

B-10 地球の温暖化による海面上昇等の影響評価に関する研究

(2) 宇宙測地技術を用いた海面上昇の影響評価に関する研究

② VLBIおよびGPSによる験潮場の位置測定に関する研究

研究代表者

赤桐 毅一

建設省国土地理院 測地部測地技術開発室

村上 亮・松坂 茂・米溪武次
飛田幹男・成田次範・小板橋 勝

平成3-4年度合計予算 17,442千円

[要旨] 地球温暖化の結果として生じる恐れがある、海面の高さの変動を実測する目的で、超長基線電波干渉計(VLBI)および汎地球測位システム(GPS)という高精度宇宙測地技術を利用する海面変動観測技術の完成をめざしている。観測の高精度化と高効率化を両立させるため、長距離の位置測定はVLBIが、また中・短距離の測定はGPSが、それぞれ担当し、観測網全体として均整のとれた精度の達成を図る。この研究では、その要素技術であるVLBIおよびGPSの高精度化・高効率化を達成することをめざした。まず、VLBIにおいては小型VLBIアンテナの開発、および車載型VLBI移動観測室の製作を実施した。一方、GPSにおいては、解析の高精度化および効率化の阻害要因となっている、解析ソフトについて、その高度化に関する研究を実施した。それらの各要素技術の単体としての目標達成率を評価した後、システム全体としての評価を行うため、VLBIおよびGPSを利用して、男鹿および相馬験潮場の高精度位置決定を実施した。これらの結果から、システムが期待どおり良好な性能を有していることを確認した。

[キーワード] 地球温暖化、海面上昇、験潮、VLBI、GPS

1. 序

地球温暖化に伴う海面変動が発生し、様々な形で大規模災害を引き起こすことが、世界的に問題となっている。これを監視し、影響の将来予測を立てるためには、海面の変動を正確に予測することが特に重要である。1)、2)、3)

ところが、地球温暖化による海面変動の予測においては、これまで、ほとんどの場合、気候変動による温度上昇や海面への影響について、モデルを構築し、海面の変動量を推定することをめざすものであった。しかし、モデルの構築において未知の部分は、いくつかの仮定に立脚せざるを得ず、それらに基づく予測は、仮定や前提条件の僅かな差によって、最終的な結論が大きく違ってくる場合がある。特に、生態系まで含めた地球全体を対象とした気象モデルの構築が難しいことから、気温上昇およびその結果として、起こり得る海面上昇の大きさに関しては諸説あり、未だに定説がない。現在最も信頼性が高いとされているIPCCの予測値においてさえも、かなりの幅を持っている。

したがって、海面の変動に関して実測を行い、モデルによる予測値に対して境界条件を与えることが必要である。実測に基づくモデルの修正がなされない場合には、海面変動の予測値の確度を向

上させることは非常に困難である。反対に、実測により、海面上昇の実態が明確になれば、いくつかある海面上昇の予測値の中から、最も確実な予測を選び出すことができ、影響予測や対策の計画策定を的確に実施することが可能となる。ここで紹介する研究では高精度宇宙測位技術を利用して、近い将来の海水面変動の実測を可能とし、変動の予測をより確実にすることをめざしている。6)、7)

海面変動の実測には、海面の高さを記録する驗潮儀のデータを長期間継続して解析することが必要である。ところが長期間にわたる驗潮観測の間には、驗潮場の位置自体が地殻変動によって変化してしまい、それだけでは信頼性のある成果が得られないという問題がある。したがって、地球の重心に座標原点を持つ国際測地座標系に連結された驗潮場において、海面の変化を連続観測し、地殻変動等に伴う見かけの海面変化を補正することが必要である。

このため国土地理院および郵政省通信総合研究所は、宇宙測地技術を高度化して利用することで、国内の驗潮場の絶対的な測位を行い、現在最も高精度に維持されている国際地球回転事業（IERS）に基づく地心座標を与えることによって、海面上昇監視の基礎を確立する研究を実施している。これにより、驗潮データに含まれる地殻変動による誤差の影響を取り除くことができ、海面変動の様子が明かとなり、今後の影響対策に有効な信頼性の高い情報が提供される。

2. 要素技術の開発

この研究に利用する宇宙技術は、超長基線電波干渉計（VLBI）および汎地球測位システム（GPS）である。両者は、ともに位置決定を目的とした高度な技術であるが、それぞれに長所短所がある。VLBIは大陸間などの長距離を測定しても、約1cmの精度で、3次元的な位置を決定できるが、観測装置が大がかりであり、すべての驗潮場の位置を決定することは経費的にみて得策でない。一方、GPSはより簡便に利用できるが、長距離になるほど誤差が大きくなる。したがって、両者を組み合わせて使用することによってそれぞれの特徴がより効果的に発揮される。この研究では、これらの技術を海面変動監視に効果的に利用する手法を確立することをめざしている。

この計画に着手した1990年度は、VLBI観測を効率的に実施するために、可搬型VLBI装置を開発した。1991年度は、可搬型VLBI装置の開発の継続、岩手県水沢市にある国土地理院水沢測地観測所構内におけるVLBI観測、GPS測位の高精度化のため測位ソフトウェアの整備、男鹿および相馬驗潮場のGPS観測による地心座標の決定を実施した。1992年度は、VLBI装置の可搬性を高めるため、コンテナを利用した移動観測施設を製作した。今後は、これらの装置の改良を行いながら、実際の観測に応用することになっている。

3. 超小型VLBI局の開発

この研究のために、郵政省通信総合研究所と協力して可搬型2.4mアンテナを開発した。4) その結果、受信系も含めた2.4mアンテナが完成したので、その試験観測を1991年12月、および1992年2月に実施した。

完成したアンテナは、まず電気的特性の検査が実施され、VLBI用アンテナとして十分な性能を有することが確かめられた。

そこで、1992年5月8日に鹿島3.4mアンテナとの間でVLBI試験観測を行い、電気的特性から予想していたとおりの性能であることを確かめた。ここに世界最小のVLBI局が誕生したこと

になる。

次に、性能確認実験の最終段階として、2.4 mアンテナを用いて鹿島2.6 mアンテナとの間でVLBI観測を実施した。観測は1992年10月に24時間実施した。この観測により、装置の内部誤差の確認、および従来成果との比較による観測精度の絶対評価が可能となる。観測された3次元的位置の標準偏差（内部誤差）は、次に示すとおりである。

表-1 2.4 mアンテナを用いたVLBIの内部誤差

X方向	Y方向	Z方向
2.2 cm	1.9 cm	2.3 cm

この誤差は、国土地理院が従来から使用している、5 mアンテナに比べて約1.5倍の大きさであり、最小口径のアンテナとしては期待通りの十分な性能を発揮している。なお、この実験では、電離層補正は施していない。したがって、現在開発中である、GPS衛星からの信号を用いた電離層補正を施せば、観測の精度はより向上する見込みである。5)

一方、筑波においては、従来から5 mアンテナを使用して、VLBI観測を実施し、高い信頼性のある座標値が得られている。したがって、これと今回の2.4 mアンテナを使用した成果を比較することにより、完成したVLBI装置の精度を確認することが可能である。その比較結果を表-2に示す。

表-2 2.4 mアンテナと5 mアンテナによるVLBI成果の比較

単位：m

	2.4 m	5 m	座標差	斜距離
VLBI	X = -3957200.4468 ± 0.0232	X = -3957172.7540	27.6928	66.907
	Y = 3310183.0221 ± 0.0198	Y = 3310238.0470	55.0249	
	Z = 3737735.0472 ± 0.0244	Z = 3737708.9348	26.1124	
GPS	X = -3957200.4659	X = -3957172.7540	27.7119	66.898
	Y = 3310183.0463	Y = 3310238.0470	55.0007	
	Z = 3737735.0582	Z = 3737708.9348	26.1234	
光波測距儀 (DI3000) による斜距離				66.897

備考：

1. X, Y, Z座標値はITRF座標系である。
2. 座標値は、VLBIアンテナAZ-E L軸中心の値である。
3. VLBI、GPSの斜距離は、VLBIアンテナAZ-E L軸中心間の値であり光波測距儀による斜距離は、金属標間の測定値をVLBIアンテナAZ-E L軸中心間に変換した斜距離である。

この表では、5 mアンテナ中心と、それから約6.7 m離れた場所に設置された2.4 mアンテナの中との間の相対位置関係をいくつかの方法で比較した。ひとつは、それぞれのVLBI成果の引き算から求めたものであり、他方は、別途GPSにより直接求めた相対位置ベクトルである。この両者が一致すれば、今回の2.4 mの観測が良好であったことを示している。さらに、高精度光波測距儀を用いて2点間の直線距離（斜距離）も測定した。これらの結果は、それぞれの誤差範囲でよく一致しており、2.4 mアンテナが期待通りの十分な性能を発揮していることが明かとなった。

一方、地球の温暖化による海水面変動を監視する目的で実施している小型可搬型VLBIシステム開発の一環として、1992年度にVLBI測量に使用する超長基線電波干渉計装置の一部を車載化した「車載型VLBI移動観測室」を製作した。

1981年に開発された国土地理院の可搬型VLBI装置は、K-3と呼ばれるシステムで、5 mアンテナ、フロントエンド部、バックエンド部、駆動制御部、モニタ架、水素メーザ周波数標準部、およびアンテナ制御部等から構成されている。まず、5 mアンテナは、反射鏡部、架台部および基礎部からなる。フロントエンド部は、前置増幅器および周波数変換器とに分けることができ、アンテナのセンターハブ内に設置されている。また、バックエンド部は遅延校正器、IF分配器、ビデオコンバータ、記録信号分配器、データ記録器、およびインターフェイスから構成される。

このように、VLBI観測は多くの装置を組み合わせて細心の調整を加えながら観測を実施している。海面変動監視に必要な、移動型VLBI観測では限られた時間内に、移動および観測を実施するので、いっそう困難性が高くなる。実際に、これまでの移設観測時には、システム全般にわたり国土地理院および移設先で分解、梱包、解梱、組立、ケーブル等の着脱、関係機器の調整のステップを踏むため、観測までに多くの時間を要していた。さらに、これらの各種機器は多数のケーブルで接続されており、従来は膨大なケーブル着脱作業を、一箇所のミスなく行うことが必要であり、多くの労力と時間を消費としていた。これが省かれることにより、ケーブル接続によるトラブルが減少し、より信頼性の高いデータが得られことが期待される。さらに、従来移設先ではバックエンド部以降の機器を運用するための局舎を建設していたが、移設先での局舎建設がなくなるため時間と経費が軽減される。

以上を目的として、車載型VLBI移動観測室には、VLBI測量に必要なアンテナ本体部分以外の全ての構成要素である、バックエンド部、駆動制御部、モニタ架、水素メーザ周波数標準部一式、アンテナ制御部、GPS受信機、および時刻比較用セシウム原子時計等を一括して搭載した。特にバックエンド部は、技術改良を重ねてK-3システムからK-4システムへとバージョンアップして、体積が従来の半分程度と小型化されたため今回の車載化が可能となったものである。その結果、

V L B I の移設観測にはこの車載型 V L B I 移動観測室とアンテナ本体部だけを、そのまま移動すればよくなり、観測の効率が大幅にアップすることが期待できる。

移動 V L B I 観測を効率的に実施する目的を最大限達成するために、車載型 V L B I 移動観測室の主な性能および機能を以下のとおりとした。

- ① 4 t トラックに搭載できるように小型・軽量にした。
- ② 室内温度が一定になるよう空調機を取り付けた。水素メーザ周波数標準部は温度変化の影響を受けるため個室とし、専用の空調機を取り付けた。
- ③ 移動時の衝撃に対処できる耐震装置を各機器の必要箇所に取り付けた。
- ④ 外部環境（ $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ）に耐える設計とした。
- ⑤ 高い耐候性、耐食性、気密性、堅牢性がある。
- ⑥ 移設に関し内部の配線変更等を一切必要としない。

完成した、車載型 V L B I 移動観測室を使用した初めての V L B I 観測を、1992年11月から1993年3月にかけて静岡県相良町で実施した。今回の観測では、アンテナ設置場所の敷地の関係でありあまり広いスペースを使うことができない状況であったが、この装置を開発したことで問題なく観測を終了することができた。また、観測の効率化、信頼性の向上も期待通り達成することができた。今後は、この移動観測室の効果を発揮させながら、海面変動監視のための観測を実施することにしていく。

5. 水沢における V L B I 観測

地球温暖化による海面変動監視の第一段階として、建設省国土地理院は1991年秋、岩手県水沢市に国土地理院の可搬型 V L B I 装置を移設し、郵政省通信総合研究所関東支所宇宙通信センターとの間で V L B I 観測を実施した。8)

この観測では海面変動モニタリングの精度に影響を及ぼす鉛直成分の高精度化のため、低高度の電波星の観測をした。また、季節変化を把握するため、9月から12月にかけて6回の観測を実施した。

解析結果は下表のとおりである。

表-3 水沢 V L B I 観測結果 (単位はm)

実験名	X	Y	Z
VEGA -I1	135480.325	-171566.215	277826.643
I2	.336	.226	.625
I3	.349	.239	.612
I4	.358	.245	.618
I5	.344	.225	.638
I6	.360	.252	.613

今回実施した繰り返し観測においては、それぞれの観測の再現性が高く、有意な季節変動もみられない。また、低高度角の電波源を使用したため、高さ方向の決定精度も満足できるものであった。以上の成果を総合して、水沢VLBI点のIERS座標系に基づいた地心座標値を、以下の通り決定した。各成分の決定精度は約1cmである。

$$X = -3862410.2455 \text{ m}$$

$$Y = 3105014.1565 \text{ m}$$

$$Z = 4001945.4152 \text{ m}$$

今後は、付近の験潮場とこのVLBI点との間でGPS測位を実施し、この値に基づいて各験潮場の地心座標値を決定することになる。

6. GPS解析ソフトウェアの整備

GPSによる座標結合の精度向上には、使用する解析ソフトの達成精度が重要である。このため、スイスのベルン大学天文学研究所で開発された「ベルニーズGPSソフトウェア3.3版」を導入した。

従来、GPSの基線解析は、通常、受信機メーカーが提供する受信機専用のソフトウェア（以下、「メーカー製ソフト」という。）を用いて行われてきた。メーカー製ソフトでは、ソースリストが公開されていないので、モデル、アルゴリズム等がわからない。したがって、ユーザーの知見によってソフトウェアを改良し、精度向上を図ることができない。また、メーカーによって観測データの形式が異なるため、メーカー製ソフトでは異機種を受信機で測量されたデータを処理できない。したがって、測量のために同一機種を受信機を集める必要があり効率が悪くなる。

こうした問題点を解決するため、今回導入したベルニーズGPSソフトウェアでは次のような戦略を採用している。

①RINEXフォーマットの利用

基線解析において、データ交換用標準形式（RINEX）のデータを処理対象としている。このため、各受信機のデータをRINEXフォーマットに変換する前処理プログラムを用意すれば、どの受信機のデータでも同時に解析できる。

②ソースコードの公開

すべてのソースコードを公開している。したがって、データ処理の詳細がわかる。また、ユーザが独自にソフトを改良することもできる。

以上の優れた特徴から、本ソフトは研究・業務機関を中心として世界的に普及しており、国際共同キャンペーンの解析にしばしば用いられている。

プログラムは、FORTRAN 77で書かれた37プログラム、343のサブルーチンから構成される。もともとIBMの汎用機上で開発されたシステムであるが、移植が容易なため最近ではワークステーションやパソコン上にも移植されている。国土地理院では、このシステムをIBM PC-AT互換機(486マシン)上で稼働させている。

GPS解析ソフトとしては、世界的水準にある本ソフトウェアの導入により、今後実施する験潮場とVLBI点間の座標の結合の高精度化が保証された。今後は、このソフトのコードが公開されている特徴を最大限に活用して、さらなる高精度化を図るため、国土地理院でも必要な改良を加えてゆく計画である。

7. IERS座標系に準拠した験潮場の位置測定

これまで述べたように、海面を直接観測する験潮場における潮位観測では、通常、験潮場内に設置された固定点を基準として海水面の相対的な変動を測定している。したがって、海水面の絶対的な変動量を知りたい場合、固定点の上下方向の絶対的な動きを補正する必要がある。従来は、このために験潮場の固定点と全国水準網との結合を行い、験潮場の地殻変動量を間接的に推定していた。しかし、最近の宇宙測地技術を用いれば地球重心に準拠した世界的な座標系(たとえば、IERS座標系)を構築できるため、繰り返し測量によって験潮場の絶対的な動きを監視することができる。

代表的な宇宙測地技術として、VLBIとGPSを採用する。電波星を用いるVLBIは最高精度を誇るものの、機動性に欠ける。一方、人工衛星を用いるGPSには機動性はあるが、長距離での精度はそれほど良くない。本研究ではこうした両者の特質を組み合わせ、精度良く験潮場の絶対位置決定を行うことを目的としている。1991年には、2箇所の験潮場においてVLBI点とのGPSによる座標結合を実際に応用することを試みた。

具体的には、VLBI基準点を起点とするGPS測量によって、国内2ヶ所の験潮場の位置を測定し、験潮場の高さをIERS座標系で決定した。測量の対象となったのは、国土地理院が東北地方に設置している男鹿(秋田県)及び相馬(福島県)験潮場である。基準となるVLBI点は、これらの験潮場から約150km離れた水沢(岩手県)に、この研究の一環として設置したものである。この水沢VLBI点のIERS座標は、国内VLBI測量の起点である鹿島の位置に基づいて与えられている。したがって、水沢からのGPS観測によって、験潮場のIERS座標を求めることができる。

GPS測量は、1991年6月6日から11日にかけて、水沢VLBI点・男鹿験潮場・相馬験潮場の3ヶ所で行った。験潮場の固定点上ではGPS観測が不可能だったため、付近にGPS基準点を設置した。別途、水準測量も実施し、GPS基準点と固定点との比高を求めた。

使用したGPS受信機はMinimac 2816で、7:00から12:00(UTC)までの5時間にわたり、SV2、6、11、13、14、15、19および21の延べ8衛星を観測した。水沢を起点とする基線解析によって、水沢-男鹿(距離159km)については5日分、水沢-相馬(距離144km)については4日分の基線ベクトルが得られた。基線長のフォーマルエラーはどのセッションについても2cm以下で、0.2ppm程度の短期再現性が得られている。

次に、水沢VLBI点をIERS座標系の値で固定し、男鹿、相馬のGPS基準点の座標を3次元網平均により推定した。この結果得られたGPS基準点の楕円体高と標準偏差を次に示す。

水沢VLBI	169.247m (固定)
男鹿GPS	38.551±0.060m
相馬GPS	47.147±0.057m

ただし、IERS座標系の楕円体原子には、WGS84の長半径と偏平率を準用した。水準測量によって、GPS基準点と験潮場固定点との間の比高は次のように決定された。

男鹿GPS－固定点	+1.081m
相馬GPS－固定点	-2.799m

以上の結果をまとめると、験潮場固定点のIERS座標系における楕円体高は、

男鹿	39.632m
相馬	44.348m

となる。VLBI、GPS、および水準測量の精度を考慮すると、験潮場の測定された絶対的な高さの精度は5cm程度と考えられる。これはさらに改良を要する点であり、当面は、GPSの解析方法の改良により、全体的な精度を1cmに近づけることをめざす。

験潮成果を参照すれば、各験潮場における固定点と観測基準面の関係及び観測基準面に対する海水面の高さが時間の関数として与えられているので、海水面の高さをIERS座標系によって把握することができる。また、今後同様な宇宙測地技術による観測を続けることで、験潮場の絶対位置の変動を調べることができる。

8. まとめ

地球温暖化による海水面変動の影響を解明するためには、海水面が現在どのように変化しているか把握することが重要である。海水面変動を正確に測定するには験潮場で連続記録されている潮位データを利用することが有効である。しかし、験潮データには、純粋な海面高変動の他に、地殻変動、海流、水温等の影響による誤差が含まれている。海面変動の研究には長期的なデータ解析が必要であり地殻変動による誤差を除去することが最も重要である。このため、験潮場の地殻変動を明らかにするため、宇宙技術を利用する、移動型超小型VLBI技術およびGPS高精度三次元測位技術を開発する。

この方針により、移動型超小型VLBI装置の開発を実施し、ほぼ所期の性能を満足していることを確認した。GPS測位精度向上のため高精度解析ソフトを導入した。併せて験潮場2箇所（男鹿、相馬）においてGPS観測を実施し、これからの海面変動研究の基準となる地心座標を与えた。

海面変動の実測のためには、予想されている上昇率の範囲から考えて、長期にわたる観測を継続させることが不可欠である。そのため、長期観測を可能とする予算的な裏付けが重要である。また、第一期の研究で超小型移動VLBI装置の可能性が確立したが、さらに高精度なものにするため2周波受信の超小型移動VLBI装置の開発が必要である。さらに、GPSについても高精度精密軌道情報

の利用など、より高精度かつ高効率にするための研究が重要である。

今後は小型移動VLBI装置の開発が終了したので、第2段階として、わが国の験潮場に海水面変動観測の基準となる絶対座標を与える観測を実施する必要がある。また、GPSに関して高精度な精密軌道情報に準拠する研究を実施することも必要である。さらに、地殻変動以外の海面変動観測の誤差の除去に関する研究を実施することが重要である。

具体的には、海面変動の監視に必要な全国の主な験潮場の地心座標を測定し、今後の海面変動監視測定に基準を与える。験潮場の地心座標測定のためのVLBIおよびGPSの複合観測に関して、更なる高精度化およびその標準化を図り、マニュアルを作成することも重要であろう。このマニュアルは、海外での同様の研究の推進にも役立つことが期待される。

引用文献

- 1) 中堀義郎、松坂茂、飛田幹男、高橋幸雄、杉本裕二、金子明弘： 超小型システムを用いた”海面上昇の監視について” 日本測地学会第74回講演要旨、57-58、1990.
- 2) 乙井康成、中堀義郎、松坂茂、飛田幹男、高橋幸雄、金子明弘、栗原則幸
”Absolute sea level monitoring by GSI and CRL” IERS workshop 1991
- 3) 高橋幸雄、金子明弘、栗原則幸、中堀義郎、飛田幹男、新田浩
”Sea Level Monitoring System Using a Small Mobile VLBI station”、Journal of CRL Vol. 38 No. 3 Nov. 1991
- 4) 高橋幸雄、金子明弘、栗原則幸、中堀義郎 “可搬型2.4mアンテナと観測ソフト” VLBI ネットワークシンポジウム 1992
- 5) 高橋幸雄 ”国内VLBI実験における誤差の解析的評価と電離層の影響” 1991年経緯度研究会
- 6) 栗原則幸、高橋幸雄、金子明弘、中堀義郎、米溪武次、松坂茂 ”小型可搬型VLBI局を用いた海水面変動モニタシステムの計画概要” 第3回中小口径電波望遠鏡研究会 NROワークショップ
- 7) 高橋幸雄、栗原則幸、金子明弘、中堀義郎、米溪武次、松坂茂 ”国内VLBI用可搬型2.4m アンテナの試験観測と計画概要” 第3回中小口径電波望遠鏡研究会 NROワークショップ
- 8) 唐沢正夫、米溪武次、乙井康成、飛田幹男、吉池健、中堀義郎、雨谷純、小山康弘、近藤哲朗
”水沢-鹿島基線VLBI観測” 日本測地学会第77回講演会

研究発表の状況

M. MURAKAMI, Surveying by GSI Using VLBI and GPS; Proceedings of the International Workshop for Reference Frame Establishment and Technical Development in Space Geodesy, 1993, Tokyo.

村上 亮、本州中部付近の験潮場の験潮記録と最近25年間の水準測量成果との比較、測地学会第80回講演会にて発表、1993

M. MURAKAMI, Mean Sea Level Monitoring in Japan Using VLBI/GPS and Tide Gauge; Proceedings of the Eighth International Symposium on Recent Crustal Movements (CRCM93) (in printing), 1993, Kobe

S. MATSUZAKA, Domestic VLBI Network by GSI; Proceedings of the International Workshop for Reference Frame Establishment and Technical Development in Space Geodesy, 1993, Tokyo.

M. TOBITA, Control of Precise Geodetic Network Using VLBI; Proceedings of the International Workshop for Reference Frame Establishment and Technical Development in Space Geodesy, 1993, Tokyo.

国際協力の状況

この研究を進めるために、日米科学技術協力協定の地球科学および環境の分野で協力を実施することが合意済みの、地殻変動およびプレート運動の共同研究を具体的に推進するため、国土地理院は米航空宇宙局（NASA）と国際VLBIの共同観測実施に関する覚え書きを平成5年5月に交換し、茨城県鹿島町にある国土地理院26mVLBIアンテナを使用して、ほぼ月1回の頻度で国際観測を実施している。また、NASAの地球観測プロジェクトである固体地球力学観測計画（DOSE）にも”Sea Level Monitoring in Japan” というテーマで参加し、共研究を実施している。