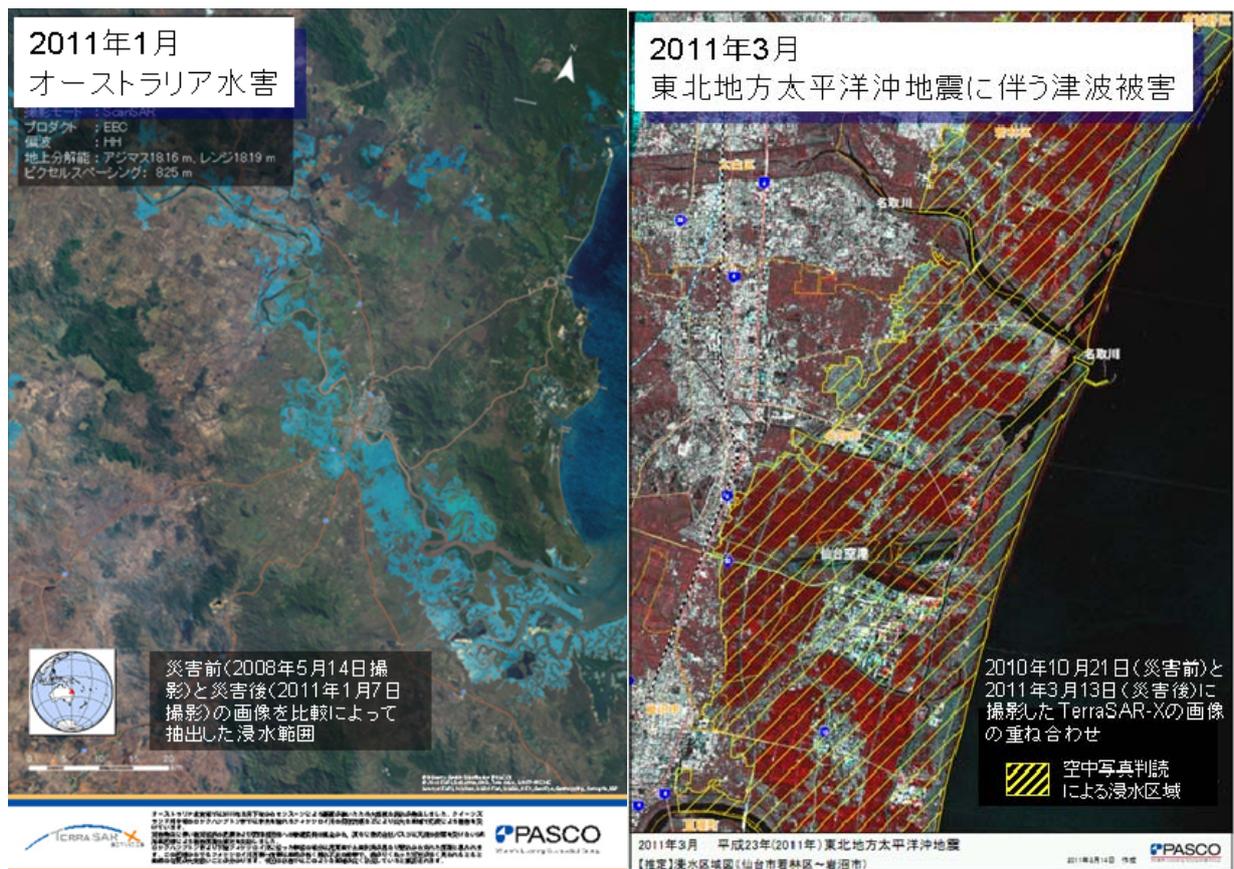


報告書概要

①技術研究開発課題名	合成開口レーダ（SAR）を利用した防災情報把握に関する技術開発
②技術研究開発テーマ名	小型・軽量の航空機搭載型SARにより取得する画像データを用いた浸水域等の把握の実用化に関する技術開発
③研究代表者	
氏名	所属・役職
山口 芳雄	新潟大学工学部・教授
④共同研究者	
氏名	所属・役職
佐藤 亮一	新潟大学教育学部・准教授
高岸 旦	株式会社パスコ衛星事業部技術部・部長
橘 菊生	株式会社パスコ研究開発センター ジオマティクス課・課長
野中 崇志	株式会社パスコ衛星事業部技術部 運用技術課・課長
吉川 和男	株式会社パスコ衛星事業部技術部 応用技術一課・課長
柴山 卓史	株式会社パスコ衛星事業部技術部 応用技術一課・技師、チームリーダー
⑤背景・課題	
<p>近年、夜間・悪天候時等における SAR 衛星による浸水範囲等の把握の有効性が、国内外の多くの災害において立証されている。しかしながら、衛星は時間分解能に課題を有することから、機動性に優れる航空機 SAR の早期の実用化が望まれている。</p> <p>本研究では、水害等発生時の浸水範囲等の把握に特化した実用性の高い小型・軽量・低電力の航空機 SAR を設計・開発し、その撮影技術や画像解析処理による浸水範囲、浸水深（河道閉塞含む）の準リアルタイム把握に関する技術研究開発を行った。</p>	
課 題	解 決 策
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 撮影技術、解析手法が確立していない <ul style="list-style-type: none"> → 現存の航空機SARでは、実用化に向けた定量的な精度評価が実施されていない <input type="checkbox"/> 撮影から解析までに時間を要する <ul style="list-style-type: none"> → センサ搭載に1日以上かかる → データの転送に時間を要する → データの解析に時間を要する <input type="checkbox"/> 運行コストが多大 <ul style="list-style-type: none"> → 大きく機体改修を伴う専用の航空機が多い → 高額のコストがかかるジェット機での運用 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 電波暗室における基礎実験 <ul style="list-style-type: none"> → 適切な周波数、入射角、偏波の選定 <input type="checkbox"/> 解析の高速化 <ul style="list-style-type: none"> → 処理手法の開発(自動処理フロー) → 機上で撮影と準リアルタイム画像再生 <input type="checkbox"/> 小型、軽量、低電力SARの開発 <ul style="list-style-type: none"> → 汎用の小型軽飛行機30分以内に搭載 → 運行コストの低減 <input type="checkbox"/> 実災害における精度検証
<i>航空機 SAR の実用化に関する課題と解決策</i>	



SAR 衛星(TerraSAR-X)による浸水範囲等の把握事例

⑥技術研究開発の目的

現存の航空機 SAR は、フルポラリメトリ・複数バンド等、高度な機能を有するが、多くの課題を有しており、実用化には至っていない。そのため、航空機 SAR の実用化を目標とし、以下の技術開発を行うことを目的とした。

1) SAR 画像を利用した浸水範囲等の把握技術の開発

- ・SAR 画像を利用した浸水範囲の把握技術の開発
- ・レーザプロファイラデータ(LP)、数値地図等を活用した浸水深の把握技術の開発

2) 航空機搭載型 SAR による撮影技術開発

- ・小型・軽量・低電力の航空機搭載型 SAR の設計・開発
- ・飛行経路や補正を組込んだ SAR 画像の幾何補正技術の開発

3) SAR を利用した浸水範囲等の把握技術の実証実験

- ・夜間・降雨等の悪条件下における実証実験
- ・実証フィールドにおける浸水範囲の自動抽出
- ・実利用を想定した総合的な実証検証実験の実施

平成 21 年度は主に過去の水害等の災害を対象として事例調査を行い、求められる航空機搭載型 SAR の機能要件整理及び設計を行った。

平成 22 年度は前年度の設計に基づき SAR センサ(X バンド)の改良を行うとともに、実証フィールド(渡良瀬遊水地)等で浸水範囲等把握技術の実証実験を行い、実運用に向けた課題を整理した。

⑦技術研究開発の内容・成果

前述の研究目的を達成するため、具体的には以下の内容で技術研究開発を行った。

□多様なリソースによる浸水範囲、浸水深把握技術の開発

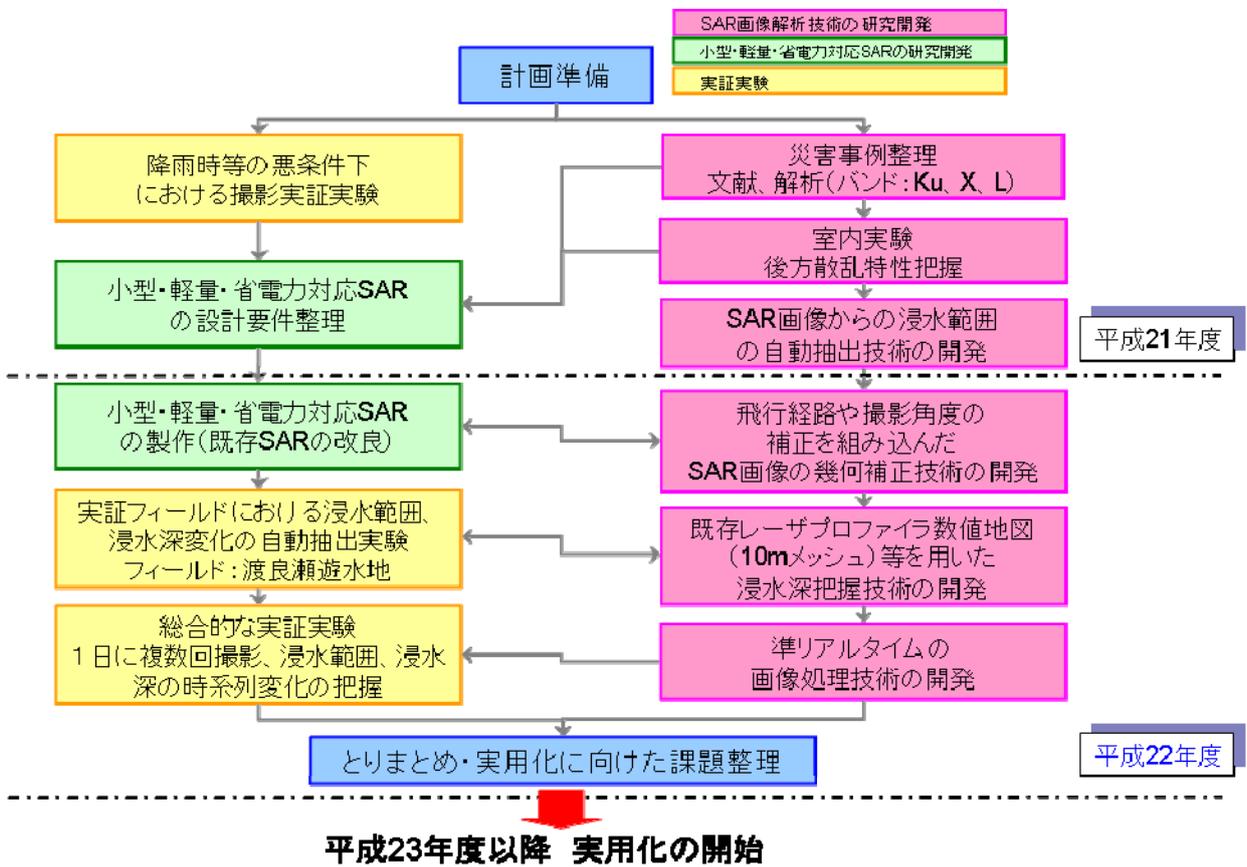
- ・土地利用、傾斜、レーダシャドウ等を考慮した浸水範囲把握技術の開発
- ・河川レーザプロファイラデータ(LP)等を活用した浸水深把握技術の開発

□水害に有効な小型、軽量、低電力 SAR の開発

- ・室内実験、既往災害事例整理による新型 SAR 設計要件の整理
- ・小型航空機に機体の改造なしで 30 分以内に搭載可能な SAR の開発
- ・飛行経路や補正等を組み込んだ SAR 画像の幾何補正技術の開発

□実利用に向けた総合的な実証実験

- ・夜間、降雨等の悪条件下における SAR による撮影実証実験
- ・実証フィールドにおける浸水範囲、浸水深変化の自動抽出実証実験
- ・1日複数回の撮影、準リアルタイム処理、時系列変化把握の把握実証実験

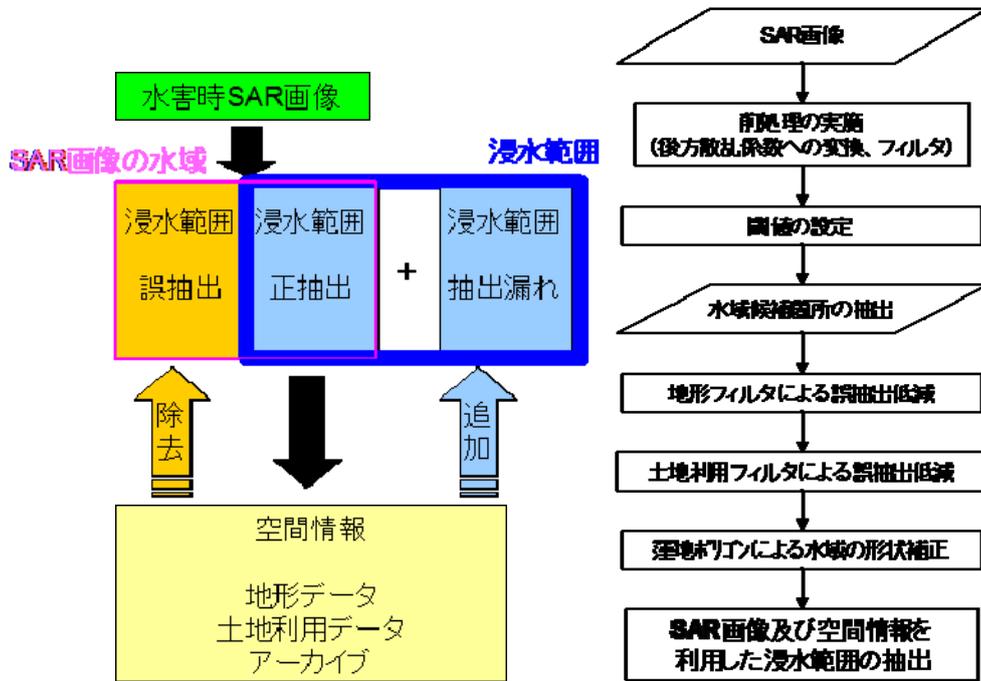


年次計画(平成 21 年度～平成 22 年度)

■多様なリソースによる浸水範囲、浸水深把握技術の開発

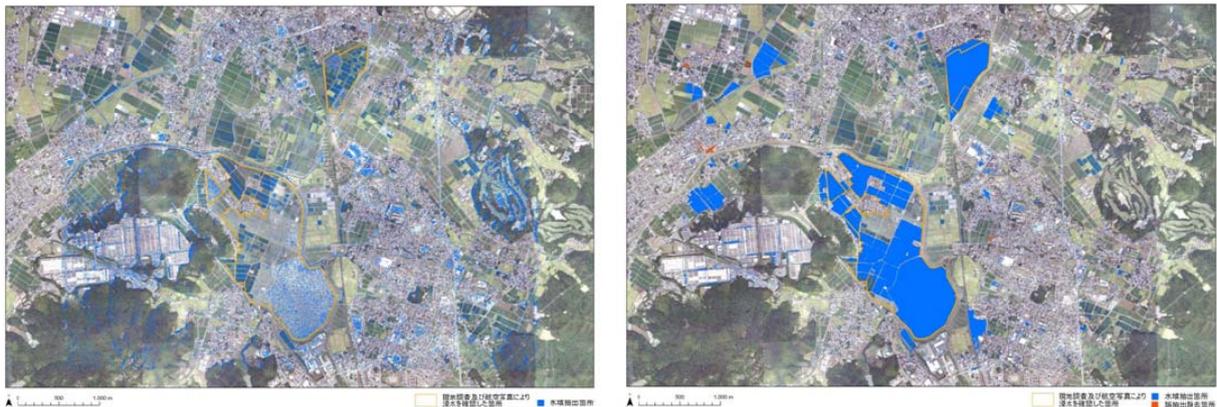
・土地利用、傾斜、レーダシャドウ等を考慮した浸水範囲把握

既往研究などから SAR データのみでは、誤抽出・抽出漏れがあることを課題と認識し、地理空間情報を組み合わせて、浸水範囲抽出の精度向上を図った。



SAR 画像を利用した浸水範囲の把握の概念(左)と空間情報を利用した浸水範囲抽出フロー(右)

SAR 画像から得られた後方散乱係数の閾値のみならず、数値地形モデル (DEM) や土地利用データ等を用いることにより、誤抽出を軽減し、抽出漏れを補完する画像処理フローを確立した。

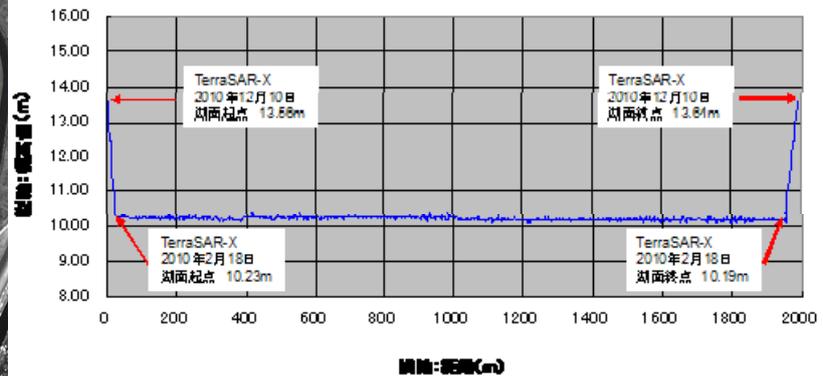
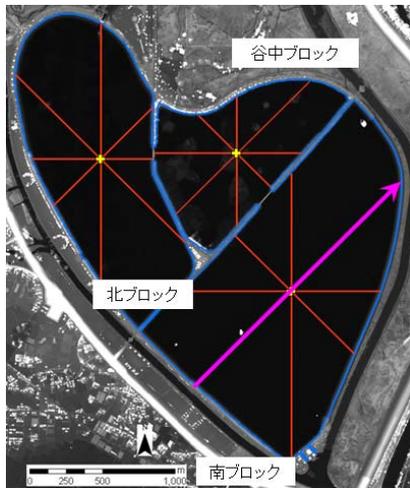


SAR 画像のみによる浸水範囲抽出結果(左)と空間情報を利用して精度向上した浸水範囲抽出結果(右)

■多様なリソースによる浸水範囲、浸水深把握技術の開発

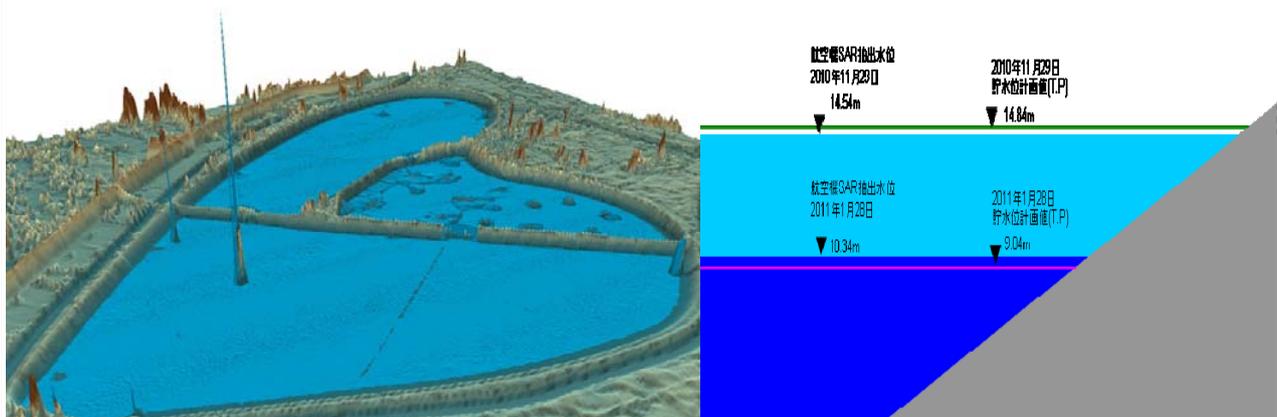
・河川レーザプロファイラデータ(LP)等を活用した浸水深把握技術の開発

水害発生時には、浸水範囲のみならず、浸水の深さが被害の程度に大きく影響するため、浸水範囲抽出技術を応用・発展させ、浸水深を推定するための技術開発を行った。技術開発を行うフィールドとして、水位管理の行われている渡良瀬遊水地(谷中湖)を対象とした。



SAR 画像を利用した浸水範囲の把握(左)とLP データを用いた水深の推定(右)

SAR 画像と空間情報を利用して浸水範囲を抽出した後、数値地形モデル (DEM) から水涯線における高さ情報を取得することにより、浸水している箇所の標高を把握し、水位に変換する。2 時期(他時期)において同様の処理を実施することにより、その間の水位の変化を把握することができる。水位(変化)の推定精度は用いる DEM に依存するが、LP データを用いる場合は数 10cm 以内であることが確認された。

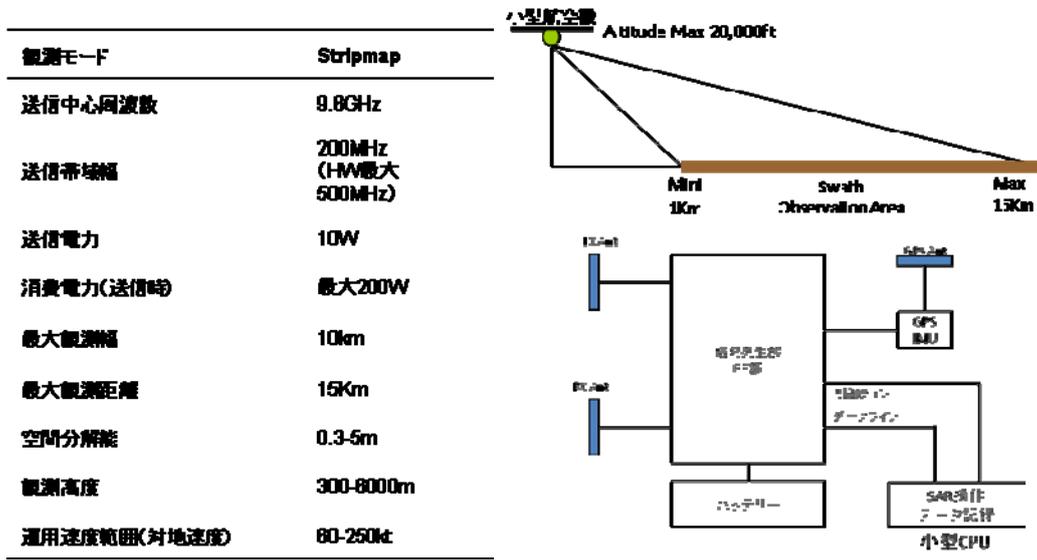


水域(浸水範囲)の3次元鳥瞰表示(左)とSAR 画像からの水位変化(浸水深)抽出(右)

■水害に有効な小型、軽量、低電力 SAR の開発

・室内実験、既往災害事例整理による新型 SAR 設計要件の整理

文献調査、室内実験、悪条件下の撮影実験を踏まえ、実災害時の運用性等の観点から X バンド SAR を設計した。

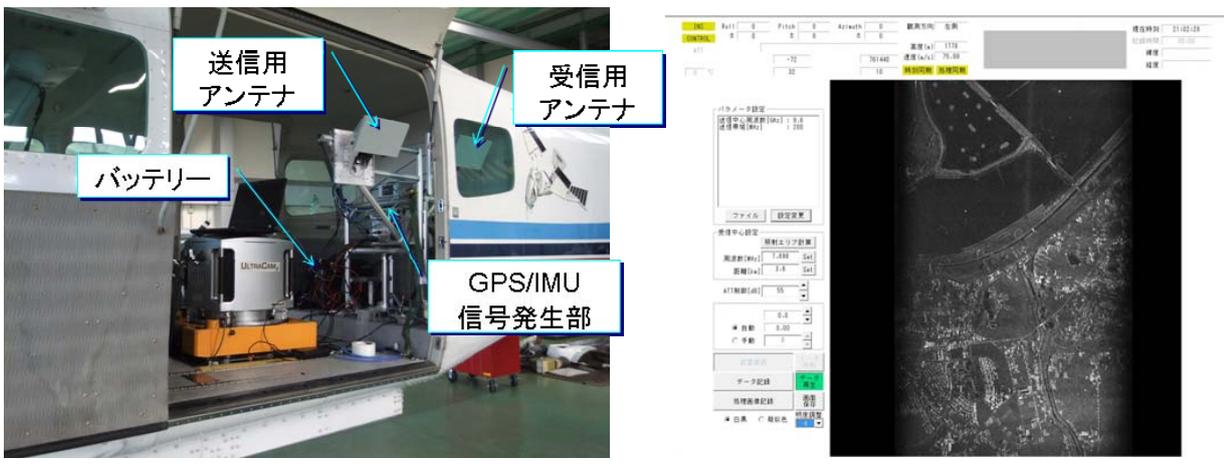


開発した SAR の諸元(左)と撮影ジオメトリおよび SAR システム構成(右)

- ・小型航空機に機体の改造なしで 30 分以内に搭載可能な SAR の開発
- ・飛行経路や補正等を組込んだ SAR 画像の幾何補正技術の開発

防災に特化した実用性の高い小型・軽量・低電力の SAR として、以下のような特徴を持つ航空機搭載型 SAR を開発した。また、同 SAR の幾何補正技術、撮影制御システム等を開発した。

- ・航空機への搭載に用いるフレーム、ケーブル類等の付属品込みで総重量 45kg 以下を達成
- ・航空測量機材が搭載された状態でも容易に積み込み、および撮影が可能



小型航空機(セスナ 208 型)への搭載状況(左)と SAR 撮影制御画面(右)

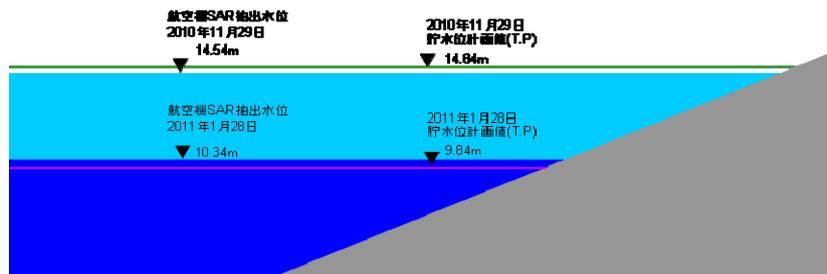
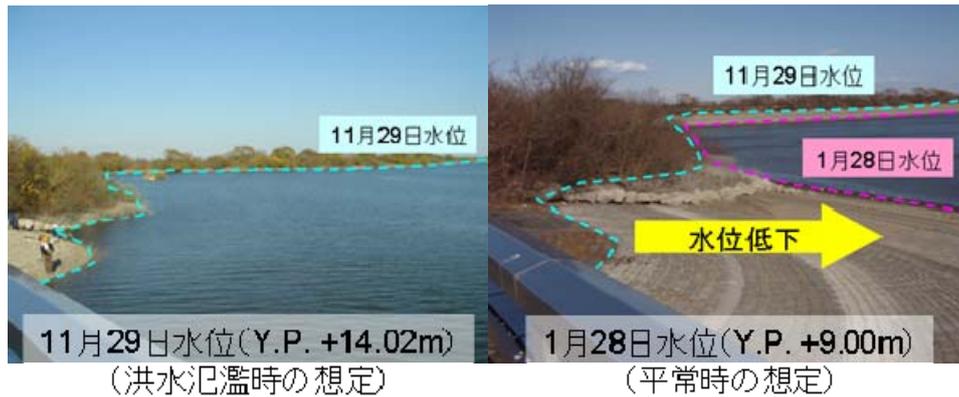
■実利用に向けた総合的な実証実験

・夜間、降雨等の悪条件下における SAR による撮影実証実験

水害時を想定し、雲の上から SAR による撮影を行い、雲を透過して地表面の状態を撮影できることを確認した。また、マイクロ波の波長帯として Ku バンドより X バンドが有利であることを確認した。

・実証フィールドにおける浸水範囲、浸水深変化の自動抽出実証実験

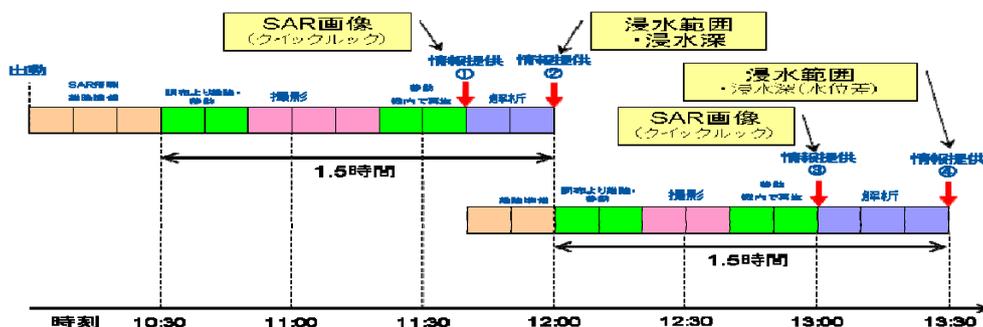
渡良瀬遊水地(谷中湖)を実証フィールドとし、干し上げ(水位操作)による11月から1月の間における水域および水位の変化を抽出する実証実験を行った。



水位の変化状況(上)と推定した水位の変化(下)

・1日複数回の撮影、準リアルタイム処理、時系列変化把握の把握実証実験

1日に2回の撮影を行い、1.5時間間隔の情報提供が可能であることを確認した。



災害対応タイムライン

⑧今後の課題・展望

■免許取得と事業化

平成 22 年度をもって、本技術研究開発は完了した。今後は本技術研究開発で明らかとなった課題を解決するなどして、事業化を目指す。

■残された技術的課題、運用上の課題

本技術研究開発で設定した課題は全て解決することができた。しかしながら、実証実験等を通じて確認された課題には以下のようなものがあり、これらを解決することで実用化が実現できると考えている。

◆航空機による SAR 画像取得、解析、配信の課題

- ・実際の災害時におけるデータ取得、解析
- ・夜間におけるデータ取得、解析
- ・情報配信体制の整備
- ・ユーザに適応した情報開示(政府、国交省、自治体、専門家、国民)

◆航空機 SAR 運用上の課題

- ・夜間、悪天時の離発着
- ・電波法上の手続き(期間の延長、移動範囲の拡大)
- ・観測プラットフォーム(航空機)、SAR センサ、人員の適正配置
- ・運用マニュアルの整備(観測基準、手順、役割分担)