

## 小指の痛みと運動の法則

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-09-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊谷, 正朗 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/207">https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/207</a>

## 小指の痛みと運動の法則

その日、「いったああ」という叫び声とともに私は部屋でうずくまりました。激痛の走った右足の小指を見ると、真っ赤な血が。ご想像のとおり、視界の外にあった、子ども用の椅子を思い切り蹴っ飛ばした、というありがちな事故です。さすがに血が出るほどということは経験なく、翌日も歩き方のバランスがずれていました。

さて、小指をぶつけると、なぜ痛いのでしょうか。もちろん、体のどこをぶつけても痛いのは痛いのですが、こと足の小指は、普通に歩いている程度でぶつけてもつらいです。もっとも、普通に歩いているぶつけるのはそこくらいかもしれませんが。生体的な面については専門家の解説に任せるとして、ここではメカ的な面から見てみましょう。

この惨事の力学的解釈は「衝突」です。たとえば、片足で立って、もう一方の足の小指を柱などにぐりぐり押しつけたとしても、爪が割れたり流血したり、ということはありません。一つには、人間の制御系がこういう動作を自動的に抑制するということがあります。そもそも、自立した状態では足先にそれほど大きな水平方向の力をかけられません。そのため、小指にかかった力は、静的な力ではなく、歩いているという運動の中での動的な力です。

衝突とは、運動中の物体が別の物体に当たり、

その速度が変わる現象です。高校物理では、運動量保存の法則や跳ね返り係数などとともに説明されます。衝突の前後で速度が変わるのは、何らかの力が働いたからです。運動の法則では

$$\text{作用する力} = \text{質量} \times \text{加速度}$$

$$\text{加速度} = \text{時間当たりの速度変化}$$

です。運動中の物体が、最終的に速度ゼロになって止まるとします。ある程度時間をかけてやんわり止まれば、時間当たりの速度変化である加速度は小さくなります。その結果、その速度変化に必要な力は小さくなります。逆に、一瞬で速度がゼロになるような場合は、この力はかなり大きなものになります。ガラスのコップを固い床に落とすと簡単に割れますが、放り投げたとしても手でキャッチすれば割れません。

小指にかかった力はまさにこの力で、歩行中に振り出した脚が持っていた速度を短時間で止めたことによります。根拠が薄い、いい加減な計算ですが、

脚 1 本 10kg

脚の移動速度 1m/s

時間 1 / 20 秒(0.05 秒)で停止

とすると加速度は  $20\text{m/s}^2$ 、かかる力は  $200\text{N}$  (約  $20\text{kg}$  重) とでます。それが数ミリ四方の小指の先だけに作用したわけですね。

これは衝突を例にしていますので極端です

**熊谷正朗**—KUMAGAI MASAOKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)。同大助手を経て、03年より東北学院大学講師、助教授、准教授、13年より教授。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



が、この速度変化に必要な力を慣性力といい、動くものをつくるときには常に頭に置いておく必要があります。ものの速度を急激に変化させようとすると、この「質量×加速度」分の力は必ず必要になります。「ぶつける」は論外としても、生産設備で速度を上げようとすると加減速が急になります。この場合、メカへの負担と、その駆動をするアクチュエータの負担を運動パターンから算出する必要があります。

この慣性力を低減するには「急な加速をしない」ことが重要で、そのために装置の運動パターンとして、徐々に速度をあげ、一定の速度にして最後に減速する「台形加減速」などが使われます。あらかじめ加減速を低めに押さえることで必要な慣性力が減ります。ただし、台形加減速では、加速や減速の開始と終了で慣性力が急にかかり、急に力が抜けます。この急な力の変化は装置の振動を誘発することがあります。これを避けるには力のかかり方をなめらかに、つまり加速度の変化(加加速度・ジャークと呼ばれています)もなめらかにする必要があります、より高級なS字加減速などが用いられます。

この慣性の法則の別の応用例としては、イガ付きの栗でのキャッチボールがあります。もちろん、イガは痛く、飛んできたものを普通に受けたら短時間で大きな減速の力が必要になるの

で手に刺さります。一方、キャッチの瞬間に栗の速度と手先の速度を合わせてゆっくり減速するようにすれば、力が小さくなるのでなんとかなります。

と、というようなことを、足を沈めないようにしつつお風呂に浸かりながら考えていたのですが、それと同時にもう一つ思っていたことは、「なぜ足の小指があるか」ということです。生き物は進化の過程で、使い道のないものは退化していくといいます。足の小指も普段の活動では役立っている気がしなく、歩行という観点でも安定性の向上に役立っている気がしません(親指あたりはとても重要)。では、何のためかという、もしかすると「ぶつけるために存在」しているのかもしれませんが、小指がなければ、結局は足をぶつけることになりそうです。なので、「最悪は壊れてもかまわない」という前提のバンパーで、かつ「あちこち衝撃が入って問題が起きるからぶつけるんじゃない!」というシステム警告を発するための部位なのではないかと。ただのバンパーなら痛みの感度を落としておけばいいわけですから。考えすぎですかね。

※いろいろと危ないですので、今回の話の内容は試してみないことをお勧めします※