

## 水位計 Level-TROLL500を用いた験潮手法の検討

堀内大嗣：大陸棚調査室

### Examination of the water level gauge Level-TROLL500 for tide observation

Daishi HORIUCHI: Continental Shelf Surveys Office

#### Abstract

The water level gauge Level-TROLL 500 that is easy to carry, place and retrieve is examined to use for tide observation. After correcting the influence of the drift of the device and temperature, the observational data by Level-TROLL 500 becomes to be suitable well as water meter WLR 7 used for tide observation previously.

#### 1 はじめに

海上保安庁では、水深200 mよりも浅い水域における水路測量の際に、測得した水深及び高さ等に対する潮高改正量を求めるために、潮汐の観測（以下験潮という）を行っている。測量水域に常設験潮所がある場合はその観測データを使用するが、そうでない場合には測量水域に験潮器を設置し、測量期間中継続して験潮を行っている。測量水域に設置する験潮器には、AANDERAA社製水位記録計7型（Water Level Recorder 7：以下WLR7という）を使用している。しかしWLR7は空中重量が20 kg程度、水中重量が15 kg程度あり、沖合の浅所や上陸の困難な離島等で観測を行う場合には、運搬・設置・回収が困難であるという問題を抱えている。今回、WLR7に比べて運搬・設置・回収が容易であるIn-Situ社製水位計Level-TROLL500を用いて験潮を行う方法について検討を行った。

#### 2 使用機器

水位計Level-TROLL500はシリコンひずみゲージによって圧力の測定を行い、同時にシリコン製のセンサーによって温度の測定を行う装置である。重量

は0.197 kgと軽く、内部に電源と記録装置を備えている。通気管が不要な大気圧非補正型のユニットは完全密封構造であるため、自己浮上式の装置に備え付け海底に設置することが容易である。ただし測定結果の絶対値を信頼できるようにするには、機器を設置した深度を正確に決定する必要がある。

Level-TROLL500のマニュアルによると、Level-TROLL500の圧力センサーに用いられているシリコンひずみゲージには電子的なドリフトが存在する。従ってLevel-TROLL500を用いた験潮を精度良く行うために、圧力センサーのドリフトを修正する必要があると思われる。

Level-TROLL500のような圧力計による水位観測の際には、以下の式を用いて測定圧力を水位に変換している。

水位 (m) = 圧力 (Pa) / 海水の密度 (kg/m<sup>3</sup>) / 重力加速度 (N/kg)

海水の密度に1024 kg/m<sup>3</sup>を、重力加速度に標準重力加速度の値9.80665 N/kgを採用すると、変換式は以下の通りになる。

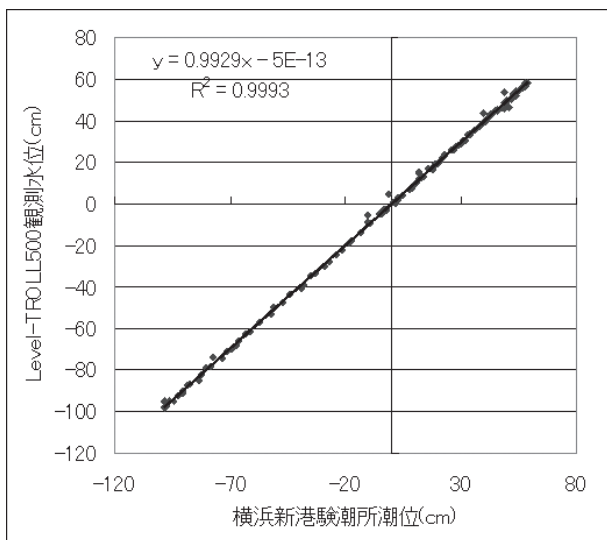
水位 (cm)  $\cong$  圧力 (hPa) / 1.0042

### 3 縮率の測定実験

Level-TROLL 500による潮位測定の縮率を調べるため、2009年7月7日に、横浜新港の常設験潮所においてLevel-TROLL 500による潮位測定を行い、験潮所の観測値との比較を行った。データの取得間隔は10分である。

Level-TROLL 500の観測データ対常設験潮所の観測データのプロットを第1図に示す。

第1図には線形近似曲線と、その $R^2$ 値も示した。



第1図 Level-TROLL 500の縮率

Fig. 1 Reduction rate of the Level-TROLL 500

第1図における近似曲線の傾きは0.9929であり、Level-TROLL 500の縮率はほぼ1とみなせる。縮率を1としたとき、本観測におけるLevel-TROLL 500と常設験潮所の差の2 RMSは $\pm 2.8$  cmである。よってLevel-TROLL 500は、少なくとも短期間の潮位の変化を3 cm程度の誤差で測定できるとみなせる。

### 4 ドリフト量の測定実験

Level-TROLL 500のドリフト量を調べるため、2010年2月24日から3月26日までの約1ヶ月間、Level-TROLL 500を東京の海洋情報部庁舎内に設置し、測定を行った。測定間隔は10分間である。実験には3台のLevel-TROLL 500を使用し、機器差の比較も行った。これら3台はそれぞれ機器A, B, C

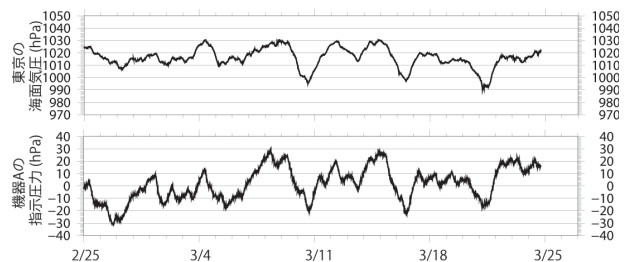
と呼び、個別に評価した。

大気中においては、センサーで感知する圧力は気圧の変動によって影響を受けるため、その補正を行う必要がある。Level-TROLL 500の圧力の測定値に対して、気象庁による東京の海面気圧の観測値を用いて補正を行い、機器のオフセット量を求めた。補正式は以下の通り。

機器のオフセット量 (hPa) = センサーの指示圧力 (hPa) - 東京の海面気圧 (hPa)

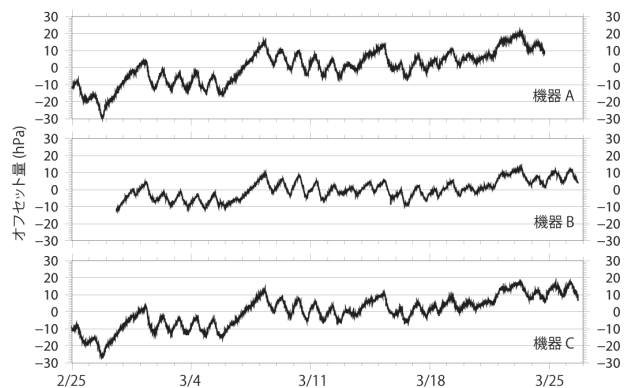
機器Aについて、東京の海面気圧と気圧補正前の指示圧力の時間変化を第2図に示す。気圧とセンサーの指示圧力はよく似た振幅で、ほぼ同調して変化をしている。

次に3台のLevel-TROLL 500について、オフセット量の時間変化を第3図に示す。なお相対値のみに



第2図 東京の海面気圧とセンサーの指示圧力 (機器A)

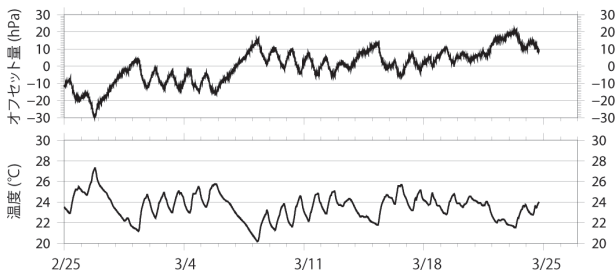
Fig. 2 Comparison of air pressure in Tokyo and the measured pressure by using the device A before correction



第3図 機器A, B, Cのオフセット量  
Fig. 3 Offsets of the device A, B, and C

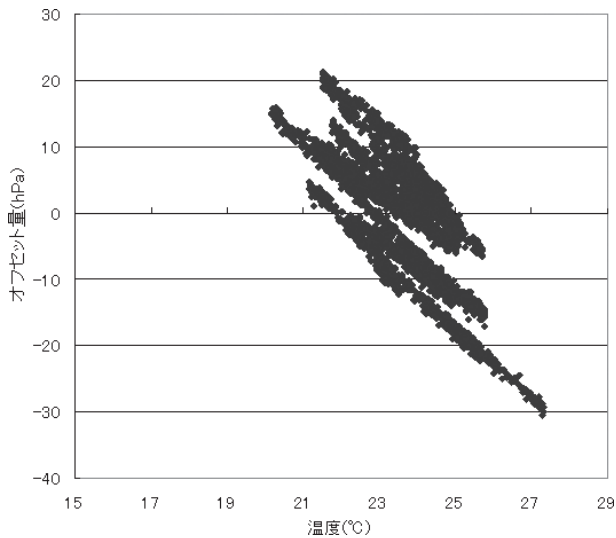
ついて議論するため、各機器に対して各時間の気圧補正後の値から期間全体の平均値を差し引き、平均が0になるように補正を行った。ドリフト等の影響がなければ、オフセット量は常に0を示すと期待される。

全ての機器について、測定開始からの時間が経過するにつれてオフセット量が大きくなる傾向と、1日周期で値が変化する傾向がみられる。どちらの変化傾向も気圧補正に用いた東京の海面気圧には顕著に現れてはいないため、これらの傾向は気圧補正によって生じたものではないと考えられる。時間の経過に従う変化は、圧力センサーに用いられているシリコンひずみゲージのゼロ点ドリフトが原因であると思われる。



第4図 機器Aの温度とオフセット量

Fig. 4 Comparison of offsets and temperature of the device A



第5図 機器Aの温度とオフセット量の相関

Fig. 5 The correlation between temperature and offsets of the device A

次に機器Aについて、同機器が測定した温度とオフセット量の時間変化を第4図に、温度対オフセット量のグラフを第5図に示す。

温度とオフセット量の間には逆相関の関係がある。圧力センサーに使用されているシリコンひずみゲージは一般に温度の影響を強く受ける。測定値に現われている温度とオフセット量の逆相関の関係は、シリコンひずみゲージに対する温度の影響を Level-TROLL 500の機器の内部で補正しきれていないことが原因で生じたものと推察される。

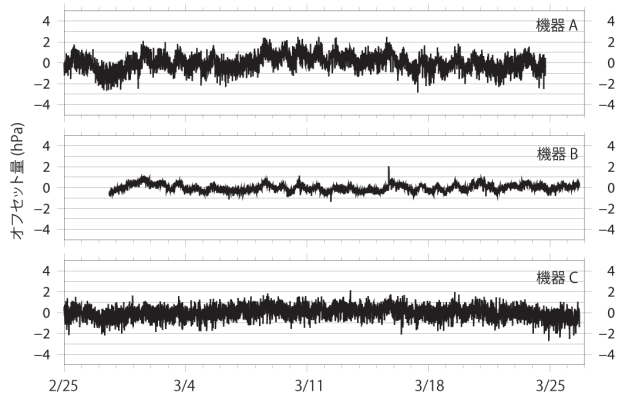
測定圧力に対するドリフト及び温度の影響がいずれも線形であると仮定し、Microsoft Excelの分析ツールを使用し、被説明変数に測定圧力を、説明変数に測定開始からの経過時間と測定温度をとり、一次の重回帰分析を行った。各 Level-TROLL 500について、重回帰分析結果を第1表に示す。第1表には各係数の95%信頼度の範囲も示した。

いずれの機器についても、1日あたり0.4-1 hPa、1℃あたり4-5 hPa程度、測定圧力が影響を受けるという結果が得られた。次に、これらの影響

	時間(hPa/day)	温度(hPa/°C)	R2
機器A	$0.8172 \pm 0.0032$	$-5.0329 \pm 0.0209$	0.9932
機器B	$0.4161 \pm 0.0014$	$-4.4978 \pm 0.0115$	0.9961
機器C	$0.7272 \pm 0.0022$	$-4.4913 \pm 0.0162$	0.9953

第1表 回帰分析結果

Table 1 Results of regression analysis



第6図 ドリフトと温度を補正した後のオフセット量

Fig. 6 Offsets of the device A, B, and C after time drift and temperature correction

を補正した後の圧力値を第6図に示す。第6図に示す値は第2図と同様、機器ごとに平均値が0になるよう補正を行った。

いずれの機器についても、補正後の値は $\pm 3$  hPa程度の範囲で安定しており、測定開始からの時間が経過するにつれて測定される値が大きくなる傾向と、1日周期で値が変化する傾向はみられなくなった。従ってドリフト及び温度の影響がいずれも線形であるという仮定で問題ないということがわかった。補正後の値の2 RMSは機器A, B, Cのそれぞれについて $\pm 1.61$  hPa,  $\pm 0.68$  hPa,  $\pm 1.25$  hPaである。水中の加圧環境下でもドリフト及び温度の影響が大気中と同様と仮定すると、圧力が1 hPa変化するときの計算後の水位の変化量はほぼ1 cmに等しいという関係から、いずれの機器についても水圧の測定値から時間と温度の影響を除去することにより、水位の不確かさを $\pm 2$  cm程度にできるとみなせる。

## 5 Level-TROLL 500の測定による水位とWLR 7の測定による水位の比較

Level-TROLL 500で測定した水位と、WLR 7で測定した水位との差を調べるため、Level-TROLL 500とWLR 7による、水位の同時測定の実験を行った。

実験は2009年8月12日から同年9月18日の期間、東シナ海南部の水深約100 m（以下地点Aという）と、地点Aから水平距離で約2 km離れた水深約30 mの地点（以下地点Bという）において行った。地点AにはLevel-TROLL 500（機器Aと同一）を接着した自己浮上式の装置を設置した。地点Bには、WLR 7のフレームにLevel-TROLL 500（機器Bと同一）を接着したものを設置した。

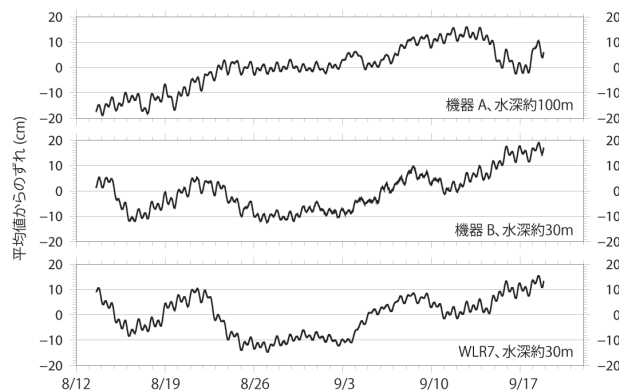
機器Aおよび機器Bの測定値については、第1表に示したドリフトと温度の補正値を使用し補正を行った。なお通常の水位計を用いた験潮においては、気圧の変化に伴う海面の上下変動の補正を行っているが、今回の実験においては地点AとBは水平距離で約2 kmしか離れていないため、気圧による補正量は機器A, 機器B, WLR 7で共通しているとみなし、簡単のため海面変動の補正を行う前の値を

用いて検討を行う。

ドリフトと温度の影響について検討するため、各機器で得られた結果に対して、約1日以下の周期をもつ分潮による潮位変動の効果を除去するため、24時間移動平均のフィルターをかけた。ドリフトと温度の補正前のデータに対してフィルターをかけたものを第7図に、補正後のデータに対してフィルターをかけたものを第8図に示す。いずれも平均値が0になるよう調整を行っている。

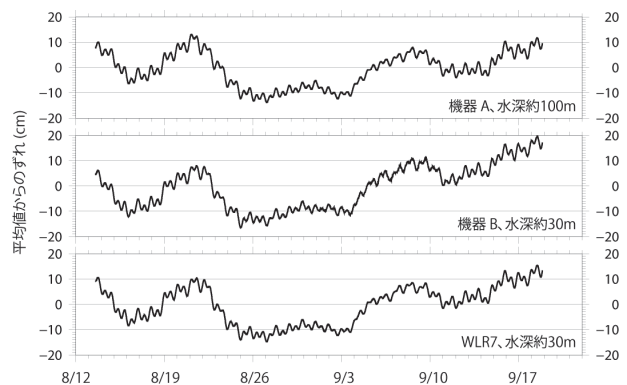
ドリフトと温度を補正する前（第7図）では機器Aとその他2つの機器の間で一致していなかった変動パターンが、ドリフトと温度を補正した後（第8図）ではよい一致を示すようになる。

WLR 7に対するドリフトと温度の補正を行った機器A, Bの値の差の2 RMSは、それぞれ $\pm 6.0$  cm,  $\pm 13.0$  cmであった。



第7図 測得水位の24時間移動平均

Fig. 7 Twenty-four-hour moving average of raw data



第8図 補正済み水位の24時間移動平均

Fig. 8 Twenty-four-hour moving average of corrected data

## 6 まとめ

水位計 Level-TROLL 500によって測定した水圧について、機器のゼロ点ドリフトと温度による影響を補正することにより、水位の相対的な変化量を、従来から使用している WLR 7 に近い値で算出できることを示した。したがって時間及び温度の線形補正係数を求める必要はあるものの、WLR 7 を設置しての験潮が困難な場合には Level-TROLL 500 を代用して験潮を行うことは可能であるといえる。

## 謝 辞

水位計の設置・回収において多大なご支援、ご援助を頂きました測量船「海洋」「拓洋」の船長ならびに乗組員の皆様に深く感謝申し上げます。また、本報告の作成において様々な助言を頂きました海洋調査課および大陸棚調査室、海洋情報課の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 要 旨

運搬・設置・回収が容易な水位計 Level-TROLL 500 を用いた験潮手法の検討を行った。観測データに対して水位計のゼロ点ドリフトと温度に関する補正を加えることにより、従来から験潮に使用している水位計 WLR 7 とよく合う結果が得られるということを示した。