

# キトラ古墳天文図の解析

## Analysis of the celestial map in Kitora Tumulus

相馬 充 (国立天文台)

Mitsuru SÔMA

(National Astronomical Observatory of Japan)

**Abstract:** Kitora Tumulus is a small circular tomb with a diameter of about 14 meters. It is located in Asuka, Nara Prefecture in Western Japan. The tumulus is thought to have been built in the period between the end of the 7<sup>th</sup> century and the beginning of the 8<sup>th</sup> century. A celestial map was found on the ceiling of the stone chamber in the tumulus. At least 350 stars are drawn on the celestial map and they are categorized into 74 constellations or more. The celestial equator and 2 other concentric circles representing the areas of the circumpolar stars and non-circumpolar stars are shown on the map. Although the stars were not accurately located on the map in general, it was found highly probable that the positions of 5 stars near the celestial equator and 6 stars near the inner circle were correctly drawn with respect to the circles and from them the observation year and the latitude of the observation place of the original drawing of the map were obtained as  $AD\ 300 \pm 90$  and  $33^{\circ}.9 \pm 0^{\circ}.7$ , respectively. The latitude is very close to those of the old Chinese capitals Chang'an and Luoyang. For details of the analyses see the paper in the Report of the National Astronomical Observatory of Japan, Vol.18, pp.1-12 (Sôma, 2016).

### 1. はじめに

キトラ古墳石室内部の天井に描かれている天文図には350個以上の星が配され、それらを朱線で結んで少なくとも74の星座が示されている。そこには天の赤道、黄道、内規、外規も描かれており、世界最古の精緻な天文図といわれる。宮島一彦氏(同志社大学)は1998年に古墳南側の盗掘口から挿入した超小型カメラで撮影した画像から、その天文図の大まかな解析を行った。その結果、キトラ古墳天文図の内規と天の赤道の半径の比から原図の観測地の緯度として北緯38.4度を得、平壤の緯度(39.0度)に近いが、日本の飛鳥(34.5度)や中国の長安(34.2度)・洛陽(34.6度)などは該当しないとした。宮島氏は後に2004年撮影の写真を解析して、緯度の推定値を37~38度に修正した。ただし、宮島氏自信が「内規や赤道の直径にどの程度の正確さが期待できるか不明である」と述べているように、この緯度の推定値がどの程度信頼できるかは疑問である。宮島氏はまた、1998年撮影の画像から天文図の星の位置を解析し、2つの異なる方法を用いて観測年代を紀元前65年と紀元後400年代後半と求めた。この結果についても、宮島氏が用いた画像はかなり不鮮明なもので星の同定や位置に誤りがありえるし、宮島氏自信も「どれとどの星を使うかでこの値はかなり変動する」と述べているように、信頼性に疑問が残る。

キトラ古墳石室壁画の保存状態は極めて悪く、保存対策のため、2004年から2010年にかけて壁画の取り外し作業が行われた。それに先立ち、石室内部の壁と天井と床面の計6面は2004年に高精細デジタルカメラによりフォトマップ撮影が行われた。その画像によって壁画取り外し前の状況を知ることができ、天文図では、各星の位置関係等を正確に知ることができる。今回、文化庁と奈良文化財研究所の協力により、天文図のフォトマップ画像を入手することができた。本記事では、この画像により天文図上の星の位置を解析し、その図の元になった観測が行われた年代と観測地緯度を推定した結果について述べる。



図で「天狼」「土司空カ」「北落師門カ」と書いてあるもので、天狼は $\alpha$  CMa (シリウス) で、同定に間違いはないと思われるが、土司空は  $\beta$  Cet, 北落師門は  $\alpha$  PsA (フォーマルハウト) で、位置の差が大きいため、星の同定が違っている可能性がある。ただし、この2星は、この付近に他に目立つ星がないので、なぜこれらの星だけ大きく書かれたのかは謎である。

### 3. 観測年代の推定

地球上の位置を経度・緯度で表すように、天球上の星の位置は赤経・赤緯で表す。赤経は春分点と呼ばれる基準点から東向きに測り、赤緯は天の赤道を基準に南北に測り北向きを正とする。

こまを回すと首を振るように、地球の自転軸も約26,000年を周期に首振り運動をしている。この現象を歳差運動という。これによって、各星の赤経・赤緯が年とともに変わり、天の北極や天の赤道近くの星も年代とともに変化する。たとえば、現在はこぐま座 $\alpha$ 星が北極星になっているが、紀元前3,000年ごろはりゅう座 $\alpha$ 星が北極星であった。キトラ古墳天文図には各星座の星と天の赤道の位置が示されている。この位置関係が正確に描かれていれば、その図の元になった観測が行われた年代が推定できることになる。なお、キトラ古墳天文図には太陽の通り道である黄道も描かれているので、その位置が正確に描かれているなら、天の赤道と黄道の交点である春分点や秋分点の位置から年代が推定できると考えられるが、実際には黄道の位置が完全に間違っているため、それは不可能である。

キトラ古墳天文図を見ると、昴宿 (すばる星団) や觜宿 (オリオン座入付近の3星) など、一見して大きさが実際よりかなり誇張して描かれているものがあり、鬼宿 (かに座) においては星々が形作る四角形の向きが実際とはかなり異なるなどしていることから、多くの星は描くべき位置を目分量で決めて描いたと考えられる。実際、多くの星の位置を正確に測定してみると、星々の位置の誤差が大きく、精密な解析に耐えられるような精度はないことが分かる。ただし、天の赤道や内規などが書かれていることから、基準になるいくつかの星はそれらの線を頼りにして描き、残りの星を目分量で描いていったという可能性は考えられる。

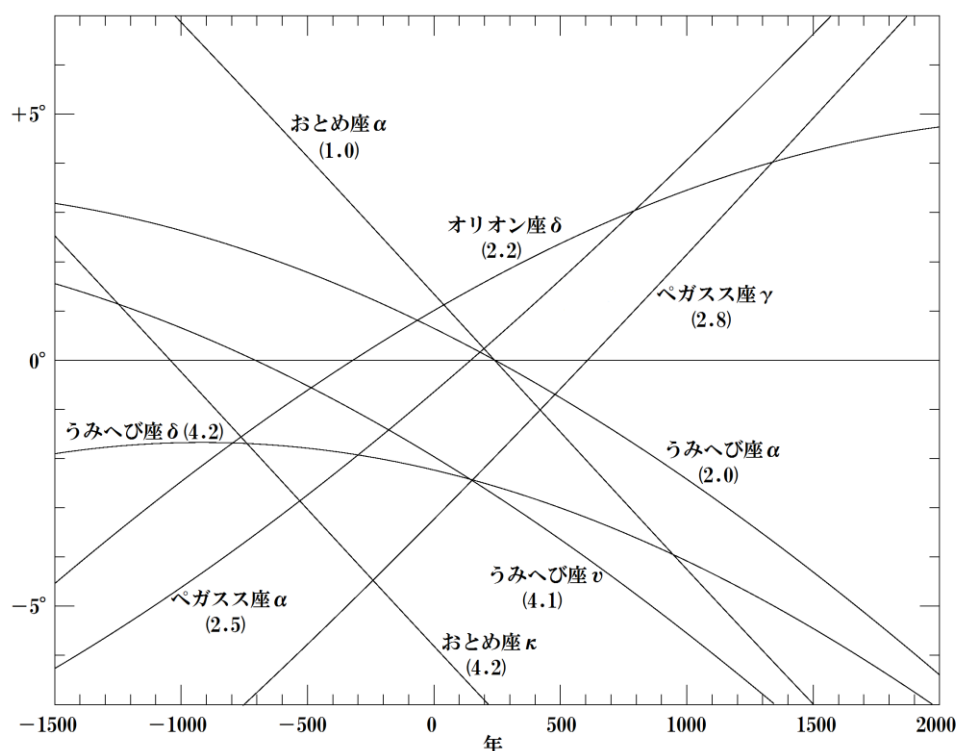


図2. 天の赤道近くの距星の赤緯の理論値との差 (括弧内の数字は等級を表す; オリオン座 $\lambda$  (3.5) は範囲外のため書かれていない)

古代中国では天の赤道近くの28の星座を星宿といい、28の星宿を合わせて二十八宿といった。各星宿の星の中でも距星と呼ばれる星宿の代表星が定められており、星の位置は距星を基準に示された。観測値に基づいて星図に記入されたのは距星で、他の星は目分量で星図に描いたとされる。そこで、二十八宿の距星のキトラ古墳天文図上での位置を測定し、理論値と比較してみた。図2は天の赤道から南北にそれぞれ10度以内にある9個の距星について年毎の赤緯の誤差を求めて示したグラフである。ただし、3.5等星のオリオン座 $\lambda$ は誤差が大きすぎて図の範囲外になるため、グラフには示されていない。

この図から分かるように、西暦400年ごろに赤道近くの9星のうち、おとめ座 $\alpha$ 、オリオン座 $\delta$ 、ペガサス座 $\alpha$ 、ペガサス座 $\gamma$ 、うみへび座 $\alpha$ の5星の誤差が $2^\circ$ 以内になる。これらの星は明るさが2等台までの明るい星である。9星のうちの5星もの星の誤差がこれほど小さくなるというのは偶然とは考えにくい。実際、天の赤道から離れている星では、これほどの割合で誤差が小さくなる年はない。このことから、天の赤道に近い距星の中でもこれらの明るい5星は夜空でも目立っていたため、その5星の位置を天の赤道に対して正確に描こうとしたと考えられる。

そこで、これらの5星の位置の誤差が最も小さくなる年代が観測年代だとして、最小二乗法により観測年代を求めた。その結果は西暦 384 年 $\pm$ 139 年となった。

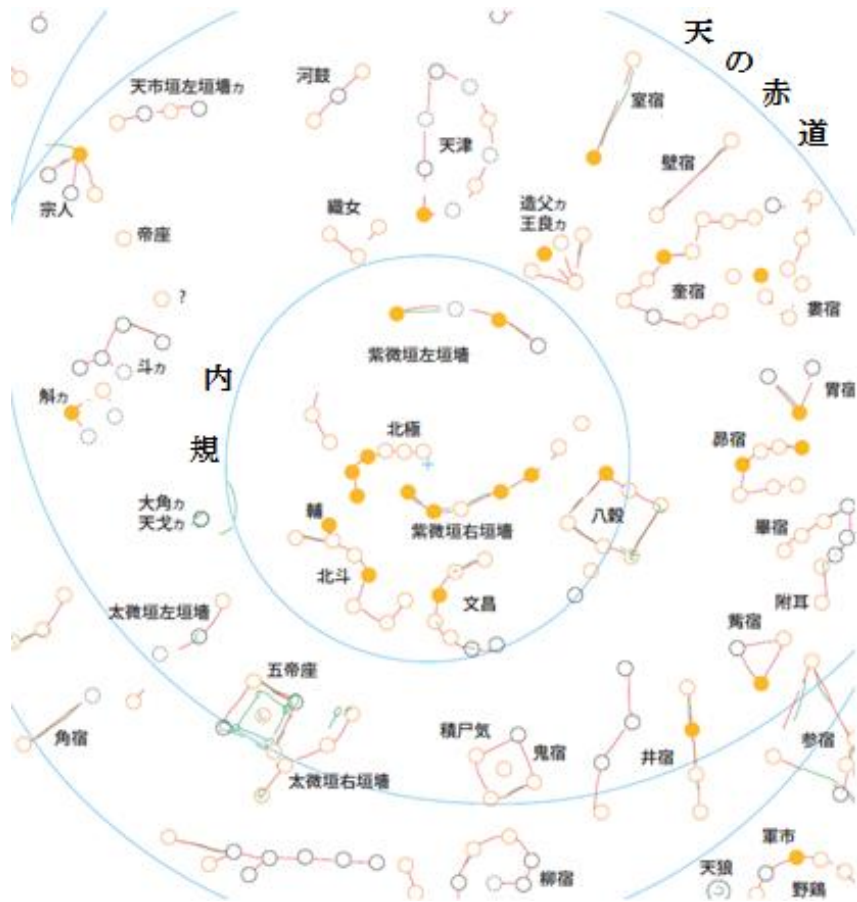


図2. キトラ古墳天文図トレース図（奈良文化財研究所提供）の中央部

#### 4. 観測地緯度の推定

キトラ古墳天文図には天の赤道とともに、内規と外規を示す円が描かれている。内規は1年中地平線下に没しない北天の星（周極星）の範囲を示す線、外規は南天の観測限界の範囲を示す線である。内規と外規の位置は観測地緯度によって決まり、内規の赤緯は $[90^\circ - \text{緯度}]$ 、外規の赤緯は $[\text{緯度} - 90^\circ]$ である。したがって、内規や外規の赤緯が求められれば観測地緯度が得られることになる。なお、大気中で光が屈折することから、星の位置は真の位置より浮き上がって見える。この浮き上がる量を大気差という。地平線上の星の大気差は角度の約35分である。内規や外規の位置から観測地緯度を推定



する際には、その量も考慮する必要がある。

キトラ古墳天文図では内規に接するように描かれている星が6星ある。文昌の2星と八穀の4星（図2参照）で、東から、おおぐま座 $\theta$ 、おおぐま座15、やまねこ座15、やまねこ座UZ、きりん座TU、やまねこ座 $\beta$ である。図3には星の計算位置と内規の位置関係を示した。左は宮島氏が推定した緯度が北緯 $38^\circ$ の場合のものだが、星と内規の位置関係がキトラ古墳天文図とずれていることがはっきり分かる。右は北緯 $34^\circ$ とした場合で、星と内規の位置関係がキトラ古墳天文図のものとよく一致している。6星の位置を正確に計算して観測地緯度を最小二乗法で求めると $33.7\pm 0.7$ 度となった。

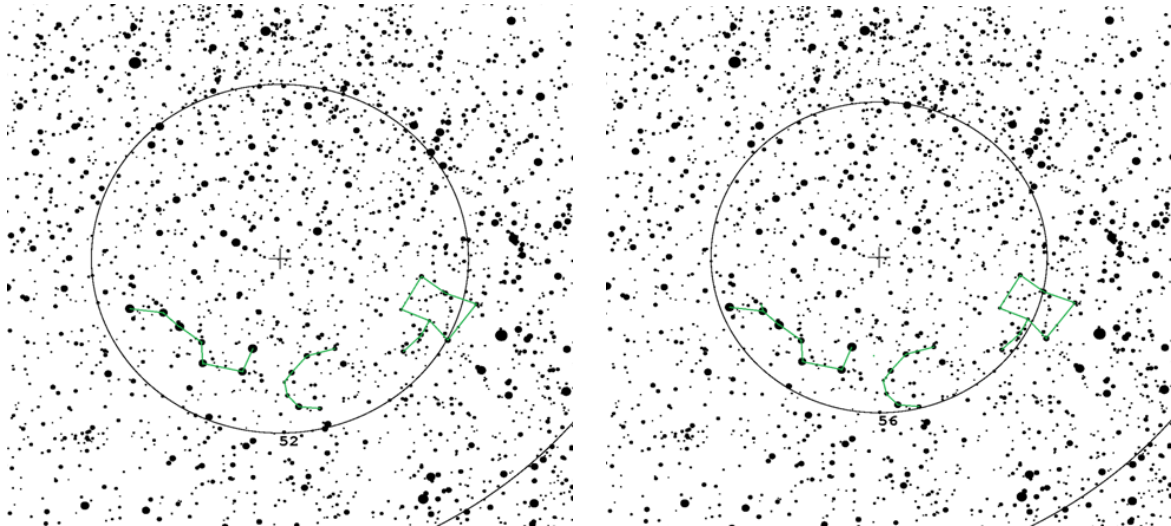


図3. 観測地の緯度が北緯 $38^\circ$ （左）と $34^\circ$ （右）の場合の内規の位置

## 5. 天の赤道と内規の近くの星を総合した解析

上の2節で赤緯が正確に描かれたと考えられる星が天の赤道近くで5星、内規近くで6星の計11星あることが判明した。第2節では観測年代の推定に天の赤道近くの星のみを使ったのであるが、内規の近くの星も使えば、観測地の緯度とともに観測年代をも同時に推定することが可能である。そして、この方法のほうが得られる観測年代の精度も上がる。そこで、この考えにしたがって解析をやり直した。その結果、得られた結果は、

観測年： $300$ 年 $\pm 90$ 年、観測地緯度： $33.9\pm 0.7$ 度

である。これを今回の解析の最終的な結論とする。この緯度に当たる地点としては中国の長安や洛陽が考えられる。日本の飛鳥もこの緯度に当たるが、日本ではまだ天文観測が行われていない時代である（谷川・相馬、2008を参照）。

今回の解析について、詳しくは国立天文台報の論文を参照されたい。

## 参考文献

相馬充、2016：「キトラ古墳天文図の観測年代と観測地の推定」国立天文台報 第18巻、pp.1-12

谷川清隆、相馬充、2008：「七世紀の日本天文学」国立天文台報 第11巻、pp.31-55  
文化庁、東京国立博物館、奈良文化財研究所、朝日新聞社（編集）、2014：特別展「キトラ古墳壁画」、朝日新聞社

宮島一彦、1999：「日本の古星図と東アジアの天文学」、人文学報、82、pp.45-99、京都大学人文科学研究所

宮島一彦、1999：「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、pp.51-63

宮島一彦、2000：「キトラ古墳天井天文図」、天界付録（別冊）、東亜天文学会

宮島一彦、2006：「キトラ天文図の星座同定と中・朝の古星図」、「天文学史研究会」集録、国立天文台、pp.105-113