

2.1.7 現地調査結果

2.1.7.1 現地調査

世界観測史上4番目の規模となるM9.0の東日本大震災では広域に亘る津波による被災が発生した。高さ数十メートルの地盤までの浸水、海岸付近の低地部の沈下・海没・湛水・津波の河川遡上、津波堤防の破壊、市街地の破壊、橋梁の流出など津波被害を調査する上で、象徴的な被害事象が多数発生した。JAXAは、震災で実施した緊急観測・解析の評価のため、2011年8月～2012年3月の期間で、現地調査を実施する事にした。本調査ではこれらの被害事象が衛星画像から判読可能か否かを意識しつつ、現地調査・衛星画像の利用調査を行ない検証用のデータを整理していく。

現地被災状況は①浸水・湛水状況、②地殻・地盤変動状況、③人工構造物の被災状況、の3つのカテゴリについて、衛星データの判読からa.明らかに確認できる状況、b.周囲の状況から判断できる状況、c.判読が困難、の3つにレベル分け整理を行う。ただし災害の発生から時間が経過しているため、確認できない被災状況の調査については、国、被災県及び市町村の一般公表資料、本業務分担各社において一般公開可能な調査結果等にもとづき実施していく。また、調査候補地はある程度の目処を立てた上で選別したが、十分な調査ができない場合は類似の候補で代替する。

今回の震災で、衛星画像が実際の災害対策活動等にどのように利用されたか、または利用できなかったのは何が障害になったかを把握することが、今後の衛星情報の利用促進につながると考えられる。そこで、衛星情報の今後の利用促進を考える上で必要な内容を、複数の業態を対象としてインタビュー調査により把握する。具体的には、各業態や団体等が衛星情報を利用する目的、望ましい画像情報の入手のタイミング、実際に利用した上での効果、課題・問題点等を整理していく。

(1) 浸水・湛水状況調査

浸水・湛水の状況について、津波災害の象徴的事象を中心に以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件ごとに1箇所または2箇所の調査を行い、衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-9 調査地の選定（浸水・湛水）

選別すべき場所の条件	理由	場所
①津波対策としての堅固な湾口防波堤が設置されていた地域の浸水	大きな津波が来ても大丈夫だと言われていたが、今回の津波で、湾港防波堤が破壊された。	岩手県釜石市 岩手県大船渡市
②津波対策として、嚴重な防波堤、防潮堤が設置されていた地域の浸水	三陸沿岸の各地では、津波対策として防潮堤の建設がおこなわれてきた。中でも、万全と思われる防潮堤を建設した地区が、大きな被害を被った例がある。	岩手県宮古市田老地区 岩手県釜石市
③通常の港湾の浸水	消波のための防波堤に設置されて、岸壁が設置されていた港湾施設。	宮城県気仙沼市 茨城県北茨城市

選別すべき場所の条件	理由	場所
④近代技術で大規模に構築された港湾の浸水	災害対策にも万全を期して設計されたと思われる港湾施設。	宮城県仙台新港 宮城県名取市仙台空港
⑤防波堤、防潮堤が設置されていなかった市街地の浸水	津波に対して、特別な防護施設を設置していなかった地区で、甚大な被害が発生した。	宮城県名取市閑上地区 千葉県旭市
⑥比較的急峻な地形を呈している地域の遡上（津波の駆け上りの大きかった集落）	三陸沿岸北部には、断崖の切れ目に川に沿って細長い集落が点在している。これらの地域では、押し寄せた津波が狭い地形を駆け上り、浸水が高い地点にまで達した。	岩手県宮古市撰待地区 岩手県大船渡市綾里地区
⑦勾配が緩い平野の遡上（河川遡上による被害が大きかった地域）	津波が勾配が緩く、比較的川幅の広い河川を遡上し、大きな被害を与えた。	宮城県石巻市（北上川） 宮城県名取市（名取川）
⑧海岸林	江戸時代から育成してきた海岸林が、津波により破壊されてしまった。	岩手県普代村普代地区 宮城県東松島市野蒜海岸
⑨干拓地・埋立造成地	海面を埋め立てて、新しい土地を造成した地域。	宮城県石巻市
⑩干潟	環境保全の為に、自然地形を保存していた地域が、津波被害を受けた。	宮城県仙台市（蒲生干潟）



図 2.1-67 岩手県宮古市撰待地区

流された橋と集落

(佐々木宏氏撮影)



図 2.1-68 岩手県宮古市田老地区

被害を受けた津波対策済の地域

(アジア航測撮影)

(2) 地殻・地盤変動状況調査

地殻・地盤変動状況について、今回の大震災により発生した地殻、地盤変動を典型的事例を中心に以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件毎に2箇所以上の調査を実施し衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-10 調査地の選定（地殻・地盤変動）

選別すべき場所の条件	理由	場所
① 地盤沈下した住宅地	地震により地盤が沈下した住宅地。	岩手県陸前高田市気仙地区 宮城県石巻市渡波地区
②地盤沈下した港湾施設 （工業港、漁港）	地震により地盤が沈下した港湾施設。	青森県八戸市（工業港、漁港） 岩手県釜石市（工業港、漁港） 宮城県気仙沼市（工業港、漁港）
③消失した海浜	海水浴場として親しまれてきた海浜が流出した。	根浜海岸（岩手県釜石市） 関上海岸（宮城県名取市）
④消失した景勝地・史跡	名勝地、史跡として親しまれてきた場所が流出した。	高田松原（岩手県陸前高田市） 野蒜築港跡（宮城県東松島市）
⑤地震動による地盤変動 （新興住宅地）	地震により丘陵地に開発された新興住宅地において、地盤の変動が生じ被害が多発した。	宮城県仙台市青葉区 （緑ヶ丘地区） 宮城県山元町（太陽ニュータウン）
⑥土砂災害（地すべり、がけ崩れ等）	地震により地すべりやがけ崩れが発生した。	宮城県丸森町 福島県白河市
⑦液状化（住宅地）	地震による液状化により、住宅地に被害が発生した。	茨城県潮来市 千葉県浦安市
⑧液状化（公共用地）	地震による液状化により、公共用地に被害が発生した。	千葉県千葉市美浜区 （稲毛海浜公園）
⑨地表の変動（水平・垂直）	地震による地表が移動（水平移動、隆起・沈降）した。	文献調査



図 2.1-69 宮城県気仙沼港市 地盤沈下した港湾

（アジア航測撮影）

(3) 人工構造物の被災状況調査

人工構造物の被災状況について、震災、津波被害で典型的な事象を中心に、以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件ごとに 2 箇所以上の調査を実施し衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-11 調査地の選定（人工建造物の被災）

選別すべき場所の条件	理由	場所
①湾口防波堤	津波対策の象徴として長い期間と莫大な費用をかけて構築されてきたが、今回の津波であえなく破壊されてしまった。	岩手県釜石湾口防波堤 岩手県大船渡湾口防波堤
②防潮堤	市街地を津波から守る為に構築されてきたが、今回の津波により、多くが破壊され、越流されて、甚大な被害につながった。	岩手県大槌町 岩手県大船渡市
③防潮水門	市街地を津波から守る為に構築されてきたが、今回の津波により、多くが破壊され、越流されて、甚大な被害につながった。	岩手県岩泉町（小本川河口水門） 岩手県宮古市（津軽石川河口水門）
④工業港の防波堤・岸壁	地域産業の中核施設の多くが流出した。	岩手県久慈市久慈港 宮城県仙台市仙台南港
⑤漁港の防波堤・岸壁	地域の主要産業の漁業生産施設が破壊・流出した。	岩手県宮古市鉾ヶ崎漁港 宮城県気仙沼市気仙沼漁港
⑥河川堤防	津波が河川をたどって遡上した際に堤防が決壊したものの。	岩手県陸前高田市（気仙川） 宮城県石巻市（北上川） 宮城県亘理町（阿武隈川）
⑦道路	津波による浸水、土砂崩れにより、多くの道路が閉鎖された。	国道 45 号（仙台市宮城野区～多賀城市） 常磐自動車道（水戸 IC～那珂 IC）
⑧橋梁	津波により、河口付近の多く橋梁が流出した。	気仙大橋（岩手県陸前高田市） 鹿行大橋（茨城県行方市～銚田市）
⑨鉄道	津波により、鉄道の線路及び駅舎が流出した。	陸前高田駅（JR 大船渡線） 東松島市（JR 仙石線）
⑩養殖漁業施設	沿岸の湾内に設置されていた養殖施設（生簀、筏、延縄など）の多くが破壊・流出した。	岩手県山田湾 岩手県大船渡湾 宮城県気仙沼湾
⑪市町村庁舎	地域行政の中心となっている市町村庁舎に被害が発生した。	岩手県大槌町役場 岩手県陸前高田市役所 宮城県南三陸町役場
⑫その他公共施設	公立病院や消防署等の公共施設において、被害が発生した。	岩手県立高田病院 岩手県大槌消防署
⑬大規模集客施設	不特定対数が利用する大規模集客施設において被害が発生した。	仙台空港（宮城県名取市）
⑭災害時要援護者施設	災害時の避難が困難である、要援護者施設が被災した。	特別養護老人ホームさんりくの園（岩手県大船渡市）
⑮市街地等の火災による被害	地震に伴う火災によって、市街地等に被害が発生した。	宮城県気仙沼市（市街地） 千葉県市原市（コンビナート）
⑯その他土木建造物	地震により老朽化したダムが決壊し、下流の集落に被害が生じた。	福島県須賀川市（藤沼ダム）



図 2.1-70 宮城県南三陸町

被災した町役場
(アジア航測撮影)



図 2.1-71 宮城県名取市

浸水した仙台空港全景
(アジア航測撮影)

(4) 衛星画像の利用調査

今回の震災において衛星画像をどのように利用しどのようなメリットがあったのか、実際に利用した団体にアプローチしインタビューを行ない、利用方法だけでなく、画像提供のルート、タイミング、継続性、判読サポート等についてもどうあるべきか等実ユーザの意見も整理する。インタビュー対象団体は自治体、大学等研究機関、漁協・農協等の各種団体のほか民間企業、NPO等を予定している。

(5) 課題の整理

前項までの調査結果から、どのような対象物、状況であれば判読し易く、またはし難いのか、また、衛星画像をどのような形で提供されると利用者にとってメリットがあるかを整理する。その上で現状の課題と対応策について整理する。

2.1.7.2 画像解析結果の評価

(1) PALSAR データを用いた湛水域解析

PALSAR はその全天候性を期待され、発災直後から精力的な観測が行われた。これらのデータを用い、湛水域の解析を継続的に実施した。湛水域解析に用いたデータは表 2.1-12 のとおりである。

表 2.1-12 湛水域解析に用いた PALSAR データ一覧

No.	観測年月日	入射角 / 軌道	過去データ年月日	入射角 / 軌道
1	2011.3.13	46.6 / Asc	2008.6.21	47.8 / Asc
2	2011.3.23	50.0 / Dsc	2009.11.12	41.5 / Dsc
3	2011.3.26	28.8 / Asc	2010.11.20	34.3 / Asc
4	2011.4.1	34.3 / Asc	2010.9.20	34.3 / Asc
5	2011.4.7	34.3 / Asc	2010.11.20	34.3 / Asc
6	2011.4.18	34.3 / Dsc	2011.3.3	34.3 / Dsc

結論として、適切な観測条件を整えることにより、PALSARにおいても湛水域解析が可能であった。以下、詳細をしるすと、湛水域の抽出にあたっては、SAR 強度画像（オルソ、勾配補正画像）、規格化差分画像、及び発災前の GoogleEarth 画像を利用した。ここで規格化差分画像とは、以下の式で計算される；

$$\text{NDIF}=(\text{DN}_1-\text{DN}_2)/(\text{DN}_1+\text{DN}_2)$$

ここで、NDIF とは規格化差分画像、 DN_2 は災害前 PALSAR 画像の DN 値、 DN_1 は災害後の DN 値である。規格化差分により、湛水域を強調して表現することができ、SAR 強度画像のみでは判断が難しい部分の判読に役立った。また、発災前の GoogleEarth 画像から土地被覆の状況を確認し、合わせて湛水域判読の補助として用いた。

また、判読を通していくつかの知見が得られた。具体的にはまず、災害前画像として水稲作付・生育期の画像（概ね5月～7月）の使用を避ける必要がある。その理由は、今回の津波被害域の多くは平野部にあり、多くの場合において水田が広がっている。その場合、水稲の田植期から生育期にあたる時期の PALSAR 画像を災害前画像として選択すると、水田が湛水しているため抽出判読が難しくなるからである。また、発災後画像の観測中あるいはその直前に降雨があった場合、津波の水が引いた冠水跡に水たまりができてしまい、それを湛水と誤判読したケースもみられた。PALSAR データの観測条件についても、入射角が大きいとレンジアンビギュイティの影響で判読性が落ちること、入射角が小さいと空間分解能の悪化に伴う判読性の低下が起こることが明らかになった。以下、図 2.1-72 に湛水域抽出画像、及び規格化差分画像、PALSAR 画像の例を記す。

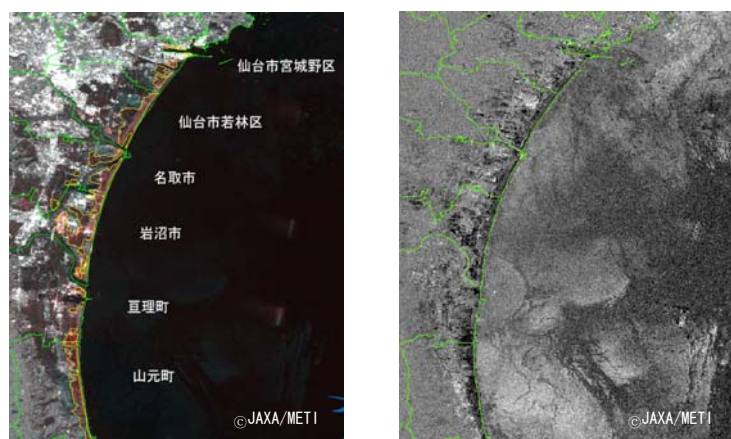


図 2.1-72 PALSAR による湛水解析結果の例（左：抽出結果、右：規格化差分画像）