$$\Delta\delta = Aa' + Bb' + Cc' + Dd'$$

としてよい．

3) 二次項の算式中 S を含む項は，$\Delta^2\alpha$，$\Delta^2\delta$ についてそれぞれ $\Delta\alpha$，$\Delta\delta$ の $\frac{1}{10000}$ より小さい．したがって $\Delta\alpha$，$\Delta\delta$ が小さい場合にはこの項を省略し得る．

4) δ_0 が 70° より大きい場合には δ の算式として

$$\delta = \delta_0 + \tau\mu' + \Delta\delta + \Delta^2\delta$$
$$\Delta\delta = Aa' + Bb' + Cc' + Dd'$$
$$\Delta^2\delta = 0.0000\,0485\,\Delta\delta \cdot S - 0.0005\,4542\,\Delta\alpha^2$$

を用いることができる．

47. Dritter Fundamental Katalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs（略記 FK 3）に掲げてある752星（北周極星10星を含む）のベッセル年央における平位とその年差・等級・固有運動を251～264ページに掲げる．ただし等級については Astronomische Nachrichten，6402（1938）に与えられる資料によって修正した．また γ Velorun（No. 309）の等級は Harvard Bulletin No. 822（1925）に従って1.92とした．No. 24 および No. 633 の（ ）内は写真等級を示す．また若干の星についてはその固有名と年周視差を下欄に掲げた．視差は General Catalog of Trigometric Stellar Parallaxes, Yale,（1938）によってその大きさが 0.″05 以上の恒星73星についてのみ掲げてある．

48. 視差の改正は次式のとおりである：

$$\begin{rcases} \Delta\alpha = \pi(cP + dQ) \\ \Delta\delta = \pi(c'P + d'Q) \end{rcases} \qquad \begin{rcases} P = R \sin \odot \cos\varepsilon \\ Q = -R \cos\odot \end{rcases}$$

ここで π は恒星の年周視差，c, d, c', d' は恒星常数，R は天文単位で表わした地球の動径である．P，Q は250ページに掲げてある．

49. 連星の公転運動は次の4星について改正する必要がある．本書に掲げた平位は体系重心の平位でなくて主星の平位である．4星の名称と改正量（主星－重心）は次のとおりである：

	No. 257 α CMaj A		No. 287 α Gemi A		No. 291 α CMin A		No. 793 61 Cygn pr	
	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$
1963.0	$-0.^s193$	$-0.''35$	$-0.^s027$	$+0.''69$	$-0.^s067$	$+0.''23$	$-0.^s704$	$+10.''75$
1964.0	.197	.48	.030	.65	.058	.37	.703	.82
1965.0	−0.201	−0.61	−0.033	+0.61	−0.046	+0.49	−0.701	+10.88

50. 恒星日日数・独立恒星数を用いて恒星平位を求める計算例を次に掲げる．恒星は視位の変化がきわめて小さいので，正中時は暦表時系でも世界時系でも同じ値をもつ，したがって次に掲げる計算例は世界時系で計算してある．

〔例 9〕 3月15日，24 Lync（FK 3, No. 292）が東京（$9^h 19^m 0^s$ E）に正中する瞬時の視位置を恒星日日数を用いて求める．

No. 292　　24 Lync　　等級 4.96　　$\mu = -0.^s005$，$\mu' = -0.''05$

1964.5 の平均位置

$\alpha_0 = 7^h 40^m 0.^s732$　　$\delta_0 = +58° 47' 44.''07$

恒星常数は第44節の算式により推算して次の値を得る：

$a = +0.25311$　　$a' = -0.4227$
$b = -0.04652$　　$b' = -0.9063$
$c = -0.05439$　　$c' = -0.5505$

$d = +0.11662$　　$d' = -0.3615$

東京の経度は $9^h 19^m 0^s = 0.^d388$ であるから

地方平時3月15日0時の地方恒星時 $= 11^h 30^m 30^s - 3^m 57^s \times 0.388 = 11^h 28^m 58^s$

正中時（地方平時）＝(α_0－0時の地方恒星時)－(同左恒星時間隔の平時間隔への改正)
$= (7^h 40^m 1^s - 11^h 28^m 58^s) - 3^m 18^s$
$= 20^h 7^m 45^s$

正中時（世界時）＝正中時（地方平時）－東経
$= 15$日 $20^h 7^m 45^s - 9^h 19^m 0^s = 15$日 $10^h 48^m 45^s$
$= 15.^d4505$

この正中時に対する恒星日日数の値は

$\tau = -0.$年2970

$A = -12.''678$　　$C = -18.''723$　　$E = -0.^s0025$
$B = +0.''467$　　$D = +1.''817$

また表より

$\Delta^2 A = +0.''0001$　　$\Delta^2 B = +0.''0017$

よって

$A' = -12.''678$　　$B' = +0.''469$

これより次のように計算する：

$$\begin{aligned} Aa &= -3.^s2089 & A'a' &= +\ 5.''359 \\ Bb &= -0.0217 & B'b' &= -\ 0.425 \\ Cc &= +1.0183 & Cc' &= +10.307 \\ Dd &= +0.2119 & Dd' &= -\ 0.657 \\ E &= -0.0025 & & \\ \hline \Delta\alpha &= -2.0029 & \Delta\delta &= +14.584 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 7^h\ 40^m\ \ 0.732 & \delta_0 &= +58°\ 47'\ 44.07 \\ \tau\mu &= \qquad +0.0015 & \tau\mu' &= \qquad +0.015 \\ \hline \alpha &= 7\ \ 39\ \ 58.7306 & \delta &= +58\ \ 47\ 58.669 \end{aligned}$$

さらに二次項を考慮する．

$$\begin{aligned} p &= -0.84 & q &= -0.22 & \Delta\alpha_{AB} &= -3.2 \\ Cp &= +15.7 & \Delta\delta\tan\delta_0 &= +24.1 & \Delta\alpha^2 &= +\ 4.0 \\ Dq &= -\ 0.4 & S &= +15.3 & -\Delta\alpha^2_{AB} &= -10.2 \\ \hline S &= +15.3 & \Delta\delta\tan\delta_0 + S &= +39.4 & \Delta\alpha^2 - \Delta\alpha^2_{AB} &= -\ 6.2 \end{aligned}$$

$\Delta^2\alpha = 0.0000\,0485 \times (-2.00) \times (+39.4) = -0.^s0004$

J 表より赤経・日時を引数として J の値を求めれば $J = -0.''00032$

$$\begin{aligned} 0.0000\,0485\,\Delta\delta\cdot S &= +0.''001 \\ -0.0005\,454\,(\Delta\alpha^2 - \Delta\alpha^2_{AB}) \sin\delta_0 \cos\delta_0 &= +0.001 \\ J \tan\delta_0 &= -0.001 \\ \hline \Delta^2\delta &= +0.001 \end{aligned}$$

したがって二次項を加えた視位は次のようになる：

$\alpha = 7^h 39^m 58.^s730$　　$\delta = +58° 47' 58.''67$

〔例 10〕 同じ例について独立恒星数を用いた場合を示す．

正中時　3月15.4505日に対して独立恒星数を求めると

$f = -1.^s9467$　　$G = 11^h 51^m 34^s$　　$g = +12.''686$

$i=-8.''119 \qquad H=18^{\mathrm{h}}\,22^{\mathrm{m}}\,10^{\mathrm{s}} \qquad h=+18.''811$

$G+\alpha_0=19^{\mathrm{h}}\,31^{\mathrm{m}}\,35^{\mathrm{s}} \qquad H+\alpha_0=2^{\mathrm{h}}\,2^{\mathrm{m}}\,11^{\mathrm{s}}$

$\sin(G+\alpha_0)=-0.92121 \qquad \sin(H+\alpha_0)=+0.50823$

$\cos(G+\alpha_0)=+0.38906 \qquad \cos(H+\alpha_0)=+0.86122$

$\tan\delta_0=+1.65091 \qquad \sin\delta_0=+0.85532$

$\sec\delta_0=+1.93016 \qquad \cos\delta_0=+0.51809$

$f=-1.^{\mathrm{s}}9467 \qquad i\cos\delta_0=-4.''206$

$\frac{1}{15}g\sin(G+\alpha_0)\tan\delta_0=-1.2862 \qquad g\cos(G+\alpha_0)=+4.936$

$\frac{1}{15}h\sin(H+\alpha_0)\sec\delta_0=+1.2302 \qquad h\cos(H+\alpha_0)\sin\delta_0=+13.857$

$\Delta\alpha=-2.0027 \qquad \Delta\delta=+14.587$

$\alpha_0=\overset{\mathrm{h}}{7}\ \ \overset{\mathrm{m}}{40}\ \ 0.732 \qquad \delta_0=+\overset{\circ}{58}\ \ \overset{\prime}{47}\ \ 44.07$

$\tau\mu=\quad +0.0015 \qquad \tau\mu'=\quad +0.015$

$\alpha=7\ \ 39\ \ 58.7308 \qquad \delta=+58\ \ 47\ \ 58.672$

二次項の計算は次のように行なう：

$h\cos(H+\alpha_0)\cos\delta_0=+8.4 \qquad f=-1.9$

$-i\sin\delta_0=+6.9 \qquad \frac{1}{15}g\sin(G+\alpha_0)\tan\delta_0=-1.3$

$S=+15.3 \qquad \Delta\alpha_{AB}=-3.2$

$\Delta\delta\tan\delta_0+S=+39.4 \qquad \overline{\Delta\alpha^2}-\overline{\Delta\alpha^2}_{AB}=-6.2$

表より　$K=+0.''0017 \qquad J=-0.''00032$

よって

$\Delta^2\alpha=0.0000\,0485\times(-2.00)\times(+39.4)=-0.^{\mathrm{s}}0004$

また

$$0.0000\,0485\,\Delta\delta\cdot S=+0.''001$$
$$-0.0005\,454\,(\overline{\Delta\alpha^2}-\overline{\Delta\alpha_{AB}{}^2})\sin\delta_0\cos\delta_0=+0.001$$
$$K\sin(G+\alpha_0)=-0.002$$
$$J\tan\delta_0=-0.001$$
$$\Delta^2\delta=-0.001$$

したがって二次項を加えた視位は

$\alpha=7^{\mathrm{h}}\ 39^{\mathrm{m}}\ 58.^{\mathrm{s}}730 \qquad \delta=+58^\circ\ 47'\ 58.''67$

〔例 11〕 同じ例を本書 245 ページ 掲記の恒星時0時の恒星日日数を使用して 視位を計算する．

正中時の地方恒星時$=\alpha_0=7^{\mathrm{h}}\,40^{\mathrm{m}}\,1^{\mathrm{s}}$

その瞬時のグリニジ恒星時$=7^{\mathrm{h}}\,40^{\mathrm{m}}\,1^{\mathrm{s}}-9^{\mathrm{h}}\,19^{\mathrm{m}}\,0^{\mathrm{s}}$

$=22^{\mathrm{h}}\,21^{\mathrm{m}}\,1^{\mathrm{s}}=0.^{\mathrm{d}}9313$

この値は3月14日に含まれるので補間すれば

$\tau=-\ 0.$年2970

$A=-12.''678 \qquad C=-18.''723 \qquad E=-0.^{\mathrm{s}}0025$

$B=+\ 0.''467 \qquad D=+1.''817$

これより　$\alpha=7^{\mathrm{h}}\,39^{\mathrm{m}}\,58.^{\mathrm{s}}730 \qquad \delta=+58^\circ\,47'\,58.''67$

を得る．

51. 265～272ページには北周極星2星の暦表子午線正中時における視赤経，視赤緯（毎日値）を掲げた．視赤経・視赤緯は，歳差・長周期章動・光行差および二次項を含んでいる．

短周期章動は切り離して掲げた．任意の時刻における短周期章動を求める場合には2差の影響を考慮しなければならない．一般に短周期項はグラフによって求めると簡便である．グラフでは精度不足と認められるときでも，数値計算による値の検算として用いれば大きな誤りを避けることができる．

日月食と惑星食 （273～289ページ）

52. 273～289ページには日月食と惑星食とに関する資料とを掲げる．ここに掲げた諸量のうち，現象全体に対する要素は暦表時を，状況図および各地予報は世界時または日本時を見出しとして与えてある．世界時から暦表時への改正量Δt は $+35.^{\mathrm{s}}0$ を採用した．

またここでは月の黄緯に対して観測による位置改正量（$\Delta\beta=-0.''5$)を加えてあるので月の赤経・赤緯は62～153ページの表値とは異なっている．273ページには $\Delta\beta$ によって生ずる月の赤経・赤緯への改正量が現象ごとに掲げてある．したがって必要な場合には 12～153ページの表値のうち，月に対してはこの改正量を加えた値を用いる．

53. 273～276ページには食の要素として赤経の合または衝の時刻およびその瞬時における太陽と月との赤経・赤緯，それらの毎時変化，赤道地平視差，視半径を掲げる．ここで赤経・赤緯の毎時変化は合または衝の時刻における値であるから他の時刻ではこの値と異なる．

太陽の視半径は平均距離における値を959.''63として計算した．この値は Auwers（Astronomische Nachrichten, 3046, 1891）によって与えられたもので，12～27ページに掲げた視半径の算出根拠すなわち平均距離における視半径961.''18とは異なっている．両者の差は太陽の光浸とみるべきものであって，日月食においては当然除かねばならないものである．月の視半径も月の赤道半径と地球の赤道半径との比を0.2722 74とし，次式によって算出した:

$$\sin s=0.2722\,74\sin\pi$$

s は月の視半径，π は同赤道地平視差を示す．上式は展開して

$$s=0.''0800+0.2722\,390\,\pi$$

とすることができる．この式と原式による s との差は $\pi=54'\sim60'$ の範囲では $0.''0002$ 以内であるが，この範囲外では急速に増大する．しかし $\pi=52'$ および $62'$ においても $0.''0008$ を越えない．

54. 日食の状況としてそれぞれかけ始め，食の最大，食の終りの時刻およびそれが見える地点を示す．かけ始めとは地球全体として初めて日食を見得る時刻と地点とであって，月影が初めて地球に切する時刻と地点とに相当する．食の終りとは地球全体として最後に日食を見得る時刻と地点とであって，月影が最後に地球に切する時刻と地点とに相当する．

55. 月食の状況としてはそれぞれ半影食の始め，かけ始め，食の最大，食の終り，半影食の終りなどの時刻および食の最大時における食分を掲げる．半影とは太陽と地球との共通内切線で囲まれた影の円錐であって，この内部では地球によって太陽の光が一部さえぎられる（半影円錐の内部から見れば地球のために太陽の一部がおおわれて部分日食となって見られる)．半影食の始めとは月がこの半影円錐に始めて外切したときで，半影食の終りとは最後に外切したときである．太陽と地球との共通外切線で囲まれた影の円錐を本影といい，この内部では地球によって太陽の光が全部さえぎられる（この内部から見れば地球によって太陽の全部がおおわれて皆既日食が見られる)．かけ始めとは月がこの本影円錐に始めて外切したとき，食の終りとは最後に外切したときで，内切した時刻をかけつくし，光り始めという．食の最

大とは太陽と月との中心角距離が最小になったときで，食の頂上を示す．

日食の場合には月の影が地球表面上を移動するのであるから，日食を見得る時刻とその状況とは場所によって異なるが，月食は地球の影が月面に落ちる現象であるから，月が地平線上に見えている区域ならばどこでも同一瞬時に同一状況の食を見ることができる．半影中には太陽の光が多少残存しているから，月が半影に入っても通常その明るさの低下に気付かず（写真に撮れば検出することができる），本影に入って始めて普通の意味の月食が見られる．

最大食分は食の最大の瞬時において本影によっておおわれた月の直径の歩合を示す．食分は

$$\frac{\text{月の視半径}+\text{太陽の視半径}-\text{月と太陽との中心距離}}{\text{太陽の視直径}}\cdots\cdots\cdots\text{日食の場合}$$

$$\frac{\text{月の視半径}+\text{本影の半径}-\text{月と本影との中心距離}}{\text{月の視直径}}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{月食の場合}$$

と定義されるから皆既日食，皆既月食の場合には食分は1以上になるが，金環日食の場合には食の最大においても食分は1より小さい．

56. 月食を見得る地域は274, 275ページにその大略を掲げてあるが，任意の地点 P で見られるかどうかわからないときには次の方法で調べるのがよい：

（1） P 地点における月出時または月没時を求めてみる．月食時において月が地平線上にあれば月食が見られる．

（2） 274, 275ページにはかけ始め，食の終りなどの時刻に月が天頂にある地点を掲げてある．この地点を M とし，MP 間の角距離を

$$\cos D=\sin\varphi_1\sin\varphi_2+\cos\varphi_1\cos\varphi_2\cos\varDelta\lambda$$

によって計算する．もし

$$D<90°\ 34.'4-\text{月の地平視差}$$

ならば月食を見ることができる．ただし φ_1,φ_2 はそれぞれ M 点，P 点の緯度（北緯を＋とする），$\varDelta\lambda$ は両地点間の経度差である．

地球儀を利用すれば D が簡単に求められる．

57. 各地における日食の状況を正確に算出する場合に使うため277～280ページに Bessel の日食要素を掲げる．その幾何学的意義は次のとおりである：

地心を通り月影中心線に直角な平面を考え，これを基準面と名づける．この面と地球の赤道面との交線をX軸にとって，東に向く方を正とする．Y軸は基準面上に採り，X軸と直交して北に向かう方向を正とする．Z軸は地球の中心を通り，月影中心線に平行（すなわち基準面と直交）な直線とし，月に向かう方向を正とする．本書に掲げてある x, y は基準面上における月影中心の位置，すなわち基準面と月影中心線との交点の位置である．空間における影の方向は d と μ とで示す．すなわち月影中心線を太陽の方向に延長し，天球との交点を Z とすれば，d は Z 点の赤緯であって，μ は Z 点のグリニジ時角である．また l_1 は基準面上における月の半影の半径である．これらの諸量は次式によって算出される：

$$b=\frac{\sin\pi'}{\sin\pi}$$

$$a=\alpha'-\frac{b}{1-b}\cos\delta\sec\delta'\,(\alpha-\alpha')$$

$$d=\delta'-\frac{b}{1-b}(\delta-\delta')$$

$$x=\operatorname{cosec}\pi\cos\delta\sin(\alpha-a)$$

$$y=\operatorname{cosec}\pi\,[\sin\delta\cos d-\cos\delta\sin d\cos(\alpha-a)]$$

$$z=\operatorname{cosec}\pi\,[\sin\delta\sin d+\cos\delta\cos d\cos(\alpha-a)]$$

$$\mu=\text{グリニジ恒星時}-a$$

$$\tan f_1=\frac{0.0046\,6407}{R(1-b)}\qquad l_1=z\tan f_1+0.2722\,77$$

ただし α', δ', π' は太陽の赤経，赤緯および地平視差，α, δ, π は月に関する同種の量であり，Rは天文単位で表わした地球太陽間の距離である．

58. 採用した赤経，赤緯を $\varDelta\alpha$, $\varDelta\delta$ だけ改正した結果，x, y に生ずる変化 $\varDelta x$, $\varDelta y$ は次の式で計算することができる．ただし $\varDelta\alpha$ の単位は 1^s, $\varDelta\delta$ と π との単位は $1''$ とする：

$$\varDelta x=15\frac{\cos\delta}{\pi}(\varDelta\alpha-\varDelta\alpha')$$

$$\varDelta y=\frac{1}{\pi}(\varDelta\delta-\varDelta\delta')$$

真黄経 λ，黄緯 β の改正量が与えられたときには次の式で赤経，赤緯の改正量に換算できる．ただし S は ±90° 間に採る：

$$\varDelta\alpha\cos\delta=\cos S\cos\beta\,\varDelta\lambda-\sin S\,\varDelta\beta$$

$$\varDelta\delta=\sin S\cos\beta\,\varDelta\lambda+\cos S\,\varDelta\beta$$

$$\sin S=\cos\lambda\sec\delta\sin\varepsilon=\cos\alpha\sec\beta\sin\varepsilon$$

日食のときには β は小さいから月の場合でも $\cos\beta=1$ とおくことができる．

よって

$$\varDelta\alpha\cos\delta=\cos S\,\varDelta\lambda-\sin S\,\varDelta\beta$$

$$\varDelta\delta=\sin S\,\varDelta\lambda+\cos S\,\varDelta\beta$$

$$\sin S=\cos\lambda\sec\delta\sin\varepsilon=\cos\alpha\sin\varepsilon$$

平均黄経 L の改正量が与えられた場合は次式により赤経，赤緯の改正量を算出する．ただし $\varDelta L'$, $\varDelta L$ の単位は $1''$, $\varDelta\alpha$, $\varDelta\delta$ などの単位はそれぞれ毎時変化の単位に等しい：

$$\varDelta\alpha'=0.0067\,637\,\varDelta L'\times(\alpha'\text{ の毎時変化})$$

$$\varDelta\delta'=0.0067\,637\,\varDelta L'\times(\delta'\text{ の毎時変化})$$

$$\varDelta\alpha\ =0.0005\,060\,\varDelta L\ \times(\alpha\text{ の毎時変化})$$

$$\varDelta\delta\ =0.0005\,060\,\varDelta L\ \times(\delta\text{ の毎時変化})$$

59. 本書に掲げた要素を用いて与えられた地点の日食状況を算出するには次のように行なう：

（1） 与えられた地点の東経と北緯とを λ, φ とし，次式により基準面における与えられた地点の座標を算出する：

$$\xi=C\cos\varphi\sin(\mu+\lambda)$$

$$\eta=S\sin\varphi\cos d-C\cos\varphi\sin d\cos(\mu+\lambda)$$

$$\zeta=S\sin\varphi\sin d+C\cos\varphi\cos d\cos(\mu+\lambda)$$

ここで S, C は第X表に掲げる値である．

（2） $L_i=l_i-\zeta\tan f_i$

$$Q=L_i^2-(x-\xi)^2-(y-\eta)^2$$

かけ始め，食の終りの際には $i=1$ とし，中心食の始めと終りとの際には $i=2$ とする．かけ始め，中心食の始めなどの推定時刻を中心として毎10分または毎1分の Q を数個計算し，$Q=0$ となる時刻を求めればこれがかけ始め，中心食の始めなどの時刻である．

時刻 T_0 と T_1 との間で $Q=0$ になるとすれば $Q=0$ となる時刻は次の式で算出される：

$$n=\frac{1}{\varDelta'_{\frac{1}{2}}}\left[-Q_0-B''(M''_0+M''_1)-B'''\varDelta'''_{\frac{1}{2}}\right]$$

時刻	Q	1差	2差	3差	4差
T_{-1}	Q_{-1}	$\varDelta'_{-\frac{1}{2}}$	$\varDelta''_{-1}$	$\varDelta'''_{-\frac{1}{2}}$	$\varDelta^{\mathrm{IV}}_{-1}$
T_0	Q_0	$\varDelta'_{\frac{1}{2}}$	$\varDelta''_0$	$\varDelta'''_{\frac{1}{2}}$	$\varDelta^{\mathrm{IV}}_0$
T_1	Q_1		$\varDelta''_1$		$\varDelta^{\mathrm{IV}}_1$

$$B''=\frac{n(n-1)}{4}$$

$$B'''=\frac{n(n-1)(n-\frac{1}{2})}{6}$$

$$M''_0+M''_1=(\varDelta''_0+\varDelta''_1)-0.184(\varDelta^{\mathrm{IV}}_0+\varDelta^{\mathrm{IV}}_1)$$

$$T=T_0+n(T_1-T_0)$$

（3） 時刻 T に対する $x-\xi$, $y-\eta$ を求め，次式で方向角 P を求める：

$$p\sin \mathrm{P}=x-\xi \qquad p>0$$
$$p\cos \mathrm{P}=y-\eta$$

P は太陽の中心から天の北極に向かう方向を 0° とし，東回りに 360° まで測る．天頂方向から東回りに測った方向角 V を要する場合は次式を用いる．ただし q の算式は近似式であるから 0.°1 から 0.°2 程度の誤差を生ずることがある：

$$\tan q=\frac{\xi}{\eta} \qquad \mathrm{V}=\mathrm{P}-q$$

P も V も月の中心の方向であるから，中心食の始めと終りとの方向角としてはこれに 180° を加えなければならない．

（4） 食の最大の時刻を求めるには，かけ始めと食の終りとの時刻の平均を推定時刻とし，前に述べた算式で毎 10 分または毎 1 分の Q を数個算出し，Q が極小となる時刻 T を求めればよい．時刻 T_0 と T_1 との間で Q が極小になるとすれば，その算式は次のとおりである：

$$n=\frac{1}{2}-2\frac{\varDelta'+C'''\varDelta'''_{\frac{1}{2}}}{M''_0+M''_1}$$

$$C'''=\frac{1}{12}-\frac{1}{2}n+\frac{1}{2}n^2$$

$$T=T_0+n(T_1-T_0)$$

C''' は n の 2 次式であるから n の算式も n の 2 次式となり，n について解けないことはないが，それよりも漸近法によって解く方が簡単であろう．最初は $C'''=0$ としてよい．$\varDelta'''$ は一般に小さいからこの漸近法は急速に収れんする．

食の最大の部分は，時刻 T に対する L_1, $x-\xi$, $y-\eta$ から次式によって推算する：

$$\varDelta_1^2=(x-\xi)^2+(y-\eta)^2 \qquad \varDelta_1>0$$

$$食の最大食分=\frac{L_1-\varDelta_1}{2L_1-0.5459}$$

食の最大の方向角の計算は前に述べたとおりである．この方向角は月の中心の方向を示す．

（5） $\zeta<0$ ということは与えられた地点が基準面から下にあること，すなわち夜間の日食であることを意味する．

$$a=34'\,23''+太陽視半径-太陽地平視差$$
$$R=\zeta+\sin a$$

によって R を計算し，$R=0$ となる時刻を求めればこれが日出または日没の時刻となる．

この時刻に対する L_1, $x-\xi$, $y-\eta$ を求めれば日出没時の食分は次式によって算出される（日出帯食，日没帯食）：

$$\varDelta_2^2=(x-\xi)^2+(y-\eta)^2 \qquad \varDelta_2>0$$

$$日出没時の食分=\frac{L_1-\varDelta_2}{2L_1-0.5459}$$

帯食の方向角の計算は前に述べたとおりである．

60. 1 月 14 日の部分日食については，277 ページに日食要素，すなわち各時刻の基準面における影の中心の座標 x, y, 影の方向 $\sin d$, $\cos d$, μ, 影の半径 l_1, および各時刻における x, y, μ の 1 分時間の変化量 $x'/1^{\mathrm{m}}$, $y'/1^{\mathrm{m}}$, $\mu'/1^{\mathrm{m}}$ ならびに半影の $\tan f_1$ をのせ，277 ページに面して日食図をのせた．6 月 10 日の部分日食については 278 ページに日食要素，278 ページに面して日食図を掲げた．

6 月 24〜25 日の皆既月食については，278 ページに面した 6 月 10 日の日食図の裏にのせた．

7 月 9 日の部分日食については 279 ページに日食要素，279 ページに面して日食図をのせた．

12 月 3〜4 日の部分日食については 280 ページに日食要素，280 ページに面して日食図をのせた．これらの内容の説明は 1 月 14 日の日食と同様である．

281〜283 ページにはこの日食における日本各地での予報，すなわち稚内，旭川，……，鹿児島におけるかけ始め，食の最大，および食の終りの時刻・北極方向角・q・天頂方向角・方位角および高度を，また食の最大に対してはその食分をのせた．284, 285 ページにはこの日食の状況を図示した．円板（太陽）の上と記した向きは天頂方向を示す．このかけた太陽は食の最大のときの状況であり，かけ始めの接点は円の内側へ向かう矢印で，食の終りの接点は外側へ向かう矢印で示した．286 ページはこの日食の札幌，東京，京都における付記の時刻に対する状況を図示した．287 ページには日本での等食分線，すなわち最大食分を等しくする点を結んだ線で，付記した数字は食分である．破線は時刻の線で，この破線と実線との交点は，その時刻での食分（最大食分）を示している．したがって，任意地点における最大食分とその時刻は実線と破線との関係から読みとることができる．288 ページには日本での同時初き復円線，すなわち付記の時刻において同時にかけ始め，または食が終る点を結んだ線で，長い破線が初き線を短い破線が復円線を表わす．

289 ページには日本での等北極方向角線，すなわちかけ始めおよび食の終りの北極方向角を等しくする点を結んだ線で，実線がかけ始めで，破線は食の終りのものである（時刻は前ページの図より読みとれる）．

12 月 19 日の皆既月食については 281 ページに面して月食図をのせた．

61. 276 ページには惑星食に関する資料として，その月日・星名・等級およびその現象を見ることができるだいたいの地域を掲げる．また観測される機会や意義の特に小さいと思われるもの以外は 272, 273 ページの間に惑星食図をのせた．これらの惑星食はだいたい第 62 節の基準にしたがって選ばれたもので，暗い星や朔望前後での現象は除かれている．

昭和 39 年には日本で見られる惑星食はない．

星　食 （290〜311 ページ）

62. 星食される星はだいたい次の基準に従って選んだ：

（1） 朔の前後 24 時間以内は選ばない．
（2） 朔の前後 48 時間以内は 2 等級より明るい星．
（3） 朔の前後 72 時間以内は 6.5 等級より明るい星．
（4） 望の前後 24 時間以内は 3 等級より明るい星．
（5） 望以後は 6.5 等級より明るい星．
（6） 上記の（1）〜（5）によって選ばれた星のうち，3 等級より明るい星の他は暗縁の現象だけをとる．

星の位置や明るさは J. Robertson: Catalog of 3539 Zodiacal Stars によった．星

表番号とあるのは同書中の番号である．

63\. 星食要素では世界時を，各地予報では日本時を用い，暦表時による表示は用いない．世界時から暦表時への改正量 Δt は $+35.^{s}0$ を採用した．290～293 ページには任意の土地における星食状況を推算するのに必要な視位と要素とを掲げる．星の視位は短周期章動を含んでいる．合の時刻は地心から見て月と星との赤経が等しくなる瞬時の世界時であり，μ はこの時における月または星のグリニジ時角，星の視赤経，視赤緯はその時刻における値である．x, y は日食のときと同様の意味をもつ（ただし太陽を星でおきかえる．第57節参照）．x', y' はその毎時変化である．算式は次のとおりである：

$$y_0=\frac{\delta-\delta'}{\pi},\qquad x'=15\frac{\Delta\alpha}{\pi}\cos\delta,\qquad y'=\frac{\Delta\delta}{\pi}$$

α, δ は月の赤経，赤緯で $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ はその毎時変化，δ' は星の赤緯である．

任意の地点における状況を推算するには次のように行なうのが最も簡単である：

（1） $x=x't$, $y=y_0+y't$ によって時刻 t における月影の座標 x, y を求める．ただし t は赤経の合の時刻からのずれであり，20分間隔にとるのがよい．x', y' は毎時変化であるから，t は1時間単位で表わさなければならない．時刻が赤経の合以前ならば t は負，以後ならば正とする．

（2） 第59節に掲げた算式により観測者の座標 ξ, η を求める．ただしこの算式における μ は時刻 t における μ であるから 290～293 ページ掲記の μ に $15°t$ を加えたものでなければならない（t を20分間隔にとれば 290～293 ページ掲記の μ に $5°$ を累加してゆけばよいことになるので簡単である）．

（3） $x-\xi$, $\eta-y$ を作る．これを方眼紙にプロットし，なめらかな曲線で結べば，月の中心に対して星の移動する径路を得る．方眼紙上における単位はもちろん任意であるが，20 cm を1単位とすれば，大体手ごろな縮尺となる．

（4） 原点を中心にして半径 0.272 単位の円を画くと，これが月の大きさを示す．よってこの円と前記曲線との交点を求め，その時刻をあん分比例で読みとれば，これが所要の潜入と出現との時刻となる．この値を第1近似として，次の式の修正値を加えることにより，さらに精確な潜入と出現との時刻を求めることができる：

$$\Delta t_2=\frac{(0.27238)^2-(x-\xi)^2-(y-\eta)^2}{W}\times 30\ (\Delta t_2 \text{ の単位は時間の分})$$

W は第64節で与える量である．

（5） 前記交点と原点とを結ぶ直線が y 軸となす角は潜入，出現の方向角 P（北極基準）で日食の場合と同様にして求められる．天頂基準の方向角 V を得るためには P から極頂対角 q を減じなければならない：

$$\mathrm{V}=\mathrm{P}-q$$

q の近似値は次式で求められる：

$$\tan q=\frac{\xi}{\eta}$$

ただし ξ, η は潜入時または出現時における値でなければならない．

以上の計算において最も面どうなのは各時刻における ξ,η を求めることであるが，ξ,η の算式における C と S とを共に1とし（これは地球を完全な球と仮定することによる），緯度を一定とすれば，ξ,η は簡単なダイアグラムに画けるから，ξ,η はこのダイアグラムから読みとるようにすれば簡単である．

64\. 294～305 ページに札幌・東京・福岡・名瀬で見られる星食の月日・星表番号・星名・等級・月齢・明縁方向角 B・現象・時刻・北極方向角 P・天頂方向角 V・高度・a・b を

掲げる．明縁方向角とは明縁中心点の北極基準方向角である．現象では前の文字で潜入（D）と出現（R）の区別，後の文字で暗縁（D）と明縁（B）の区別を表わしてある．例えば D. D. は暗縁への潜入を，R. D. は暗縁からの出現を示している．明縁方向角 B，北極方向角 P，天頂方向角 V はいずれも月面上でそれぞれの基準方向から反時計まわりに測った値である．

a, b はこれらの4ケ所を基準として任意の地点の予報を得るための量である．ただし a, b を示してない星食は接食(grazing occultation)の場合で，これらを用いることはできない．

T を基準地（経度 λ，緯度 φ）の潜入または出現時刻とし，任意の地点（経度 $\lambda+\Delta\lambda$，緯度 $\varphi+\Delta\varphi$）の時刻を $T+\Delta T$ とすると ΔT は

$$\Delta T=\mathrm{a}\,\Delta\lambda+\mathrm{b}\,\Delta\varphi \qquad (\Delta T \text{ は時間の分を単位とする})$$

で与えられる．ただし

$$\mathrm{a}=1.04718\frac{U}{W}\qquad (\text{単位は時間の分/度})$$

$$\mathrm{b}=1.04718\frac{V}{W}\qquad (\text{単位は時間の分/度})$$

ここに

$$U=(x-\xi)s+(y-\eta)\xi\sin\delta'$$
$$V=-(x-\xi)p+(y-\eta)(r\cos\delta'+q\sin\delta')$$
$$W=(x-\xi)x'+(y-\eta)y'-U\mu'$$
$$p=S\,C^2\sin\varphi\sin(\mu+\lambda)$$
$$q=S\,C^2\sin\varphi\cos(\mu+\lambda)$$
$$r=S\,C^2\cos\varphi$$
$$s=C\cos\varphi\cos(\mu+\lambda)$$

この式中の各変数は基準地の値である．

この4個所の経度 λ と緯度 φ とはそれぞれ札幌（$\lambda=+141.°4$, $\varphi=+43.°1$）・東京（$\lambda=+139.°8$, $\varphi=+35.°7$）・福岡（$\lambda=+130.°4$, $\varphi=+33.°6$）・名瀬（$\lambda=+129.°5$, $\varphi=+28.°4$）である．この計算では経度，緯度はすべて度を単位として表わす．この方法は基準地から400キロメートル以内では誤差は普通1分以内である．

〔例 12〕 昭和39年2月24日 Cat. No. 1078（5.9等）の神戸（$\lambda=+135.°2$, $\varphi=+34.°7$）における潜入時刻を求める．

東京（$\lambda=+139.°8$, $\varphi=+35.°7$）を基準地として推算すれば 297 ページから

a $=+0.^{m}7$　　b $=-0.^{m}6$　　$\Delta\lambda=-4.°6$　　$\Delta\varphi=-1.°0$

東京での現象時刻		$1^{h}\ 26.^{m}1$
a$\Delta\lambda$	$+0.^{m}7\times-4.°6$	-3.2
b$\Delta\varphi$	-0.6×-1.0	$+0.6$ (+
		1 24

福岡（$\lambda=+130.°4$, $\varphi=+33.°6$）から推算すれば 300 ページから

a $=+0.^{m}8$　　b $=-1.^{m}1$　　$\Delta\lambda=+4.°8$　　$\Delta\varphi=+1.°1$

福岡での現象時刻		$1^{h}\ 21.^{m}0$
a$\Delta\lambda$	$+0.^{m}8\times+4.°8$	$+3.8$
b$\Delta\varphi$	$-1.1\times+1.1$	-1.2 (+
		1 24

306~311 ページに各地予報を掲げる．これらの大部分はこの方法によった．

天　　象 (312~315 ページ)

65. 太陽，月，惑星相互間の現象を掲げる．時刻は日本時で示す．太陽に対して惑星の合，矩あるいは衝とはそれぞれ，惑星と太陽との視赤経の差が 0°, 90°, 180° に達した瞬時をいい，月に対する惑星または惑星相互間の合とはそれぞれ二天体の赤経が等しくなった瞬時をいう．後者の場合には赤緯の差も掲げる．なお惑星と月との赤緯の差は地心から見た場合の値であって，地表上の測者から見れば，一般にこの値とは異なる．

惑星の留（惑星の赤経静止），日心黄緯極大と水星，金星の最大離角，地球遠日点，近日点，日月食なども あわせて掲げてある．

66. 314, 315 ページに天象図を掲載する．これは月，惑星および一部の恒星の赤経と太陽の赤経との差をグラフに表わしたもので，それらの天体の相対的位置の概略を知るのに便利である．

中央の直線は太陽を表わし，その他の曲線は月，惑星および恒星などを表わす．これらの曲線の相互の交点は，その一組の天体の赤経の合を表わす．この場合に食が起れば日食・月食・食を付記してある．ただし食（惑星食・恒星食）とあるのは日本で見られるものだけに止めた．水星，金星の場合，それらの曲線が太陽の線を左から右に横切るときは内合で，右から左に横切るときは外合である．

また外惑星の曲線が，赤経の差が+90° と −90° の縦線と交わる点はそれぞれその外惑星の東矩と西矩で大体日没時または日出時に正中する時を示し，+180° と −180° の縦線と交わる点は衝で，夜半に正中する時を示す．

同様に月の曲線が赤経の差が +180°, +90°, 0°, −90° および −180° の縦線と交わる点はそれぞれ望，上弦，朔，下弦および望を示す．

日出没時と薄明時間 (316, 317 ページ)

67. 赤道から 50° N に至る任意地点の日出没時，薄明時間を求めるための表をそれぞれ左に，札幌・仙台・東京・京都・広島・福岡の 6 地点の値（日本時）をそれぞれ右に掲げる．日出没時は地平気差 34.′5, 視半径 16.′0, 地平視差 0.′1, 眼高差 3.′8（眼高 4.6 メートル）に対する値すなわち太陽の中心の天頂距離が 90° 54.′2 に達する瞬時であって，太陽の上辺が視地平線に接するように見える時刻である．

南緯地点における日出没時を求めるには下端掲記の南緯に対する改正数を北緯の時刻に加減する．

薄明時間表は太陽の天頂距離が 108° に達する瞬時と出没時刻との間隔を示す．北緯地点には北緯日付，南緯地点には南緯日付を用いる．この時間を日出没時に加減すれば払暁の始めまたは黄昏の終りの時刻が得られる．

〔例 13〕 5 月 7 日 80° W, 38° S における日出没時と薄明の終始時刻とを基準子午線 75° W の平時で求める．

	日出時と払暁 h	m		日没時と黄昏 h	m	
38° N の日出没時	18	57	（北緯日没時）	4	57	（北緯日出時）
南緯に対する改正数	−12	10		+12	10	
使用時への改正（基準子午線 75° W / 所在経度 80° W）	+	20	（+	+	20	（+
所要日出没時	7	7		17	27	
薄明時間	− 1	30	（+	+ 1	30	（+
所要薄明終始時刻	5	37		18	57	

月出没時 (318~329 ページ)

68. 赤道から 50° N までのグリニジ子午線における北緯月出没時（世界時）を左に札幌・仙台・東京・京都・広島・福岡の 6 地点の月出没時（日本時）を右に掲げる．前者は任意地点の月出没時を求めるためのものであって，経度 0° において月の中心の天頂距離が 90° 34′ + S.D. − H.P. に達する瞬時である．すなわち眼高 0 メートルにおいて月の上辺が視地平線に接するように見える瞬時であって，月の位相については考慮していない．

任意の地点における北緯月出没時を求めるには，まずグリニジ子午線上において与えられた緯度に対する月出没時を補間によって求め，その結果をその地点の経度について補間を行なえば与えられた地点における地方平時が得られる．ただし経度補間に際して，与えられた経度が東経ならば前日値との差，西経ならば翌日値との差を用いる．

南緯の任意地点（経度 L, 南緯 l）における月出（没）時を求めるには，経度（L±180°), 北緯 l の月没（出）時を求め，これに ±12^h を加え（東経ならば正，西経ならば負），さらに南緯に対する改正数を加（減）算すれば与えられた地点の地方平時が得られる．

なお南緯に対する改正数は北緯月出没時の下端に緯度別に掲記してある．また ±12^h の改正によって日付が変る場合には，その翌日または前日から計算すればよい．

〔例 14〕 3 月 5 日 152°（$10^h 8^m$）E, 36° 25′ N の地点における月出没時を基準子午線 150° E の平時で求める．

$10^h 8^m = 0.^d422$

	月出時 d	h	m	Δ^1	月没時 d	h	m	Δ^1
36.°4 N の月出没時	4	23	51	$+57^m$	4	9	48	$+34^m$
	6	0	48		5	10	22	
経度補間 $\Delta^1 \times (-0.422)$			−24				−14	
地方平時	6	0	24		5	10	8	
使用時への改正（標準子午線 150° E）			− 8				− 8	
所要月出没時	6	0	16		5	10	0	

ここに示されたように 3 月 5 日にはこの地点で月出はない．すなわち 4 日夜半直前に出た月は翌 5 日の $10^h 0^m$ に没し，次に出る時は日が変わって 6 日の $0^h 16^m$ となる．

〔例 15〕 3 月 8 日 80° W, 38° S の地点における月出没時を基準子午線 75° W の平時で求める．

$80°\ W - 180° = 100°\ (6^h 40^m) E = 0.^d278$

	月出時（北緯月没時） d	h	m	Δ^1	月没時（北緯月出時） d	h	m	Δ^1
38° N の月出没時	7	11	36	$+47^m$	8	2	41	$+51^m$
	8	12	23		9	3	32	
経度補間 $\Delta^1 \times (-0.278)$			−13				−14	
改正数			+ 2				− 2	
		−12	0			−12	0	
地方平時	8	0	12		8	15	16	
使用時への改正（基準子午線 75° W）			+20				+20	
	8	0	32		8	15	36	

この例のように，西経（東経）で南緯の月出没時を求める場合 -12^h（$+12^h$）の改正があるため，北緯の月出没時が 12^h 以前（以後）におこる場合は日付を 1 日後（前）にとって計算

しないと求める日のものが得られない.

補 助 諸 表 (330～359ページ)

69. I 表　北極星緯度表 (330～332ページ) は北半球で北極星の高度を観測して所在緯度を求めるための表であって I 表と $\mathrm{I_a}$ 表とからなっている. I 表に掲げた改正数は

$$改正数=-p\cos h+\tfrac{1}{2}\sin 1'' p^2\sin^2 h-\tfrac{1}{3}\sin^2 1'' p^3\cos h\sin^2 h$$

から計算した. また $\mathrm{I_a}$ 表は

$$改正数=\tfrac{1}{2}\sin 1'' p^2\sin^2 h(\tan a-1)$$

から計算した. p は北極星の極距 (=90°－赤緯) であって角度の秒を単位にして表わし, h は北極星の時角, a は真高度である. 観測から得た北極星の真高度に I 表, $\mathrm{I_a}$ 表の改正値を加えれば所在緯度が求められる. 最大離隔付近で行なうときはできるだけ正しい時刻を用いることに注意がいる. 緯度計算順序は次のようにする:

(1) 北極星の測高度に器差, 気差 (第 IX 表) を改正して真高度とする.
(2) 観測時を地方恒星時に換算する.
(3) 観測時に対する北極星の赤経, 赤緯を取出す (269～272ページ).
(4) 観測地方恒星時から北極星の赤経を減ずる. 得た値は北極星の時角 h である.
(5) こうして得た時角と北極星の赤緯とを見出しとして北極星緯度表から第1改正値を取出し, 付記した符号どおりに測得真高度に加減する.
(6) 北極星緯度表末尾に付した補助表 $\mathrm{I_a}$ から第2改正値を取出し, その符号どおりに前記高度に加減すれば所要の緯度が得られる.

〔例 16〕 4月1日 $21^h57^m31^s$ (日本時) に 129° 39′($8^h38^m36^s$) E の地において北極星を観測し, 真高度 34° 55′ 34″ を得た. 所在地の緯度を求める.

	h	m	s	
日本時	21	57	31	
標準経度	9	0	0	(－
世界時	12	57	31	
同上の恒星時への改正値 (第 V 表)		＋2	8	
世界時 0^h の恒星時	12	37	31	
経　度	8	38	36	(＋
地方恒星時	10	15	46	
観測時の北極星赤経	1	57	20	(－
観測時の北極星時角	8	18	26	
	°	′	″	
観測時の北極星赤緯	89	5	54	
真 高 度	34	55	34	
改 正 値 (I 表から)		＋31	1	
改 正 値 ($\mathrm{I_a}$ 表から)			－5	(＋
所在緯度	＋35	26	30	

70. II 表　任意時角における北極星方位角表 (333～337ページ) は 6°N から 60°N までの各緯度の地において時角を見出しとして北極星の方位角を求めるための表である. 緯度を l, 北極星の赤緯と方位角とを δ, A とすれば A の算式は次のようになる:

$$\cot A=\cos l\,\mathrm{cosec}\,h\tan\delta-\sin l\cot h$$

原式のままでは3引数表となるのでこれを2部に分けて

$$\cot A_0=\cos l\,\mathrm{cosec}\,h\tan\delta_0-\sin l\cot h$$

$$\varDelta A=-A_0\frac{\delta-\delta_0}{90^\circ-\delta_0}$$

$$A=A_0+\varDelta A$$

として, A_0 を II 表に $\varDelta A$ を $\mathrm{II_a}$ 表に掲げた. δ_0 は標準赤緯で昭和39年 (1964年) の値は $\delta_0=89^\circ\,6'\,0''$ を採った. 時角が 0^h～12^h の場合には北極星は子午線の西に, 12^h～24^h の場合には東にある.

$\varDelta A$ の算式においては (a は北極星の高度)

$$\cos A_0+\sin l\sec a\cos h\cos(90^\circ-\delta_0)$$
$$=\cos A_0+\tan l\cos h\cos(90^\circ-\delta_0)$$

という因数を1としたので高緯度の地においては最後の位に差ができることがある. $l=60^\circ$ の地においてはこの差は最大 0.03 $\varDelta A$ の場合がある.

71. III 表　最大離隔時における北極星方位角表 (338～341ページ) は北緯 10° から北緯 60° までの各緯度の地において北極星の赤緯を見出しとして最大離隔時における方位角を算出するための表である.

使った式は次のとおりである:

$$A=p\sec l+\tfrac{1}{6}\sin^2 1'' p^3\tan^2 l\sec l$$

$\mathrm{III_a}$ 表 (342ページ) は最大離隔時前後で観測して得た北極星方位角を最大離隔時における方位角に換算するための改正量であって

$$改正量=30''\sin^2 1^m A\ (\varDelta h)^2$$

から推算した. A は最大離隔時における方位角で単位は 1′ であり, $\varDelta h$ は最大離隔時から起算した恒星時間であって単位は 1^m である.

72. IV 表 (343～345ページ) は恒星時間 Θ に加えて平時間を得る改正数であって

$$改正数=-0.^s1638\,2601\,\Theta$$

によって推算した. 上式における Θ の単位は 1^m である.

73. V 表 (346～348ページ) は平時間 T に加えて恒星時間を得る改正数であって

$$改正数=+0.^s1642\,7456\,T$$

によって推算した. 上式における T の単位は 1^m である.

74. VI 表 (349ページ) は角度を時間に換算する表である. 180° 以上は 12^h0^m を加えて使用する.

75. VII 表 (350, 351ページ) は時間を日の小数に換算する表である. 12^h0^m 以上は 0.5 を加算する.

76. $\mathrm{VIII_a}$ 表　二差の補間係数表 (352～354ページ), $\mathrm{VIII_b}$ 表　三差, 四差の補間係数表 (355ページ) は, 一定間隔の引数に対する函数値が表に与えられているとき, 任意の引数に対する函数値を求めるための補助表である. 補間法としてはいろいろな方法があるが, ここでは Bessel の補間式を用いる場合の係数を掲げてある. 等間隔の引数を A_i, 対応する函数値を F_i とし, 階差の記号を次のように定める:

引数	函数値	一差	二差	三差	四差	五差
A_{-2}	F_{-2}					
		$\varDelta'_{-3/2}$				
A_{-1}	F_{-1}		$\varDelta''_{-1}$			
		$\varDelta'_{-1/2}$		$\varDelta'''_{-1/2}$		
A_0	F_0		$\varDelta''_0$		$\varDelta^{IV}_0$	
		$\varDelta'_{1/2}$		$\varDelta'''_{1/2}$		$\varDelta^{V}_{1/2}$
A_1	F_1		$\varDelta''_1$		$\varDelta^{IV}_1$	
		$\varDelta'_{3/2}$		$\varDelta'''_{3/2}$		
A_2	F_2		$\varDelta''_2$			
		$\varDelta'_{5/2}$				
A_3	F_3					

この場合, A_0 と A_1 の間にある任意の引数 A_n に対応する函数値 F_n を求める Bessel の補間式は次のようになる:

$$F_n=F_0+n\Delta'_{1/2}+B''(\Delta''_0+\Delta''_1)+B'''\Delta'''_{1/2}+B^{IV}(\Delta^{IV}_0+\Delta^{IV}_1)+B^{V}\Delta^{V}_{1/2}+\cdots\cdots$$

$$n=A_n-A_0/A_1-A_0$$

ここで B'', B'''…… は Bessel の補間係数と呼ばれる数で，n との間に次のような関係がある：

$$B''=\frac{n(n-1)}{2.2\,!}$$

$$B'''=\frac{n(n-1)(n-\frac{1}{2})}{3\,!}$$

$$B^{IV}=\frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{2.4\,!}$$

$$B^{V}=\frac{(n+1)n(n-1)(n-2)(n-\frac{1}{2})}{5\,!}$$

$$\vdots$$

VIII$_a$ 表および VIII$_b$ 表ではこのうち B'', B''', B^{IV} を与えてある．

Bessel の補間式において，奇数番号の係数は偶数番号の係数に比べて小さいので補間計算では偶数番号の Δ までをとって以下を省略するのが通常である．省略はもちろん所要の精度に応じて決められるべきものであり，省略された最初の Δ の影響が所要数値の最小位の0.5以下であるためには，省略することができる差の限界は次のようになる．

$$\Delta''=4$$
$$\Delta'''=60$$
$$\Delta^{IV}=20$$
$$\Delta^{V}=550$$
$$\Delta^{VI}=100$$

ここで差の単位は所要数値の最小位にとってある．

一般には精度を考慮して前記の補間式を用いて補間計算を行なえばよいのであるが，特別の場合には次の方法を用いるのが便利なことがある．すなわち Δ^{V} 以下を省略することのできる計算で Δ^{IV} が1100以下である場合には Δ^{IV} を Δ'' の項に含めた次式を用いることができる．

$$F_n=F_0+n\Delta'_{1/2}+B''(M''_0+M''_1)+B'''\Delta'''_{1/2}$$

$$M''_0+M''_1=(\Delta''_0+\Delta''_1)-0.184(\Delta^{IV}_0+\Delta^{IV}_1)$$

この方法を復差法といい，さらに高次の差に対しても同様な方法を考えることができるが，ここでは説明を省略する．

〔例 17〕 3月12日暦表時 $5^{h}\,39^{m}\,56^{s}$ における太陽の視赤経，視赤緯を求める．

15ページの太陽の視赤経，視赤緯の表から Δ', Δ'', Δ''' の表を作ると次のようになる．

月 日	視赤経	Δ'	Δ''	Δ'''	視赤緯	Δ'	Δ''	Δ'''
	h m s				° ′ ″			
3 11	23 24 53.43				−3 47 9.3			
		+220.72 s				+1414.9 ″		
12	23 28 34.15		−0.29 s		−3 23 34.4		+2.4 ″	
		+220.43		+0.02 s		+1417.3		−0.3 ″
13	23 32 14.58		−0.27		−2 59 57.1		+2.1	
		+220.16				+1419.4		
14	23 35 54.74				−2 36 17.7			

上の表によって，この補間計算では Δ''' 以下を省略してよいことがわかるから Bessel の補間式の第3項までを用いて計算を行なう．

まず n は

$$n=\frac{5^{h}\,39^{m}\,56^{s}}{24^{h}}=+0.23607$$

で，これはまた VII 表によっても求めることができる．次に VIII$_a$ 表により，この n に

対する B'' を求めると

$$B''=-0.0451$$

となる．また視赤経，視赤緯の $\Delta'_{1/2}$ はそれぞれ $+220.^{s}43$, $+1417.''3$, $(\Delta''_0+\Delta''_1)$ はそれぞれ $-0.^{s}56$, $+4.''5$ であるから

		視赤経	視赤緯
		h m s	° ′ ″
3月12日 0^{h} E. T.	F_0	23 28 34.15	−3 23 34.4
（1差補間）	$n\Delta'_{1/2}$	+52.037	+334.58
（2差補間）	$B''(\Delta''_0+\Delta''_1)$	+ 0.025	− 0.20
3月12日 $5^{h}\,39^{m}\,56^{s}$ E. T.	F_n	23 29 26.21	−3 18 0.0

これが求める結果である．なお補間式の省略する項を決めるためには上の例のような Δ の表を毎回作らなくともだいたいの見当をつけることはできるし，Δ' が表示されている場合には $\Delta''_0+\Delta''_1$ は $\Delta'_{3/2}-\Delta'_{-1/2}$ によって簡単に求めることができる．

〔例 18〕 1月7日暦表時 $16^{h}\,47^{m}\,35^{s}$ における月の赤道地平視差を求める．

46ページの月の赤道地平視差の表から Δ', Δ'', Δ'''…… の表を作ると次のようになる

月 日	赤道地平視差	Δ'	Δ''	Δ'''	Δ^{IV}	Δ^{V}
1 6.5	55′ 4.350″					
		−16.027″				
7.0	54 48.323		−2.536″			
		−13.491		−0.036″		
7.5	54 34.832		−2.572		+0.043″	
		−10.919		+0.007		−0.004″
8.0	54 23.913		−2.565		+0.039	
		− 8.354		+0.046		
8.5	54 15.559		−2.519			
		− 5.835				
9.0	54 9.724					

上の表によって，この補間計算では Δ^{V} 以下を省略してよいことがわかる．

ここで n は

$$n=\frac{16^{h}\,47^{m}\,35^{s}-12^{h}}{12^{h}}=+0.39942$$

であり，補間係数および差は次のようになる．

$$\Delta'_{1/2}=-10.''919$$

$$B''=-0.0600 \qquad \Delta''_0+\Delta''_1=-5.137$$

$$B'''=+0.00402 \qquad \Delta'''_{1/2}=+0.007$$

$$B^{IV}=+0.01120 \qquad \Delta^{IV}_0+\Delta^{IV}_1=+0.082$$

したがって計算は次のように行なえばよい．

		′ ″
1月7日 12^{h} E. T.	F_0	54 34.832
（1差補間）	$n\Delta'_{1/2}$	−4.3613
（2差補間）	$B''(\Delta''_0+\Delta''_1)$	+0.3082
（3差補間）	$B'''\Delta'''_{1/2}$	0.0000
（4差補間）	$B^{IV}(\Delta''_0+\Delta''_1)$	+0.0009
1月7日 $16^{h}\,47^{m}\,35^{s}$ E. T.	F_n	54 30.780

これが求める結果である．

またこの計算に復差法を適用して次のように行なうこともできる．

$$n=+0.39942 \qquad \Delta'_{1/2}=-10.''919$$

$$B''=-0.0600 \qquad M''_0+M''_1=-5.''137-0.184\times(+0.''082)=-5.''152$$

$$B'''=+0.00402 \qquad \Delta'''_{1/2}=+0.''007$$

1月7日0^h E. T.	F_0	54′	34″.832
（1差補間）	$n\Delta'_{1/2}$		−4.3613
(2, 4差補間)	$B''(M''_0+M''_1)$		+0.3091
（3差補間）	$B'''\Delta'''_{1/2}$		0.0000
1月7日$4^h\,47^m\,35^s$ E. T.	F_n	54	30.780

結果は一般式による値と一致した．

77．IX表(356, 357ページ)はラドーの気差表であって，仏暦(Connaissance des Temps)に掲げられたものをさらに簡約にしたものである．356ページには標準状態（緯度45°,高さ0メートル，気温0° C, 水銀気圧760ミリメートル（1013.25ミリバール），水蒸気圧6ミリメートル）の気差が与えてある．この値は視高度に加えて真高度を得るための改正である．標準状態からはずれた場合の気差表を357ページに掲げてある．第IX_a表によって気温に対する気差改正値を，第IX_b表によって気圧に対する気差改正値を求めてこの両者を標準状態の気差に加えれば求める気差の値を得る．ただし水銀気圧計で読み取った気圧H'は，厳密に考える場合には，次式によって重力および気温の改正を行なった値Hに直して用いる必要がある．

$$H=H'[1-0.00264\cos 2\varphi-0.0000\,00196\,h-0.0001\,63\,(t'-t)]$$

ここにφは緯度，hは海面からの高さをメートルで表わしたもの，tは気温でt'は水銀の温度（いずれも摂氏）である．

第IX_a表，第IX_b表が使えないような気温，気圧の状態，あるいはさらに精密な気圧改正値を得たい場合には次の式で計算することができる．

i）気温による改正

$$R_1=R_0+R_0A\alpha\,\frac{1+0.00367\,t}{1+kt}$$

ここで R_0：標準状態の気差

$A=\dfrac{-0.00383\,t}{1+0.00367\,t}$：第$IX_a$表の右に掲げてある．

k：356ページの下に掲げた値で視高度10°以上では上式は,次式と同じになる．

$$R_1=R_0+R_0A\alpha$$

α：356ページの下に掲げた値で視高度45°以上では上式は,次式と同じになる．

$$R_1=R_0+R_0A$$

ii）気圧による改正

$$R=R_1+R_1B\beta$$

ここで R_1：気温による改正をほどこした気差．

$B=\dfrac{H^{(mm.)}}{760}-1=\dfrac{H^{(mb.)}}{1013.25}-1$：第$IX_b$表の右に掲げてある．

β：355ページの下に掲げた値で，引数はR_1である．

かくて得られたRが気温，気圧の改正をほどこした気差である．

〔例19〕気温+14.°0 C，気圧735.0$^{mm.}$（=979.9$^{mb.}$）で視高度5° 43′ 21.″0を観測した場合の気差を求める．

356, 357ページの表から

$R_0=9'\,8.''0=548.''0 \qquad A=-0.0510 \qquad \alpha=1.095 \qquad k=0.00380$

したがって

$$R_1=548.''0+548.''0\times(-0.0510)\times1.095\times\frac{1+0.00367\times14.0}{1+0.00380\times14.0}$$

$$=548.''0-30.''6=517.''4$$

次に357ページの表から

$B=-0.0329 \qquad \beta=1.009$

$R=517.''4+517.''4\times(-0.0329)\times1.009$

$=500.''2=8'\,20.''2$

78．X表（358ページ）は与えられた地点の地心座標を求めるための係数の表である．

S，Cは観測者の地理緯度をφ，地心緯度をφ'，地心距離をρとしたとき

$$\rho\sin\varphi'=S\sin\varphi \qquad \rho\cos\varphi'=C\cos\varphi$$

で定まる値であって，地球の偏率を$\dfrac{1}{297.0}$として，次式で計算できる：

$$S=0.9949\,5304-0.0016\,7783\cos 2\varphi+0.0000\,0212\cos 4\varphi+\cdots\cdots$$

$$C=1.0016\,8705-0.0016\,8919\cos 2\varphi+0.0000\,0214\cos 4\varphi+\cdots\cdots$$

観測者が海面上hメートルにある場合にはSおよびCに356ページ下に示した改正を加える必要がある．

79．XI表（359ページ）は日本付近のおもな都市の経度，緯度とその地の座標を求めるための$S\sin\varphi$, $C\cos\varphi$とを掲げてある．本書の予報推算における各地の経度，緯度はすべてこの値を使用している．

（終）

（終）

昭和38年3月25日　印刷
昭和38年3月30日　発行

発行者　海上保安庁
東京都千代田区霞ケ関2丁目1番地

編修兼印刷者　海上保安庁水路部
東京都中央区築地5丁目

〔定価金1,400円〕

水路図誌販売所

東京都千代田区丸ノ内2丁目20番地の1	日本郵船株式会社
東京都港区芝海岸通り3丁目1番地	日本郵船東京港事務所
東京都千代田区霞ケ関3丁目4番地の4	社団法人日本船主協会
東京都中央区築地3丁目10番地（懇和会館内）	日本水路図誌株式会社
横浜市中区海岸通り3丁目9番地	日本郵船横浜支店
名古屋市中区広小路通り2丁目4番地（グリーン・ビル2階）	日本郵船名古屋支店
大阪市西区川口町26番地	日本郵船大阪販売所
神戸市生田区海岸通り1丁目10番地	日本郵船神戸支店
神戸市生田区海岸通り5番地（大阪商船ビル4階）	阪神地区船主会事務局
神戸市生田区海岸通り5番地（大阪商船ビル7階）	日本水路図誌神戸支店
門司市桟橋通り4丁目3番地	日本郵船門司支店
門司市西海岸通り1丁目9番地の2（日産館ビル）	南部地区船主会事務局
若松市南海岸通り1丁目954番地	日本郵船若松事務所
佐世保市塩浜町16番地（佐世保海運内）	日本郵船佐世保代理店
長崎市羽衣町2丁目31番地の7（福島組内）	日本郵船長崎代理店
函館市船場町19番地（函館運輸倉庫株式会社内）	日本郵船函館代理店
室蘭市海岸通り22番地	日本郵船室蘭出張所
釧路市錦町3丁目7番地	日本郵船釧路代理店
小樽市南浜町4丁目11番地	日本郵船小樽支店

その他のおもな販売所は下記のとおりです。
（日本郵船販売所）　根室・留萌・浜田・松江・舞鶴・七尾・新潟・青森・八戸・宮古・釜石・塩釜・三崎・下田・清水・鳥羽・福岡・枕崎・油津・高松・松山・宇和島・高知
（日本船主協会販売所）　徳山・三角・鹿児島・佐伯
（日本水路図誌販売所）　酒田・船川・那珂湊・清水・焼津・勝浦・尾道・呉