基線場におけるトレーサビリティに関する調査研究（第２年次）

実施期間　平成 22 年度～23 年度
測地部測地基準課　　佐藤　　雄大

１．はじめに

国土地理院は，測量に用いる測距儀及び GNSS 測量機の検定で使用する基線場を維持管理している．基線場は，測距儀等の測距性能を点検または検定ができるように，基準となる予め測定された点間距離（基線）を持つ複数の測点から構成されている．国土地理院の測距儀の検定用基線場では点間距離約 250，400，1000m，GNSS 測量機の検定用基線場では点間距離約１km 及び 10 km の基線があり，１mm 単位で求められている．一方，長さについては計量法で国家計量標準（国際標準）が定められており，計測した長さを，国際標準まで関連付けることができる体系（トレーサビリティ体系）が確立している．国土地理院においても長さにおけるトレーサビリティ体系を適用し，測量行政機関として，測量で測定される長さ（距離）について国際標準との繋がりをもつトレーサビリティ体系を確立することを目指している．

現在国土地理院では，基線場の測定に使用している測距儀は，（独）産業技術総合研究所の特定標準器で校正されたものを使用し，国際標準とトレーサビリティのとれたものとなっていて，これを国土地理院の標準機としている．計量法における長さのトレーサビリティ体系は基本的に屋内で計測された長さに対して適用されているが，国土地理院によるこれまでの調査研究により，１km 程度の長さで，一定の条件下では屋外においてもトレーサビリティを確保できる可能性が示されている．しかし，GNSS 測量機についてのトレーサビリティ体系は未だ確立していないため，まず１km 超かつ標準機で測定可能な基線において，GNSS 測量機との比較観測を行う必要がある．そのため，本調査研究では約２km の基線をもつ基線場を設置できる可能性がある場所について調査したので，その結果を報告する．

２．調査概要

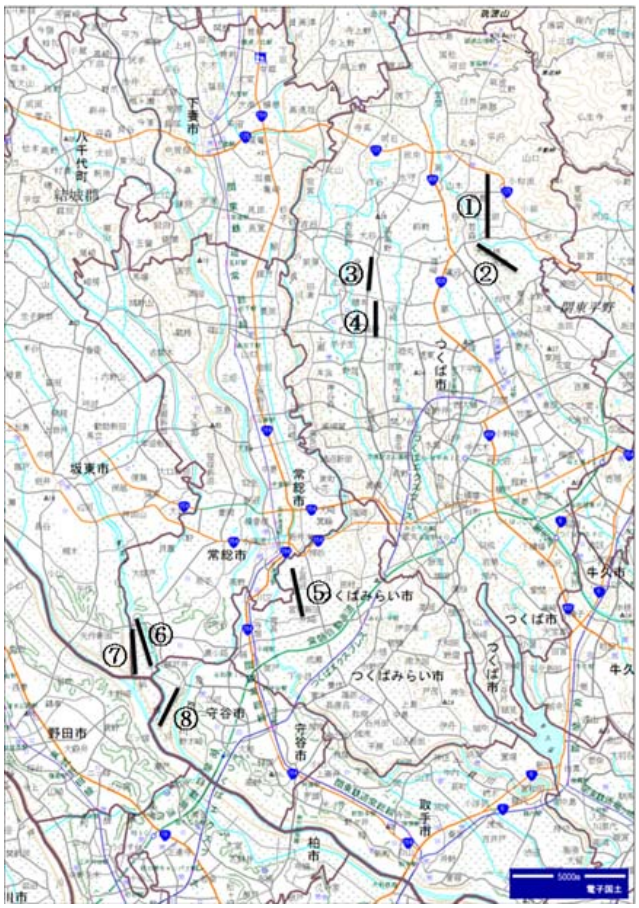
基線場候補地の調査は，まず机上調査で候補地を選定した後，現地において状況の調査を行った．表－１に示す調査項目に従い，候補地を机上調査にて８箇所選定した後，現地調査にて基線場設置における可能性について検討した．

表－１　基線場候補地についての調査項目

机上調査	つくば市周辺の約２km の直線性の高い，比較的傾斜が小さく主要でない道路
現地調査	(1) 両端点間で視通が確保できるか
	(2) 交通量は多くないか
	(3) 観測天幕を設置できるか
	(4) GNSS 観測のための上空視界は良好か
	(5) その他，観測条件に問題ないか

３．調査結果

机上調査にて図－１のとおり８箇所の候補地を選定したが，現地調査により候補地①，②，④～⑥については，交通量，道路状況の点から基線場の設置に不適と判断した．候補地③，⑦，⑧については，いくつか検討が必要な点があるものの基線場の設置は可能な状況であった．



図－１　机上調査における候補地一覧

候補地③（図－2a）

起伏がほとんど無く上空視界が良好であり，調査時点では通行者のいない広い歩道を持つ道路である．両端点間の距離が約 1.8 km とやや短いが，観測天幕を設置しても通行者のスペースを確保でき，基線場の設置に望ましい条件は揃っている．

候補地⑦（図－2b）

約２km の基線を設置でき，起伏の小さい上空視界が良好の河川敷歩道である．歩道のため車両の通行は無く，基線場の設置には適した状況となっているが，基線の途中から砂利道となるため，測点の設置方法を検討する必要がある．

候補地⑧（図－2c）

約２km の基線を設置でき，起伏の小さい上空視界が良好の農耕車の使用が主要の道路である．調査時が休耕期であったため，車両の通行は無かった．基線測点を道路脇に設置し，観測時には観測天幕が道路脇に設置されることになるが，休耕期であれば通行の支障となる可能性は低いと考えられる．

図－２　現地調査を踏まえた候補地の端点予定箇所からの写真

４．まとめ

今回の調査により，目的とする約２km の基線をもつ基線場を設置できる可能性がある３箇所の候補地を挙げることができた．しかし，本調査は観測作業上の可能性にのみ着目したものであるので，今後は基線場設置の実現に向けて所有者との交渉に取り組んでいく予定である．

ジオイド・モデル改定に向けた解析手法の研究（第７年次）
－新たなジオイド高データを使用したジオイド・モデルの試作－

実施期間　　平成 17 年度～
測地部物理測地課　兒玉　篤郎　　森下　遊

１．はじめに

ジオイド・モデル「日本のジオイド 2000」(以下,「現モデル」という.）は，2001 年３月に北海道，本州，四国，九州，沖縄地域が初版（ver.1)として整備された．その後，順次整備地域の拡大に伴い，データの追加を行い，2010 年 10 月 1 日には有人の島嶼を含む日本全国（北方領土を除く）の地域の整備を終了し，ver.5 を公表した．

現モデルは，ジオイド高データの分布の偏りにより，一部の半島等では精度が低いこと，さらに，2004 年７月１日の電子基準点標高成果改定に伴う誤差も含まれていることがわかっている．これらの問題を解消し，より高精度なジオイド・モデルを構築するために，全国にほぼ均等に設置されている電子基準点（付属標）でジオイド測量を実施し，ジオイド高データを整備している．

今年度は，これまで取得してきた電子基準点付属標のジオイド高データ（以下,「新ジオイド高データ」という.）を用い，取得が密な西日本（東経 139 度以西）の主な地域として，新たなジオイド・モデルを試作し高精度化に向けた検討を行ったので報告する．

２．研究内容

まず，現モデルについては，短波長成分で高精度な重力ジオイド・モデル（JGEOID2000）と，中長波長成分の補正情報を与える全国ジオイド測量点（816 点の水準点）におけるジオイド高データ（以下,「旧ジオイド高データ」という.）を組み合わせて構築している．

現モデルにおいて，新ジオイド高データとその座標における現モデルのジオイド高を比較すると，全国的に数 cm，大きいところでは数十 cm の差が存在する．この差は主に現モデルに含まれる誤差を反映したものであり，この誤差の要因として主に次の４つが考えられる．

①重力ジオイド・モデル(JGEOID2000)には系統誤差が含まれることがわかっており，現モデルはこれに起因する誤差を持つ．

②旧ジオイド高データは，20km 間隔で等密度になるように選定された一等水準路線上の水準点で観測している．しかし，近傍に一等水準路線が存在しない地域においてはジオイド高データが取得できず，データ空白域となった．こうしたデータ空白域では，当然モデルの精度が低下する．

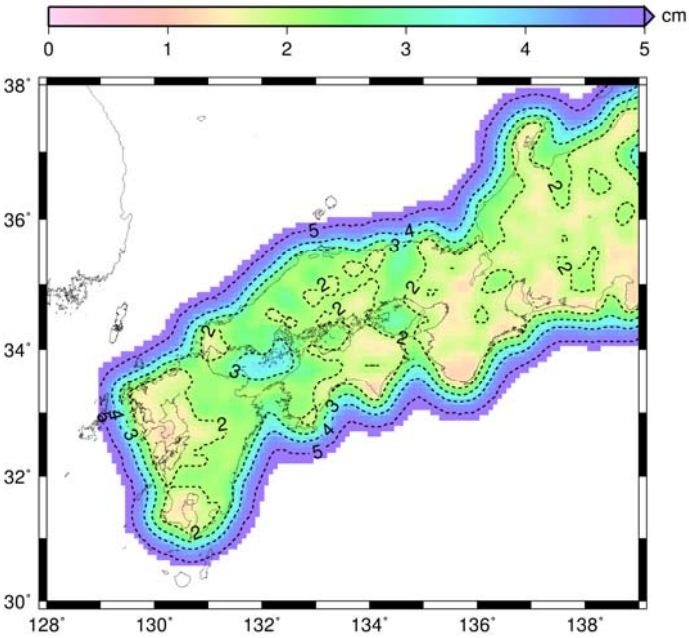
③旧ジオイド高データの取得のための GPS 観測は，ほとんどの観測点が偏心点による観測である．また，基線解析に使用したアンテナ位相特性モデルにも系統誤差が含まれていることが分かっている．また，旧ジオイド高データには 2004 年７月に実施された電子基準点標高成果改定に伴う誤差も含まれている．

④ジオイド・モデルの作成には，その過程で最小二乗コロケーション（以下,「LSC」という.）法を使用しているが，現モデルにおけるその内挿誤差は，ジオイド高データの空白域を除き，全国ほぼ均一に約４cm であった．

これら４つの誤差要因を軽減した新たなジオイド・モデルを試作し，現モデルと比較を行った．比較は，ジオイド高データが密にある西日本を主な対象地域として行った．

３．得られた成果

現モデルが内包する誤差要因を軽減するため，重力ジオイド・モデルはより高精度な最新の JGEOID2008 を使用し,ジオイド高データにはデータ分布がより均質で基線解析結果の精度も高い新ジオイド高データのみを使用することとし，その中でも局所的な変動が見受けられた観測点データは除去した．また，上記データで作成した試作モデルのジオイド較差には，南西から北東に向かってジオイド較差が減少する傾向が見られた．LSC 法では，観測値が等方的であるという仮定に基づいており，傾斜平面誤差のような系統誤差は取り除くべきである．そこで，ジオイド較差に最もフィットする傾斜平面を推定し，それを除去した後に LSC 法を適用した．その後，除去した傾斜平面誤差を加算し，重力ジオイド・モデルと組み合わせて試作モデルを作成した．



図－１　LSC 内挿誤差の分布（コンターは１cm 間隔）

試作モデルについての内部評価の結果，標準偏差は 1.9cm，差は最大で 7.6cm，最小で-5.8cm であり，現モデル（標準偏差は 3.96cm，差は最大で 22.8cm，最小で-35.8cm）から大きく改善された．また，LSC 内挿誤差についても東経 139 度以西では２cm 前後でほぼ均一に分布しており，内部評価の標準偏差 1.9cm と整合する（図－１）．

４．結論

試作モデルでは，主に西日本を対象に検討を行った結果，現モデルの入力データに含まれていた系統誤差に起因する誤差は大きく減少した．また，内部評価の結果，精度は大きく向上した．

今後は，全国で均一な精度を達成するため，空白域となっている北海道や東北地方のデータを取得し再検証を行う必要がある．さらに，ジオイド高データの信頼度を担保するため，電子基準点付属標への標高取付観測の基準となる水準点の履歴調査や，観測点の局地的な変動の有無を調査する必要がある．

５．謝辞

本論で使用した JGEOID2008 は,地理地殻活動研究センター宇宙測地研究室長の黒石裕樹氏から提供していただいた．また，計算手法などの技術面でも多くの助言をいただいた．ここに記して謝意を表します．

参考文献

森下遊（2011）：新たなジオイド高データを使用したジオイド・モデルの試作，平成 23 年度測地部技術報告書．

重力基準網の高度化に関する研究（第６年次）

実施期間　　平成 18 年度～平成 23 年度
測地部物理測地課　岡村　盛司　　宮﨑　隆幸

１．はじめに

1974 年に国際重力基準網 1971（IGSN71）が公表され，これに基づき日本重力基準網 1975（JGSN75）が 1976 年に公表された（国土地理院，1976）．その精度は，0.1mGal である（Kuroishi and Murakami，1991）．

その後，1997 年に日本重力基準網（JGSN96）が公表された．この精度は JGSN75 より１桁良い 0.01mGal である（測地部，1997）．JGSN96 は JGSN75 に基づいて決定された約 14,000 点の二等重力測量の成果との結合が期待されたが，これは実現できていない．

これを踏まえ，二等重力成果を結合させた新しい日本重力基準網（JGSN2011）の構築を進めている．

本研究は，これまでに得られた基準及び一等重力測量に基づき新しい重力基準網の構築を行うとともに，過去の二等重力測量データを整理し，その成果の結合を行うものである．また，東北地方太平洋沖地震に伴う重力変化を反映させるため，平成 23 年度に実施した仙台，八戸地区及び奥州地区の成果も考慮する予定である．

２．重力基準網の構築手順

構築の手順は，基準重力点の重力値を決定後，一等重力点網を構築し，二等重力網を結合させ，さらに東北地方太平洋沖地震による重力変化を重力基準網に反映する．以下に重力基準網の構築手順を示す．

① 絶対重力計 FG5 を用いて 1998 年以降に基準重力測量を実施した全国 29 点の基準重力点の重力値を決定する．

② この基準重力点の重力値を基準としてラコスト重力計を用いて 1997 年以降に一等重力測量を実施した基準，一等重力点，水準点約 150 点からなる一等重力網を決定する．

③ 基準重力点及び一等重力網を既知として，二等重力測量を結合させる．

④ 東北地方太平洋沖地震に伴う重力変化を求め重力基準網に反映する．

３．研究内容

今年度に実施したのは以下のとおりである．

① 東北地方太平洋沖地震に伴う重力変化の見積もり

② 四国地方における二等重力網のデータの確認と網平均計算の実施

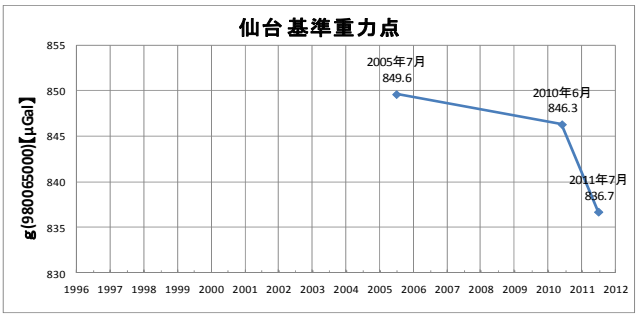
③ ラコスト重力計の最適磁方位の決定

４．得られた成果

① 東北地方太平洋沖地震に伴う重力変化の見積もり

重力は地下構造の変化を考慮しなければ地球の中心に近い（標高が低い）観測点ほど大きくなる．しかし，今回重力測量を実施した仙台，八戸地区及び奥州地区では地盤沈下が確認されているにもかかわらず，前回観測時よりも重力値は減少した（図－１）．そのため，大久保(1994)によって考えられた，地震断層の動きから見積もった地下構造の変化を考慮したディスロケーション

理論に基づいたモデル計算を行い重力変化の評価を行った．その結果，仙台地区は重力実測値が-9.6μGal に対してモデル計算値が-10.8μGal とその差 1.2μGal の較差で一致した．奥州地区においても同じ傾向となったが，八戸地区は絶対重力計のレーザーの不調と思われる異常データがあったことからモデル計算とは一致しなかった．



図－１　仙台基準重力点の重力変化

② 四国地方における二等重力網のデータの確認と網平均計算の実施

二等重力網は，昨年度の第５次までに四国地区をモデル地区として問題点の抽出がされていた．その問題点の一つである観測データ欠落の地域について，手簿を基にデジタル化を行い，データを整備した．さらに網平均計算を行い JGSN75 の重力値と比較すると瀬戸内海側で大きな較差があることが判明した．

③ G 型ラコスト重力計の最適磁方位の決定

G 型ラコスト重力計の最適な磁方位がどの方向にあるのか把握するため，重力測定棟及び御前崎下岬地殻活動観測場内にて磁方位決定作業を実施した．その結果，各重力計に一定の傾向があることが判明した．

５．結論

東北地方太平洋沖地震前後の２回の重力測量により，ディスロケーション理論に基づく重力変化のモデル計算との比較を行い，地震が重力値に及ぼす影響を検討できた．平成 24 年度には弘前地区においても重力測量を実施し，地震による重力変化量や JGSN75 との比較などの検証を進め，新しい日本の重力基準網に反映を目指す．

二等重力網の結合では，四国地区の問題点であったデータの未整備区間を整備することが出来た．今後は，網平均計算の検証を進め，重力基準網への結合を行う．

ラコスト重力計の最適磁方位の決定では，磁北方向に向けて観測していた従来の測定方法に影響しない補正量であった．

参考文献

国土地理院(1976)：日本重力基準網 1975 の設定，測地学会誌，22，65-76.

Kuroishi and Murakami (1991)：Results of Absolute Gravity Measurements by GSI(Ⅲ),Bulletin of the GSI，36，21-31.

大久保修平 (1994)：地震および火山噴火によって生じる重力とポテンシャルの変化―ディスロケーション理論に基づく定式化，日本測地学会誌 Vol.40，No.1，(1994)，pp.1-16.

測地部(1997)：新しい日本重力基準網の構築，国土地理院時報，87，13-20.

植田勲 (2010)：日本重力基準網 2010 への二等重力測量結果結合のための課題整理，技術報告.

菅原安宏(2010)：G 型ラコスト重力計を使用した観測および計算手法の見直しの必要性，技術報告.

地磁気時空間モデルを用いた磁気図作成の検討について（第４年次）
―データの精査と精度評価―

実施期間　　平成 20 年度～平成 23 年度
測地部物理測地課　阿部　聡　　植田　勲

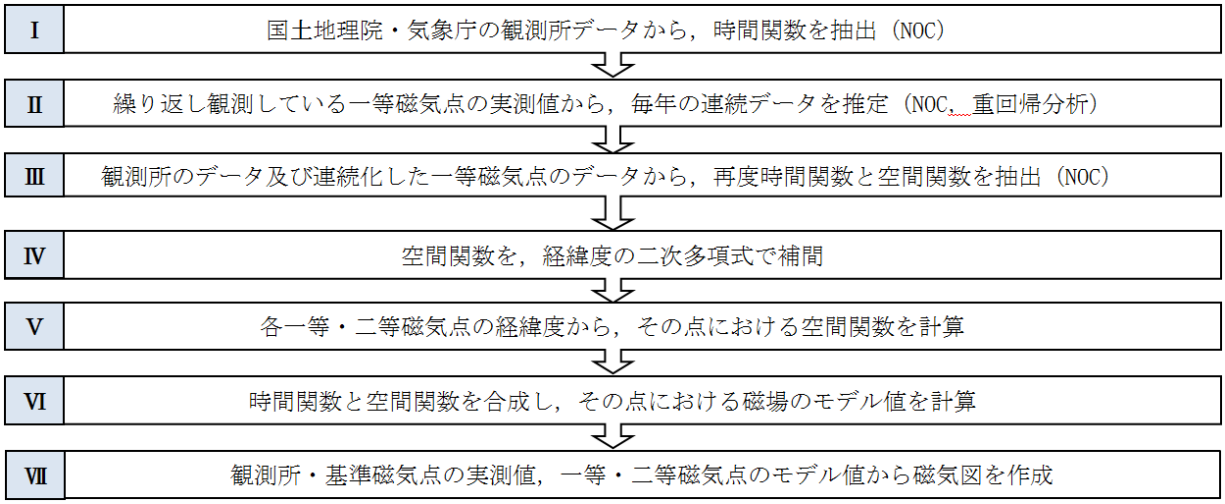
１．はじめに

地磁気係では，磁気図 2010.0 年値作成のために地磁気時空間モデルの技術開発を実施してきた．平成 19 年度までに地磁気時空間モデルの基礎的な技術開発は終了し，平成 20～21 年度は，プログラム類の開発及び地磁気時空間モデルの内部評価を行い，実用化の目処を立てた．平成 22 年度には，地磁気時空間モデルを活用することで一等磁気点改測点数を見直した．平成 23 年度は，磁気図 2010.0 年値公表の年にあたり，これまで開発した手法を用いた 2010.0 年値の計算，データの精査及び精度評価を行った（阿部，2011）．

２．研究内容

1970 年～2010 年までの観測データがそろったことから，実際に磁気図作成で使用するデータが集まったことになる．本調査では，これらのデータを使用し，2010.0 年値の計算過程（図－１）に準じて，以下の点について確認した．括弧内のローマ数字は，図のステップに該当している．

① 空間関数の補間に使用する一等磁気点のモデル推定精度に及ぼす観測年の影響（Ⅱ）
② 一等磁気点の実測値とモデル計算値との差から異常点を検出し，原因を検証（Ⅱ）
③ ②で原因のはっきりした異常点を除き，再度一等磁気点のモデル計算を行い，モデル計算値の精度を評価（内部評価）（Ⅵ）
④ 磁気図作成に使用していない観測データと磁気図から求まるモデル値の比較（外部評価）（Ⅶ）



図－１　地磁気時空間モデルのフロー

３．得られた成果

①観測年の影響

2004 年以降観測あり（30 点），2008 年以降観測あり（23 点），2009 年以降観測あり（15 点）の

３パターンについて，1970 年以降に実施された，全磁気点における全観測（延べ 927 観測）に対して，実測値とモデル値との RMS を比較した．その結果，2004 年以降観測あり（30 点）を使用した場合が最も高精度であることがわかった．

②異常点の検証

７点の異常点を抽出し，原因を検証した．２点は過去の報告書等から，周囲の環境変化が異常値の原因であると判断したため，異常な年の観測値は計算では使用しないこととした．４点は原因不明のため，そのまま使用することとした．１点（91 根室）は，航空磁気測量結果等と磁気図作図結果を比較し，移転前の値に戻して使用することとした．

③内部評価

①と同様に各一等磁気点の RMS を求めた結果を表－１に示す．一部の点で RMS が突出しているものがあったが，これは②で異常点のデータをそのまま使用したためである．一等磁気点全点を対象とした RMS は偏角・伏角で 1.6′以下，全磁力・水平分力・鉛直分力で 16nT 以下であった．大部分の一等磁気点の RMS は，磁気図コンター間隔（偏角・伏角：10′，全磁力・水平分力・鉛直分力：100nT）の半分以下であった．

④外部評価

データの信頼性の高い連続観測点のうち 3 点で磁気図のコンター間隔（100nT）以下の差であった（表－２）．一方で，八ヶ岳では大きな差となった．観測点周辺は火山地帯のため，磁気点分布よりも細かな空間変化が存在している可能性がある．同様に，道東も磁気異常地帯として知られており，磁気勾配の大きさに対して，一等・二等磁気点の配点密度が低いことが原因と考えられる．

表－１　各一等磁気点の RMS の全点の平均値と最大値（1970 年以降）

	D	I	H	Z	F
全点	1.59′	1.26′	15.7nT	13.4nT	11.2nT
各点毎の最大値	6.60′	5.34′	59.9nT	48.5nT	32.9nT

表－２　外部データと磁気図との比較　（全磁力）

観測点名	機関名	観測期間	差（実測値）－（磁気図 2010.0 年値）
いわき	気象庁	連続	9.5 nT
北浦		連続	-13.5 nT
八ヶ岳	東京大学	連続	-243.2 nT
大多喜	国土地理院	連続	-47.2 nT
道東地区 4 点	北海道大学	2010/10/19-21	-1380.4 nT ～ 310.8 nT

４．結論

2010.0 年値を計算するために，データの精査を行った．内部評価と外部評価の結果から，磁気図の精度としては，一部の磁気異常地帯を除いてコンター間隔（偏角・伏角：10′，全磁力・水平分力・鉛直分力：100nT）以内であり，磁気点上では，その半分以下であると推定できる．

参考文献

阿部聡(2011)：磁気図 2010.0 年値の作成におけるデータ検証および精度評価，測地部技術報告．

地盤沈下監視の効率化および測量成果の提供方法の研究

実施期間　　平成 21 年度～
測地部宇宙測地課　山中　雅之　　野口　優子
宮原　伐折羅

１．はじめに

宇宙測地課では，陸域観測技術衛星「だいち（ALOS)」のＬバンド合成開口レーダー（PALSAR）の観測データを用いて,平成16年度から定常的に地盤沈下監視を目的としたSAR干渉解析を実施してきた.

地盤沈下の状況を把握する手段として，国・地方公共団体が従前から行っているのが，定期的な水準測量である．水準測量は，近年では縮小傾向にあり，より効率の良い継続可能な地盤沈下監視手法が求められている．この要望を満たす手法として，干渉 SAR を活用した手法の検討を進めてきた．これまでに，津軽平野（最大沈下量４～５cm）及び九十九里平野（最大沈下量２～３cm）において水準測量とスタッキング処理による干渉 SAR の比較を行ったところ，両者に高い相関が得られており，干渉 SAR の有用性が示されている（森下ほか，2010，野口ほか，2011）．本稿では，水準測量により報告された年間最大沈下量が２cm に満たない，変動量が比較的小さい新潟県内の地盤沈下４地域で，干渉 SAR と水準測量の結果の比較を行い，スタッキング手法による地盤沈下検出の性能を検証したので，報告する．

２．研究内容

新潟県内の地盤沈下４地域（新潟平野，長岡，柏崎，南魚沼）において，基線長垂直成分（Bperp）が短く，２～３年以上の十分な時間間隔がある解析ペア（小さな変動を検出するために必要な期間）を選び SAR 干渉解析を行った．解析では，GEONET データを用いて変動の長波長成分の補正を行った．解析結果のうち，比較的ノイズが少ないものを選別し，ペアの重複による重みの増加を避けるため独立したペアを使用して，衛星進行方向ごとにそれぞれスタッキング処理を行った．スタッキングの結果から得た衛星視線方向の変動量を上下成分へ分離（2.5 次元解析）して年間沈下速度（cm/年）を求め，新潟県等が実施した水準測量の結果から求めた過去２～３年の年間平均沈下量と比較した．

３．結果

観測点毎に，縦軸に干渉 SAR のスタッキング処理により得られた変動量を，横軸に水準測量により得られた変動量をプロットし，プロットに最もよく一致する１次の近似直線を描いて比較を行った．

（１）新潟地区

干渉 SAR により求めた変動量は，水準測量と比較すると約 0.5cm 小さな値を示すが，近似直線の傾きは１に近く，相対的な変動量はほぼ一致する（図－１）．

（２）南魚沼地区

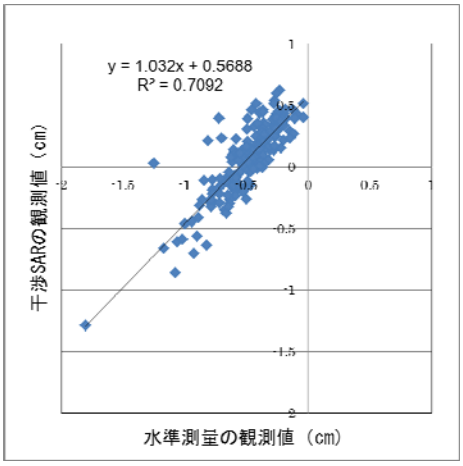
干渉 SAR による変動量は，水準測量と比較すると約 0.5cm 大きな値を示す．明瞭な正の相関が見られるが，近似直線の傾きは 0.8 程度で干渉 SAR による変動がより小さい傾向がある（図－２）．

（３）柏崎地区

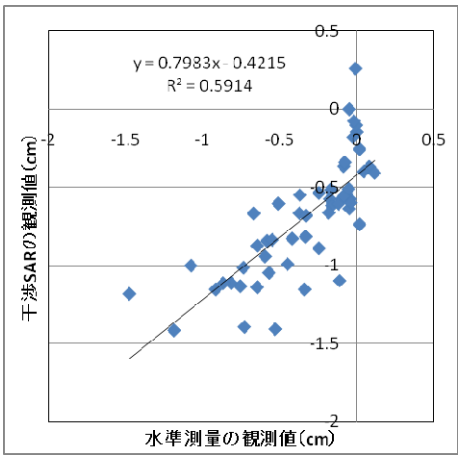
水準測量が捉えた最大の沈下は２cm を超え，南魚沼地区より大きいが，干渉 SAR と水準測量の比較では，較差が最大 1.22cm，標準偏差が 0.47cm と両者の乖離が大きい．正の相関は見られるが，観測点数が少ないこともあり，不明瞭である（図－３）．

（４）長岡地区

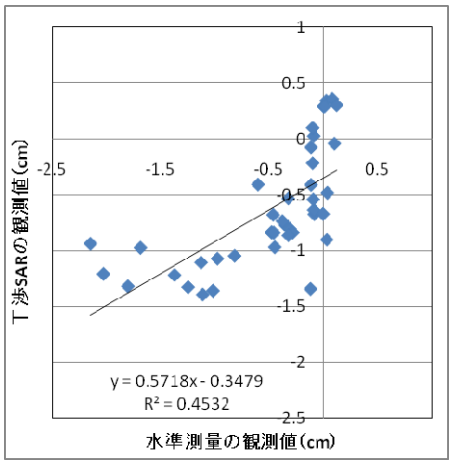
水準測量が捉えた最大沈下が 0.5cm であるのに対し，干渉 SAR と水準測量の比較では，較差は最大で 1.22cm あり，両者の差のほうが大きく，明瞭な相関は認められない（図-４）.



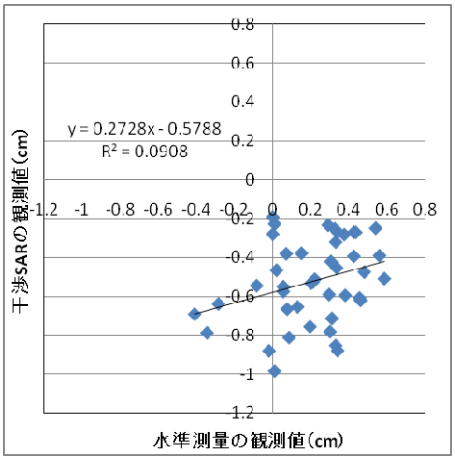
図－１　新潟地区における干渉 SAR による変動量と水準測量の比較



図－２　南魚沼地区における干渉 SAR による変動量と水準測量の比較



図－３　柏崎における干渉 SAR による変動量と水準測量の比較



図－４　長岡地区における干渉 SAR による変動量と水準測量の比較

４．結論

いずれの地区でも，水準測量で変動量０の場合に干渉 SAR で変動量に 0.5～１cm 程度ばらつきが見られることから，スタッキング処理の結果には，0.5～１cm 程度のばらつきがあると考えられる．従って，年間１cm 以上の沈下がある場合に，スタッキング手法により沈下の定量的な把握が期待できる．

参考文献

森下遊，鈴木啓，雨貝知美，唐沢正夫，藤原みどり（2010）：干渉 SAR を活用した効率的な水準測量の実施に向けた取り組み，国土地理院時報，120，17-22.

野口優子，鈴木啓，唐沢正夫（2011）：干渉 SAR と水準測量を利用した地盤沈下監視，日本地球惑星科学連合 2011 年大会講演予稿集，STT057-P02.

アジア太平洋地域における地殻変動監視の効率化に関する研究

実施期間　　平成 23 年度～
測地部宇宙測地課　鈴木　啓　　宮原　伐折羅

１．はじめに

アジア太平洋地域における地殻変動監視事業は，国連アジア太平洋地域地図会議の傘下に置かれたアジア太平洋 GIS 基盤常置委員会（PCGIAP）の調整・仲介のもと，アジア太平洋地域における防災・減災計画を目的とした国際測地共同観測として平成 18 年度から実施している．この事業では，アジア太平洋地域の地殻変動を監視するとともに，同地域の基準座標系（Asia-Pacific Reference Frame; 以下，APREF という.）の構築に貢献することを目指している．アジア太平洋地域の GPS 観測点を定常的に解析するため，平成 22 年度に GPS 解析支援システム（GPS 解析ソフトウェアに Bernese を搭載）を導入した．しかし，アジア太平洋地域の観測網は，日本国内の GPS 連続観測システム（GEONET）と異なり，数千 km におよぶ長距離基線から観測網が構成されるため，長距離基線において安定した測位解を推定するための解析戦略を検討した．

２．研究内容

（１）最適な最低衛星高度角の検討

低仰角のデータに含まれるノイズの影響と観測データ量の増減のトレードオフについて検討するため,アンビギュイティー推定時の最低衛星高度角を変更して様々な基線長について解析した.その後，推定したアンビギュイティーの Fix 率や RMS の比較から最適な解析設定を検討した．

（２）観測網の構築

アジア太平洋地域において解析を行う基線観測網を構築した．観測網の根幹となる観測点は，IGS08 の Reference Frame 局でもある IGS 観測点の 11 点を採用し，この 11 点を単路線でつないだ網を根幹のクラスターとし，根幹のクラスター11 点から周辺の観測点に放射状に基線を組み，観測網を構築した．

（３）網平均計算における拘束条件

（２）で構築した観測網について，ITRF 座標系と整合した測位解を得るために最適な網平均計算時の拘束条件を検討した．

以上の（１）～（３）の検討結果から，安定した測位解を得るための解析戦略を構築し，2010～2011 年のデータについて解析を行った.得られた解析結果について IGS の CODE 解析センターの結果と比較を行うことで精度を検証し，座標時系列から地震に伴う地殻変動の検出を試みた．検討結果の詳細については，鈴木ほか（2011）を参照．

３．得られた成果

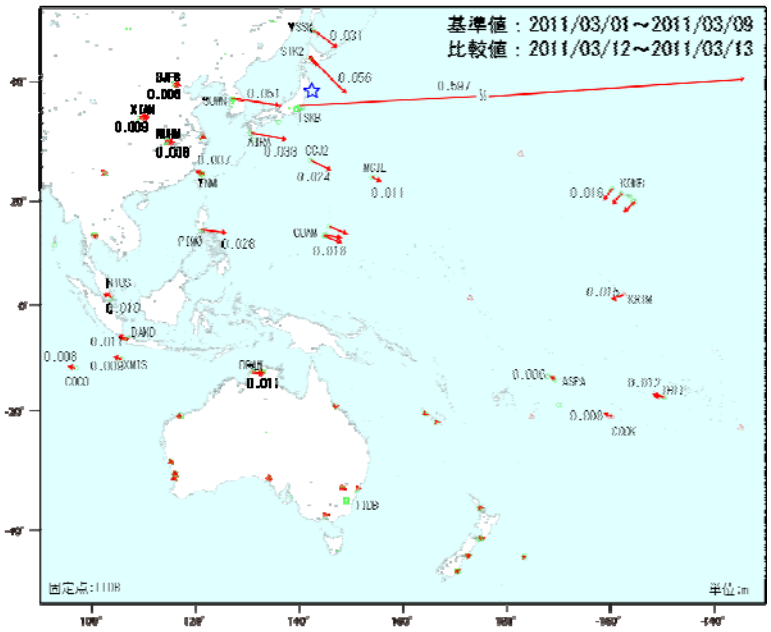
（１）精度評価

IGS 解析センターのうち，Bernese で解析を行う CODE（Center for Orbit Determination in Europe）の解析結果（Weekly SINEX）を比較の基準として座標推定値の安定性を検証した．CODE の解析結果と本解析結果の間に見られる差は，南北成分１～２cm，東西成分２～３cm，上下成分３cm 程度であり，

クラスター間にまたがる長距離基線では，特に東西方向に短周期のバイアスが見られた．一方，同一のクラスター内の基線では，各成分において非常によく一致した．

（２）平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動の検出

地震前後において，つくば観測点（TSKB）の座標値は，東西・南北・上下成分でそれぞれ約 60cm・約３cm・約７cm の変動量が検出された．この変動量は，つくば VLBI 観測局で地震前後に観測された変動量と調和している（国土地理院，2011）．また，本解析で得られた地震に伴うアジア太平洋地域の水平変動ベクトル図を図－１に示す．地震による変動が及んでいないと思われるオーストラリア東部の TIDB を固定した場合，日本では，北海道（STK2）と九州（AIRA）で震央方向に４～６cm の変動が見られる．GUAM および KOKB を根幹とするクラスターではクラスター全体に数 cm の変動が見られているが，地震のメカニズムとは整合せず，クラスターの根幹点のばらつきがクラスター全体に反映されたと考えられる．



図－１　東北地方太平洋沖地震に伴うアジア太平洋地域の水平変動ベクトル

４．結論

アジア太平洋地域において GPS 解析支援システムを定常的に運用するため，解析戦略を構築した．IGS の解析センターである CODE の週値と解析結果を比較した結果，各成分において調和的な結果が得られたが，東西成分において短周期のバイアスが見られるため，原因の把握と解析戦略の更なる改善が今後の課題として挙げられる．また，東北地方太平洋沖地震の余効変動速度を TSKB の初期座標へ反映させた再解析を実施し，東北地方太平洋沖地震以外の地震についても検出性能を検討する．さらに，アジア太平洋地域を網羅するため，IGS 観測点や国土地理院が設置した GPS 観測点以外の GPS 観測点を組み入れることや解析結果を円滑に公表する仕組みを構築することも今後の課題である．

参考文献

国土地理院（2011）：東北地方太平洋沖地震に伴う VLBI 観測局の変動～地震による変動量と余効変動の監視～，http://www.spacegeodesy.go.jp/vlbi/ja/earthquake2011/index.html　(accessed 30 Jan.2012)

鈴木啓，宮原伐折羅（2012）：アジア太平洋地域における GPS 解析戦略の構築，国土地理院時報，123，1-8.

VLBI2010 に関する研究(第１年次)

実施期間　　平成 23 年度
測地部宇宙測地課　川畑　亮二　栗原　忍
小門　研亮　福﨑　順洋
黒田　次郎　石原　操

１．はじめに

国際的な VLBI 観測のとりまとめ組織である国際 VLBI 事業（IVS）は，地球規模で起こる地震や津波，火山噴火，海水面変動，洪水などの自然災害に対応するためのより高精度な VLBI 観測網を構築することを目的として，新たな国際 VLBI 観測の標準として「VLBI2010」を決定した．これは直径 12m 級で毎秒 12 度で回転する高速駆動アンテナ及び広帯域周波数対応のシステムを用いて，①１mm の精度での局位置決定，②常時連続 VLBI 観測，③24 時間以内の成果算出を目指すものである．

宇宙測地課では，VLBI2010 システムへの移行に対応するため，高速ネットワークを利用した e-VLBI 技術による迅速な成果算出及び受信周波数の広帯域化による観測精度向上に関する研究を実施した．

２．研究内容

（１） e-VLBI 技術を活用した迅速地球自転計測

平成 19 年度から，情報通信研究機構（NICT），スウェーデンチャルマース工科大学，フィンランドヘルシンキ工科大学と協力して e-VLBI 技術を活用した迅速地球自転計測の実験（Ultra-rapid dUT1 実験）を実施してきた．平成 20 年２月に地球自転速度を表す値 dUT1 を観測後３分 45 秒で算出することに成功した後，IVS 定常観測において迅速地球自転計測を実施するために，実験で用いた技術の改良に取り組んできた．平成 23 年度は，15 日間連続観測である CONT11 において，つくば局及びオンサラ局（スウェーデン）で迅速地球自転計測技術を用い，15 日間の連続した dUT1 値を迅速に算出する実験を行った．

（２） 広帯域データ記録装置の導入及び試験運用

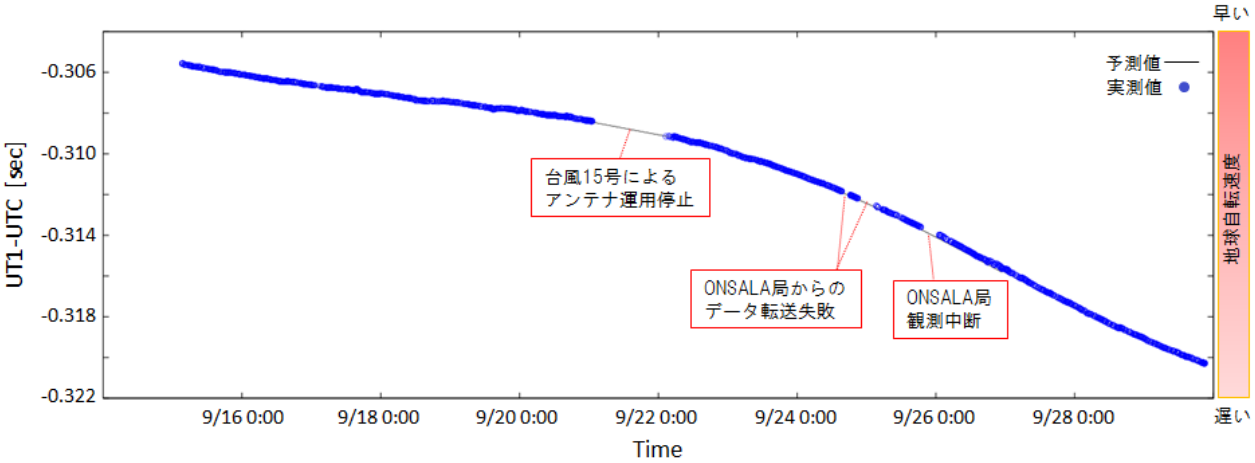
従来の VLBI 観測では，アンテナから送られてくる IF 信号（1000MHz 以下）を，ビデオコンバータを用いてビデオ帯域信号（２～16MHz 程度）に変換した後，既存のデータ記録装置である k5VSSP でサンプリングしてデジタル信号に変換し，観測データとして記録している．広帯域データ記録装置は，アナログの IF 信号を直接サンプリングし，デジタル信号に変換した後，任意の帯域を切り出して，ビデオ帯域信号として記録することができるため，ビデオコンバータが不要になる．また．最大４Gsps の速度でのサンプリングが可能であるため，VLBI 観測で記録する周波数帯を広帯域化し，観測精度を向上させることができる．平成 22 年には，本装置をつくば局に設置して，試験記録を実施した．平成 23 年度は，新十津川局，姶良局及び父島局に広帯域データ記録装置を設置し，国土地理院が参加する国内及び国際観測において本装置を用いた記録を行った．

３．得られた成果

（１） e-VLBI 技術を活用した迅速地球自転計測

つくば相関局及びつくば解析センターにおいて，CONT11 観測中につくば局及びオンサラ局のデータをほぼリアルタイムに収集し，相関処理及び解析を自動化して実施した．つくば局では，台風 15 号の接近

のため，９月 21 日 11:50 から翌日８:40 までの間観測が中断された．また，一時的にオンサラ局からのデータ転送に不具合が発生した．これらの時間を除いて．概ね 15 日間の連続した地球自転速度をほぼリアルタイムに算出することに世界で初めて成功した．



図－１　CONT11 観測中に算出した dUT1 解
横軸の時間は協定世界時

（２）　広帯域データ記録装置の導入及び試験運用

広帯域データ記録装置を，新十津川局（５月），姶良局(11 月)，父島局(12 月)に設置した．これらの観測局が参加する IVS の観測において，本装置を用いた試験運用を行った．このうち，12 月８日に実施された国内観測 JD1112 において，つくば局－新十津川局基線のＸ帯について，広帯域データ記録装置を用いて記録した場合と K5VSSP を用いて記録した場合の SNR を比較した．その結果，X1 及び X8 の周波数帯を除いて，両者ともほぼ同等の SNR になることが分かった．X1 及び X8 の周波数帯については，広帯域データ記録装置で記録した場合の SNR の方が低いことが分かった．これは，他の周波数帯に比べて，X1 及び X8 が広帯域データ記録装置に入力している IF 信号帯の端に近いため，折り返し雑音の影響をより強く受けているためと考えられる．

表－１　JD1112 におけるつくば－新十津川基線Ｘ帯の SNR の平均

データ	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
VSSP	10.6	10.8	11.2	11.1	10.9	10.0	10.4	10.7
広帯域データ記録装置	8.3	9.8	10.8	10.8	10.5	9.8	9.8	8.8

４．結論

e-VLBI 技術を用いた地球自転速度の迅速算出に関する研究については，概ね計画どおりに 15 日間の連続した dUT1 を算出することに成功した．今後は迅速算出した dUT1 と CONT11 の解析センターが実施する全観測局のデータを用いた dUT1 を比較し，迅速解の再現性について検証する．本研究は常時連続観測及び 24 時間以内の成果算出を目指す VLBI2010 システムに関する先駆的な研究になると期待される．

広帯域データ記録装置については，国土地理院の全ての VLBI 観測局への設置が完了し，本装置を用いた記録試験を実施した．運用に関する検証が終了した後には，IVS の観測において，本格的に本装置での記録に移行するとともに，地方 VLBI 観測局の記録帯域幅を４MHz 幅から８MHz 幅に拡大して，測地成果の精度の向上を図る．

REGMOS の高度化に関する研究（第５年次）

実施期間　　平成 19 年～平成 23 年度
測地部機動観測課　針間　栄一朗

１．はじめに

機動観測課では，火山地域における地殻変動監視のため，GNSS 火山変動リモート観測装置（以下，「REGMOS」という.）の開発及び改良に取り組んでいる．平成 22 年度までに，発電効率を上げ安定的な電力を確保するために太陽電池モジュールを増設した REGMOS 筐体の製作,多項目での観測や各機器に障害が発生した場合にそれぞれの機器を初期化させる機能を有する総合制御装置の製作，大容量のデータ通信を可能とした移動体通信サービスの衛星携帯電話に更新を行い，現地から安定的なデータが転送されるようになった．本研究では，平成 22 年度に検証中であった温度計と傾斜計で得られるデータの相関関係と，多項目での火山監視を目的としたオーバーハウザー磁力計（OVH-216）を取り込める REGMOS を富士山で交換したため，磁力計で得られた結果について報告する．

２．研究内容

① 温度計，傾斜計で得られるデータの相関

平成 22 年度に検証中であった傾斜計データが温度計データと同じ変動を示すことによるデータ取得時の異常の有無について検証した．

② 磁力計で得られた効果

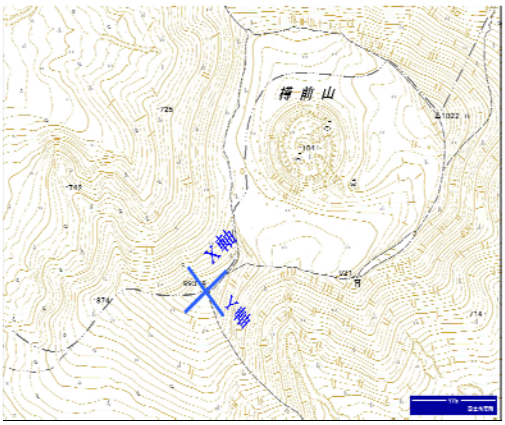
GPS データの他に，全磁力データを取得することにより，マグマの上昇を捉えるなど火山活動の総合監視を行う．

３．得られた成果

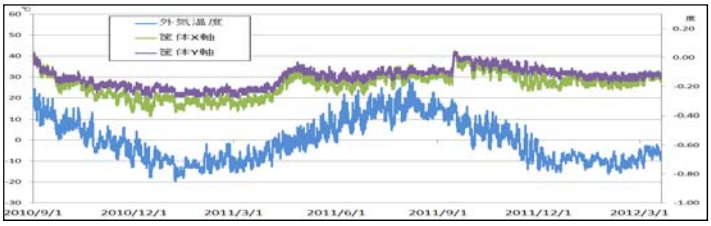
① 温度計，傾斜計で得られるデータの相関

図－１は，樽前山における傾斜計の位置図である．夏季においては筐体及び地中の傾斜計データが類似した傾向（図－２）となり，両機器の差分は気象環境による筐体に及ぼした変位差と考察される．また，両変化グラフの傾斜計データについて，温度に相関する傾向となり，特に冬季における地中（50 ㎝に設置）での傾斜計データは，凍上現象と思われる変動（図－３）を含んでいると考えられる．

冬季間での地中傾斜計における両成分の剥離については，２シーズンとも同傾向のため機器の特性も含め現在原因を調査中である．



図－１　位置図



図－２　外気温度と筐体傾斜計データ

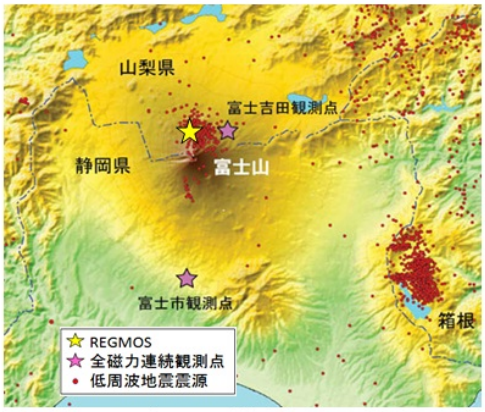
図－３　地中温度と地中傾斜計データ

② 全磁力データで得られた効果

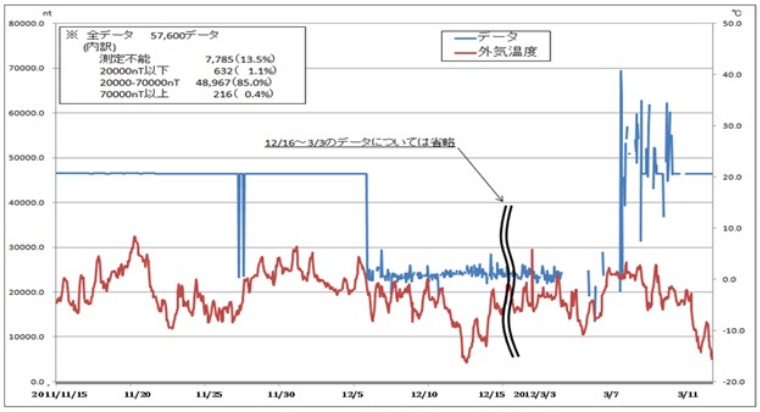
図－４は，富士山における全磁力連続観測点の配置図である．全磁力連続観測は，火山の活性化などに伴うマグマの上昇により，岩石が熱せられて磁力としての性質（磁性）を弱めていき，やがて一定の温度に達すると磁性を失う特性があることから，磁性の変化を連続的に測定し，富士山直下のマグマの動きを捉えることにより，火山噴火の監視が行える．富士山の全磁力連続観測点においては，昨年まで２測点での連続観測を行っていたが，今回新規に磁力計を１点設置したことにより，過去の低周波地震震源上での地磁気観測が可能となり，統合解析による監視の強化が図れる．

今回取得した全磁力データの変化を，図－５に示す．データ取得間隔は，１分１データであり，全磁力データは 46400nT±100nT で，他点に比べて人為的な影響が少なく，他点のリファレンスとしてデータ修正をする上でも利用価値が高く，これまで以上のデータ品質の向上が図れる．

データについては，全磁力計を設置した９月 28 日から 11 月 25 日までは安定した観測データを取得していたが，11 月 26 日からは短時間であるが不安定な観測データが取得されるようになり，12 月３日から３月４日まで温度低下によるアンプの動作不良により観測が不能となった．その後，３月５日よりアンプの動作が徐々に回復し，短時間ではあるがデータ取得が可能となり，３月 10 日からは安定したデータを取得できるようになったが，３月 13 日より温度低下により観測が再び不能となっている．ただし，３月 16 日から徐々にではあるが，安定した観測データの取得が可能となっている．なお，データ解析については，鹿野山測地観測所が３点全ての統合解析を行っている．



図－４　配置図



図－５　外気温度と全磁力データ

４．結論

REGMOS は，機器の開発及び改良を重ねたことにより，多項目でのデータ取得が可能となり総合的な監視が行える他，高速通信での安定的なデータ通信が可能となった．

しかし，傾斜計データについては，機器の特性や凍上現象等の要因が含まれることから，地殻変動に伴う傾斜を忠実に反映しているとは断定できないため，今後も調査が必要である．また，全磁力データについても，以前から温度低下に伴うアンプの動作不良の報告がされており，アンプに二重の防寒対策を施したが観測不能となったので，今後はアンプを覆うボックスに断熱材等を入れ，内部温度が正常作動する０℃以下にならないような防寒対策が必要である．

参考文献

横川正憲(2010)：REGMOS の高度化に関する研究（第４年次），調査研究年報．
木村勲，篠原将人，森田美好(2009)：機動的な全磁力観測に関する研究（第４年次），調査研究年報．

自動測距測角装置の高度化に関する研究(第３年次)

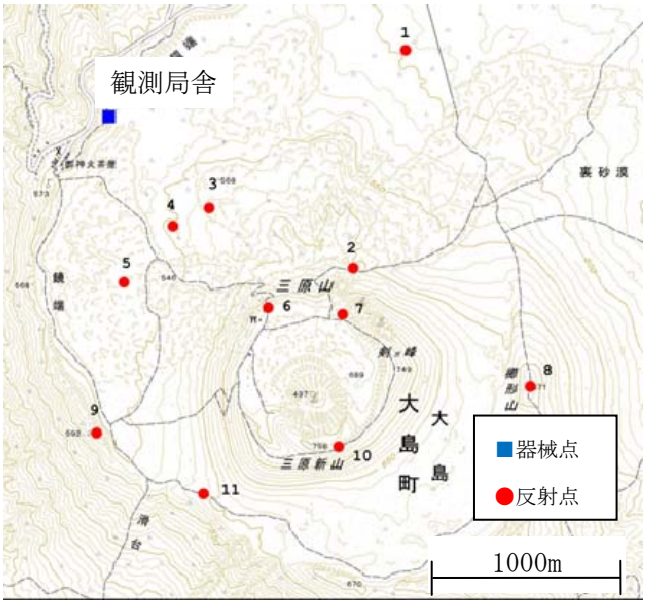
実施期間　　平成 21 年度～平成 23 年度
測地部機動観測課　澤田　正典　　木村　　勲
針間　栄一朗

１．はじめに

機動観測課では，自動測距測角装置 Geodetic Monitoring System（以下，GeoMoS という）を伊豆大島の三原山に設置し，火山活動における地殻変動の監視を実施してきた．この GeoMoS の後継システムを構築する目的で平成 20 年度以降にソキア・トプコン社製トータルステーション SRX1（以下，SRX1 という）の購入と改造を進め，本年度に伊豆大島へ配備し運用を開始したので報告する．

２．研究内容

機動観測課では，伊豆大島三原山の火山活動による地殻変動を捉えるため，トータルステーションを用いた測距・測角の自動連続観測を行っている．トータルステーションおよび関連機器は，三原山の外輪山の縁に建てられた観測局舎の中に設置されており，「御神火駐車場」から観測局舎までは徒歩 10 分程度の距離である．局舎内部に設置したトータルステーションは，三原山の山体に計 11 点ほど設置された反射ミラーへ向けてレーザー光線を発射し，それぞれの反射ミラーまでの距離と水平角・鉛直角を測定している．（図－１）また局舎付近に気象センサーを設置しており，気圧と気温を測定している．



図－１　観測局舎と反射点の配置

観測局舎は，かつて至近距離での落雷を経験するなど，落雷の多い気象環境下にあるため，電力供給線およびアナログ電話回線を通って観測局舎へサージが侵入することがあった．新システムの設計に当たっては，サージから局舎内部の装置を守ることを第一条件とした．

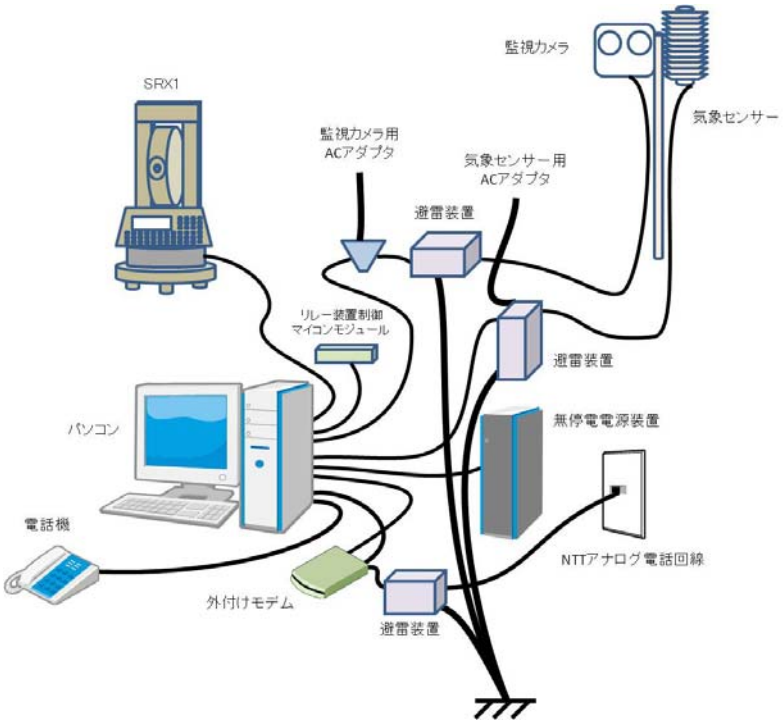
３．得られた成果

図－２に新システムの概念図を示す．この図では電源系統および本院側のシステムを省略している．本院から観測局舎のシステムを遠隔操作し，観測したデータを吸い上げるためには，パソコンに接続したモデムが安定して動作することが最も大切な条件である．そこで外付けモデムとパソコン内蔵モデムの二つを同時運用し，通信におけるトラブルが発生する確率を低減する試みを行った．また SRX1 はごくわずかな発生確率ではあるが，パソコンとのシリアル通信が不能になる事象が起こりえるので，強制的に SRX1 のリセットを行う目的でリレー装置制御マイコンモジュール等を作製した．また無停電電源装置を備えているため，停電発生時には直ちにパソコンのシステムを安全に停止し，電源復旧後は自動的に復旧する仕組みになっている．

パソコンとSRX1の間はシリアル通信ケーブルで接続されている．パソコンからSRX1をコントロールして自動連続観測を行うために，ソキア・トプコン社製のソフトウェアである「MOS」を使用している．SRX1 の観測スケジュールや観測方法は任意に設定変更できる．

観測局舎は落雷の多い環境下にあるため，サージの侵入経路は多い．サージの侵入はシステムトラブルに直結する問題であり，大変重要である．

システムトラブルの発生を最小限に抑える目的で，既に避雷器を設置している電力供給線に加えて，新しく電話回線にも避雷器を設置した．さらに，観測局舎近傍への落雷を想定して，気象センサーと監視カメラの通信線についても避雷器を設置することにした．



図－２　新システムの概念図

３．結論

平成 20 年度からスタートした，SRX1 の配備へ向けた取組は本年度において実現することができた．次年度以降はSRX1の観測データ品質について検証を進め，測定距離値に十分な安定度が確認できた場合には，ミラー点へ気象センサーを設置するといった次のステップへと進んでいきたい．また平成22年度に改造して性能を高めた自動視準機能を活用して，測角データを利用しての地殻変動の三次元的な監視を行うことについても，その可能性について検証していきたい．

参考文献

瀬川秀樹，横川正憲(2009)：自動測距測角装置の高度化に関する研究，平成21年度国土地理院調査研究年報．
橋本栄治，横川正憲(2010)：自動測距測角装置の高度化に関する研究，平成22年度国土地理院調査研究年報．

ニュースーパーインバールを使用した試験観測(第３年次)

実施期間　　平成 21 年度～平成 23 年度
測地部機動観測課　　澤田　正典

１．はじめに

機動観測課では，静岡県御前崎地区において実施されている水準測量の繰り返し観測に見られる年周的な変動の原因究明のために，ソキア・トプコン社製ニュースーパーインバール標尺 BIS30A（以下，「BIS30A」という.）とその専用電子レベル SDL1X（以下,「SDL1X」という.）を平成 21 年７月から平成 22 年度末までの間に３セットほど購入し，平成 21 年度以降，実証試験観測を重ねてきた．本年度は，平成 22 年度までに実施した実証試験観測の結果について検証したので報告する.

２．研究内容

本研究は，平成 21 年度から 22 年度までに実施した，二等水準点 2604（掛川市）から準基 2129（菊川市）までの約 4.3km の区間における試験観測結果について検証し，その結果を基に，水準標尺における短周期の温度変化が原因で発生する誤差が，繰り返し観測に見られる年周的な変動としてどの程度影響しているのかについて考察した.

３．得られた成果

御前崎地区において実施した試験観測結果のうち，観測データが十分に取得されている区間である二等水準点 2604～準基 2129 について検証した．この区間は概ね平均的に北西方向から南東方向へと向かう形状になっており，御前崎地区においては代表的な観測方向である．実際に試験観測を行った区間は今回の検証区間のおよそ倍以上の距離を持っているが部分的に欠測が含まれているため，やむをえず今回の検証対象から除外した.

水準測量においては，水準儀を用いて水準標尺のインバール合金製のテープを観測する．現在の精密基盤傾動測量において一般的に使用されている水準標尺では，温度変化に伴う線膨張係数は概ね 0.6ppm／℃程度である．実際に測量を実施する場合は，水準点および固定点における観測開始・終了時に必ず気温を記録する規程になっており，観測中におけるインバールテープの平均的な温度を仮定し，インバールテープにおける温度変化に伴う伸縮の影響を測量結果から取り除いている.

試験観測においては，実際の観測中におけるインバールテープの温度について，温度センサーを直接インバールテープに貼り付けて実測した．これにより試験観測中におけるインバールテープの，短周期の温度変化が明らかになった．この温度変化の記録を基に，インバールテープにおける短周期の温度変化が原因となって発生する測量誤差の大きさを正確に見積もることができた．各測点単位で測量誤差を算出し，鎖部単位で集計した結果を表－１に示す．これによると二等水準点 2604 を固定した場合，二回行われた冬の観測においてはどちらも，準基 2129 が本当の高低差よりも低い方向に測定されるおそれのあることがわかった．また夏と秋の観測では高い方向に，春の観測においてはほぼ正確に測定されることがわかった．これは，これまでの御前崎地区における年周的な変動の傾向と，上下方向の成分についてはおおむね整合する結果である．また，それぞれの季節における観測時間帯と太陽の方向角成分などから考えても，理論的に整合性が得やすい結果である.

表－１　温度センサーによる温度測定結果を用いて算出した，誤差の見積り（単位 mm）

路線	方向	2010.1	2010.4	2010.6	2010.9	2011.1
2604～2603	Ⅰ	-0.20	-0.10	0.05	0.02	-0.22
	Ⅱ	0.07	-0.21	-0.04	-0.11	0.06
	平均	-0.14	0.06	0.05	0.07	-0.14
2603～準基 2129	Ⅰ	-0.10	-0.09	0.03	-0.06	-0.12
	Ⅱ	0.05	0.00	-0.03	-0.02	0.03
	平均	-0.08	-0.05	0.03	-0.02	-0.08
	平均の和	-0.22	0.01	0.08	0.05	-0.22

ここで，夏の観測と冬の観測の差を基にして考察を進めると，観測区間 4.3km あたり 0.3 ㎜の振幅の年周的な誤差が発生している計算である.これを御前崎地区における森町の一等水準点 5268 から二等水準点 2595 までのおよそ 49km の区間に対して単純に割り当てると，およそ 3.4mm 程度の振幅の年周的な誤差に換算される.

４．結論

御前崎地区における精密基盤傾動測量において確認されている年周的な変動については，温度変化に伴う線膨張係数がより小さい水準標尺を観測に用いることで，その振幅を縮小できる可能性が確認できた．平成 24 年度の御前崎高精度三次元測量（年４回）では，BIS30A とその専用電子レベル SDL1X を用いて実施することになっている.

ただし実測ベースにおける年周変動の振幅は，たとえば 2011 年１月と同年４月を比較した場合，森町の一等水準点 5268 から二等水準点 2595 までの区間においておよそ２cm 弱となっており，この振幅をインバールテープにおける短周期の温度変化だけで説明することは,今のところ難しいと思われる.次年度以降は他の誤差要因についても積極的に調査対象を広げ，特に水準儀を対象とした，温度変化に伴う視準線変動の大きさと，それが測量誤差としてどの程度影響するのかについて詳細な調査を進める予定である．また BIS30A 標尺についても，温度変化に伴う線膨張係数が-0.1ppm～0.1ppm／℃といったあいまいな数値となっているため，ひずみゲージを用いて線膨張係数の数値を求める試みを進めたい.

参考文献

後藤清，田中和之，橋本栄治（2010）：ソキア・トプコン社製電子レベル SDL1X の視準線の変化に関する試験観測の結果について，技術報告.

瀬川秀樹，平岡喜文（2009a）：ニュースーパーインバールを使用した試験観測，平成 21 年度国土地理院調査研究年報.

瀬川秀樹，平岡喜文（2009b）：御前崎地区における年周変動の原因追求を目的とした試験観測結果について，技術報告.

橋本栄治，平岡喜文（2010）：ニュースーパーインバールを使用した試験観測，平成 22 年度国土地理院調査研究年報

自動連続観測システムを使用した変動地形調査

実施期間　　平成 23 年度
測地部機動観測課　澤田　正典　山口　智也

１．はじめに

機動観測課では重要な活断層等を対象にした変動地形調査として，複数の地区を対象に１～２年に１回の観測間隔で精密辺長測量を繰り返し実施し，それぞれの地区において長期的に進行し続ける地殻変動を監視してきた．地殻変動には長期的にゆっくりと進行するものと短期的に急激に進行するものがあるが，精密辺長測量の発展した形として，観測間隔を短くすることで地殻変動測定の時間分解能を高める試みを進めることにした．そこで精密辺長測量を，自動連続観測システムという形で構築するための基礎調査を切山地区において実施したので報告する．

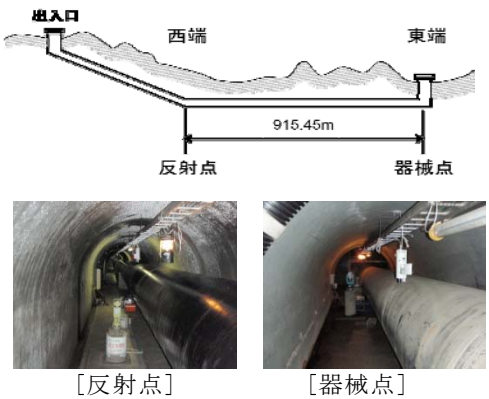
２．研究内容

観測データの自動連続観測及び本院への自動転送を行うシステムの構築のため，変動地形調査の対象地区の一つである切山地区をテストケースとして選定し，通信経路や電源経路について現況調査を実施した．また調査結果をもとにシステムの基本設計を行った．

３．得られた成果

切山地区に設置されている観測基線は，東海地震の予知・研究の一環として設置されたものである．静岡県大井川広域水道企業団（以下，「水道企業団」という.）が掘削した送水用トンネルの内部に設置されている．

図－１のとおり，観測基線全体が地下のトンネル内部に存在するため，気象の変化に伴う急激な気温および湿度の変動を受けにくい環境である．精密辺長測量を行う上では恵まれた条件である．また同坑内には国土地理院が設置した長距離水管傾斜計があり，これに関連する制御機器を納めた地上の建屋が器械点側の縦坑入り口付近に存在する．この建屋までは既に電話線と電線が引かれている．



［反射点］　［器械点］

図－１　切山地区状況

（１）現況調査結果

自動連続観測システムを構築するには，観測機器等を動かすための電源が必要である．観測間隔や通信頻度によってはバッテリーによる運用も可能ではあるが，できれば外部電源を確保することが望ましい．器械点側の縦坑の入り口付近には交流 100 ボルトの外部電源がある．これまでの観測作業ではこの電源を使用してきたが，仮に自動連続観測システムの運用目的で，継続してこの電源を利用する場合には，所有者である水道企業団と改めて協議する必要がある．また前述した地上の建屋には交流 100 ボルトが確保されているので，ここから電源ケーブルを引き延ばし，器械点付近に新しいコンセントを設置する工事を行う方法もある．仮に，外部電源を全く確保できない場合は，観測間隔と通信間隔を一週間に一回程度に押さえて，バッテリーだけでシステムを運用する方法も考えられる．

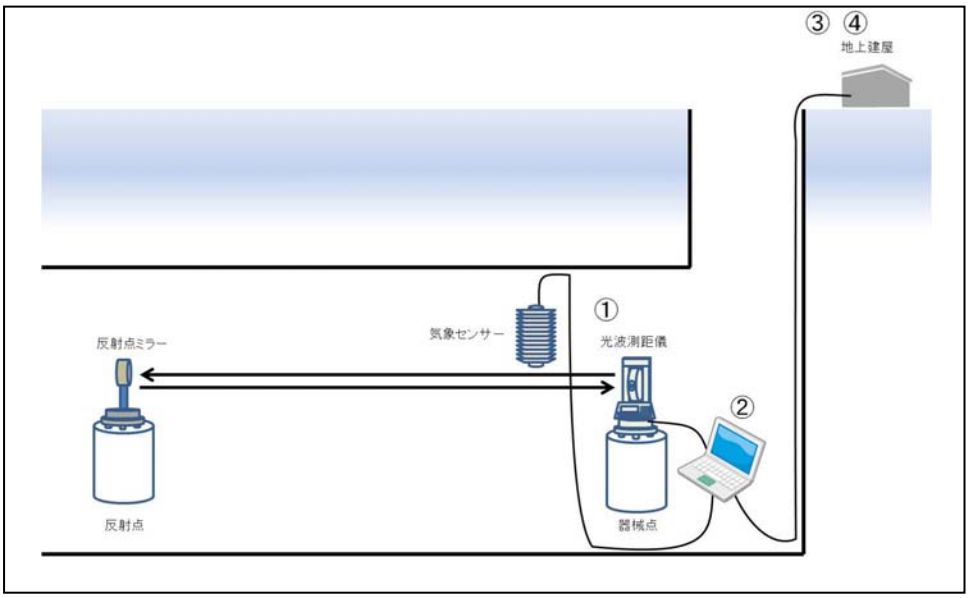
なお，反射点側については外部電源の確保が非常に困難である．仮になんらかの装置を設置することになった場合は，基本的に乾電池やバッテリーでのみ電力を供給することになる．

本院とのデータ送信を行う通信経路としては，地上の建屋にある電話回線を利用する方法と，地下の器械点近傍に敷設された電話回線を利用する方法がある．どちらも通信経路として有効である．

トンネル内部の床面，壁面，天井は常に，広い範囲で大量の水滴や水たまりに覆われている．基本的に精密電子機器は水分を嫌うため，トンネル内に精密機器を長期間設置するにあたっては，十分な防湿対策が求められる．

（２）システム基本設計

調査結果をもとに，切山地区における自動連続観測システムの概略を図－２に示す．



図－２　システム概略図

自動連続観測システムは①観測系統，②制御系統，③通信系統，④電源系統に分かれる．既存の機器を組み上げて構築できる部分も多いが，気圧，気温，湿度を測定する装置は部品を購入して組み立てる計画である．③通信系統と④電源系統は，観測間隔，通信頻度，コストに応じた柔軟な設計を考えている．重要なインフラとして，地上建屋から器械点側の縦坑の床面まで，1.25 ㎟の導線をもつより線ケーブルが 10 本束ねられてシールドされた，太いケーブルが敷設されている．このケーブルは以前に国土地理院が敷設したもので，現在も使用可能らしい．このケーブルを用いて，地上建屋から地下まで電源を供給することや，シリアル通信の経路使用することが可能と思われる．

４．結論

精密辺長測量の特徴は，誤差±0.1～0.5 ミリ程度の高い絶対精度で地殻変動を観測できることにある．この測量に自動連続観測システムが導入できた場合，観測間隔は最小で秒単位にまで短縮できる．また現地の通信環境を充実させると，観測データを本院からリアルタイムで監視できるようになる．

切山地区において自動連続観測システムが実現できた場合は，同じ技術を用いることで，他の地区についても同様のシステムを設計，構築できるだろう．

場所情報コードの利用技術に関する共同研究（第２年次）

実施期間	平成 22 年度～平成 23 年度
測地部	山際　敦史　　鈴木　実
測地部計画課	井上　武久
測地部測地基準課	檜山　洋平　　岩田　昭雄
	湯通堂　亨　　犬飼　孝明
地理地殻活動研究センター地理情報解析研究室	
	小荒井　衛　　神谷　泉
	乙井　康成

１．はじめに

近年，屋内外において多種多様な位置情報サービスが展開されているが，これらの情報を屋内外で統一的に利用できる位置情報基盤の整備が喫緊の課題となっている．こうした状況を背景に，平成 20 年６月に国土地理院技術協議会基準点体系分科会（IV）を設置し，測位や航法を含めた位置に関する幅広い社会需要に対応した位置情報基盤の整備や効果的な活用に関する具体的施策を検討し，その結果を報告書として平成 22 年３月に取りまとめた．

この報告書では，従来の基準点体系を補完する新たな位置情報基盤として，位置情報点と場所情報コードという新たな概念を導入した．場所情報コードは空間を水平方向 0.1 秒単位，高さ方向を建物の階数で区分してモノを識別するコードで，既にインテリジェント基準点などに導入されているが，施設管理や位置情報サービスなど他の分野における本コードの利活用に向け，平成 22 年度から平成 23 年度末まで産官学による共同研究を実施することとした．

２．研究内容

共同研究者を公募した結果，17 の研究機関・企業等（図－１）を採択し，研究内容に応じ以下の６つのワーキンググループ（WG）に分け，検討を実施した．

第１WG：タグ，IMES 及び LED の利用など利用など記録媒体の記述方法やコード生成等の仕様に関する研究

第２WG：具体的な利活用の場面を想定した場所情報コードの利活用に関する実証実験

第３WG：利活用環境に応じた位置決定手法の検討

第４WG：基本情報，詳細情報の内容に関関する検討及び管理手法等（インターフェイスも含む）

第５WG：場所情報コードを用いた空間参照系統合管理に関する研究

第６WG：ITS 分野における利活用可能性についての検討（平成 22 年度にて終了）

大学　3大学
- 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究会
- 学校法人自治医科大学
- 国立大学法人東京大学空間情報科学研究センター

公益法人　2団体
- 社団法人日本測量協会
- 一般財団法人日本情報経済社会推進協会

NPO　1団体
- 特定非営利活動法人基盤地図情報活用研究会

民間　11社
- 国土地図株式会社
- 株式会社日立産機システム
- 株式会社カクマル
- 株式会社リプロ
- 株式会社日立製作所トータルソリューション事業部
- 国際航業株式会社
- 株式会社横須賀テレコムリサーチパークYRPユビキタス・ネットワーク研究所
- エル・エス・アイ・ジャパン株式会社
- 株式会社日本科学技術研修所
- 測位衛星技術株式会社
- 株式会社コノエ測器

図－１　共同研究参加機関・企業等

また，各グループ間の情報共有及び総合的な議論のため，共同研究者・学識経験者・関係省庁による推進委員会を設置し，平成 22 年度に２回，平成 23 年度に３回開催し議論を行った．

３．得られた成果

第１WG：IC タグ，QR コード，無線・赤外線，IMES 等の各媒体を対象に，場所情報コードの格納方式を整理した．また，コードでは表現できない詳細な位置情報を媒体に記録する場合の記述仕様について検討を行い，推奨仕様を確定した．

第２WG：自治医科大学をフィールドとして，IMES との併用による医療への応用（患者や医者の所在把握，緊急時呼び出し等）についての実証実験を実施し，有効性を検証した．また，東日本大震災の被災地である岩手県大船渡市等において，定点観測写真のアーカイブ化に使われる復興情報杭に場所情報コードを付与した．

第３WG：山梨県小菅村をフィールドとして，山間部における森林管理・登山客への情報提供に関する実証実験を実施した．また，ハンディ GPS，ポケットコンパス等の簡易な位置決定手法について，国土地理院構内において精度評価のための実験を行った．

第４WG：発行者側において共通に管理する基本情報について，項目と公開・非公開ポリシー等について整理した．また，共同研究推進委員会で指摘されたセキュリティ対策について検討を実施した．

第５WG：①PI としての場所情報コードの利用，②住所と場所情報コードの関連付け，③可視光通信を活用した机上検証のサブテーマについて検証を行った．

共同研究推進委員会：地殻変動が生じた場合のコードの扱いをはじめ，特定領域のコード占有や悪質な情報への誘導など悪用に対するセキュリティ対策について議論を行った．

４．結論

平成 23 年度は，平成 22 年度に実施した場所情報コードを利活用する上での必要な情報の整理や検討などに基づき，各種実証実験において検証を行うとともに，実運用を視野に入れたセキュリティ対策等の検討を主に実施した．本共同研究で得られた成果は，今後実施予定のコード発行・管理システムの構築やガイドラインの策定に結び付ける予定である．

参考文献

国土地理院技術協議会基準点体系分科会（IV）(2010)：国土地理院技術協議会基準点体系分科会（IV）報告．

超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究（第５年次）

実施期間　平成 19 年度～平成 23 年度
測地部宇宙測地課　川畑　亮二　栗原　忍
小門　研亮　福﨑　順洋
黒田　次郎　石原　操

１．はじめに

国土地理院では，宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(以下，「JAXA/ISAS」という．)と VLBI 観測による高精度な基準座標系の構築維持,天体電波源の観測的研究及び VLBI 観測の精度向上を目的とした研究を実施している.平成 24 年度は,臼田宇宙空間観測所と国土地理院の VLBI 観測局で測地 VLBI 観測を実施した．また，VLBI 観測システムの高度化のため，広帯域観測対応周波数変換装置の運用に関する調査を実施した.

２．研究内容

（１）測地 VLBI 観測

平成 24 年２月 11 日に，国土地理院のつくば局，姶良局，父島局及び JAXA/ISAS 臼田宇宙空間観測所の 64mアンテナ(以下，「臼田局」という．)が参加した 24 時間測地 VLBI 観測 JAXA-1201 を実施した．平成 23 年１月 29 日に実施した前回の観測 JAXA1101 では,臼田局が低い周波数を正常に記録できていなかったため，JX1201 では記録する周波数範囲を変更した．新しい周波数配列を決定する際，バンド幅合成時にサブアンビギュイティーが出ないように，バンド幅合成関数を計算して，適切な周波数配列となるよう調整した.

また，内之浦宇宙空間観測所の 34mアンテナ(以下，「内之浦局」という．)が２月 15 日に実施される国際 VLBI 事業(IVS)による観測 IVS-T2081 に参加するにあたって，内之浦局の観測システム確認のため，１月 30 日につくば局と,IVS-T2078 と同じ周波数配列のフリンジ試験観測を実施した.

（２）VLBI 観測システムの高度化

上記（１）の臼田局が参加した測地 VLBI 観測では，つくば局及び内之浦局において，既存のデータ記録装置である K5VSSP とともに，JAXA/ISAS 及び情報通信研究機構で共同開発された広帯域観測対応周波数変換装置(ADS3000+,写真－１)及びデータ記録装置(両者を併せて，以下，広帯域データ記録装置という．）を用いた記録も実施した.

写真－１　広帯域観測対応周波数変換装置 ADS3000+

また，その際に広帯域データ記録装置の運用方法について情報共有を行った.

３．得られた成果

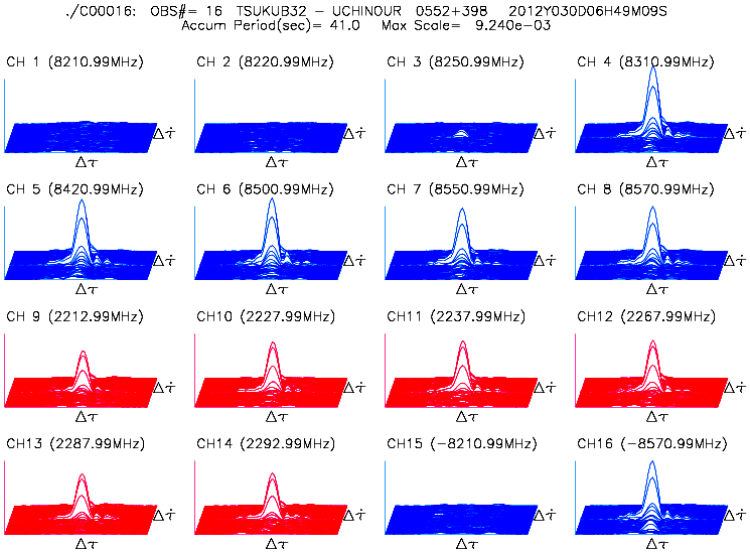
（１）測地 VLBI 観測

測地 VLBI 観測を実施し，大きな欠測無く観測データを取得することができた．観測データの相関処理・バンド幅合成を実施し，調整した周波数配列においてサブアンビギュイティーが無いことを確認した．JAXA1201 の一次解析によって得られた臼田局の対国土地理院 VLBI 観測局基線長を表－1 に示す．JAXA1101 では，基線長精度が３－４mm であったのに対し，JAXA1201 では１－２mm となり，周波数配列を適切にすることによって，基線長算出の精度を向上させることができた．

表－１　臼田局の対国土地理院 VLBI 観測局基線長

実験日	観測名	つくば-臼田 [mm]	姶良-臼田[mm]	父島-臼田[mm]
2011/01/29	JAXA1101	155 442 524.45 ± 3.48	860 975 744.77 ± 3.45	1 067 524 190.54 ± 4.62
2012/01/11	JAXA1201	155 442 991.63 ± 1.41	860 976 065.18 ± 2.07	1 067 524 112.75 ± 2.21

内之浦局のフリンジ試験観測では，フリンジサーチの結果，X 帯の低い周波数においてフリンジを確認することができなかった．原因を調査した結果，内之浦局のビデオコンバータの信号選択設定に間違いがあったことが発覚した．本試験観測によって，内之浦局では，国際観測 IVS-T2081 に参加する前に，ビデオコンバータの正しい設定を確認することができた．



図－１　内之浦局フリンジサーチ結果

（２）　VLBI 観測システムの高度化

上記の臼田局が参加した測地 VLBI 観測において，臼田局及びつくば局での広帯域データ記録装置を用いた記録方法について情報交換を行った結果，JAXA/ISAS では，国土地理院とは別のソフトウェアを用いて記録していることが分かった．国土地理院において，本ソフトウェアを用いた運用が可能かどうかを検討するため，JAXA/ISAS よりソフトウェア設定のためのプログラムの提供を受けた．

４．　まとめ

平成 22 年度の臼田局が参加した測地 VLBI 観測では，あまり良い精度の解が得られなかったので，平成 23 年度の観測では，使用する周波数配列の適正化を行った．その結果，良い精度の測地成果を得ることができた．また，内之浦局とフリンジ試験観測を実施し，国際観測 IVS-T2081 の前に観測システムを確認することによって,内之浦局がビデオコンバータの設定の間違いを発見することができた．

また，広帯域データ記録装置の運用に関しても，JAXA/ISAS が使用している記録方法について情報を入手することができた．今後も両者で情報共有を密に行い，広帯域データ記録を本格的に IVS の観測に導入するとともに，観測の記録帯域を広げることにより，VLBI 観測の精度向上を図る．

超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究（第７年次）

実施期間　平成 17 年度～平成 23 年度

測地部宇宙測地課　川畑　亮二　栗原　忍

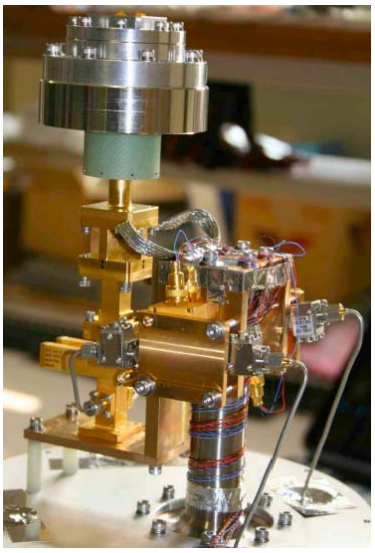
小門　研亮　福﨑　順洋

黒田　次郎　石原　操

１．はじめに

国土地理院では,高周波数帯を用いた VLBI 観測技術の開発とそれを用いた観測精度向上を目的として，筑波大学とＫ帯(20GHz)での VLBI 観測に関する共同研究を実施している，VLBI2010 では，当面２-14GHz での観測を実施する予定であるが，アンテナは 32GHz まで受信可能な仕様が推奨されている．これは将来的に 14GHz 以上の高周波数帯での観測を想定していると考えられ，本研究はこのような将来の動向を考慮した先駆的な研究となっている．また，VLBI 観測に用いる天体電波源に関する研究を行うことで，VLBI 観測の高精度化にも貢献する．

本共同研究では，平成 18 年度にＫ帯受信機（写真－１）を開発し，つくば 32mアンテナに設置して単一鏡での電波天文観測を実施した．その後，平成 19 年度には，つくば 32m-鹿島 34m間でＫ帯受信機を用いたフリンジテストを実施し，フリンジを検出することに成功した．また，Ｋ帯観測におけるアンテナの性能評価やシステムの改良等に関しても継続して研究を実施している．



写真－１　Ｋ帯受信機

平成 23 年度はつくば 32mアンテナの性能試験を実施した．この結果，つくば 32mアンテナの主ビーム能率が，2008 年と比較して大きく低下していることが判明した．この結果を受けて，アンテナの副反射鏡を調査した結果，副反射鏡支柱に大きな亀裂を発見した．また，アンテナポインティングの調査を実施し，一部の方位角において，器差補正することができない大きなポインティングのずれが発生していることが分かった．

２．研究内容

（１）Ｋ帯における主ビーム能率の調査

平成 23 年 12 月に，つくば 32mアンテナに搭載したＫ帯受信機を用いて，輝度が分かっている電波源を測定し，主ビーム能率を，各仰角について計算した．

（２）アンテナポインティングの調査

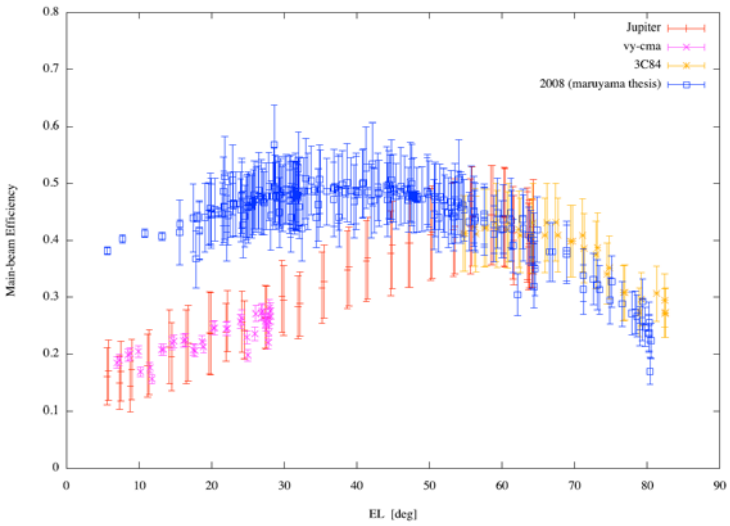
位置が既知の天体にアンテナを向けるポインティング調査を全天にわたって実施し，角度検出器の値と実際の天体の方向を比較した．

３．得られた成果

（１）Ｋ帯における主ビーム能率の調査

主ビーム能率を調査した結果,仰角 60 度以下において,つくば 32mアンテナの主ビーム能率が，2008 年と比較して低下していることが分かった．特に，仰角 15 度以下での主ビーム能率は，2008

年時の値の半分以下になっている．これは，アンテナを傾けた際に，主反射鏡もしくは副反射鏡の構造に歪みが生じていることが原因として考えられる．そこで，アンテナ構造に不具合が無いか緊急点検を行った．その結果，副反射鏡を支えている４本の支柱のうち３本に亀裂が発見された．この状態では，副反射鏡が確実に固定されず，アンテナを傾けた際に副反射鏡が動いてしまうため，低仰角時での主ビーム能率の低下が起こっていると考えられる．この状態でつくば 32mアンテナを駆動することは危険であるため，副反射鏡支柱の亀裂部分を修繕するまで，アンテナの運用を停止することになった．

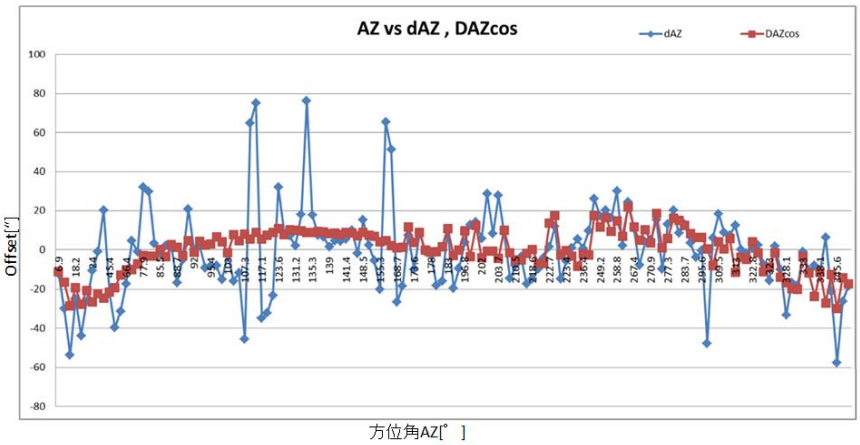


図－１　つくば 32mアンテナの主ビーム能率

なお，Ｓ帯及びＸ帯の周波数を使用している測地 VLBI 観測では，アンテナ性能に異常はみられていない．波長が短いＫ帯の受信システムは，アンテナ構造の微小な変化に敏感であるため，今回の副反射鏡の不具合を発見することができた．

（２）　アンテナポインティングの調査

ポインティング調査の結果，特定の方位角において，角度検出器が示す角度と実際にアンテナが指向している角度との間に大きなずれがあることが分かった．このずれは，器差補正では補正しきれない．このずれの原因として，アンテナ方位角の角度検出器に異常が発生している可能性がある．



図－２　方位角方向のポインティングのずれ(青)及び器差補正量

なお，現在測地 VLBI 観測で用いているＳ帯及びＸ帯では，同様のポインティングのずれは見つかっていない．これは，Ｓ帯及びＸ帯のアンテナビーム幅がＫ帯と比較して広いためと考えられる．

４．　まとめ

国土地理院では，筑波大学とＫ帯受信システムを用いた VLBI 観測に関する研究を実施してきた．平成 23 年度は，Ｋ帯での主ビーム能率調査によって，つくば 32mアンテナ副反射鏡支柱の亀裂を発見することができた．また，ポインティング調査によって，大きな方位角方向のポインティングのずれが発見された．今後，原因として考えられる角度検出器について調査を行う．

超長基線電波干渉計による高度測地観測に関する共同研究（第 10 年次）

実施期間　平成 14 年度～平成 23 年度
測地部宇宙測地課　川畑　亮二　栗原　忍
小門　研亮　福﨑　順洋
黒田　次郎　石原　操

１．はじめに

国土地理院では，情報通信研究機構（NICT）及び宇宙航空研究機構宇宙科学研究所が共同で開発した広帯域観測対応周波数変換装置 ADS3000+を用いて，記録信号の広帯域化に関する研究を実施している，平成 23 年度は，国土地理院の各観測局に ADS3000+及びデータ記録サーバ(以下，「広帯域データ記録装置」という．)を設置して，NICT が作成したソフトウェアによる記録実験を行った．

また，Ｓ帯及びＸ帯信号が混合された RF 信号を直接記録するダイレクトサンプリング実験を，つくば 32ｍアンテナ及び鹿島 11ｍアンテナを用いて実施し，フリンジを検出することに成功した．

２．研究内容

（１） ADS3000+を用いた測地 VLBI 観測

平成 23 年度は,NICT が広帯域データ記録装置を運用するために新たに作成した VDIF/SUDP ソフトウェアを用いて試験記録を行った．つくば局では，１時間及び 24 時間の観測において，既存のデータ記録装置である K5VSSP と並行して，VDIF/SUDP による記録試験を実施した．また，国土地理院の新十津川局，姶良局及び父島局についても広帯域データ記録装置を設置し，月に１回程度実施される 24 時間測地 VLBI 観測において K5VSSP 及び VDIF/SUDP による記録試験を行い，広帯域データ記録装置の運用に対する検証を行った．

（２） ダイレクトサンプリング実験

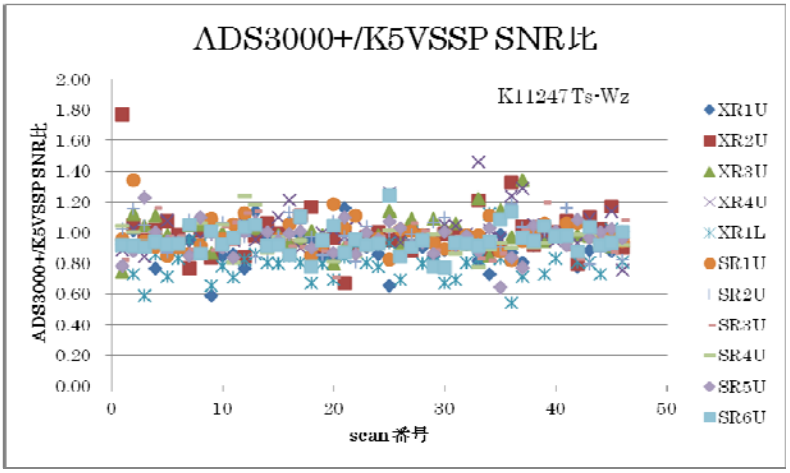
現状の VLBI 観測では，２GHz 帯及び８GHz 帯の RF 信号を１GHz 以下の周波数の IF 信号に変換した後，サンプリング装置によりデジタル信号に変換している．本実験は，２GHz 帯及び８GHz 帯の RF 信号を直接サンプリング装置に入力し，デジタル信号化するものである．平成 23 年５月 12 日に，つくば 32ｍアンテナ及び鹿島 11ｍアンテナを用いて，８GHz 帯 RF 信号のダイレクトサンプリング実験を行った．また，10 月 19 日には，両アンテナを用いて，２GHz 帯及び８GHz 帯の混合 RF 信号をダイレクトサンプリングするフリンジ試験観測及び 24 時間観測を実施した．

３．得られた成果

（１） ADS3000+を用いた測地 VLBI 観測

平成 23 年９月３日の１時間の観測において，VDIF/SUDP を用いて記録したつくば局の観測データと，海外観測局の観測データを相関処理した結果，フリンジを確認することができた．図－１は，つくば局において，VDIF/SUDP を用いた場合の SNR と K5VSSP を用いた場合の SNR の比である．各周波数帯について，ほぼ１に近い値になることが確認できた．また，国土地理院の地方局に設置した広帯域データ記録装置についても，24 時間観測において VDIF/SUDP を使用したデータ記録を実施し，フリンジを確認することができた．

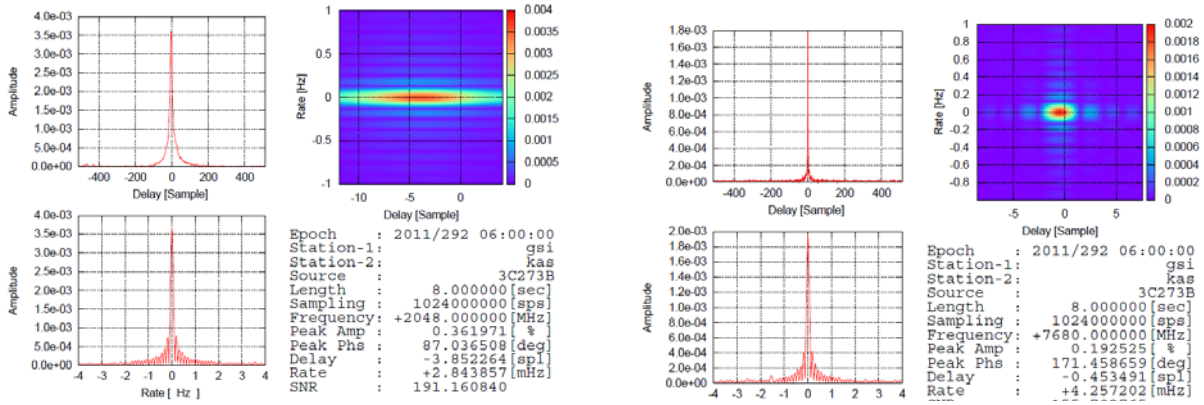
一方，広帯域データ記録装置による記録について，記録サーバ内の時刻ずれが発生し，VDIF/SUDP が停止してしまうことがあるという問題が見つかった．また，ADS3000+を用いて記録したデータについて，各周波数帯信号の位相の目印となる Pcal 信号が折り返し雑音によって重なってしまい，位相情報を失ってしまう問題も発覚した．



図－１　ADS3000+と K5VSSP で得られたデータの SNR の比

（２）　ダイレクトサンプリング実験

５月 12 日の実験では，８GHz 帯にアンチエイリアシングフィルタを挿入せず，１GHz 以上の帯域をもつ信号をサンプリング速度 1024Msps で記録した．この際，帯域ごとにフリンジ位相回転が異なることを利用して相関処理を行った結果，７－９GHz について 500MHz ごとの帯域でフリンジを得ることができた．また，10 月 19 日の観測では，同様の相関処理技術を用いて，２GHz 帯及び８GHz 帯を合成した RF 信号について，各 500MHz の帯域のフリンジを同時に検出することに成功した．



図－２　10 月 19 日のダイレクトサンプリング実験で得られたＳ帯及びＸ帯のフリンジ

４．まとめ

広帯域データ記録装置を用いたデータ記録試験では，NICT が作成した VDIF/SUDP プログラムを用いてフリンジを検出することに成功した．一方，記録サーバの時刻ずれや Pcal 信号の折り返し雑音などは，更に調査を継続し，解決を図る必要がある．

また，RF ダイレクトサンプリング実験では，Ｓ帯及びＸ帯を混合した RF 信号をサンプリングし，フリンジを検出することに成功した．現在 24 時間観測データを用いた測地解を算出中である．本技術が実用化できれば，IF 信号に変換するための周波数変換装置やアンチエイリアシングフィルタが不要になるなど，信号処理装置の簡略化につながることが期待される．

超長基線干渉計による高度測地観測に関する共同研究（第 12 年次）

実施期間　平成 12 年度～平成 23 年度
測地部宇宙測地課　川畑　亮二　栗原　忍
小門　研亮　福﨑　順洋
黒田　次郎　石原　操

１．はじめに

国土地理院では,国立天文台と VLBI 観測による日本周辺のプレート運動及び地殻変動の解明並びに高速大容量光ケーブルネットワークの技術の高精度化並びに VLBI 観測の精度向上を目的とした研究を実施している.

国立天文台の VERA 水沢局及び VERA 石垣島局は，国土地理院とともに国内 VLBI 観測（JADE 観測）及び国際 VLBI 事業(IVS)による IVS-T2 観測に参加している．VERA 水沢局は平成 14 年２月から JADE 観測に参加し，観測作業は全て国立天文台が実施している．一方，VERA 石垣島局は平成 18 年２月から JADE 観測に参加し，石垣島局に設置している国土地理院のデータ記録装置 K5VSSP を用いて，アンテナ制御を国立天文台が，K5VSSP によるデータ記録を国土地理院が担当して，観測を行っている．平成 21 年 10 月からは，VERA２局が IVS-T2 観測に参加している．平成 23 年度は，水沢局が JADE 観測に３回,IVS-T2 観測に７回(うち１回は予定)参加し,石垣島局が JADE 観測に２回,IVS-T2 観測に５回(うち１回は予定)参加した.

また，国立天文台はつくば観測局・相関局と三鷹相関局を光回線で結んでおり，つくば局で受信した信号を，ネットワーク経由で三鷹相関局へ転送することが可能になっている．国立天文台は，このネットワークを利用して，つくば局の観測データを三鷹相関局に直接送信する光結合観測を実施している．平成 23 年度は，１月に２回の光結合観測を実施した.

２．研究内容

（１）測地 VLBI 観測

国立天文台の VERA２局は,平成 23 年度も引き続き JADE 観測及び IVS-T2 観測に参加した(表－１).石垣島局は，IVS-T2076 では空調機具合のため，JADE1106 では保守点検作業のため，IVS-T2078 ではアンテナの点検のため観測を中止した.

表－１　水沢局及び石垣島局の観測実績

観測名	観測日	国土地理院及び国立天文台の参加局
IVS-T2076	2011/5/4	姶良、父島、水沢
JADE1106	2011/6/23	姶良、父島、新十津川、つくば、水沢
IVS-T2077	2011/8/24	父島、つくば、水沢、石垣島
JADE1109	2011/9/8	父島、新十津川、つくば、水沢、石垣島
IVS-T2078	2011/10/12	姶良、父島、つくば、水沢
IVS-T2079	2011/11/16	姶良、つくば、水沢、石垣島
IVS-T2080	2011/12/14	姶良、父島、つくば、水沢、石垣島

JADE1201	2012/1/12	姶良、父島、つくば、水沢、石垣島
IVS-T2081	2012/2/15	姶良、父島、つくば、水沢、石垣島
IVS-T2082	2012/3/28	姶良、父島、水沢、石垣島（予定）

（２） 光結合 VLBI 観測

平成 24 年１月 10 日及び 14 日に，国土地理院のつくば 32mアンテナ，宇宙航空研究開発機構の臼田 64mアンテナ，山口大学の山口 32mアンテナ及び国立天文台の VERA４局の 20mアンテナによって電波銀河を観測する天文 VLBI 観測が実施された．国立天文台は，つくば局の観測データを光結合によって三鷹相関局へ転送し，ほぼリアルタイムで相関処理を行った．

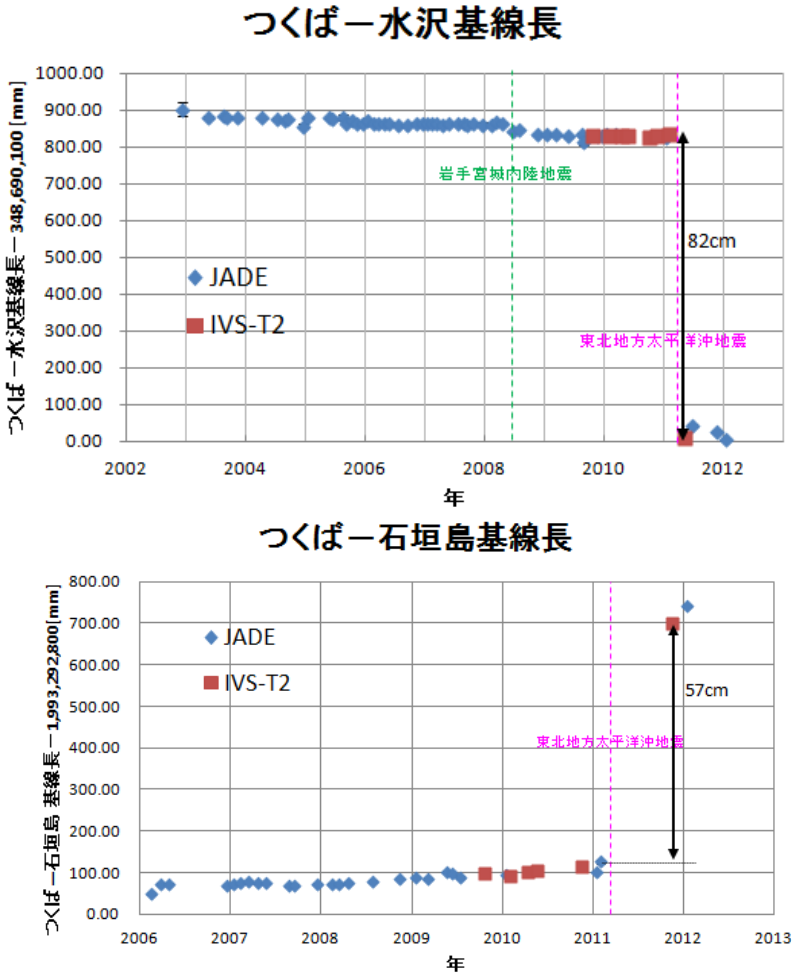
３． 得られた成果

（１） 測地 VLBI 観測

図－１は，JADE 観測及び IVS-T2 観測によって得られた，つくば－水沢及びつくば－石垣島の基線長算出結果である．３月 11 日の東北地方太平洋沖地震の影響によって，つくば－水沢基線長が 80cm ほど短くなった一方，つくば－石垣島基線長が 60cm ほど長くなったことが分かる．

（２） 光結合 VLBI 観測

平成 24 年１月 10 日の観測では，観測継続中につくば 32mアンテナ及び山口 32m アンテナのデータを三鷹相関局で相関処理し，フリンジを得ることに成功した．現在，詳細な解析を実施中である．



図－１ つくば局－VERA２局間の基線長の変動

４． まとめ

国土地理院では，国立天文台の VERA２局と測地 VLBI 観測を実施してきた．平成 23 年度も VERA２局は，計 10 回の JADE 観測及び IVS-T2 観測に参加した．国土地理院では，これらの結果を元にして国土地理院の VLBI 観測局との間の基線長を算出した．それによって，東北地方太平洋沖地震の影響による大きな基線長の変動を検出した．今後もこれらの観測を継続し，日本周辺の地殻変動の監視に役立てる．

また，大学連携 VLBI 観測では，光結合によってほぼリアルタイムにデータ転送・相関処理を行うことができた．本技術は，迅速地球自転速度算出や VLBI2010 システムに必要な高速データ転送技術と関連するため，今後も光結合観測を継続し，高速データ転送のノウハウを蓄積する．