

昭和62年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. XII 競歩のバイオメカニクス的研究

財団法人 日本体育協会  
スポーツ科学委員会



# 昭和62年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

## №. XII 競歩のバイオメカニクスの研究

報告者 財) 日本体育協会スポーツ科学研究所

金子 敬二 塚 越 克 巳

雨 宮 輝 也 伊 藤 静 夫

### 1. 目 的

競歩は、歩行スピードを競う競技である。オリンピックの公式種目にも採用されており、'84ロサンゼルス大会では、20km競歩と50km競歩の2種目が実施されている。陸上競技の中で最も競技時間が長い種目である。したがって、競歩選手の体力としては、長距離・マラソン選手と同様、高い有酸素的作業能が要求される<sup>2)</sup>。

競歩は競技規則に歩行動作の規定がなされている。それによると「競歩は、いずれかの足が、常に地面から離れないようにして前進すること」と定義されており、さらに「支持脚が垂直になったとき(膝は曲がっていないこと)、たとえ一瞬でもまっすぐでなければならない」という条件がつけられ、「走」と一線を画している。

このように動きを制限された中で、移動スピードを競う競歩は、エネルギー効率の悪い運動になることは直感的にも明らかであり、歩行技術の巧拙が競技成績に大きく影響してくることが予想される。また、わが国の陸上競技の指導書においては、競歩に関する記述は少なく、研究報告もほとんど見られていない。

そこで、本研究では競歩についてバイオメカニクスの観点から以下の点を示すことを目的とした。

- (1) 競歩の運動学的データ
- (2) 競歩における身体の機械的エネルギー変化
- (3) 競歩の機械的効率
- (4) 競技レベルと歩行効率の関係

### 2. 方 法

#### (1) 被験者

被験者は競歩選手9名(全日本レベル3名、社団法人2名、大学生2名、高校生2名)である。いずれも競歩クラブや学校の運動部で競歩を専門的にトレーニングしているものである。

#### (2) 歩行条件

被験者には、水平トレッドミル上で競歩を行わせた。図1は歩行条件の概要を示したものである。歩行スピードは最低スピードを120m/minとし、オールアウトに至るまで1被験者につき8~10段階のスピード条件を設定した。全条件を2日に分け、1日に4~5条件ずつ行った。歩行時間は最初に行うスピードのみ10分間とし、それ以外のスピードは5分間とした。それぞれの条件の間には10分間の休息を入れた。

#### (3) 歩数の測定

被験者の肩にペーパー型ストレインゲージを貼付して腕振りの回数を記録し、歩数を求めた。

#### (4) 生理学的エネルギー消費の測定

運動終了前2分間の呼気を1分毎に分析し、各スピードにおける生理学的エネルギー消費を求めた。

#### (5) フィルム分析

被験者の側方に16mm高速度シネカメラを設置し、毎秒100コマのフィルムスピードで歩行動作を記録した。フィルムデータの分析は、片方の足が接地し、再び同じ足が接地するまでの1サイクルを対象とした。競歩中、身体は矢状面におい

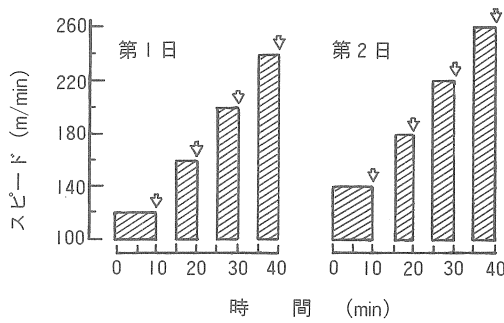


図1 歩行条件の概要

てまったく左右対称の運動を行うものと仮定し、身体部位の位置座標の読み取りはカメラに面している体側についてのみ行った。そして、読み取った座標を時間的に2分の1サイクルずらすことにより、反対側の体側座標値とした。座標読み取りは1コマおき(50コマ/秒)に行い、フィルムより得られたデータは、5点移動加重平均法により2次曲線に最小自乗近似し、平滑化処理を行った。

(6) 機械的エネルギー、仕事の算出

身体の機械的エネルギーの算出には、マルチセグメント法を用いた。身体を頭+体幹、左・右上腕、左・右前腕、左・右大腿、左・右下腿、左・右足の11のセグメントに分け、それぞれの位置エネルギー、並進の運動エネルギー、回転の運動エネルギーを以下の式の通り算出した。

$$E_i = m_i g h_i + \frac{1}{2} m_i v_i^2 + \frac{1}{2} I_i \omega_i^2$$

$i$  ; セグメントの番号 (=1~11)

$E_i$  ; セグメントの全エネルギー (J)

$m_i$  ; セグメントの質量 (kg)

$g$  ; 重力加速度 (=9.8m/s<sup>2</sup>)

$h_i$  ; トレッドミルベルトからセグメントの重心までの高さ (m)

$v_i$  ; セグメントの速度 (m/s)

$I_i$  ; セグメントの重心まわりの慣性モーメント (kgm<sup>2</sup>)

$\omega_i$  ; セグメントの角速度 (rad/s)

さらに、Winter<sup>10)</sup>、Perrynowski<sup>8)</sup>の示した方法により以下のように全身の機械的仕事Wを算出した。

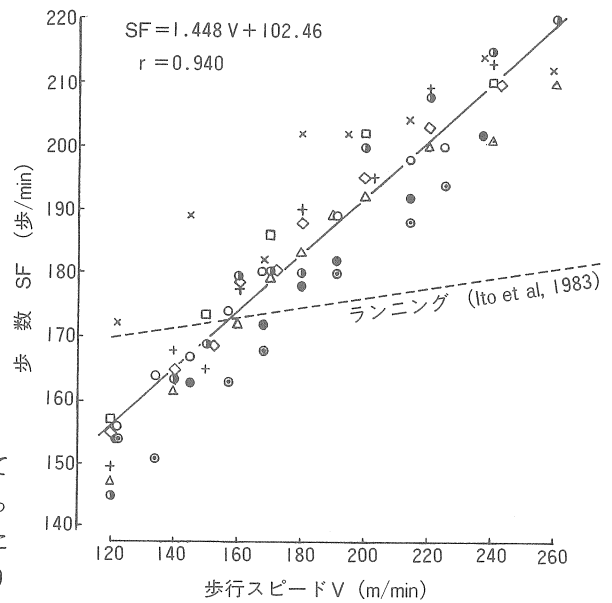


図2 歩行スピードと歩数の関係

$$W = \sum_{j=1}^N \left| \sum_{i=1}^S (\Delta E_{i,j}) \right|$$

$N$  ; 1サイクルの区分数

$j$  ; 1サイクルをN個に区分したときの区間の番号 (=1~N)

$S$  ; セグメントの数 (=11)

$\Delta E_{i,j}$  ; 区間jにおけるi番目のセグメントのエネルギーの変化量

3. 結果と考察

(1) スピードと歩数、歩幅の関係

図2に歩行スピードと歩数の関係を、図3に歩行スピードと歩幅の関係を示した。なお、歩幅は歩行スピードを歩数で除して求めた値である。

プロットをみると、かなり個性的な歩数、歩幅を示す被験者が観察される。集団においても同一スピードに対する歩幅、歩数に個人差が観察される。歩数では約15~20歩/min、歩幅では約0.07~0.1mの幅がみられる。つまり、歩数も歩幅も被験者の体力、体型あるいはピッチ型(歩数でスピードに対応するタイプ)・ストライド型(歩幅でスピードに対応するタイプ)など歩行スタイルの違いなどに影響を受け、スピードに対応

して一義的に決まる変量ではないからである。しかしながら、ほとんどの被験者に共通して、スピードの増加に伴い、両者が直線的に、ほぼ同程度の勾配で増加する傾向がみられる。そこで、歩行スピードとの直線相関を求めると、歩数 S F (歩/min)、歩幅 S L (m) とスピード V (m/min) の間には、それぞれ以下の関係が得られた。

$$S F = 1.448V + 102.46 \quad (r = 0.940)$$

$$S L = 0.003V + 0.439 \quad (r = 0.962)$$

これらの回帰式から20km 競歩の日本記録 (平均スピード約230m/min)、世界記録 (平均スピード約240m/min) の歩数と歩幅を推定すると、日本記録で205歩/min-1.12m、世界記録で210歩/min-1.15mとなった。

また、ランニングにおける歩数、歩幅とスピードの関係を、Ito et al.<sup>1)</sup>の報告より求め、図中に示した。スピードの増加に伴う歩数の増加の割合は競歩の方が大きく、歩幅の増加の割合はランニングの方が大きい。スピード120m/min から260 m/min の範囲では、競歩の歩数は40% (156→219歩/min) 増加しているのに対し、ランニングでは6% (170→181歩/min) しか増加していない。歩幅は反対に競歩が約53% (0.80→1.22

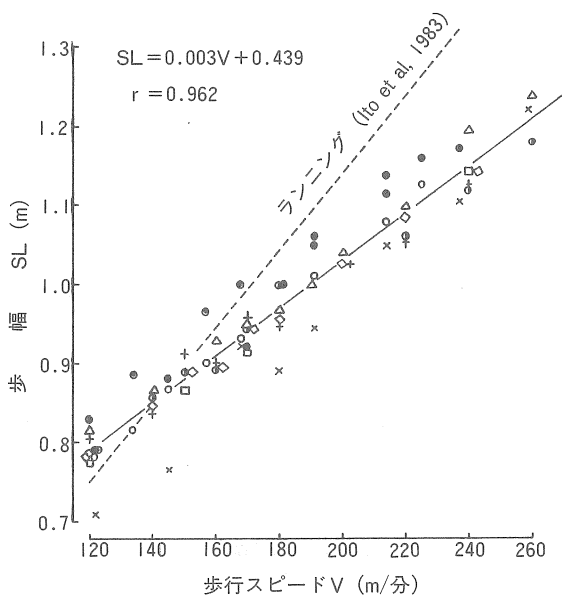


図3 歩行スピードと歩幅の関係

m) の増加に対し、ランニングは91% (0.75→1.43m) の増加を示している。ランニングでは主に歩幅の増大でスピードに対応しているのに対し、競歩では歩数、歩幅の両方で対応していることがわかる。

競歩の場合、いずれかの足が、常に地面から離れないように前進しなければならないため、ランニングのように歩幅を伸ばすことができない。スピードを増加させると、最大スピードに達する以前に歩幅の伸びが停止する局面が出現するのではないかと考えられる。一方、歩幅のグラフ (図2) には、先に述べたような歩幅の伸びの停止局面が観察されない。そこで、この点を再度確認するため3名の被験者について、前方の足が接地した瞬間の、前方の足のかかとから後方の足のつま先までの水平距離をフィルムから読み取った。

図4にその結果を示した。水平距離は、スピードが190m/min~210m/minを越えると横ばいか減少しているのが観察される。これは、前方の足が接地した時点で、すでに後方の足が地面を離れ前方に引き寄せられていることを意味するものであり、この時点から両足とも地面を離れる局面が現れていることを示唆するデータである。フィルムによっても両足の離地が確認され、最大スピー

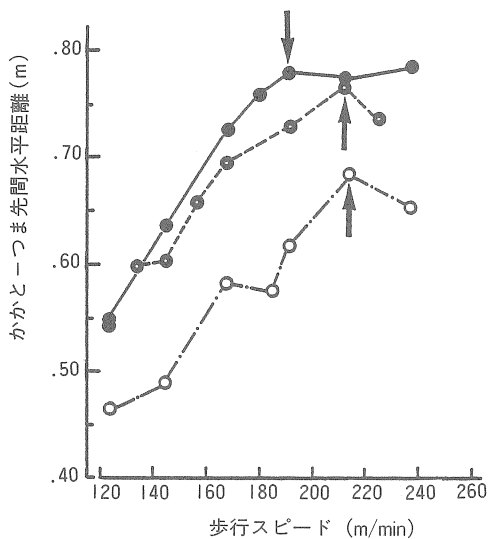


図4 歩行スピードと接地時の前足かかと-後足つま先間水平距離の関係

ド付近では、競技規則にのっとった歩き方がなされていことが明らかになった。

したがって、競技規則通りの歩行を行うと仮定すると、歩幅は歩行スピード190~210m/minで上限に達し、その歩幅はおおよそ1.0~1.1m前後であると推察される。

### (2) 身体重心変位

小野<sup>7)</sup>が指摘しているように、身体重心の変動が大きく、重心の運動方向が急激に変化すると、重心の方向変換のために大きな力が必要になり、体力の消耗につながる。長時間スピードを競う競歩には不利である。したがって、競歩では重心軌跡がよりなめらかな軌跡を描くよう、競歩独特の肩、腕、腰による緩衝作用が重要になる。しかしながら、これまで競歩の重心の鉛直変位がどの程度であるか、ほとんど報告されていない。

図5に、5名の被験者についてフィルムデータから求めた身体重心の鉛直方向変位を示した。

身体重心変位はスピードの増加に伴い大きくなり、スピード120m/minでは平均約2cmであったが、スピードの増加に対応して増大し、スピード220~240m/minでは平均約5cmであった。

Murray<sup>7)</sup>はオリンピック競歩選手を対象に、同一被験者の競歩と自然歩行を運動学的(Kinematic)に分析・比較し、競歩の方が重心変位が小さかったことを報告している。また、競

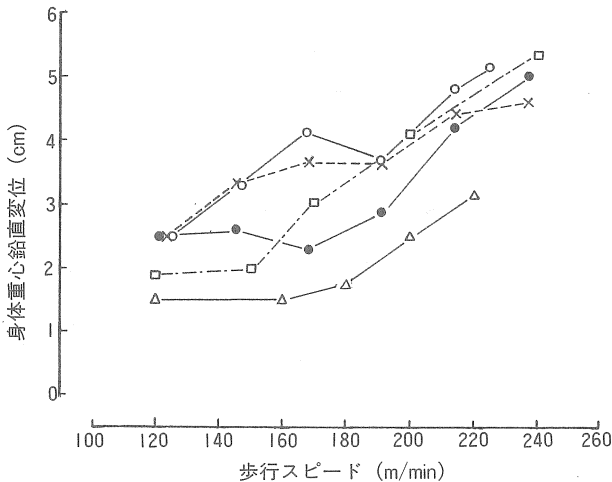


図5 歩行スピードと重心変位の関係

歩は120m/min以上のスピードにおいて、自然歩行よりエネルギー消費が少ないことが報告されており<sup>9)</sup>、競歩では重心の運動に着目し、より上下動の少ない動きを習得することが重要であると思われる。

### (3) 身体のエネルギー変化

図6に、スピード237m/minにおける身体各部のエネルギー変化の1例を示した。

グラフからも分かるように、全身のエネルギー変化に大きく影響を与えているのは、脚部のエネルギー変化である。頭+体幹部、腕のエネルギーの変化量は同程度であり、位相もほぼ反対であることから、上部部のエネルギー変化は小さく、全身のエネルギーにそれほど影響を与えていないことがわかる。

そこで、脚のエネルギー変化について詳しく検討するために、左脚のエネルギー変化を図7に示した。左足の接地している接地期では、大腿、下腿、足のエネルギーのピーク出現時刻がほぼ一致し、同位相にあり、それぞれの部位が脚全体のエネルギー変化に影響を与えていることがわかる。そ

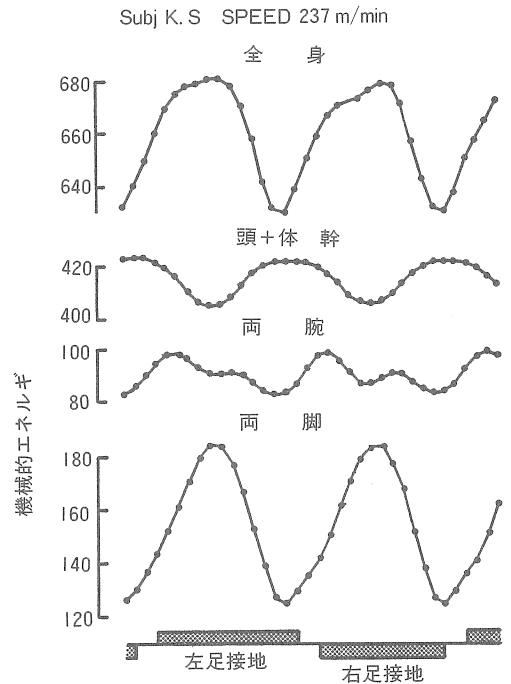


図6 全身、頭+体幹、腕、脚のエネルギー変化

の割合は、大腿：下腿：足でおよそ1：3：2である。一方、右足が接地している空中期では、主に下腿、足が脚全体のエネルギー変化に影響を与えていることがわかる。

しかしながら、具体的に仕事をしている部位を評価しようとするときは、エネルギー変化だけではむずかしい。例えば、接地期においては下腿、足にかなりのエネルギー変化がみられるが、実際には膝関節が固定され脚が1本の棒のように移動しているため、下腿以下の部位の運動は大腿の運動に付随して受動的に成されたものと考えることができる。したがって、接地期に脚の成した仕事の大半は大腿部及び大殿筋等の筋によるものではないかと推察される。

一方、脚が前方に振り出される空中期では、膝関節は固定されておらず、下腿・足は自由な状態にある。この間に大腿部から下腿部へのエネルギーの転移も考えられるが、大腿部のエネルギー変化か

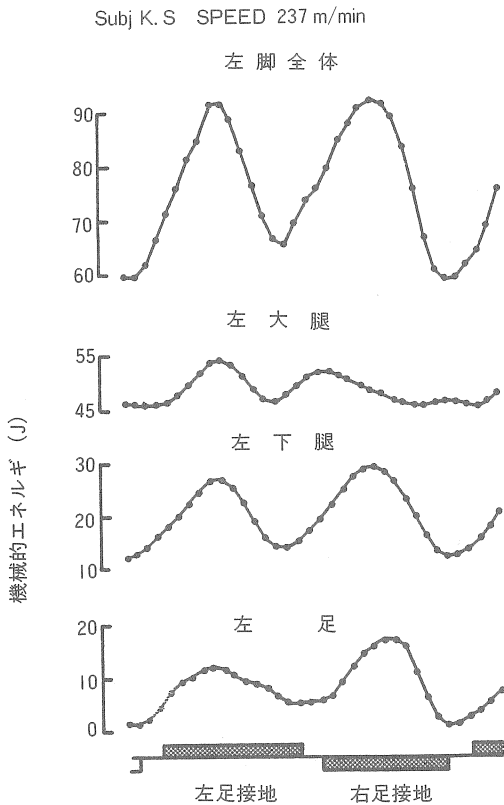


図7 左脚及び左脚各部位のエネルギー変化

らその量は非常に少ないと思われる。したがって空中期において左脚の成した仕事は、膝以下の部分の振り出しによるところが大きいと思われる。

#### (4) エネルギー消費

スピードとエネルギー消費の関係を図8に示した。エネルギー消費はスピードの増加に対し、直線的に増加する傾向がみられたが、各被験者の最大スピード及びそれより1～2段階低いスピードにおいて、スピードに対応してエネルギー消費が増えず、横ばいあるいは減少状態がほとんどの被験者に観察された。最大スピード付近では、有気的なエネルギー出力に無気的なエネルギー出力機構が加わり、その分測定時の酸素摂取量の減少につながったものと思われる。

そこで、スピードの増加に対し、有酸素的エネルギー消費が直線的な増加を示す部分について、両者の関係を求め、図に示した。エネルギー消費E (W/kg) とスピードV (m/min) の間に、以下の関係式が得られた。

$$E = 0.122V - 6.876 \quad (r = 0.945)$$

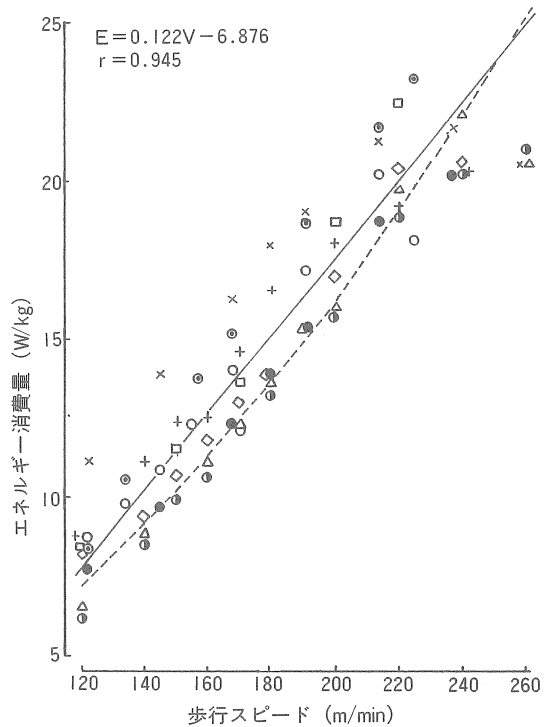


図8 歩行スピードとエネルギー消費量の関係

また、Marchetti 等<sup>5)</sup>が競歩について求めた回帰線を図中に破線で示した。彼らの示したエネルギー消費の回帰式は、スピードの2次式である。しかしながら、本研究の結果からはエネルギー消費がスピードに対して曲線的に変化する傾向は見られなかった。また、Hagberg 等も我々と同様の結果を報告している<sup>3)</sup>。Marchetti 等は、エネルギー消費がスピードに対して曲線的に変化する自然歩行と競歩のエネルギー消費をひとつの式で表わそうとしたため、2次曲線回帰にあてはめたものと思われる。本研究のスピードの範囲では、彼らの示した回帰線もほとんど直線に近く、先のような回帰式を求める際の前提を考慮すると、本研究の結果と彼らのデータには本質的な差はないものと思われる。

#### (5) 機械的仕事率

スピードの増加に対する機械的仕事率の変化を図9に示した。被験者間に、同一スピードにおいて2~4 W/kgの幅が見られるが、いずれの被験者においても、スピードの増加に対してほぼ直線的に増加する傾向がうかがわれる。機械的仕事率  $W$  (W/kg) とスピード(m/min) の間には、以下の関係式が得られた。

$$W = 0.027V - 1.450 \quad (r = 0.848)$$

#### (6) 競歩の機械的効率

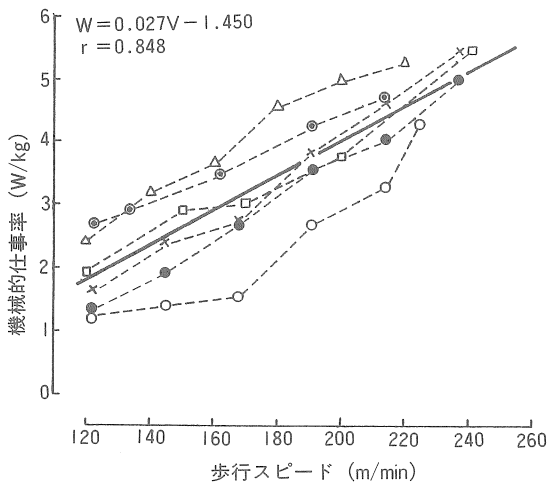


図9 歩行スピードと機械的仕事率の関係

スピードに対するエネルギー消費及び機械的仕事率の回帰式の回帰係数は、スピードの増加に対するエネルギー消費の増加率  $\dot{E}$ 、機械的仕事率の増加率  $\dot{W}$  を表わす。したがって、これらの回帰係数の比をとり、競歩の平均的機械的効率を求めた。機械的効率  $ME$  は、

$$\begin{aligned} ME &= \dot{W} / \dot{E} \\ &= 0.027 / 0.122 \\ &= 0.221 \end{aligned}$$

となり、22.1%の値が得られた。競歩に関しては Marchetti 等も機械的効率を求め、120m/min 以上のスピードにおいて、約20%のほぼ一定の効率値を報告している<sup>5)</sup>。残念ながら、本研究と機械的仕事の算出法がことなるため、効率値を直接比較できないが、本研究でも22.1%とランニング等に比べ非常に低いという点では、共通している。ランニングでは、機械的効率が摘出筋の効率を上回ることから、筋の弾性要素によるエネルギーの蓄積、再利用のメカニズムについての議論が多くなされており、それを支持する研究が多い<sup>1),6)</sup>。しかしながら、競歩の場合は、(1)かかとから接地し、しかも支持脚の膝関節は固定され、接地期前半に脚が伸展状態にある、(2)機械的効率が20%前後と低い、という点を考え合わせると、競歩では筋の弾性エネルギーの蓄積・再利用の機構は働いていないものと思われる。

#### (8) 競技レベルと競歩の効率の関係

表1に、一流競技選手と平均的選手の身体特性及び最大酸素摂取量を示した。

図10に、一流選手と平均的選手のエネルギー消費と機械的仕事率の関係を示した。機械的仕事率とエネルギー消費の回帰直線をもとめ、各被験者の機

表1 被験者の身体特性及び最大酸素摂取量

群	被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)
一流選手	K S	38	175,0	63,2	58,9
	S K	20	179,8	73,1	61,9
	F I	20	177,5	63,7	62,7
平均的選手	M S	16	175,8	54,3	57,6
	Y H	19	179,3	75,2	63,8
	H K	18	174,5	62,2	68,8



械的効率 (Apparent Efficiency) を求めた。それぞれの回帰式の回帰係数が効率を表し、その値をそれぞれの回帰直線に示した。

一流競技選手 3 名の機械的効率は 26.9~29.5% の範囲にあり、平均 28.6% であった。平均的選手 3 名では 15.5~22.6% の範囲にあり、平均 18.6% であった。機械的効率は、競技レベルの高い選手の方が低い選手より高い値が観察され、競技レベルの高低により効率に差がみられた。

機械的効率を決定する要因には、大きく (1) 筋繊維組成の差、(2) 歩行技術の差などが考えられる。筋繊維組成についてみれば、表 1 に示されているように一流選手と平均的選手の間で最大酸素摂取量に大きな差がみられないことから、両群の筋繊維組成には大きな差がないものと推察される。したがって、両群における効率の差は、歩行技術の差、特に筋神経系の要素が大きく反映しているものと思われる。

伊藤は、競歩選手の有酸素的作業能と血中乳酸濃度の動態 (Lactate Threshold) から、競歩能力を決定づける生理学的要因を検討している<sup>4)</sup>。その結果、競技記録は最大酸素摂取量とは相関せ

ず、2 mM 乳酸濃度出現時の負荷スピード (2 mMLT スピード) と高い相関を認めたことから、競技記録には筋など末梢組織の代謝の良否、バイオメカニクスのな「歩行効率」が関与しているのではないかと考察している。

本研究の結果は、バイオメカニクスの観点から、伊藤の考察を支持するものであると考えられる。身体運動は関節をとりまく拮抗筋の協調によって、行なわれている。例えば、脚を素速く伸展させようとする場合、伸筋の収縮だけでなく屈筋の弛緩が十分でないと、脚の伸展はスムーズに行なわれない。身体が一定の仕事をする場合、拮抗筋の協調がうまく行なわれれば、屈筋、伸筋のいずれかが収縮するだけのエネルギー消費すむが、両者の協調がうまく行なわれないと、屈筋、伸筋が同時に収縮することになり、しかも拮抗筋はお互いに反対の作用を及ぼし合うため、エネルギー消費は大きくなる。このように拮抗筋の協調の良否により、身体の機械的効率は変化してくる。一流選手では、歩行動作における筋の使い方に優れているものと思われる。

競歩は非常に長時間の競技であり、わずかな歩行効率の差であっても、時間の要素を加えればかなり大きな差となって、筋の疲労などの現象としてパフォーマンスに影響を与えてくると思われる。一流選手と平均的選手の差は、このような筋神経系の要因に基づくものと思われる。

#### 4. まとめ

1. 本研究の目的は、競歩について以下の点をバイオメカニクスの観点から示すことにある。

- (1) 競歩の運動学的データ
- (2) 競歩における身体の機械的エネルギー変化
- (3) 競歩の機械的効率
- (4) 競技レベルと歩行効率の関係

2. 9名の競歩選手を対象に、水平トレッドミル上で、最低スピード 120m/min からオールアウトに至るまで、8~10段階のスピードを漸増負荷した。フィルム分析により歩行中の運動学的データ及び身体の機械的エネルギー、仕事の変化を求めた。また、運動中の呼気を分析し、生理学的エネルギー消費を求めた。

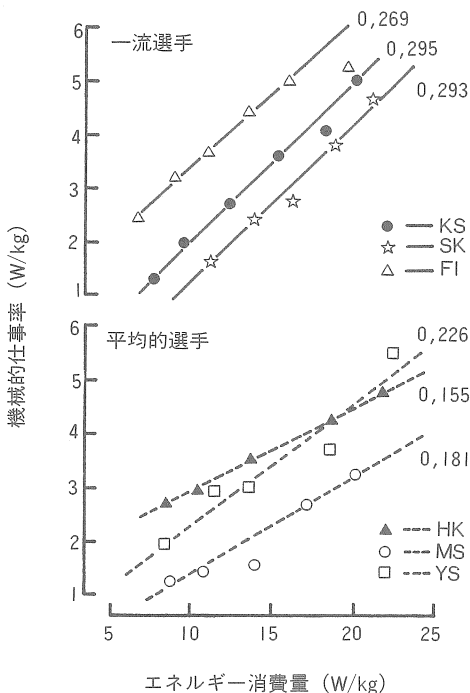


図10 一流選手と平均的選手における競歩の機械的効率

3. 歩数と歩幅 歩行スピード  $V$  (m/min) と歩数  $S F$  (歩/min), 歩幅  $S L$  (m) の間には以下の関係式が得られた。

$$S F = 1.448V + 102.46 \quad (r = 0.940)$$

$$S L = 0.003V + 0.439 \quad (r = 0.962)$$

4. 身体重心鉛直変位 身体重心鉛直変位は、歩行スピードの増加に対して増大し、120m/minで約2cmであったが、220~240m/minでは約5cmであった。

5. 身体のエネルギー変化 全身のエネルギー変化に大きく影響を及ぼしているのは、脚のエネルギー変化であることがわかった。また、片脚のエネルギー変化を分析した結果、接地期では大腿、下腿、足がほぼ1:3:2の割合で脚全体のエネルギー変化に影響を及ぼしており、空中期では下腿、足のエネルギー変化が脚全体のエネルギー変化に影響していることがわかった。

6. エネルギー消費 歩行スピード  $V$  (m/min) とエネルギー消費  $E$  (W/kg) の間には、以下の関係式が得られた。

$$E = 0.122V - 6.876 \quad (r = 0.945)$$

7. 機械的仕事率 歩行スピード  $V$  (m/min) と機械仕事率  $W$  (W/kg) の間には以下の関係式が得られた。

$$W = 0.027V - 1.450 \quad (r = 0.848)$$

8. 機械的効率 スピードとエネルギー消費、機械的仕事率の関係式より、機械的効率を算出した結果、その値は22.1%であった。また、かかとから接地し、接地期において膝が固定され、脚が伸展された状態にあることと考え合わせ、競歩では筋の弾性エネルギーの蓄積・再利用の機構は働いていないと思われる。

9. 競技レベルと機械的効率の差 一流競技選手と平均的選手で機械的効率に差(平均28.6%~18.6%)が観察された。この効率の差は、歩行技術の差、特に拮抗筋の協調など筋神経系に起因するものと推察した。

#### 参考文献

1) Akira, I., P.V. Komi, B.Sjodin, C.Bosco, and J. Karlsson. Mechanical efficiency of positive work in running at different speeds. Med.Sci.

Sports Exerc. 15(4): 299-308, 1983.

2) 雨宮輝也ほか: 競歩におけるスピードと酸素摂取量: 昭和53年度スポーツ科学研究報告, 日本体育協会, 1978.

3) Hagberg, J.M. and E.F.Coyle. Physiologic comparison of competitive racewalking and running. Int.J.Sports Med. 5: 74-77, 1984.

4) 伊藤静夫ほか: スポーツ選手のATに関する研究-競歩選手のLT-, 昭和62年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 日本体育協会, 1987.

5) Marchetti, M., A.Cappozzo, F.Figura, and F. Felici. Race walking versus ambulation and running. International series on Biomechanics Vol.4B, BIOMECHANICS VIII-B (Edited by H. Matui, and K.Kobayashi): 706-708, Human Kinetics Publishers, Inc., Champaign, Illinois, 1983.

6) マルガリア, R. (金子公宥訳): 身体運動のエネルギー: 121-126, ベースボール・マガジン社, 東京, 1978.

7) Murray, M.P., G.N.Guten, L.A.Mollinger, and G.M.Gardner. Kinematic and electromyographic patterns of Olympic race walkers. Am.J. Sports Med. 11(2): 68-74, 1983.

8) 小野勝次 陸上競技の力学: 109-113, 同文書院, 東京, 1957.

9) Pierrynowski, M.R., D.A.Winter, and R.W. Norman. Transfers of mechanical energy within the total body and mechanical efficiency during treadmill walking. ERGONOMICS 23(2): 147-156, 1980.

10) Saibene, F., P.Cerretelli, and P.E.di Prampero. Exercise Bioenergetics: The analysis of some sport activities. International series on Biomechanics, Vol.4B, BIOMECHANICS VIII-B (Edited by H.Matui, and K.Kobayashi): 706-708, Human Kinetics Publishers, Inc., Champaign, Illinois, 1983.

11) Winter, D.A. A new definition of mechanical work done in human movement. J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 46(1): 79-83, 1979.

昭和62年度 財団法人日本体育協会 スポーツ科学委員会

委員長	黒田 善雄 (順天堂大学体育学部)	委員	青木純一郎 (順天堂大学体育学部)
委員	浅見 俊雄 (東京大学教養学部)	"	石井 喜八 (日本体育大学)
"	石河 利寛 (中京大学体育学部)	"	松井 秀治 (国際武道大学)
"	小野 三嗣 (東京慈恵会医科大学)	"	松田 岩男 (中京大学体育学部)
"	叅野 豊 (筑波大学体育科学系)	"	宮下 充正 (東京大学教育学部)
"	高石 昌弘 (国立公衆衛生院)	"	村山 正博 (聖マリアンナ医科大学)
"	高沢 晴夫 (横浜市立港湾病院整形外科)	"	山川 純 (日本女子体育大学)
"	塚脇 伸作 (早稲田大学教育学部)	"	井川 幸雄 (東京慈恵会医科大学)
"	中嶋 寛之 (東京大学教養学部)	"	小林 修平 (国立栄養研究所)
"	馬詰 良樹 (東京慈恵会医科大学)	"	藤田 厚 (日本大学文理学部)
"	勝田 茂 (筑波大学)	"	川原 貴 (東京大学教養学部)

財団法人 日本体育協会 スポーツ科学研究所  
塚越 克己 金子 敬二  
雨宮 輝也 浅野 友里  
伊藤 静夫

昭和62年度 財団法人 日本体育協会・スポーツ医・科学研究報告集

編集代表者 黒田 善雄

発行者 鈴木 祐一

昭和63年 3月31日 発行

発行所 財団法人 日本体育協会  
東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育館  
TEL (03) 481-2240

