薄明の観測(第二報)

大和順一, 守田康太郎

Observations of the Twilight. (Second Paper)

By J. YAMATO and Y. MORITA.

Abstract:—A few years ago, one of the present authors has reported some results of the observation of the twilight, especially the observational data as to the colour, the intensity and the maximum point of the first purpurlight. In this paper the authors calculated the height of the dust sphere by the formula (1). The calculation showed it to be 14.6 km.

1. 緒言

著者等の一人は先に薄明現象の hellen segments に於ける色彩と氣象状態に關する報告を行つたが、此處ではその際に得た第一紫光 (Die Haupt Purpurdämmerung) の空間的高度より、塵埃層の高さを算出して見る。⁽¹⁾ 薄明現象が、大氣の比較的下層に存在する塵埃層に依る光線の散亂に起因するものとして、紫光の空間的高度とその時刻とを測定する時、逆に此の塵埃層の高さを求めることを得る。本文では第一紫光の最高度とその時刻とを用ひて算出を試みた。之は観測より入つて来る誤差を小ならしむる爲である。

第 1 圖

2. 観測の方法

紫光の如く上限の漠然としてゐるものはその空間的高度の測定にはかなり大きな誤差が入るし更にその最高度の出現を認知するのは困難なことである。吾々の観測に當つては次の様にして行つた。第1圖は観測の一例を示すものであつて、縦軸に観測して得た空間的高度を、横軸に観測時刻をとつてある。観測した毎に圖表に入れてゆくと大體此の圖の様な曲線を得る。此の曲線より空間的の最高度と最高度出現の時刻とを知るのである。圖では約六度の處より第一紫光が現れてゐる様に見えるが、之は帶狀の

(1) 此の算出に用ひた式は多くの人々に依つてなされたものであつて、何等新しいものではないし且つ紫光が此の高度に於ける塵埃層の境界に依つて生ずるものと假定してである。

薄明弧が大體此の高度に割り合長く存続してゐるからである。

3. 第一紫光を用ふる方法

第2圖に於いて O は地球の中心, P は觀測點, δ は塵埃層の上限とする. 或る時刻後太陽は $\odot$ の方向にあり, P に於いて水平面となす角を θ とすると $\sin \theta = \cos \delta \cos t \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi$. 但し δ は太陽の赤緯, t は太陽の時角, φ は P の緯度, 第一紫光の高度 ϕ を測定せば

第 2 圖

$$\angle POQ = \frac{\theta}{2} \quad \therefore PQ = PO \tan \frac{\theta}{2} = r \tan \frac{\theta}{2} \quad (\text{地球の半径: } r)$$

$$\Delta PQR \text{ より} \quad PR = \frac{r \tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)}. \quad \text{然るに } \Delta POR \text{ より}$$

$$(r+h)^2 = \left\{ \frac{r \tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\}^2 + r^2 - 2r \left\{ \frac{r \tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\} \cos \left(\frac{\pi}{2} + \phi \right)$$

$$\therefore \left(1 + \frac{h}{r} \right)^2 = \left\{ \frac{\tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\}^2 + 1 + \left\{ \frac{2 \tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\} \sin \phi$$

h は r に比して小なるを以つて $\left(1 + \frac{h}{r} \right)$ を展開して

$$h = \frac{r}{2} \left[\left\{ \frac{\tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\}^2 + \left\{ \frac{2 \tan \frac{\theta}{2} \sin \theta}{\sin(\phi + \theta)} \right\} \sin \phi \right]$$

$\tan \frac{\theta}{2} = A, \tan \frac{\phi}{2} = B$ とおくと上式は

$$h = \frac{r}{2} \left[\left\{ \frac{A^2(1+B^2)}{(A+B)(1-AB)} \right\}^2 + \left\{ \frac{4A^2B}{(A+B)(1-AB)} \right\} \right] \dots \dots \dots (1)$$

A, B を計算すると h は求められる. 扱て之を實用するに hour angle t を求むるに

T : 標準時に於ける観測時刻

ΔT_1 : 地方時と標準時との差

ΔT_2 : 眞太陽時と平均太陽時との時差

(表に依りて求められる)

とすると $t = T + \Delta T_1 - \Delta T_2$

4. 紫光の終りの時刻を観測して塵埃層の高度を求むる方法

第二節に於いて示されて居るのは薄明現象中の任意の時刻に於ける塵埃層の高度を求むる方法であつた. 此の特別の場合として薄明弧が地平線下に没せんとする時刻を測定する事に依つても塵埃層の高度は求め得られねばならない. Q と R との一致した場合となるから

$$\frac{OP}{OQ} = \cos \frac{\theta}{2} \quad \therefore \frac{r}{r+h} = \cos \frac{\theta}{2}$$

$$h = r \left(\frac{1 - \cos \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}} \right)$$

θ は小なりとせば次式で與へられる.

$$h \doteq r \left\{ \frac{\frac{1}{2}(\cos \delta \cos t \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi)^2}{1 - \frac{1}{2}(\cos \delta \cos t \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi)^2} \right\}$$

然しながら此の方法に依り観測を行ふには大きな問題が残されてゐる. それは紫光の現出は帶狀の薄明弧の上に出るのであるから紫光の始まりとか終りとかの限界ははつきりとは認識され得ぬものである. 従つて此の方法は恐らく實用されぬであらう.

5. 第一紫光及び第二紫光を用ふる方法

此の方法も前節同様紫光の終期を用ふるのであつて, 第一紫光で $\theta = \theta_1, t = t_1$ と第二紫光では $\theta = \theta_2, t = t_2$ を得たとすると前と同様次の式が成立する.

$$\frac{r}{h+r} = \cos \frac{1}{2}(\theta_2 - \theta_1),$$

$$h = r \left(\frac{1 - \cos \frac{\theta_2 - \theta_1}{2}}{\cos \frac{\theta_2 - \theta_1}{2}} \right)$$

$$\sin \theta_1 = \cos \delta \cos t_1 \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi, \quad \sin \theta_2 = \cos \delta \cos t_2 \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi$$

此處で $t_2 = t_1 + \Delta t$ と置き θ を小なりとせば

$$\begin{aligned} \theta_2 - \theta_1 &= \cos \delta \cos \varphi \{ \cos(t_1 + \Delta t) - \cos t_1 \} \\ &= -\cos \delta \cos \varphi \sin t_1 \Delta t \end{aligned}$$

$$\therefore h = r \left\{ \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2} \right)^2}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2} \right)^2} \right\} = \frac{(\theta_2 - \theta_1)^2}{8 - (\theta_2 - \theta_1)^2}$$

依つて求むる h は

$$h = \frac{(\cos \delta \cos \varphi \sin t_1 \Delta t)^2}{8 - (\cos \delta \cos \varphi \sin t_1 \Delta t)^2}$$

であたへられる。此の方法は測候技術官養成所本科の講義に於いて藤原先生に依つて暗示せられたものである。此の式を用ひるにはやはり薄明の終期の時刻を求めなければならない。若し何等かの方法で之を知るなら h を求むるには他の二式に依るよりも正確なものであらう。諸此の方法であるが、之には紫光の上限が帯狀の薄明弧に沈む時刻をとつてもさまで影響しまい。此の式で問題となるのは Δt の項であつて之は $t_2 - t_1 = \Delta t$ であるから、第一紫光及び第二紫光が帯狀の薄明弧に沈む t の値を夫々 t'_1, t'_2 として $t_1 = t'_1 + \Delta t_1, t_2 = t'_2 + \Delta t_2$ とする。 $\Delta t_1, \Delta t_2$ は t_1, t_2 に比して二次の項である。

$$t_2 - t_1 = (t'_2 - t'_1) + (\Delta t_2 - \Delta t_1) \doteq t'_2 - t'_1 = \Delta t$$

となり、 $\Delta t_2 - \Delta t_1$ は三次の項となり無視し得るであらう。

6. 観 測 値

吾々は第三節の方法を用ひ得る若干の観測材料を得た。之を用ひて塵埃層の高度を求めて見る事にしよう。

イ. 観測月日 1st-22nd. March, 1932

ロ. 観測地點 $\varphi = 35^\circ 41'$ $\lambda = 139^\circ 45'$

ハ. $\Delta T_1 = 4^\circ 45'$

次表に於いて

T' : 観測時刻

T : T' を正午よりの角度に換算せる値 $\left(360^\circ \times \frac{T' - 12}{24} \right)$

ϕ : 第一紫光の空間的最高度 (観測に依りて得たるもの)

δ : 太陽の赤緯 (理科年表より)

ΔT_2 : 時 差 („ „)

t : $T + \Delta T_1 - \Delta T_2$

T'	T	ϕ	δ	ΔT_2	t	h
1 st 17 ^h 59 ^m	89°45'	10°	-7°46'	+3°12'	91°18'	20·5 ^{km}
2nd 18 00	90 00	21	-7 23	+3 06	91 39	19·7
4 th 18 00	90 00	21	-6 37	+3 01	91 44	22·1
5 th 17 52	88 00	34	-6 14	+2 57	89 48	10·8
8 th 17 57	89 15	28	-5 04	+2 49	91 11	16·9
9 th 17 56	89 00	35	-4 41	+2 42	91 03	12·1
11 th 17 57	89 15	25	-3 54	+2 36	91 24	11·0
13 th 17 57	89 15	36	-3 07	+2 30	91 30	8·3
16 th 18 00	90 00	34	-1 56	+2 15	92 30	9·1
17 th 18 00	90 00	40	-1 32	+2 12	92 33	8·2
20 th 18 09	92 15	20	-0 21	+2 00	95 00	28·7
21 st 18 03	90 45	43	-0 03	+1 54	93 36	7·3
22nd 18 11	92 45	18	-0 27	+1 48	95 42	15·2

塵埃層の平均値として 14.6 km を得る。然るに求め得た値は最高 28.7 km より最小 7.3 km に及び、その値はかなりの懸隔を示してゐるが主なる原因は附圖で見てもわかる様に大體西方に於ける氣壓配置にあるやうで、即ち高氣壓の存在する時は高く、低氣壓の場合には低い傾向のある事が窺はれる。此の觀測に於いて更に注目されるのは第一紫光の空間的の最高度の出現時にかなりの遅速のあることである。此點に關しては未だ何等定説がないやうであるが、或は大氣の屈折率の變化に起因するのではあるまいか。

本文を終へるに際して様々御指導していただきました藤原先生に厚く御禮を申し上げます。

大 氣 の 状 態 に よ る 光 路 變 化⁽¹⁾

大 田 正 次

The Effect of the Temperature-gradient on
the Path of the Beam of Light.

By M. OOTA.

1. 天體の濃氣差を測定して地上大氣の密度配布を知ることは上層大氣の状態を知る一手段として便利な方法であるが、この種の方法では積分した効果を觀測するのであるから、個々の場所に於ける値を求める事は仲々困難である。⁽²⁾

關口鯉吉先生は曾て三島から富士山を望んだ場合の角度變化を測定してその間の大氣の状態を推察する一手段とせられたが、筆者はその場合の角度變化を理論的に求め、二三の結果を得たので簡単に報告する。

(1) 中央氣象臺彙報.

(2) 關口鯉吉・山本正巳：天體濃氣差の觀測に依る自由大氣の研究（第一報），中央氣象臺彙報，第一冊，91 頁.