

## 2.4 荒砥沢地すべりの推移と評価

### 2.4.1 航空レーザ測量（航空LP）による地形変化

#### (1) 既存データ取得年月

荒砥沢地すべりで地すべり発生後に取得されたデータを表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 航空レーザ測量成果一覧

測量日	備考
平成 20 年（2008 年）6 月	岩手・宮城内陸地震発生直後
平成 20 年（2008 年）7 月	1 ヶ月後
平成 20 年（2008 年）9 月	3 ヶ月後
平成 21 年（2009 年）10 月	1 年 4 ヶ月後
平成 23 年（2011 年）5 月	2 年 11 ヶ月後（東北地方太平洋沖地震後）

#### (2) 航空LPの差分（単純比較）

図 2.4.1 に H20 年 6 月－H20 年 9 月，H20 年 6 月－H23 年 5 月の差分結果を示す。

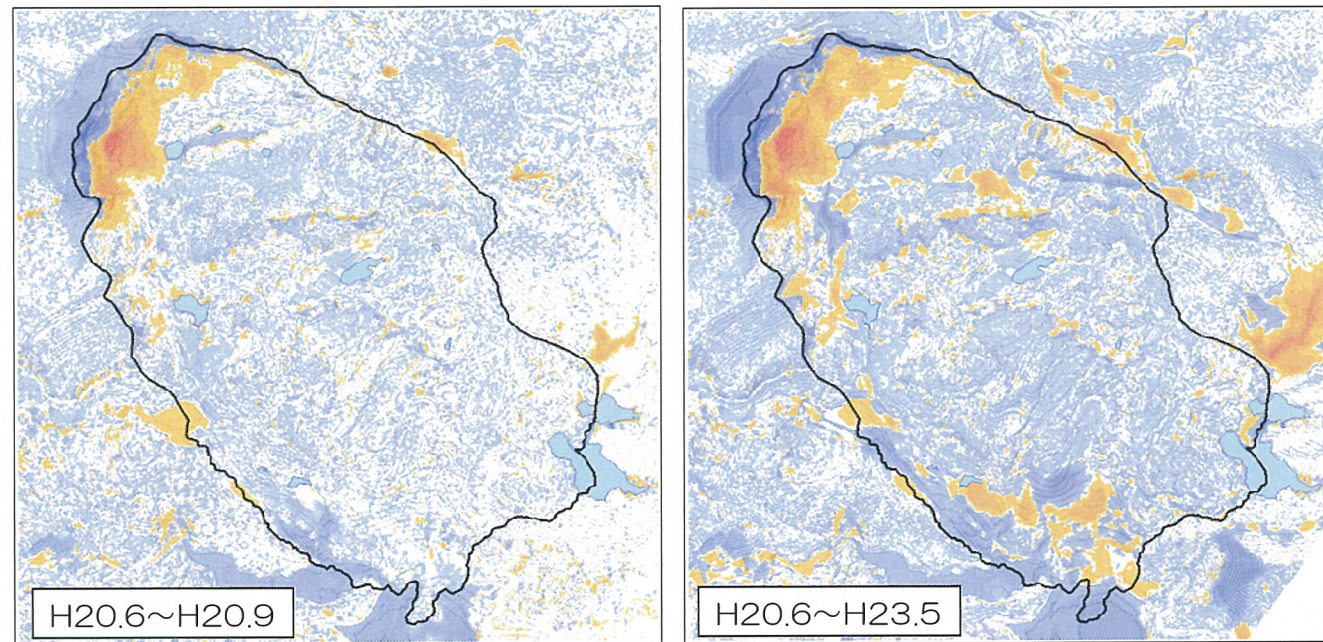


図 2.4.1 単純差分結果（左：H20.6～H20.9，右：H20.6～H23.5）

H20.6－H20.9 の差分は、滑落崖直下の崖錐部分，H20.6－H23.5 の差分は滑落崖直下の崖錐部分とリッジ縁辺部，あるいは末端部南西側でプラスを示すものの，これ以外の領域では総じてマイナスを示し，地すべりブロック外も同様である。

しかしながら，地すべりブロックの動態観測（すべり面，GPS）では，大きな変位は観測されおらず，航空LPによる単純な差分と動態観測結果は同調しない。そこで，これまでの動態観測，および踏査結果から不動と考えられる領域を抽出して，「平川泰之（2000）：航空レーザ測量による地形変化把握のための標高差分値の最適化，砂防学会誌，VOL58，No.6，p.18-22」を参考に最適化を試行した。

#### (3) 差分解析

「航空レーザ測量による地形変化把握のための標高差分値の最適化（平川，砂防学会誌，Vol. 58，No. 6，p. 18-22，2006）」を参考にした。まず計測範囲内において動いていないと考えられる範囲を抽出し，複数時期の DEM の差分解析を実施する。その際，XYZ 方向に DEM を移動し，残差が最小となるように最適化を実施した。平川らは最適化の際，XY 方向の移動量を 0.01m 単位として実施しているが，ここでは，XY 方向の移動量を LP データの解像度 1m（-5m～+5m）単位，Z 方向を 0.01m（0.00m～1.00m）単位とし簡略化した。

#### <参考：航空レーザ測量による地形変化把握のための標高差分値の最適化>

- ・ 1983 年噴火した三宅島のスコリア丘をモデルとして，2003LP，2000LP で比較
- ・ 西向き斜面では一様に標高が上昇し，東向き斜面では一様に下降
- ・ 誤差には，①航空レーザ測量における計測誤差，②世界測地系から日本測地系への変換誤差，③地盤変動による影響が考えられ，検討では②，①が主因
- ・ 事例では水平方向のずれが鉛直方向のずれに比べて 5～10 倍
- ・ 比較 LP の飛行コースが異なることも一因
- ・ Rosenbrock 法（直接探索法）を用いた最適化により，標高差分値の誤差は，1/10（=0.18/1.88）となった
- ・ 今後は DEM の平行移動だけでなく，回転，歪みの要素を取り込む予定

#### a) 不動箇所の抽出

崩壊地内において，各計測の傾斜図を比較することにより，図 2.4.2 に示すとおり地形変化の少ない箇所を選定した。

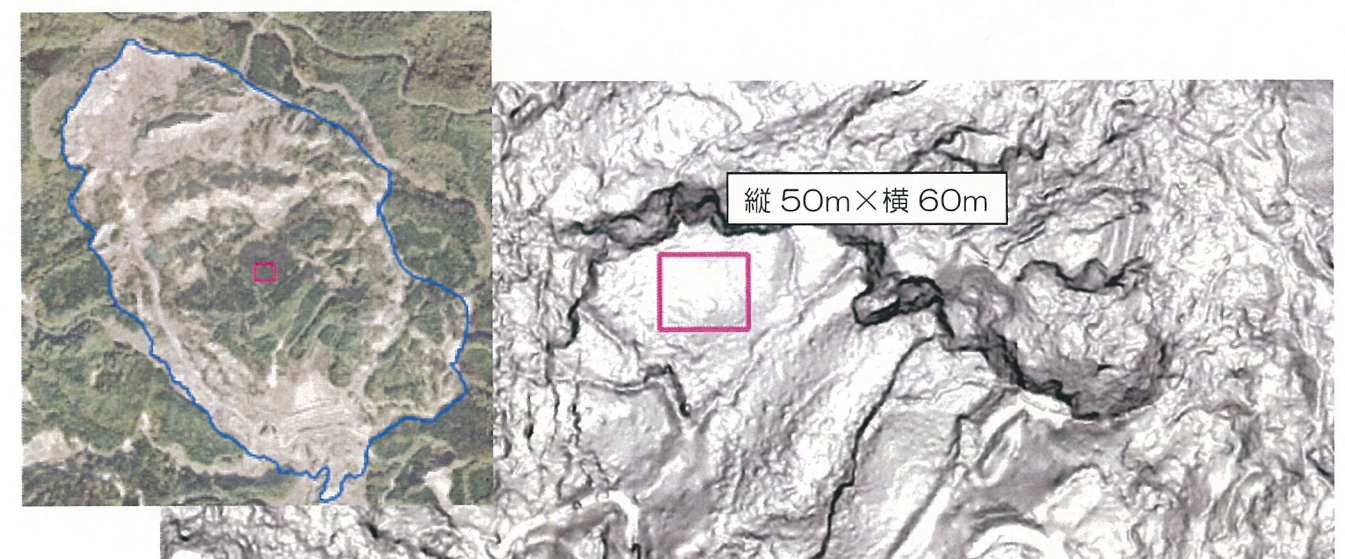


図 2.4.2 地形変化の少ない箇所の位置図



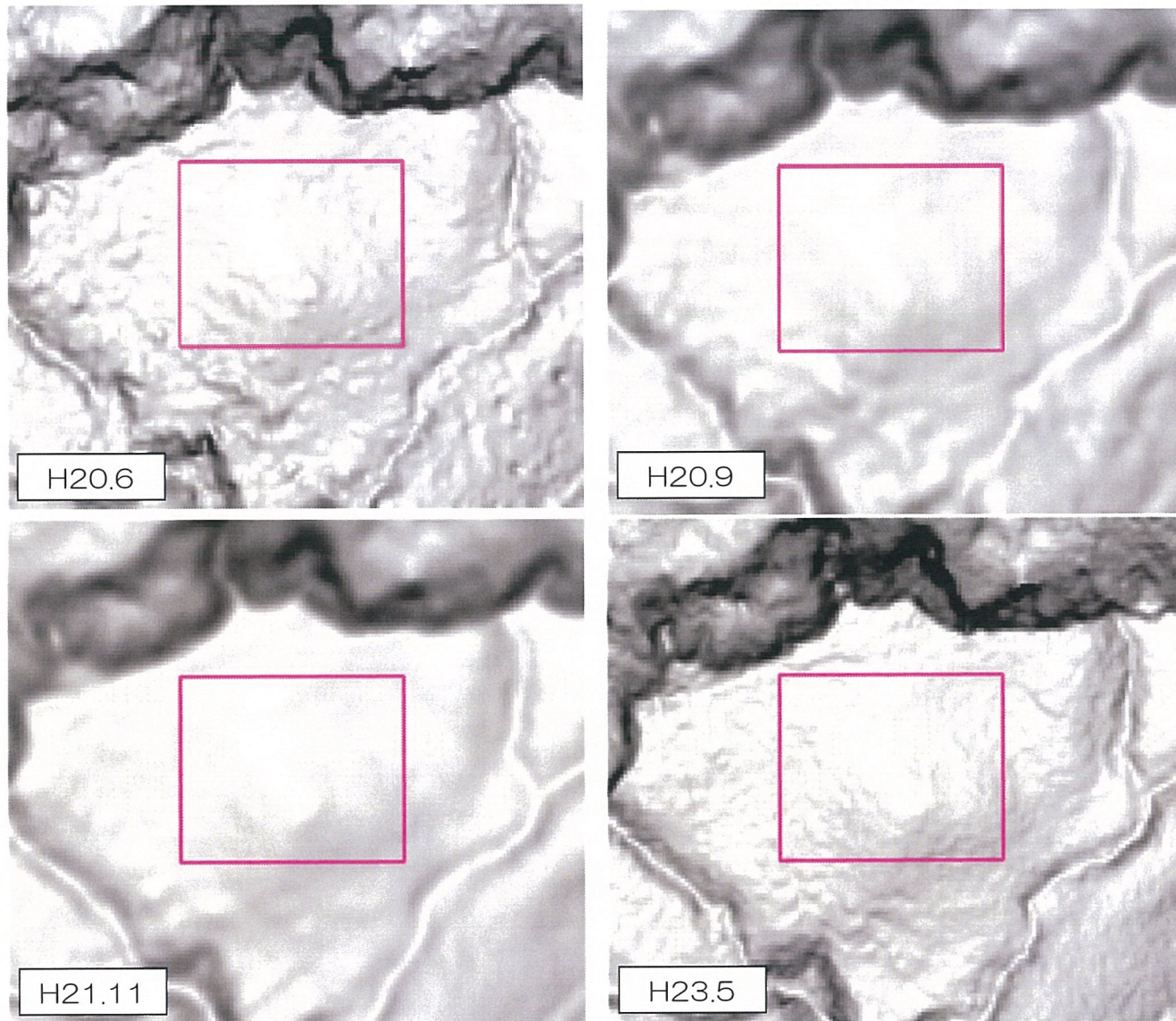


図 2. 4.3 各計測の地形変化の少ない箇所（拡大）

b) 最適化の手順

最適化は下記の手順により実行した。

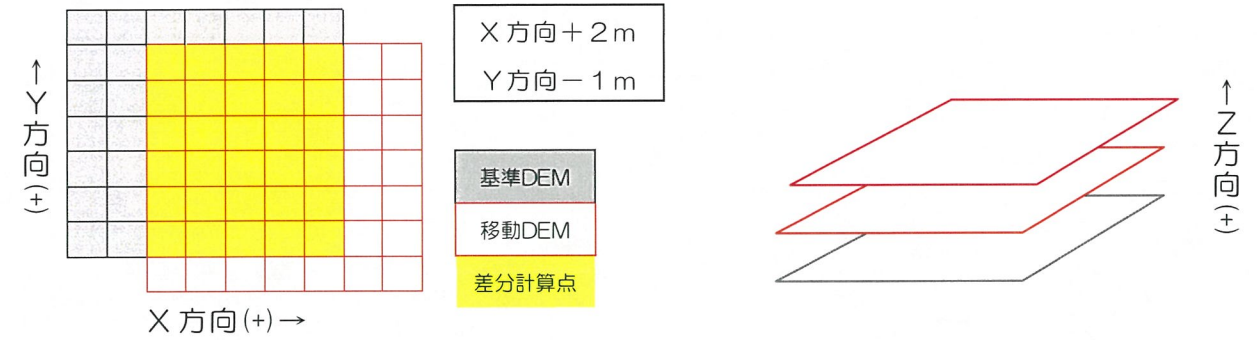


図 2. 4.4 移動方向のイメージ

- ① XY方向を1mずつ-5m～5m移動し、1m移動するごとにZ方向を0.01m単位で0m～1mまで移動し差分を計算する。
- ② 各メッシュにおいて差分値を計算するごとに、下式により残差を計算する

$$\text{残差} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (z'_i - z_i)^2}$$

ここで、 $z'_i$ ：移動したDEMの標高値、 $z_i$ ：基準とするDEMの標高値である。

- ③ 残差と堆積量侵食量の差分値をプロットし、残差が最も小さくなるXYZの組み合わせを採用する。
- ④ 採用された組み合わせを使用し、GISによりDEMをシフトする。
- ⑤ シフトされたDEMを利用して基準となるDEMとの差分を計算する。



c) 最適化の結果

最適化には, XY 方向に-5.0m~+5.0m, Z 方向に 0.00m~1.00m と 12, 221 パターンの計算を実施した。

表 2. 4. 2 に各計測期間の最適化結果を示す。

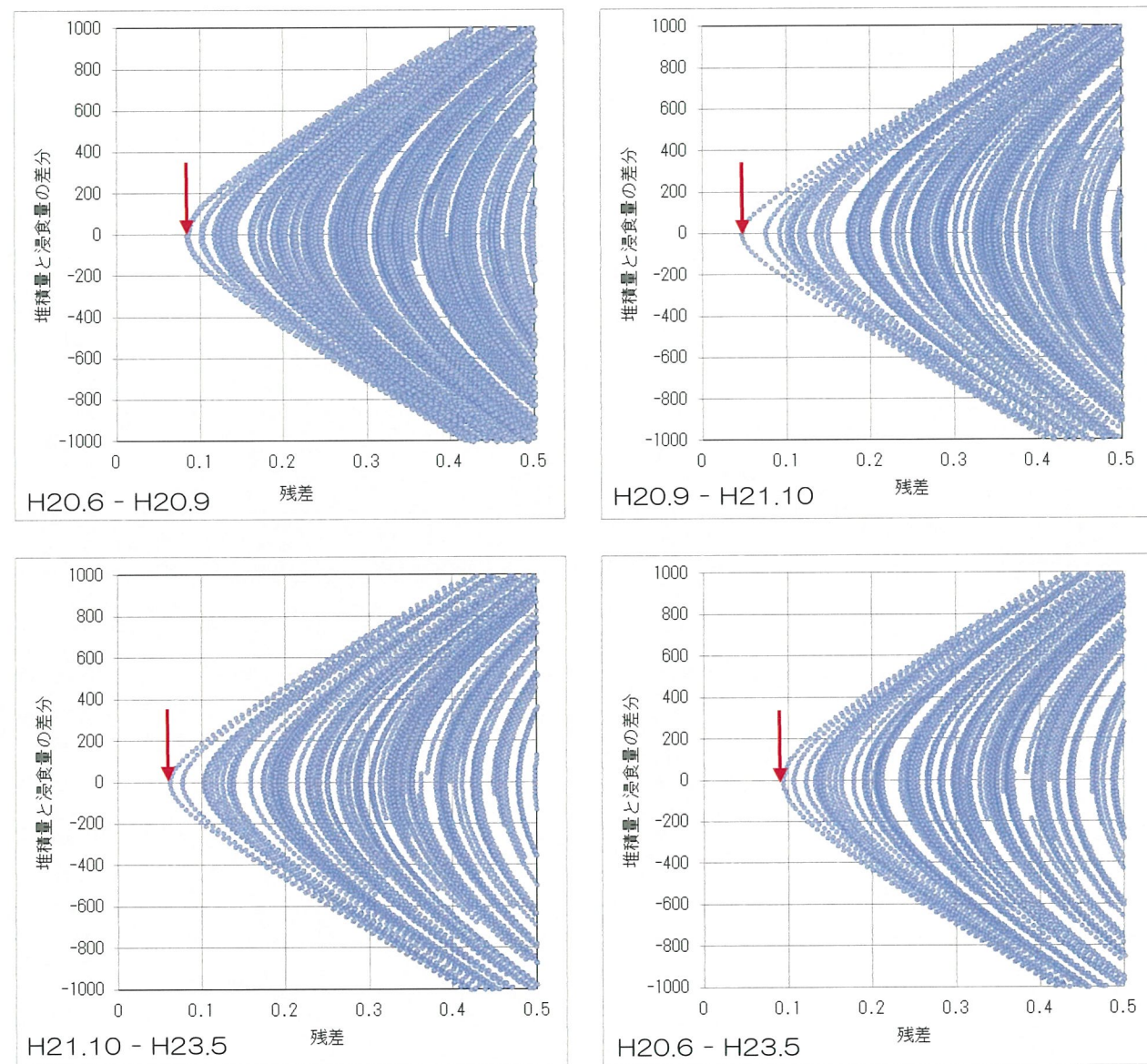


図 2. 4. 5 堆積量と侵食量の差分値と残差

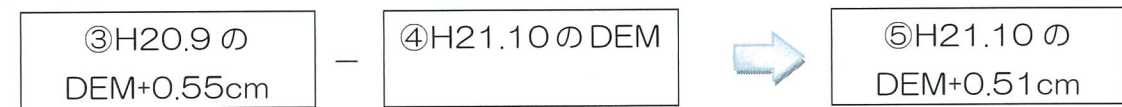
表 2. 4. 2 各計測期間の最適結果一覧

計測期間	X 方向の移動量 (m)	Y 方向の移動量 (m)	Z 方向の移動量 (m)	残差	堆積量 (m <sup>3</sup> )	侵食量 (m <sup>3</sup> )
H20. 6~H20. 9	0.00	0.00	0.55	0.084	74.6	77.6
H20. 9~H21. 10	0.00	0.00	0.51	0.056	41.3	44.6
H21. 10~H23. 5	-3.00	1.00	0.60	0.062	55.4	63.3
H20. 6~H23. 5	-3.00	1.00	0.61	0.093	89.4	83.7

計測期間：H20.6~H20.9



計測期間：H20.9~H21.11



計測期間：H21.10~H23.5



全期間：H20.6~H23.5

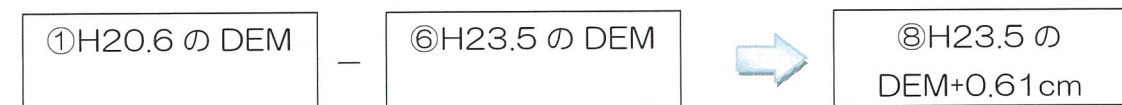


図 2. 4. 6 最適化の流れ