

天文学の歴史的展開に対する一考察

前山 保 勝*

1. 序 論

巨視的に見ると、一般自然科学の歴史的変遷は、それがより精密になる展開過程のように見える。

正確な思考法は、一度生ずると常に残留しその後退は決して起り得ない (K. Menger その他) という論は、定量を主体とする一般自然科学の発展において、かなりな信憑性を持ち得るであろう。唯一の精密科学である数学を除くと、科学をより精密にする手段は実験と観測であり、実験値と観測値が既存する限り、それによって到達した精度認識の水準が後退することは有り得ないように思われる。

天文学史の多くの専門書は、例えば Copernicus, Kepler, Newton 等の業績を歴史的に大きな山のように解明するが、もし精度認識の度合に後退がないとすれば、それ等の中間期は新理論の拡散または検証の時代でなければならない。しかし当時の文献を見ると、これらの年代にもまた多くの理論が既存の理論の上に乗って発生し、夫々の時点において夫々の新理論が常に最も有力であるか、少なくとも既存の理論と同等に位置づけられている。この位置づけは時代の移行と共に変遷し、天文学が運動学から運動力学として定着した年代以後においては、後退期とか非生産的な時代としてさえ説明されがちである。

観測科学の全ての理論は夫々特定の定量的領域を明確に持っており、その限界内で新理論の発生に対し特定の影響力をまた定量的に放っているはずである。そしてこの影響力は、当時の各理論の位置づけから見て僅少ではなかったはずである。この様に考察してみると、天文学史を不連続的展開として説明しがちな一般論において、中間期の存在意義がその前後の山に吸収されているのではないか、という疑問が必然的に提起される。

理論の発生過程の解明には、その時代が最も要求したものが最も有力な尺度になるはずであり、或る長い期間に或る特定の尺度が共通して適用され得るなら、その間の歴史的展開を連続的過程として解明し得るように思われる。

天文学を観測科学として認識する度合は時代と共に変遷するが、理論と観測との間には一般に次の様な展開可能性がある。

- 1) 組織的観測が行なわれず、理論と観測は比較的弱い連関性を示す。
- 2) 組織的観測によって既存理論の正否を験する。
- 3) 理論が観測値に対し系統的誤差を示す場合、理論に含まれる従属変数を変える。
- 4) 従属変数を組織的に変えても系統的誤差が消えない場合、新観測値を主体にして新しい従属変数と仮説から成る新理論を導き出す。

天文学を観測科学として認識する度合が弱い 1) の段階においては、夫々の時代の特性因子により解明しなければならないが、組織的観測に始まる 2) 以後の段階においては、天文学の展開を観測精度の函数として表わし得るはずである。この場合観測自体が系統的誤差を含まないなら、理論の精度変遷は、現代の理論値を中心にして略相似的に散在しながらそれに近似していく、観測誤差の変遷過程として捉え得るはずである。この段階は、遅くとも Tycho Brahe の組織的観測によって高度に確立されたと考えられる。これは、その後彼の無数の観測値を無視した新理論が皆無である事によって証明される。

惑星位置の観測値と視差・気差・観測地の緯度等の独立変数とから、軌道上の惑星位置が求まり、この位置を再現すべく、仮説と平均経度・近日点の位置・離心率等の従属変数とから成る従属理論が導かれる。現代の理論値に対する誤差が小さい惑星に無視すると、Tycho Brahe 以後の惑星理論の誤差は、離心率誤差変数略比例する。

$$\Delta l \cong \Delta v \cong 2\Delta e \sin \alpha, \quad |\Delta l|_{\max} \cong 2|\Delta e|.$$

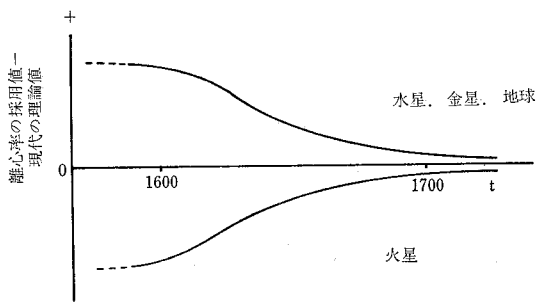
l : 真経度 v : 真近点距離

e : 離心率 Δ : 現代理論値との誤差

即ち、惑星理論の精度の歴史的展開は、近似的に離心率に対する採用値の変遷過程に帰着する事になる。

離心率の採用値は、一般に太陽に近い惑星についてのみ正か負の系統的誤差を持ちながら時代と共に変わっているが (図参照)、これは、離心率を導く過程において、何れかの因数が系統的誤差を包含している事を意味する。何故なら、もし系統誤差が無ければ、夫々の離心率の誤差は正負共に同じ確率で散在し、その帯幅は観測精度のみによって決まるはずであるから。全ての惑星理論には、特定の地球運動論が前提となるため、地球軌道の離心率の採用値の系統的変遷が、少なくとも Tycho

*Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main



Brahe 以後の惑星理論の歴史的展開を解明する最も有力な手段になる様に考えられる。

2. 本論

上述の様な考察から始めた分析：

“Hypothesen zur Planetentheorie des 17.

Jahrhunderts”,

Frankfurt a. M. 1971,

“On the Order of Accuracy of Kepler's Solar Theory”,

Vistas in Astronomy (ed. A. Beer), 1973,

“The Historical Development of Solar Theories in Late Sixteenth and Seventeenth Century”,

Vistat in Astronomy (ed. A. Beer), 1973,

を大要すると、ほぼ次の様になる。

2.1. 観測科学としての天文学の発達は、遅くとも16世紀末の組織的観測の重要性に対する認識に始まり、その後、観測精度に対する認識により加速されている。即ち、地球運動論は、独立変数に対する認識の度合に並行して、現代の理論に収斂してきている。

2.2. 地球運動論は独立および従属変数の相互関係において分析され得、個々の小さな因子を無視すると、その歴史的展開は、視差および気差の独立変数値と共に変わっていった離心率の採用値の函数として、定量的に再現され得る。

2.3. Tycho Braheは、Aristarchosの太陽視差観測値約3'を再験せず採用し、また気差を独立変数として求めず観測値と彼の理論値から出る太陽位置の差、即ち従属変数として求めている。それ故、彼の太陽気差に対する値には太陽視差に由来する誤差があり、彼の月および星に対する気差とも異なる。このため、Tycho後の理論の飛躍的展開は、独立変数としての視差と気差の観測およびその精度に依存している。

2.4. 地球軌道の離心率の採用値は、近似的に現代の理論値と太陽視差の採用値の和として、またより正確には、視差と気差の採用値の簡単な函数として再現され得る。故に、地球運動論の精度は主に太陽視差に対する採用値の減小と共に上昇している。

$$e' \cong e + 1.26[r \cot a + r'_{h=a} + (p' - p) \cos a] \cong e + p' > e,$$

(図参照)。

e : 地球軌道の離心率

r : 気差係数

p : 太陽視差

$a = 90^\circ$ - 観測地の緯度

$r'_{h=a}$: 太陽高度 $h = a$ に対する気差の採用値

e', p' : 理論による採用値

2.5. 地球(太陽)運動論の精度変遷は、夫々異なった離心率を採用しながら不連続的に展開した次の3段階に分けられる。

A. 太陽視差(3')と気差に対する Tycho の値を採用した期間(1590年頃より1670年頃迄, Tycho, Longomontanus, Kepler, Boulliau, Wing その他)。

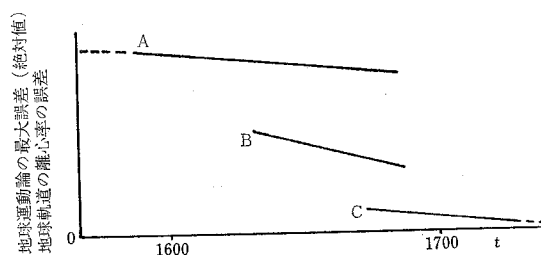
B. ほぼ正しい視差観測値(15''-30'')と気差に対する Tycho の値を採用した期間(1640年頃より1680年頃迄, Horrocks, Wendelin, Riccioli, Streete, Mercator, 初期の Flamsteed その他)。

C. 視差, 気差共にほぼ正しい値を採用し始めた年代(1680年以後, D. Cassini, Flamsteed, Halley, Newton その他)。

夫々の段階 A, B, C 内の緩慢な精度上昇は、既存データの処理における精度上昇と一般幾何学法の発達による。

2.6. 理論を特定の仮説、独立および従属変数から成り立っていると定義すると、個々の理論全体としては、既存の観測値に対して何れも全く、または殆ど系統的誤差を示さない。これは、観測誤差(Tychoの太陽高度測定の場合 $+15'' \pm 40''$)により+-の可成りな幅を持つ帯状範囲が生じていたためであるが、また同時に観測値処理に対する精度認識が一般にその水準迄到達していた証にもなる。

それでは、系統的誤差を示さない既存の理論に対し、新論を打ち出した動因は何であったのか? 非系統的誤差から生じた、既存理論に対する不信である。この段階で新理論を立てる場合、Horrocks 以外の全ては一見決定的な誤りにも見える、しかし既成のもの全てを包含しそれを克服しようとする事から生じた思考をしている。即ち、既存の観測値は正確であり(観測科学の初段階)、理論と観測の不一致は理論が誤っ



ているためであると考えて、従属変数と仮説を個々に分析せず理論全体を新理論で置換している。多くの新仮説を生み出す幾何学的点線は無数にあり、無数の観測値からは無数の新しい従属変数を計算し得た。故にこの段階における理論の精度上昇は既存観測値の処理法のみならず各群 A, B, C 慢内での精度上昇は緩な傾向を示す。既存の観測値に対する不信と理論の本質的解体分析は、1670年頃より漸やく具体化し、一般の精度上昇と共にKeplerの面積仮説の検証に連なる。

2.7. Aからの決定的な展開は、観測自体の認識から観測精度の認識への移行による。これは、視差、気差等の独立変数値に対する懐疑とそれらの新観測に始まり、飛躍的な観測精度上昇の必然的結果として B, C が不連続的に展開する。例えば、Keplerは太陽視差の推定値 $1'$ と高精度の気差計算値を出しているが、彼の大系の理論には結果的に双方共導入されていない。それは、これらを独立変数とした場合、Tabulae Rubolphinae はの Tycho 観測値に対してさえ大きな系統的誤差を示す事で証明される。

2.8. 惑星理論は特定の太陽理論を前提とするため、その歴史的展開は、地球軌道の離心率の採用値、大勢的に言えば、太陽視差の観測とその精度の函数として定量的に把握され得る。木星および土星の離心率の採用値に系統的誤差が殆んど認められないのは、太陽迄の距離が大きく太陽視差の誤差の影響が小さくなるためである。後世の Flamsteed と Halley, De La Caille と Lalande 等に見られる太陽理論に依存する惑星理論の展開過程は、Horrocks の op. posth. にその明確な原型として示されている。

3. 終論

上述の考察から生じた主要な結果は、次の様な点にあると思われる。

3.1. 遅くとも16世紀末以後の天文学の発展においては、精度上昇が最大の問題であり、到達した精度に対してはほぼその時点において不満が発生している。これは観測科学としての天文学の認識とその度合の上昇に起因し、必然的結果として精度上昇は間断無く起きている。

証左材料は無数にあるが、水星理論の変遷はそれに対する恰好な例となる様である。水星経過の観測において Gassendi が Kepler の予言に対する誤差 5h を確認した時、過去の水星理論の一般的誤差 1d に比し、時代は Kepler の精度に驚嘆した、と同時に Kepler 理論の不正確さに対して強い批判が出、時代は水星理論と取り組み (Schickardus, Hortensius, Boulliau その他)、夫々の成果を、観測を可能にした Kepler ではなく、新理論を可能にした観測者 Gassendi に捧げてい

る。後世の Halley, Lalande, Leverrier 等の水星運動論に対する苦悶も、本質的には同質のものであるはずであり、“Astronomy is at present most of all defective.” (Halley) の様な言は各時代随所に散在している。

3.2. 或る時代を解明する場合、その時代の追求対象が最も有力な尺度となり得る。16世紀末以後にこの尺度を適用すると、天文学の歴史的展開は、精度認識の連続的変遷過程として定量的に把握される。歴史的展開は、夫々の時点において、既成の静的形態から動的形態が発生、これがまた静的態形に移行する過程であり、全ての時点はそれ自体始点の様に思われる。

この様に考察すると、Copernicus, Kepler, Newton の間に無数の存在が浮き上がり、それらの中間を埋めていく様に見える。Tycho は観測を導入したために Copernicus の地動説を拒否し、彼の観測と理論は Kepler の仮説を生み、その後の新観測から発生した多くの新理論の精度は、天文運動学を運動力学に移行させ、万有引力の仮説とその検証に連なる。史的変遷は、夫々の時点が直接神に連なる (L. v. Ranke) 連続的展開であり、孤立して見える所産はそれ以前の歴史的展開過程によって説明される。

3.3. 観測科学としての天文学の認識度は、Tycho の組織的観測と共に高度な科学的域に到達したが、それ迄の展開過程、即ち組織的観測の歴史的要因は、未だ充分に解明されていない様に思われる。Copernicus その他にも確実にイスラム文明が導入されている事が徐々に知られてきたが、当時の社会的背景およびイスラム、中世、ルネサンスの関係において分析するならば、それは膨大な問題を含んでいるはずである。

ルネサンスの時代に対する解釈自体も、中世に対する不理解の度合に依存しながら変遷してきているが、これは自動的にアラビヤ文明に対する偏見に起因する。これ自体はまた、ヨーロッパにおける自我の歴史的展開の原因と結果を同時に合わせ持っているはずである。ルネサンスの理解度に対するアラビヤ系およびその他からの影響は極度に少なく、ヨーロッパにおける高度の自我の展開は、現象をより定量的に見る過程、科学精度上昇の独自の所産として感知され得る様である。

歴史自体も観測科学であるとする、史的現象の再現においてもまた精度の上昇過程がなければならない。問題の完全解明は存在せず、あるのは尤もらしさが上昇する過程 increase of plausibility であり、これに対して我々が必要とするものは、重複の多い broad interpretation ではなく、短いしかし明確な specific research であるはずである。

Duhem, Sarton, Needham 等の業績の結果的意義と同