

南極リュツォ・ホルム湾沿岸における潮汐観測結果[†]

下村広樹^{*1}, 吉山武史^{*2}, 住吉昌直^{*3}, 大泊理八^{*2}, 渡邊健志^{*4}

Result of tide observation in Lutzow-Holmbukta, Antarctica[†]

Hiroki SHIMOMURA^{*1}, Takeshi YOSHIYAMA^{*2}, Masanao SUMIYOSHI^{*3}

Rihachi ODOMARI^{*2}, and Takeshi WATANABE^{*4}

Abstract

The Hydrographic and Oceanographic Department of the Japan Coast Guard continuously dispatches one survey officer to the summer party of the Japanese Antarctic Research Expedition as the staff member in charge of the hydrographic survey and tide observation in Antarctica. In addition, that officer also conducts maintenance and inspection work for the Nishinoura Tide Station at Syowa Station and temporary tide observations in the coastal bare rock areas of Lutzow-Holmbukta. This paper summarizes the temporary tide observations conducted between January 2013 and February 2018 at the four sites in Lutzow-Holmbukta: Skarvsnes, Skallen, Langhovde, and Rundvagshetta. The mean sea level (MSL) and harmonic constituents were calculated by analyzing the data obtained from the tide observations at each site. The MSL height of the ellipsoid reference at each site was collocated with the ellipsoidal height of each land reference point by GNSS survey and level survey. A spatial gradient was observed in the MSL height based on the ellipsoid in Lutzow-Holmbukta, indicating that the MSL height is lower in the south.

1 はじめに

南極地域観測隊において海上保安庁が実施する潮汐観測は、第 12 次隊により 1971 年 3 月に昭和基地がある東オングル島西岸「西の浦」の観測が開始されている。現地には居住カブースを利用した験潮小屋が設置され、「西の浦験潮所」（海上保

安庁所管、Photo 1）として現在まで継続観測中である。

東オングル島以外のリュツォ・ホルム湾沿岸域における可搬型の水位計を使用した臨時潮汐観測は、第 27 次隊（1986 年度）のラングホブデ潮汐観測以降、各露岩域で不定期に実施されている。

[†] Received August 26, 2022; Accepted October 27, 2022

* 1 第一管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 1st Regional Coast Guard Headquarters

* 2 第八管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 8th Regional Coast Guard Headquarters

* 3 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

* 4 第九管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 9th Regional Coast Guard Headquarters

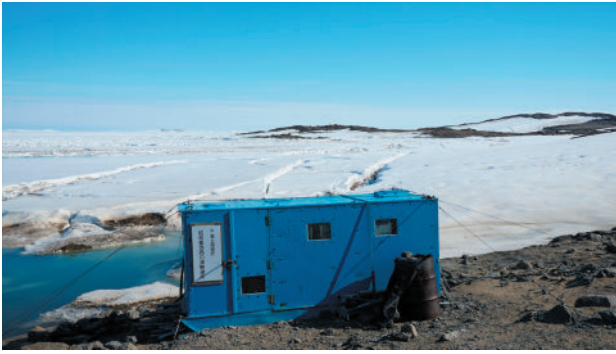


Photo 1. Nishinoura Tide Station at Syowa Station.
写真1. 昭和基地「西の浦験潮所」.

本稿では2013年1月から2018年2月にかけて実施された、ラングホブデ、スカルプスネス、スカーレン、ルンドボークスヘッタの4地点 (Fig. 1) における潮汐観測結果について報告する。

2 観測概要

2.1 観測方法

野外臨時潮汐観測は、12月末から2月初旬の昭和基地で作業を行う夏期活動期間中に実施され、通常は各観測拠点において共同で観測活動を実施する野外観測チームに加わり、水位計設置、副標観測、水準測量、観測終了後の水位計回収作業を行っている。本稿における野外臨時潮汐観測は、国土地理院の観測隊員（夏隊測地担当）が実施する精密測地網測量（ジオイド測量及びGNSS測量）との共同観測として実施した。

各地点での潮汐観測には、水圧式水位計 AWH-USB-Z (JFE Advantech 社製) を用いた。架台に取り付けた水位計を海底面に設置し、水圧値を潮位に変換した値を5分間隔で水位計内部のSDカードに収録した。水位計は「大気圧+海水圧」の圧力を潮位に変換しているため、水位計設置点近傍の陸上にロガー式気圧計 BARO-Diver (大起工業社製) を設置し、5分間隔で気圧計の内部メモリに収録した気圧データを使用し、潮位の大気圧補正を行った。また、水圧式水位計の縮率補正等のための副標観測も行った。

陸上基準点との高さの関係付けのための水準測量は、精密測地網測量（ジオイド測量）との共同

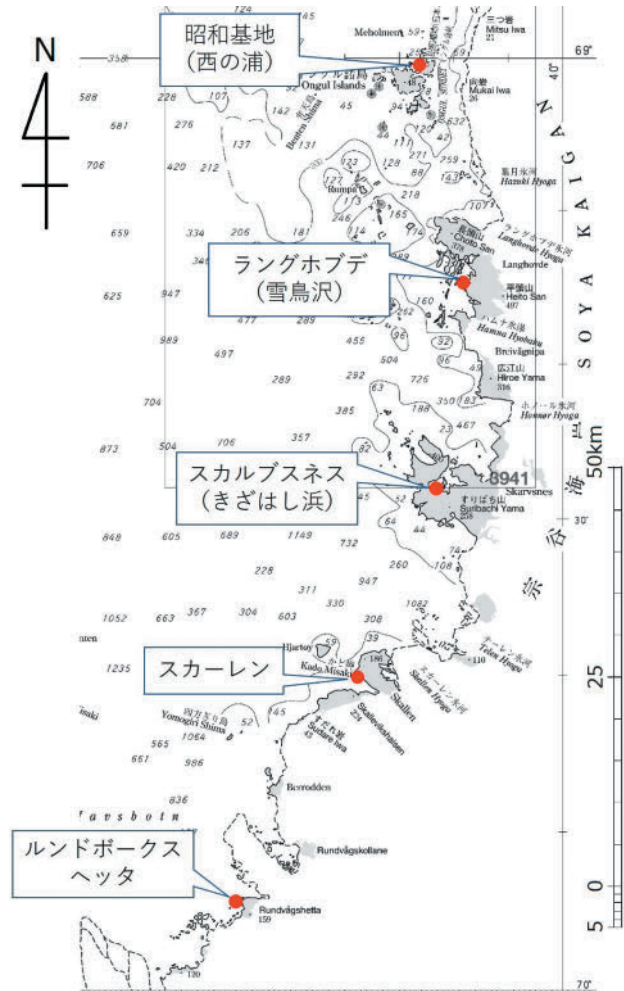


Fig. 1. Locations of tidal observation sites in Lutzow-Holmbukta.

図1. 南極リュツォ・ホルム湾における潮汐観測地点.

観測として実施し、デジタルレベル Trimble DiNi0.3 (ニコン・トリンブル社製) を使用した。

平均水面 (Mean Sea Level; 長期間に渡って平均した現地の潮位) と準拠楕円体との関係付けのための GNSS 測量を実施した。ラングホブデにおいては、第38次隊が設置した水路測量標 (以下、HBM という) で、2周波用 GNSS 受信機 Trimble 5700GPS (ニコン・トリンブル社製)、Zephyr Geodetic アンテナ (ニコン・トリンブル社製、アンテナ高 1.334 m) を用いて、30秒間隔で約5時間の GNSS データを収録した。スカルプスネス、スカーレン、ルンドボークスヘッタにおいては、測地担当隊員の精密測地網測量 (GNSS 測量) と共同で GNSS 測量を実施し、2周波用 GNSS 受信機 TrimbleR7 (ニコン・トリンブル社

製), Zephyr Geodetic アンテナ (ニコン・トリニブル社製) により, 30 秒間隔で 24 時間の連続観測データを収録した. これら GNSS 測量の基線解析における既知基準局には昭和基地 IGS 点を用いた.

2.2 各観測点における潮汐観測の概要

スカルプスネス, スカーレン, ラングホブデ, ルンドボークスヘッタ各観測点の潮位観測の概要について以下に述べる.

2.2.1 スカルプスネス (2012, 2016 年度 第 54, 58 次隊 下村, 大泊)

第 54 次隊では, 昭和基地南方約 50 km に位置する野外観測拠点であるスカルプスネス (きざはし浜) 付近において, 2013 年 1 月 9 日, 水深約 2 m の海底に水位計を設置し, 海面に面した岩に副標を設置し副標観測を行った. 国土地理院隊員が近傍に設置した国土地理院基準点 (5402) と副標との間の水準測量を実施した. 32 昼夜以上の観測を計画していたものの, 観測計画の短縮により水位計設置が当初の予定よりも遅い 1 月 9 日, 回収が 2 月 9 日となったため, 1 月 10 日 - 2 月 8 日の 30 昼夜の観測となった (Photo 2).

第 58 次隊では, スカルプスネス第 45 次隊が設置した HBM の GNSS 測量を実施し, 第 45 次隊

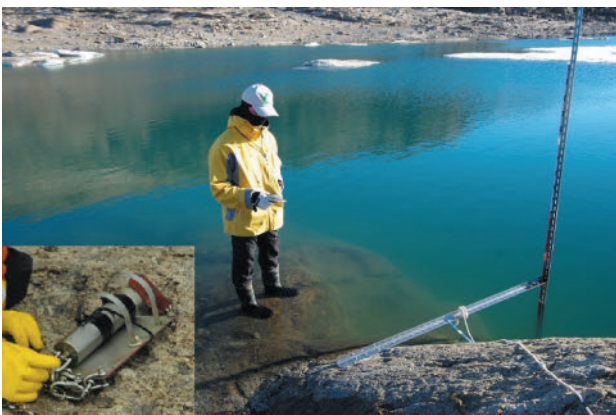


Photo 2. Tide level monitoring by levelling rod and tide gauge (bottom left) in Skarvsnes.

写真 2. スカルプスネスにおける副標観測と水位計 (左下).



Photo 3. Level survey and Hydrographic survey Bench Mark (HBM; bottom left) in Skarvsnes.

写真 3. スカルプスネスにおける水準測量と HBM (左下).

設置の HBM と国土地理院基準点 (5402) との間の水準測量を実施した (Photo 3).

2.2.2 スカーレン (2013-2016 年度 第 55-58 次隊 吉山, 下村, 住吉, 大泊)

第 55 次隊では, 昭和基地の南方約 80 km に位置する野外観測拠点であるスカーレンにおいて, 2013 年 12 月 24 日に水位計設置を試みたが, 海水により予定の観測点に開放水面が無かったため, 海水の融解が進んだ 2014 年 1 月 14 日の設置となった. 副標は水位計設置箇所陸側の岩盤海底に設置した. 寒冷地において目視による副標観測を行う観測者の負担軽減の観点から, 試行的にレーザー測距儀を用いたデジタル副標を併用した (Photo 4). 副標近傍に仮設点を設置し, 副標 ~ 仮設点間と仮設点 ~ 国土地理院基準点 (4801) 間で水準測量を実施した. 2 月 3 日に水位計と気圧計の回収のため観測隊ヘリコプターのフライトを予定していたが, 悪天候のため延期となり, その後の天候回復が見込めず, 2 月 8 日に第 55 次隊夏期行動期間中の回収を断念した.

第 56 次隊では, 水中カメラにより回収を断念した水位計の存在が確認されたが, 海面が厚い海水に覆われていたため回収することが出来なかった. 第 57 次隊ではアイスドリルを使用し, 水位計上部の海水に穴を開けることにより水位計を回



Photo 4. Digital tide level monitoring system (left) and tide level monitoring equipment in Skallen (right).

写真4. スカーレンにおけるデジタル副標 (左) と副標 (右).



Photo 5. Underwater tide gauge (upper left), ice drilling (lower left), and tide gauge recovery (right) in Skallen.

写真5. スカーレンにおける海中の水位計 (左上), アイスドリルによる掘削 (左下) 及び水位計回収 (右).

収することに成功した. 水位計本体に異常は無く, 収録データについても欠損なく保存されていた.

第57次隊では, 水位計設置場所付近の陸部にHBMを設置し, 第55次隊設置の仮設点との間の水準測量を実施した (Photo 5).

第58次隊では, 第57次隊で設置したHBMのGNSS測量を実施し, 第57次隊設置のHBMと第56次隊で海岸付近に設置された国土地理院基準点 (5603) との間の水準測量を実施した (Photo



Photo 6. Automatically photographed leveling staff at low tide (left) and high tide (center) and installation of tide gauge in Langhovde.

写真6. ラングホブデにおける自動撮影された副標 (左: 干潮, 中: 満潮) と水位計設置 (右).

5).

2.2.3 ラングホブデ (2014, 2015 年度 第56, 57次隊 下村, 住吉)

第56次隊では, 昭和基地の南方約25 kmに位置する野外観測拠点であるラングホブデ (雪鳥沢) の南西側の海域において, 2014年12月28日に水位計を設置し, 12月30日に平均水面の準拠楕円体との関係付けのため, HBMのGNSS測量を実施した. 水位計設置の12月28日と回収予定の2015年1月30日の前後はどちらも副標観測に適さない小潮の期間であり, 大潮の1月上旬は日帰りの日程のみ組み合わせることが可能な状況であったことから, 1月6日に副標を設置し, HBMとの間の水準測量を実施したうえ, 副標を5分間インターバルで2日間撮影するよう設定したカメラを設置し昭和基地へ帰還した. カメラと副標は1月30日に水位計とともに回収した (Photo 6).

第57次隊では, 第38次隊で設置されたHBMと国土地理院基準点 (5601) との間の水準測量を実施した.

2.2.4 ルンドボークスヘッタ (2017 年度 第59次隊 渡邊)

第59次隊では, 昭和基地南方約100 kmに位置する野外観測拠点であるルンドボークスヘッタ

の丸湾の西側の海域に 2017 年 12 月 30 日に水位計及び副標を設置し、近傍に HBM を設置した。当初は 1 月 3 日まで滞在する予定であったが、天候悪化により副標観測は実施せず、12 月 31 日に昭和基地に戻る事となった。1 月 29 日に再度 Rundbovaksheitta に移動し倒れていた副標を再建し、2018 年 1 月 30 日に副標観測及び、副標～HBM と HBM～国土地理院基準点 (5906) との間の水準測量を実施した。水位計は 2 月 1 日に



Photo 7. Tide level monitoring equipment and HBM (bottom right) in Rundvagshetta.

写真 7. Rundbovaksheitta における副標と HBM (右下).

回収した (Photo 7).

3 観測結果

3.1 平均水面の算出及び潮汐調和分解

各地点の潮汐観測データについて、副標観測データによる縮率補正、気圧計データによる大気圧補正、潮汐データのスムージング、毎時データ作成、調和分解を実施したうえ、 Z_0 (主要四分潮の振幅の和：最低水面から平均水面までの高さ) を算出した。潮汐データのスムージング、毎時データ作成、調和分解については、沿岸海象データ処理プログラム Ver. 5.0 (海上保安庁) を使用した (宗田・福島, 1995; 小田巻, 1981).

Z_0 (主要四分潮の振幅の和) の算出

$$Z_0 = H_m + H_S + H' + H_0$$

ただし、 H_m : 主太陰半日周潮 (M_2)

H_S : 主太陽半日周潮 (S_2)

H' : 日月合成日周潮 (K_1)

H_0 : 主太陰日周潮 (O_1)

昭和基地「西の浦験潮所」を基準験潮所とし、直近 5 ヶ年平均水面 (Table 1, Fig. 2) 及び、西の浦験潮所と各観測点の毎時水面との短期平均水

Table 1. Annual mean sea level [m] at Nishinoura Tide Station.

表 1. 「西の浦験潮所」年平均水面 [m].

| 年 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年平均 | 2.543 | 2.565 | 2.535 | 2.551 | 2.539 | 2.578 | 2.508 | 2.571 | 2.554 | 2.582 | 2.591 | 2.560 | 2.527 | 2.577 | 2.594 | 2.563 |
| 5ヶ年平均 | | | | | 2.547 | 2.554 | 2.542 | 2.549 | 2.550 | 2.559 | 2.561 | 2.572 | 2.563 | 2.567 | 2.570 | 2.564 |

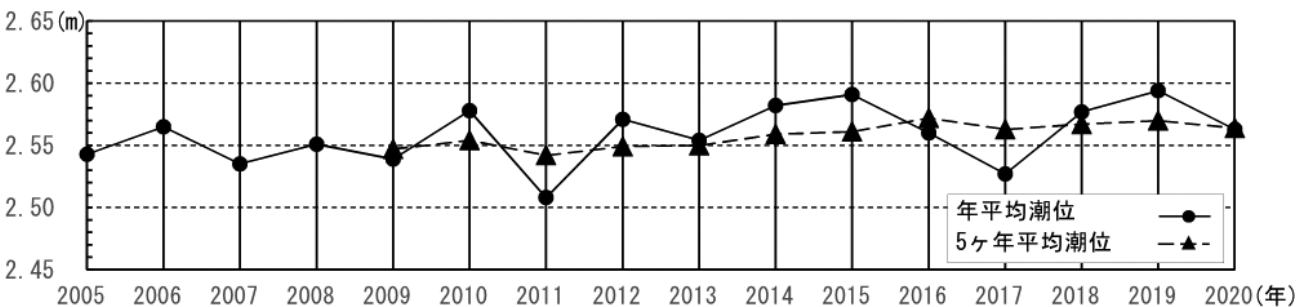


Fig. 2. Annual mean sea level [m] at Nishinoura Tide Station.

図 2. 「西の浦験潮所」の年平均水面 [m].

面比較により各観測点の平均水面を算出し、水準測量の結果により陸上基準点との関係付けを行った。

観測地点の平均水面 (A_0') の算出

$$A_0' = A_1' + (A_0 - A_1)$$

ただし, A_0' : 観測地点の平均水面

A_1' : 同一期間の観測地点における
臨時潮汐観測の短期平均潮位

A_0 : 基準となる験潮所 (西の浦験潮所) の最近5カ年の平均潮位

A_1 : 同一期間における基準となる験潮所 (西の浦験潮所) の短期平均水面

各観測地点の陸上基準点において実施されたGNSS測量データについては、昭和基地IGS点を既知基準局とした基線解析を行い、得られた陸上基準点の楕円体高から、楕円体上の平均水面を算出した。ラングホブデについては、Trimble Business Center (ニコン・トリンプル社製)によりGPS衛星のみの基線解析を行った。その他の観測地点については、国土地理院によって解析された基準点の楕円体高の結果を使用した。なお、スカルブスネス (5402) 及び昭和基地 (1040) で使用した楕円体高の結果については、国土地理院ウェブページ「南極の地理空間情報」の基準点明細表に記載されている。

3.2 各観測点における潮汐観測結果

スカルブスネス、スカーレン、ラングホブデ、ルンドボックスヘッタ各観測点の潮汐調和分解、平均水面及び平均水面の楕円体高の算出結果について以下に述べる。なお、スカルブスネス、スカーレン、ラングホブデの潮汐観測の詳細は、Shimomura (2016a, 2016b), Yoshiyama (2016) にも報告されているため、併せて参照されたい。

3.2.1 スカルブスネス

観測期間が2013年1月9日-2月8日の30昼

夜の観測となり、32昼夜調和分解が可能な期間に満たなかったため、潮汐の差の大きい1月12日前後を含む前半部分の2013年1月10日-1月24日のデータを使用し15昼夜調和分解を行った。Table 2とFig. 3に、スカルブスネスの毎時潮位と潮位グラフを示す。

$$Z_0: 93.1 \text{ cm}$$

$$(Z_0 = 25.7(M_2) + 21.8(S_2) + 21.8(K_1) + 23.8(O_1))$$

平均水面: 国土地理院基準点 (5402) 頂下
187.8 cm

(観測基準面上: 国土地理院基準点 (5402)
409.6 - 平均水面 221.8 = 187.8 cm)

平均水面の楕円体高: 20.441 m

(国土地理院基準点 (5402) 上: 22.319 -
1.878 = 20.441 m)

3.2.2 スカーレン

潮汐データは水位計の回収が延期されたため観測開始の2014年1月14日からSDカードのデータ記録容量1GB分の2015年7月25日までのデータが収録されていたが、2014年2月1日以降のデータに原因不明のドリフトが生じていたため、2月1日以降のデータを無効とし、1月16日から1月30日のデータを使用した15昼夜調和分解を行った。Table 3とFig. 4に、スカーレンの毎時潮位と潮位グラフを示す。

$$Z_0: 96.7 \text{ cm}$$

$$(Z_0 = 25.3(M_2) + 22.0(S_2) + 22.4(K_1) + 27.0(O_1))$$

平均水面: HBM 頂下 248.2 cm

(観測基準面上: HBM 476.4 - 平均水面
228.2 = 248.2 cm)

平均水面の楕円体高: 19.712 m

(HBM 上: 22.194 - 2.482 = 19.712 m)

3.2.3 ラングホブデ

観測期間は2014年12月30日-2015年1月30日の34日間、2014年12月31日-2015年1月29日のデータによる32昼夜調和分解を行った。

Table 3. Hourly sea levels at Skallen from January 14, 2014 to January 31, 2014. Time is LMT (UT + 3 hours).

表3. スカールンにおける2014年1月14日-2014年1月31日(時刻はUT+3h)の毎時潮位.

Station : Skallen
 Latitude : 69° 40' 27" S
 Longitude : 39° 24' 00" E
 Duration : Jan. 14 - Jan. 31, 2014
 Unit : Centimeter
 Time is LMT (UT +3hours)
 The zero of the tide gauge: 476.4 cm below the HBM
 HBM : Hydrographic survey bench mark

| Year | Month | Date | Time | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | Sum | Mean |
|------------------------------------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 2014 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2014 | 1 | 15 | | 231 | 237 | 248 | 259 | 267 | 270 | 261 | 244 | 219 | 190 | 167 | 147 | 141 | 152 | 171 | 197 | 223 | 245 | 258 | 262 | 258 | 246 | 232 | 223 | 5348 | 223 |
| 2014 | 1 | 16 | | 219 | 221 | 233 | 248 | 260 | 266 | 262 | 247 | 225 | 196 | 168 | 147 | 136 | 139 | 157 | 182 | 208 | 233 | 249 | 255 | 253 | 242 | 228 | 215 | 5189 | 216 |
| 2014 | 1 | 17 | | 208 | 209 | 219 | 234 | 250 | 261 | 263 | 256 | 238 | 209 | 181 | 156 | 140 | 139 | 151 | 173 | 201 | 225 | 245 | 257 | 256 | 246 | 234 | 220 | 5171 | 215 |
| 2014 | 1 | 18 | | 210 | 207 | 213 | 229 | 248 | 263 | 270 | 267 | 257 | 233 | 202 | 178 | 160 | 152 | 158 | 176 | 201 | 226 | 246 | 259 | 262 | 253 | 238 | 225 | 5333 | 222 |
| 2014 | 1 | 19 | | 213 | 205 | 207 | 218 | 236 | 253 | 262 | 264 | 256 | 238 | 213 | 186 | 166 | 154 | 154 | 166 | 188 | 211 | 230 | 244 | 250 | 245 | 230 | 217 | 5206 | 217 |
| 2014 | 1 | 20 | | 206 | 195 | 192 | 201 | 217 | 234 | 248 | 254 | 253 | 241 | 221 | 198 | 177 | 164 | 162 | 169 | 186 | 207 | 227 | 242 | 249 | 247 | 236 | 223 | 5149 | 215 |
| 2014 | 1 | 21 | | 211 | 200 | 193 | 195 | 206 | 223 | 237 | 245 | 249 | 244 | 232 | 214 | 196 | 182 | 177 | 181 | 192 | 208 | 227 | 240 | 247 | 250 | 243 | 229 | 5221 | 218 |
| 2014 | 1 | 22 | | 216 | 203 | 192 | 188 | 194 | 206 | 218 | 229 | 237 | 238 | 231 | 219 | 206 | 196 | 189 | 191 | 197 | 206 | 223 | 236 | 241 | 245 | 242 | 231 | 5174 | 216 |
| 2014 | 1 | 23 | | 218 | 206 | 196 | 188 | 190 | 197 | 204 | 215 | 224 | 228 | 229 | 225 | 217 | 211 | 208 | 210 | 212 | 217 | 229 | 238 | 243 | 246 | 244 | 238 | 5233 | 218 |
| 2014 | 1 | 24 | | 227 | 215 | 205 | 194 | 188 | 189 | 191 | 194 | 202 | 208 | 212 | 215 | 217 | 218 | 220 | 223 | 225 | 229 | 235 | 241 | 245 | 246 | 246 | 245 | 5230 | 218 |
| 2014 | 1 | 25 | | 238 | 228 | 222 | 211 | 200 | 194 | 190 | 186 | 187 | 192 | 196 | 204 | 212 | 220 | 228 | 236 | 241 | 242 | 242 | 244 | 245 | 244 | 242 | 241 | 5285 | 220 |
| 2014 | 1 | 26 | | 239 | 235 | 229 | 219 | 208 | 199 | 184 | 173 | 169 | 167 | 169 | 178 | 192 | 208 | 223 | 239 | 249 | 252 | 254 | 251 | 246 | 243 | 241 | 238 | 5205 | 217 |
| 2014 | 1 | 27 | | 239 | 241 | 239 | 234 | 227 | 216 | 198 | 182 | 169 | 158 | 155 | 162 | 175 | 196 | 220 | 242 | 259 | 269 | 270 | 265 | 257 | 249 | 243 | 242 | 5307 | 221 |
| 2014 | 1 | 28 | | 245 | 250 | 254 | 254 | 251 | 242 | 222 | 197 | 175 | 155 | 143 | 141 | 150 | 170 | 197 | 226 | 249 | 265 | 272 | 267 | 256 | 246 | 235 | 230 | 5292 | 221 |
| 2014 | 1 | 29 | | 233 | 239 | 248 | 257 | 260 | 254 | 238 | 213 | 183 | 155 | 133 | 120 | 140 | 166 | 197 | 229 | 253 | 265 | 265 | 255 | 242 | 227 | 217 | 5110 | 213 | |
| 2014 | 1 | 30 | | 219 | 228 | 241 | 256 | 267 | 272 | 263 | 240 | 210 | 178 | 147 | 124 | 117 | 126 | 149 | 180 | 214 | 240 | 259 | 265 | 257 | 240 | 224 | 210 | 5126 | 214 |
| 2014 | 1 | 31 | | 203 | 209 | 225 | 243 | 262 | 274 | 273 | 260 | 235 | 201 | 166 | 137 | 121 | 121 | 137 | 165 | 196 | 224 | 245 | 257 | | | | | | |
| Mean 2014.1.15 ~ 2014.1.30 217.7cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

$$A0' = A1' + (A0 - A1)$$

$$= 217.7 + (255.0 - 244.5)$$

$$= 228.2 \text{ cm}$$

$A0'$: Mean Sea Level of Skallen
 $A1'$: Mean of Skallen (2014.1.15 ~ 2014.1.30)
 $A0$: Mean of Syowa Station (2009.1.1 ~ 2013.12.31)
 $A1$: Mean of Syowa Station (2014.1.15 ~ 2014.1.30)

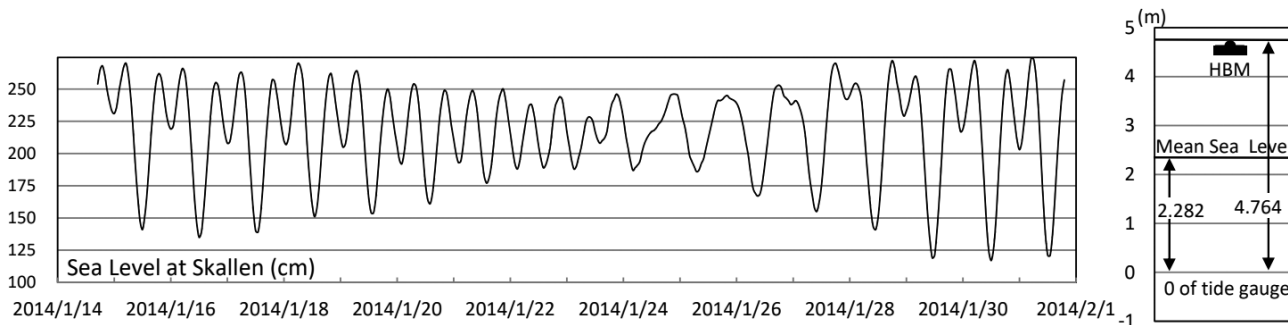


Fig. 4. Tidal variation (left) and mean sea level (right) at Skallen. Time is LMT (UT + 3 hours).

図4. スカールン臨時観測点における潮位変化(左)(時刻はUT+3h)及び平均水面(右).

平均水面の楕円体高: 20.714 m
 (HBM上: 23.660 - 2.946 = 20.714 m)

(観測基準面上: HBM (297.3) - 平均水面 (125.8) = 171.5 cm)

平均水面の楕円体高: 19.356 m

(国土地理院基準点 (5906) 上: 24.451 - 3.380 - 1.715 = 19.356 m)

(国土地理院基準点 (5906) - HBM の高低差 = 3.380 m)

3.2.4 ルンドボックスヘッタ

観測期間は2017年12月30日-2018年2月1日の34日間, 2017年12月31日-2018年1月31日のデータによる32昼夜調和分解を行った. Table 5と Fig. 6に, ラングホブデの毎時潮位と潮位グラフを示す.

$$Z_0 : 92.6 \text{ cm}$$

$$(Z_0 = 25.8(M_2) + 20.1(S_2) + 22.0(K_1) + 24.7(O_1))$$

平均水面: HBM 頂下 171.5 cm

3.3 観測結果の分析

各観測点の調和分解, 水準測量及びGNSS測量により解析した結果を Table 6 に示す.

本観測の調和分解により算出された定数は, 小田巻・他 (1999) の観測結果 (Z_0 を追加し一部

Table 6. Tidal harmonic constants in Lutzow-Holmbukta.

表6. リュツォ・ホルム湾沿岸の潮汐調和定数.

| Station | Syowa Station Nishinoura | Langhovde Yukidori Zawa | Skarvsnes Kizahasi Hama | Skallen | Rundvagshetta |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Position | Lat. 69-00-28S Lon. 39-34-13E | Lat. 69-14-40S Lon. 39-42-37E | Lat. 69-28-20S Lon. 39-36-21E | Lat. 69-40-27S Lon. 39-24-00E | Lat. 69-54-25S Lon. 39-02-02E |
| | 2014/01/28 -2015/01/31 | 2014/12/29 -2015/01/29 | 2013/01/10 -2013/02/08 | 2014/01/15 -2014/01/30 | 2017/12/31 -2018/01/31 |
| | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) |
| MM | 1.26 314.50 | 1.9 156.6 | | | 2.1 171.0 |
| MSF | 1.00 293.36 | 1.3 208.5 | | | 6.1 356.3 |
| Q1 | 6.09 342.27 | 5.7 337.8 | 5.8 335.8 | 7.5 318.0 | 6.0 345.9 |
| O1 | 24.42 350.21 | 24.3 351.0 | 23.8 349.8 | 27.0 349.1 | 24.7 350.2 |
| M1 | 1.02 317.40 | 0.8 337.2 | | | 0.9 359.9 |
| K1 | 22.16 357.18 | 22.3 357.4 | 21.8 355.6 | 22.4 359.6 | 22.0 356.7 |
| J1 | 0.98 341.87 | 1.5 358.9 | | | 0.7 346.8 |
| OO1 | 0.51 310.96 | 0.9 299.0 | | | 0.4 179.9 |
| MU2 | 0.52 103.55 | 0.4 162.7 | | | 0.9 81.3 |
| N2 | 4.23 159.43 | 3.9 155.3 | 5.1 157.4 | 3.9 147.8 | 3.9 142.3 |
| M2 | 24.97 160.21 | 24.3 163.4 | 25.7 162.3 | 25.3 157.4 | 25.8 162.8 |
| L2 | 0.32 155.40 | 0.4 142.1 | | | 1.5 167.9 |
| 2SM2 | 0.17 101.20 | 0.4 283.1 | | | 0.3 347.6 |
| S2 | 19.97 175.95 | 19.2 176.4 | 21.8 177.5 | 22.0 176.6 | 20.1 177.3 |
| MO3 | 0.08 106.08 | 0.0 48.8 | | | 0.1 226.5 |
| M3 | 0.24 262.76 | 0.2 248.9 | | | 0.3 260.4 |
| MK3 | 0.07 257.21 | 0.0 260.5 | | | 0.1 229.3 |
| MN4 | 0.23 51.65 | 0.2 15.7 | | | 0.1 18.3 |
| M4 | 0.38 104.64 | 0.4 113.0 | 0.4 123.3 | 0.3 108.3 | 0.4 91.7 |
| SN4 | 0.06 163.69 | 0.1 25.7 | | | 0.2 272.0 |
| MS4 | 0.15 180.18 | 0.4 331.2 | 0.3 214.8 | 0.1 210.9 | 0.5 307.6 |
| 2MN6 | 0.03 35.34 | 0.1 185.7 | | | 0.0 213.6 |
| M6 | 0.13 94.21 | 0.2 84.6 | | | 0.3 96.7 |
| MSN6 | 0.08 144.61 | 0.2 171.5 | | | 0.2 151.9 |
| 2MS6 | 0.27 193.31 | 0.2 187.1 | | | 0.5 201.5 |
| 2SM6 | 0.10 248.33 | 0.3 226.5 | | | 0.7 188.1 |
| K2 | 5.76 174.76 | 5.2 176.4 | 5.9 177.5 | 6.0 176.6 | 5.5 177.3 |
| NU2 | 0.83 161.62 | 0.7 155.1 | | | 0.8 142.1 |
| P1 | 7.23 356.40 | 7.4 357.4 | 7.3 355.6 | 7.5 359.6 | 7.3 356.7 |
| ZO M2+S2+K1+O1 | 91.52cm | 90.1cm | 93.1cm | 96.7cm | 92.6cm |
| 平均水面の 楕円体高 | 20.958m (2010-2014) | 20.714m | 20.441m | 19.712m | 19.356m |
| 楕円体高算出 基準点 | BM1040 (23.399m) | HBM (23.660m) | BM5402 (22.319m) | HBM (22.194m) | BM5906 (24.451m) |

Table 7. Tidal harmonic constants in Lutzow-Holmbukta, which is partially modified after the Table 2 of Odamaki et al. (1999).

表 7. リュツォ・ホルム湾の潮汐調和定数 (小田巻・他 (1999) の表 2 を一部改編).

| | Ongul | Lutzow-Holmbukta | | Amundsen Bay | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Station | Syowa Station Nishinoura | Langhovde Yukidori Zawa | Skallen | Tonagh Is. | Riiser-Larsen |
| Position | Lat. 69-00S Lon. 39-34E | Lat. 69-15S Lon. 39-40E | Lat. 69-40S Lon. 39-24E | Lat. 67-04S Lon. 50-15E | Lat. 66-47S Lon. 50-35E |
| | 1990-1997 | 1996/12/22 -1997/01/26 | 1997/01/02 -1997/01/08 | 1998/12/22 -1999/01/15 | 1996/12/30 -1997/06/13 |
| | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) | H(cm) k(deg) |
| Q1 | 5.9 341.3 | 6.5 349.9 | | 6.6 332.8 | 6.0 341.9 |
| O1 | 24.5 350.2 | 24.9 349.0 | 26.2 328.9 | 24.9 349.6 | 24.1 352.9 |
| K1 | 22.2 357.2 | 22.7 360.0 | 24.1 359.1 | 23.1 359.1 | 22.1 1.5 |
| N2 | 4.2 152.6 | 1.2 4.0 | | 1.2 192.8 | 2.4 186.1 |
| M2 | 24.9 160.4 | 24.8 161.5 | 25.8 148.2 | 16.0 169.3 | 16.1 172.8 |
| S2 | 20.2 176.5 | 19.7 178.7 | 22.8 175.8 | 15.3 176.3 | 16.1 179.3 |
| K2 | 5.7 175.0 | 5.4 178.7 | 6.2 175.8 | 4.2 176.3 | 4.4 179.3 |
| P1 | 7.4 356.2 | 7.5 360.0 | 8.0 359.1 | 7.7 359.1 | 7.3 1.5 |
| Z0 M2+S2+K1+O1 | 91.8 | 92.1 | 98.9 | 80.3 | 78.4 |

点付近に複数の陸上基準点があって平均水面との関係付けが可能なスカルブスネス及びスカーレンにおいて、距離の近い2点の基準点間のGNSS測量による高低差を直接水準測量の結果と比較したところ、数 cm 程度の差が生じていることが確認された。これらの差は、臨時験潮による平均水面の観測精度に比べて小さいものの、平均水面の楕円体高の数値に若干の影響が生じるため、今回の観測結果においては、準拠楕円体上の平均水面を算出する際は、潮汐観測点の近くに位置する陸上基準点（スカルブスネスでは国土地理院基準点(5402)、スカーレンではHBM）を使用した。

| | | |
|---------|-----------|-----------|
| スカルブスネス | BM (5402) | HBM |
| 楕円体高 | 22.319 m | 22.793 m |
| 楕円体高差 | 水準測量 | 差分 |
| 0.474 m | 0.443 m | 0.0306 m |
| スカーレン | HBM | BM (5603) |
| 楕円体高 | 22.194 m | 26.024 m |

| | | |
|---------|---------|-----------|
| 楕円体高差 | 水準測量 | 差分 |
| 3.830 m | 3.867 m | -0.0370 m |

4 おわりに

リュツォ・ホルム湾沿岸の野外臨時潮汐観測は、南極という過酷な環境下で限られた観測時期・機会の中で行われており、過去には沿岸が厚い海水に覆われ水位計設置を断念した事例や設置した水位計が海水に引き摺られたなどの事例も多く、かなり難易度の高い観測である。このような厳しい観測条件の中で、リュツォ・ホルム湾沿岸の4箇所の潮汐観測点において取得された貴重なデータから、平均水面を算出し、陸上基準点及び準拠楕円体と関係付けることができた。本成果は、南極リュツォ・ホルム湾における潮汐、ジオイド高、力学的平均海面高等の科学的解明のために重要な基礎資料であると同時に、新たな観測点での潮汐の比較分析や再観測による経年変化確認

等のために将来に渡って参照される貴重な資料である。今後も南極地域観測における野外臨時潮汐観測が計画的に実施され、観測成果が積み重ねられてゆくことを期待する。

謝 辞

南極リュツォ・ホルム湾沿岸における潮汐観測にご支援・ご協力頂いた各次南極地域観測隊の皆様（特に、国土地理院夏隊員と地圏変動モニタリング越冬隊員の皆様）、国立極地研究所南極観測センターの皆様にご心より感謝申し上げます。

文 献

- 国土地理院, 南極の地理空間情報, <https://www.gsi.go.jp/antarctic/index.html>.
- 宗田幸次・福島茂樹 (1995) 沿岸海象データ処理プログラム, 水路部技報, 13, 31-42.
- 小田巻 実 (1981) 最小自乗法による潮汐・潮流の短期調和分解の一つの試み, 水路部研究報告, 16, 71-82.
- 小田巻 実・及川幸四郎・増山昭博・並木正治 (1999) 南極昭和基地及び周辺海域における潮汐観測結果について, 第19回南極地学シンポジウム・講演要旨, 116-118, 国立極地研究所, 東京, 1999年10月19日, <http://doi.org/10.15094/00014011>.
- Shimomura, H. (2016a) Oceanographic Data of 54th Japanese Antarctic Research Expedition from December 2012 to March 2013, JARE Data Reports, No.358 (Oceanography 37).
- Shimomura, H. (2016b) Oceanographic Data of 56th Japanese Antarctic Research Expedition from December 2014 to March 2015, JARE Data Reports, No.360 (Oceanography 39).
- Yoshiyama, T. (2016) Oceanographic Data of 55th Japanese Antarctic Research Expedition from December 2013 to March 2014, JARE Data Reports, No.359 (Oceanography 38).

要 旨

海上保安庁海洋情報部では、南極地域観測隊（夏隊）に海底地形調査・潮汐担当として職員1名を継続的に派遣して、昭和基地「西の浦験潮所」の保守・点検作業を行うとともに、南極リュツォ・ホルム湾沿岸露岩域の臨時潮汐観測を実施している。本稿では、2013年1月から2018年2月にかけてリュツォ・ホルム湾のスカルブスネス、ラングホブデ、スカーレン、ルンドボークスヘッタの4地点において実施された臨時潮汐観測の概要を整理した。潮汐観測により得られたデータを解析することにより、各地点における平均水面の高さ及び調和定数を算出した。また、水準測量により平均水面と関連付けられた各地点の陸上基準点に対して実施されたGNSS測量の結果から、各地点の楕円体上の平均水面の高さを算出した。リュツォ・ホルム湾における平均水面の楕円体高には空間的な傾斜が見られ、湾奥である南側ほど平均水面の高さが低くなっていることが示された。