1は西洋の星表のように赤経が明確な場合、case 2は原点(赤経=0)を28宿距星で移動し推定する方法である。

Case 1の場合は各距星の赤経と赤緯にそれぞれ最大誤差を決めたランダム(一様分布)な誤差を加えた場合に、式(1)が最低となる年の基準年からの振れをもとめる方法で行った。まず基準年で500回試行しその基準年からの振れの標準偏差を求めた。さらに、基準年を-100年から1800年まで100年おきに移動し20回分の平均を求めた。Case 2の場合は各距星を赤経0度とし、式(1)が最低となる年を求め、その28回の結果の平均を求めることを1セットとした。そしてcase 1と同様に基準年で500セット繰り返し、その500回の結果から標準偏差を求めた。他は同様である。計算量としてはcase 1の28倍となる。

表3がそのシミュレーション結果である。去極度法と宿広度法は比較のために、竹迫忍[11,p.4]の結果を掲載した。未確定年幅は $\sigma$ (標準偏差)としている。同じ残差で比較した場合、赤緯/赤経法(case 1)の場合は去極度法と比べて未確定年幅( $\sigma$ )が大きく(約1/3.5)改善している。赤緯/推定赤経法(case 2)の場合は約4割改善しているようである。

中村士[16,p.203]のシミュレーション結果では正規分布の誤差を加えたときの不確定年幅(標準偏差)を、0.75度:33年(柳宿の誤入力値を修正)、1.0度:62年、1.5度:97年としているので、赤緯と赤経で2倍の残差と考えれば、ほぼ同じ結果と考えられる。

表3 28宿距星の残差と推定年幅( $\sigma$ :標準偏差)のシミュレーション結果<sup>16</sup>

観測誤差 (°)	去極度法		宿広度法		赤緯/赤経法 (Case 1)		赤緯/推定赤経法 (Case 2)	
	$\sigma$ (年)	残差(°)	$\sigma$ (年)	残差(°)	$\sigma$ (年)	残差(°)	$\sigma$ (年)	残差(°)
0.00	4.8	0.14	77.4	0.39	3.1	0.31	5.0	0.24
0.25	9.7	0.20	97.5	0.45	4.2	0.37	9.5	0.34
0.50	15.5	0.32	132.2	0.57	5.4	0.51	15.0	0.53
1.00	28.4	0.59	206.4	0.91	8.5	0.87	27.7	0.98
2.00	55.6	1.16	381.3	1.68	15.8	1.64	54.3	1.92
4.00	110.6	2.30	782.6	3.28	31.0	3.24	107.4	3.82
8.00	220.9	4.60	-	-	61.6	6.45	196.9	7.62



表4に各年代推定方法を用いた古代星図の推定年をしめす。去極度と宿広度による推定は竹迫忍[11]の結果を掲載した。赤緯/推定赤経の計算に用いたデータも竹迫忍[11]と同じデータである。これを見ると、『格子月進図』と『天象列次分野之図』は本稿の春分秋分点の推定年とほぼ同じ年代となっており、原因が晋代の星図であることがより明確になっている。また、『キトラ天文図』については、竹迫忍[11,p.19]注17に記載したように誤差の大きい3距星の去極度を修正しているが、400年代となり原図の唐代の星図と同じ晋代に近い。宋代の2星図も観測年とされる1080年代を含み、『蘇頌星図』では中心年となっている。未確定年幅についてはおおむね2/3前後に改善しているが、『格子月進図』のような誤差の少ない星図は、赤経推定法により若干悪化する場合もあるようだ。

この方法は赤緯と宿広度を組み合わせた推定法であり、誤差を多く含む星図の年代推定に効果が期待される。宿広度から赤経の推定法によってはさらに改善が期待される。

表4 それぞれの推定法による古代星図の推定年<sup>17</sup>

星図	去極度法			宿広度法			赤緯/推定赤経法		
	中心年	$\sigma$ (年)	残差(°)	中心年	$\sigma$ (年)	残差(°)	中心年	$\sigma$ (年)	残差(°)
格子月進図	417	57.7	1.2	464	168.5	0.8	336	62.5	2.33
天象列次分野之図	472	182.8	3.8	-18	459.9	2.0	375	118.8	4.49
キトラ天文図	549	268.4	5.6	-732	708.7	3.0	445	191.5	7.29
蘇州天文図	1108	114.9	2.4	1018	501.7	2.2	1124	88.6	3.33
蘇頌星図	1087	149.1	3.1	947	95.2	0.4	1080	83.8	3.15

注：90%信頼区間＝標準偏差( $\sigma$ ) $\times$ (1.64/root(28星))＝標準偏差( $\sigma$ )/3.23

赤緯/推定赤経の $\sigma$ は表4のシミュレーション結果による。 $\sigma$ (年) $=26.0\times$ 残差 $+2.0$ 。

## 6. 星図に描かれた北極星

『格子月進図』、『天象列次分野之図』、『蘇州天文図』ではそれぞれの天極付近に北極星が描かれている。距星の位置による年代推定では最初の2星図が400年頃、後者が1100年頃なので700年の差がある。天極付近は特に歳差の影響が大きく、星図から同定すると最初の2星図の北極星はHR4852(6.3等)であり、後者はHR4893(5.3等)である。『宋史』天文志[25,第三冊,p.820]では旧極星を紐星と呼び天極から4.5度のところにあるとしている。これはHR4852の1100年頃の位置に一致する。HR4852は350年頃には北極点から約0.2°にあり『格子月進図』や『天象列次分野之図』の春分秋分点の年代推定とも整合する。方位測量や渾天儀の設置などに用いられた北極星は隋代にはすでにHR4852からHR4893に交代

していたが、星図では唐代でも原図にあるHR4852のまま描かれていたことになる。北極星の同定については竹迫忍[12]を参照。

### 7. 唐代の星図のもととなった原図の年代推定のまとめ

表5はこれまで筆者が行った星図の年代推定をまとめたものである。表5から推定すると、これらの星図のもとになった原図は300年代から400年代初頭までに当時の観測データをもとに製作されたことになる。王朝としては東晋(317-420)の可能性が高い。その星図を原図として初唐に製作された星図が『格子月進図』である。宋代においては改めて星の観測が行われ、『蘇州天文図』では星の位置は最新だが、黄道(春分秋分点)は手本にした唐代の星図のまま描かれたことになる。竹迫忍[10,p.20]図8に掲載した中国星図の想定系統図の前半の中国古代星図の部分を増補改定した想定系統図を図3に示す。星図は単独で語られることが多いが、系統として捉えることにより正確な年代推定に近づくことになる。中村士[16,p.210]は『キトラ天文図』や『天象列次分野之図』の二十八宿データの原典はおそらく『石氏星経』とするが、唐代の星図に漢代(BC70前後)まで遡る痕跡はない。

表5 星図の年代推定のまとめ

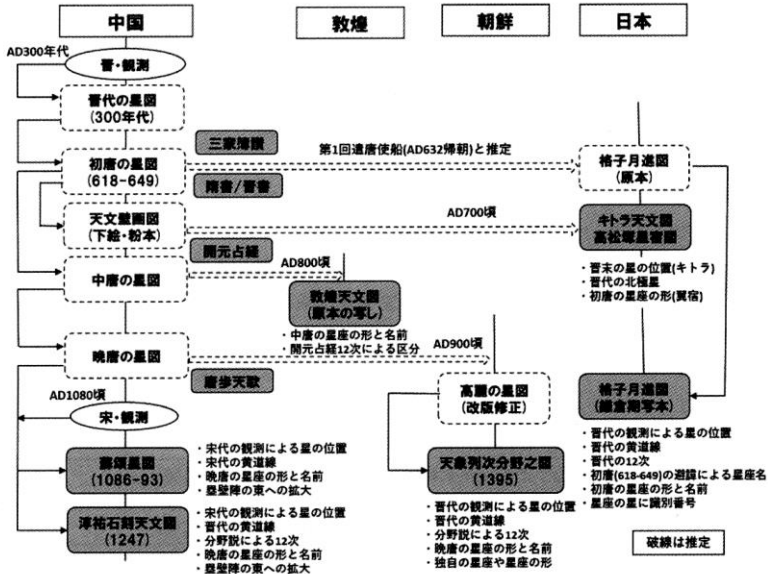
星図	星座名と形による 原図の推定年	星表観測年(残差) (赤緯/推定赤経) [90%信頼区間]	星図 春分/ 秋分点	星図 12次 (節気)	北極星
蘇州天文図	南宋(1247年)	1124±27(3.3°)	359	(分野説)	HR4893
天象列次分野之図	晩唐(900頃)	375±37(4.5°)	367	(分野説)	HR4852
敦煌天文図	中唐(800頃)	—	—	(分野説)	HR4852
キトラ天文図	(700年頃)	445±59(7.3°)	—	—	HR4852
高松塚古墳星宿図	(700年頃)	—	—	—	HR4852
格子月進図	初唐(618-649)	336±19(2.3°)	327	451以前	HR4852
備考(参照元)	竹迫忍[9]	表4	表1	図2	竹迫忍[12]

### 8. 『格子月進図』年代推定の先行研究の検証

これまでに行われた『格子月進図』の年代推定の内容を表6にまとめた。

井本進[1]による春分点の年代推定(1100年)は前述の通り誤りである。また、井本進[2,pp.291-292]では『格子月進図』の宿広度(星宿距星間の角度)を一行の大衍暦と比較し、一行の値を若干修正したものと推定している。この推定に基づき、一行等が製作した星図を吉備真備が持ち帰り(735)、その後日本で改変されたものと推定した。しかし、大衍暦の宿広度は363±42.9年[90%信頼区間]頃の測定値(竹迫忍[11,p.12]参照)であり、一行より約400年も前である。よって、『格子月進図』と一行や吉備真備に関係性はない。

図3 中国古代星図推定系統図



渡辺敏夫[24,pp.762-764]も井本進[2]と同様に一行の大衍曆の宿広度をもとに推定しており推定の「一行の測定(720)以降」は「300年代以降」に遡ることになる。また春分点の推定に3星の奎宿距星候補をあげているが、古代では距星は変化しておらず、一行の奎宿距星もζ Andが正しい。η Andは清代以降である。なお、分点の補正はされていない。

大崎正次[3]は星宿広度については古測踏襲として評価していない。12次については前述のように距星の位置により推定したが誤りだった。また、最小二乗法による赤緯の推定年が筆者と違うのは、星図の読み取り方法と3距星の同定が違うからである。『格子月進図』は全周366度で描かれているので、赤道は去極度91.5度となるが、星図の描画法を考慮しすぎて91.0度で去極度を読んでいる<sup>18</sup>。竹迫忍[11,p.19]注15参照。

中村士[17,p.164]は大明曆を編纂した祖沖之(429-500)の時代に重なり、彼が二十八宿を観測したか、歳差を計算で補正して星図を作り、後世に日本に伝来した可能性はあるとした。また、中村士[17,p.163]は去極度の不確定年幅が他星図と比べ不正確であるとして「内

容的にはキトラ星図のレベルと大差ないことが判明したことになる」とし、その原因を『格子月進図』の格子間隔不揃いとフリーハンドによる星座の描き方としている。さらに、21個の距星のデータしか読み取れず、格子の見えない箇所は定規を用いたとするが、筆者の場合には5°毎に格子を上書きして濃くし約1500星全てを読むことができた。表6の中村士[17]の去極度残差2.1°と他2者の残差約1.2°との差は、同定誤りを含む星図の読み取り誤差である。また、去極度法の不確定年幅を比較すると約3倍(90/(18x(2.1/1.2)))である。逆に宿広度は約1/3(20/52)なので計算過程にも問題があると思われる。また、表5で『キトラ天文図』の残差は『格子月進図』の3倍であり、比較するレベルではない。『格子月進図』で晋代の精度が保持されているのは、格子による値の伝達がされているからである<sup>19</sup>。値は格子の目盛りで読むので、格子間隔の不揃いは読み取り値の精度に影響しないし、逆にフリーハンドで描くのなら、約2~3mm間隔の格子線を五百本近く引く必要はない。また古代星図では唯一星々に識別用の番号があり、当初は星表も付属していたと思われる<sup>20</sup>。

表6 研究者による『格子月進図』原本の推定年の比較

	春分秋分点	12次	最小二乗法				『格子月進図』 原本の制作推定年
			去極度		宿広度	赤緯/赤経	
			距星	星図全体	距星	距星	
井本進 [1]及び [2]	1100	-	-	-	一行(720)以降 (宿度比較)	-	一行等が作成した星図を吉備真備が持ち帰り(735)、日本で改変された。
渡辺敏夫 [24]	δ And(814) ε And(653) η And(466)	-	-	-	一行(720)以降 (宿度比較)	-	一行の測定(720)以降、1215年までに書かれた。
大崎正次 [3]	白道とする	-189 ±21年	319±58年 [標準偏差、 残差1.22°]	481±38年 (163星) [標準偏差、 残差1.84°]	評価せず	-	東晋末から六朝宋代の初期。元嘉暦や大明暦あたりを背景にもった星図。
中村士 [17]	-	-	545±90年 (21星) [信頼度90%、 残差2.1°]	-	485±20年 (28宿) [信頼度90%、 残差0.8°]	-	祖沖之(大明暦)の制作した星図が後世日本に伝来した可能性。
竹迫忍 [11] 及び本稿	327	451以前の 景初暦等の 暦法による	417±58年 [標準偏差] 417±18年 [信頼度90%] [残差1.21°]	397±23年 (1346星) [標準偏差、 残差3.12°]	464±52年 (28宿) [信頼度90%、 残差0.76°]	336±19年 (28星) [信頼度90%、 残差2.33°]	東晋の原星図をもとに、初唐に星座名を修正して描かれた最古の星図。

### 9. 古代星図の製作法とその継承

表4にまとめたように、唐代の星図はそのもととなった原図が、400年頃に制作されたことを推定できるほどの情報を保持している。ここではその理由を考察する。

星図は、分野説での12次に区分された『敦煌天文図』のように、占星術との関係も深い。

しかし、当初の目的は、『格子月進図』のような方形図は主に赤道や黄道付近で起きる月や惑星現象の観察用、『天象列次分野之図』のような円形図は天の北極付近を通過することもある彗星の観測用だったと考えられる。そのために、観測で求めた基準となる星の位置をできるだけ正確に描いた星図が必要だった。

方形星図である『格子月進図』の大きさを正確に測定した記録はないが、具注暦と同等の巻物とすれば、用紙の大きさは縦が約30cm、図はその8割として約24cmとなる。これに内規(去極度35度)から外規(去極度148度)までの星が描かれている。格子線は1度ごとなので、その間隔は約2mmとなる。経度方向は366度なので星図の横の長さは約73cmとなる。この1度ごとの格子により、製作時の書き込みや、読み出し時の誤差が1度以内におさまることになる。鎌倉時代に書写した安部泰世も、格子線を引き書写したので精度が保たれた。

現存する円形の星図には格子はないが、最初の星図の下絵には格子があったと思われる。千葉市立郷土博物館[15]によれば、円形の星図の外規の大きさは、『天象列次分野之図』が73.5cm、『蘇州天文図』が91.5cm、明代の『江蘇常熟天文図』が70.8cm。また『キトラ天文図』は奈良文化財研究所[19]によれば60.6cmであるが、尾宿(赤緯約-40度)の範囲までしか描かれていない。これを、本来の外規(赤緯-55度)に補正すれば約67.6cmとなる。これらの星図の大きさから、円形星図の原図の直径は70cm程度だったと考えられる。これから、外規における1度の赤経線の間隔を計算すると約6mm。また、赤緯線の1度の間隔は約2.4mmとなる。したがって、円形星図の下絵には、方形星図と同程度の大きさの格子が、描かれていたと思われる。この下絵に星を描き、針により紙に印を付けて原図が描かれたのだらう。書写の場合も、針を用いて行われ、その精度が保たれたと考えられる。

## 10. まとめ

唐宋代の星図の春分秋分点の年代推定により、300年代の春分秋分点(黄道線)が唐代から宋代の星図に継承されていることが判明した。また、初唐の星図である『格子月進図』の12次は400年代初めまで用いられた景初暦の暦数に整合していた。竹迫忍[11]では唐代に描かれた星図は400年頃に観測した星表で描かれていることを明らかにしたが、これらの結果はそれをさらに裏付けるものである。これらのことから、東晋(317~420)の時代に観測にもとづく星図が製作され、宋代初めまでそれが継承されていたと推定できる。

初唐に描かれ、すぐに最新の星図として日本に渡来し、改変されていないと推定される『格子月進図』は、東晋の時代に描かれた原星図をもっとも忠実に伝えていると考えられる<sup>21</sup>。写本が焼失したことは残念であるが、写真データが残っている以上その価値は変わらない。また、図3のように、初唐の星図は『キトラ天文図』の直接の原図でもある。

## 注

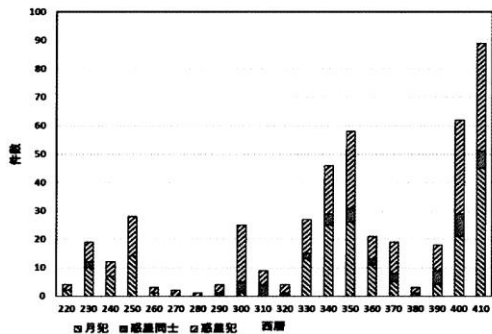
- 1) 中村士[18,p.177]は「図の添え書きには、陰陽頭にもなった安倍泰世が安倍家に昔から伝わった資料を参考に1320年頃に制作したと説明されている」とするが、『格子月進図』の泰世奥書には「以家本寫之」とあり、泰世は所蔵の原本を書写したにすぎない。また、安倍泰俊が建保3(1215)年に書写した『石氏簿讀』の奥書には『格子月(進)図』の名がすで見える。大東文化大学東洋研究所[14,p.56]参照。
- 2) 避諱とは、皇帝の諱の使用を忌避する慣習である。『格子月進図』では、唐高祖・李淵(在位:618~626)の祖父・李虎の諱がある星座虎賁が武賁に、高祖の諱がある星座天淵が天泉に代えられている。また、太宗・李世民(在位:626~649)の諱の世民は貞觀23(649)年6月に避諱の対象とされたが、右民角と左民角という星名はある。これにより、『格子月進図』の原本の作成年代は618年から649年迄となる。また、太宗期に編纂された『晉書』や『隋書』でも虎賁が武賁に、天淵が天池に代えられている。
- 3) 北極星による方位測量法などともに、星図『格子月進図』を含む天文技術は舒明朝の第一回遣唐使船(632帰朝)等で伝来した可能性が高い。竹迫忍[13]を参照。
- 4) 中国天文学の12次は西洋の12宮と同じく全天を12に分割するものである。古代中国での12次は木星の位置で年の目安や、太陽の位置で季節(節気)の目安などに使われたとされる。12次の名称は冬至が中間点にある星紀から太陽の動きに合わせて東へ玄枵、蠋嘗、降婁、大梁、実沈、鶉首、鶉火、鶉尾、寿星、大火、析木と続く。また、12次と同じ区分で12支が逆方向に配当されており、星紀に対応する12支は丑である。例えば漢の太初曆(BC104修成)では冬至(星紀の中間点)が牛宿の初度とされた。しかし、牛宿の距星( $\beta$  Cap)が赤経270度(冬至)にあるのは表2のようにBC450年頃であり約 $4.3^\circ$ の誤差があった。
- 5) 正しくは、春分点奎宿5.9度(620)、秋分点角宿3.9度(39)で平均330年。この誤った推定をもとに『別冊太陽』73号(1991)p.39では「西暦1100年ごろに作成された日本最古の星図」としている。なお、この雑誌には奎宿付近を除く『格子月進図』の写真も掲載されている。分点の推定年は星表BSC v.5[30]にもとづき、距星と分点との間隔が同じになる年で求めた。歳差の計算法はJ. Meeus [31,p.134]による。
- 6) 『蘇州天文図』は北宋の黄裳が作成した星図(1190頃)をもとに王致遠が淳祐7(1247)年に石刻した星図である。正式には「淳祐石刻天文図」とも呼ばれる。星図は奈良文化財研究所[19]PL.6を参照した。なお、同時代の『新儀象法要』所収の『蘇頌星図』は北宋の蘇頌が作成した星図で、春分点は奎宿-2度にある。
- 7) 藪内清[23,p.124]は春分点を奎3度、秋分点を角5度付近とし、ほぼ900年という年代が得られ、2、3度の誤差とした。しかし、実際は奎3度が851年、角5度が-48年で平均402年となり、春分点の結果は誤りとみなしていた。なお、宮島一彦[22,p.52]は角宿の宿度を逆にとった(その場合740)という見方をしている。
- 8) 竹迫忍[11,pp.8-9]では『蘇州天文図』の去極度をもとに最小二乗法でもとめた推定年代として $1108 \pm 36$ 年[90%の確率区間]とした。宮島一彦[22,p.52]の推定年代が古いのは、黄道円の位置から距星の赤経を求めて推定しているためである。
- 9) 黄道円を描く手順を考えると10度のずれの可能性は低い。黄道円の中心点は、図1のように、天極(円図の中心)を中心に黄道の傾き約23度を半径とした円上にある。その円と冬至の経線が交わる点が黄道円の中心点と

なる。冬至の位置は図2に示すように500年代以降の暦法ではほぼ正確に捉えられており、1100年頃の冬至は斗宿2.7度にある。しかし、『蘇州天文図』の黄道円の中心点は斗宿経線から13.5度(赤緯は67度)にある。斗宿2.7度をもとに冬至の経線を引いたのであれば、この10度のずれが起きる可能性はほぼない。

- 10) 『天象列次分野之図』は李氏朝鮮の初期(1395)に製作された石刻星図。碑文には高句麗滅亡時(668)に失われた石刻星図の拓本が突然現れ、それをもとに復刻したと刻まれている。星図は奈良文化財研究所[19] PL.7を参照した。竹迫忍[9]では、原図は900年頃の晩唐の星図と推定した。竹迫忍[11,pp.14-15]では、星図のもととなる星表は『格子月進図』と同様に400年頃に観測されたと推定した。
- 11) 星図からの位置の読み取りは竹迫忍[11]と同じ方法で行い、『蘇州天文図』と『天象列次分野之図』は星図の写真をPCスクリーン上に映し、マウスでクリックすることで位置を読み取った。『格子月進図』は写真(国立天文台蔵)の複写図の目盛りを数えて位置を測定した。また『格子月進図』の宿広度は星図に記載の値を使用した。

- 12) 宮島一彦[22,p.53]も4世紀ごろに作られた図をベースに作成した可能性を指摘しているが、4世紀頃体系的な恒星の観測が行われたという記録は無いとする。そこで、齋藤国治/小沢賢二[6]による『晋書』の星犯(月や惑星の恒星への接近)の記録件数を年代毎にまとめたのが図4である。この図によると記録件数には350年代と410年代の2つのピークがある。齋藤国治/小沢賢二[6,pp.150-184]によると記録の

図4 晋書に載る星犯の天文記録の件数(10年毎)



的中率(再現率)も8割以上と非常に高い。咸和5(330)年には東晋の虞喜が歳差を発見しているが、その頃から記録件数も増加しており、観測用星図も作られていたと考えられる。正に正確な月進図が必要な時代だった。また、『隋書』天文志には、「三国時、呉太史令陳卓、始列甘氏・石氏・巫咸三家星官、著於図録」([25,第二冊,p.542])とあり、三国時代(184-280)に呉太史令・陳卓が3家(甘氏・石氏・巫咸)の星官(星座)をまとめ図録を著したとある。晋代の星図は陳卓の製作した星図を継承するものだろう。

- 13) 藪内清[23,pp.52-53]は、續漢書律曆志([25,第五冊,p.1481])に『石氏星経』での冬至の位置を斗の21度と解釈できる記述があり、観測も正確ではなく歳差の知識の無い時代には権威の値とされたのではないかとしている。またこの記述より『石氏星経』の年代を斗宿21度が270度になるBC70年頃と推定している。なお、潘鼎[27,p.83]にも図2と同様の図がありBC70年頃からAD400年代まで冬至の暦数に斗宿21度から22度の値が使われていることがわかる。
- 14) 小島祐馬[5,p.55]は「分野説とは天上の星を地上の或る区域に配当し、若しくは天を幾つかの部分に分割して

之を地上の或る区域に配当し、各々其の相応ずる天と地の間に密接不離の関係を認める説である」とし、中国古代の古星術の基礎的要件とする。

- 15) ブートストラップ法とは、大きさ $k$ の標本から、重複を許してランダムに大きさ $k$ の標本を再抽出し、平均や分散など母数の推定値を繰り返し求め、その分布から母数の確率分布や誤差を推定する方法とされる。
- 16) 星表はSKY2000 v.5[32]を用い、歳差の計算法はJ. Meeus [31,p.134]による。
- 17) 最小二乗法による解析では、誤差によりデータを除外することも行われるが、表4の計算ではデータの除去はしていない。例えば、中村士[17,pp.68-69]の『キトラ天文図』の赤緯の計算では、統計解析から平均的な誤差の2～3倍以上のデータは異常な外れ値として統計解析から除くのが普通として、BC100年において25星のうち誤差が5度以上のデータ8星を除き、17星での計算結果としてBC73年としている。しかし、25星での結果は871年(竹迫忍[11,p.12])である。このようにBC100年で誤差の大きいデータを多数除いたことにより推定年が約千年も移動している。正規分布の平均的な誤差を $\sigma$ とすると、 $2\sigma$ を外れるデータは約5%、 $3\sigma$ は約0.3%であるが、解析で除かれたデータは3割(8/25)もある。相馬充[8,pp.5-7]は距星を赤道付近とその南北の3つのグループに分けて、赤緯の歳差による誤差を考察し、誤差が少なくなるのは400年頃の赤道付近の9星のうち5星として、 $384 \pm 139$ 年の推定年を得ている。また、南北のグループではこのような割合で誤差が小さくなる年はないとする。したがって、BC100年で制限する理由もない。
- 18) 赤道を去極度91.5度とした場合、方形図の上辺は35度、下辺は148度となる。これは、円形図の内規と外規に相当し、これから計算される地点は北緯34.4度となり、暦法での基準地とされる陽城(現在の登封市)の緯度34.4度に一致する。『蘇州天文図』の場合、内規が33.9度と外規が34.3度となりほぼ同じである。『天象列次分野之図』の場合は内規が37.7度と外規が33.1度となり、内規が朝鮮半島に合わせて修正されているが、外規は老人星等が削られないようにほぼそのままである。中村士[17,pp.105-107]は、内規や外規の用語の起源とみられる上規や下規が『宋書』に最初に現れることを根拠に、円形図に描かれたのは5世紀後半から末頃と推定している。また、『晋書』にある「内規」「外規」は、『晋書』の編纂者である房玄齡らが唐代に考案した用語らしいとする。しかし、円形図の外円は外規であり、上記晋代の星図が原因である星図からも、300年代の晋代の原因に内規と外規は描かれていたことが推定でき、星図が描かれた当初からあったと思われる。
- 19) 中村士[17,pp.165-166]は格子星図の起源として、宋代の石刻地図『禹跡圖』から、宋代の天文学者の沈括や『蘇州天文図』の黄裳時代に、方眼目盛りの地図が星図に応用されたと推定できるとする。しかし、安部泰世が書写した初唐の原本はその書名からも当然格子星図である。さらに、『格子月進図』は星座の形状、12次、星の観測年代等全てが初唐以前と推定され、星の描画精度からも晋代の原因が格子星図であったことを否定する根拠はない。また、『晋書』列伝の裴秀(224-271)が方格座標の「禹貢地域図」などを作ったとされており、すぐに星図にも応用されたのだろう。黄道付近に軌道のある月や惑星の観測用星図としては格子方形図が最適である。
- 20) 星座名と星番号で全天の星が識別できるシステムが晋代にできていたことになる。潘鼎[28]の図録を見て、宣教師が製作した星図以前に星番号がある星図は『格子月進図』のみである。したがって、古来の番号体系を



伝える唯一の星図である。

- 21) 後代に改変があれば、避諱による星座名の武責は虎責に、天泉は天淵に戻されていた可能性がある。例えば、『格子月進図』と見比べながら『石氏簿讀』を書写した安倍泰俊は、気づいて『石氏簿讀』原文の天淵の横に泉と朱記している。また、検証により晩唐の星図が原図と考えられる『天象列次分野之図』には高句麗時代の古さはなく、高麗時代(918~1392)の天文観測用星図が直接の原図と推定される。朴星来[21,pp.361-362]は『天象列次分野之図』石刻図の製作に関与した権近の祖父権準の高麗時代の墓の石棺の蓋には二十八星宿が描かれており、高麗時代の天文伝統が朝鮮時代に伝わったことを如実に知ることができるとしている。また、中村士[17,pp.98-102]は『天象列次分野之図』の年代推定に碑文の数値を用いているが、碑文は1395年当時の知識をもとに伝説(高句麗の星図)に合わせて編纂されたものであり、碑文の値は根拠にならない。事実、碑文の去極度に基づく推定年(BC46)は星図の推定年(472)より500年も古い。竹迫忍[11,pp.13-14]を参照。李氏朝鮮の石刻星図の作者は、もとにした高麗の星図の原図の古さが分からずに、高句麗時代の星図に見せるために、碑文に『開元占経』等にある『石氏星経』の値を刻んだのである。

#### 参考文献

- [1]井本進、続本朝星図略考、天文月報、35、6号、1942、67-69  
 [2]井本進、まぼろしの星宿図、天文月報、65、11号、1972、290-292  
 [3]大崎正次、『格子月進図』の調査報告、『中国の星座の歴史』、雄山閣出版、1987、256-282  
 [4]安部泰世(書写)、『格子月進図』、国立天文台蔵、貴重資料・広瀬秀雄文庫0100  
 [5]小島祐馬、『古代支那研究』、弘文堂、1943  
 [6]齋藤國治/小沢賢二、『中国古代の天文記録の検証』、雄山閣、1992  
 [7]佐々木英治、『格子月進図』、私家版、1983  
 [8]相馬充、キトラ古墳天文図の観測年代と観測値の推定、国立天文台報、18、2016、1-12  
 [9]竹迫忍、中国古代星図の年代推定の研究、数学史研究、228、2017、1-21  
 [10]竹迫忍、渋川春海の星図の研究、数学史研究、231、2018、1-46  
 [11]竹迫忍、最小二乗法による中国古代星図の年代推定、数学史研究、232、2019、1-22  
 [12]竹迫忍、孔子の時代からの古代北極星の変遷の研究、数学史研究、236、2020、1-25  
 [13]竹迫忍、北極星による古代の正方位測定法の復元、数学史研究、239、2021、1-22  
 [14]大東文化大学東洋研究所、『若杉家文書『三家簿讀』の研究』、大東文化大学東洋研究所、2004  
 [15]千葉市立郷土博物館、『東西の天球図』、千葉市立郷土博物館、2002

- [16]中村士、キトラ古墳星図及び関連史料の成立年の数理的再検討、科学史研究、275、2015、192-214
- [17]中村士、『古代星座を読み解く』、東京大学出版会、2018
- [18]中村士、古星図・星表の新しい年代推定法、科学史研究、294、2020、172-179
- [19]奈良文化財研究所、『キトラ古墳天文図 星座写真資料』研究報告、16、2016
- [20]野尻抱影、『星と東方美術』、恒星社厚生閣、1971
- [21]朴星来、『授時暦』受容と『七政算』の完成、朝鮮古代中世科学技術史研究、2014、347-384
- [22]宮島一彦、蘇州天文図に関する若干の検討と碑文の訳注、大阪市立科学館研究報告、29、2019、49-64
- [23]藪内清、『改定増補 中国の天文暦法』、平凡社、1990
- [24]渡辺敏夫、『近世日本天文学史<下> 観測技術史』、恒星社厚生閣、1987
- 海外文献**
- [25]中華書局編集部、『歴代天文律曆等志彙編 第2/3/5/6/7冊』、中華書局、1975/76
- [26]中国天文学史整理研究小組、『中国天文学史』、科学出版社、1981
- [27]潘鼎、『中国恒星観測史』、学林出版社、1989
- [28]潘鼎、『中国古天文図録』、上海科技教育出版社、2009
- [29]瞿曇悉達(唐)、『唐開元占経』、中国書店出版、1989
- [30] D. Hoffleit, W.H. Warren, *The Bright Star Catalogue*, 5th rev., 1991
- [31] J.Meeus, *Astronomical Algorithms*, 2nd ed. , Willmann-Bell inc., 1998
- [32] J.R. Myers, C.B. Sande, A.C. Miller, W.H. Warren Jr., D.A. Tracewell, *SKY2000 Master Catalog Ver. 5*, A&A, 516, A26, 2006

*Journal of the Japanese Society for the History of Mathematics*

Series III, Vol. 1 No. 1 (2022), 1-18

## Dating of ancient Chinese star chart which was original star chart for "grid star chart for moon observation"

TAKESAKO Shinobu

### Abstract

The dating of ancient star charts is sometimes made by using the equinoxes, which were the intersection of the equator and the ecliptic on the chart. However, correct estimation was not always performed due to various reasons. In addition, the ecliptic that is drawn in the circular chart used in the East Asian star chart is drawn with an eccentric circle with the same diameter as the equator, so it needs to be corrected. In this paper, the dating of equinoxes in three Chinese star charts were made and dated around AD350 based on the corrected equinoxes. The positions of the stars used in the Tang Dynasty star charts were observed around AD400, and dating of equinox supports that estimation. It is possible that observation-based star charts were created during the eastern Jin dynasty (317-420). The "grid star chart for moon observation"(格子月進図), which was drawn in the beginning of Tang dynasty and came to Japan as the latest star chart, is thought to directly convey many parts of the original star chart drawn in the eastern Jin dynasty.

**Key Words:** Astronomy, Ancient China, Chinese star chart, Dating, equinox