

# スキー科学セミナー

## 軟弱地盤を走るロボットの研究

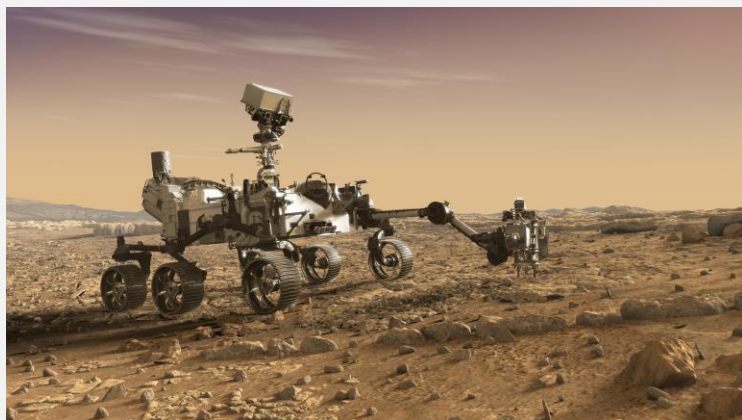
2022. 3.19

公立諏訪東京理科大学 藤原大佑

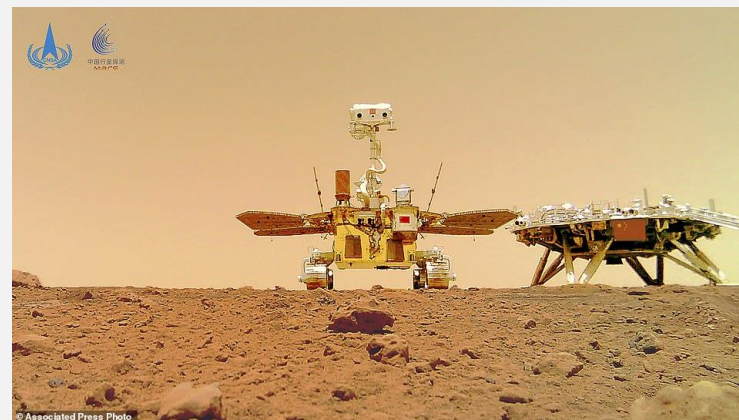
# 研究背景

## ◇盛んに行われる，宇宙探査

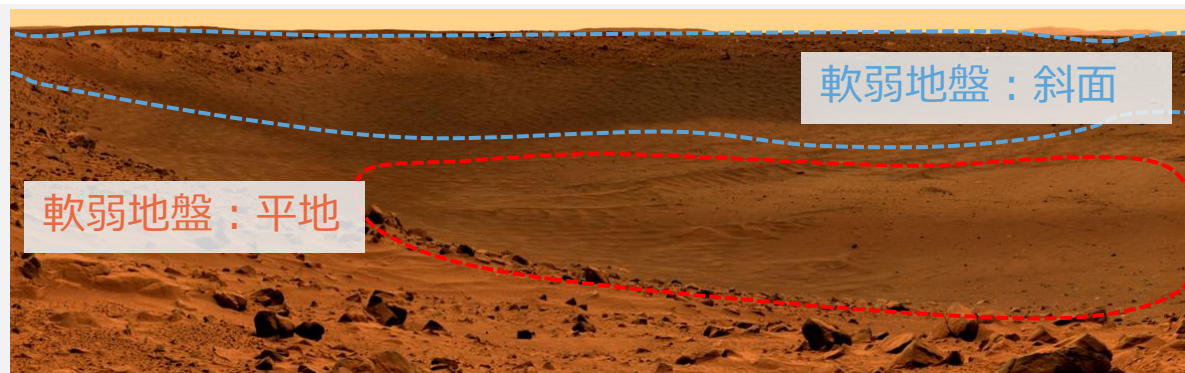
目的：生命の痕跡，水の痕跡，資源の調査



Perseverance [a]



Zhurong rover [b]



Surface of Mars [c]



Stuck [d]

惑星表面は軟弱地盤で覆われ，車輪型ローバはスタックしやすい

# 車輪型ローバ

走行性能

高



脚車輪型 [a]



Push-Pull [b]



車輪型 [c, d]

単純

機構

複雑

信頼性とエネルギー効率から車輪型が多く採用される  
近年着目されている、小型ローバでは走行悪化する可能性も

[a] D. Wettergreen et al., Behavior-Based Gait Execution for the Dante II Walking Robot, IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Vol.3, (1995), pp.274-279.

[b] NASA/JPL, Spirit & Opportunity Highlights, <http://mars.nasa.gov/mer/home/> (参照日 2017年7月20日).

[c] S. Moreland, K. Skonieczny, and D. Wettergreen, Inching Locomotion for Planetary Rover Mobility, Aerospace Conference, IEEE(2011).

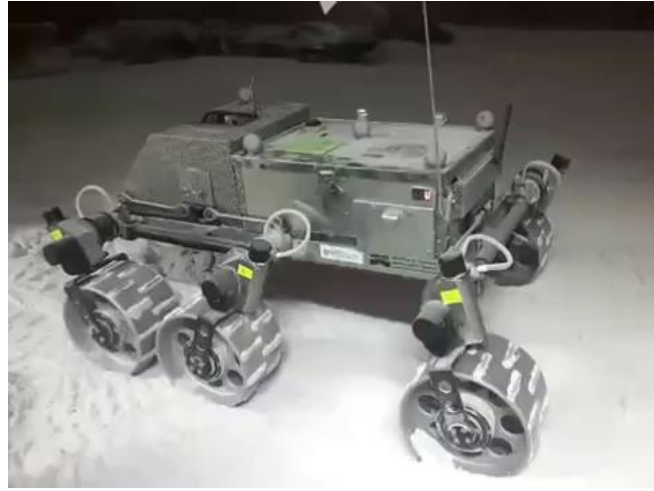
[d] トヨタ自動車

# Push-Pull Locomotion rovers

◇尺取り虫のように動くロボット



Marsokhod rover [a]



ExoMars rover [b]



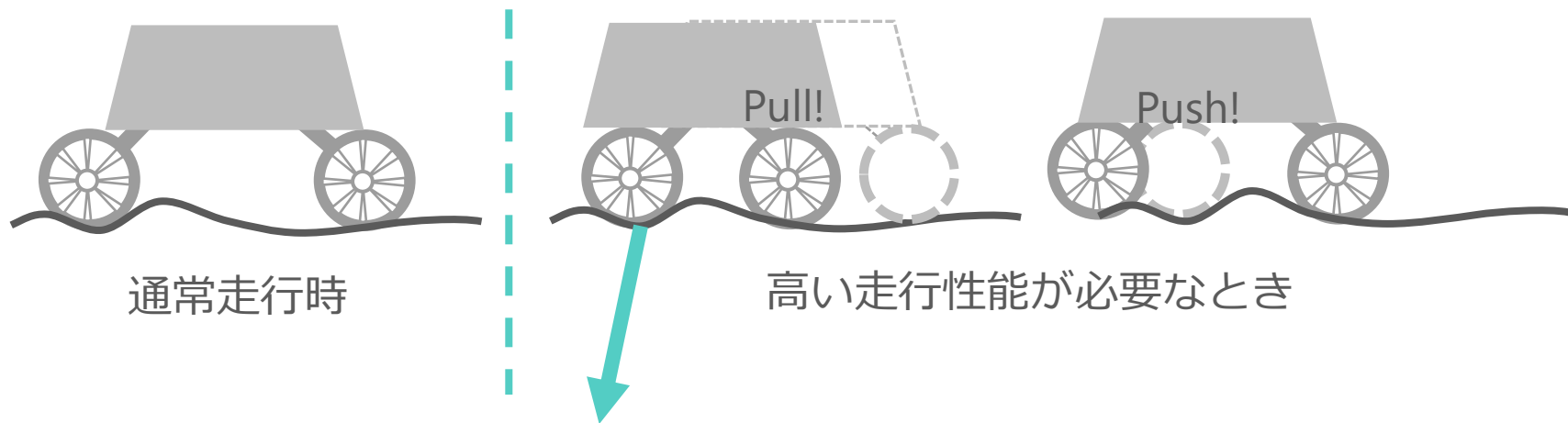
Scarab rover [c]



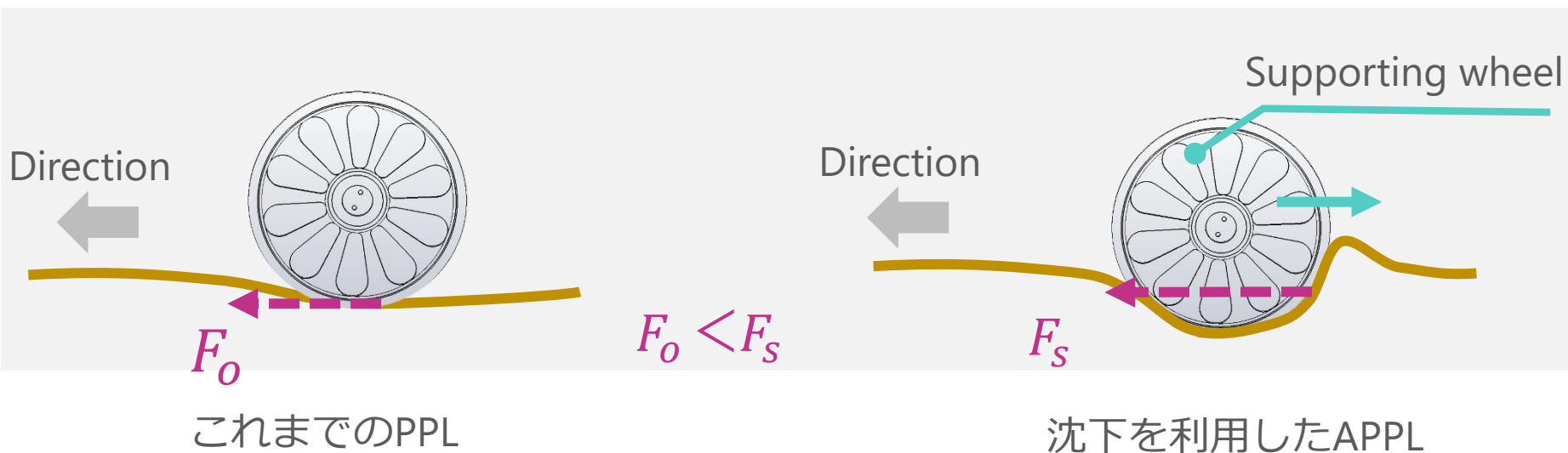
Sherpa rover [d]

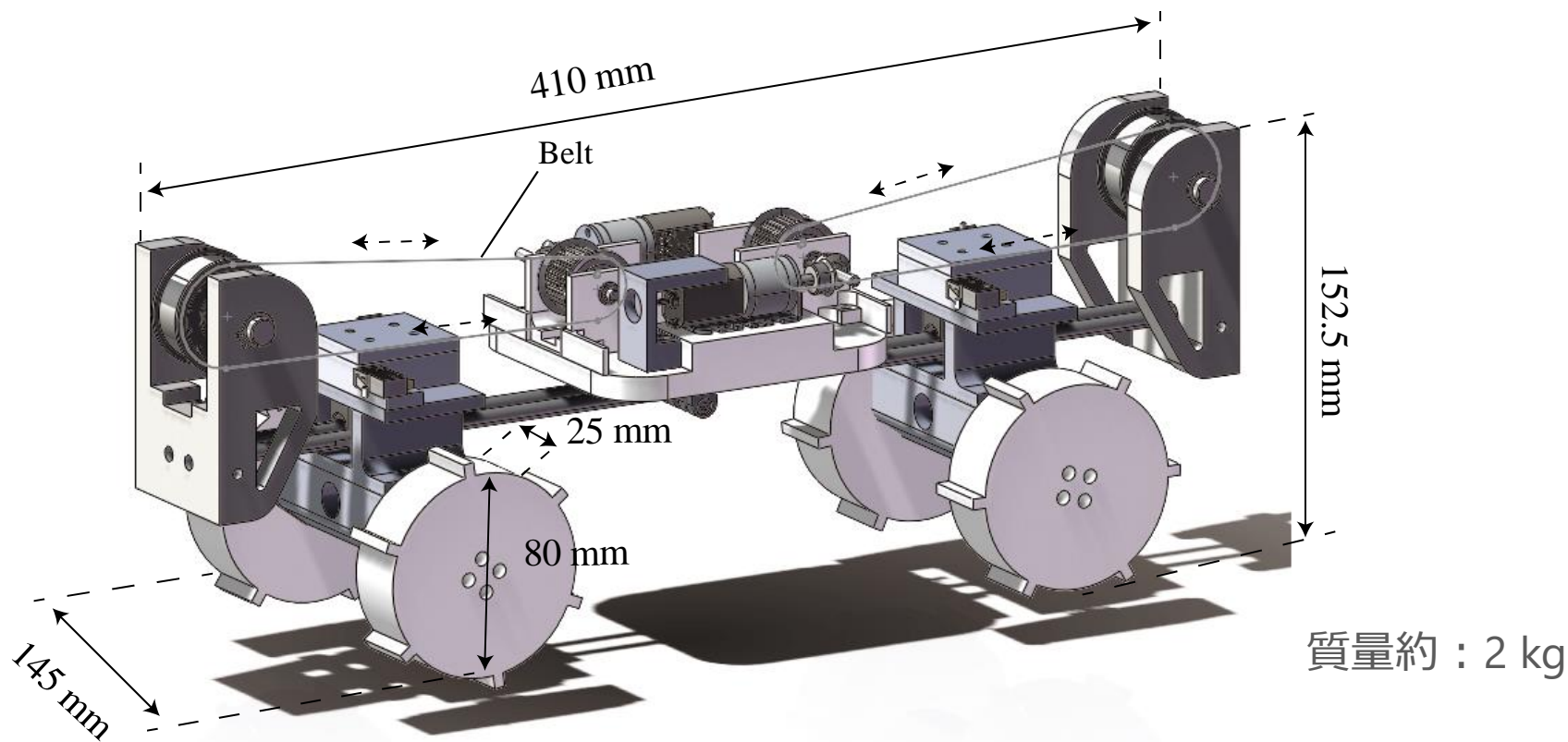
[a] G. Andrade, B. F. Amar, P. Bidaud, and R. Chatila, Modeling Robot-Soil Interaction for Planetary Rover Motion Control, Proceeding of the 1998 IEEE/RSJ, Intl. Conference on intelligent Robots and Systems (1998), 576-581.  
[b] N. Patel, The ExoMars rover locomotion subsystem, Journal of Terramechanics, vol. 47(4), (2010), pp.227-247.  
[c] S. Moreland, K. Skonieczny, and D. Wettergreen, Inching Locomotion for Planetary Rover Mobility, Aerospace Conference, IEEE (2011).  
[d] F. Cordes, A. Dettmann, and F. Kirchner, Locomotion Modes for a Hybrid Wheeled-Leg Planetary Rover, Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, (2011), pp. 2586-2592.

# 固定車輪の支持力

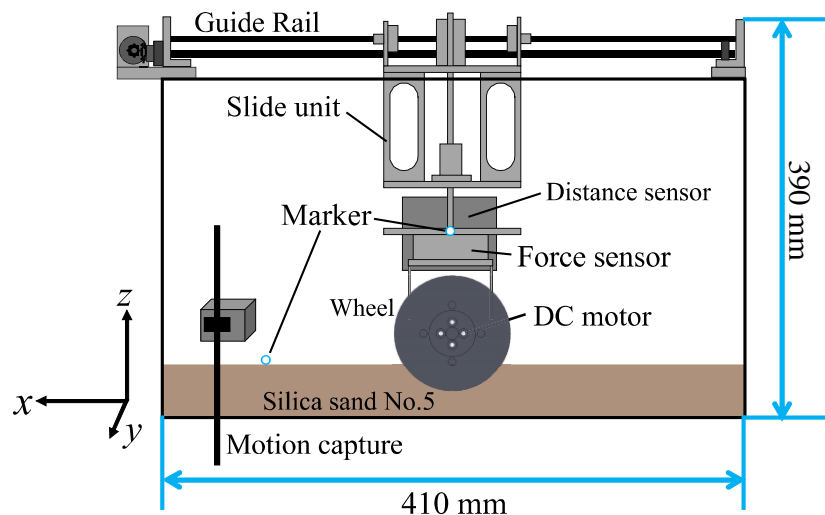
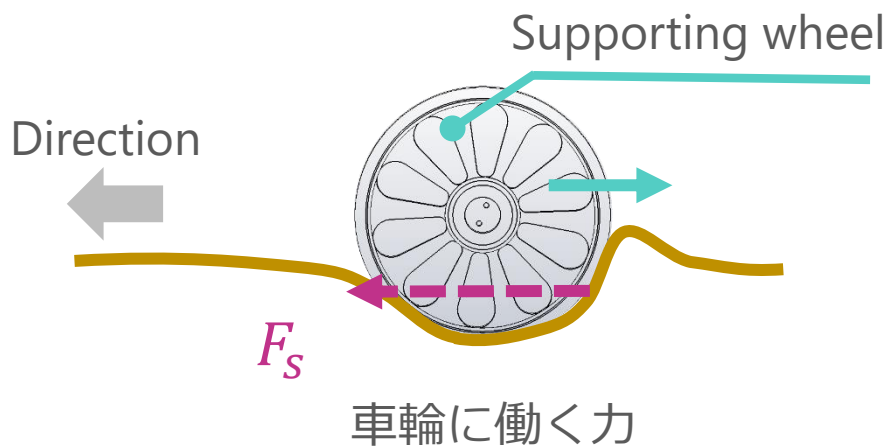


PPL動作では，固定車輪を沈下させた方が支持力が大きくなるのでは？  
積極的沈下を利用したPPLの提案





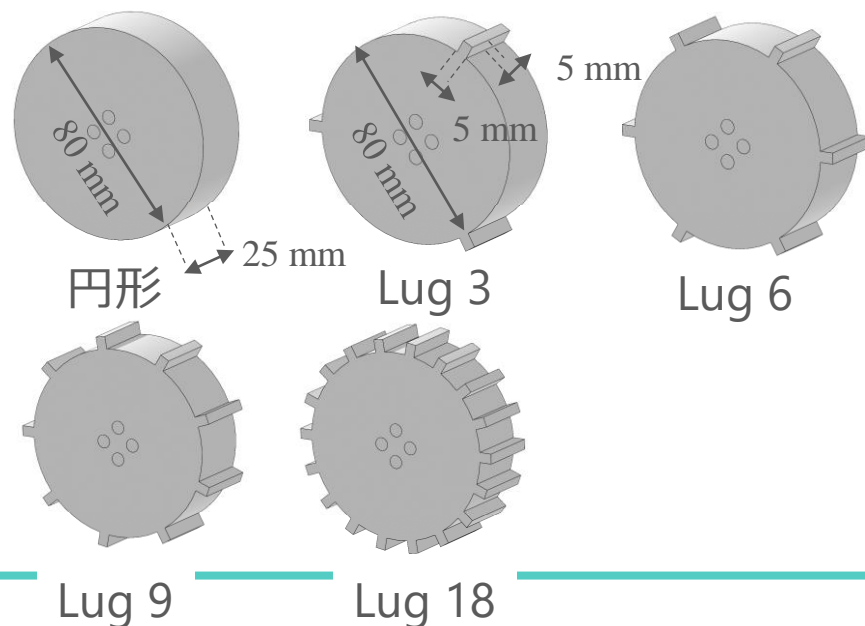
# 実験一 単輪試験

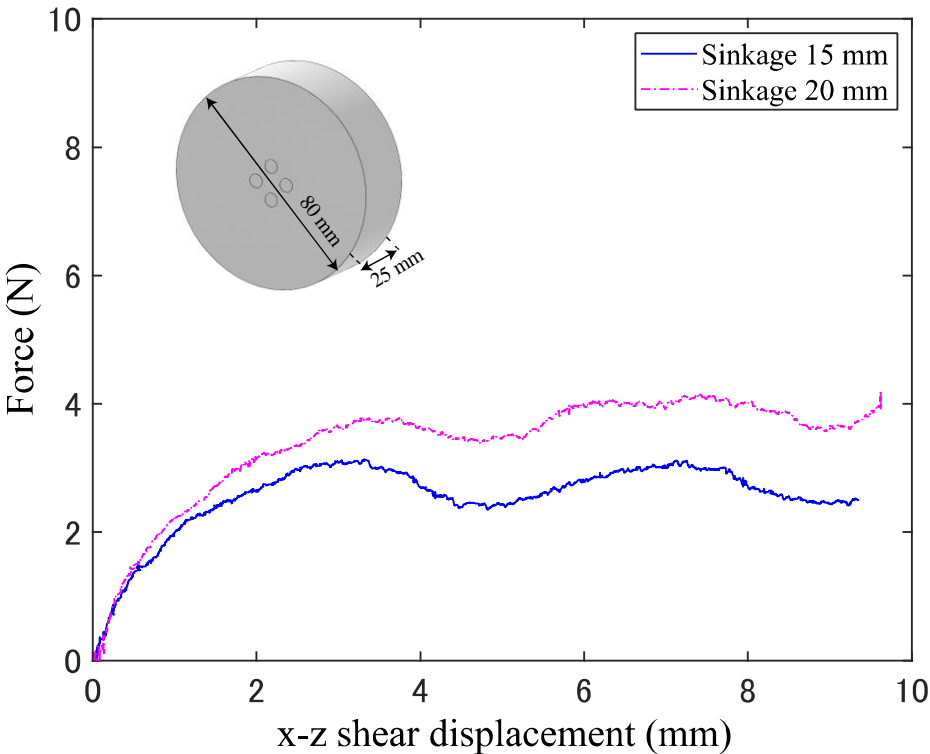


単輪支持力試験機

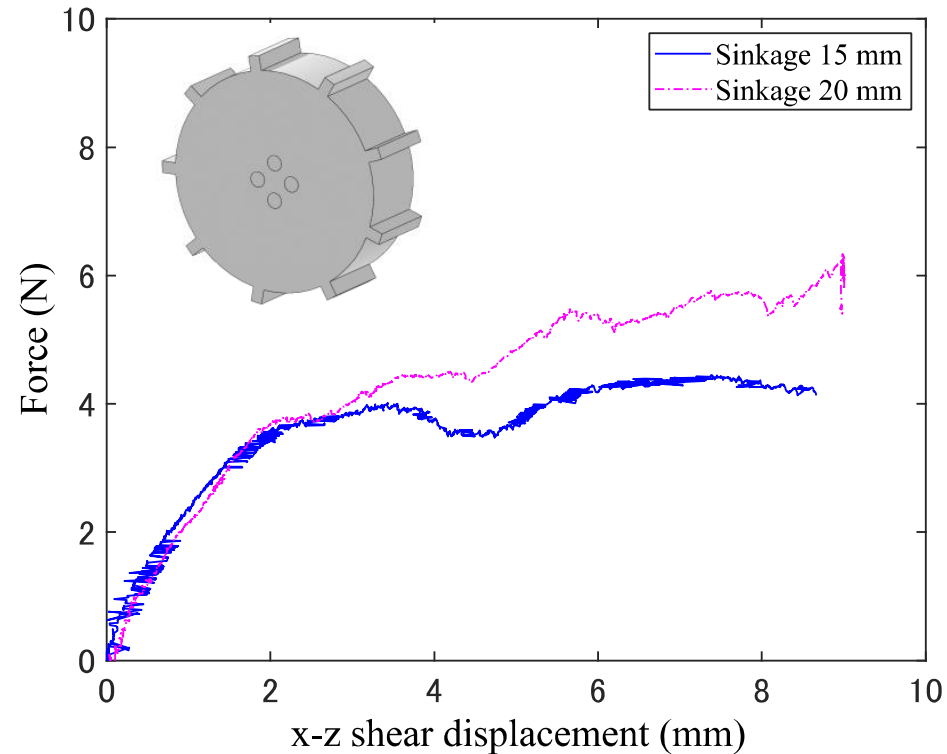
## 実験条件

Description (Unit)	Value
Soil (-)	Silica sand No. 5
Wheel size (mm)	80
Wheel width (mm)	25
Initial sinkage (mm)	15, 20
Towing speed (mm/s)	0.43
Wheel type	Circular Lugged





円形

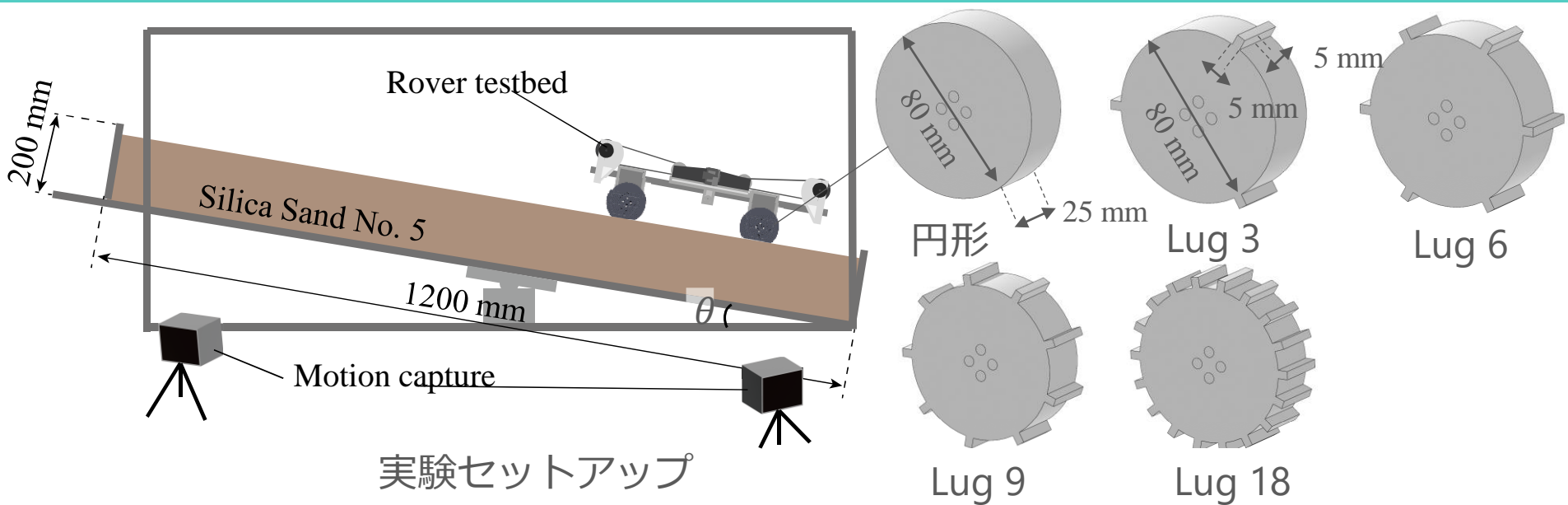


Lug 9

- 沈下量が増加すると支持力は増える
- ラグ付き車輪のほうが支持力は若干大きい
- ラグ個数と支持力の大小関係は不明瞭



# 実験一 走行試験



## 実験条件

Description (Unit)	Value
Soil (-)	Silica sand No. 5
Wheel size (mm)	80
Wheel width (mm)	25
Traveling method	Normal, PPL, APPL
Wheel type	Circular, Lugged

## 評価指標：スリップ率

$$s = \left(1 - \frac{x_t}{x_0}\right) \times 100 \dots (1)$$

$x_0$ : 斜度0度での走行距離

$x_t$ : 各斜度での走行距離

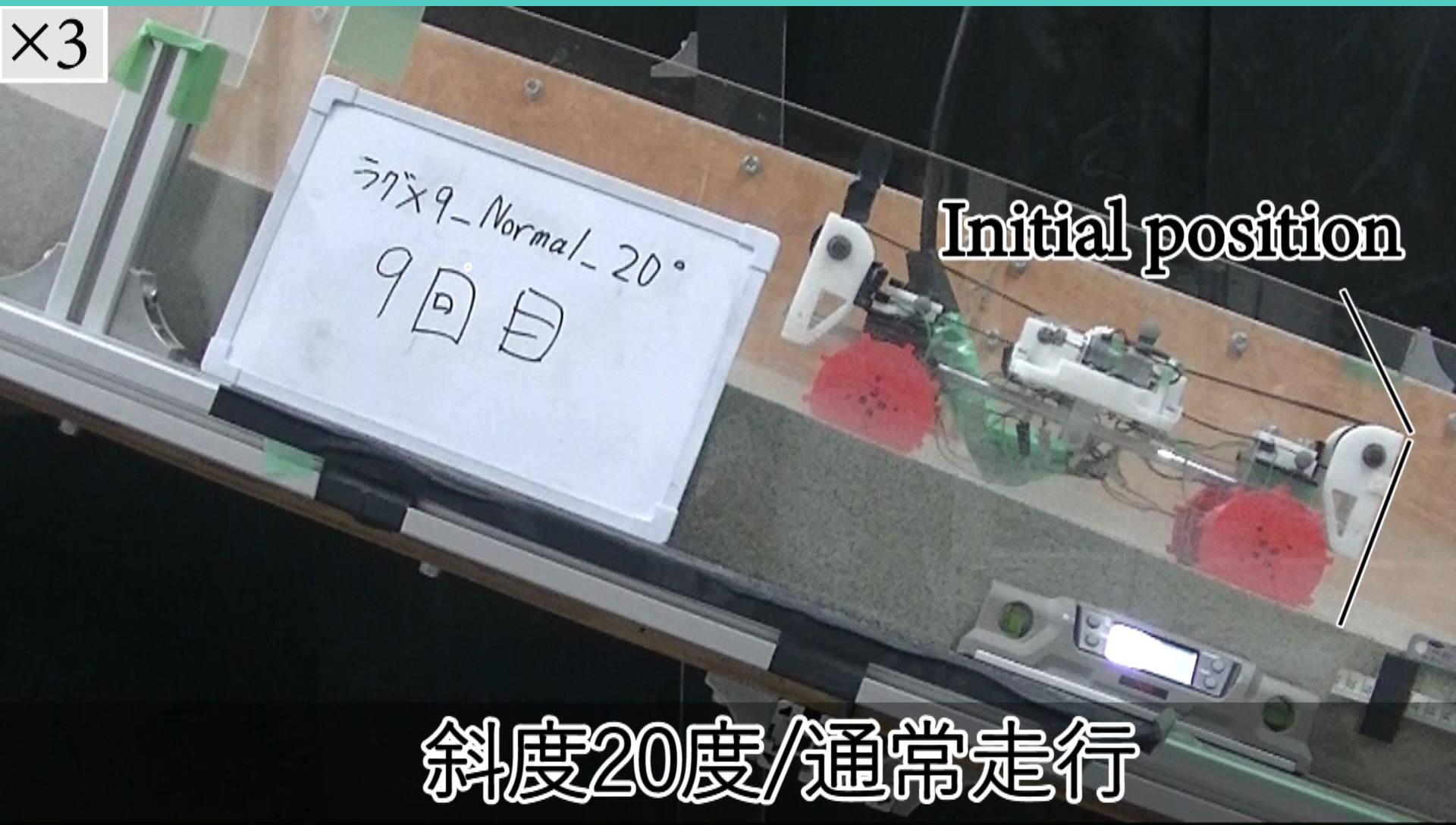
走行性能が悪いとスリップ率上昇

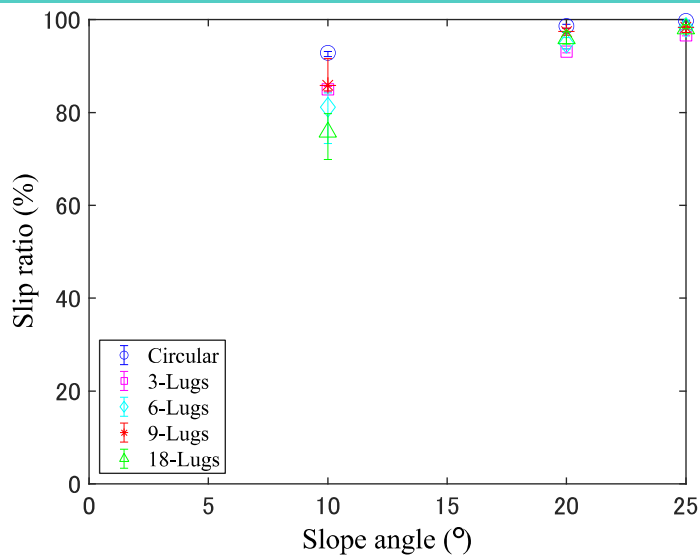
×3

57×9\_Normal-20°  
9回

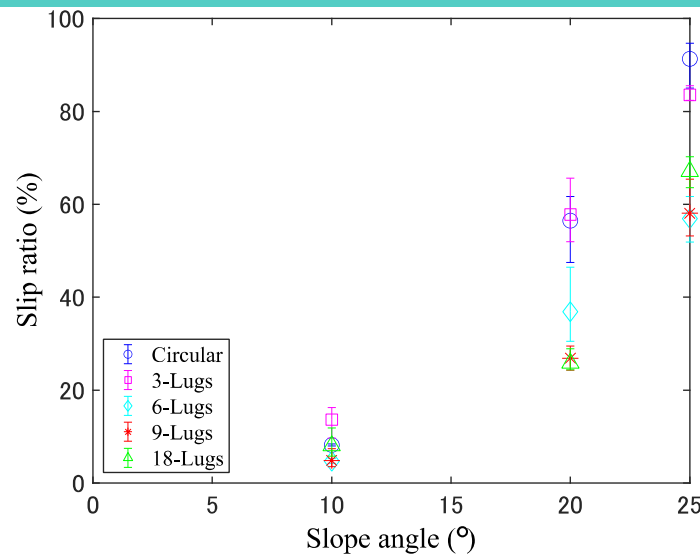
Initial position

斜度20度/通常走行

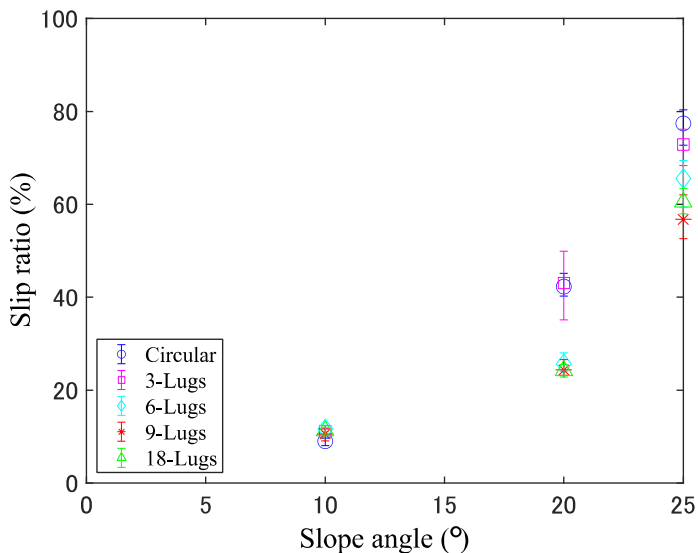




通常走行



PPL走行



APPL走行

高斜度

APPL > PPL > 通常走行

低斜度

PPL > APPL > 通常走行



スズキ, シニアカー [a]



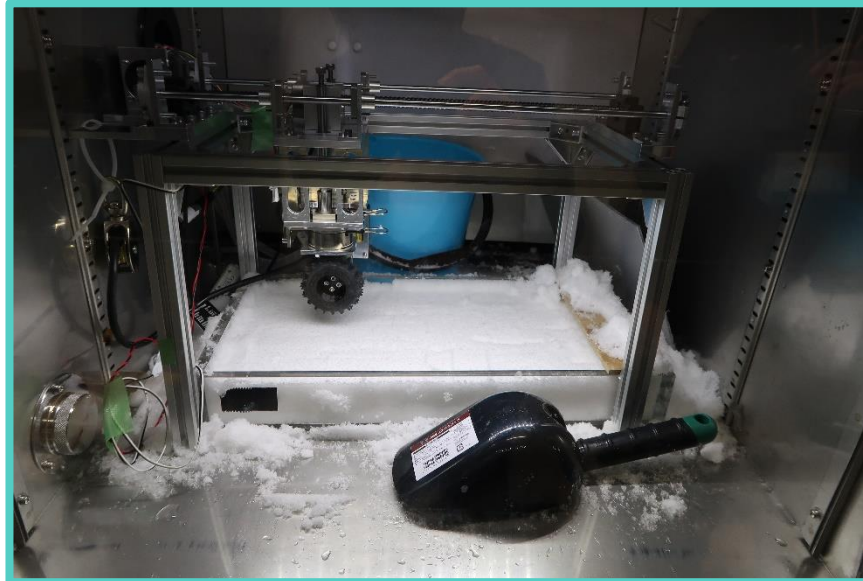
雪上での車いすの移動[b]

シニアカーや車いすの雪道での走行は未対応  
→高齢者などの買い物弱者へ需要

## 使用する雪上走行面の調査

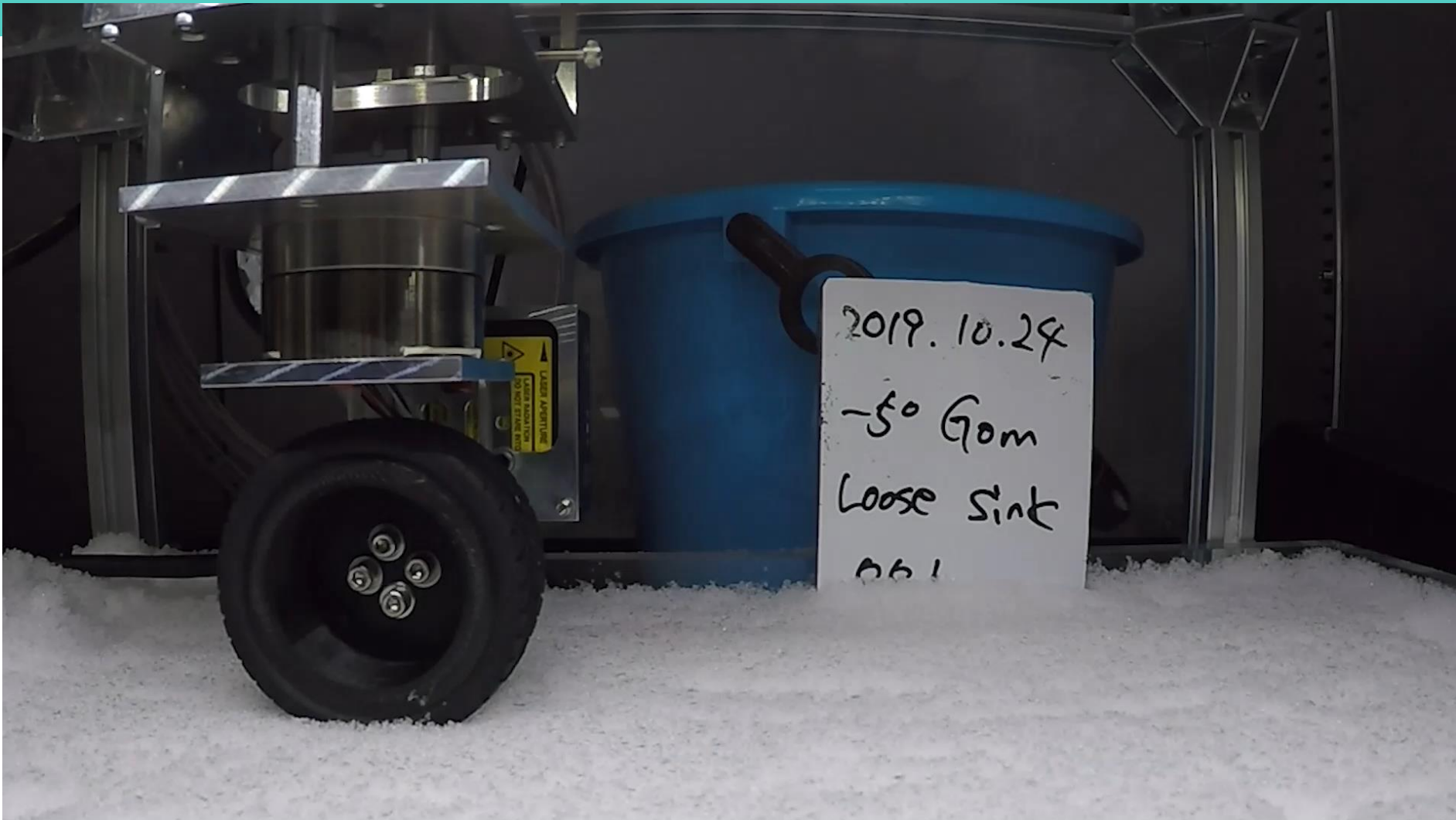
- ・雪の環境 積雪10cm  
(粉雪・べた雪・シャーベット)
- ・坂の勾配 8%
- ・段差 40mm

季節が夏だったこともあり, まずは, 単輪試験で車輪支持試験実施する



試験機設置状態  
試験条件

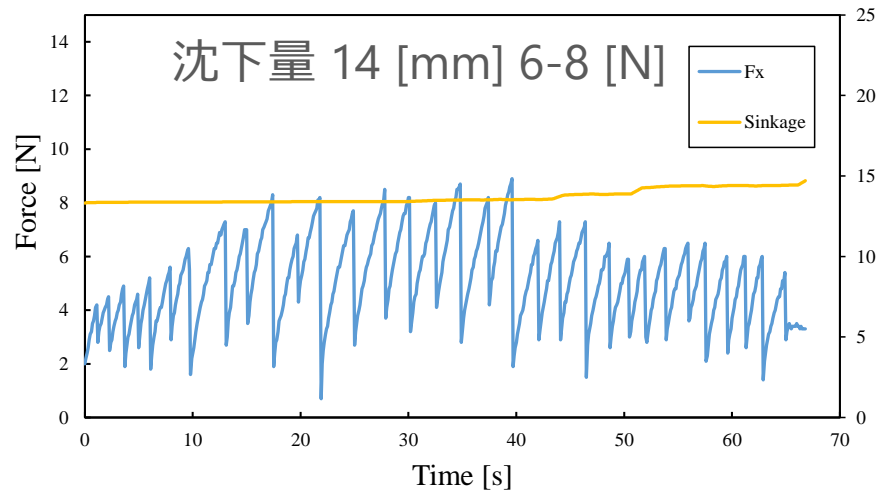
設定温度 [°C]	-5	
雪	乾雪 (MTS冰雪研究所) ーゆる詰め雪, しまり雪	
車輪	車輪サイズ [mm]	径65, 幅26
	車輪荷重 [N]	5
	車輪種類	剛体, ゴムタイヤ, スパイクライクタイヤ
測定項目	力, 沈下量	
雪の状態確認項目	密度, せん断抵抗	



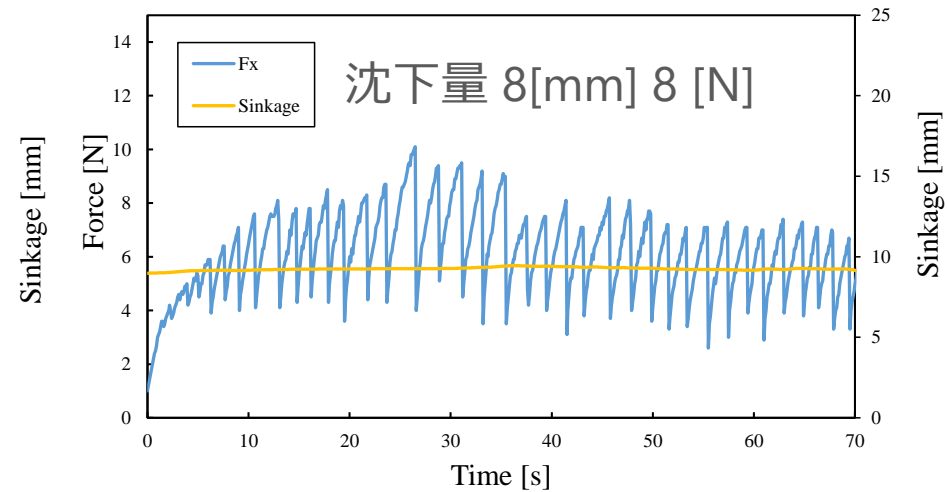
車輪牽引の様子 締固めなし雪

→砂と比べて、力の変化が激しい、ある程度締め固まっても掘ることはできた

# 車輪沈下，支持力試験 沈下量，支持力結果



ゴム車輪，締め固め無雪



ゴム車輪，締め固め有雪

沈下量が少ないにもかかわらず，締め固めると支持力上昇？

ご清聴ありがとうございました

