岩手山における機動観測
Mobile Observation of Iwate volcano

測地部　　平井英明
Geodetic Department　Hideaki HIRAI

要　旨

機動観測は，群発地震や火山活動の活発化した地域等において，その地域の地殻変動を把握するために緊急的に行われる測量である。このため観測には機動性が求められる。測地部機動観測課では，1997年から，火山の観測に対応するために，その山頂部でも機動的に設置でき，商用電源及び有線電話回線を必要としないGPS連続観測装置の開発を進めてきた。1998年，岩手山の火山活動の活発化に伴い，科学技術庁の平成10年度科学技術振興調整費による緊急研究により，開発していたGPS連続観測装置等を岩手山周辺に設置することになった。

本稿は，岩手山に設置した機動観測装置（GPS連続観測装置及びAPS連続観測装置）とこの装置の維持のために講じてきた様々な対策，及びこの装置の観測結果を，1999年6月の第28回国土地理院技術研究発表会における発表要旨をもとに加筆し，まとめたものである。

1．はじめに

国土地理院は，日本列島の地殻変動を把握するために，全国に約1,000点の電子基準点（GPS連続観測点）を設置し，連続観測を行っている。これにより日本列島の広域な地殻変動を短期間で把握するなどのおおきな成果を上げている。しかし，現在の電子基準点の設置間隔では，局所的な地殻変動をとらえきれないこともあり，必要に応じて臨時のGPS連続観測点を設置して観測を行っている。

1998年5月，岩手山の火山活動の活発化に伴い，国土地理院は，火山の活動状況を地殻変動から把握するために，岩手山周辺に臨時の電子基準点を増設した。さらに，山体のより詳細な地殻変動の検出を図るため，山体の稜線上に機動観測点を設置して，GPS連続観測及びAPS連続観測（測角・測距自動観測）を実施することを決定した。これにより，太陽光発電等を電源とし，衛星電話回線を利用してデータを転送する方式の新たな機動観測の実用化が図られることになった。

2．岩手山の火山活動

2.1　岩手山の概要

岩手山は，「南部片富士」の愛称で親しまれ，毎年多くの人が訪れる観光地として，国民の憩いの場となっているが，岩手山は，測地学審議会の第6次火山噴火予知計画の中で「活動的火山及び潜在的爆発力を有する火山」に分類されている活火山でもある（写真－1）。

写真－1　岩手山（松尾村下倉山からの展望）

2.2　活動が活発化した岩手山

近年，目立った現象の起きていなかった岩手山では，1995年9月に火山性微動と火山性地震が観測され，1998年2月からは，岩手山西側で火山性微動と火山性地震が増加し，火山活動が活発化した。

気象庁盛岡地方気象台は，4月29日「臨時火山情報」第1号で岩手山の火山活動が活発化してきた旨を発表した。さらに6月24日の「臨時火山情報」第2号では，さらに活発化した場合は噴火の可能性もあると発表した。

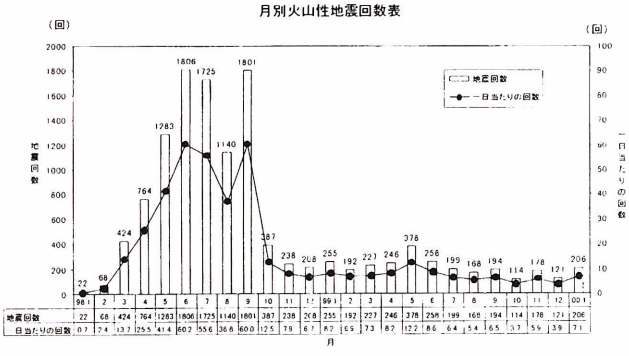
岩手県及び岩手山周辺の4町村は，岩手山の火山活動の活発化にともない，7月1日から岩手山への入山禁止措置をとった。

9月？日には，岩手山の南西でM6.1の地震が発生した。10月の火山噴火予知連絡会では「岩手山の火山活動は現在も継続しており，一連の活動が地下深部から始まり，広域に及ぶことから，火山活動が長期化する可能性もある。今後とも，活動の推移を注意深く見守る必要がある。」との統一見解を発表している。

月別の火山性地震発生回数は，10月以降大きく減少している（図－1）。

2.3　最近の活動

1999年に入って火山性地震の発生回数は，月200回前後で推移している。一方，西岩手山の稜線を形成する黒倉山や姥倉山一帯では地温が上昇したり，噴気活動が活



図－1　月別火山性地震回数（気象庁資料）

発化している。また，岩手山西側で震度4の火山性地震が5月22日に発生した。5月25日の火山噴火予知連絡会は「火山活動は最近若干の上向き傾向にあり，引き続き活動の推移を注意深く見守る必要がある」と統一見解をまとめた。その後，火山性微動が5月31日，6月3日，7月21日と発生し，11月12日には振幅の大きい火山性微動も発生した。11月16日の火山噴火予知連絡会拡大幹事会では，「西岩手山で噴気活動が活発化する中，12日に振幅の大きい火山性微動が発生した。水蒸気爆発の可能性が続いており，今後も火山活動の推移を注意深く見守る必要がある。」との見解をまとめた。

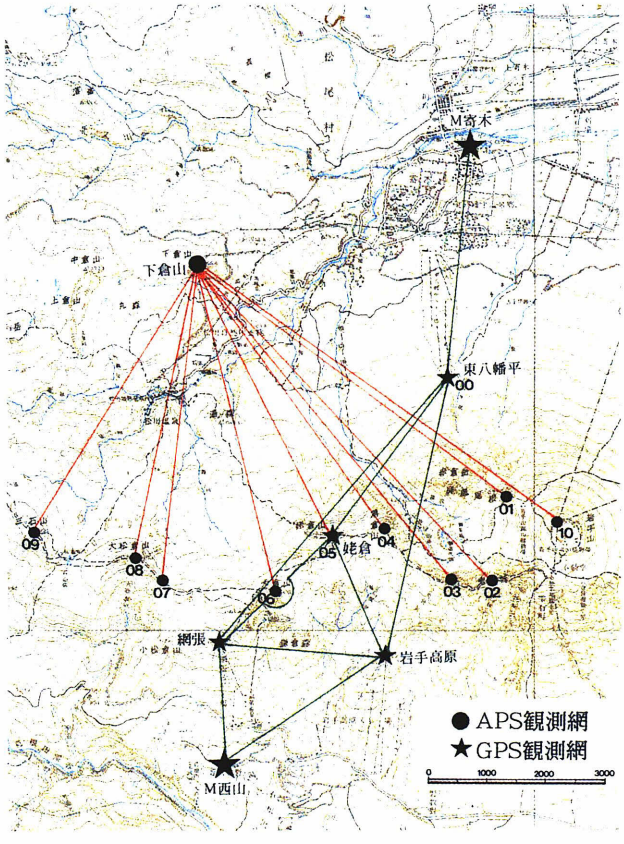
その後，火山性微動は発生していないものの，火山深部での活動の活発化，噴気活動の活発化など，依然として活動の推移を見守らなければならない状態が続いている。

3．岩手山の緊急測量

建設省は1998年6月25日，省内の災害対策連絡調整会議を開催し，最新情報の共有化を図るために「岩手山情報連絡本部」を設置した。国土地理院はこれを受けて，同日「災害対策本部事務局」を設置した。6月29日には，火山活動による地殻変動の観測体制を強化するため，緊急調査班を現地に派遣した。

5月上旬から電子基準点による監視を強化した。同時に局所的な火山活動を把握するため，臨時の電子基準点の設置に向け調査作業を実施した。臨時の電子基準点による観測は6月半ばから開始した。機動観測課は，7月31日にはAPS連続観測装置を設置し，山体の稜線上に設置した反射鏡との間で測距観測を開始した。8月21日には携帯型GPS連続観測装置を山体中腹の3箇所に設置し，観測を始めている。また，10月3日には，網張温泉臨時ヘリポートから可搬型GPS連続観測装置を建設省防災ヘリコプター「あおぞら」で空輸，設置し，観測を始めた（図－2）。

連続観測で取得されたデータは，監視局（機動観測課）に送信され，計算処理の後，測地観測センターに送られる。そこで周辺の電子基準点とともに解析され，変動グラフ等が作成され，地殻変動の資料として火山噴火予知連絡会等に報告される。



図－2　機動観測点配置図

4．機動観測装置

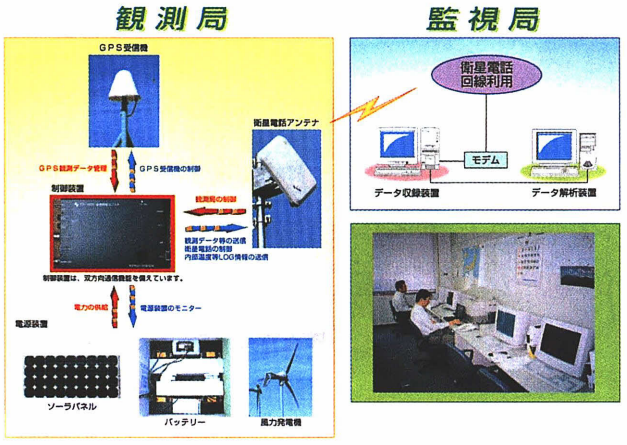
4.1　携帯型GPS連続観測装置

GPS連続観測装置は，伊豆東部火山群及び雲仙岳等においても地殻変動の監視に用いられてきた。これらは，GPSアンテナを屋上に設置し，建物の中にGPS受信機やモデムなどをまとめ，GPS信号ケーブル，電話回線などを接続したもので，商用電源と有線電話回線の確保が不可欠であり，設置する場所が限定されていた。

岩手山に設置した携帯型のGPS連続観測装置は，1997年から，小型軽量化，消費電力の省力化，装置の安定性（信頼性）をテーマにすえ，開発コストを軽減するために極力既製の部品を組み合わせてシステム化する方針で，国土地理院と民間会社のあいだで研究・共同開発してきたものである。

特に，火山などの山岳地において，必要な電源及び通信をどのようにして確保するかが重要な課題であった。

開発された携帯型GPS連続観測装置は，REGMOS Ⅰ（Remote GPS Monitoring System Ⅰ）と命名された。REGMOS Ⅰは，GPS測量機，電源装置，通信装置，通信制御装置の各装置で構成され，主な仕様は次のとおりである（図－3）。



図－3　GPS連続観測装置（REGMOS Ⅰ）の構成

①GPS測量機

GPS測量機は，観測距離や消費電力の省力化等を考慮した。同時に，観測装置全体の安定性を高めるには，GPS受信機自体を制御することが不可欠であり，GPS測量機の通信制御コマンドが公開されている必要があった。これらの条件から，古野電気社の一周波受信機「Oculus 2」を使用した。

1周波型ＧＰＳ受信装置，L1帯C/Aコード及び搬送波8チャンネル，30秒サンプリング 水平精度：±(5+1ppm×D) mm　基線長10km以内 鉛直精度：±(10+2ppm×D) mm 消費電力：作動時で0.5W以下

②電源装置

電源装置は，蓄電池，太陽光発電，風力発電について検討し，長期間の連続観測を安定的に実施するため太陽光発電とした。使用するソーラーパネルは機動的に設置できることを検討の中心にすえ，発電能力を検討した結果40Wと決め，テクノバンガード社において，1枚10Wのソーラーパネルを4枚組み合わせて，さらに，人肩による持ち運びや簡便に設置できるよう防水布を用いたテント型の折り畳み方式などの工夫をしたTechnoSolarを開発した。バッテリーは，取り扱いも容易な，鉛シールド蓄電池とし，人肩による携行を考慮し，38Ah型を採用した。GPS受信機，通信制御装置など観測装置の消費電力は，一日約3Ahと見積もられるので，発電できない不日照日が10日間続いても，観測装置を稼動させることができる。また，風力発電装置については予備電源として用いることで検討された。

太陽光発電装置（TechnoSolar） 寸法：組立時　W610＋L1,450＋H410mm 折り畳み時　W300＋L530＋H90mm 総重量：9 kg（本体6 kg，付属品3 kg） ソーラーパネル材質：単結晶シリコン 最大発電量：40 W（10W×4枚） テント材質：キャンテリア4023番（テトロン防水，防炎） バッテリー（小型鉛シール蓄電池）4個 電圧：12 V 容量：38 Ah 重量：14.5 kg×4個

③通信装置

通信装置は，NTTドコモの静止衛星（N-STAR）を利用した衛星通信装置に決定した。この通信装置は，全国で使用できる通信の広域性と安定性がある。また，ランニングコストが有利なことから採用した。

衛星携帯通信装置（NTTドコモ）×1台 本体：サテライトポータブルホンN 外部アンテナ　ほか 消費電力：26 W

④通信制御装置

通信制御装置は，観測データを指定時間に送信する機能をはじめ，電源電圧のコントロール，観測データの保持，観測システム全体を管理し制御する中枢機能を備えていなければならない。パソコンを検討したが，野外で長期間安定的に稼働することは難しく，近計システム社が新たに開発した通信制御装置であるTCU-1000を採用することになった。

TCU－1000（近計システム社製） 消費電力：0.8 W 機能： 1）衛星電話の制御機能 送信中の通信エラーを監視し，通信トラブルが発生しないようにする。 衛星電話の待ち受け時間の設定を行う。 2）電源管理機能 通信装置による電力消費を抑えるための電源供給管理とそのモニターを行う。 3）GPS受信機の制御機能 GPS受信機からの受信データのモニターを行う。

4.2　可搬型GPS連続観測装置（REGMOS Ⅰ　Type GSI）

山頂部に設置するGPS連続観測装置は，岩手山西側の姥倉山に設置することになった（写真－2）。姥倉山

は立ち入り規制区域内のため，安全を確保しつつ短時間で設置できる方法として，ヘリコプターによる運搬が検討された。携帯型GPS観測装置は，人肩による設置を前提に開発したものである。同装置をヘリコプターで吊り下げて運搬し，短時間で設置するための方法として，各装置の一体化と自立（据え置き）を前提に形状等を設計した。同時に山頂部の風雨にも耐え得る強度の確保や，冬季の積雪及び防寒対策も合わせて検討した。その結果，特製の架台と断熱ケースに納まった可搬型のGPS連続観測装置「REGMOS Ⅰ Type GSI」が完成した。

写真－2　GPS連続観測装置（姥倉山）

可搬型GPS連続観測装置の基本的な構成は，携帯型のそれと同様であるが，大きな違いは次のとおりである。

①収納ケース

GPS測量機の動作環境は－20℃～＋60℃とかなり温度の幅が広い。しかし，観測装置の多くは電気部品であり，氷点下での動作が保証されていない。これらの温度対策としては，断熱材（スタイロフォーム）で収納ケースを作成し，各装置を格納するという安価で簡便な方法をとった（写真－3）。

断熱ケースは熱収支のシミュレーション結果と，ケースのコンパクト化も考え合わせ，断熱材の厚さを30cmに決定した。また，収納する衛星通信装置の発熱を利用し，断熱材で不足する保温効果を補わせるなどの工夫もこらした。用いた断熱材は，紫外線に弱いのでケース外周を紫外線防止フィルムで覆い，断熱材の劣化を防止する処置も施した。

収納ケース材料	スタイロフォーム（JIS A9511 3種）
外側	1,100×1,100×1,100mm
内側	500×500×500mm

写真－3　収納ケース内部

②電源装置

主電源装置には，太陽光発電装置を用い，理科年表の日照時間を参考に発電量を計算し，安全を考慮して，発電能力を75Wのソーラーパネル1枚と，38Ahのバッテリー4個を装備した。これにより不日照日が半月続いても観測できることになった。また，高山地域では風力が期待できること，冬季の荒天や温度対策による消費電力の増加も考えられ，副電源装置として風力発電装置（発電能力300W）を装備した。

太陽光発電装置	（シーメンス社 SP75）　75W×1枚
寸法	1,300×400 mm
重量	8 kg
ソーラーパネル材質	単結晶シリコン
最大発電量	75 W
風力発電装置	（米国S.W.W.P社製）300W×1基
材質	アルミダイキャスト製
ブレード	カーボン製3枚羽
ローター径	1.14 m
重量	5 kg
材質	3.0 m/s
最大発電量	300 W（風速12.5 m/s時）
バッテリー（小型鉛シール蓄電池）	4個
電圧	12 V
容量	38 Ah
重量	14.5 kg×4個

③架台

装置を組み込む架台は，ヘリコプターでの運搬と設置を前提に，骨組みは，直径48.6mmの高強度の鋼製パイプで，全面溶接を施し，吊り下げ用のリングを4箇所装備した。また，架台を短時間に水平に設置するため，四隅にレベルジャッキを製作し装備した。このレベルジャッキは1箇所に総重量がかかっても，十分な強度を備えている。アンテナケーブル類は，外側に直接出ないように極力パイプの中を経由させた。観測装置の総重量は，

山頂部の強風下でも安定していることと，最大運搬能力以内の450kgとなった。

このGPS連続観測装置は，1998年10月3日建設省所有の防災ヘリコプター「あおぞら」により，網張温泉の臨時ヘリポートから吊り下げられて無事姥倉山鞍部に設置することが出来た（写真－4）。

写真－4　防災ヘリ「あおぞら」で姥倉山に設置

4.3 APS連続観測装置

APS (Automated Polar System) は，セオドライトと光波測距儀が組み合わされ，パソコンの制御により角度と距離が自動的に観測できる測量機である。

雲仙岳の噴火活動に伴い，地殻変動を監視するための観測装置の設置が検討され，1992年11月に購入された。岩手山のAPS連続観測装置は，このAPS測量機を基にして，多方向の観測と気象観測を自動的で，しかも連続に観測出来るようにシステム化したものである。

APS連続観測装置は，岩手山北側の松尾村大字寄木字北ノ又山にある三等三角点「下倉山」近傍の国有林内に設置した（写真－5）。同所からは，岩手山山頂から西側稜線の三ツ石山頂まで，岩手山全体が一望でき，測距儀と反射点の位置関係としては好条件の場所であった。しかし，山体への見通しは良いが，観測点まで商用電源や電話回線を敷設するには積雪などもあり，困難な場所であった。観測することが可能になったのは，前述のGPS連続観測装置の電源や通信などの開発が同時に行われており，そのノウハウをこれに取り入れることができたからである。

APS反射点は，6月下旬から7月中旬にかけて，岩手山頂から三ツ石山までの稜線上11箇所に反射鏡を設置した。

このように広範囲にわたって観測網を設置できたのは，観測点に器械を設置すれば，後は，反射鏡を増設するだけで観測する辺を増やすことが出来るというAPSの特徴が生かされたためと言える。また，設置にかかる人員等のコストがかからないことも上げることができる。

APS反射点は，基準点測量で使用する反射プリズム（3素子）を使っている。1箇所につき6素子から9素子の反射鏡を直列に設置した（写真－6）。反射鏡の設置は緊急時でもあり，安全対策上も多くの時間をかけられないため，アルミポールを地中に打ち込みその上に反射鏡を固定する方式をとった。アルミポールは，四方に金属製の特殊杭を打ち込み，そこからワイヤーロープで引っ張り固定した。反射鏡の高さは，冬季の積雪も考慮して地上から1.5mを確保した。

写真－5　APS観測装置（下倉山観測点全景）

写真－6　APS反射点

APS連続観測装置は観測小屋を建設しその中に設置した。同装置は，電源装置，気象観測装置，通信装置及び制御装置の各装置で構成され，その概要は次のとおりである。

①観測小屋

観測小屋は，既製品の積雪型鋼板製物置で，敷地面積は約5m^{2}である。APS本体等を風雨から守る重要な施設である。冬季の積雪も考慮し，鉄筋コンクリートの基礎部分は地上から1m高くして建設し，その上部に観測小屋を設置した。観測小屋の中央には，APS測量機を設置する直径30cm，地上高2mの鉄筋コンクリート製の観測器台を建設した。観測小屋の反射点側の面は，引き戸型のガラス窓になっている。

②APS測量機

APS測量機は，ライカ社製の高精度モータ駆動式セオドライトTM3000Dと長距離型光波測距儀DI3000が組み合わされた測量機で，APSは製品名である。APS測量機は制御用パソコンに任意に指定した方向と観測時間をあらかじめ設定しておくことにより，自動的に観測を開始し，器械点と反射点間の距離と角度を測ることができる。反射光の最大光量の位置を求めるなど，観測にかかる全ての制御はパソコン対応のAPSソフトウェアで行っている。

測定可能距離	10 km
測定精度	3 mm＋1 ppm
測角精度	0.1秒±0.5秒
制御ソフトウェア	APSWin Lite モニタリングソフトウェア

③電源装置

電源装置は，商用電源が確保できないため，太陽光発電装置を主として用い，冬季対策として風力発電装置も装備した。APS観測装置の一日当たりの消費電力は，約90Ahである。不日照日を5日と見積もると38Ahのバッテリーが合計13個必要であり，一日3時間の日照時間で発電すると3.1Ahのソーラーパネルが13枚必要と見積もれた。ソーラーパネルは，観測小屋の横に鉄パイプを組み，そこに取り付けた。風力発電装置は観測小屋基礎コンクリートに支柱を固定し，その上部に取り付けた。両発電装置からの電力は，特注の電源コントローラを経由し，APS測量機と気象観測装置の2系統に分けたバッテリーに配給され，それぞれの観測装置を稼働している。

太陽光発電装置（TechnoSolar）	48.5W×5枚
	55.0W×6枚
風力発電装置（米国S.W.W.P社製）	300W×1基
バッテリー（小型鉛シール蓄電池）	12V×13個

④気象観測装置

気象観測装置は，気圧計，温度計，湿度計が一体化されており，鋼製の支柱で3mの高さに取り付けている。各観測データがRS-232Cを経由して，パソコンに転送できるものを使用した。

測距観測において，光の屈折率に影響を及ぼす気象要素の測定は大変重要である。通常，光波測距儀による距離観測では，器械点と反射点の両方でそのデータを取得している。しかし，今回は反射点における気象要素の測定は不可能であるため，器械点の気象観測値を基に逓減率を用いて，計算により反射点の気象要素を求め，測定距離に補正することにした。

気象装置：YOKOGAWA　MS351	
気温計：白金測温抵抗体	±(0.15+0.002t)℃
温度計：静電容量式薄膜センサ	±2～3%以内
気圧計：シリコン振動式気圧計	±0.1hPa以内

⑤通信装置

通信装置は，電話回線が確保できないため，GPS観測装置と同様にNTTドコモの衛星電話を使用している。

⑥制御装置

制御装置は，APS測量機及び気象観測装置を制御し，取得した観測データの送信を行うため，消費電力の少ないノート型パソコンを用いている。

パソコン	TOSHIBA 「Libretto100」
OS	Windows95
モデム	AIWA 「PV-JF3356」

5．機動観測の冬季対策

5.1 冬季対策

GPS及びAPSの連続観測を続けるための冬季対策として，積雪，防寒，防風及び日照不足への対策を講じた。

積雪対策では，各装置が雪に埋まらないように地上より高めに設置した。ソーラーパネルは着雪を防ぐために，垂直に取り付けた。

防寒対策は，観測装置を断熱材ケースに収納し，収納した観測装置の発熱により保温する方法を採った。GPS観測装置では，衛星通信装置の発熱を利用した。衛星通信装置は，収納する観測装置のうち消費電力量が一番多く，発熱量も多い。しかし，供給電力に限りがあり連続稼動の余裕はなく，衛星通信装置の稼動を監視局からの通信によって制御し，待ち受け時間の設定で発熱量を調整する方法を採った。監視局では，通信制御装置から送られてくる温度と電圧のデータを見ながら，ケース内の温度とバッテリーの電圧のバランスを取りながら，待ち受け時間の調整を行った。

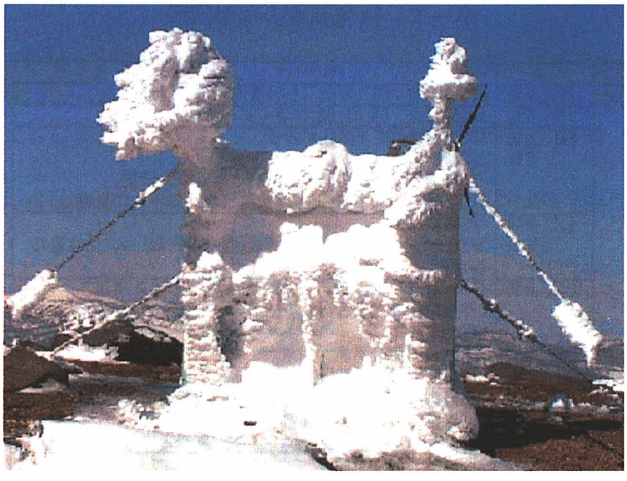
防風対策では，観測小屋のガラス窓を強化ガラスとし，気象観測装置の支柱やソーラーパネルの取付架台をワイヤーロープで引っ張り固定した。

冬季の日照不足は，岩手山近傍の日照時間から観測装置の消費電力量の見積もりに適応した発電能力を確保するとともに，予備電源を備えた。

5.2 想像を絶した気象条件

岩手山における冬季観測は，私たちの予想を遙かに上回る過酷な気象条件下での観測であった。

特に姥倉山など山頂部においては，風雪による「海老の尻尾」（より発達すると樹氷のように全体を覆ってしまう）がいたるところに発達し，ソーラーパネルを始め，GPSや衛星通信アンテナを覆ってしまったり，風力発電装置までをも凍てつかせてしまい，電力不足が発生することも起きた（写真－7）。



写真－7　冬季のGPS観測装置（姥倉山）

写真－8　冬季のAPS反射点（岩手山頂）

APS観測点の下倉山南面は大崖になっている。それは岩手山体が展望できる好条件地である反面，風などの影響を受けやすい場所でもある。1998年秋，岩手山周辺もいくつかの台風に直撃された。そのため，観測小屋の屋根の一部が飛ばされ，小屋全体も歪んだり，飛散物で窓ガラスが割れるなどの被害を受けた。早速，観測小屋全体を鉄骨で補強したり，窓ガラスを強化ガラスに入れ替えるなどの処置を講じた。また，窓枠などわずかな隙間からの雪の進入や屋根に積もった雪が解けて小屋内にしみ出すなどもあり，防水シートや除湿剤の設置で結露を防ぐなどの対策もとった。

APS反射点でも，反射鏡が「海老の尻尾」で覆われたり，反射面が凍結してしまった。また，雪と氷は杭やワイヤーロープに絡みつき，それらが原因と思われるような辺長変化を生じさせたり，ついには反射鏡支柱を傾倒させるまでに影響を及ぼした（写真－8）。

APS観測は，レーザー光線を用いた観測のため，APS測量機と反射点間が直接見通せないと観測が出来ない。厳冬期は，窓ガラスやAPS反射点の氷結，吹雪など周辺の天候悪化と悪条件が重なり，山頂部を始めほとんどの反射点で観測ができず，データの欠測が続いた。また，通信の不具合等によるパソコンのハングアップも発生し，データの欠測も発生した。

5.3　あらたな対策

1998年から1999年にかけての冬季観測を支える対策は手探り状態であった。そのため，APS観測では，観測されていない，通信ができないなど，観測装置に異常が生じていると判断されるときは，現地に急行し，その原因を究明し観測を継続させるために全力をあげた。

GPS観測では，地元自治体の山岳パトロール隊長が撮った写真や報告，地元テレビ局が設置している監視カメラの映像などは，我々にとって貴重な資料となった。また，山岳パトロール隊長が姥倉山のGPS連続観測装置に付着した氷塊を除去してくれるなど，地元関係者の協力により，装置が守られてきたことも特筆しておきたい。

1999年6月，これまでの事例から考えられる対策の一つとして，APS反射点の再設置を行った。雪氷により反射点が傾むいたと思われる異常が発生したため，ワイヤーロープで固定する方式は全点で取りやめた。表土があり深い穴を掘れるところでは穴を掘り，9cm角の角材に丸太の根かせを打って埋め込み，これを支柱としてアルミポールを抱かせ，なまし番線やステンレステープで括り付け，固定する方式をとった。薄い表土しかなく岩の露出しているところでは，特別に製作したステンレス製の反射鏡台座を，直接岩にドリルで穴をあけ，ボルトとコンクリートで固定する方式をとった（写真－9）。APS反射鏡は，約1年間風雨に晒され，傷みが激しく，かびで表面が曇ったり，ガラスが破損したりしていたため，傷みの状況に応じて，反射鏡の交換及び増設を行った。

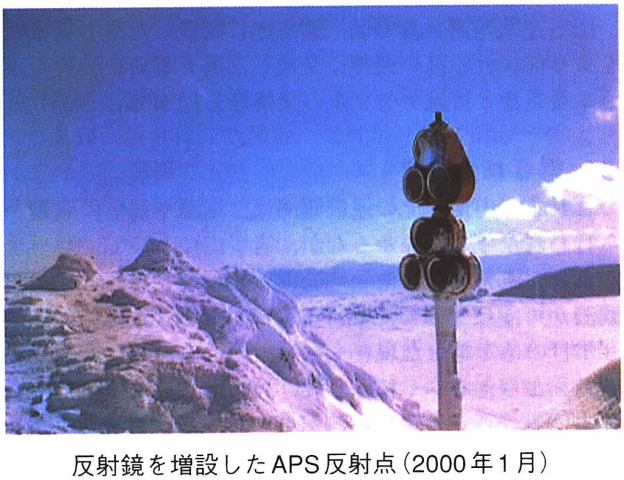
GPS連続観測装置では，姥倉山に設置した風力発電機をより信頼性の高い機種に交換し，過充電防止装置の設置や蓄電池と接続ケーブルの交換等を行った。

6．得られた成果

これまで山頂等での連続観測は，電源や通信の問題から行われたことがなかったが，岩手山において，ソーラパネルや風力発電，衛星携帯電話を利用することで連続観測が可能になった。紹介した3つの連続観測装置は，2年目の冬を越した現在も岩手山の火山活動に伴う地殻変動をとらえるべく稼働し続け，火山活動の監視に役立っている。これら連続観測装置の稼働状況は表－1のとおりである。APS観測装置では，制御に用いているパソコンによるデータの欠測も発生している。今後，GPS連続観測装置で開発した通信制御装置をAPS観測に応用するなど，安定したシステムの構築が必要といえる。

再設置したAPS反射点（1999年6月）
（ステンレス製台座を用いて岩に固定した例）

「海老の尻尾」に覆われたAPS反射点（2000年1月）



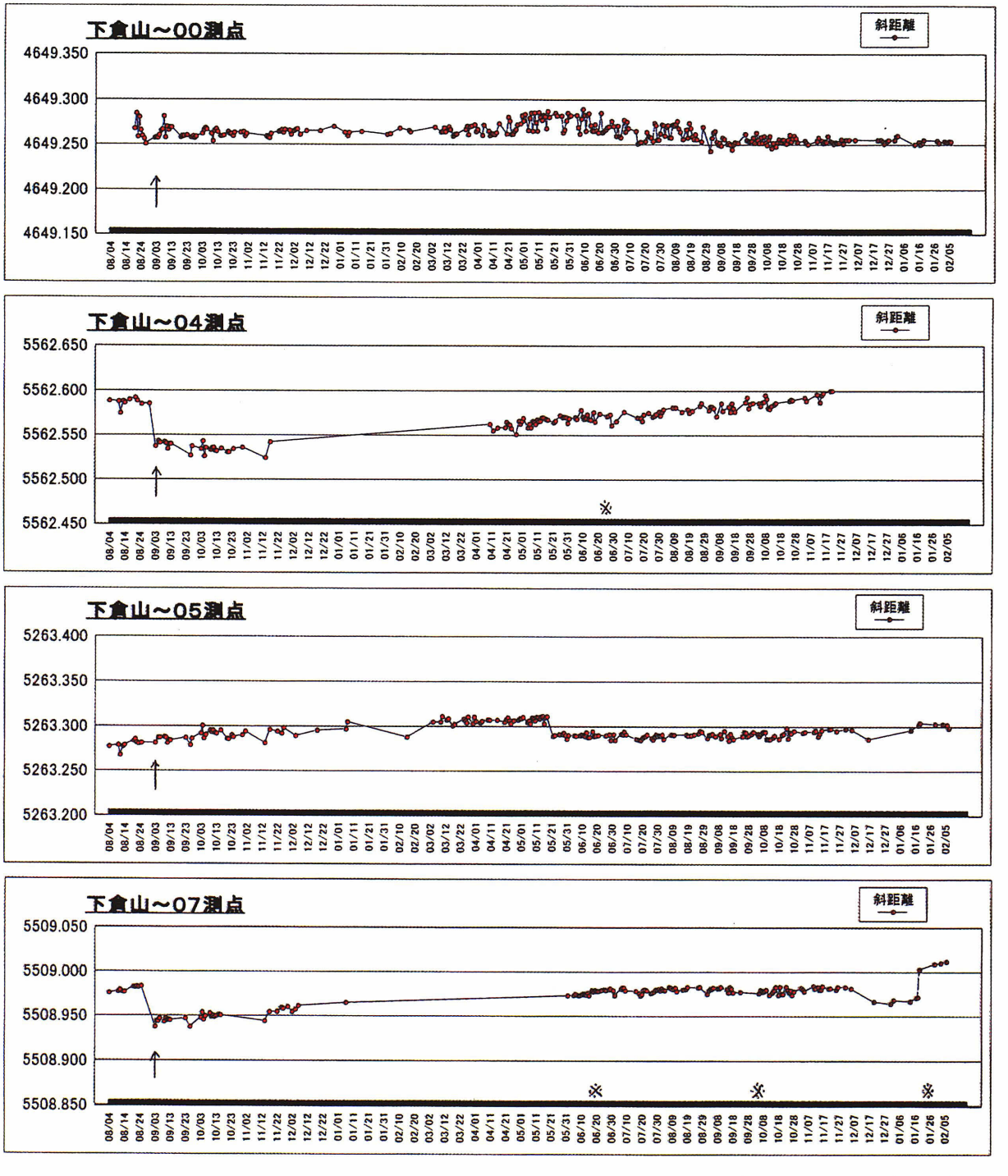
反射鏡を増設したAPS反射点（2000年1月）

写真－9　APS反射点（三ツ石山）

表－1　観測装置の稼働状況

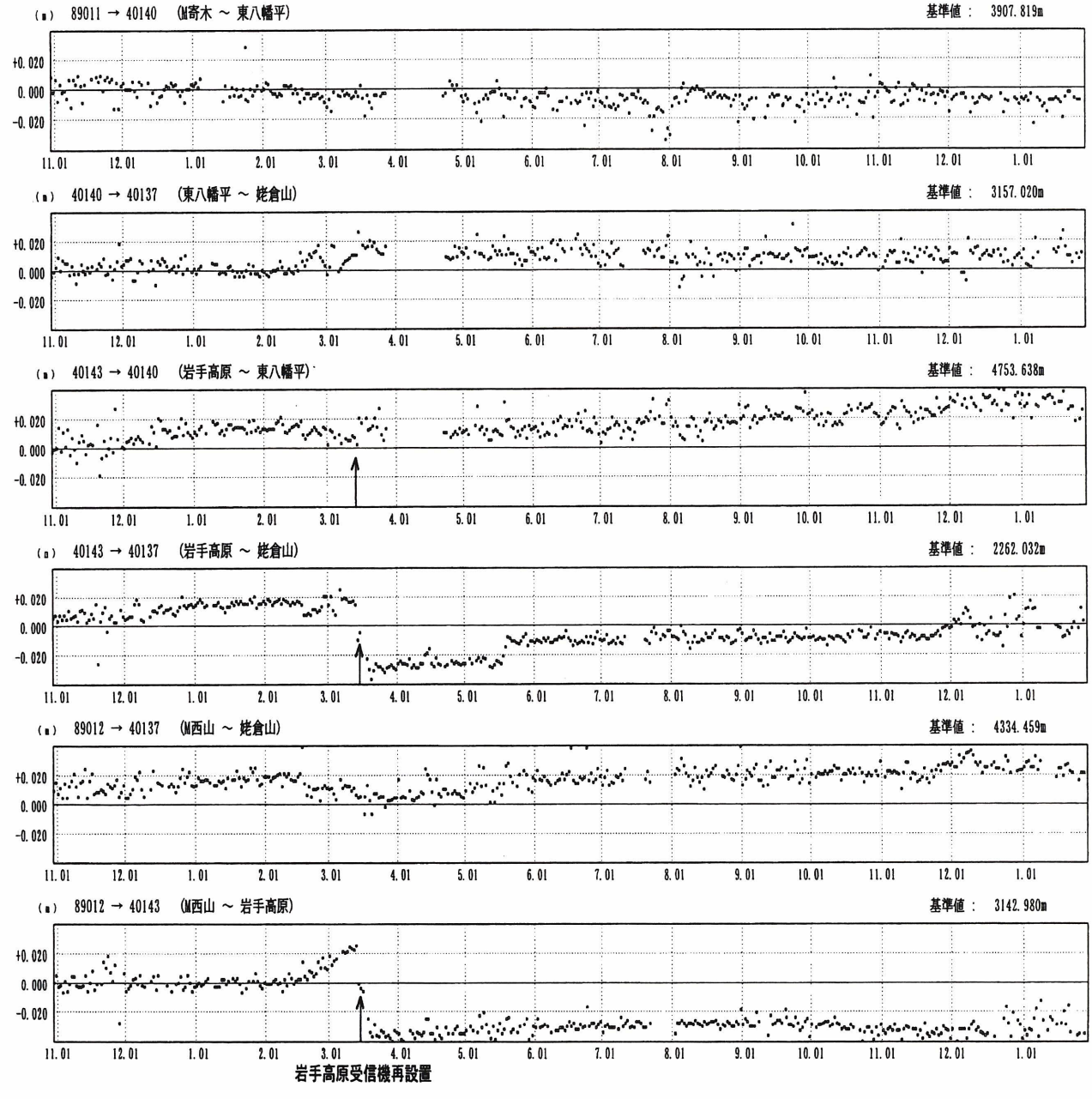
年	月	内訳
98	6月 下旬	APS反射点　01,02,03,04,05番を岩場に設置。
	7月 下旬	APS反射点　06,07,08,09番をﾎﾟｰﾙ方式で設置。
	8月 上旬	APS観測装置を下倉山に設置。
	下旬	APS観測開始。 GPS観測装置（網張,東八幡平,岩手高原）設置。 APS反射点　00番をGPS観測装置（東八幡平）に併設。
	9月 中旬	GPS観測開始。
	下旬	APS反射点　02,03,04番を再設置。04番はﾎﾟｰﾙ、他は岩に固定。
	10月 上旬	APS反射点　10番をﾎﾟｰﾙ方式で設置。ﾍﾘｺﾌﾟﾀｰ使用。 GPS観測装置（姥倉山）をﾍﾘｺﾌﾟﾀｰで設置。APS反射点 05番を併設。
	中旬	APS観測で通信不能。
	下旬	APS観測で通信不能。
	11月 上旬	APS観測点の冬季対策（風力発電機の設置等）を実施。
	中旬	APS観測で07番方向に異常な変化検出。 APS反射点　07番を点検。ワイヤーに緩みあり。
	12月 中旬	APS観測で通信不能。
99	1月 下旬	APS観測で通信不能。APSのﾊﾟｿｺﾝが故障。
	2月 上旬	APS観測で通信不能。ﾓﾃﾞﾑの調整。
	中旬	GPS観測（姥倉山）の内部温度及びバッテリー電圧が低下。
	下旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝの調整。
	3月 上旬	GPS観測（姥倉山）の点検。 APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝをはじめ各装置の点検を実施。
	中旬	GPS観測（岩手高原）関係で異常な変化検出。 GPS観測（岩手高原）通信不能。 GPS観測（岩手高原）点検。屋根の積雪が原因。通信ｱﾝﾃﾅ用のﾎﾟｰﾙが破損。ﾎﾟｰﾙの交換等を実施。
	下旬	GPS観測（姥倉山）で容器内の急激な温度異常をﾓﾆﾀｰする。 GPS観測（姥倉山）通信不能。 GPS観測（東八幡平）で通信不能。
	4月 上旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝをはじめ各装置の点検を実施。
	中旬	GPS観測（姥倉山、東八幡平）の確認。
	下旬	GPS観測（姥倉山、東八幡平）の修理。 APS観測点（下倉山）の周辺機器の調整。
	6月 上旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝ、ﾓﾃﾞﾑを調整。
	中旬	APS反射点　02,03,04,09番を再設置。ｽﾃﾝﾚｽ製台座で岩に固定する。 APS反射点　06,07,08番を再設置。木製角柱の自立型。 GPS観測（網張）を撤収。
	7月 中旬	GPS観測（姥倉山）で通信不能。通信装置を点検。
	下旬	APS反射点　10番を再設置。01番の点検調整を実施。岩手県のﾍﾘｺﾌﾟﾀｰ利用 APS観測で09番方向のみ観測不能。反射鏡反転（人為的か）。
	8月 上旬	APS観測で気象データに異常が発生。湿度ｾﾝｻｰを交換。
	下旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝをはじめ各装置の点検を実施。
	10月 上旬	APS観測で07番方向のみ観測不能。故意的な損傷あり。
	下旬	APS反射点　10番の再設置と反射鏡の増設。岩手県のﾍﾘｺﾌﾟﾀｰ利用
	11月 上旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝを調整。ﾓﾃﾞﾑを交換。
	中旬	APS観測で通信不能。ﾊﾟｿｺﾝが故障、交換する。
00	1月 中旬	GPS観測（姥倉山）で通信不能。数日間の欠測発生。
	下旬	APS反射点　04,05,06,07,08,09番の点検。着雪氷の除去。 APS反射点　07,08番を再設置。 GPS観測（姥倉山）点検。同時に電力確保のため、テント型簡易ｿｰﾗﾊﾟﾈﾙを増設。 GPS観測（姥倉山）の風力発電機に損傷があり、交換。

APS連続観測結果からは，1998年9月3日の地震による影響が読みとれる。07番方向など西側の観測点の辺長が約4cm変化したことを示している。その後は各点とも大きな変化はない。1999年6月16日には，01番，05番，10番以外のAPS反射点を設置し直した。そのため，それ以降の観測結果からは，04番で8月頃から顕著な伸びの傾向が見られ，12月までに3cmの量となっている（図－4）。04番は黒倉山に設置されている反射点であるが，周辺の噴気活動に関係した変化なのかは不明である。他の反射点では大きな変化はないものの，黒倉山より西側で1～2cm程度の伸びが同様に見られるが，全体的に落ち着いた状況といえる。



↑：1998年9月3日岩手県内陸北部地震
※：反射点の再設置

図－4　APS観測結果（16時，18時，20時の平均）



図－5　ＧＰＳ観測結果

GPS連続観測装置による観測は，9月3の地震時には設置調整中であったため，地震による地殻変動は捉えることはできなかった。GPS連続観測では，辺長の日間較差が1～2cmの範囲におさまっており，安定した観測を行っている。これまでの観測結果からは，岩手山体を南北の東八幡平－岩手高原の基線長に2～3cm程度の伸びが見られるが，全体的には火山活動に伴うと思われる顕著な辺長変化は捉えられていない（図－5）。網張観測点ではGPSアンテナを設置した無線用柱（ハンザマスト）自体の不規則な揺れが捉えられた。それは，網張観測点の設置方法が観測に不向きという判断材料にもなった。

7．おわりに

国土地理院は，日本列島の地殻変動等を観測することにより，地震学等の科学の発展や防災事業等に貢献してきた。

測量に関する技術開発では，いち早く測距儀及びGPS等の時代の最先端を行く技術の導入を図り，創意と工夫を凝らして新しい観測手法を開発し，測量への実用化，効率化，高精度化を図ってきた。

今回岩手山で行った携帯型GPS連続観測装置，可搬型GPS連続観測装置及びAPS連続観測装置による連続観測の実績は，今後行われる機動観測に対して一定の方

向性を見いだすものとなった。現在，２周波型GPS受信機を用いて試験を実施しており，2000年度中にはGPS連続観測装置の高精度化をはかる予定である。

また，今後は他の連続観測もこの観測装置に取り入れられるか検討するとともに，より安定した機動観測を目指して，装置のアップグレードを図り，機動観測の一層の充実をはかって行きたい。

謝　辞

今回，岩手山において機動観測を実施するにあたっては，観測装置の製作を請け負った民間企業，岩手山周辺への観測点の設置の協議や様々な情報を提供していただいた岩手県及び地方自治体，国立公園内への観測点設置等で便宜を図っていただいた環境庁及び林野庁，現地の気象情報や地震情報，機上観測のヘリコプターの手配などをしていただいた気象庁盛岡地方気象台，防災ヘリ「あおぞら」を用いた設置及び現地調査や観測などで全面的にお世話になった東北地方建設局岩手工事事務所及び建設省関係部局など，多くの方々のご協力を得て実施することができた。あらためて関係者の皆様に深く感謝申し上げる。

参考文献

田中博幸(1999)：調査研究年報（平成10年度）「岩手山の火山活動に関する研究－GPS火山活動リモート観測－」国土地理院技術資料A･1-No214.
田中博幸(1999)：調査研究年報（平成10年度）「GPSリモート監視システムの開発」国土地理院技術資料A･1-No214.
根本盛行(1999)：第28回国土地理院技術研究発表会「測量でとらえる火山活動」国土地理院技術資料A･1-No211.
国土地理院(1999)：地震予知連絡会報　第62巻　東北地方の地殻変動　P16～P29
国土地理院(2000)：第83回火山噴火予知連絡会資料