

# スポットライト

～第5回「高校生・高専学生ポスター発表」最優秀賞～

## スティックスリップ現象における理論周期の導出と検証

岡山県立津山高等学校

保田千代 荒田祐希 仁木心音

私たちはスティックスリップ現象について研究しています。この現象は静止摩擦力が作用するスティック(固着)状態と、動摩擦力が作用するスリップ(すべり)状態が、交互に表れる現象です。私たちがこの現象を知ったのは、学校の椅子を引いた際の不快音の原因を突き止めようと調べていた時のことです。メカニズムを知ることによって興味が増え、それが研究をはじめのきっかけになりました。そして私たちが研究にのめりこませたもう一つの要因は紛れもなく「欲望」でした。私たちは、この現象による不快感を軽減する方法を見つけたいという一心で研究にのめり込みました。その方法を見つけ、対策を適用した画期的な製品を開発し、メディアの世界に進出するという夢を描いていたからです。今回の研究では開発まで及ばなかったものの、現象に対する理解を深めることができました。そして、今、私たちの「欲望」は満たされていると感じています。金属学会誌「まてりあ」に掲載していただき、「興味」がこのような結果に結びついたことを大変嬉しく思っています。今回は、未熟ではありますが、私たちが科学への興味と躍進への欲望をもって打ち込んだ研



図1 ゴム板でスティックスリップ現象を起こす実験。(オンラインカラー)

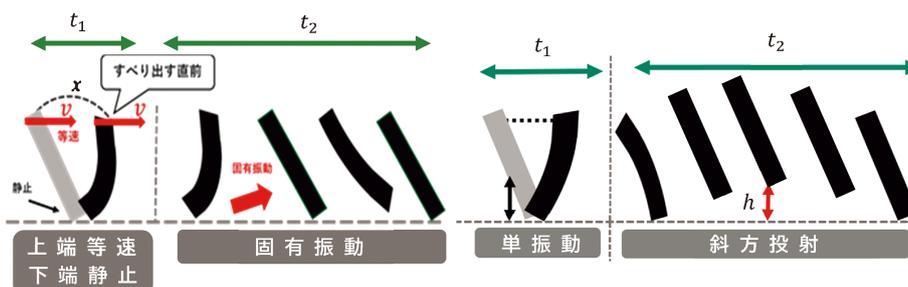


図2 左：固有振動モデル 右：バウンドモデル。(オンラインカラー)

究を紹介しようと思います。

スティックスリップ現象で生じる音の高低は、物体の固有振動数により決定されます。私たちは固有振動数がスティックスリップ現象の周期に影響を与えているのではないかと考え、周期の研究を始めました。スティックスリップ現象の周期を  $t=t_1+t_2$  と置き、スティック時間  $t_1$  と、スリップ時間  $t_2$  を決定するための理論モデルを考案しました。そしてゴム板をラジコンカーで水平に牽引することにより現象を起こし(図1)、実験から得られた周期と比較して考察を行いました。

初めに  $t_2$  がゴム板の固有振動の  $3/4$  周期ではないかと考えて「固有振動モデル」を作成しました(図2)。

$$t=t_1+t_2=x/v_0+3\pi/2\sqrt{3EI/mL^3}$$

$t_1$  はゴム板の上端が一定の速さ  $v_0$  で  $x$  変位したときに、下端が最大摩擦力をむかえてすべりはじめるまでの固着時間として設定しました。 $E$  はゴム板のヤング率、 $I$  はゴム板の慣性モーメント、 $m$  はゴム板の質量、 $L$  はゴム板の固定位置から下端までの長さです。 $t_2$  はゴム板の面に垂直な方向に力を加えて変形させたときの復元力から運動方程式を立てて周期を導出<sup>(1)</sup>し、その  $3/4$  周期としました。

しかし結果は、理論周期が実測値の時間を  $t_1, t_2$  とともにうまく説明できていませんでした。そこで私達は、原因を調べるため実験動画をより詳しく観察してみました。すると、予測していたよりもゴム板は大きく曲がらないままで跳ね上がっていることが分かりました。そこでゴム板を鉛直方向に単振動するばねに見立てることで、その  $1/2$  周期が床から飛び上がるまでの時間  $t_1$  と考えることにしました。そしてその後滞空時間  $t_2$  の斜方投射をしていると仮定して「バウンドモデル」を作成しました。

$$t=t_1+t_2=\pi\sqrt{m/k}+\sqrt{8h/g}$$

ここで、 $k$  は比例定数、 $m$  はゴム板の質量、 $g$  は重力加速度の大きさ、 $h$  はゴム板の下端の最高点です。

結果は、 $t_1$  は誤差の範囲で一致しました(表1)。つまり、 $t_1$  は鉛直方向の単振動の周期に関係すると考えれば、実験結果を上手く説明できることが分かりました。ただし  $t_2$  に関しては鉛直方向の力をうまく制御できず、単純な斜方投射にはならなかったと考えられます。

今回の研究ではスティックスリップ現象の周期には物体の

表1 バウンドモデルの理論周期と実測値の比較. 10回のバウンドの平均値として  $t_2$  と  $t$  を測定し, 時間分解能の関係上  $t_1$  は直接測定せず  $t_1 = t - t_2$  から導出しました.

	理論値(s)	実測値(s)
$t_1$	0.021±0.002	0.015±0.009
$t_2$	0.071±0.006	0.047±0.005
$t$	0.092±0.006	0.062±0.003

弾性定数と関連する固有振動は関係ないという結論になってしまいましたが, 実験条件によっては関係性が現れるのではないかと考えています. 実際, 金属学会の審査員の方からも, 荷重を変えていくことで固有振動が見えてくるのではないかとのご指摘もいただきました. 私たちは, スティックスリップ防止のために, 発生する不快音制御の面からアプローチしたいと考えているので, 今後は実験条件を変えつつ固有振動との関係について深めていきたいと思ひます.

私たちが通う岡山県立津山高等学校はスーパーサイエンス

ハイスクール(SSH)に指定されています. 恵まれた環境で私たちは興味のある研究に取り組むことができ, 今年度私たちだけでなく同級生たちも各種学会で多くの賞を受賞することができました. 今年度は新型コロナウイルスの影響によりオンラインでの開催となりましたが, 今まで一心一意に行ってきた研究を発表する場をこのように設けて頂き感謝しています. 研究発表を行うことでしか味わえない達成感や審査員の方とのディスカッションの時間は本当に有意義なもので, 研究することの楽しさを改めて実感しました. 審査員の方が私たちの研究に興味を示してくださったり, 「この研究は続けるともっと面白いものになる」と励まして下さったりとこの研究をさらに発展させていくうえで大きなモチベーションとなりました. 研究成果が認められることの面白さを是非もっと多くの学生の方に体験してもらいたいと思ひます.

## 文 献

- (1) 佐藤 理: 連続体の力学, 朝倉書店, (2000), 14-29.  
 (2021年6月21日受理)[doi:10.2320/materia.60.593]  
 (連絡先: 〒708-0051 岡山県津山市椿高下62)

