

# SLIM/SELENE後継機搭載用 着陸レーダのシミュレータ開発の現状

水野貴秀, 福田盛介(ISAS/JAXA), 入部紘一(三菱電機), 有井基文(三菱スペース・ソフトウェア)

## はじめに

現在, JAXA宇宙科学研究所では月および惑星への着陸誘導に用いるセンサとして距離測定と速度測定を行う着陸レーダの開発を行っている。月や惑星に着陸して本格的な科学観測をするためには, 分散誤差100m程度で複雑な地形の中にピンポイントで着陸する技術が要求されている。JAXAにはピンポイント着陸技術そのものの実証を目的としている小型月着陸機SLIM, その先の科学探査や月面基地開発をねらうSELENE後継機が計画されている。着陸レーダは, SLIMやSELENE後継機でピンポイント着陸を実現するための必須の航法センサで, H/W的にはEM開発を行う準備が整っている。一方で, H/Wの開発にあっては, その性能の確認のためのレーダ信号シミュレータ, システムと組み合わせた総合的な性能を試験するためのシミュレータが必要となる。しかし, その性能検証のためのツールは現在のところBBMによる実測データの再生であり, 月面上に着陸地点を特定したアプローチのレーダシミュレーションが可能なツールの開発が急務である。さらに, 探査機開発時には航法誘導系シミュレーションに着陸レーダをモデル化して組み込んで試験する必要がある。本報告では, 着陸レーダ開発のためのシミュレータ開発の現状についてご報告する。

## 着陸レーダ概要

### 着陸レーダ諸元

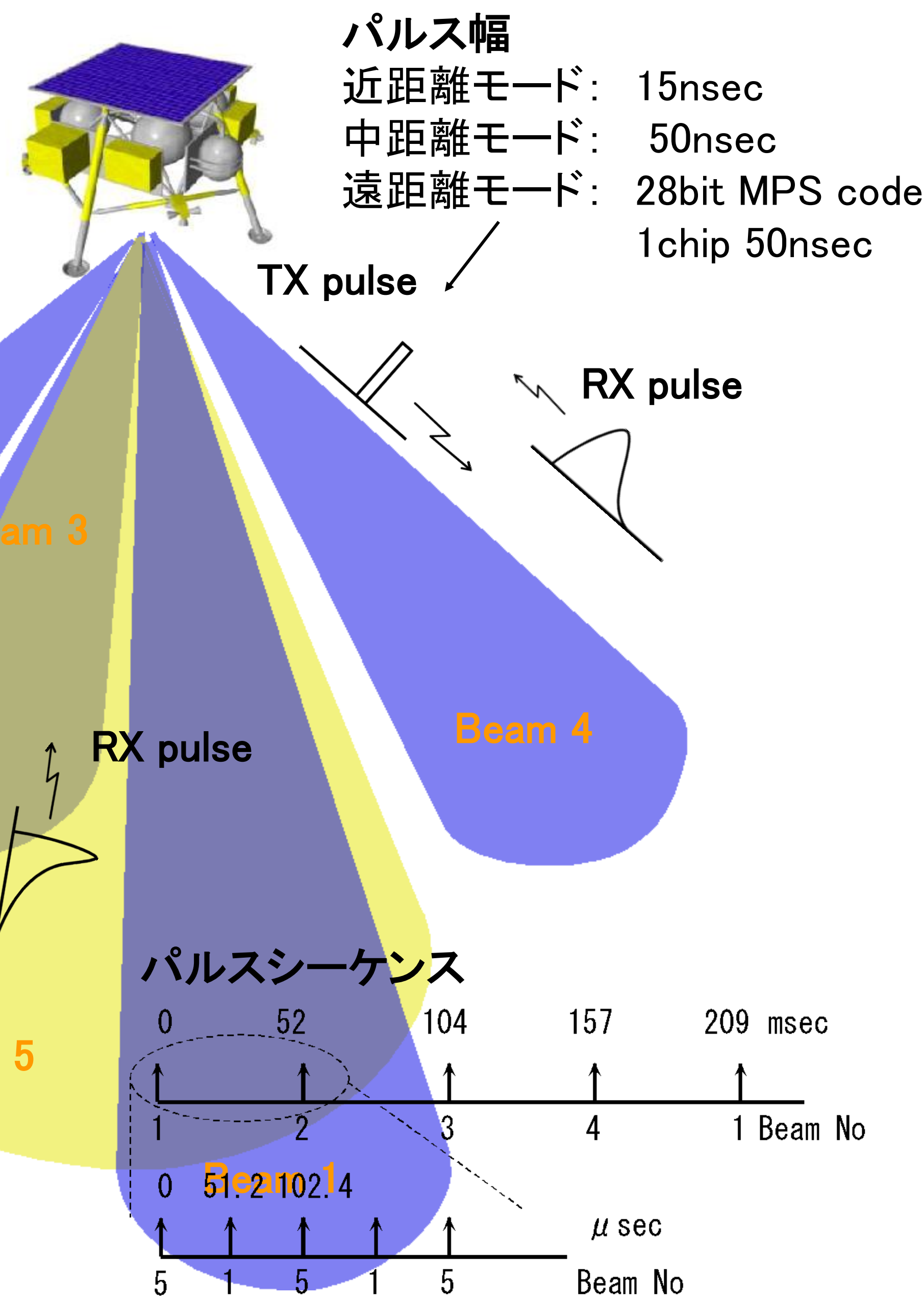
方式: パルスレーダ  
周波数: 4.3GHz  
測定距離: 30 ~ 3500m  
測定速度: 0.1 ~ 50m/s  
データ更新レート: 5Hz

### 速度測定用ビーム

ビーム幅: 15 [deg]  
ビーム傾斜角: 30 [deg]  
(オフナディア角)

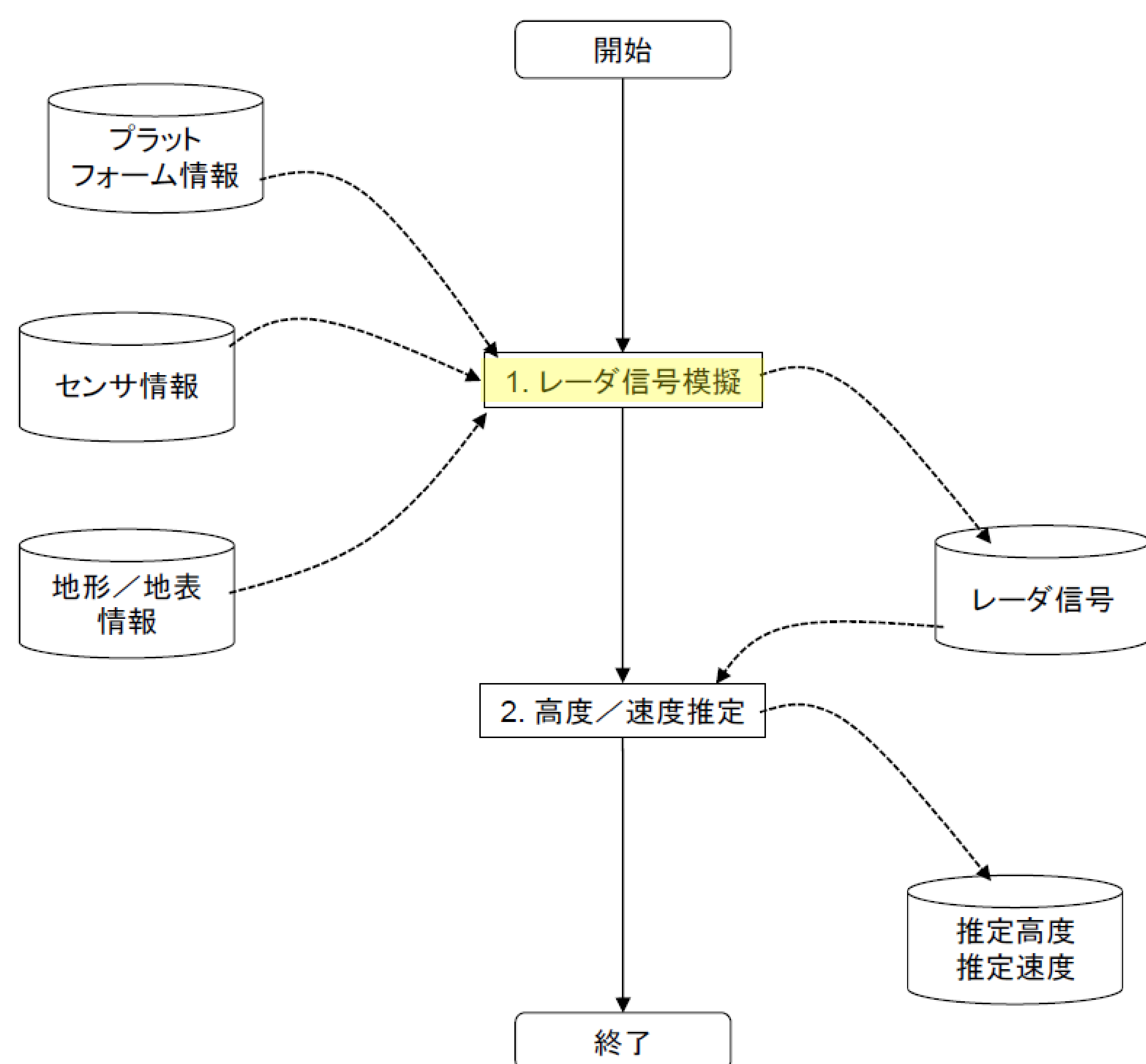
### 高度測定用ビーム

ビーム幅: 42 [deg]  
ビーム傾斜角: 0 [deg]



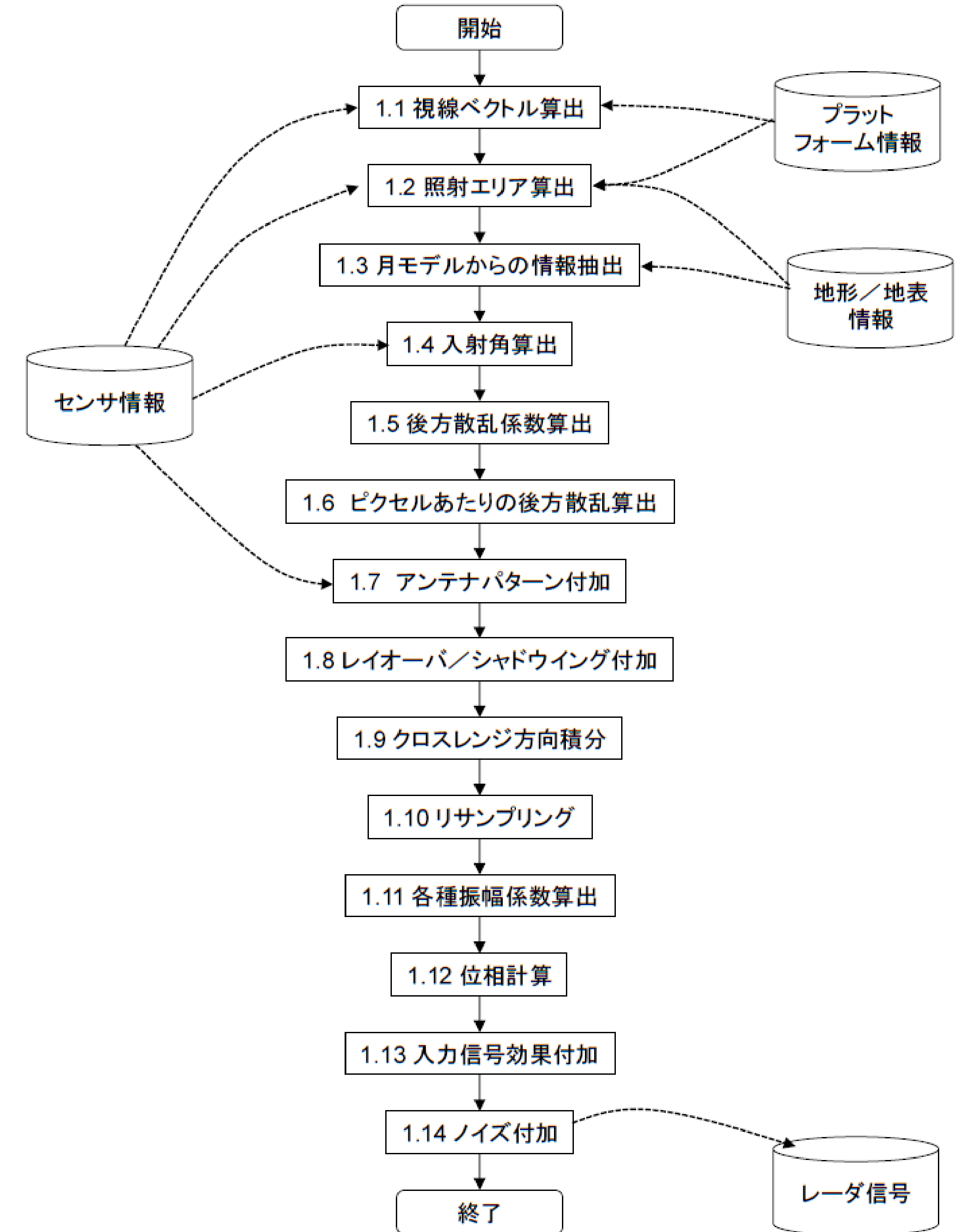
## レーダシミュレータのメインフロー

メインフローの前半ではレーダ信号模擬を行い, 後半では高度速度を行う。レーダ信号模擬は, 探査機の位置, 姿勢等のプラットフォーム情報, レーダのビームやパルスなどの仕様のセンサ情報と地形/地表情報からレーダが受信する信号を模擬する。レーダ信号模擬で得られた信号に対して, 高度/速度推定では実際のレーダと同様の処理によって信号処理を行い, レーダの機能および性能をシミュレーションする。



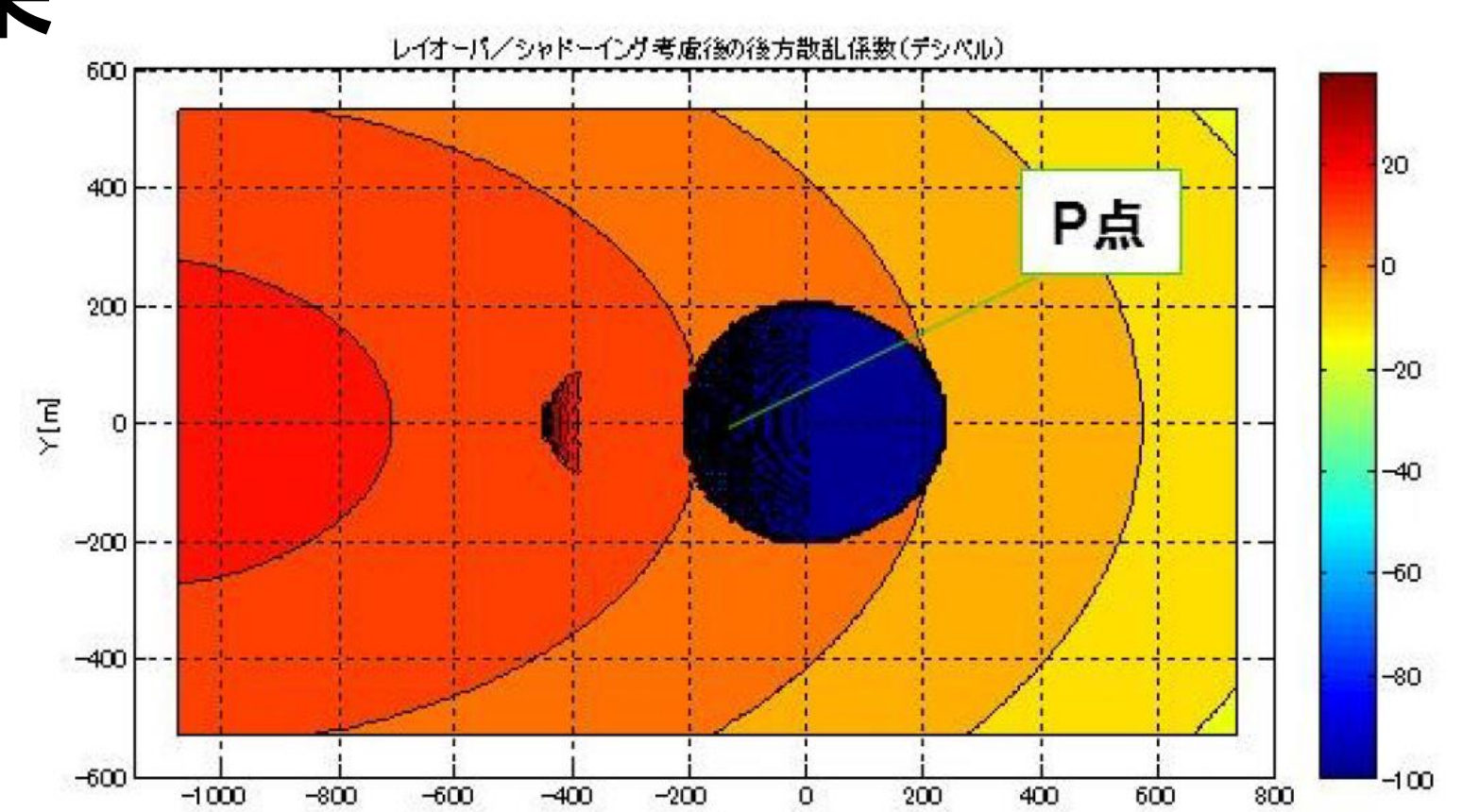
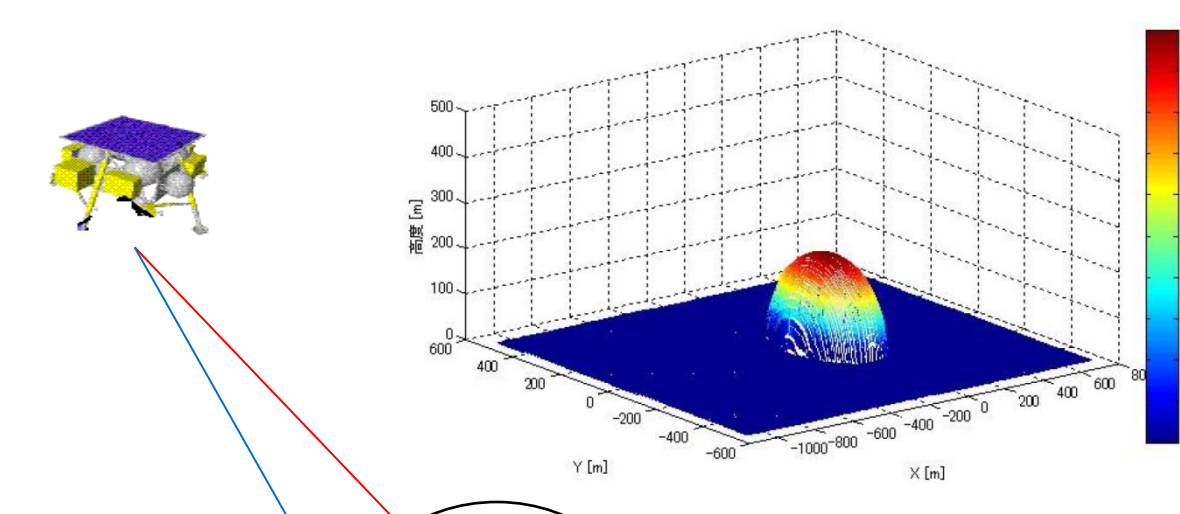
## レーダ信号模擬部

レーダ信号模擬部の流れとしては, まずプラットフォームの位置や姿勢から電波の照射エリアを設定(1.1, 1.2)し, 事前に準備された月モデルから必要な情報を抽出する(1.3). その後, ビーム照射エリア内の地形やセンサのアンテナパターン等を考慮して, 後方散乱係数を算出(1.4~1.9)する。最後に, レーダ方程式で必要とされる後方散乱係数以外の項や位相, およびノイズを付加して, 最終的に時系列なレンジプロファイルを出力する。

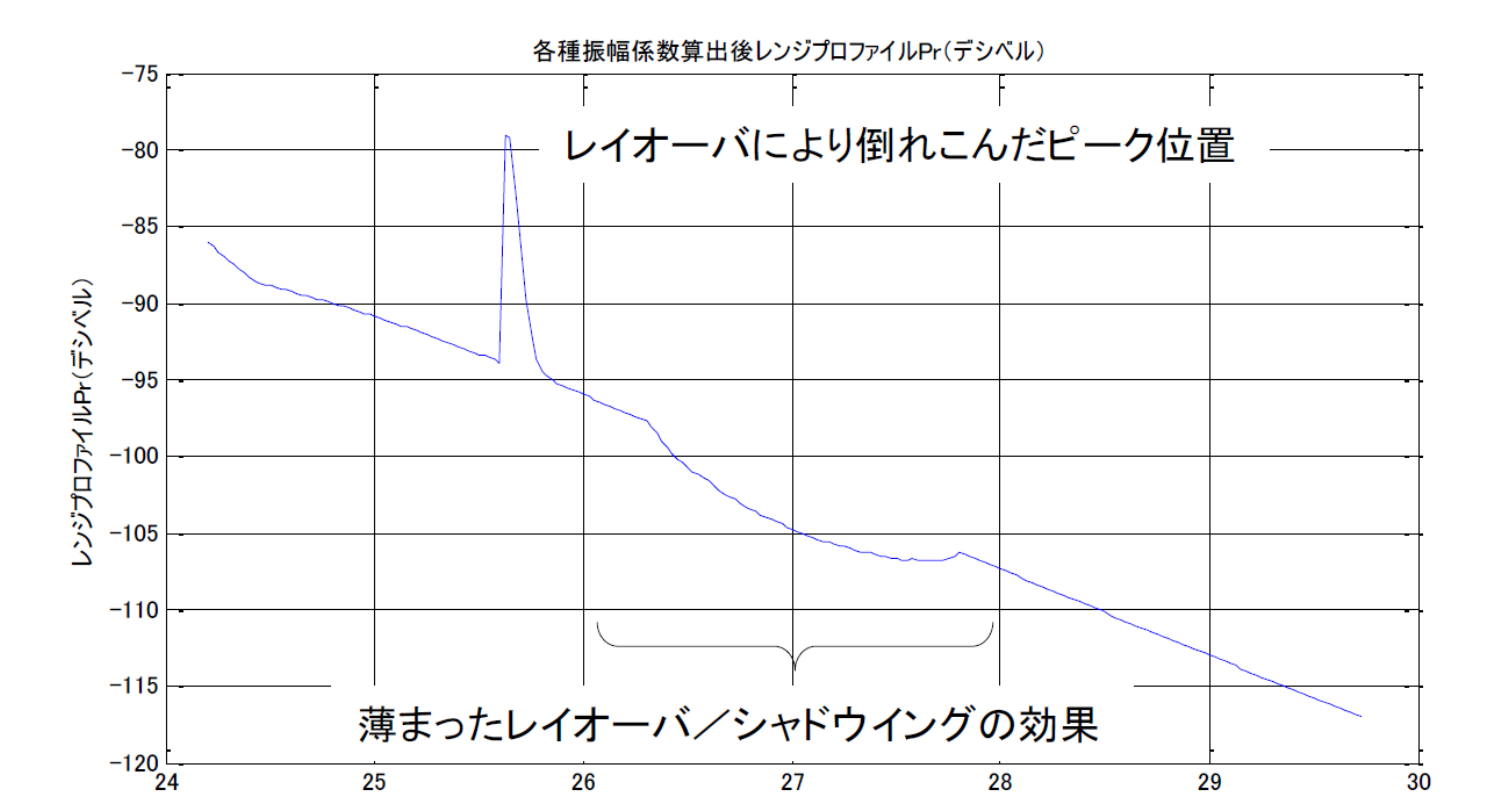


## レーダ信号シミュレーション結果

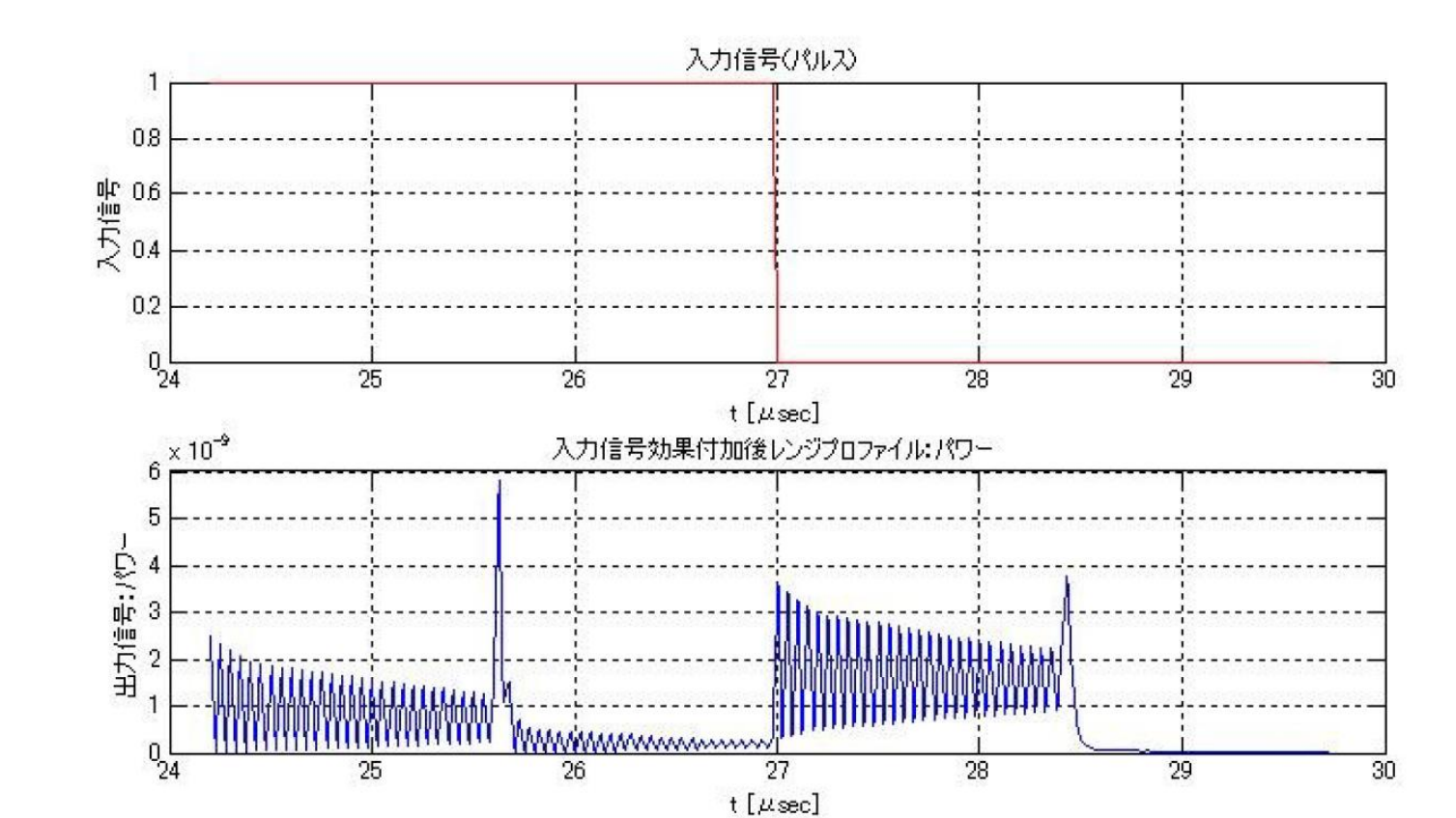
レーダ信号模擬部によるシミュレーションが妥当であることを確認するため, いくつかの単純なモデルに関してシミュレーションを行い, 定性的定量的評価を行った。その1例を示す。



レイオーバ/シャドウイング付加後の後方散乱係数



各種振幅係数算出後レンジプロファイル



入力信号効果付加後レンジプロファイル

計算条件  
探査機高度: 3500 m  
アンテナ取付  
hベクトル:  $\alpha = 90 \text{ deg}$  (進行方向)  
kベクトル:  $\theta_0 = 30 \text{ deg}$  (オフナディア角)  
ビーム幅: 15 deg (h,v 方向共通)  
ゲート幅: 2.8  $\mu\text{sec}$   
中心周波数: 4.3GHz  
グリッド幅  
レンジ方向: 5 m  
クロスレンジ方向 5 m  
月面パラメータ(Ref. 1)  
誘電率:  $7 + 2j$   
表面粗さ: 0.01 m  
相関長: 0.05 m

Ref.1 J. J. van Zyl and Y. Kim, Synthetic Aperture Radar Polarimetry. Hoboken, NJ: Wiley, 2011

## まとめ

着陸レーダシミュレータのメインフローおよびその一部であるレーダ信号模擬部のフローを示した。また, 単純なケースに関する計算結果から, シミュレータの妥当性を確認した一例をご紹介した。今後, 全系の動作確認を通じた波形解析およびフィールドデータとの比較, ドップラー算出方式, ダイナミックな動作に対する対応, アンシラリーデータおよびDEM データ/IFの調整を行ってレーダ信号処理部を確立し, 高度/速度推定部を整備していく予定である。

