

地殻潮汐に就いて

其五 緯度の潮汐變化 (第二報)

理學博士 西 村 英 一

1. 緯度の潮汐變化

(1) 前論文に於いて述べた如く緯度變化の觀測材料に潮汐解析を施せば地殻潮汐に依る鉛直線の週期的變化の模様を調べる事が出来る。前論文に於いては六箇所の國際緯度觀測所に就いて1900~1931間の觀測材料を用ひ、太陰半日項 (M_2) の値を求めた。本節に於いては夫以後の材料即ち「國際緯度觀測所報告第八卷」に就いて試みた結果を前記に補遺し綜合的に検討する。更に各觀測所に及ぼす海洋潮汐の影響を計算し夫等海洋潮汐項を除いた直接項に就いて各觀測所に於ける鉛直線の潮汐變化を論じた。

「報告第八卷」は主として水澤, Carloforte, Ukiah に就いて 1922.7—1935.0 間の報告にて、「報告第七卷」(1922.7—1931.0) と重複する様であるが事實は種々新しい補正項が後に見出された爲めに、前後兩卷に於ける星の赤緯並に固有運動の修正に自ら差違が生じ従つて箇々の觀測材料も結果に於いては些少の違ひを示して居る。逆に此の兩者の潮汐解析を比較する事に依つて、此種の天文計測學的の修正が本題の鉛直線變化にどの程度の影響を及ぼすかを判定する事が出来る。其結果を前論文と同一形式にて示せば次の第一表の如くなる。

但し「報告第八卷」の分を第 V 期とす。

以上の結果を cosine 函數で表はし第 IV 期の結果と比較すれば

	第 V 期 (1922.7—1935.0)	第 IV 期 (1922.7—1931.0)
水 澤	$0.''0067 \cos (2t - 339^\circ) \pm 0.''0012$	$0.''0079 \cos (2t - 2^\circ) \pm 0.''0020$
Carloforte	$0.''0093 \cos (2t - 15^\circ) \pm 0.''0012$	$0.''0116 \cos (2t - 0^\circ) \pm 0.''0013$
Ukiah	$0.''0104 \cos (2t - 7^\circ) \pm 0.''0009$	$0.''0111 \cos (2t - 1^\circ) \pm 0.''0017$

第 V 期は觀測期間12年の内前期 8 年は第 IV 期と重複して居る。兩期の解析結果は上記の如く振幅に於て $\pm 0.''0007$ 程度の違ひを示すに止まり大體 10^4 回の觀測の平均誤差以内であるから前述の緯度變化處理に際して種々の天文學的補正の影響は本問題に對しては僅

第一表 對星數

水澤 [V]

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	192	256	220	219	205	205	209	202	234	250	219	209	245	242	252	219	280	231	241	242	203	163	190	189
B	188	164	182	203	206	188	168	146	153	169	169	159	150	169	187	175	204	207	201	182	148	160	158	154
C	223	217	174	212	220	220	236	213	215	239	223	240	219	250	282	274	246	278	278	273	261	245	259	225
D	179	172	162	178	158	174	192	149	163	155	167	172	186	206	199	200	215	205	206	152	177	202	191	195
總數	782	789	788	807	789	787	800	710	765	813	778	780	800	867	920	868	895	921	931	849	789	770	798	763

變化星數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.6008	5958	5871	5867	6060	5638	5938	6084	6073	6176	6101	6232	6378	5955	6006	6050	6803	5952	6201	6164	6044	6401	5973	6004
B	6218	1043	6081	6201	5918	6456	6082	6294	5922	6092	6314	6146	6211	6166	6190	5979	6134	5961	5855	5932	6808	6025	6132	6379
C	6088	5952	6101	5854	5771	5744	5827	5871	6928	5315	5919	5695	5837	5906	6085	5867	5923	6108	5990	5864	5889	5902	5877	6044
D	6010	5825	6056	5789	5562	5596	5671	5903	5862	5943	5713	5809	6022	5792	5892	5798	6106	5703	5770	6011	5869	5977	6067	5932
平均	0.6069	5943	6027	5928	5828	5859	5878	6083	5946	6008	6012	5971	6112	5953	6043	5924	5998	5981	5954	5998	6028	6076	6012	6090

對星數

Carloforte [V]

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	175	208	204	226	235	207	186	191	167	175	176	184	187	163	176	191	282	516	216	178	187	189	281	203
B	146	141	131	122	124	121	136	119	130	135	121	128	115	146	146	130	129	149	159	155	106	97	116	120
C	174	172	219	221	206	252	247	238	225	212	195	221	216	218	222	237	228	261	254	259	235	177	176	147
D	400	404	365	367	348	366	375	349	359	358	358	346	355	335	367	398	398	374	365	354	401	406	421	416
總數	895	925	909	986	913	948	944	892	881	880	880	874	843	862	911	956	987	1000	994	946	629	869	994	886

變化量

Carloforte [V]

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0."1941	1125	1196	1019	0923	0791	0906	0992	1192	1094	1273	1471	1105	1437	1042	0875	0850	0790	1040	0999	1177	1166	1146	1320
B	1045	1386	1083	0862	1025	0631	0793	0545	0880	1018	0844	0998	1148	0988	1092	1185	0958	0954	0918	0954	0917	0888	0984	1138
C	0880	0883	0839	0915	0754	0872	0834	0711	0846	0614	0942	0740	0825	1061	0979	1034	1018	0709	0717	0824	0791	0808	0527	0997
D	0946	0924	0790	0941	0851	0887	0965	0831	0869	0932	0881	0948	0927	0954	0914	0803	0886	0919	0911	0943	0998	1052	1061	0922
平均	0."1040	1067	0977	0859	0888	0785	0874	0769	0946	0927	0985	1038	1000	1110	1006	0974	0935	0848	0889	0980	0970	0977	0929	0969

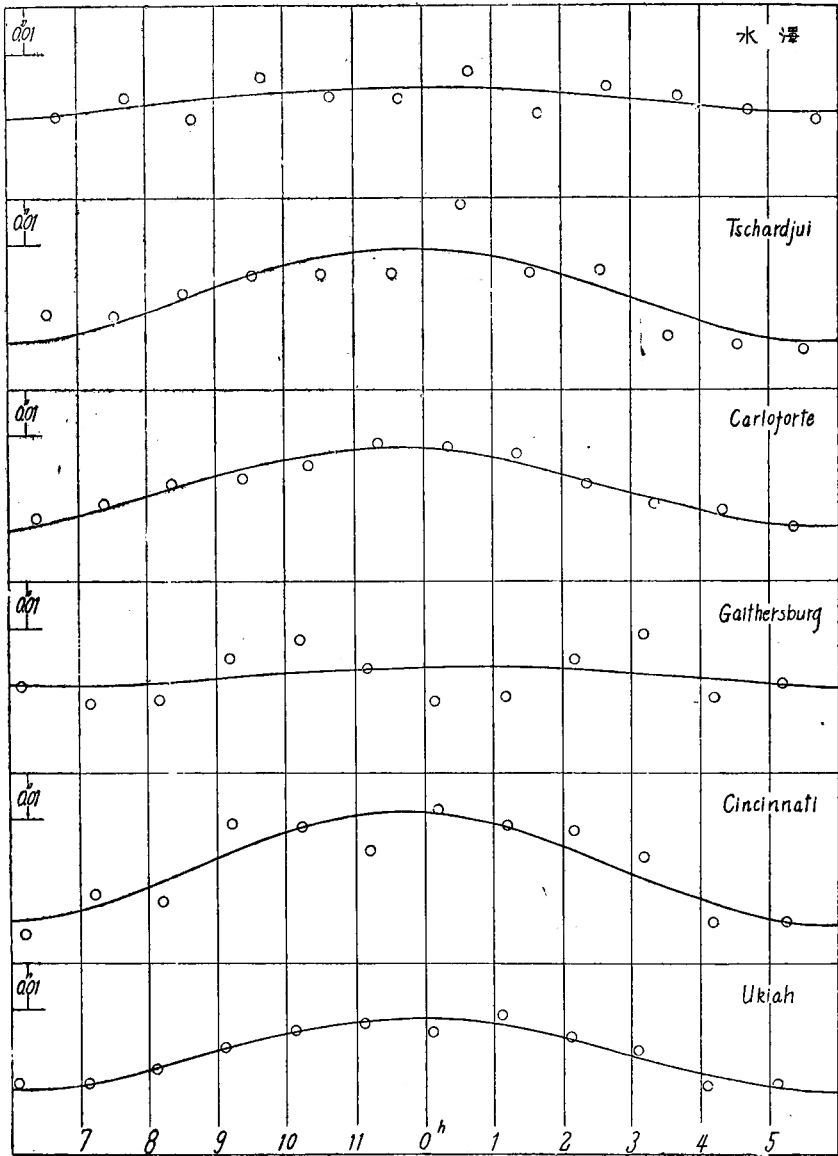
對星數

Ukiah [V]

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	238	250	278	268	298	309	291	287	296	822	802	294	281	291	311	277	278	294	328	292	297	274	239	287
B	227	188	213	243	238	210	201	212	205	191	176	190	218	239	244	232	235	223	215	298	241	251	226	202
C	272	258	237	252	252	270	269	261	282	324	311	306	288	266	317	268	242	272	272	286	280	296	280	238
D	366	336	341	373	362	352	363	363	359	398	394	376	396	361	347	376	410	361	362	369	368	392	367	337
總數	1103	1032	1069	1151	1140	1141	1124	1123	1142	1235	1183	1166	1188	1157	1219	1153	1165	1150	1177	1240	1186	1213	1112	1064

變化量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0."3574	3828	3233	3141	3005	3053	3275	2918	3033	3387	3241	3322	3328	3412	3241	3301	3162	2942	3221	3205	3129	3394	3587	3641
B	3458	3235	3396	3155	3069	3020	3285	3143	2975	3312	3252	3448	3448	3292	3373	3172	3337	3296	3153	3198	3177	3323	3269	3495
C	2794	2793	3081	3142	2835	2719	2637	2713	2635	2648	2694	2886	2879	2960	2864	3094	2850	2920	2831	2799	2707	2627	2706	2805
D	2817	2397	2333	2632	2787	2661	2644	2653	2816	2997	2865	2628	2550	2872	2593	2714	2682	2874	2760	2925	2998	2976	2923	2784
平均	0."3161	3088	3148	3018	2924	2863	2960	2867	2940	3086	3013	3059	3126	3132	3098	3070	3008	3008	2991	3032	3003	3080	3121	3169



(附圖第一圖)

少と考へられる。

次に上の結果を用ひて1900—1935の35年間の總平均を採れば下の値となる。

観測所	M_2 -項	期間
水澤	$0.''0029 \cos (2t - 352^\circ) \pm 0.''0010$	35年

Tschar djui	$0.''0102 \cos (2t-353^\circ) \pm 0.''0015$	19
Carloforte	$0.''0082 \cos (2t-347^\circ) \pm 0.''0005$	35
Gaithersburg	$0.''0019 \cos (2t-17^\circ) \pm 0.''0016$	15
Cincinnati	$0.''0125 \cos (2t-354^\circ) \pm 0.''0014$	16
Ukiah	$0.''0077 \cos (2t-0^\circ) \pm 0.''0005$	35

此を圖示すれば第一圖となる。

2. 海洋潮汐の影響

前にも述べた如く⁽²⁾海に近い観測點に於いては其地點の地殻潮汐は太陰、太陽の直接作用の他に附近の海洋潮汐の影響を受ける事が著しい。緯度の潮汐變化の場合には此影響は海洋潮汐高の週期的變化に依る所謂海水の引力項並に海水荷重の變化に依る土地の子午線方向の變位に超因するもの、更に土地變形に依る重力ポテンシヤル場の變化の三者と考へられる。第一の引力項は實際の海洋潮汐圖に依り求め得る。第三のポテンシヤル項は前研究⁽²⁾に於いては引力項の1/2にて符號反對のものとして決定されたから夫を採用する。第二の子午線方向の變位に就いては平面荷重に依る彈性體の變形に關する Boussinesq 解式を用ふれば平面上荷重 P の點を原點とし夫より r の距離の地點の水平變位 u_0 は

$$u_0 = -\frac{P}{4\pi(\lambda+\mu)} \frac{1}{r}$$

但し λ, μ は Lamé の彈性常數である。然るに海水の増減質量を M とすれば今の場合には $P=gM$ (但し g は重力加速度) 他方海水の引力項を A とすれば $A=\frac{GM}{gr^2}$ (但し G は萬有引力の恒數) A を用ひて u_0 を表はせば

$$u_0 = -\frac{1}{4\pi(\lambda+\mu)} \frac{g^2 r}{G} A$$

u_0 に依る緯度變化は地球の平均半徑を R とすれば $\frac{u_0}{R}$ にて表はされるから結局上記第二の影響 $\frac{u_0}{R}$ と第一の A との關係は

$$\frac{u_0}{R} = \left(-\frac{1}{4\pi(\lambda+\mu)} \frac{g^2 r}{GR} \right) \times A$$

今 Poisson 比を0.27と置き μ と r との關係として前に求めた値⁽²⁾を採用して各距離に於ける u_0/R と A との割合を求むれば大體次の値となる。

φ	μ	$\frac{u_0}{R}/A$
0.1	$3.7 \times 10^{11}_{c.g.s}$	0.008
1.0	5.3	0.017
5.0	10.0	0.044
10.0	17.3	0.053
20.0	30.0	0.061

此で見ると子午線變位に依る影響は引力項に對して無視出来る事が判る。以上の事柄を考慮に入れて各觀測所に對する海洋潮汐の影響を計算すれば次の値となる。

此れで見ると緯度の潮汐變化に於いては海洋の影響は傾斜計觀測の場合と違つて著しく小さい事が判る。此*

觀測所	海洋項 (M_2)	海岸距離
水澤	$0.''0006 \cos (2t - 161^\circ)$	50 軒
Tschar djui	$0.''0003 \cos (2t - 292^\circ)$	1300
Corloforte	$0.''0001 \cos (2t - 139^\circ)$	0.17
Gaithersburg	$0.''0005 \cos (2t - 210^\circ)$	66
Cincinnati	$0.''0003 \cos (2t - 169^\circ)$	770
Ukiah	$0.''0012 \cos (2t - 245^\circ)$	55

* の事は觀測所の海岸距離が遠近様々に拘らず其觀測値の時間相が夫々の子午線に關して大體一致して居る事實と良く合ふ。前節の總平均値の内、水澤と Gaithersburg を除いた残りの四箇所に對して上の海洋補正を施せば直接項として次の値を得る。

觀測所	直接項	期間
Carloforte	$0.''0083 \cos (2t - 11.6^h)$	35年
Ukish	$0.''0082 \cos (2t - 0.3^h)$	35
Tschar djini	$0.''0101 \cos (2t - 11.8^h)$	19
Cincinnati	$0.''0128 \cos (2t - 11.8^h)$	16

3. L の 値

前に述べた如く⁽¹⁾地殻潮汐に依る緯度變化量の觀測値 (直接項) と理論値 (地球が完全剛體の場合) との比を L と置けば

$$L = 1 + k - l$$

此處に k, l は夫々地殻潮汐に依る重力ポテンシャル場の變化並に土地の子午線方向の變位に關係する常數である。緯度 $39^\circ 08'$ の地點に對する理論値は、 t を太陰項の時角とすれば M_2 -項として次の値となる。

$$0.''0077 \cos 2t$$

前節に於いて求めた直接項は期間が夫々35年又は18年程度であるから所謂章動項（18.6年週期）の補正は必要としないから其値を上理論値で割れば夫々の L を求め得る。

扱此の L の値に就いて二、三の考察を試むれば、先づ L の値として、上の四箇所の値に就き期間の長短を信用度として求めた平均値を採用するのの一つの方法である。平均として

	L	期間
Carloforte	1.08 ± 0.06	35年
Ukiah	1.06 ± 0.06	35
Tschardjui	1.31 ± 0.19	19
Cincidnati	1.66 ± 0.18	16

$$L = 1.20 \pm 0.10$$

前に求めた D の値を比較すれば

$$D = 1 + k - h = 0.66 \pm 0.02$$

$$L = 1 + k - i = 1.20 \pm 0.10$$

次に上の四箇所の内、海に近き地點即ち Carloforte, Ukiah と海に遠き内陸の地點即ち Tschardjui, Gincinnati の二部分に別けて考ふれば

$$L \text{ 沿岸地點 } 1.07 \quad \text{内陸地點 } 1.49$$

即ち L に就いて見れば兩地域は顯著な差違を示すとも解釋できる。但し、内陸地域は沿岸地域に對して共に短い期間の結果であつて同じ精度に於いて議論するのは妥當でないかも知れぬが、元々の緯度變化（14箇月並に12箇月週期）に就いても上の如き内陸性と沿岸性が認めらるゝとの事であるから斯かる差違の生ずる原因が緯度の觀測方法に存するものか或は鉛直線の週期的變化其物の内に實在するものかは速斷出來兼ねる。

次に觀測期間の問題に就いては例へば水澤に於いては前論文⁽¹⁾中の第二圖に於いても明らかな如く期間に依り M_2 -項を検出し得る場合と然らざる場合とがある。又 Carloforte Ukiah に就いても今此等を次の等間隔の三期に分け考へて見ると其値は著しく異なり特に前期は中後期に比し振幅が著しく小である。即ち

	Carlorte	Ukiah
(イ) 1900—12	$0.''0068 \cos (2t - 345^\circ)$	$0.''0041 \cos (2t - 7^\circ)$
(ロ) 1912—22	$0.''0105 \cos (2t - 329^\circ)$	$0.''0098 \cos (2t - 357^\circ)$
(ハ) 1922—35	$0.''0093 \cos (2t - 15^\circ)$	$0.''0104 \cos (2t - 7^\circ)$

以上の關係は其原因を那邊に尋ねべきかは難しい問題であつて緯度觀測の處理方法とし

て天文學的問題とすべきか或は地殻潮汐の永年變化として地球物理學的に取扱ふ可きかは今後の研究に俟たねばならぬ。兎も角、此種の解析に於いては採用する觀測期間が相當重要な役割を持つ事が判る。

元來の目的は L の値を求める事に在るのであるが上述の如く細かに考察すれば種々解決困難の疑問を藏して居る状態である。現在は兎も角疑問は疑問として將來の考察を持つ事とし、 L の最も確からしい値としては四箇所の平均値

$$L=1.20 \pm 0.10$$

を採用し、其平均誤差の範圍に於いて論ずれば間違は無い。此の L と前に求めた D との兩者より、 h, k, l を求める爲めには今一つの測定即ち重力計觀測を必要とするのであつて目下觀測を開始しつゝある重力計の結果を待ち三者を合せ改めて地殻潮汐に依る土地の變形の状態を詳しく議論したいと思ふ。

4. 結 語

國際緯度觀測所六箇所に於ける1900年以降35年間の緯度觀測材料を用ひて地殻潮汐に依る緯度變化の解析を試みた。其結果 L の値として總平均を採れば $L=1.20 \pm 0.10$ を得たが仔細に見ると次の二三の問題が含まれて居る。即ち採用する觀測期間に依つて、解析値に著しい違ひを示す場合がある事又海に近い場所と遠い場所とでは違つた値を示す様に見える事等であるが此等の諸問題は更に將來の研究を俟つて明らかにせらる可きものと考へられる。

終りに臨み本問題に對し終始懇切なる御助言を賜つた佐々博士に對し深甚の謝意を表すると共に緯度の觀測並に處理方面に於いて種々の御教示を賜つた故木村榮博士、故川崎俊一博士に對して御禮の言葉を御靈前に捧げる。又海洋潮汐圖に關して種々御便宜を賜つた日高教授に深謝を述べると共に龍大なる計算の遂行に當られた吉川良枝、村上幸子、小林靜子の諸嬢に重ねて謝意を表する次第である。

- (1) 西村英一。地殻潮汐に就いて、其四「地球物理」第5卷第2號，昭16.
- (2) 西村英一。地殻潮汐に就いて、其一「地球物理」第5卷第1號，昭16.
- (3) 西村英一。地殻潮汐に就いて、其三「地球物理」第5卷第2號，昭16.