

天体暦の様式の変更

進 士 晃*

1. 天体暦の現状

はじめに用語の整理をしておく。暦は推算暦 (ephemeris), 天体暦 (almanac), 民間暦 (calendar) に分けられる。推算暦とは筆者の仮訳であるが、ひとつの天体の位置を、ある特定の運動理論と定数系とを用いて、ある期間について連続的に計算したデータであって、必ずしも印刷された本の形式に限らず、磁気テープ等に収められたものでも良い。このデータから天体暦・民間暦が編集されるのであるが、推算暦の第一の使命は、観測と比較することによって、推算の根拠となった理論と定数をよりよいものとすることである。天体暦は各天体の1年間の位置を1冊の本にまとめたもので、すべての天文観測のために計画を立て、また望遠鏡を対象天体に向けるためのものである。とくに航海用に編集したものを航海暦 (nautical almanac) といい、航空用には航空暦 (air almanac) がある。民間暦についてはここでは触れない。

印刷された本の形式としての推算暦の例には、まずエッカート (1954) による Improved Lunar Ephemeris がある。これはブラウンの太陽表の根拠となった運動理論式から直接に計算したもので、1952-59年の月の位置を掲げている。またワシントン海軍天文台からは、外惑星の日心直角座標等、多くの推算暦が出版されている。

天体暦は各天体の推算暦の1年分を1冊の本にまとめたもので、その他の almanac (普通名詞) と区別するために national almanac と呼ぶ。これにはグリニッジ天文台の Astronomical Ephemeris (イギリス暦), ワシントン海軍天文台の American Ephemeris and Nautical Almanac (アメリカ暦), フランス経度局の Connaissance des Temps, スペイン海軍天文台の Efemérides Astrónomicas, ソ連の理論天文学研究所の *Астрономический Ежегодник*, インド気象局の Indian Ephemeris, および日本水路部の天体位置表 (Japanese Ephemeris) がある。これらの多くは Ephemeris という名称を使っているが、これは従来、天体暦のことを ephemeris と呼んでいたことによる。またイギリス暦とアメリカ暦の内容は1960年以来、全く同じであり、アメリカ暦の名前の後半も歴史的なもので、航海暦そのものは1916年に分離して別に発行されている。

これらの天体暦は通常、第一部・第二部・付表で構成

される。第一部は太陽・月・惑星の日心座標と地心座標および恒星日日数・独立恒星数から成る。第二部は天体暦によって多少違うが、恒星の平均位置、太陽・月・惑星の自転に関する諸量、衛星の位置、日月食の予報等を収める。

天体暦に掲げる天体位置の推算方法はすべて IAU の決定に従うことになっており、その具体的な討議は第4委 (Ephemeris) で行われる。現在採用されている推算の基本事項は

- (1) 時刻として暦表時を用いる,
- (2) 定数は1964年 IAU 天文定数系に従う,
- (3) 各天体の運動の根拠として以下を採る,

太陽: ニューカムの太陽表, 月: ブラウンの太陽表の根拠となった理論式, 内惑星: ニューカムによるそれぞれの推算表, 外惑星: エッカート, ブラウワー, クレメンスの数値積分による日心直角座標値, 歳差: ニューカムの値, 章動: ウーラーの展開。

しかしおなじ推算表, おなじ定数を使っても、天体位置を別の人が計算すると、その最後のけたは必ずしも一致しない。これは四捨五入や補間計算等において不可避免に入ってくる差異であって、決して誤差ではない。とは言うものの、各国の天体暦の数値の間に、このような違いがあっては、使用者に無用の混乱を与えるだけである。それで IAU では各国の天体暦はすべて同じ推算値を掲げることとした。1960年に暦表時が天体暦に導入され、そのときから各国の天体暦の第一部は原則としてグリニッジ天文台で計算した値を掲げている。

それでグリニッジ天文台では、イギリス暦第一部の校正の終わったものを、原則として各国に1通づつ、それぞれの暦発行機関へ配布する。これを Advanced Data というが、ここでは仮に早版と訳しておく。早版はだいたい当該年の4年前に送られ、これによって各国はそれぞれの天体暦・航海暦・民間暦等を編集するのである。この意味からイギリス暦第一部は international almanac と呼ばれる。

ただフランス暦だけは、太陽と内惑星の暦にルベリエの推算表による値を掲げることが認められており、フランスはルベリエの表の方がニューカムの表よりも良く合うと自信を持っているようである。

以上が天体暦調製の現状であるが、昨年8月、シドニーで開かれた IAU 総会の第4委員会の席上で、イギリス暦の責任者であるグリニッジ天文台編暦部長のウィル

* 水路部 A.M. Sinzi

On the change of style in the Astronomical Ephemeris

キンスは、将来の天体暦のありかたについてひとつの提案を行った。その大要を次に紹介する。

2. ウィルキンスの提案

(文中でかっこ () の部分は筆者の補足説明)

(1) 改訂の理由 現在のイギリス暦の内容・形式は1931年以来ほぼ踏襲されてきたもので、1960年にアメリカ暦と合併してからはほとんど変わっていない。このまま今後も継続してゆくことにはいろいろと問題がある。

イギリス暦がどのように使われているか、その実態は確実に把握できていないが、その売上げ実績(ワシントン海軍天文台の資料によると、毎年の発行部数はアメリカ暦が10,500、航海暦が40,000、航空暦が32,500であり、イギリスの全く同じ内容のこれら3種の合計が約30,000部となっている。また天体位置表は毎年700部発行している。)から見て、天文学者以外の多くの人々に基本データとして利用されていることがわかる。したがって、現在と同じようなデータの供給を継続することによって、天文学者およびそれ以外のユーザの需要に応ずることは今後も必要と思われる。問題となるのは、これらのデータを、どのような形で提供すれば、ユーザにとって便利であり、かつ製作者にとっても経費が少なくて済むか、ということである。

この点から見ると、イギリス暦の現在採られている調製方法と内容には次の難点がある。

(i) 早版を限られた機関に無料で配布することは、グリニッジ天文台にとって、経費・時間・労力に余計の負担となっており、しかもこれらのデータを必要とする潜在的なユーザへは提供できない。

(ii) 月と惑星の位置のけた数を推算の精度で要求するのは、ごく一部のユーザに限られている。(たとえば天体暦に掲げてある月と外惑星の精度は赤経で $0^{\circ}001$ 、赤緯で $0^{\circ}01$)

(iii) 最高の精度を要求するようなユーザの多くにとっては、データが1年ごとに切れているのは不便であろう。

(2) 改訂の案 以上のような事情から、天体暦としてすべてのユーザの要求に応ずるような内容を1冊の本に盛りこむことを放棄して、次の方法を採用する。

(i) 日心位置・地心位置の詳しい推算暦は天体ごとに分冊とし、期間を切って、たとえば10年分をまとめて発行する。これにはその推算方法の詳しい説明をつける。体裁としては、経費を落すために、たとえば Improved Lunar Ephemeris のような詰めた形の紙装本とする。また、これらの暦は磁気テープでも提供する。この分冊の本や磁気テープは一般に売り出される。このような暦の用途としては、その他の暦類の調製、各種の予報計算、推算値と観測値との比較または新しい理論によ

る計算値との比較が考えられる。

(ii) 年刊の暦は、観測等に便利な形式を採り、たとえば現在の航海暦のように見開きの2ページに各惑星の位置を掲げる。(第1図に示すように、イギリスとアメリカの航海暦は2ページに3日分を掲げ、たて見出しは時刻、横見出しは各天体のグリニッジ時角と赤緯である) また位置のけた数は(望遠鏡を目的の天体に向けての)所要の精度、たとえば $1''$ に止める。この形式では、月や惑星のページ数が現在よりかなり減るから、そのぶんだけ恒星その他のデータを拡充することができる。

このような暦ならば、根拠となる運動理論や天文定数が変わっても、掲げてある数値にはまず影響しない。

(iii) 現在、月の地心位置(赤経・赤緯・地平視差)は毎時値を掲げ、122ページに及び天体暦の1/4を占めている。これを毎日値または毎半日値とし、前記の惑星の位置と併記する。(現在、天体暦に掲げてある月の毎時値は、直接に計算したものではなく、毎半日値から第6次の階差まで採った補間計算から求めている。)小型の電子計算機の普及から見て、各ユーザにとって補間計算はそれほどの負担ではなくなる。

一方、月の(赤経・赤緯・地平視差)の毎時値は5年分くらいをまとめて、別個に発行することも考えられる。

(iv) 年刊暦は2年前に発行する。これによって精度を要しない小型の暦(民間暦等)の調製は時間的に間に合う。また早版として地心暦(赤経・赤緯・地平視差等)を個別に配布する必要もほとんどなくなる。

(3) 改訂の時期 1973年6月現在で、1978年の早版が印刷にかかり、1979年・1980年のデータが調製中である。(イギリス暦は磁気テープから写真植字によって直接に製版されている。)一方、IAUは天文定数系の改訂を1976年の第16回総会に予定しており、これによって暦の推算はかなり影響を受ける。

この2つの事情から、イギリス暦の改訂が実施できるのは1980年または1981年分以降ということが考えられる。(以上でウィルキンスの提案の紹介を終り)

3. ウィルキンス提案についての考察

天体暦はもともと航海暦として発足したのであり、最も早いフランス暦の創刊が1677年、イギリス暦の創刊は1767年である。その後、天文学自身の発展に伴い航海暦は19世紀の終りから20世紀の始めにかけて分離独立し、天体暦の内容もかなり変わってきた。イギリス暦・アメリカ暦の変遷は、グリニッジ天文台とワシントン海軍天文台共編の Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris (1961) に記述してある。この過程で、多くの改廃があったものの、天体位置の推算値をできるだけ高い精度で年刊の本に掲げるという思想は、17~18世紀に航海暦が創刊された時から受けつがれてきたもの

158 1974 AUGUST 11, 12, 13 (SUN., MON., TUES.)																			
G.M.T.		ARIES			VENUS -3.3			MARS +2.0			JUPITER -2.4			SATURN +0.4			STARS		
d	h	G.H.A.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	Name	S.H.A.	Dec.				
11	00	319 04.7	201 57.5	N21 15.7	158 02.6	N 9 06.7	331 23.6	S 6 47.5	214 26.9	N22 13.3			Acamar	315 40.3	S 40 24.0				
	01	334 07.2	216 56.7	15.2	173 03.5	06.1	346 26.3	47.6	229 29.0	13.3			Achernar	335 48.1	S 57 21.5				
	02	349 09.6	231 55.9	14.8	188 04.5	05.5	1 28.9	47.8	244 31.2	13.2			Acru	173 42.4	S 62 57.8				
	03	4 12.1	246 55.2	.. 14.4	203 05.5	.. 04.9	16 31.6	.. 47.9	259 33.3	.. 13.2			Adhara	255 35.7	S 28 56.1				
	04	19 14.6	261 54.4	13.9	218 06.5	04.3	31 34.3	48.0	274 35.5	13.2			Aldebaran	291 22.9	N 16 27.6				
	05	34 17.0	276 53.6	13.5	233 07.5	03.7	46 37.0	48.1	289 37.6	13.2									
12	00	320 03.8	201 39.2	N21 04.8	158 26.3	N 8 52.1	332 28.3	S 6 50.1	215 18.6	N22 12.7			Canopus	264 09.5	S 52 40.7				
	01	335 06.3	216 38.4	04.3	173 27.3	51.5	347 31.0	50.2	230 20.8	12.6			Capella	281 17.7	N 45 58.3				
	02	350 08.3	231 37.6	03.8	188 28.3	50.9	2 33.7	50.3	245 22.9	12.6			Deneb	49 50.9	N 45 11.5				
	03	5 11.2	246 36.9	.. 03.3	203 29.3	.. 50.3	17 36.4	.. 50.5	260 25.1	.. 12.6			Denebola	183 03.5	N 14 42.9				
	04	20 13.7	261 36.1	02.9	218 30.3	49.6	32 39.1	50.6	275 27.2	12.6			Diphda	349 24.8	S 18 07.3				
	05	35 16.2	276 35.4	02.4	233 31.3	49.0	47 41.8	50.7	290 29.4	12.5									
	06	50 18.6	291 34.6	N21 01.9	248 32.3	N 8 48.4	62 44.5	S 6 50.8	305 31.5	N22 12.5			Dubhe	194 27.7	N 61 53.4				
	07	65 21.1	306 33.9	01.4	263 33.3	47.8	77 47.2	50.9	320 33.7	12.5			Elnath	278 49.6	N 28 35.2				
	08	80 23.6	321 33.1	01.0	278 34.2	47.2	92 49.9	51.0	335 35.8	12.4			Eltanin	90 59.3	N 51 29.8				
	09	95 26.0	336 32.3	.. 00.5	293 35.2	.. 46.6	107 52.6	.. 51.1	350 38.0	.. 12.4			Enif	34 15.3	N 9 45.7				
	10	110 28.5	351 31.6	21 00.0	308 36.2	46.0	122 55.3	51.2	5 40.2	12.4			Fomalhaut	15 55.6	S 29 45.1				
	11	125 31.0	6 30.8	20 59.5	323 37.2	45.4	137 58.0	51.3	20 42.3	12.4									
13	00	321 03.0	201 21.0	N20 53.2	158 50.1	N 8 37.4	333 33.2	S 6 52.8	216 10.4	N22 12.0			Mirfak	309 22.1	N 49 46.2				
	01	336 05.4	216 20.3	52.7	173 51.1	36.8	348 35.9	52.9	231 12.5	12.0			Nunki	76 34.0	S 26 19.7				
	02	351 07.9	231 19.5	52.2	188 52.1	36.2	3 38.6	53.0	246 14.7	12.0			Peacock	54 04.3	S 56 49.0				
	03	6 10.4	246 18.8	.. 51.7	203 53.1	.. 35.6	18 41.3	.. 53.1	261 16.8	.. 11.9			Pollux	244 03.6	N 28 05.3				
	04	21 12.8	261 18.0	51.2	218 54.1	34.9	33 44.0	53.2	276 19.0	11.9			Procyon	245 30.4	N 5 17.5				
	05	36 15.3	276 17.2	50.7	233 55.1	34.3	48 46.7	53.3	291 21.2	11.9									
	18	231 47.3	111 07.5	N20 44.1	69 07.9	N 8 26.3	244 21.9	S 6 54.8	126 49.2	N22 11.5			Vega	80 58.3	N 38 45.8				
	19	246 49.8	126 06.8	43.6	84 08.9	25.7	259 24.6	54.9	141 51.4	11.5			Zuben'ubi	137 37.7	S 15 56.3				
	20	261 52.3	141 06.0	43.1	99 09.9	25.1	274 27.4	55.0	156 53.6	11.5									
	21	276 54.7	156 05.3	.. 42.6	114 10.9	.. 24.5	289 30.1	.. 55.1	171 55.7	.. 11.5									
	22	291 57.2	171 04.5	42.1	129 11.9	23.9	304 32.8	55.2	186 57.9	11.4			Venus	241 35.3	10 34				
	23	306 59.7	186 03.8	41.6	144 12.9	23.3	319 35.5	55.3	202 00.0	11.4			Mars	198 22.5	13 25				
													Jupiter	12 24.5	1 50				
													Saturn	255 14.8	9 37				
Mer. Pass.		2 39.3 ^h 2 39.3 ^m			v -0.8 d 0.5			v 1.0 d 0.6			v 2.7 d 0.1			v 2.2 d 0.0					

図 1

で、ウィルキンスに指摘されるまで誰も疑念を懐かなかった。

ここで、もう一度、天体暦の目的・用途を列挙して見る。

(i) 観測との比較による天体力学の検証, (ii) 他の暦の編集, (iii) すべての天文観測の計画および望遠鏡のセッティング, (iv) 位置天文学における諸作業, (v) 測地測量, (vi) 教育, (vii) その他
 ということが考えられる。これらのうち推算暦そのままの精度を必要とするのは (i) と (iv) であり, (ii), (v), (vi) では場合によっては高い精度を求めない, (iii) ではかなり低い精度が許される。

ウィルキンスの提案した分冊の推算暦は (i) と (ii) の一部に充てようというもので、この場合、実際には磁気テープのデータを用いることになるが、やはり印刷された数字として通覧できることが必要であろう。(i) と (ii) の場合には 1 年ごとに切れては不便である。

精度をたとえば 1" に止めた年刊暦は、おもに (iii) を対象としており、併せて (ii) にも使えるとしている。(iv), (v), (vi) に適するかどうかは疑問である。しかし (iv) の場合は天文の専門家が使うのであり、この人たちは自分で便利な暦や表を、分冊の推算暦から編集作製することができる。また (v) についても、測地作業に従事

する人は、位置天文の専門家と接触する機会が多く、必要なデータは便利な形で得られるであろう。つまり (iv) と (v) は広い意味で (ii) に包含される。(vi) の教育の場合は、例として用いるのであるから、すべての時刻におけるすべての天体の詳しい暦を必要とするのではない。

このように考えると、ウィルキンスの提案はだいたい受け入れられるものということになる。イギリス暦以外の各国の天体暦が足なみをそろえてこの方式を採用するかどうかは、全く定っていない。もし採用したとすると、各国の天体暦は中精度の、かつ現在より内容をふやした年刊暦となる。分冊の高精度推算暦の計算・印刷等については、グリニッジ天文台だけの負担ではなく、各国にその事業を配分することの協議が必要になる。年刊暦には、各天体の位置に関する多数の内容を収めることになり、これを航海暦のような見開きの形式に編集するにはかなりの工夫がいる。

いずれにしても、暦は使用者のためのものであって、その形式・内容はすべて使用者に最も便利なものであり、かつ入手が容易でなければならない。現在、7 か国から発行されている天体暦のうち天文の研究機関で使われているのはその一部に過ぎず、大部分は職業的な天文家以外に利用されている。その実態は明らかでないが、

1974 AUGUST 11, 12, 13 (SUN., MON., TUES.)

159


G.M.T.	SUN		MOON				Lat.	Twilight		Sun-rise	Moonrise				
	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	μ	Dec.	δ		H.P.	Naut.		Civil	11	12	13	14
d h								h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
11 00	178 40.8	N15 27.1	275 46.9	9.4	N19 17.6	7.0	57.1	N 72	///	///	01 58	□	□	□	□
01	193 40.9	26.3	270 15.3	9.3	19 24.6	7.0	57.2	N 70	///	///	02 37	□	□	□	□
02	208 41.0	25.6	304 43.6	9.3	19 31.6	6.8	57.2	68	///	01 10	03 04	19 27	□	□	22 40
03	223 41.1	24.8	319 11.9	9.1	19 38.4	6.8	57.3	66	///	02 01	03 25	20 16	20 41	21 44	23 28
04	238 41.2	24.1	333 40.0	9.1	19 45.2	6.6	57.3	64	///	02 32	03 41	20 51	21 25	22 27	23 59
05	253 41.3	23.4	348 08.1	9.0	19 51.8	6.6	57.3	62	01 03	02 54	03 54	21 15	21 54	22 56	24 22
								60	01 48	03 12	04 06	21 34	22 16	23 18	24 41
12 00	178 43.2	N15 09.3	262 44.5	7.3	N21 37.4	4.4	58.0	S 50	06 02	06 40	07 14	01 20	02 30	03 34	04 31
01	193 43.3	08.5	277 10.8	7.3	21 41.8	4.3	58.0	52	06 04	06 44	07 20	01 29	02 39	03 45	04 41
02	208 43.4	07.8	291 37.1	7.1	21 46.1	4.1	58.1	54	06 06	06 48	07 26	01 38	02 50	03 57	04 52
03	223 43.5	07.0	306 03.2	7.1	21 50.2	4.0	58.1	56	06 09	06 53	07 33	01 49	03 03	04 10	05 05
04	238 43.6	06.3	320 29.3	7.0	21 54.2	3.9	58.2	58	06 11	06 58	07 40	02 01	03 18	04 26	05 20
05	253 43.7	05.6	334 55.3	6.9	21 58.1	3.8	58.2	S 60	06 14	07 03	07 49	02 15	03 35	04 45	05 38
06	268 43.8	N15 04.8	349 21.2	6.8	N22 01.9	3.6	58.2								
07	283 43.9	04.1	3 47.0	6.7	22 05.5	3.5	58.3								
08	298 44.0	03.3	18 12.7	6.7	22 09.0	3.3	58.3	Lat.	Sun-set	Twilight		Moonset			
										Civil	Naut.	11	12	13	14
M 09	313 44.1	02.6	32 38.4	6.6	22 12.3	3.3	58.3								
010	328 44.2	01.8	47 04.0	6.5	22 15.6	3.0	58.4								
011	343 44.3	01.1	61 29.5	6.4	22 18.6	3.0	58.4								
13 00	178 45.7	N14 51.3	248 54.6	5.6	N22 46.1	1.1	58.9	N 72	22 06	///	///	□	□	□	□
01	193 45.8	50.5	263 19.2	5.5	22 47.2	0.9	58.9	N 40	19 01	19 31	20 06	13 19	14 22	15 23	16 18
02	208 45.9	49.8	277 43.7	5.4	22 48.1	0.8	59.0	35	18 52	19 19	19 52	13 06	14 08	15 08	16 04
03	223 46.0	49.0	292 08.1	5.4	22 48.9	0.7	59.0	30	18 44	19 10	19 40	12 54	13 55	14 55	15 52
04	238 46.1	48.2	306 32.5	5.3	22 49.6	0.5	59.1	20	18 31	18 54	19 21	12 35	13 34	14 34	15 32
05	253 46.2	47.5	320 56.8	5.3	22 50.1	0.4	59.1	N 10	18 19	18 41	19 07	12 18	13 15	14 15	15 14
18	88 47.6	N14 37.6	148 08.7	4.7	N22 42.8	1.7	59.6	0	18 08	18 30	18 55	12 02	12 58	13 57	14 58
19	103 47.8	36.8	162 32.4	4.7	22 41.1	1.8	59.6								
20	118 47.9	36.1	176 56.1	4.6	22 39.3	2.0	59.6	Day	Eqn. of Time	SUN		MOON			
									00 ^h	12 ^h	Mer. Pass.	Mer. Upper	Pass. Lower	Age	Phase
21	133 48.0	35.3	191 19.7	4.7	22 37.3	2.1	59.7		m s	m s	h m	h m	h m	d	
22	148 48.1	34.5	205 43.4	4.6	22 35.2	2.3	59.7	11	05 17	05 12	12 05	05 49	18 16	23	
23	163 48.2	33.8	220 07.0	4.5	22 32.9	2.4	59.7	12	05 07	05 03	12 05	06 44	19 13	24	
								13	04 57	04 52	12 05	07 43	20 13	25	
	S.D. 15.8	δ 0.8	S.D. 15.7		15.9		16.2								

図 2

地球物理学関係や宇宙開発関係の研究機関や企業体等にも相当の部数が流れており、またアマチュア天文家にも多く使われている。アマチュア天文家にとって、上記のような暦の変更は決して影響がないとは言えない、たとえば彗星の軌道の計算のように高い精度で暦が必要ことがある。アマチュアの人々が分冊の推算暦を買いそろえることは、経済的にかなりの負担になるであろう。

1976年のIAU総会で天文定数を改訂し、これを1980年または1981年の推算暦に間に合わせることは、時間的に無理に見える。今年の9月にワシントンで開かれた天文定数と天体暦に関する作業集会では天文定数を改定して新しい暦を作ることが問題となったが、それが実行される時期については、決定することが出来なかった。したがって様式の変更の問題は今後にのこされた。

4. お 願 い

IAUではウィルキンズの提案の検討を始めているが、この問題は決して暦を調製する者だけで解決できることではない。そこで、次の事項について、天体暦に関心を持って居られる方々の御意見を、水路部編暦課へ積極的に寄せ下さるようお願いする。

(i) 天体位置表について

どのように使用しているか、

追加希望または不要と思われる項目、
その他、一般的な意見。

(ii) ウィルキンズの提案について

分冊の高精度推算暦をどのようなことで必要とするか、
年刊の中精度天体暦に掲げてほしい項目、およびそれらの数値の精度、
その他、一般的な意見。

雑 報

横浜に金星太陽面経過観測の記念碑が建つ

明治7年に金星太陽面経過の観測に来日したメキシコ隊の観測を記念し、その満100年に当る昭和49年に記念碑を建てる運動が神奈川県内の天文愛好家の間で進められて来たが、この度、神奈川県及び横浜市の助成を得て実現のはこびになり、下記のように除幕式が行われます。

日 時: 昭和49年12月8日(日)10時

場 所: 神奈川県立青少年センター

(国電桜木町駅下車)

(香西洋樹)