



統合リモートセンシング解析システム

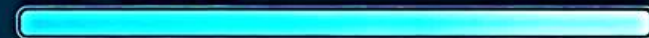
衛星・航空機・UAV・地上のセンサーネットワークによる実用的EdgeAI/PC処理



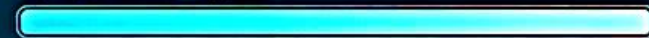
PARS® デジタル空中写真測量システム
Digital aerial photogrammetry system

進捗 >

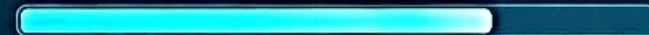
入力・写真準備



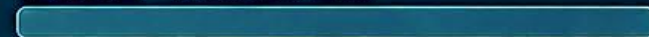
対応点生成・調整



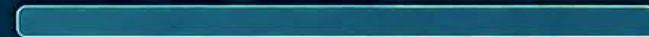
ステレオ処理・三次元点生成



座標整合・DSM格子生成



DSM品質確認・成果生成



処理 7 / 17

出力 >

product_DSM.tif

処理開始

処理終了

DSM成果確認・出力

システム終了

デジタル空中写真測量システム

Digital aerial photogrammetry system

+

-

↑
N

標高 (m)

1867



-35

マウス位置 X: 000000.000 m Y: 000000.000 m 標高: 0000.000 m

DSM成果情報

product_DSM.tif

格子間隔	1.00 m
座標基準	JGD2011
標高基準	T.P.
最低標高	-35.20 m
最高標高	1867.35 m

品質確認情報

有効格子数	24,512,896
NoData格子数	128,764
品質確認結果	良好

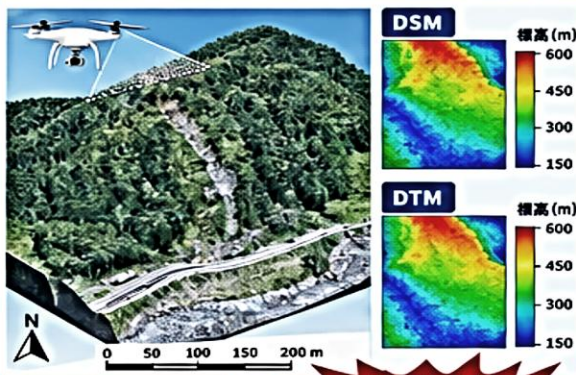
表示初期化

成果出力

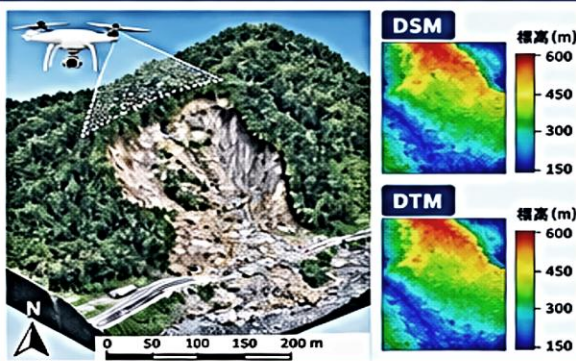
表紙へ戻る

システム終了

時期1: DSM/DTM $Z_1(x, y)$



時期2: DSM/DTM $Z_2(x, y)$



急斜面の見かけ差

$$\Delta Z_{false} \approx \Delta X \tan \theta$$

水平ずれが斜面勾配により
標高差へ増幅

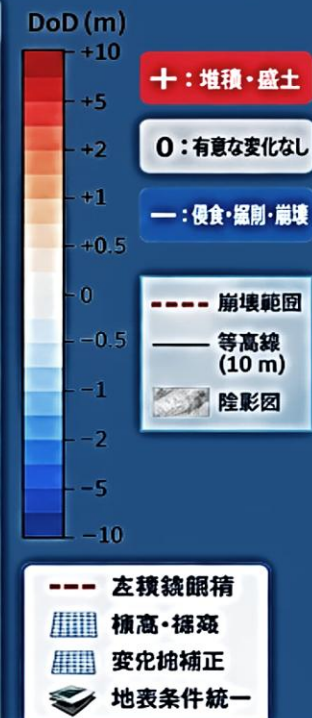
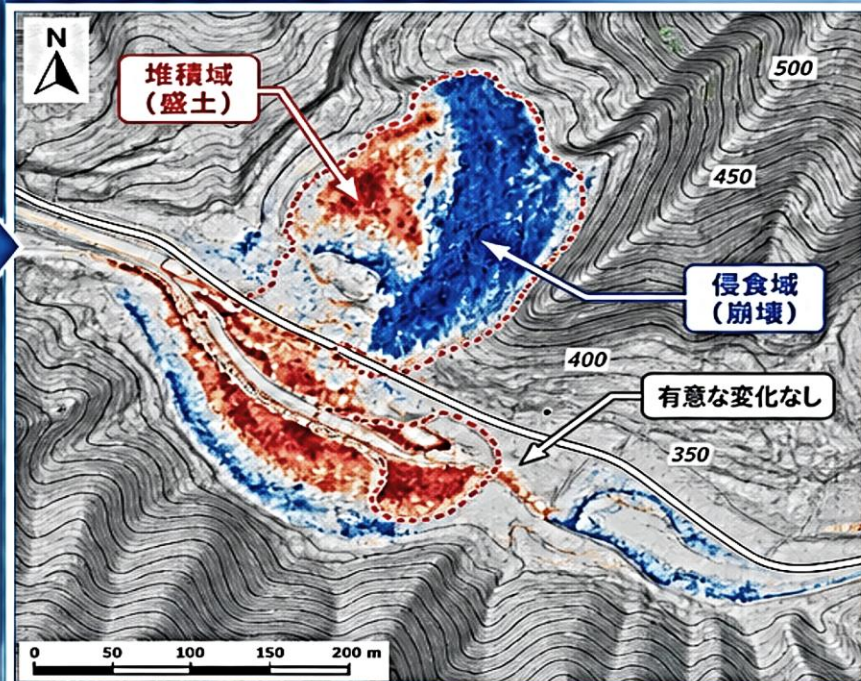
位置合わせ・地形変化抽出の流れ

- 三次元位置合わせ**
XY移動・回転・縮尺/Zオフセット
安定地形を基準、崩壊・堆積域は除外
- 比較グリッド整合**
座標系・標高基準・GSD・格子原点
同種モデル: DSM $\leftrightarrow$ DSM/DTM $\leftrightarrow$ DTM
- 標高差計算**
 $\Delta Z(x, y) = Z_{post}(x, y) - Z_{pre}(x, y)$
+: 堆積 - : 侵食・崩壊
- LoD判定**
 $LoD_{95} = 1.96 \sqrt{(\sigma_{pre}^2 + \sigma_{post}^2 + \sigma_{align}^2)}$
 $|\Delta Z| \leq LoD$: 有意な変化なし
- 地形変化領域抽出**
正負セルを連結し、変化領域を形成
孤立ノイズ・最小面積未滿を除外
- 変化量集計**
変化面積・最大/平均標高差・体積
 $V_{dep} = \sum \Delta Z \cdot A$ $V_{ero} = \sum |\Delta Z| \cdot A$

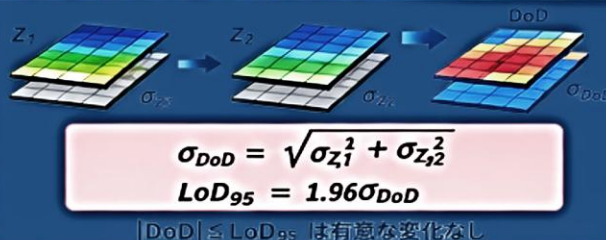
DoD差分解析

$$DoD(x, y) = Z_{2,corr}(x, y) - Z_{1,corr}(x, y)$$

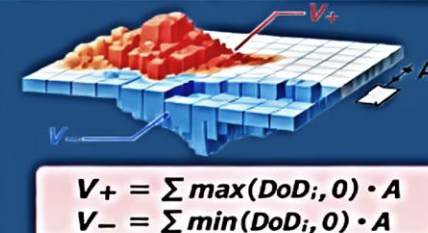
DoD変化量図(陰影図+等高線)



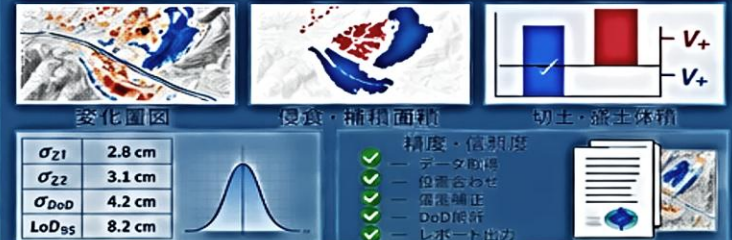
誤差伝播と最小検出限界



面積・体積算定



出力成果



DoDの信頼性は、位置合わせ精度・標高基準・安定地補正・地表条件統一・LoD評価で決まる

実務適合型の仮想DTM生成モデル

仮想鍋蓋による閉空間計測 — 災害前DTMが存在しない崩壊現場への適用

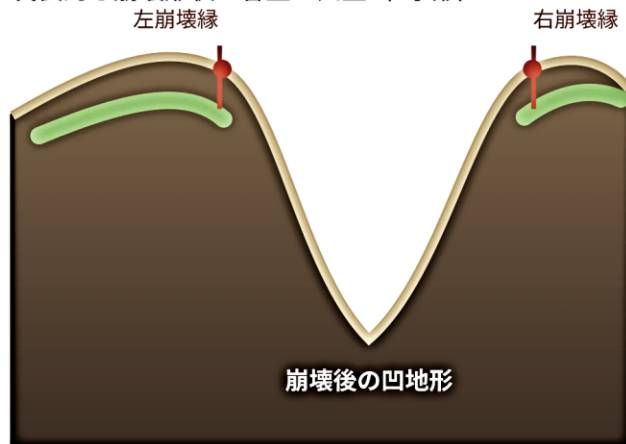
地上モデルは1つ
災害後DTMのみを使用



① 災害後DTMを生成

生成面：災害後DTM（唯一の地上モデル）

代表的な崩壊形状：谷型・凹型（V字形）

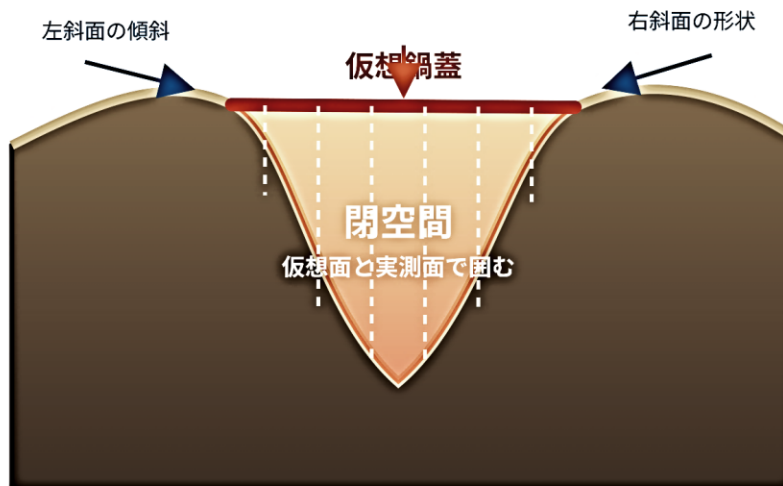


形状判読

崩壊縁・斜面方向・傾斜・地形連続性

② 仮想鍋蓋を生成

平面蓋＝仮想鍋蓋（計算基準面）



閉空間＝災害前仮想DTMモデル

厳密な地形復元ではなく、実務的な仮想地形を構成

③ 閉空間を計測

二時期の差分解析ではない

前後2つの実測DTMは存在しない

垂直深度を計算

$$H(x,y) = Z_{lid}(x,y) - Z_{post}(x,y)$$

仮想鍋蓋から災害後地表までの距離

閉空間体積を計算

$$V_{closed} = \sum H_i \cdot A_{cell}$$

セルごとの垂直深度 × セル面積

出力

- 崩壊前仮想DTMモデル
- 垂直深度分布
- 閉空間体積＝推定崩壊土量

処理プロセス

災害後DTM

唯一の実測モデル

崩壊形状判読

V型・逆V型・その他

仮想鍋蓋生成

形状・傾斜を参照

閉空間形成

災害前仮想DTM

垂直深度・体積算定

閉空間の幾何計測

◆ 差分解析ではなく、仮想面と実測面による「閉空間」の幾何計測

第I段 入力・基準化



1 各日時のオルソ画像入力

同一地域の生成済みオルソモザイクを時系列で入力
 $\rho_{b,t}(x,y), t=1 \dots n$

入力: GeoTIFF/COG RGB・Green・Red・Red Edge・NIR
必須メタデータ: ACQ TIME・CRS・GSD・RSR・Scale/Offset・QA

2 入力品質・処理レベル確認

- 処理レベル: DN/TOA/BOA/正規化値
- CRS・datum・GSD・画素定義・範囲
- band・RSR・量子化・Scale/Offset
- SNR・飽和・NoData・seamline・欠測
- 雲・影・霞・glint・blur・QAフラグ

QUALITY GATE 1
比較不能な画像・バンド・画素は除外又は再処理

3 共通解析基準・AOI設定

基準時期と解析対象領域を決定

$\Omega = \text{intersection}(\Omega_t)$

出力: AnalysisSpecification+入力時系列カタログ

- reference epoch
- common AOI/analysis mask
- CRS・datum・単位
- pixel-is-area/grid origin
- band対応表・解析対象指数

第II段 補正・共通化



4 精密共登録

安定地物・PIFを用い、時間間の局所位置ずれを補正
 $Tt: (x,y)t \rightarrow (x,y)\text{ref}$

phase correlation/feature+RANSAC/local warp
検証: 独立check pointで RMSEreg < 0.3-0.5 pixel (目標)

5 放射・照明条件正規化

時期ごとの観測条件差を除去し、反射率系列を整合

$\rho'_{b,t} = a_{b,t} \rho_{b,t} + b_{b,t}$

- BOA反射率化・センサ係数適用
- PIF/IR-MADによる相対正規化
- BRDF・太陽天頂角・地形照明補正
- haze・色調残差・バンド別偏り確認

PIF残差・バンド別回帰残差を保存し、oradへ伝播

6 画素・応答・品質マスク共通化

- GSD・grid origin・extent・resampling kernel
- band coregistration・RSR対応・MTF/PSF整合
- cloud・shadow・haze・glint・saturation
- blur・NoData・seamline・moving object

Analysis-ready
 $C(x,y,t,b)$

QUALITY GATE 2: 共登録RMSE・PIF残差・有効画素率を承認

第III段 変化解析・成果出力



7 変化特徴量の算出

$\Delta\rho_b = \rho'_{b,t2}(T(x,y)) - \rho'_{b,t1}(x,y)$

band差分・ratio・log-ratio
ANDVI・NDRE・NBR・NDWI

CVA・MAD・IR-MAD
post-classification・OBIA・AI

出力: 変化量ラスタ+方式別特徴量+画素別不確かさ

8 有意変化判定・種類判読

$\sigma_{\Delta\rho}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{\text{reg}}^2 + \sigma_{\text{rad}}^2$
 $\text{LoD95} = 1.96\sigma_{\Delta\rho} \quad / \quad |\Delta\rho| > \text{LoD95}$

空間連結・最小面積・オブジェクト境界を適用

change object i

- 植生消失・裸地化
- 土砂堆積・浸食
- 建物出現・消失
- 水域増減・土地被覆遷移
- UNKNOWN/要判読

QUALITY GATE 3: LoD超過+空間整合+分類確信度

9 変化成果の定量化・出力

変化領域
geometry/boundary/mask

変化種類
class/transition/UNKNOWN

面積
 $A_i = \sum_j 1_j \cdot A_{px}$

信頼度
registration・radiometry・LoD・QA・classifier

Confidence_i = f(RMSEreg, PIF residual, LoD ratio, QA coverage, Pclass)
単一の分類確率ではなく、幾何・放射・検出・分類品質を統合

- COG GeoTIFF: 変化量・LoD・信頼度ラスタ
- GeoPackage/GeoJSON: 領域・種類・面積・確信度
- CSV・STAC metadata・QA/uncertainty report



信頼性を決める五つの管理要素

精密共登録・RMSEreg

BOA/PIF放射正規化

MTF/PSF・格子整合

QAマスク・有効画素率

誤差伝播・LoD・信頼度の追跡

多時期・高レベル衛星画像入力

時期1：高レベルプロダクト $B_1(x,y)$



L1B/L2/ARD : SR・PAN/MS・QA・RPC・DEM・観測角

建物異動発生

時期2：高レベルプロダクト $B_2(x,y)$



比較優先：同一sensor・同一baseline・近似観測角・近似季節

残存誤差補正・解析データ化

1 製品・品質メタデータ検査

処理level/baseline・GSD・RSR・MTF
使用DEM・RPC・QA・雲量・観測角を検査



2 測地基準・共通AOI

CRS・datum・grid origin・extent・単位
地番界・家屋台帳の基準時期とIDを固定



3 精密共登録・建物倒れ評価

phase correlation/feature+RANSAC
安定地物RMSE・局所残差・ $\Delta x \approx h \tan \theta$ を評価



4 放射・観測条件共通化

Surface Reflectance・PIF/IR-MAD正規化
BRDF・季節・太陽高度・影・異種sens $p, t = a_p, t_{p,p}, t + b_p, t$



5 共通格子・PAN/MS整合

GSD・origin・resampling・band coreg.
pan-sharpening方針・MTF/PSF整合を固定



6 QAマスク・建物object化

cloud・terrain/building shadow・NoDataを除外
PAN/MS・既存家屋・地番界を共通IDで時系列化



出力：asset-ready cube+parcel/building layer

建物異動判読・固定資産候補化

$$B_{new} = B_2 \setminus B_1 \quad / \quad B_{lost} = B_1 \setminus B_2 \quad / \quad \Delta A = A_2 - A_1$$

B=建物object A=投影面積 比較単位=building ID/parcel ID

建物変化図（新築・滅失・増築・形状変更）



object比較量

- IoU/boundary distance
- ΔA /周長/compactness
- 屋根spectral/texture差
- 地番・家屋IDとの対応率

異動候補class

- 新築 ●滅失 ●増築
- 一部撤去 ●建替え
- 屋根形状・用途変化候補
- UNKNOWN/要確認

候補信頼度

$C_i = f(RMSE_{reg}, \theta, shadow, QA, Pclass)$

- 観測角・季節・影・遮蔽を反映
- AI候補と品質gateを分離
- 確定前に机上/現地確認

建物変化の符号

+: 新築・増築

0: 変化なし

-: 滅失・撤去

判読・解析方式

- 画像差分/ratio
- object-based change
- post-classification
- roof spectral/texture
- Siamese/Transformer

赤: 新築・増築候補

青: 滅失・撤去候補

橙: 形状変更候補

建物倒れ・位置ずれによる偽差分



$$\Delta x_{building} \approx h \tan \theta$$

標準orthoでは屋根偏位が残る

- 高層域: True Ortho/DSMを優先
- 非近似観測角sceneは除外または低信頼化
- 共登録点は地表の安定地物から選定

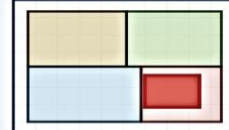
誤差伝播・最小検出可能変化



$$\sigma^2 \Delta A = \sigma^2 reg + \sigma^2 seg + \sigma^2 view$$

$$|\Delta A| > k \sigma \Delta A \quad \text{かつ} \quad A_i > A_{min}$$

地番・家屋台帳への空間関連付け

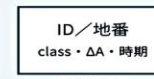


- change geometryとparcelを交差
- building ID・家屋番号を引当て
- 面積差・重複率・境界距離を算出
- 矛盾候補はUNKNOWN/要確認
- 時系列継続性で誤検出を抑制

固定資産候補成果・確認フロー



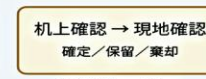
変化geometry



ID/地番
class・ ΔA ・時期



時系列履歴



机上確認 → 現地確認
確定/保留/棄却
行政確認workflow

- ✓ COG GeoTIFF/GeoPackage・GeoJSON/CSV
- ✓ QA report: RMSE・観測角・影・分類確率・信頼度
- ✓ 衛星解析は異動候補抽出。課税・台帳更新は確認手続後に確定

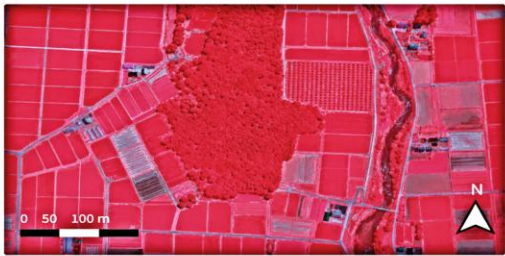
衛星マルチバンドによるNDVI植生時系列解析

高レベル衛星プロダクトの
補正・共通化／NDVI生成／植生変化判読



多時期マルチバンド入力

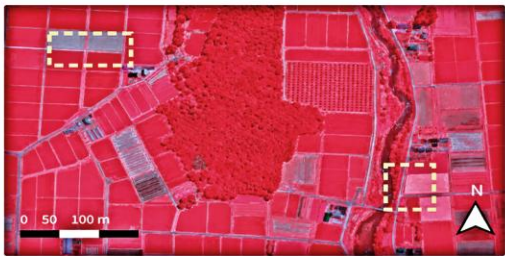
時期1: False Color NIR/Red/Green



入力: Surface Reflectance・Red/NIR・QA・観測geometry

植生状態変化

時期2: False Color NIR/Red/Green



比較優先: 同一sensor・baseline・同季節・近似観測角

補正・共通化・NDVI生成

1 入力・品質metadata検査

processing level・baseline・scale/offset
GSD・RSR・SNR・飽和・QA・取得日時を検査



2 band定義・測地基準統一

Red/NIR中心波長・bandwidth・RSRを確認
CRS・datum・grid origin・extent・共通AOIを固定



3 精密共登録・共通格子

PIF/安定地物でphase correlation+RANSAC
RMSEreg・局所残差・band間位置ずれを評価



4 放射・観測条件共通化

Surface Reflectance・PIF/IR-MAD正規化
BRDF・地形照明・季節・太陽/観測角度 $\rho_{\lambda,t} = a_{\lambda} + b_{\lambda} \cdot \cos(\theta_{\lambda,t})$

5 QAマスク・有効画素確定

cloud・cloud shadow・snow・terrain shadow
saturation・NoData・分母微小値を解析から除外



6 NDVI生成・時系列cube化

有効Red/NIR反射率からNDVIを画素単位で算出
NDVI・QA・観測geometryを共通IDで時系列化

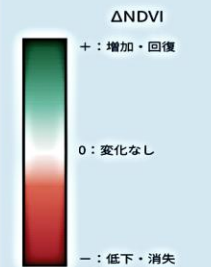
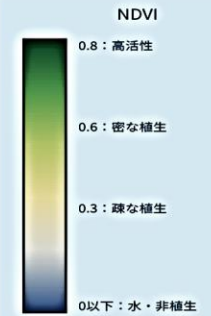
$$NDVI = (pNIR - pRed) / (pNIR + pRed)$$

NDVI時系列・植生変化解析

$$NDVI_t = (pNIR,t - pRed,t) / (pNIR,t + pRed,t)$$

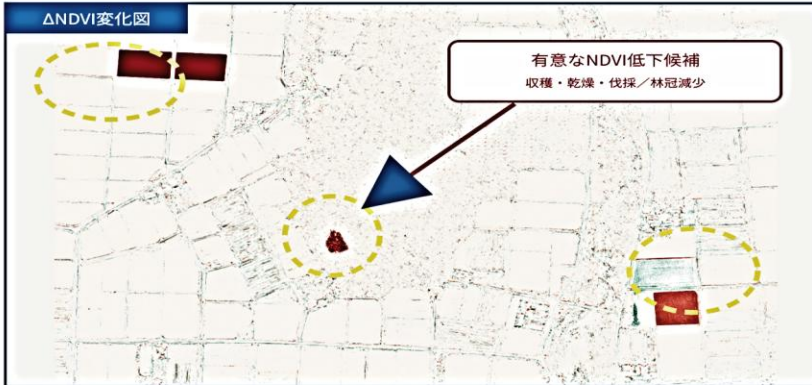
$$\Delta NDVI = NDVI_{t2} - NDVI_{t1} \quad \text{解析範囲: } -1 \leq NDVI \leq 1$$

NDVI分布・時系列差分 (説明用模擬multi-band)

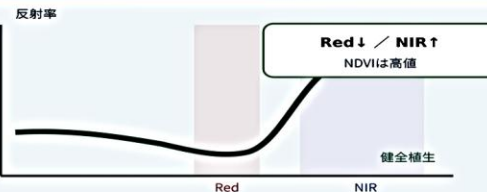


判定単位

pixel/object/圃場/林班
minimum area + 継続期間



植生のRed吸収・NIR反射

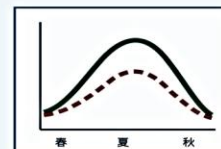


誤差伝播・最小検出可能変化



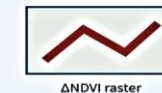
$$\sigma^2 \Delta NDVI = \sigma^2 t_1 + \sigma^2 t_2 + \sigma^2 reg + \sigma^2 norm$$
$$|\Delta NDVI| > k \sigma \Delta NDVI \quad \Delta A_i > A_{min}$$

zonal statistics・phenology



- 圃場/林班ごとの平均・中央値
- 標準偏差・percentile・有効率
- 同季節多年平均との差/z-score
- 変化開始時期・継続期間・傾向
- NDRE/EVIとの整合確認

植生変化成果・信頼度出力



原因判読・現地確認
確定/保留/UNKNOWN
verification workflow

- COG GeoTIFF/GeoPackage・GeoJSON/CSV/STAC
- QA report: RMSE・正規化残差・有効率・閾値・信頼度
- NDVIは植生状態の代理量。原因判定は補助情報・現地情報と統合