止まる距離を 300 倍にすると加速度は 300 分の 1、頭の損傷の目安は約 2 万分の 1

— 加速度は距離に反比例するが、HIC15 は加速度の 2.5 乗と 15 ミリ秒の窓が効いて 20784.609691 分の 1 まで下がる — 分離子は、危なさを最大の加速度で測るか、時間で重み付けた目安で測るか——そして力の形 — [論文790]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

ぶつかったときの衝撃は、止まるまでの距離をのばすほど小さくなる。車がわざと潰れるように作られるのはそのためである。止まる距離と力の形を変えて、最大の加速度と、頭への損傷の目安として使われる HIC15 がどれだけ下がるかを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、最大の加速度は、止まる距離に反比例する——一定の力で 1 mm なら 5098.581065 G、30 cm なら 16.995270 G で、ちょうど 300 分の 1（第2節）。 第二に、これが本稿の芯である。頭への損傷の目安は、加速度よりずっと大きく下がる——HIC15 は 371238.763569 から 17.861233 へ、20784.609691 分の 1（第2節）。 第三に、同じ距離でも、力の形で最大の加速度が変わる——ばねの形は一定の力の 2.000000 倍、半正弦の形は 1.570796 倍（第3節）。 第四に、長い衝撃ほど、力の形の差が HIC15 に大きく出る——ばね／一定 の HIC15 は 1 mm で 1.842216、30 cm で 5.082518（第3節）。 第五に、距離をのばす効き目も、力の形で変わる——1 mm → 30 cm の HIC15 の比は、ばねで 7533.616012、半正弦で 9193.258966（第3節）。 第六に、分離子は、危なさを最大の加速度で測るか、時間で重み付けた目安で測るか——そして力の形である——「止まる距離をのばせば衝撃は距離に反比例して小さくなる」は、何で測るかと力の形を言うまで真偽が決まらない（第4節）。 キーワード：衝撃、止まる距離、減速度、HIC15、力の形、エネルギー吸収。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——一定の減速で止まるときの加速度が速さの二乗を距離の二倍で割ったものになること、同じ距離なら力を一定に保つと最大の加速度が最も小さいこと、頭への損傷の目安 HIC15 の定義は、いずれも既知である（ホアン 2002、ルー＆ユー 2003）。HIC15 は目安として使う——けががどう起こるか、HIC15 がどこまで当たるかは扱わない。力の形は三つだけ——一定、距離に比例するばね、時間に対する半正弦の三つで、実在の潰れ方の曲線は扱わない。速さは代表値である——10 m/s から止まる場合だけを見る。設計を勧めない——車やヘルメットの作り方は述べない。既刊との関係：論文617 は、弁を閉じる時間が管の往復より短ければ、水撃の圧力は閉じ方によらないことを示した——その射程注記は配管の選び方や閉じる時間の目安を述べないと明記していた。そこでは急に止めたときの力が止め方によらなかった。ここでは止まる距離を決めても力の形で最大の加速度と HIC15 が変わり、距離をのばすと HIC15 は加速度の比よりずっと大きく下がることを数える。加えたのは、四つの距離と三つの力の形で、最大の加速度と HIC15 を並べたこと、どの形も決めた距離でちょうど止まることを積分で確かめたこと、一定の力の HIC15 を閉じた式と照らし、刻みを変えて数値の差を測ったこと、分離子を「何で測るか」と「力の形」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：速さ v から距離 s で止まる。力が一定なら加速度は $v^2/(2s)$、力が距離に比例するばねなら最大は v^2/s、時間に対して半正弦なら最大は $\pi v^2/(4s)$ である。頭への損傷の目安 HIC15 は、15 ミリ秒以内の窓で次の量の最大を取る。

$$\mathrm{HIC}_{15} = \max_{t_2 - t_1 \le 15\,\mathrm{ms}} \left\{ (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{a(t)}{g}\, dt \right]^{2.5} \right\}$$

力が一定なら、止まる時間を $T = 2s/v$ として $\mathrm{HIC}_{15} = \min(T, 0.015)(a/g)^{2.5}$ になる。$v = 10$ m/s と置く。

問い：止まる距離をのばすと、衝撃はどれだけ小さくなるか。

2. 止まる距離

計算 2.1：四つの距離と三つの力の形で、運動を積分して決めた距離で止まることを確かめ（最大のずれ 2.104×10^{-13}）、最大の加速度と HIC15 を出した。一定の力の HIC15 は閉じた式と相対差 2.598×10^{-14} で一致し、ばねと半正弦は刻みを倍にしても相対差 9.638×10^{-6} だった。

止まる距離	力の形	最大の加速度	止まる時間	HIC15
1 mm	一定	5098.581065 G	0.000200 秒	371238.763569
1 mm	ばね	10197.162130 G	0.000157 秒	683901.963448
1 mm	半正弦	8008.832409 G	0.000200 秒	476019.218218
1 cm	一定	509.858106 G	0.002000 秒	11739.600486
10 cm	一定	50.985811 G	0.020000 秒	278.429073
30 cm	一定	16.995270 G	0.060000 秒	17.861233
30 cm	ばね	33.990540 G	0.047124 秒	90.780040
30 cm	半正弦	26.696108 G	0.060000 秒	51.779159

> **観察 2.2**
>
> 最大の加速度は、止まる距離に反比例する。一定の力で 1 mm なら 5098.581065 G、30 cm なら 16.995270 G で、比はちょうど 300 である。

> **観察 2.3**
>
> これが本稿の芯である。頭への損傷の目安は、加速度よりずっと大きく下がる。HIC15 は 371238.763569 から 17.861233 へ、20784.609691 分の 1 になる——加速度が 2.5 乗で効き、しかも止まる時間が 15 ミリ秒の窓を超えると窓の長さで頭打ちになるので、距離をのばした効き目は加速度の比 300 よりはるかに大きく出る。

3. 力の形

計算 3.1：同じ距離での、力の形どうしの比と、距離をのばしたときの HIC15 の比を出した。

止まる距離	最大の加速度 ばね／一定	半正弦／一定	HIC15 ばね／一定
1 mm	2.000000	1.570796	1.842216
1 cm	2.000000	1.570796	1.842216
10 cm	2.000000	1.570796	2.456288
30 cm	2.000000	1.570796	5.082518

力の形	1 mm → 30 cm の最大の加速度の比	HIC15 の比
一定	300.000000	20784.609691
ばね	300.000000	7533.616012
半正弦	300.000000	9193.258966

観察 3.2

同じ距離でも、力の形で最大の加速度が変わる。ばねの形は一定の力の 2.000000 倍、半正弦の形は 1.570796 倍である——同じ距離でエネルギーを受け止めるなら、力を一定に保つ形が最大の加速度を最も小さくする。

観察 3.3

長い衝撃ほど、力の形の差が HIC15 に大きく出る。ばね／一定 の HIC15 は、止まる時間が窓より短い 1 mm・1 cm では 1.842216 だが、30 cm では 5.082518 になる。距離をのばしたときの HIC15 の比も、一定で 20784.609691、ばねで 7533.616012、半正弦で 9193.258966 と形で違う——窓より長い衝撃では、山のとがった形ほど窓の中に強い部分が集まる。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、危なさを最大の加速度で測るか、時間で重み付けた目安で測るか——そして力の形である。最大の加速度なら距離を 300 倍にして 300 分の 1、HIC15 なら一定の力で 20784.609691 分の 1、ばねなら 7533.616012 分の 1 である——「止まる距離をのばせば衝撃は距離に反比例して小さくなる」は、何で測るかと力の形を言うまで真偽が決まらない。

> **観察 4.2**
>
> 論文617 と並べる。617 は、閉じる時間が管の往復より短ければ、水撃の圧力は閉じ方によらないことを示した——ここでは止まる距離を決めても、力の形で最大の加速度が 2.000000 倍、HIC15 が 5.082518 倍変わることを数えた。止め方によらない力と、止め方で変わる害になる。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。けがの起こり方も、HIC15 の当たり方も、車やヘルメットの設計も扱わない——示したのは、距離と形と物差しで、衝撃の小さくなり方が大きく変わることである。

5. 点呼と結び

1. 1 mm で **5098.581065 G**（計算 2.1）：短い距離の加速度。
2. 30 cm で **16.995270 G**（観察 2.2）：300 分の 1。
3. HIC15 **371238.763569** から **17.861233**（計算 2.1）：目安の下がり方。
4. **20784.609691** 分の 1（観察 2.3）：本稿の芯。
5. ばね／一定 **2.000000**（観察 3.2）：力の形の差。
6. 半正弦／一定 **1.570796**（観察 3.2）：力の形の差。
7. HIC15 ばね／一定 **5.082518**（観察 3.3）：長い衝撃で広がる。
8. ばねで **7533.616012** 分の 1（観察 3.3）：形で効き目が変わる。
9. 止まる距離のずれ 2.104×10^{-13}（計算 2.1）：どの形も決めた距離で止まる。
10. 何で測るか、力の形（観察 4.1）：分離子・論文617。

結び：止まる距離を 300 倍にすると、最大の加速度は 300 分の 1、頭への損傷の目安は 20784.609691 分の 1 になる。速さ 10 m/s から一定の力で止まると、止まる距離 1 mm で 5098.581065 G・HIC15 371238.763569、30 cm で 16.995270 G・HIC15 17.861233 である——加速度は距離に反比例するが、HIC15 は加速度の 2.5 乗と 15 ミリ秒の窓が効いて、はるかに大きく下がる。同じ距離でも、ばねの形は最大の加速度が 2.000000 倍、半正弦は 1.570796 倍になり、30 cm では HIC15 がばねで一定の 5.082518 倍になる——距離をのばす効き目そのものも、力の形で 20784.609691 分の 1 から 7533.616012 分の 1 まで変わる。分離子は、危なさを最大の加速度で測るか、時間で重み付けた目安で測るか——そして力の形である。既刊との位置——論文617 は止め方によらない水撃の圧力を数えた。ここは止め方で変わる衝撃の害を数えた。正直に言えば——HIC15 は目安として使っただけで、けがの起こり方も設計も扱っていない。

参考文献

1. Huang, M. (2002). *Vehicle Crash Mechanics*. CRC Press.
2. Lu, G., & Yu, T. (2003). *Energy Absorption of Structures and Materials*. Woodhead Publishing.
3. 山岸勇輝 (2026). 『弁を閉じる時間が管の往復より短ければ、水撃の圧力は閉じ方によらない』[論文617]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014494

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)