

## 雪上走におけるエネルギー消費量

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/23535">http://hdl.handle.net/2297/23535</a>

# 雪上走におけるエネルギー消費量

山 本 博 男

## はじめに

北陸の冬は長い。一般に「スポーツの基礎は走ることである」と言われるが(17), 裏日本のスポーツが表日本に比べてあまり盛んでなく強くない原因には, 良い選手が中央に集まるハンディはあるにせよ, 天候などの要因により, 走れる場所がなくなり, 走り込みの量が少なくなることが考えられる。

北陸の地, 金沢においても, 冬になるとスポーツマンが工夫をこらしたトレーニングを行なっているが, なかなか期待通りのトレーニングをこなしていないようである。

さて, 有酸素的運動に関して, 同じ時間内により高い運動強度の運動をすれば, より大きなトレーニング効果を期待できると思われる。(6)

そこで本研究では, 比較的短時間にトレーニング効果が期待できる運動として雪上における走を取りあげ, その運動強度を求めるために, エネルギー消費量, 心拍数, 及び主観的運動強度<sup>(注1)</sup>を測定した。又, 体育館やグラウンドを走った時と比べ, 運動強度にどのような差が生ずるかを調べた。更に, 他の路面における走の運動強度を求め, 雪上における走の運動強度とを比較検討した。

従って, 本研究の目的は, 各種路面における走のエネルギー消費量を求め, 雪上における走を運動強度の観点から比較検討することである。

## 研究小史

雪の上を歩いてエネルギー消費量を求める研究は, 約30年前から行なわれている。

ChristensenとHöybery(1950), Lundyren(1955)は, 「雪の上を歩くのは, 本当に疲れる」と報告しているが, 雪の深さとエネルギー消費量については研究していない。(5, 23)

又, 系統的な雪上歩行と雪の深さの研究に関しては, Heinonen(1959), Ranaswamy(1966)の報告がある。(11, 29)更に, 雪上歩行のエネルギー消費量に関する最近の研究では, Pandolf(1976)の報告がある。(26) 彼等は, 雪の深さによるエネルギー消費量の違いの路面係数を使って報告した。即ち雪の深さにおける路面係数 $\eta$ は, ある深さの雪上を歩いた時のエネルギー消費量を同速度でトレッドミル上を歩いた時のエネルギー消費量で割って求められた。

その結果, 一定の速度(0.67 m/sec)で雪上を歩く時のエネルギー消費量を図1に示した。深さ0 cmと深さ45 cmの雪に関して, 深さ45 cmの雪における消費エネルギーの方が約5倍大きい。

又, 雪上の歩における路面係数 $\eta$ , 雪の深さ, 歩く速度の関係を図2に示した。路面係数 $\eta$ に関して, 深さ45 cmの雪上では深さ0 cmの約5倍になり, また歩く速度4.8 km/hrにおける路面係数は, 歩く速度1.6 km/hrにおける路面係数の約5倍であった。

以上のように, 雪上を歩く時のエネルギー消

\* 金沢大学教育学部体育学研究室

注1) 主観的運動強度 (P.P.E: Rating of Perceived Exertion) の説明については, 110ページ及び111ページを参照されたい。

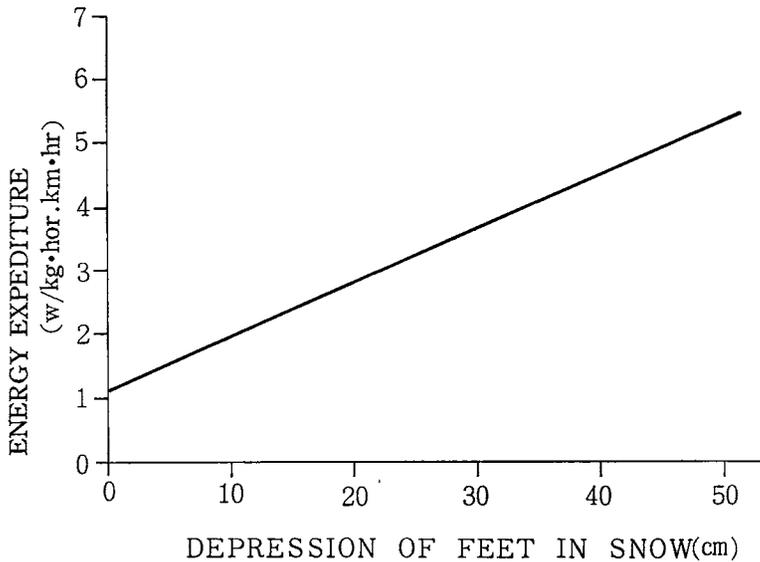


図1 雪上の歩における雪の深さとエネルギー消費量の関係：文献<sup>28</sup>より引用

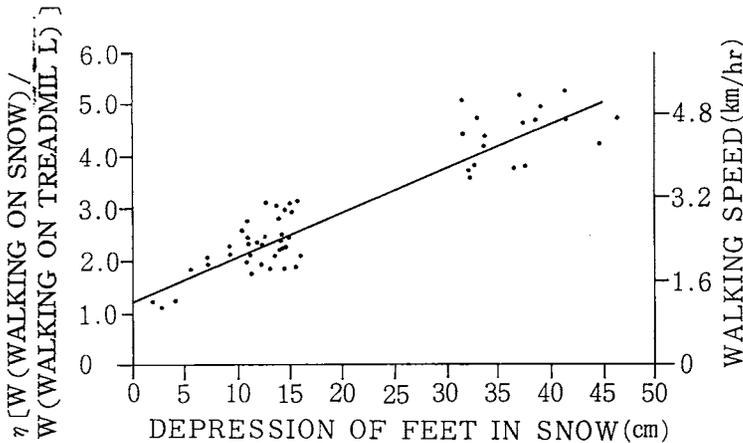


図2 雪上の歩における路面係数，雪の深さ，歩く速度の関係：文献<sup>28</sup>より引用

費量を求める研究は、意外に古くから行なわれている。しかし、雪以外の路面、例えば、アスファルト、砂、土、泥、木のフローアなどの上を歩いた場合におけるエネルギー消費量に関する研究は、ようやく1970年代に入ってから行なわれている。

即ち、この方面における研究においては、

Pandolf, Givoni, 及び, Soule らの各種路面の路面係数と予想エネルギー消費量に関する研究がある。(27, 28, 30)

彼らは、ある路面における路面係数 $\eta$ について、路面を一定速度で歩いた時のエネルギー消費量を同速度でトレッドミル上に歩いた時のエネルギー消費量で割って算出した。(30)

各種路面における路面係数を次に示す。

TREADMILL	1.0	LIGHT BRUSH	1.2
BLACK TOP	1.0	HEAVY BRUSH	1.5
DIRT ROAD	1.1	SWAMP	1.8
		SAND	2.1

一方、これらの路面係数  $\eta$ 、歩く速度、被検者の総合重量（体重+衣服+負荷の重量）と消費エネルギーの関係から、速度と各種路面のエネルギー消費に関する回帰式を導き出した。(8)

即ち、傾斜角が  $0^\circ$  の場合、その回帰方程式は次の式で表わすことができる。

$$M = \eta(mt) [2.7 + 3.2 (V - 0.7)^{1.65}]$$

$M$ …エネルギー消費量 (W)

$\eta$ …路面係数 トレッドミルの  $\eta$  を

1.0とする。

$mt$ …総合重量 (Kg)

(体重+衣服、負荷の重量)

$V$ …歩く速度 (m/sec)

この式によって求めたエネルギー消費量は、実測のエネルギー消費量とほぼ一致した。

図3に各種路面における速度と予想消費エネルギーの関係を示した。(27)

歩く速度が同じ場合、路面係数  $\eta$  の大きい路面 (SOFT SNOW, LOOSE SAND など) では、エネルギー消費量は大きく、路面係数  $\eta$  の

小さい路面 (BLACK TOP, DIRT ROAD, LIGHT BRUSH など) では、エネルギー消費量は小さい。

LOOSE SAND における歩のエネルギー消費量は BLACK TOP や TREAD MILL における歩の2倍、SOFT SNOW (35cm) における歩のエネルギー消費量は、BLACK TOP や TREAD MILL における歩の約4倍であった。

上述の如く、従来、各種路面におけるエネルギー消費量に関する研究は、登山(1)や軍隊の行進(9, 12)等、すべて歩に関して行なわれているが、走に関して、各種路面におけるエネルギー消費量を求めた報告は、まだ見当たらない。

## 方法

被検者は、金沢大学教育学部体育科男子学生、バレーボール部部員1名（年齢20歳、身長177cm、体重69Kg）である。

路面には、雪（深さ11cm）、アスファルト、芝生、トレッドミル、乾いた砂、湿った砂、水中30cmの砂、ルームランナー、体育館、トレーニングセンター、グラウンドの11種を選んだ。

雪、アスファルト、芝生、砂、体育館、グラウンドにおけるコースに関しては、平坦な路面に30cmの直線コースを作り、その端に目印を設

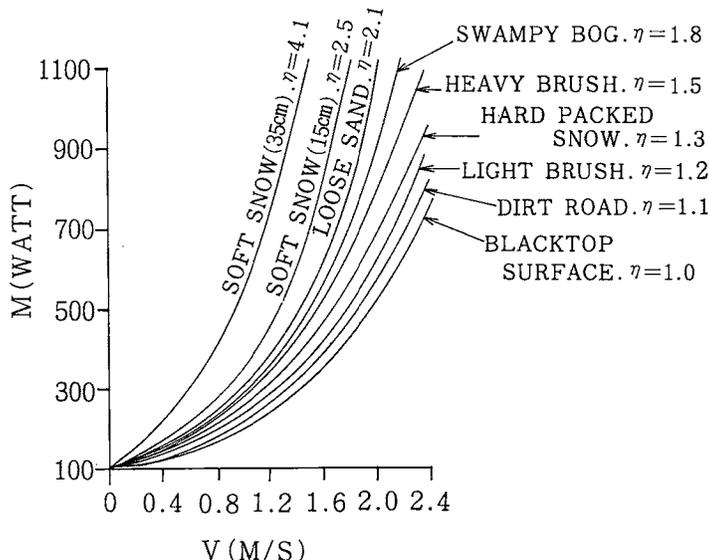


図3 各種路面における速度とエネルギー消費量の関係：文献(8)より引用

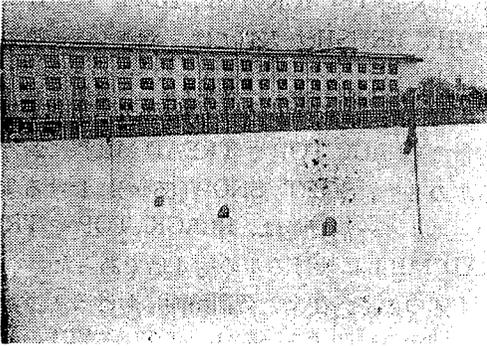


写真1 30mコースの端につくられた目印



写真2 走速度の決定

置した(写真1)。

走速度に関しては、雪上における走速度を各種路面における走速度とし、本研究における実験は、すべて雪上における走速度、走行距離に基づいて行なった。即ち、雪の路面に前述した30cmのコースを、被検者は5分間適度だと思われる速度を彼自身が決めながら、往復して走った(写真2)。

被検者は、150ピッチ/分のメトロノームに合わせて、ルームランナーの上で5分間その場駆け足を行なった(24, 写真3)。

被検者は、ウォーミングアップとして3分間162m/minの速度でランニングを行なった。

その後、10分間休憩し各種路面での5分間走を行なった。(写真4, 5, 6, 7)

各種路面における走の運動開始4分から5分に、呼気ガスをダグラスバックに収集し、ガス分析は、ショランダー微量ガス分析器によって

分析した。

このようにして1分間の酸素摂取量を求め、これをカロリー計算して、エネルギー消費量を求めた。(19)

また、呼気ガスの収集と同時に、胸部誘導による心電図を求め、レコーダーに記録された心拍数を計算した(13, 写真8)。

また、各種路面における走を、終了後、被検者にBorgのRPEスケールを見せ、主観的運動強度を尋ねた。

RPEスケールとは、運動が生体に与える負担度を、その客観的な強度(物理的な量や生理的な変化)でなくて、人間の方が、主観的などの程度の強さとして感覚しているかを表現して



写真3 ルームランナーにおけるエネルギー消費量の測定



写真4 雪上走におけるエネルギー消費量の測定



写真5 乾いた砂における走のエネルギー消費量の測定

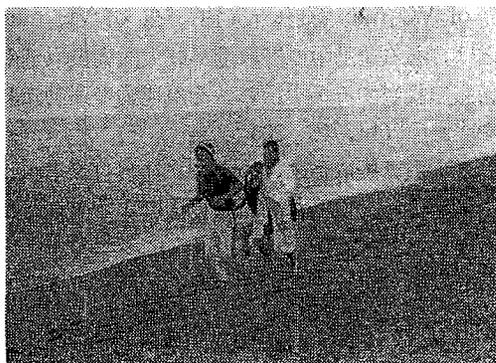


写真7 湿った砂における走のエネルギー消費量の測定



写真6 水中30cmの砂における走のエネルギー消費量の測定



写真8 心拍数測定における電極貼り

ある。

1962年、Borgらは、種々の実験で試行錯誤を繰り返した後に、物理的な運動強度や生体のエネルギー量と比例する指標として広く測定されている心拍数と直線的な関係の得られる尺度として、表1のような強度を表現する手がかりとしての言葉と数字尺度からなるスケールを作成した(4, 25)。

この数字尺度 RPE は Rating of Perceived Exertion の略で、人の心拍数の幅である 60~200 beats/min に対して、心拍数 = RPE × 10 とするなようにつくられている。

心理的強度が、RPE スケールで表わすことができるのに対して、生理的強度は単位時間当たりのエネルギー消費量で表わされ、基本的には単位時間当たりの酸素摂取量が用いられる。

本研究における生理的強度の表現に関しては、個人の最大能力を基準にして強度を表わす

表1 RPEの数字尺度と言葉による表現

6		
7	Very, very light	(非常に楽である)
8		
9	Very light	(かなり楽である)
10		
11	Fairly light	(楽である)
12		
13	Somewhat hard	(ややきつい)
14		
15	Hard	(きつい)
16		
17	Very hard	(かなりきつい)
18		
19	Very, very hard	(非常にきつい)
20		

% of  $\dot{V}O_2\max$  を用いた(15)。% of  $\dot{V}O_2\max$  とは、ある運動中の摂取量が最大酸素摂取量の何%に相当するかを示し、その運動の運動強度を表わす(14, 15, 20)。

最大酸素摂取量は、モナーク社製自転車エルゴメーターを使った漸増負荷法により求めた(写真9)

なお、各実験の実験期日及び場所は下の通りであった。

雪——昭和53年2月, 金沢大学グラウンド

トレッドミル——昭和53年5月, 金沢大学  
教育学部体育学実験室

ルームランナー——昭和53年9月, 金沢大学  
教育学部体育学実験室

アスファルト——昭和53年10月, 金沢大学  
教育学部別館前の道路

芝生——昭和53年10月, 金沢大学教育学部  
中庭

乾いた砂——昭和53年10月, 内灘海水浴場

湿った砂——昭和53年10月, 内灘海水浴場  
水中30cmの砂——昭和53年10月, 内灘海水浴場

体育館——昭和53年12月, 金沢大学大体育館

トレーニングセンター——昭和53年12月  
金沢大学トレーニングセンター



写真9 自転車エルゴメーターによる  
最大酸素摂取量の測定

グラウンド——昭和53年12月, 金沢大学グラ  
ウンド

## 結 果

表2に、各種路面における走のエネルギー消費量、心拍数、RPE、走行距離を示す。

即ち、雪上(深さ11cm)における走に関しては、エネルギー消費量 14 kcal/min, 心拍数144 beats/min, 走行距離 813 m, 速度 162 m/min, RPE 15であった。

アスファルトにおける走に関しては、エネルギー消費量 11 kcal/min, 心拍数 142 beats/min, 走行距離836m, 速度167m/min, RPE 12であった。

芝生における走に関しては、エネルギー消費量12 kcal/min, 心拍数153 beats/min, 走行距離 804m, 速度160m/min, RPE 14であった。

トレッドミルにおける走に関しては、エネルギー消費量13 kcal/min, 心拍数 150 beats/min, 走行距離810m, 速度 162m/min, RPE 13であった。

ルームランナーにおける走に関しては、エネルギー消費量 5 kcal/min, 心拍数 150 beats/min, 走行距離510m, RPE 12であった。

乾いた砂における走に関しては、エネルギー消費量16 kcal/min, 心拍数172 beats/min, 走行距離803m, 速度 160m/min, RPE 17であった。

湿った砂における走に関しては、エネルギー消費量18 kcal/min, 心拍数 174 beats/min, 走行距離825m, 速度 165m/min, RPE 15であった。

水中30cmの砂における走に関しては、エネルギー消費量 16kcal/min, 心拍数168 beats/min, 走行距離781m, 速度 156m/min, RPE 15であった。

体育館における走に関しては、エネルギー消費量14 kcal/min, 心拍数 144 beats/min, 走行距離 811 m, 速度 162 m/min, RPE 11であった。

トレーニングセンターにおける走に関しては

表2 各種路面におけるエネルギー消費量，心拍数，走行距離，速度及びRPE

各種路面	項目	酸素摂取量 (l/min)	エネルギー消費量 (kcal/min)	心拍数 (beats/min)	走行距離 (m)	速度 (m/min)	R P E
雪		2.80	14.14	144	814	162	15
アスファルト		2.23	11.26	142	836	167	12
芝		2.49	12.57	153	804	161	14
トレッドミル		2.50	12.63	150	810	162	13
ルームランナー		1.02	5.15	150	510	—	12
	砂Ⅰ	3.07	15.50	172	803	161	17
	砂Ⅱ	2.33	11.77	174	825	165	15
	砂Ⅲ	3.03	15.30	168	781	156	16
体育館		2.69	13.58	144	811	162	11
トレーニングセンター		2.68	13.53	138	810	162	11
グラウンド		2.77	13.99	142	858	172	12

(砂Ⅰ…乾いた砂，砂Ⅱ…湿った砂，砂Ⅲ…水中30cmの砂)

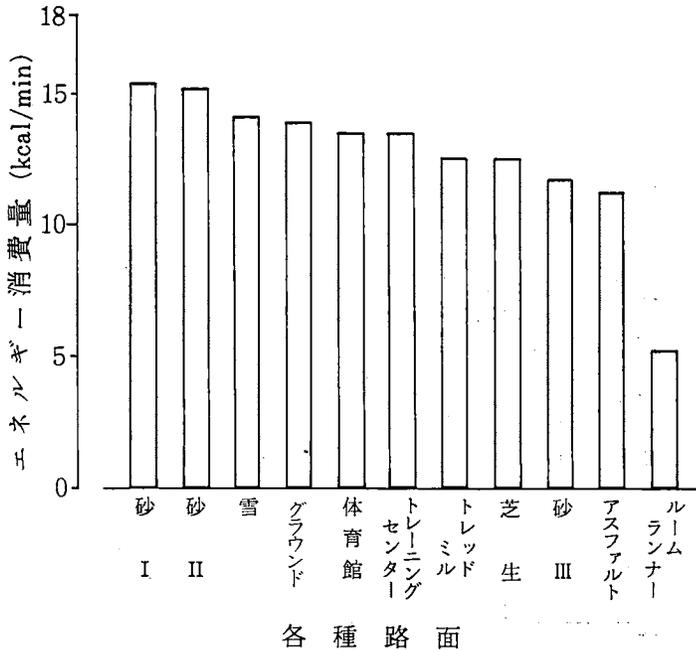


図5 各種路面におけるエネルギー消費量  
(砂Ⅰ…乾いた砂，砂Ⅱ…湿った砂)  
(砂Ⅲ…水中30cmの砂)

エネルギー消費量14kcal/min, 心拍数138beats/min, 走行距離 810 m, 速度 162 m/min, RPE 11であった。

グラウンドにおける走に関しては, エネルギー消費量14 kcal/min, 心拍数 142beats/min, 行距離 858 m, 速度 172 m/min, RPE 12であった。

各種路面における走のエネルギー消費量に関しては最大 16kcal/minから最小 5 kcal/minの間で, ばらつきがあった(図5)。

各種路面における走の心拍数に関しては, 最大 174beats/minから最小 138beats/minの間にばらついた(図6)。

各種路面における走の RPE に関しては, 最

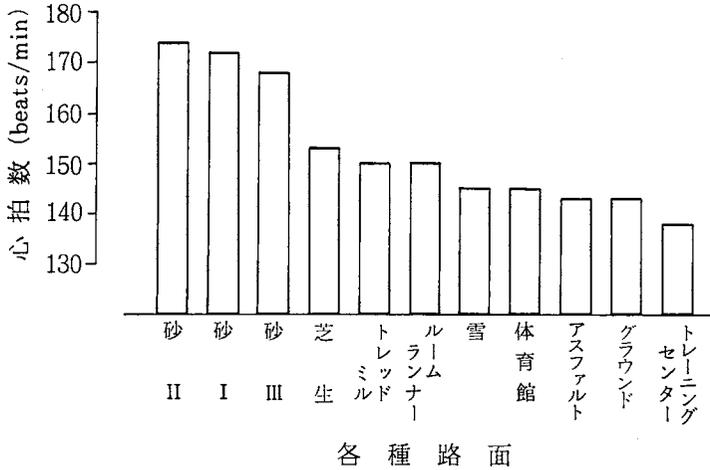


図6 各種路面における心拍数  
(砂 I…乾いた砂, 砂 II…湿った砂, 砂 III…水中30cmの砂)

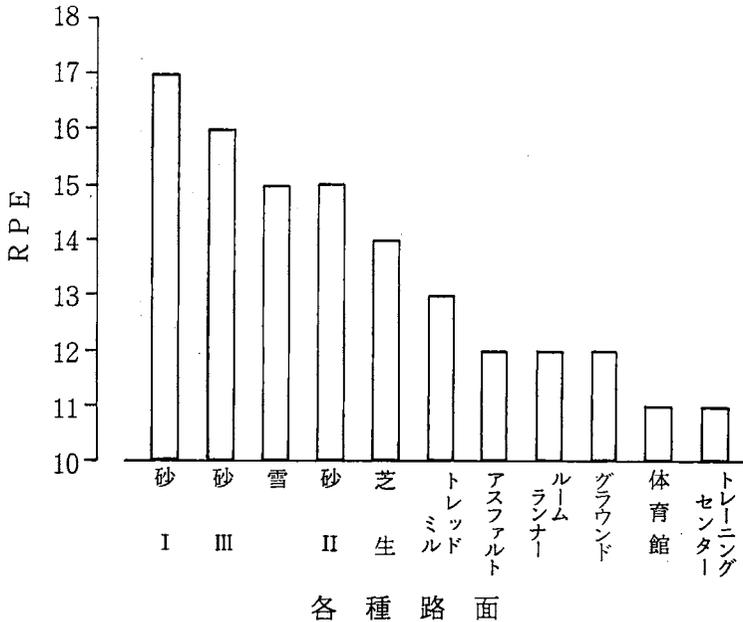


図7 各種路面における RPE  
(砂 I…乾いた砂, 砂 II…湿った砂, 砂 III…水中30cmの砂)

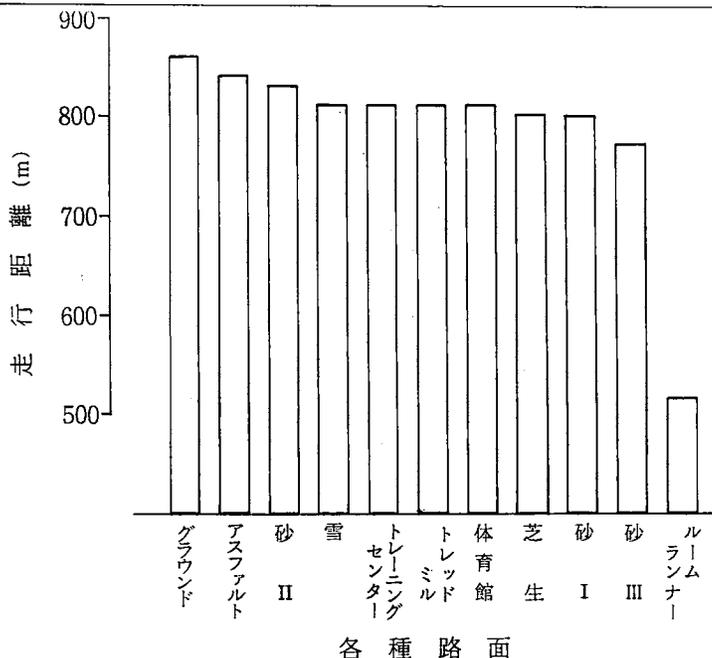


図8 各種路面における走行距離  
(砂Ⅰ…乾いた砂, 砂Ⅱ…湿った砂, 砂Ⅲ…水中30cmの砂)

大17から最小11の間でばらつきがあった。(図7)。

各種路面における走の走行距離に関しては、最大858mから最小610mの間でばらつきがあった(図8)。

各種路面における走の速度に関しては、最大172m/minから最小156m/minの間でばらつきがあった。

各種路面における走のエネルギー消費量と被検者の最大酸素摂取量(4l/min)の比から、生理的な運動強度としての% of  $\dot{V}O_2$  maxを求めた。また、同様にして、% of HR maxを求めた。

表3に、各種路面における% of  $\dot{V}O_2$  max, % of HR maxを示す。

即ち、雪上における走に関しては、70% of  $\dot{V}O_2$  max, 80% of HR maxであった。

アスファルトにおける走に関しては、56% of  $\dot{V}O_2$  max, 79% of HR maxであった。

芝生における走に関しては、62% of  $\dot{V}O_2$  max, 85% of HR maxであった。

トレッドミルにおける走に関しては、62, 63

表3 各種路面における% of  $\dot{V}O_2$  max 及び % of HR max

各種路面	項目	% of $\dot{V}O_2$ max (%)	% of HR max (%)
雪		70	80
アスファルト		56	79
芝生		62	85
トレッドミル		63	83
ルームランナー		26	83
砂Ⅰ		77	96
砂Ⅱ		58	97
砂Ⅲ		76	93
体育館		67	80
トレーニングセンター		67	77
グラウンド		69	79

% of  $\dot{V}O_2$  max, 83% of HR maxであった。

ルームランナーにおける走に関しては26% of  $\dot{V}O_2$  max, 83% of HR maxであった。

乾いた砂における走に関しては、77% of  $\dot{V}O_2$  max, 96% of HR maxであった。

湿った砂における走に関しては、58% of  $\dot{V}O_2$  max, 97% of HR maxであった。

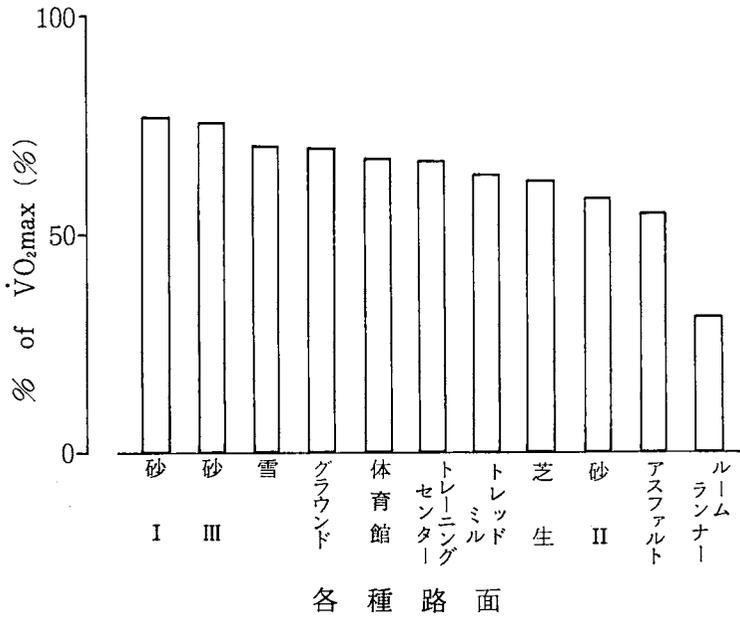


図9 各種路面における % of  $\dot{V}O_2\text{max}$   
 (砂 I…乾いた砂, 砂 II…湿った砂, 砂 III…水中30cmの砂)

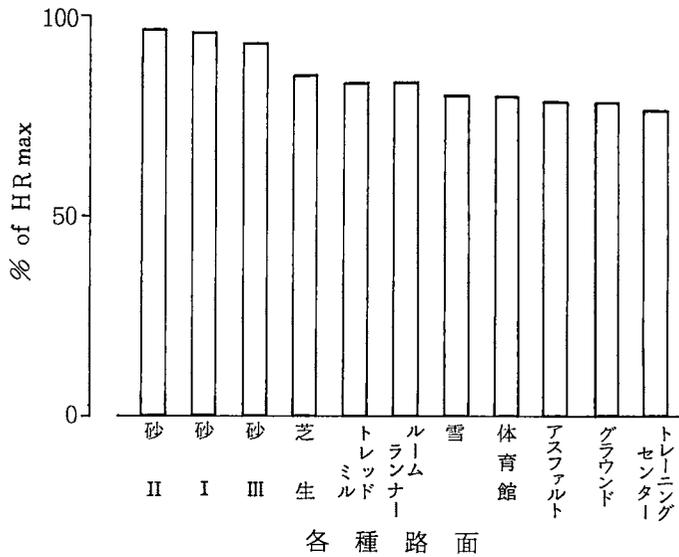


図10 各種路面における % of HR max  
 (砂 I…乾いた砂, 砂 II…湿った砂, 砂 III…水中30cmの砂)

水中 30 cm の砂における走に関しては、76 % of  $\dot{V}O_2 \max$ , 93 % HR max であった。

体育館における走に関しては、67 % of  $\dot{V}O_2 \max$  80 % of HR max であった。

トレーニングセンターにおける走に関しては 67 % of  $\dot{V}O_2 \max$ , 77 % of HR max であった。

グラウンドにおける走に関しては、69 % of  $\dot{V}O_2 \max$ , 79 % of HR max であった。

各種路面における走に関しては、最大 77 % of  $\dot{V}O_2 \max$  から最小 26 %  $\dot{V}O_2 \max$  の間でばらつきがあった。(図10)

各種路面における走に関しては、最大 96 % of HR max から最小 77 % of HR max の間でばらつきがあった(図9)。

### 考 察

実験を行なった11種の路面における走のエネルギー消費量に関しては、乾いた砂、水中30cmの砂、深さ11cmの雪、グラウンド、体育館、トレーニングセンター、トレッドミル、芝生、湿った砂、アスファルト、ルームランナーの順に大きかった(図5)。

乾いた砂における走に関して、被検者は脚を蹴りあげる際に足が砂にめり込み、なかなか前進できなかった。被検者は一定した走のフォームやリズムをつかめなかった。乾いた砂における走のエネルギー消費量が大きかったのは、こうした砂の持つ特性が原因であろう。

雪上における歩のエネルギー消費量に関する研究で、Pandolf らは、雪が深くなると被検者に荷物を引っぱる動作 (lift work) が生じ、それに無駄なフォーム、バランスの悪さが加わって、エネルギー消費量が大きくなると報告している。(26)

水中30cmの砂や深さ11cmの雪における走に関してエネルギー消費量が大きかったのは、それらの路面へ脚を踏み込み、ぬく動作によって起こる lift work と、それに伴うバランスの悪さが影響したためと考えられる。

トレッドミルにおける歩のエネルギー消費量に関して、Soule らは、アスファルトにおける歩

のエネルギー消費量と大きな違いはないと報告している。しかし、本研究における実験の結果、トレッドミルにおける走のエネルギー消費量はアスファルトにおける走のエネルギー消費量と比べて、かなり大きな差 (1.37 kcal/min) が現われた。トレッドミルにおける走に関して、エネルギー消費量が予想以上に大きかったのは、被検者がトレッドミルを走ることに慣れず、身体全体に力が入り、走り方が不自然になったためと考えられる。(28, 30)

各種路面における走の心拍数に関しては、湿った砂、乾いた砂、水中30cmの砂、芝生、トレッドミル、ルームランナー、深さ11cmの雪、体育館、グラウンド、アスファルト、トレーニングセンターの順に大きかった(図6)。

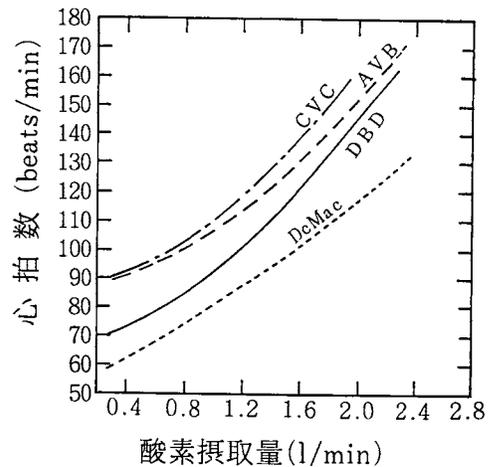


図11 自転車エルゴメーター作業における酸素摂取量と心拍数の関係：文献(3)より引用

運動強度の指標となるエネルギー消費量と心拍数の間には、一般に、直線的な比例関係が成り立つ。Bock は酸素摂取量が大きくなるとつれ、心拍数も増加すると報告している。(図11)

しかし、本研究で行なった各種路面における走のエネルギー消費量と心拍数の間には、直線的な比例関係は見られなかった。

図12に、本研究の各種路面におけるエネルギー消費量と心拍数の関係を示す。左側から、心拍数の大きい順に各種路面を並べたが、エネル

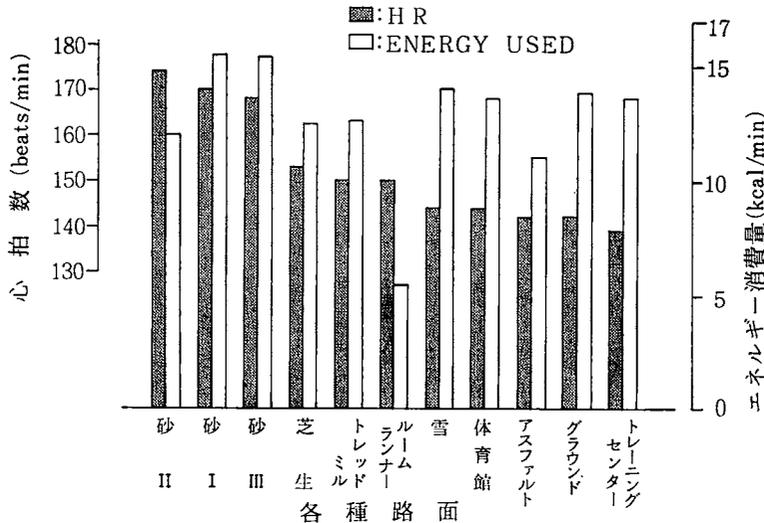


図12 各種路面における心拍数とエネルギー消費量の関係  
(砂Ⅰ…乾いた砂, 砂Ⅱ…湿った砂, 砂Ⅲ…水中30cmの砂)

ギー消費量の大きさは多少ばらついている。

エネルギー消費量が大きいわりに、心拍数が小さくなった路面には、雪、体育館、グラウンド、トレーニングセンターなどがある。

これらの路面について、なぜエネルギー消費量が大きいわりに、心拍数が小さくなったのであろうか。これらの路面（雪、体育館、グラウンド、トレーニングセンター）における実験期間が冬（2月、12月）で、気温が低いためと考えられる。

環境温度の下降による身体への影響は、心拍数の下降に最もよく現われる。即ち、気温の下降にともなって皮膚血管が収縮し、内臓、骨格筋へ分布する血流が増加するため、心臓への還流血流量が増加して一回拍出量が向上し、これを補うため心臓は拍動回数を減らすことによってその機能を果たそうとするためであろう。つまり、一般に気温が下がると心拍数は減少する傾向がある。従って、雪、体育館、グラウンド、トレーニングセンターなどの路面における冬期の実験では、消費エネルギーの大きさのわりには、小さい心拍数が現われたのであろう。(16)

また逆に、気温が上昇すると皮膚血管が拡張し、内臓、骨格筋へ分布する血流が減少するため心臓への還流血流量が減少して一回拍出量は

低下し、これを補うため心拍数は増加すると考えられている。

図14に、Dillによる0～50℃の気温範囲における各種の強度の作業を行なった時の気温と心拍数の関係を示す。(7)

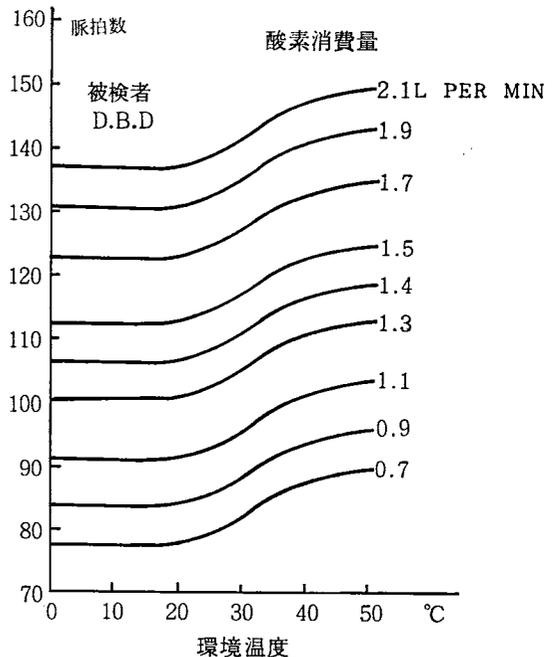


図14 自転車エルゴメーター作業において環境温度が脈拍数に及ぼす影響：文献(7)より引用

これによると、気温が $20^{\circ}\text{C}$ に近づくと、いずれの強度の作業でも心拍数の著しい増加が現われている。

本研究において、実験日の温度が $20^{\circ}\text{C}$ をこえた時の路面は、湿った砂、乾いた砂、水中 $30\text{cm}$ の砂、ルームランナーであった。Dillの研究報告と一致して、これらの路面では、心拍数に関して他の路面と著しい違いが見られた。

以上のように、本研究において、エネルギー消費量と心拍数の間に直線的な比例関係が得られなかったのは、実験日の環境温度の差が大きすぎたことが第1の原因と言えよう。

第2の原因としては、心拍数が、測定時刻、食事時間、精神状態、姿勢、測定前の生活などによって著しく影響を受け、予想以上に変動したためと考えられる。(10, 18)

被検者は、日頃、適度な運動を行ない、運動機能に関してはすぐれている( $\dot{V}\text{O}_2\text{max}=3.99\text{ l/min}$ )が、実験には慣れていなかった。検者や見物人が大勢見ている前で、ガスマスクをつけ、ダグラスバックをぶらさげ、上半身裸になって走ることは、被検者には恥ずかしかつたかもしれない。

しかし、こうした心理的興奮が心拍数に及ぼす影響は、安静時か軽い作業の時であって、運動強度の大きい運動をしている時は、ほとんど影響しないと石河は述べている(18)。

本研究において、心理的興奮が心拍数に影響を及ぼしたとすれば、それは運動強度の小さい路面(ルームランナー、アスファルト、湿った砂)において起こったと考えられる。

各種路面における走のRPEに関しては、乾いた砂が最も大きく、次が水中 $30\text{cm}$ の砂で、以下順に、湿った砂、深さ $11\text{cm}$ の雪、芝生、トレッドミル、グラウンド、アスファルト、ルームランナーと続き、体育館とトレーニングセンターは最も小さかった(図7)。

被検者は、砂や雪の上を一定のペースで5分間走ったことは今までに一度もなかった。砂や雪における走に関して、路面に慣れることができず、ペースをつかめなかったことが、被検者

に心理的緊張をもたらし、RPEが大きくなったと考えられる。

また、男子バレーボール部に所属して、日頃活躍している被検者が慣れている路面である体育館やトレーニングセンターにおける走に関しては、RPEは小さくなった。

このように、RPEはその路面に対する被検者の慣れぐあいによって、大きく影響されるであろう。

各種路面における走の% of  $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ に関しては最大酸素摂取量の70%をこえる路面は、乾いた砂、水中 $30\text{cm}$ の砂、深さ $11\text{cm}$ の雪であった。

また、ルームランナーにおける走に関しては、% of  $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ は他の路面と異なり、著しく低かった。

各種路面における走の% of HR maxに関しては、湿った砂、乾いた砂、水中 $30\text{cm}$ の砂における走の% of HR maxが90%以上に達し、他の路面と比べて著しく大きかった。

各種路面における走行距離に関しては、グラウンド、アスファルト、湿った砂、深さ $11\text{cm}$ の雪、体育館、トレーニングセンター、トレッドミル、芝生、乾いた砂、水中 $30\text{cm}$ の砂の順に大きかった(図8)。

本研究では、11種の路面における走行距離を等しくする必要があったが、走行距離に $\pm 35\text{m}$ の偏差が出た。

ルームランナーに関しては、走行距離はトリップメーターに表われるが、トリップメーターは1ステップするごとに $70\text{cm}$ 進むように標示される。従って、このルームランナーにおける走を普通の走に置き換えると、1ストライドを $70\text{cm}$ で走ることになる。しかし、普通20歳の男子被検者が、速度 $162\text{m/min}$ で走った場合、ストライドはどうしても $77\text{cm}$ 以上になる。よってルームランナーは、高齢の人や運動の苦手な人が歩く場合と変わらないような遅い速度で走るようにできていると考えられる。(24)

この点から、ルームランナーのトリップメーターに標示される走行距離はあてになるものではないので、この走行距離を他の路面の走行距

離と比較するのは、避けた方がよいだろう。

ルームランナーを除いた10種の路面の中で水中30cmの砂における走に関しては、走行距離が他の路面より著しく短い。

この時、被検者は、絶えず深さ30cmのところを走れたわけではなく、時々起こる強い波のため腰まで濡れてしまうこともあった。水中30cmの砂における走に関して、走行距離が短くなったのは、この波によって被検者が大きくバランスを失うためである。

このように、各種路面における走行距離にかなりの偏差があったので、各種路面におけるエネルギー消費量に関してもっと正しい比較を行うために、各種路面におけるエネルギー消費量を走行距離で割り、1mを走る時の各種路面におけるエネルギー消費量を算出した。その結果を表4に示す。

即ち、1mを走る時の各種路面における消費エネルギーは、水中30cmの砂、乾いた砂、深さ11cmの雪、体育館、トレーニングセンター、グ

表4 各種路面における単位距離当りのエネルギー消費量

各種路面	エネルギー消費量 (cal/m)
雪	86.91
アスファルト	63.34
芝生	78.17
トレッドミル	77.96
ルームランナー	50.49
砂Ⅰ	96.50
砂Ⅱ	71.33
砂Ⅲ	95.95
体育館	83.72
トレーニングセンター	83.52
グラウンド	81.52

(砂Ⅰ…乾いた砂, 砂Ⅱ…湿った砂)  
(砂Ⅲ…水中30cmの砂)

ラウンド、芝生、トレッドミル、湿った砂、アスファルト、ルームランナーの順に大きかった(図13)。

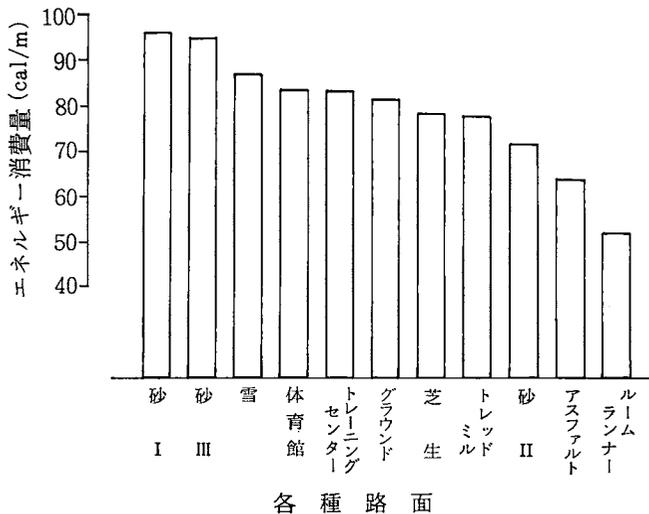


図13 各種路面における単位距離のエネルギー消費量

(砂Ⅰ…乾いた砂, 砂Ⅱ…湿った砂)  
(砂Ⅲ…水中30cmの砂)

## 結 論

以上述べた各種路面におけるエネルギー消費量、心拍数、RPE、% of  $\dot{V}O_2$ max、% of HRmaxの大小関係を総合して、各種路面における走の運動強度を求めた。

その結果、各種路面を同じ速度で走った場合比較的、運動強度が大きい路面は、乾いた砂、水中30cmにおける砂、深さ11cmの雪であった。また同じ速度で走った場合、比較的運動強度が小さい路面は、アスファルト、ルームランナーであった。

本実験における雪上走に関しては、乾いた砂や水中30cmの砂における走の場合と比べて運動強度は小さいが、他の路面より大きかった。

従って、北陸地方のように、冬期間、グラウンドや他の路面が雪でおおわれるところなら、雪を使った走を行なえば、一定の時間に、より運動強度の大きい運動を行なうことができると言えよう。

## 参 考 文 献

- 1) 青木純一郎：「歩く」その徹底的研究 山と溪谷社 山と溪谷：3 68—74 1974.
- 2) Bobbert, A.C., Energy expenditure in level and grade walking. *J. Appl. Physiol.* 15:1015—1021 1960.
- 3) Bock and co-workers: *J. Physiol.* 66 1929.
- 4) Borg, G., and Noble. B.J. Perceived exertion. In: *Exercise and sports science*. Vol2. 131—153, Academic Press, New York, 1974.
- 5) Christensen, E.H., and Högberg, P., Physiology of skiing. *Arbeitsphysiologie*, 14, 292—303 1950
- 6) Cooper, K.H., 「エアロピクス」 ベースボールマガジン社1978.
- 7) Dill, D.B., Effects of physical strain and high altitudes on the heart and circulation. *Am. Heart J.* 23:441—451 1942.
- 8) Givoni, B., and Goldman, R.F., Predicting metabolic energy cost. *J. Appl. Physiol.* 30(3): 429—433 1971.
- 9) Goldman, R.F., Energy expenditure of soldiers performance combat type activities. *Ergonomics* 8:321—327 1965.
- 10) Graybiel, C.A., McFarland, R.A., Gates, D.C. and Webster, F.A.: Analysis of the electrocardiograms obtained from 1000 young healthy aviators *Am. Heart J.* 27 524—549 1944.
- 11) Heinonen, A.O., Karvonen, M.J., and Ruosteenoja, R., The energy expenditure of walking on snow at various depths. *Ergonomics*, 2, 389—393, 1959.
- 12) Hughes, A.L., and Goldman, R.F., Energy cost of hard work. *J. Appl. Physiol.* 29: 570—572 1970.
- 13) 猪飼道夫：身体運動の生理学，杏林書院 125—128 1973.
- 14) 石井喜八：運動生理学概論 大修館 129 1977.
- 15) 石井喜八：運動生理学概論 大修館 133 1977.
- 16) 石井喜八：運動生理学概論 大修館 177—179 1977.
- 17) 石河利寛：「走る」本 徳間書店 1976.
- 18) 石河利寛：心拍数を考える 体育の科学 27(4): 220—221 1977.
- 19) Karpovich, P.V., 運動の生理学 ベースボールマガジン社 101—102 1976.
- 20) Karpovich, P.V., 運動の生理学 ベースボールマガジン社 150—152 1976.
- 21) Karpovich, P.V., 運動の生理学 ベースボールマガジン社 247—252 1976
- 22) Knuttgen, H.G., Oxygen uptake and pulse rate while running with undetermined and determined stride length at different speeds. *Acta Physiol. Scand* 52: 366—371 1961.
- 23) Lundgren, N., Sundeerg, U., and Lindholm, A., A study of the heaviness of work in using power saws in intimbor cutting. *Meddelanden fran Statens Skogs for skningsinstitut*, 45 1—45 1955.
- 24) 日本ヘルスメーカー社 ルームランナー説明書 1978.
- 25) 小野寺考一，宮下充正：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性 日本体育学会第26回大会号 260 1975.
- 26) Pandolf, K.B., Haisman, M.F., and Goldman, R.F., Metabolic energy expenditure and terrain coefficients for walking on snow. *Ergonomics*,

- 19(6) 683—690 1976.
- 27) Pandolf, K.B., Givoni, B., and Goldman, R.F., Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. *J. Appl. Physiol.* 43(4) 577—581 1977.
- 28) Ralston, H.J., Comparison of energy expenditure treadmill walking and floor walking. *J. Appl. Physiol.* 15: 1156 1960.
- 29) Ramaswamy, S.S., Dua, G.L., Raizada, V.K., Dimri, G.P., Viswanathan, K.R. Madhaviah, J., and Srivastava, T.N., Effect of looseness of snow on energy expenditure in marching on snow covered ground. *J. Appl. Physiol.* 21, 1747—1749 1966.
- 30) Soule, R.G., and Goldman, R.F., Terrain coefficients for energy cost prediction. *J. Appl. Physiol.* 32(5): 706—708 1972