

# 波形記録式航空機LiDARデータの解析手法の開発

Development of Processing Algorithm on Full Waveform Airborne LiDAR

本田謙一・前田佳子・今井靖晃・武田浩志・赤松幸生 (国際航業)

## 1. 研究背景と目的

### 航空機LiDARの技術動向

#### 「波形記録式LiDAR」の普及

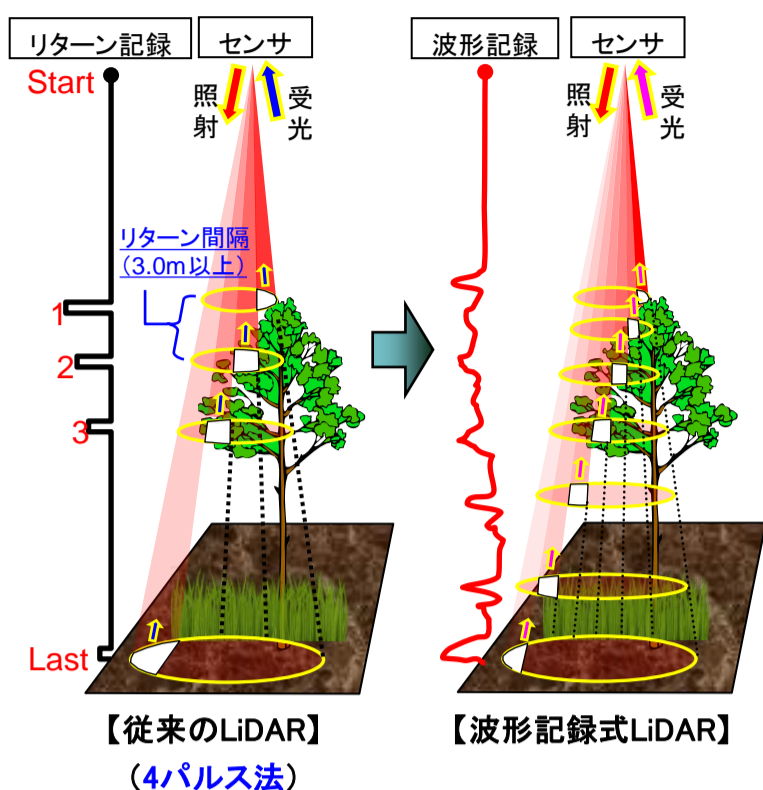
- 従来LiDAR: 反射強度の強いピークを離散的に記録
- 波形記録式LiDAR: 地物や地表面からの反射を連続的な波形で記録
- 従来見落とされていた地物や地表面からの微弱なリターンを取得することにより、地形計測の高品質化が期待

### 代表的な波形記録式LiDAR

- ALS60, ALS70-HP (Leica Geosystems) ⇒ 固定翼(セスナ)搭載
- Harrier56, Harrier68i, ALTMOrion M300 (Optech) ⇒ 回転翼(ヘリコプター)搭載
- LMS-Q560, LMS-Q680i (Riegl) ⇒ 回転翼(ヘリコプター)搭載

### 本研究の目的

航空機搭載の波形記録式航空機LiDARデータを用いて、地盤からの微弱なリターンパルスを抽出する手法を開発すること



## 2. 波形データ処理手法の開発

### 既往研究

#### EMアルゴリズムによるピーク抽出

- 観測波形をガウス関数の足し合わせと仮定し、EMアルゴリズムでピークを抽出
- EMアルゴリズム
  - 期待値最大化法
  - 期待値(Expectation)ステップと最大化(Maximization)ステップを反復計算し、最適解を得る

### 課題

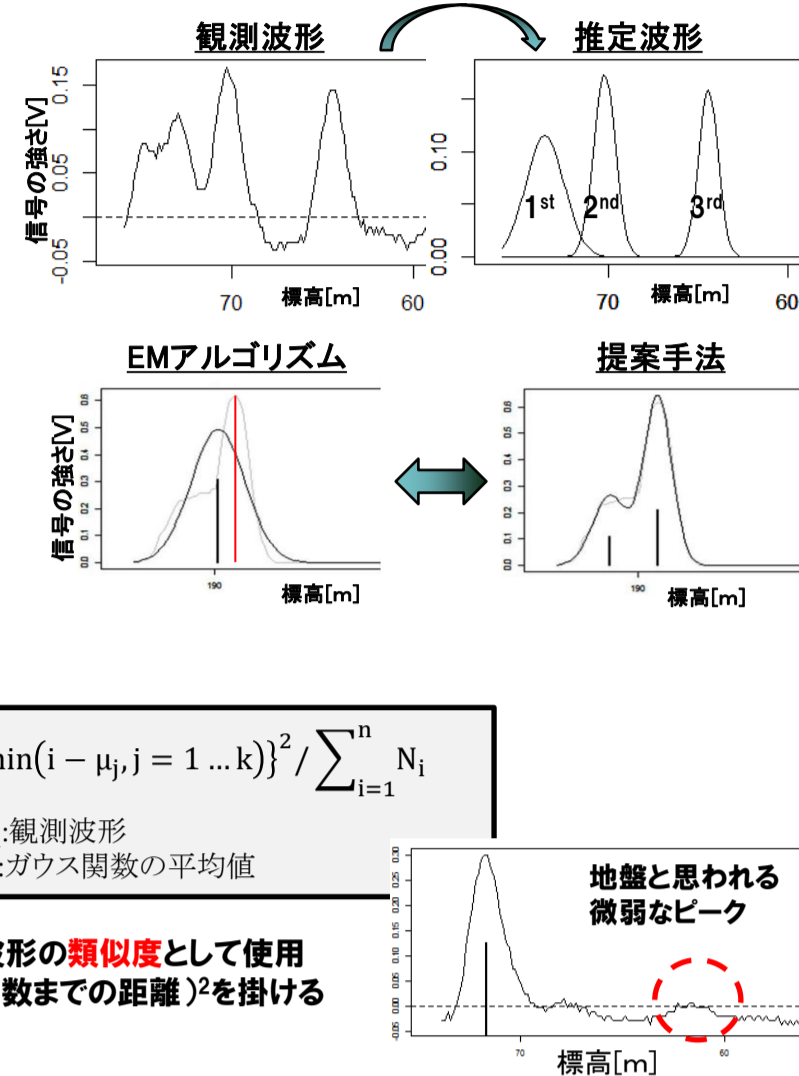
- 初期値によって結果が異なる
- 微弱なパルスを抽出すると、ノイズを過剰に拾う
- 観測波形が複雑な場合、ピークを精度よく抽出することができない(2つの波が重なっている場合等)

### 正規化モーメントの利用

$$NM_i = (E_i - N_i) \left\{ \min(i - \mu_j, j = 1 \dots k) \right\}^2 / \sum_{i=1}^n N_i$$

$E_i$ : 推定波形  
 $N_i$ : 観測波形  
 $k$ : ガウス関数の数  
 $\mu_j$ : ガウス関数の平均値

- 観測波形とEMアルゴリズムによる推定波形の類似度として使用
- 観測波形と推定波形の差分に(ガウス関数までの距離)<sup>2</sup>を掛ける → 遠い差分を重視する



## 4. 使用データ

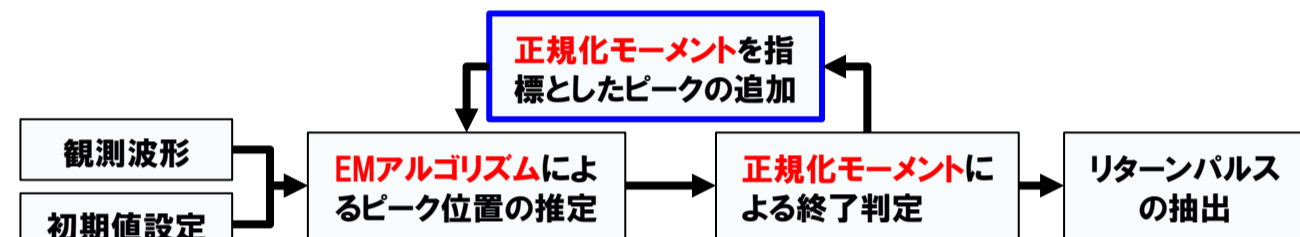
### 【使用したデータの諸元】

| データセット名  | 八王子地区               | 丹那地区                |
|----------|---------------------|---------------------|
| 撮影年月日    | 2012/4/2            | 2012/9/12           |
| 撮影場所     | 八王子市                | 三島市                 |
| 撮影高度     | 4,000ft             | 5,600ft             |
| FOV      | 25°                 | 25°                 |
| スキャン幅    | 540.6m              | 473m                |
| フットプリント径 | 0.37m               | 0.28m               |
| 照射密度     | 4.1点/m <sup>2</sup> | 7.0点/m <sup>2</sup> |

### 【ALS70-HPの諸元】

|           |  |
|-----------|--|
| 最大対地高度    | ~3500m(約11500ft)   |
| 最大視野角     | 75度  |
| 最大スキャンレート | 200Hz  |
| 最大パルスレート  | 500kHz   |
| スキャンパターン  | Sine型 (Sineカーブ形状で取得)<br>Triangle型 (ジグザク形状で取得)<br>Raster型 (一定方向の平行線で取得) |

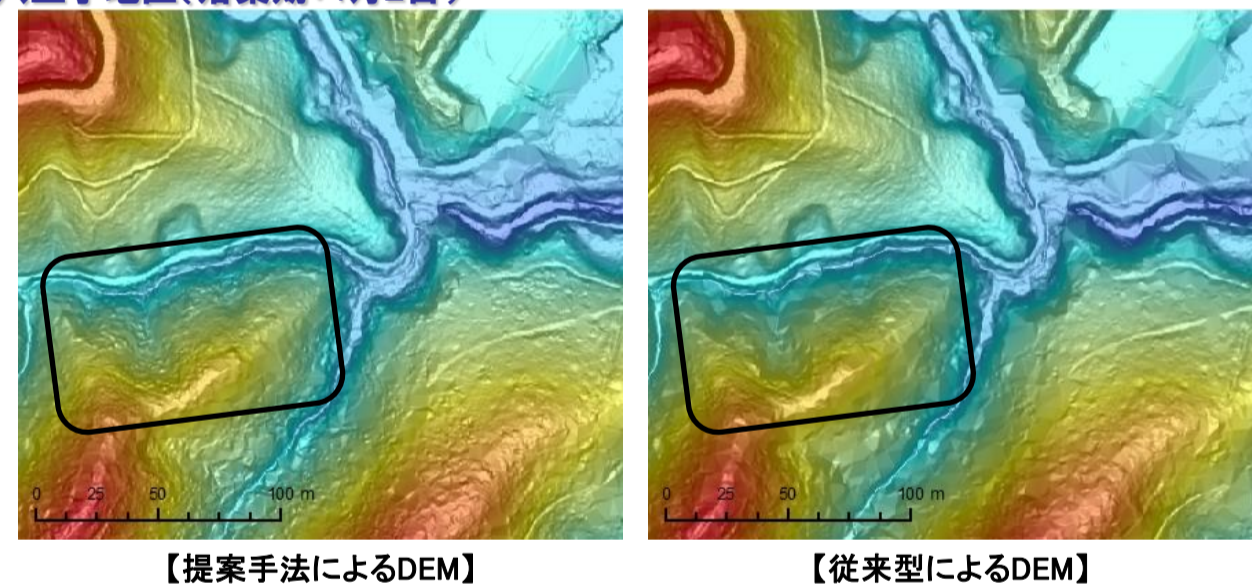
### 提案手法



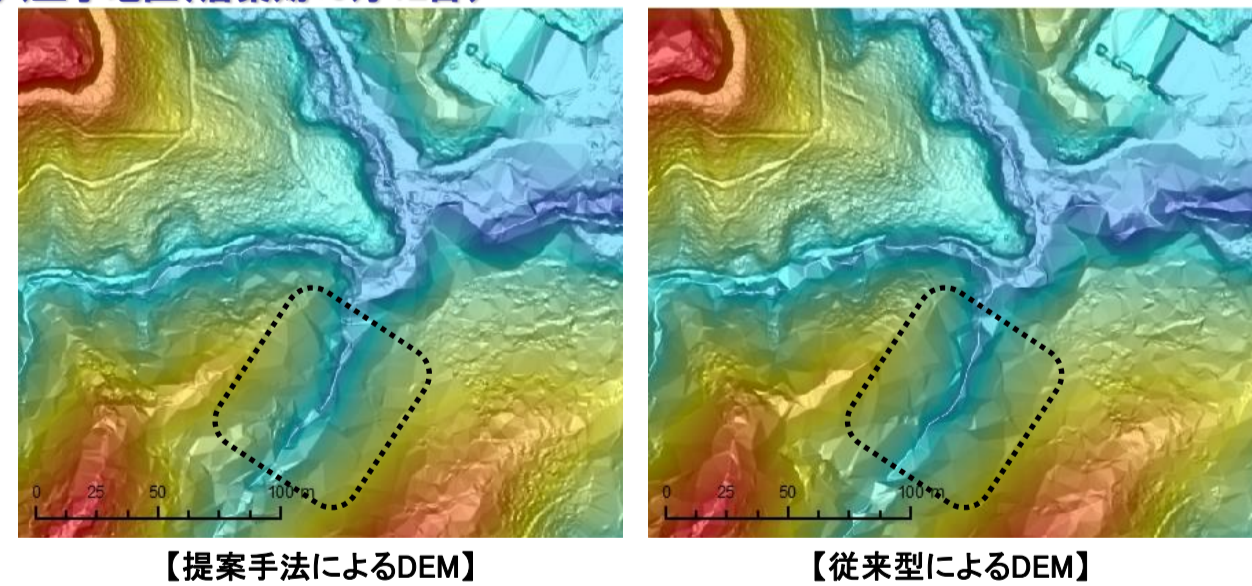
- 波形データをガウス関数の足し合わせと仮定し、EMアルゴリズムによるピーク位置の推定を行う
- 推定した波形と観測波形を比較し正規化モーメントを条件とした評価式でピークの追加や計算の終了を判定する

## 5. 解析結果

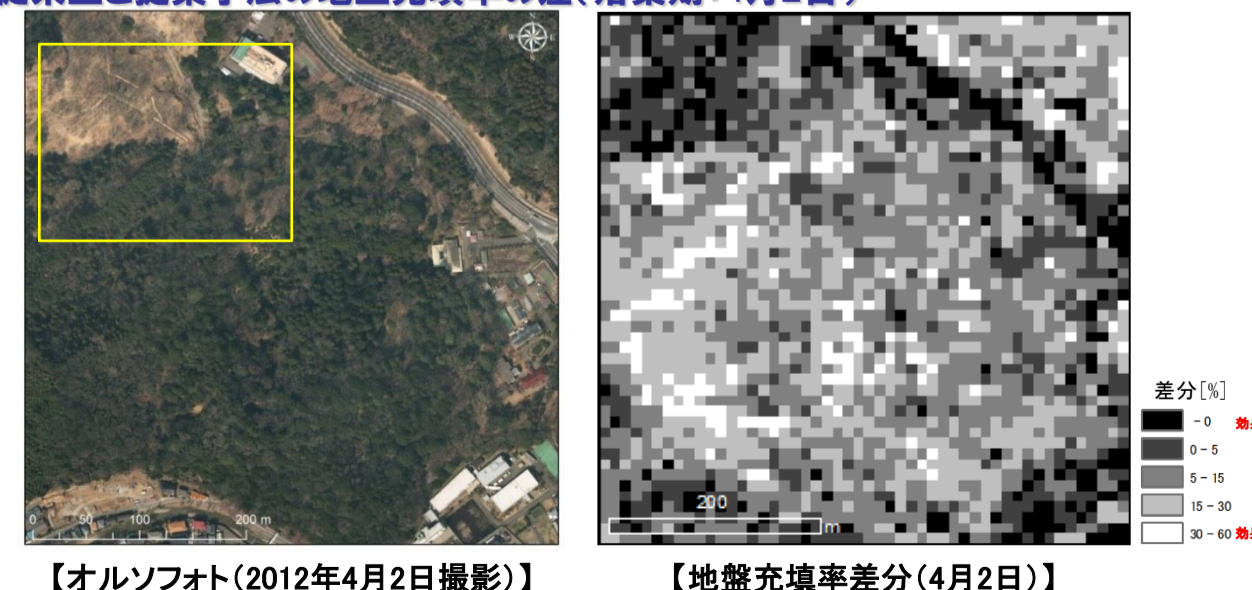
### 八王子地区(落葉期:4月2日)



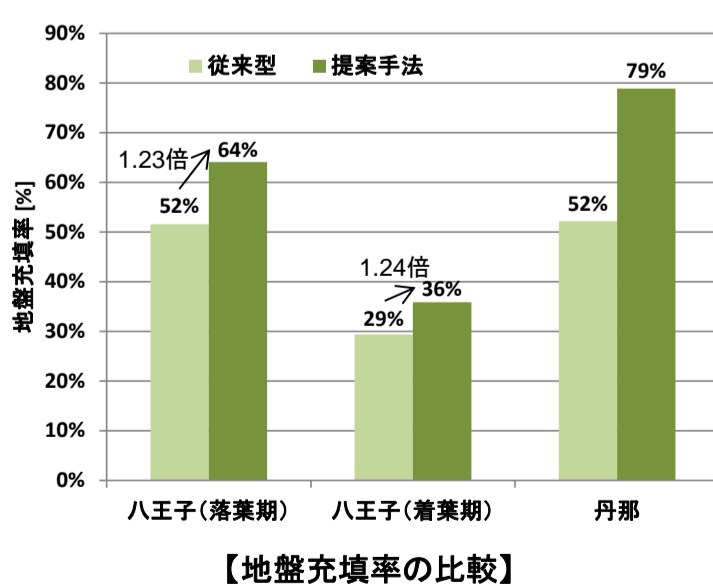
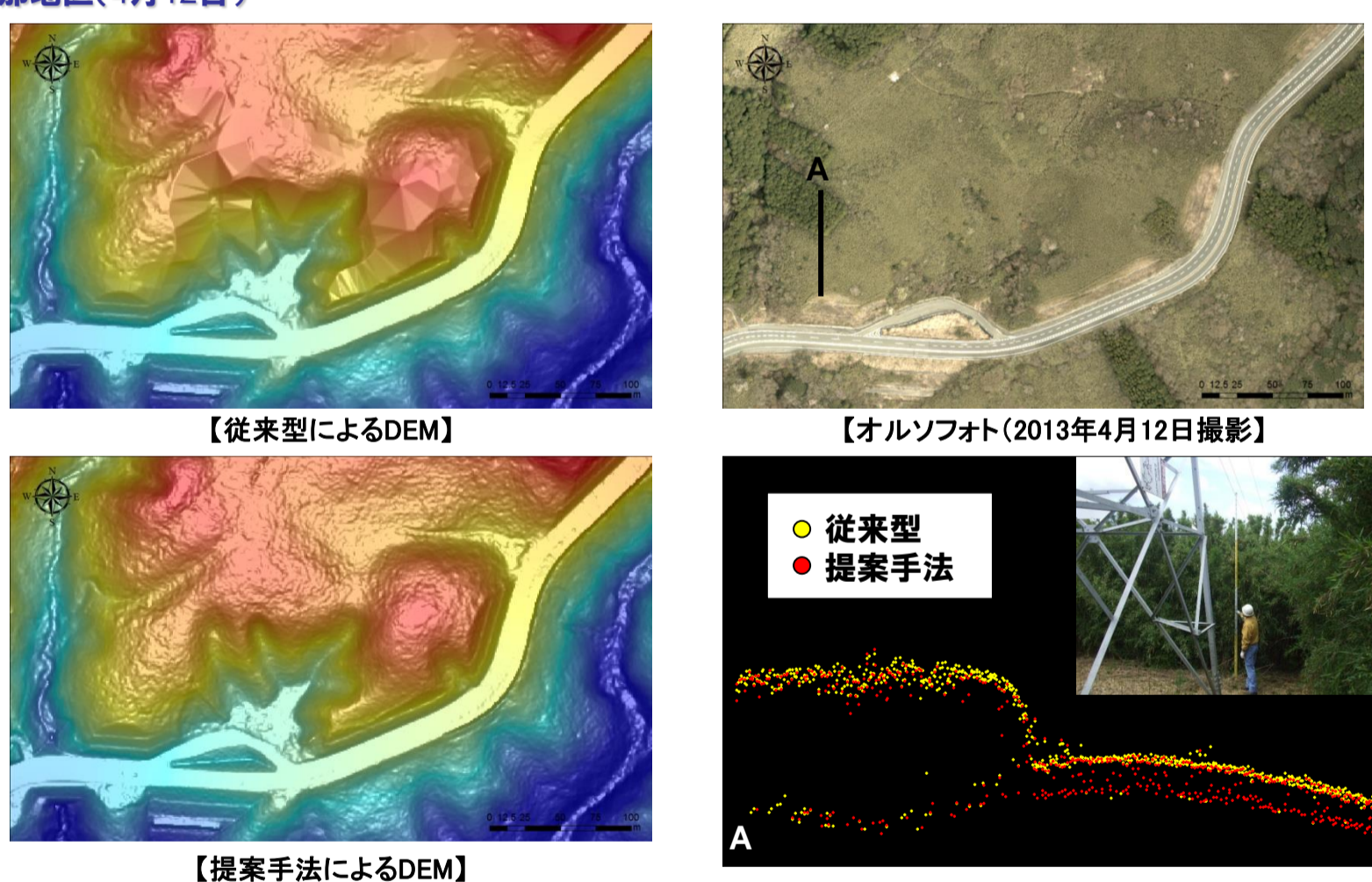
### 八王子地区(着葉期:9月12日)



### 従来型と提案手法の地盤充填率の差(落葉期:4月2日)



### 丹那地区(4月12日)



### 地盤充填率

グラウンドデータが1点でも存在する1mGridの割合

### 比較結果

- 提案手法により従来型よりも地盤充填率が向上
- 落葉期、着葉期ともに約1.2倍の地盤充填率の向上
- 丹那地区の3~4mのササに密に覆われた領域で大幅な向上

### 提案手法と従来型の地盤充填率の向上

- 植生被覆に依存すると効果の違いがみられる
  - 裸地: もともと地盤充填率が高いため向上が少ない
  - 常緑林: 地盤充填率が低く、増加はするものの効果は少ない
  - 混交林: 地盤充填率の増加が大きい
  - ササ地: 従来型の地盤充填率は低い、大幅に向上する

## 6. まとめ

- EMアルゴリズムと正規化モーメントを組み合わせた手法により、波形データからポイントを抽出する手法を開発
- 従来型よりも地盤充填率が向上していることを確認できた
- 波形記録式LiDARの効果は植生に依存大きくしていることがわかった