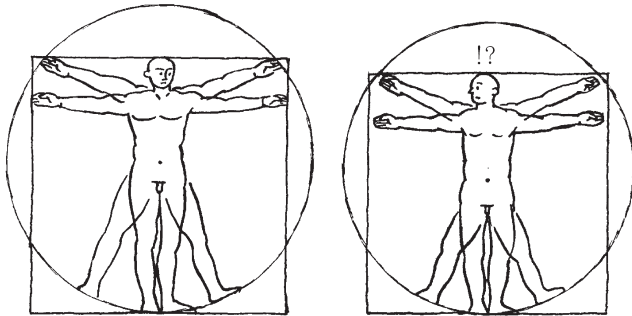


# 短足は不利？ — 走り幅跳び談義



短足は不利？



工学博士 西尾 宣明  
元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

## 世界の一流選手に感動！

**与太郎** 大家さん、いよいよ今年是北京オリンピックですね。同じアジアでの開催っていうと、何となく親しみが湧きますよね。

**大家** そうですね。中国は急速に近代化して、経済成長も凄いですね。大いに張り切っていると思います。

**与太郎** でも、成長があんまり急なんで大変なこともあるんですね。北京なんか自動車が増えすぎて大気汚染が凄いらしいですね。テレビで見たけど、霧がかかったようになってるんですね。

**大家** 成長のためのひずみと言うんでしょうか、貧富の格差も広がっているようだし、最近では有害物質を使った食品その他の製品、それにあらゆる分野での海賊版の横行で国際的な問題になっていますし、そういうことも妨げにならなければいいんですが。

**与太郎** そういう難しい問題もあるでしょうが、わたしが一番気になるのは何といっても日本がどれだけ成績を上げるかっていうことですね。野球とサッカーと体操はメダルがほぼ確実でしょうね。それに水泳もかなり期待できますよね。しかし、メインスタジアムの陸上競技ですよ。マラソンぐらいしか期待できそうもないですよ。

**大家** 確かにそうですね。去年の世界陸上の大阪大会でも、メダル有望なんて持ち上げられていた選手がほとんど期待を裏切っていましたからね。その中で、朝原選手（100メートル、4×100メートルリレー）の頑張りなどはちょっと感動的だったですが。

あとは世界の一流選手の活躍に感動するしかなかったですね。

## 脚の長さで決まる — 走り高跳び

**与太郎** どうしてなんですか？やっぱり体格の問題ですかね。

**大家** それは大いにあると思いますね。走ったり跳んだりする種目ではどうしても背が高いほうが有利です。あくまでも平均論、一般論ですがね。背が高いということは脚が長いということで、この脚の長さが有利に働くんですね。

**与太郎** たしかに、走り高跳びなんか絶対背の高い人のほうが有利ですよ。ちょっと飛び上がるだけでいいんですから。

**大家** そうですね。たとえば身長が200センチもあれば、体の重心の高さが1.1メートル程度として、あと1メートル40センチぐらい重心を持ち上げれば2

メートル40センチが跳べてしまうんですからね。

**与太郎** もし身長180センチぐらいだったらどれくらい違うんですか？

**大家** 重心の高さが1メートルとして、1メートル50センチも持ち上げなければなりませんね。もう勝負は見えていますね。

**与太郎** でも、体が大きければ体重も重いでしょう？ 脚にかかる負担が大きい分だけ不利になるってということはないんですか？

**大家** ふだんからその体重を支えていますから、大体体重に比例して脚の太さ — 厳密には筋肉の太さということですが — それも大きい。つまり、力も体重に比例して強いと考えてもいいんじゃないですか。そうすると体が大きくても小さくても関係なくなりますね。

**与太郎** そうか、相撲だってそうですね。150キロぐらいあったって自分の体が重くて辛いていう力士なんかいないですよ。朝青龍がモンゴルでサッカーをやったビデオを見ても、あの身軽さ、我々と変わらないですね。

**大家** 本当ですね。曙や小錦みたいに太り過ぎると駄目ですけどね。

**与太郎** そうするとやっぱり脚の長さの勝負ってことになるんですかね。小柄な日本人としては残念だなあ。

**大家** 自分の背よりどれだけ高く跳べるかで勝負すれば、日本の選手もいい線を行っているんですがね。そういうルールができるといいですね。

**与太郎** ところで、走り幅跳びのほうはどうなんでしょうかね？あれは高飛びよりもちょっと複雑そうだから、脚の長さだけじゃあないような気がするけど。

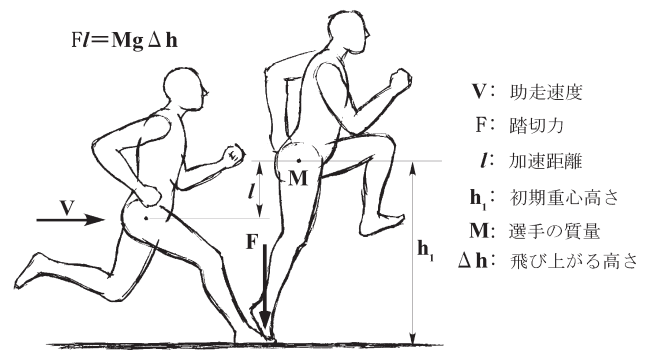
### 走り幅跳びは？ — その過程を分析すれば

**大家** 結論から言えば、やはり脚の長いほうが有利ですね。私の研究によれば —

**与太郎** なあんだ。大家さんはもうそんな結論出してるんだ。つまらないなあ。

**大家** 研究と言っても頭の中で考えただけですから、どれだけ実際と合っているかは分かりませんよ。でも、私の考えが正しければ、その線で練習して、今のうちなら日本選手が上位に食い込むチャンスがあるかもしれませんね。スキージャンプで笠谷選手や舟木選手が世界をリードしたことがあるように —

**与太郎** 面白そうだなあ。一時的でも日本が金メダル



跳躍の初期条件（踏切開始から終了まで）

なんか取ったら愉快ですもんね。どうすればいいんですか？

**大家** そこに行く前に、走り幅跳びの過程をちょっと分析してみる必要がありますね。そうすると、どこをどうすればいいかが見えてきます。

**与太郎** 難しそうだけどいいですよ。教えてください。

**大家** ヒントは1991年の世界陸上 — これは東京で開催されたんですが — そのときのカール・ルイスとマイク・パウエルとの勝負なんですよ。誰もがカール・ルイスが優勝すると思っていた筈ですが、結果はパウエルが世界新記録の8m95cmで優勝、ルイスは8m87cmで2位。手に汗握る名勝負でしたね。

**与太郎** そうか。カール・ルイスのほうが身長は高いし、走りも絶対に速いし — 助走が速いほうが遠くまで跳ぶんでしょう？

**大家** 一般にはそう思われているでしょうね。理屈から言ってもそうなるのが普通と思います。

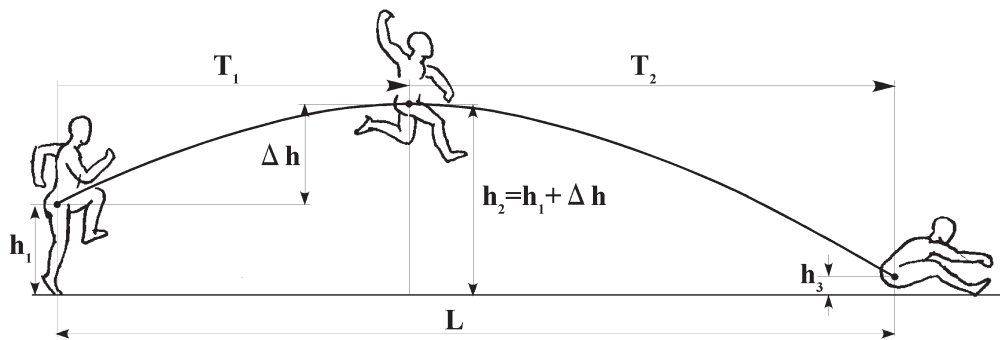
**与太郎** そのルイスがどうして負けたかということですね？

**大家** それを分析するために、まず、踏切りのときの条件を設定して置きますね。それはこの図のように表せると思います。

まず、助走の速さが $V$ 、踏切りで地面を蹴る力が $F$ 、その力が加わった状態で選手の体の重心を $l$ だけ持ち上げるものとします。そのときの重心の高さが $h_1$ で、それから先は体は上に向かって飛んで行くだけです。

**与太郎** 何だか難しそうになってきたなあ。

**大家** いや、難しい計算は抜きで説明しますから、安心して下さい。計算といえば、体を上に飛び上がらせるための仕事 $F \times l$ というような、簡単な掛け算だけです。この仕事で体には上方に飛び出す速度が与えられて、次の図に示した $\Delta h$ （デルタ・エッチ）という高さだけ体は跳び上がるということです。この高



跳躍曲線模式図

さは与えられた仕事  $F \times l$  の大きさに比例します。

**与太郎** 力は体の大きさに関係ないって言いましたよね。そうすると  $l$  か。大家さん。これは体が大きいほうが大きいですね。やっぱり脚が長いほうが有利なのか。

**大家** よく分かりましたね。その通りです。  $\Delta h$  が大きいということはジャンプの滞空時間が長いということにもなります。図で  $T_1$  と書いたのがそうです。

**与太郎** その先の  $T_2$  っていうのは何ですか？

**大家** これはジャンプの頂点の  $h_2$  の高さから着地のときの重心の高さ  $h_3$  まで体が落下する時間です。そして、  $h_1$  から  $h_2$  に上がって、そこから  $h_3$  まで落ちる間の  $T_1 + T_2$  という時間に、選手の体は  $V$  という速度で前に進みます。つまり、  $L = V \times (T_1 + T_2)$  が跳んだ距離ということになります。

**与太郎** そうすると助走の速度が大きくて、滞空時間  $(T_1 + T_2)$  が長いほど遠くへ跳ぶってことですね。  $T_1$  だって  $T_2$  だって  $\Delta h$  が大きいほど大きくなるんだから、どっちにしたって脚が長いほうが有利ですよ。

### パウエルが勝った、もう一つの条件

**大家** そのとおりですね。それなのに、なぜパウエルがルイスに勝ったのが次の問題です。もしかしたら背の低い日本人でも食い込めるかもしれないという跳躍の技術向上の余地がその辺にあるのではないかと思いますね。

**与太郎** 今まで聞いた話じゃそんな余地はどこにも無いようだけど？

**大家** たしかにそうですね。ところが、よく考えてみると踏切り力  $F$  と加速距離  $l$  は一定の決まった値じゃないんですね。

与太郎さんにも想像がつくと思いますが、100メー

トル競走のつもりで目一杯走っている時に上向きに踏み切るのはほとんど不可能ではないかと思います。体は前方へ前方へと流れていますから、上向きの力なんか出せないし、体を上に伸び上がらせることもできないと思います。つまり、助走を自分が出せる目一杯の速度 — それを  $V_0$  としますね — そこまで速くすると  $F$  も  $l$  もゼロになってしまうと考えられます。

**与太郎** ああ。その感じは分かりますね。そうすると  $F$  も  $l$  も助走の速さによって変わるってことですね。

**大家** 助走の速さがどのぐらいの時に  $F$  や  $l$  が一番大きくなると思いますか？

**与太郎** やっぱり、高跳びのように助走が一番遅いときじゃないですか？

**大家** 私もそう思いますね。しかし、いくら  $F$  と  $l$  を大きくして  $T_1 + T_2$  が大きくなっても助走の  $V$  が小さいと跳躍の距離  $L$  は小さくなってしまいます。この  $L$  が一番大きくなるようなちょうどいい助走の速さというのがあるんだと思います。

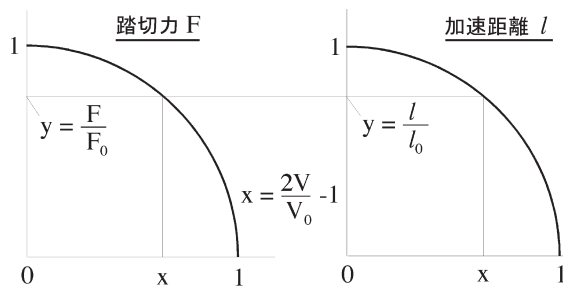
**与太郎** 思いますなんて言ってるけど、大家さんはもう研究して答えが分かっているんでしょう？

**大家** 研究と言っても仮定の条件もあるし、正確ではありませんよ。しかし、その仮定の上で計算してみると、助走は遅過ぎても速過ぎても駄目ということがよく分かりますよ。

**与太郎** その仮定ってどういうのですか？

**大家** 計算しやすいように、助走の速さ  $V$  と  $F$  や  $l$  との関係を次の図のような半径が1の円グラフで表されると仮定してみました。実際にはこんな簡単なグラフのようにはならないと思いますが、傾向を見るためには役に立つと思ひましてね。

**与太郎** そう言われても、これだってなんか難しそうだな。



助走速度Vと踏切力F、加速距離lの関係

**大家** 選手が100メートル競争などで出すことができる最高の速さを $V_0$ として、それに対する助走の速さの比率を $V/V_0$ で表しています。この場合は、走り高跳びのように、 $V_0$ の半分ぐらいの手頃な助走速度の時にFやlが最大の値の $F_0$ や $l_0$ になるものと仮定して、横軸xをこんな具合にしてみました。

ほら、助走の速さが最大、つまり $V = V_0$ にすると $x = 1$ になって、yはゼロになるでしょう？

**与太郎** そうですね。

**大家** 次に助走をその半分の $V = V_0/2$ にすると $x = 0$ でしょう？そうすると $y = 1$ ですね。

**与太郎** Fとlは最大の大きさの $F_0$ と $l_0$ になるっていうことか。

**大家** このグラフから、助走速度をいろいろな値に変えた時にFとlがどんな値になるかが分かります。

**与太郎** でも、 $F_0$ と $l_0$ の大きさはどうやって決めるんですか？

**大家** ああ。それはですね。走り高跳びで体の重心をどれだけの高さだけ持ち上げなければならないか、という条件から決められます。

前の図に書いておいたように、脚がする仕事( $F \times l$ )は体の位置のエネルギーの増加、つまり $Mg \Delta h$ に等しいので、走り高跳びの時に必要な $\Delta h$ の大きさを仮定すれば、 $F_0 \times l_0$ の値が求められます。実は跳躍距離(L)を求める式を作ると $F_0$ と $l_0$ はいつでも $F_0 \times l_0$ という組み合わせられた形でしか出てきません。何も別々に求める必要はないので、計算はとて簡単になります。

**与太郎** ふーん。そうなのか。

じゃあ、 $T_1$ とか $T_2$ というのはどうやって求めるんですか？

**大家** それは400年前のガリレオでも分かっていた方法で求められますよ。与太郎さんも高校で習ってい

る筈ですよ。

**与太郎** 本当ですか？

**大家** ほら、物を落とした時に、高さ $\Delta h$ だけ落ちるのにどれだけの時間がかかるか、というのが $T_1$ を求める問題です。今は説明しませんから、興味があったら高校時代に返って計算してみるといいですね。

**与太郎** 微分や積分が要るんでしょう？できるかなあ。

それに今の話は $\Delta h$ だけ投げ上げるわけでしょう？

**大家** 投げ上げるのも落ちるのも時間は同じだし、計算は落ちるときの方が簡単ですよ。落ち始めるときの高さも速さもゼロとして始めればいいですから。

**与太郎** ああ、そうですか。でも、昔の教科書残ってるかなあ。

**大家** 無理はしなくていいですよ。

そこで、次に $T_2$ を求めるには高さ( $h_2 - h_3$ )だけ物が落ちる時間を計算するわけです。 $T_1$ が計算できれば、これもできたようなものですね。

**与太郎** じゃあ、そろそろ大家さんの計算がどうなったのか知りたいですね。

**大家** そうですね。まず最初に、選手の体と能力の条件をこんな風に決めてみました。

身長は185センチぐらいと想定します。その重心の高さを約1メートルとします。そして、つま先立ちになったときの重心の高さ( $h_1$ )は10センチ足して1.1メートルとします。

**与太郎** これはカール・ルイスぐらいの体格ですかね。結構脚が長いんじゃないですか？重心の高さが1メートルっていうんじゃない。

**大家** そうかも知れませんね。それで、体重(M)は80キロということにします。その選手がもし走り高跳びに転向したら、2.3メートルぐらい、世界の一流と言っていい高さが跳べる能力を持っているものとします。そのためには体の重心を2.5メートルぐらまで持ち上げる必要があります。これからさっきの $h_1$ (1.1メートル)を引いて、重心を持ち上げる高さ( $\Delta h$ )は1.4メートルということになります。

これが決まれば、さっきの式で $F \times l$ の値が求められます。これは助走が一番遅いときの最大値、 $F_0 \times l_0$ になるわけですね。あとは助走の速さVをいろいろに変えてみて、さっきの円グラフからFとlを求めて $T_1$ と $T_2$ を計算し、最後にLを求めるわけです。もっとも、さっきも言ったように計算式では $F_0 \times l_0$ の値さえ分かっていたら、いちいちFとlを求める必要はな

いんですがね。

**与太郎** 大家さんは簡単に言うけど、ずいぶんいろんなことを考えた上で計算するんですね。その辺がわたしらと違うんだなあ。

**大家** たしかに、必要な「知識の部品」は与太郎さんが持っているものとそうは違わない筈ですね。後はそれをどう組み合わせでいいモデルを作るかが問題です。必要なのは想像力です。ところが、世の中にはとても高級な「知識の部品」を持ってしまったために、その部品だけで何でもできると錯覚している専門家が多いですね。困ったものです。

**与太郎** ところで大家さん。V<sub>0</sub>ってというのはどんな風に決めるんですか？

**大家** ああ、ごめんごめん。肝心なことを忘れていました。これは選手によって違いますが、とりあえず、ここでは秒速9.8メートルということにしてみました。これで100メートルを走れば10.2秒ですから相当な速さです。もっとも、スタートの加速に時間がかかりますから、この速さでも100メートル競走なら10.5秒ぐらいにはなるでしょうね。

もう一つ忘れていましたが、h<sub>3</sub>は0.3メートルということにします。

ということで、Lを計算した結果はこのようになります。参考までに、Vの速度で100メートルを走ったときの時間も書いておきました。

V (m/s)	L (m)	100mを走る時間 (s)
9.5	6.67	10.53
9.0	7.62	11.11
8.5	8.31	11.76
8.0	8.62	12.50
7.5	8.66	13.33
7.0	8.50	14.29
6.5	8.18	15.38

**与太郎** 大家さんの言う通りだ。助走が速ければ遠くまで跳ぶわけじゃないんだ。毎秒7.5メートルぐらいの速さの時に一番跳ぶってことですね。100メートルだと13秒か。そんなに速いってことじゃないですね。

**大家** 我ながら良くできた計算だと思いますね。8メートル70弱と言えばオリンピックで優勝を狙える距離ですしね。

**与太郎** あ！分かった。ルイスは助走の速さで勝負したけど、パウエルは跳ぶ高さで勝負したんだ。ちょうど一番有利な助走の速さで勝負したんだ。そうでしょう？大家さん。

**大家** そう思いますよ。私がこの計算をしたのも、そうじゃないかなという疑問を持ったからです。

## 日本選手を強くするには

**与太郎** 大家さん。凄いですね。これは日本の選手を強くするのに役に立つんじゃないですか？

**大家** そうだといいですね。しかし、この計算がまったく正しいとは思いませんよ。いろいろ勝手な仮定を積み上げてますからね。でも、考え方の大筋は間違っていないと思います。そうだとすれば、日本の選手が記録を伸ばすにはどんな練習をすればいいかも分かってきますね。

**与太郎** あんまり助走を速くしちゃ駄目だとかですか？

**大家** それもありますが、大事な事の一つは上に向かって跳ぶ力を鍛えることだと思います。それには走り幅跳びの選手にも高跳びの練習をさせるのがいいですね。それと並行して、踏切りに荷重計をつけて、助走の速さによって上向きの力がどう変わるかなどを研究する必要もありますね。

**与太郎** でも、そういう練習や研究は外国には秘密にしておかなくちゃ駄目ですね。

**大家** もちろんそうです。しかし、遠からず知られてしまうでしょうがね。

**与太郎** 一度でも国際試合でメダルが取れば、まあ満足ですかね。

**大家** ただ、高跳びで、自分の背よりどれだけ高く跳べるかということでは日本の選手はいつでも世界のトップクラスですよ。男子でも女子でも。これはΔhの大きさがトップクラスということです。この能力を走り幅跳びの選手にも養成すれば、必ずしも一過性でない成績が期待できるんじゃないでしょうか。

**与太郎** うーん。ガリレオ爺さん、いよいよ日本陸連に乗り込まなくちゃ駄目ですね。

**大家** 彼らがこの文を読むことがあればいいんですがね。