

# 最新技術を用いた防災3次元地理情報データベースの構築

地域安全工学センター

災害発生！直ちに災害復旧を！

- 早期に災害発生個所の発見し、詳細な災害状況を把握する
- 平常時の状況を把握しておくことが必要。
- 常時モニタリングを実施し何等かの変化を察知できるシステムの構築
- 災害発生可能性・・・危険度マッピング

本プロジェクトでは、地盤の特性（地形、地質、強度、盛土地域など）や既往の災害事例などの情報から、地震や土砂災害、河川氾濫、海岸侵食などに対する

## 防災のための3次元地理情報データベースの構築

を目指すものである。

### 検討項目

- (1) 衛星データを用いた広域海岸線形状の抽出の検討
- (2) RTK-UAV（ドローン）を用いた海浜形状抽出方法の検討
- (3) 海浜データベース利活用  
(最新モニタリング技術による海岸保全システムの提案)
- (4) 微動観測に基づく地すべり地域における3次元地盤構造の把握

- 地盤の特性  
(地形、地質、強度、盛土地域、海浜)
- 既往の災害事例  
(地震、土砂災害、洪水氾濫、海岸侵食など)

広域： 衛星データ  
3D航測レーザー、グリーンレーザー  
詳細： ドローンデータ、3D航測レーザー  
グリーンレーザー、DEMデータ  
3D都市モデル (PLATEAU)  
既往測量データ

常にバージョンアップ

## 防災3次元地理情報データベース

脆弱な地域（地形）の把握

地震や土砂災害、河川氾濫、  
海岸侵食などに対する備え

数値シミュレーション  
避難シミュレーション  
防災計画

データベースとの比較より  
災害時の広域の地形変状把握  
(衛星データの利用)

RTKドローンによる詳細調査

自治体への提供  
早期の災害復旧

# (1) 衛星データを用いた汀線(海岸線)形状の抽出

鳥取県東部の陸上海岸(東浜)を対象として、高解像度(1.5m)の光学式衛星画像データ(SPOT7)より汀線(海岸線)位置の抽出を行う方法を構築した。

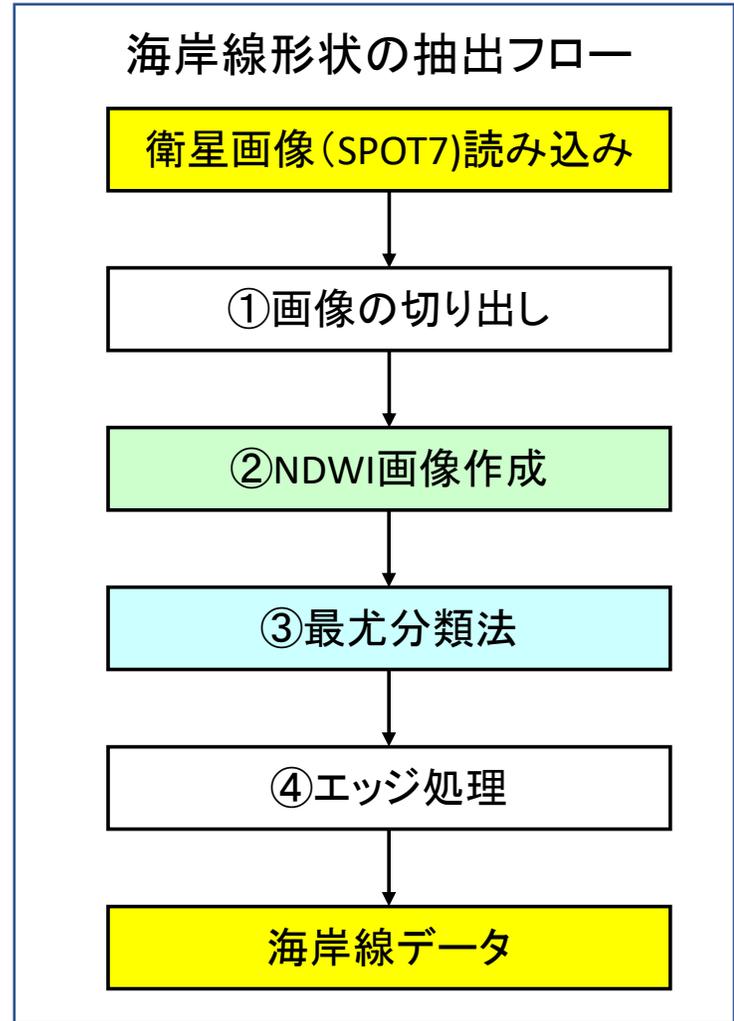
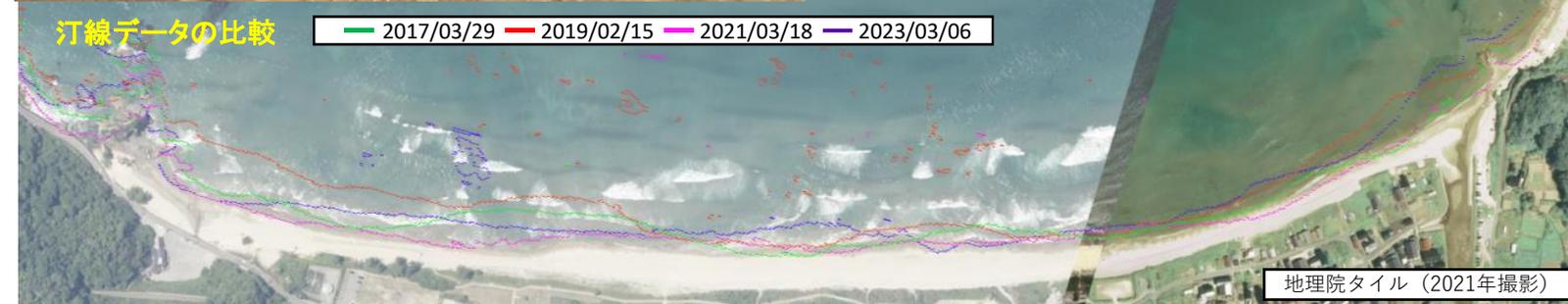
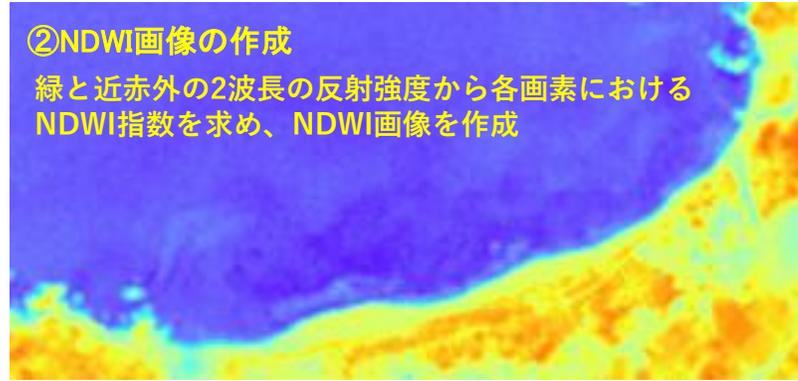


**海岸線位置の抽出** : 衛星画像データをGISソフト(ArcGIS Pro)を利用すると、簡単に解析が可能である。1シーン100km<sup>2</sup>の画像データより対象とす海浜領域を切り出し、NDWI(Normalized Difference Water Index)画像作成する。さらに、最尤分類法を用いて水域と陸域の判別を行い、最後にノイズ処理を行うことで汀線(海岸線)データが抽出できる。ただし、白波等の影響で、海域にノイズが発生し、その除去方法については検討の余地がある。

※光学式衛星 SPOT(Satellite Pour l'Observation de la Terre) : フランスの宇宙機関CNESの衛星。SPOTは、継続的に打ち上げられており、現在新しく分解能が高いSPOT-6(スポット6号)とSPOT-7(スポット7号)画像の配布が行われている。(解像度1.5m)

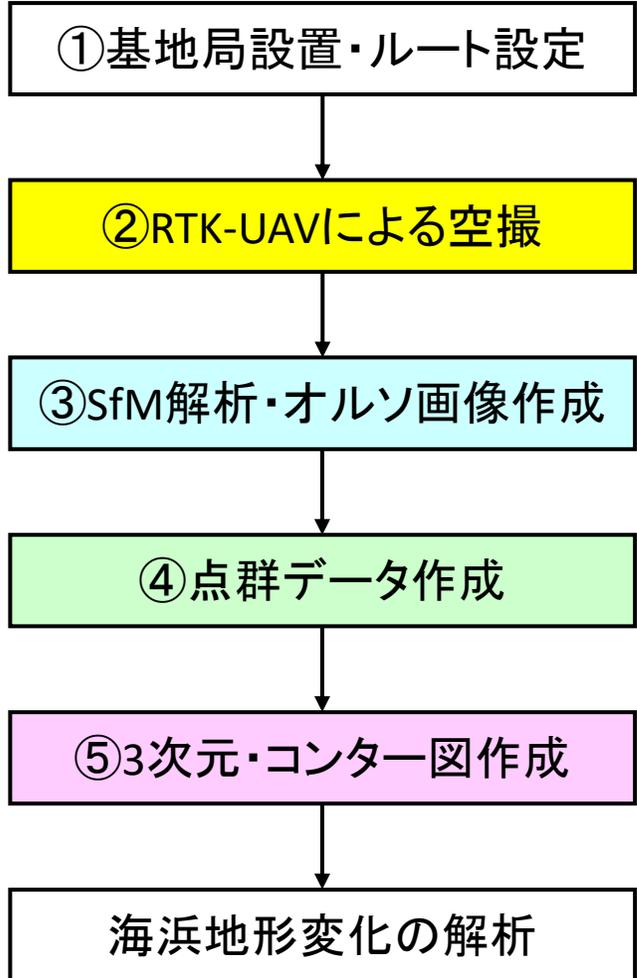
※NDWI指数: 水が近赤外波長を吸収しやすいという特性を利用し、水が吸収されにくい緑色の波長との反射強度の差をとることで、水域と陸域の違いを明瞭にする指数

※最尤分類法: 「市街地」、「森林」、「水域」等の各分類クラスにおいて選定したトレーニングデータから画素データの尤度を求め、尤度が最大となるクラスにその画素を分類する手法



# (2) RTK-UAVによる海浜の3次元地形の抽出

陸上海岸(東浜)を対象として, RTK-UAVによる海浜測量を行い, 3次元地形の抽出する手法を構築した.



①基地局の設置と飛行ルート設定例

②RTK-UAV写真測量 : 迅速に海浜の3次元測量が可能であり, 沿岸方向1.2kmの範囲を3フライト1時間程度で測量完了.

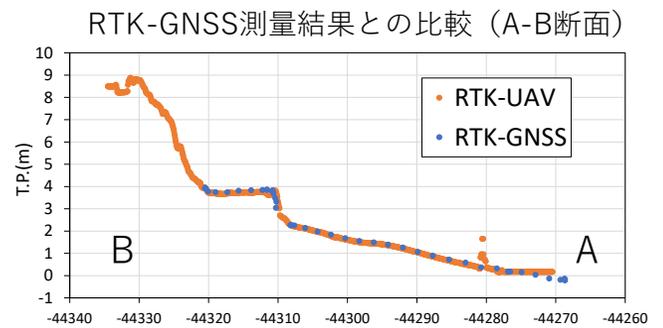
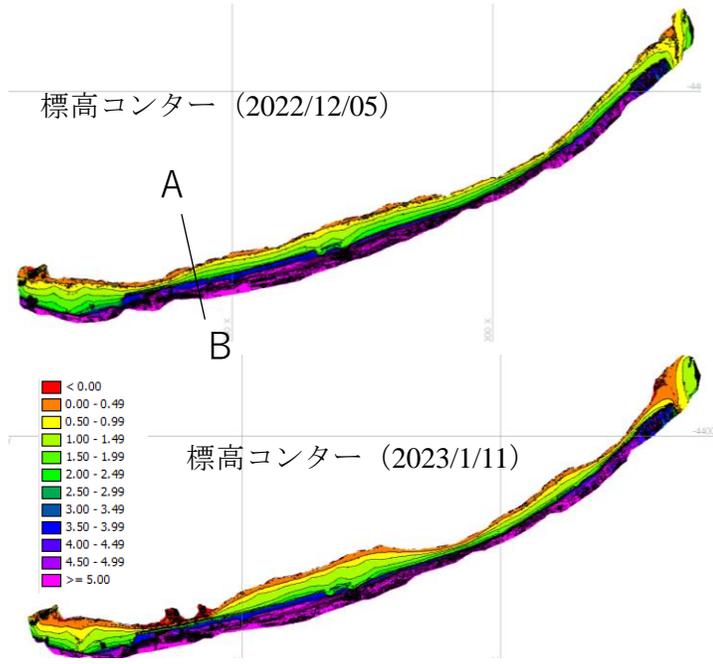
③SfM解析と④点群データ作成 : SfM解析ソフト(Pix4D)を用いてオルソ画像, 点群データを作成

⑤3次元・コンター図作成 : 点群データのノイズ処理をした後, 3D図やコンター図を作成

解析結果 : 水際線(T.P.0m~0.5)より陸側の海浜地形を3次元的に捉えることが可能であり, 3次元点群データをデータベース化することで, 砂浜幅や水際線の変化, 断面地形の変化を容易に確認することができる. なお, RTK-UAV空撮データより得られて3次元地形データは, RTK-GNSSを用いた直接地形測量結果とも大きな差はなく, 海浜データとして有効に利用できることを確認した.

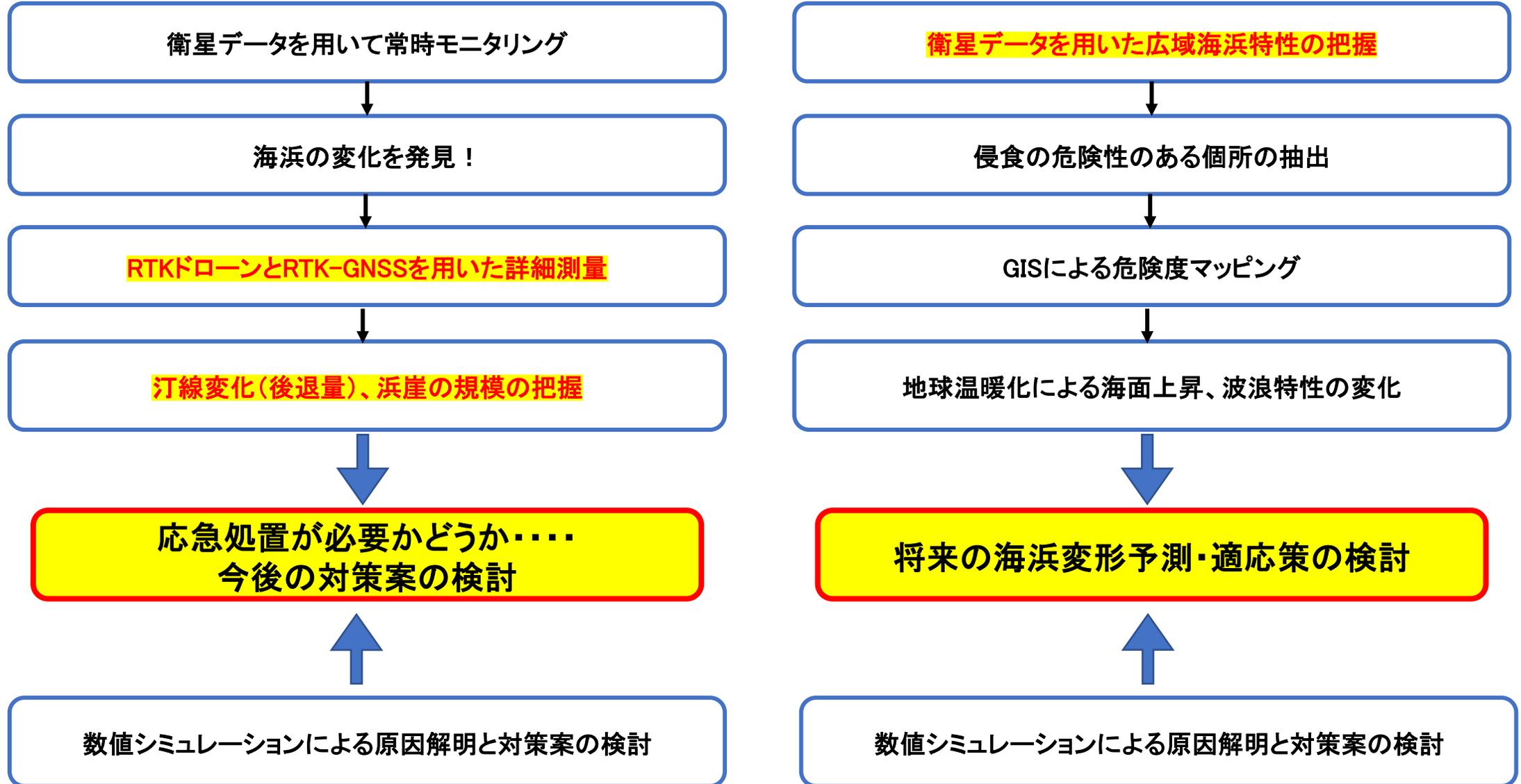


海浜地形 3D図



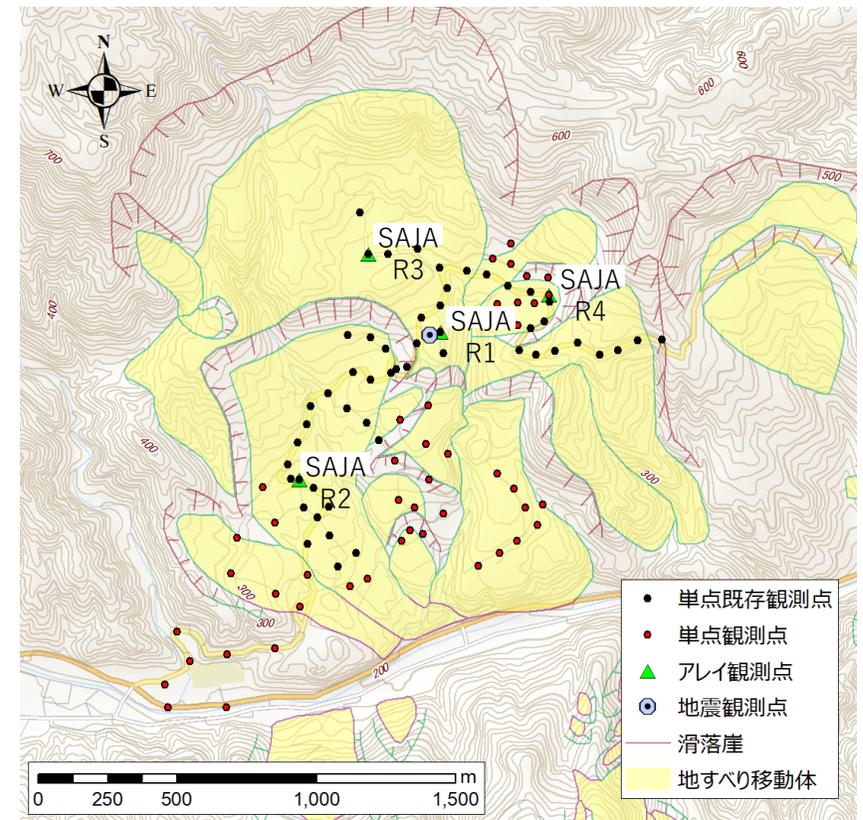
### (3) 海浜データベースの利活用: 最新技術を用いた新たな砂浜保全システムの提案

海浜災害時の対応, 将来の海浜変形予測検討へのデータベース利活用



# (4) 微動観測に基づく地すべり地域における3次元地盤構造の把握

- 繰り返り発生する地すべり地域の地盤震動特性及び地盤構造を把握することは、地震による土砂災害の危険性を検討する上で非常に重要である。
- 本研究では、地すべり地形と判定されている、鳥取市佐治地区において、微動観測と地震観測を実施し、地盤震動特性の把握及び地盤構造の推定を行った。



観測点位置

## 【微動の3成分単点観測】

- ▶ 観測波形から20.48秒を5区間以上選定し、3成分のフーリエスペクトルを算出する。
- ▶ 対数ウィンドウ（係数20）で平滑化
- ▶ 水平動成分のスペクトルを相乗平均し、上下動のスペクトルとの比をとってH/Vスペクトルとする。
- ▶ H/Vスペクトルから卓越周期とその時のピーク値（振幅比）の読み取りを行う。

## 【微動のアレイ観測】

- ▶ アレイ観測記録は、SPAC法またはCCA法により、位相速度分散曲線を推定した。
- ▶ セグメント長は10.24秒とし、スペクトルの平滑化はバンド幅0.3HzのParzenウィンドウを用いる。

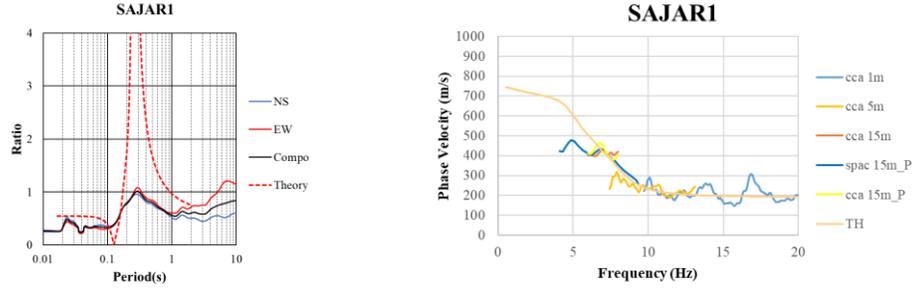
## 【微動による地盤構造推定】

- ▶ 位相速度分散曲線とH/Vスペクトルを用いて、フォワードモデリングにより地盤構造を推定した。
- ▶ S波速度は、第1層目を位相速度分散曲線が最小で一定となる部分をもとに決定し、層厚を変化させてモデリングを行った。
- ▶ レイリー波基本モードを仮定した理論値が、観測波形から推定された位相速度分散曲線と整合するように試行錯誤でモデルを決定した。

# 地盤構造モデル

- ◆ 1層目は周辺の火山砕屑岩が地すべりにより崩壊し堆積している。
- ◆ 1層目と2層目の層厚が，H/Vスペクトルの卓越周期に対応している。

(4) 微動観測に基づく地すべり地域における3次元地盤構造の把握



SAJAR1 (地震観測点)

層厚 (m)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	Vp (m/s)	Vs (m/s)
11	1.8	1510	200
25	1.9	1790	450
$\infty$	2.2	2180	800

SAJAR2

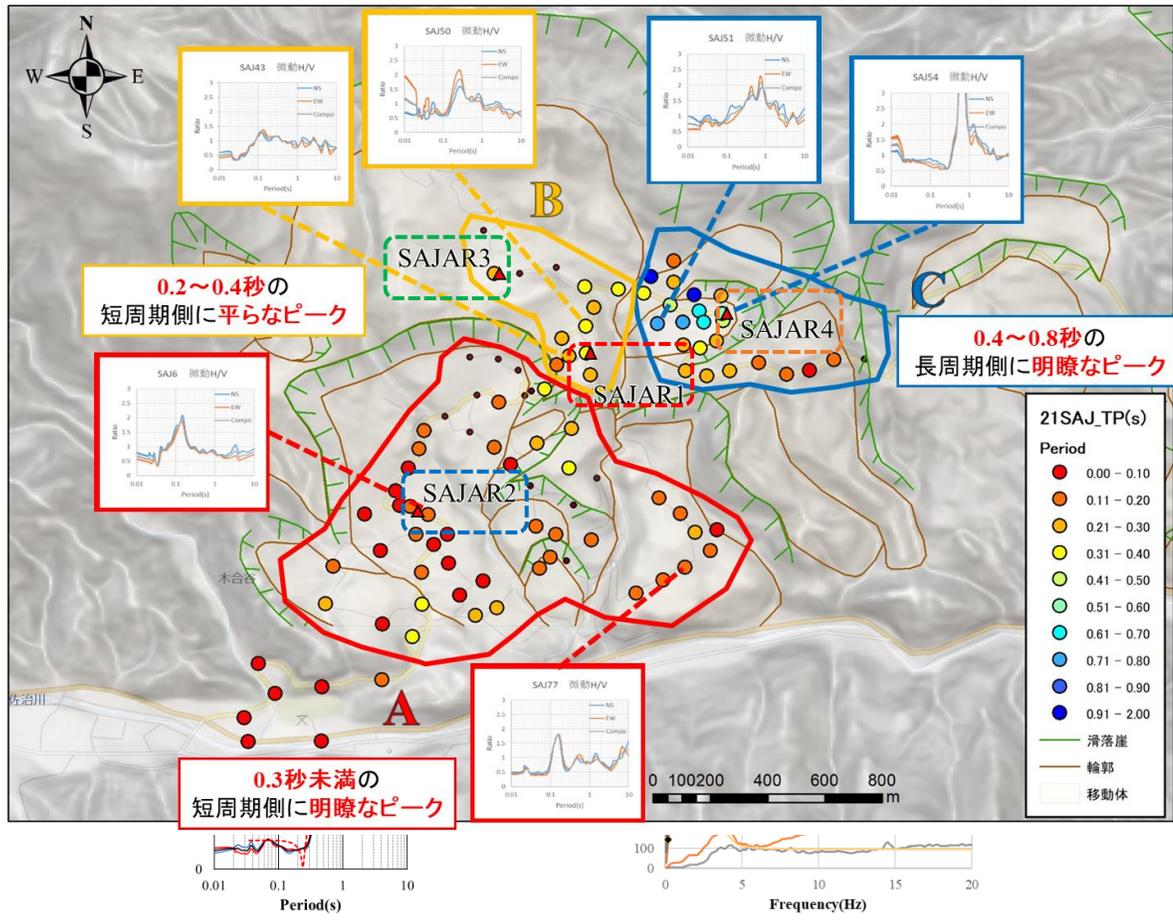
層厚 (m)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	Vp (m/s)	Vs (m/s)
5	1.8	1460	150
25	1.9	1790	450
$\infty$	2.2	2180	800

SAJAR3

層厚 (m)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	Vp (m/s)	Vs (m/s)
5	1.8	1460	150
24	1.9	1620	300
$\infty$	2.2	2070	700

SAJAR4

層厚 (m)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	Vp (m/s)	Vs (m/s)
12	1.8	1400	100
25	1.9	1790	450
$\infty$	2.2	2180	800

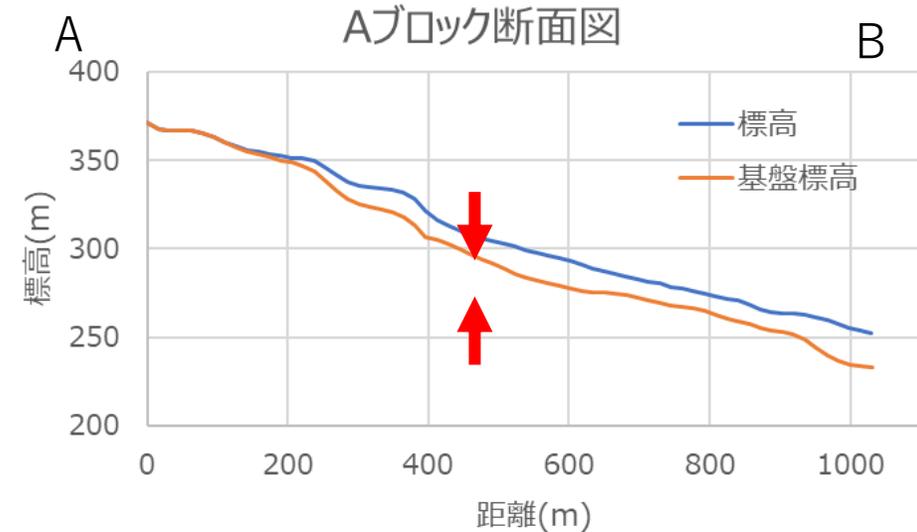
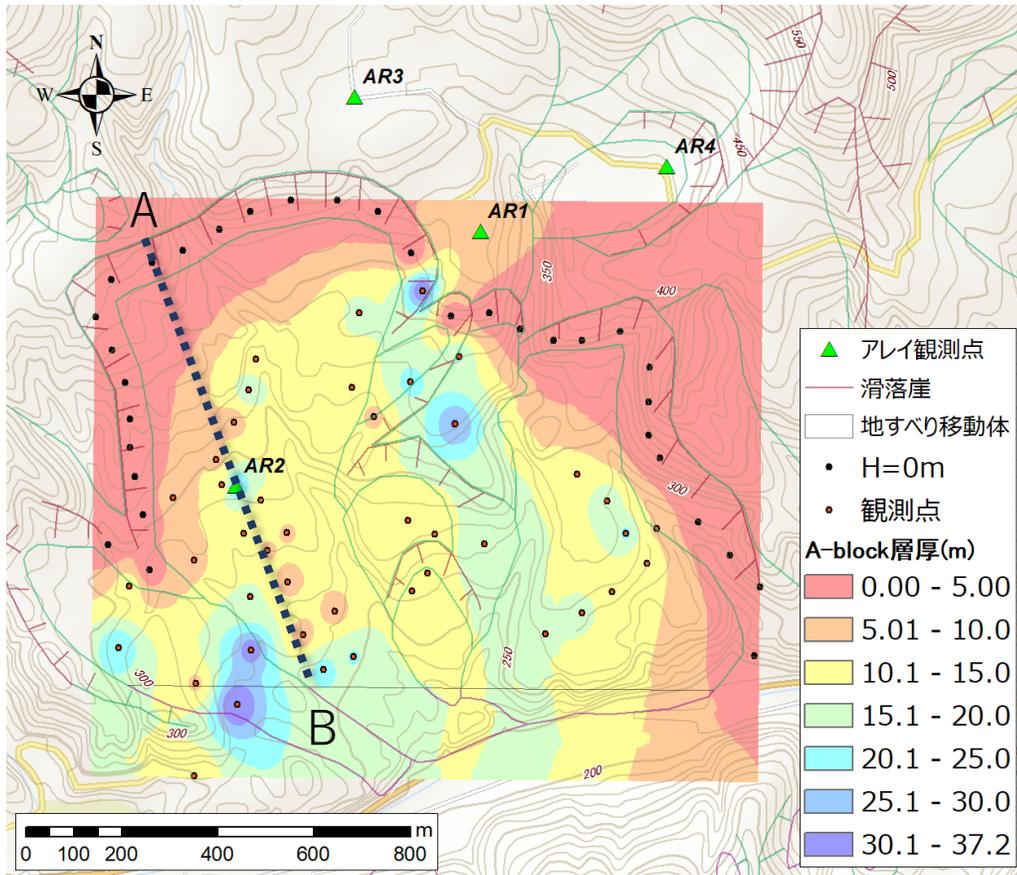


# 層厚分布 (Aブロック)

(4) 微動観測に基づく地すべり地域における3次元地盤構造の把握

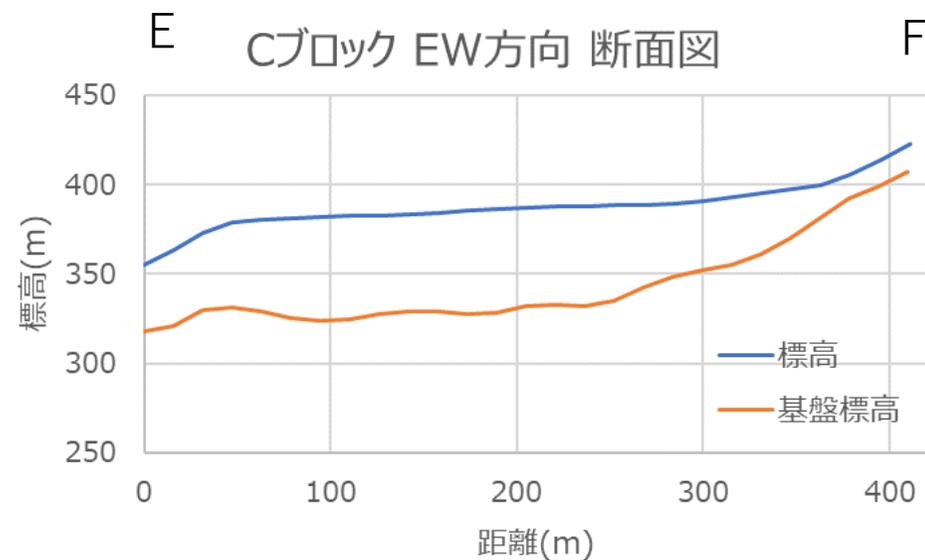
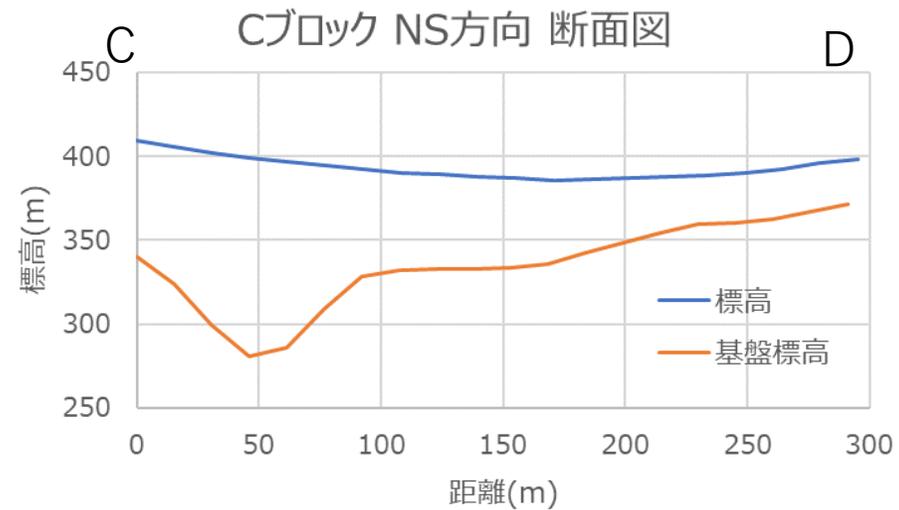
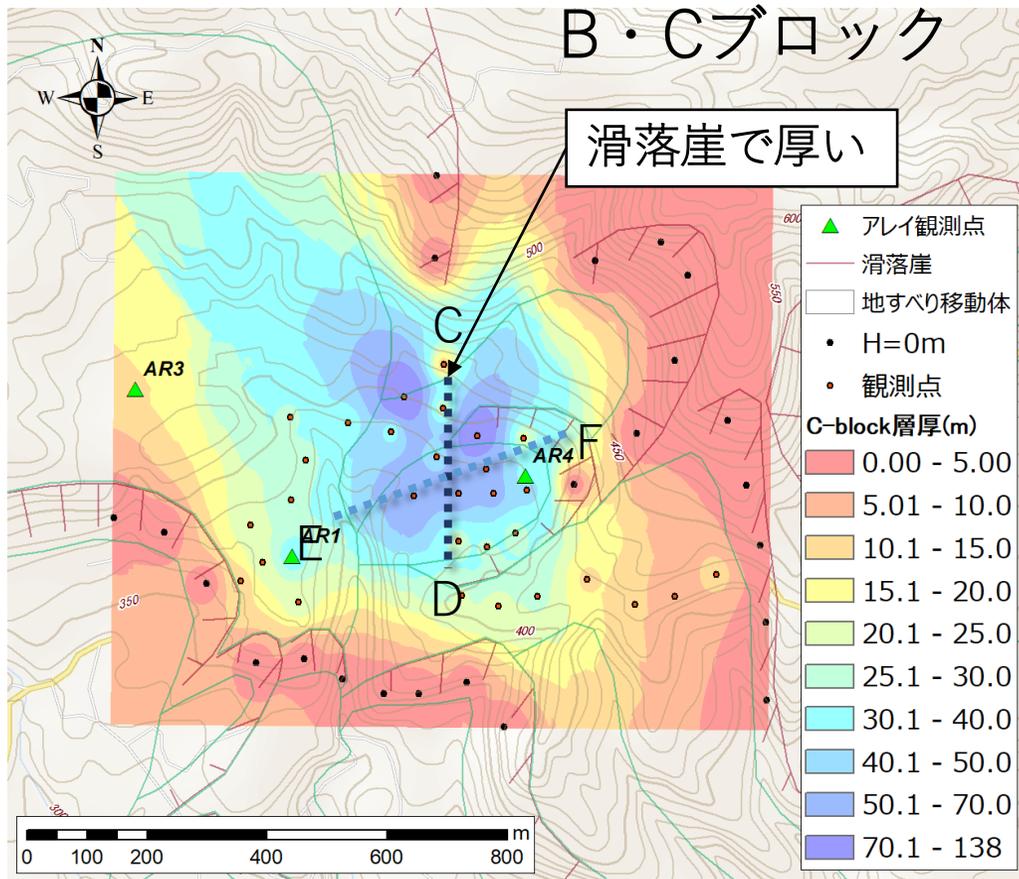
- 地盤構造モデルの2層目までの平均S波速度 (層厚による重み付き平均) として, H/Vスペクトルの卓越周期より1/4波長則により表層厚を算出.
- S波速度はブロック毎に決定 (A: 400m/s, B: 370m/s, C: 350m/s)
- 基盤露頭の滑落崖に層厚0m (黒点) のダミーデータを追加, Aブロック, B・Cブロックで分布図を作成.

## Aブロック



- 北西の滑落崖から南東の移動体の末端部にかけて, 徐々に厚くなる.
  - 地すべりの土砂が南東へ流れ込んで堆積したか?
- 滑落崖から500m付近で厚く, 層厚20m程度 (断面図の赤矢印) で円弧すべりに近い形状?

# 層厚分布 (B・Cブロック)



- B・Cブロックは全体的に厚くなっている。大規模な地すべりのあと、移動体内で小規模な地すべりが発生し、それらの土砂が繰り返し堆積したか？
- Cブロック内の滑落崖は層厚が15m以上であり、大規模な地すべり後に、後退的に発生した地すべりで滑落崖が形成されたか？

## まとめ

地すべり地形である鳥取市佐治地区で微動の3成分単点観測・アレイ観測を実施し、3次元的な地盤震動特性の把握と地盤構造推定を行った。

- 微動のH/Vスペクトルと卓越周期分布が得られ、H/Vの形状、卓越周期は地すべりの移動体の地盤構造に対応していることがわかった。
- 微動アレイ観測より、位相速度分散曲線が得られ、移動体の地盤構造モデルが推定できた。
- 移動体の表層厚分布より、滑落崖から徐々に厚くなっている地域（Aブロック）、複数の地すべりが生じた影響により厚くなっている地域（B, Cブロック）がみられた。
- 今後はこの結果をAHP法を用いた土砂災害ハザード評価の基礎データとして、GISのデータベースに取り込み、土砂災害の危険個所の抽出に繋げていく。