

スポーツマンの体格談義



工学博士 西尾 宣明

元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

サッカー選手の体格は…

与太郎 大家さん。前に“短足は不利”っていう話を聞いたことがあるけど、あれは“どんなスポーツでも”っていうわけじゃないんでしょう？

大家 真剣な顔で藪から棒に…。与太郎さんどうかしましたか？

与太郎 いやね。今年のワールドカップサッカー、日本は見事に予選を突破したじゃないですか。小柄な日本人でも結構やれるってことじゃないんですか？

決勝トーナメントだって、延長戦でも勝負がつかなくてPK合戦で負けたんですからね。

大家 たしかにそれは言えますね。日本人並みに体が小さい——身長170センチ程度でも世界的な名選手は結構いますよ。ディエゴ・マラドーナ。彼は今年アルゼンチンの監督でしたが、凄い選手でしたね。ほかに現役のフォワードなどでも同じぐらいの身長で大活躍の選手が何人かいますね。

もっとも、彼らはいかにもがっちりした足腰をしていますよね。やっぱり肉食系人種の体なんですかねえ。でも、総じて言えばある程度体が大きいほうが有利と言えるんじゃないですか？体がぶつかり合うときは絶対に重いほうが有利だし、ボールを取り合うときも脚の長いのが有利ですよ。

与太郎 やっぱりそうなのかなあ。日本は細かい技術と、あとは組織の力——チームワークっていうんですか？それで勝負するしかないんですかね。

大家 日本人の平均体位がもう少し向上すれば、その技術にも力強さがついてきますがね。しばらくは組織力を磨く行き方でしょうね。

ほら。今年優勝したスペインの特徴は「パスサッカー」と言われていますが、日本選手に比べて蹴られたボールの速さが違うような気がします。一流チームの試合運びが速いのはそういったところからも来ているように思います。

与太郎 そうか。体の大きさと、そんなところにも効いてくるんだ。

ところで、こだわるようだけど体が小さくても強くなれるスポーツってあるんじゃないですか？たとえばスケートの高橋大輔のように…。

大家 確かにそうですね。ヴァンクーヴァーのオリンピックで3位、その後の世界選手権では見事に優勝でしたね。4回転ジャンプは得点が高いかもしれないけれど、オリンピックで1位、2位の長身の外国選手なんか見ていてつまらないですよ。見応えという点では3位の高橋選手のほうがずっと上のように思いましたね。

体操なんかもそうじゃないですか？スキーのモーグ

ルとかスケートボードのハーフパイプなんかあまり大きい選手はいないように見えますね。

与太郎 そうなんだ。やっぱりスポーツの種類によって体が大きいほうが有利なのと大き過ぎても駄目なのといろいろあるってということなんですね。

大家 そういうことですね。もちろん、それぞれの中で例外というような選手は必ずいますがね。

テニス選手は同じ体格？

大家 与太郎さん。私はテニスの選手の体格を調べて見たんですがね。なかなか面白いですよ。

与太郎 そうだ。大家さんはテニスが好きだったんだ。

大家 ほら、この表を見てご覧。これは1970年代あたりから世界ランキング1位になったことのある選手ばかり12人について調べたものですが、面白いですよ？

一流テニス選手の身長と体重
(参考は4大大会=全英、全仏、全米、全豪選手権戦=の優勝回数)

	選手名	身長 (cm)	体重 (kg)	参考 (回)
1	ジミー・コナーズ	177	70	8
2	ピヨン・ボルグ	180	72	11
3	ジョン・マッケンロー	180	75	7
4	マッツ・ヴィランデル	182	77	6
5	イワン・レンドル	187	79	8
6	ステファン・エドバーク	187	77	6
7	ボリス・ベッカー	190	85	5
8	アンドレ・アガシ	180	80	8
9	ピート・サンブラス	185	77	14
10	レイトン・ヒューイット	180	77	2
11	ロジャー・フェデラー	182	77	16
12	ラファエル・ナダル	185	85	8
	平均値 標準偏差	182.9 3.68	77.6 4.23	

与太郎 わたしが知らない人も一杯いますね。最近は大家さんの影響を受けてときどきテレビを見たりするから、フェデラーとナダルぐらいは知ってますけど——そうそう、コナーズ、ボルグ、マッケンローの3人は大家さんがよく話をしてたから覚えてるけど…。

身長が平均が182.9センチで体重が77.6キロか。やたらに背が高いわけでもないですね。体重だっこの

身長に対しては標準的なんじゃないですか？で、この標準偏差っていうのはどう読むんですか？

大家 これは平均値の周りに値がばらつく、そのばらつきの度合いを示す数字です。この身長が正規分布と考えると、身長が「平均値マイナス標準偏差」と「平均値プラス標準偏差」の間に来る確率が約74%です。つまり、超一流選手の74%は身長が179.2センチと186.6センチの間に来るということです。体重は身長より少し幅が大きいようですが、バランスは取れていますね。

与太郎 っていうことは179.2センチより低い人と186.6センチより高い人が世界一になる可能性は約26%しかいないってことですか？

大家 そういうことです。与太郎さんの理解が早くて助かりますね。ちなみに、「平均値±(標準偏差の2倍)」の範囲に入る確率は約95%です。これは175.5センチ以下と190.3センチ以上の人が世界一になる確率はそれぞれ約2.5%、ほとんど例外に近いということです。

与太郎 ふーん。テニスってずいぶん条件が厳しいんだ。175センチから190センチか。一番いいのは179センチから187センチってことですね。

どうしてなのでしょうね。

大家 速いボールを追いかける俊敏さや瞬発力と長時間前後左右に動き回る持久力の両方が要求されるのがその理由でしょうね。その点ではサッカーに似ていると思います。

与太郎 長い距離を走り回るという点ではサッカーのほうが上でしょうね。

大家 そうですね。90分も全力で走り回ったら、少なくとも3日ぐらいは間を空けないと次の試合ができないようですからね。テニスも結構走りますが、動く範囲が限られているのが違いますね。

与太郎 それから、サッカーはポジションによって少し違うかも知れませんね。

大家 それは言えますね。ディフェンダーは背の高いのが適しているでしょうね。フォワードはドリブルとか隙を見て飛び出すと言った、言わば俊敏性が重要でしょうし、守りと攻めの両方を見ているミッドフィールダーは走り回る持久力が必要でしょうしね。

走りのエネルギー：三つの消費先

与太郎 話は変わるけど。陸上の短距離、何かで見たんだけど100メートルとか200メートルでは身長180センチ台が多いんですけどね。ところが、最近やたらに世界新記録を出してるウサイン・ボルトと来ちゃあ196センチもあるんですね。

背が高過ぎるとスタートダッシュが弱いんだそうだけど、ボルトは中盤からの追い込みが凄いでってましたね。

大家 確かに、あの大きさであの速さは今までの常識を破りましたね。スタートダッシュだっとうんと遅いわけではない。歩幅も並外れて大きいようですね。それが中盤以降の速さに影響してると思いますよ。

与太郎 ということは、歩幅が大きいほうが速いんですか？

大家 走るエネルギーは何のために消費されるかを考えれば分かりますよ。

与太郎 何のためって、速く走るためでしょう？

大家 そりゃあそうですが、もっと細かく見ると三つの要素に分けられますね。

一つはスタートしてからトップスピードに持って行くためのエネルギー、二つ目は空気抵抗に打ち勝って走り切るためのエネルギー、もう一つは選手の体の内部で摩擦とか無駄な動きで消費されるエネルギーです。

与太郎 ふうーん。そう言われてもあんまりピンと来ないけど…。

大家 まず、トップスピードに持って行くエネルギー。スタートの直前はスピードがゼロということは分かりますね。

与太郎 ピストルが鳴るまでは止まっているってことでしょう？

大家 そうですね。それからスタートして20メートルも走るとほとんどトップスピードまで加速されますね。その速度をかりに v_0 としますね。そうすると選手の体重を質量 M で表せば、トップスピードのときの運動エネルギーは

$$K = M \frac{v_0^2}{2}$$

と表されます。もし、空気抵抗や摩擦抵抗など、運動に対して抵抗するような力が全然働かなければ、選

手が何もしなくてもこのエネルギーはゴールまで保持されます。つまり、トップスピード v_0 のままゴールインします。これはわかりますね。

与太郎 何もしないって言ったって、足を動かさなくちゃあ走れないんじゃないですか？

大家 リュージュとかスケルトンで、トップスピードまで脚で加速した後は何もしないで橇が滑るのに任せるといった感じを想像するといいですね。実際、トップスピードに達した後で脚を動かすというのは摩擦抵抗の元になるんですよ。

与太郎 ふうーん。よく分からないなあ。

大家 その前に空気抵抗のことを考えますね。ここでは簡単に考えて、スタート直後からトップスピード v_0 になっていると考えます。このスピードに対する空気抵抗力は

$$f_w = c_D \rho_a s \frac{v_0^2}{2}$$

のように表すことができます。 c_D は抵抗係数、 ρ_a は空気の密度、 s は選手の体が風を切る面積です。この力を受けながらゴールまで——仮に L メートルとしましょうか——それを走り切るときに消費するエネルギーを R_1 と書けば、 $R_1 = f_w \times L$ 、つまり

$$R_1 = c_D \rho_a s \frac{v_0^2}{2} L$$

です。

与太郎 ちょっと難しいけど…。空気抵抗のエネルギーも v_0^2 に比例するんですね。

大家 そうです。選手の運動エネルギーに比例すると言ってもいいですね。

次に、さっき言った足を動かすことが摩擦抵抗になるという話ですが、足が地面についているとき、その速さはどうなっていますか？

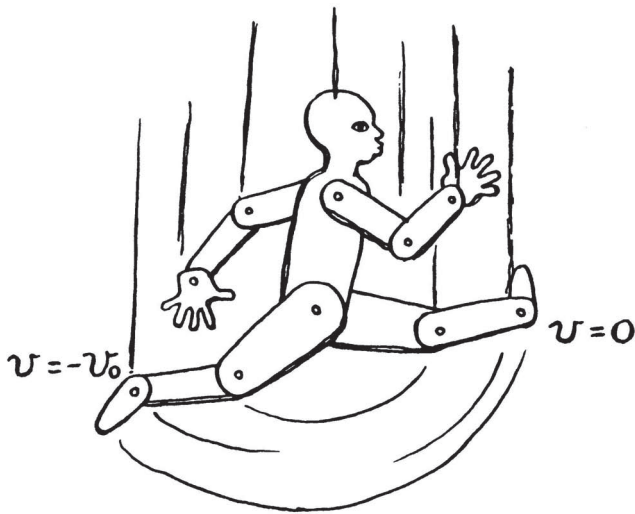
与太郎 地面についていれば——ああ、止まっていますね。速さはゼロってことですね。

大家 じゃあ、足が体の前に蹴り出されているときの速さはどうですか？

与太郎 それは、え——と。ああ、体が動いてる速さと同じじゃないですか？

v_0 っていうのかな？

大家 そうですね。脚の先の部分は前に伸びている



脚がエネルギーを無駄遣い

ときに最高速度 v_0 になっていて、着地して地面を蹴っている間は速度がゼロです。同じことですが、選手と同じ速度で走っている人から見れば、脚が前に伸びているとき脚の先の速さはゼロで、地面についている間は後ろ向きに最高の速さ $-v_0$ です。いずれにしても脚の先は一步踏み出すたびに速さがゼロと v_0 の間で変化するわけです。

脚の先の部分——大体膝から下と言ってもいいでしょう——その部分の質量を m とすれば、その運動エネルギーの変化量は

$$m \frac{v_0^2}{2}$$

です。このエネルギーは加速には関係がないので、無駄なエネルギー、つまり体内摩擦エネルギー損失といふことができます。

与太郎 でも、その足で体を前に押して、体に速度を与えているんじゃないですか？

大家 確かにその通りです。地面を蹴ることによって風圧と体内の摩擦力で打ち勝って K と書いた運動エネルギーを保持することは間違いありませんが、その脚の動きが摩擦損失の一部になっていることも間違いのないことです。

脚の代わりに車輪がついていると考えれば違いがわかりますよ。風圧によるエネルギー損失がなければ、車輪ならば何もしなくても K という運動エネルギーをゴールまで持って行くことができます。

与太郎 ふーん。そういうことか。

大家 ここに書いた脚の運動エネルギーは一步あたりの値です。ゴールまでの歩数をこれに掛ければ摩擦損失エネルギーの全量になります。歩幅を l とすれば、歩数は L/l ですから、損失エネルギーは

$$R_2 = m \frac{v_0^2}{2} \frac{L}{l}$$

です。スタートからゴールまでの消費エネルギーの全体は

$$K + R_1 + R_2$$

です。このエネルギーを供給するのは脚が地面を蹴る力です。本当は一步一步間をおいて蹴るのですが、簡単に考えて、連続して蹴っているとすれば、その力を f_f と書いて、脚が供給するエネルギーは $f_f \times L$ です。これを使って次の式が得られます。

$$\begin{aligned} f_f L &= K + R_1 + R_2 \\ &= M \frac{v_0^2}{2} + c_D \rho_a S \frac{v_0^2}{2} L + m \frac{v_0^2}{2} \frac{L}{l} \end{aligned}$$

与太郎 なんだかずいぶん難しい式になったですね。でも、右辺のほうは全部 v_0^2 が入っていますね。

大家 そうなんです。そのために v_0 が簡単に求められます。こんなぐあいですね。

$$v_0^2 = \frac{2f_f}{\frac{M}{L} + c_D \rho_a S + \frac{m}{l}}$$

与太郎 ふーん。でもやっぱり難しいですよ。これから何が分かるんですか？

体の大きさと速度の関係の例

大家 人間の体についていろいろ仮定してみるんですよ。たとえば、幾何学的に相似な二人の人を考えます。

与太郎 幾何学的に相似って？

大家 身長と体の幅と奥行き、その三つの寸法の比率が全く同じ人を考えるわけです。背の高さが2倍になれば肩幅も顔の大きさも2倍、胸の厚さも2倍とどこを取っても寸法が2倍になる。そんな相似形の人体を考えるわけです。そういうのを幾何学的相似という

んですが、今の2倍という例を考えると体の体積は2倍×2倍×2倍=8倍になります。体重も当然8倍ですね。脚の太さ、つまり断面積は2×2で4倍です。

与太郎 ああ、そういうことか。それでこの式はどうなるんですか？

大家 実際には身長を h のように表します。そうすると M は h^3 に比例すると書くことができます。 s は h^2 に比例します。 m は M と同じく h^3 に比例します。また、歩幅 l は身長 h に比例するとすれば m/l は h^2 に比例します。一方、分子の f_f ですが、蹴る力が脚の断面積に比例するものと考えれば、これは h^2 に比例するとしてよいわけです。そのようにして v_0^2 の式を見ると、分母には h^3 に比例する項が入っていて分子は h^2 に比例する。したがって h が大きいほど、つまり体が大きいほど v_0^2 は小さい。つまり速く走れないということになります。

与太郎 それじゃあ、ウサイン・ボルトが速いことの

説明になっていないですね。

大家 今は「幾何学的に相似」として一つの例を挙げましたが、個々の体型や体質の差についてはもっと細かい見方をしなければなりません。しかし、マラソンのように L がうんと大きいと M/L の項は小さくて無視できるので、 v_0^2 は h に、つまり身長にはあまり関係がないとか、逆に L が小さいと M が効いてきて、体が大きいほどスタートダッシュが遅い可能性があるとか、一般的な傾向は結構よく説明できるように思います。

与太郎 なるほど、そういうことですか。

大家 あ。与太郎さん。坊やが迎えにきたようですよ。

与太郎 ああ、そうだ。これからサッカーの練習に連れて行くんだった。

大家 じゃあ、ウサイン・ボルトの話はまたこの次にしますね。それまでに私もいろいろ考えておきましょう。

