

いえるのではないでしょうか。

*

[1]の側面から考えたことにしろ、[2]の側面から考えたことにしろ、大人から見れば、他愛のないことにすぎません。でも、大人にとってあたり前になっている身体の動きを子どもが獲得した瞬間の感動は、とても大きいと思うのです。今回は「走る」という言葉からの連想でつらつらと書いてみました

走運動のキック力について

松尾 彰文

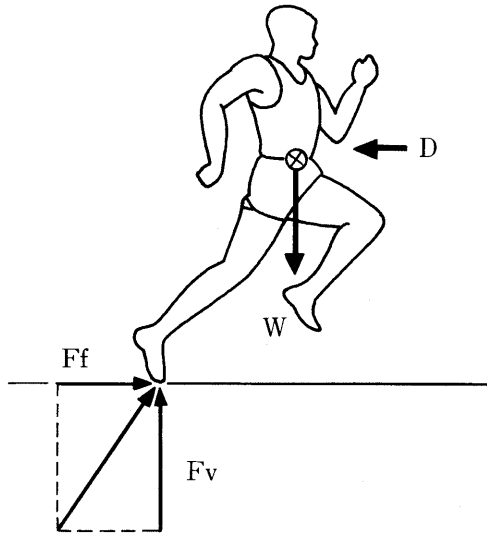
走運動は地面を強く蹴ることにより発現する移動運動である。図1に疾走時に身体に作用する力を示した。身体は足が地面をキックする力の反作用とし

が、「握る」手に自由自在に力を入れられるようになった瞬間や自分の声が「歌」になった瞬間の、子どもの驚いた様な、うれしい様な表情を見て、大人にとってのあたり前があたり前になるまでの道のりを想い、自分も子どもも「今の自分」を大切に、素直に、生きていきたいと思うのです。

(お茶の水女子大学附属幼稚園)

て地面からキックした力と同じ大きさの地面反力の作用を受け、前方へ移動できる。さらに常に重力と空気抵抗の作用を受けている。地面反力を定量的に

分析することにより走運動中の身体重心の上下の動きやキック力による速度の変化や機械的パワーなどを知ることができる。本稿ではいろいろな速度で走った場合の地面反力や身体重心の速度の変化、重



▶ 図1

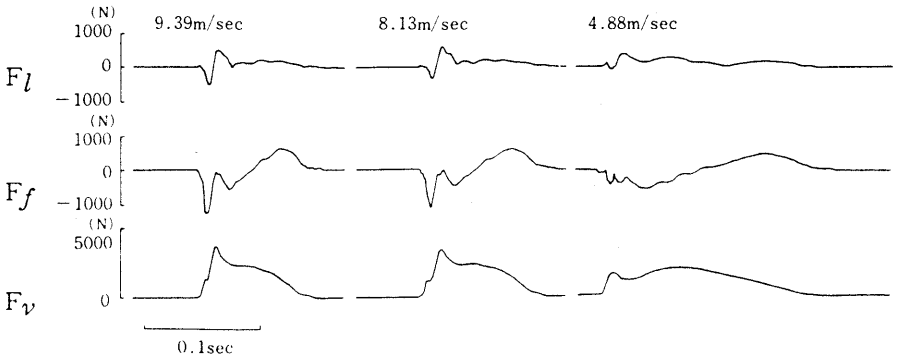
疾走中に身体に作用する力（渋川、一九六九）。 F_f は地面反力の前進方向の分力、 F_v は垂直分力、 D は空気抵抗、 W は重力である。

心の上下動についてのべることにする。

地面反力の測定にはフォースプレートあるいは圧力板などとよばれている力の計測装置が用いられる。圧力板は地面反力を前後、左右及び垂直方向の三つの分力にわけて測定することができるように設計されている。

図2には短距離選手 Yan が 4.88 m/s 、 8.13 m/s 、 9.39 m/s の速度で走ったときの時間経過にともなう横方向 (F_l)、前後方向 (F_f) および垂直方向 (F_v) の地面反力の変化を示した。 F_f は着地時から負の値を示し、後に正の値を示した。また、 F_v は着地期間中はほぼ体重より大きな値を示した。 F_l では着地期から前半に大きな動揺が認められる。このような記録からキック力は接地期の前半において身体の前進方向の速度にブレーキをかけると同時に身体の下下を受けとめ、その後半では身体を前方に加速しながら身体を上方に押し上げるように作用していることがわかる。

Subj. YAN



▲図2 いろいろな走速度における横方向 (F_l)、前後方向 (F_f) および垂直方向 (F_v) の地面反力 (松尾たち、1981)。

地面反力の大きさについてみると前後および垂直方向の分力は走速度が速いほど大きくなる傾向がある。比較的遅い速度では Cavanagh たち (一九八〇) はブレーキ時にはおよそ 29 kg、加速時には 21 kg、垂直方向の分力はおよそ体重の 2.1 倍であることを報告している。さらに早い速度では Payne (一九七八) がブレーキ時およびキック時ともほぼ体重の 0.4 倍、垂直方向では体重の 5.5 倍に相当することを報告している。すなわち、走運動中のキック力ほどの速度でも前進方向ではなくおもに上方向に向けられていることになる。

地面反力を時間で積分することにより身体重心の前進方向の速度変化や上下動を定量的に評価できる。前進方向の速度変化について Munro たち (一九八六) は接地時のブレーキによる減速はジョギング程度の速度 (3.0 m/s) では 0.15 m/s、マラソンレース程度の走速度 (5.5 m/s) では 0.24 m/s になることを報告している。さらに速度が速くなると着地による減速

は小さくなることが報告されている。着地期の後半では接地時のブレーキと空気抵抗によって減少した速度をもとにもどせる強さでキックすることで走速度が維持できる。したがって、減速分を補うだけのキックができなくなると走る速度は落ちてしまう。

身体重心の上下移動についてみるとIto たち（一九八五）はジョギング程度の速度（3.9 m/s）では11 cm、6.4 m/sでは7 cmと速度が速いほど小さくなることを報告している。なんと重心の上下移動は速度が速いほど小さくなっているのである。その原因の一つには走速度が速いほどピッチもはやくなり、一歩内での時間が短くなることが考えられる。

地面反力を定量的に分析することによりほぼ一定の速度で走っているようにみえても身体重心は前進方向の速度が常に変化していることや重心の上下動は走速度が速いほど小さくなることが明らかになった。また、前進方向の力と垂直方向の力の大きさを、走運動中のキック力の作用方向はおもに身体を

前方ではなく上に向けられていることがわかる。より速い走速度を得るためにはよりつよい前進方向のキック力が必要である。

Cavagna たち（一九七二）は速い速度において着地のブレーキ期間に伸張性収縮をおこなっている筋に蓄積された弾性エネルギーが前進方向のキック力に利用されていることを報告している。短距離疾走では、全力疾走時のブレーキがあるおかげで、強いキック力が得られることになると考えられる。

重心の上下動が大きいことは垂直方向の分力が大きいことを意味している。また、接地時のブレーキも少ないほうが後半のキック力が少なくできる。同じ様な速度で走っているときなどはこのような重心の上下の移動や着地のブレーキが少ないほうがキック力も少なく、経済的に走ることができると考えられる。そのため、長距離ランナーはできるだけ重心の上下動を減らしブレーキの少ない走り方をしようとするのである。

昨年、八月の'91東京世界陸上において男子100 m決勝でカール・ルイスが9・86秒という世界新記録をだして優勝した。このときの最高速度はほぼ12 m/sに達していることが日本陸連バイオメカニクス特別研究班から発表されている。また、マラソンでは谷口浩美選手が2時間14分57秒で優勝した。その平均速度はなんと5.2 m/sであり、ルイスの半分にも満たない速度であった。同じ走る競技ではあるが、短距離と長距離では競うスピードもことなるし、走るメカニズムもことなることを理解していただけたであろうか。

(東京大学教養学部)

参考文献

- Cavagna, G.A., Komarek, L. and Mazzoleni, S. (1971) : The mechanics of sprint. *J. Physiol.* 217, 709-721.
- Cavanagh, P.R. and M.A. LaFortune (1980) : Ground reaction forces in distance running. *J. Biomechanics* 13 : 397-406.
- Ito, A., P.V. Komi, B. Sjodin, C. Bosco, and J. Karlsson (1983) : Mechanical efficiency of positive work in running at different speeds. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15 (4) : 299-308.
- 小林寛道 (一九九〇) : 『走る科学』大修館書店。
- 松尾彰文、福永哲夫 (一九八二) : 『走運動の外的エネルギー出力からみた短長距離選手の特性』東京大学教養学部体育学紀要、15 : 47-57
- Munro, C.F. and D.I. Miller, (1987) : Ground reaction forces in running : a reexamination. *J. Biomechanics.* 20(2) : 147-155.
- Payne, A.H.(1978) : A comparison of the ground forces in race walking with those in normal walking and running. *Biomechanics* VI-A : E. Aasmussen and K. Jougensen(ed.), Baltimore : University Park Press, 293-302.
- 渋川侃二 (一九六九) : 『運動力学』大修館書店。