

かかと浮きブロックとかかと着きブ
ロックを用いた場合のスターティン
グ動作に関するキネシオロジー的研究

所属学科：コーチ学

著者：佐久間和彦

論文指導教員：小林一敏

昭和52年 月 日

	目次	
第1章	緒言	1
第2章	文献考証	4
第3章	実験方法	13
第1節	被験者	14
第2節	実験装置	14
第3節	実験条件	15
第4節	データの測定法	16
第4章	データの解析法	21
第1節	データの平滑化	21
第2節	身体の合成重心	23
第3節	前足先・後足先から重心までの距離・速度及び重心の上下方向への距離・速度の算出法	23
第4節	キック力による力積の算出法	24
第5節	キック力による力積から求めた速度の算出法	25

第5章	結果及び考察	26
第1節	キック力による力積の 測定結果	26
第2節	前足先・後足先から重 心までの距離・速度の 測定結果	27
第3節	力積から求めた重心の 速度と実測から求めた 重心の速度の比較検討 及び重心の上下動の距 離・速度変化の影響	30
第4節	足跡変化と30m疾走タ イムとの測定結果	32
第6章	結 論	35
第7章	要 約	38
	謝 辞	40
	文 献	41
	欧文抄録	46

第1章 緒言

スポーツにおけるトレーニング方法の向上や技術の進歩は、めざましいものがある。陸上競技の短距離走も、トレーニング方法や器具に科学的研究成果を導入して競技力の急速な進歩がみられるようになった²⁵⁾。

地面に対して抵抗力を大きくするため、シューズの足底²³⁾にピンをとりつけたスパイクシューズの開発²³⁾や、走路を傷つけることが少なく、容易にセットができるという競技会運営上の管理的理由から、スターティングブロック¹⁾が開発された。

棒高跳びにおいては、竹ポールからスチールポール、グラスファイバーポールへとポールの材質が変換してきた²⁴⁾。

競技者には、常に同一条件のグラウンドコンディションが与えられなければならぬ^{14) 15) 26)}という理由から、オールウェザー走路^{14) 15)} (all weather track) が開発され、スパイクシューズもオールウェザー走路専用のシューズ^{14) 15)}が用いられる

ようになった。それと同時に、オールウェー
 一走路に関する研究により、それに合った走
 法が開発されてきている。⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽²⁶⁾

以上のよう、器具の改良や運動技術の改
 良は、パフォーマンスを高めるうえで重要
 な役割を果たしてきた。

短距離走においては、スタートから約40m
 地点までの加速疾走区⁽¹⁰⁾間のパフォーマンス
 が、記録におよぼす影響が特に大きく、これ
 の向上は短距離走者にとって大きな課題であ
 る。

短距離走のスターティング動作に関する研
 究は、比較的多くおこなわれている。⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾しかし、
 スターティングブロックの形状がスターテイ
 ング動作やその力学量に与える影響についで
 の研究は、ほとんどみられない。

⁽¹¹⁾小林らは、スターティング動作において、
 かかとの着けられるスターティングブロック
 (以後、かかと着きブロックという)を試作
 して、従来から用いられているスターティン

ゲブロック(以後、かかと浮きブロックという)の両者を用いた場合のキック力を比較した。この実験の結果、キック反力によるカ績値は、両足の合計において、かかと浮きブロックよりかかと着きブロックのほうが1.4~1.9倍大きく、かかと着きブロックの使用によるキック反力の著しい増大がみられた、と報告している。

そこで、本研究は、測定用のかかと浮きブロックとかかと着きブロックを作製し、小林らがおこなった実験を追試してみるとともに、重心の上下方向の距離・速度、両足先から重心までの距離・速度および30m疾走タイムによって検討を試みた。

第2章 文献考証

人間の走るという運動は、多くの研究者がキネシオロジーの領域で、その観察や分析をおこなってきた。

短距離走の技術が進歩してくるにしたがい、試合において主流をなしていったスタンディングスタート (standing start) に対して、アメリカのオリンピックコーチであった Murphy, M. が1887年にクラウチングスタート (crouching start) を考案した^{1), 23)}。

ところが、この新しいスタートの方法は、ただちに一般の競技者にとり入れられず、広く用いられるようになったのは、1900年代になつてからのことである²³⁾。

スターティングブロックは、1927年から用いられるはじめに²³⁾が、それまでは、左右の足の位置に穴を掘り、それを足がかりとしてスタートしていった^{1), 23)}。

Hayden と Welker⁷⁾ により、地面に穴を掘ったスタートと、スターティングブロックを用い

た場合のスタートが比較研究され、スターティングブロックを用いたほうが0.034秒速いスタートができるという報告がなされた。

スターティングブロックの使用は、走路を傷つけることが少なく、容易にかつ迅速にセットできるという競技会運営上の管理的理由で推奨されてきた。また、競技者達にも、足がしっかりと固定され、バランスがとりやすいという理由から好まれている。

Dickinson⁵⁾は、スタートの構えをバンチスタート (bunch start)、ミディアムスタート (medium start)、エロンゲートドスタート (elongated start) の3つの型に分け、それらの中でもっともスターティングタイム^{註1)}の短いものは、バンチスタートであると述べている。

Henry, F.M⁸⁾は、スタートの構えを前後のスターティングブロック間の間隔により、11インチ (27 cm)、16インチ (40 cm)、21インチ (53 cm)、26インチ (66 cm) の4段階に分けて測定した結果、スターティングブロック間

註1): ここでいうスターティングタイムとは、ピストルの音から後足がブロックを離れるまでの時間をいう。

の間隔が短いものほど、スターティングタイムが短いという結果を得ている。さらに、どの型のスタート法を採用した時に、もっとも短時間にスタートラインから、25フィート前に置いたゴールテープに達し得るかという実験では、やはりバンクスタートであるという結果を得た。

White²⁹⁾は、スタートにおける腰の位置をどこに置くとともに、もっともスターティングタイムが短いかという実験をおこなひ、3つの腰の高さについてタイムを測定して、高い腰の位置の場合が、もっともスターティングタイムが短いという結果を得た。

人間の運動は、その動きが複雑であるため、近年では、オシログラフ、映画、コンピューター等の導入を得て、その正確な記録や解析がなされるようになってきた。²²⁾

Tuttle²⁸⁾らは、スターティングブロックにかかる時間と力を測定し、前のスターティングブロックにかかる力は、スタートの型によつ

て変化しないが、後ろのスターティングブロックにかかる力は、スターティングブロック間の間隔が長いものほど大きいとしている。

Kistler⁹⁾は、スタートに際して両脚が発揮する力の配分について、次の様な実験研究をおこなった。3つのバネ秤りをスターティングブロックにとりつけて、スタートの際、ブロックにかかる力を測定した。その結果、前脚によって発揮される力は、両脚の間隔とは無関係であり、スタートの3つの型の全ての場合において、常に一定した値を示した。しかし後脚によって発揮される力は、両脚の間隔が広くなるにつれて増大する。結局、前後両脚の力の和である推進力は、両脚の間隔が長い場合のほうが大となる。一般的に普通の走者は、前脚が平均195ポンドの瞬発力を発揮し、両脚間隔のせまいバニケスタートの場合では後脚が151ポンドを発揮するという。またミディアムスタートの場合は、後脚が196ポンドを発揮し、エロンゲテッドスタート

の場合は 208 ポンドを發揮する、と述べている。

Tuttle²⁸⁾らは、スタートの構えが、どのような影響を及ぼしているかを知るために、出発後、スタートラインから 25 フィート (2.25 m) の地点に達する時間を測り、スターティングブロック間の間隔の短い構えほど速いという結果を得ている。

Henry は、5 ヤード (4.6 m)、10 ヤード (9.1 m) に達する時間^{註2)}では、両者ともスターティングブロックの間隔が中庸の場合がもっとも速いとしている。

Sills と Penybaker²⁷⁾は、足がスターティングブロックを離れてから 35 ヤード (31.8 m) に達するまでの速度変化を調べた結果、30 ヤード以降では、速度が増大しないという報告をしている。

生理学的観点からみた報告には、Felkner⁶⁾がスタート時の呼吸変化を記録し考察をすすめている。実験の結果、鍛練された走者では

註2): その距離に達した時間からスターティングタイムを除いた時間

“位置について”から“用意”までの期間ずっと正常の呼吸をおこなっており、“用意”でもって呼吸を止めるといったことがわかった。6名の非鍛練者について同様な実験をおこなったところ、最初の2〜3回までは走り出さずまで正常呼吸がみられたが、回を重ねるにつれて“用意”で呼吸を止める、いわゆる鍛練者型の呼吸様式に変わってきたと報告している。

一流の陸上競技選手の一覧表をみると、選手数の面からみて、黒人の占める割合は白人のそれよりはるかに大である。この事実は、黒人が白人よりも陸上競技をおこなう上に優れた素質をもっているからである、と考えられる。

Brown²⁾は、スピードを左右する人種的要因があるとして、白人と黒人について膝蓋腱反射時間測定をおこない、黒人のほうが白人よりも、この反射時間が明らかに短い、という報告をした。

以上のように、スターティングブロックに

関する研究は、その多くがスターティングブロック間の間隔の変化がスターティングタイムに及ぼす影響あるいは、キック力に及ぼす影響という面からのものである。

小林らは¹⁾、従来から用いられているかかと浮きブロックでの足の動きについて映画撮影をおこなひ、スタート合図後、足先がスターティングブロックの面の延長線上よりも、両足のかかとは後方に押しもどされる動きがあると述べている。

BushとWeiskopfらは³⁾、短距離走者は足がしっかりと固定できるようなスターティングブロックを用いるべきで、できれば、かかとも含めて足裏全体をスターティングブロックに着けるようにすべきであると述べている。さらに、映画及びスターティング動作を研究した結果、現在用いられているスターティングブロックを用いた場合、走者のかかとはスターティングブロックから出ている場合には、かかとは一度スターティングブロックよりも後

るへ下がったのち前へ出ていくことになるので、約0.1秒タイムをロスしていることになるという推算をしている。

ミュンヘンオリンピック(1972年)で、短距離種目100m, 200mに優勝したソビエトのBorзов選手のように、足底の長さの約 $\frac{1}{3}$ を地面に着り、残り $\frac{2}{3}$ をスターティングブロックに着けておこなったスタート法³⁾は、非常に興味深いものがある。

小林ら¹⁾は、電氣的にキック及力が測定できるようにしたかかと着きブロックとかかと浮きブロックを試作して、両者のキック及力の比較考察した。その結果、かかと浮きブロックよりかかと着きブロックのほうが、キック及力による力積の合計は1.4~1.9倍であったと報告している。

以上のことから、スタートにおいてスターティングタイムを短縮するスタート法は、研究の余地があると思われる。また、スターティング動作の力学的変動パターンを実験考察

してゆくことは、スターティング動作の研究
及びスターティングブロックそのものを改良
してゆく際の有効な手段になると考えられる。

第3章 実験方法

本実験においては、従来からのかかと着きブロックと新型のかかと着きブロックを用いて、スターティング動作及びスターティング動作後の身体部分の運動経過を、次の4つの方法で測定し、それらの関係をもとに総合的に考察することにした。

第1には、映画分析による動作分析の手法を用いて、その解析を試みた。

第2には、スターティングブロックにかかった力とその時間変化をストレインゲージ⁽¹⁷⁾を用いて電氣的に測定し、映画と同時に、力積の記録をとれるようにした。

第3には、スターティング動作後の足跡変化を測定し、第4には、30m疾走タイムを計時した。

なお被験者は、かかと着きブロックの使用に慣れるための本実験日の2週間前から、1日につき約15回のスタート練習をおこなわせた。

第1節 被験者

本実験の被験者は、順天堂大学陸上競技部短距離走者7名を対象とした。被験者の身体特性と100mの公認最高記録は表1に示した。

第2節 実験装置

(1) 映画撮影

映画撮影の配置図を図1に示した。映画撮影には、8mmカメラを用いて、カメラのコマ送り速度は毎秒50コマとした。

力学的解析の距離基準として、5kgのおもりをつけたロープに2点の間隔が50cmとなるようなマークをつけて吊るした。また、 $\frac{1}{100}$ 秒まで測定可能な同期タイマー⁽²⁾を設置して、ストレーンゲージの信号と映画とを電氣的に同期しながら撮影をおこなった。なお、被験者からカメラレンズまでの距離は、被験者が疾走するライン上から直角方向に20mの距離をとり、カメラレンズの高さは、1mとした。撮影した範囲は、被験者がスタートしてか

ら約2歩半走った地点までとした。

(2) スタートディングブロック

実験にあたり、図2のようなかかと着きブロックを作製した。このスタートディングブロックは、足裏が着く位置をつま先、中央部、かかとの3部位に分割し、各々独立に力が測定できるようにしてあり、さらに、それらの各部位のエレメントについては、足の接触位置によって測定値の変化が生じないように工夫した。

かかと着きブロックは、図3に示すように1つの部位から成り込っている。

スタートディングブロックにかかったキック力とその時間変化はブロックに貼ったストレインゲージで測定し、電磁オシログラフ⁽¹³⁾に記録した。

第3節 実験条件

かかと着きブロック及びかかと着きブロックを用いて、クラウチングスタートの要領に

より、シグナルはピストルの合図で、30mを全カ疾走させた。スターティングブロックの間隔とその位置は、被験者の好みにより任意にセットさせた。

1976年7月5日、午後1時より本実験を実施した。天候は晴れ、気温25度、風速は、ほとんどゼロに近かった。グラウンドコンディションは良好であり、この条件は、被験者が全カで実験するのに適したものであった。

実験は、始めに、かかと着きブロック、次にかかと浮きブロックを各々1回おこなわせた。被験者のウォーミングアップ(warming up)については、各自任意の方法でおこなわせた。

第4節 データの測定法

(1) フィルム分析法

時間の測定は、フィルムのコマ送りを毎秒50コマにセットしても、1コマごとの時間には多少の変動があるので、同時撮影をした同

期タイマーより読みとった。

図4のボ₄ポイント1, 2, 3, 4, 5を対象に, Curetonの例にならって写真的誤差及び測定誤差を求めたものが表2である。写真から読みとられた距離を実測値と比較した場合の誤差は、ごく小さく、この読みとりの精度はじゅうぶんであると考えた。

身体の位置の読みとりの誤差をしらべるために、同一フィルム上の各定点の縦・横軸の座標値を反復して10回読みとり、その平均値、標準偏差及び標準誤差について求めたものが表3である。その誤差範囲はごく小さく、1回の読みとりでもじゅうぶんであると確認できたので、他のフィルムの各定点については1回だけの読みとりで求めた。

(2) スターティングブロックに加わる

ギックカの検定法

a) かかと浮きブロック：スターティングブロックに貼布されたストレインゲージの較正のために、ブロック面の異なる3点に20

kgの荷重をかけてみたところ、最大5%の誤差にあたる±1kgの変動があった。

荷重とその測定値が、比例関係を示すか否かの検定については、ブロック面の中央部に20, 40, 60, 80, 100, 120kgの荷重をかけて、その出力を電磁オシログラフで記録した。グラフは視覚的には比例的直線を示したが、実測結果は3%以内に納まる誤差がみい出された。

b) かかと着きブロック：スターティングブロック面の各部位（つま先部、中央部、かかと部）の独立性検定のために、つま先部だけに50kgの荷重をかけたところ、中央部、かかと部には全く反応が認められず、つま先部だけに5kgの測定値を示した。また中央部かかと部についても同様な結果を得た。

前述のかかと浮きブロックと同様な方法でおこなったストレインゲージの較正検定では、かかと浮きブロックの場合と同程度の結果を得た。

(3) 足跡変化の測定法

かかと浮きブロックとかかと着きブロックの力積の差異が明らかであることより、両ブロックの足跡にも当然差異が現われると考えられる。そこで、スタートから4歩目までの足跡変化について測定した。

その方法は、スタートラインより4歩目までのスパイク跡の先端部までの距離を測定値とした。測定終了のたびにグラウンド清掃器でグラウンドを整備し、前回の足跡と混同しないようにした。

(4) スタートから30mまでの疾走タイム測定法

スタートラインから30m前方にゴールテープを置き、ピストルの合図から1/100秒まで計測できるストップウォッチでテープに被験者の胸が着くまでの時間を、両ブロックについて各々3回ずつ計測した。

ストップウォッチの計測は、測定誤差を小さくするために公認審判員である同一人物が

おこなっく。

第4章 データの解析法

第1節 データの平滑化

カメラの振動や読みとりの誤差によって、読みとりデータには不規則なノイズが混入していると思われ³⁰⁾る。そのノイズをとり除くために平滑化をおこなう必要がある。

ここでは、ある部位の点の測定値を求める場合に、その点を中心として時刻的に前後2コマずつ、つまり合計5点を読みとり、それを最小2乗法により2次曲線 $y = a + bx + cx^2$ にあてはめて平滑化し、その中央時刻における平滑点の値をもつて、その部位の測定値とした。

すなわち、フィルムのコマ間隔を h とするとき、読みとろうとする点の時刻を $x_0 = 0$ とし、その前後2コマずつの時刻を x_{-2} , x_{-1} , x_1 , x_2 とすると

$$x_{-2} = -2h, \quad x_{-1} = -h, \quad x_1 = h, \quad x_2 = 2h$$

となる。

その時刻の読みとり値として、 y_{-2} , y_{-1} , y_0

y_1, y_2 が得られている場合に、それらを $y = a + bx + cx^2$ の最小二乗法にあてはめてみると

$$a = \frac{1}{70} (-6y_2 + 24y_1 + 34y_0 + 24y_1 - 6y_2) \quad (1)$$

$$b = \frac{1}{10h} (-2y_2 - y_1 + y_1 + 2y_2) \quad (2)$$

$$c = \frac{1}{14h^2} (2y_2 - y_1 - 2y_0 - y_1 + 2y_2) \quad (3)$$

となる。これにより、 x_0 における y_0 の平滑化された値 \bar{y}_0 は

$$\bar{y}_0 = \frac{1}{35} (-3y_2 + 12y_1 + 17y_0 + 12y_1 - 3y_2) \quad (4)$$

により求められる。¹⁶⁾

さらに、位置データの時間に対する変化率^{註3)}は、 x_0 における曲線 $y = a + bx + cx^2$ の微分係数

$$(\bar{y}')_{x=x_0} = b \quad (5)$$

により求めた。¹⁶⁾

註3): この変化率とは速度を意味している

第2節 身体の合成重心

被験者の身体部位の読みとり点は頭頂・胸骨上縁・大転子・右肩峰・右肘・右手先・左肩峰・左肘・左手先・右膝・右足踵・左膝・左足踵である。これらの点から求めた身体部位の長さ⁽¹⁹⁾²⁰⁾と表1の被験者の体重をもとに、松井の方法により身体の重心位置を求めた。

第3節 前足先、後足先から重心までの距離、速度及び重心の上下方向への距離、速度の算出法

図5より、後足先 (X_1, Y_1) 、前足先 (X_2, Y_2) と重心 (X_3, Y_3) との距離 r_1, r_2 は

$$r_1 = \sqrt{(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2} \quad (6)$$

$$r_2 = \sqrt{(X_2 - X_3)^2 + (Y_2 - Y_3)^2} \quad (7)$$

として求められる。

また、 $\overline{X_1 X_3}$ 及び $\overline{X_2 X_3}$ の水平線となす角度 θ_1, θ_2 は

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{Y_1 - Y_3}{X_1 - X_3} \quad (8)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{Y_2 - Y_3}{X_2 - X_3} \quad (9)$$

により求めた。

r_1, r_2, r_3 の平滑化された値 $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \bar{r}_3$ 及びその平滑化された速度 $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \bar{r}_3$ については、読みとり値 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$ から (6), (7) により r_1, r_2 を求め、 r_1, r_2 を (4) により平滑化して \bar{r}_1, \bar{r}_2 とした。さらに (5) により $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \bar{r}_3$ を算出した。

第4節 キック力による力積の算出法

キック及力の力積⁽⁸⁾は、グラフの曲線と時間軸との間の面積として求めることができる。

この場合、力曲線に含まれるノイズは、力積を求めるためにおこなわれる積分操作により、自動的に平滑化されている。

第5節 キック力による力積から求めた速度 の算出法

キック力による力積 (P) は、キック力曲線と時間軸との間の面積として求められた。

スターティング動作のキックが終り、前足先がスターティングブロックを離れる時の力積から推定される重心の速度 (U) は、被験者の体重を M とすると

$$U = \frac{P}{M} \quad (10)$$

により求めることができる。

第5章 結果及び考察

第1節 キック力による力積の測定結果

キック力による力積は、前述した解析法を用いて前足、後足及び両足の合計について算出した。その結果は、表4に示してある。

かかと浮きブロックとかかと着きブロックのキック力による力積を比較すると、その値にかなりの差異がみい出された。

両ブロックの力積の平均値を比較すると、前足で1.41倍、後足で1.26倍、両足の合計では1.35倍というように、かかと着きブロックのほうに力積値の著しい増大が、7名の被験者にみられた。

小林⁽¹⁾らは、前足と後足及び両足の合計について求め、かかと浮きブロックとかかと着きブロックを比べてみると、前足では1.3~2.0倍、後足では1.3~1.6倍、両足の合計では1.4~1.9倍、かかと着きブロックにおけるキック反力の増大があったと観察している。

かかと浮きブロックとかかと着きブロック

による力積値の差の検定をおこなったところ、
 両足の合計では有意な差^{註4)}($t=3.927$)が認め
 られる。また前足においても有意な差^{註4)}が認め
 られる($t=3.737$)。しかし、後足では、か
 かと着きブロックのほうが一.26倍と増加して
 いるものの、統計的には有意な変化ではなか
 った。このことは、かかと着きブロックの前
 足の力積が大きなウエイトをもっており、後
 足のかかと着きブロックは不要である、とも
 考えられる。

以上のことは、従来から用いられているか
 かと着きブロックのみを、スターティングブ
 ロックの基準とすることが不十分であること
 を示唆しているようである。

第2節 前足先、後足先から重心までの距離 速度の測定結果

スターティング動作及びスターティング動
 作後における時々刻々の両足先から重心まで
 の距離・速度は、前述した解析法を用いて両

註4): 1%水準で有意である

ブロッックについて算出した。その結果は図6
 ~図19に示してある。^{註5)}なお、これらの図の前
 足先、後足先とは、スタートの「用意」の姿
 勢時に、前にある足を前足、後にあるのを後
 足と呼び、各々の足の位置を示す。また図の
 実線が距離曲線、破線が速度曲線を示す。

両足先から重心までの距離・速度曲線は、
 一定の変動パターンが観察された。

後足先から重心までの距離変化を考察して
 みると、スターティング動作開始時点からな
 だらかな上昇を区どり、後足がスターティン
 グブロックを離れる寸前でピークが現われ、
 次になだらかな下降を区どり、着地寸前でそ
 の距離はもっとも小さな値を示す。その後は
 再び上昇して上記の変動を繰り返している。

前足先から重心までの距離変化は、前足が
 スターティングブロックを離れる寸前でピー
 クが現われ、次になだらかな下降を区どり着
 地寸前でもっとも距離が小さくなり、その後
 は再び上昇して上記の変動を繰り返す。

註5): これらの図の番号に続くカッコ内の数字は、(1)がかかと着きブロック、(2)
 がかかと着きブロックを意味している。

速度曲線は、両足から重心までの距離変化に影響を受けており距離曲線に対して位相遅れがみられる。

両足先から重心までの距離についてみると、かかと浮きブロックとかかと着きブロックとの間には、大きな差異がなかった。また、かかと浮きブロックとかかと着きブロックの両足先から重心までの速度の差について検定をおこなった結果、有意差はみられなかった。

しかし、被験者 I・T のかかと着きブロック^{註6)}における両足先から重心までの速度は、初期のスターティング動作中に負の値を示している。このことは、スタートをおこなってからすぐに身体が伸びきれずに、縮められたことが原因であると推測される。

かかと着きブロックについては、本実験日以前より使用していたにもかかわらず、バランスを崩れ、スターティング動作がみられた。一方、かかと浮きブロックについては、毎日のトレーニングで練習をくり返し、その使

註6): 図18-(2), 図19-(2)に示してある

用に慣れているため、距離及び速度曲線はスムーズな曲線を示した。

第3節 カ積から求めた重心の速度と実測による重心の速度の比較検討及び重心の上下動の距離・速度変化の影響

カ積値より前足がスターティングブロックを離れる時の速度は(10)式より求められ、その結果を表5に示した。写真から求められた前足がブロックを離れる時の速度を表6に示した。

これらの速度は、かかと浮きブロックで1.74倍、かかと着きブロックでは1.79倍とカ積から推定した値の方が大きい。このことは、実際には、後ろブロックによる重心速度と前ブロックによる重心速度のベクトル和となっているのに対し、カ積の和による速度の推定は、両者の代数和になっているためと考えられる。

そこで、前述(第1節)した距離・速度に

ついて考察した大きな差異はみられなかった。よって重心の上下方向（Y軸）の距離・速度について算出し、その結果を図20～図26に示した。

重心の上下方向への距離変化についてみると、スターティング動作を起すしてからの斜め上方への立ち上がりが観察される。この曲線は、視覚的には同様な傾向を示しているが、実測結果は、かかと浮きブロックに比べ、大きな値を示したり、小さな値を示したりする。

重心の速度変化は、かかと浮きブロックに比べ、その変動パターンが大きい。

以上の原因の考察は、被験者がかかと着きブロックの練習が不十分であったこと、かかと着きブロックの大きな力積の影響により、上体が前のめりの低い姿勢でスターティング動作になったり、もしくは上体があぐり上がった結果、腕と脚が同調できなくなりスピードを失ってしまうためであると推測できる。

これらの原因が、スターティング動作において、前足が離れる時の実測値の速度と理論値の速度の差に影響を及ぼしているものと考えられる。

第4節 足跡変化と30m疾走タイムの測定

結果

スタートから4歩目までの足跡変化(ストライド変化)は、表7に示した。ストライド変化は、1~4歩目まで、平均値からみると、ストライドの伸びがみられるが、個人的にみると、かかと着きブロックを用いる場合と比較して、その変化が増大したり、減少している者がみられた。一般的に、キック反力の増大によるストライドの増加がみられるが、かかと着きブロックに充分慣れていないため、また、大きなキック力とその力積を生かしていないためにストライドが縮まる傾向がみられた。

スタートから30mの全力疾走をおこなわせ、

その結果は表8に示した。3回のタイムの平均値は、被験者Y・Tを除いて全員がかかと浮きブロックのタイムを短縮した。かかと浮きブロックとかかと着きブロックによる疾走タイムの差の検定をおこなったところ、0.1%水準で有意($t=6.49$)であった。このことは、かかと着きブロックに不慣れのために生じる速度減少や身体の上下動の影響が現われているにもかかわらず、記録面からみると、かかと着きブロックの有効性が観察された。

本実験結果から、小林らの結果を比較してみると、小林らの実験手順は、被験者は3名であり、両ブロックの力積値、実測値及び理論値による重心の速度、両ブロックの足跡変化について実験をおこなった。その結果、両ブロックの力積値では、1.6~1.9倍の増加がかかと着きブロックにみられた。実測値及び理論値による重心の速度は、かかと浮きブロックでは力積からみた重心の速度と実測による速度が比較的近い値を示したが、かかと着き

ブロックでは非常に大きいカ積が得られたにもかかわらず、実測による速度は、かかと浮きブロックをやや上回る程度であった。両ブロックの足跡変化は、1・2歩目ではストライドの伸びがみられたが、3・4歩目ではストライドが縮まる傾向がみられたと報告している。被験者が異なる二つの実験結果を厳密に比較することは困難であるが、本実験結果と小林らの実験結果は、カ積値とストライド変化の平均値では一致しているけれども、重心の速度についての実測値と理論値は本実験とは反対の値が示めされた。

第6章 結論

かかと浮きブロックとかかと着きブロックについて、キック力による力積、両足先から重心までの距離・速度、力積から求めた速度及び突測から算出された速度、重心の上下動の距離・速度、足跡変化、30mの疾走タイム等の力学量の測定分析をした。その結果、次のようなことがわかった。

(1) キック反力による力積を両ブロックについて前足・後足及び両足の合計を比較した。かかと着きブロックは、前足先で1.41倍、後足で1.26倍、両足の合計で1.35倍となり、著しい力積の増大がみられた。

両ブロックの力積の差の検定をした結果、両足の合計では1%水準で有意($t=3.927$)であった。

(2) 両足先から重心までの距離・速度曲線は、一定の変動パターンが観察された。両足先から重心までの距離についてみると、両ブロックの間には、大きな差異がなかった。

かかと浮きブロックとかかと着きブロックとの両足先から重心までの速度について検定した結果、有意差はみられなかった。

(3) カ績から求めた重心の速度及び実測から求めた重心の速度は、それぞれかかと浮きブロックでは 3.09 m/s と 1.72 m/s , かかと着きブロックでは 4.16 m/s と 2.38 m/s という平均値が得られた。

(4) スタートから4歩目までの足跡変化の平均値は、かかと着きブロックのほうにストライドの伸びがみられた。

(5) 30m疾走タイムにおける両ブロックの効果は、平均値で0.05秒かかと着きブロックのほうがタイムが向上している。

両ブロックによる疾走タイムの差の検定をおこなったところ、0.1%水準で有意($t=6.497$)であった。

以上のことから、かかと浮きブロックとかかと着きブロックとを比較検討してみると、かかと着きブロックの使用に充分慣れ、身体

全体の協調を失わずに大きな力積をスター
ティング動作に生かす技術の研究が進展すれ
ば、今後、かかと着きブロックについては、
より競技力向上に役立つことが判明した。

第7章 要約

スターティングブロックの形状の違いが、スターティング動作やカ学的諸量に及ぼす影響を明らかにするために、陸上競技部短距離選手7名を対象にかかと浮きブロックとかかと着きブロックとを用いて、キック力によるカ積、両足先から重心までの距離・速度、カ積から求めた重心の速度及び実測から求めた重心の速度、スタートから4歩目までの足跡変化、30m疾走タイムを効果判定の資料とし、得られた結果を要約すると以下の通りである。

(1) かかと着きブロックの両足の合計のカ積は、かかと浮きのそれにくらべて有意な増加がみられた。

(2) 両足先から重心までの距離・速度は一定の変動パターンが観察された。両ブロックの距離変動には大差がなく、速度にも有意差はみられなかった。

(3) カ積から求めた重心の速度及び実測から求めた重心の速度の平均値は、それぞれ

かかと浮きブロックでは 3.09 m/s と 1.72 m/s 、
かかと着きブロックでは 4.16 m/s と 2.38 m/s 、
であり、両ブロックとも有意な増大がみられ
た。

(4) スタートから4歩目までの足跡変化
の平均値は、かかと着きブロックのほうにス
トライドの伸びがみられた。

(5) かかと着きブロックの30m疾走タイ
ムは、かかと浮きブロックに比べ有意であ
った。

以上の結果、かかと着きブロックの使用に
充分慣れ、大きな力積を生かす技術の研究が
進展すれば、今後かかと着きブロックについ
ては、大いに期待が持たれる。

謝 辞

本研究は、小林助教授の懇切なる御指導と、陸上競技研究室の諸先生方、順天堂大学院生の金子敬二君、順天堂大学陸上競技部員、並びに運動力学・陸上競技ゼミナール諸君の御助カのもとで行なわれたいものである。ここに記して深謝の意を表する。

- 1) Breshnahan, G. T., Tuttle, W. W. and Cretzmeyer, F. X.: Track and Field Athletics., 5 (1960) 猪飼道夫: 陸上競技, 科学的練習法 第2版 439-441, 体育の科学社: 東京(1967)より引用
- 2) Brown, R. L.: A comparison of the Patellar Tendon Reflex Time of Whites and Negroes, Res. Quart., 6: 121-126 (1935)
- 3) Bush, J. and Weiskopf, D.: Developing a Champion Sprinter. Atheletic Journal, 56: 16-94 (1976)
- 4) Cureton, T. K.: Mechanics of Track Running, Scholastic Coach, February (1935) - Bunn, J. W.: Scientific Principles of Coaching. 1st ed. 111 Prentice-Hall: New York (1955)
- 5) Dickinson, A. D.: The Effect of Foot Spacing on Starting Time and Speed in Sprinting and the Relation of Physical Measurements to Foot Spacting, Res. Quart., 5: 12-19 (1934)
- 6) Felkner, A. H.: A Study of the Respiratory Habits of Speinters in Starting a Race, Res. Quart., 5: 20-26 (1934)

- 7) Hayden, T. C. and Walker, G. A.: A comparison of the Starting Time of Runners Using Holes in the Track and Starting Blockes, Res. Quart., 4: 117-123 (1933)
- 8) Henry, F. M.: Force-Time characteristics of the sprint start. Res. Quart., 3: 301-308 (1952)
- 9) Kistler, J. W.: A Study of the Distribution of Force Exerted Upon the Blocks with Starting of the Sprint. From Starting Positions, Res. Quart., 5: 27-32 (1934)
- 10) 金原勇: 陸上競技のコーチング(1)総論.トラック編. 192. 大修館書店.東京.(1976)
- 11) 小林一敏, 勝亦紘一, 金子今朝秋, 菅原秀二; スタートブロックのメカニクス的研究: 順天堂大学保健体育紀要. 第18号 17-23 (1975)
- 12) 小林一敏, 久内武: 映画と他のトランスジューサーとの同期による動作分析
体育学研究 第14号 5 (1970)

13) 小林一敏, 菅原秀二: 光電回転距離計による速度の研究: 順天堂大学保健
体育紀要 第16号 20-26 (1973)

14) 小林一敏: 全天候型トラックの走り方その1. 陸上マガジン6月号. 96-97.
ベースボールマガジン社 (1970)

15) 小林一敏: 全天候型トラックの走り方その2. 陸上マガジン7月号 92-93
ベースボールマガジン社 (1970)

16) 小林一敏: キネシオロジー実験ノート. (1976) 未発表

17) 前川峯雄, 猪飼道夫, 笠井恵雄, 菅原礼, 藤田厚, 宮下充生: 現代体育学研究法
134. 大修館, 東京 (1972)

18) 前川峯雄, 猪飼道夫, 笠井恵雄, 菅原礼, 藤田厚, 宮下充生: 現代体育学研究法
145. 大修館, 東京 (1972)

19) 松井香治, 只木英子: 走運動の動力学研究 (その1). 全速疾走時に於けるフォ
ー4ヒとの重心位置について. 体育学研究 第3号 (1), 210 (1962)

- 20) 松井秀二：運動と身体の重心，21-53，(1960)
- 21) Mortensen, J. P. and Cooper, J. M.: short sprints. Track and Field
1st ed. 13-38 Prentice-Hall: Englewood Cliffs (1959)
- 22) Plagengoef, S.: Methods of Data collecting. Patterns of Human
Motion. 1st ed. 3-17 Prentice-Hall: Englewood Cliffs (1971)
- 23) Quercetani, R. L.: The 100 and 200 Meters and 100 and 220 Yards.
A World History of Track and Field Athletics 1864-1964,
1st ed. 1-46 Oxford University Press: London (1964)
- 24) Quercetani, J. P.: The Pole Vault. A World History of Track and
Field Athletics 1864-1964, 229-245, Oxford University Press:
London (1964)
- 25) Quercetani, J. P.: Introduction, A World History of Track and
Field Athletics 1864-1964, Oxford University Press: London (1964)
- 26) 佐々木秀幸：陸上競技のスピードとは何か。陸上競技マガジン 11月号増刊
95-99. ベースボールマガジン社. 東京(1973)

- 27) Sills, F. D. and Pennybaker, D. A.: A Method of Measuring the Velocity of Speed of Movement with a Cathode Ray Oscillograph, Proceedings of the Twenty-Second Annual Convention, Central District Association, for Health Phys. Ed. & Rec. 24-36 (1956)
- 28) Tuttle, W. W.: Studies in the start of the sprint, Res. Quart., 4: 110-130 (1933)
- 29) White, R. A.: The Effect of Hip Elevation on Starting Time in the Sprint, Res. Quart., 5: 128-133 (1935)
- 30) 山内二郎, 森口繁一, 一松信: 電子計算機のための数値計算法 I, 70-71, (1965)

Kinesiological study about starting action in case of using starting block with the support of heel and one without the support of heel.

Kazuhiko SAKUMA

Summary

What effects does the different of the form of starting block influence to starting action or mechanical respective quantity?

Seven university sprint runner participated in this study.

The informations of effect's judgement are the impulse by kickforce, distance and speed from both toes to the center of gravity, the speed of the gravity by the impulse and measurement, the change of footprint from start-line to the fourth step, and the running time of thirty meters. Observed results were as follows:

- (1) The impulse of the sum total of each foot in the starting block with the support of heel showed more significant increase than one in the starting block without the support of heel.
- (2) The distance and speed from both toes to the center of gravity showed a steady change pattern. There was no great different in the distance alteration of the two blocks, and the speed didn't

significant difference.

(3) Each average value of speed by the impulse on two blocks

aforsaid; 3.09 m/s, 4.16 m/s.

Each average value of speed by computation; 1.72 m/s, 2.38 m/s.

(4) The average value of the change of footprint from start line to

the fourth step showed the increase in the starting block with

the support of heel.

(5) Compared with the starting block without the support of heel,

one with the support of heel did significantly time as for the

running time of thirty meters.

From the results, we expect of the starting block with the

support of heel by getting used to the use of it and by developing

the studies in technic which makes the most of the great impulse.

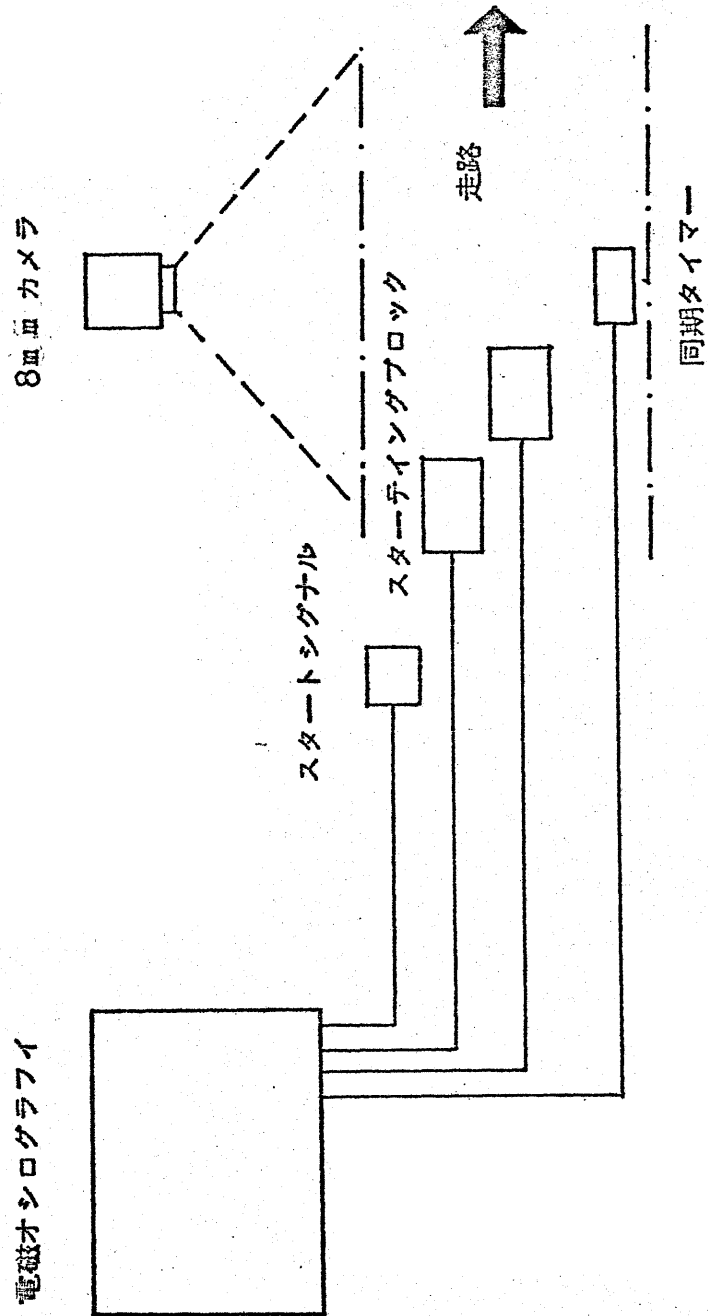
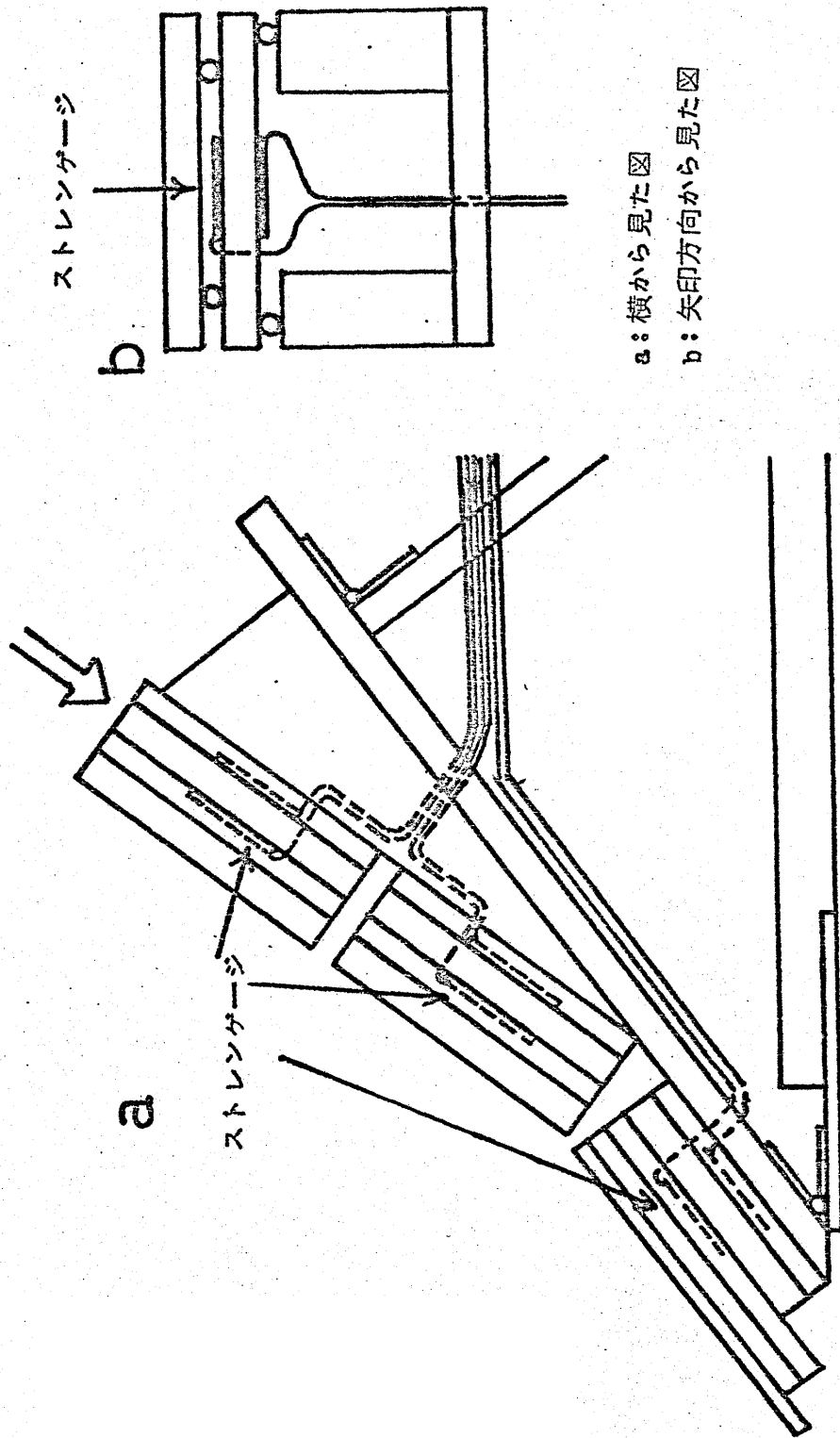
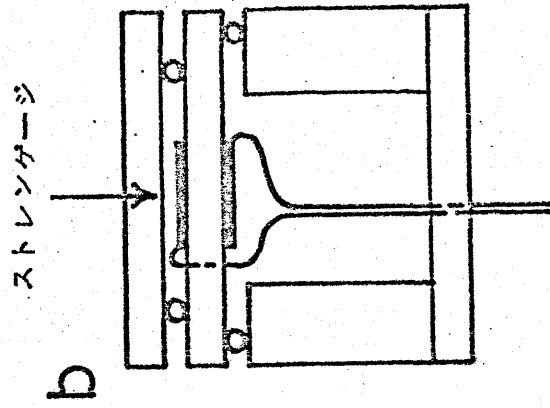


図1. 実験装置



a: 横から見た図
 b: 矢印方向から見た図

図 2. かかと着きブロックの構造図



a: 横から見た図
b: 矢印方向から見た図

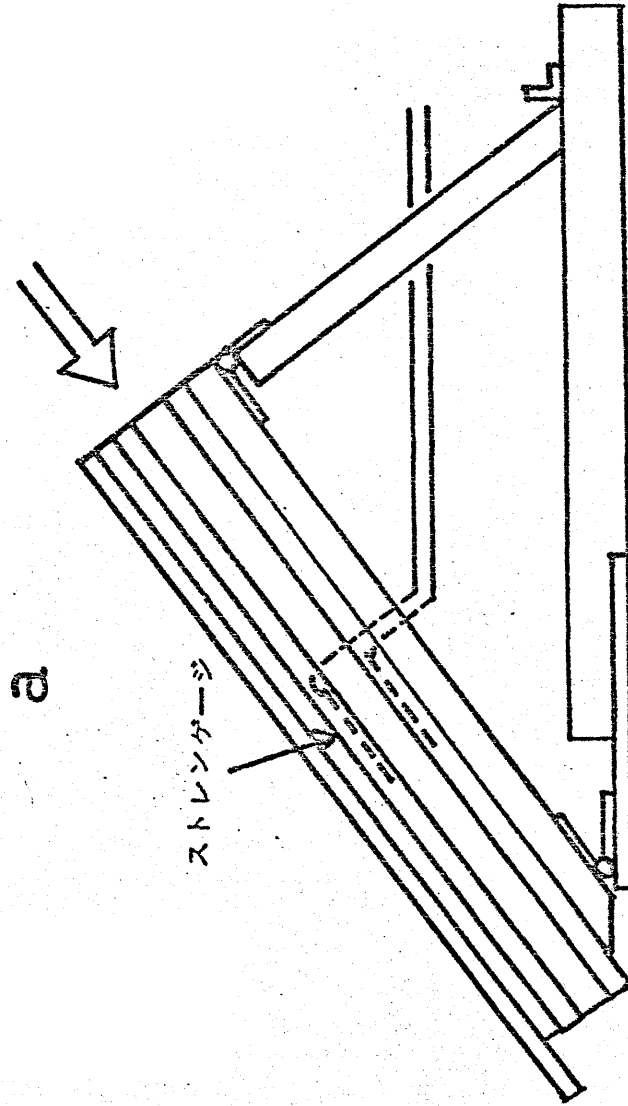


図 3. かかと浮きブロックの構造図

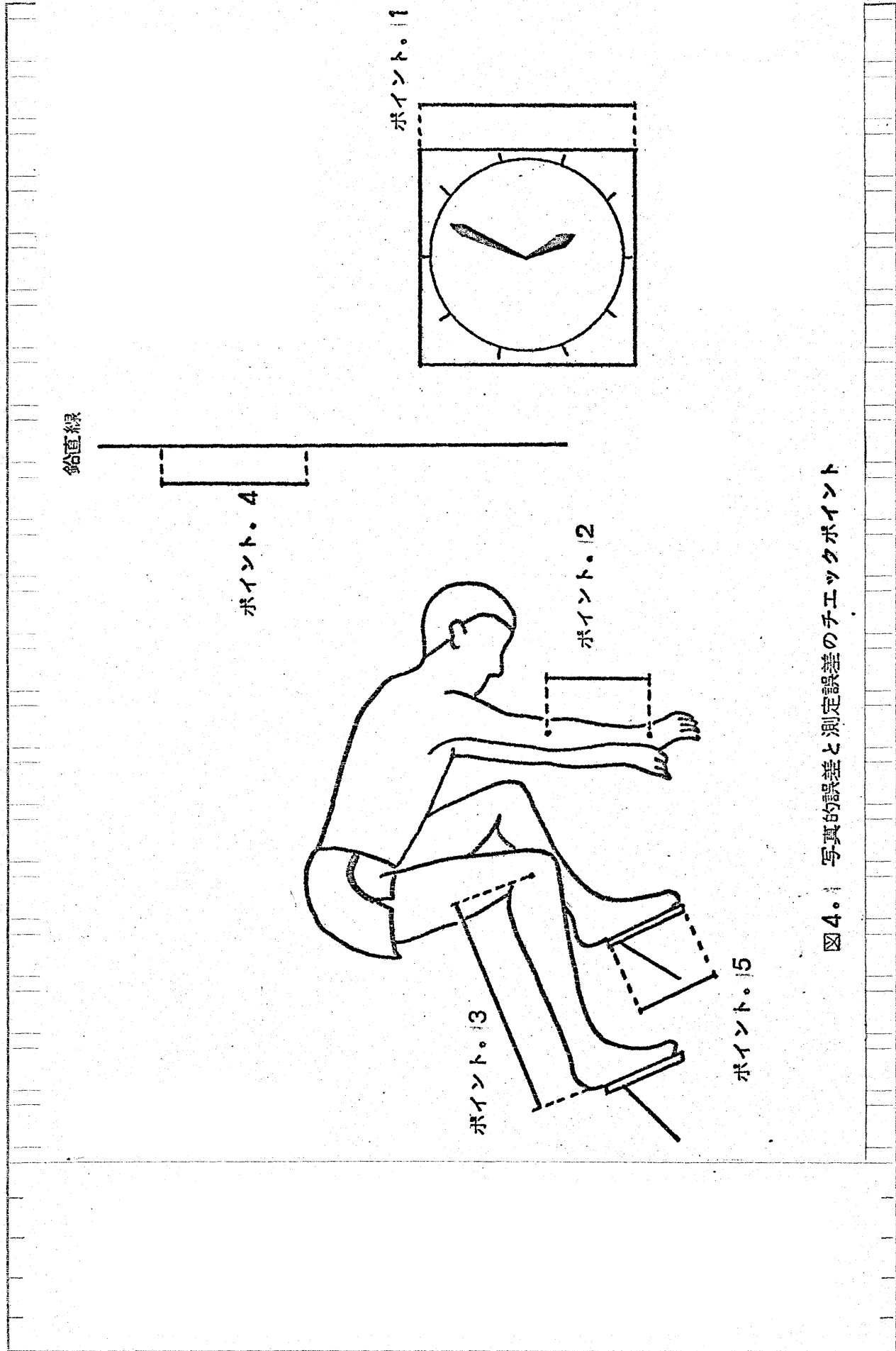


図4. 写真的誤差と測定誤差のチエックポイント

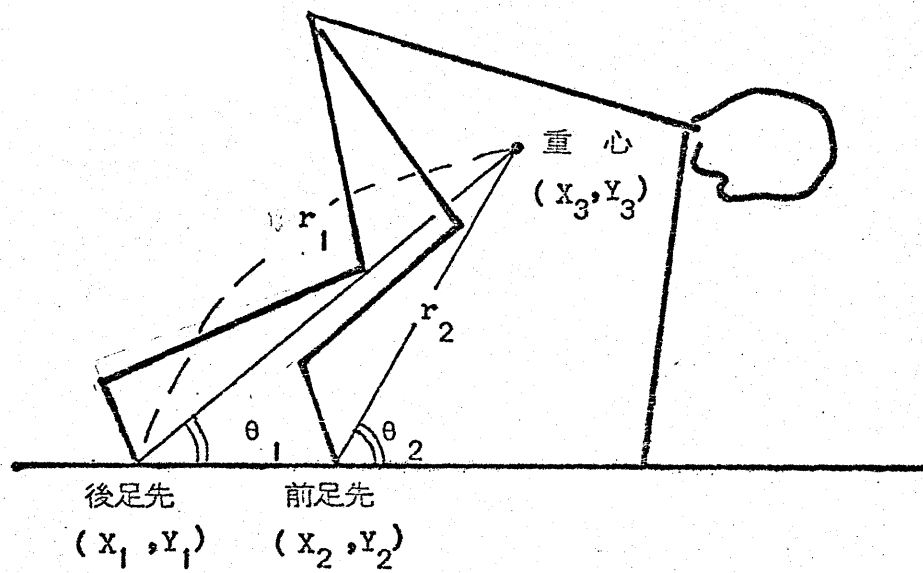


図 5 ・ 両足先から重心までの距離・角度

r_1 : 後足先から重心までの距離

r_2 : 前足先から重心までの距離

θ_1 : 後足先から重心までの角度

θ_2 : 前足先から重心までの角度

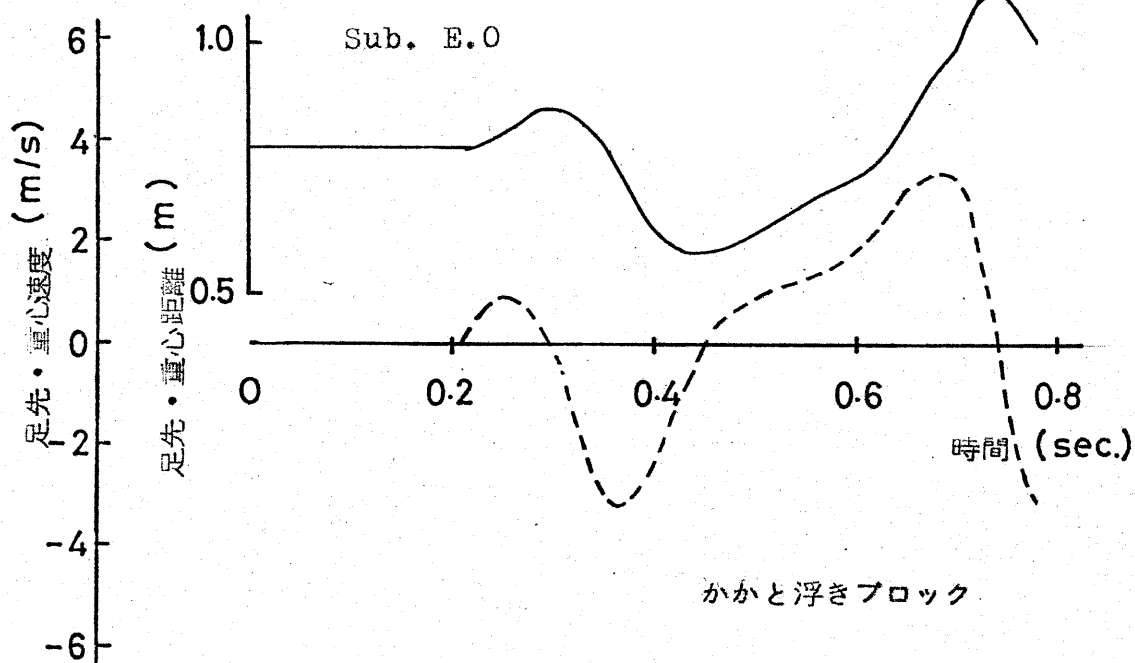


図 6 - (1). 後足先から重心までの距離・速度 ——— : 距離
 - - - - : 速度

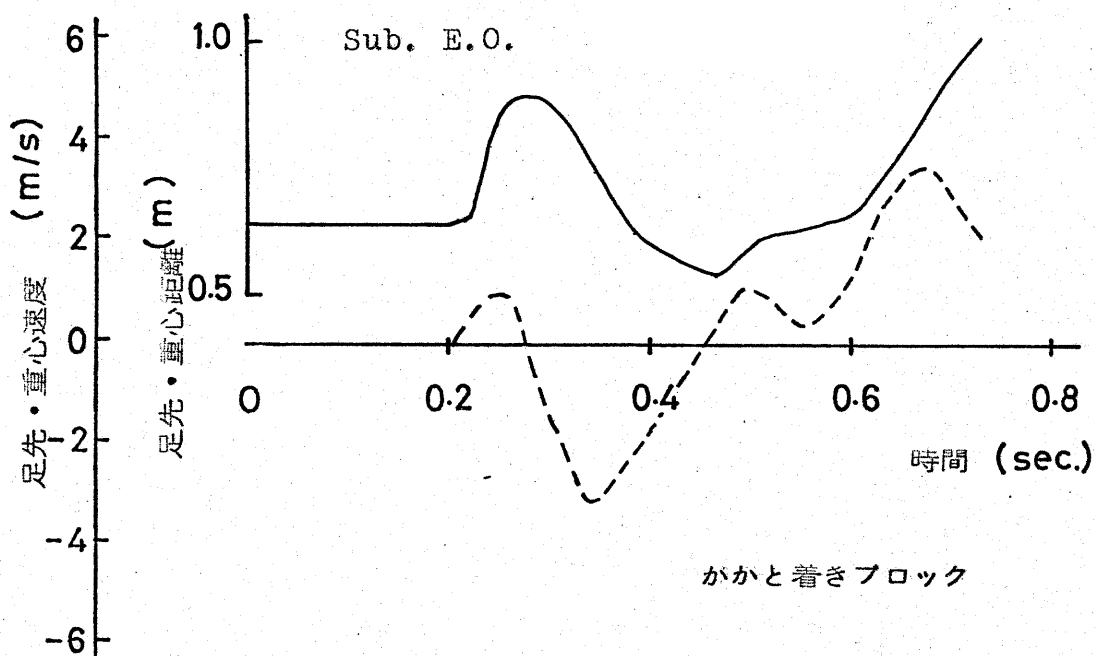


図 6 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

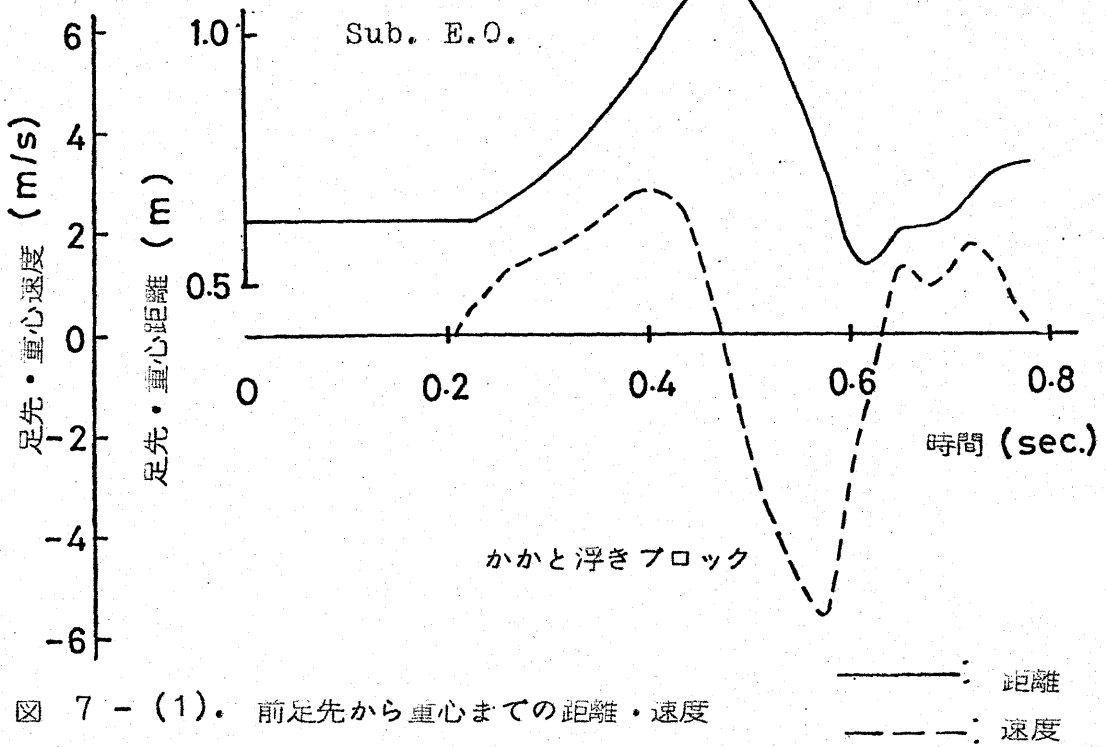


図 7 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

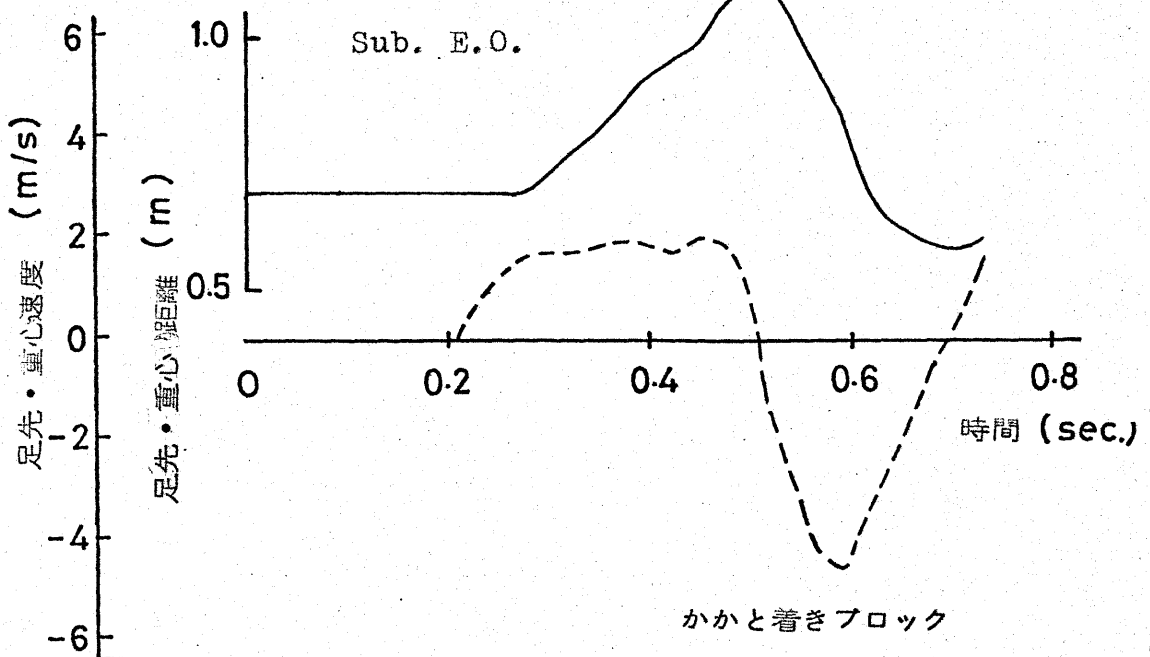


図 7 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

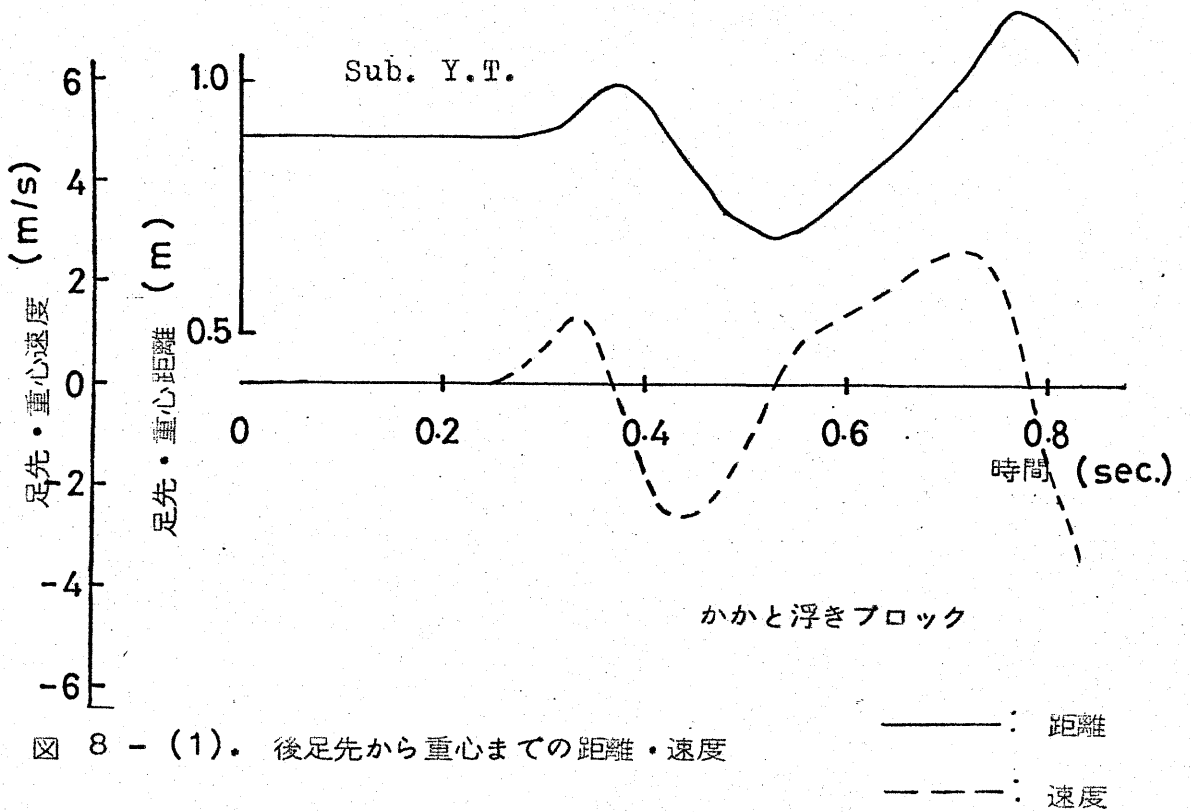


図 8 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

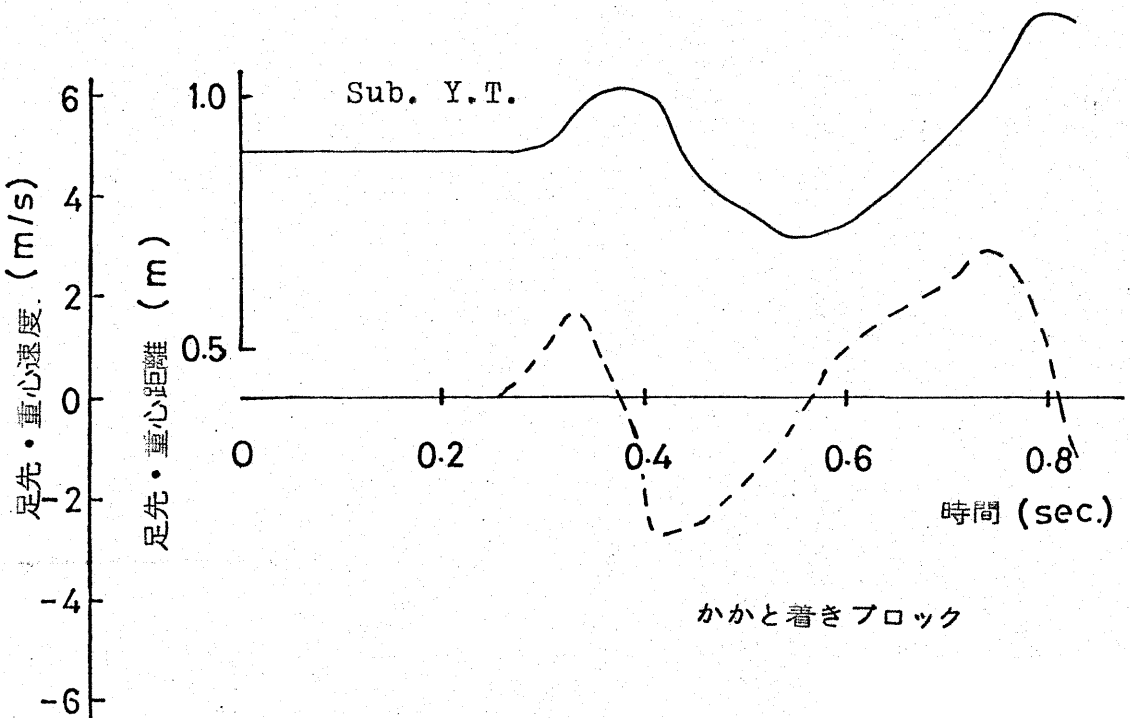


図 8 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

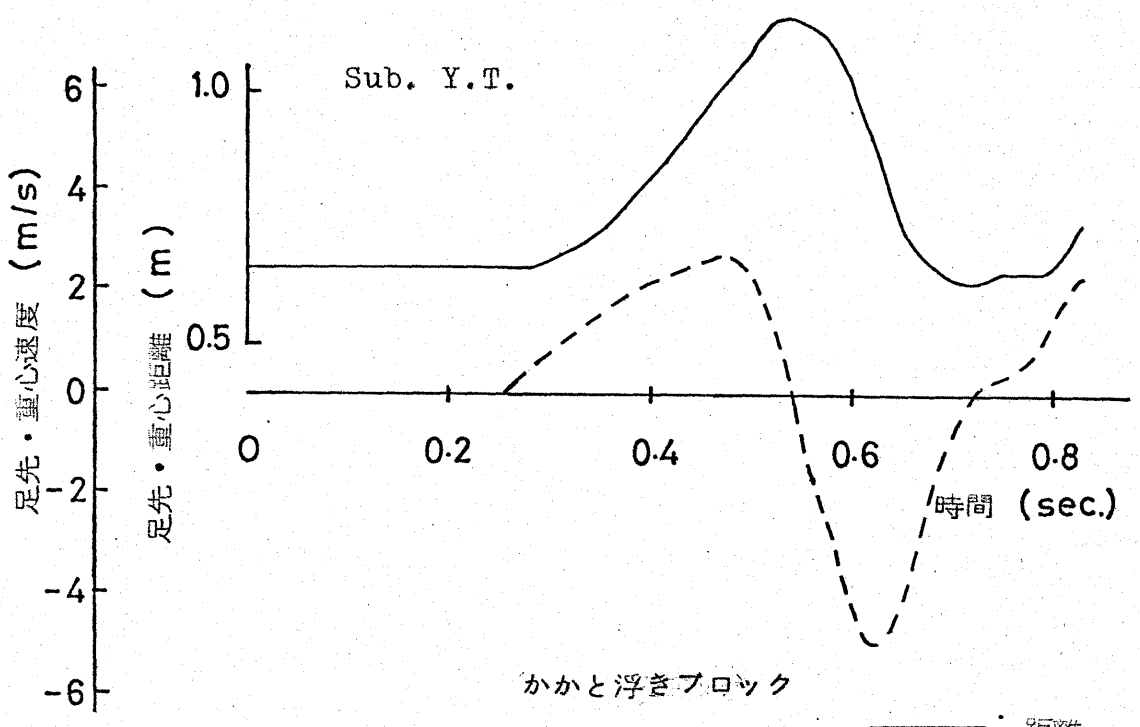


図 9 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

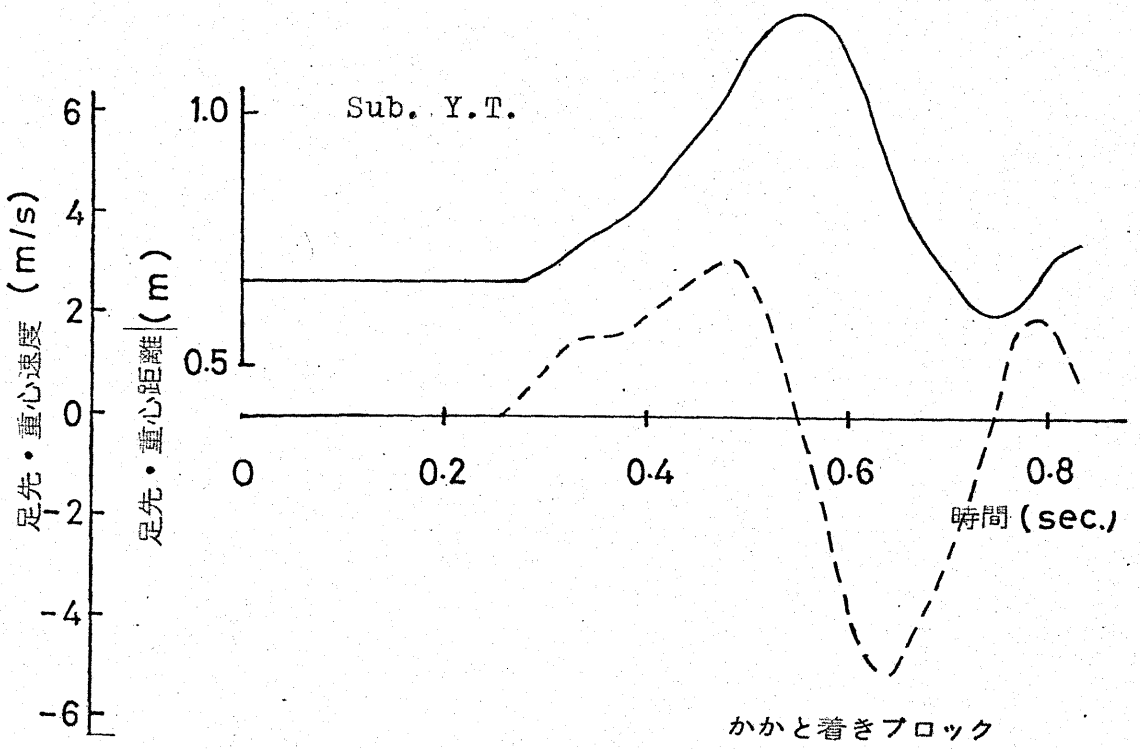


図 9 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

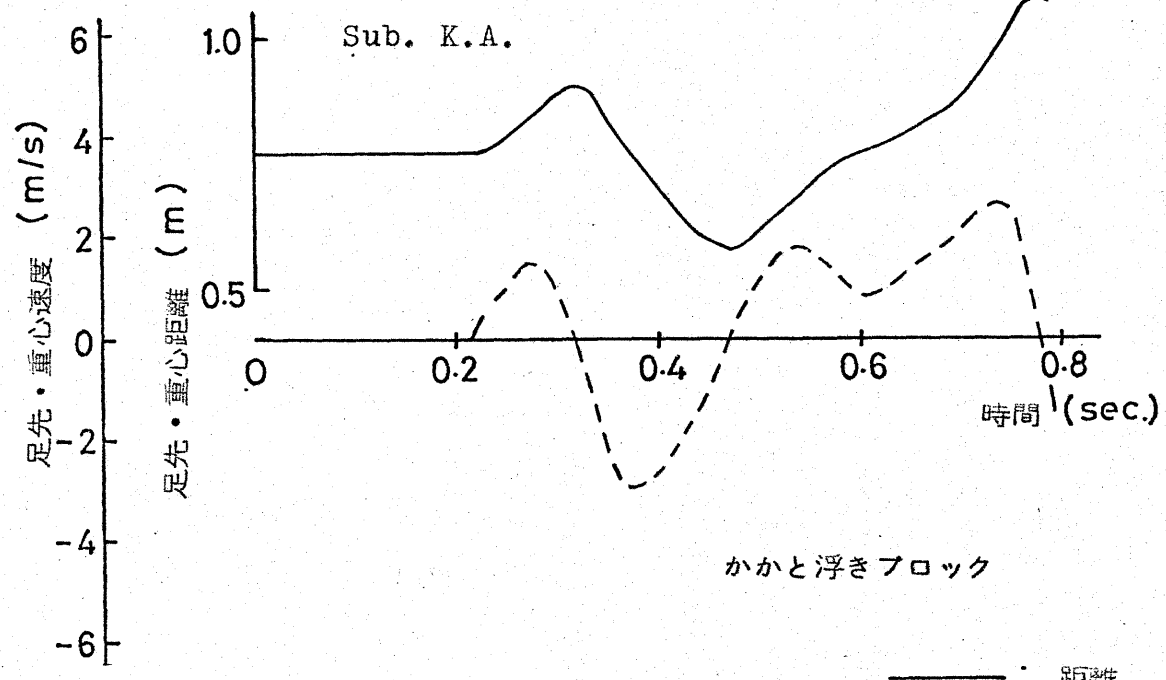


図 10 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

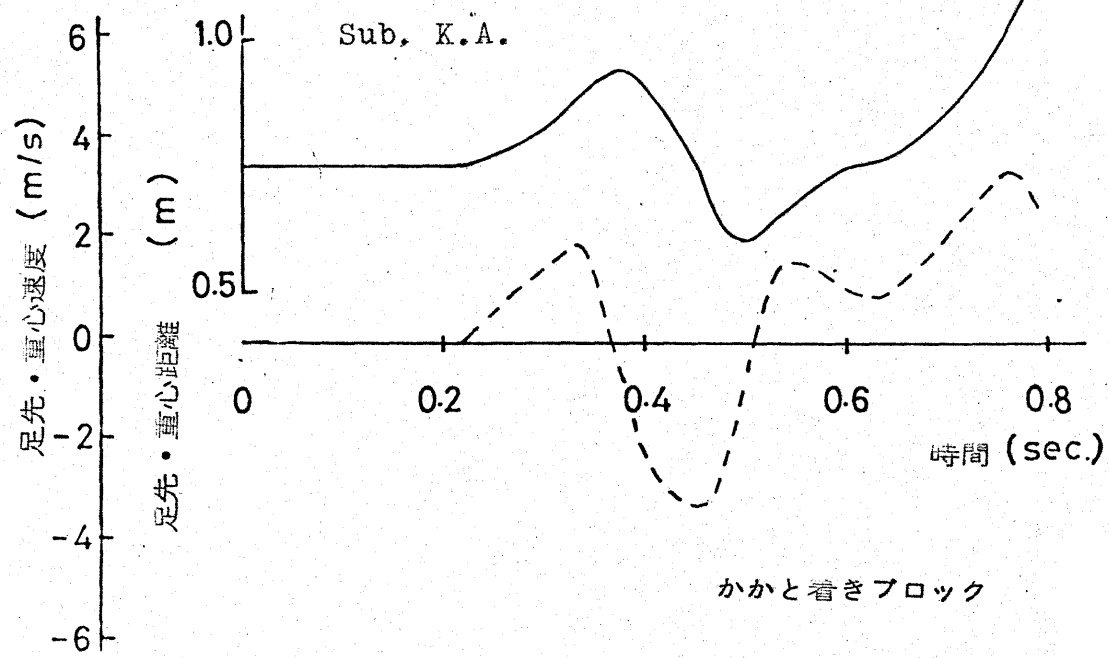


図 10 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

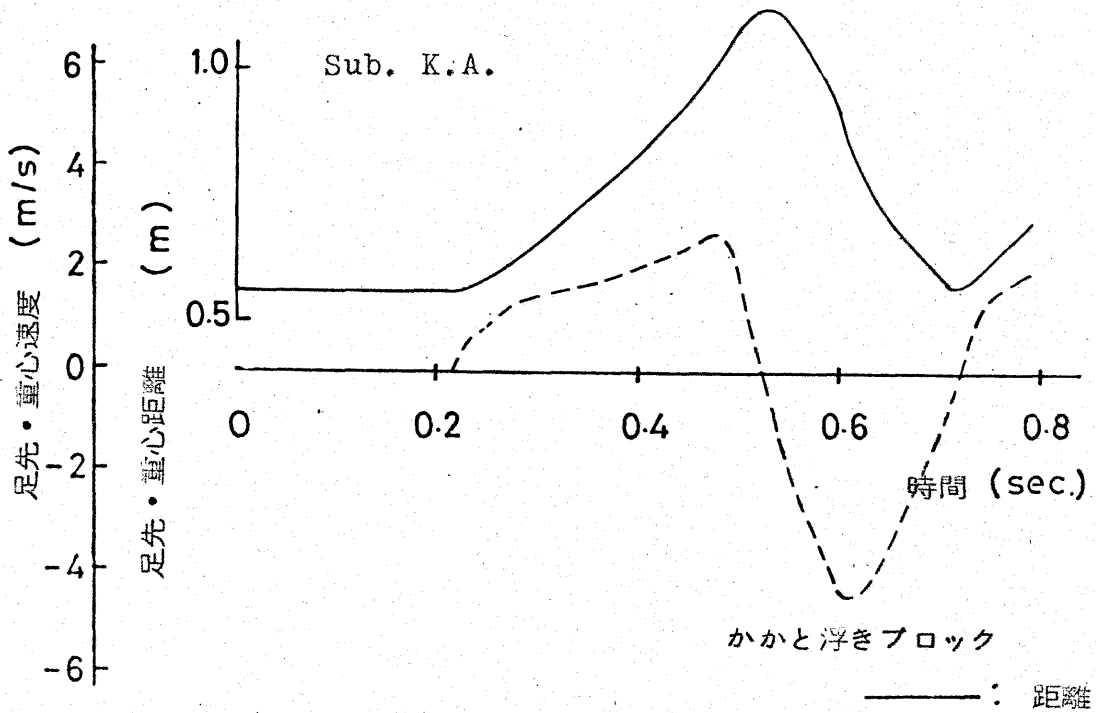


図 11 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

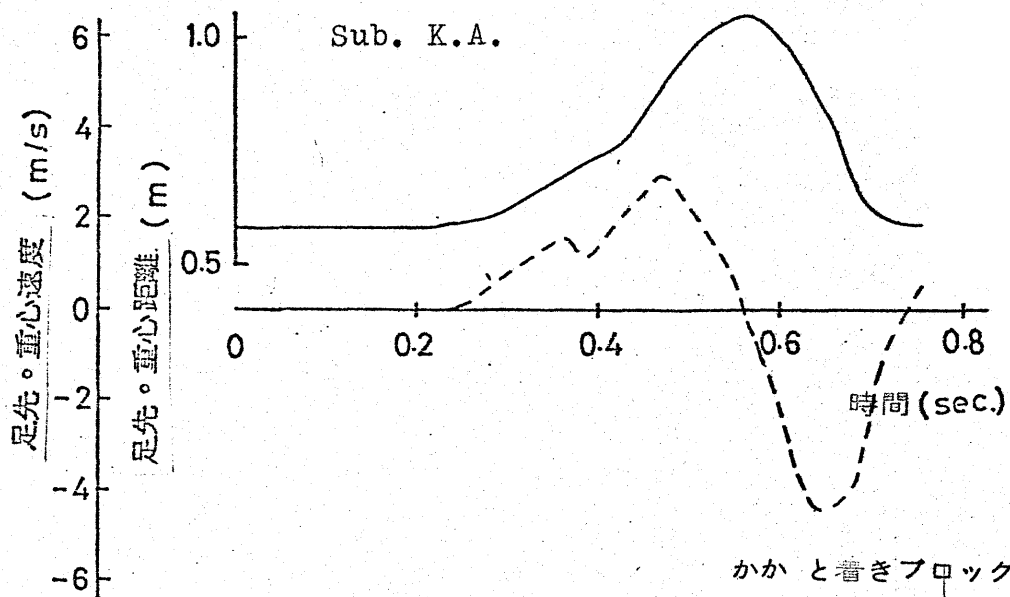


図 11 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

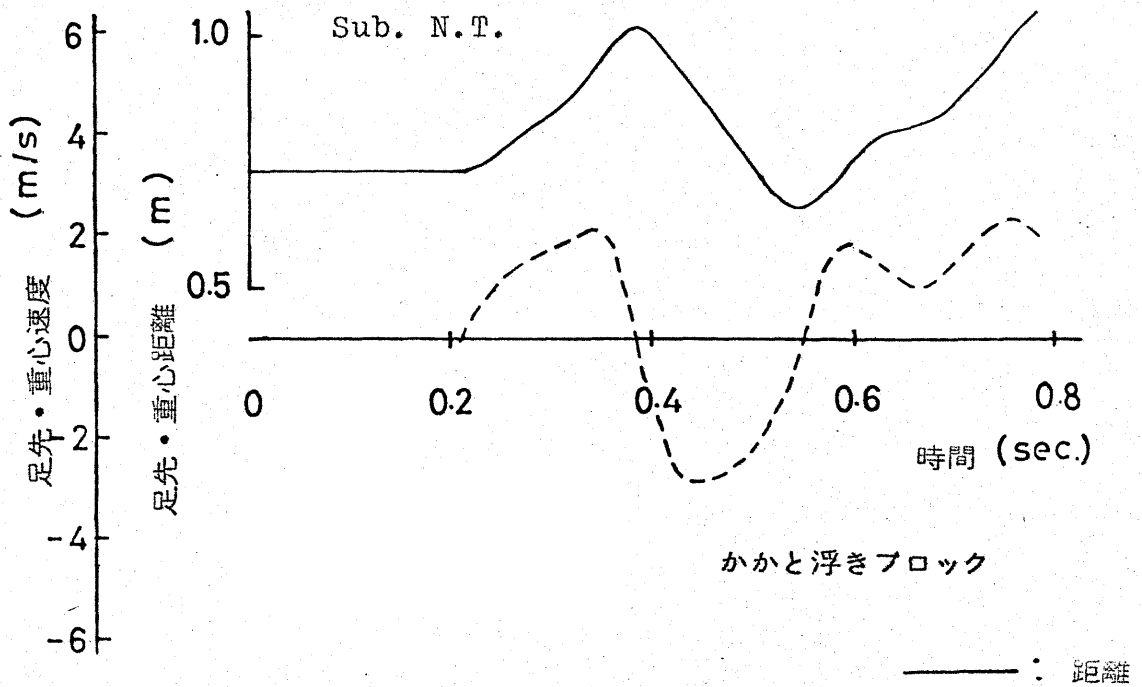


図 12 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

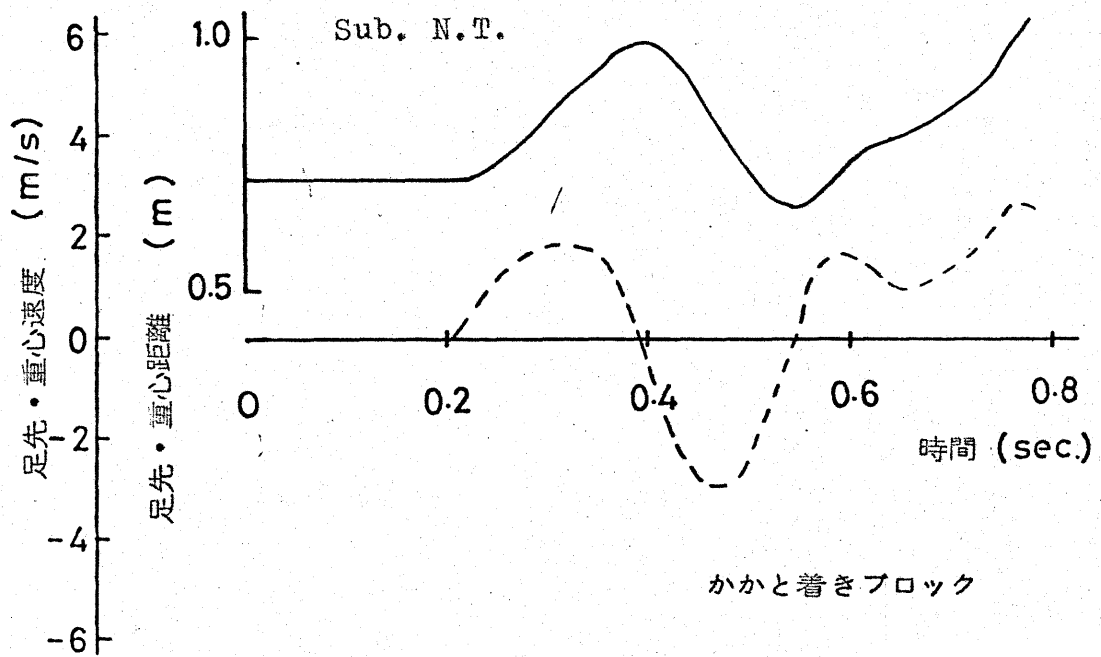


図 12 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

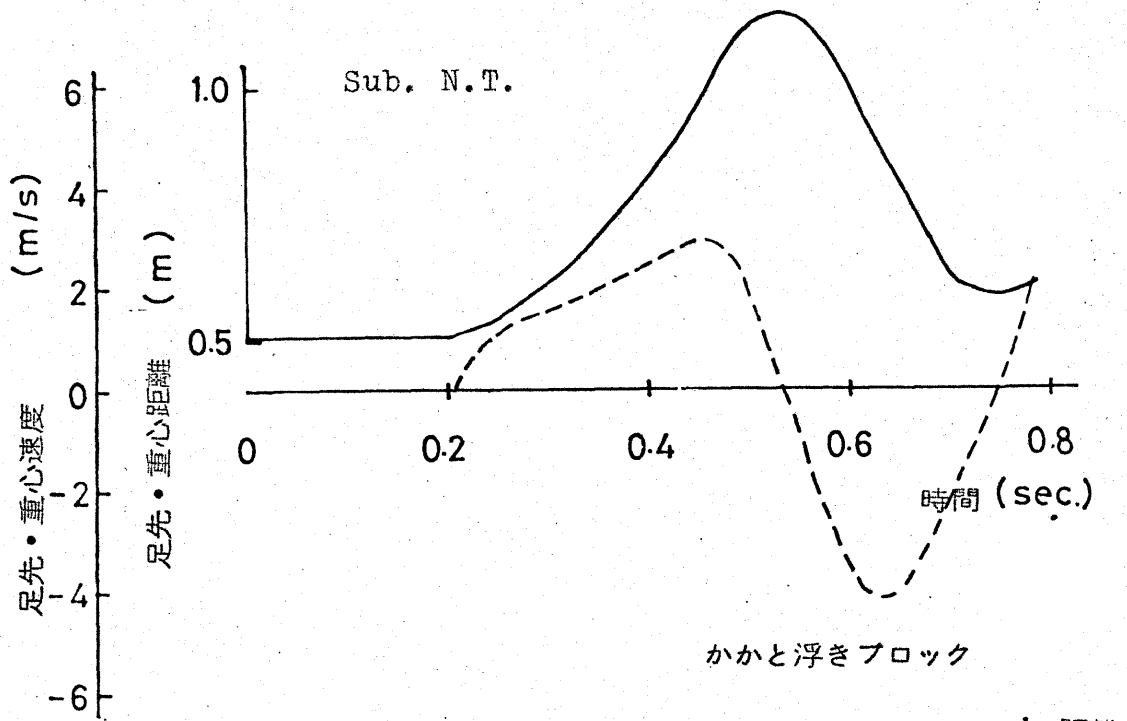


図 13 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

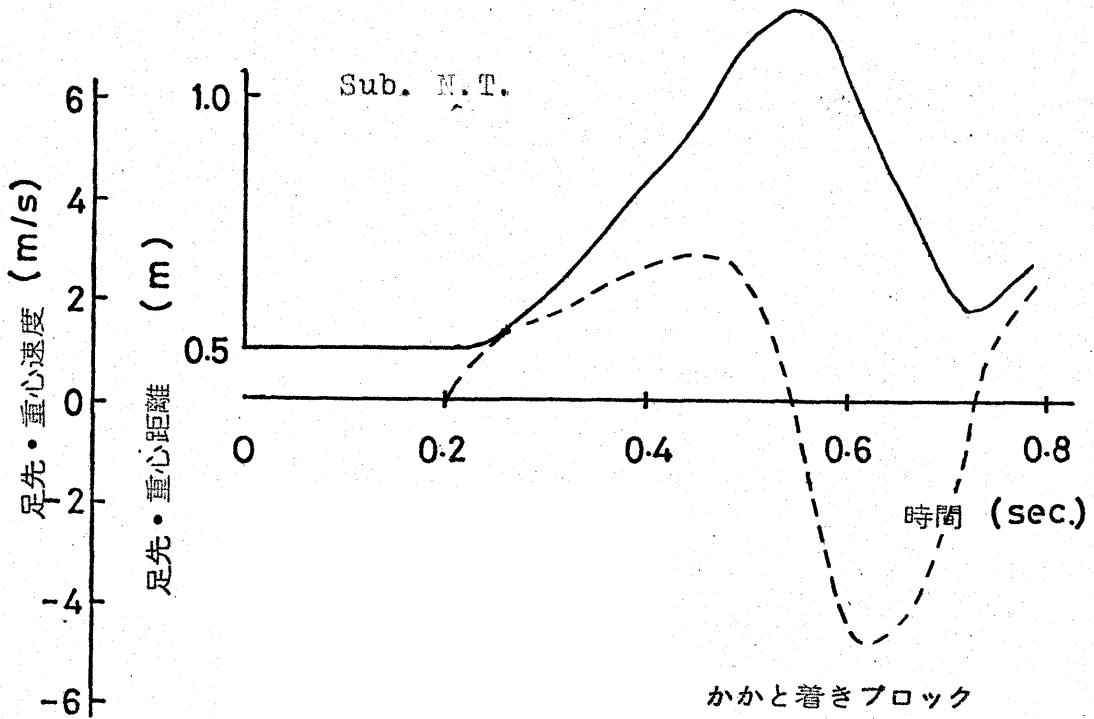


図 13 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

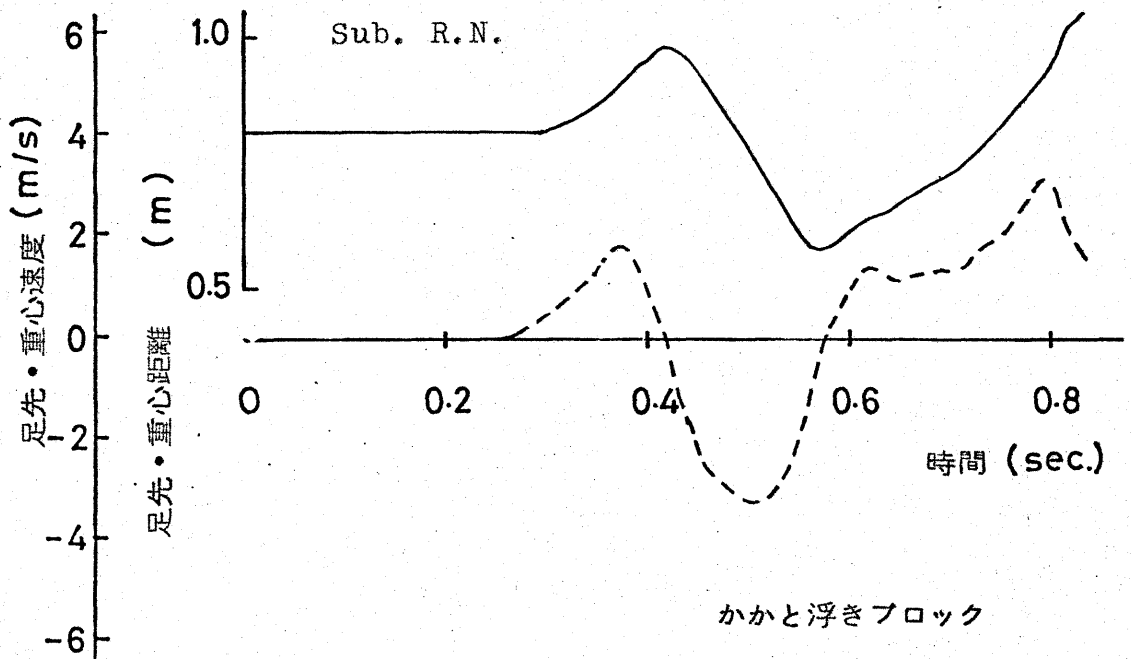


図 14 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

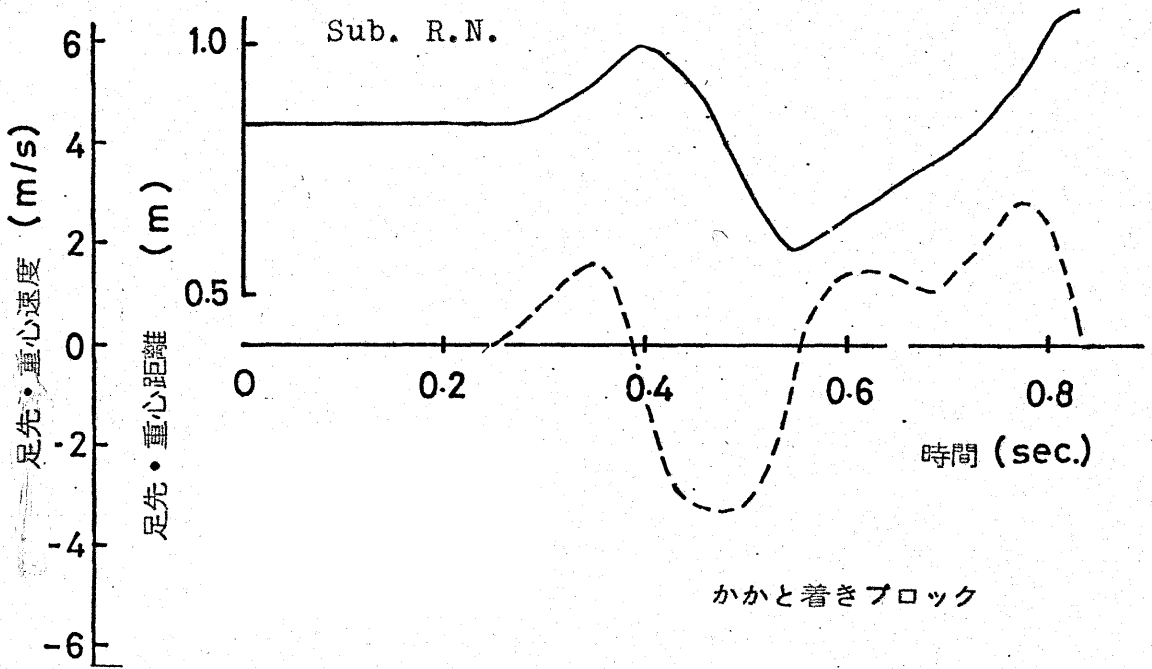


図 14 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

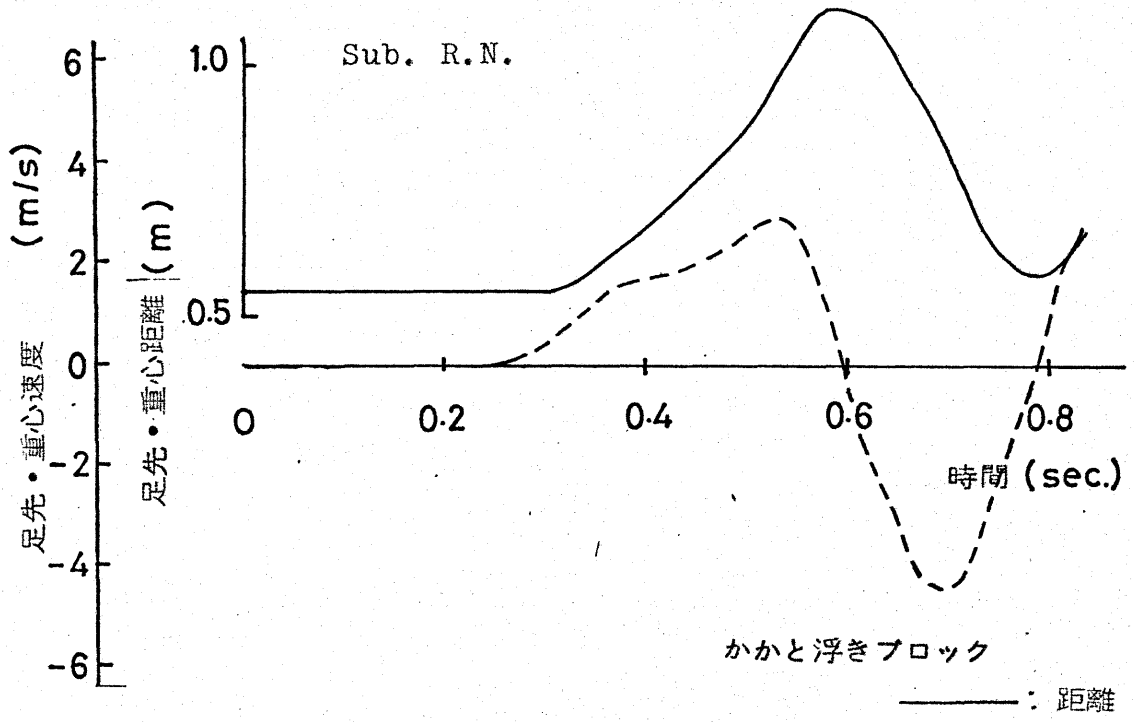


図 15 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

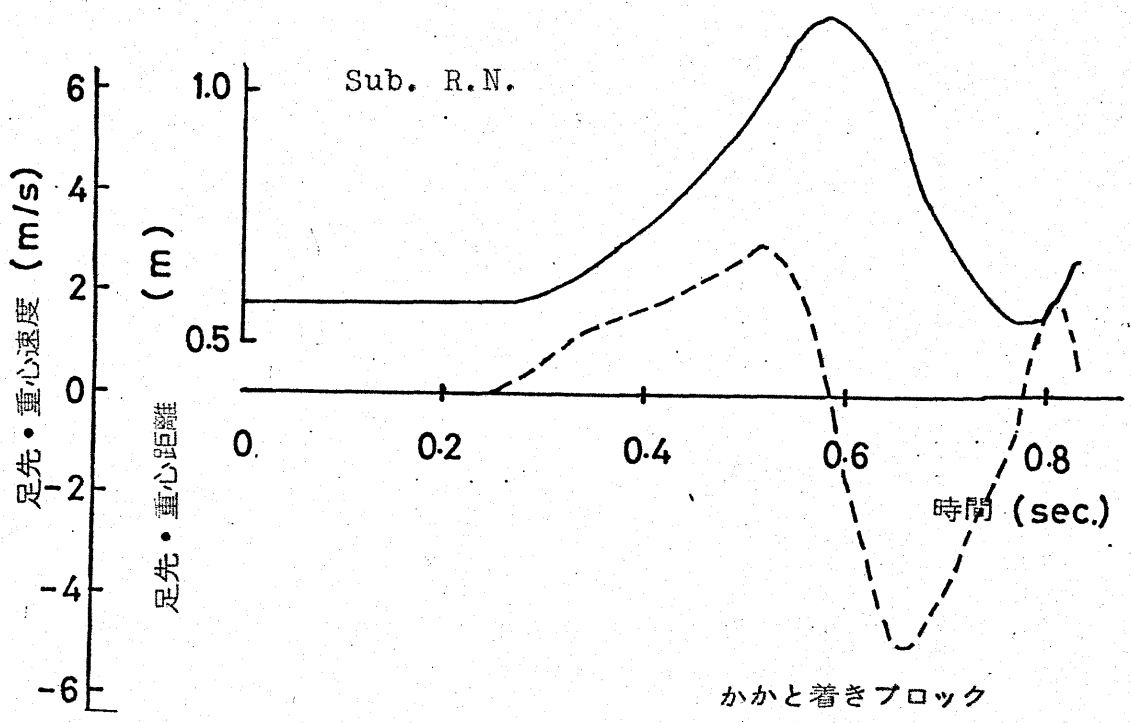


図 15 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

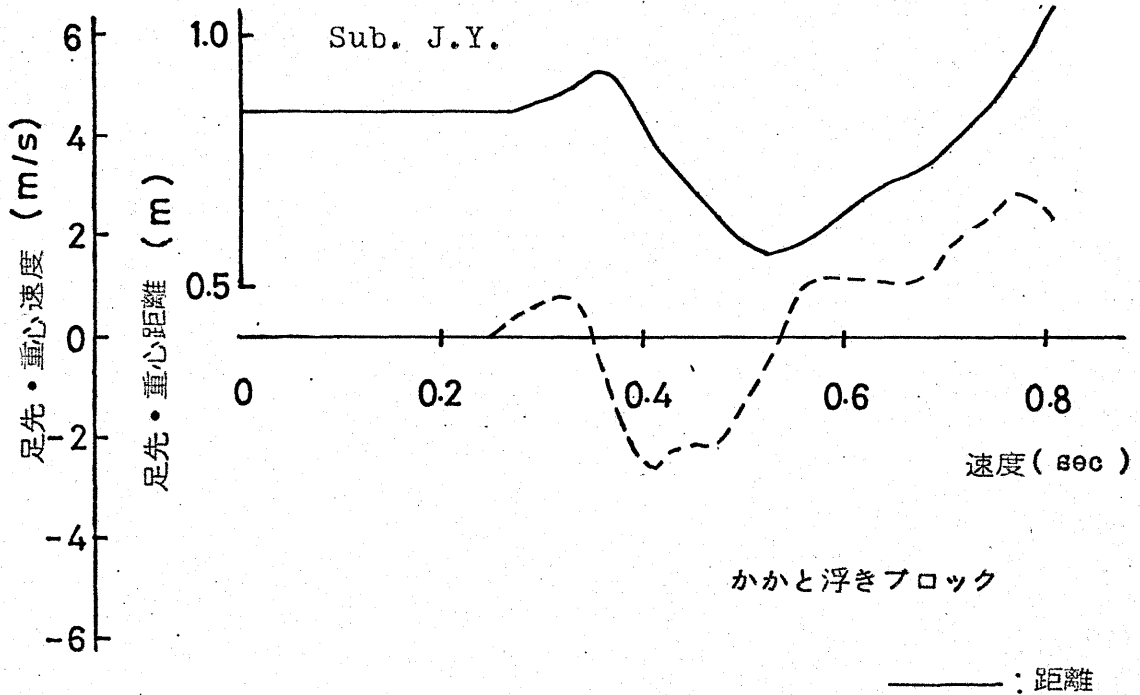


図 16 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

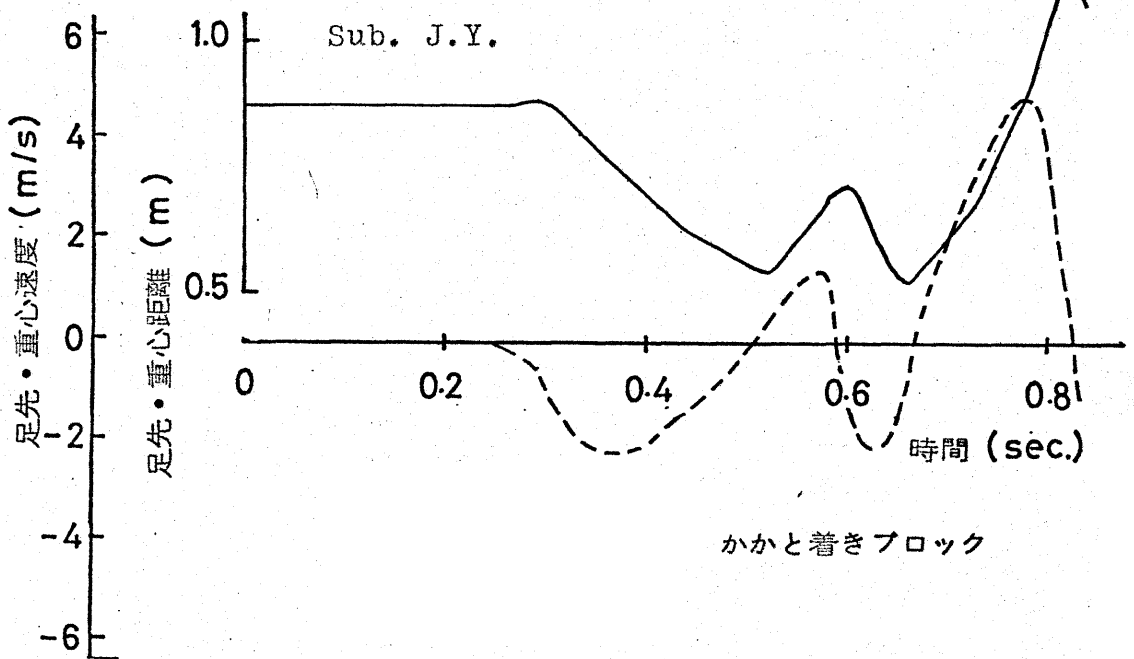


図 16 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

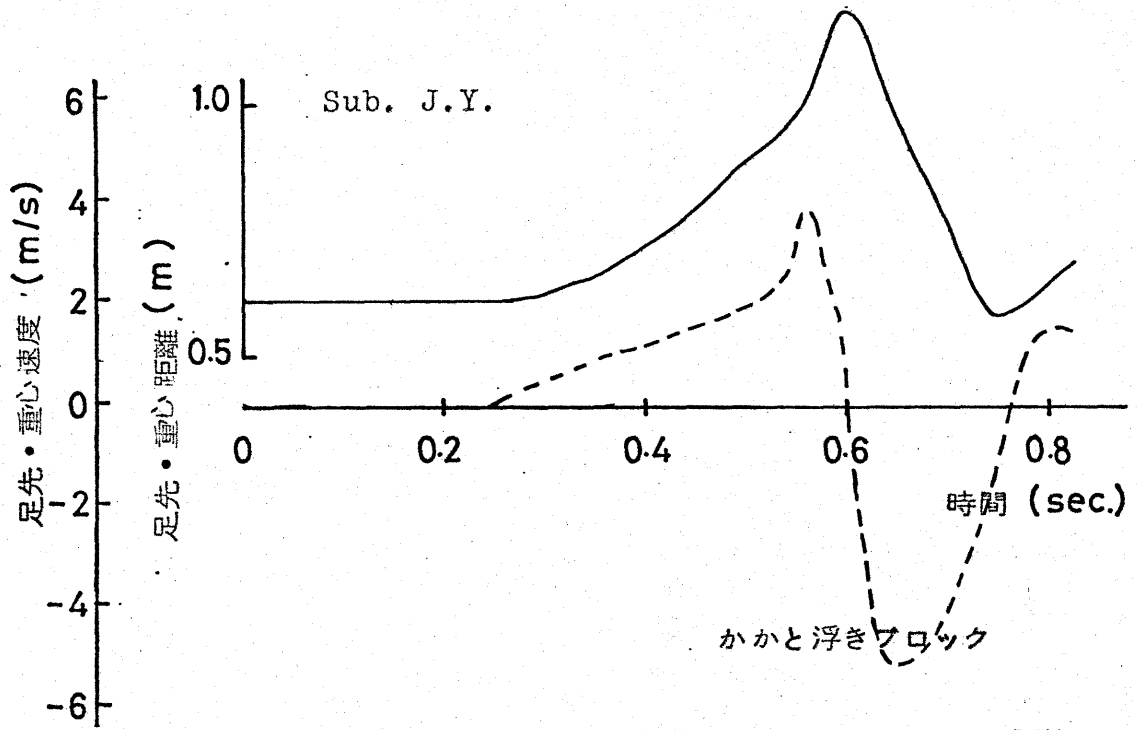


図 17 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

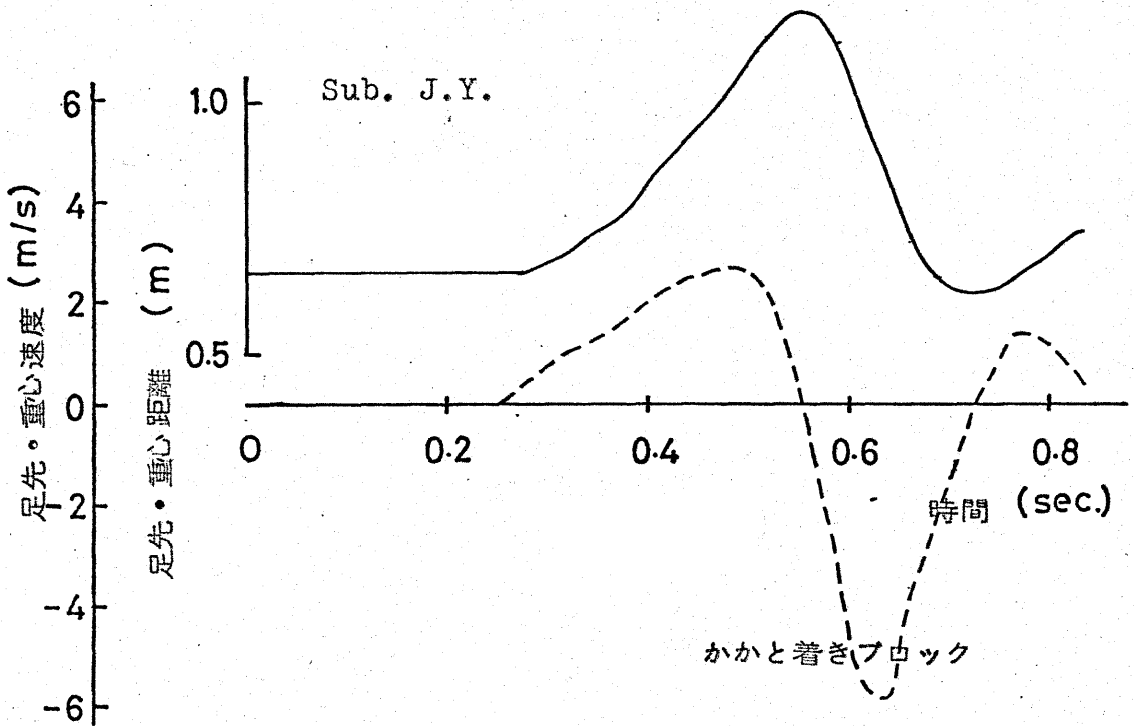


図 17 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

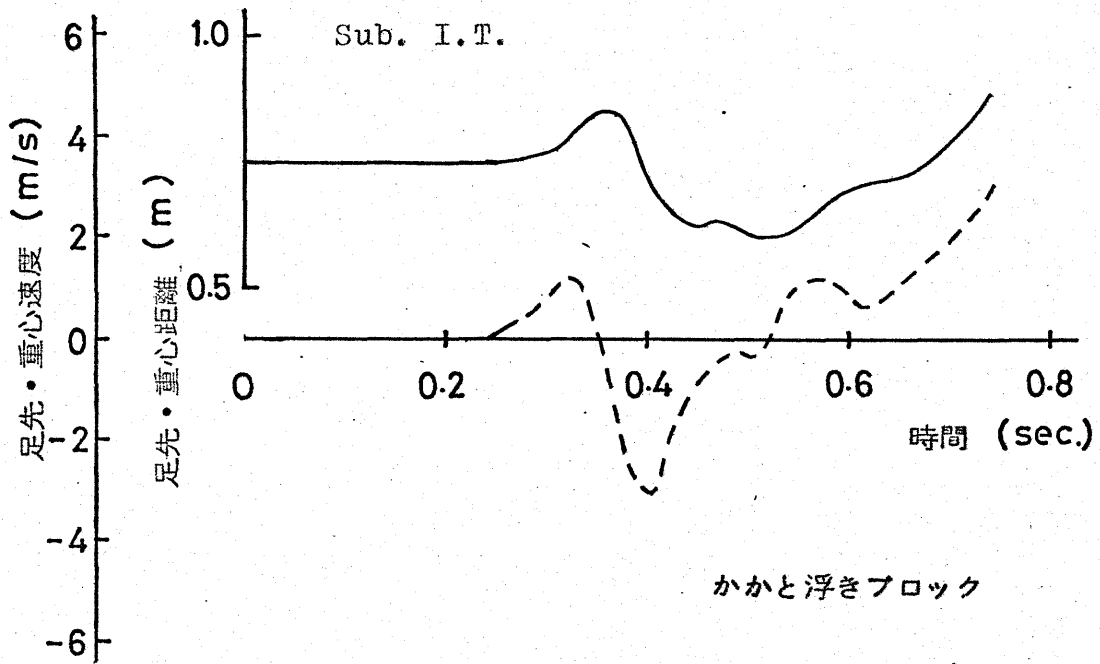


図 18 - (1). 後足先から重心までの距離・速度

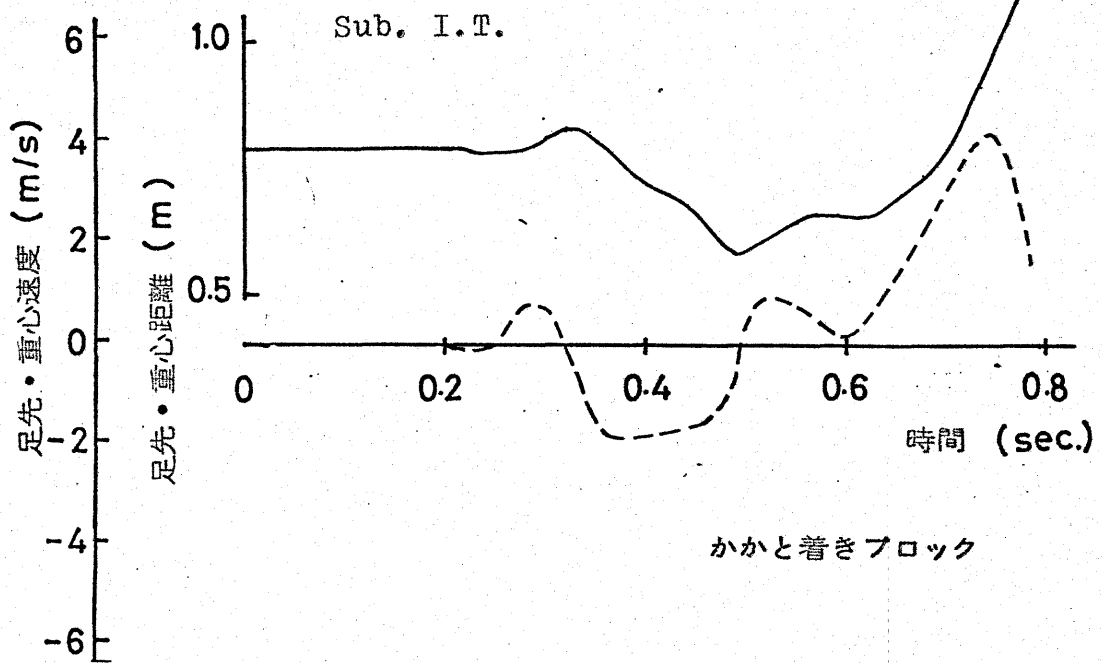


図 18 - (2). 後足先から重心までの距離・速度

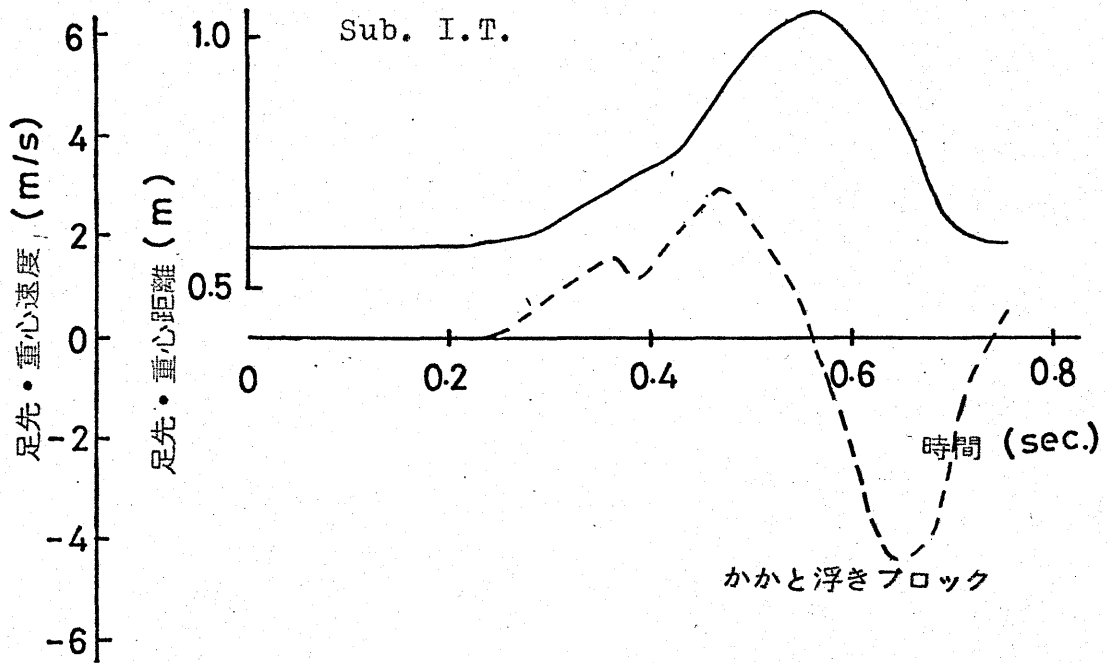


図 19 - (1). 前足先から重心までの距離・速度

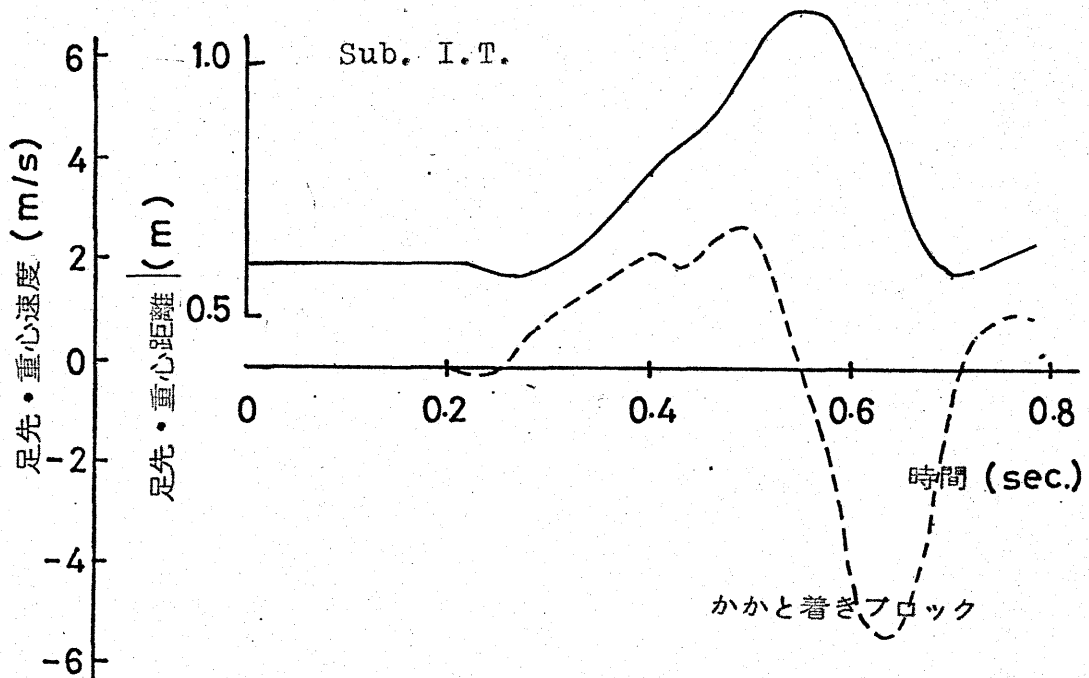


図 19 - (2). 前足先から重心までの距離・速度

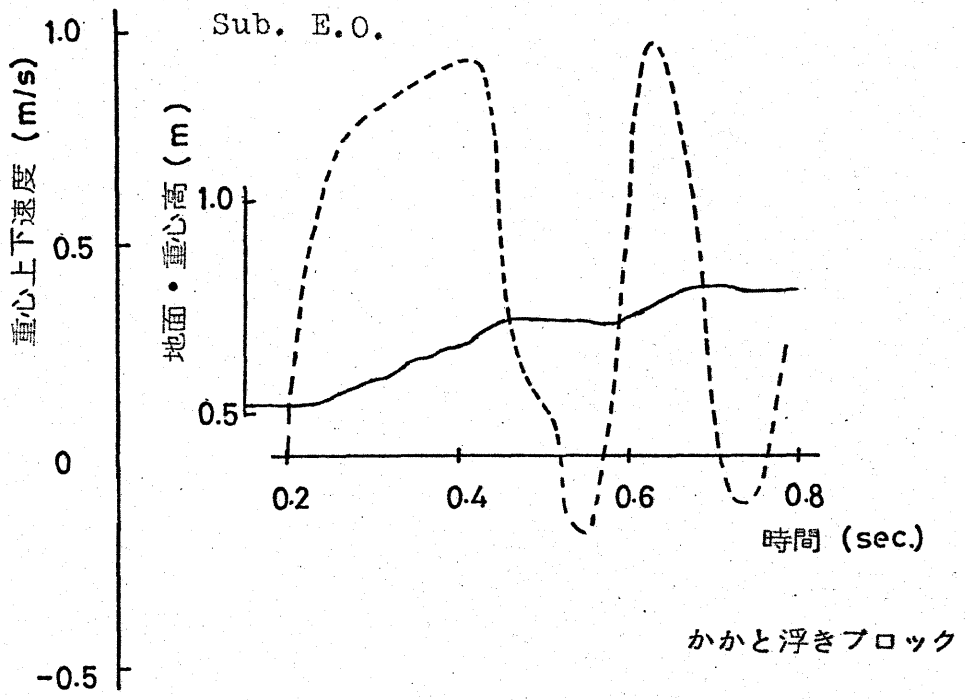


図 20 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

—— : 距離

- - - : 速度

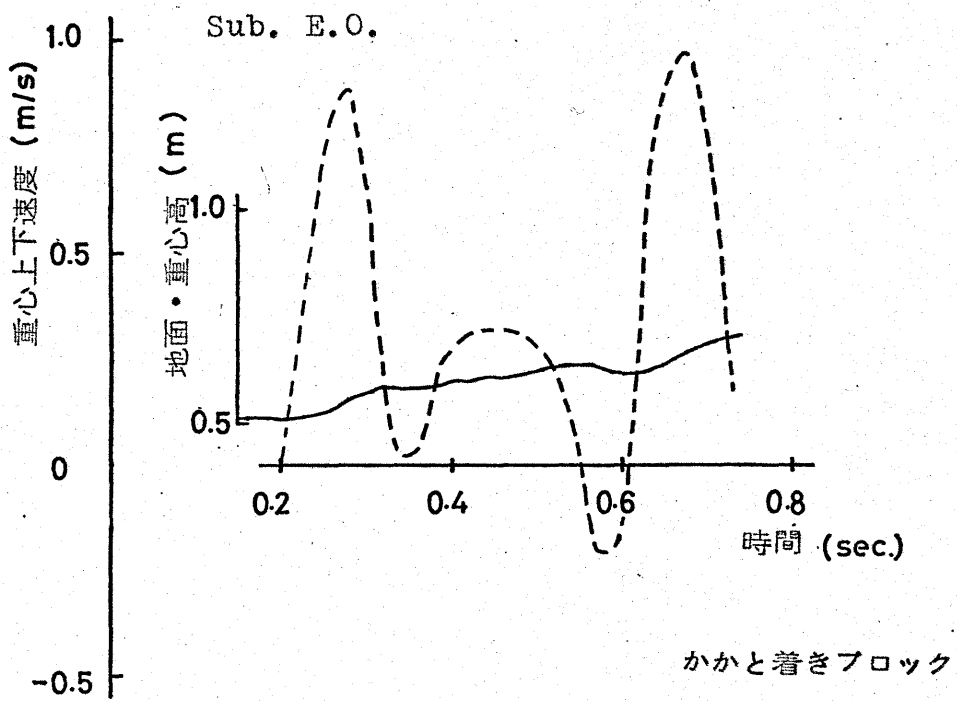


図 20 - (2). 重心の上下方向の距離・速度

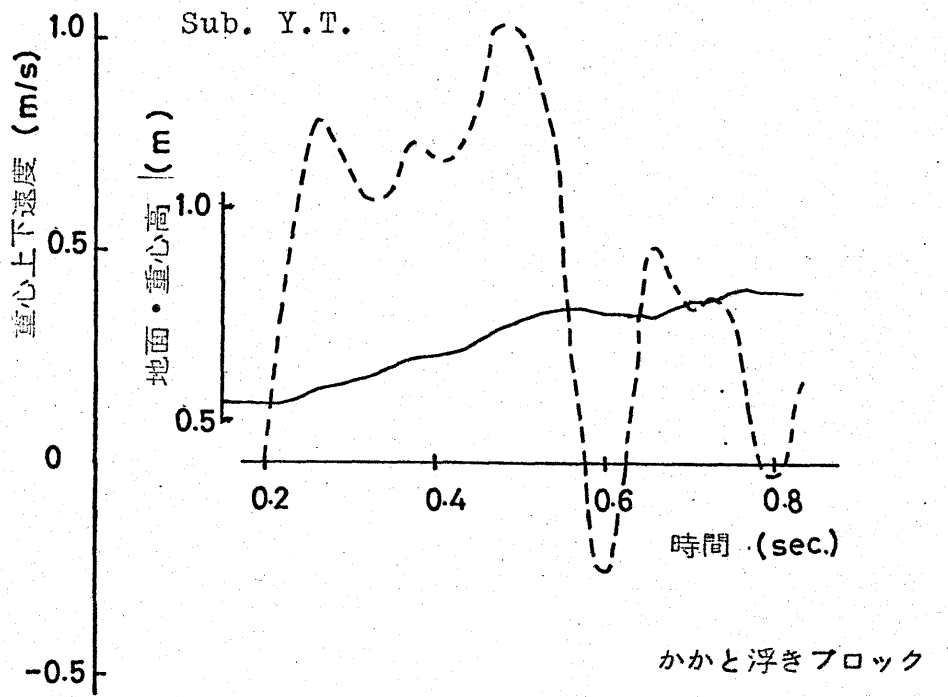


図 21 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

————— : 距離

- - - - - : 速度

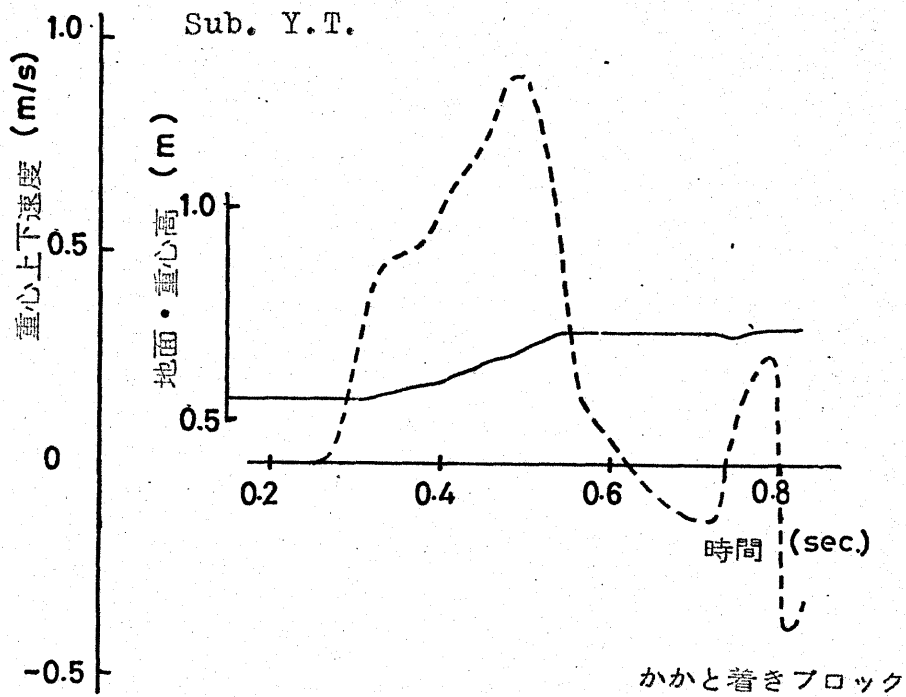


図 21 - (2). 重心の上下方向の距離・速度

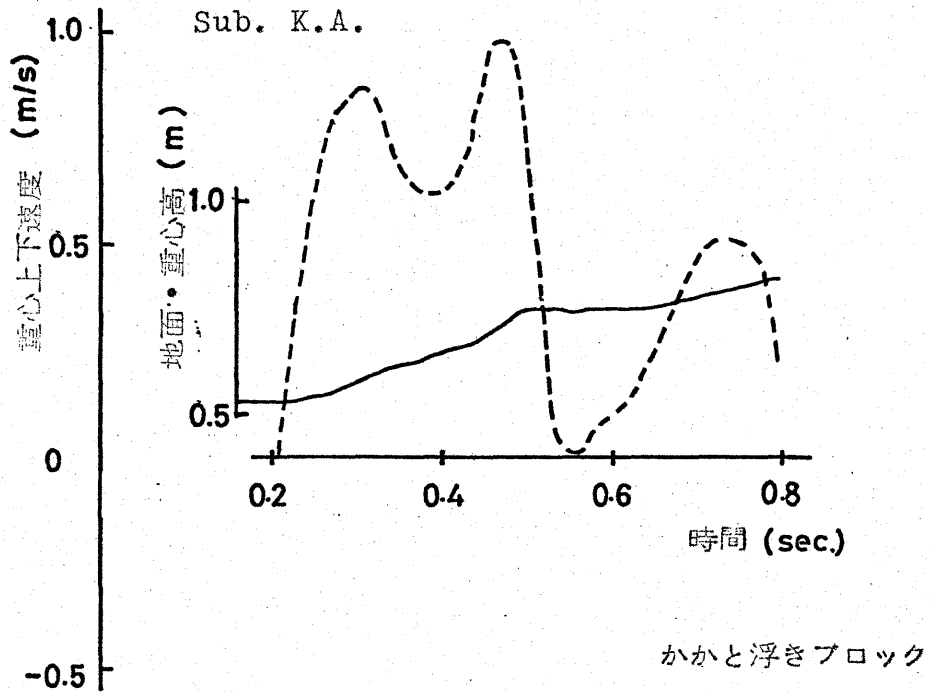


図 22 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

—— : 距離

- - - : 速度

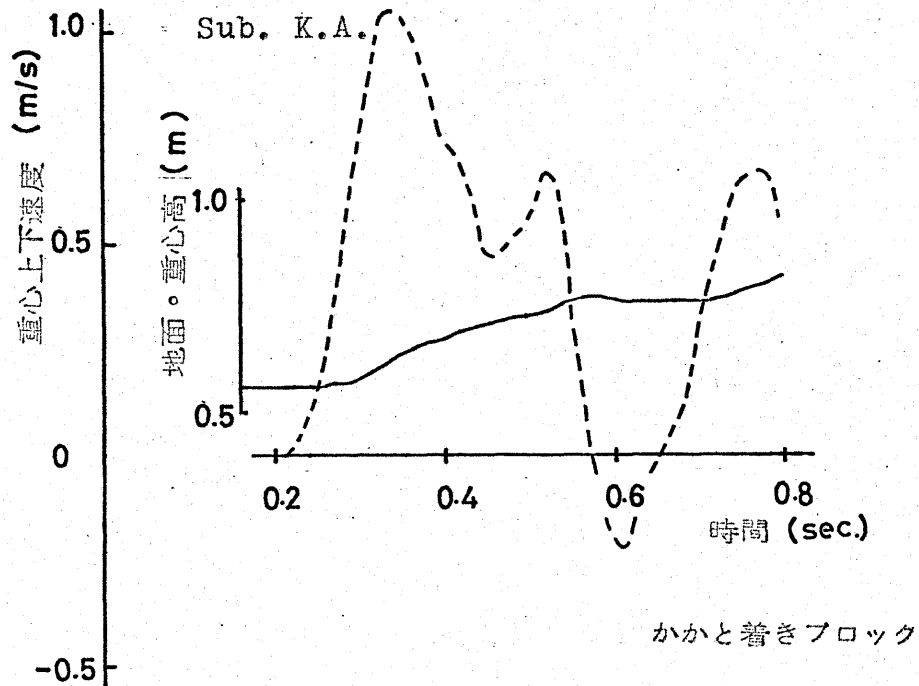


図 22 - (2). 重心の上下方向の距離・速度

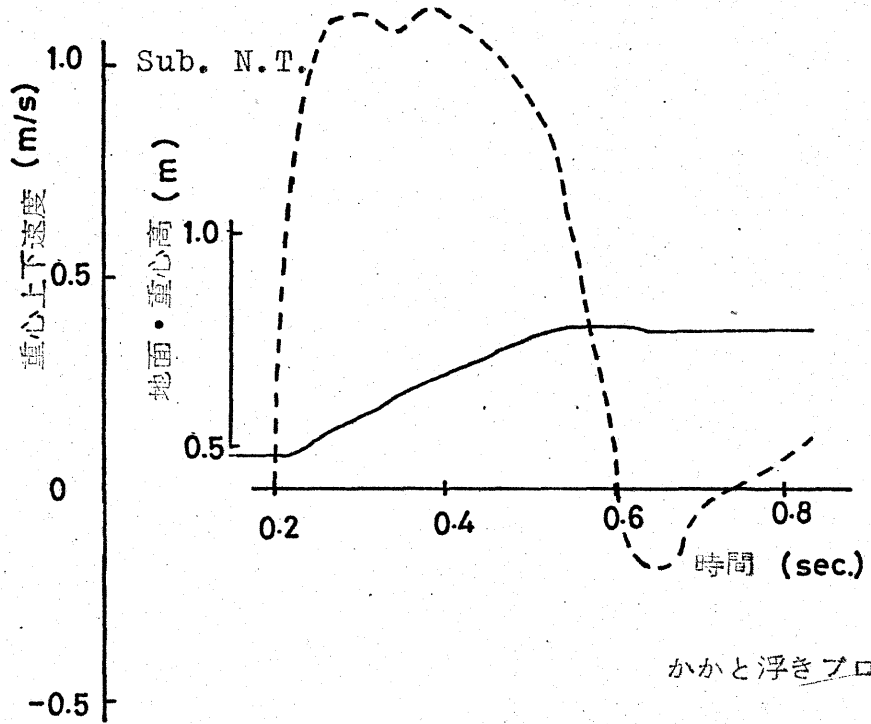


図 23 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

—— : 距離

- - - : 速度

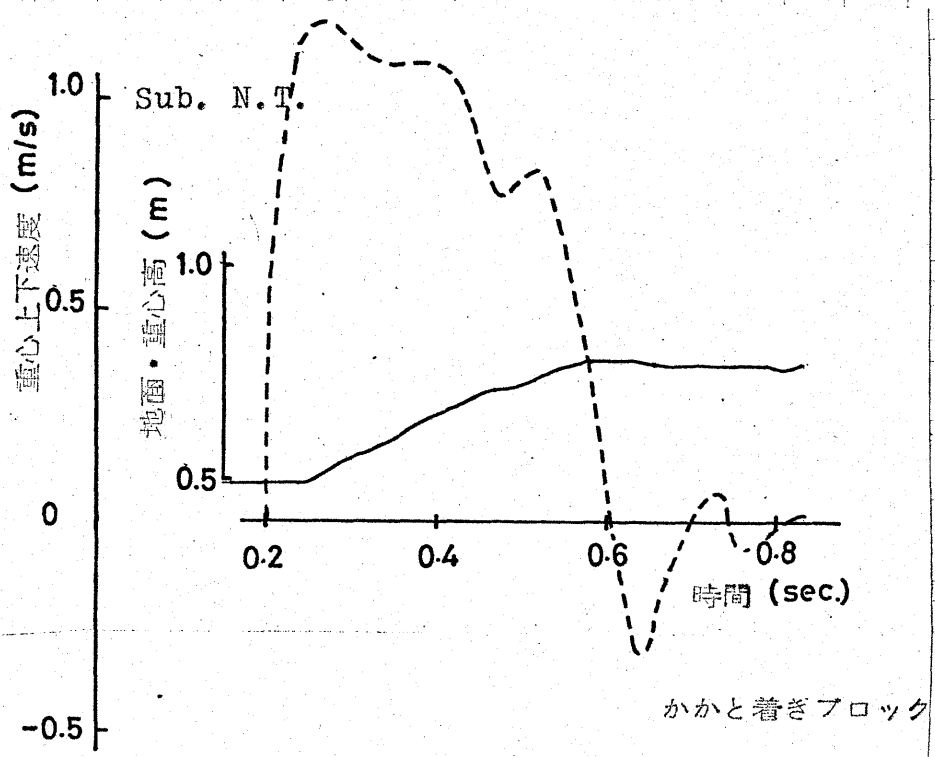
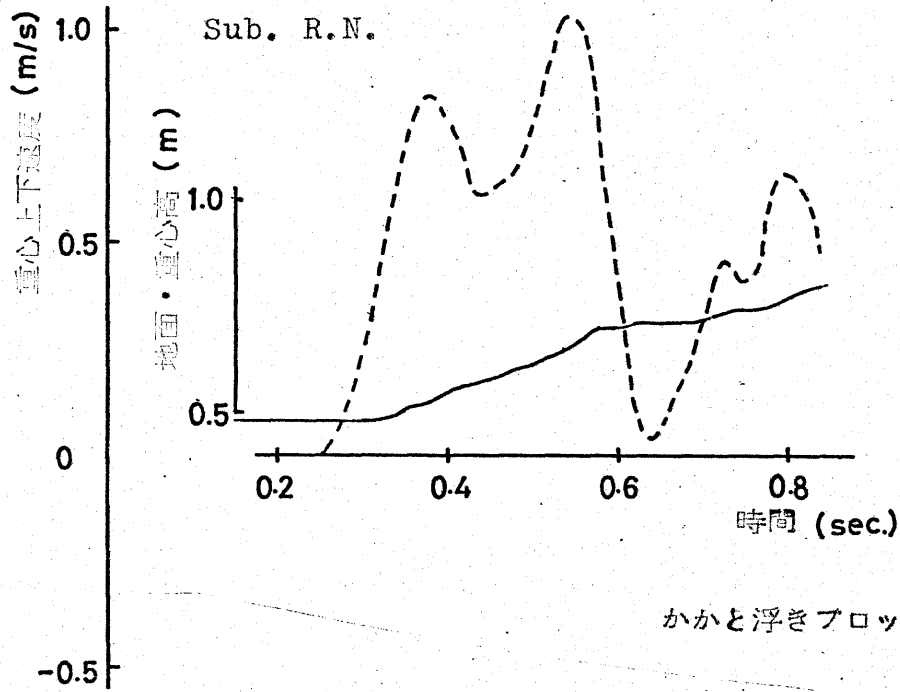
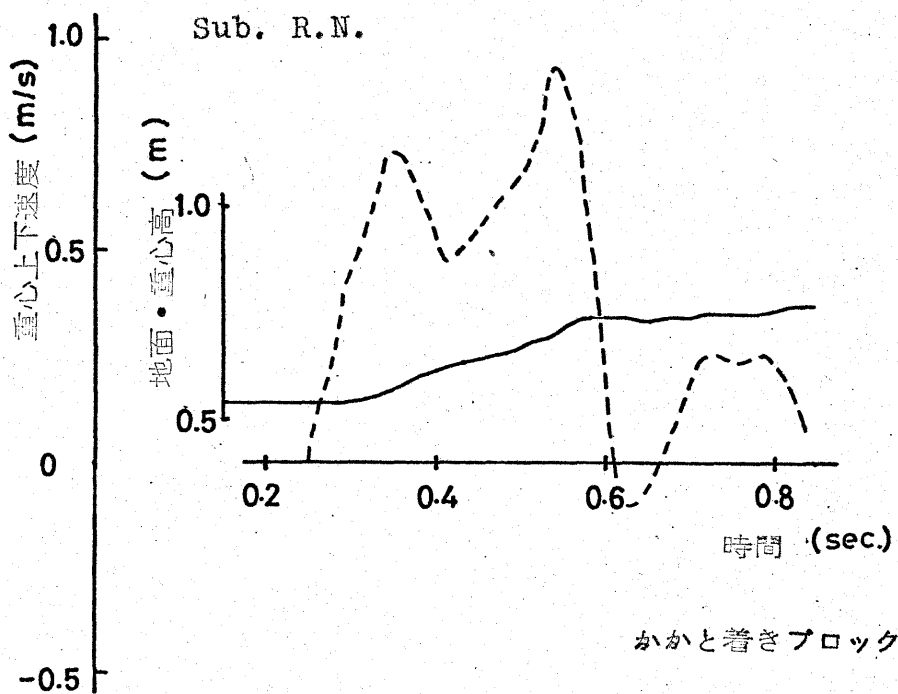


図 23 - (2). 重心の上下方向の距離・速度



⊠ 24 - (1). 重心の上下方向の距離・速度 ——— : 距離
----- : 速度



⊠ 24 - (2). 重心の上下方向の距離・速度

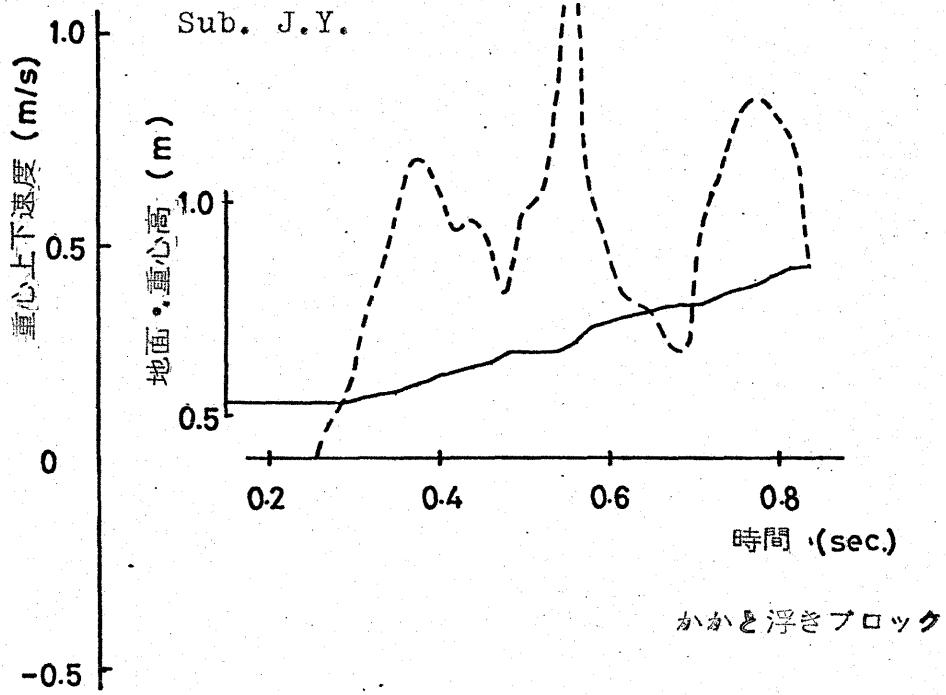


図 25 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

— : 距離

- - - : 速度

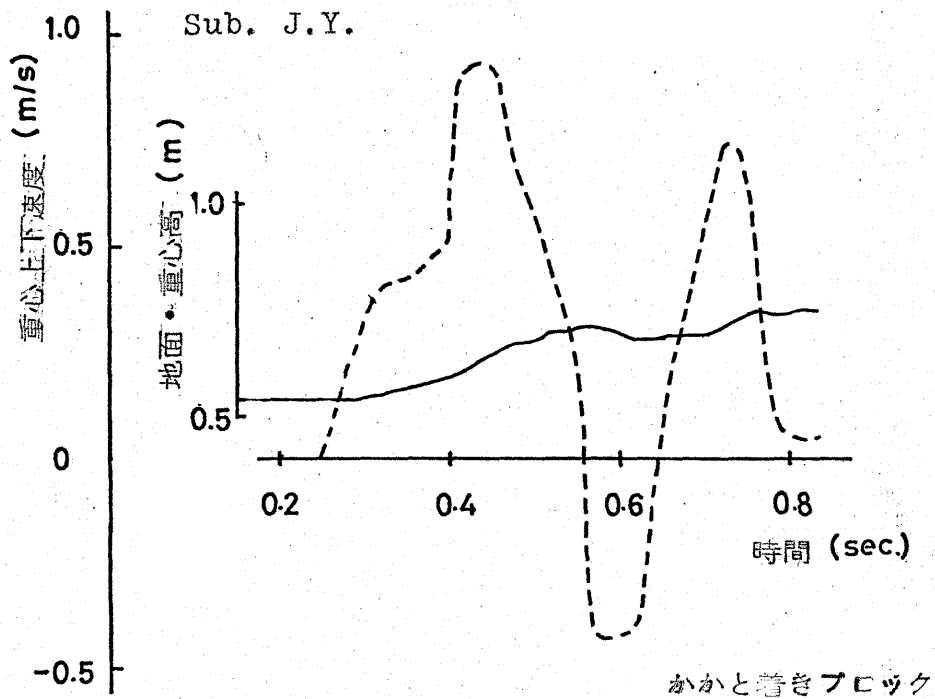
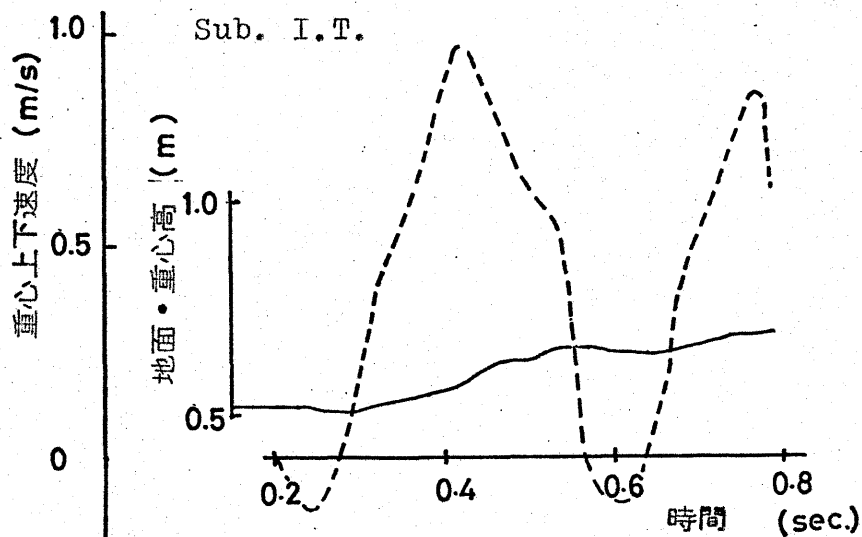
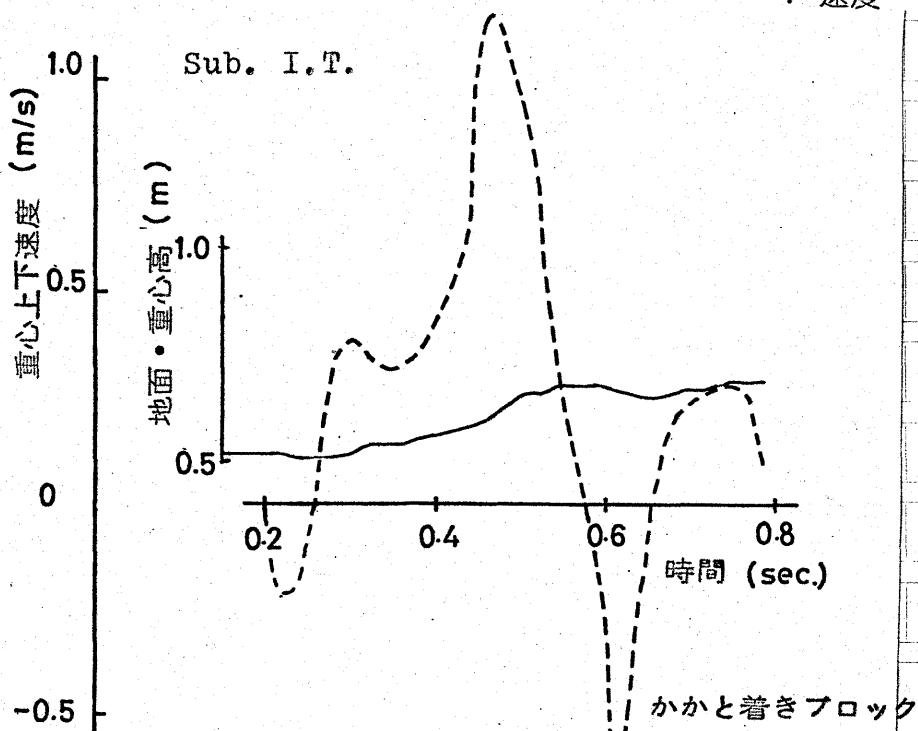


図 25 - (2). 重心の上下方向の距離・速度



☒ 26 - (1). 重心の上下方向の距離・速度

— : 距離
- - - : 速度



☒ 26 - (2). 重心の上下方向の距離・速度

被験者	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	100m 最高記録 (sec)
E.O.	19.3	163.7	63.9	10.8
Y.T.	18.7	178.0	75.2	10.8
K.A.	20.2	173.0	69.6	11.3
N.T.	19.1	168.0	61.4	11.1
R.N.	19.5	166.0	63.0	10.8
J.Y.	18.9	170.0	63.5	11.3
I.T.	18.4	168.0	58.8	11.3
平均	19.16	169.53	65.06	11.06
標準偏差	0.55	4.39	5.13	0.23

表 1. 被験者の身体特性と100m 最高記録

測定対象	倍率	映像による測定 (mm)	実物大に修正した大きさ (mm)	被写体の原寸 (mm)	偏差 (mm)	誤差 (%)
1	10.0	40.0	400	400	0.00	0.00
2	10.0	26.3	263	260	3.00	1.15
3	10.0	41.3	413	410	3.00	0.73
4	10.0	50.0	500	500	0.00	0.00
5	10.0	15.0	150	145	5.00	3.45

標準誤差： $\sqrt{\frac{\sum d^2}{N}} = 2.93 (mm)$

1: 同期タイマーの一边の長さ

2: 上腕長

3: 下腿長

4: 基準尺度として写し込んだ物体

5: スターティング・ブロック長

表2. 写真的誤差と測定誤差

測定箇所	頭		頂		胸骨上縁		大転子		右肩峰		右ひじ		右手先	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	97.95	78.00	79.45	74.70	56.75	81.50	80.80	77.30	75.65	65.25	76.95	48.70		
2	97.80	78.05	79.40	74.75	56.80	82.00	80.40	77.45	75.45	65.15	76.80	48.75		
3	97.90	78.05	79.45	75.00	56.75	81.85	80.70	77.50	75.45	65.25	77.20	48.75		
4	97.70	78.20	79.40	74.75	56.65	81.70	80.45	77.40	75.40	65.15	76.85	48.70		
5	97.80	78.05	79.35	75.20	56.45	81.60	80.85	77.40	75.40	65.35	76.75	48.80		
7	97.75	78.15	79.35	74.70	56.70	81.70	80.60	77.10	75.50	65.10	77.00	48.75		
8	98.05	77.95	79.35	75.10	56.60	81.45	80.60	77.50	75.35	65.25	77.00	48.90		
9	98.05	78.20	79.35	74.75	56.55	82.05	80.65	77.50	75.55	65.30	76.90	48.80		
10	98.15	78.05	79.55	74.85	56.80	81.55	80.60	77.30	75.55	65.25	77.15	48.65		
平均値	97.92	78.08	79.38	74.86	56.67	81.73	80.63	77.38	75.47	65.21	76.95	48.75		
標準偏差	0.14	0.08	0.10	0.17	0.11	0.20	0.13	0.12	0.09	0.10	0.14	0.07		
標準誤差	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02		

表 3-(1). 同一フィルム上における各定点の反復10回値の平均値,標準偏差及び標準誤差

型 被験者	かかと浮きブロック			かかと着きブロック		
	後足 (N・sec)	前足 (N・sec)	合計 (N・sec)	後足 (N・sec)	前足 (N・sec)	合計 (N・sec)
N・T	151.60	69.48	221.08	91.92	157.97	249.89
R・N	99.47	125.63	225.10	95.45	180.32	275.77
K・A	65.17	139.84	205.01	111.32	196.68	308.00
J・N	22.83	159.83	182.66	68.79	154.84	223.63
I・T	53.11	153.27	206.38	62.52	164.05	226.57
E・O	66.24	90.94	157.18	119.75	183.55	303.30
Y・T	56.25	145.92	202.17	101.03	212.26	313.29
平均	73.52	126.41	199.94	92.97	178.52	271.49
標準偏差	38.13	31.39	21.64	19.41	19.60	35.63

表 4 両ブロックの力積

被験者 型	E · 0 (m/s)	Y · T (m/s)	K · A (m/s)	N · T (m/s)	R · N (m/s)	J · Y (m/s)	I · T (m/s)
かかと浮きブロック	2.45	2.68	2.94	3.60	3.57	2.87	3.50
かかと着きブロック	4.74	4.16	4.42	4.06	4.37	3.52	3.85

表 5. 力積から求めた重心の速度

被験者 型	E · 0 (m/s)	Y · T (m/s)	K · A (m/s)	N · T (m/s)	R · N (m/s)	J · Y (m/s)	I · T (m/s)
かかと浮きブロック	1.26	2.51	0.29	2.95	2.17	1.53	1.78
かかと着きブロック	2.02	2.94	1.41	2.88	2.30	2.65	2.74

表 6. 実測による重心の速度

型 被験者	かかと浮きブロック (cm)				かかと着きブロック (cm)				かかと着き一かかと浮き (cm)			
	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目
E. O.	45	108	114	138	58	111	129	142	+13	+3	+5	+4
Y. T.	34	96	116	127	36	120	113	131	+2	+24	-3	+4
K. A.	57	102	111	132	57	114	115	140	0	+9	+4	+8
N. T.	66	101	123	134	67	107	127	134	+1	+6	+4	0
R. N.	64	107	112	128	65	106	110	127	+1	-1	-2	-2
J. Y.	43	102	115	135	44	106	120	132	+1	+4	+5	-3
I. T.	56	111	121	126	54	96	128	130	-2	-15	+7	+4
平均	52.1	103.9	111.6	131.4	54.4	108.6	120.3	133.7	+2.3	+6.3	+4.3	+2.3
標準偏差	10.9	4.7	4.1	4.2	10.3	7.0	7.2	5.0	+4.5	+8.0	+5.6	+3.5

表 7. 両ブロックからの足跡変化

