

基本星表

安田 春雄*

1935 年以来長い間、天体標準位置を示す基準として、天体位置測定、時刻観測、測地、更に固有運動の決定等に大きな役割を演じてきた FK 3 星表の使命を受継いで登場した FK 4 星表が、今年 7 月出版されたことは、位置天文学にとって一つのエポックを画するものである。一口に星表といってもいろいろの種類があるが、FK 4 星表はその中の天体位置の総合星表である。

(I) 基本星表と天体基本座標系

天文学家は FK 4 星表を基本星表と呼ぶが、基本星表とは一口にいえば、天体位置の基本座標系を示すための星の位置と、その座標系の動きを示す量を含んだ星表である。

天体位置を示す座標には、赤道座標、黄道座標、銀河座標等が使われているが、赤道座標は最も簡単な幾何学法則のみを使い、又余り面倒な理論にたよることなく、非常に高い精度で天体位置を測定し表示できるから、基本星表では天体位置は赤道座標で示される。

基本星表は天体位置を示すための基本座標系を定義するものであるから、そこに含まれている星（基本星）の赤経赤緯は、赤道座標の基準面を示す天球上の赤道と、その面内の基準点即ち赤経の原点としての春分点を定義するものでなくてはならない。又赤道、春分点、及び星はたえず動いているから、ある時期で決められた座標系を、他の任意の時期の座標系に直せなくては実際の役に立たない。したがって基本星の固有運動と歳差はよく知られていなくてはならない。前者は基本座標系内での星の位置の変化の時間的割合で、絶対固有運動と呼ばれ、後者は座標系の空間での動きを示すもので、国際的にニューカムの歳差常数が採用されている。

座標系を直接示す赤道や春分点は直接観測できるものでないから、基本星の位置と固有運動及び歳差常数の三つの要素が組合さって初めて、ある一定の時期にある一定の春分点に対し決められた基本座標系を、他の任意の時期の任意の春分点に対する基本座標系に変換でき、いついかなる時にも最初に決められた基本座標系の性格を変えることなく変換できる。

さて天体の基本座標系は如何に決められているか考えてみよう。理論上は“運動の法則のよく知られたいくつかの天体の組合せから決定できる。” そのためどのような天体を採用するかは当然天文学の歴史的発展の過程

に左右された。天文学は実際上の応用の面から進められたから、銀河系外星雲とか微光星は当時の望遠鏡の能力外として問題にされなかった。しかし残りの天体のどの種類もそれだけでは天体座標を構成できない。例えば太陽系の天体は力学の法則に基く厳密な天体座標系を与えるが、いついかなる時でも又地球上あらゆる場所から見るができる必要性を満足することは不可能であり、光度の明るい星は天文座標系の基礎となる理想的な対象物ではあるが、これを座標系として採用する前に、自分自身の運動を研究するための座標系が必要である。したがって自然発生的に、太陽系の天体と明るい星の両方が提供する特徴を組合せて天体座標系は確立された。前者から力学法則と合致するように座標系を確立する手段を知り、後者はその座標系内に必要数だけの基準点を与える。このことは又太陽系天体と明るい星を同じ方法で観測することを必要不可欠とした。——このように観測された太陽系天体の位置と力学法則から計算した位置を比較して、力学理論で要求される春分点や赤道が太陽系天体の観測された位置と一致するようにすべての明るい星の観測位置を調整して、天体基本座標系を明るい星で具体的に示す。このような一連の観測を次々と繰返してゆくと、太陽系天体の運動についての知識が改良され、明るい星の位置の変化が積み重ねられ、だんだん座標系の動きやその中の星の運動の知識がふえ、天体基本座標系の任意の瞬間の位置やその運動が完全に知られる。

このような座標系は力学座標系と呼ぶべきもので、ニューカムの昔より天体基本座標系決定の不変の原則である。

このような基本座標系を決定できるのは子午環観測によるのみである。周極星の上方及び下方通過から北極（又は南極）の位置を決定し、これから 90° 離れた天球上の大円を赤道とする。この赤道が、太陽系天体の観測と力学理論の比較から決定される赤道と一致するよう調整する。一方太陽系天体の観測から春分点も決まる。同時に観測される基本星はこの座標系に結びつけられる。したがって基本星の位置は完全に独立に決定される。各子午環でこのように決められた星の位置をまとめたものが所謂独立観測星表である。しかし各子午環に固有な系統誤差や局地的気象条件に左右される系統誤差が徹底的に研究され観測星表から除かれているとはいえ、依然として内在しているから、基本星表は各子午環の絶対観測星表の平均として求められている——過去永い間に生み出された多数の非常に精度の高い観測星表を組合せて求

* 東京天文台

H. Yasuda; Fundamental Catalogues.

める。この時直面する最も重要な問題は、可能な限り最上の誤差のない位置と固有運動を知ることができるよう、観測資料を如何に組合せるかである。

基本星表作成の原理を要約すれば (1) すべての観測星表を、同じ赤道と春分点を持つよう統一する。(2) 異なった子午環で大体同じ時期に得られた星表の組合せから得た星の位置を、夫々の時期の基本座標系に基く星の真の位置と考える。これによって、すべての子午環に共通なもの以外の、各観測星表に内在する系統誤差を除き、その影響を最小にする。(3) 二つ或はそれ以上の異なった時期での基本座標系に対して決められた星の位置を直線で適合する。この直線の示す常数項が基本星表の平均元期での位置を、直線の傾斜が固有運動を示す。かくて得られた天体座標系は現存の観測データから得られる最上のものである。

基本星表は、時刻・測地・宇宙空間・固有運動等、その他諸々の天文学の分野で多種多様な問題の研究に役立っている。例えば固有運動は視差決定の基礎材料を与えるが、その距離の尺度は固有運動系の良否に直接左右される。又固有運動の解析から、銀河回転の速さや太陽の銀河中心からの距離等の知識を与えるが、その固有運動に系統誤差があれば、いつわりの知識を与えるから、基本星表の固有運動に厳密に結びつけられていなくてはならない。固有運動の精度とそれがどれだけ系統誤差をまぬかれているかの程度が、あらゆる研究の信頼度を定めるから、これらの研究で希望されるどんな改良も、基本星表の中の固有運動の改良を通してのみ実現される。

(II) 基本星表の歴史と近代星表

世界最初の基本星表は 1830 年ベッセルが刊行した *Tabulae Regiomontanae* である (天文月報 49 巻 28 頁参照)。これにつぎ殆んど同時代に現われたニューカム、アウエル、ボスの三人は近代基本星表の開拓者である。

表は現在までに刊行された主な基本星表を各系列毎にまとめたものである。但し ΔE と $\Delta \delta$ は夫々各星表の春分点と赤道を示し、年代の古い星表の記号が記されているものは、その古い星表の値をそのまま使用したことを示し、自身の記号を持つものは、その星表で独立に新しく決められたことを示す。

現在近代星表と考えられているものは、GC, N 30, FK 4 の三つの星表である。これら各星表はその編さんの目的によって規模や精度が異なる。GC は恒星天文学の要望に合致するようできるだけ多数の正確な固有運動を集めて、恒星運動研究の資料として役立つことを目的とした。GC は FK 3 と時を同じくして出版されたが、両者の座標系はかなり異なったものであることが時の経過と共に明らかとなり、GC の固有運動に欠点があることが認められた。しかし GC の固有運動は過去において恒星運動の統計的研究の資料として役立つ、今日の銀河回転や銀河構造の知識がこれに負うこと多大であることは御存知の通りである。

モルガンが N30 の編さんを思いついたのは、天体基本座標系を示すに、FK 3 に含まれる基本星の数では不十分で、もっと多くの基本星を必要とする考えに基づいている。彼は近代子午環観測を集め、1930 年頃に元期

基本星表

	著者	記号	平均元期	基本星の数	基をなす観測星表数	ΔE	$\Delta \delta$	註
1	ニューカム (S. Newcomb)	N ₁	1840	32	20	N ₁	—	+40° ~ -10° の α のみ
2	ニューカム (S. Newcomb)	N ₂	1865	1257	43	N ₁	N ₂	
3	アウウェル (A. Auwers)	FC	1865	539	8	N ₁	Pu 65	-10° より北の空
4	アウウェル (A. Auwers)	A _s	1880	499	30	N ₁	A _s	-10° より南の空
5	ピータース (J. Peters)	NFK	1870	925	90	N ₁	NFK	
6	コプフ (A. Kopff)	FK 3	{1900 1905	873 662	77 —	FK 3 FK 3	FK 3 FK 3	アウウェルの星 追加の星
7	フリッケ (W. Fricke)	FK 4	1930	1535	76	FK 3	FK 4	
8	ボス (L. Boss)	B ₁	1850	500	57	—	B ₁	緯度観測のため編さんしたものであるのみ
9	ボス (L. Boss)	B ₆₂₇	1870	627	65	N ₁	B ₆₂₇	
10	ボス (L. Boss)	PGC	1870	6188	82	N ₁	B ₆₂₇	
11	ボス (B. Boss)	GC	1900	33342	238	GC	GC	
12	モルガン (H. R. Morgan)	N 30	1930	5268	60	GC	N 30	

但し ΔE (FK 3) = N₁ - 0°050 ΔE (GC) = N₁ - 0°040

Pu 65 は 1865 年のブルコボの観測星表

を持つ星の位置を求め、1900年頃に元期を持つ GC の位置と比較して固有運動を求めた。GC の改訂や GC の固有運動の吟味が不十分のため、厳密な意味で基本星表と呼ぶことはできないといわれている。このような時に FK 4 が最も近代的基本星表として登場してきた。

(III) FK 4 星表の由来

この星表は、アウウェルに始る一連のドイツ学派の流れを汲むもので、その四番目の基本星表であるから Fourth Fundamental Catalogue (FK 4) と呼ばれる。

1863年ドイツ天文協会が設立されるや、北天の9等より明るい星の国際協同観測の大事業 (AGK 1) が企てられ、そのための基準座標系を与えるために編さんされたものが FC と略称される基本星表である。ついで南天の星の位置の掃天が企画されると共にアウウェルは、これを南天に拡大した (A 8)。1907年ピーターは当時の新しい観測星表から求めた FC の系統誤差を考慮に入れ、新しい基本星表 NFK を出版した。これにより FC は南天迄拡張され、基本星の位置及び固有運動は大幅に改良され、今日の FK 4 星表の礎となった。しかし NFK も固有運動の悪さにより年と共に新しい観測と合わなくなった。一方では 1900 年以後すぐれた観測星表が数多く出版され、大いに改善される見込が果たし、前述の天文協会の企画による協同観測後 50 年を経過したので再観測 (AGK 2) が企画され、この目的のためにも NFK では不十分と考えられた。かくて生まれたものが FK 3 である。FK 3 は当時最高の基本星表と考えられ、1940 年以後すべての天体歴に採用された。

FK 3 の完成後、多くの観測星表がぞくぞく出版された。その中には南天の重要な観測星表や N 30 の編さんに間にあわなかった最も新しい観測星表もある。これらの観測星表と FK 3 から計算される星の位置の不一致が年と共に増大したことは FK 3 改訂の必要を認識させた。又一方基本星表の正確さを本質的に損なうことなく、できるだけ多くの星を基本星表に加えることが望ま

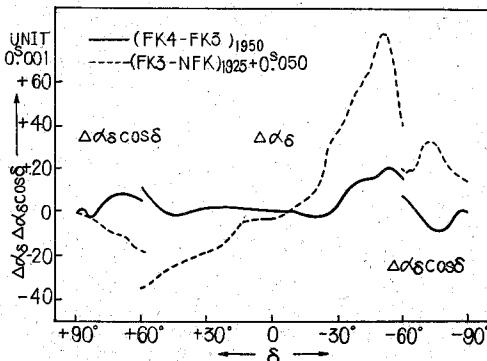
れ、1952年のローマでの IAU 総会でも決議された。しかし FK 3 の改訂と規模の拡大を同時に行なうことは、余りにも膨大な仕事と労力を必要とする。そこで FK 3 の改訂は FK 3 に含まれる星に限ることとし、基本星の数を増すことは将来の問題とした。前者が「FK 4」で後者は「FK 4 Supp.」である。FK 4 は又 AGK 3 の整約に使われている。

(IV) FK 4 星表

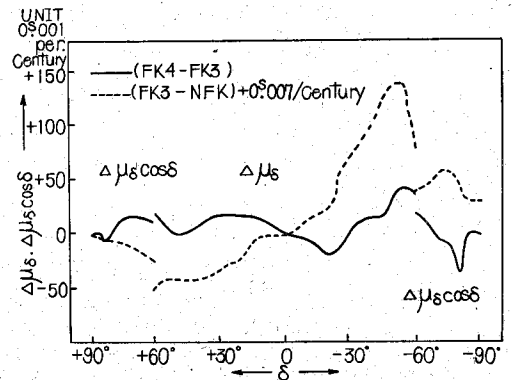
基本星表を編さんするには、先ずその星表の示す座標系の原点 (春分点) と基準面 (赤道) を定義しなくてはならない。春分点は太陽系天体の観測位置と力学理論から決められた位置の差を、昔から利用できる材料も再吟味しながら調べた結果、FK 3 の春分点をそのまま採用することとした。赤道を決めるには、太陽系天体の観測から決定された観測星表の赤道と力学理論から決められた赤道とのずれ、及び観測星表の赤道帯の基本星の位置の FK 3 星表からのずれを組合せて、FK 3 星表の赤道帯の基本星の位置の力学理論から決めた赤道からのずれを求め、すべての観測星表から求めたこのずれの平均値をもって、FK 3 の赤道のずれとした。その結果 FK 4 の赤道の位置は $-0^{\circ}017-0^{\circ}097$ (T-1928.4) (T の単位は 100 年) だけ FK 3 星表の赤道の位置からずらしてある。

FK 4 の座標系を示す基準点としての基本星の位置は、FK 3 から計算された基本星の位置の観測星表に対する補正量として決めた。この補正量は、個々の基本星に固有な各個差と、天球の一定の領域に共通な系統差の和と考えられる。系統差は座標系の歪みを示すものであるから、基本星表の編さんの時特に重要である。

最初に、可能な限り歪みのない座標系——FK 4 系——を求めるにはどんな材料を使うべきかの問題がある。FK 3 の星の位置が悪いのは主にその固有運動の誤差によるもので、現在の時期が FK 3 の元期から非常に離れていることが、その原因であることからみて、できるだ



第1図 赤緯による基本星表の間の赤経の差



第2図 赤緯による基本星表の間の固有運動の差

け現在に近い時期にFK 4の平均元期をもってくるのが望ましい。又古い観測星表を考慮に入れることは近代の観測技術で避けられている誤差を導入し、精度を上げることに役立たないから、赤経で1918年～1958年(平均元期1935年)赤緯で1900～1958年(平均元期1925年)の間の観測星表を使った。

FK 4系を決めるに使われた観測星表は、赤経についていえば、北半球の天文台の星表16箇と南半球の天文台の星表9箇である。南天の星表は唯一箇のゴールドバ星表以外はすべてケープ天文台の星表で、しかも両天文台の結果はかなり異なっているから、南天でFK 3が非常に大きな補正を必要としているかどうかは非常に不確実である。これが南天の基本星の観測が特に望まれる理由である。

FK 4の固有運動系の決定には、プルコボ、ワシントン6吋、9吋、ケープの四つの子午環の観測星表のみからきめられた。グリニジの観測星表からきめられた固有運動系は、お互に非常によく一致しているが、上に述べた北天の三つの子午環から夫々きめた固有運動系からはかなりずれているから考慮に入れられなかった。南天についてはケープの材料しか固有運動の決定に使えないから、その固有運動系は不確実である。

FK 4系を位置及び固有運動に関してきめるに当り、

新刊紹介

世界大思想全集第2期第31巻(ガリレオ、ケプラー編)、(B 6, 310頁, 450円, 河出書房新社, 昭和38年)

近代天文学の建設はケプラーと、ガリレオの研究にはじまるということは私たちのよく知っていることである。しかしこの有名な2人の天文学上の研究論文、または著書というものは、いままでガリレオのいわゆる「天文対話」のほかには、短かい引用をのぞいて、日本語で読むことはできなかった。それゆえ、本書は非常に貴重な文献といえよう。

ガリレオの部は人文科学研究所の藪内清氏が訳文に関する責任をとられ、イタリア語版の全集によっている。ガリレオ編では、何れもガリレオの望遠鏡観測に関する「星界の報告」と「太陽黒点論」中の2書簡の訳文が示され、ガリレオが観測事実を如何に鋭く解釈したかが興味深くのべられている。細い月の暗部のうすあかりの原因の解明や(本書p. 15)、太陽黒点は実は月よりも明かるいことの証明(本書p. 40)などは彼の天才と、論証法の例として特に興味深く、また今の読者、すなわちそんなことをうのみにしているわれわれに反省をうながすものでもあろう。

今日では同じ望遠鏡で観測された星表は、一つの星表から次の星表に移るにつれてかなりの変動を受けることが知られているが、いろいろの望遠鏡の間の相違の方が一般に大きく不規則なものであるに鑑み、夫々の望遠鏡毎に位置と固有運動を求め、その平均を取ってFK 4系を決めた。

FK 4の誤差をみてみると、100年についてのその固有運動の誤差は、平均元期での位置の誤差の大体3倍であるから、今日ではFK 4の基本星の位置の誤差は、平均元期での誤差の約倍になっている。基本星表の寿命が出版後約25年と云われるのも当然であろう。

図はFK 4とFK 3の赤経及び赤経方向の固有運動の系統差を示し、FK 3とNFKの系統差も同時に示されている。この図を見ておどろくことは、赤緯が北の65°と80°の間では、FK 4はFK 3よりもNFKとよく一致していることで、これはFK 3を編さんする時、各望遠鏡の観測星表に与えたウェイトの取り方が悪かったためであろう。

FK 4星表は1960年迄の子午線天文学の業績を反映したものであり、基本星表の改善こそは子午線天文学に従事する者や星表の編さん者にとって尽きることがない永遠の課題である。

ケプラー編は本書の93～293ページを占め、島村福太郎氏が訳文の責任者となっておられる。有名なケプラーの惑星運動第1、第2法則が発表されているいわゆる「新天文学」の献辞と序文および、第3法則が発表されているいわゆる「世界の調和」から主としてその第4、第5巻が収録されている。

今本書によって「世界の調和」を読み返してみると、よくこれはケプラーの神秘的一面を示す著書といわれているが、それと共にケプラーが惑星運動の法則の奥に存在するものを知ろうとつとめたものであることがよくわかれる。力学が成立していなかった当時として、その人柄にもよるであろうが、ケプラーは音楽学的調和論に深かりしてしまった。そして有名な第3法則がほんのそえもののように取りあつかわれていることも興味深い事実である。

本書の295～310ページは訳者代表の藪内、島村両氏がそれぞれ分担執筆されたガリレオとケプラーの略伝とその業績に関する解説である。周知のように両氏はともに日本における天文学史研究の最高権威者であり、その解説は読者にとって非常に有益なものである。

訳者のご努力と、出版社のご理解に敬意を表すると共に天文学とその発達に関心を持つ方々一人残らずが、本書を是非読まれるようおすすめする次第です。(広瀬)