インドの伝統天文学 — 特に観測天文学史について（II）

大 橋 由 紀 夫
〈〒150-0012 東京都渋谷区広尾 3-5-26〉

インドにギリシャ系占星術・天文学が伝来した時代からヒンドゥー古典天文学時代までについて説明する．ギリシャの影響を受けていた時代には，外来の天文学と伝統的な天文学が交錯していた．その後，現在まで伝統が受けつがれているヒンドゥー古典天文学が成立したが，その中のいくつかの話題について述べる．

4．ギリシャ系占星術・天文学の伝来

4.1. ホロスコープ占星術の伝来[6)]

ギリシャ系のホロスコープ占星術は，紀元後2世紀頃にインドに伝来したと考えられる．その当時の文献は現存しないが，3世紀のサンスクリット語文献『ヤヴァナ・ジャータカ』（AD269 / 270）が現存し，ピングリーによって詳細に研究されている．[7)] 本書は大部分が占星術であって，数理天文学については最終章（第79章）に簡単に書かれているに過ぎない．ちなみに『ヤヴァナ・ジャータカ』という書名は，「ギリシャ人のホロスコープ占星術」という意味である．この頃は，西方から伝来した黄道十二宮などが急速に受け入れられていったが，ギリシャ系数理天文学はまだあまり伝来していなかったようである．

4.2. ギリシャ系数理天文学の伝来

インドに，周転円や離心円を用いる本格的なギリシャ系数理天文学が伝来したのは，その前後の状況から見て，ほぼ4世紀頃と思われるが，その時期の史料は元のままでは残っておらず，後に6世紀の有名な天文学者ヴァラーハミヒラがまとめた『パンチャ・シッダーンティカー』という文献によってうかがい知ることができる．これは，その頃に伝わっていた5種の天文書の内容をまとめたものである．なお，ギリシャ系数理天文学の伝来によって，地球が丸いということも把握されるようになった．ちなみに，この頃伝来したギリシャ系数理天文学は，プトレマイオス以前のものであったと考えられている．

4.3. ヴェーダーンガ天文学の残存

上記のようにギリシャ系の占星術・天文学が伝来した時期にも，ヴェーダーンガ天文学も引き続き使われていたようである．そこには興味深い問題が含まれているので，以下に私の考えを述べてみたい．[8)]

『ヤヴァナ・ジャータカ』の最終章には，ギリシャ人の考えを述べる，ということも書かれているのだが，一方，ヴァシシュタ仙人という名も出できており，どうやらこの人物がインドの伝統的な天文学者を象徴しているようである．この人物と直接関係があるかどうかはわからないが，『ヤヴァナ・ジャータカ』の最終章の中には次のようなノーモンの影の長さの日変化について記載されている．

$$\frac{D}{t} = \frac{s-m}{g} + 1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

ここで，Dは昼間の長さの半分，tは日出からの経過時間（または日没までの時間），gはノーモンの高さ，sはその影の長さ，mは正午の影の長さ

である．前に述べた『実利論』の中のノーモンの影の日変化は夏至の日だけのものであったが，(4) 式は一般的なものである．ちなみに，『パンチャ・シッダーンティカー』の中にも (4) 式と同じ日変化が与えられている．

実は，ピングリーは『実利論』などに記載された影の長さの変化はメソポタミアから伝来したものだと主張しているのだが，私の考えでは，(4) 式を検討すると『実利論』記載から (4) 式に至るまでの影の理論が北インドで形成されたものであることが見てとれると思うのである．以下 (4) 式をメソポタミアの影の理論と比較しながら論じてみよう．メソポタミアの影の理論は，粘土版『ムル・アピン』に記載されたものが知られているが，それは，オットー・ノイゲバウアーによれば，次の式に従っている．[9]

$$t = \frac{c}{s} \qquad \cdots\cdots(5)$$

ここで，t は日出からの経過時間を角度の単位で表したもの，s は影の長さを腕尺単位で表したもの，c は定数 (冬至では 60，春秋分では 75，夏至では 90) である．奇妙なことに，(5) 式では正午の影は一年中 $\frac{5}{6}$ 腕尺になってしまうが，これをどう考えるべきかは不明である．

さてここで，日出と正午の中間点について考えてみよう．その時は，インドの (4) 式では正午の影よりもノーモンの高さの分だけ長くなるが，メソポタミアの (5) 式では正午の影の 2 倍になる．そこで，一年間の正午の影の長さに対して (4) 式と (5) 式を適用して算出した，日出 と正午の中間点の影の長さを，本当のその時の影の長さと比較したグラフを，メソポタミアの緯度 35°N およびインドの緯度 23°.7N（当時の北回帰線上）について作成したものを図 4 に示す．

図 4 を見ると，メソポタミアの緯度ではメソポタミアの方法は春秋分頃には正しい値を示すがインドの方法では年間を通じて誤った値を示しており，インドの緯度ではインドの方法が夏至頃に正しい値を示すがメソポタミアの方法では夏至には一日中影の長さがゼロになってしまって用をなさないことがわかる．以上のことから，インドの方法とメソポタミアの方法は，それぞれの地域で別々の考え方に基づいて独自に形成されたものと考えられる．特にインドの (4) 式については，本来は『実利論』に記載されているような夏至における日変化がもとになっており，それが年間に拡大解釈されて (4) が形成されたのであろうと思われる．

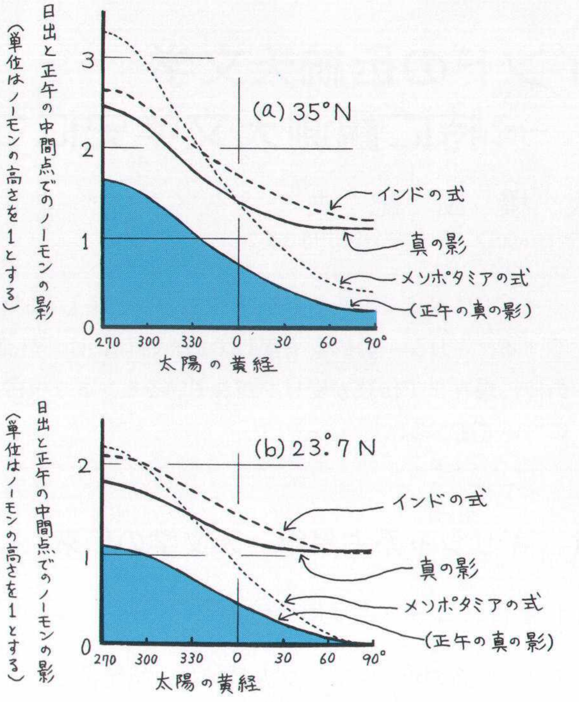


図 4

なお，『パンチャ・シッダーンティカー』には『実利論』と同様の正午の影の年変化も記されているが，そこでは太陽の位置が黄道十二宮によって示されている．したがって，それはヴェーダーンガ天文学とギリシャ系の概念の折中と言えるが，興味深いことにそれは「ヴァシシュタの綱要書」によるものとされている．

以上のことから，ギリシャ系占星術が伝来した

初期の頃には，ヴェーダーンガ天文学を基本としつつもギリシャ系の概念も若干取り入れた天文学が存在しており，それがヴァシシュタの名と結びつけられていたのではないか，と私は推定している．

なお，この時期の天文学の痕跡は漢訳仏典『大方等大集経・日蔵分』(AD 586) にも見られ，そこではヴェーダーンガ天文学の知識が黄道十二宮と共に示されている．

しかし，おそらく4世紀頃に周転円や離心円を用いるギリシャ系数理天文学が伝来すると，その方がずっと精密なので，ヴェーダーンガ天文学は急速にすたれ，インド天文学は新しい段階に入ることになる．すなわち，5世紀末におけるヒンドゥー古典天文学の成立である．

5．ヒンドゥー古典天文学

5.1. ヒンドゥー古典天文学とは

インドでは，ギリシャ系の数理天文学の影響を受けたあと，5世紀末にヒンドゥー古典天文学が成立した．これは，地球を中心とする，周転円や離心円を用いる惑星モデルによって，惑星の位置計算をするものである．その計算には，インドで考案された三角関数が利用される．ちなみに，三角関数の源流にあたるものは古代ギリシャにあったが，そこでは円の弧と弦の関係を用いていたのであり，その弦を半分にして半弦（つまり三角関数の正弦）とそれに対応する弧の関係を用いたのはインドが最初であって，これがインドからアラビアを経てヨーロッパに伝わり，現在の三角関数になったのである．

なお，ヒンドゥー古典天文学はギリシャ系天文学を取り入れているが，ギリシャ系天文学の影響はAD 2～4世紀頃に限られており，ヒンドゥー古典天文学の成立後は特に外来の影響は受けずにインド独自の発展をとげた．

ヒンドゥー古典天文学の最初の文献はアーリヤバタ (Āryabhaṭa) の『アーリヤバティーヤ』(Āryabhaṭīya) (AD 499)である．[10] アーリヤバタは地球の自転をとなえたことで有名である．しかしその他の天文学者は地球の自転を否定し，地球は静止しているものとした．アーリヤバタ以後の有名な天文学者としては，ヴァラーハミヒラ (Varāhamihira) (6世紀)，バースカラI (Bhāskara I) (7世紀)，ブラフマグプタ (Brahamagupta) (7世紀)，バースカラII (Bhāskara II) (12世紀) などがいる．（バースカラの名のあとのIとIIという数字は，同名の天文学者が偶然2人いるので，それを区別するために便宜上つけられているものである．）このほか著者不明の『スールヤ・シッダーンタ』(Sūrya-siddhānta) (10～11世紀頃？) という天文書が有名で，本書は非常によく普及している．

上記のような天文学者や天文書があらわれた5世紀末から12世紀頃までがヒンドゥー古典天文学の全盛期と言うべき時代で，この時代の天文書は今日まで権威を持ち続けており，現在でもこの時代の方法で作成した民間暦も作られている．

ヒンドゥー古典天文学の内容については，広義の天文学をサンスクリット語で『ジョーティッ・シャーストラ』(Jyotiḥ-śāstra) と言うが，これはヴァラーハミヒラによれば次の3分野からなる．すなわち，数理天文学，ホロスコープ占星術 (ギリシャ系の占星術)，および自然現象総論（インド古来の自然現象論や占星術など）である．言うまでもなく，これらのうちで数理天文学の分野が我々の考える天文学に対応する．（誤解がないように言っておくが，インドでは天文学と占星術[11),12)]は別々の分野としてかなりはっきりと区別されてきた．）数理天文学で扱われる内容は，太陽，月，惑星，の「平均運動論」，それに対して周転円や離心円を用いて修正を加える「真運動論」，方向と場所と時間の関係を扱う「三つの問題」，さらに日月食，月の位相，惑星のヘリアカル・ライジングやセティング，惑星と星宿の会合など，そしてさらに，天球に関するさまざまな問題を扱う「天球論」などが含まれている．

さて，多くの古典天文学書には「天球論」の中に天体観測器具の章があり，私はそれについて網羅的な研究を行なったのだが，限られた紙面ではそれを紹介することはできないので，ここでは，天体観測器具と「三つの問題」の両方に関連することだがノーモンの影の長さから時刻を算出する方法と，一般に最も広く用いられた器具である水時計について紹介する.[13)]

5.2. ノーモンの影長からの時刻の算出

ノーモンの影の長さから時刻を算出する方法は，ヒンドゥー古典天文学において平面三角法が天球上の問題を解くためにうまく応用されていたことを理解するための好例である.

まず話の前提として，インドのノーモンは，アングラ（指幅）という単位を用いて，12アングラとするのが標準的な高さであったことを念頭においてほしい．参考のために，図5に天球を子午面に正射影した図を示し，これを見ながら話を進める．図5で太陽がMに投影されているとし，太陽の高度をaとする．そして，天球の半径をRとする．（当時のインドの正弦は無次元数ではなく，長さのディメンションを持った，天球における半弦の長さとされていたので，sinではなくR·sinと表記する．R·cosも同様.）さて，12アングラの高さのノーモンの影の長さをSとすると

$$\mathrm{MU} = \mathrm{R}\cdot\sin\ a = \mathrm{R} \times \frac{12}{\sqrt{12^2+\mathrm{S}^2}} \quad \cdots\cdots (6)$$

が成り立つ．図5で∠MAU＝ϕ（ϕは観測地の緯度）であることから，

$$\mathrm{AM} = \mathrm{MU} \times \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{R.cos}\ \phi} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

となる．ここで，春秋分の時の正午の影の長さをS'とし，観測時の太陽の赤緯の絶対値をδとすれば，

$$12 : \mathrm{S'} = \mathrm{EH} : \mathrm{HC} = \mathrm{BC} : \mathrm{AB} \quad \cdots\cdots (8)$$

および

$$\mathrm{BC} = \mathrm{R}\cdot\sin\ \delta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

が成り立つ．(8)と(9)式より

$$\mathrm{AB} = \frac{\mathrm{S'} \times \mathrm{R}\cdot\sin\ \delta}{12} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

となる．(7)式と(10)式より

$$\mathrm{BM} = \mathrm{AM} \mp \mathrm{AB} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

(太陽が北半球にあたる時はマイナス，南半球にあたる時はプラス）を求め，そして，

$$\mathrm{r} \equiv \mathrm{BD} = \mathrm{R}\cdot\cos\ \delta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (12)$$

を利用して，

$$\mathrm{CQ} = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{r}}\mathrm{BM} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (13)$$

$$\mathrm{CG} = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{r}}\mathrm{AB} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (14)$$

を求める．（この(13)(14)の式の意味は，BMやABは小円上の半弦であるため，これを大円上の半弦に換算し，正弦表を使えるようにするためである.）ここで，正弦表を用いて，CQとCGのアークサインをそれぞれ求め，太陽が北半球にあれば両者を合計し，南半球にあれば差を求める．この結果が，日出から経過した時間（または日没までの時間）である．なお，ヒンドゥー暦では日出時を1日の始点とするのが通例であるので，時刻については日出から経過した時間を使うのが普通である．

以上，ヒンドゥー古典天文学における天文計算

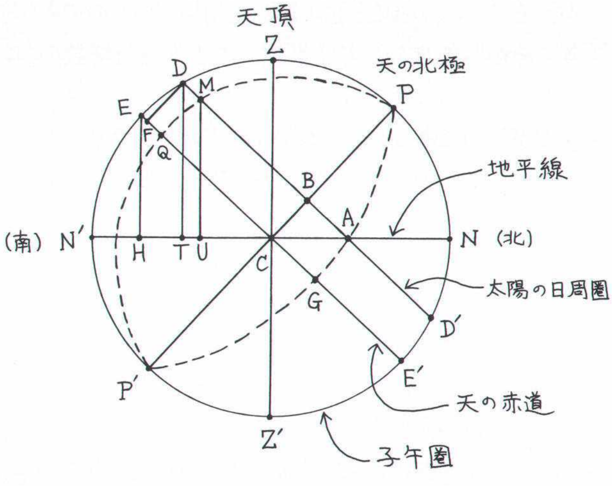


図5

の簡単な一例を見たが，平面三角法がうまく応用されていることを見てとれるであろう．

5.3. インドの水時計

インドではすでにヴェーダーンガ天文学の時代に水時計が用いられていたが，当時の水時計は円筒形の容器に水を入れて，底近くにあけた穴から水を流出させて時間を測るというものであったと思われる．

ヒンドゥー古典天文学の時代には，上記のような流出型の水時計は，水面に糸をつけた浮きをうかべてその糸で天球儀などを自動的に動かすためなどに用いられ，日常用の水時計としては別の形式のものが用いられた．それは，おわん型の容器の底に穴をあけたものを水に浮かべ，底の穴から水が流入することによって一定時間後にそれが沈む，ということを利用するものであった．それが沈む時間は，1ガティー（1日の$\frac{1}{60}$つまり24分）のものが普通であった．

このようなおわん型の水時計は，古典天文学時代から最近に至るまでインドで広く用いられており，義浄（AD 635 ～ 713）の『南海寄帰内法伝』にもナーランダー寺院でおわん型の水時計が使用されていたことが記されているし，その後のイスラーム系王朝時代の記録や，植民地時代のヨーロッパ人の記録にもおわん型の水時計の使用について記されている．

ラージャスターン州のコーターにあるラーオ・マード・シン博物館には，このようなおわん型の水時計（直径約15 cm）が実際に使える形で展示されている．私が1991年2月に，実際にこれが沈むまでの時間を測ってみたところ，1回目は約34分，2回目は約40分であった．図6にこの水時計の写真を示す．

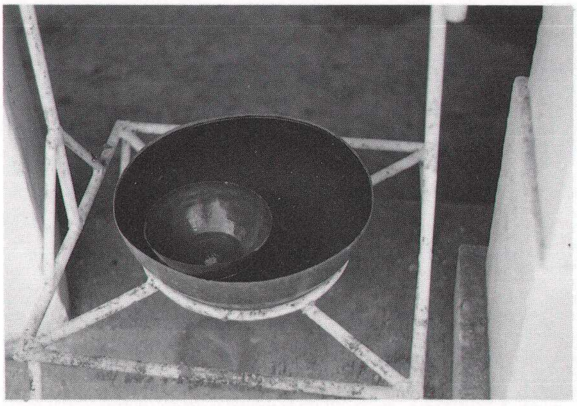


図6　コーターのラーオ・マード・シン博物館の水時計

5.4. 古典天文学書に関する今後の研究課題

インドの古典天文学書が，他地域（例えば中国）の古典天文学書と大きく違うところは，インドのものは観測記録が全く書かれておらず，抽象的な理論書として書かれていることである．観測の方法については書かれているが，実際の記録は皆無なのである．恐らく，後世に残すべき著作には凝縮した理論を示すべきだという考えがあったのであろう．このため，当時どの程度の観測を行なっていたのかが，なかなかわかりにくいのだが，今後，その点を残された文献から研究していくことが必要であろう．また，理論についても，ギリシャの影響を大きく受けてはいるが，インドの独自性も見られ，そのあたりの違いを今後さらに研究していく必要があろう．

5.5. ラーフとケートゥ　～余談～

1995年10月24日にはインドから東南アジア・太平洋にかけて，そして1997年3月9日にはモンゴルからシベリアにかけての皆既日食があり，私は前者ではタイ，後者ではモンゴルを訪れたが，日食そのものもさることながら，それらの地域で私の興味を引いたのは，今日のタイやモンゴルにも日月食を起こす魔物「ラーフ」の神話が伝えられていることだった．このラーフ (Rāhu) というのは，インドに

起源をもつ神話上の魔物である．

インドには，プラーナ文献という神話・伝説を集成した文献群がある．（長い間かかって形成されたため，成立年代は必ずしも明確でない．）そのうちの一つである『バーガヴァタ・プラーナ』（第８巻 第９章）に基づいて，ラーフの神話を紹介しよう．

神々と魔物たちの集まっていた席で，神々に与えられた不死が得られる飲料を，神々の間に変装して忍び込んだラーフがこっそり飲んでしまった．それを両脇にいた太陽神と月神が見とがめ，そしてヴィシュヌ神がカミソリのようなふちを持った円盤でラーフの首を切り，飲料が届いていなかったラーフの胴体が切り落とされた．しかし，ラーフの首の部分まではすでに飲料の力で不死になっており，創造神ブラフマーはこのラーフの首を惑星の仲間に加えた．そして，太陽神と月神に恨みをいだくラーフは，新月・満月の時に太陽・月におそいかかって日月食を起こすようになった．

インドには上記のような神話があるわけだが，ヒンドゥー古典天文学では，白道の黄道に対する昇交点をラーフ，そして降交点をケートゥ (ketu) (切り落とされたラーフの胴体とされている) と呼び，それらの位置を推算してきた．もちろん，ヒンドゥー古典天文学の学者たちは，日月食は魔物が太陽・月を飲みこむために起こると思っていたわけではなく，日月食は太陽・月・地球の位置関係によって起こることを正しく理解していた．６世紀の天文学者ヴァラーハミヒラは，その著作『ブリハット・サンヒター』(第５章) で，日月食は魔物によって起されるのでないことを，次のように見事に論証している．[14)]

もし魔物が１つであり，規則的な運動をしているなら，ある時は昇交点で，そしてある時は降交点でと，正反対の方向で食が起こることを説明できないし，もし不規則な運動をしているならば，計算で求められた昇交点・降交点だけでしか食が起こらないことを説明できない．また，魔物が昇交点

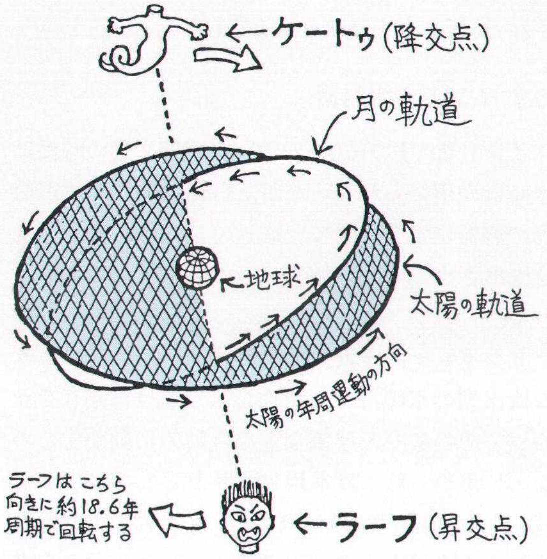


図７

から降交点までに及ぶ蛇のような形をしているならば，その中間のところで食が起こらないことを説明できない．一方，魔物が２つ，昇交点と降交点それぞれにあるとするならば，月食がちょうど月の出または月の入りの時に起こった場合に，その正反対の位置で日食が起こるはずだが，実際にはそのようなことは起こらない．

ヴァラーハミラは，上記のように見事に魔物の存在を否定したあと，月食の時は月が地球の影に入り，日食の時は月が太陽をおおう，ということを正しく述べている．

しかし，ヒンドゥー古典天文学者たちは，日月食の真の原因を知った上で，ラーフやケートゥを惑星の一種であるかのように扱い，その位置を推算してきた．わかりやすくするためにそのイメージを図７に示す．太陽や月がラーフやケートゥの位置にきた時にのみ日月食が起こることは明らかである．

天文学の理論の中にこのような神話的な概念を残していることを奇妙に思う人もいるかもしれないが，私はヒンドゥー天文学のこのような洒落た感覚がたいへん好きである．例えてみれば，現代

人が時には星座のギリシャ神話にロマンを感じることがあるのと通じるものがある，と言えるだろうか．

さて，インドではその後，イスラーム系の王朝が主に北インドを支配するようになり，政治史的にも大きく変化するが，天文学史も新たな時代を迎えることになる．その話は次回に．

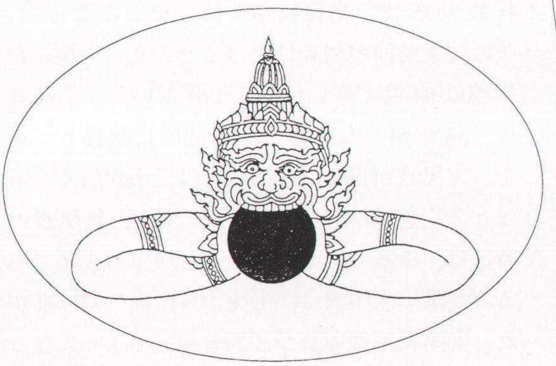
参考文献

6）矢野道雄，1986，密教占星術（東京美術）．
7）Pingree, D., 1978, The Yavanajātaka of Sphujidhvaja (2vols.) (Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.).
8）Ôhashi, Y., 1993, Development of Astronomical Observation in Vedic and Post-Vedic India, Indian Journal of History of Science 28, 185-251
9）Neugebauer, O., 1975, A History of Ancient MathematicalAstronomy, Part1 (Springer, Berlin), 544-545.
10）矢野道雄編，1980，インド天文学・数学集（朝日出版社），19-138.
11）矢野道雄，1992，占星術たちのインド（中公新書）．
12）大橋由紀夫，1993，同上書の書評，南アジア研究 5，130-141.
13）Ôhashi, Y., 1994, Astronomical Instruments in Classical Siddhāntas, Indian Journal of History of Science 29, 155-313.
14）ヴァラーハミヒラ (矢野道雄・杉田瑞枝訳注)，1995，占星術大集成 1 (東洋文庫 589) (平凡社)，32-34.

**Traditional Astronomy in India
— with Specil Reference to the History of Observational Astronomy (II)**

Yukio Ôhashi
3-5-26, Hiroo, Shibuya-ku, Tokyo 150-0012, JAPAN

Abstract: The introduction of Hellenistik astrology and astronomy into India and the development of Hindu classical astronomy are discussed. When India was influenced by Hellenism, there was a kind of blending of traditional Indian astronomy and newly introduced Hellenistic astronomy. After that, Hindu classical astronomy was established, the tradition of which has been maintained till now in India.



タイで買った本の背表紙に描かれていたラーフの図

モンゴルで買った記念品に描かれていたラーフの図