平成12年(2000年)の火山及び地震災害に関する国土地理院の活動
Action of GSI for disasters to volcanic activities and earthquakes in 2000

企画部　毛塚三雄・齊藤　隆
Planning Department Mitsuo Keduka, Takashi Saito

1. はじめに

平成12年は，３月末に始まった有珠山の火山活動，６月からの三宅島の火山活動，新島・神津島近海の地震活動，10月の鳥取県西部地震等火山活動及び地震活動が活発であった。中でも，三宅島の火山活動は平成13年３月においてもなお大量の火山ガスを放出する等活発であり，三宅島全島民の避難が続いている。国土地理院は，これらの活動に際し，地殻変動観測，地形変化観測，地理調査等の観測・調査を行うとともに，災害対応に不可欠な地理情報の整理・提供を行った。また，これらの情報を活用し火山活動や地震活動の解明や将来予測に向けた調査・研究も行っている。これらの詳細は，以後の各報告に述べられているが，本稿はその全体を概観するものである。

2. 有珠山噴火

平成12年３月27日から，有珠山の火山性地震が活発化し，翌28日には臨時火山情報，29日には噴火前としては初めての緊急火山情報が出される中，31日に有珠山西側山麓で噴火した。４月１日には有珠山北側の金比羅山西側山麓でも噴火した。平成13年１月現在，活動は穏やかである。

この噴火は，噴火前から沈静化までの一連の火山活動が各種の観測網により捉えられた初の事例と考えられる。国土地理院でも，電子基準点（GEONET）による観測をはじめとする各種観測調査を行った。

まず，火山活動の推移を把握するために不可欠の地殻変動の監視については，常時観測を行っている電子基準点の観測を３時間毎に６時間データを用いて解析を行う緊急対応に加え，機動連続観測点や改良型の火山変動リモート観測装置（REGMOSⅡ）によるGPS連続観測，現地に職員を派遣して連日行った測距・測角観測及びそれを引き継いだ自動観測を行うとともに水準測量を繰り返し実施した。

有珠山の周辺に配置されていた電子基準点は，噴火前に起こった地下深部からのマグマの上昇に基因すると思われる比較的広範囲な地殻の伸びを明らかにし，さらに噴火とともに地殻が収縮する様子を克明に記録した。さらに，活動の活発化に伴い，より山体近くに高密度に配置されたGPS連続観測装置や測距測角観測から得られたデータは，有珠山北側の北東方向へのせり出しや有珠山西側の隆起など詳細な山体の変形を捉え，火山活動の推移，特にその収束状況を把握するための重要な情報を与えた。GPS及び測距測角の自動観測は現在も継続されており，地殻変動の監視を行っており，そのデータは国土地理院ホームページでも公開している。

また，火山活動の解明に重要な役割を果たす高精度な上下変動を把握するため，３回の水準測量を実施した。火山活動の活発化により立入禁止区域が設定されたが，可能な限りの観測を行い，活動前のデータとの比較を行った。これにより前兆的な隆起や噴火後の沈降とその後の収束状況等の上下変動を裏付けることができた。

これらの観測は点的な観測であるが，地殻変動の面的な状況を把握するためには干渉SARが有効である。しかし，今回のような火山活動では地表変化が大きすぎ干渉そのものが不可能であった。その一方で，SARはマイクロ波を用いることから噴煙等に影響されずに地表を観測できる特性をできるだけ生かそうと，SARデータを用いて地殻変動を把握する手法として画像マッチングによる地殻変動解析を試みた。その結果，精度は低いものの，他の観測と調和的な結果を得ることに成功した。この技術はSARの災害への利用可能性を一層広げるものと考えられる。

同じく，面的な活動状況を把握する手法として空中写真を用いた地形変化の解析も行った。災害対応で求められる迅速性の面では人工衛星による観測では適応できないことが多く，航空機による観測の役割は大きい。国土地理院は，有珠山の活動に伴い，16回の空中写真撮影を行った。地形変化を迅速に把握するため暫定的な標高点の測定を行い，最大3mを越える隆起が確認された。また，引き続き実施した空中三角測量による標高測定との比較によると，この暫定的な解析で，誤差は大きいものの地形変化の概要を概ね適切に捉えられることが確認された。

また，デジタル写真測量によってDEMを作成し，地表の時系列的な変化を把握する手法についても試みた。植生の影響によるミスマッチングが森林地域で見られたものの面的な変化を把握するための有効な手法と考えられる。

この他，国土地理院では地理調査等に基づく有珠山の火山土地条件図を噴火前に作成しており，また航空磁気測量等の調査測量も緊急に実施した。

火山土地条件図や地形図等の地図は，防災活動の基本資料であり，各防災機関等で大量に用いられることから，国土地理院では適切な範囲の集成図等の作成や緊急印刷を実施し，これらの需要に対応した。さらに，新たに得られる各種の情報を盛り込んだ鳥瞰図等の解りやすい地

図やGIS用のデジタルデータを作成し，関係機関等に提供した。

国土地理院は，このような現地での調査・観測，各種地理情報の提供を行うとともに，これらのデータを用いて，火山活動のモデルの検討を行い，火山噴火予知連絡会等で報告した。これらの研究成果は，今後の火山活動の理解に大きな寄与を果たしたものである。

さらに，今回の各種測量・調査で得られた成果は，火山活動で変位した三角点や水準点の座標の修正にも活用され，復興に必要な最新の基準点成果として提供されている。

3. 三宅島噴火及び新島・神津島近海の地震

平成12年6月26日からの地震数の急激な増加に始まった三宅島の火山活動及び新島・神津島近海の群発地震についても，国土地理院の電子基準点がその活動前からの地殻変動を捉えている。また，三宅島の雄山火口の陥没の推移を空中写真や干渉SAR等により把握することができた。

有珠山の噴火に続き，この活動でも，常時観測を行っている電子基準点が大きな役割を果たした。マグマの上昇に伴う隆起と三宅島内のすべての基線長の伸び，その後の西方への移動に伴う東側基線の縮みと西側基線の伸び等の基線長の変化により，マグマの動きを手に取るように把握することができた。

さらに，この活動に引き続いて発生した新島・神津島近海の群発地震でも，地震とともに階段状に新島・神津島間の距離が引き伸ばされ，その間にある式根島が東側に移動している状況を明らかにし，神津島東方沖へのダイクの貫入等のモデル構築に重要なデータを提供した。

その後，三宅島の全島避難により電力の供給が絶たれたため，三宅島の電子基準点は停止しているが，それを補完するため，REGMOSⅡ4基が三宅島に配備され，観測を継続している。これらのGPS連続観測によると，平成13年1月現在，三宅島の収縮と沈降，新島－神津島間の伸びはは継続していると見られる。

また，今回の活動では，雄山火口の陥没という観測史上初めての状況が発生しており，その推移を正確に把握することが三宅島火山活動の理解にとって重要な情報と考えられる。このため，国土地理院では，空中写真，航空機搭載SAR等の手法を用いて火口内の陥没地形の計測を行った。活発な活動をしている火山の観測であることから，光学写真では噴煙が障害とな，りまた火口直上の飛行は制約が大きい等の欠点があり，火山の側方から噴煙を通して観測が可能なSARが有効である。しかし，最も重要な観測対象が陥没した火口の内部であることから，側方から観測するSARでは把握できない領域が大きく，これを少しでも改善するため，今回は4方向からのシングルパス干渉観測を行いこれらを統合して解析を行った。

空中写真及びSAR観測で得られたデータを用いて陥没地形の時系列変化を明らかにした。これによると，7月から8月にかけてほぼ直線的に陥没が進行し，9月以降は停滞しているものと思われるが，データ不足のため断定は難しい。今後，レーザスキャナ等の情報も活用してより詳細な検討が必要である。

4. 鳥取県西部地震

平成12年10月6日に発生した鳥取県西部を震源とするM7.3の地震は，平成7年の兵庫県南部地震以来のM7級の内陸地震であった。この地震に伴う地殻変動も電子基準点によって捉えられたが，さらに，波長が短いことから植生の豊かな日本での利用は困難と考えられていたC-bandの干渉SARにより，面的な地殻変動を明らかにすることにも成功した。また，地震発生後の現地調査により液状化等の被害状況の把握を行った。

今回行った干渉SAR解析では，地震発生前の9月17日と，発生後の10月11日にRADARSATがC-bandで観測したデータを用いた。C-bandはJERS－1が用いているL-bandに比べ波長が短く，干渉性が悪いため，より広範囲での平均処理やフィリタリング処理等を行った。その結果，良好な干渉を得ることができた。この結果は，電子基準点等によって得られている地殻変動と調和的である。今回C-bandでの干渉SAR解析が成功したことは各種の好条件が重なった幸運な例と考えられる。但し，震源域での干渉は得られておらず，L-bandのSARの早期運用開始が望まれる。

今回の地震に伴う被害調査は10月12，13日に行った。その結果，境港市，米子市等の埋立地，干拓地，米子空港等で，噴砂，亀裂，陥没，波打ち，構造物の抜け上がりなどの被害が見られ，広範囲で液状化が発生したものと思われる。

5. おわりに

平成12年は，火山災害，地震災害が連続し，国土地理院もそれらに対してできる限りの対応を行い，今回報告するような成果を得ることができた。

なお，平成13年1月から，国土地理院は，災害対策基本法に基づく指定行政機関となった。これにより国土地理院が防災に対して果たす責任は一層重いものとなる。

国土地理院は，今後とも，電子基準点やリモートセンシング技術等を活用した迅速で精度の高い観測や調査，災害に関する各種地理情報の整備及びこれらの情報の迅速な提供等により，適切な防災活動に努めていく。

最後に，現在もなお継続している火山活動の早期収束を期待するともに，一刻も早い避難生活の解消や被災地域の復興を願うものである。