

# 傾斜走路の製作とその活用

内山了治\*1 渡辺誠一\*2 関 廣治\*3 深井郁夫\*4 三尾 敦\*4

## Fabrication and Utilization of The Inclination Running Track

UCHIYAMA Ryoji, WATANABE Seiichi, SEKI Hiroji, FUKAI Ikuo and MIO Atsushi

This paper expressed about the production method of the inclination running track and clarifies the way of application. The specification of this inclination running track were the following; the length was 16m, inclination combined -4% and -2%, be possible division every 4m and movement easily. There were few influence of the momentum and reflection of the inclination running track. The effect was seen in the following; progress the maximum speed, continuation running speed, and improve of starting motion. The records of 10m and 20m, running speed and velocity of the center of gravity each stepping were improved. The starting motion was able to improve by this track.

キーワード：傾斜走路，短距離走，ダウンヒル走

### 1. はじめに

短距離走の最大疾走速度を向上させるトレーニング手段として、下り坂を利用するダウンヒル走が古くから行われている。坂の至適傾斜角度に関しては、荒川ら<sup>1)2)3)4)</sup>は安全性に配慮すると1.59% (0.9度) ~ 3.57% (2.04度) が望ましいことを、J. Prossら<sup>5)</sup>は2度 (1/22) より浅い傾斜を、Nelson, R. Cら<sup>6)</sup>は2.6度より緩やかな傾斜を、村木ら<sup>7)8)9)</sup>は2度ないし3度の傾斜が望ましいことを報告している。

また、田邊ら<sup>10)11)</sup>は3.3%と1.6%の二つの傾斜角度を持つ走路を組み合わせた「移動式傾斜走路」を自作し、初心者への練習に取り入れ成果を挙げたことを報告している。この走路は、高校生が自分達の手でグラウンドのどこにでも手軽に設置できるように、コンクリートブロックを積み重ね高さ調節したものを脚として、その上にC型鉄鋼を渡し、表面にゴム板を敷き詰めた簡単な構造である。従って、走った時の走路からの弾みや反響を完全に抑えることができない難点がある。そこで、本研究では、走路上を安全に安定して走れること、走路そのものを容易に移動できることの2点を最低条件として傾斜走路を

設計・製作し、有効な活用方法について知見を得ることを目的とした。

### 2. 傾斜走路の概要

#### 2-1 傾斜走路の設計

図1及び写真1に傾斜走路の全体図を示した。傾斜走路の設計にあたり仕様の主な点は、走路全長16m、走路幅0.91m、2つの傾斜角度( $\theta_1 > \theta_2$ , スタート側の角度を $\theta_1$ とする)を持ち、設置場を限定せず移動可能であることとした。当初は、傾斜角度を可変式にし、任意の角度を設定できる傾斜走路を考案したが、製作費用及び接続部分の問題で断念した。また、走路長が長い為、移動を容易にするには全体を4m毎に分割し、それぞれのブロックを連結する方法を採用した。

傾斜角度に関しては、先行研究を参考にして、傾斜走路上段(スタート直後)を4% ( $\theta_1 = 2.29^\circ$ )、下段(平地走路に接続する走路)を2% ( $\theta_2 = 1.15^\circ$ )とした。物理計算上は、2つの傾斜角度の組み合わせによる斜面で物体を落下させた場合は、単一角斜面に比べ、斜面終端までの移動時間が短縮され、平均速度が高まることが明らかであるが、ヒトが走った場合は落下する物体とは同一にはならないことが予想できる。走路の骨組みに関しては、図2、3にブロック1,2の概要を示した。他のブロックに関してもこれらと同様に製作した。

\*1 一般科助教授

\*2 電気工学科助手

\*3 技術室 第一技術班主査

\*4 技術室 第一技術班技術専門職員

原稿受付 2003年 5月20日

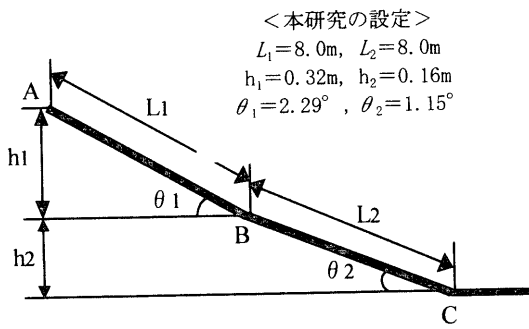


図1 傾斜走路全体図

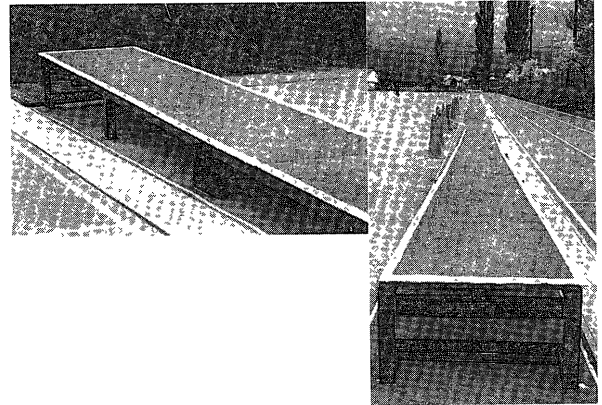


写真1 傾斜走路の全景

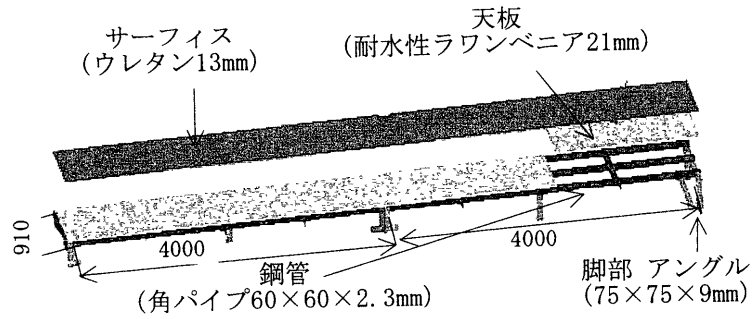


図2 ブロック1, 2の概略図

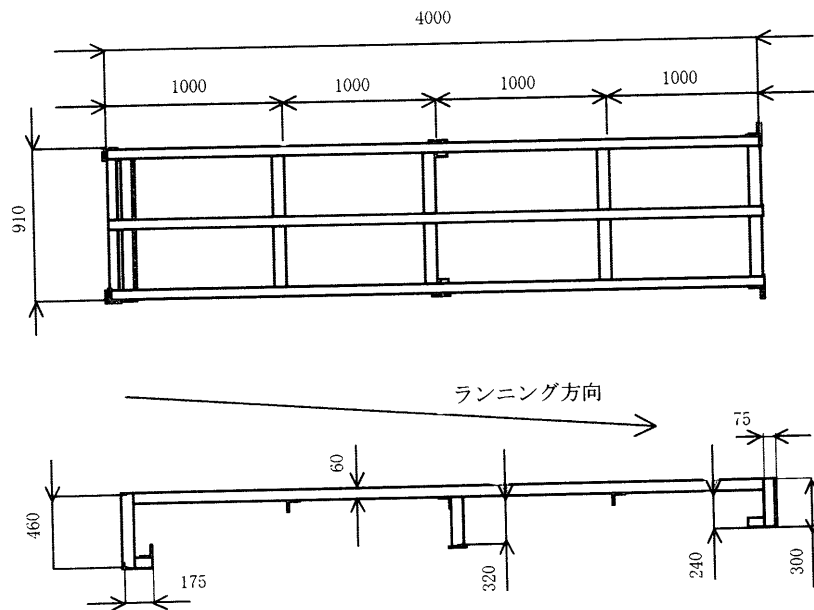


図3 ブロック1の平面図(上)と、正面図

骨組みの材料は、田邊ら<sup>10)11)</sup>はC型鋼を利用したが、走路の安定性を重視し、鋼管（60mm角パイプ）を利用した。ただし、第4ブロックの平坦走路に接続する部分には木材を使用した。脚部は75mm等辺山形鋼を加工した。

走路表面は、耐水性ラワンベニア（21mm）を鋼管にビス止めし、その上にウレタン（13mm）を敷き詰めた。傾斜走路から平坦走路への継ぎ目は、段差を無くするためウレタンシートを3重にした。

## 2-2 傾斜走路の製作

傾斜走路の製作には、技術教育センターにて、平成13年11月下旬から3月中旬まで82時間を要した。これは平成13年度実験実習装置の製作依頼を受け、実際に製作した時間の32%に相当する時間<sup>12)</sup>であった。設計と製作は技術室技官の筆者3名が担当した。

製作過程では、4mの鋼管を溶接するため、溶接歪の修正のためにハンマーで力を加えながらの作業となった。表面に使用したウレタンは、一般科体育所有のウレタンマットを再塗装し利用した。

製作した傾斜走路の特徴は、4分割してキャスターをつけ容易に移動できること、走路面からの弾みや反響が無く全天候走路と同様に走れることなどが挙げられる。

## 3. 傾斜走路の活用について

傾斜走路の活用については、傾斜走路を加速過程と捉え、その後の平坦走路の走動作改善に役立つ活用法、スタート動作改善を目的とした活用、また、走動作の改善を直接的な目的とせず、他の種目に活用することが挙げられる。

### 3-1 傾斜走路に続く平坦走路での活用法

内山ら<sup>13)</sup>は、田邊ら<sup>10)11)</sup>が製作した移動傾斜走路を用いて高校生を対象に実験し、この走路を下り降りそれに続く平坦走路での疾走動作の効果について次の2点を挙げている。

- ① 傾斜走路から平坦走路に移行後の10m区間よりは、次の10m～20mの区間において疾走速度が増加し、疾走動作の改善に効果的である。適度な前傾姿勢によりしっかり地面を押すパワーポジションを体感しやすい。
- ② 全力疾走に対して1.1%～8.8%の疾走速度の向上が見られ、最大疾走速度の10%増をねらいとするトウ・トレーニングとしての位置付けも可能である。

疾走速度の向上は、主としてストライドの増大によってもたらされたが、練習のポイントの置き方により、ピッチを増大させることも可能であることが、実際の指導場面から示唆された。

### 3-2 傾斜走路終端に焦点を当てた活用法

内山ら<sup>14)</sup>は、傾斜走路終端の1ランニングサイクルを分析対象として、疾走速度と下肢動作の変容について検討している。ここでは、傾斜走路での疾走が疾走速度を高めるために必要な股関節の伸展動作、股関節伸筋群を使った脚全体の後方スウィング動作、及び回復脚の振り戻し動作の速度を高めることが可能であることを報告している。

これらのことは、傾斜走路終端では、距離的に加速段階にあることから、緩やかな傾斜を利用した加速動作をより有効なものにする手段として位置付けることができた。

### 3-3 傾斜走路先端に焦点を当てた活用法

傾斜走路の先端（スタート部分）についての先行研究は見当たらず、ここでは事例的な報告にとどまるが、傾斜走路先端部分を活用したスタート動作については、指導場面を参考にすると、スタート直後からピッチを高めて走り出す競技者や初心者のスタート動作改善に効果的であると思われる。

以下に、本研究で製作した傾斜走路を利用した実験結果について、被験者M.Hに関する分析結果の一部を示した。

#### (1) 実験設定

実験は2002年8月18日、長野工業高等専門学校陸上競技場全天候走路にて実施した。天候は晴れ、無風であった。

実験試技は平坦走路と傾斜走路でのクラウチング・スタートによる20mダッシュをそれぞれ全力で2本行わせた。被験者には、試技前に十分なウォーミングアップを行わせ、試技間は15～20分の十分な回復時間を設けた。

動作分析のために、スタートから5mと20m地点の側方40m地点に、2台のVTRカメラ(Camera-1: Photron(株) FASTCAM-Rabbit mini2, Camera-2: SONY(株) VX-1000)を設置した。Camera-1は毎秒240フレーム、Camera-2は毎秒60フレーム、露出時間はともに1/1000秒に設定し、それぞれパンニング撮影を行った。

#### (2) 動作分析

用意の構えから、スタート後4歩目離地時までを対象に分析し比較検討した。分析範囲は、後の平滑化や演算処理などを考慮し、比較検討範囲の前後10コマを加えた。分析には株式会社DKH社製動作解析システム「2次元パンニングDLT法」を用いた。データはバターワース型Bryantのデジタルフィルタを用いて、6Hzで平滑化した。分析項目は先行研究<sup>6)7)15)16)17)</sup>を参考として以下の①～⑥のとおりとした。本研究で

は、支持局面を足が地面に接している局面、回復局面を足が離地した瞬間から同じ足が再び接地するまでの局面と定義した。また、歩数については、クラウチング・スタート姿勢の後ろ足が、スタートの合図で前に出され最初に接地するまでを1歩目、続く前足の接地までを2歩目とし、それ以降も同様に数えた。

- ①10m通過タイムと20m疾走タイム。
- ②ストライド：スタートラインを0mとして、爪先の変位から求めた。1, 2歩目はスタートラインから後ろ足と前足までの距離をそれぞれ加算した。また、ストライドの身長比は、ストライド/身長とした。
- ③ピッチ：1歩に要した時間の逆数とした。
- ④疾走速度：上述のストライドとピッチの積とした。
- ⑤身体重心の移動速度
- ⑥身体重心の移動加速度

(3)結果

表1にキネマティックデータを示した。傾斜走路における10m及び20mの疾走タイムは、固有と比較

表1 被験者 M.H のキネマティックデータ

Items	①Original, ②Down hill		
	①	②	②-①
10m time(s)	2.086	2.041	-0.045
20m time(s)	3.333	3.254	-0.079
10-20m time(s)	1.247	1.213	-0.034
Step length(m)			
1st step	0.61	0.80	0.187
2nd step	1.09	1.13	0.035
3rd step	1.30	1.32	0.023
4th step	1.45	1.48	0.033
(Step length)/(Body height)			
1st step	0.35	0.45	0.107
2nd step	0.62	0.64	0.021
3rd step	0.74	0.75	0.015
4th step	0.82	0.84	0.021
Step frequency (step/s)			
1st step	2.22	2.22	0.000
2nd step	4.08	4.00	-0.080
3rd step	4.06	4.00	-0.060
4th step	4.12	4.14	0.017
Running speed(m/s)			
1st step	1.36	1.77	0.414
2nd step	4.45	4.50	0.046
3rd step	5.28	5.29	0.008
4th step	5.97	6.14	0.161

しそれぞれ、0.045秒、0.079秒速くなっていた。これらは傾斜走路の即時効果として捉えることができた。スタート後4歩までのストライド、ピッチ及び速度の変化は、傾斜走路のダッシュにおいて、ストライドの伸長が認められ、これが疾走速度の向上をもたらしたと考察された。特にスタート1歩目については、ピッチを落とさずにストライドを広げたことは股関節の屈曲動作が速く大きくなった結果であり、今後、2, 3歩目のピッチが低下せずに維持できれば更に疾走速度が高まることが考察された。

図4, 5に身体重心の移動速度と水平方向の加速度を示した。移動速度については、傾斜走路におけるスタートダッシュがやや高い値を示した。水平方向の加速度に関しては、傾斜走路において、2歩目以降の接地時の加速度変化が小さく、固有のスター

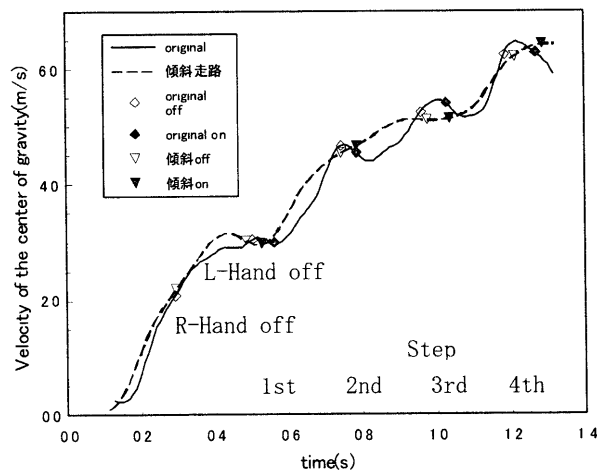


図4 身体重心の移動速度

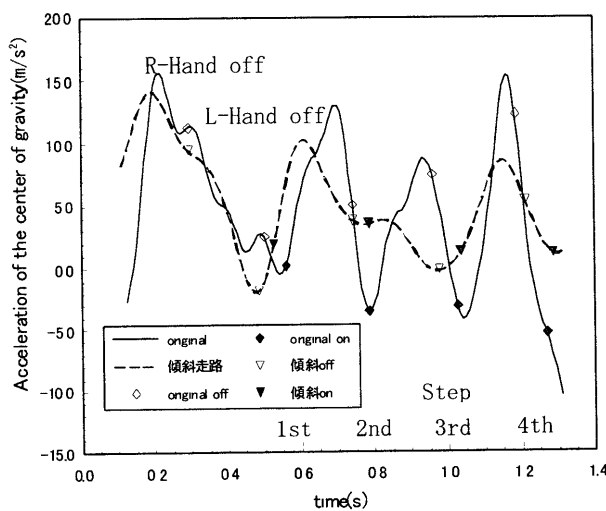


図5 身体重心の水平方向加速度

トダッシュより滑らかに加速していることが明らかになった。

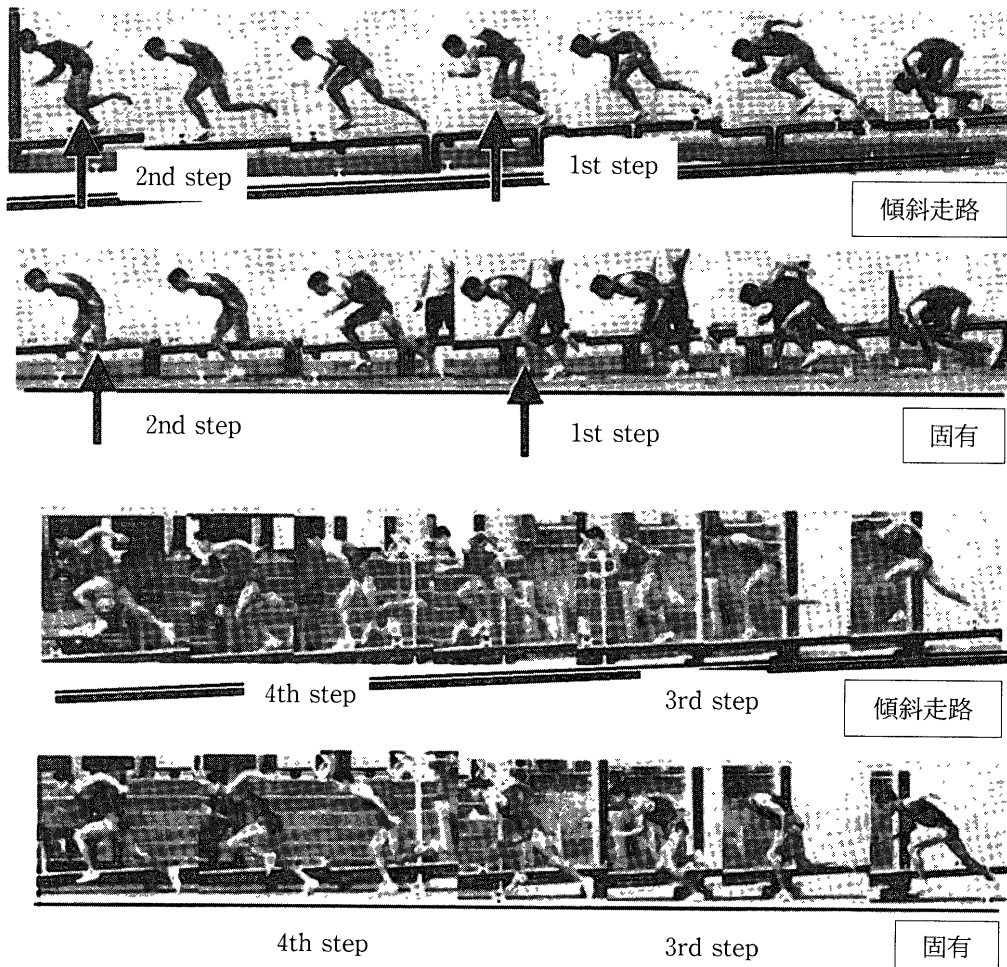
ストライドと身長比に関して伊藤<sup>15)</sup>らは、1991年の世界選手権男子100mに出場した競技者はストライドの大きさには、ばらつきが見られたが、身長比ではほとんど差がないことを報告している。本研究の被験者M.Hの身長比は、世界の一流競技者や日本のトップ競技者と4歩目まではほとんど差が無かった。しかし、ストライド長は小さいことが判明した。

写真2は被験者M.Hの傾斜走路と固有のスタート動作を比較したものである。スタート動作の課題は、身体の軸を一本の棒のように作るために、いかに上体を起こしていくかにある。言い換えれば、地面に加えた力が推進力となるように、腰が引けたくの字動作にならず、足の母子球から膝、大転子、耳朱点までを一直線にすることが有効である。M.Hの場合この点からすれば、1歩目は上体が過度に前屈しており、パワーポジションがまだ形成されておらず、

これらを改善することが今後の課題といえる。傾斜走路と固有のスタート動作には違いがないように見受けられるが、写真2に矢印で示したとおり、接地直後の回復脚の動作が傾斜走路においてより前方（進行方向）に引き出されている。この動きは、近年のスプリント動作で速く走るために強調されている動きであり、尾縣<sup>18)</sup>が指摘する、脚の挟み込み（シザース）動作である。これらのことから、傾斜走路を利用することで、大腿を前方に引き出す動きが可能になることが示唆された。

### 3-3 他種目への活用法

傾斜走路を短距離走以外へ活用することについては、①走幅跳の踏切準備動作、②走高跳の踏み切り前2から3歩の沈み込み動作、③傾斜走路の組み合わせによる、ダウン-アップ-ダウン走、④傾斜路上でのストレッチングなど、各種動作及びトレーニング手段として活用できることが挙げられた。



#### 4. まとめ

本研究では、4%と2%の傾斜を組み合わせた移動式傾斜走路を製作し、以下のとおりの知見を得た。

- (1) 製作した傾斜走路は、走行中に走路の弾みや反響を受けることなく、十分活用できるものであった。
- (2) 傾斜走路の活用法に関しては、走路の先端、終端、或いは傾斜走路に続く平坦な走路において、それぞれトレーニングの目的を明確にし、使い分けると効果的である。傾斜走路の先端（上段）はスタート動作の改善に、傾斜走路の終端は、加速過程における下肢動作を改善するのに活用できる。
- (3) 短距離走以外にも、工夫次第で様々な動作獲得練習や各種トレーニングに活用することが可能である。

#### 参 考 文 献

- 1) 荒川勝彦：ダウンヒル・ランニングの速度特性について，日本体育学会第39回大会号，p.560，1988.
- 2) 荒川勝彦：短距離走のトレーニング処方に資するダウンヒル・ランニングの基礎的研究，日本体育学会第42回大会号，p.678，1991.
- 3) 荒川勝彦：ダウンヒル・ランニングの客観的タイムと主観的タイムの関係，日本体育学会第46回大会号，p.504，1995.
- 4) 荒川勝彦：ダウンヒル・ランニングの安全性に関する研究，日本体育学会第47回大会号，p.548，1996.
- 5) JACK Pross：Gradients and their usage, Track technique, No.82, pp.44-47, 1983.
- 6) NELSON,R.C. and OSTERHOUD,R.G：Effects of altered slope and speed on the biomechanics of running, Medicine and Science in Sport,Vol.6, Biomechanics II, pp.220-224, 1971.
- 7) 村木征人，阿江通良，宮下 憲，伊藤信之：トウ・トレーニングの実践的応用と留意点，スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究（第1報），昭和63年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告，1988.
- 8) 村木征人，阿江通良，宮下 憲，伊藤信之：等張性トウ・トレーニングにおける適正牽引力とトレーニングの即時効果，スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究（第1報），昭和63年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告，1989.
- 9) 村木征人，阿江通良，宮下 憲，伊藤信之，森田 正利：等張性牽引トレーニングがスプリント・パフォーマンスに及ぼす影響—筑波大学研究班の研究経緯と研究成果の概要—，スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究（第2報），平成元年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，1990.
- 10) 田邊 潤，内山了治：移動式傾斜走路の研究開発，早稲田大学本庄高等学院研究紀要，20，pp.35-45，2002.
- 11) 田邊 潤，内山了治：移動式傾斜走路の開発，日本スプリント学会第12回大会，p13，2002.
- 12) 長野工業高等専門学校技術教育センター運営委員会：技術教育センター 平成13年度報告書，p.2，2002.
- 13) 内山了治，田邊 潤：移動式傾斜走路を利用した短距離走の分析，日本スプリント学会第12回大会，p.14，2001.
- 14) 内山了治，田邊 潤，坂田洋満：ダウンヒル・ランニングの加速過程における速度と下肢の変容，スプリント研究 Vol.12, pp.33-42, 2002.
- 15) 伊藤 章，斎藤昌久，佐川和則，加藤謙一，森田正利，小木曾一之：世界一流スプリンターの技術分析．世界一流競技者の技術，ベースボールマガジン社，pp.31-49，1994.
- 16) 加藤謙一，稲葉恭子，宮丸凱史，山崎博仁：女子スプリンターにおける疾走能力の特徴，陸上競技研究，37，pp.17-27，1999.
- 17) 内山了治，坂田洋満，三條俊彦，渡辺誠一：陸上競技のスタート・ダッシュにおける疾走速度と下肢動作の変容，長野体育学研究，No.12, pp.1-10, 2003.
- 18) 尾縣 貢：スプリント走とエンデュアランス走の動きの評価，体育の科学，Vol.53, No.1, pp.45-49, 2003