氣 象 集 誌

第 二 輯 第 十 三 卷 第 十 號

論 文 **Memoirs**

氣 壓 の 上 層 に 於 ける 日 變 化 に つ い て *

藤 原 咲 平, 武 田 京 一

On the Diurnal Variation of the Atmospheric
Pressure in the Upper Air.

By S. FUJIWHARA and K. TAKEDA.

Abstract:—The diurnal barometric oscillation in free air over Lindenberg was calculated using the surface hourly barometric values and hourly temperature values in the free air observed at the aerological Observatoire, Lindenberg and compiled by Hergesell. The result was compared with the hourly barometric readings obtained at mountain observatories such as Obir, Sântis, Sonnblick and Mont Blanc and found very good similitude between the calculated free air values and observed summit values, while those observed values at mountain slope such as Zell a. S, Bad Fusch etc. are different with the free air values of similar altitudes.

Thus it proves the creditability of the calculated values. Hence further steps are taken by applying the method of harmonic analysis and found the dependency of the amplitude and phase difference of diurnal, and semidiurnal pressure waves on the height above sea level.

1. 緒 言

從來氣壓の日變化については色々論ぜられて來たが、其等の多くは地球上緯度と經度による變化を論じたものであつて高さに對する變化についてはあまり論じた者はなかつた。之は比較すべき實際の材料の足りなかつた事にも依るのであらう。殊に自由大氣中の氣壓の實際の日變化については殆ど何も分つて居ないと云つてもいい位であつて、上層の氣壓を論ずる必要のある場合には氣溫の遞減率を一定にして Laplace の式から地上の氣壓と氣溫の値を使つて計算したもので我慢して居た様なわけである。

同じ Laplace の式を使ふにしても氣溫の實測値を使つたら得られる氣壓は可成り實際に近いものになるだらう。勿論上層の氣溫の實測値だつて氣壓と同様あまりない。然し Lindenberg に於ける

* 中央氣象臺彙報。

氣溫の實測値があるのでそれを使ふ事にする。かくして得られた上層の氣壓について調べようとするのが本調査の目的である。

2. 材 料

此處で使ふ上層の氣溫は Lindenberg の高層氣象臺に於て觀測したもので第 1 表に示す。⁽¹⁾ 此表に於て高さは海面上のもので、122 m は地面の高さである。

第 1 表 Lindenberg 氣溫表 (攝氏度)

時刻 高(米)	12-1 ^a	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
122	7.29	6.94	6.62	6.27	6.11	6.11	6.40	7.02	7.90	8.90	9.83	10.60
500	7.51	7.33	7.02	6.79	6.63	6.56	6.49	6.58	6.79	6.88	7.03	7.22
1000	4.85	4.69	4.49	4.27	4.15	4.22	4.29	4.55	4.56	4.60	4.42	4.55
1500	2.03	1.93	1.63	1.50	1.40	1.60	1.84	2.02	2.12	2.15	2.08	2.14
2000	-0.71	-0.90	-0.99	-1.01	-1.02	-0.84	-0.70	-0.51	-0.39	-0.39	-0.33	-0.38
2500	-3.54	-3.66	-3.64	-3.58	-3.50	-3.40	-3.26	-3.07	-2.98	-2.91	-2.74	-2.82
3000	-6.24	-6.38	-6.52	-6.33	-6.10	-5.83	-5.81	-5.67	-5.66	-5.49	-5.47	-5.56
3500	-9.07	-9.02	-9.10	-9.32	-9.19	-8.95	-8.64	-8.56	-8.38	-8.15	-8.09	-8.18
4000	-12.14	-12.14	-12.19	-12.22	-12.14	-11.94	-11.73	-11.49	-11.23	-11.07	-11.02	-11.05

時刻 高(米)	12-1 ^b	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
122	11.17	11.55	11.73	11.63	11.30	10.82	10.19	9.54	8.98	8.50	8.08	7.68
500	7.65	7.93	8.14	8.30	8.36	8.19	7.89	7.57	7.48	7.53	7.60	7.63
1000	4.61	4.86	4.95	5.33	5.36	5.30	4.88	4.72	4.60	4.81	4.90	4.97
1500	2.08	2.17	2.18	2.36	2.39	2.32	2.15	2.00	1.96	2.01	2.14	2.20
2000	-0.39	-0.52	-0.57	-0.54	-0.45	-0.56	-0.63	-0.70	-0.61	-0.62	-0.57	-0.67
2500	-2.90	-3.09	-3.11	-3.11	-3.22	-3.28	-3.33	-3.34	-3.34	-3.39	-3.42	-3.47
3000	-5.62	-5.69	-5.61	-5.80	-5.81	-5.91	-5.89	-5.89	-5.98	-6.06	-6.22	-6.17
3500	-8.36	-8.39	-8.45	-8.57	-8.70	-8.78	-8.78	-8.77	-8.77	-8.83	-9.00	-9.11
4000	-11.02	-11.06	-11.22	-11.46	-11.63	-11.71	-11.79	-11.75	-11.61	-11.59	-11.79	-12.05

之は 1917 年の 5 月から 1919 年の 6 月に至る觀測の結果から得られたものであつて、12 時-1 時、1 時-2 時、等の各間隔の平均の溫度が與へられてゐる。高さは地上 (122 米)、500 米、1000 米、2000 米、2500 米、3000 米でなほ此の他に 3500 米、4000 米があり之は觀測回数の少い爲 Hergesell の表では別扱いをしてあるが此處では同様に採用した。然し後で結果を考へる際には幾分その點を考慮する積りである。又地上の氣壓の値は上述の Hergesell のものには與へられてゐないので近くの Potsdam の氣壓と同じであると見做して 1918 年の Potsdam の氣壓の値を採用した。⁽²⁾ (第 2

第 2 表

時刻	氣壓(托)	時刻	氣壓(托)	時刻	氣壓(托)	時刻	氣壓(托)	時刻	氣壓(托)
1	754.53	6	54.35	11	54.58	16	54.01	21	54.49
2	54.46	7	54.45	12	54.45	17	54.03	22	54.54
3	54.38	8	54.56	13	54.28	18	54.11	23	54.58
4	54.32	9	54.61	14	54.13	19	54.22	24	54.56
5	54.31	10	54.62	15	54.04	20	54.38	平均	54.37

(1) Arbeiten Aeronautisch Obs. Lindenberg, XIII, Bd.

(2) Ergebnisse d. meteorol. Beobachtungen in Potsdam 1917 & 1918.

表) 氣壓も變化の大勢は一年のもので充分明である。(但し他の年の變化も總て調べては見た。)

3. 上層の氣壓の計算

上層の氣温と地上の氣壓の値を使つて上層の氣壓を計算するのに此處では Laplace の測高公式を使ふ事にする。即ち海面上 2 米の所に於ける氣壓 P_0 と $z+h$ 米に於ける氣壓 P との關係は次の如く表はされる。

$$h = 18400(1 + 0.00367\theta) \frac{1}{1 - 0.378 \frac{e}{p}} (1 + 0.00259 \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{h+2z}{6371104}\right) \log \frac{P_0}{P} \quad (1)$$

式中 $\log$ は 10 を底とした對數を表はす。又 θ は兩所の平均氣温、 e は平均水蒸氣張力、 p は平均氣壓である。氣象常用表に於て指示せられた方式に従ひ $h/18400 + 67.53\theta + 0.003h = m$ とおき、重力の緯度による變化を除くと上式は大體次の如くなる。

$$m \left(1 - \frac{2z}{6371104}\right) \left(1 - 0.378 \frac{e}{p}\right) = \log \frac{P_0}{P} \quad (2)$$

偕て一と先づ左邊の第二及び第三因子を省略して

$$m = \log \frac{P_0}{P} \quad (3)$$

今海面上 z 米の所に於ける晴雨計の示度を H_0 とし、 $z+h$ 米に於ける示度を H とし共に溫度及び重力の更正を施したものとすれば

$P_0/P = H_0/H$ だから H_0 を H に改算する爲に H_0 に加ふべき更正數 C は

$$C = H - H_0 = -H_0 \frac{10^m - 1}{10^m} \quad (4)$$

となる。 m の値としては Tables Meteorologiques Internationales, Table

VII (A) に出てゐる $M (=10^m - 1)$ の値を使ふ。更に上に省略した項をも考へると結局次の如くなる。

第 1 圖 ポツダム・リンデンベルクの上層に於ける氣温日變化(太線)及其に成分たる一日及半日波(細線)

$$C = -H_0 \frac{10^m - 1}{10^m} + H_0 \frac{\log_{10}(M+1) \cdot 0.378e \log_e 10}{p(M+1)} + H_0 \frac{\log_{10}(M+1) \cdot 2z \log_e 10}{(M+1) \cdot 627.1104} \quad (5)$$

但し右邊の第二項、第三項は夫れ自身非常に小さいので一日を通じて一定と見る事が出来る。

4. 上層の氣壓計算の結果

計算した上層 4000 米迄の 500 米毎の氣壓の値を第 3 表に掲げ其狀況を第 3 圖に示す。

第 3 表 Potsdam Lindenberg 上層氣壓日變化 (單位耗)

時刻 \ 高さ (米)	122 m	500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m	3500 m	4000 m
1	754.53	720.59	678.05	637.59	599.14	562.64	527.95	495.13	464.03
2	4.46	0.48	7.92	7.44	8.98	2.48	7.78	4.95	3.85
3	4.38	0.36	7.77	7.26	8.78	2.30	7.61	4.78	3.68
4	4.32	0.29	7.71	7.18	8.71	2.22	7.55	4.75	3.66
5	4.31	0.27	7.71	7.19	8.72	2.23	7.60	4.83	3.76
6	4.35	0.31	7.24	7.24	8.79	2.31	7.68	4.92	3.87
7	4.45	0.42	7.35	7.35	8.92	2.47	7.83	5.07	4.03
8	4.56	0.59	7.50	7.50	9.09	2.65	8.03	5.28	4.25
9	4.61	0.70	7.63	7.63	9.23	2.78	8.17	5.43	4.41
10	4.62	0.76	8.15	7.68	9.27	2.83	8.22	5.48	4.46
11	4.58	0.77	8.17	7.69	9.28	2.85	8.24	5.50	4.48
12	4.45	0.71	8.15	7.69	9.28	2.84	8.22	5.46	4.43
13	4.28	0.58	8.10	7.66	9.24	2.80	8.17	5.41	4.38
14	4.13	0.48	8.02	7.60	9.18	2.72	8.08	5.32	4.28
15	4.04	0.39	7.95	7.55	9.15	2.68	8.05	5.28	4.23
16	4.01	0.35	7.92	7.54	9.15	2.67	8.03	5.25	4.18
17	4.03	0.36	7.89	7.50	9.11	2.64	7.98	5.20	4.13
18	4.11	0.39	7.89	7.49	9.08	2.59	7.95	5.17	4.10
19	4.22	0.45	7.91	7.46	9.02	2.55	7.89	5.11	4.04
20	4.38	0.54	7.98	7.50	9.06	2.56	7.92	5.14	4.07
21	4.49	0.63	8.08	7.60	9.17	2.68	8.02	5.22	4.15
22	4.54	0.67	8.15	7.69	9.26	2.76	8.11	5.29	4.20
23	4.58	0.68	8.15	7.72	9.30	2.80	8.15	5.32	4.20
24	4.56	0.64	8.12	7.68	9.25	2.74	8.09	5.26	4.15
平均	754.38	720.52	677.98	637.52	599.09	562.62	527.97	495.19	464.13

5. 上層氣壓の調和分析

上に得た上層の氣壓の値について各層毎に調和分析を行ふ事にする。但し原點は夜の零時に取り基本週期を 24 時間とし、

第 4 表 Potsdam-Lindenberg 上層氣壓日變化調和分析表 (氣溫及び氣壓)

高さ (米)	地上 122 m	500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m	3500 m	4000 m
a_0	754.38	720.52	677.98	637.52	599.09	562.62	527.97	495.19	464.13
a_1	0.159	0.030	0.075	0.118	0.144	0.156	0.173	0.201	0.231
a_2	0.217	0.213	0.191	0.189	0.196	0.202	0.211	0.209	0.216
a_3	0.026	0.032	0.027	0.058	0.075	0.074	0.074	0.071	0.067
λ_1	25°	254.5°	209.3°	206.8°	211.9°	222.4°	229.7°	237.8°	244.6°
λ_2	141.5°	131.3°	121.2°	118.7°	120.6°	121.5°	125.3°	129.8°	132.5°
λ_3	353.4°	14.5°	72.9°	80.1°	80.8°	78.3°	84.2°	84.4°	84.9°

第2圖 山岳及自由大氣氣壓日變化調和頂常數變化比較

$$y = a_0 + a_1 \sin(\omega t + A_1) + a_2 \sin(2\omega t + A_2) + a_3 \sin(3\omega t + A_3)$$

に於ける常數を求めた。その結果を第4表に示す。

之より得られる高さと amplitude 及び phase の關係をグラフに示すと第2圖の一及二の如くなる。

之から分る主な點は次の如きものである。先づ amplitude についてはどうかと云ふと一日週期の波が500米位になると著しく減するがそれから高くなると却つて増して来る事である。從來は上層になるに従ひ殆どなくなると考へられてゐたものである。半日週期の波も一度減じて又増して來

るが之は一日週期の波程甚しくないから大體 4000 米迄の所は常數と見てよからう。 $\frac{1}{3}$ 日週期の波も 3000 米位迄は僅か増す。兎に角 4000 米迄の所では各波は減じない許りか一日波の如きは大いに増して居るのである。

phase について云ふと半日週期の波は各層を通じて殆ど一定であるが、一日、 $\frac{1}{3}$ 日週期の波は地上から 1000 米位迄の間で急激に變化する。

更に近頃は氣壓の $\frac{1}{4}$ 日週期の波についても考へられてゐる様であるが、是は amplitude が尙小さく我々の得た氣壓の値に於ける誤差の方が大きくなるであらうから是について議論する事は困難である。

なほ参考の爲に溫度の調和分析による各波の amplitude と phase をもグラフに示す (第 3 圖)。之は上述の Hergesell の表に與へられてゐるものである。

6. ツーグスピツエの氣壓との比較

上に得た上層の氣壓の値は自由大氣に於けるも

のであるが、計算によりて出して得たものであるから何とかして其正否を検する必要がある。依つて之を山上に於ける氣壓の値と比較して見る。それには相當に高い山の氣壓の毎時の値が欲しいのであるが材料のそろつてゐる適當な場所は仲々ない。今歐洲の Zugspitze のものを取つて見よう。(1) Zugspitze に於ける氣壓の日變化の値を示すと一年の平均について

平均からの偏差

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
偏差(耗)	-0.02	-0.10	-0.28	-0.32	-0.37	-0.36	-0.30	-0.12	-0.12	0.07	0.13	0.13
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
偏差(耗)	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.11	0.15	0.20	0.23	0.24	0.20	0.12

(1) Anton Huber: Das Klima der Zugspitze. Beob. d. meteorolog. Station in Konigreich Bayern-Bd 35 (1913).

であつて是と計算による自由大氣のものと比較したのが第4圖の甲である。之を調和分析した結果は（但し原點を一時に取る。）

$$y = 529.48 + 0.224 \sin(193.5 + x) + 0.152 \sin(151.1 + 2x)$$

Zugspitze の高さは 2962.2 米だから我々の 3000 米の値のものと比較出来るわけである。そこで Zugspitze の氣壓と上に計算した 3000 米の氣壓と比較して見るとその變化の模様がかなりよく似て居るのである。従つて之から山頂の氣壓も自由大氣中の氣壓も變化の模様は可成り似たものである事が云へる。但し調和分析の結果から分る事であるが Zugspitze の方は我々の 3000 米の値と違つて一日波の方が半日波より振幅が大きいのである。又 phase について云ふと半日波の phase は

第4圖 甲 ツークスピツエの氣壓

第4圖 乙 ツークスピツエの氣溫偏差

殆ど變らないが一日波の方は可成りづれてゐる。其の爲か形に於ては Zugspitze のものは自由大氣の 1500 米のものに更によく似て居る。是れは同山が群峰中にあり特に拔出て居ない爲地面の影響が割合にきいて居る爲であらう。なほ参考の爲に Zugspitze に於ける氣溫の値も擧げておかう。是を圖にしたのが第4圖の乙である。

平均からの氣溫偏差（攝氏度）

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
氣溫偏差	-0.61	-0.67	-0.76	-0.82	-0.83	-0.80	-0.67	-0.45	-0.14	-0.23	0.60	0.83
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
氣溫偏差	1.03	1.13	1.12	0.97	0.75	0.46	0.18	0.07	-0.26	-0.32	-0.43	-0.51

調和分析した結果は
$$= -5.38 + 0.931 \sin(242.7 + \omega t) + 0.246 \sin(73.5 + 2\omega t)$$

氣溫の變化の模様は Lindenberg の 3000 米のものとはあまり似てない。寧ろ Lindenberg の地上の氣溫の變化の模様とそつくりである。是はつまり山塊が日射を受け、又夜間放射する爲である。此の影響が氣壓の一日週期の項に少しは利くであらうが氣壓の事であるから自由大氣中の氣壓と平衡を保つ關係上、大勢は山上も自由大氣と殆ど同様になるらしい。此れは今後山の氣壓を安心し

て使ふ上に大事な手掛りである。

第5表 各地山上氣壓日變化

地名	Zell a. S.	Bad Fusch	Kolm Saigurn	Obir	Säntis	Sonnblide	Mont Blanc
高度	770 m	1180 m	1600 m	2040 m	3100 m	4360 m	4360 m
位置	谷	山腹	山腹	山頂	山頂	山頂	山頂
時刻							
Mitt	0.54	0.46	0.27	0.20	0.16	0.18	0.02
2	0.41	0.30	-0.13	-0.09	-0.18	-0.15	-0.24
4	0.36	0.07	-0.32	-0.36	-0.41	-0.45	-0.37
6	0.49	0.02	-0.24	-0.33	-0.39	-0.45	-0.37
8	0.54	0.09	-0.05	-0.11	-0.20	-0.27	-0.19
10	0.26	0.13	0.07	0.13	0.00	-0.04	0.04
Mittag	-0.28	-0.09	0.03	0.24	0.15	0.16	0.12
2	-0.72	-0.39	-0.07	0.13	0.15	0.21	0.15
4	-0.92	-0.51	-0.11	-0.02	0.11	0.19	0.15
6	-0.76	-0.45	-0.05	-0.12	0.08	0.12	0.17
8	-0.20	-0.04	0.23	0.04	0.21	0.19	0.31
10	0.35	0.38	0.41	0.28	0.30	0.33	0.23

7. 各地の山の氣壓との比較

次に Hann の教科書の氣壓の一日變化の項に色々な高さの山に於ける氣壓の値が掲げてあるが、之等は我々の目的に大に役に立ちさうである。それ等をそのまま第5表に示す。又之を圖にしたのが第5圖である。之を第1圖に比べて見るに山頂では即 Obir 以上では著しく形がよく合つて居る。前に Zugspitze で比較したのより遙によく合つて居る。是れで見ると孤峯の氣壓はかなり迄自由大氣の氣壓と等しく變化する事が明瞭となつた。但し表で見る様にそれ等の氣壓は毎時の値でなくて一時間おきの値である。序にそれ等にも前の場合の如く調和分析を行つた。それを第6表に示す。その結果は前と同様に各波の高さに對する phase と

第5圖 山地氣壓日變化及其一日及半日波

Zell, Bad. F. 及 Kolm. S. は山腹, Obir 以上は山頂

第 6 表

高さ m	Zell a. S. 770	Bad Fusch 1180	Kolm Saigurn 1600	Obir 2040	Santio 2500	Sonnblick 3100	Mont Blanc 4360
α_1	0.689	0.343	0.161	0.141	0.265	0.315	0.290
α_2	0.292	0.255	0.235	0.244	0.176	0.179	0.129
α_3	0.054	0.018	0.045	0.037	0.034	0.043	0.015
A_1	31.6°	50.7°	147.7°	193.6°	182.6°	181.9°	189.3°
A_2	154.2°	128.2°	142.4°	113.7°	121.5°	109.3°	141.6°
A_3	130.5°	106.4°	141.3°	136.9°	143.1°	128.9°	241.7°

amplitude の關係を示すものとして比較の爲第 2 圖の三及び四に圖示する。先きの Zugspitze も一緒に記入した。之によつて次の事實が明らかになつた様に思ふ。

(a) 氣壓の一日波について 一日波の振幅が地上の大きな値から或る高さに至つて急に減少し更に上層になるに従ひ再び増し始める事は、山上に於ても又自由大氣中に於ても最早確實の様である。そしてその振幅の急激に減少する高さに於ては phase も亦急激に變化する。只此の高さが自由大氣中では約 500 米邊であるのに對し、山では 1500—2000 米邊である事は注意する必要がある。此の違ひは山塊の受ける日射の影響等によるものであらう。

(b) 氣壓の半日波について 此の波の phase が地球上各地で殆ど一定なる事は前から知られてゐた所であるが、更に上空に於ても一定なる事は驚く程である。振幅の方はその地の緯度を φ とすればシンプソンに依れば⁽¹⁾大體 $\cos^3 \varphi$ に比例して緯度と共に減少する事が知られてゐる。然し前に挙げたものは總て歐洲中部で φ が近似して居るから、差し向きは之を問題にしないでよからう。我々の自由大氣中のものを見ると 4000 米迄の所では殆ど一定である。山の方が高さと共に幾分不規則であるのは觀測地の場所や狀態が各違ふ事に依るのであらう。なほ高さと共に少し減少して行く様である。

(c) 氣壓の $\frac{1}{3}$ 日波について 此波の振幅は既に前二者に比して非常に小さくなり誤差もかなり利いて來るであらうからあまり細い事は云はれないが、振幅は大體 3000 米で極大に達しそれより高くなると再び減少する様である。又 phase は一日波と同様な高さが可成變るがその原因は一日波と同様であるかどうかは分らない。何となれば一日波が溫度に依るものである事は考へられやうが $\frac{1}{3}$ 日波が溫度に依るものである事は一寸考へ難い事だからである。尙圖の Zugspitze の phase だけがひどく變つてゐるが之は振幅が小さい爲に error の利き方が大きくなつた事によると思はれる。

なほ一日波、半日波の相互の振幅の大きさの間の關係も注目に値するであらう。

8. 筑波山の氣壓

我國に於ける上層の材料は極めて乏しく、24 回觀測のあるのは富士山であるがそれも夏と冬のみ

(1) G. C. Simpson: Quar. Jour. Roy. Met. Soc. p. 11, 1918.

である。又筑波山には此の數年間の觀測があるが、それも 12 回觀測で且つ我々の目的には少し高さの低い憾みがある。

筑波山には山頂、山腹、山麓の三箇所の觀測の記録があつて⁽¹⁾荒川氏の調和分析された結果を次に示すと (θ は氣溫)

$$\begin{aligned} \text{山頂 (870 m)} & \begin{cases} p = 686.60 + 0.14 \sin(\omega t + 15^\circ 5') + 0.38 \sin(2\omega t + 170^\circ 15') \\ \theta = 9.25 + 1.95 \sin(\omega t + 240^\circ 19') + 0.87 \sin(2\omega t + 51^\circ 27') \end{cases} \\ \text{山腹 (240 m)} & \begin{cases} p = 639.7 + 0.33 \sin(\omega t + 28^\circ 34') + 0.48 \sin(2\omega t + 177^\circ 0') \\ \theta = 13.1 + 2.48 \sin(\omega t + 239^\circ 20') + 0.95 \sin(2\omega t + 72^\circ 31') \end{cases} \\ \text{山麓 (30 m)} & \begin{cases} p = 659.2 + 0.55 \sin(\omega t + 30^\circ 0') + 0.51 \sin(2\omega t + 177^\circ 10') \\ \theta = 13.6 + 3.70 \sin(\omega t + 232^\circ 23') + 1.18 \sin(2\omega t + 79^\circ 25') \end{cases} \end{aligned}$$

之によつて見ると矢張り一日波は山頂に於て著しく減するが、半日波は左程でもない事は我々が歐洲の山で得たのと傾向は同じである。此の點は寧ろ Lindenberg の自由大氣のものに似てゐるとは云ふものゝ半日波が高くなる程振幅の減する事は歐洲の山の變化に似てゐるのである。かういふ異同は地理的違ひによるのか、又地形的の違ひ（即ち筑波山は山頂であるのに Zell は谷であり、Bad Fusch, Kolm Saigurn は山腹である事等）によるのか、或は又他の原因によるのであるかは今の所明かではない。

9. 概 要

未だ材料の足りない憾みはあるが、上層の氣壓について今迄に得た所を大體括めて見ると次の如くなる。

(1) 自由大氣と同高の山頂とを比較するに 氣壓日變化は兩者が著しく類似して居るが氣溫變化はちがふ。

(2) 氣壓の一日波について 500 米乃至 1500 米位で振幅は殆ど 0 になり、それより高くなると再び増す。同じ高さに於て phase も急激に變ずる。而して高くなると半日波より振幅が大きくなる。

(3) 氣壓の半日波について 振幅は 4000 米迄の所では自由大氣では殆ど一定であるが、山地では上層になるに従つて少し減する。phase は殆ど一定である。

(4) 氣壓の $\frac{1}{3}$ 日波について 振幅は 3000 米位で最大になりそれより高くなると減少する。phase は一日波と同様な高さで急激に變ずる。

(1) Arakawa: Geophys. Mag. Vol. 7, 19.