

NICT 機関報告

市川 隆一¹、関戸 衛¹、川合 栄治¹、雨谷 純²、Thomas Hobiger²、岳藤 一宏¹、
氏原 秀樹¹、堤 正則¹、宮内 結花¹、
長谷川 新吾¹、武江 美和¹、小山 泰弘²、近藤 哲朗²

¹ 情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター、² 情報通信研究機構

1 はじめに

本報告では、2011 年度の情報通信研究機構（以下“NICT”と略す）における VLBI 関連研究の概要について述べる。今年度から 2015 年度までの 5 年間にわたる第 3 期中期計画を開始し、周波数・時刻比較への VLBI 技術の応用を核とした開発研究を推進することになる。しかしながら、今中期計画開始直前の 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災のため、NICT での実証実験に不可欠な道具立ての一つである鹿島 34m アンテナも被災し、長期にわたる観測停止状態を余儀なくされている。本稿では、震災による様々な影響を含め、今年度の研究開発状況についてまとめた。

2 第 3 期中期計画の概要

第 3 期中期計画が 2011 年 4 月より始まったことに伴い、VLBI の開発研究を担当する我々の組織に若干の変更があり、“情報通信研究機構電磁波計測研究所時空標準研究室次世代時空計測グループ”として研究を進めている。我々が所属する時空標準研究室の主たる研究開発目標の一つとして、従来の水素メーザの安定度を 2 桁以上上回る光周波数標準技術の実用化があり、これには複数地点に設置された光周波数標準器の周波数・時刻比較技術も同程度の安定度で実現する必要がある。そこで、今中期計画では、VLBI 周波数・時刻比較手法のさらなる高度化を目指し、汎地球的規模で平均化時間 1 日での安定度 10^{-16} を達成することを目標と掲げている。また、同グループ全体としては、VLBI だけではなく、衛星双方向技術や GPS など関連技術の高度化も併せて推進することが強く求められている。

VLBI 技術に関しては、広帯域受信系の開発により高感度化をはかり、前中期計画で開発した超小型 VLBI システムをさらに発展させたシステムに搭載する戦略で

ある。さらに、VLBI 観測システムに供給する標準周波数信号の高安定化を実現するために、標準信号の位相のばらつきを補償可能なファイバ伝送システムの導入を想定している。もちろん、一連の VLBI 技術開発では、次世代 VLBI 規格“VLBI2010”への寄与も念頭に置いている。

3 超小型 VLBI システムを用いた VLBI 周波数・時刻比較技術の研究開発

NICT では、前中期計画中に国土地理院と共同で分割可搬型の超小型 VLBI システムを開発した。同システムの主開発目的は、GPS や光波測距儀の検定を目的として測量法に則って運用される距離比較基線場の較正を行うことにあった（詳細はこれまでの文献を参考にされたい）。実際の運用では、本システムと大型アンテナから構成される観測網により、較正を行う。この手法による基線場検定システムを、我々は“MARBLE システム (Multiple Antenna Radio-interferometer for Baseline Length Evaluation System/距離基準用多アンテナ干渉計システム)”と名付けた [1]。2010 年度末までに、鹿島一つくば間で計 7 回の測地 VLBI 実験を行い、うちデータ品質が良かった 2010 年 8 月から 12 月までの 5 回の観測で $54184874.00 \pm 2.4\text{mm}$ という基線長解析結果を得ている [2]。

第 3 期中期計画では、VLBI 周波数・時刻比較の高度化を実現するために、同システムを基本とした開発を開始した。まず、現行の超小型 VLBI システムを用いた場合の周波数・時刻比較精度を評価するために、2011 年 2 月末まで国土地理院に設置してあった試作 2 号機を NICT 小金井本部 2 号館の屋上に移設した。さらに、2011 年度中には実際の観測を行う予定であったが、試作 2 号機の設置場所周辺での混信状況が予想以上に深

刻であることが判明した。超小型 VLBI システムでは、2-18GHz の信号受信が可能なフィードに 1-11GHz 帯の低雑音増幅器 (以後 LNA) を組み合わせている。そのため、一部の周波数帯での混信であっても、信号が強ければ LNA そのものが飽和してしまう。現在、アンテナ周辺での信号の遮蔽やプログラム追尾でのスカイマスク設定、あるいは帯域制限フィルターの組み込みなど複数の方法を検討しながら観測実現に向けて作業中である。



図 1: 平成 22 年度後期の補修工事が完了した 34m アンテナと新ロゴ (2011 年 8 月撮影)。震災により工事完了が 2011 年 6 月まで遅れた。

VLBI 周波数・時刻比較の高度化を実現するためには、VLBI システムそのものにも手を加える必要がある。具体的には、広帯域受信系の新規開発がその要となる。これまで、距離基準超小型 VLBI システムには常温の広帯域受信系を搭載しており、冷却機構を付加することで高感度化する必要がある。また、フィードについても、必ずしも主鏡に最適化されたビーム形状とはなっていない、アンテナ開口効率の点で改善の余地がある。そこで、新規のフィード開発も併せて進めている (本号の氏原他の報告を参照されたい)。一方、鹿島-小金井基線において、複数手法での周波数・時刻比較を定常的に実施するために、GPS、復擬似雑音信号方式、及び搬送波位相方式での衛星双方向技術などの設備が年度末までに整備されつつある。これらの機器に対して、共通の水素メーザから標準信号を供給しており、次年度から本格的な評価実験を行う予定である。

4 鹿島 34m の現況

錆による鹿島 34m アンテナの構造劣化を防ぐために、エレベーションギヤ部及びステップ部分の補修、主鏡面の洗浄などを 2011 年 1 月 12 日に開始した。この補修工事の一環として、NICT の新ロゴ (図 ??) もアンテナに描画することとした。ところが、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災により 34m アンテナも被災し、かつ補修工事請負業者側でも職人の確保が困難となったため、工事の一旦停止を余儀なくされた。その後、5 月の連休後から本格的に補修工事を再開し、6 月 18 日に完了した。

アンテナの被災については、下記のような時間経過とともに詳細が判明し、当初より極めて深刻な状況にあることがわかった (図 2)。

2010 年 3 月末 目視による緊急調査

1. 電気、及び空調配管の剥離・落下
2. アンテナ基台コンクリートの不同沈下とこれによる排水不良
3. エレベーションギヤ支柱の構造部の弱体化

2010 年 6 月下旬以降 アンテナ低速駆動による調査

1. アジマスモータ減速機異音発生、1 台の分解調査により破損判明。残り全モータ (エレベーション 2 台、アジマス 3 台、計 5 台) の減速機のオーバーホール補修を実施することを決定。
2. ケーブル捻回部破損。これにより、アンテナ駆動による調査中断。これについては既に対応済み。
3. 受信機制御系動作不良。

2011.9 月末~2012 年 1 月 アンテナ低速駆動による調査再開 (※ 11 月中旬~12 月上旬にかけて減速機取り外しにより一旦中断)

1. 軸校正試験実施。22GHz 受信での光軸ずれを鹿児島大学の協力のもと発見。アジマスレールの継ぎ目でずれが顕著であることから、2mm にも及び継ぎ目の段差を確認。その後、8GHz 帯の信号受信でも光軸ずれが地震前に比べて増大していることが判明。
2. アジマスレールを調査する中で、レール面の抉れを発見。なお、この時までには、被災時にアジマスホイールがレールと設置していた場所で、幅 1cm を越える抉れも確認している。

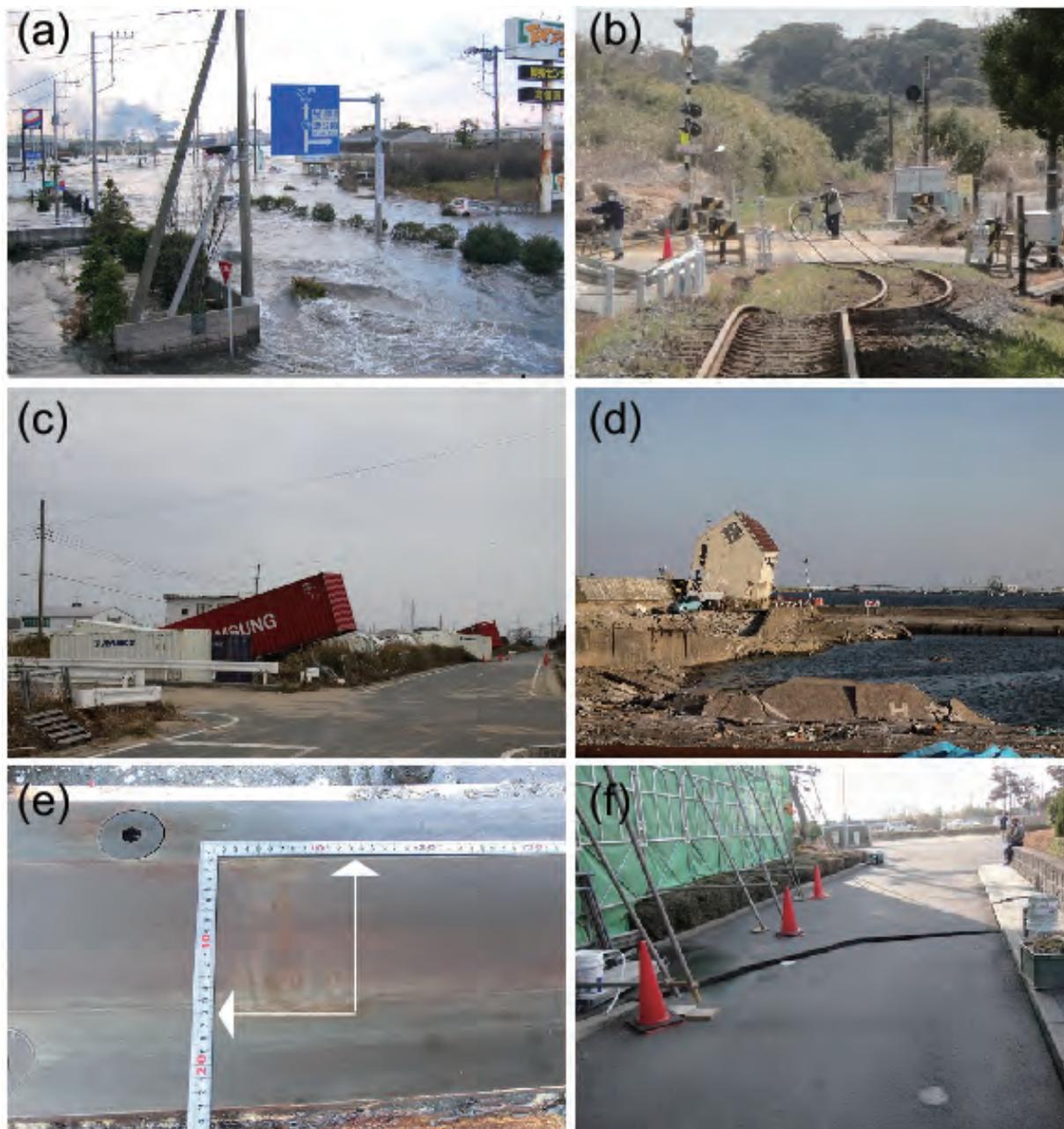


図 2: 東日本大震災による鹿嶋市周辺、及び鹿嶋宇宙技術センターの被害。(a) 鹿嶋港周辺に襲いかかる津波の被害 [3], (b) 強震動のため曲がった鹿嶋臨海鉄道のレール、(c) 鹿嶋港から津波で流された多数のコンテナ、(d) 津波によって破壊された鹿嶋港、(e) 34m アンテナアジマスホイールによるアジマスレール上の擦過痕、(f) 鹿嶋宇宙技術センター玄関前の状況 (写真 (b) と (f) は近藤氏による)。

3. 2012 年 1 月 27 日にアジマスホイールの 1 輪に重大な損傷を発見 (図 3)。

2012 年 2 月現在、第一次補正予算による 34m アンテナ復旧のための補修作業を順次進めているところである。

5 東北地方太平洋沖地震による地殻変動

昨年の VLBI 懇談会シンポジウム集録でも報告済みだが、“東北地方太平洋沖地震”発生後の余効変動が 2012 年 1 月現在も継続している。34m アンテナ庁舎屋上に設

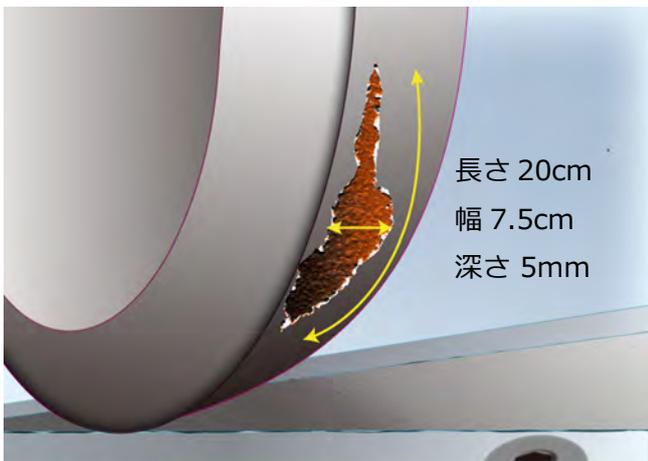


図 3: 34m アジマスホイールの損傷状況。上段：損傷部分の写真、下段：損傷部分を強調したイラスト。

置した NICT の GPS 観測点 (観測点名: KS34) のデータ解析によれば、図 4 に示すように、地震後 2011 年末までに、東方向へ 30cm、南方向へ 18cm、鉛直上向きに 13cm の変位が認められる。VLBI、GPS 共に世界測地座標系の中での局位置を正確に把握しておく必要があり、今後も継続的に観測を行うことにしている。

6 今後の研究計画とまとめ

2011 年 4 月より新体制で第 3 期中期計画を開始した。新たな中期計画では、VLBI 時刻比較手法のさらなる高度化を目指し、汎地球的規模で平均化時間 1 時間での安定度 10^{-16} を達成するというものである。そのために、前中期計画で開発した超小型 VLBI システムの高度化、具体的には広帯域受信系の新規開発と標準信号供給系の高安定化が鍵となる。また、次世代 VLBI 規

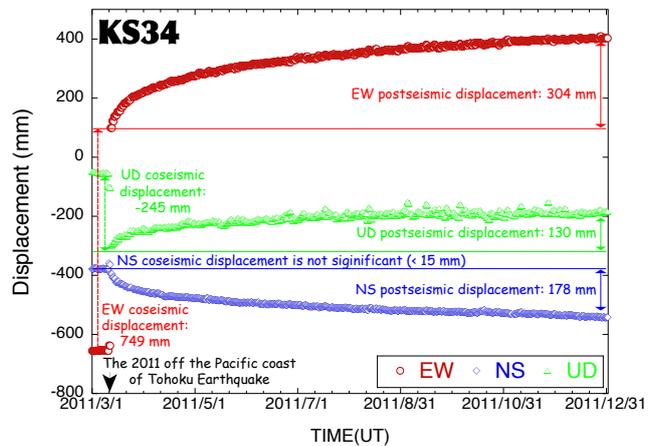


図 4: 鹿島宇宙技術センターに設置された GPS 観測データによって得られた東北地方太平洋沖地震に起因する地殻変動。

格 “VLBI2010” への寄与も念頭に置いている。2012 年度については、広帯域受信系の試作と試験観測、及び VLBI、GPS、衛星双方向技術などを駆使した周波数・時刻比較の実証試験を中心に開発を進めて行く予定にしている。一方、東日本大震災による 34m アンテナの被災状況は極めて深刻であり、恐らく 2012 年度一杯まで復旧作業に傾注せざるをえないと考えている。今後とも関係各機関には改めてご支援をお願いします。

参考文献

- [1] Ichikawa et al., Present Status and Outlook of Compact VLBI System Development for Providing over 10km Baseline Calibration, TDC/News, Vol.30, pp.22-25, 2009.
- [2] 市川隆一他、NICT 機関報告、2010 年度 VLBI 懇談会シンポジウム、VLBI 懇談会設立 20 周年シンポジウム-VLBI の現在、過去、未来-、pp.1-16, 2011.
- [3] 広報かしま [http://city.kashima.ibaraki.jp/20kouhou/data/20110401/0401_all_ver2.eps)], No. 393, 4 月 1 日号, 2011.