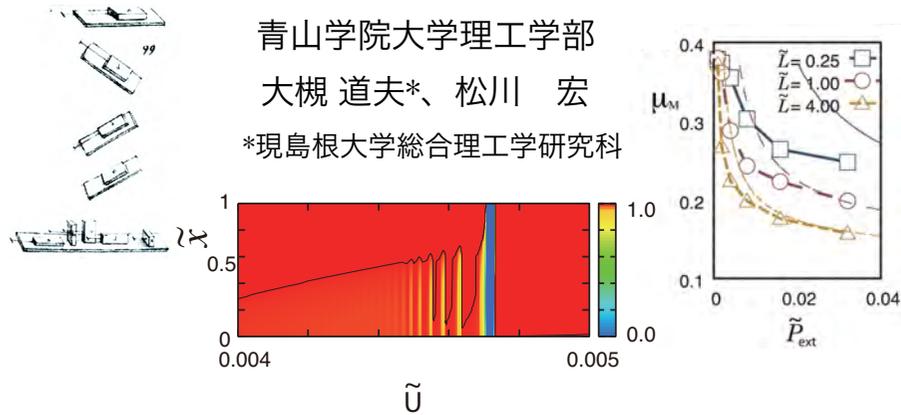


## 摩擦の新法則を発見

-荷重を大きくすると摩擦係数は減少する-



Michio Otsuki & Hiroshi Matsukawa: "Systematic Breakdown of Amontons' Law of Friction for an Elastic Object Locally Obeying Amontons' Law", Scientific Reports 3 1586, 2013.

自動車の自動変速機構

トロイダルCVT(無限段変速)

入力側 **トップ** 出力側      入力側 **ロー** 出力側



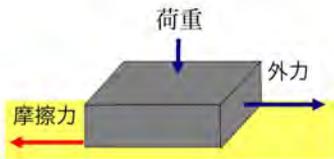
ギア比を変えるときには摩擦は小さく、  
動力を伝えるときには摩擦は大きくなって欲しい。

**摩擦の制御が重要**

従来は潤滑剤などを工夫

潤滑剤なしで摩擦を制御できないか？

## 摩擦力とは？



運動に必要!!



スパイクと地面の間の摩擦

外力 < 最大静摩擦力

静止

外力 > 最大静摩擦力

運動 ← 動摩擦力

**運動の邪魔!!**

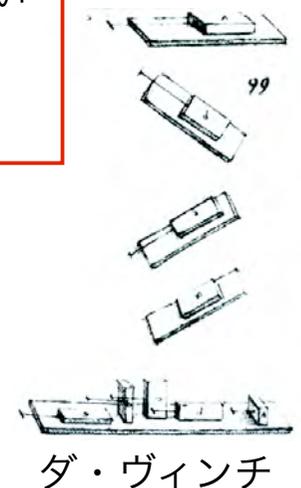


タイヤと路面の間の摩擦

## 摩擦の法則

(アモントン-クーロンの法則)

- 摩擦力は見かけの接触面積に依らない
- 摩擦力は荷重に比例する  
摩擦力 / 荷重 = 摩擦係数 : 一定
- 動摩擦力は静摩擦力より小さく  
**アモントンの法則**  
速度に依らない



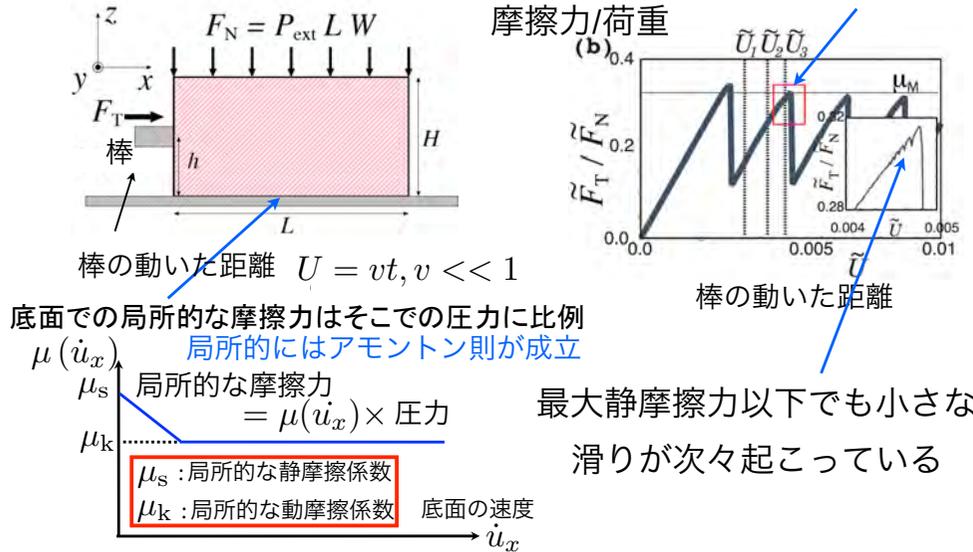
ダ・ヴィンチ

# 今回の研究

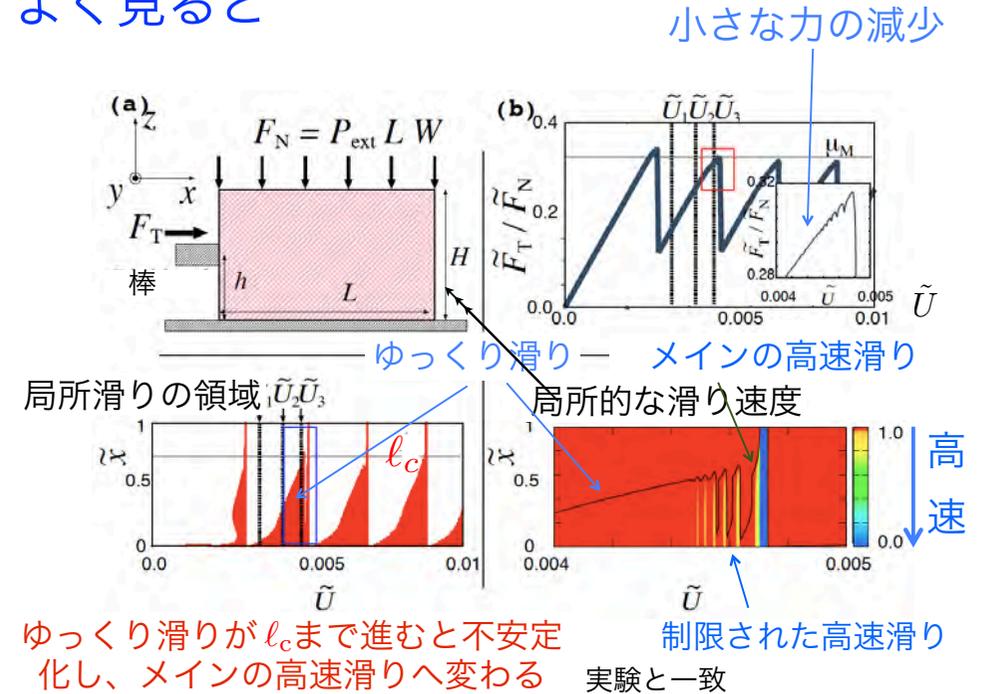
弾性体のブロックを後ろから棒で押す

数値実験 + 理論計算

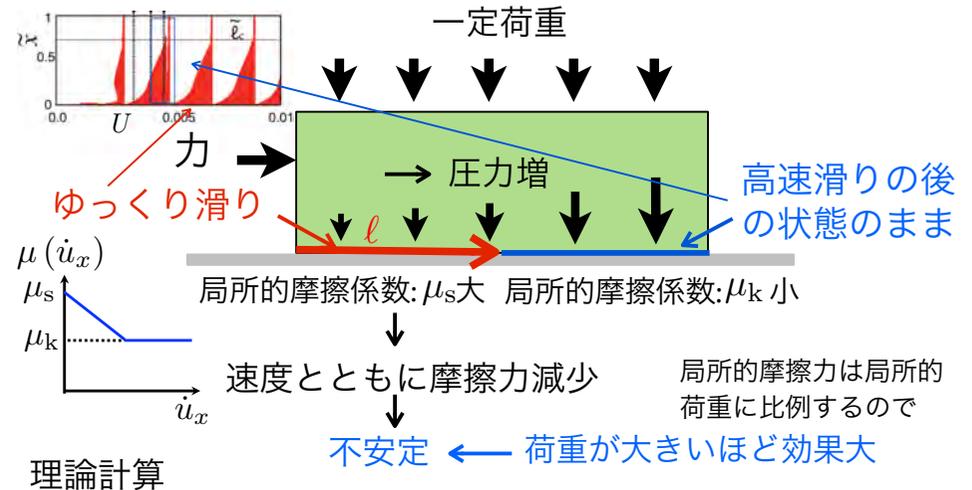
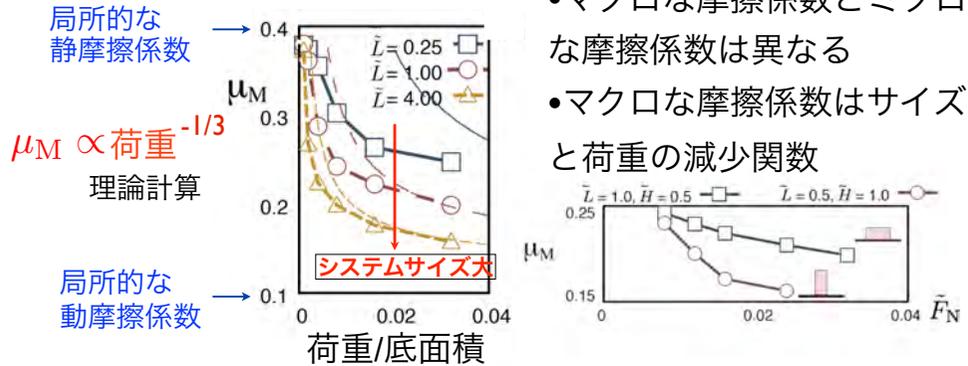
最大静摩擦力



# よく見ると



$\mu_M$ : ブロック全体の静摩擦係数 (マクロな静摩擦係数)



$l$ がある臨界長  $l_c$ に達すると不安定化してメインの高速滑りへ  
→ ブロック全体が滑る 最大静摩擦力

$l_c$ が大きいほどブロック全体の静摩擦係数大  
荷重が大きいほど  $l_c$ 小 → ブロック全体の静摩擦係数小

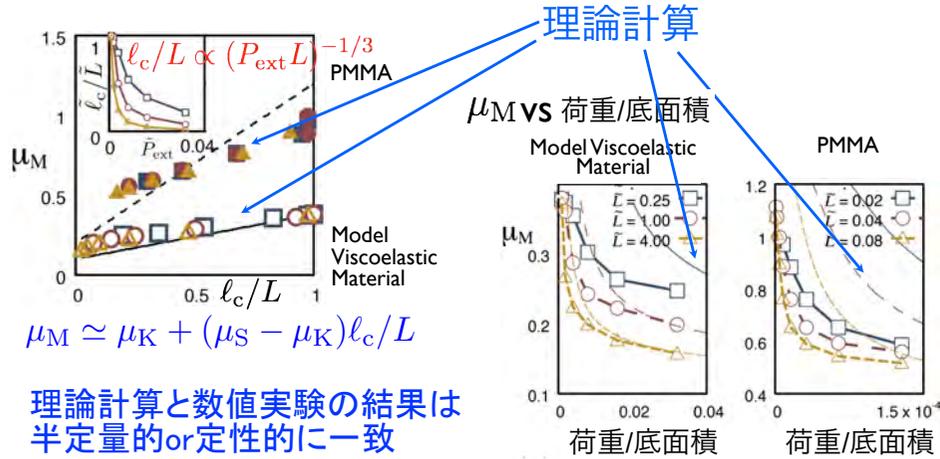
マクロな摩擦係数はサイズと荷重の減少関数  
アモントン則の破れ

注) 局所的にはアモントン則が成立する弾性体

摩擦係数  $\propto$  荷重  $^{-1/3}$

新しい摩擦の法則を発見

ブロック全体の静摩擦係数 $\mu_M$ vs臨界長 $l_c$



$l_c/L \ll 1$  or  $\approx 1$ となる圧力、系の長さor他のパラメータの値では $\mu_M$ はほぼ一定

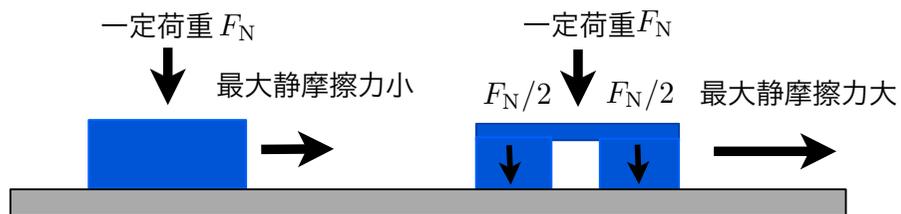
→ アモントン則が近似的に成立

### まとめ

一般に弾性体では最大静摩擦力は荷重に比例しない。

### アモントンの法則の破れ

摩擦係数  $\propto$  荷重<sup>-1/3</sup>



接触面の形状で摩擦を制御!!

一致する実験結果を得つつある。