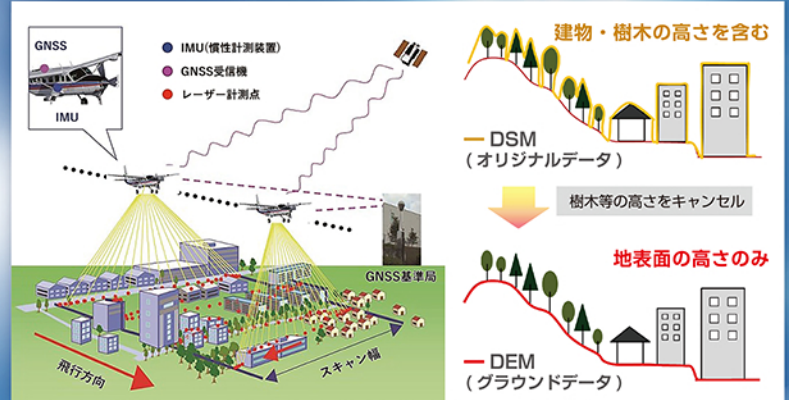


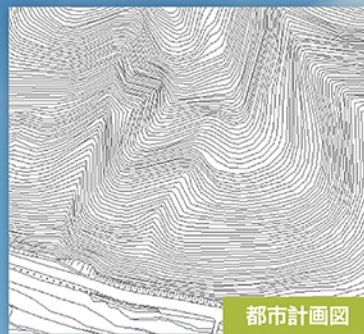
LP による道路防災危険箇所の抽出

■ LP とは？

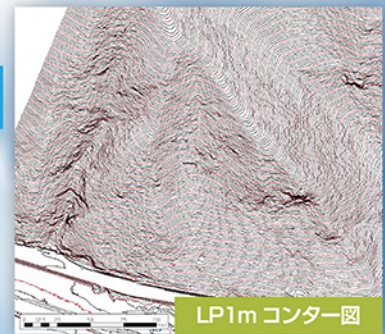
- **LP=Laser Profiler**：航空レーザ測量衛星から随時位置情報を取得
航空機から毎秒数十万発のレーザを照射
レーザが地物にあたり再び戻ってくる時間差で距離決定
- **DSM**：建物 樹木等すべての高さを持つデータ（右図上）
- **DEM**：最も遠くまで到達したラストパルスを使い、樹木や地物の高さをキャンセルしたデータ（右図下）
⇒道路防災事業に活用



■ LP (DEM) を用いることによる利点



精度上昇

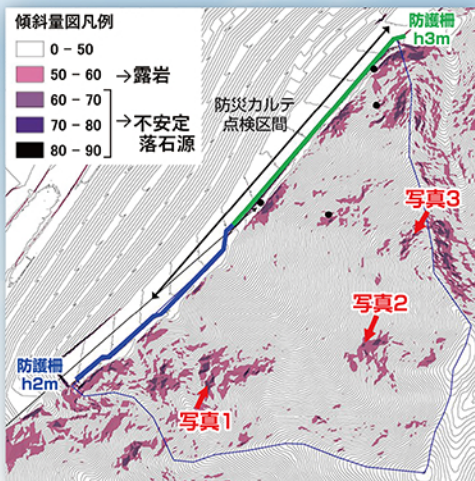


- 1 広域な範囲の地形データを取得できる・・・航空機を使うため、道路区域外の尾根部まで測量可能
- 2 詳細な3次元地形データ・・・斜面の微地形表現力と位置精度が格段に高い
- 3 高精度なデジタル地形データ・・・様々な解析処理が可能

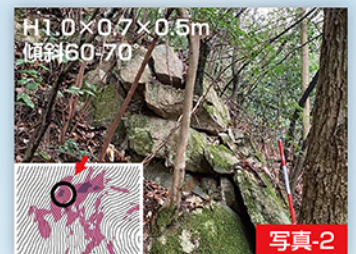
■ 樹林下に潜む不安定落石源の抽出

道路防災点検業務への適用

レベル 500LP データ（点群座標 4 点 / m²以上）を傾斜量図に加工 → 県管理道路 約 3,000 km をスクリーニング
→ 約 5,900 箇所 潜在危険箇所の存在が明らかになった → 現地検証 → 約 5,300 箇所（9 割）実在（見逃し率 3%）



50° 以上を着色 露岩・不安定落石源のみを表示
上図内・（防災カルテの点検時着目点）



LP を用いた危険箇所の抽出方法

使用する図面・危険箇所抽出に明確な基準がない

課題

技術者ごとの判読差異が著しく評価が難しい → 一定の基準を作る必要がある

斜面災害を 2 種類に大別 それぞれを表現するための最適な図面に加工

重力変形地形特性

調査優先度の高い斜面

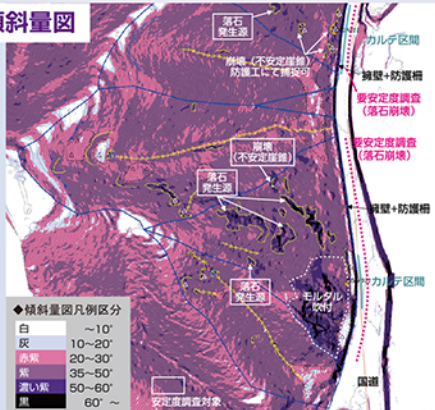
水文地形特性

地形による調査優先度設定イメージ図 土木研究所 第4333号

重力系災害

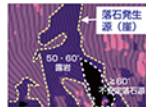
落石等の災害=安定勾配以上の急傾斜で発生
→ 傾斜量を見える化！

傾斜量図



落石（浮石）・岩盤崩壊

- 傾斜量図から不安定落石源（勾配 60° 以上）を抽出。これに接している露岩部（勾配 50° ~ 60°）をセットで一連の落石発生源（崖）として抽出
- 既設対策（落石防護網等）やカルテ点検でフォローされていない箇所 → 安定度調査対象



崩壊・崖錐（転石）・地すべり

- 傾斜量図から崩壊地形（馬蹄形：勾配 50° 以上の箇所）を抽出。
- 崩壊直下の地形勾配に着目
勾配 35° 以上を不安定崖錐（転石群）
勾配 35° 未満を崖錐として抽出
- 当該地が地すべり性土質
→ 抽出した崩壊地形について地すべり滑落崖の可能性を検討



豪雨系災害

斜面崩壊・すべり・土石流=水の集積箇所発生
→ 地形の凹凸を強調し、水の集積を見える化！

CS 立体図



(2012 年長野県林業総合センター考案)

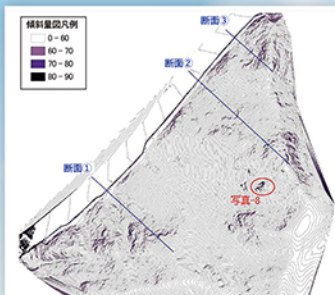
土石流

- 傾斜量図と CS 立体図から崩壊ないし 0 次谷、ガリー浸食、土石流堆積物（沖積錐）を抽出
- 上記 3 つの地形要素が揃う渓流
→ 土石流リスクの高い渓流として抽出
- そのなかでも傾斜量図にて、溪床勾配 20° 以上の渓流は土石流リスクが特に高い渓流となる。
- 既設対策（堰堤、道路横断排水、擁壁等）や、カルテ点検によりフォローされていない箇所 → 安定度調査対象

抽出に用いる閾値・基準を設定

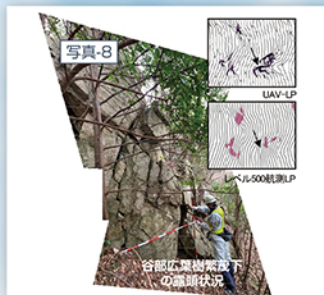
→ 判読者による抽出のばらつきを最小限に抑えた

UAV-LP による検証

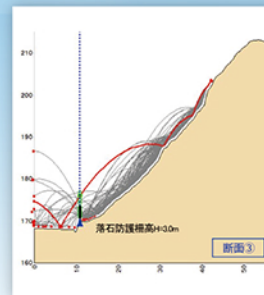


UAV-LP（点群座標 600 点/m²）による傾斜量図（60° 以上着色）

谷部で植生が繁茂する範囲ではレベル500航測LPよりも精度が高い



LP データの二次利用



落石シミュレーションへの活用



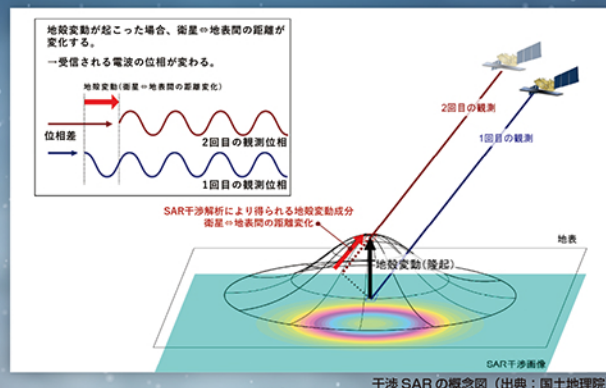
3D プリンターによる落石危険斜面のモデル化



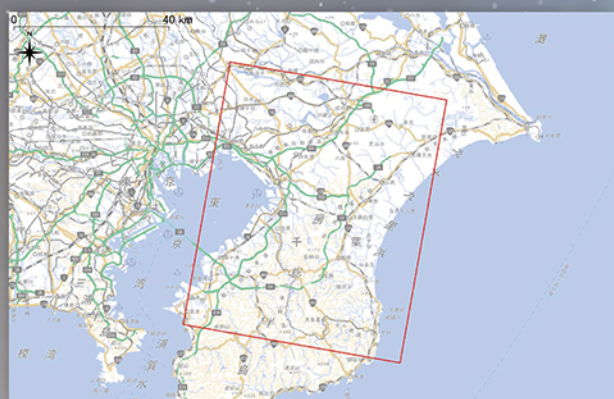
衛星 SAR による地表モニタリング技術

■ 衛星 SAR とは？

- SAR=Synthetic Aperture Radar: 合成開口レーダー
- 人工衛星を利用した地上観測技術(リモートセンシング)のひとつ
- マイクロ波を地上に照射し、反射波の振幅・位相を観測
太陽光不要、雨雲を透過 ⇒ 雨天時、夜間でも観測可能
- 異なる2時期以上のSARデータで干渉解析を行うと、
対象地域の経年地盤変位を最大mmオーダーの精度で抽出可能



干渉 SAR の概念図 (出典: 国土地理院)



ALOS-2 での撮像範囲例

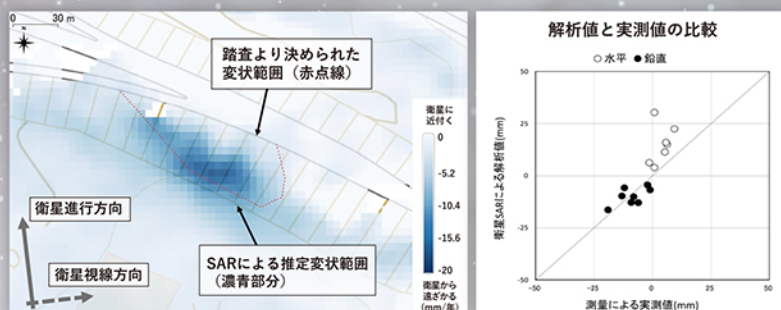
■ SAR を用いることによる利点

- 約 50 km 四方の広範囲での干渉 SAR 処理が可能
⇒ 道路路面、道路盛土、切土法面など
広範囲に分布する土構造物の状態を一括で確認できる
- 管理用地外の状況も確認可能
⇒ **道路区域外に起因する災害の事前把握に役立てることができる**
- データペアの期間に依存した変位の抽出
⇒ **任意の期間内に生じた変位のみを特定できる**

■ 法面変位範囲の抽出

干渉 SAR 時系列解析結果と変位範囲の比較

- 施工中 (2012 年頃) から変位が生じているのり面
- 解析により変位範囲の抽出
⇒ **実変位範囲とほぼ一致**
- 両方向軌道の解析結果からのり面主測線方向および鉛直方向の変位量を抽出
⇒ **実測変位とほぼ一致**



変位速度 (SBAS: ALOS-2/PALSAR-2, 北向軌道, 2014/9/20 ~ 2018/3/31). 背景は地理院タイルを加工

■ 広域道路路面沈下のスクリーニング

干渉 SAR 時系列解析を用いて、2007 年 6 月 ~ 2010 年 11 月の期間における山形県酒田地区の広域路面沈下状況を明らかにした



累積沈下量 (PSInSAR 平均値: ALOS/PALSAR). 背景は Google Satellite を加工

■ 浸水範囲の抽出

SAR 強度画像を用いて、令和 2 年 7 月豪雨における熊本県人吉市球磨川流域の浸水範囲を抽出した

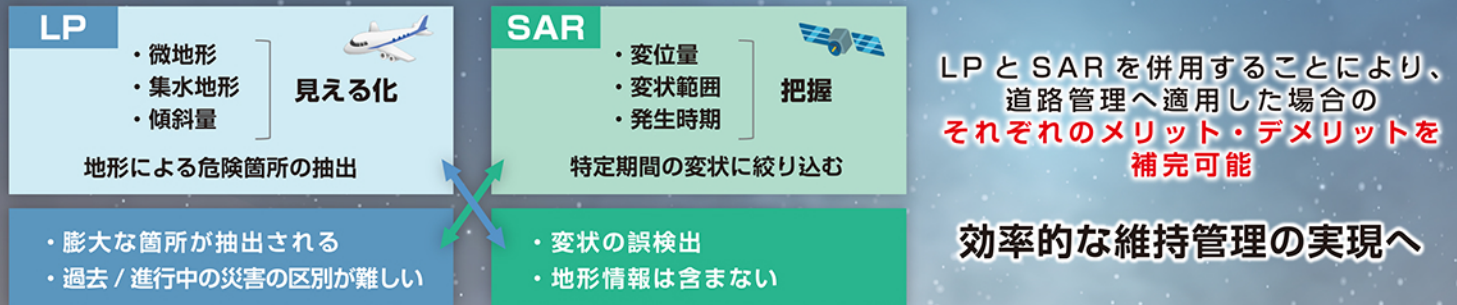


球磨川流域における浸水域判定結果. 背景は地理院タイルを加工



LP・SARを併用した道路管理への適用

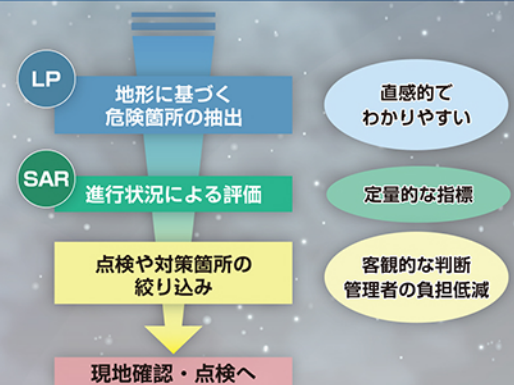
■ LP・SAR それぞれの特徴



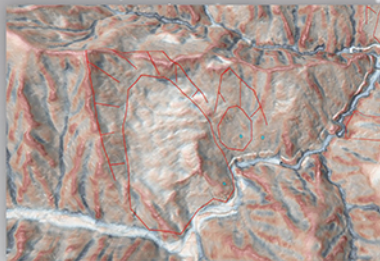
■ 道路管理への適用の流れ

- 1 LP（傾斜量図やCS立体図）を活用して微地形の判読、危険箇所の抽出を行う
- 2 SAR解析を用いて、該当箇所の変状進行状況、変位量を確認する
- 3 危険箇所の中から対策優先度の高い箇所を選定

- ✓ 対策優先箇所を机上で検討
- ✓ 客観的な判断が可能
- ✓ 1点ずつ現地確認を行うのに比べ、大幅な時間・労力の短縮



■ 過去発災箇所の監視



LPデータから作成した
1mメッシュのCS立体図

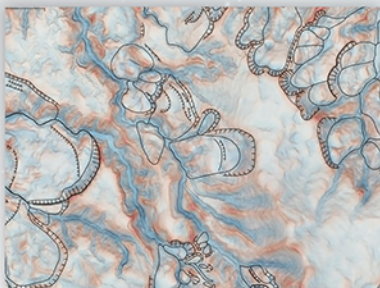


2016年6月-2017年9月の
データによる干渉SAR解析

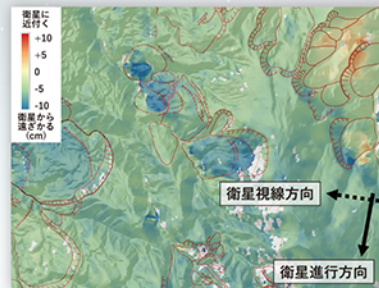
LP
CS立体図での地すべりブロックの把握

SAR
2016年6月と2017年9月のデータで干渉処理
・CS立体図から読み取れる地すべりブロック（左）で干渉SAR解析結果でも変位が確認される
→ 活動中の地すべりブロックと判断
→ 右のブロックでは別の動きを捉えた

■ 地すべり地帯の監視・評価



GSI 10mDEMから作成したCS立体図
LPによるものと比較すると精度が悪い



2016年6月-2017年5月の
データによる干渉SAR解析

LP
CS立体図での地すべりブロック分布状況の把握

SAR
2016年6月と2017年5月のデータで干渉処理
・活動中の地すべり / 動いていない地すべりの判読
・変動量の把握

