

別府, 柿岡, 豊原に於ける地電流の 太陰時變化に就て

理 學 士 栗 原 正 次

地電流の太陰時に伴ふ變化に就て, Egedal⁽¹⁾ は Ebro に於ける觀測材料からこれを認めてゐる。我々の別府地球物理學研究所に於ける如く, 地電流と潮汐の兩方を觀測する所でこの兩者を比較すると, 太陰時半日週期の變化の對應は相當に目に付く程度に明かである。この論文は別府に於ける地電流の太陰時半日週期の變化を分析し, 更に柿岡及び豊原に就ての同様な調査の結果を比較検討したものである。

別府に就ては, 初め昭和11年12月14日12時の月南中から昭和12年1月12日12時の月南中までの一太陰月に就て太陰時で時値を讀取り, 之を統計した。その結果は東西分値に就て

$$0.76 \sin(t+251^\circ) + 2.33 \sin(2t+146^\circ) + \dots\dots\dots$$

但し振幅の單位は 10^{-4} Volt/100 m であり, 東方電位が高きときに正號を用ゐた。

我々は太陽時の時値を讀取つて居るから, 之を用ゐて潮汐の調和分析と同様な方法で, 上と同一期間に就て統計した結果は

$$1.09 \sin(t+237^\circ) + 2.21 \sin(2t+146^\circ) + \dots\dots\dots$$

この方法では太陰時の各時の前後30分以内の値を讀取るのであるから, 若し讀取つた太陽時の時値が太陰時の上に一樣に分布して, その數が充分に大きくなれば, 理論上眞の値とかゝる方法による値との比は, 半日週期に就ては 1.012:1 となる筈である。この二つの方法の比較から見て太陰半日項を求めるのに, 太陽時の時値を用ゐてもよいことが分かる。以下に舉げた結果は總てこの第二の方法によつたものである。

別府に就て東西分値は昭和11年10月15日から昭和12年3月13日までの間に五太陰月をとつて, 全部の日からの時値を何等の細工もせずに統計した。南北分値は降雨の際に擾亂されるので昭和11年11月14日から昭和12年2月11日まで三太陰月を辛うじて統計したが, その結果に就ては確言し難い。全期間を統計した結果は第一圖に示す通りである。この圖を

(1) Terr. Mag., 42(1937), 179—181。

別府、柿岡、豊原に於ける地電流の太陰時變化に就て

見ると東西分値では略大陰半日項が抽出された事が分かる。南北分値は寧ろ一日項が優勢なる如き變化を示して居る。尙各太陰月及び全期間に就て調和分析を行ひ、各成分を決定した結果は第一表の如くである。表中の L_1 , L_2 , λ_1 , λ_2 は次式で與へられる。

$$L_1 \sin(t + \lambda_1) + L_2 \sin(2t + \lambda_2) + \dots$$

東西分値に就ては東方電位が、南北分値に就ては北方電位が高き時に正號を用ゐた。

第一表 別府に於ける太陰時變化

太 陰 月	東 西 分 値				南 北 分 値			
	$\times 10^{-4} \text{V} / 100 \text{m}$		λ_1	λ_2	$\times 10^{-4} \text{V} / 100 \text{m}$		λ_1	λ_2
	L_1	L_2			L_1	L_2		
昭和11年10月15日12時—11月14日12時	2.43	1.87	80°	120°				
11月14日12時—12月14日12時	5.78	1.51	848°	317°	1.27	0.61	241°	333°
12月14日12時—1月12日12時	0.76	2.33	251°	146°	1.18	0.34	228°	260°
昭和12年1月12日12時—2月11日12時	0.72	1.83	163°	163°	1.91	0.85	276°	282°
2月11日12時—3月18日13時	1.82	3.09	259°	147°				
全 期 間 昭和11年10月15日—昭和12年3月18日	1.37	2.08	168°	143°	(昭和11年11月14日—昭和12年2月11日) 1.36 0.51 252° 296°			
各 月 の 平 均	2.30	2.13			1.45	0.60		

11月—12月は絶對値が大きな變化をして居るので L_1 が非常に大きくなり、 λ_1 , λ_2 も他の月と著しく異つて居るが、全體として見ると、 L_1 は月によつて大小あるも、 L_2 は略一致した値になつて居る。更に λ_1 , λ_2 に就ても同様な事が言へる。 λ_2 が略等しいから従つて各月の L_2 の平均値は全期間から出る L_2 の値と殆んど等しくなる。然るに L_1 は各月の平均値よりも全期間の値が甚だしく小である。是から見て L_2 は定常的であつて一ヶ月位の材料から大體の大きさを見出し得るが、 L_1 は若し期間を更に長くとなれば、更に減少し行くと思はれる。従つて L_1 を決定するには充分長い期間の材料を必要とする。即ち L_2 , λ_2 は之だけの材料から定常的な値が得られたものと見てよからう。南北分値に就ては振幅が小さいので上に述べた通りになつて居ない。

こゝで用ゐた潮汐調和分析の方法は地電流の如き場合には日變化が時によつて大小ある變化をするので、太陽時の日變化が残つて来る恐れがあるから、之と比較する爲に太陽時日變化の平均を上と同一期間に就て出して見た。第二表中の S 及 ϕ は次式で與へられる

$$S_1 \sin(t + \phi_1) + S_2 \sin(2t + \phi_2) + S_3 \sin(3t + \phi_3) + \dots$$

別府, 柿岡, 豊原に於ける地電流の太陰時變化に就て

第二表 別府に於ける太陽時變化

	S_1	S_2	S_3	S_4	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
東 西 分 値	10.12	2.58	2.30	1.95	18°	171°	84°	285°
南 北 分 値	1.92	3.66	1.41	0.69	136°	197°	337°	140°

東西分値の一日項が特に大きいのは海岸の影響と思はれるが、一方太陰時變化に於ては一日項は比較的小さく、而も期間を長くすれば更に減少すると思はれる。半日項に就ては東西分値の L_2 と S_2 とは殆んど同程度の大きさを有する。然るに南北分値に就ては S_2 は相當大きいに係らず、 L_2 は遙かに小さくなつて居る。第二圖は太陰時及び太陽時の日變化のベクトル圖を示したものであるが、之から見ると前者は後者の約 1/3 の大きを示して居る。要するに別府に於ては太陰時半日週期の變化は太陽時日變化と殆んど比較し得る程度の大きさを有する事になつて居る。

此太陰時變化の原因が何であるかと考へて見るに、第一に世界的現象、第二には局所的現象として潮流から誘起されるもの、この二つに疑がかる。之を詳細に議論するに先つて、海岸より比較的距る柿岡及び豊原に就て同様な統計を行つた。但し擾亂日は除き、又著しく前後と異なる値を平滑にした。全期間の平均は第一圖に示してある。柿岡は別府と同様東西分値が明瞭に太陰半日項の存在を示して居る。而もその大きさは別府と同じ程度である。南北分値が甚だしく小さい點も別府に似て居る。豊原は兩分値共に太陰時變化は小さいが、然し比較的明瞭に抽出せられて居る。柿岡及び豊原の場合も各太陰月及び全期間に就て調和分析を行つた。その結果は第三表及び第四表に示されて居る。

第三表 柿岡に於ける太陰時變化

太 陰 月	東 西 分 値				南 北 分 値			
	$\times 10^{-4}V/100m$		λ_1	λ_2	$\times 10^{-4}V/100m$		λ_1	λ_2
	L_1	L_2			L_1	L_2		
昭和 8 年 1 月 26 日 12 時— 2 月 25 日 12 時	1.67	2.72	328°	128°	1.09	0.33	13°	114°
2 月 25 日 12 時— 3 月 26 日 12 時	1.01	1.42	275°	143°	0.36	0.18	87°	227°
3 月 26 日 12 時— 4 月 25 日 12 時	1.06	1.03	340°	102°	1.52	0.23	318°	320°
4 月 25 日 12 時— 5 月 24 日 12 時	0.99	1.99	3°	119°	1.37	0.34	63°	19°
5 月 24 日 12 時— 6 月 23 日 12 時	0.39	1.34	277°	98°	1.61	0.13	0°	72°
6 月 23 日 12 時— 7 月 22 日 11 時	0.46	0.80	297°	147°	3.45	1.19	65°	214°
全 期 間 (昭和 8 年 1 月 26 日 12 時—7 月 22 日 11 時)	0.80	1.53	326°	122°	1.18	0.14	34°	216°
各 月 の 平 均	0.93	1.55			1.57	0.40		

第四表 豊原に於ける大陰時變化

太 陰 月	東 西 分 値				南 北 分 値			
	$\times 10^{-4}V/100m$		λ_1	λ_2	$\times 10^{-4}V/100m$		λ_1	λ_2
	L_1	L_2			L_1	L_2		
昭和 8 年 1 月 26 日 12 時— 2 月 25 日 12 時	0.076	0.637	23°	188°	0.045	0.220	64°	240°
2 月 25 日 12 時— 3 月 26 日 12 時	0.157	0.644	207°	216°	0.045	0.313	27°	253°
3 月 26 日 12 時— 4 月 25 日 12 時	0.513	0.244	277°	222°	0.992	0.654	99°	141°
4 月 25 日 12 時— 5 月 24 日 12 時	0.142	0.718	45°	251°	0.238	0.326	33°	288°
5 月 24 日 12 時— 6 月 23 日 12 時	0.323	0.383	16°	229°	0.080	0.216	270°	338°
6 月 23 日 12 時— 7 月 22 日 11 時	0.262	0.728	252°	217°	0.036	0.222	214°	234°
全 期 間 (昭和 8 年 1 月 26 日 12 時—7 月 22 日 11 時)	0.148	0.503	298°	221°	0.182	0.137	89°	230°
各 月 の 平 均	0.246	0.559			0.239	0.325		

柿原, 豊原に就ても別府と同様に L_1 は月によつて可なり大小があり, 更に長期間に就て統計すれば更に減少すると思はれる。 L_2 は大體定常的な値が得られたと思はれる。但し柿岡の南北分値に就ては半日項は位相も區々であり, 大きさも特に 6—7 月が不調和に大きく, 他は總て極めて小さい。従つて全期間の平均の値も尙考慮の餘地があると見なければならぬ。豊原の南北分値に於ても全期間の L_2 は各月の平均値より遙かに小さく出てるが, 之は 3—4 月に絶對値が大きい變化をした爲に, L_1, L_2 が非常に大きくなり, 然るも λ_2 が著しく他の月の値と異つて居る爲であつて, 之も確實とは言ひ難い。

尙柿岡及び豊原に就て, 昭和 8 年 1 月から 7 月までの材料を用ゐて太陽時日變化を出して見た。その結果は第五表に示してある

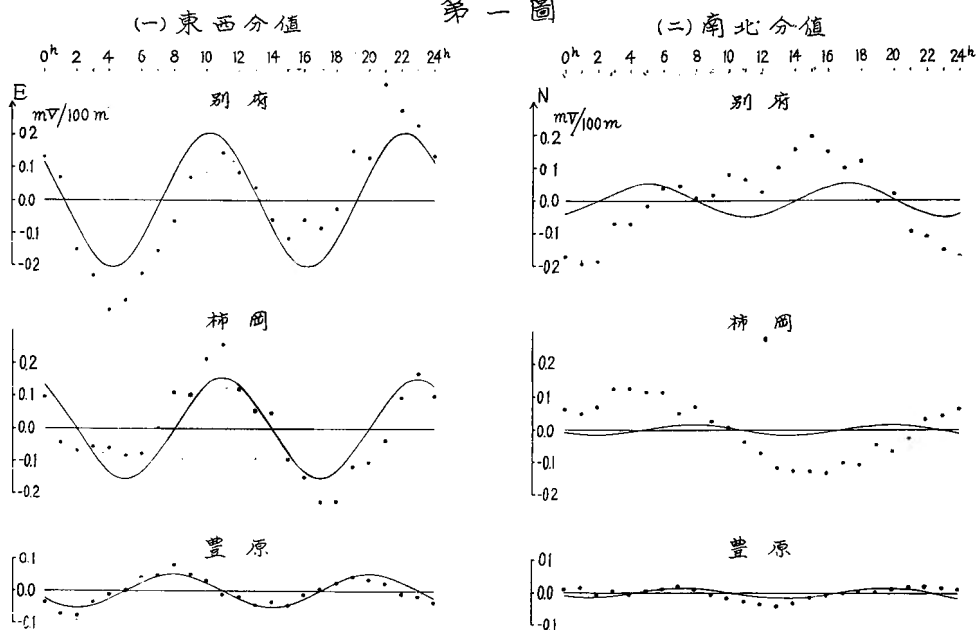
第五表 柿岡並に豊原に於ける太陽時變化

		$\times 10^{-4}Volt/100m$				ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
		S_1	S_2	S_3	S_4				
柿 岡	東 西 分 値	3.22	3.01	2.35	0.86	140°	353°	182°	46°
	南 北 分 値	1.37	0.79	0.85	0.37	145°	329°	232°	69°
豊 原	東 西 分 値	1.34	1.46	1.40	0.78	158°	26°	222°	70°
	南 北 分 値	0.85	0.78	0.76	0.22	236°	87°	261°	87°

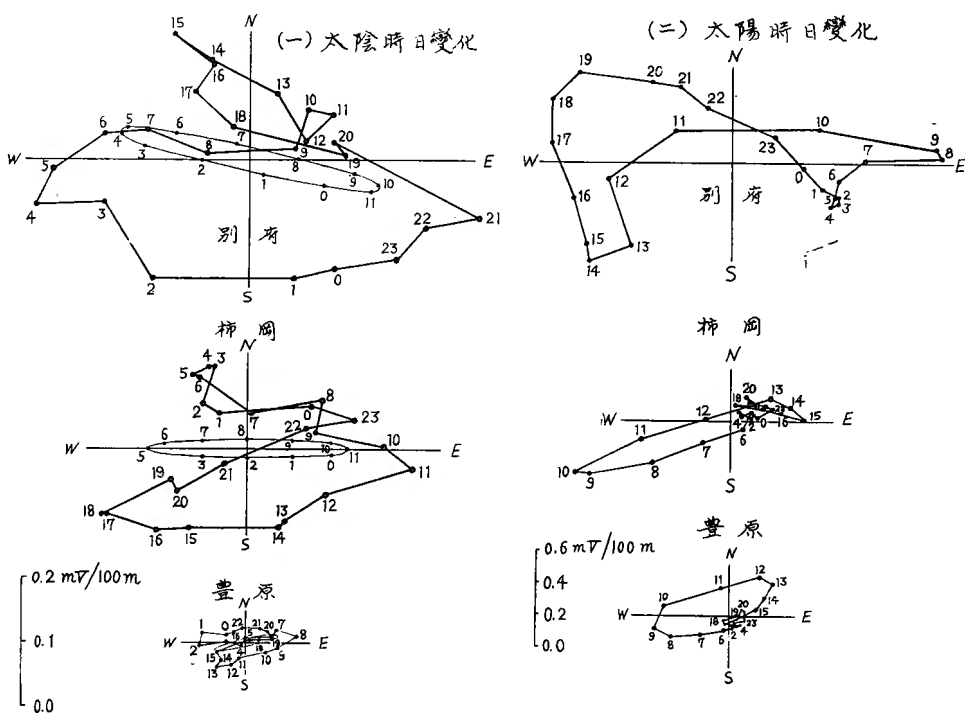
太陽時及び太陰時日變化のベクトル圖は第二圖に示してあるが, 之を見ると兩變化の大きさの比は別府の場合と同様殆んど 3:1 の割合になつて居る。尤も之が全部純粹なる大陰時變化と見ることは出来ないであらうが, 今顯著なる分値に就て太陰半日項と太陽半日

別府、柿岡、豊原に於ける地電流の太陽時變化に就て

第一圖



第二圖 ベクトル圖



項との比を作つて見ると、別府(東西)は約 0.8, 柿岡(東西) $1/2$, 豊原(東西) $1/3$, となつて居る。

初め意外に思はれたのは柿岡の太陰時變化が殆んど別府と同じ程度に大きい事であつた然し考へて見ると柿岡は太平洋岸から30軒以上入つて居るが、その海岸線は100軒以上も殆んど南北方面に走つてゐるのであつて、是だけで海の潮汐の影響でないと言ふ事は言はれないと思ふ。尙海岸との關係から別府と同様東西分値が大きく且明瞭であることも好都合に思はれる。これに反し豊原は東及び南に殆んど同距離に海岸が存在して居る事から、その影響が他の二観測地のそれと異なることは理解せられる。

然らば果して地電流の太陰時變化は海の潮汐の影響であるか、この斷定に對して疑問となるのは柿岡と別府の太陰時變化の位相である。 η_2 を見ると柿岡にて東高の極大は月南中より約一時間前に起る。そして之と略同一時刻に別府にて矢張東高の極大となつて居る。然るに一方海の潮汐では兩所に於て同時には起つて居ない。これに就て先づ調べなければならぬのは観測せられる地電流の方向に就てである。別府に就ては再三吟味して確めた。柿岡に就ては報告に少し疑問の點があつたので、所長今道周一氏に照會した所、懇切なる親書を得て、之に基いて方向を決定したものである。

兎に角是は地電流の大陰時變化が潮汐の影響による局所的現象であると斷定するのに不都合に見える事實である。然し又これだけで此現象を世界共通の原因に由るものと見るのは早計と言はなければならない。此關係を明かにする爲に大陸内部の観測の結果が發表せられんことを望むのであるが、最近佛國の Rougerie⁽²⁾ は Parc St. Mour の材料で統計した抄約を發表したが惜しいことには南北分値のみを出して居る。日本内でも東西の海岸線に近い地點に就ての調査が望ましいと思ふ。

此問題を疑問の裡に残して、以上の統計の結果から言ひ得ることは

1. 日本の観測では地電流の大陰時に伴ふ變化は著しく大きいこと、即ち顯著な分値に就ては太陽半日項に對して太陰半日項は約 $1-1/3$ 位の値となる。
2. 太陰半日項は相當に規則正しく、従つて一ヶ月の材料から大體の大きさが決定せられる。
3. 別府、柿岡の東西分値に於ては顯著なること。

(2) C.-R. Acad. Sci., Paris, 205(1937), 1252—1253.

尙以上のことから地電流の日變化に就ての議論には此太陰時變化は當然考慮に入れられなければならないことが明かである。

終りに、本研究は終始長谷川教授の御指導によつて遂行したものである。又著者が京都帝國大學大學院學生として岩垂氏の獎學資金を受けて此研究を續けたものであつて、この兩氏に對して深く感謝の意を表する次第である。

補遺 前掲の Ebro の報告は南北分値のみについて統計して結果であるから、全變化の概略を見る爲に、1933年9月、1934年2月及び6月の材料を用ひて太陰時及び太陽時變化を統計して見た。その結果は第六表に示す通りである。但し太陽時變化にはグリニッチ標準時を用いた。

第六表(一) 太 陰 時 變 化

	東 西 分 値				南 北 分 値			
	$\times 10^{-4} \text{V}/100\text{m}$		λ_1	λ_2	$\times 10^{-4} \text{V}/100\text{m}$		λ_1	λ_2
	L_1	L_2			L_1	L_2		
1933年 9月 1日 23時— 9月 30日 23時					2.34	4.46	42°	247°
1934年 2月 1日 1時— 2月 28日 24時	0.11	0.16	21°	177°	2.98	2.39	256°	180°
同 6月 1日 3時— 6月 29日 2時	0.17	0.06	87°	181°	1.13	2.56	216°	202°
合 計	0.13	0.11	61°	178°	0.72	2.66	272°	218°

(二) 太 陽 時 變 化

	$\times 10^{-4} \text{V}/100\text{m}$				ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
	S_1	S_2	S_3	S_4				
東 西 分 値	0.94	0.84	0.66	0.49	310°	53°	298°	288°
南 北 分 値	10.97	5.13	2.84	0.84	21°	146°	315°	237°

東西分値は僅か2ヶ月の材料を用ひて統計したものであり、且材料が急に不連續的に變化してゐる箇所が二三ある爲に、こゝに得られた結果は確實とは言ひ難いが兎に角變化は小さいと見られる。南北分値は相當明瞭に抽出せられてゐる、之は Egedal の結果とも一致する。Ebro に於ても日本に於けると同様太陽時と太陰時日變化との大きさの比は人體 3:1 の割合になつて居る。