

「ベーン島の発見」

横河電機
松本栄寿*

私たちは、明日の天気をどうして知るだろうか。つい30, 40年前までは夕焼け雲を眺め明日の天候を心配した。今では室内でテレビの画面を眺めて天気予報を知る。カレンダーも新聞の日付にも決まり切ったこととしてなんの注意を払うこともない。外へでて夜空を眺めたり、天文現象に目を向けることもほとんどない。

いにしえは違った。天文現象を見なければ、一年の長さも分からず、暦も作れず、時刻を定めることもできなかった。いつ種をまいてやれば一番収穫が多いのかが大切な農作業でも、宗教上のお祭りをするにも不可欠な暦は、天文観測で作られたのである。その暦の果たす役割は、現代におけるよりはるかに大きく、天候ならびに収穫の予想から、ある場合には疫病の流行や宗教的・政治的な事件の予測まで盛り込まれることが求められていた。暦の精度をあげ、日蝕・月蝕などを予測することは、人民の支持を得るために施政者にとって最も大切な課題であった。これは洋の東西を問わない。

4000年をこえる天体の観測史において、望遠鏡の発明される前に、肉眼による最大の観測者にチコ・ブラーエ(1546-1601)がいた。今ではスウェーデン領のベーン島を訪ねると、そこに天を仰いでたたずむチコ・ブラーエを見ることができる。左手には、星の位置を探るインスツルメンツ六分儀(象限儀)がしっかりと握られている(図1)。

近代天文学への道

16世紀半ばからのコペルニクス革命とよばれるパラダイム・シフト時代には、天文学は地球中心から太陽中心へ、天動説から地動説へと移行し、それまでの暦の精度を一挙に上げることに役立った。当時ニコラス・コペルニクス(1473-1543)、チコ・ブラーエ(1546-1601)、ヨハネス・ケプラー(1571-1630)、ガリレオ・ガリレイ(1564-1642)、アイザック・ニュートン(1642-1727)といった人物がかかわった。ちなみに天動説のことを英語ではコペルニクス説(Copernician Theory)と呼ぶ。

地球を中心とする天動説、ギリシャ時代からの思想を引き継いだプトレマイオスの天体運動論は、



図1 六分儀を手にベーン島の天を仰ぐチコ・ブラーエ
ベーン島は現在はスウェーデン領

*まつもと えいじゅ: 技術館準備室 学芸員
工学博士

〒180 8750 東京都武蔵野市中町2 9 32
TEL(0422) 562 5718

地球の周りを太陽，月，惑星が回転する．一番近くを月が，次に水星，金星，太陽，木星，土星の軌道があり，一番外側の天球に恒星が配置されていた．

これに太陽を中心にした惑星運動論，いわゆる地動説を採用したのがコペルニクス(1473-1543)である．彼の『天球の回転について』が刊行された1543年，彼は死の床にあった．彼は観測家と言うより理論家で，特別なインスツルメンツを使ったわけではない．天動説では説明できなかった当時の観測データを別な目で見直した人物である．

デンマークの貴族チコ・ブラーエは，国王フレデリック2世の庇護をうけてベーン島に大規模な天文台ウラニボルグを造り，20年間にわたって天文観測を続けた．チコはその天文台から，恒星と惑星，彗星を全て肉眼で観測した．恒星の位置を1分，惑星の位置を4分の精度で測定したと伝えられている．

天文観測の精度を上げるにはどうしたら良いだろうか．良い観測用のインスツルメンツと時計を持つことである．壁面四分儀の中央右に座っているのがチコ・ブラーエである．一番右側の人物が左の壁の窓から入り込む光を指標(サイト)で追い，その位置の目盛を読んだ．観測窓は正確に南北に向いていた(図2)．

チコ・ブラーエは国王の死後デンマークを追われ，チェコのプラハに移動したが1601年に死去する．そこで雇われていた助手ケプラーが，チコの観測データを引継ぎ，ケプラーの第一法則，第二法則，第三法則を発見することになる．

ピサの斜塔の実験で有名なガリレオは，『天文対話』(1632)でコペルニクスの太陽中心体系を支持する議論を展開した．ニュートンが万有引力の法則を発見して，天上も地上も同じ法則で，宇宙森羅万象すべてを扱えることを発見したのは1665年のことである．

ここに挙げた学者はいずれも大発明を成し遂げている．ガリレオは凸レンズと凹レンズを組み合わせたガリレオ式望遠鏡，ケプラーは凸レンズと凸レンズによるケプラー式望遠鏡，ニュートンは反射望遠鏡などと，新しいインスツルメンツを発明し，それを使った観測データから新しい発見，

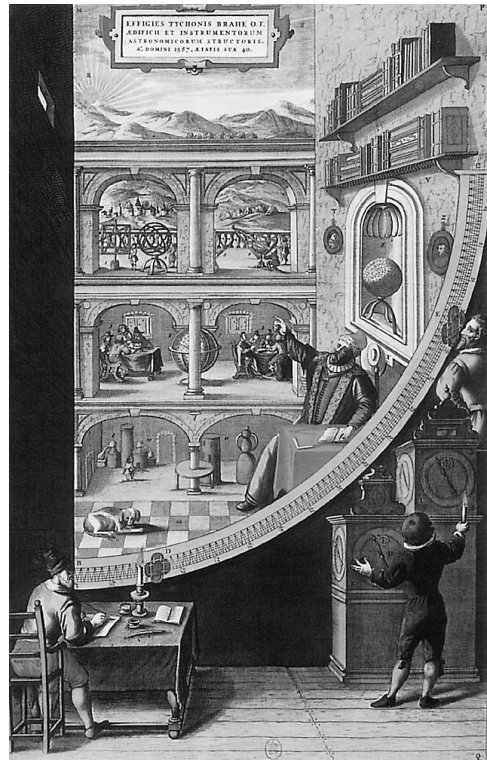


図2 ウラニボルグ天文台の壁面四分儀

理論が生まれている．インスツルメンツは科学者の武器であった．

チコ・ブラーエと観測データ

ベーン島のインスツルメンツ壁面四分儀には指標と目盛に工夫を施し，より細かな角度を読む副尺が採用された．特別に造られた大型の真鍮製で，径2メートル，13ミリ幅，5ミリ厚さの目盛をもつ四分儀である．副尺は一目盛の1/6分までよめるダイヤゴナル(トランスバーサル)目盛を採用した．この目盛は，7本の同心円を書き，一番外側の同心円と目盛線と，一番内側の同心円と隣の間隔を直線(ダイヤゴナル線)で結び，その直線と各同心円の交点の間隔から，目盛り線幅の1/6が読みとれる(図5参照，これは1/5の細分)．

チコ・ブラーエは自分の観測データをもとに独特の宇宙論を造りあげた．『最近天上に現れた天体に関する書，第2巻』(1603)で宇宙論を述べて

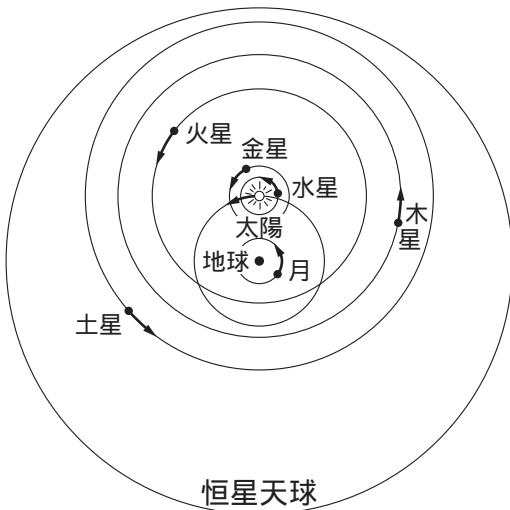


図3 チコ・ブラーエの宇宙論

いる。その論は現代の目から見ると、地動説との天動説の折衷案である。月は地球の周りを運行するが、太陽もまた地球の周りを運行する。その太陽の周りを水星、金星、彗星の順で運行するとする独特の宇宙観である(図3)。

彼の20年間の観測データはケプラーに引き継がれ、ケプラーは火星の軌道を精力的に計算している。『新天文学、チコ・ブラーエ氏の観測結果により、火星の運動に対する考察から得られた因果律』(1609)には、ケプラーの第一(楕円軌道)、第二法則(惑星の運動)が述べられ、『宇宙の調和』(1619)の中で、ケプラーの第三法則(惑星の位置)を発表している。

ケプラーが第一法則、第二法則を求めるさいには膨大な計算をしている。しかし、第三法則の時は楽であった。発明されたばかりではあるが、対数を計算に使えたからである。のちにケプラーは、1624年には『対数計算法』を表して、また「対数の出現が天文学者の寿命を2倍にした」と述べているほどである。

ジョン・ネピア(1550-1617)が対数を発明したのは、1614年のことである。その発端は、1590年にスコットランド王ジェームス6世の侍医クレイグ博士が、ペーン島を訪れたおりチコ・ブラーエから、乗除が和差になる方式を聞いたことにある。これは三角関数の公式をつかった簡易型で当

時の天文台では広く使われていた。チコの天文観測は占星術とも結びついていたし、若いときから化学実験に関心があったチコはウラニボルグ城を錬金術の実験室にもしていた。言い換えればこの城は最も古い総合科学研究所であり、多くの学者が訪れる場所であった。

ネピアは、『対数を使う手引』(1614)、『対数表作成の過程』(1619)に対数をまとめている。しかし、対数は必ずしもすべての学者がすぐに受け入れたわけではなかった。ネピアが対数にとりかかるキッカケを与えたのがチコであり、彼の弟子であるケプラーが、チコのデータを取り扱うのに対数を使ったというのも、二人は隠れた縁でつながっていたと言えよう。また、コペルニクスの地動説を受け入れなかったチコの火星観測データが、ケプラーによって地動説の証拠となったのも皮肉ではある。

400年後のダイヤゴナル副尺目盛

実は、ダイヤゴナル目盛の発明者はヘブライの数学者、レビ・ベン・ゲルソンで13世紀に遡ると言われている。それらは航海用のヤコブスタッフやアストロラーベに採用された。いずれも恒星や太陽の位置を測定するインスツルメントの一種であった。しかし、幅広く使われたのはチコ・ブラーエの天文観測器具である。その同じ副尺を、400年後の日本の電気計器に見ることができる。

現代では副尺といえば、ノギスに使われているパーニア目盛を連想するが、パーニアが発明は1631年で、フランス人ピエール・ベルニエによる。しかし、このパーニアには、主メモリと副目盛は密着してスライドするような工作精度が必要である。ダイヤゴナル目盛のほうが作りやすく、簡単な構造で融通性があったと考えられる。

1800年当時の伊能忠敬の象限儀などにも採用され、次にのべる電気計器にはつい先日まで使用されていた。

1. 標準用電気計器

1980年代まで作られていた標準用電気計器には細かに読むために副尺が使われていた。これは



図4 標準用計器DLS(1981年まで製造)
外形40cm×40cm,重量11kg

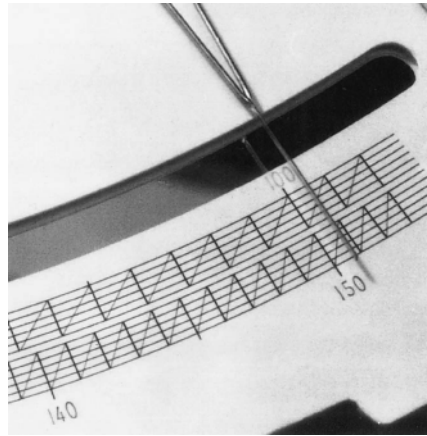


図5 標準用計器ダイヤゴナル目盛
(目盛は手書きであった)

指針のある電気計器としては最も大きい。大学や企業の工場に一台ずつ納入され、二次標準器の役割を果たした。この標準用計器をもとに各機関では、内部の電気計器を定期的に校正していた。この標準用計器はデジタル電圧計やデジタル電圧発生器が開発されて置き換わるまで、広く使用されていた(図4)。

副尺の構造は、チコ・ブラーエの壁面象限儀に使われていたダイヤゴナル目盛と同等である。計器の精度は0.2%で、目盛長310mm、目盛は直読できるように最小目盛の1/5が読めるダイヤゴナル目盛が採用されている。刃型指針が使われ、目盛盤の裏にはミラーが取り付けられていた。指針の影が映らないように真上から見て、視差(パララックス)をさける構造である(図5)。

電気計器にダイヤゴナル目盛を採用したのは、1882年米国のエドワード・ウエストンと言われている。0.1%級の高精度の電気計器が完成したときに、細かに読める副尺が必要になったためであろう。

2. 天文とエレクトロニクスの「はざま」に

同じダイヤゴナル目盛を使用したインストルメンツでも、天文台の四分儀と、電気計器には大きな違いがある。天文台の観測機器は、あくまで恒星の位置を角度で正確に測定することである。しかし、電気計器では電流を正確に測ることにある。

すなわち、電流を計器の内部のコイルに流して指針を動かして、その振れから目盛を読んで間接的に電流値を知る。したがって、電流と角度の対応がキーポイントで精度に影響する。このために標準用計器では、実際に電流を流して指針の振れ角に合わせた目盛を作る方法が取られた。直流電気計器は原理的には、電流値と振れ角が正比例するが、内部の磁石構造や磁束分布の不均等ため、電流と振れ角とがわずかに比例からずれることがある。とくにゼロとフルスケール付近はそうである。そのわずかな差は目盛を手書きしてカバーしていたと考えられる。

今では、時間の基準はセシウム原子の振動数になった、精密なエレクトロニクス電子時計ができたから、そこから自動的に暦ができる天文観測など不要と思われる方もあるかも知れないが、人が生活する地球は天体の一部である。春夏秋冬は地球と太陽の位置で決まる。毎日見るカレンダー、暦はあくまで天体観測に基づいて決めるのであって、ときおり閏秒を挿入して、時間と暦の差を調整しているはずである。

<参考文献>

- 1) 志賀浩二『数の大航海』日本評論社(1999)
- 2) Victore E.Thoren, "The Load of Uraniborg", Cambridge Univ. Press(1990)
- 3) 松本栄寿「精密電気計器における細密読みとりの歴史」電気学会論文集A, 117 A 7, 740/748(1997)