



月面探査ローバの構造に発生する 微小ひずみを利用した地盤状態推定



芝浦工業大学システム理工学部
機械制御システム学科
飯塚浩二郎

1) 緒言

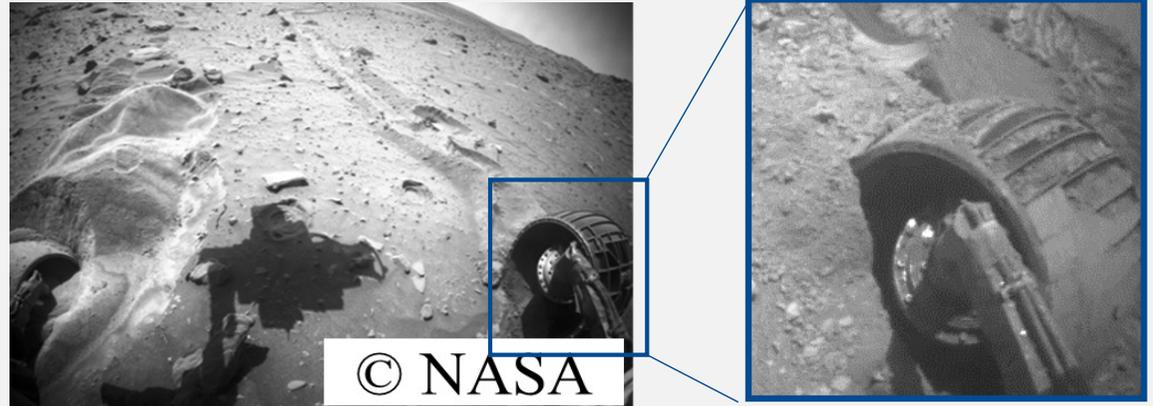
宇宙探査

ローバによる着陸探査



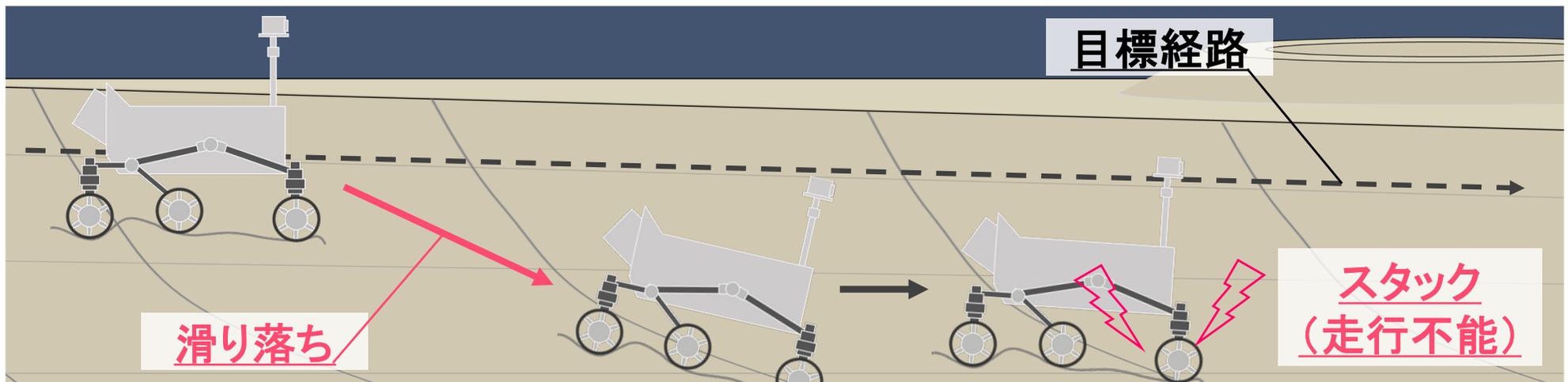
perseverance [1]

微粒子「レゴリス」に覆われた軟弱地盤



© NASA

惑星の表面 [2]



ローバ自身で走行状態を検出する必要性

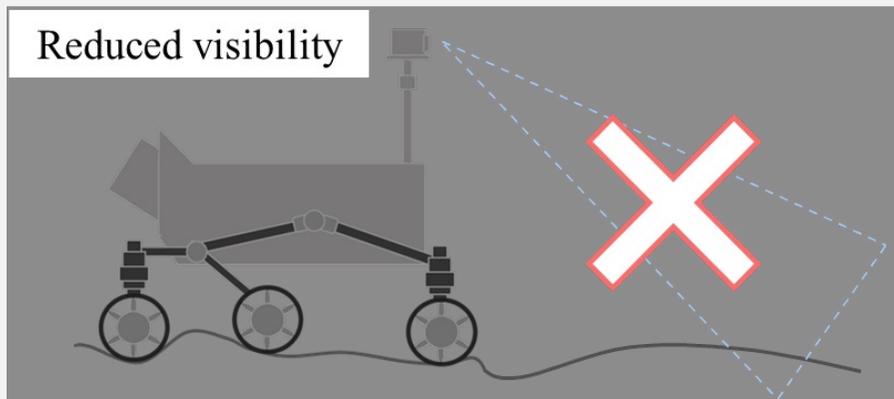
[1] <https://www.nasa.gov/jpl/msl/pia19808/looking-up-at-mars-rover-curiosity-in-buckskin-selfie> (2022/2/2)

[2] <https://imgur.com/gallery/s7P2NQA> (2022/2/2)

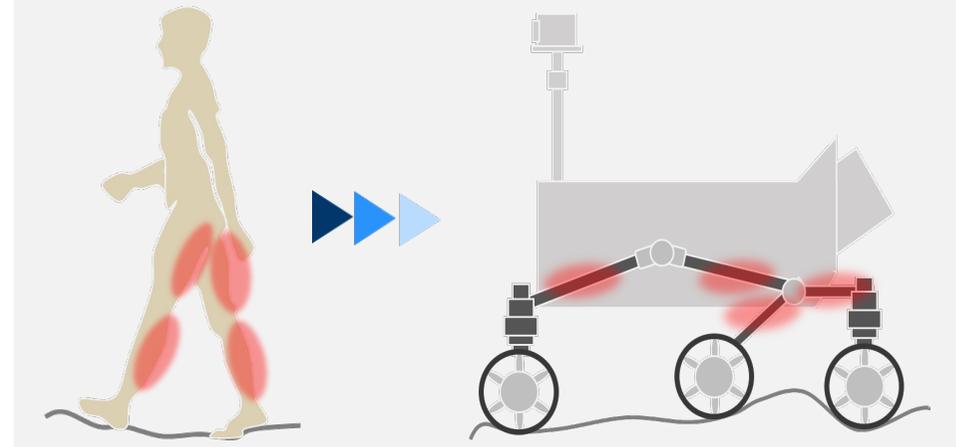
1) 緒言

■ 走行状態認識の認識手法

【視覚情報の利用】



【内部変化の利用】

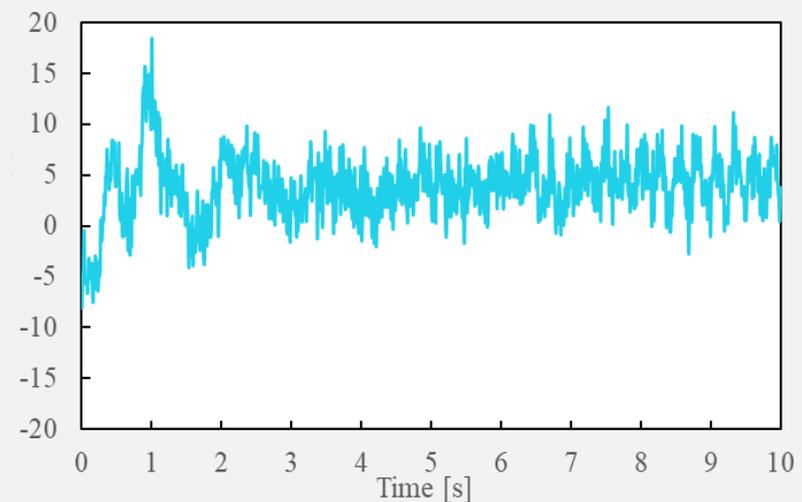


【内部変化による検出方法】

内部に直接働く変化による認識
ex) 力, トルク, 振動...

【課題】

- 潜在的かつ不均衡な変化
- ⇒ 多くの研究では機械学習による認識
- ⇒ 詳細に現象を説明されていない



詳細化 ⇒ モデル化, システムの効率化 ⇒ より速い制御, 制御コストの削減

1) 緒言

研究目的

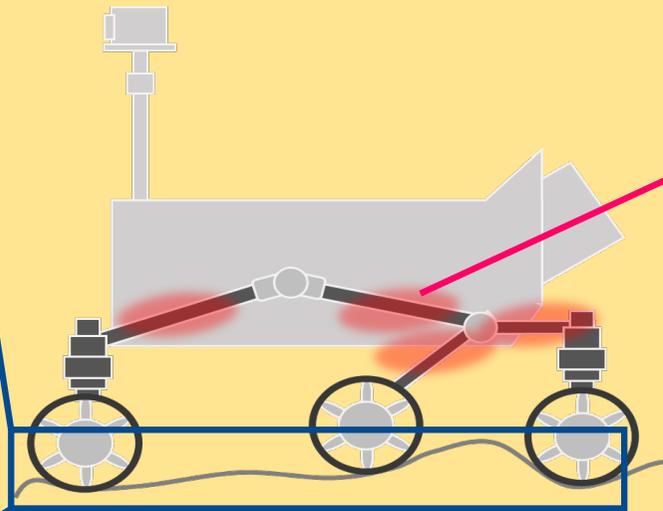
ローバの潜在的内部構造変化を利用した地盤状態推定を確立する

アプローチ

【走行状態】

走行状態の悪化要因

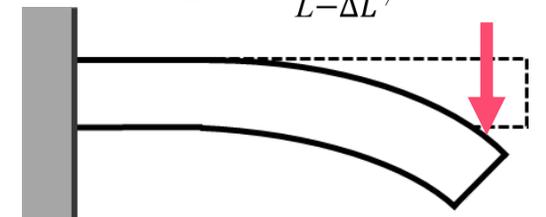
- 走行地盤の変化
⇒ 剛体・軟弱地盤
- 縦滑り変化
⇒ Slip率を変化



【内部変化】

ひずみ: ε

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$



Step 1: 脚部の剛性変化による内部変化の顕在化の検証

Step 2: 走行状態と内部構造変化の相互関係の検証

Step 3: 相互関係を使用した簡易的な地盤判別システムへの応用

2) 走行時の内部構造変化の把握・顕在化

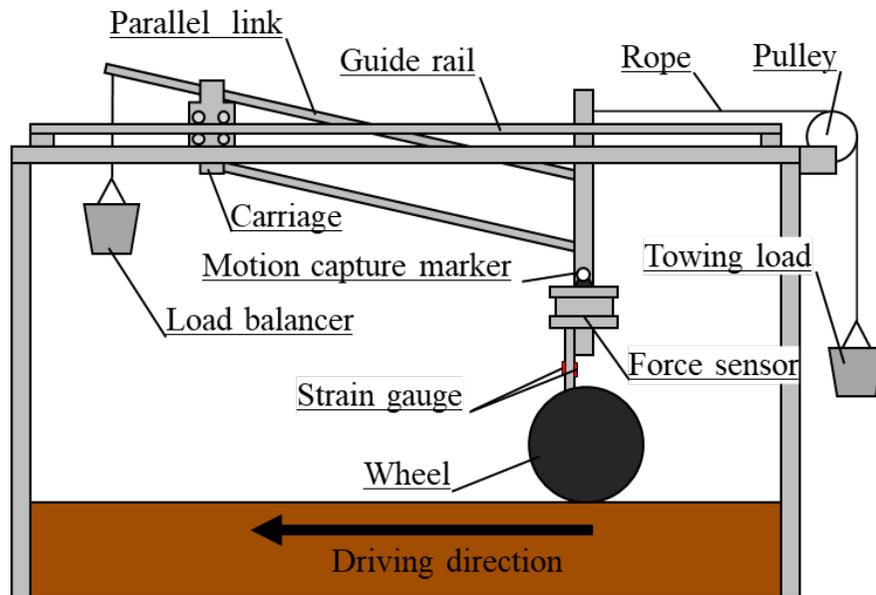
【実験】 単輪走行による内部変化把握実験

研究概要

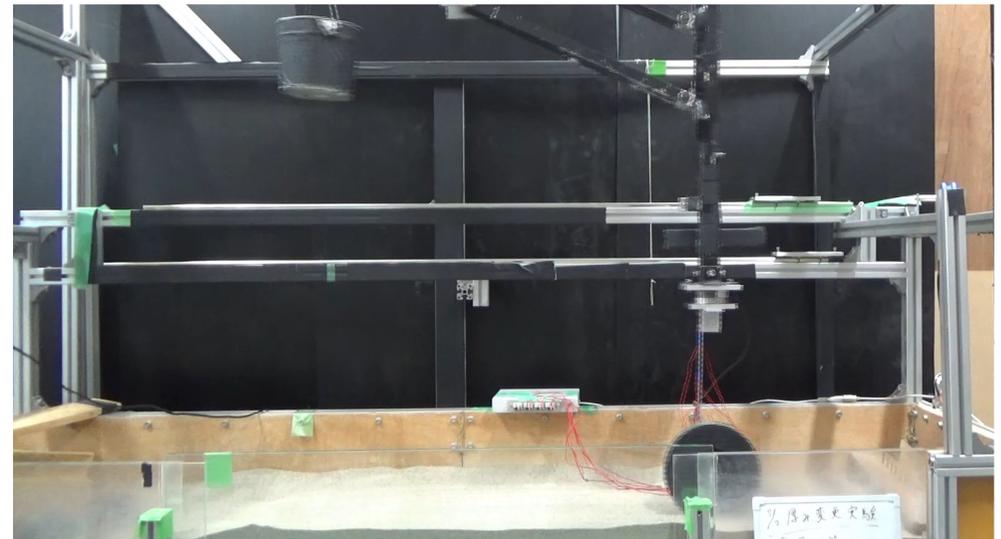
- ・走行時にローバシヤシ部に発生するひずみの変化を把握・顕在化
- ・走行状態と内部変化の相互関係の検証のための評価・解析方法の検討

【実験方法】

軟弱地盤上を車輪を走行させ、この時にシャシに発生するひずみを計測



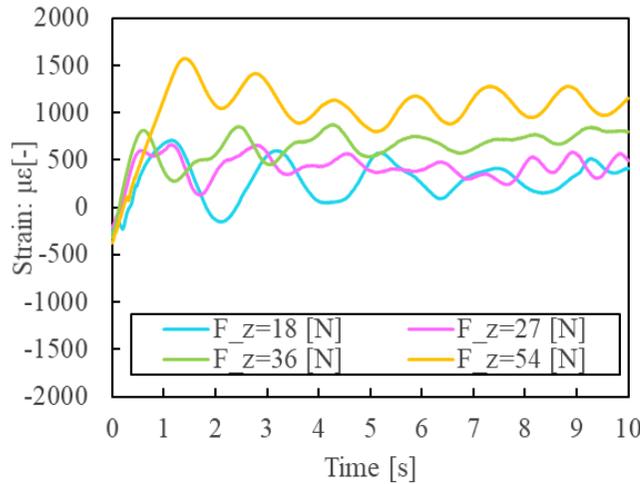
実験環境



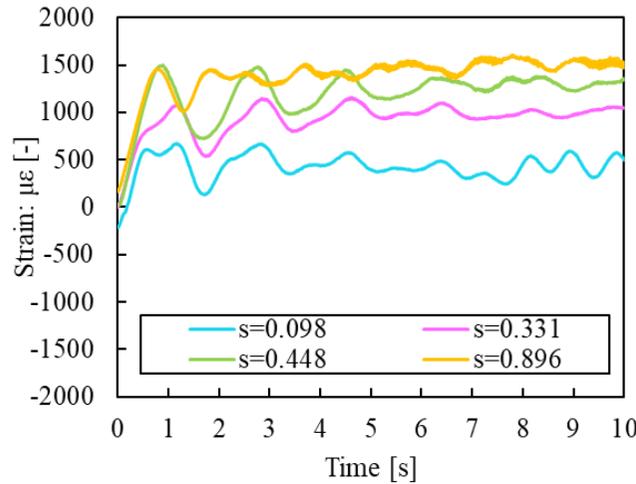
実験の様子

3) 走行状態と内部構造変化の相互関係の検証

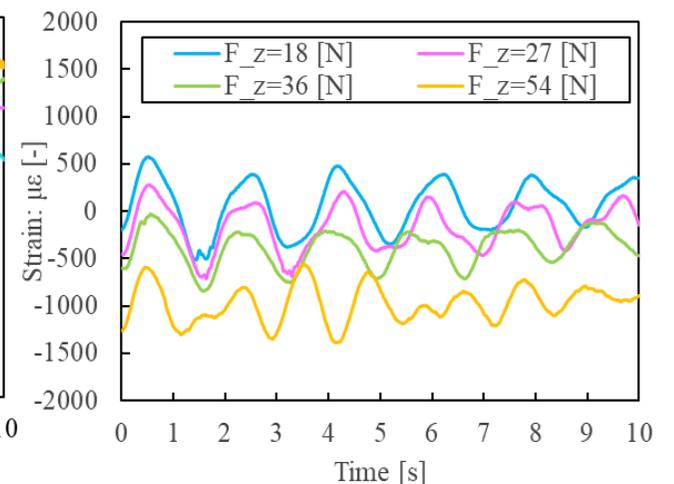
実験結果 – 評価① 変位の変化-



剛体地盤 (垂直抗力: F_z の変化)

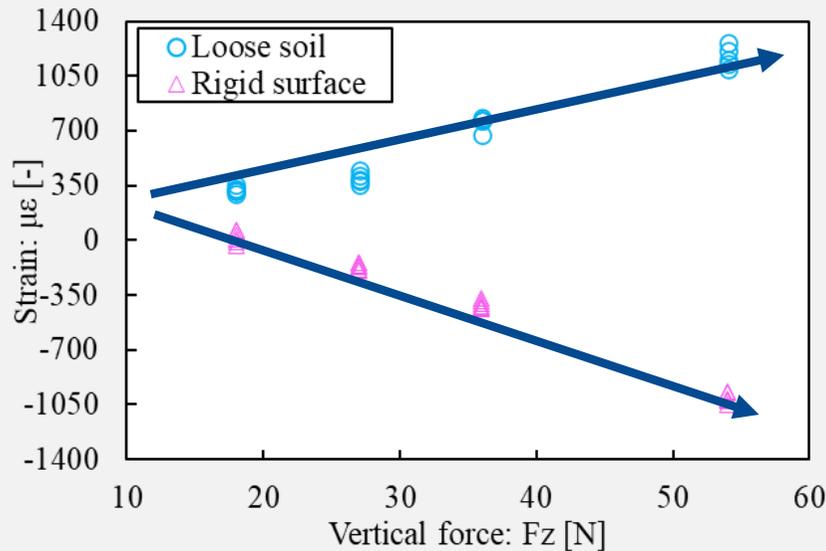


軟弱地盤 (垂直抗力: F_z の変化)

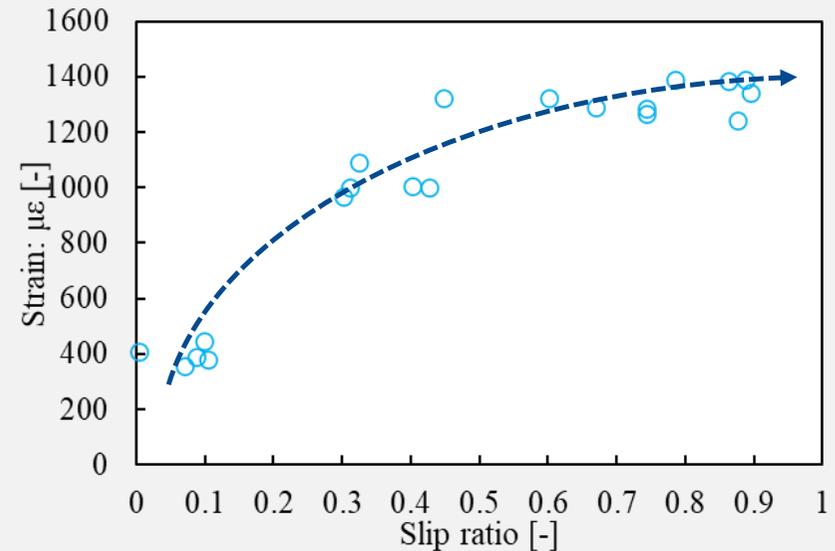


軟弱地盤 (slip率: s の変化)

【ひずみ値の平均値】



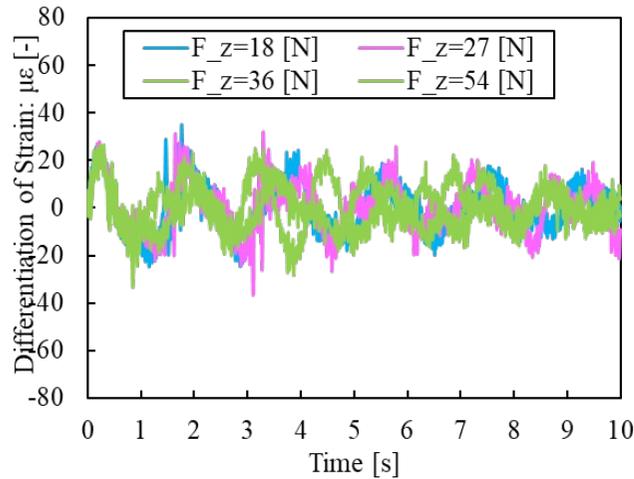
地盤変化 (垂直抗力: F_z の変化)



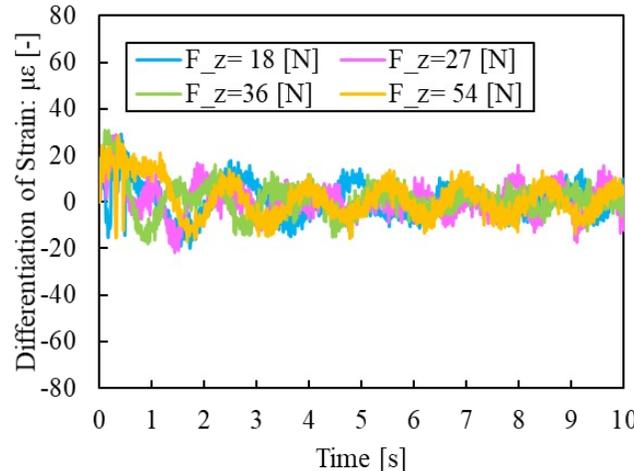
Slip率の変化

3) 走行状態と内部構造変化の相互関係の検証

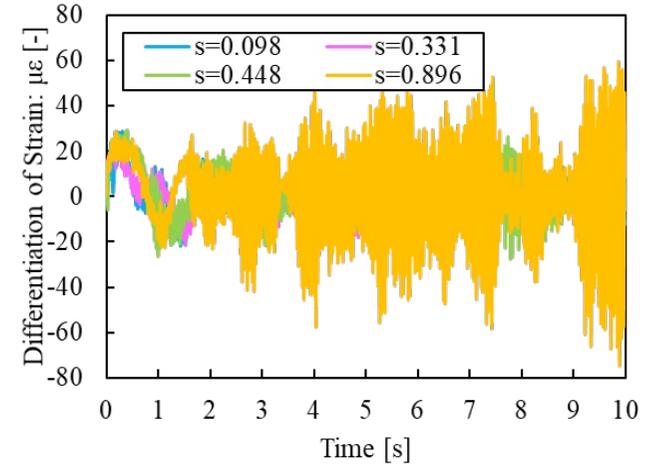
■ 実験結果 – 評価② 振動の振幅-



剛体地盤(垂直抗力: F_z の変化)

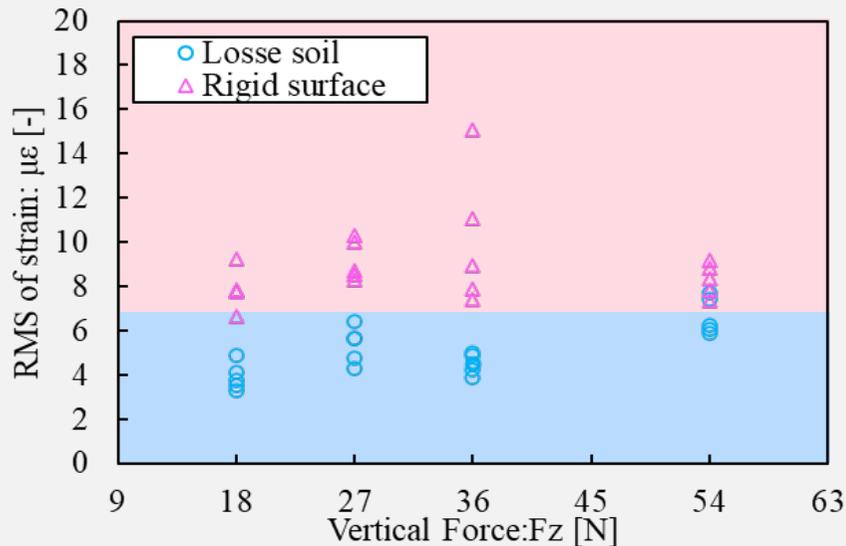


軟弱地盤(垂直抗力: F_z の変化)

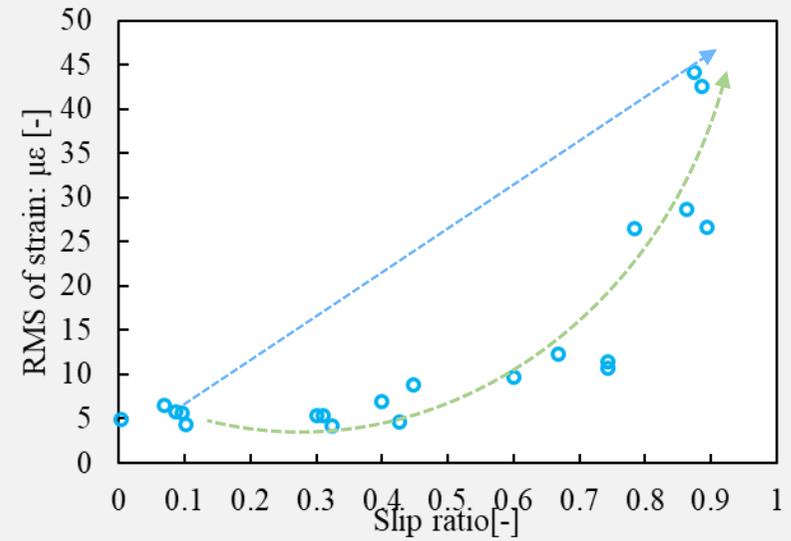


軟弱地盤(slip率: s の変化)

【ひずみ値の微分の RMS 値】



地盤変化(垂直抗力: F_z の変化)



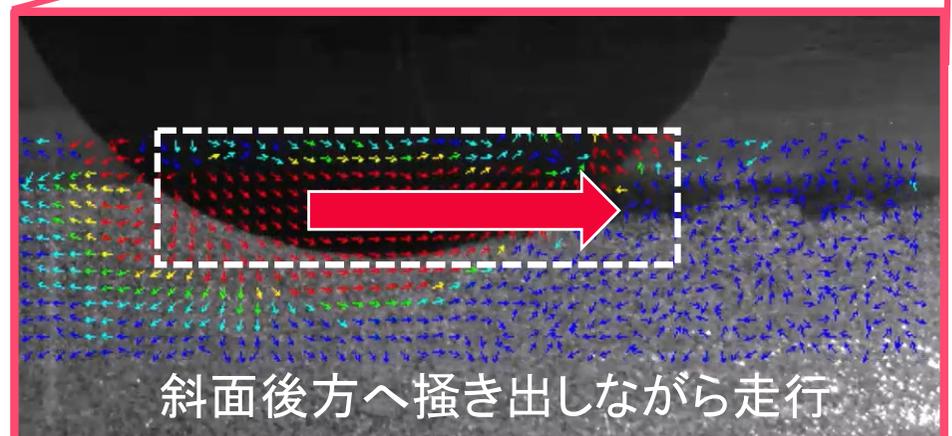
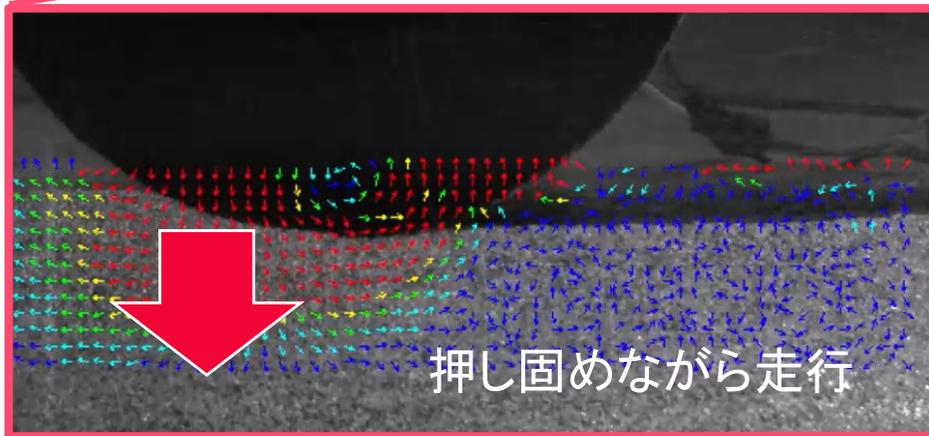
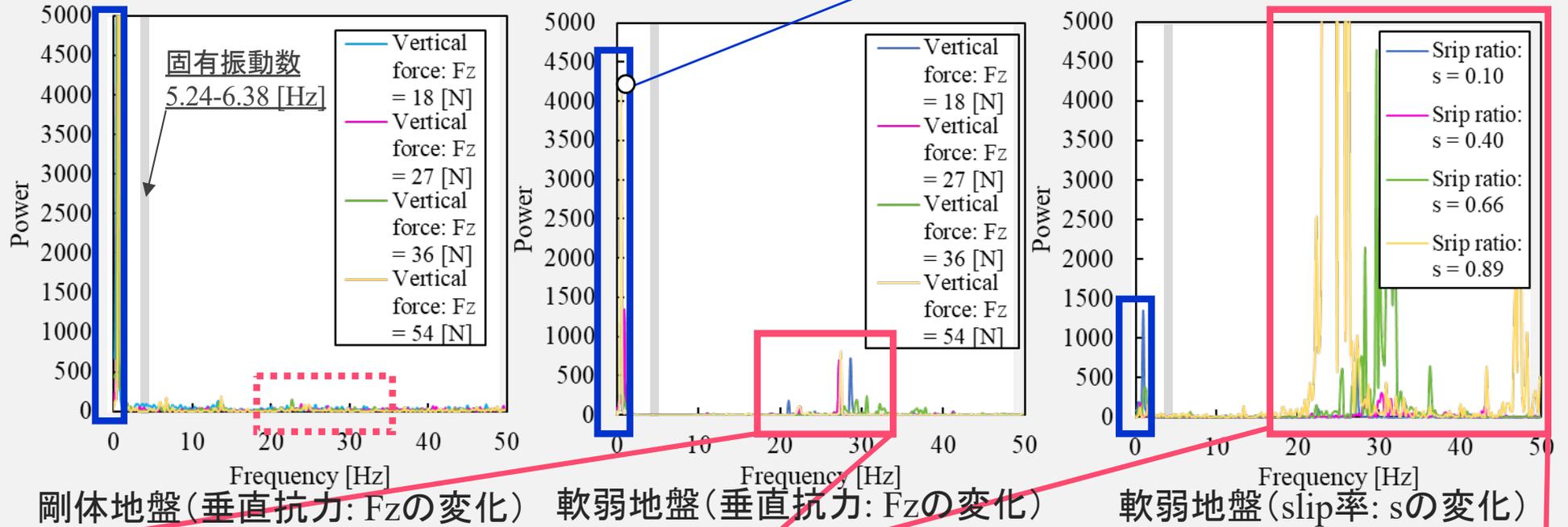
Slip率の変化

3) 走行状態と内部構造変化の相互関係の検証

■ 実験結果 – 評価③ 振動の周波数-

【ひずみ値の微分をFFTした値】

弾性変形による振動



地盤のせん断破壊による振動

4) 内部変化を使用した走行地盤判別

【応用】内部構造変化を利用した地盤判別の簡易システム構築

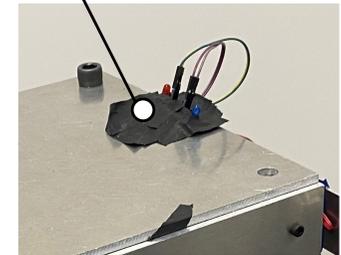
【判別手順】

- Step1: 1秒間のひずみ値を計測
- Step2: 計測したひずみ値を微分
- Step3: 微分したひずみ値よりRMS値を導出
- Step4: 閾値とRMS値を比較し地盤を判別

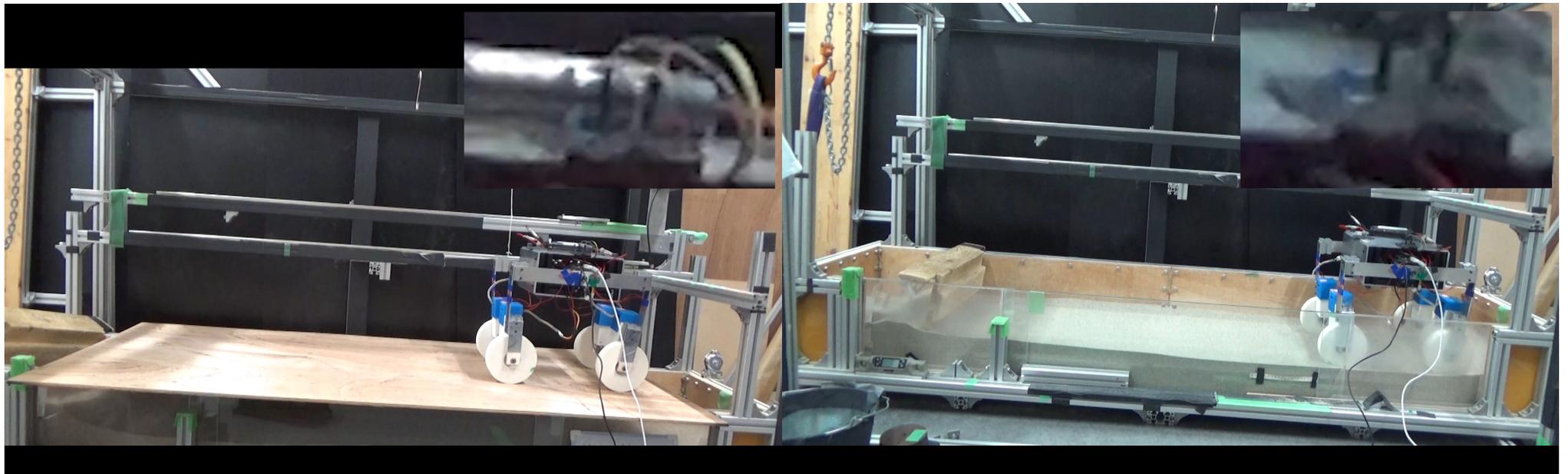
【判別結果】

- LED: **Red**
⇒ 「剛体地盤」
- LED: **Blue**
⇒ 「軟弱地盤」

LED



【判別の様子】

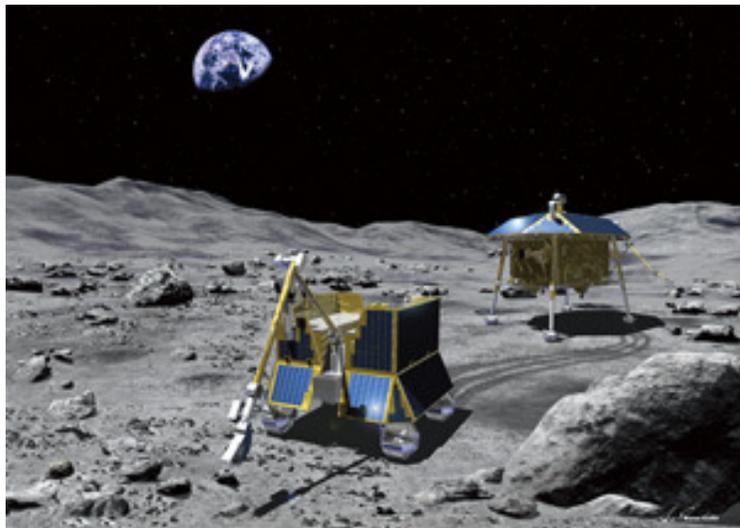


剛体地盤

軟弱地盤



ご視聴ありがとうございました。



芝浦工業大学システム理工学部
機械制御システム学科
飯塚浩二郎