Title	走り抜けるよりベースタッチが早いヘッドスライディングの方法
Sub Title	Diving to the bag in baseball, better than running through it
Author	下村, 裕(Shimomura, Yutaka)
Publisher	慶應義塾大学法学研究会
Publication year	2015
Jtitle	教養論叢 (Kyoyo-ronso). No.136 (2015. 2) ,p.111- 119
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究ノート
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00062752-00000136-0111

研究ノート

走り抜けるよりベースタッチが早い ヘッドスライディングの方法

下　村　　　裕

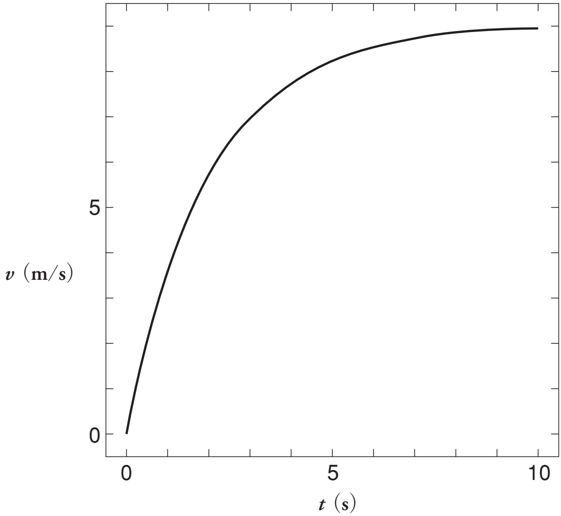
序論

2012年6月21日，朝日新聞の記者から問い合わせを受けた。その年の夏の高校野球東京予選開幕直前に「白球文化を科学する」という連載を予定しているという。そして，その連載テーマのひとつとして「普通に走るのとヘッドスライディングをするのとではどちらが早いのか」を考えていて，実際の計測タイムなどに加え，物理学者に“物理学的にはどちらが早いのか”についてコメントしてもらいたい，とのことであった。

面白いテーマであったので取材を受けることとし，文献を調べ自分なりに考えてみた。野球の試合で打者が一塁に走る場合，ヘッドスライディングより走り抜ける方が早くベースタッチできるという通説が，プロ野球の元選手を含めた多くの人に支持されている[1)]。しかし，私はこの多数派の常識に反する結論を得た。

「踏み切り位置次第で，ヘッドスライディングの方が早い場合がある。疾走速度曲線を使い，手を伸ばすことで50cmほど延びる有利と，加速を失って惰性で飛ぶ不利をはかりにかけた。単純な運動学によると，ベースの手前約10m地点で踏み切ると，同着。それよりベースに近いと，ヘッドスライディングが早いという解を得た。しかし実際には重力や地面との摩擦が働くので，滑り込むより飛び込んだ方が有利となり，ベース手前約4mから踏み切ると，最も早いはずだ。」

図１．疾走速度曲線（v_m = 9m/s, T = 2s）



これは，同年 6 月 29 日の『朝日新聞』[2] に掲載された私のコメントである。

通説に反するこの結論は拙著[3] にも記載したが，それに至る考察については未公表なので，ここにそれを報告する。

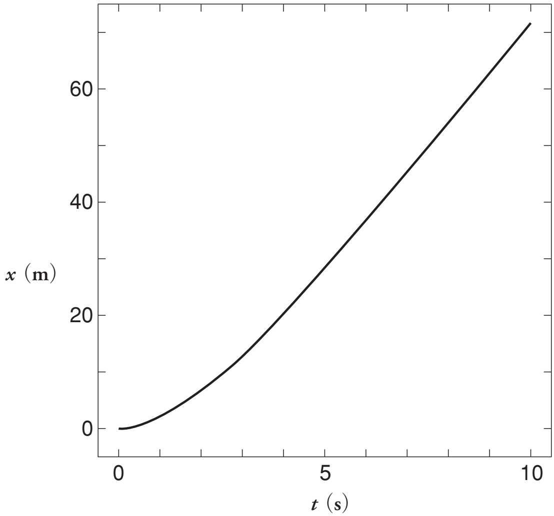
本論

ヘッドスライディングした場合，走り抜ける場合と比べて，加速を失い地面を滑ると減速する欠点がある一方，手を伸ばせる分，到達すべき距離が短いという利点がある [4]。

したがって，ヘッドスライディングの開始位置がベースから遠すぎると，加速を失う時間が増える上に，ベースにタッチするまで地面を滑って減速するため，走り抜ける方が早くベースにタッチできると思われる。

最も効率のよいヘッドスライディングは，ベースの手前で体を倒し，地面を滑らず，手を伸ばしてちょうどベースにタッチする一連の動きであろう。その意味では，ヘッドスライディングの代わりに，ヘッドダイビングと呼ぶべきかもしれない。

図２．疾走距離曲線（v_m = 9m/s, T = 2s）



この最も効率のよいヘッドスライディングは，走り抜ける場合より早くベースにタッチできるだろうか。以下にその定量的な考察を行う。

まず，走者の疾走距離を時間の関数として求める。野球場のベース間距離は約 27.4m なので，走者は短距離を疾走することになる。その場合，走行速さ v の時間（t）変化は，Furusawa et al.[5)–7)] の理論式を用いて近似できることが知られている：

$$v = v_m\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \tag{1}$$

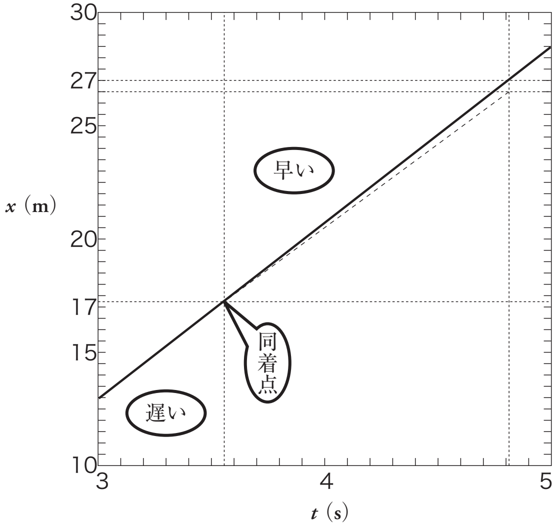
上式において，v_m は漸近する最大の速さ，T は緩和時間を表す定数である。本解析では，100m を約 13 秒で走る走者を仮定し，v_m = 9m/s，T = 2s とする。このときの速さ v は図 1 のように時間変化し，この曲線を疾走速度曲線とよぶ。

式（1）を時間について積分すると，疾走距離 x が時間の関数として得られ，

$$x = v_m\left\{t - T\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)\right\}. \tag{2}$$

と表せる。図 2 に示されている「疾走距離曲線」である。この疾走距離曲線は

図３．疾走距離曲線（実線，v_m＝9m/s, T＝2s）と
途中から等速直線運動に移行した移動距離直線（破線）



走者が加速直線運動して走り抜ける場合の疾走距離を表していて，下に凸の単調増加関数であることに注意しよう。

次に，図 2 の一部（時刻が 3s から 5s，距離が 10m から 30m の部分）を拡大した疾走距離曲線（実線）を描いた図 3 を見てみよう。図 3 には，時刻 3.56s，距離 17.1m のときに走者の疾走が加速直線運動から等速直線運動に移行した場合の移動距離直線（破線）も示されている。等速直線運動の速さである移動距離直線の傾きは，時刻 3.56s における疾走距離曲線の接線の傾きと一致している。そして，時刻 4.82s のとき，疾走距離曲線は距離 27.0m，移動距離直線は距離 26.5m に達している。

ここで，単純な運動学を適用するために，「ベース手前のどこからヘッドスライディングしても，地面を滑らず手を伸ばしてちょうどベースにタッチできる」と仮定する。その場合，走者はヘッドスライディングを開始した後よりベースにタッチするまで宙を飛んでいるので，空気抵抗を無視すれば等速直線運動をすることになる。したがって，図 3 の移動距離直線は，時刻 3.56s，距離 17.1m のときに走者がヘッドスライディングを開始した場合の移動距離を表し

ていると解釈できる。

疾走距離曲線は下に凸の曲線なので，時刻 3.56s 以降は移動距離直線が常にその下にある。これは，ヘッドスライディングをすると加速できず等速になるからである。したがって，ヘッドスライディング後の走者重心の速さは走り抜ける場合のそれよりも遅くなり，この点においてヘッドスライディングは不利である。

しかし，ヘッドスライディングはベースタッチを手で行うので，走者重心が移動すべき距離が短くなるという利点がある。走り抜ける場合，走行中に足を開いた場合の走者重心から足指先までの水平間隔を約 0.4m，最も効率的なヘッドスライディングをする場合，体を水平に寝かせた状態で手を伸ばしたときの走者重心から手指先までの水平間隔を約 0.9m と見積もろう。このとき，スタートベースからゴールベースまでの走者重心が移動すべき距離は，走り抜けると約 27.0m，最も効率的なヘッドスライディングをすると約 26.5m となる。つまり，ヘッドスライディングは，走り抜ける場合に対して，ベースが約 0.5m 近づくので，この点においては有利である。

このような仮定と見積もりを行うと，図 3 は，上記の不利と有利がちょうど相殺するヘッドスライディングを表していることがわかる。つまり，時刻 3.56s，距離 17.1m のときに走者がヘッドスライディングを開始すると，走り抜けた場合と同じ時刻にベースに到達するのである。したがって，「単純な運動学によると，ベースの手前約 10m 地点で踏み切ると，同着」[8] と言える。

また，時刻 3.56s より前に（ベースの手前から約 10m より遠い地点で）ヘッドスライディングを開始すると，ベース近傍で移動距離直線が図 3 の移動距離直線の下に位置するので，走り抜ける方が早くベースタッチできることになる。一方，時刻 3.56s より後に（ベースの手前から約 10m より近い地点で）ヘッドスライディングを開始すると，ベース近傍で移動距離直線が図 3 の移動距離直線の上に位置するので，ヘッドスライディングの方が早くベースタッチできることがわかる。

しかしながら，この結論は，ここで用いた仮定「ベース手前のどこからヘッドスライディングしても，地面を滑らず手を伸ばしてちょうどベースにタッチ

できる」と整合しない。ベースの手前約 10m 地点で踏み切った場合，実際にはベースにタッチする前に地面に着地して滑るからである。そこで，最も効率のよいヘッドスライディングが可能となる踏切地点を求めよう。

走行中の走者重心の高さ（地面からの鉛直距離）を h とすると $h \fallingdotseq 0.8\mathrm{m}$ である。重心は鉛直方向に自由落下するので，重心が自由落下し始めて着地するまでの時間 τ は，重力加速度を $g \fallingdotseq 9.8\mathrm{m/s^2}$ として，

$$\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} \fallingdotseq 0.4\mathrm{s}\,. \tag{3}$$

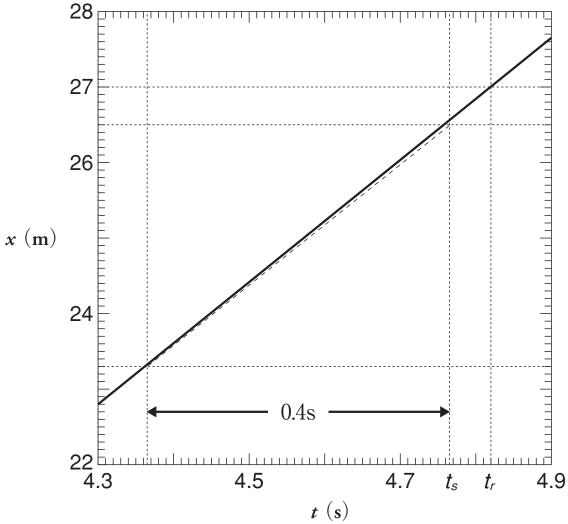
したがって，最も効率のよいヘッドスライディングの開始時刻 t は，方程式

$$26.5 - x = v\tau\ , \tag{4}$$

を満たす。疾走速度 v と疾走距離 x は，それぞれ（1）と（2）で表現されるので，（4）は非線形の方程式となり，解析的には解けない。そこで，ニュートン法を用いて数値的に開始時刻 t を求めると，$t = t_0 = 4.36\mathrm{s}$ であることがわかる。

図 4 は図 3 の疾走距離曲線（実線）の一部（時刻が 4.3s から 4.9s，距離が 22m から 28m の部分）を拡大した図であるが，$t = t_0 = 4.36\mathrm{s}$ でヘッドスライディングを開始した場合の移動距離直線が破線で描かれている。この図によると，最も効率のよいヘッドスライディングが可能となる踏切地点はスタート地点からの距離が 23.3m のところにあり，これはベースの約 4m 手前の地点を意味している（27.4m − 23.3m = 4.1m）。ヘッドスライディング中は等速直線運動であり，そのときの速さ v_0 は，0.4s で $l_S = 3.2\mathrm{m}$（= 26.5m − 23.3m）移動するので，$v_0 = 8.0\mathrm{m/s}$ と見積もれる。一方，走り抜ける場合，この踏切地点からベースタッチまでに移動する距離 l_r は，$l_r = 27.0 - 23.3 = 3.7\mathrm{m}$ となる。そして，ベースタッチできる時刻は，走り抜ける場合は $t_r = 4.82\mathrm{s}$ と読み取ることができ，ヘッドスライディングの場合は $t_s = t_0 + \tau = 4.36 + 0.4 = 4.76\mathrm{s}$ である。したがって，最も効率のよいヘッドスライディングを行えば，走り抜けるよりベースタッチは $t_r - t_s = 0.06\mathrm{s}$ 早いことがわかる。

図 4.　疾走距離曲線（実線，$v_m = 9$m/s, $T = 2$s）と
最も効率のよいヘッドスライディングの移動距離直線（破線）



この時間差の妥当性を，l_r, l_s, v_0 のみを与えた計算によって確かめよう。走り抜ける場合，時刻 t_0 での速度が $v_0 = 8.0$m/s であることから，その時の疾走加速度 a_0 は式（1）より $a_0 = (v_m - v_0)/T = (9.0 - 8.0)/2.0 = 0.5$m/s^2 となる。ヘッドスライディングを開始してからベースにタッチするまでは，わずか 0.4s 程度なので，この間の疾走加速度は一定で a_0 と近似できる。このとき，

$$v_0 t_r + \frac{1}{2} a_0 t_r^2 = l_r \ , \tag{5}$$

が成り立つので，

$$t_r = \frac{v_0}{a_0}\left(\sqrt{1 + \frac{2a_0 l_r}{v_0^2}} - 1\right). \tag{6}$$

ここで，

$$\frac{2a_0 l_r}{v_0^2} = 2 \times 0.5 \times \frac{3.7}{64.0} \approx 0.058 \ll 1$$

なので，式（6）は

$$t_r \fallingdotseq \frac{l_r}{v_0} - \frac{a_0 l_r^2}{2v_0^3} \ , \tag{7}$$

と近似できる。一方，ヘッドスライディングする場合，

$$t_s = \frac{l_s}{v_0} \ , \tag{8}$$

なので，式（7）と（8）より

$$t_r - t_s \fallingdotseq = \frac{l_r - t_s}{v_0} - \frac{a_0 l_r^2}{2v_0^3} = \frac{3.7-3.2}{8.0} - \frac{0.5\times 3.7^2}{2\times 8.0^3} \approx 0.06\mathrm{s} \ , \tag{9}$$

と見積もれ，前述の時間差とほぼ等しくなることが確認できる。

結論

本研究によって，次の結果を理論的に得た。ヘッドスライディングを開始する踏切地点（重心位置）がベースに近い場合（約 4m）はダイビングが可能となり，地面を滑らず手を伸ばす最も効率のよいヘッドスライディングをする方が走り抜ける場合よりわずかに早くベースにタッチできる。ベースから遠すぎると，加速を失う時間が増える上に，ベースにタッチするまで地面を滑らざるを得ず減速するため，走り抜ける方が早くベースにタッチできる。

実測された研究[9)]の結論「一塁ベースへのヘッドスライディングは，ベースタッチまでのスライディング距離を短くすれば，走り抜けるよりもベースタッチが早くなる可能性が示唆された」を支持する結果である。また，序論で言及した『朝日新聞』[10)]の記事には都立雪谷高校の野球部員が実験した結果が報告されており，7 人中 3 人はヘッドスライディングの方が早かった。また，その内の 1 人がヘッドスライディングする連続写真が掲載されており，「ベースの約 5 メートル手前で踏み切り，体がほぼ水平に伸びながら低空を飛んだ」と記述されている。このヘッドスライディングの様子は，踏切距離が約 1m 遠いものの，本研究で結論した最も効率のよいヘッドスライディングに近い。踏切距離が約 1m 遠いという不一致は，この部員の疾走が想定以上に速かったことが

原因と思われる。本解析で用いた v_m や T 等のパラメータ値によって，本研究の定量的結果がどの程度変わるかは，今後の研究課題である。

なお，本研究では式（1）で与えられる単調増加の疾走速度曲線を前提としたが,「疾走速度は単調に増加せず，周期性を持った波状変動を繰り返しながら増加し，定常状態に移行する」という指摘がある[11)]。しかし，疾走速度曲線が振動するとしても，ヘッドスライディングの開始時は地面を踏み切る時点なので，疾走速度が平均よりも大きい瞬間である。したがって，疾走曲線が振動する場合，最も効率のよいヘッドスライディングはより有効であると推測される。

最後に，最も効率のよいヘッドスライディングは，有効であるものの，走り抜けるよりも危険なプレーであると思われるので，実際の走塁ではその観点から推奨できないことを付言する。

注

1）　http://dragox.jpn.org/about/dive.html，2014 年 8 月 29 日.

2）　後藤遼太：「白球文化を科学する― 1. ヘッドスライディング」，『朝日新聞』東京版，2012 年 6 月 29 日朝刊.

3）　下村裕：『卵が飛ぶまで考える―物理学者が教える発想と思考の極意』，日本経済新聞出版社，2013 年，pp. 58－60.

4）　前掲注 1）参照.

5）　Furusawa. K., Hill. A. V., and Parkinson. J. L.:‘The dynamics of“Sprint”Running.’ Proc. Roy. Soc. B, 102（1927）pp. 29－42.

6）　Furusawa. K., Hill. A. V., and Parkinson. J. L.:‘The energy used in“Sprint”Running.’ Proc. Roy. Soc. B, 102（1927）pp. 43－50.

7）　http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/ZZT00001/JpnJPhysEduc_50_189.pdf，2014 年 8 月 29 日.

8）　前掲注 2）参照.

9）　http://dragox.jpn.org/about/g/dive/fuchimoto.pdf，2014 年 8 月 29 日.

10）　前掲注 2）参照.

11）　https://gair.media.gunma-u.ac.jp/dspace/bitstream/10087/881/1/area033127.pdf，2014 年 8 月 15 日.