

第194號 (第 17 卷)

(昭和12年) 6 月 號

1936年6月19日に於ける日食の觀測

竹 田 新 一 郎
宮 本 正 太 郎
荒 木 健 兒

緒 言

此の報告は1936年6月19日の皆既日食を觀測するために、北海道北見國枝幸村に派遣された花山天文臺員の一部分が、10米コロナグラフにより得た結果の収録である。一行に許された觀測の場所は同村小學校の校庭であつたが、北から東にかけてはオホーツク海を一望に集め、西方には三笠山と稱する丘陵をひかえて風光明媚、快く仕事に従事する事が出來た。之は一つには同地の人々が示された好意と助力に負う所も大きく、共に一行の永く忘れる事の出來ないものとなつた。合せ記して感謝の微意を表したい。

尙同所の經緯度は地圖から讀みとつた所によると、北緯 $44^{\circ}56'17''$ 、東經 $142^{\circ}35'2''$ である。又校内には先年新城博士が測定された重力の標柱があつた。合せ記して感謝の微意を表したい。

使用レンズは口径10センチ、焦點距離970センチを持ち、故中村要氏作のもので黄の D 線と紫の G 線について色消がしてある。同氏は1929年5月スマトラに於ける日食觀測に之を使用したので、その報告と一所に、レンズの細かい性質を「天界」第9卷(1929)447頁に發表して居る。

シロスタツトはザウトリウス製で自働装置は重錘の落下を圓錐振子で調節する仕掛である。これに口径15センチ平面の中村氏鏡を用ゐた。第2鏡は鍍銀したものとしなないものとの2種を用意して、皆既の時と部分食の時とで使ひ分けた。尙後者の支柱は稍短かつたので木製スタンドで補ひ同じ高さ

にして用ゐた。土臺はすべて丸太の棒杭を使つて装置毎に別個に作った。第2鏡は第1鏡の西南に置いて光を略北の方向に送る事にした。従つて南北に置いた約10米の長いカメラは木の板で作り、内部を黒くニスで塗り、更に上に木板の日除を設けた。カメラとシロスタツトとの間には別の臺の上にフオカルプレインシャッターを取付け、カメラの南端に置いたレンズとの間を蛇腹で結び、部分食の撮影に使用した。一方カメラの北端には亜鉛板張りのスリットを作り、皆既食寫眞を撮る場合に手にて開閉した。そして取柄は直ぐその後に置いた。又太陽光線の強いためにピントグラスとしては普通のスリガラスの代りに生の乾板を利用した。

この観測の目的は内部コロナの記録並びに部分食寫眞による接觸時の決定にあつて、もと稲葉理學士が観測の豫定で準備一切を進めて居られたが、間際になつて同氏はシベリヤに遠征される事になつたので、著者の1人宮本が代つて撮影關係を分擔した。只ここに遺憾に思うのはシロスタツトの時計仕掛が甚だ不完全であつて、いつ止るか分らず又その動きも一樣でなかつた。そのために當時もいらざる手数を要したのみならず、後述の様に結果的にも不幸を遺したのであつた。

コロナの撮影並びに處理

1) 皆既食の寫眞は4切アグフアイゾクロームを用ゐ、次の如く4枚撮影した。

番 號	撮 影 時 刻	露 出 時 間
[5']	15時18分44秒5—49秒5	5秒
[10]	58秒5—8秒5	10秒
[30]	19分17秒5—47秒5	30秒
[5]	54秒5—59秒5	5秒

この中[5']及び[30]の原板はシロスタツトの動きが飛躍的であつたために測定に堪えない。[5]は極接近した2個の像が重り合つて一見ピンボケの如く見ゆる。又[10]の原板にも極薄い像が重つて居るが、測定には全然妨げにならない程度である。

尙現象は翌日の夕方亜硫酸曹達の多い液で行つた。又ここで一寸附言して

置きたい事は、コロナの様になるさが、中心からの距離と共に急激に減少するものを撮る場合には、もつとコントラストの弱い乾板を用ゐた方がより効果的であつた様に思はれる事である。

2) プロミネンス及び

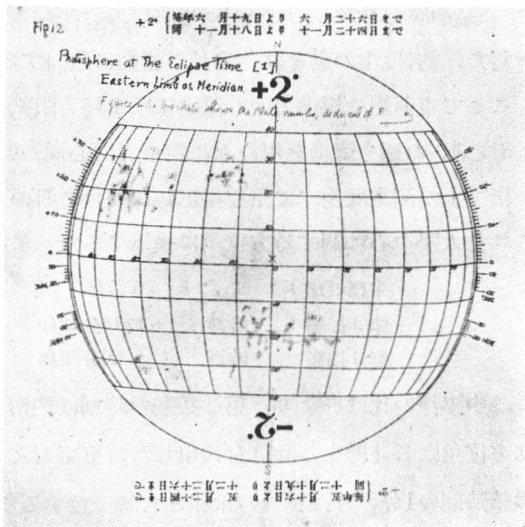
コロナ流線の方位角の測定

先づ乾板上に於ける東西の方向を知るために、同一の4切乾板上にシロスタットの運轉時計を止めて、數分置きに太陽像を2個づつ撮影して置いた。その流れた方向を測定した結果東西線の乾板の長邊に對する傾きは $44^{\circ}1'$ であつた。同時に乾板の四邊は略平行で角度で $6'$ 程度の誤差を示すに過ぎず。又同種の2枚の寫眞から得た結果も殆んど差異を示して居ないので之を方位測定の規準にとつて差支へないものと思はれる。

一方南方に見えた大きなプロミネンスは其

の南側が鋭く略月の中心に向つて居たので、之を規準に撰びすべての模様

第 1 圖



方位を相対的に測定したので、先づこの規準線の乾板の周邊に對する傾きを測り之に上記の値を適用してその方位角として

[5]	195°40′
[10]	194° 5′

を得た。約1度半の動きは勿論月の運動に起因すると見るべきである。

ここで東西線や規準方向の測定には1耗方眼紙を用ひ、相對位置の測定には3度刻みの極方眼紙を用ゐた。尙後者同心圓の間隔は2耗である。

偕て上の測定はすべて原板撮影時に於ける月の中心に基本して居るので、これを太陽中心に關する方位角に換算するために下記の數値を用ゐた。

半徑の比：	$R_{\odot} : R_{\zeta} = 0.9716$		
第2接觸：	時刻	15時18分42秒	方位角 102°
第3接觸：	時刻	20分39秒	285°

この中半徑の比は曆より、第2接觸の時刻は柴田理學士のフラッシュ観測より方位角は石井博士の計算を採用した（東京天文臺報第3卷第4冊189頁）。又繼續時間の1分57秒は種々の豫報と大體一致する所である。

實際の換算は圖解的に行つた。即ち2枚の極方眼紙の上に夫々太陽及び月の大きさを畫き、月の周邊には測定點を記入し、2枚を同時に寫眞用プリンタ1の上に乗せて、下から電灯で照らし適當の位置に重ね合せて、各測定點を太陽の像の上に寫しとつた。同時にプロミネンスの高さも測定をした。結果はすべて口繪第2圖に収録した通りである。この原圖は月の半徑を10にとつた。見らるる通りここには、測定點を示すと共に内部コロナ及びプロミネンスのスケッチを與へて置いた。圖中太い線で示した圓周の巾は約14,000軒に當り、云はゞカルシウムクロモスフィヤの高さを表はし、その底部が光球と見らるべく、又直ぐ外側の圓は月の大きさに相當する。又その直ぐ内側に記した數字は測定の便宜上の番號を示し、更に内側には方位角の度數を記した。プロミネンスの高さ及びコロナの作るア1チの高さは正確に示してあるから適宜圖上で讀みとつてほしい。實際の大きさは動徑方向の1目盛が略14300軒に相當する。

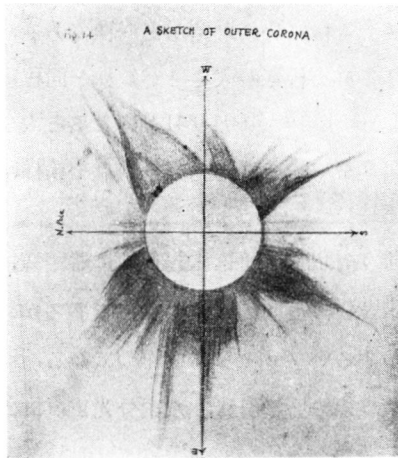
ここで注意すべきは東方に比して西方には小さいプロミネンスの少ない事

であるが、これは事實と見るよりは第3接觸の近くで寫眞をとらなかつたためであらう。又このスケッチに於て各模様は濃淡は正確ではない。

訂正：圖中 太陽自轉軸の方位角は $-8^{\circ}40'$ でなくて、 $-8^{\circ}10'$ の誤記である。

3) 次にコロナの形貌と他の太陽表面現象との關聯の有無を調べて見たが、コロナの消長は黒點や白紋の出現とは直接連鎖はないらしい。これはコロナが太陽周邊に普遍的に存在して居るのに、黒點の如きは部分的により存在して居ない事からも想像される事である。勿論これらの現象に少しも影響を受

第 3 圖



けてないと斷定するのではないので、これを見るために當日の黒點及び白紋の狀體を調べて見た。幸静岡市の清水眞一氏の好意により、同氏撮影にかゝる太陽寫眞を借受ける事が出来た。この寫眞は都合3枚で同年同月13日8時50分、17日9時0分、21日14時55分に撮られて居る。大きさは手札型なのでこれをテツサ1レンズで引伸し、スト1=1ハ1スト太陽版と重ね合せて、各黒點及び白紋の日心經

緯度を測つた。

更にこれらの日食時の位置に直すために Handbuch der Astrophysik 第4巻101頁を参照して各遠度別に毎日運動を補正した。第1圖及び第2圖は東西兩縁邊を中央にした略圖である。尙當日の太陽の自轉軸の方位角及び傾斜はそれぞれ $-8^{\circ}10'$ 及び $1^{\circ}5'$ であつた。

併これとコロナ寫眞とを比べて見ると、内部コロナは東部で緯度 -20 度附近にある白紋の上で多少強く表はれて居るが、外部コロナでは別にこれと云つた關聯は見出されなかつた。この程度では白紋や黒點とコロナとの間には

確たる關係はなかつたと云つてよいであらう。或は併しこれは一半材料の不足にもよるののかも知れない。

参考のために外部コロナのスケッチを挿入して置いた。

4) で一般的關聯はもつと普遍的な太陽表面現象との間にあるのではなからうか。これを見るためには今少し突進んでコロナの觀察をなす必要がある。第一に考ふべきはコロナ流線の大きさである。

大きなプロミネンスに關聯した強く變形されたコロナ流線は別として、一般の普通のコロナ流線は何れも周圍に比して明るく、太陽の縁から殆んど直立的に伸びて居る。これは大きさにより大體2種類に分けられる。太陽半徑を100とすればその一つは巾が大體2.0、他は0.8である。數から云へば前者が遙かに多く又その大きさは赤道部に於ても極に於ても殆んど一樣である。面白い事に太陽スペクトル寫眞に見られる群小模様の大きさがこれと同程度である事である。例へば G. E. Hale [Ap. J. 19 (1904) 41] によると大きく明瞭に區別できる所謂明暗のフロキュリを取除けば、これらの群小模様は大體次の3通りに分けて考へられる。

i) Ca^+ の分光寫眞に於て太陽活動の全期間を通じ太陽全面に略一樣に見られるもので、下層ではほぼ光球の米粒組織と同程度の大きさであるが、上層では大きくなり數個集つて一つの明るいフロキュリを作つてゐる。

ii) Ca^+ 分光寫眞には明るいフロキュリとして現れ、水素分光寫眞には暗いフロキュとしてみられるもの。

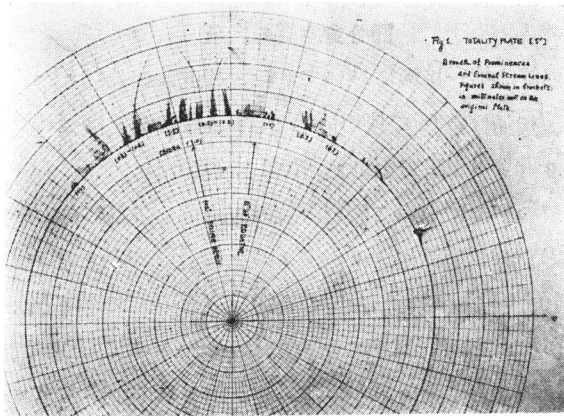
iii) 特に黒い部分。

所でこれらの大きさは前二者は1.2—2.0、第三者は0.5—0.8程度である。

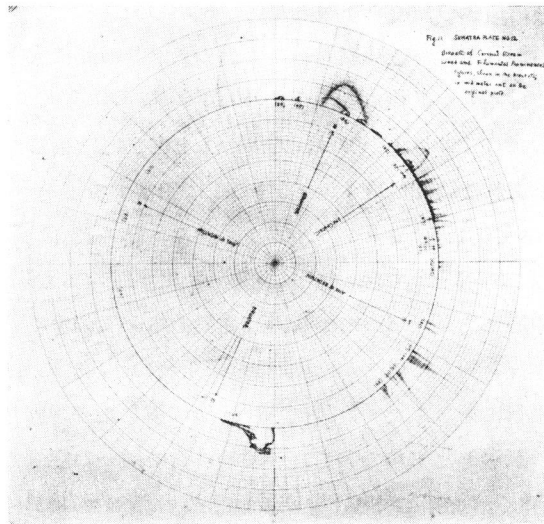
更に面白い事は皆既蝕の直接寫眞からもクロモスフィヤの明暗の縞が追跡できる事である。これを見るには接觸の直後又は直前に撮影をせねばならない。我等の原板〔5〕及び〔10〕は稍之の目的に效つて居る。中村要氏がスマトラで寫した乾板 No. 12 もそうである〔第4圖、第5圖參照〕。これらの原板を見て見ると、幅2.0のコロナ流線の底部には大體同程度の明度の強い縞が附隨して居るか、或は更に小さい0.2—0.4程度の明るい部分の集合が発見される。

又第二の幅 0.8 程度のコロナ流線の底には 絲狀の小さなプロミネンスが必ず見出される。

第 4 圖



第 5 圖



以上の結果はすべて普通のコロナ流線について云はれる事であるが、一方流れが強く曲げられて居るもの例へばア1チ型のコロナ流線には必ずと言つてよい程大きなプロミネンスが附隨して居り、何れもコロナの理論的考察をなす上に何ものかを暗示して居るように思はれる。

最後にコロナ流線の形から其の對稱の中心を求めると、一般に認められて居るように、太陽の自轉軸とよく一致して居る事が認められた事を附言して置かう。

部分食寫眞の處理

5) 部分食寫眞は第一接觸に續いて8枚、皆既後20枚都合28枚撮影をしたが、中2枚は雲に妨げられて使用に堪えず、1枚は食をはづれて居た。用ゐた乾板は富士プロセス8切、現像は M、Q で行つた。

これらの原版の一々について觸度、絃の方向等を測定した。その方法は之を1耗方眼紙と重ねて寫眞用プリンタ1の上に置いて、下から電燈で照して讀取りを耗の10分の1まで行つた。この際注意を要したのは方眼紙の刻みが縦横で0.5%程違つて居り、又熱のために0.2%近くの變化を見せた事である。で第一の不正は讀みとりを一方の方向にのみ限る事によつて之を避けた。第二の方は幸その變化が急激に起り、其の後は比較的定常であつたので測定は之を待つて行ひ、尙念のため時々検査を怠らなかつた。

又測定は2名が日を變へ數回繰返へして行つたが其の間に大きな差異はなかつた。ここには兩人が最後に測つたものの平均値のみを與ふるが、讀みとりとしては先づ10分1耗以上の誤差はないつもりである。尙この桁で觸度に一つだけ差異があれば時間に直すと約5秒の差に相當する事を附記して置く。別表(299頁)に於て第1行はクロノメータ1の讀み、續く7行は測定量である。半徑 R は三つの方向について測つた。即ち $2b$ は缺けたる太陽の絃の長さ、 a_1 、 a_2 はその中心から見た二つの圓弧の高さである。又つゞく三行は三つの方向に測つた半徑を與へて居るが、 R_0 は絃に平行に、 R_a 、 R_b は夫々原板の長邊、短邊に平行にえらんだ。最後に W は絃に下した垂線即月及び太陽の中心線が原板の長邊となす角である。一般的に見て同一の寫眞では R_a は R_b に1—2單位大きく讀まれて居る。又原板によつての R の相異は觀測の都度焦點を正した事に原因する。

6) 測定に於て最も困難を覺えたのは太陽像のカस्प C 及 C' が屢々明確を缺いた事である。で測定値の信用度を見るためにこれらを使つて中心線の方に於ける月及び太陽の半徑を計算して見た。これをそれぞれ $R_{\text{月}}$ 及 $R_{\text{日}}$

とすれば簡単な幾何學から

$$2R_{\odot} = \frac{b^2}{a_1} + a_1, \quad 2R_{\oplus} = \frac{b^2}{a_2} + a_2, \dots\dots\dots (1)$$

なる關係を得る。R_☉ 及び R_☽ の計算値は表の第9行第10行に記した。R_☽ は他の測定値と大した差異を認めないが R_☉ にはお互の間に比較的大きな開きを見せて居る。これはその計算に小さな a₁ を分母に含むからで 2^h7^m の原板の如きは a₁ の讀みに1單位の差異があれば R_☉ は1割も變つて來る事を思へば、寧ろその結果は豫想外によかつたと云はねばならない。實際皆既につづいて撮つた7枚 (a₁ > 120) では 1 - R_☽/R_☉ は 0.027—0.030 でその平均値は 0.0286で、曆から見出した値は0.0284である。

7) 次に食度 1-D は $D = \frac{a_2 - a_1}{2R}$ により與へられるが、ここで R とし
ては上記の太陽半径の四つの値の平均を選んだ。結果は第11行に表記した。
一見明らかな様にこれらは大體時刻と共に直線的に變つて居るが、詳しく見ると毎分の變化は食の初の約 0.013₅ から食の終りには 0.016 位迄増加して居るので著者は

$$D = a + b\tau + c\tau^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = (t - t_0) \text{分}/100$$

の如き二次關係式を假定して常數 a, b, c, t₀ を定めて見た。その結果皆既後に對しては a=0.1425, b=1.50, c=0.10, t₀=3^h28^m なる數値を誘導した。その導き方はかんたんに次のようにした。

先づ b は D の觀測値を一見して容易に讀取れる故一次項を差引けば、殘差の動きから c と t₀ の大きさは相關聯して適當に決定する事が出来る。

a は更にこれを除いた殘差の平均をとつた。参考のためこの實驗式によつて與へられる D の値と觀測値との差 O-C を別表第12行に與へた。

又これによつて定められる接觸時と豫報とを比較すると

		生 光 時 刻	復 圓 時 刻
觀 測		3 ^h 20 ^m 37 ^s	4 ^h 25 ^m 20 ^s
豫 報		3 20 38.3	19.8

となる。ここで觀測時刻には實驗式の結果にクロノメータ1の遅れ 2^m12^s を

補正し、豫報としては上田博士の値(日本學術協會報告第8卷第2號19頁)を引用した。

次に皆既前については観測が短時間により互つて居らないので、單にそれから二次項までを決定する事は出来ない。併し一次項の係数 b の値は大體 1.35ととつてよいので、 c の値が皆既後と同じ値を持つて居り、そのために b が1.35から1.50に變つたものとすれば、當然其の間に75分の間隔を必要とするから t_0 は $2^h 13^m$ となる。従つて又常数 a も前同様にして決定する事が出来る。結果は $1-D=0.1075+1.35\tau+0.10\tau^2$ である。O-C は別表に與へた。又接觸時刻は

	初 虧 時 刻	皆 既 時 刻
観 測	$2^h 7^m 11^s$	$(3^h 16^m 22^s)$
豫 報	8.7	40.9

となり皆既時刻に甚しいくいを生ずる。これは明かに二次項の定め方が悪い事に起因して居る。實際かりに $t_0=3^h 17^m$ とれば皆既時刻は $3^h 16^m 40^s$ となるが、初虧時刻には殆んど影響なく従つて勿論 O-C に何等不都合を來さない。又 t_0 は變へないで $C=0.09$ ととつても同じ事が云へる。残念ながら此の度の日食には皆既直前の材料がないために、所謂観測的に其の當否を決する事が出来ない。

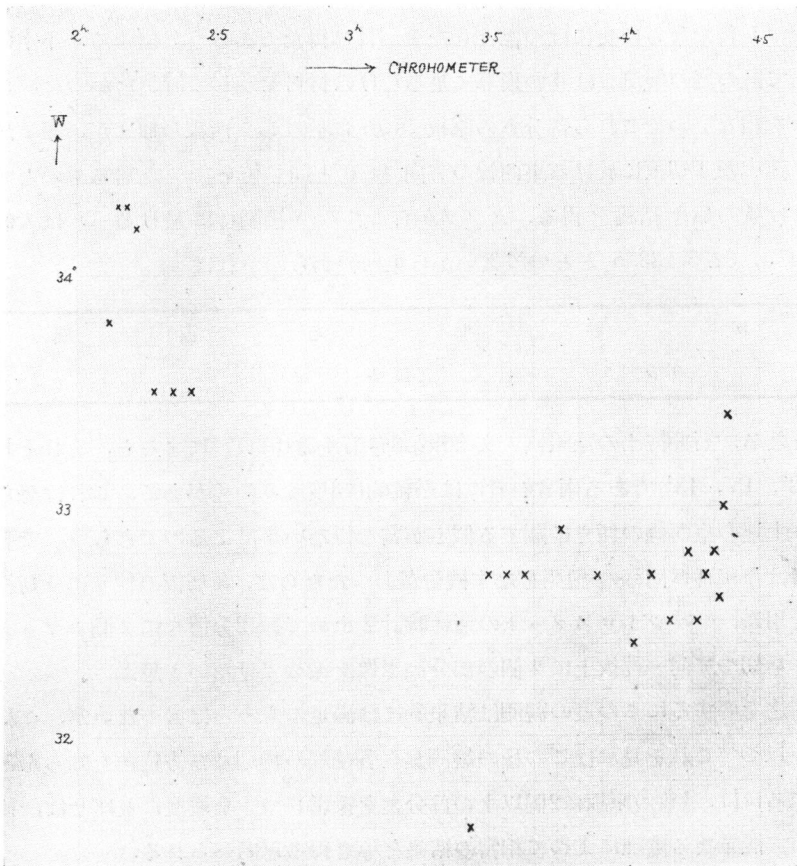
ここで一寸注意して置きたい事は皆既後の観測に於ても c の數値は左程決定的なものでない。即ち 0.09乃至 0.11等に多少變へてもよいが、關聯的に t_0 の値に變革を必要として第3、第4の接觸時刻の観測値としては勿論さしたる變移を許さない。又前述のような b の變化にもこれが爲に緩急の生ずるのは當然である。少しく繁雜になるが一例を挙げると $c=0.09$ ならば $t_0=3^h 25^m$ とれば皆既後の観測を表はすには差支へないが、 b が1.5から1.35に變はるためには83分餘りを要し、皆既前の t_0 としては $2^h 2^m$ となり到底使用に堪へなくなつて來る。蓋し初めに $c=0.10$ と選んだのも理由の一半はここにあるのである。

之を要するに (2) の如き二次關係式一つで全食度を表はす事は出来ないら

しい。併しながら只今の目的のようにこの種の観測から単に接觸時刻を知るためには之で充分であるが、只 c 及び t_0 の値を決定できるように相當長い時間に亙つて撮影を行う必要がある。勿論インネス (Inness) の行つたように接觸間際に矢つぎばやに寫眞を撮つてもよいが、操作の容易さから云つても、又 b の値が5分間に 0.01程度も變る事から見てもその方がより效果的だと思はれる。

8) 最後に接觸點の方位角の決定について一言しよう。測定方法はかんたんである。

第 6 圖



即ち太陽象のカスプ CC' を方眼紙の1本の線の上に乗せて原板の四邊の傾きを縦横に讀取つて $\tan W$ を作つた。但し W は CC' に直角の方向、即ち月及び太陽の中心を結ぶ方向が原板の長い邊となす角である。結果は表の第8行に記載した。これによると W の大きさはすべて 33° 内外あるが、この邊りでは一度の差は正切で約0.025の差に當るから測定は 0.2 度迄心配なく行へるものと思ふ。

第6圖はクロノメータ1の讀みに對してこの角の分布をグラフにプロットしたものであるが、この圖を見ると時間に對する角の動きは一樣さを缺いて居るので正確な事は云へないが、第1接觸近くと第3接觸近くで明瞭に2度程度の差をなし第4接觸は其の中間に落ちて居る。若し1枚々々を絶對方位角で表はし得たならば更にはつきりした事が言ひ得たであらうと信ずる。不幸にして此の度の観測では其の換算に足るだけの材料を残して置かなかつた。止むを得ないのでこれら部分食の原板(8切)に於ける東西線の傾きが、第2節に述べた4切板に於ける東西線の方向 $44.^\circ 0$ と同じ値を持つて居るものとすれば次の如き結論を得る。グラフからこれらの接觸時に於ける W は大體 $34.^\circ 5$, $32.^\circ 5$, $33.^\circ 5$ とつてよいから東西線からのずれは

初	虧	生	光	復	圓
	9.°5		11.°5		10.°5

となる。石井博士の豫報(天文臺報第3卷第4冊191頁)によると、それぞれ 13° , 15° , 13° である兩者の者には系統的に3度餘りの差がある。これは恐らく上述の東西線の傾きに關する假定が當を得ない事によるのであらう。で著者は今後再び同様の観測をなす機会があつたならば、8切板の代りに4切板を用ゐ、一時シロスタットの運轉時計を止めて1, 2分置きに2回シャッターを切つて同一乾板上に2個の部分蝕影像を撮つて見たいと思ふ。

之を要するにこの度の観測は結果的には満足のものとは云へないが、これを以つてこれを見ればこの種の観測から各接觸の時刻及び方位角を知らんとするには、1枚の原板に2個以上の部分食を撮影しつつ全蝕度に及ぼせば、極めて簡單なる處理によつて相當の結果を導き得ると考へられる。

第 1 表 皆 既 前

t	2b	a ₁	a ₂	2R ₀	2R _a	2R _b	tan W	2R _l	2R _☉	I-D	O-C
^{h m} 2 7	203	11	854	864	867	863 ₅	0.669	947	866	0.026	-0.000 ₉
9	280 ₅	22	836	860 ₅	861	859	682	917	859 ₅	54	+ 0 ₃
11	342 ₅	33	823	859 ₅	860	859	682	920	859	81	+ 0 ₅
13	391	45 ₅	813 ₅	861	862	861	677	886	860 ₅	108	+ 0 ₅
17	472	69	790	860 ₅	861	859 ₅	661	877	860 ₅	162	+ 0 ₃
21	535	90 ₅	763 ₅	858 ₅	859 ₅	858	661	882	857	216	- 0 ₁
25	591 ₅	112 ₅	740	858 ₅	860 ₅	859	663	889	858	270	- 0 ₉

第 2 表 皆 既 後

t	2b	a ₁	a ₂	2R ₀	2R _a	2R _b	tan W	2R _l	2R _☉	D	O-C
^{h m} 3 26	878	342 ₅	442 ₅	879	—	—	0.615	905	878	0.112	-0.000 ₅
30	870 ₅	335	485 ₅	876	—	—	641	900	876	172	- 0 ₅
34	861	316	521 ₅	879	—	—	643	902	877	234	+ 1 ₁
38	846	295 ₅	551	877	—	—	642	902	876	291	- 2 ₅
46	803 ₅	245 ₅	612 ₅	878	—	877 ₅	648	902	876	418	+ 2 ₃
54	743	195 ₅	668 ₅	875	876 ₅	875 ₅	641	901	875 ₅	540	+ 0 ₇
4 2	656	143	722 ₅	871 ₅	872 ₅	871 ₅	634	896	871	664 ₅	+ 0 ₄
6	599	115	747	867 ₅	868 ₅	867	643	895	867	728 ₅	+ 1 ₆
10	529 ₅	88 ₅	766	856 ₅	858 ₅	856 ₅	637	881	857 ₅	790	- 0 ₁
14	450 ₅	62 ₅	794 ₅	857	858 ₅	857 ₅	644	874	858	853 ₅	- 0 ₂
16	402 ₅	48 ₅	810 ₅	858 ₅	860	858 ₅	637	882	860	887	+ 1 ₅
18	346	34 ₅	821	857	859	857	643	902	857	917	- 0 ₅
20	272 ₅	21 ₅	834 ₅	857	859 ₅	858	644	885	857	948	- 1 ₅
21	226 ₅	14 ₅	841 ₅	857 ₅	859 ₅	858	640	900	857	964	- 1 ₆
22	165 ₅	8 ₅	846	854	854 ₅	853	650	814	854	981	- 0 ₇
23	60	1	856	856	857	857	659	901	857	998	+ 0 ₂

(以 上)