

研究ノート

日本周辺の海洋潮汐荷重変形[†]

仙石 新*, 佐藤忠弘**

Ocean Loading Site Displacement around Japan[†]

Arata SENGOKU* and Tadahiro SATO**

Abstract

Harmonic coefficients of ocean loading site displacement for eight major tidal components, M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 and Q_1 are mapped out in and around Japan by using a software, GOTIC. Amplitude of the tidal displacement of M_2 component in up-down direction is more than 2cm in Nansei Shoto. In general, M_2 , S_2 and N_2 components are large in the Southern Japan, while K_1 , O_1 , P_1 and Q_1 components are large in the coastal area along the Pacific Ocean. Precision of the harmonic coefficients presented here are estimated around 1mm. Our result will enhance precision of crustal movement monitoring in and around Japan by using space geodetic techniques, especially GPS.

地上の点の位置は、海洋潮汐に起因する地殻の変位（海洋潮汐荷重変形）によって数cmの振幅で変動している。海洋潮汐荷重変形は、GPSなど宇宙測地技術の測位精度を向上させるためには無視することができないもので（佐藤，1989），これまでも IERS standards (McCarthy ed., 1992)，仙石・佐藤（1995）などにより，宇宙測地技術の観測点について調和係数が求められている。しかしながら，80年代には日本国内に数点しか存在しなかった宇宙測地技術観測点が，90年代に入り日本全国に数百に及ぶGPS観測点が展開されるなど極めて急速に増加しており，これまでの結果では不十分となってきた。

日本周辺の海洋潮汐荷重変形の調和係数を5'メッシュで求め，図化したので報告する。

1. 潮汐変位の評価

地球潮汐・海洋潮汐荷重計算プログラム (GOTIC, Sato and Hanada, 1984) を用いて，日本及びその周辺の陸上の点（緯度：26°～46°，経

度：125°～147°）について，5'メッシュ（13956点）ごとに， M_2 ， S_2 ， N_2 ， K_2 ， K_1 ， O_1 ， P_1 ， Q_1 の8分潮の海洋潮汐荷重変形の調和係数を求めた。海洋潮汐モデルはグローバルモデルとして Schwiderski(1981)を，日本海については Nakagawa and Tsukamoto (1978, 1980, M_2 ， S_2 ， K_1 ， O_1 分潮のみ)をそれぞれ用いた。詳細については，仙石・佐藤（1995）を参照されたい。海陸分布図の一次メッシュは全世界を，二次メッシュは経度120度から150度，緯度20度から50度の範囲をカバーしており，GOTICでは観測点から東西南北3.5度以内については二次メッシュのみが，その他は一次メッシュのみが用いられる。

Figure 1～9に海洋潮汐荷重変形の上下成分 (U-D)，南北成分 (N-S)，東西成分 (E-W) について M_2 と K_1 の振幅と M_2 の初期位相の分布を示している。ほとんどの点で M_2 成分が卓越し， K_1 ， O_1 ， S_2 成分も比較的大きな振幅をもつ。

[†] Received 1995 November 24th Accepted 1996 February 7th

* 海洋研究室 Ocean Research Laboratory

** 国立天文台 National Astronomical Observatory

2. 考 察

日本国内及び周辺の海洋潮汐荷重変形の分布を初めて図化した。この地域内の任意の点の調和係数は、本稿の結果を内挿または外挿することにより得られる。

図から以下のことがわかる。

海洋潮汐荷重変形の上下成分では、 M_2 分潮は本州・北海道では約1cmの振幅だが、国内では南ほど大きな振幅を持ち、南西諸島では2cmを越える振幅となる(Figure 1)。朝鮮半島南西部では、振幅がほぼ0となる無潮位点が存在する。これは、 S_2 および N_2 についても同様である。 K_1 、 O_1 、 P_1 および Q_1 の振幅の分布は、互いに似ており、太平洋沿岸で大きく、日本海に近づくにつれ小さくなる。千島・南西諸島では振幅が大きい(Figure 3)。

南北成分では、 M_2 は国内では1から4mm程度の振幅で南ほど大きく、九州西部で振幅が最大となる。南西諸島では振幅が小さい。朝鮮半島南部で5mmを越える振幅となるが、中西部に無潮位点がある(Figure 4)。 K_1 の振幅は、東海から西南日本の太平洋側で大きい(Figure 6)。

東西方向では、 M_2 については、国内では2から4mm程度の振幅で九州西部で最も振幅が大きい。また、朝鮮半島南部で振幅が大きく、北東部では逆に振幅が非常に小さく、位相も著しく変化する(Figure 7, 8)。 K_1 の振幅は、東北日本の太平洋側で大きい(Figure 9)。

海洋潮汐の振幅が小さい日本海沿岸、特にユーラシア大陸側ではどの成分、分潮をとっても振幅が小さい。

観測点間の相対位置を求める場合、海洋潮汐を無視すると西南日本でより大きな誤差を生じる。特に南西諸島と本土結ぶ基線では、主として M_2 により上下方向に1cm以上の誤差となる可能性がある。朝鮮半島では、海洋潮汐荷重変形の影響が日本国内に比べて大きいことに注意する必要がある。

本稿では、海陸分布図を二次メッシュまで用いたが、海岸線に近い点ではさらに細かい海陸分布

データを与えた方が精度が高い。国内のいくつかの点で、二次メッシュまで用いた結果と三次メッシュ(日本国内をカバーし、GOTICでは観測点から東西南北0.25度以内について三次メッシュを用いることができる)を加えた場合とを比較したところ、日本国内では上下方向で最大0.7mm、平均0.08mm、南北方向で最大0.2mm、平均0.01mm、東西方向で最大0.1mm、平均0.01mmの差があった。朝鮮半島では、上下方向に最大7mmの差が生じることがあるため、三次メッシュまで考慮した結果を用いることが好ましい。また、GOTICで三次メッシュまで計算した結果はIERS standards (1992)と1mm以下の差しかないことがわかっている(仙石・佐藤, 1995)ので、本稿で与えたモデルの精度は、日本国内ではほぼ1mm程度と考えられる。

どの成分も、朝鮮半島において振幅の変化が激しい。これは、黄海の海洋潮汐を反映したものであるが、良く知られているように、黄海では海洋潮汐モデルの誤差が大きいため、ここで示されたモデルの精度も、他の地域と比べて低いものと考えられる。今後、宇宙測地技術による高精度・高時間分解能な位置観測が可能になれば、逆に潮汐変位がモニターできるものと期待される。

図に見るように、海洋潮汐荷重の変化の空間スケールは、固体潮汐のそれに比べはるかに短い。長さが数100kmを越えるような基線の解析では、荷重変形を無視した解析では10mmを越える系統誤差が発生するおそれがある。

現在、GPSなど宇宙技術による準リアルタイムの地殻変動監視ネットワークが構築され、特に日本国内には世界にも例を見ない稠密な観測網が敷かれているが、観測網内に不自然な動きが観測された場合、それが海洋潮汐の影響である可能性が拭えない場合が散見される。これは、解析の過程で海洋潮汐荷重変形の影響が無視されているためである。しかし、荷重変形は比較的簡便にモデル化できるものであり、ここに述べた結果を解析に取り入れることにより、GPSなどによる地殻変動の解析精度が向上できる。

本稿では、紙面の都合上すべての結果を掲載す

Ocean Loading Site Displacement around Japan

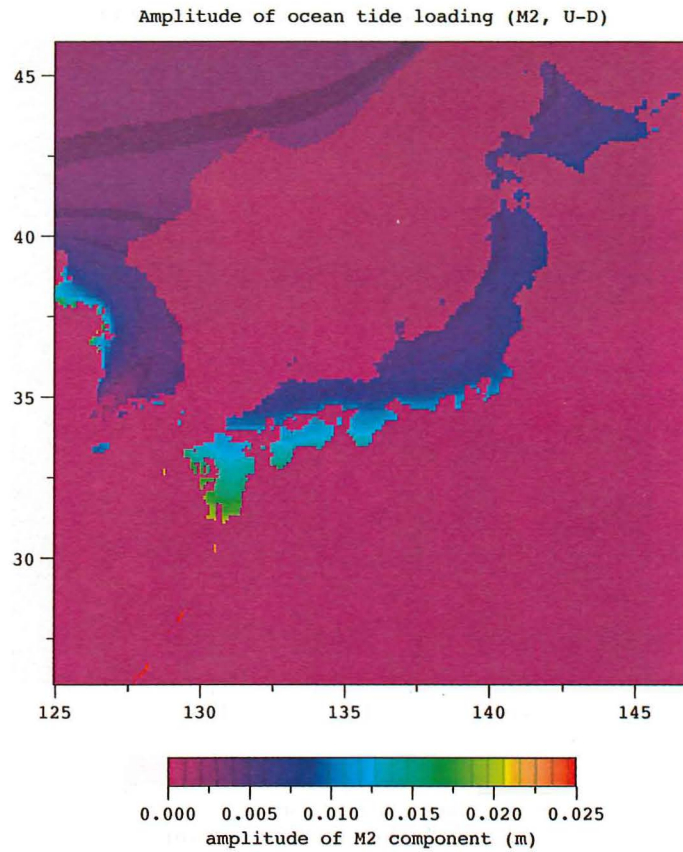


Figure 1. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (M2, U-D).

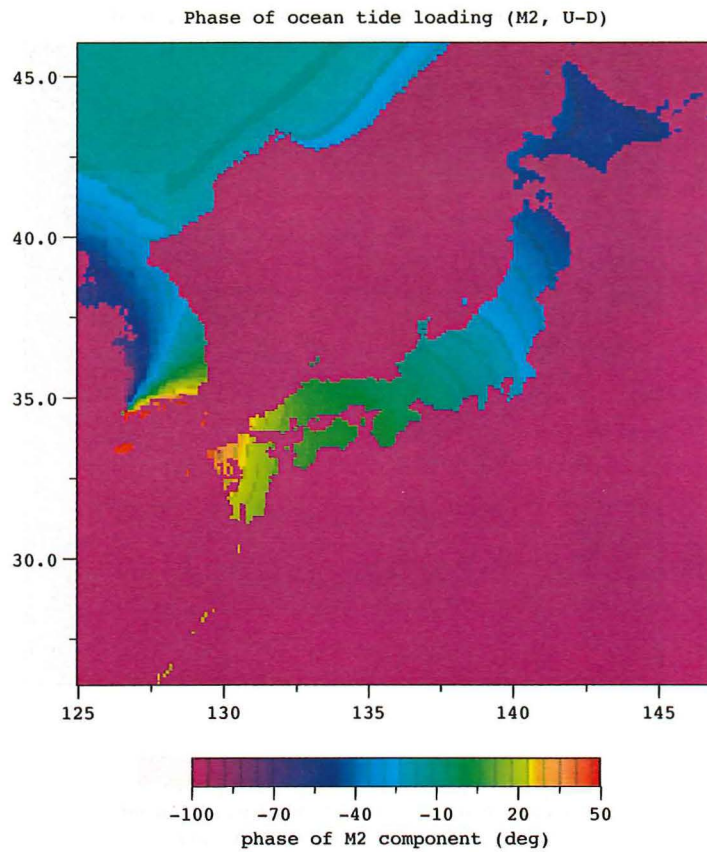


Figure 2. Phase of Ocean Loading Site Displacement (M2, U-D).

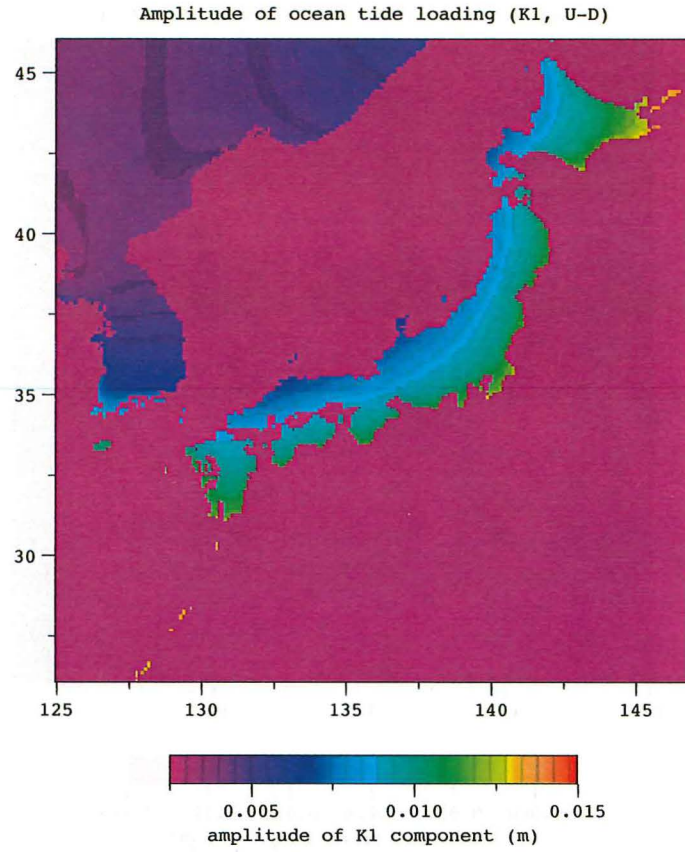


Figure 3. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (K1, U-D).

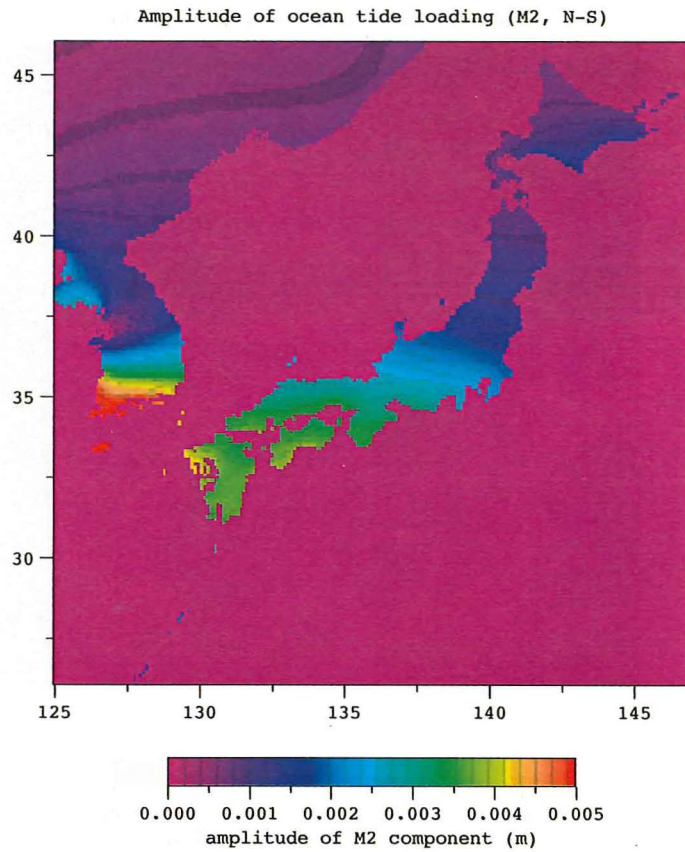


Figure 4. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (M2, N-S).

Ocean Loading Site Displacement around Japan

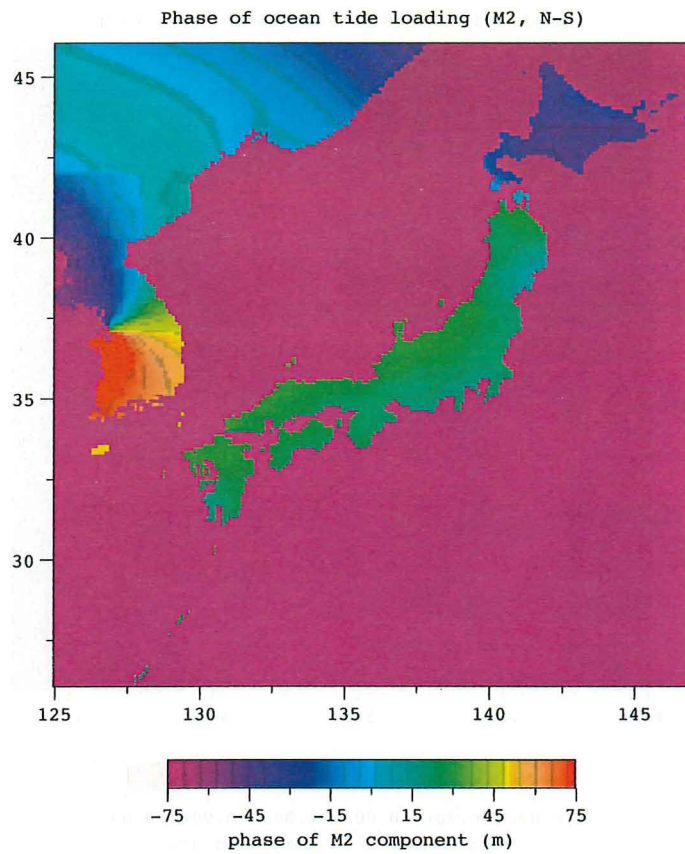


Figure 5. Phase of Ocean Loading Site Displacement (M2, N-S).

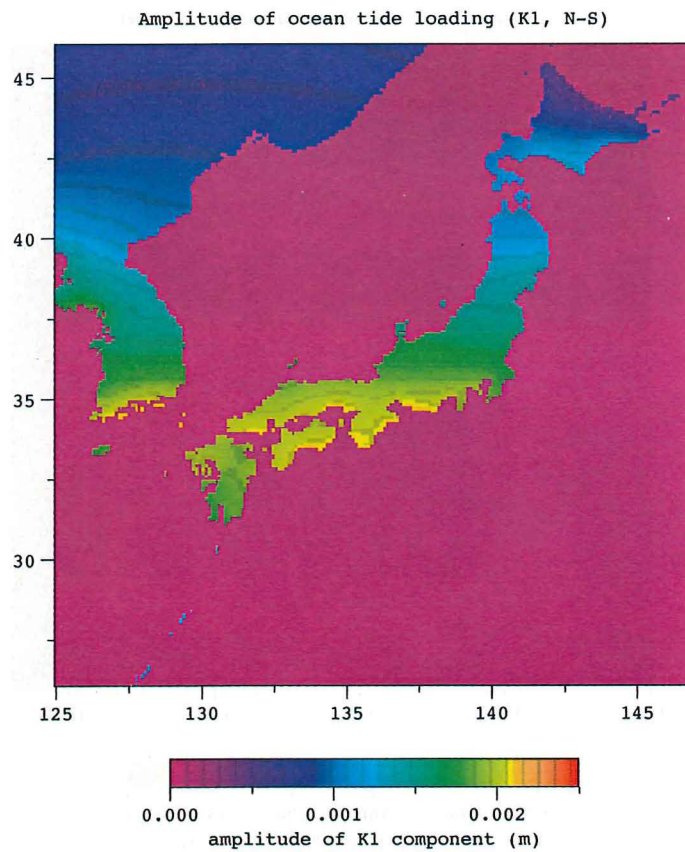


Figure 6. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (K1, N-S).

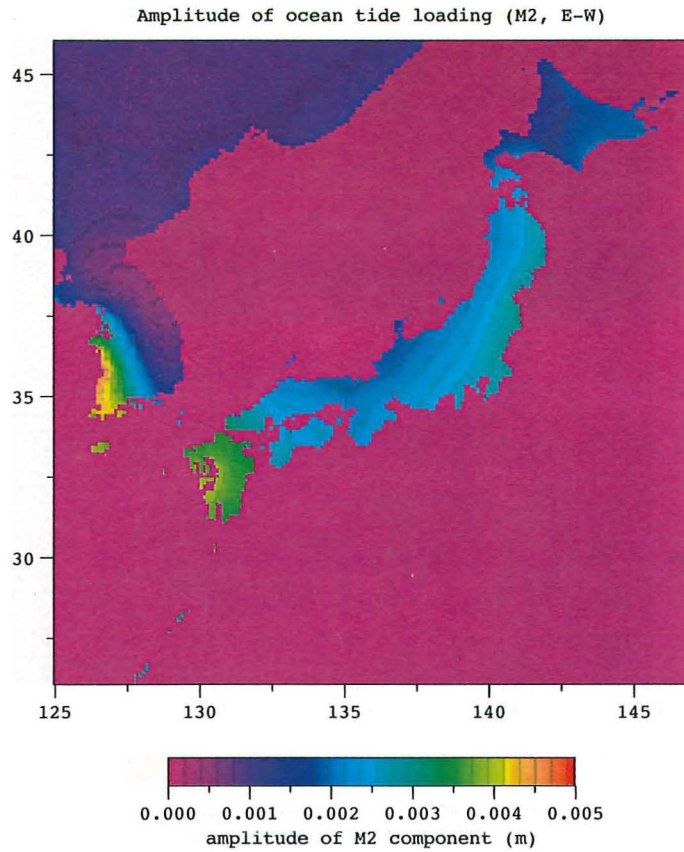


Figure 7. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (M2, E-W).

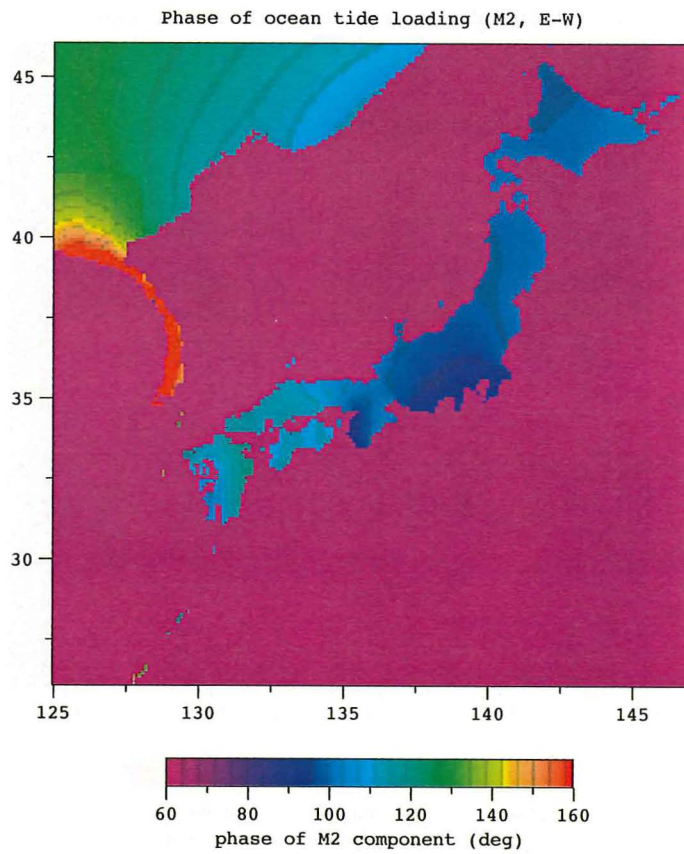


Figure 8. Phase of Ocean Loading Site Displacement (M2, E-W).

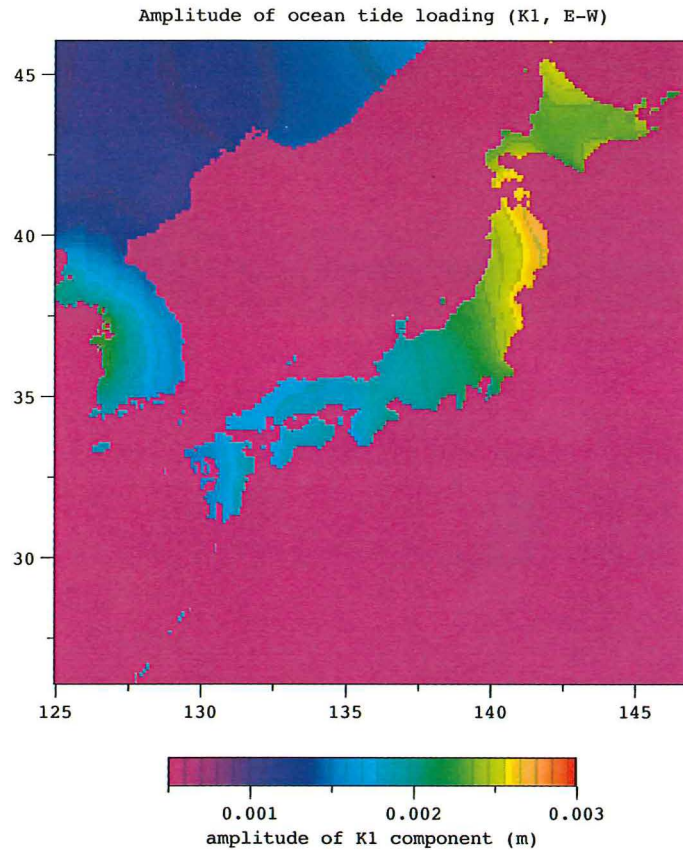


Figure 9. Amplitude of Ocean Loading Site Displacement (K1, E-W).

ることができなかったが、各分潮毎の調和係数はデジタルデータの形で利用できるので、興味のある方は連絡されたい。

参 考 文 献

McCarthy D. D. ed., 1992 : IERS standards (1992), Central Bureau of IERS, Observatoire de Paris, Paris.

Sato T. and H. Hanada, 1984 : A Program for the Computation of Ocean Tidal Loading Effects 'GOTIC', *Publ. of the International Latitude Obs. of Mizusawa*, 18, No.

1, p.29.

佐藤忠弘, 1989 : GPS 観測に及ぼす地球潮汐・海洋潮汐荷重の影響, GPS 研究会集録, p. 181.

Schwiderski, E. W., 1981 : Global ocean tides for models of M2 S2 K1 O1 N2 P1 K2 Mf, Reps. Nav. Surf. Weap. Cent., Dahlgren, VA.

仙石 新, 佐藤忠弘, 1995 : 国内 SLR・VLBI・GPS 観測点での潮汐変位と基線に及ぼす影響, 海洋調査技術, 7, p. 1.