

天文学史教材としての天体観測儀器 3DCG 復元【3】

こんてん ぎ

古観測機器「渾天儀」の 3DCG 復元

柳澤洋文、福江 純 (大阪教育大学)、冨田良雄 (京都大学)

1. はじめに

前回、前々回と日本で用いられた暦の背景 について解説してきた。これら暦作成で欠か せないのが正確な天体観測で、そのため多く の観測機器が開発、使用されてきた。

そこで今回はその観測機器の一つであり、中国で生まれ、多くの暦作成に関わった「渾天儀」に注目したい。前回簡単な紹介をしたので、今回はこの機器の構造や観測方法を紹介するとともに、我々が行った 3DCG 復元とその教育利用について考察する。

以下、2 節で渾天儀の構造、観測方法を概 観する。3 節で、渾天儀の 3DCG 復元を紹介 する。4 節で今回のまとめと次回復元対象機 器を説明する。

渾天儀(こんてんぎ)は、渾儀(こんぎ)、

2. 渾天儀

審璣玉衡(せんぎぎょくこう)とも呼ばれる、中国由来の観測機器で、いくつもの環を組み合わせた球形の装置である。この「渾天」とは、中国で生まれた宇宙構造論の一つである、「渾天説」に由来する言葉だ。渾天説では、天体は観測者中心の巨大球に張り付いているとみなすもので、現在の球面天文学の考えと同じである。漢の武帝の時代(B.C.140~87)、洛下閎が初めて渾天儀を製作したとされ、中国では天文学唯一の測器として歴代天官が用いたものであった。馬場信武著『初学天文指南』にその構造が詳しく載っている。

渾天儀は4本の竜形の柱で支えられた環形の装置で、導入天体の時角や赤緯を求めることが出来、主な恒星や惑星の位置測定に用いられた(図1)。日本への流入時期は定かでは

なく、作成された時期も不明瞭であるが、観測に特化させた新製渾天儀(後述)は保井春海が作成したものである。渾天儀は教育用のものと観測用のものとで分かれ、前者は主として天球儀を表し、現存するものは日本の各地に見られるが、後者で実際観測に用いられた大型のものは仙台藩天文方戸板保佑が製作したものが一基現存するのみである(仙台市天文台蔵)。

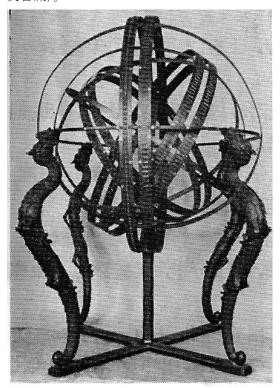


図1 日光東照宮所蔵の渾天儀([1])

2.1 渾天儀の構造

渾天儀は六合儀 (天経環、天緯環、地平環)、 三辰儀 (赤道環、黄道環、白道環)、四游儀 (可動の天体を導入する覗き穴を施した筒を備え る環)を集合させた'赤道座標系'の天球を 表す構造を持っている。

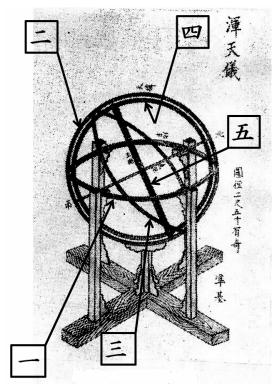


図 2 保井春海の新製渾天儀 ([1] 図 3・3 を編集)

一方、図2の渾天儀は、貞享暦作成者の保 井春海(前回を参照)が中国の渾天儀を改良し、 観測に特化させたものだ。本来の渾天儀から 三辰儀を省いた構造をとり、より扱いやすく なっている。

特にこの渾天儀は保井春海著『天文瓊統』 巻一渾天の条にその構造、環の径の値につい て詳しく載っており、この後の3DCG復元に 使用する。

図2の各環に一~五まで記号を振ったので、 まずはそれぞれ対応する環を順に見ていこう。

・一、地平環… 渾天儀を水平に保つ環。輪 の中心に溝が掘られておりそこに水を満たし、 游環に刻んだ目盛で読み取る。

水平を保つ。水準器の役割を果たす。これは 固定環である。

- •二、天経双環·・・ 天球で言う子午線を表わ す双環。去極度(北極からの角度)を表わす 目盛が刻まれている。角度目盛りは全周 365.25 度で表す周天度である。これも固定環 である。
- ・三、天緯環… 天の赤道を表わす単環。時 角を表わす目盛が刻まれている。これも固定 環である。
- ・四、四游環…可動する双環。二点を子午線 上で留め、その回転軸を北辰(北極)に向ける。 この軸を直距(ちょっきょ)と呼び観測地の 緯度とする。四游環には去極度を表わす目盛 が刻まれている。
- ・五、玉衡… 玉衡… 四游環に付属する天体 観測 '筒'内空で、両端に円孔を穿ち天体を 窺い、去極度を測る。

2.2 渾天儀での観測

渾天儀での観測手順を簡単に説明する。

直距を天の北極に向ける。渾天儀は水平環 で水準を保ち、観測地の緯度と合うように直 距の角度を調節する(赤道儀でいう極軸合わ せのようなもの)。

玉衡を覗き、天体に照準を合わせる。

時角は天経環が子午線であるので、玉衡が 付属している四游環の位置を天緯環(天の赤 道)に刻んだ目盛から読み取る。

去極度は天緯環が天の赤道であるため、四

	春海の設計{天文瓊統} (尺)				3DCG 復元 (cm)			
	外径	内径	幅	厚み	外径	内径	幅	厚み
地平環	2.6	2.4	0.10	0.04	78.7	72.7	3.0	1.2
天経環	2.4	2.3	0.10	0.04	72.7	69.7	1.5	1.2
天緯環	2.38	2.3	0.10	0.04	72.7	69.7	1.5	1.2
四遊環	2.2	2.1	0.05	0.03	66.7	63.6	1.5	0.9
		長さ	幅			長さ	惕	
五衡		2.25	0.055			68.2	2.0	
支柱		(-)	-				4.0	
胂		8,73	-				8.0	

図 4 渾天儀の数値変換 ※一尺 30.3cm として換算([10]を参考)

このように渾天儀は一度に天体の去極度、 時角を環の目盛から得ることが出来る。先行 研究([10])は江戸時代、京都梅小路天文台 に据え置かれていた保井春海設計・製作の渾 天儀の台石(円光寺に現存)と書物を基に、 春海の新製渾天儀の実物復元、及び試験観測 が行われた。その研究結果から観測結果と実 際復元してみて分かった改良すべき点などが 載っている。是非ご一読いただきたい。

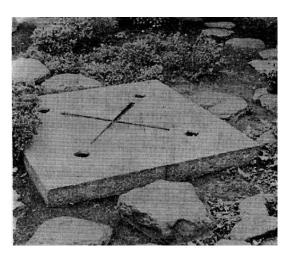


図3 円光寺に現存する渾天儀台石([1])

3. 新製運天儀の 3DCG 復元

3.1 数值変換

前述したとおり、保井春海著「天文瓊統」 巻一渾天の条には春海の新製渾天儀の詳しい 径の値が載っている。その中略原文を以下に 載せる。

地平単環、内径二尺四寸、闊一寸、厚四分 (後略)

天経立双環、経二尺四寸、闊五分、厚三分 (後略)

天緯単環、経二尺三寸八分、闊四分、厚二分(後略)

四游環、径二尺二寸、闊五分、厚三分(後略) 玉衡、長二尺二寸五分(後略)

ただこの値では分かりにくいので現在の単位法に則り、換算した図を載せる(図 4)

3.2 3DCG 復元

図 4 を基に我々は 3DCG 作成ソフト 「Shade」を用いて復元を行った。図 5 が 3DCG で復元した渾天儀の全体像である。

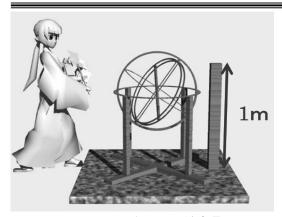


図 5 3DCG 復元渾天儀全景

図5では少し分かりづらい(各環の位置関係など。白黒ということもある)ので、Shadeのレンダリング範囲を指定し、以下台石から順に環を付加して示していく。

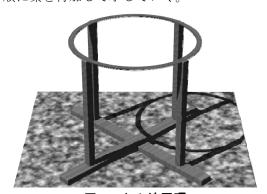


図6 台十地平環

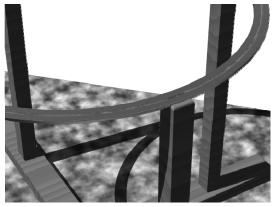


図 7 地平環の水準器 (中央の溝に水が満たされている)



図 8 台+地平環**+天経環(子午線)**

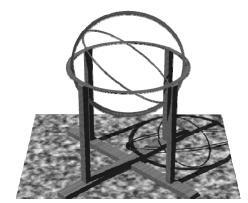


図 9 台+地平環+天経環**+天緯環(天の赤** 道)

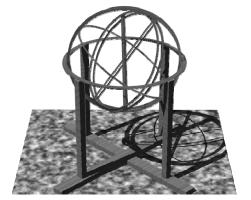


図 10 台+地平環+天経環+天緯環+四游環

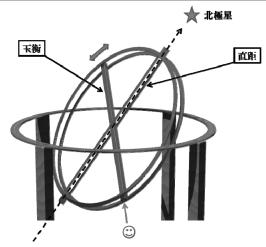


図 11 四游環の構造(直距を北極星(極軸)に合わせ、可動する玉衡で天体を捕捉する)

4. 今回のまとめ、次回復元対象の観測機器

図 5 から図 11 まで示したように、Shade による渾天儀の 3DCG 復元を行った。このような 3DCG 復元を行うことで、文献の絵ではイメージし辛かった機器の詳細を簡単に見て取れるものに仕上がった (特に Shade は扱いやすく、非常に簡単に 3DCG を作成することが出来る)。またこの場で紹介することはできないが、渾天儀のアニメーションレンダリング復元も行っている。アニメーションにすることで、実際の動きも合わせて提示できる動画教材に仕上げることにも成功した。

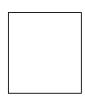
カラー画像や動画については、大阪教育大学天文学研究室のホームページなどで、順次、掲載していく予定である。

次回は予告していた通り、太陽の南中高度 を測定し、一太陽年を求めることが出来る観 測機器、「圭表」の復元結果を紹介する。

「圭表」は渾天儀同様、中国、日本の暦史 上重要な機器であるので、その構造、使用方 法、3DCG 復元について説明するつもりであ る。

対 対

- [1] 渡辺敏夫(1987)『近世日本天文学史 上下巻』,恒星社
- [2] 堀源一郎 編 (1981) 『現代天文学講座 14 天文計算セミナー』, 恒星社
- [3] 中山茂 編 (1982) 『現代天文学講座 15 天 文学史』, 恒星社
- [4] 中山茂 編 (1983) 『現代天文学講座 別冊 天文学人名事典』,恒星社
- [5] 湯浅光朝 (1957) 『解説 科学文化史年表著』, 中央公論社
- [6] 斉藤国治(1982)『飛鳥時代の天文学』, 河出書房新社
- [7] NHK テレビテキスト (2011) 『趣味工房 シリーズ 直伝和の極意 あっぱれ!江戸 のテクノロジー』, NHK 出版
- [8] 浅見恵 編 安田健 編 科学書院 (2001) 『日本科学技術古典籍資料 ~ 天文学篇 1、天文学篇 2』, 霞ケ関出版
- [9] 国立天文台図書室 webpage http://library.nao.ac.jp
- [10] 梅小路天文台渾天儀の復元(2000) 京 都天文めぐり・地連協共同プロジェクト



柳澤洋文