

摩擦とは何なのか？ 実験データからひもとく

ご購入はこちら

新井 正敏

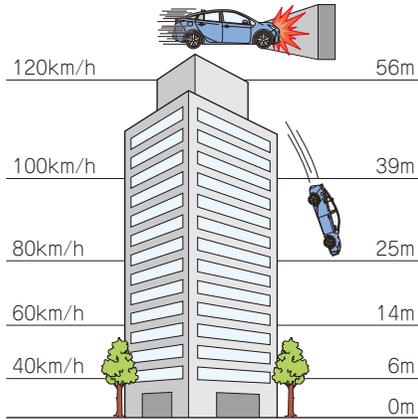


図1⁽¹⁾ 車両速度と衝撃力…スピードが2倍になると衝撃は4倍になる

今までは、摩擦がない場合の物理現象について説明してきました。本章では、摩擦とは何なのかを、実験データを使いながら説明します。実際の現場では、実データを論理的に整理し、検証を行います。

トレーラの制動距離から摩擦を考えてみる

トレーラ単体が急制動した際の速度と制動距離の関係について考えます。

「スピードの出し過ぎは危険である」とよく言われます。図1に示すように、スピードが2倍になると衝撃は4倍になると説明されています⁽¹⁾。

エネルギー保存則に基づき、運動エネルギーは速度の2乗に比例します(第4章)。ここでは、トレーラが急制動したときの運動を、摩擦力によるエネルギーの損失として捉え、仕事とエネルギーの関係から、速度の2乗に比例して制動距離が伸びることを示し、それとともに減速運動の微分方程式を導出します。

● トレーラの運動エネルギーと摩擦の関係

トレーラは下記前提条件で急制動するものとします。

▶ トレーラ急制動の前提条件

- 車両質量： M [kg]
- 初速度： v_0 [m/s]
- 摩擦係数： μ_0
- 重力加速度： $g \div 9.81$ [m/s²]
- 水平直線運動，空気抵抗は無視

▶ 運動エネルギーと制動距離

初期の運動エネルギーが、摩擦によって全て失われると仮定すると、

$$\frac{1}{2}Mv_0^2 = \mu_0 Mgx$$

$$\frac{1}{2}Mv_0^2 = \mu_0 Mgx$$

より、停止距離は質量に関係なく次のようになります。

$$x \text{ [m]} = \frac{v_0^2}{2\mu_0 g} \dots\dots\dots(1)$$

スピードと車の特性⁽²⁾から、速度と停止距離の関係は表1と図2になります。

なお、停止距離 x_q は、

$$x_q = x_p + x_0$$

で与えられます。ここで空走距離 x_p は運転者がブレーキを踏むまでの距離で速度に比例し、制動距離 x_0 はブレーキ後に停止するまでの距離で速度の2乗に比例します。

● 減速運動の微分方程式の導出

速度 $v(t)$ を時間の関数として扱うと、摩擦力による加速度は一定であるので、運動方程式は次のように表せます。

$$F = Ma(t) = M \frac{dv(t)}{dt} = -\mu_0 Mg \dots\dots\dots(2)$$

※摩擦力 F は $-\mu_0 Mg$ のように、進行方向に対して常に逆向きに働く。

式(2)を M で割り、初速度 $v(0) = v_0$ を与えると、

$$\frac{dv(t)}{dt} = -\mu_0 g \Rightarrow v(t) = v_0 - \mu_0 g t \dots\dots\dots(3)$$