

地球潮汐への海洋潮汐の影響に関する一考察（続）

田 中 寅 夫

A COMMENT UPON THE EFFECT OF OCEAN
TIDES ON EARTH TIDES (CONTINUED)By *Toraō* TANAKA

Synopsis

Gravity, ground tilt and strain changes due to a uniform rise of sea water of 1 m within each of ten parts of the worldwide oceans have been calculated for six stations in Japan in order to get a limit of the oceanic effects and an estimate of errors in the calculation of the effects on earth tidal observations. The effects from distant oceans such as the Atlantic and Indian Ocean are remarkable on the gravity change in Japan. The Atlantic and Indian Ocean and the farthest part of the Pacific Ocean do not cause any significant influences on the ground tilts. As to the strain the uniform rise of water in the Atlantic and Indian Ocean generates an areal contraction and dilatation of about 2×10^{-9} , respectively. The effect of the Okhotsk Sea is negligibly small in the southern part of Japan, and that of the East China Sea and Seto Naikai is small in the northern part.

1. ま え が き

前報においては Hendershott および小倉の M_2 潮モデルにもとづいて、日本国内における重力潮汐への海洋潮汐の影響量を計算した¹⁾が、これはあくまでもそのモデルに対する値であり、異なった潮汐モデルを採用すれば当然異なってくる²⁾。ある観測点に、どの海洋がどれだけの影響を及ぼしうるかを知っておくことは、その場所での海洋潮汐の影響を計算するに際してそれぞれの海洋についての計算の精度の決め方、たとえば傾斜変化については大西洋の影響を考慮する必要がないといった計算の簡略化とか、計算結果の誤差の推定などに役立つと考えられる。さらに、地球潮汐の観測結果から海洋潮汐モデルの改良を試みる inversion を行なうに際しても基礎的な情報として役立つと考えられる³⁾。

そこで今回は潮汐モデルを仮定せず、海洋の影響の最も単純な場合として、海洋を適当に分割してそれぞれの海域内で潮位を一斉に 1 m 上昇させたとき、日本国内の北海道から九州までの 6 カ所での様な重力、傾斜あるいはひずみ変化を生じるかを計算してみた。

2. 海 洋 の 分 割

海洋は Table 1 に示すように 10 区域に分割して、それぞれの影響量を計算した。Fig. 1 に、そのうちの日本近海での分割の仕方と略号を示した。NWP は、もちろん、Fig. 1 の範囲からさらに東および南へ広がっている。OKH はさらに北に広がっている。EAS と SEJ は図に示した範囲のみについて計算した。黄海西部および渤海湾には、小倉の潮汐図を見ると潮汐振幅の大きい場所とか無潮点がみられるが、これらの地域は計算には含んでいない。なお、大西洋 (ATL)、インド洋 (IND)、および北西部を除いた太平洋 (P) の範囲は、Hendershott の潮汐モデル⁴⁾に示された範囲にそのまま従っている。

Table 1. Division of seas used in the calculation.

Symbol	Region
ATL	Atlantic Ocean
IND	Indian Ocean
P	NE, SE and SW Pacific Ocean
NWP	NW Pacific Ocean (west of 180°, north of the equator)
NEJ	Pacific Ocean adjacent to the NE Japan
SEJ	Pacific Ocean adjacent to the SW Japan
OKH	Okhotsk Sea
JAP	Sea of Japan
EAS	Parts of the East China and Yellow Sea
SET	Seto Naikai (including the western part of Osaka-Wan)

3. 各海洋による重力、傾斜およびひずみ変化

前節でのべたように分割した各海域で潮位が一斉に1m上昇したとき日本国内でどれだけの重力、傾斜およびひずみ変化を生ずるかをみるために、北海道から九州まで適当に6地点を選んで計算を行なった。海に近い場所では、とくにその付近の海に起因する傾斜、ひずみが卓越してくるから、なるべく海岸から離れた地点を採用した。6地点の緯度、経度および高度は Table 2 に示す通りであるが、それらは上宝を除いて国土地理院による「日本重力基準網1975の設定」の中に表としてまとめられている JGSN 75 Gravity Station の値から借用したものである⁹⁾。「上宝」は岐阜県古城郡上宝村に在る防災研究所付属上宝地殻変動観測所の蔵柱観測室の位置および高度である。

これらの6地点での、1mの潮位上昇による重力、傾斜およびひずみ変化を Farrell によって求められた Gutenberg-Bullen A 地球モデルに対するグリーン関数を使って計算した⁹⁾。得られた結果を Figs. 2~4 に示す。

3.1 重力変化

Fig. 2 にみられるように、全般的には太平洋の影響が卓越しているのは当然予想されるところであるが、大西洋、インド洋の影響もかなり大きい量に達することに注目する必要がある。大西洋、インド洋、南東太平洋、北東太平洋といった日本から遠い海洋は万有引力によって影

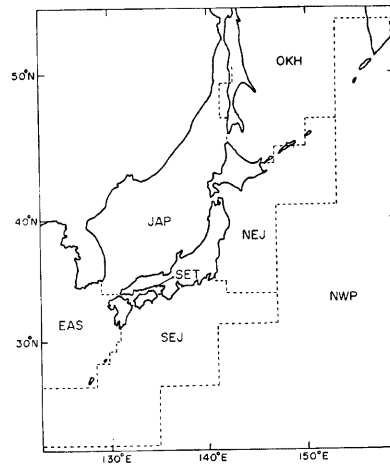


Fig. 1. Division of the seas around the Japan Islands for calculating the oceanic effects. As to the symbols refer to Table 1.

Table 2. Location and height of stations for which the oceanic effects have been calculated.

Station	Latitude(N)	Longitude(E)	Height(m)
Sapporo	43.0717°	141.3450°	15.0
Mizusawa	39.1317	141.1367	63.9
Maebashi	36.4017	139.0633	110.0
Kamitakara	36.2736	137.3270	800.0
Kyoto	35.0267	135.7867	59.86
Hitoyoshi	32.2150	130.7567	147.0

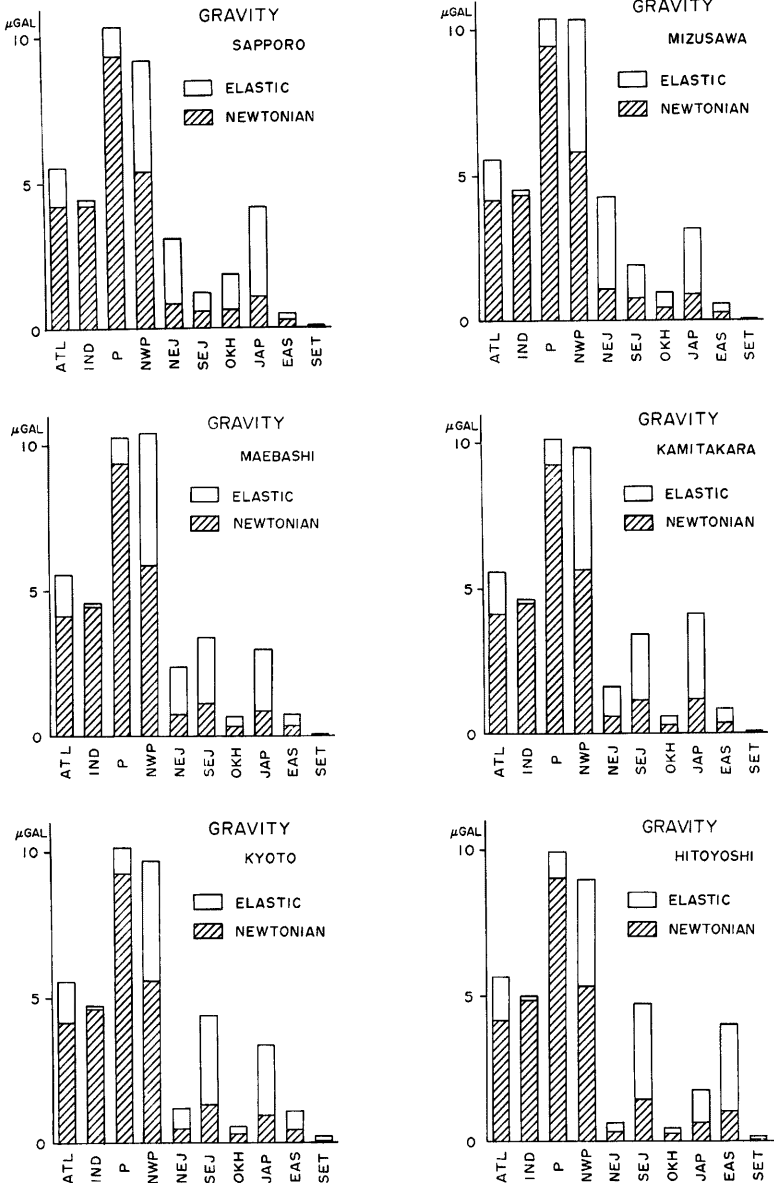


Fig. 2. Gravity changes at six stations in Japan caused by a uniform sea water rise of 1m.

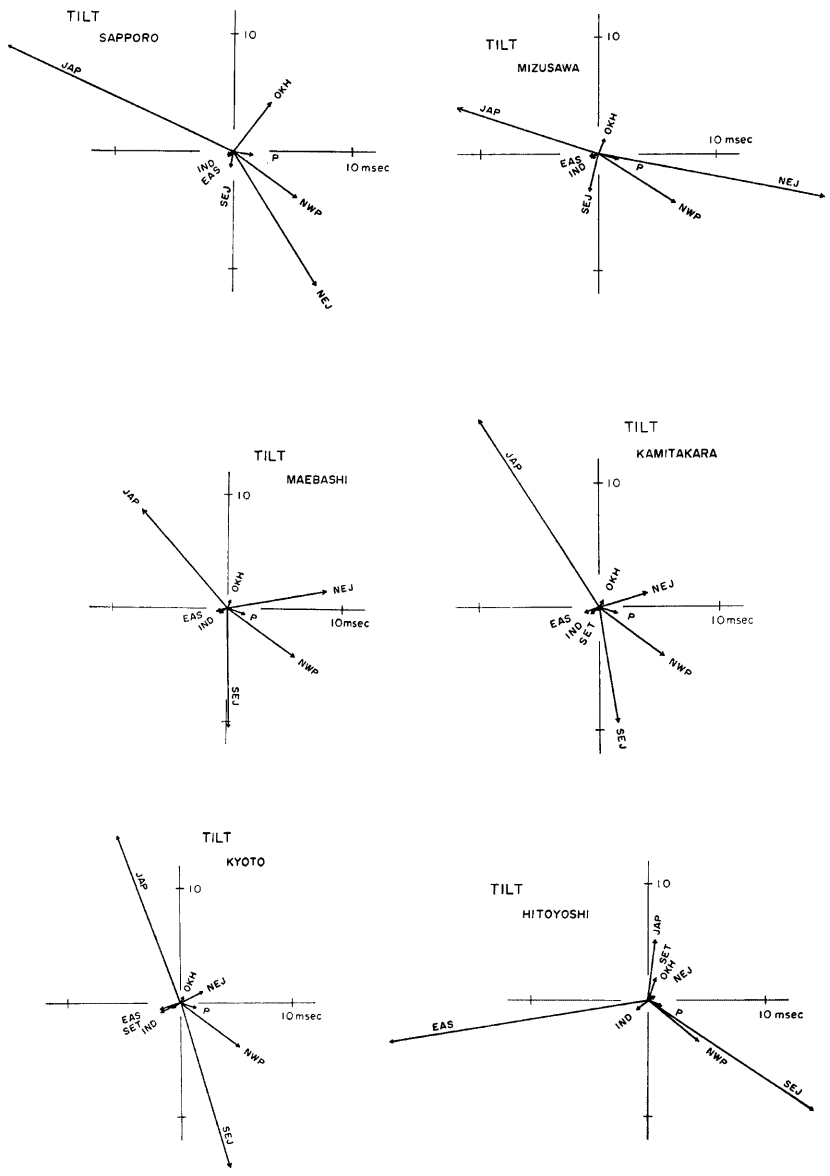


Fig. 3. Ground tilts at six stations in Japan caused by a uniform sea water rise of 1m.

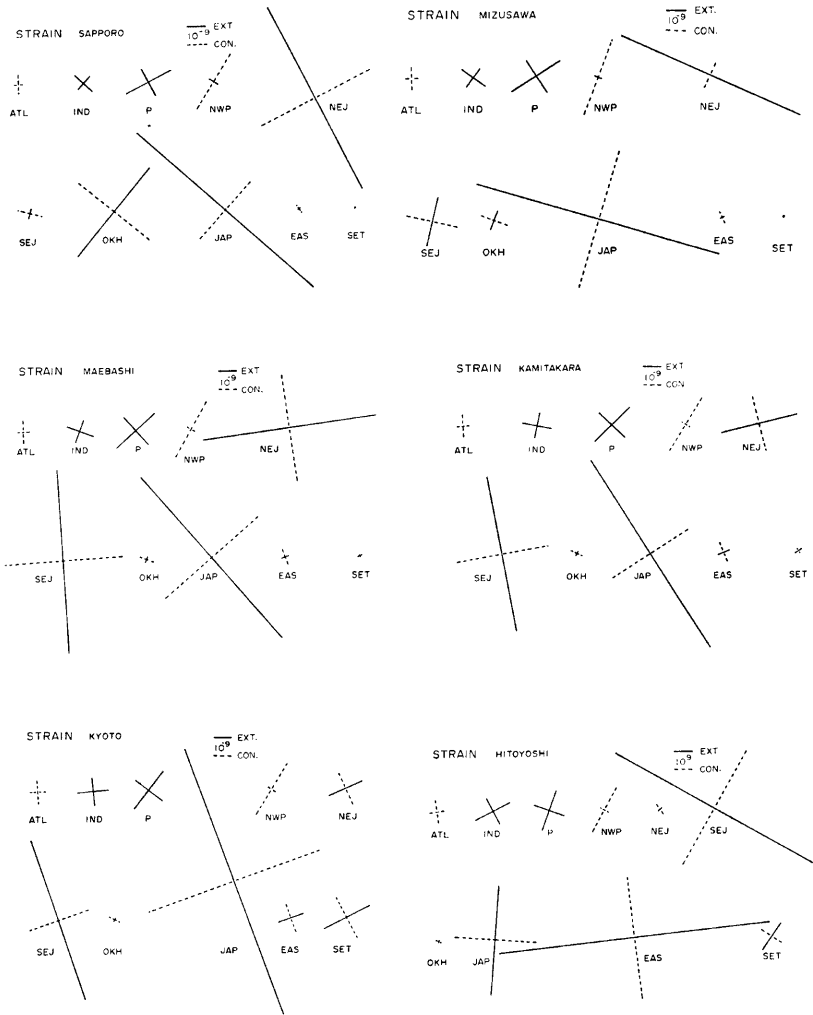


Fig. 4. Ground strains at six stations in Japan caused by a uniform sea water rise of 1m.

響を及ぼしているのに対して、近海からの影響では弾性変形に伴う重力変化の方が大きくなってくる。本州および九州ではオホーツク海の影響は非常に小さいのは当然としても、札幌においてもオホーツク海の影響は余り大きくない。北海道については東支那海、瀬戸内海の影響を無視できる。北海道、本州では日本海の影響がかなり大きく出ているが、これは1mの潮位上昇を与えているためである。日本海では現実には考えられないような振幅を入れても大西洋などの影響より小さい。したがって、日本海は、大西洋、インド洋と

同程度の精度で計算すれば充分である。人吉では日本海の影響は小さくなり東支那海の影響が大きくなっている。

全体として、それぞれの海洋の影響は、量的にはもちろん非常に異なっているが、相互の割合は前報で求めた具体的な M_2 モデルにもとづいた計算結果と良く似た傾向にあるといえる¹⁾。

3.2 傾斜変化

Fig. 3 に傾斜変化に関する計算結果を示す。大西洋の影響は図示することができないほど小さく、したがってその影響は全く無視してさしつかえない。また、インド洋、北東、南東、南西太平洋の影響も非常に小さい。北日本では東支那海の影響は小さく、九州ではオホーツク海、太平洋の東北、北海道近海の影響が小さい。人吉を除いて日本海の影響が卓越している。

3.3 ひずみ変化

前報でも述べたように近海の影響が卓越することは **Fig. 4** にみられる通りであるが、遠海の影響が傾斜の場合にくらべて多小大きくなっている。大西洋の影響は面積ちぢみ、インド洋は膨張となる。近海の影響は大きなずり成分をもっているが面積ひずみゼロとはならず、荷重方向へののびが大きくなることはグリーン関数から直ぐに分る通りである。北日本では東支那海などの影響が無視でき、西南日本ではオホーツク海などが無視できることは傾斜の場合と同様である。

4. あとがき

地球潮汐の重力、傾斜、ひずみ変化への海洋潮汐の影響を計算する場合、その結果は採用する海洋潮汐モデルに依存し、モデルにより異なってくる。このような計算結果の信頼性を見積るためにも、また *inversion* のための基礎的な情報の一つとしても必要であると考えて、それぞれの海洋で 1 m だけ潮位を上げたときの様な影響を与えるかを北海道から九州までの 6 地点について計算した。重力に関してはインド洋、大西洋などを考慮に入れなければならないのに対し、傾斜の場合はほぼ無視できることは前報に述べたことと同じである。またオホーツク海による重力変化は北海道を除き非常に小さい。西南日本ではオホーツク海、北日本では東支那海などによる傾斜、ひずみは小さい。

最後に、この数値計算は京都大学大型計算機センターにおいて W. E. Farrell によるプログラムを用いて行なったものであり、この内容は昭和53年8月28・29日に東京大学海洋研究所で開催された「海洋潮汐と地球潮汐に関するシンポジウム (II) —海面変動と固体地球の相互作用—」において発表したものであることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 田中寅夫：地球潮汐への海洋潮汐の影響に関する一考察，京都大学防災研究所年報，第21号B-1，1978，pp. 137-143.
- 2) Nakagawa, I and H. Tsukamoto：Effects of oceanic tides on gravimetric tidal observations performed at Kyoto, Japan, Paper presented at the 8th International Symposium on Earth Tides, Bonn, 1977.
- 3) Baker, F. T.：What can earth tide measurements tell us about ocean tides or Earth structure? Paper presented to the 9th GEOP conference on the Application of Geodesy to Geodynamics, Ohio, October 1978.
- 4) Hendershott, M. C.：The effects of solid earth deformation on global ocean tides, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, Vol. 29, 1972, pp. 389-402.
- 5) 国土地理院：日本重力基準網1975の設定，測地学会誌，第22巻，1976，pp. 65-76.
- 6) Farrell, W. E.：Deformation of the earth by surface loads, *Rev. Geophys. Space Phys.*, Vol. 10, No. 3, 1972, pp. 761-797.