

# 惑星探査ローバのための赤外線カメラを用いた地形傾斜推定に関する検討

渡邊哲志<sup>※1</sup> 大津恭平<sup>※2</sup> 大槻真嗣<sup>※3</sup> 久保田孝<sup>※3</sup> 梅田和昇<sup>※1</sup>

※1 中央大学 ※2 東京大学 ※3 JAXA

## 1. 背景

惑星探査ローバの効率的かつ安全な移動のためには地形傾斜推定が必須の技術である

なぜなら

- ・斜面走行時は消費電力が大きく、月や惑星の電力が限られた環境では回避すべきである
- ・斜面走行時には車体安定角を越えることによる転倒や、傾斜した砂地を走行することによるスタックの危険性が高い

従来の画像を用いた地形形状推定手法

### ①ステレオカメラによる地形推定

問題点

- テクスチャが弱い領域⇒推定精度が低くなる
- 一般に誤マッチング含まれる⇒要除去

### ②単眼カメラによるモーションステレオ

問題点

- 正確なカメラの位置・姿勢が必要⇒推定精度に影響

⇒可視光カメラ以外での地形形状推定手法の開発

## 2. 提案手法

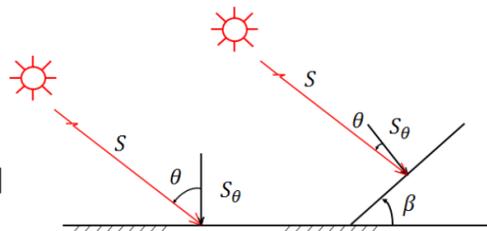
赤外線カメラを用いた地形傾斜推定

傾斜角の違いによる日射量積分値の違いが地表面温度の差として現れる

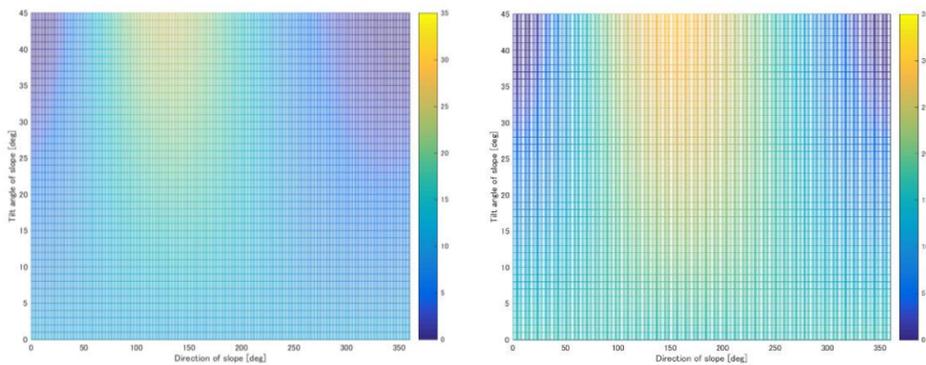
太陽の直達日射量

$$S_{\theta} = S \cos \theta$$

S: 太陽の法線面日射量[W/m<sup>-2</sup>]



斜面の傾斜角, 方位角を変化させたときの日射量積分値の変化 (シミュレーション) (左)12:00 (右)15:00



⇒平面と斜面の温度差を利用して赤外線カメラにより地形傾斜推定を行う

## 3. 実験

実際に伊豆大島裏砂漠で熱画像撮像試験を行った

実験概要

くぼみや斜面を赤外線カメラで撮影し、画像撮影時の時刻, 温度, 傾斜, 緯度・経度, 斜面の方位角を記録

## 実験装置

赤外線カメラ(FLIR AX8)

スペクトル波長: 7.5~13μm (遠赤外線)

熱画像と可視光画像を同時に取得することが可能

解像度: 可視光 (640×480ピクセル)

赤外線 (80×60ピクセル)



温度計(テスター+熱電対)



熱電対を計測する地表面に差し込み温度を計測  
分解能: 0.1℃

傾斜計



地表面に置いて計測  
分解能: 0.01°

GPS

ローバに取り付けていたGPSで計測した緯度・経度をカメラの絶対位置とした

緯度・経度と時刻, 方角を組み合わせることにより太陽方向を求めた



## 4. 実験結果

熱画像は12℃から49℃を255段階で表示した

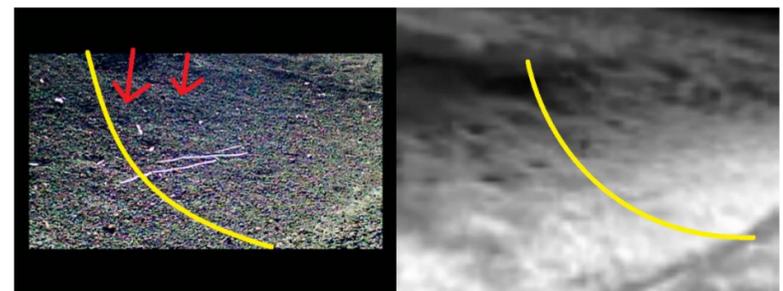


くぼみを①, ②の位置から撮影した  
ただし, 赤色矢印は太陽方向  
黄色線はくぼみの概形  
A点とB点において温度と傾斜角を測定した

実験結果① (左)可視光画像 (右)熱画像



実験結果② (左)可視光画像 (右)熱画像



太陽が当たりやすい斜面は平面に比べ温度が高く, 当たりにくい斜面は温度が低いことが熱画像からでも分かる

その他取得したデータ

| 時刻    | 温度[℃]<br>(平面) | 温度[℃]<br>(A点) | 温度[℃]<br>(B点) | 傾斜角<br>[deg]<br>(平面) | 傾斜角<br>[deg]<br>(A点) | 傾斜角<br>[deg]<br>(B点) |
|-------|---------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 11:40 | 32.6-34.8     | 35.0-39.8     | 27.4-29.8     | 1.40-2.52            | 13.33-15.12          | 18.70-20.30          |
| 13:40 | 25.4-26.9     | 30.0-33.1     | 21.5-22.7     | 1.40-2.52            | 13.33-15.12          | 18.70-20.30          |

## 5. 今後の課題

- ・熱画像から傾斜角の推定
- ・地形傾斜推定の自動化