

次期高機能海底地震計開発試験に向けた 深海用小型ビデオカメラの開発

○塩原 肇（東京大学地震研究所）、杉岡裕子（神戸大学理学研究科）、
太田豊宣・大西信人（有限会社テラテクニカ）

海底地震観測から多様な地球内部活動を解明することを狙い、発表者らは1999年以降、自己浮上型の広帯域海底地震計（以後 BBOBS）およびそれを高度化したセンサー埋設型の BBOBS-NX を実用化、各種の観測で使用して研究成果を挙げてきた[1]。但し、後者は自由落下投入後の機器展開と回収時には深海潜水艇を必要としているため、BBOBS に比べてその運用には大きな制約がある。これを解決するため、BBOBS-NX に BBOBS と同様な自由落下設置・自律展開・自己浮上回収の機能を持たせることを目的とした開発研究を今年度から開始した（科研費[基盤 A]採択課題）。既に各種の試験観測・実用観測を進めてきた経験から、この開発に際して、(1) 着底時のセンサー部の傾斜がその動作上の許容範囲（±8 度）を超えることが半数程度の確率で起きる、(2) 現在のセンサー部を堆積物中から引き抜くのに 80kgf 程の力を要する、(3) 設置・観測・回収の3段階を制御する自律動作システムが必要、という解決すべき課題の存在が分かっている。そこで、まず(1)の傾斜問題が降下中の姿勢、それとも堆積物へ貫入する際の抵抗の不均質さで決定されるのか、といったことを明確にするため、BBOBS-NX の実用的長期観測開始時に調査することを計画した。そのため、BBOBS-NX の降下状態への影響を最低限にしつつ、着底後にはその結果を直ちに得られるようにするため、BBOBS-NX 本体とは独立して動作し、潜水艇で回収可能な小型ビデオカメラおよび加速度ロガーを独自開発し、観察と計測を今年度実施した。本発表では、今後他の用途でも応用が期待される深海用小型ビデオカメラ（図 1）について紹介する。

基本的仕様には、耐水深 6000m・2 時間以上の連続撮影・耐圧容器外から記録開始制御・LED 照明を内蔵・外寸の最小化、を設定した。まず、降下時の抵抗となりにくいと思われる細長い筒状の耐圧容器に適合する安価かつ高精細な動画撮影装置として、Sony 製のアクションカメラ（HDR-AZ1）を採用した。これは Wi-Fi 通信により iPad などを用いて主電源以外の各種操作を耐圧容器外から可能な点でも合目的で、64GB の micro SDXC カードの使用と外部電源を付加することで LED 照明も含めて連続 5 時間以上の動画撮影を可能とした。本開発での大きな課題は、撮影用窓と LED 照明の設計であった。設計当初は機構の潜水艇チームにも相談し、円錐形状の窓を検討したが、細い円筒部と同じ程度の直径の窓で LED 照明をカメラレンズ部と共に配置するのは困難であった。そこで、サファイアガラス製の平板窓を採用したが、窓表面での LED 照明の反射、窓側面での散乱による映り込みを避けることに配慮がまだ必要で、現時点ではこの点が完全には解決できていない。内蔵する電源は DD サイズのリチウム一次電池 1 個（3.9V, 30Ah）で、DC-DC コンバーターによってビデオカメラ用（5V）及び LED 用（5.7V）を供給している。LED 照明（3W）は、ビデオカメラの録画状態表示 LED に同期して通電する構造である。

本ビデオカメラを使用する機会は今年度 3 回が予定されていたが、最初の耐圧試験に失敗しサファイアガラス窓を作り直したため、7 月の NT15-12 での BBOBS-NX 設置には間に合わず、KR15-14 では台風による航海日数短縮のため BBOBS-NX の設置自体が無くなり、唯一 KR15-15 で初めて撮影が実施できた（図 2）。加速度ロガーも同様に KR15-15 でのみ正常記録が得られた。撮影条件の試行錯誤が出来なかったため、最も高画質なモードでの標準フレーム速度（60fps）を選択したが、LED 照明が弱いのと BBOBS-NX の降下速度が約 1.5m/s と速いため、着底前後の事象を詳細に捉えるのは難しかった。なお、

加速度ロガーでは傾斜変化が十分な時間分解能で記録されている(±16g, 400Hz)。この1回の調査結果からは、着底時の傾斜は貫入直前の傾斜角を保存しているように見られる[2]。今後、本ビデオカメラをBBOBS-NXの着底観察に使用する際は、LED照明の出力を高くし、スロー撮影モード(120fps)を使うことで、加速度データと対応可能な画像を得ることを狙う。

引用文献

[1] D. Suetsugu and H. Shiobara, Broadband Ocean Bottom Seismology, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 42, 27-43, 2014.

[2] H. Shiobara, M. Shinohara, H. Sugioka and A. Ito, NX-2G : autonomous BBOBS-NX for a highly mobile broadband seismic and tilt observation at the seafloor, MTS/IEEE, OCEANS'15, 931, National Harbor, MD, USA, Oct. 22, 2015.

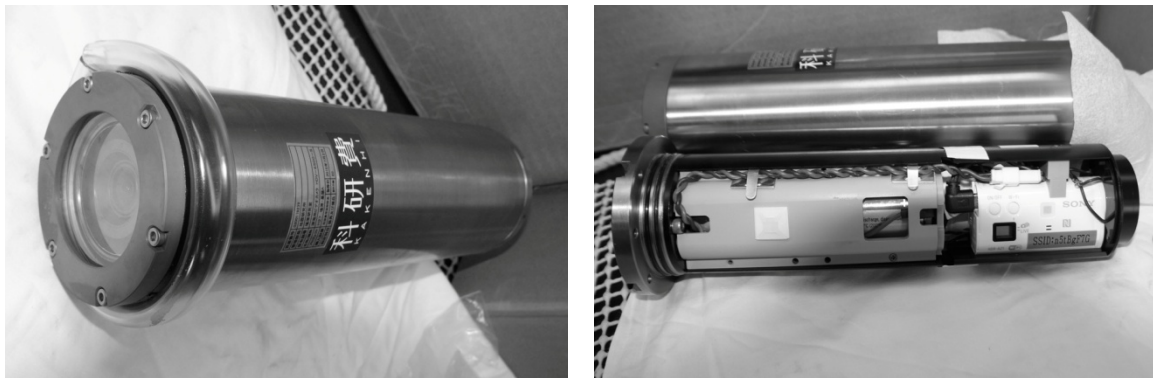


図1 深海用小型ビデオカメラの外観と内部。直径76mm・長さ245mm、水中重量は2kg。HDR-AZ1(右端の白い部分)は筐体の軸方向にレンズがある点も同種のカメラと比べて本目的に合う。Wi-Fi通信はサファイアガラス窓(16mm厚)を介し、本体から1m程度の距離では問題ない。カメラ主電源のONのみ、耐圧容器の封止時に行い、撮影開始まで待機可能なのは約20時間である。

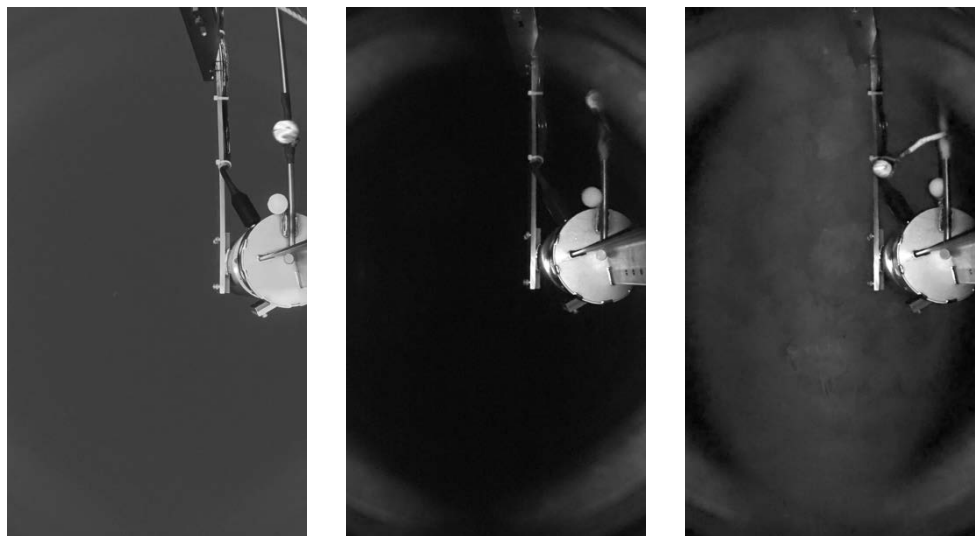


図2 左から、着水直後・降下中・着底の瞬間、の画像である。視野が暗くなるとLED照明の映り込みが顕著になってしまう。