

令和6年度
地球観測衛星データを活用した
山地災害判読事業

報告書

林野庁

目次

1. プロジェクト概要
 - 1.1 目的
 - 1.2 開発スケジュール
 - 1.3 体制図
 - 1.4 連絡事項
2. 災害判読フローの枠組み
 - 2.1 人による判読
 - 2.2 AIによる判読
3. 提案手法の妥当性検証
 - 3.1 Ridge SAT Image Analyzerの概要
 - 3.2 アノテーションデータの選定方針
 - 3.3 AIモデルの開発アプローチ
4. 衛星画像の選定
 - 4.1 衛星画像リスト
5. 評価指標の検討
 - 5.1 想定するKPI
6. AIモデル開発
 - 6.1 各モデルの入力画像の違い
 - 6.2 傾斜度データ
7. 推論結果・考察
 - 7.1 定性評価
 - 7.2 定量評価
 - 7.3 後処理の検討
8. 後処理
 - 8.1 グリッドサイズの検討
 - 8.2 ヒートマップの検討
9. 選定画像への推論結果
 - 9.1 愛知・高知の地震（愛知県）
 - 9.2 関東（房総半島）地震（千葉県）
 - 9.3 令和5年台風2号豪雨（和歌山県）
 - 9.4 東北大雨（青森県）
 - 9.5 九州・山口県豪雨（山口県）
 - 9.6 大分土砂災害（大分県）
 - 9.7 北海道の地震（北海道）
 - 9.8 台風19号（宮城県）
 - 9.9 静岡土砂崩落（静岡県）
 - 9.10 考察
10. 実運用に向けた方針と課題整理
 - 10.1 ALOS-4相当のデータ量の解析判読時間
 - 10.2 判読時間、精度および費用の比較
 - 10.3 方針と課題
11. AI判読を活用した実運用フロー案
 - 11.1 フロー概略図
12. 検討委員会の概要
13. 本事業で取得したデータ一覧

1.1 プロジェクト概要：目的

本プロジェクトの目的（仕様書抜粋）

地球観測衛星データを活用した山地災害の緊急観測については、（国研）宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）との農林水産分野における地球観測衛星データ等の利用の推進に関する協定（以下、「包括協定」という。）に基づき、令和元年度から令和6年度末までの間においては、JAXAにおいて観測結果の「解析・判読」を行ってきたところ。

このような中、令和7年度以降においては、改めてJAXAとの包括協定を締結のうえ、地球観測衛星データによる緊急観測を行う予定としているが、観測結果の「解析・判読」については、ユーザーにより行うこととなっているところ。他方、現在運用しているレーダ衛星（ALOS-2）の後継機となる先進レーダ衛星（ALOS-4）が打ち上げられ、将来的には、ALOS-4による緊急観測が想定されているところ。

ALOS-4は、従来の4倍の観測幅となるなど広域範囲の観測が可能となる反面、観測データの増大から「解析・判読」にこれまで以上の時間を要すること等が想定されることから、「解析・判読」の一層の効率化を図り、被害状況の迅速な概況把握に資するため、AI等を活用した「解析・判読」と、観測区域が大幅に向上する特徴を踏まえた高度利用や作業負担軽減のための実証を行う。また、これらの実証結果を踏まえ、森林域における被害状況の「解析・判読」について、作業効率を含めた最も効率的な解析・判読の手法並びにそのタイムラインを構築し、令和7年度以降におけるユーザーによる解析・判読事業移行につなげることを目的とする。

期間

- 2024年12月24日～2025年2月28日

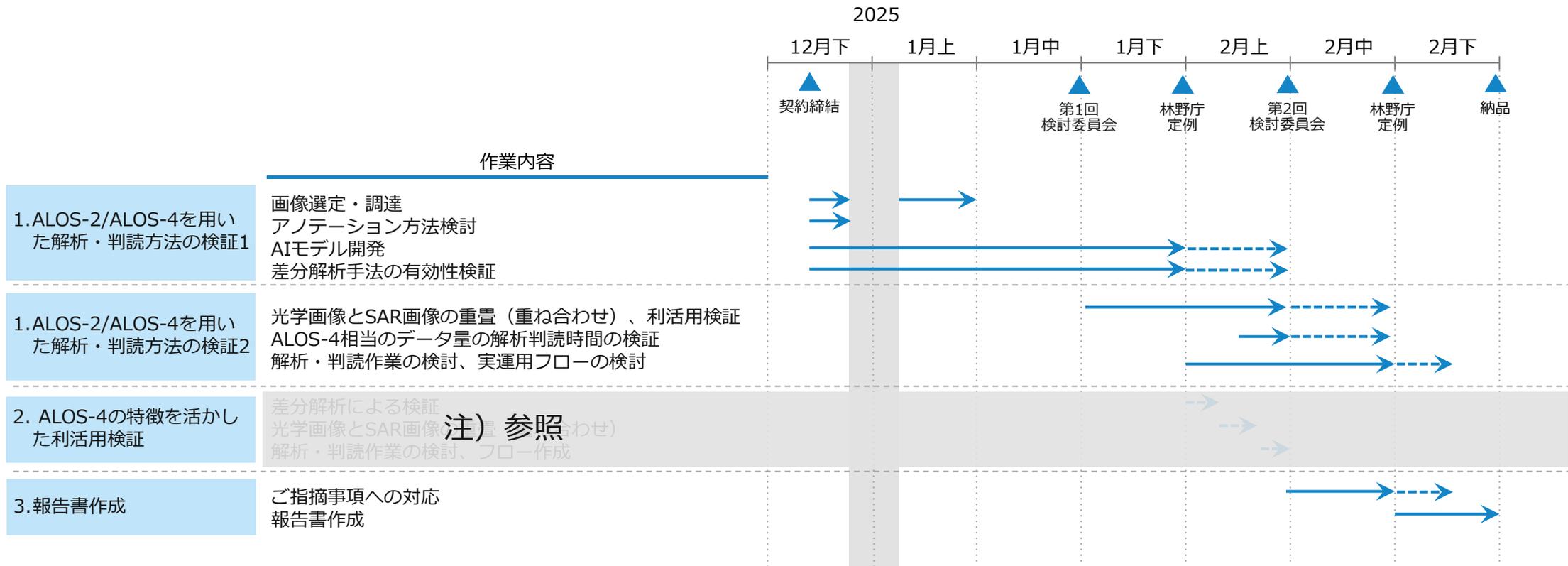
納品物

- 業務報告書
- AI等による解析・判読検証結果
- 電磁記録媒体（DVD-R等）

納品場所

- 林野庁国有林野部業務課（農林水産省北別館8階ドアNo.814）

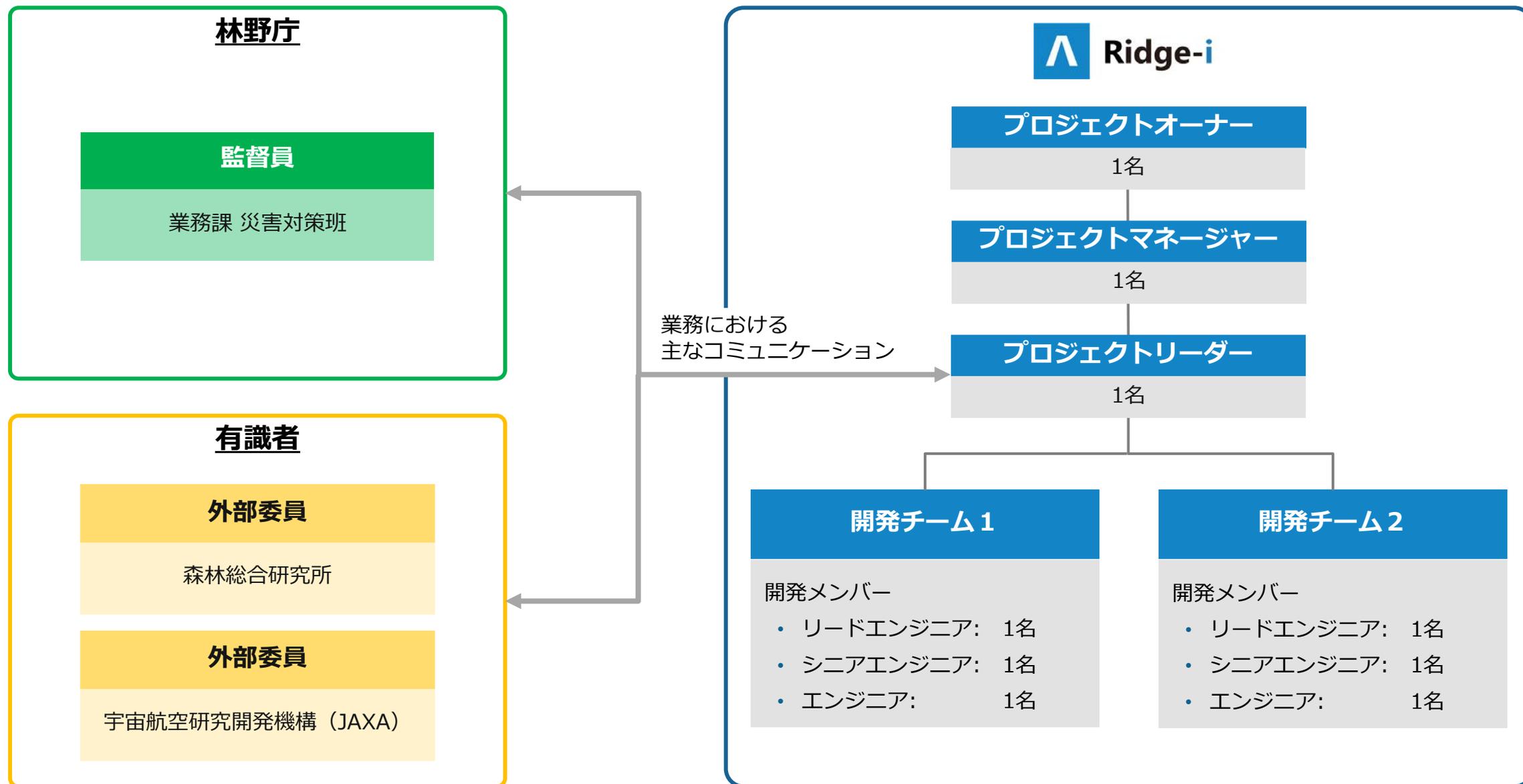
1.2 プロジェクト概要：開発スケジュール



→ : 想定期間
 ---→ : 必要に応じて追加実施

注) 「2. ALOS-4の特徴を活かした利活用検証」については期間中の画像取得が困難と予想されるため現状スケジュールに含まない。期間内に画像入手可能な場合は、林野庁と協議する

1.3 プロジェクト概要：体制図



1.4 プロジェクト概要：連絡事項

コミュニケーション

- メール（Slack, Teams等のご使用も含む）
- データ授受の方法（林野庁のデータ共有システムを想定）
- 報告書・検証結果などは日本語を使用予定
- 年末年始（弊社:12/28土～1/5日）

ご報告について

- 林野庁への報告
【仕様書：6.その他(1)】

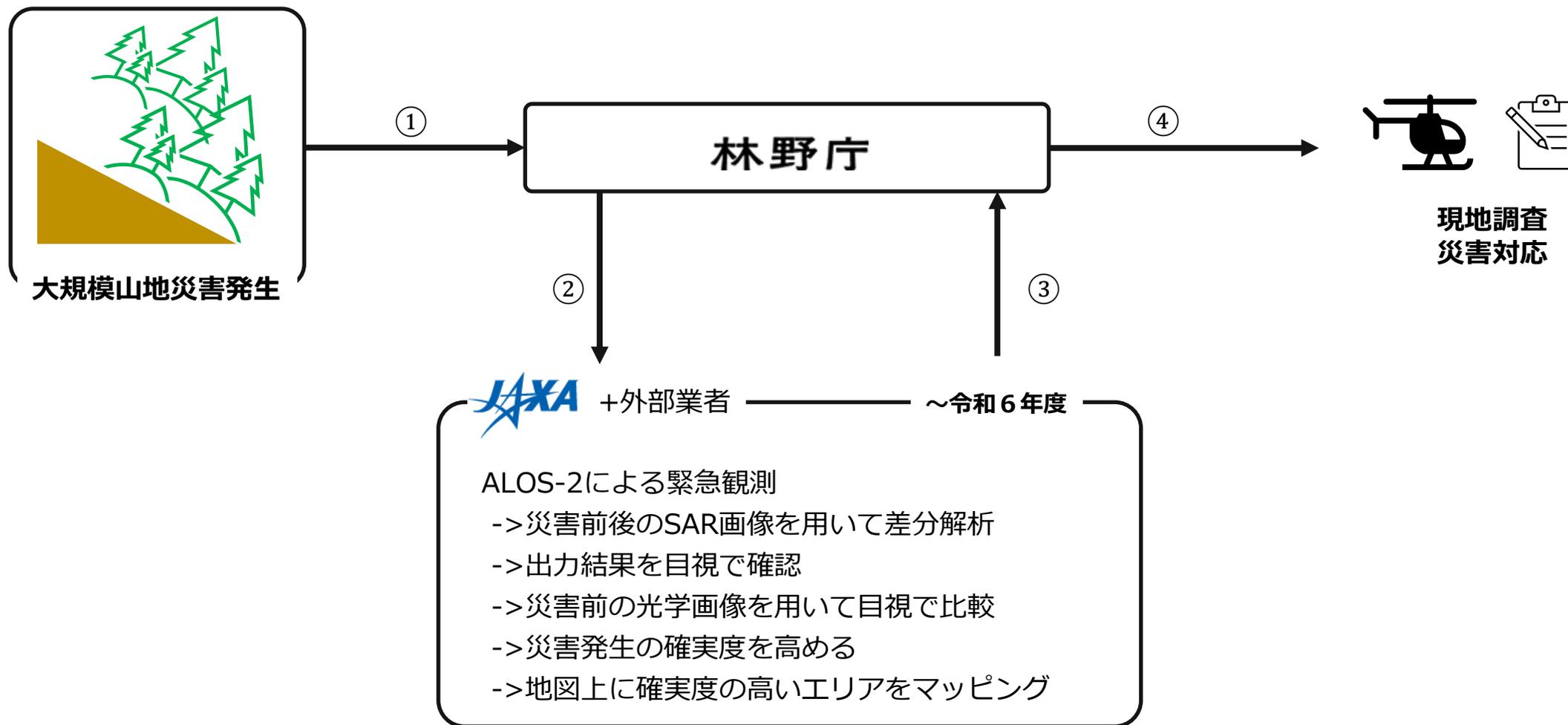
検討委員会について

- 第1回（1月中旬）
- 第2回（2月中旬）

各お打ち合わせ概要	開催	議題	参加者	備考
第1回検討委員会	2025/1/21	・ AIを用いたフロー支援の枠組み案（詳細） ・ 開発AIモデルの検証結果および評価手法 ・ 差分解析手法の有効性検証	林野庁/有識者/Ridge-i	対面
第2回検討委員会	2025/2/10	・ 実運用に向けた方針と課題整理 ・ AI判読を活用した実運用フローについて ・ まとめ	林野庁/有識者/Ridge-i	対面

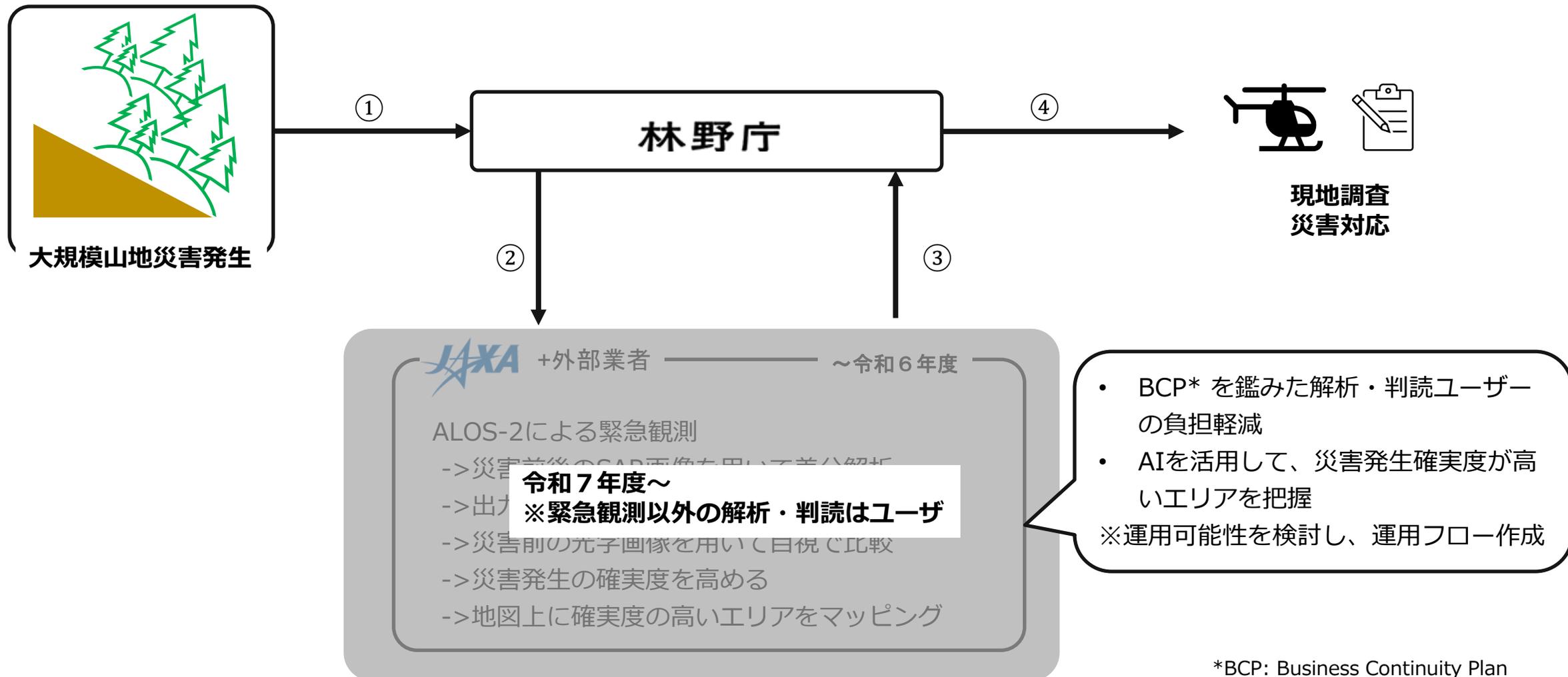
2.1 災害判読フローの枠組み：人による判読

林野庁へのヒアリングおよび有識者による検討委員会を開催し、災害判読のフローや現状の問題点を整理し、解決すべき課題を共有した。現状は、JAXAが専門性の高い解析・判読作業を担っている。



2.2 災害判読フローの枠組み：AIによる判読

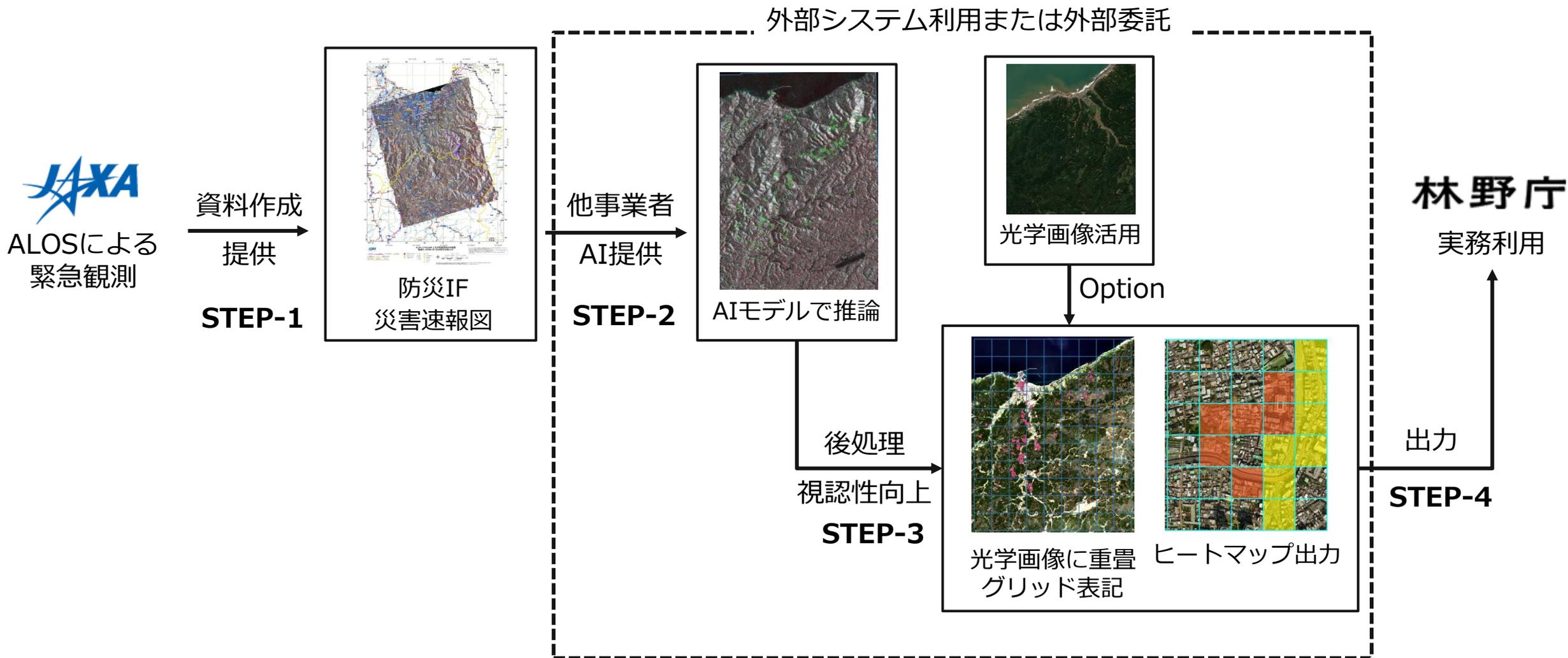
令和7年度から、これらの解析・判読作業をユーザ側で実施する必要性が生じている。しかし、従来の目視による判読作業は、今後運用が開始されるALOS-4に対して、多方面で対応が困難になる可能性がある。そこで、AIを活用することでこの課題を解決し、BCPも考慮した持続的な運用検討が可能となる。



2.2 災害判読フローの枠組み：AIによる判読

具体的な解析・判読作業として、各STEP毎にAIと衛星画像を活用した判読フローのイメージを示す。

※点線枠内がAIによる解析・判読範囲



3.1 提案手法の妥当性検証：Ridge SAT Image Analyzerの概要

AIモデル開発には、株式会社Ridge-iが独自に開発した衛星画像解析プラットフォーム「Ridge SAT Image Analyzer(RSIA)^{*1}」を活用する。RSIAには以下の特徴がある。

- 市販のGISソフトウェアとの高い互換性を持つ。専門家が作成したアノテーションデータを直接学習に活用できる。
- SAR画像、光学画像、標高データ等、各種地理情報データに対応し、センサーの特性に応じた最適な解析手法を実装する。
- 学習済みモデルの再利用や、転移学習が容易で、新規災害にも迅速に対応できる。

RSIAでは複数の衛星画像解析プロジェクトで実績があり、基盤技術として土砂災害検出においても高い適用性を持つ。



AIソリューション事例
人工衛星画像AI解析 事例（エンジンの一例）

衛星画像 土砂崩れ検出	衛星画像 駐車場スペース検知	衛星画像 影・ノイズ除去	日本全域 地形・地物 変化検知
レーダ衛星 (SAR) 重油流出箇所推定	衛星画像 (赤外) 森林火災可視化	ドローン 海岸の海ごみを検出	航空写真 駐車台数、輸出台数の計測

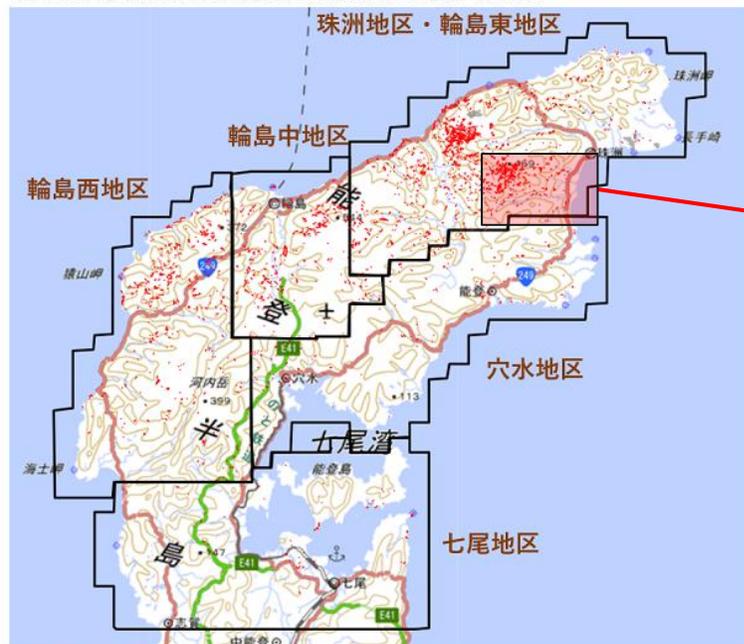
Credit: European Union, contains modified Copernicus Sentinel data 2020 画像作成: Ridge-i ©2025 Ridge-i All Rights Reserved

^{*1} 詳細は参考資料参照

3.2 提案手法の妥当性検証：アノテーションデータの選定方針

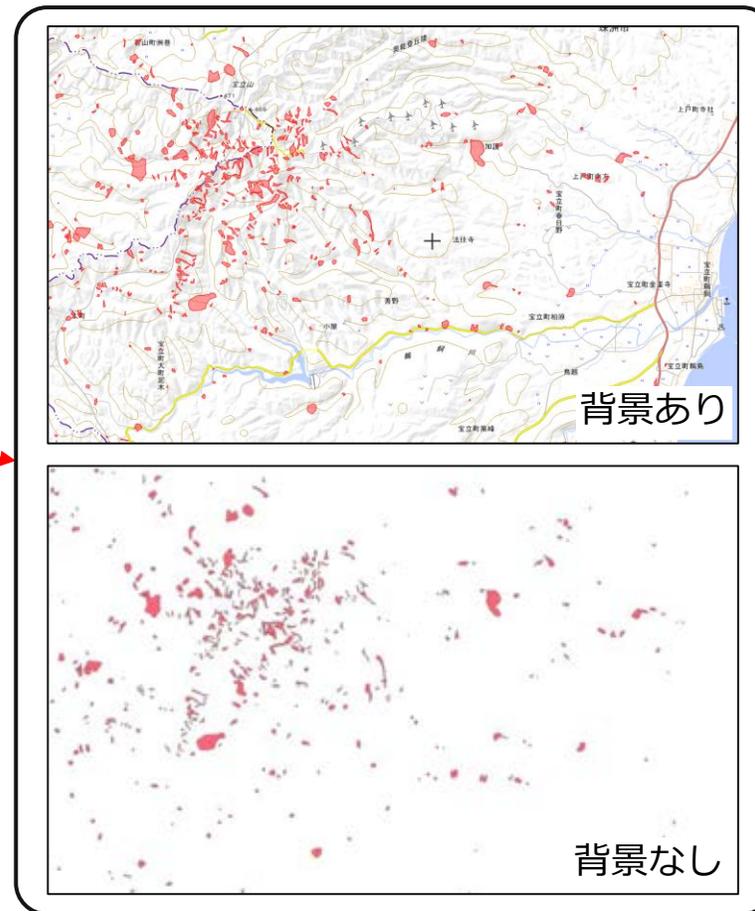
アノテーションデータ（教師データ）をゼロから作成するのではなく、国土地理院が提供するアノテーションデータを活用する。これにより、限られた期間内で質の高いモデルを比較的短期間で作成することができる。

[珠洲地区、輪島東地区、輪島中地区、輪島西地区、穴水地区、七尾地区]



(地理院地図による閲覧)

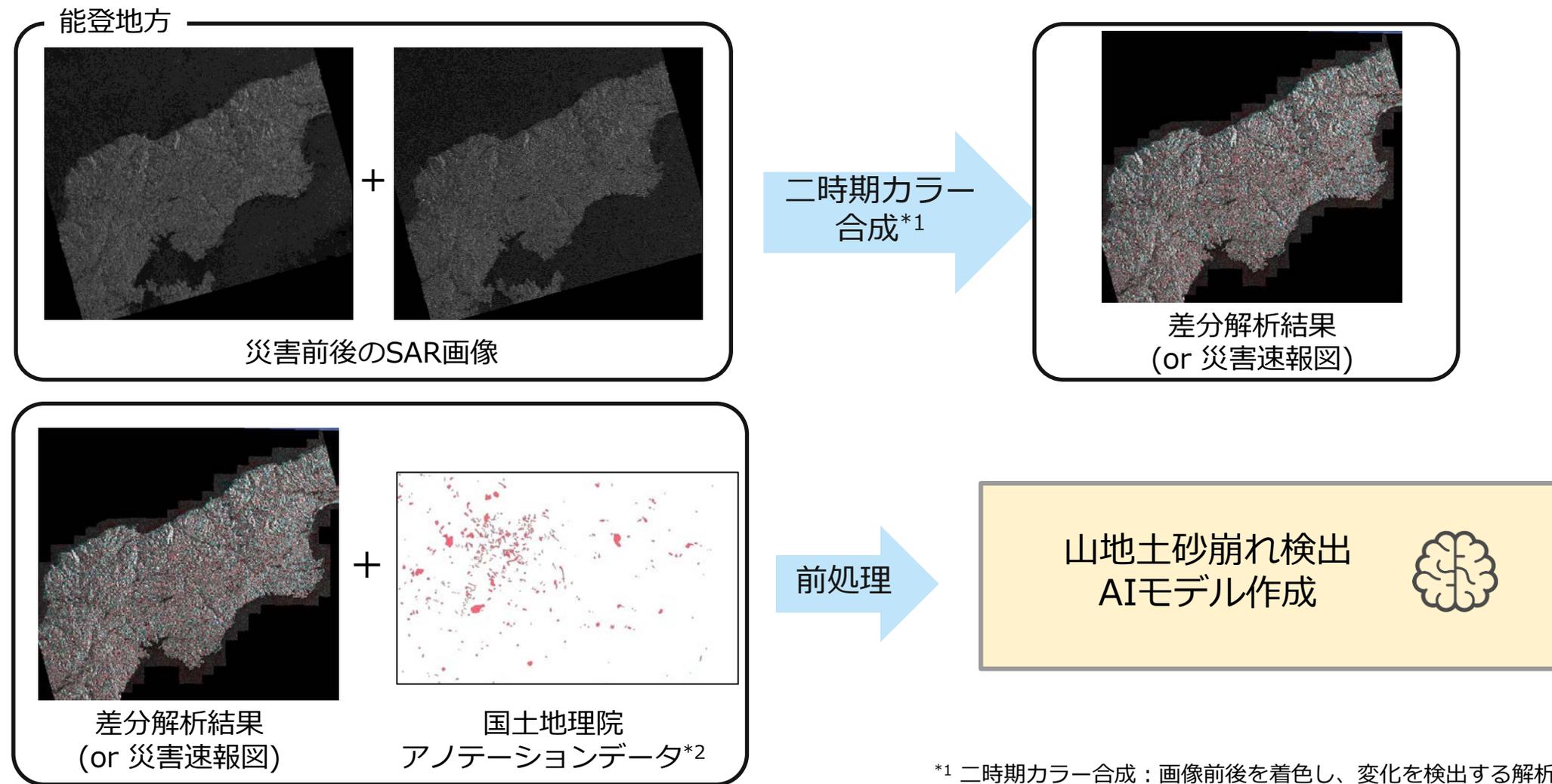
- [斜面崩壊・堆積分布データ\(珠洲地区、輪島東地区\) GeoJSONファイルのダウンロード\(ZIP形式:251KB\)\(1月6日更新\)](#)
- [斜面崩壊・堆積分布データ\(輪島中地区\) GeoJSONファイルのダウンロード\(ZIP形式:125KB\)\(1月15日更新\)](#)
- [斜面崩壊・堆積分布データ\(輪島西地区\) GeoJSONファイルのダウンロード\(ZIP形式:148KB\)\(1月22日更新\)](#)
- [斜面崩壊・堆積分布データ\(穴水地区\) GeoJSONファイルのダウンロード\(ZIP形式:46KB\)\(1月19日更新\)](#)
- [斜面崩壊・堆積分布データ\(七尾地区\) GeoJSONファイルのダウンロード\(ZIP形式:31KB\)\(1月19日更新\)](#)



詳細にアノテーションされたデータ
(赤ポリゴン部*1)

3.3 提案手法の妥当性検証：AIモデルの開発アプローチ

モデル開発は段階的に進める。撮像条件が同じで、撮像時期が異なる2枚のSAR画像を合成し、差分解析を行う。解析結果とアノテーションデータを基に、土砂崩れ検出AIモデルを構築する。



*1 二時期カラー合成：画像前後を着色し、変化を検出する解析手法

*2 国土地理院にて一部の災害に関して公開されている無償データ

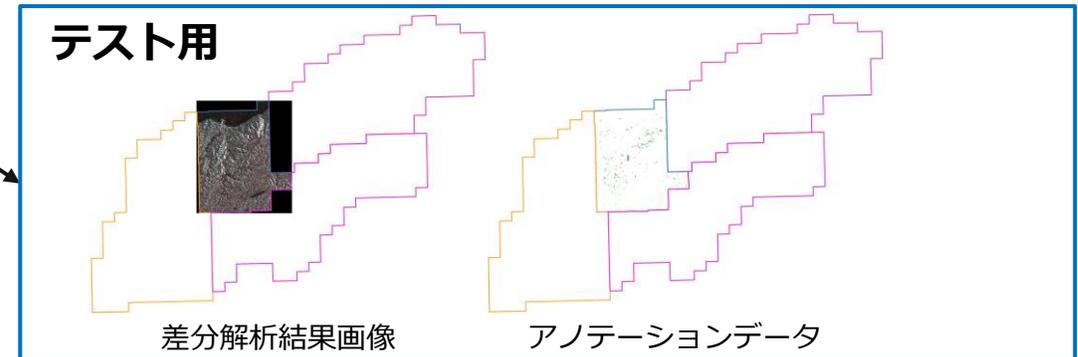
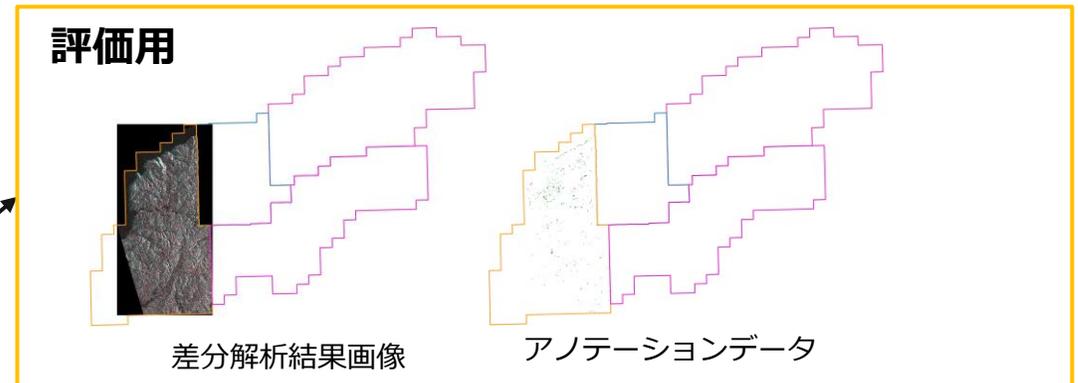
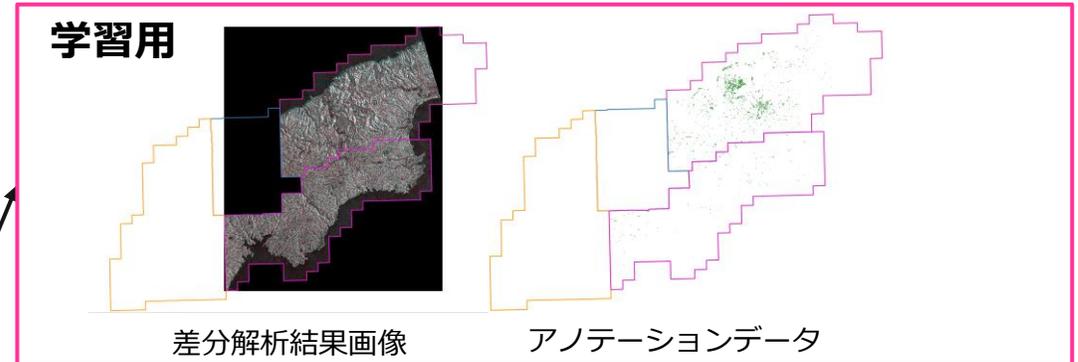
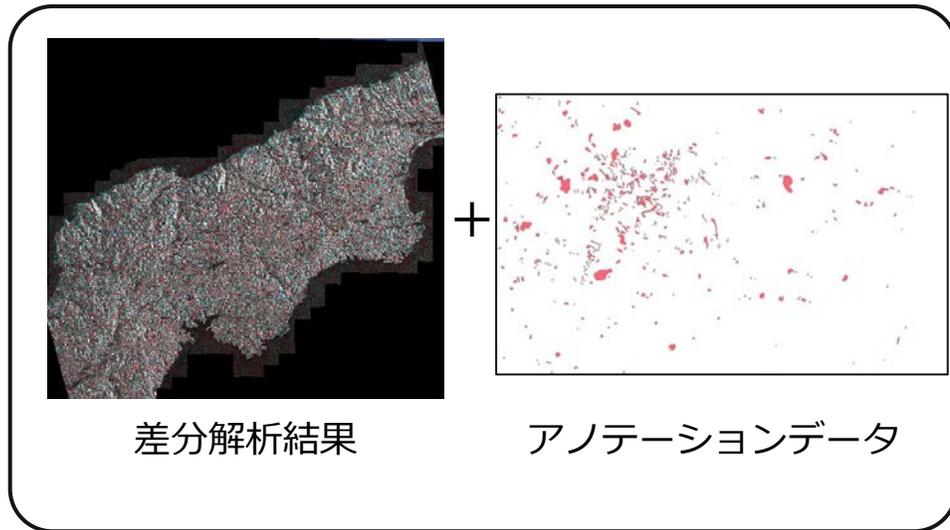
3.3 提案手法の妥当性検証：AIモデルの開発アプローチ

前処理として、画像を学習・評価・テスト用に分割する。

※アノテーションデータも同じサイズで分割する

- 紫エリア : 学習用
- オレンジエリア : 評価用
- 青エリア : テスト用

AIモデルを構築後、評価用に分割した画像でモデル性能を評価し、推論用に分割したテスト用画像で推論を行う。



4.1 衛星画像の選定：衛星画像リスト

防災インターフェースを活用し、山地災害判読に適した教師データと評価データを選定する。

教師データとして学習用にNo.1を選定する。モデルの評価用として、撮像条件が異なるNo.2~No.10の複数エリアを選定する。

No.	災害事例	発災前後	観測モード	昇交/降交種別	オフナディア角	観測日(UTC)	観測差(d)	季節	画像用途
1	令和6年能登半島地震 (石川県輪島市)	発災後	SM1	Descending	35.4	2024/01/02, 3:37:28	210	冬	学習用
		発災前	SM1	Descending	35.4	2023/06/06, 3:37:26			
2	愛媛・高知の地震 (愛媛県宿毛市)	発災後	SM1	Ascending	40.6	2024/4/18 14:23:19	98	秋	推論用
		発災前	SM1	Ascending	40.6	2024/1/11 14:23:22			
3	関東(房総半島)地震 (千葉県鴨川市)	発災後	SM1	Descending	32.4	2023/5/11 2:42:51	70	春	推論用
		発災前	SM1	Descending	32.4	2023/3/2 2:42:29			
4	令和5年台風2号豪雨 (和歌山田辺市)	発災後	SM1	Descending	35.4	2023/6/6 3:37:26	196	春	推論用
		発災前	SM1	Descending	35.4	2022/11/22 3:37:27			
5	東北大雨 (青森県能代市)	発災後	SM1	Ascending	32.4	2023/7/18 14:31:46	238	夏	推論用
		発災前	SM1	Ascending	32.4	2022/11/22 14:30:34			
6	九州・山口県豪雨 (山口県宇部市)	発災後	SM1	Descending	44.7	2023/7/10 4:06:04	756	夏	推論用
		発災前	SM1	Descending	44.7	2021/6/14 4:05:54			
7	大分土砂災害 (大分県中津市)	発災後	SM1	Descending	40.6	2023/7/12 3:11:06	630	夏	推論用
		発災前	SM1	Descending	40.6	2021/10/20 3:10:57			
8	北海道の地震 (北海道苫小牧市)	発災後	SM1	Descending	32.4	2018/09/20, 2:40:47	28	秋	推論用
		発災前	SM1	Descending	32.4	2018/08/23, 2:39:58			
9	台風19号 (宮城県石巻市)	発災後	SM1	Descending	29.1	2019/10/17, 2:41:28	70	秋	推論用
		発災前	SM1	Descending	29.1	2019/08/8, 2:39:59			
10	静岡土砂崩落 (静岡県掛川市)	発災後	SM1	Descending	48.0	2023/8/26, 2:36:03	616	夏	推論用
		発災前	SM1	Descending	48.0	2021/12/18, 2:35:15			

4.1 衛星画像の選定：衛星画像リスト

防災インターフェースを活用し、山地災害判読に適した教師データと評価データを選定する。

教師データとして学習用にNo.1を選定する。モデルの評価用として、撮像条件が異なるNo.2~No.10の複数エリアを選定する。

No.	災害事例	発災前後	観測方向	ビーム番号	フレーム番号	偏波
1	令和6年能登半島地震 (石川県輪島市)	発災後	LEFT	U2-8	2830	HH
		発災前	LEFT	U2-8	2830	HH
2	愛媛・高知の地震 (愛媛県宿毛市)	発災後	LEFT	U3-10	690	HH
		発災前	LEFT	U3-10	690	HH
3	関東(房総半島)地震 (千葉県鴨川市)	発災後	RIGHT	U2-7	2910	HH
		発災前	RIGHT	U2-7	2910	HH
4	令和5年台風2号豪雨 (和歌山田辺市)	発災後	LEFT	U2-8	2900	HH
		発災前	LEFT	U2-8	2900	HH
5	東北大雨 (青森県能代市)	発災後	RIGHT	U2-7	800	HH
		発災前	RIGHT	U2-7	800	HH
6	九州・山口県豪雨 (山口県宇部市)	発災後	LEFT	U3-12	2880	HH
		発災前	LEFT	U3-12	2880	HH
7	大分土砂災害 (大分県中津市)	発災後	RIGHT	U3-10	2950	HH
		発災前	RIGHT	U3-10	2950	HH
8	北海道の地震 (北海道苫小牧市)	発災後	RIGHT	U2-7	2750	HH
		発災前	RIGHT	U2-7	2750	HH
9	台風19号 (宮城県石巻市)	発災後	RIGHT	U2-6	2840	HH
		発災前	RIGHT	U2-6	2840	HH
10	静岡土砂崩落 (静岡県掛川市)	発災後	RIGHT	U3-14	2920	HH
		発災前	RIGHT	U3-14	2920	HH



Credit：株式会社パスコ

5.1 評価指標の検討：想定するKPI

機械学習（AI）の一般的な評価指標には、適合率（Precision）、再現率（Recall）、F1値がある。

ただし、一概に数値が高ければ良いわけではなく、目的に応じて適切な指標を決定する必要がある。

- Human In The Loop（人間による確認）を前提とした運用では、見落とし（False Negative）の最小化を重視する。一方で、ある程度の過検出（False Positive）は許容する必要がある。
- 検出に要する処理時間や判読作業の効率化への寄与度など、実務的な観点からの評価指標を設定する必要がある。

上記を踏まえ、検討委員会を実施した。その結果、フィードバックとして、Recall（見逃しを減らす）を優先とする方針となったが、運用しながら臨機応変に調整していく必要があることが共有された。

- **モデル性能に関するKPI**

Precision, Recall, F1 [%]を評価

- **運用に関するKPI**

AI実装時間 [hour]

現行の実装時間との比較 [hour]

ALOS-4を想定した実装時間 [hour]

5.1 評価指標の検討：想定するKPI

評価指標である適合率（Precision）、再現率（Recall）、F1値（調和平均）は、混同行列（Confusion Matrix）を基に算出される。PrecisionとRecallはトレードオフの関係にある。

Confusion matrix

モデルの精度を、正解データと予測結果の組合せにより行列形式で評価したもの。混同行列ともいう。組合せごとに、TP、FP、FN、TNの4種類の区分がある。

		Prediction (予測結果)	
		Positive	Negative
Ground Truth (正解ラベル)	Positive	TP (True Positive)	FN (False Negative)
	Negative	FP (False Positive)	TN (True Negative)

Precision、Recall、F1

Precision: 検出結果（PredictionがPositiveなもの）のうち何%が正解かを表したもの

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Recall: 正解ラベルがPositiveなもののうち何%が検知できたかを表したもの

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

F1: PrecisionとRecallから計算された精度指標

$$\text{F1} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

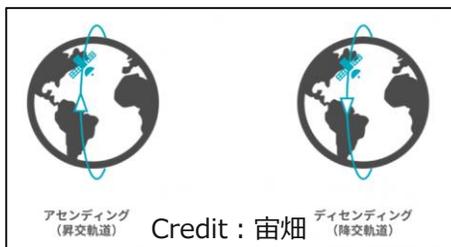
6.1 AIモデル開発：各モデルの入力画像の違い

AIモデルを開発するにあたり、入力画像として異なるSAR画像を用いて4種類のモデルを構築した。

※各々画像の性質は、撮像日、処理レベル、pixel値、衛星軌道等が異なる
定性的、定量的な分析に加え、運用の観点から検証を実施する。

AIモデル開発に使用した画像データ（能登エリア / アノテーションデータは国土地理院）

		モデルA	モデルB1	モデルC	モデルB2
撮像日	発災前	2023/6/6	2023/6/6	2023/6/6	2022/9/26
	発災後	2024/1/2	2024/1/2	2024/1/2	2024/1/1
差分解析*1		実施	済	実施	済
ピクセル値		0~65535	0~255	0~65535	0~255
処理レベル*2		L2.1	L2.1	L1.5	L2.1
軌道		Descending	Descending	Descending	Ascending
画像元		ALOS利用推進研究プロジェクト	防災インターフェース	民間画像提供事業者	防災インターフェース
備考		無償		アノテーションを修正*3	

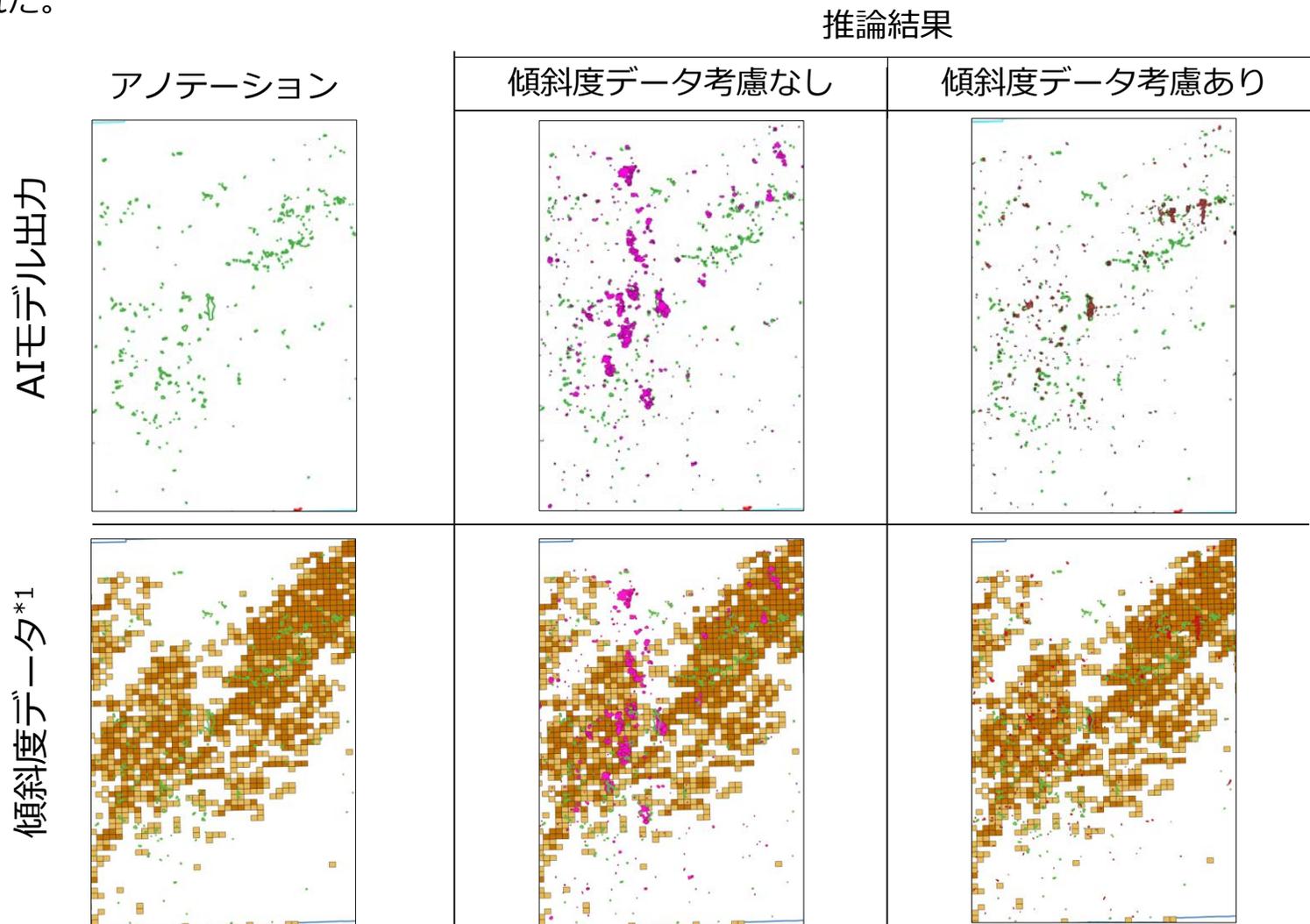


- *1 弊社にて二時期カラー合成を実施したもの又は、既に実施済のもの
- *2 処理レベル。幾何補正（オルソ補正）等補正有無
- *3 国土地理院のアノテーションデータを修正して使用

6.2 AIモデル開発：傾斜度データ

モデル構築前に、Digital Elevation Model (DEM) 由来の傾斜度データを考慮することの有用性を検討した。

傾斜度データを考慮しない場合と、考慮する場合を比較した結果、考慮する場合の方がF1値、Precisionともに高く、有用であることが示された。



出力の色分け

— : アノテーション
— : 推論結果

	考慮無	考慮有
F1	0.39	0.42
Precision	0.32	0.37
Recall	0.48	0.48

*1 傾斜度データ色分け

無色 : 傾斜度25度未満 
茶色 : 傾斜度25度~ 
こげ茶色 : 傾斜度30度~ 

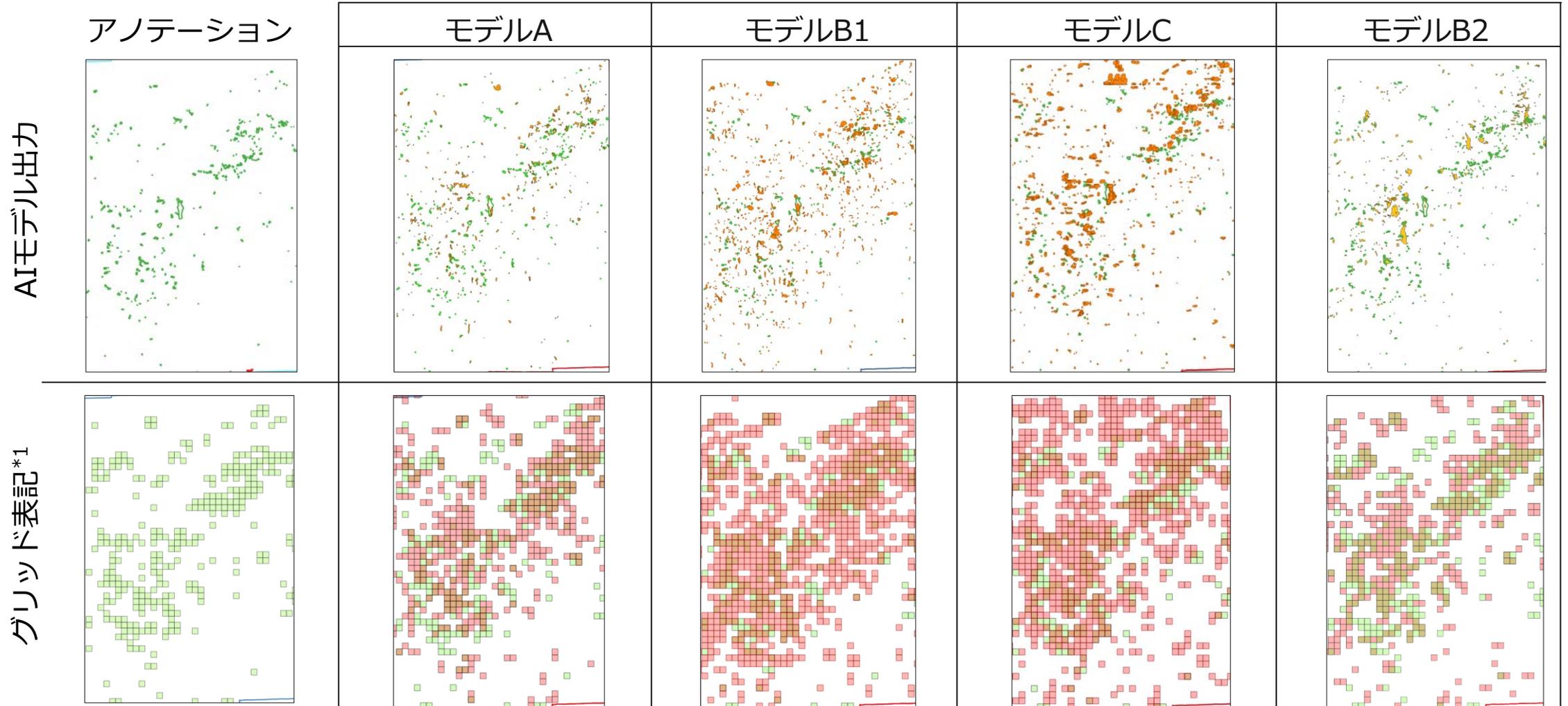


土砂災害と傾斜度に相関あり
傾斜度の考慮は有用

7.1 推論結果・考察：定性評価

能登地方のアノテーションと各モデルの出力を基に、定性評価を実施する。

推論結果*2

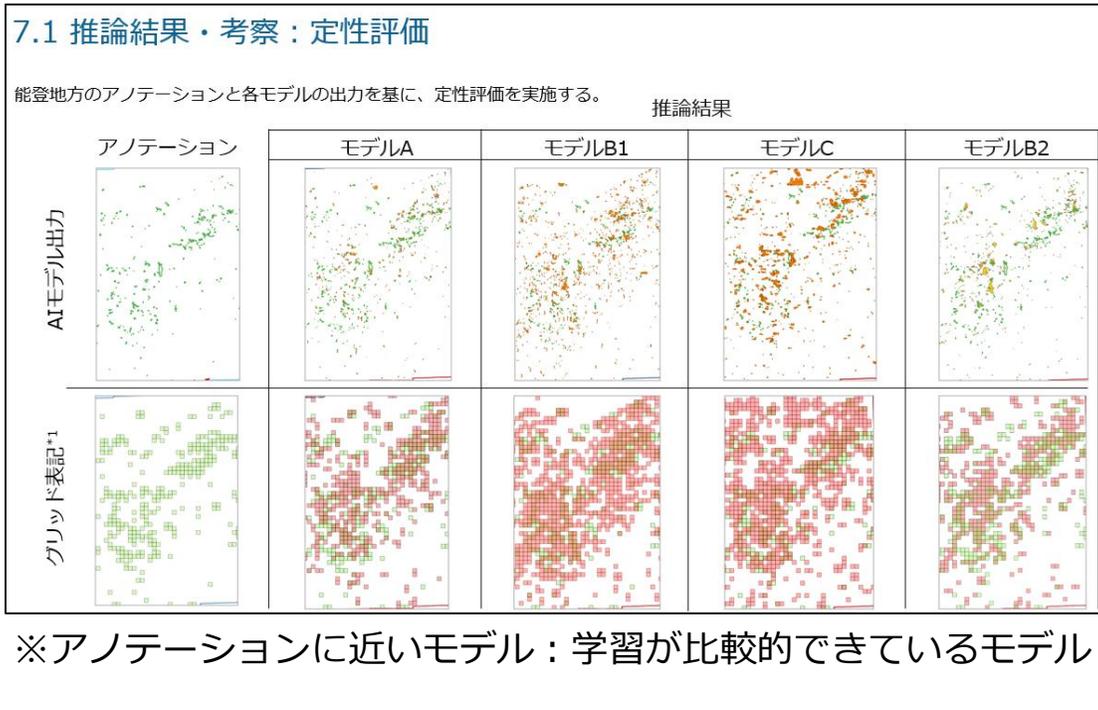


■ : アノテーション ■ : アノテーションと推論の重なり ■ : 推論結果

*1 グリッドサイズ : 128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

*2 土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

7.1 推論結果・考察：定性評価



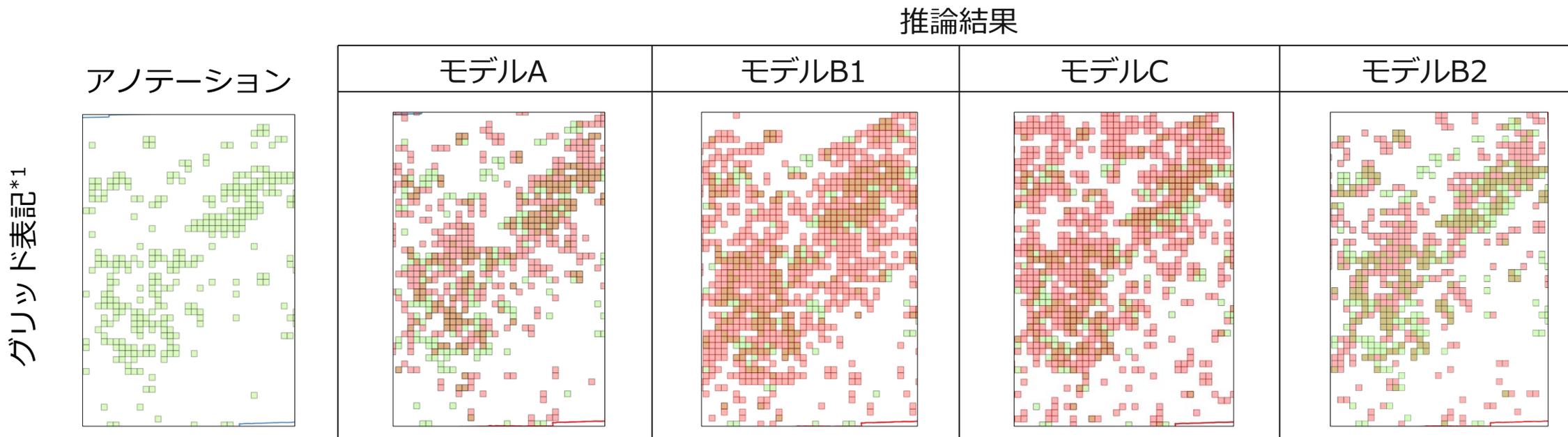
どのモデルが優れているか、また、画像のどの特性がモデルの学習に影響を与えるかは、定性結果だけでは明確に判断できない。

➡ そのため定量的な結果および運用の観点から検証

- ピクセル数が異なるモデルAとモデルB1を比較した
➡ ピクセル数が多いモデルAの方が学習が進んでいる
- 処理レベルとアノテーション(正確さ)が異なるモデルAとモデルCを比較した
➡ L2.1でアノテーションが正確なモデルAの方が学習が進んでいる
- 軌道が異なるモデルB1とモデルB2を比較した
➡ Ascending軌道のモデルB2の方が学習が進んでいる
- 推論結果が類似するモデルB1・モデルCと、モデルA・モデルB2で比較した
➡ アノテーションに近いモデルAとモデルB2の方が、学習が進んでいる

7.2 推論結果・考察：定量評価

能登地方のアノテーションと各モデルによる出力から定量評価を実施する。



各モデルにおける定量結果

グリッド領域に 基づいた定量結果	モデルA	モデルB1	モデルC	モデルB2
F1	0.41	0.37	0.36	0.44
Precision	0.34	0.25	0.24	0.37
Recall	0.51	0.74	0.71	0.55

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

7.2 推論結果・考察：定量評価

- **継続的な防災IFの利用** ➡ モデルB1/B2が優位

今後も災害発生時に、防災IFを活用して災害速報図を取得し、判読を行うことが想定されている

- **SAR画像の購入・追加処理の観点** ➡ モデルB1/B2が優位

ALOS-4による緊急観測後も、防災IFに情報が継続的に公表される。一方で、別途SAR画像を購入し、二時期カラー合成処理を行うことは、作業効率や本検証の精度の面で適切ではないと考えられる

- **精度の観点** ➡ モデルB1/Cが優位

各モデルを比較するとPrecisionが高いモデルや、Recallが高いモデルが存在する。一方で、本事業の目的は大規模山地災害の発生個所の見当をつけることであり、「見逃しを減らす」ことが優先される。そのため、必ずしもPrecisionやF1値を最優先する必要はない

- **運用後のモデル改善の観点** ➡ モデルCが不利

処理レベルL1.5のアノテーションは現時点では存在せず、新たに作成する必要がある。一方で、処理レベルL2.1であれば、アノテーションが存在する。運用しながらのモデル改善を進める場合、今後増加が見込まれるL2.1を活用の方が適切と考えられる

➤ 以上の結果から「**モデルB1またはモデルB2**」をベースに開発を進めることを推奨する。

7.2 推論結果・考察：後処理の検討

開発したAIモデルを、より運用を見据えた形にするため推論結果に対して後処理を行う必要がある。
後処理として、「グリッドサイズ」および「ヒートマップ」について検討する。

・ グリッドサイズの検討

AIモデルによる推論結果を、グリッド領域（128 x 128 pixels）に基づいて評価した。

ただし、グリッド領域内に推論結果とアノテーションが含まれている場合、定量的な評価指標（F1値, Precision, Recall）は向上する。そのため、定量結果は各モデルを比較・検討する際の参考情報にとどまる。

実際の運用を想定した場合、**最適なグリッドサイズをユーザー側で検証**することが重要である。

本検討では各グリッドサイズを光学画像に重畳し、比較・検証^{*1}を実施した。

・ ヒートマップの検討

見逃しを減らすことを優先すると、逆に正解数は少なくなる。これはRecallとPrecisionがトレードオフの関係にあるためである。

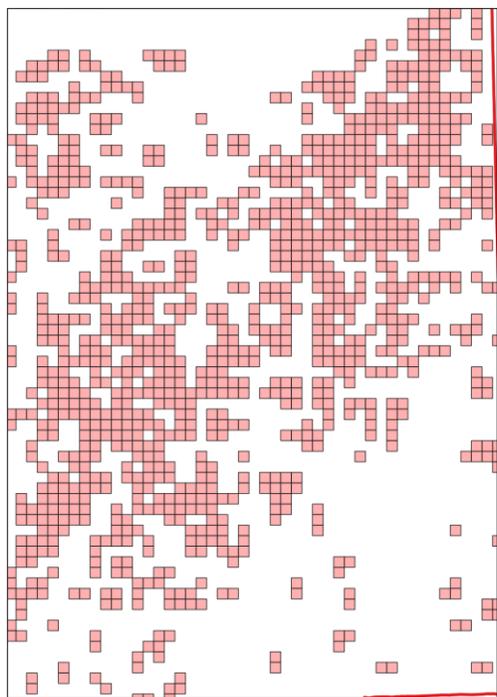
本事業の目的は、山地災害発生箇所の見当をつけることであるが、誤検出が多すぎるのも問題となる。そのため、**検出箇所（ポリゴン）に優先度を付与する後処理を行う**ことで、災害箇所の影響度をより明確に把握できる。

^{*1} 2025/1/21の第1回検討委員会からのフィードバック

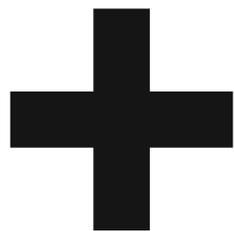
8.1 後処理：グリッドサイズの検討

AIモデルの推論結果は、市販のGISソフトウェアと互換性のある GeoJSON形式のポリゴン*1 として出力される。

しかし、推論結果を白黒のSAR画像上で表示しても、視認性が低く人の目では判別しにくい。光学画像上に重畳することで、視認性を向上させることができる。また、グリッドサイズによって表示の見え方が異なる。各サイズを比較し、運用に適したグリッドサイズを検討する。



モデルB1による推論結果

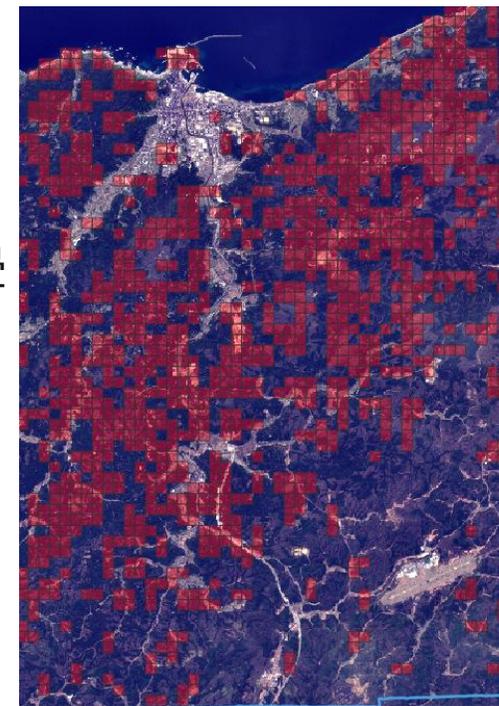


光学画像*2

光学画像に重畳



重ね合わせ



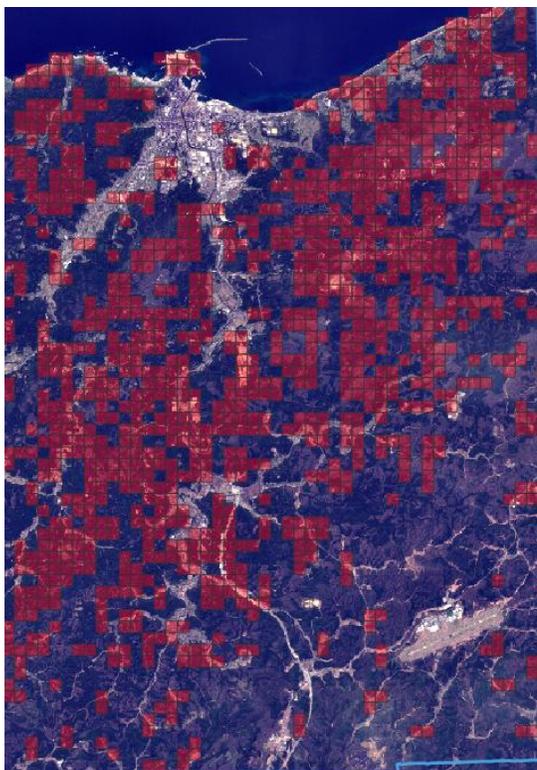
推論結果と光学画像の重畳

*1 推論結果

*2 Copernicus Browser, Sentinel-2, 観測日:2024年4月14日

8.1 後処理：グリッドサイズの検討

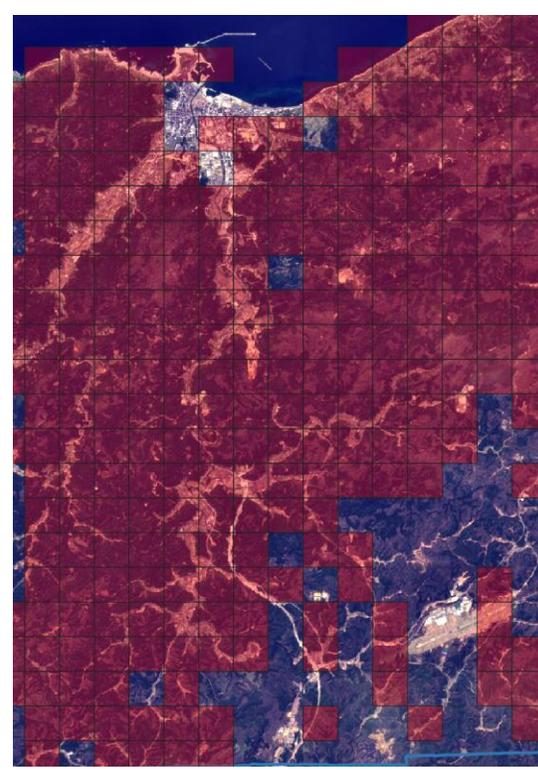
各グリッドサイズとして、能登エリアにおいて100~400 pixels (250~1000m) を比較した。



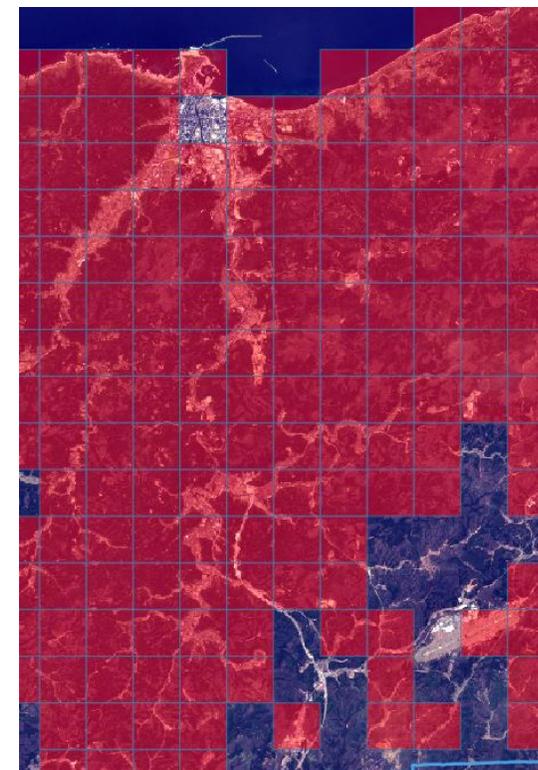
100 x 100 pixels
(250m x 250m)



200 x 200 pixels
(500m x 500m)



300 x 300 pixels
(750m x 750m)



400 x 400 pixels
(1000m x 1000m)

グリッドサイズは運用で調整することを検討委員会にて共有した。

※以降の後処理は定性評価で用いた“128 pixels”で推論を実施する

8.2 後処理：ヒートマップの検討

Recallを重視すると、見逃しは減るが、過検出が増える傾向がある。そのため、推論結果に優先度を付与し、識別しやすくする。優先度を設定するために地理データを複数選択し、実装する。

地理データの重要指標

人家（集落）、国道・県道（公道）、田畑、公共施設等 ⇒ 上記保全対象への影響を把握（※今回は下記1と2で実施）

1. 重要物流道路データ

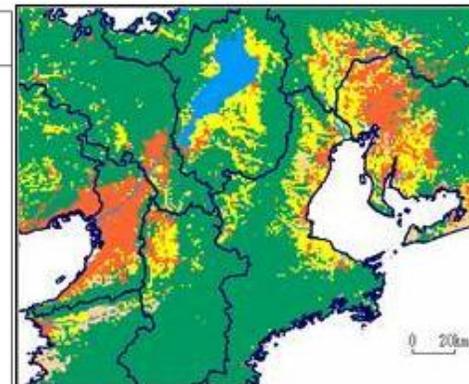
全国の重要物流道路について、その路線形状データと属性データとして、重要物流道路の区分、道路種別、路線名称等をGISデータとして整備したもの



2. 土地利用細分メッシュデータ（事前資料より変更）

全国の土地利用の状況について、3次メッシュ1/10細分区画（100mメッシュ）毎に、各利用区分（田、その他の農用地、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等）を整備したものである。利用区分は整備年度により異なる

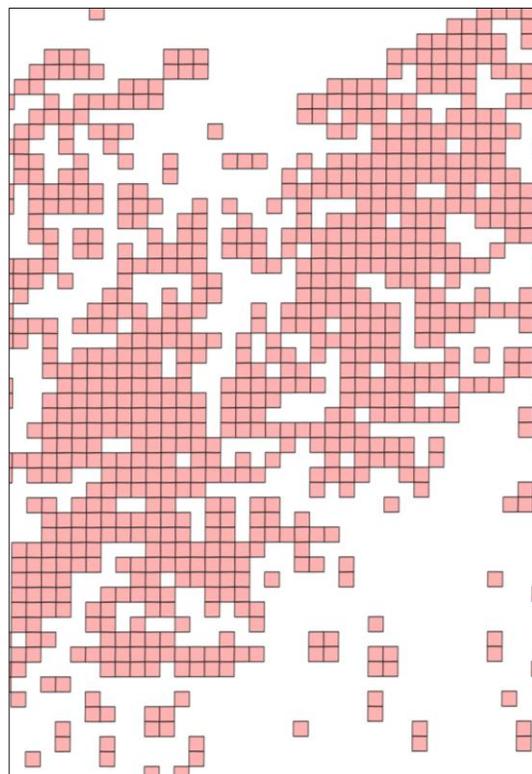
<<Code List>> 土地利用種別コード	
+田=0100	
+その他の農用地=0200	
+森林=0500	
+荒地=0600	
+建物用地=0700	
+道路=0901	
+鉄道=0902	
+その他の用地=1000	
+河川地及び湖沼=1100	
+海浜=1400	
+海水域=1500	
+ゴルフ場=1600	
+解析範囲外=0000	



8.2 後処理：ヒートマップの検討

推論結果と地理データが重なるエリアに優先度を付与する。

優先度を付与したエリアでは、ポリゴンの色が変わるように後処理を行った。



推論結果
(モデルB1で実施)

重要物流道路データ



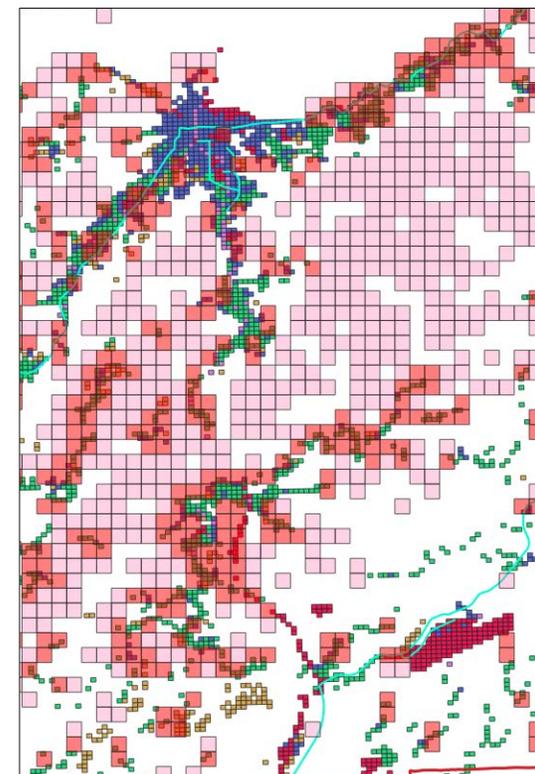
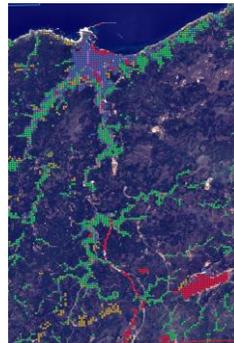
地理データに被る
部分を優先度付け

土地利用細分メッシュデータ

<<Code List>>
土地利用種別コード

+田=0100
+その他の農用地=0200
+森林=0500
+荒地=0600
+建物用地=0700
+道路=0901
+鉄道=0902
+その他の用地=1000
+河川地及び湖沼=1100
+海浜=1400
+海水域=1500
+ゴルフ場=1600
+解析範囲外=0000

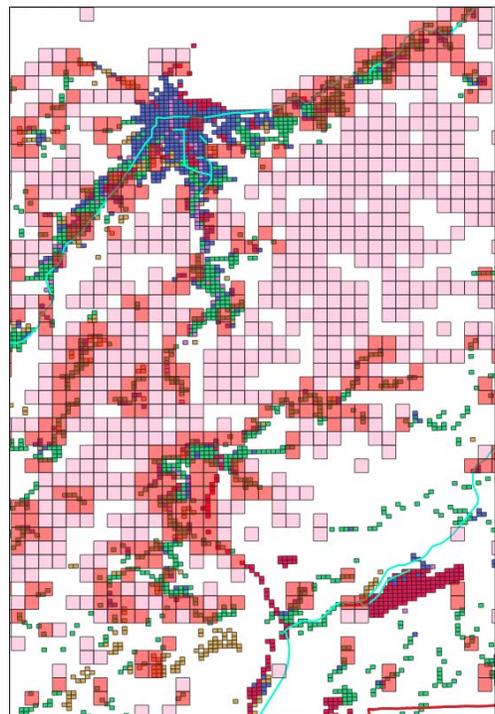
- | | |
|-------------------------------------|------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 0100 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 0200 |
| <input type="checkbox"/> | 0500 |
| <input type="checkbox"/> | 0600 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 0700 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 0901 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 0902 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1000 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1100 |
| <input type="checkbox"/> | 1400 |
| <input type="checkbox"/> | 1500 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1600 |



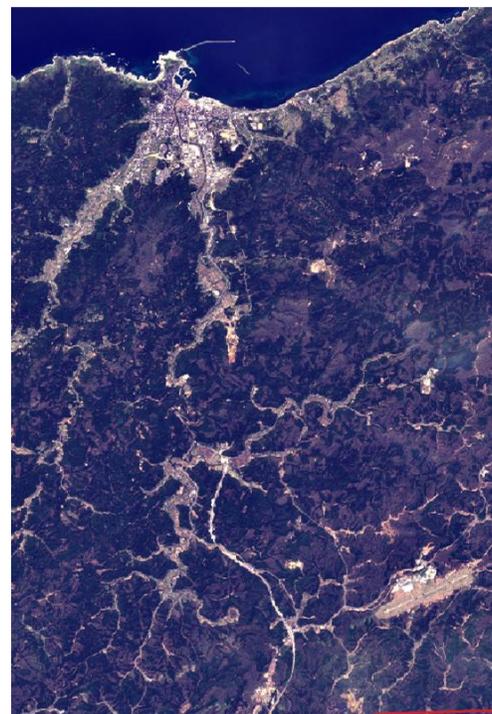
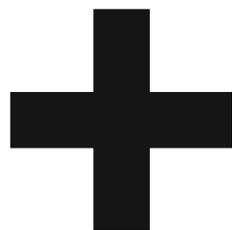
ポリゴンへ優先度付け

8.2 後処理：ヒートマップの検討

推論結果を光学画像へ重畳することで、視認性を向上させ、優先度が付いた結果として判読に活用できる。



優先度付けした推論結果

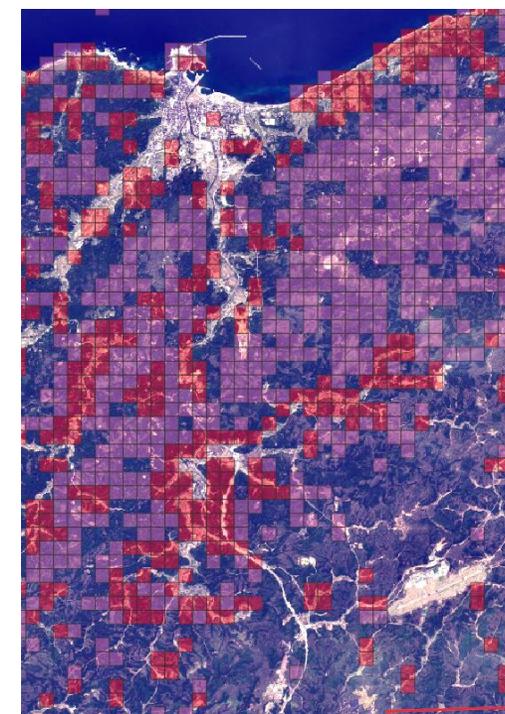


光学画像

光学画像に重畳



重ね合わせ



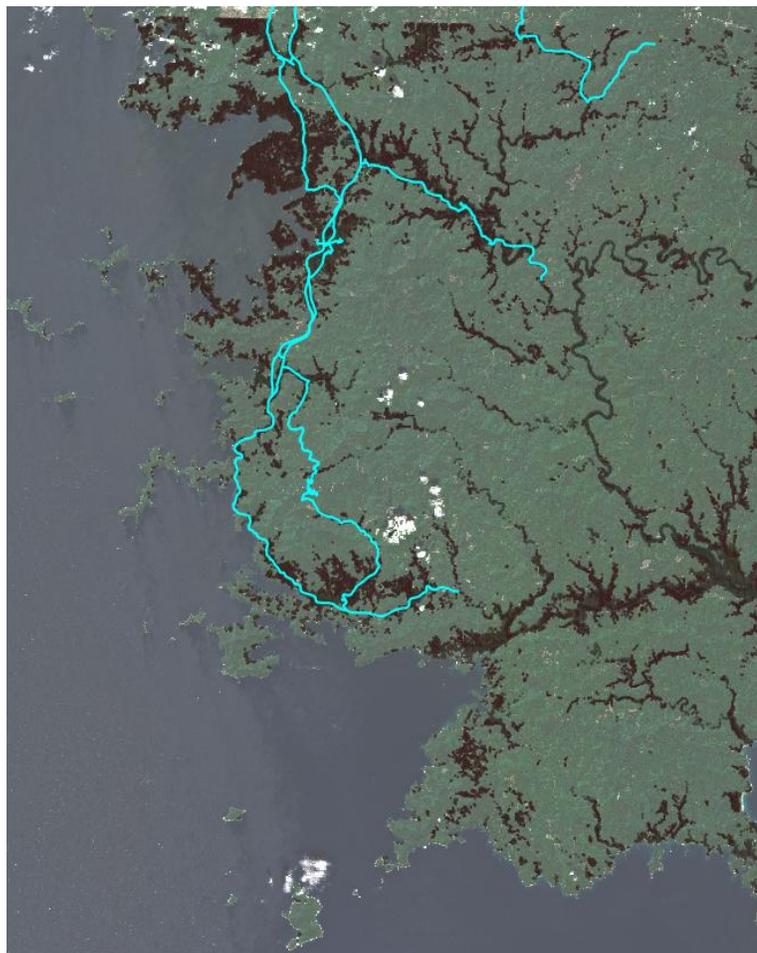
光学画像に重畳した優先度
付き推論結果

※現時点の課題として、海側にも結果が表示されてしまう。

そのため、傾斜度0度のエリア、陸地以外のポリゴンをフィルタリングを実装した。

9.1 選定画像への推論結果：愛媛・高知の地震（愛媛県）

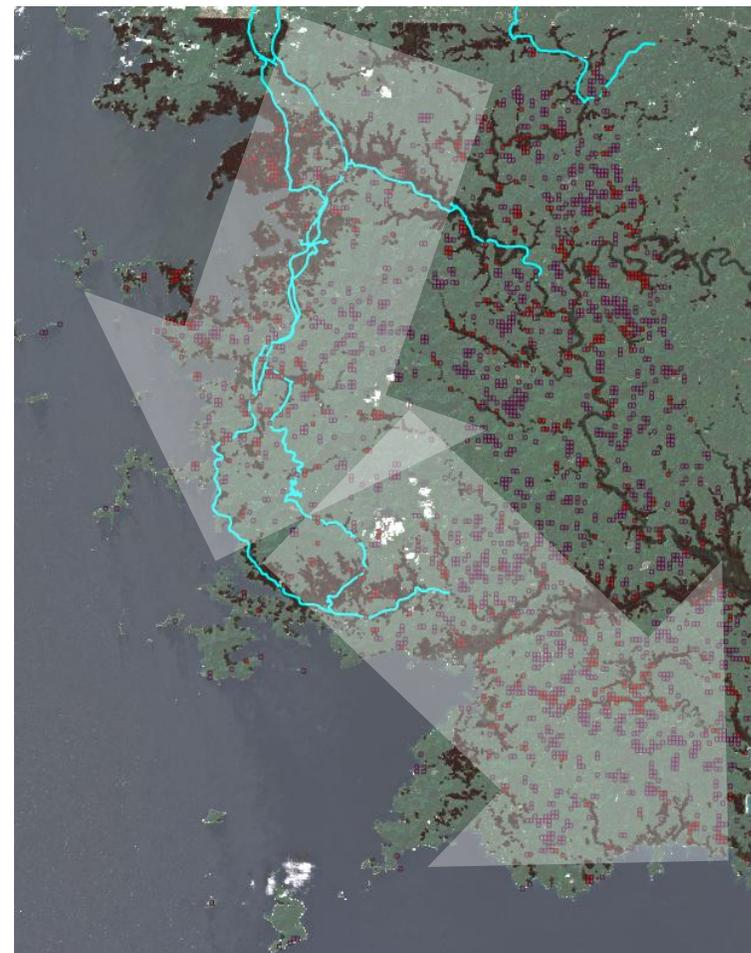
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

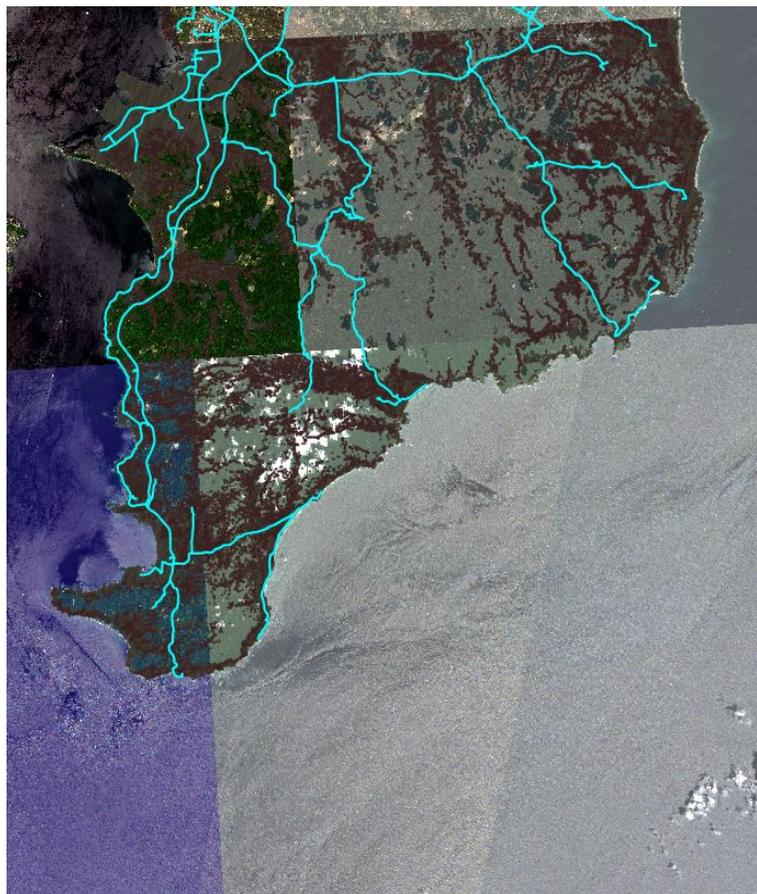
■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

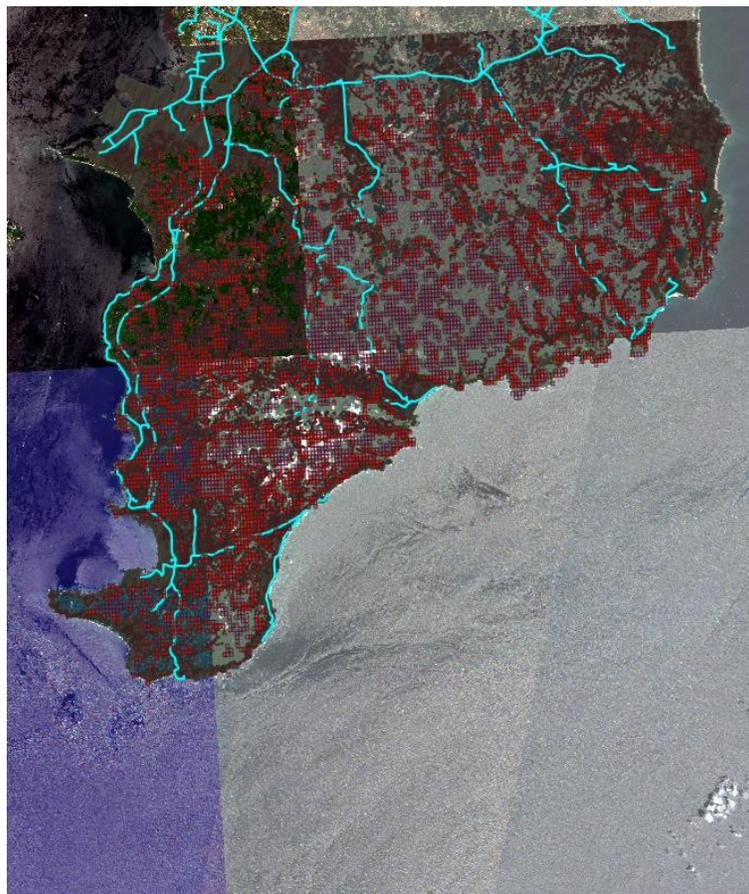
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.2 選定画像への推論結果：関東（房総半島）地震（千葉県）

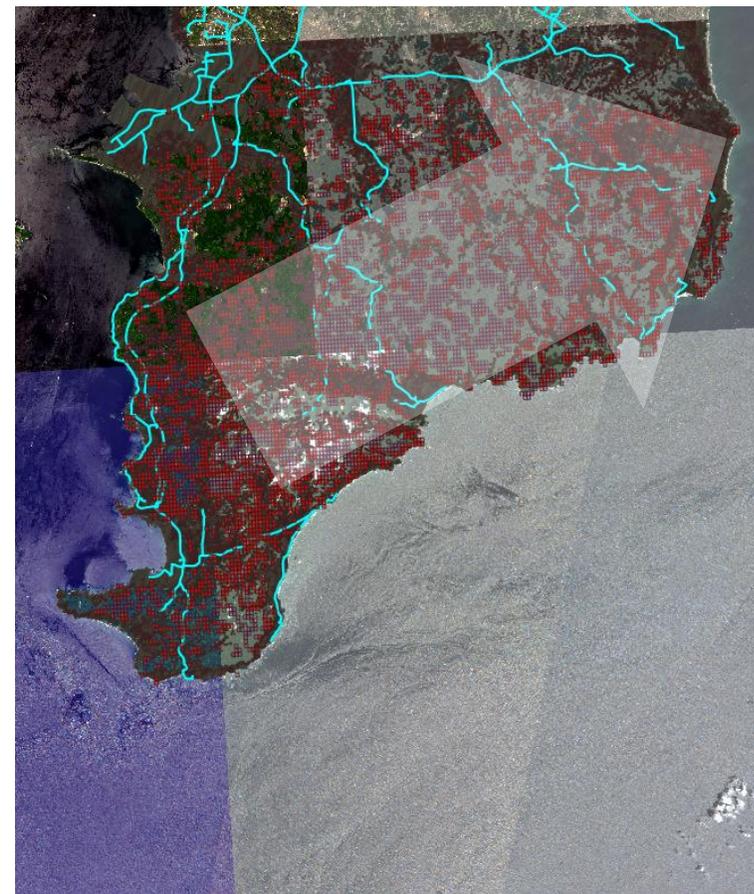
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

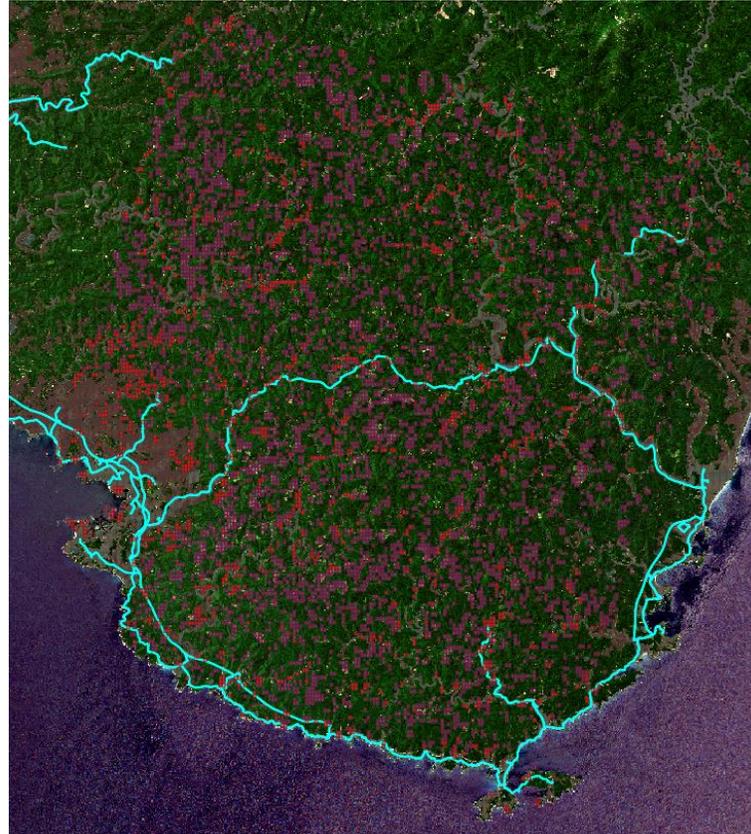
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.3 選定画像への推論結果：令和5年台風2号豪雨（和歌山県）

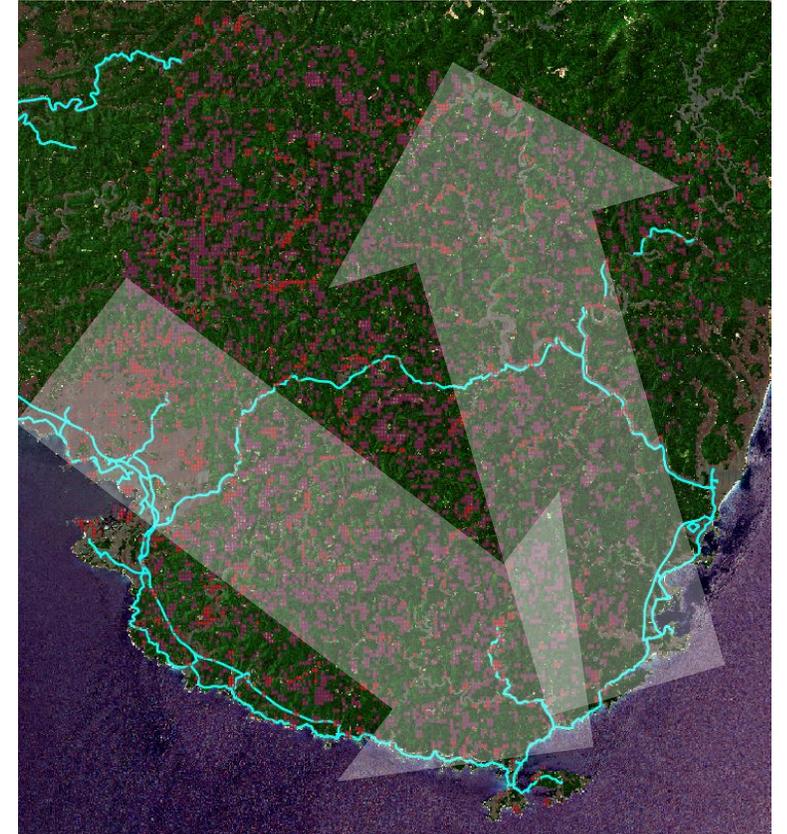
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.4 選定画像への推論結果：東北大雨（青森県）

モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

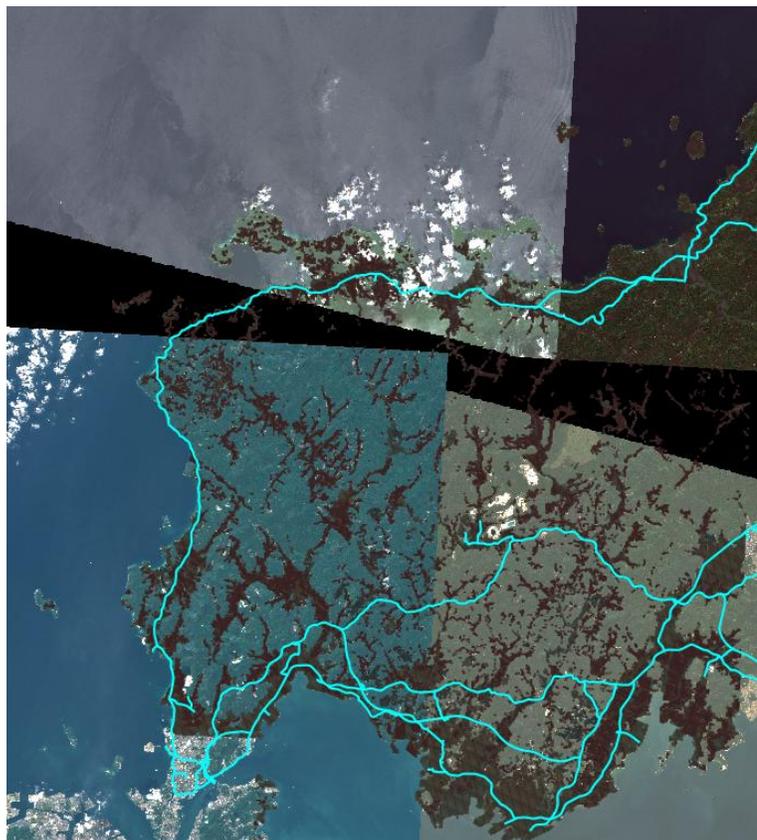
■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

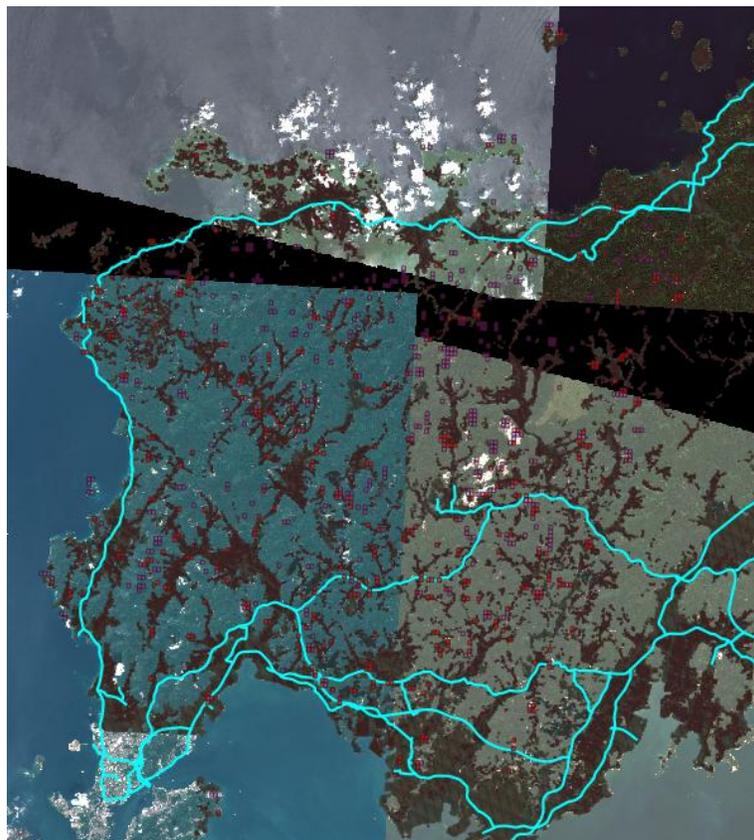
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.5 選定画像への推論結果：九州・山口県豪雨（山口県）

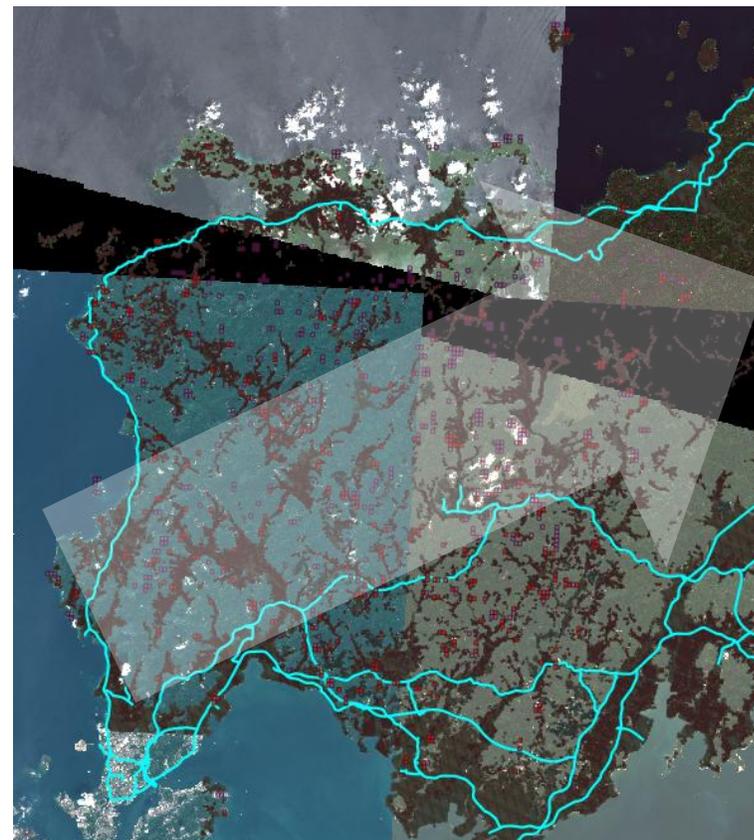
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

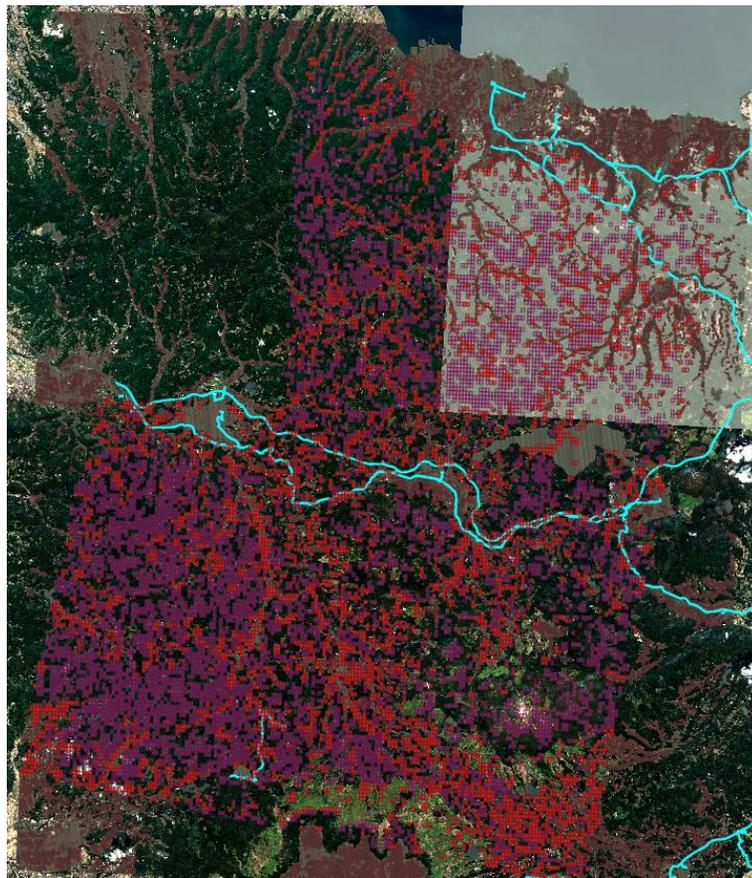
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.6 選定画像への推論結果：大分土砂災害（大分県）

モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

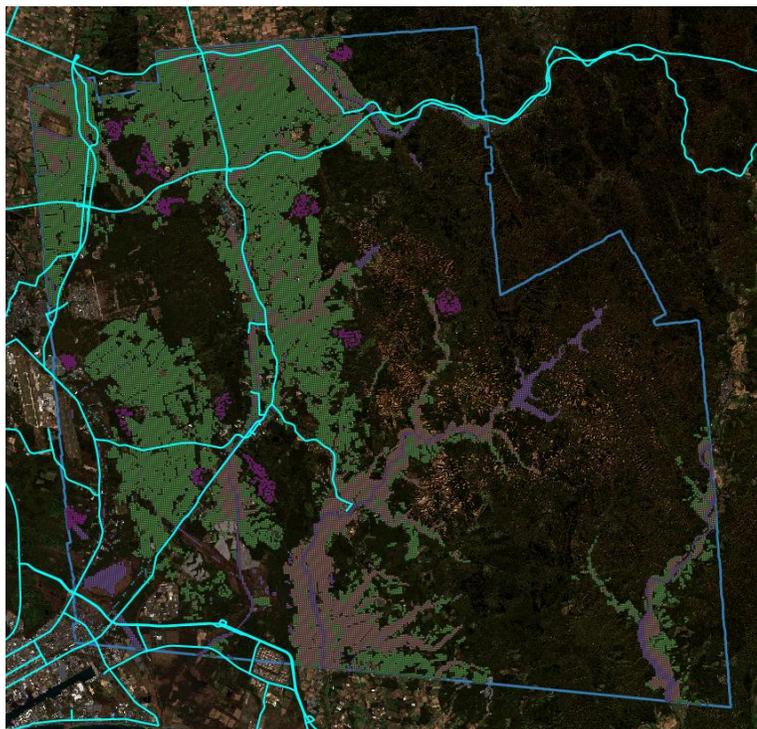
■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

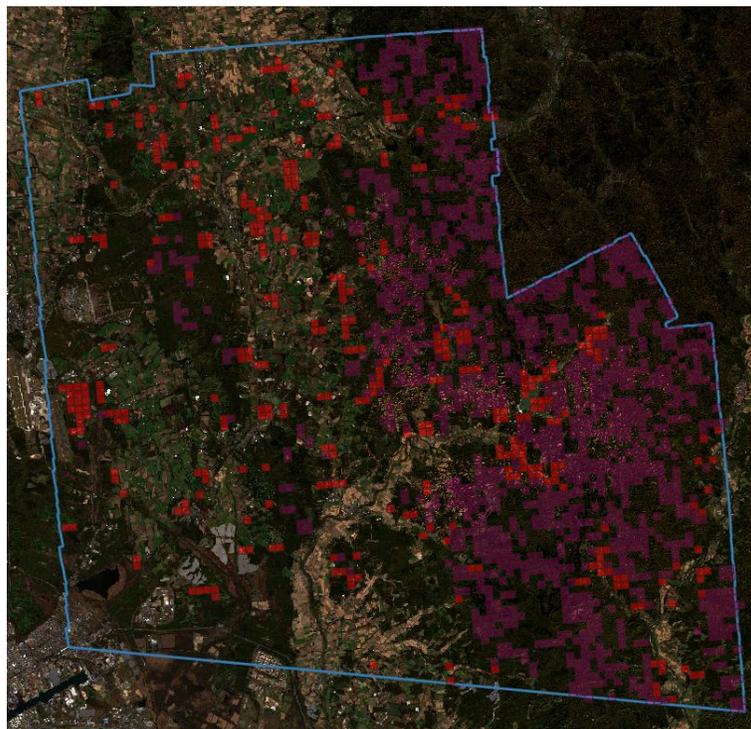
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.7 選定画像への推論結果：北海道の地震（北海道）

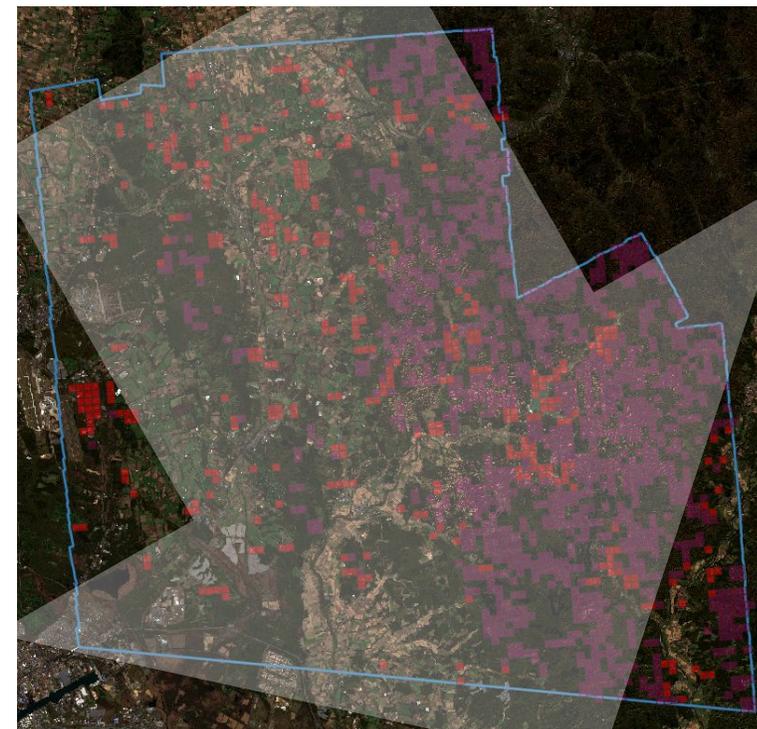
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

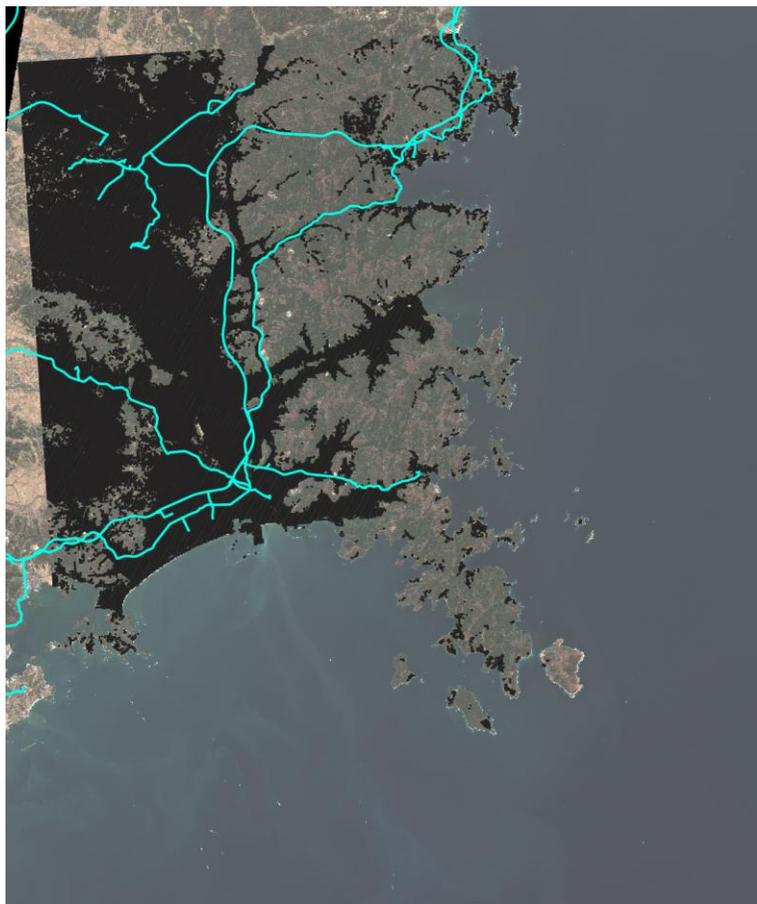
■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

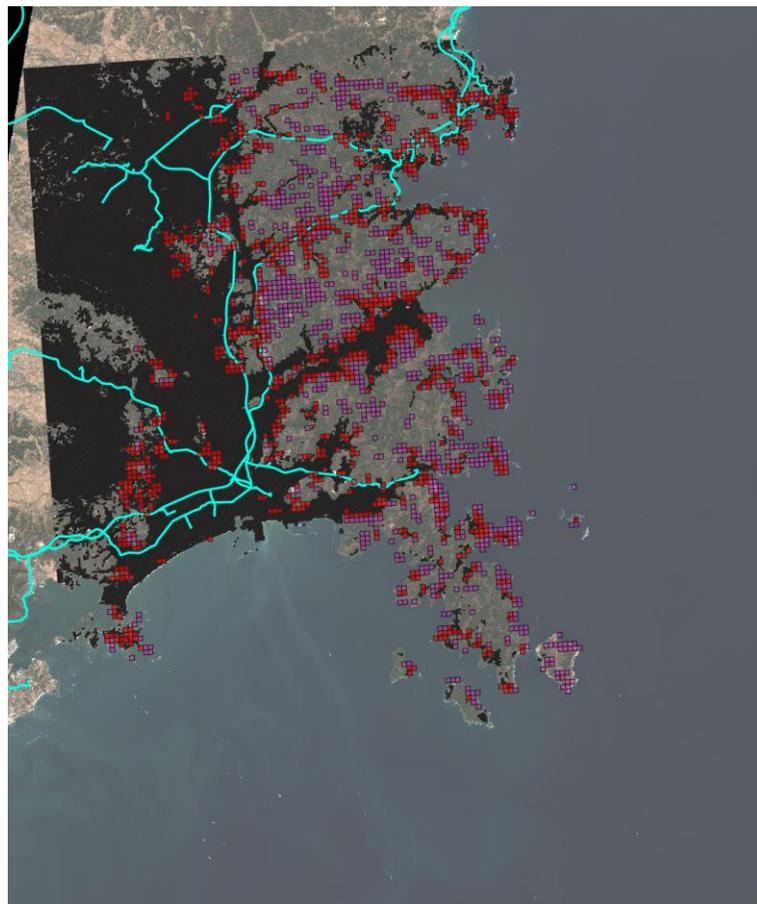
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.8 選定画像への推論結果：台風19号（宮城県）

モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

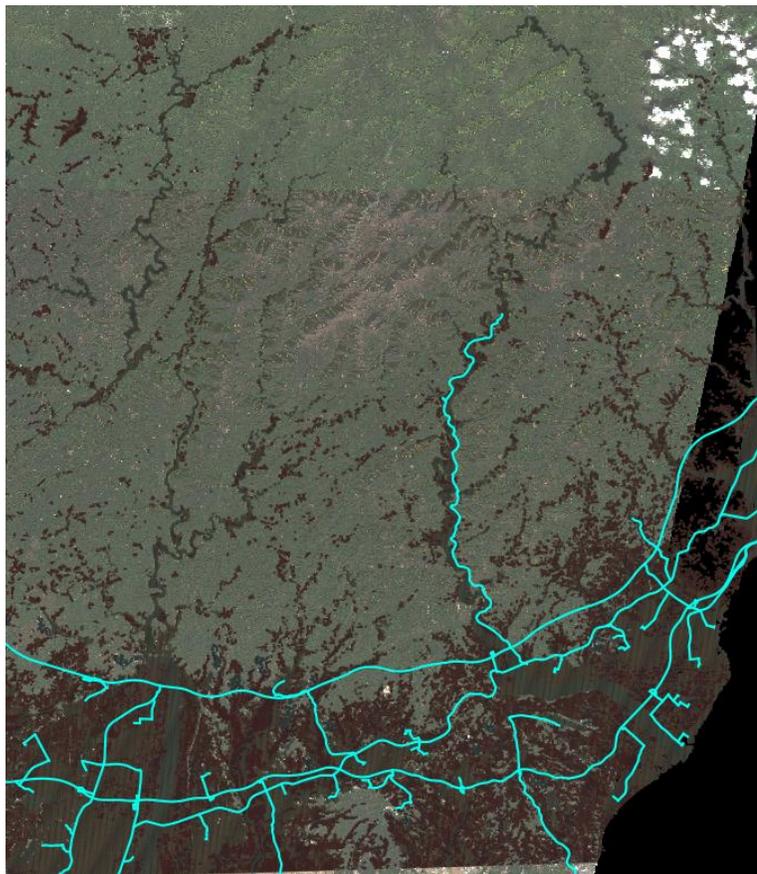
■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

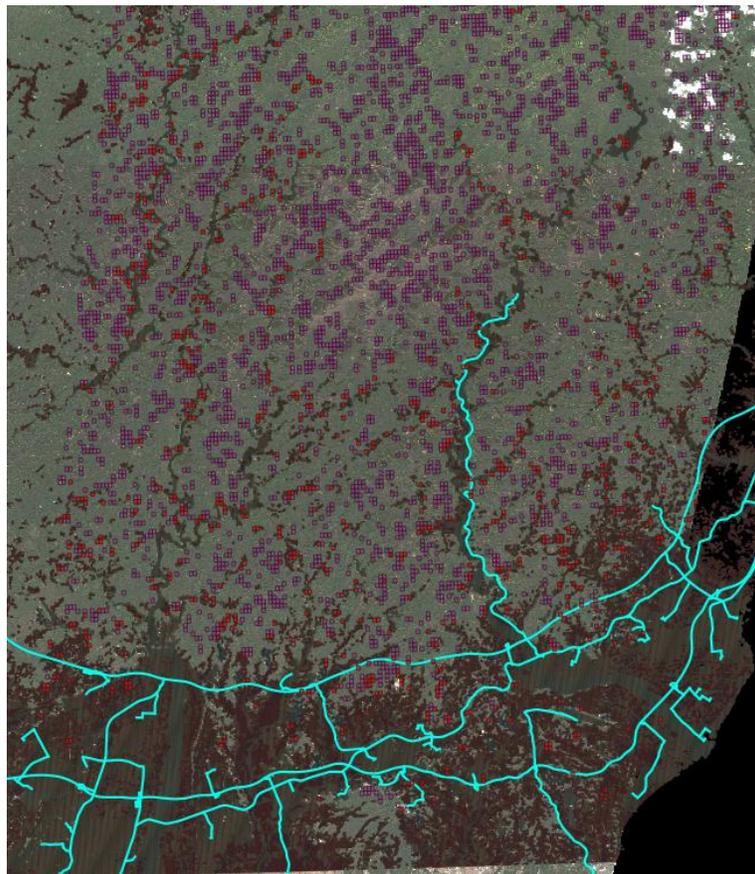
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.9 選定画像への推論結果：静岡土砂崩落（静岡県）

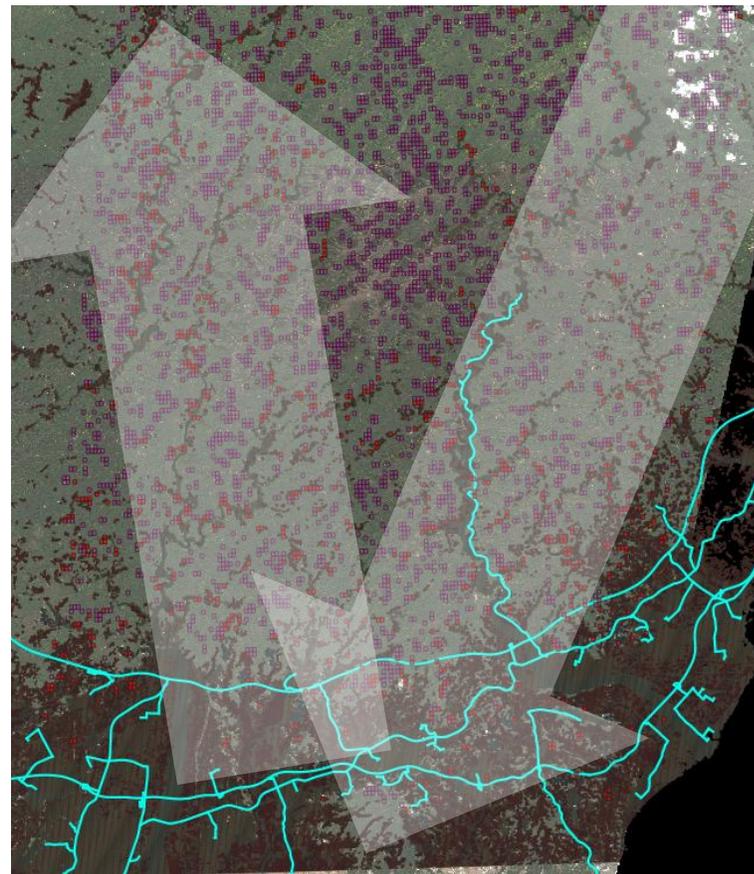
モデルB1を使用した各災害速報図の推論結果*1 に後処理を加え、さらに光学画像に重畳した。大規模土砂災害の広域調査を想定し、飛行経路を矢印で表記した。高度1,000m、半径10km範囲の状況を把握し、矢印の幅は約20km目安とした。



地理データを加えた光学画像



推論結果を重畳した光学画像



ヘリによる広域調査のイメージ

■ : 推論結果 ■ : 優先度を付けた推論結果

*1 グリッドサイズ：128 x 128 pixels Grid (320m x 320m)

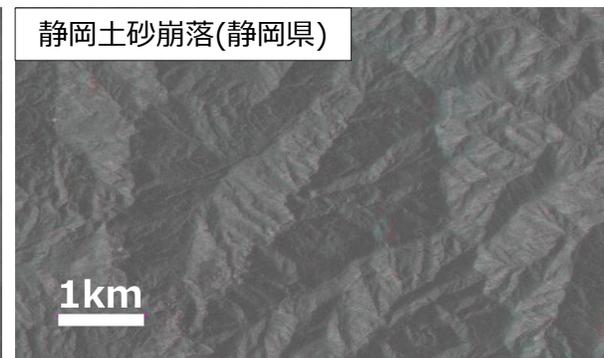
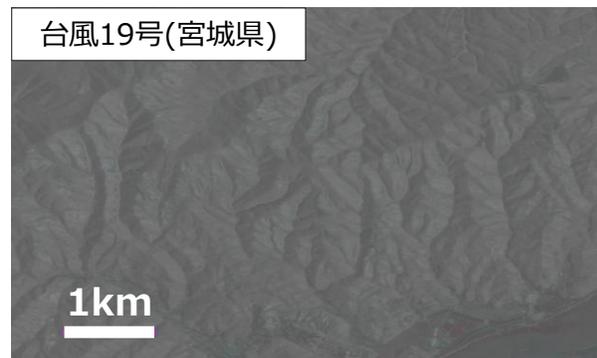
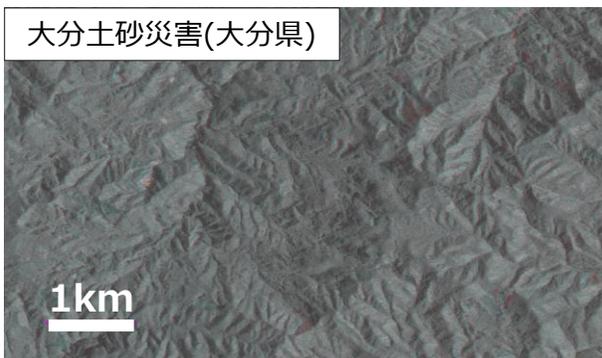
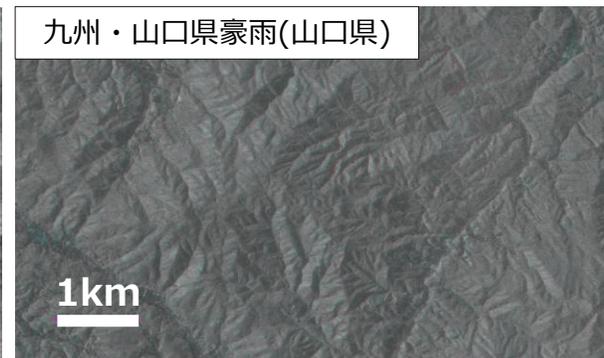
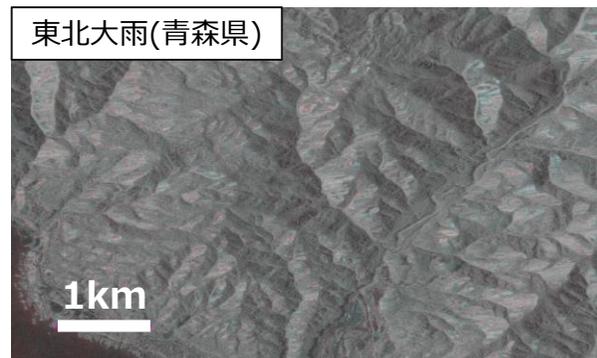
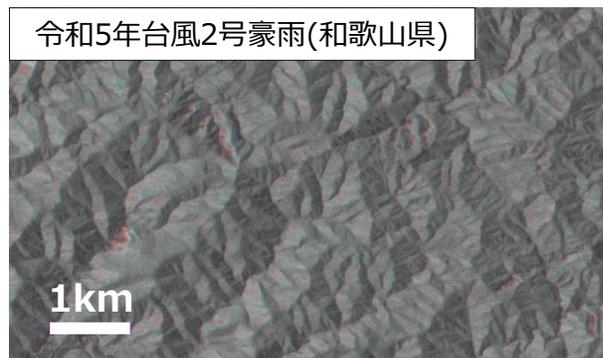
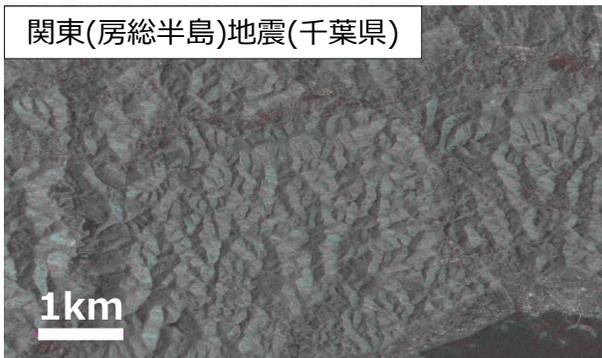
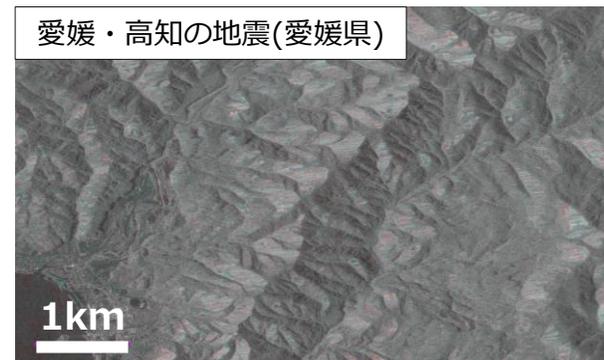
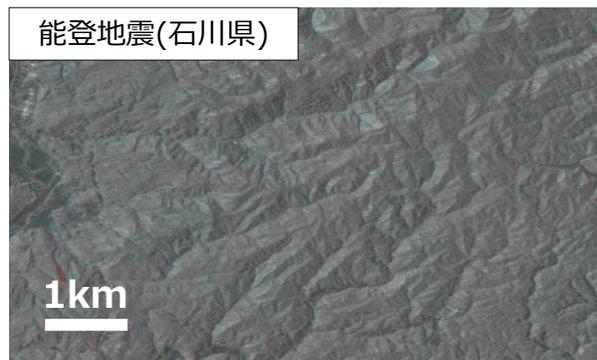
※土砂移動の可能性があると推論した領域をポリゴンで表現

9.10 選定画像への推論結果：考察

推論結果の特徴として、ポリゴンが密集した領域と疎な領域が確認された。推論結果が正しい可能性がある一方、「4.1衛星画像リスト」に記載した異なる撮像条件（アーカイブ画像の撮像時期・地形等諸条件）の影響を考慮し、本検証で用いた全ての災害速報図（SAR画像）を拡大して目視により確認した。

・考察

拡大した災害速報図（SAR画像）から、少なからず山肌の違いが確認でき、傾斜度、植生状態、斜面の広狭といった地形等諸条件の違いも推論結果への影響の一つとして考えられる。また、アーカイブ画像の撮像時期から数年空いた場合は、別の災害が発生している可能性が想定される。このように撮像条件の違いが推論結果に影響を与えると考えられる。なお、本検証では地震災害の画像を基にモデルを構築しているため、豪雨災害時の推論についても今後検討する必要がある。



10.1 実運用に向けた方針と課題整理：ALOS-4相当のデータ量の解析判読時間

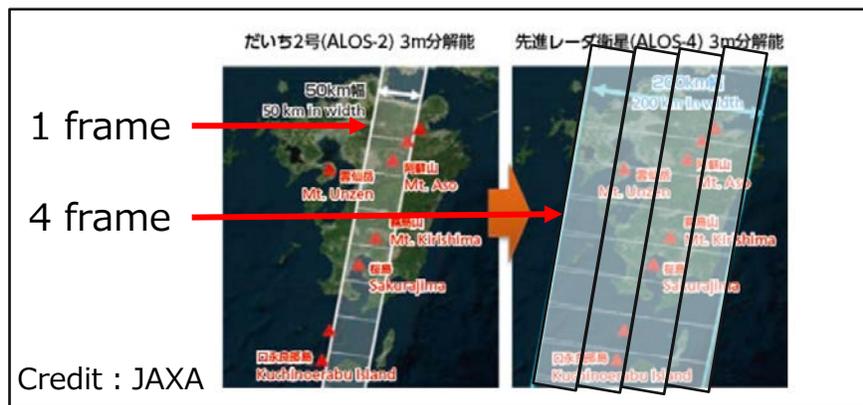
本検証で実施した各処理の時間を基に、ALOS-4を想定した解析・判読時間を算出した。ALOS-4は、観測幅が約200kmで広域観測が可能である。ALOS-2と比較すると、1度に観測できる範囲が異なるため、ALOS-4相当の判読時間として、4シーン分を想定した。

注) 本検証期間内にALOS-4の画像は取得できていない

(JAXA) 緊急観測～災害速報図	本プロジェクトにおける 解析判読時間*1	ALOS-4相当の 想定解析判読時間*2
災害速報図の前処理	~0.5hr	~1.0hr
災害速報図の推論	~0.5hr	~1.0hr
推論結果の後処理	~1.0hr	~4.0hr
(林野庁) ArcGIS上での閲覧		

RI開発環境

- CPU：コア数8（vCPU：8）以上
- GPU：NVIDIA Tesla T4 以上
- メモリ
CPU：32GiB以上
GPU：16GiB以上
- ディスク容量
ソフトウェア部分：100GB以上
データ容量：使用するデータ量に依存



➡ **1シーンの解析判読時間：2時間以内**
4シーンの解析判読時間：6時間以内

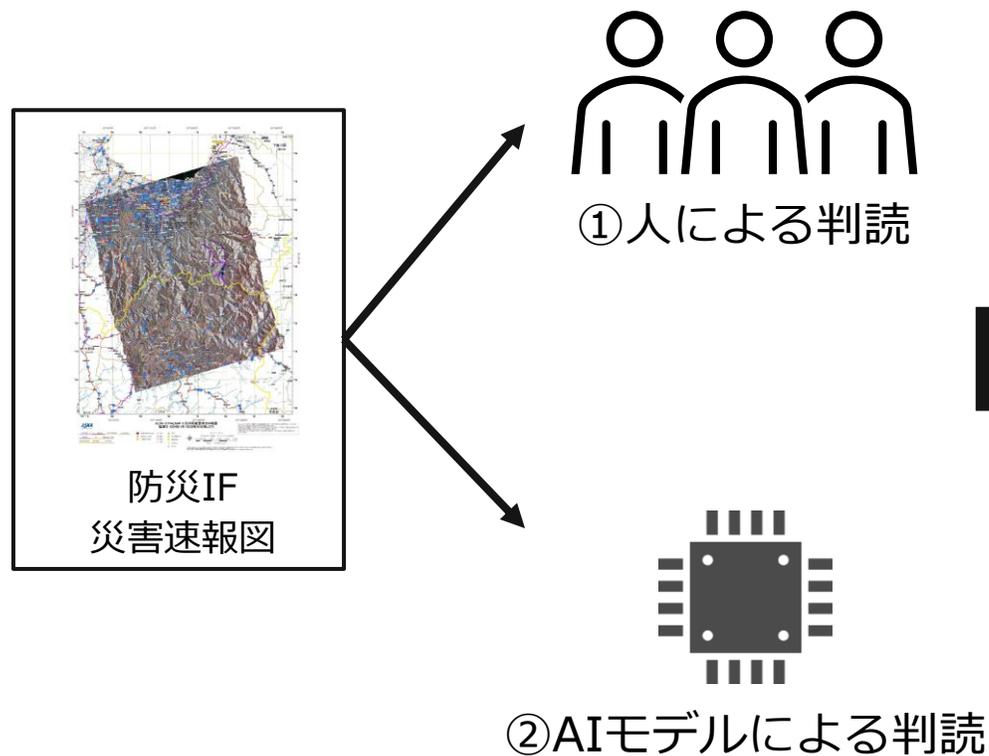
*1 ALOS-2による災害速報図：1.3GiB（想定）× 1 シーン（1 frame中），Pipelineなし

*2 ALOS-4運用開始後の想定：1.3GiB（想定）× 4 シーン（4 frame中），Pipelineなし

※Pipeline作成後は各処理がシームレスになり最適化されるため、時間はより短縮

10.2 実運用に向けた方針と課題整理：判読時間、精度および費用の比較

今後も人による目視判読を継続した場合と、AIを導入して運用した場合の判読時間・精度・費用を比較した。仮説を基に算出しており、実運用の参考として記載する。



【判読時間：速報図公開後からユーザー利用まで】

- ①9時間（作業工数）+ α *¹
 - ➔ 36時間以上（日をまたぐ、シフト制、部分的判読）
- ②2時間（RI環境ベース/ GPU性能による）
 - ➔ 6時間（RI環境ベース/ GPU性能による）

【判読精度：災害発生個所の当たりをつける】

- ①人による多角的な判読で高精度
 - ➔ 人材確保が困難な場合、判読精度(や時間)に影響を与える可能性
- ②一度モデルを構築すれば、出力精度は一定
 - ➔ 精度変わらないが、追加学習により向上が見込める

【判読費用】

- ①時間単価 × 工数 × 頻度（またはシーン単位）
 - ➔ 判読時間に比例して増加（またはシーン単位）
- ②初期コスト（開発）+ 運用コスト
 - ➔ 開発後は主に運用コストのみ

※ “➔” は、ALOS-4運用後の判読シーン増加を想定した比較

*¹ 第1回検討委員会でのヒアリングから
・1シーンあたりの工数 = 3人 × 3時間 = 9時間
・ α = 夜間問わない作業に伴う作業効率低下分

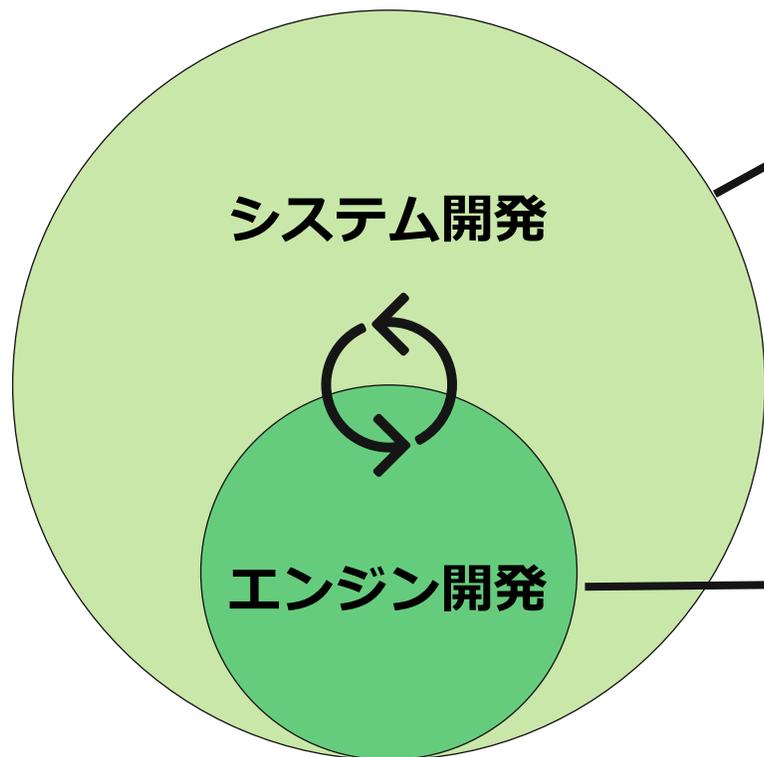
10.2 実運用に向けた方針と課題整理：判読時間、精度および費用の比較

		人による目視判読	AIモデルによる判読（有用性）	備考
判読時間	現状	9時間 + a（全工数）	～2時間 ※RI環境ベース/ GPU性能による	<ul style="list-style-type: none"> データ量増加に伴う負担 ➡ ALOS-4は撮像範囲 4 倍増のため、判読作業が増加 労働生産人口の減少 ➡ 衛星画像を判読する専門職・高度人材の確保が将来的に課題（人不足）
	将来	36時間以上 ※日をまたぐ、シフト制、部分的判読の可能性	～6時間 ※RI環境ベース/ GPU性能による	
判読精度	現状	人による多角的な目視判読で高精度	良いモデルを作れば出力（精度）は一定	<ul style="list-style-type: none"> 人材確保が困難な場合、昼夜問わない作業のため業務過多に陥り、判読精度または時間に影響する可能性 一方、人の判読では明らかでも、AIが間違える可能性もある
	将来	人材が確保できれば、人による多角的な目視判読で高精度	運用しながらAIを賢くできれば精度はさらに向上	
判読費用	現状	時間単価 x 工数 x 頻度またはシーン毎	初期コスト（開発） + 運用コスト	<ul style="list-style-type: none"> ALOS-4で範囲が増加 システム開発を含め、AI開発は初期コストがかかる。開発後は運用コストがメイン
	将来	判読時間、シーン数に比例して増加	運用コスト ※オンプレ、クラウドなど環境によって変動	
拡張性	将来	人材確保次第で拡張性がある。一方、判読業務過多になると、拡張（判読業務を超えた作業）が難しくなる	付加機能追加（レポート機能） 新規機能の開発（生成AI等）	AIの場合、プラグイン等による拡張はしやすい

10.3 実運用に向けた方針と課題整理：方針と課題

AIを導入した解析・判読システムとして運用するために、システム開発とエンジン開発の2軸で行うことで効率的に開発を進めることができる。今後は、本プロジェクト期間内に明らかになった課題や改善策を踏まえ、さらなる検討が必要である。

「システム開発」および「エンジン開発」
として2フェーズに分けて進めることを推奨する



システム開発フェーズ

※令和7年度～：エンジン開発と並行して進めることを推奨

- AI判読技術を活用したテスト運用
- ArcGISと防災IFとの連携による入出力の自動化
- 運用に知見のある企業の参画を検討
- 運用中の課題・改善点の洗い出し
- 継続的な学習・改善を可能にするフィードバック機構の構築・実装
- テスト運用に向けた環境構築、現場教育、保守手法の検討

エンジン開発フェーズ

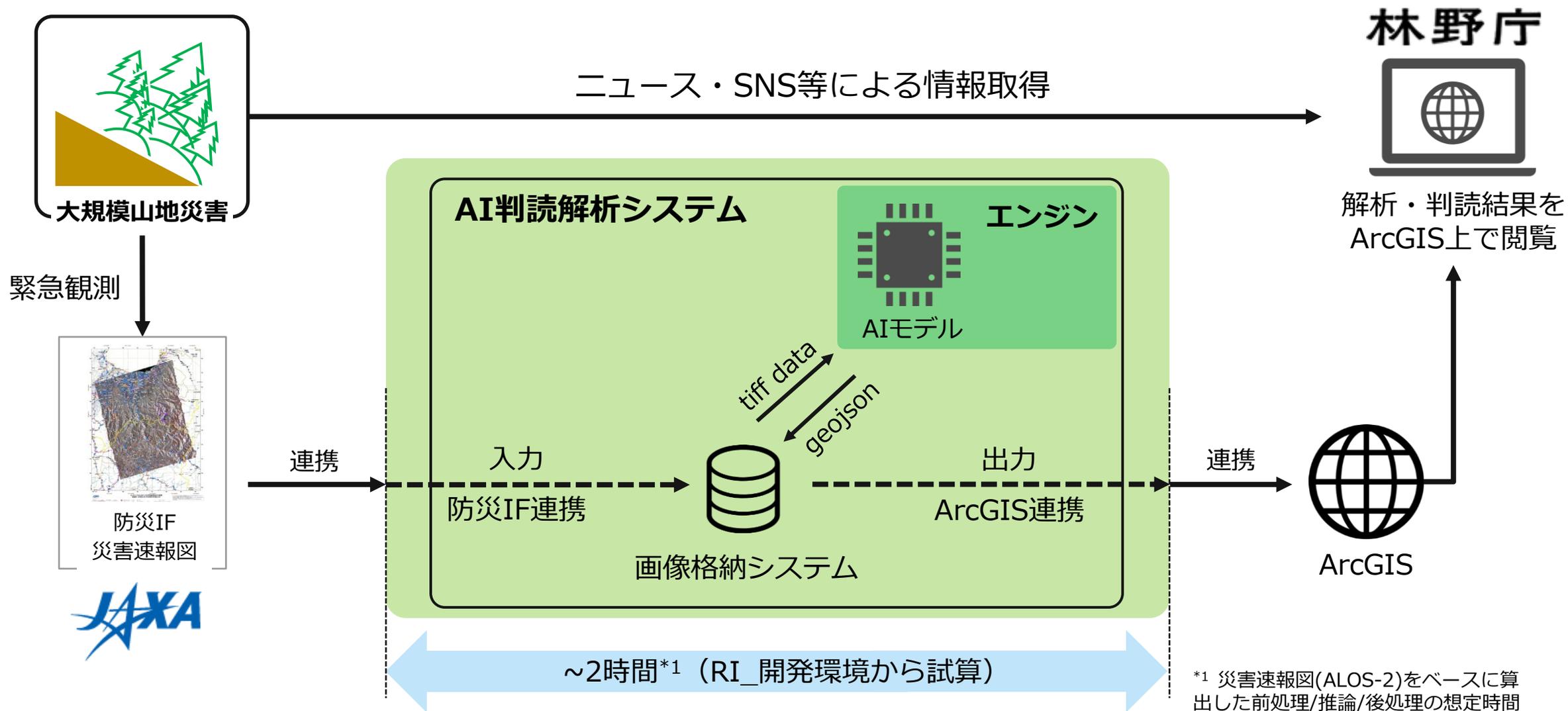
※令和7年度～：エンジン開発が概ね完了するまでシステム開発と並行して進めることを推奨

- Pipelineの構築
- 後処理の改善・最適化（ポリゴンサイズ調整、他の地理データの考慮、判読面積の閾値設定、フィルタリング等）
- 補助データの活用方針の検討
- 精度の設定・向上（アノテーションの追加、品質向上等）
- 異なる種類の災害への対応検討



11.1 AI判読を活用した実運用フロー案：フロー概略図

大規模山地災害発生後、防災IFを入力側、ArcGISを出力側として、その中間にAI判読解析システムを組み込んだフロー図を作成した。実運用を想定し、本検証を基に作業時間を試算した。



12. 検討委員会の概要

有識者による計2回の検討委員会を実施した。本委員会にて開発の方向性や方針、課題点などを議論した。

第1回検討委員会	第2回検討委員会
<p>開催日時</p> <ul style="list-style-type: none">2025年1月21日16:00~18:00	<p>開催日時</p> <ul style="list-style-type: none">2025年2月10日15:00~17:00
<p>概要</p> <ul style="list-style-type: none">プロジェクト概要提案手法の妥当性検証衛星画像の選定評価指標開発の進捗全体質疑	<p>概要</p> <ul style="list-style-type: none">開発AIモデルの検証結果ALOS-4相当のデータ量の解析判読時間実運用に向けた方針と課題整理AI判読を活用した実運用フロー案とまとめ全体質疑
<p>参考資料</p> <ul style="list-style-type: none">第1回検討委員会議事次第第1回検討委員会議事録	<p>参考資料</p> <ul style="list-style-type: none">第2回検討委員会議事次第第2回検討委員会議事録

13. 本事業で取得したデータ一覧

- アノテーションデータ（国土地理院）
"https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html"
- 衛星画像
 - ALOS利用推進研究プロジェクト（無償）
"https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/open_and_free/palsar2_l11_l22_j.htm"
 - 防災インターフェース
"https://daichi-bousai.dpif.jaxa.jp/static/html/pre_top.html"
 - 株式会社パスコ（有償）
"https://www.pasco.co.jp"
 - Copernicus Browser
"https://browser.dataspace.copernicus.eu"
- 地理データ（国土交通省）
 - 重要物流道路データ
"https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N12-2021.html"
 - 土地利用細分メッシュデータ
"https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b-2021.html"
 - 傾斜度データ
"https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G04-d.html"
- 衛星画像解析プラットフォーム
Ridge SAT Image Analyzer (RSIA)
"https://iblog.ridge-i.com/entry/2024/09/19/094437"