

## 浦神検潮所海面絶対高観測（2003年～2013年）

### Determination of Geocentric Height of Mean Sea Level at the Uragami Tide Station from 2003 to 2013

**Summary:** This observation has been carried out every year for the purpose of monitoring the sea level change. Geocentric height of the mean sea level above the WGS-84 ellipsoid was obtained at the Uragami tide station in the Kii Peninsula by combining the Satellite Laser Ranging and GPS techniques.

**Key words:** geocentric height, mean sea level, Satellite Laser Ranging, GPS

#### 1. はじめに

海洋情報部では1980年から海洋測地網の整備を推進しており、海洋測地網の原点である本土基準点として位置づけられている下里水路観測所において、1982年以来人工衛星レーザー測距 (SLR) 観測を行うことによって、世界測地系に基づく正確な位置を求めている。

下里本土基準点において、地球重心に対する精密な高さが求められていることから、地球温暖化対策に資する目的で、至近の検潮所との間で水準測量を実施することにより、地球重心を基準とした絶対的な海面の高さを監視している。

本報告では、2013年11月から12月に実施した浦神検潮所における海面絶対高観測について報告する。

#### 2. 作業概要

下里水路観測所における本土基準点（下里 H0 標石）と浦神検潮所付属水準点標石（KBM）間において（第1図）、GPSによる水準測量を行い、地球重心に基づく海面絶対高を測定した。

海面絶対高算出方法の概要は以下のとおり（第2図）。

（イ）SLR解析によって、下里 H0 標石の観測年における楕円体高を求める。

（ロ）下里 H0 標石を基準として、GPS観測結果と直接水準測量結果を合わせて解析することにより、KBMの楕円体高を求める。

（ハ）KBMの楕円体高から海岸昇降検知センター潮位年報の値を用いて、平均水面の楕円体高を求める。

#### 3. 観測結果

##### 3. 1. SLR解析による下里 H0 標石の楕円体高の算出

GEODYN-IIによるラジオス I, II の解析により求められたレーザー測距装置不動点の楕円体高  $H_T$  から、観測年における下里 H0 標石の楕円体高  $H_0'$  を求め、MGC2000に基づく下里 H0 標石（楕円体高 97.536m）からの変化量  $\Delta H_0$  を求めた。（ $H_T$  と  $H_0'$  の楕円体高差は管理測量により求められた 4.091m を使用。）

第1表 下里本土基準点の楕円体高

Table 1. Ellipsoid Height of Mainland Control Point, Shimosato

Year	2003	2004	2005	2006	2007
$H_T$ (m)	101.627	101.617	101.596	101.608	101.613
$H_0'$ (m)	97.536	97.526	97.505	97.517	97.522
$\Delta H_0$ (m)	-	-0.010	-0.031	-0.019	-0.014
Year	2008	2009	2010	2011	2013
$H_T$ (m)	101.595	101.615	101.627	101.632	101.625
$H_0'$ (m)	97.504	97.524	97.536	97.541	97.534
$\Delta H_0$ (m)	-0.032	-0.012	$\pm 0.000$	+0.005	-0.002

$H_T$ : Ellipsoid Height of SLR Fixed Point

$H_0'$ : Ellipsoid Height of Mainland Control Point

$\Delta H_0$ : Ellipsoid Height Difference of Mainland Control Point from MGC2000

### 3. 2. KBM の楕円体高の算出

KBM 上での GPS 観測が困難であったため、近傍で観測条件を満たす場所に HBM（偏心点：2011年6月より使用，KBM からの路線長は 126m）を設け GPS 観測を行った。HBM における GPS の測位結果と直接水準測量によって求めた HBM と KBM の高低差を用いて，KBM の楕円体高を導出した。

(イ) GPS 解析による HBM の楕円体高 (MGC2000) の測定

取得した GPS データを，下里 H0 標石 (MGC2000) を基準とした基線解析を行い，楕円体高  $H_{HBM}$  (MGC2000) を求めた。解析ソフトは Trimble Business Center (ver. 3.03) を用い，GPS の軌道要素は IGS 最終暦を使用した。

第2表 GPS 解析による偏心点の楕円体高

Table 2. Ellipsoid Height of Offset Mark (HBM: Benchmark of JHOD) by GPS Phase Solution

Year / Month	2003/1	2003/11	2005/3	2006/2	2007/2	2008/2
$H_{HBM}$ (MGC2000) (m)	41.598	41.597	41.601	41.588	41.593	41.589
$H_{HBM} - H_{HBM(2003)}$ (m)	-	+0.001	+0.003	-0.010	-0.005	-0.009
Year / Month	2008/6	2008/11	2009/3	2009/6	2010/8	2011/6
$H_{HBM}$ (MGC2000) (m)	41.595	41.592	41.617	41.612	41.605	41.590
$H_{HBM} - H_{HBM(2003)}$ (m)	-0.003	-0.006	+0.019	+0.014	+0.007	-0.008
Year / Month	2013/2	2013/11				
$H_{HBM}$ (MGC2000) (m)	41.576	41.582				
$H_{HBM} - H_{HBM(2003)}$ (m)	-0.022	-0.017				

$H_{HBM}$  (MGC2000): Ellipsoid Height of Offset Mark Related to Mainland Control Point

$H_{\text{HBM}} - H_{\text{HBM}(2003)}$ : Height Difference of Offset Mark from January 2003

(ロ) 直接水準測量による KBM と HBM の高低差の測定  
 KBM, HBM (偏心点) 間の水準測量を行い, 高低差を求めた.

第 3 表 浦神検潮所付属水準点標石—偏心点間の水準測量

Table 3. Optical Levelling from Offset Mark to Benchmark of Uragami Tide Station

Year / Month	2003/1	2003/11	2005/3	2006/2	2007/2	2008/2
$\Delta_{\text{KBM} - \text{HBM}}$ (m)	1.094	1.095	1.093	1.093	1.094	1.093
Year / Month	2008/6	2008/11	2009/3	2009/6	2010/8	2011/6
$\Delta_{\text{KBM} - \text{HBM}}$ (m)	1.093	1.094	1.094	1.093	1.092	1.120
Year / Month	2013/2	2013/11				
$\Delta_{\text{KBM} - \text{HBM}}$ (m)	1.121	1.121				

$\Delta_{\text{KBM} - \text{HBM}}$ : Height from Offset Mark (HBM: Benchmark of JHOD)  
 to Benchmark of Uragami Tide Station (KBM: Benchmark of JMA)

以上より, 観測年における KBM の楕円体高  $H_{\text{KBM}}$  は以下のとおり. なお, 2008 年と 2009 年の楕円体高については複数の観測を年単位で平均した.

$$H_{\text{KBM}} = H_{\text{HBM}}(\text{MGC2000}) + \Delta H_0 + \Delta_{\text{KBM} - \text{HBM}}$$

第 4 表 GPS 解析による浦神検潮所付属水準点標石の楕円体高

Table 4. Ellipsoid Height of Benchmark of Uragami Tide Station

Year	2003	2004	2005	2006	2007	
$H_{\text{KBM}}$ (m)	42.692	42.682	42.663	42.662	42.673	
$H_{\text{KBM}} - H_{\text{KBM}(2003)}$ (m)	-	-0.010	-0.029	-0.030	-0.019	
Year	2008	2009	2010	2011	2013/2	2013/11
$H_{\text{KBM}}$ (m)	42.653	42.696	42.697	42.715	42.695	42.701
$H_{\text{KBM}} - H_{\text{KBM}(2003)}$ (m)	-0.039	+0.004	+0.005	+0.023	+0.003	+0.009

$H_{\text{KBM}}$ : Ellipsoid Height of Benchmark of Uragami Tide Station

$H_{\text{KBM}} - H_{\text{KBM}(2003)}$ : Height Difference of Benchmark of Uragami Tide Station from 2003

### 3. 3. 海面絶対高の算出

KBM の楕円体高から平均水面の楕円体高を求めるために, 以下の (イ) ~ (ロ) の海岸昇降検知センター潮位年報の値を用いた.

(イ) KBM～球分体 (SM) の高低差

第5表 浦神検潮所付属水準点標石から球分体までの高さ

Table 5. Height from Benchmark to Standard Mark in Uragami Tide Station

Year / Month	2002/4	2005/1	2008/9	2010/1
$\Delta_{\text{KBM-SM}}$ (m)	0.387	0.387	0.387	0.388

$\Delta_{\text{KBM-SM}}$ : Height from Benchmark to Standard Mark in Uragami Tide Station

(ロ) 潮位観測基準面 (気象庁 Datum Line) ～球分体 (SM)

$$\Delta_{\text{DL-SM}} = 4.720\text{m}$$

(ハ) 平均水面

第6表 浦神検潮所の年間平均水面

Table 6. Annual Mean Sea Level of Uragami Tide Station

Year	2003	2004	2005	2006	2007
平均水面(MSL) (m)	1.474	1.536	1.471	1.417	1.495
$\text{MSL} - \text{MSL}_{(2003)}$ (m)	-	+0.062	-0.003	-0.057	+0.021

Year	2008	2009	2010	2011	2013
平均水面(MSL) (m)	1.502	1.501	1.503	1.505	1.552
$\text{MSL} - \text{MSL}_{(2003)}$ (m)	+0.028	+0.027	+0.029	+0.031	+0.078

MSL: Annual Mean Sea Level of Uragami Tide Station

$\text{MSL} - \text{MSL}_{(2003)}$ : Difference of Mean Sea Level in Uragami Tide Station from 2003

以上の結果より, 平均水面の楕円体高  $H_m$  (海面絶対高) は, 以下のとおりに求まった.

$$H_m = H_{\text{KBM}} - \Delta_{\text{KBM-SM}} - \Delta_{\text{DL-SM}} + \text{平均水面}$$

第7表 浦神検潮所の海面絶対高

Table 7. Ellipsoid Height of Annual Mean Sea Level at Uragami Tide Station

Year	2003	2004	2005	2006	2007
$H_m$ (m)	39.059	39.111	39.027	38.972	39.061
$H_m - H_{m(2003)}$ (m)	-	+0.052	-0.032	-0.087	+0.002

Year	2008	2009	2010	2011	2013/2	2013/11
$H_m$ (m)	39.048	39.090	39.092	39.112	39.139	39.145
$H_m - H_{m(2003)}$ (m)	-0.011	+0.031	+0.033	+0.053	+0.080	+0.086

$H_m$ : Geocentric Height of Annual Mean Sea Level (MSL) at Uragami Tide Station

$H_m - H_{m(2003)}$ : Difference of Geocentric Height of MSL at Uragami Tide Station from 2003

#### 4. 成果

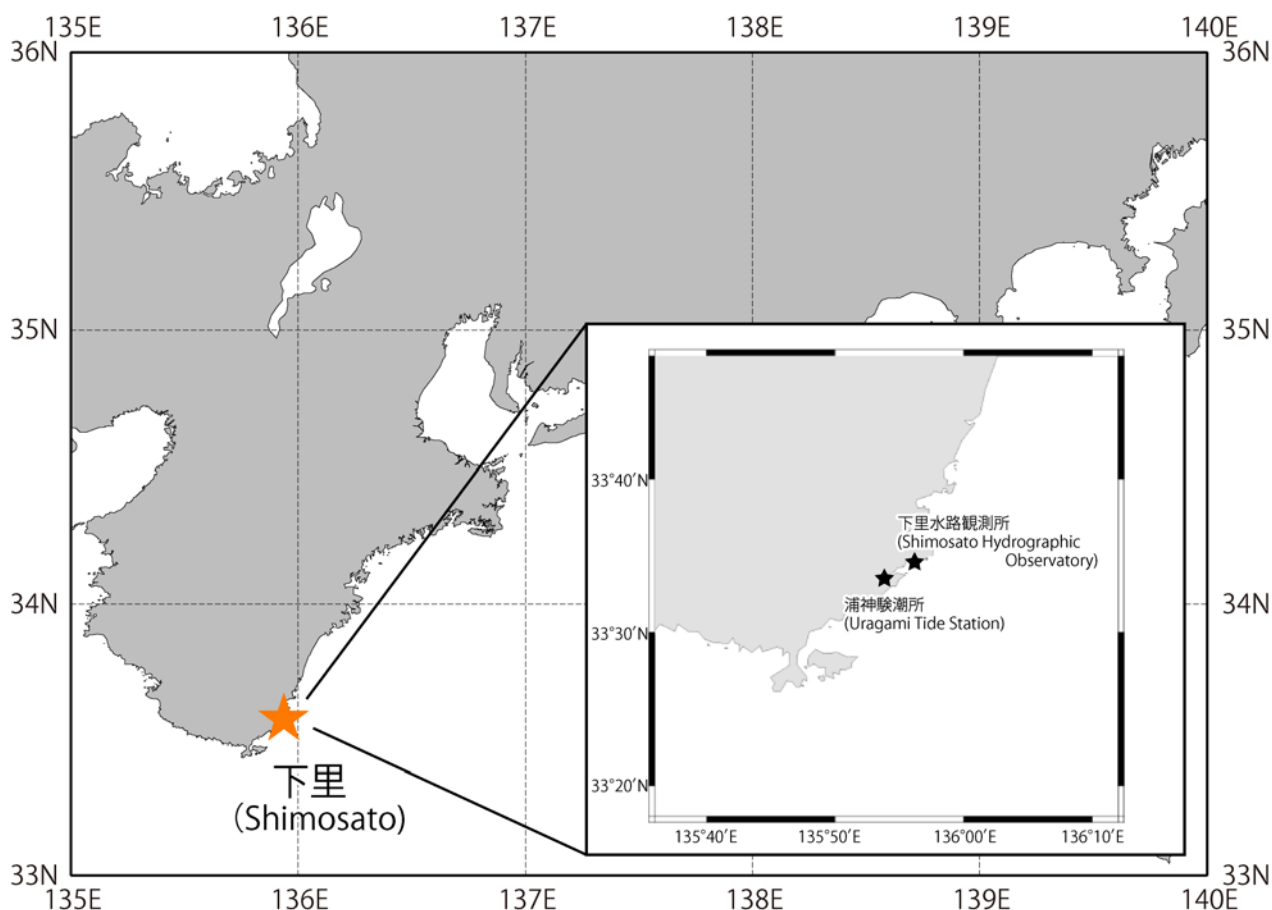
$H_{KBM}$ , 平均水面, 海面絶対高の 2003 年からの変化を第 3 図に示す.

観測期間における  $H_{KBM}$  の変動は数 cm 程度に収まっており, 平均水面と海面絶対高に有意な差を生じさせるような大きな地盤変動は起きていない.

海面絶対高について, 現在までに得られた 11 年間の観測結果からは, 本観測の目的である地球温暖化による海面高への影響を捉えることはできない. よって, 今後も長期継続的に観測を行い, 長期的な海面高の変動を捉えることが重要である.

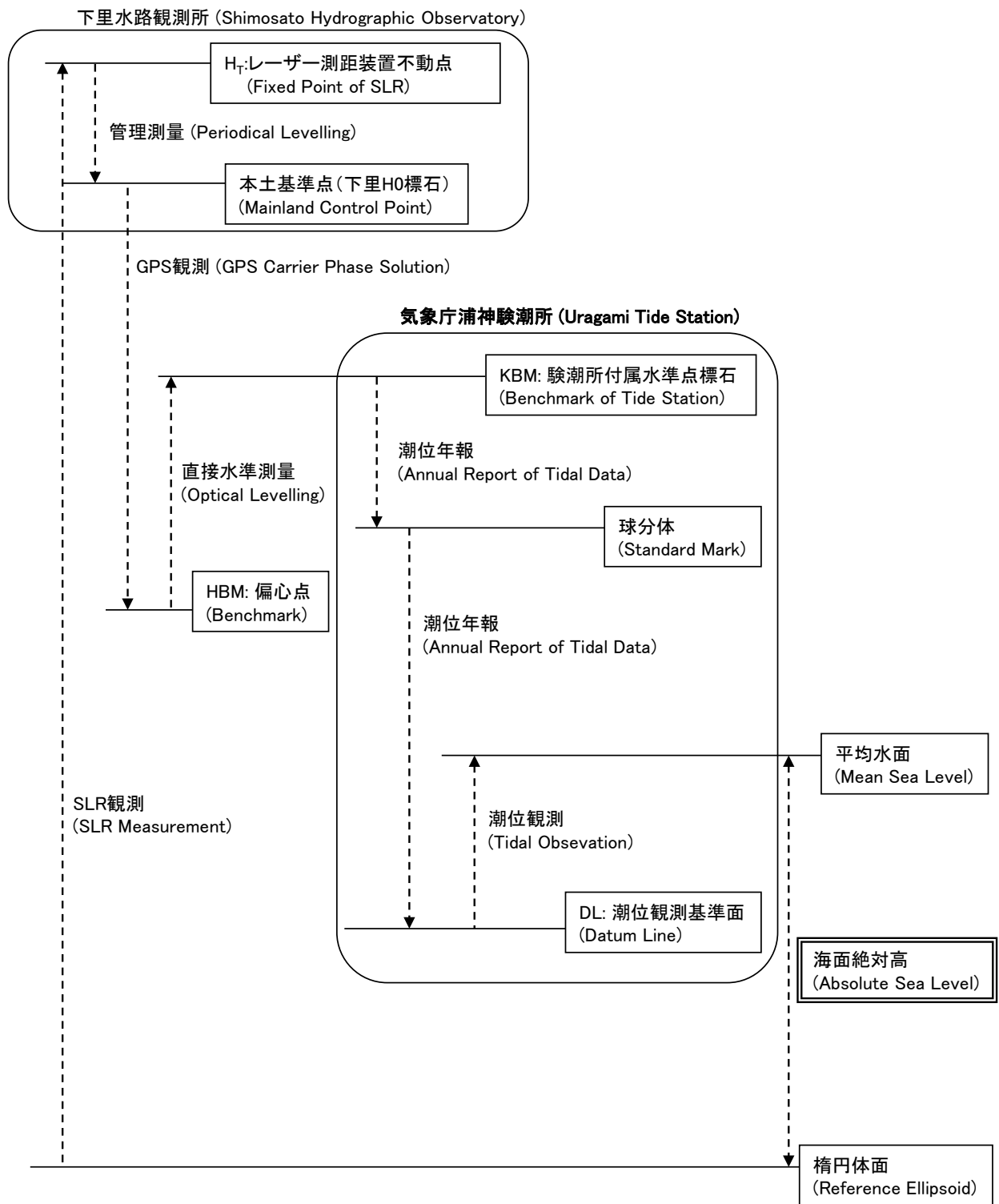
#### 参考文献

海岸昇降検知センター潮位年報 : <http://cais.gsi.go.jp/cmdc/center/siryou.html>



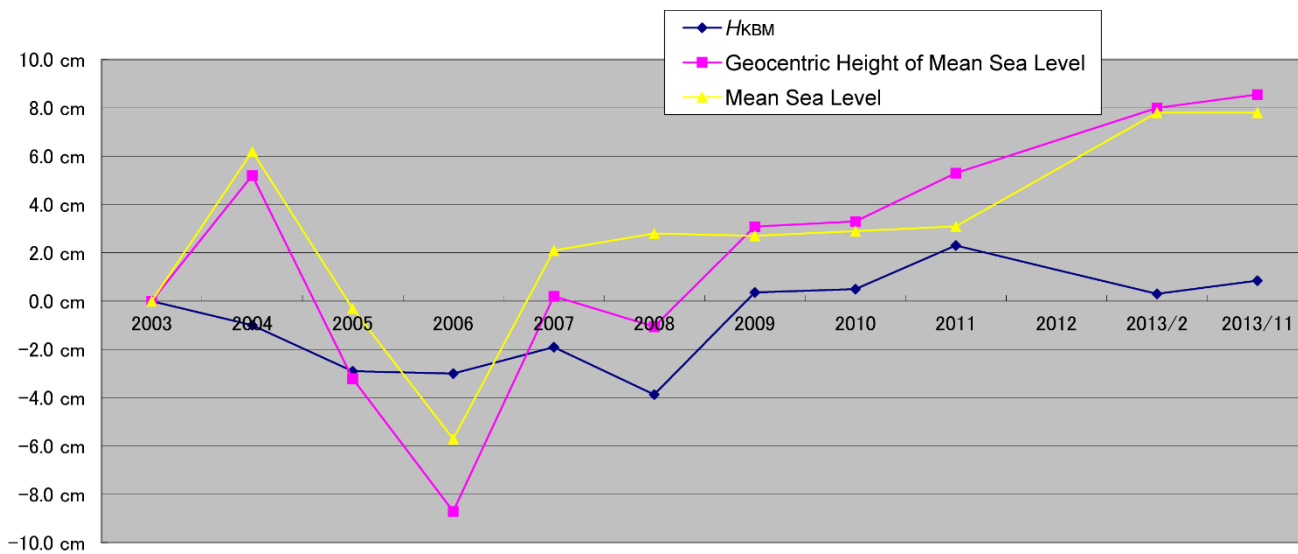
第 1 図 下里水路観測所および浦神検潮所の位置

Figure 1. Locations of Shimosato Hydrographic Observatory and Urugami tide station



第2図 海面絶対高算出方法の概要

Figure 2. Summary of the calculation method of geocentric height of mean sea level



第3図  $H_{KBM}$ , 平均水面, 海面絶対高の2003年からの変化

Figure 3. Height of Benchmark ( $H_{KBM}$ ), mean sea level and geocentric height of mean sea level from 2003 to 2013