

# Energy Cost of Walking on TAKEUMA, Japanese Stilts

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/2297/23353">http://hdl.handle.net/2297/23353</a>

# 竹馬による歩行のエネルギー消費量

山本博男・山本紳一郎\*・犀川豊\*・中嶋芳邦\*・松永一成\*・前田樹\*\*

## Energy Cost of Walking on TAKEUMA, Japanese Stilts

Hiroh YAMAMOTO, Shin-ichiroh YAMAMOTO,  
Yutaka SAIKAWA, Yoshikuni NAKAJIMA,  
Kazushige MATSUNAGA and Tatsuru MAEDA

### 〈緒言〉

竹馬は、一度乗ったことのある人であれば、並々ならぬ思いがあろう。竹藪から竹を切り出し、竹馬を作る。子供は、大地から足を離し、竹馬に乗り、いつもより高い目線から見える世界に心を躍らせ、悠々と闊歩し、技やスピードを競い合う、そんな光景がいたるところで見られた。

日本における竹馬の歴史は古く、平安時代に描かれた「天満宮祭礼絵巻」の中に、既に現在みられる形態の竹馬が、田楽の芸の一つとして示されている。即ち、それによると、当時の竹馬は、玩具としてではなく儀礼的道具として使用され、文化財としての側面が窺える<sup>17)20)</sup>。これが、長い時間を経て、子供の玩具としての側面をもつようになり、竹製のものから、スチール製の材質まで、様々な竹馬が作り出された。こうして、広く一般に知られるようになり、親しまれてきた竹馬であったが、環境の変化に伴い、子供の遊び自体も変化し、かつて遊びの王様として君臨していた竹馬は、その姿が失われつつあった。ところが、平成元年度の学習指導要領改訂によって、小学校の3、4学年で竹馬が取り入れられるようになり、再び子供の間に復活の兆しが現れてきた。この改訂で竹馬が取り入れられたのは、竹馬の特性がもたらす、子

供の平衡性などに対する好影響を期待してのことであると思われるが、その特性ははまだ明確にされていない。

竹馬は日本独特のものではなく、その発祥や継承過程は異なるが、中国を始めとするアジア諸国だけでなく、ヨーロッパ、オセアニア、中近東等にも、大地から足を離し、2本の棒で歩行するための道具がみられる<sup>14)15)</sup>。このように世界各地に竹馬が存在するにも関わらず、竹馬に関する研究はほとんど例を見ず<sup>17)22)</sup>、竹馬の特性へのアプローチが望まれる。従って、本研究の目的は、竹馬歩行において、ピッチ及びストライドの変化に伴うエネルギー消費量の変化を測定し、竹馬歩行の特徴を検討することであった。

### 〈方法〉

被検者は、金沢大学教育学部体育科に所属し、過去に歩行における障害を起こし得る病歴をもたない、健康な男子大学生8名であり、平均年齢 $21.5 \pm 0.9$ 歳、平均身長 $175.6 \pm 7.0$ cm、平均体重 $69.9 \pm 5.7$ kgであった。実験には、3段階のトレッドミルスピード、即ち $2.0$ km/h、 $3.0$ km/h、 $4.0$ km/hのスピードを設定した。被検者は、ランダムに選ばれた各スピードで、トレッドミル上を、5分間自由なストライドで竹

\*金沢大学大学院

\*\*富山市立山室中学校

馬歩行を行い、運動開始後4-5分の1分間にピッチを測定した。この時のピッチからストライドを算出し、これをノーマル・ストライド(以下、NSと略記する)とし、NSから、7.5%、15.0%減少させたストライドを、それぞれショート・ストライド(以下、SSと略記する)、ヴェリー・ショート・ストライド(以下、VSSと略記する)、7.5%、15.0%増加させたストライドを、同様にロング・ストライド(以下、LSと略記する)、ヴェリー・ロング・ストライド(以下、VLSと略記する)とした。SS、VSS、LS、VLSの試行順序はランダムに行った。また、これら4つのストライドでの竹馬歩行は、メトロノームを利用し、歩調を合わせながら行われた。各試行の運動開始後4-5分にダグラスバック法により呼気ガスを採気し、換気量を求めた。呼気ガスサンプルはショランダー微量ガス分析法により分析され、酸素1ℓを5kcalとして等量変換し、エネルギー消費量を算出した。また、各試行の4-5分に、ピッチ及びストライド、呼吸数、心拍数を測定し、運動終了直後にBörg's scale<sup>6)</sup>に基づき、全身及び腕の主観的運動強度(以下、RPEと略記する)を記録した。全ての測定終了後、被検者全員に対して、自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増法による最大酸素摂取量に基づき、各竹馬歩行の運動強度を算出した<sup>23)</sup>。

尚、本研究における有意水準を5%とした<sup>1)</sup>。

### 〈結果及び考察〉

2.0km/hでの竹馬歩行における各ストライドと、各ストライドのNSに対する割合は、VSSが24.4±3.2cm(-15.0%)、SSが26.6±3.3cm(-7.3%)、NSが28.7±3.5cm(±0.0%)、LSが30.8±4.0cm(+7.3%)、VLSが33.1±4.3cm(+15.3%)であった。同様に、3.0km/hでは、それぞれ35.4±2.0(-15.3%)、38.8±2.7(-7.2%)、41.8±2.6(±0.0%)、45.0±2.8(+7.7%)、48.5±2.9cm(+16.0%)であり、4.0km/hでは44.2±4.4(-14.5%)、47.4±3.8(-8.3%)、51.7±4.2(±0.0%)、55.2±4.7(+6.8%)、59.6±4.9cm(+15.3%)

であった(表1)。

Table 1. Mean values (±SD) of stride length (cm) and percentage of deviation from normal stride length at three different speeds. (N=8)

Speed	Condition				
	VSS	SS	NS	LS	VLS
2.0km/h	24.4±3.2 -15.0%	26.6±3.3 -7.3%	28.7±3.5 —	30.8±4.0 +7.3%	33.1±4.3 +15.3%
3.0km/h	35.4±2.0 -15.3%	38.8±2.7 -7.2%	41.8±2.6 —	45.0±2.8 +7.7%	48.5±2.9 +16.0%
4.0km/h	44.2±4.4 -14.5%	47.4±3.8 -8.3%	51.7±4.2 —	55.2±4.7 +6.8%	59.6±4.9 +15.3%

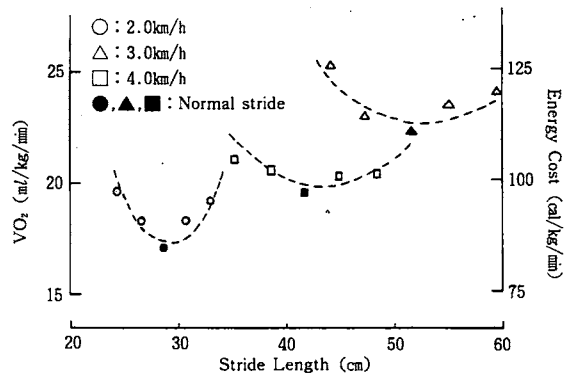


Figure 1.—Oxygen uptake and energy cost during treadmill walking on TAKEUMA within various stride length at three different speeds. (N=8)

2.0km/hでの竹馬歩行における酸素摂取量は、VSSが19.6±2.5ml/kg/min、SSが18.3±1.6ml/kg/min、NSが17.1±2.2ml/kg/min、LSが18.3±1.4ml/kg/min、VLSが19.2±2.9ml/kg/minであった。同様に、3.0km/hでは、21.0±2.5、20.5±2.4、19.5±1.3、20.2±2.3、20.3±2.4ml/kg/minであり、4.0km/hでは25.2±4.4、22.9±2.4、22.2±2.3、23.4±3.3、24.0±4.3ml/kg/minであった。酸素摂取量は、各スピードにおいて、NSでの竹馬歩行における酸素摂取量が、VSS、SS、LS、VLSでの竹馬歩行における酸素摂取量に比べ低い傾向を示していたが(図1)、有意差はなく(p>

0.05), Heinertら<sup>11)</sup>, Powersら<sup>18)</sup>の報告と異なっていた。

被検者の平均最大酸素摂取量は、 $48.3 \pm 7.2$  ml/kg/minであり、2.0km/hでの竹馬歩行における% $\dot{V}O_2$ maxは、VSSが $41.0 \pm 10.7\%$ 、SSが $39.0 \pm 9.2\%$ 、NSが $38.7 \pm 11.2\%$ 、LSが $38.9 \pm 8.3\%$ 、VLSが $41.7 \pm 9.7\%$ であった。同様に3.0km/hでは $42.4 \pm 11.9$ ,  $43.1 \pm 9.7$ ,  $43.1 \pm 8.7$ ,  $44.0 \pm 11.0$ ,  $45.2 \pm 12.3\%$ であり、4.0km/hでは $51.3 \pm 17.4$ ,  $50.4 \pm 14.5$ ,  $49.2 \pm 10.2$ ,  $49.2 \pm 11.9$ ,  $54.7 \pm 18.2\%$ であり、各スピードにおいて、異なるストライドでの竹馬歩行における% $\dot{V}O_2$ max間に有意差はなかった( $p > 0.05$ )。しかし、全員の最大酸素摂取量は、 $33.2 - 56.4$  ml/kg/minの範囲にあり、個人差が大きかったため、差が明確に現れなかったと推察される。

2.0km/hでの竹馬歩行におけるエネルギー消費量は、VSSが $97.8 \pm 12.7$  cal/kg/min, SSが $91.7 \pm 8.5$  cal/kg/min, NSが $85.4 \pm 10.8$  cal/kg/min, LSが $91.3 \pm 9.5$  cal/kg/min, VLSが $95.8 \pm 14.6$  cal/kg/minであった。同様に、3.0km/hでは $104.9 \pm 12.5$ ,  $102.6 \pm 12.2$ ,  $97.6 \pm 6.3$ ,  $101.1 \pm 11.7$ ,  $99.9 \pm 12.9$  cal/kg/minであり、4.0km/hでは $126.1 \pm 22.2$ ,  $114.7 \pm 12.0$ ,  $111.1 \pm 11.4$ ,  $117.1 \pm 16.5$ ,  $119.9 \pm 21.6$  cal/kg/minであった(表2)。エネルギー消費量も、酸素摂取量と同様、NSでの竹馬歩行におけるエネルギー消費量が、他のストライドでの竹馬歩行におけるエネルギー消費量に比べ低い傾向にあったが(図1)、有意差はなかった( $p > 0.05$ )。

Table 2. Mean values ( $\pm$ SD) of energy cost (kcal/min) within the five stride conditions at three different speeds. (N=8)

Speed	Condition				
	VSS	SS	NS	LS	VLS
2.0km/h	19.6 $\pm$ 2.5	18.3 $\pm$ 1.6	17.1 $\pm$ 2.2	18.3 $\pm$ 1.4	19.2 $\pm$ 2.9
3.0km/h	21.0 $\pm$ 2.5	20.5 $\pm$ 2.4	19.5 $\pm$ 1.3	20.2 $\pm$ 2.3	20.3 $\pm$ 2.4
4.0km/h	25.2 $\pm$ 4.4	22.9 $\pm$ 2.4	22.2 $\pm$ 2.3	23.4 $\pm$ 3.3	24.0 $\pm$ 4.3

ここでは、竹馬歩行における動作を、下肢の

動作、上肢の動作に大別し、まず、下肢の動作に着目して考察する。布目ら<sup>17)</sup>の報告によれば、竹馬歩行は、ゴニオグラムを用いた動作分析の見地からみると、いわゆる“つま先立ち”姿勢での歩行であり、Gollnickら<sup>10)</sup>の報告した、女性によるハイヒールの歩行と類似していたと述べている。そこで、歩行、走行における動作と、本研究における竹馬歩行の動作を比較すると、スピードに関係なく、Powersら<sup>18)</sup>の報告や歩行及び走行に関する研究<sup>7),31),61),62)</sup>と同様に、ストライドの増減に伴ってエネルギー消費量が増加する傾向があった。この要因として、長いストライドは、ランナーの最も効率のよいとされる重心位置より、前方に足がもって行かれることによって、ブレーキ動作が生じ、効率が悪くなり、エネルギー消費量が増加するとNelsonら<sup>16)</sup>は報告している。また、Henry<sup>12)</sup>は、短いストライドが、筋収縮の割合を増加させるために、エネルギー消費量が増加すると報告しており、竹馬歩行においても、歩行及び走行と同様の要因が働いたと推察される。従って、竹馬歩行は、同側の手足が同時に前方へ出されるという特異性を除けば、特に下肢においては、歩行動作と基本的に変わらない動作であると考察される。

本研究において2.0km/hのトレッドミルスピードでの、NSにおける竹馬歩行のエネルギー消費量は、 $2.56$  kcal/kg/kmであり、布目ら<sup>17)</sup>の報告した値よりわずかに低かったが、他の履物を履いた場合の歩行に関する先行研究<sup>45)</sup>と比較して高い値を示していた。Ekbuom<sup>9)</sup>は、上肢を後方で組ませることで、故意に不自然な姿勢を作り出し、この不自然な姿勢での走行において、4%の経済性の低下を報告している。竹馬歩行も、同側の手足が同時に前方へ出されるという不自然な動作を伴うことから、歩行の経済性が低下し、エネルギー消費量が高い値を示したと考察される。山本ら<sup>23)</sup>は、下駄による歩行では、ロング・ストライドにおける歩行が最も経済的歩行パターンであるとしているが、本研究では、NSにおける竹馬歩行のエネルギー消費量が、他のストライドにおける竹馬歩

行のエネルギー消費量より低い傾向にあり、幾つかの歩行及び走行に関する先行研究<sup>(11)(12)</sup>と同様、NSにおける竹馬歩行が経済的歩行パターンであると推察される。

上肢の動作に着目した場合、竹馬歩行における上肢の役割は、竹馬歩行中の支持及び操作であると考えられる。従って、竹馬歩行におけるストライドの増加が、支持及び操作に対する不安定要素、困難要素を増加させ、エネルギー消費量を増加させたと考察される。即ち、長いストライドの時は、ゆっくりとした動作の中でもバランスを保ち、竹馬から落下しないように、しっかりと竹馬を握る必要があり、短いストライドの時は、NSの時に比べ、上肢による速い竹馬操作が必要となり、これによりエネルギー消費量が増加したと推察される。

本研究において、竹馬歩行の速度増加に伴い、エネルギー消費量も増加する傾向があり、歩行速度を上げることにより、エネルギー消費量を増加させることが可能であると思われる。従って、竹馬歩行による運動量が不十分であると感ずる場合には、歩行速度を上げる、故意にストライドを広くする、ピッチを速めるなどの行為により、適度な強度の運動として利用可能であると提案される。

2.0km/hでの竹馬歩行における心拍数は、VSSが $119.6 \pm 23.8$ beats/min, SSが $109.6 \pm 19.1$ beats/min, NSが $115.9 \pm 23.4$ beats/min, LSが $111.6 \pm 22.1$ beats/min, VLSが $119.5 \pm 24.5$ beats/minであった。同様に、3.0km/hでは $115.8 \pm 19.0$ ,  $113.5 \pm 19.1$ ,  $108.8 \pm 21.1$ ,  $112.3 \pm 16.2$ ,  $120.8 \pm 28.9$ beats/minであり、4.0km/hでは $124.0 \pm 24.9$ ,  $121.0 \pm 22.5$ ,  $119.6 \pm 18.2$ ,  $120.9 \pm 24.8$ ,  $120.8 \pm 28.9$ beats/minであった。Powers<sup>ら</sup><sup>(13)</sup>は、心拍数と様々なストライドにおける歩行の効率と関係がなかったと報告しており、本研究においても、様々なストライドでの竹馬歩行における心拍数は、各スピードにおいて有意差はなく ( $p > 0.05$ )、Powers<sup>ら</sup><sup>(13)</sup>の報告と一致していた。

また、2.0km/hでの竹馬歩行における全身(腕)のRPEは、VSSが $10.9 \pm 1.5$  ( $11.9 \pm$

2.0), SSが $9.8 \pm 1.6$  ( $10.8 \pm 2.8$ ), NSが $11.0 \pm 1.8$  ( $11.6 \pm 1.7$ ), LSが $10.0 \pm 1.8$  ( $10.9 \pm 2.0$ ), VLSが $11.3 \pm 1.6$  ( $12.0 \pm 1.4$ )であった。同様に、3.0km/hでは $11.0 \pm 1.9$  ( $11.8 \pm 2.0$ ),  $11.0 \pm 1.9$  ( $12.1 \pm 1.6$ ),  $11.1 \pm 1.7$  ( $12.3 \pm 1.6$ ),  $11.5 \pm 1.2$  ( $12.0 \pm 1.4$ ),  $11.6 \pm 1.5$  ( $12.1 \pm 1.9$ )であり、4.0km/hでは $12.4 \pm 2.0$  ( $13.6 \pm 2.1$ )  $11.6 \pm 1.1$  ( $12.5 \pm 1.9$ ),  $12.0 \pm 1.7$  ( $12.8 \pm 1.9$ ),  $11.9 \pm 1.5$  ( $13.1 \pm 2.0$ ),  $12.9 \pm 1.8$  ( $13.5 \pm 1.7$ )であった(表3, 4)。全身のRPE及び腕のRPEは、各スピードにおいて、様々なストライドでの竹馬歩行におけるRPE間に有意差はなく ( $p > 0.05$ )、エネルギー消費量や心拍数と同様の傾向にあり、被検者は、生理的負担をRPEとして、適切に表現していた、あるいは、竹馬歩行による生理的負担より、竹馬操作の困難性に意識が向いていたと推察される。

Table 3. Mean values ( $\pm$ SD) of ratio of perceived exertion within the five stride conditions at three different speeds. (N=8)

Speed	Condition				
	VSS	SS	NS	LS	VLS
2.0km/h	10.9 $\pm$ 1.5	9.8 $\pm$ 1.6	11.0 $\pm$ 0.9	10.0 $\pm$ 1.8	11.3 $\pm$ 1.6
3.0km/h	11.0 $\pm$ 1.9	11.0 $\pm$ 1.9	11.1 $\pm$ 1.7	11.5 $\pm$ 1.2	11.6 $\pm$ 1.5
4.0km/h	12.4 $\pm$ 2.0	11.6 $\pm$ 1.1	12.0 $\pm$ 1.7	11.9 $\pm$ 1.5	12.9 $\pm$ 1.8

Table 4. Mean values ( $\pm$ SD) of ratio of perceived exertion on arm within the five stride conditions at three different speeds. (N=8)

Speed	Condition				
	VSS	SS	NS	LS	VLS
2.0km/h	11.9 $\pm$ 2.0	10.8 $\pm$ 2.8	11.6 $\pm$ 1.7	10.9 $\pm$ 2.0	12.0 $\pm$ 1.4
3.0km/h	11.8 $\pm$ 2.0	12.1 $\pm$ 1.6	12.3 $\pm$ 1.6	12.0 $\pm$ 1.4	12.1 $\pm$ 1.9
4.0km/h	13.6 $\pm$ 2.1	12.5 $\pm$ 1.9	12.8 $\pm$ 1.9	13.1 $\pm$ 2.0	13.5 $\pm$ 1.7

2.0km/hでの竹馬歩行における呼吸数は、VSSが $36.1 \pm 10.5$ respirations/min, SSが $31.1 \pm 6.7$ respirations/min, NSが $30.8 \pm 5.2$ respirations/min, LSが $33.8 \pm 5.2$ respirations/min, V

LSが $35.4 \pm 5.8$  respirations/minであった。同様に、 $3.0$  km/hでは $35.9 \pm 7.6$ ,  $34.6 \pm 8.0$ ,  $29.0 \pm 9.1$ ,  $31.8 \pm 6.1$ ,  $34.9 \pm 7.3$  respirations/minであった(表5)。呼吸数に関して、 $3.0$  km/hにおいてストライドをNSから増減させることによって、NSよりVSS及びSSでの竹馬歩行における呼吸数が、またLSよりVSSでの竹馬歩行における呼吸数が、有意に増加していた( $p < 0.05$ )。Darielsら<sup>9)</sup>、Powersら<sup>10)</sup>は、ピッチの増加に伴う呼吸数の増加を報告しており、本研究においても同様の結果を得た。しかし、ストライドを増加、即ちピッチを減少させることによって、呼吸数は増加しており、ゆっくりな動作が、必ずしも呼吸数の減少に結び付かないことを示唆している。従って、Powersら<sup>10)</sup>は、メトロノームの使用が、被検者の呼吸数に影響を及ぼすと報告しているが、本研究においては、ピッチを調節するためのメトロノーム使用は、呼吸数に影響を及ぼさなかったと推察される。

Table 5. Mean values ( $\pm$ SD) of frequency of respirations (respirations/min) within the five stride conditions at three different speeds. (N=8)

Speed	Condition				
	VSS	SS	NS	LS	VLS
2.0km/h	36.1 $\pm$ 10.5	31.1 $\pm$ 6.7	30.8 $\pm$ 5.4	33.8 $\pm$ 5.2	35.4 $\pm$ 5.8
3.0km/h	35.9 $\pm$ 7.6	34.6 $\pm$ 8.0	29.0 $\pm$ 9.1	31.8 $\pm$ 6.1	34.9 $\pm$ 7.3
4.0km/h	40.9 $\pm$ 14.2	38.8 $\pm$ 9.9	34.3 $\pm$ 6.2	37.6 $\pm$ 6.6	38.1 $\pm$ 9.5

\* :  $p < 0.05$

WallとCharteris<sup>20)</sup>は、トレッドミル歩行の習慣や結果をみるためには、約1時間の練習が必要であり、最初の2分は測定不可能であると報告している。竹馬歩行は、歩行という基本的な動作に比べ、竹馬の操作を伴う点で複雑な動作であり、トレッドミル上での竹馬歩行に慣れるためには、更に長い練習時間が必要であると推察される。竹馬歩行も通常の歩行と同様に、上肢と下肢のコンビネーションによって行われ、

この両者の影響により、ストライドの増減に伴う、エネルギー消費量の増加がもたらされると考えられるが、練習時間が短かく、トレッドミル上での竹馬歩行に十分慣れていなかったため、測定項目のほとんどにおいて有意差がみられなかったと考察される。

### 〈結 論〉

本研究の結果、以下のことが結論づけられた。

- 1) 同スピードにおいては、竹馬歩行のエネルギー消費量が、歩行のエネルギー消費量より高い。
- 2) 竹馬歩行は、歩行速度の増加に伴い、エネルギー消費量、ストライド及びピッチが増加する実験結果を得た。従って、竹馬歩行において、歩行速度、ストライド又はピッチを増減させ、運動強度を調節し、各自の要求する運動強度を確保できる。

### 〈参考文献〉

- 1) 浅井晃, 村上正康: 初等統計学. 培風館, 1963
- 2) Åstrand R.-O. and B. Saltin: Maximal oxygen uptake and heart rate in various of muscular activity. J. Appl. Physiol. 16, 977-981., 1961
- 3) Åstrand R.-O. and B. Saltin: Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol. 19, 268-274., 1964
- 4) 東章弘, 山本紳一郎, 犀川豊, 布目寛幸, 山本博男: 女性における下駄による歩行の機械的効率. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論文集, 191-195., 1992
- 5) Bhambhani, Y. and M. Singh: Metabolic and cinematographic analysis of walking and running in men and women. Med. Sci. Sports Exerc. 17, 1, 131-137., 1985
- 6) Börg, G.A.: Perceived exertion: a note on "history" and methods. Med. Sci. Sports, 5, 2, 90-93, 1973
- 7) Cavanagh, P.R. and Keith R. Williams: The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. Med. Sci. Sports Exerc. 14, 1, 30-35., 1982

- 8) Daniels, J., R. Fitts and G. Sheehan : Conditioning for distance running. 1987
- 9) Ekbuom, B., W. Day, L. Hartley, F. Moore and R. Wear : Reproducibility of exercise prescribed by pace description. *Scand. J. Sports Sci.* 1, 16-19., 1979
- 10) Gollnick, P. D., C. M. Tipton and P. V. Karpovich : Electrogoniometric study of walking on high heel. *Res. Quar.* 35, 3, 370-378., 1964
- 11) Heinert, L., R. C. Serfass and G. Allansstull : Effect of stride length variation on oxygen uptake during level and positive grade treadmill running. *Res. Quar. Exerc. Sport*, 59, 2, 127-130, 1988
- 12) Henry, F. M. : Individual differences in O<sub>2</sub> metabolism of work at speeds of movement. *Res. Quar.* 22, 324-333., 1951
- 13) Hogberg, P.: How do stride length and stride frequency influence the energy output during running. *Arbeits Physi.* 14, 437-441., 1952
- 14) Limdblom : The use stilts especially in Africa and America. *ストックホルム王立民俗博物館*, 第3報, 1927
- 15) Limdblom : Further notes on the use of stilts. *ストックホルム王立民俗博物館*, 第6報, 1928
- 16) Nelson, R. C. and R. J. Gregor : Biomechanics of distance running ; a longitudinal study. *Res. Quar.* 47, 417-428., 1976
- 17) 布目寛幸, 東章弘, 山本紳一郎, 犀川豊, 山本博男 : 竹馬による歩行の機械的効率. *日本バイオメカニクス学会第11回大会論文集*, 196-200., 1992
- 18) Powers, S. K., P. Hopkins and Mike R. Ragsdale : Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women. *Amer. Corr. Ther. J.* January-February, 36, 1, 5-8., 1982
- 19) Ragsdale, M. R. : Oxygen uptake, heart rate and ventilatory responses to various stride lengths. *Master's Thesis, Auburn Univ.* 1977
- 20) 寒川恒夫 : 比較民族学からみた日本の竹馬の系譜. *体育史研究*, 1-6., 1985
- 21) 山本博男, 穴田生, 東章弘, 木本明子 : 下駄による歩行の機械的効率. *金沢大学教育学部紀要*, 41, 27-32., 1992
- 22) 山本博男, 東章弘, 山本紳一郎, 犀川豊, 工藤慶和, 川原健志 : プールを利用した竹馬の練習効果. *金沢大学教育学部教科教育研究*, 29, 85-90., 1993
- 23) 山本博男, 山本紳一郎, 犀川豊, 中嶋芳邦, 松永一成, アッチャラ ダヌタ, 宗藤雅美 : 女性における下駄による歩行のエネルギー消費量. *金沢大学教育学部紀要*, 43, 19-24., 1994
- 24) Wall, J. C. and J. Charteris : A kinematic study of long-term habituation to treadmill walking. *ERGONOMICS*, 24, 531-542., 1981