

# 宮城県沖海底地殻変動観測に向けた研究

藤本博己・三浦哲・日野亮太・西野実・

木戸元之・長田幸仁・桑野亜佐子・水上知子・対馬弘晃

東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

## 要旨

平成 16 年度から、G P S 音響結合方式の海底地殻変動観測を宮城県沖と岩手県沖で進めており、17 年度には宮城県沖の海側アスペリティの中心付近および福島県沖でも観測を開始した。海底測地観測を行うための基礎的な調査として、観測サイト周辺の精密地形観測を行うとともに、無人探査機による潜航調査を行い、厚い堆積層の上に設置した音響測距用海底局の姿勢の安定性を確認した。現状では海底測位の繰り返し測位精度は数 cm であり、宮城県沖において、太平洋プレートの沈み込みに伴う上盤プレートの変形と解釈される地殻変動を検出することはできた。しかし 2005 年 8 月の宮城県沖地震に伴う海底地殻変動は、各観測サイトで 1～3 cm 程度と推定されており、その変動を捉えるには至らなかった。早急に 2～3 cm の繰り返し測位精度を達成する必要がある。

## 1. はじめに

日本列島における広域かつ高密度の地震及び地殻変動観測により、海溝型地震はプレート境界におけるアスペリティ（固着域）の間歇的滑りによって起こるというモデルの検証が進み、アスペリティの大まかな分布も推定されている。しかし宮城県沖地震など海溝型地震のアスペリティは海底下にあり、なかでも、プレート境界面の滑りの研究が進んでいる日本海溝では、海溝軸が陸から 200 k m ほど離れているので、今後の研究の進展には海底における地震および地殻変動観測が不可欠である。

G P S（Global Positioning System）は微小な地殻変動の分布を面的に捉えることを可能にしたという意味で地殻変動観測に革命をもたらし、その重要性を再認識させた。しかし電波の届かない海底の観測に G P S を直接用いることはできない。陸上から 100 k m 以上離れた海底の地殻変動を観測する方法として現在最も有望視されているのは、海上の G P S 観位と海中の音響測位を結合した G P S 音響結合方式の海底測位の繰り返しにより水平変動を検出し、海底圧力の長期観測と繰り返し観測を結合して上下変動を検出する方法である。プレートの沈み込み角度は小さいので、水平変位の検出が重要である。海中の音響測位における最大の問題は音速変化の影響である。その影響を除去し海底の水平変位をセンチメートルオーダーで検出するために、ほぼ等間隔で設置した海底局 3 台のアレイを用いる測位方法を用いる。

大地震が頻発している日本海溝周辺の中でも、30 年から 40 年の周期でほぼ同じ場所で大地震が起きている宮城県沖は、大地震の発生確率が高く、調査も進んでいる。宮城県沖地震には陸側のアスペリティの他に、まれに陸側の震源域と連動して大きな津波を引き起こす海側のアスペリ

ティの存在も推定されている。東北大学では、それらの二つのアスペリティの境界付近（図1のGJT4）において、海上のGPS測位と海中の音響測位を結合する方式の地殻変動観測を開始しているが、今年度はさらに海側のアスペリティの上（図1のGJT3）、およびその南側の福島県沖においても、同様な観測を開始した。海底観測および観測データの解析には、精密な海底地形の情報が不可欠であり、夜間等の時間を利用して、観測サイト周辺の精密地形調査を行った。

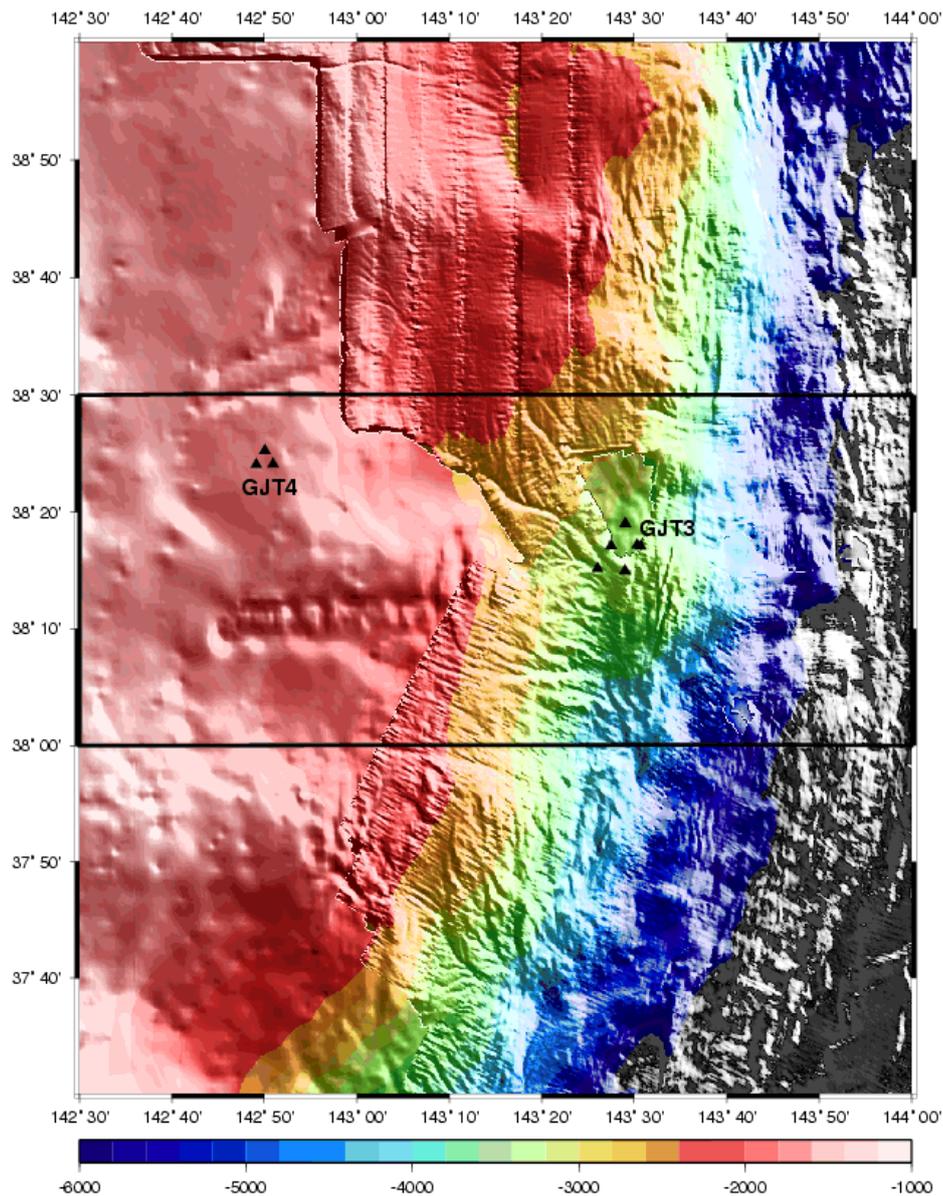


図1. 既存の海底地形データと調査海域。図の左端付近が海溝軸である。地殻変動観測用海底局アレイ（GJT3については北側のアレイ）の中心位置を以下に示す。

GJT3： 北緯 38 度 17.637 分，東経 143 度 29.014 分，水深 3260m

GJT4： 北緯 38 度 24.420 分，東経 142 度 49.993 分，水深 1483m

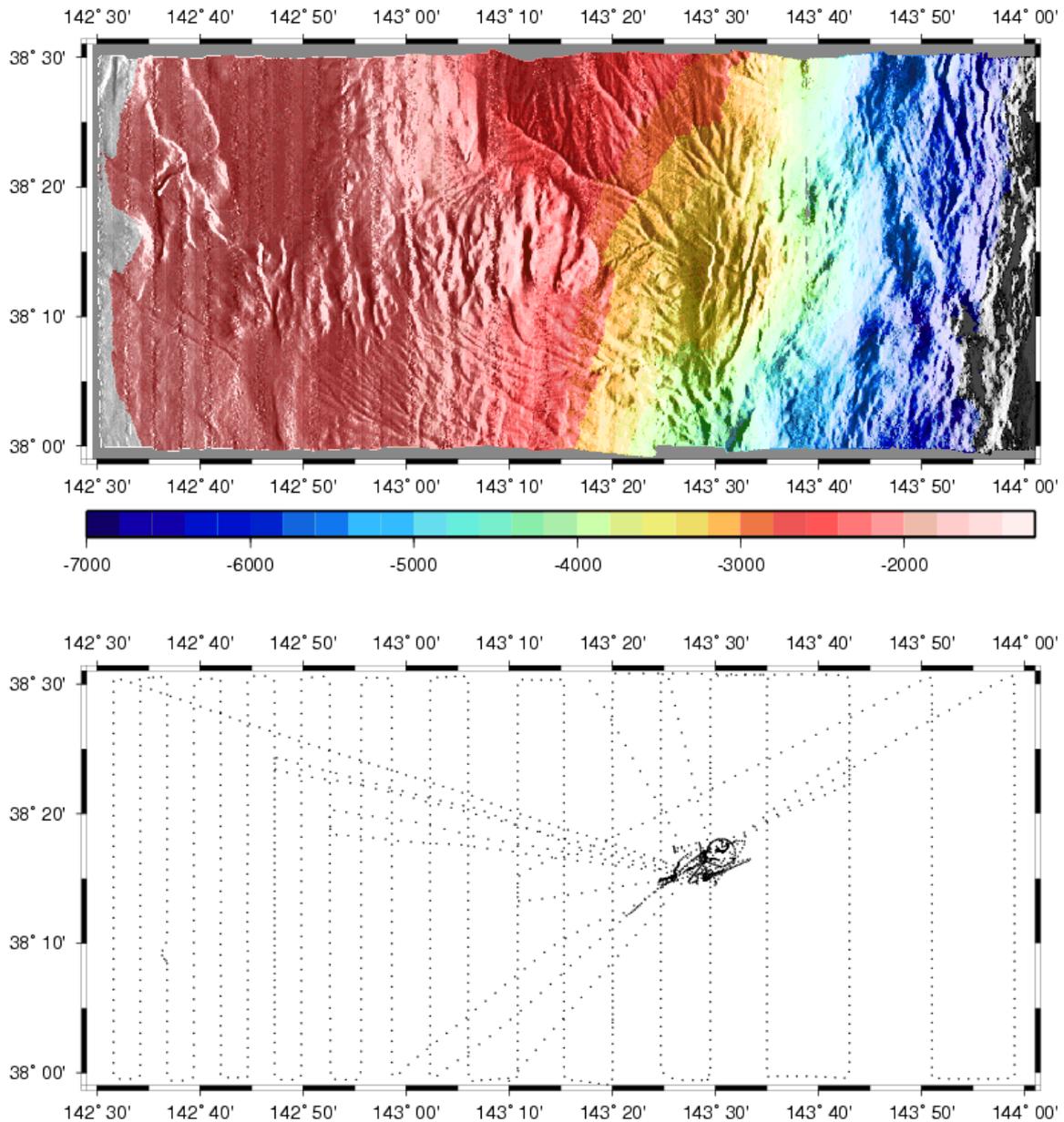


図2. かいれい航海のマルチナロービーム地形調査による海底地形図および航跡図

## 2. 宮城県沖の海側アスペリティ上における海底局の設置状況の確認

精密な海底測位には3台の音響測距用海底局のアレイが必要であり、それらの海底局は、顕著な断層が認められず、同一の海底ブロック内にある平坦な海底に設置する必要がある。宮城県沖の二つのアスペリティの境界付近は、水深約1500mのほぼ平坦な海底であり、観測における問題点は比較的少なく、海底局は海面から投下して設置した。

一方、海側のアスペリティは基本的に海溝の陸側の急崖の下に位置しており、平坦面が望ましいGPS音響結合方式の海底地殻変動観測点を設けることは簡単ではない。幸い、宮城県沖の海

底には水深 3300m 付近にテラス状の限られた平坦面がある。2003 年にこの平坦面を狙って GJT 3 サイトに海底局を設置したが、設置状況はわからず、また海底測位観測する時間もなかった。そこで平成 17 年度に、海洋研究開発機構の調査船「かいれい」により、宮城県沖の 2 つの観測サイト殻海溝軸付近までの精密地形観測を行った。観測前の地形図を図 1 に、観測により得られた地形図を図 2 に示す。

その後、無人探査機「かいこう 7000」を用いて、既設の海底局の設置状況を観察した。図 3 に示すように、厚い堆積層の上に設置された海底局の姿勢は極めて安定しており、プレート運動に伴う水平変動をモニターする海底ベンチマークとして、1 cm の長期安定性はあると判断した。ただし、近傍で宮城県沖地震のような大地震があった場合には、海底局が揺すられて沈む恐れがあり、再度、設置状況の確認が必要であろう。さらに、無人探査機を用いて、海底局の設置作業を行った。海底に設置後の海底局の写真を図 4 に示す。



図 3. 2003 年に設置した海底局の設置状況を示す写真

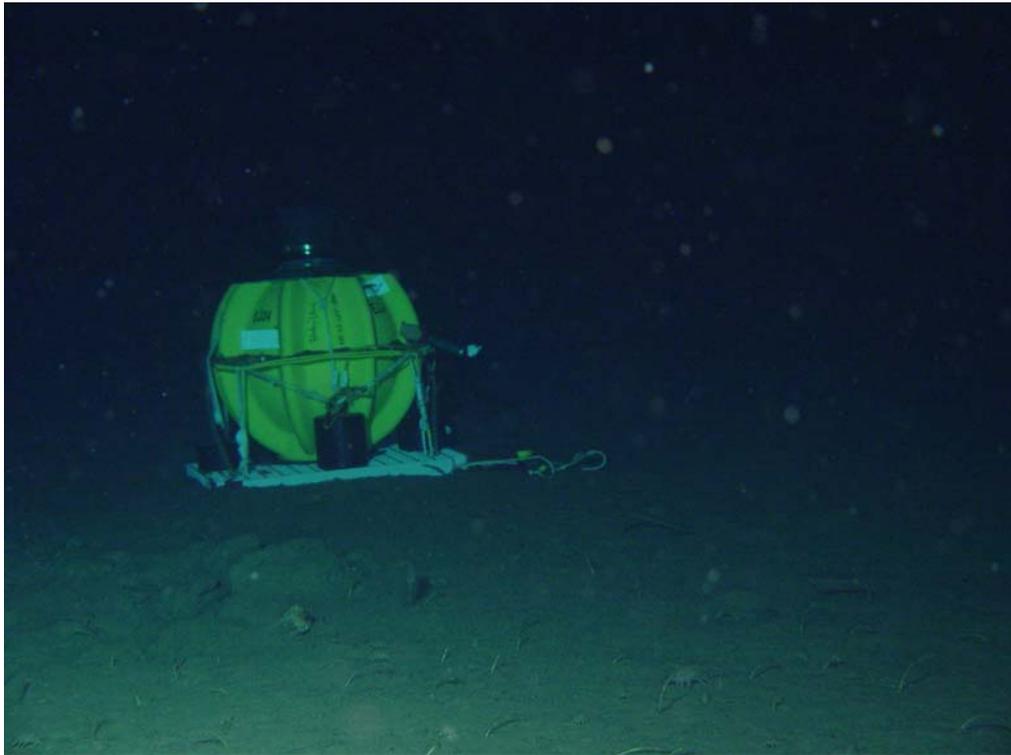


図 4. 無人探査機「かいこう 7000」により設置した海底局

### 3. 福島県沖における海底地殻変動観測の開始

平成 17 年 6 月の研究船淡青丸の航海において、福島県沖の GFK サイトに新たに海底測地観測システム 3 台を設置した。詳しい海底地形図はなかったが、既存の地形図により海底に大きな起伏はないと判断し、海底局は海面から投下して設置した。その後、約 3 日間にわたって、海底測位観測を実施した。海中の音速構造を把握するために、CTD, X-CTD, XBT, IES の観測も合わせて行った。3 台の海底局アレイの中心位置を以下に示す。

GFK： 北緯 37 度 37.000 分、東経 142 度 46.000 分、水深 2200m

10 月には研究船白鳳丸の航海があり、福島県沖の観測サイト周辺の海底地形観測を行った。得られた海底地形図を図 5 に示す。海底局アレイは、図らずも、南東方向に海底溪谷が無数に走る急斜面直下の平らな扇状地に設置していたことがわかった。また、特に断層や構造線をまたいでいる様子も見られず、海底局は安定した場所に存在しているといえる。しかしその西側には、既存の地形図では分からなかった比較的急な斜面があり、精密な海底地形図の重要性を再認識した。

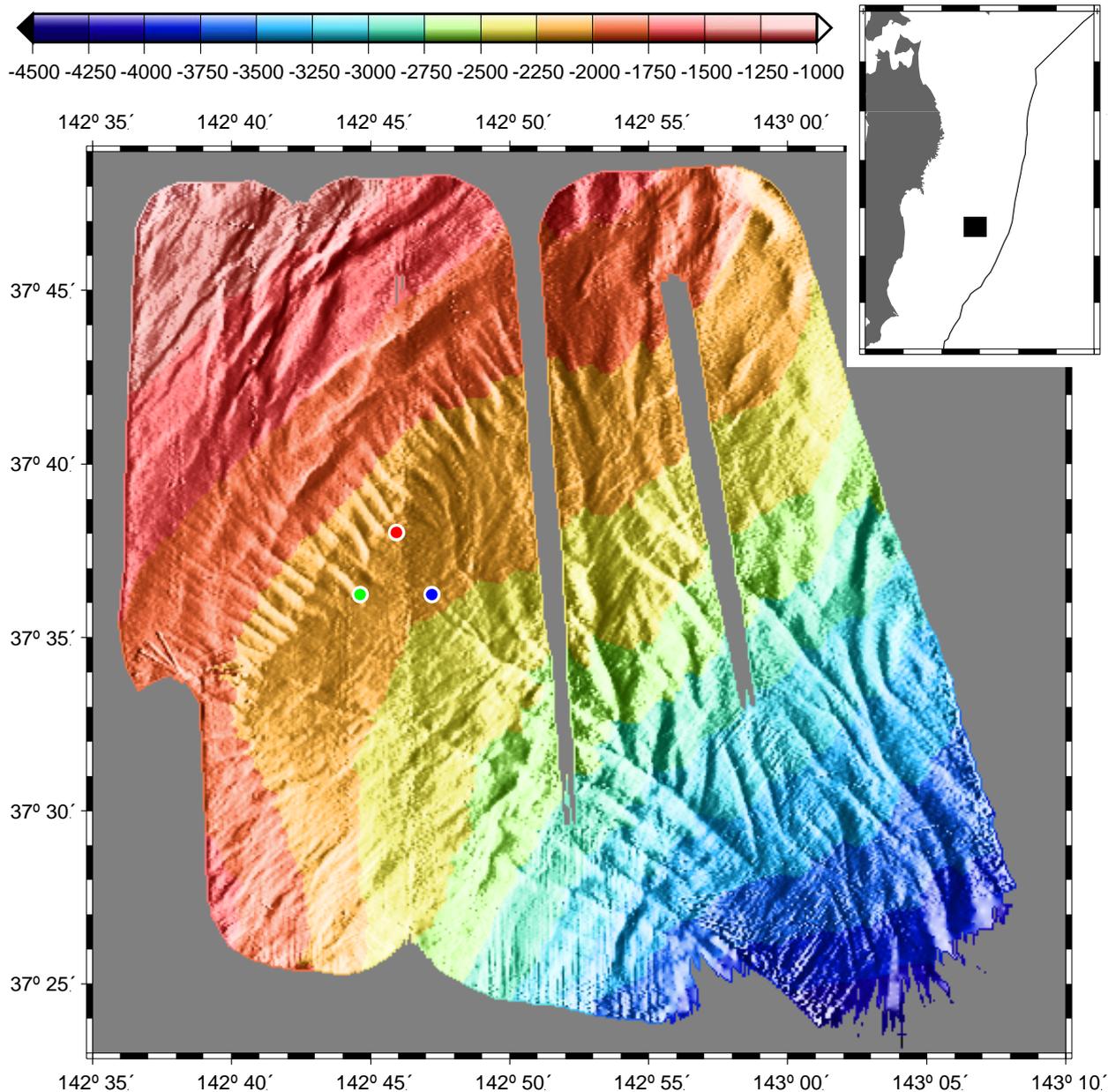


図5. 福島県沖 GFK サイト周辺の海底地形マッピングの結果と 3 台の海底局の位置.

#### 4. 海洋プレートの沈み込みに伴う上盤プレートの変形の観測

平成 17 年 6 月に、福島県沖に海底局 3 台を設置するとともに、既設も合わせて海溝陸側の 3 サイトで測位観測を行った。いずれも海底の繰り返し測位精度は数 cm であるが、宮城県沖の GJT 4 サイト (北緯 38 度 24.4 分, 東経 142 度 50.0 分) では海洋プレートの沈み込みに伴う上盤プレートの変形と解釈される地殻変動を検出した (図 6)。

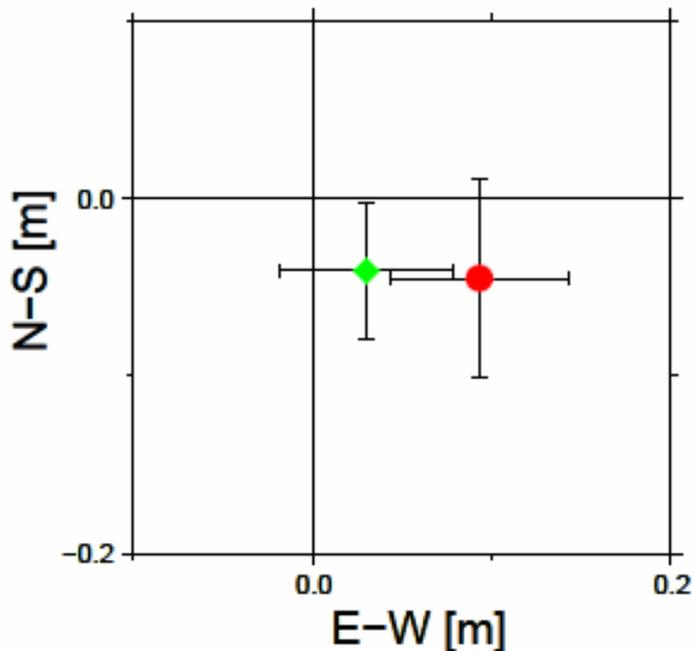


図6. 宮城県沖のGJT4サイトにおける2回の海底測位観測の結果. 東側の赤丸は2004年8月, 西側の緑色の点は2005年6月の観測結果であり, 太平洋プレートの沈み込みに伴う上盤プレートの変形を示していると解釈される.

## 5. 2005年8月の宮城県沖地震に伴う海底地殻変動

8月16日にM7.2の宮城県沖地震が発生したが, ちょうど宮城県沖でGPS音響結合方式の海底地殻変動観測の航海中であったので, 急遽宮城県沖2サイトおよび福島県沖において観測を行った. ただし観測時間各サイト半日から1日程度と極めて限られており, どの観測サイトも震源近傍ではなかったため, 陸上GPS観測から推定された1~3cm程度の海底変動との違いを見出すことはできなかった.

## 6. まとめ

平成16年度から, 日本海溝の陸側で, GPS音響結合方式の海底地殻変動観測を宮城県沖と岩手県沖で進めている. 繰り返し測位精度は数cmであり, 宮城県沖において, 太平洋プレートの沈み込みに伴う上盤プレートの変形と解釈される地殻変動を検出した. しかし2005年8月の宮城県沖地震に伴う海底地殻変動を捉えるには至らなかった. 陸上のGPS観測から推定される各観測サイトにおける地殻変動は1~3cm程度と推定されており, その変動を捉えるためには, 少なくとも2~3cmの繰り返し測位精度を達成する必要がある. 観測サイト周辺の精密地形観測を行うとともに, 無人探査機による潜航調査を行い, 厚い堆積層の上に設置した音響測距用海底局の姿勢の安定性を確認したことは, これまであいまいにされてきた海底測地観測の基盤を固めたという意味で重要である.