

走りを科学的に分析しよう ～ 体育を理科する～

「人の運動」をもとにした中学校理科及び体育科補助教材

研究グループ

京都教育大学教育学部、京都教育大学附属桃山中学校

沖花彰、野原弘嗣、寺田光世、榎本靖士、

土田弘幸、岡島一博、下村勉

平成17年3月発行

目次

- § 1 . はじめに
- § 2 . 短距離走を行いビデオカメラに録画する (第 1 回授業 実習)
- § 3 . 録画した映像をパソコンにキャプチャする (教師による作業)
- § 4 . 自分の走った様子のビデオから速さを出す (第 2 回授業 講義実習)
- § 5 . 自分の走りを研究しよう その 1 力と運動 (第 3 回授業 講義実習)
- § 6 . 自分の走りを研究しよう その 2 走法の分析 (第 4 回授業 講義実習)
- § 7 . これまでの研究をもとに再度走ってみよう (第 5 回授業 実習)
- § 8 . 終わりに

付録 1 (生徒用資料 1) 走りを科学的な視点でとらえよう

付録 2 (生徒用資料 2) 速さシート

§ 1 . はじめに

1 . この教材の意義について

昨今児童・生徒の理科離れが深刻化しているが、中学校に入ってその傾向がますます顕著になる。しかし最近の調査で児童生徒の理科に対する意識は他の教科より好意的であることもわかっている¹⁾。学習内容や教授法を工夫することによって理科離れを減らすことも十分可能である。物理分野では中学校における理科学習が、日常知や身近なことから遠ざかる傾向にあることがその一因であるとも言われている。筆者らは「力」「運動」といった概念ラベルを用いた概念地図法により、児童生徒の力学に関する既存概念の調査を行った。その中で多くの中学生が「人間」という概念を「力」「運動」といった概念に結びつけていることが明らかになった²⁾。これはこれまで一般的であった「物体の運動」から「人の運動」を重視する学習への発想の転換の必要性を示唆している。

そこで力や運動の学習を自分の運動や、自分が与える力から導入するとともに生徒に分かりやすい理科・物理になると考えた。すでに人間の運動は運動生理学、バイオメカニクスという分野で幅広く科学されている。中学校でも教科を越えて体育の授業（「陸上競技」）と理科の授業（「力と運動」）を結びつけることによって理科教育および体育科教育の双方において、生徒を惹きつけるおもしろい授業になると思われる。

今回上記のような目的で「走りを科学する（体育を理科する）」授業カリキュラムを開発した。より多くの中学校で実践されることを願うものである。

2 . 授業の流れ

理科の「力と運動」は第一分野下巻の内容で通常3年生で学習する。一方、体育における「短距離走」は小学校からの運動教材であり中学校においてもすべての学年で学習する。そのため、どの教科の授業で何年生を対象に行うかが学校現場ではもっとも大きな問題となる。筆者らのパイロット授業では1,2年生を対象にクラブ活動の一環として、2年生を対象に選択理科の時間に、それぞれ行った。ただ学習内容は日常的概念から自然に入っていけるものばかりなので何年次に行っても支障はないと考える。

授業は5時間分（1時間は45分）を想定しているが、自習の時間を設けて生徒がパソコンに向かって自由に分析できる機会をつくとより効果的である。

- 1時間目 50m走（運動場）
- 2時間目 速さを出す（パソコン教室）
- 3時間目 （続き）速さを出す、走法を分析する（パソコン教室）
- 4時間目 （続き）走法を分析する（パソコン教室）
- 5時間目 （再度）50m走（運動場）

§ 2 . 短距離走を行いビデオカメラに録画する（第1回授業 実習）

1 . 準備するもの

デジタルビデオカメラ（三脚付き）デジタルであれば通常家庭用でよいが1/1000秒程度までシャッター速度を手動で変えられるものがよい。（10万円以下で購入可能）

ポール11本（5m間隔に設置）

2. 授業時までの準備

(1) 走るコースの設営

1m程度の幅で直線コースを作る(生徒にはできるだけ中央を走らせる)

5mごとに印をつけコースの外側(カメラ側)にポールを立てる。走行に邪魔にならないようコースから少し離す。(ポールと生徒が走るコースの中央との間隔が1m程度の距離になるようにする。)

ポールの上半分に白い紙を巻き、走る人の手前におくとよく見える。

(2) カメラの設営

コース中央から垂直側方のできるだけ遠い位置にカメラを設置し、生徒の走りを追跡して撮影(パンニング撮影)する。スタート地点からゴール地点までについて、生徒のフォームができるだけ真横から見た映像としてとらえられるのが望ましい。70m以上離すのが理想的である。

横 5m程度がカメラの画面いっぱい収まるようズームする。ズームが少ないと生徒の走法が見にくい。体の各部位を観察しやすいように大きく映す。逆にズームしすぎると走行についていけず逃してしまうミスがおきやすい。

シャッタースピードは1/500~1/1000秒程度にする。これでブレは1cm以下になる。シャッタースピードを短くすると絞りを広げないと暗くなるので注意。(屋外の撮影では1/1000秒にしても明るい撮影が可能)

着地や離地の瞬間がよく見えるようにする

雑草などがあると、ランナーの接地・離地が見えにくく、判定の妨げとなる。

必ず走者の全身が完全に入るように撮影すること。

3. 短距離走を実施する

走る距離は50mとする。

スタンディングスタートでの走行が一巡したら、発展としてクラウチングスタートで再度走らせ、「クラウチングスタートは有利か」について考えさせるのもおもしろい。

スタートは生徒が走り始めるときではなくスタータが合図したときとする。(スタート時の反応時間も考慮する)そのためスタータの合図がカメラに収まるような工夫が必要。

(スターティングシグナルの発煙でもビデオには映る。旗で合図する場合は、基準の位置を定めておくと合図の判定が容易になる。)

最初だけでよいが録画確認を忘れないこと。

§ 3. 録画した映像をパソコンにキャプチャする(教師による作業)

1. パソコンに必要なもの

ビデオキャプチャボード及びソフト:先生機にインストールしておく。

(先生機の性能) CPU350MHz以上 メインメモリ 256MB以上

先生機は性能のいいものを1台(ファイルサーバとして使用するなら特に)備える

キャプチャボードおよび編集ソフト 数万円(先生機1台のみにインストール)

今回 Canopus 社の EZDV の EZvideo を用いた(EZDVは3万円ほどで購入できる)

生徒機の性能：

CPU350MHz 以上 メインメモリ 128MB 以上 windows98 以上あれば十分

60 フィールド再生ソフト AVIUTL99 (フリー) をインストール。ダウンロード及び解凍は簡単にできる。実行ファイルを開いて事前に以下の設定を生徒機全台にしておく必要がある。

メニューの「設定」から「インターレースの解除」を開く。「ボトムフィールド トップフィールド」にチェックを入れる。(これが逆だと動きがおかしくなる)

メニューの「表示」から「時間の表示」にチェックを入れる。これで各コマが 1/100 秒で表示される。「オーディオの表示」は必要ないのでチェックをはずしておく。

AVIUTL99 (フリー) 入手サイト

<http://ruriruri.zone.ne.jp/aviutl/>

2. ビデオファイルを作る

- 1) キャプチャボード及びキャプチャソフトの操作に従って撮影した映像をパソコンにキャプチャする。

注：ビデオファイル (AVI ファイル) は通常 2GB 以上作成できない (約 10 分)。それ以上のキャプチャの場合いくつかのファイルにわけて保存 (参照ファイルやシームレスキャプチャ) する方法をとらなければならないので注意すること。

- 2) キャプチャしたビデオファイルを編集用ソフトで生徒一人一人にわけて個人ファイルを作る。この時点で 1 ファイル 50MB 程度になる。今回 Canopus 社の EZDV の EZEditor を用いた
- 3) 生徒の個人ビデオファイルは各生徒機に配信しておくか、もしくは先生機と生徒機がファイル共有していればそれで行う。ファイル共有を使う場合一斉に生徒がアクセスしたときのネットワークトラフィックのこともあるので事前に問題がないか確認しておくこと。

§ 4 . 自分の走った様子のビデオから速さを出す (第 2 回授業 講義と実習)

1. ビデオから 5m ごとの時刻を読む。

(1) 再生ソフト (aviutl.exe) アイコンをクリックしてソフトを起動する。

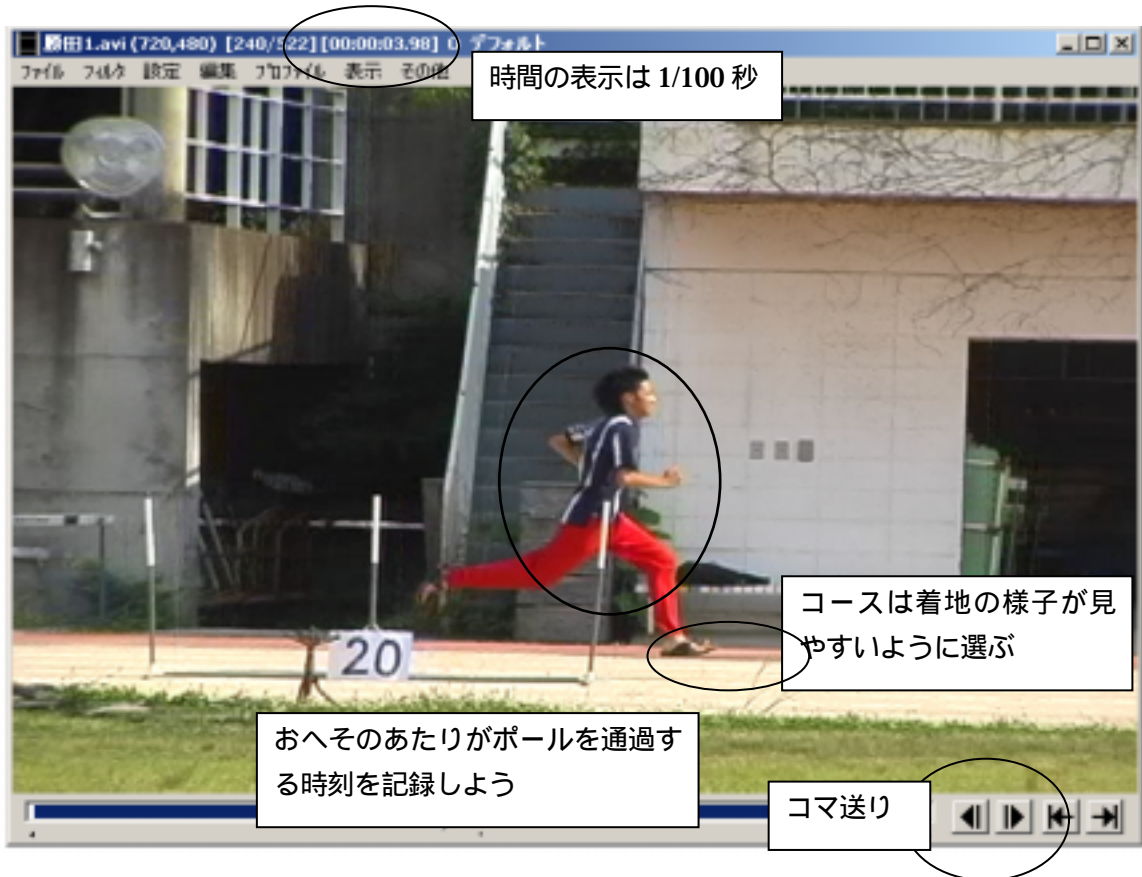
(2) 「ファイル」 「開く」をクリックして、下の欄にある「60 f p s 読み込み」を先にクリックしてからファイルの場所、ファイル名から各自のファイルを開く。

ここで 下の欄にある「60 f p s 読み込み」をはじめにクリックしてチェックをつけてから開かないと 30 コマ表示になる。

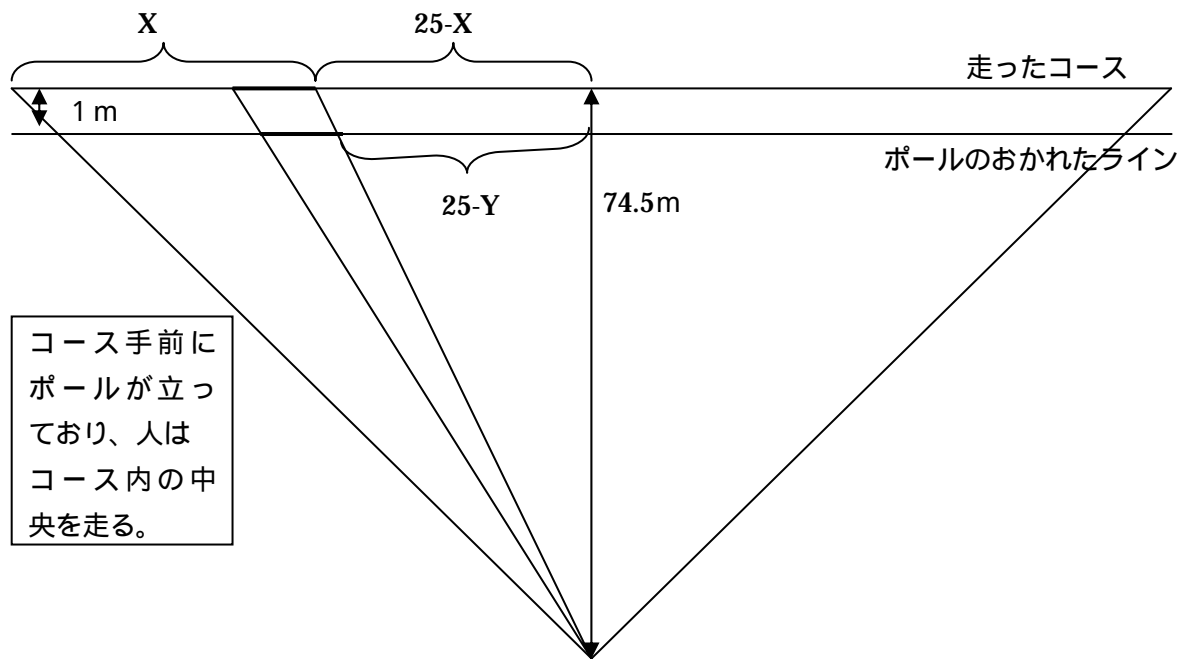
注：ビデオのコマ数

通常のビデオは NTSC 形式といって 1 秒間に 30 フレームの静止画を持つ。ただし 1 フレームの映像を全部一度に走査して録画するのではなく 1 行おきに奇数行を走査し次に偶数行を走査して 1 フレームに対して 2 フィールドずつ録画する。これをインターレースという。通常の再生ソフトでは 2 フィールドを 1 つのフレームにして再生するので 1/30 秒の精度であるがフィールド単位で再生すると (インターレースの解除と言う) 1/60 秒の精度になる。今回この方式を用いる。

- (3) ファイルを読み込むと、すぐビデオ画面になる。画面右下の左 2 つがコマ送りボタン。画面上段の時間表示は 右 4 桁が . と 1/100 での秒表示。



- (4) 別紙のようなワークシート（付録2）をあらかじめ配布しておき、そこに各自必要な数値を入力させる。スタートから5mごとにポールを横切る時刻を1/100秒でシートの「読みの時間」に入力する。（この画面では3つのポールの真ん中のポールが5mごとのポールで両側は±1mに立ててある。通常の授業ではそれぞれ5mおきに1本ずつでよい。1/60秒ごとのコマなので1コマで0.02秒経過する場合もある。画面が通り過ぎる前と通り過ぎた後の中間のときは両方の時刻の平均をとるよう指導する。ポールの通過は体のおへその前面の位置を基準にとると分かりやすい。1コマでかなり動く。たとえば、生徒の走る速さが秒速約7m前後の場合、1/60秒間に10cm以上移動することになる。読みと読みの間にあるものを読む（メモリの間を読む）という学習も必要なのでコマとコマの間という場合は前後の読みの平均をとらせるとよい。
- (5) ポールは5mごとにおかれているが、ポールを人が横切るのをカメラで見ると、次の図でわかるように、その間隔は5mより長くなる。走った距離も50mより長くなる。この補正は数学で相似を学習すると計算できる。生徒に学習させて補正の距離を導出させるか、教師が補正の距離を与えるかは何年次に学習させるかにも依存する。今回は教師側が表の補正距離を欄にあらかじめ書き込んだ。
- 3年生が対象なら補正の式を導こうという時間を取ることも考えられる。



2. 速さの計算

記入したシートを使って速さの学習を行う。

ここからは生徒用テキスト(資料1)と速さシート(資料2)に沿って学習させる。よく知っている50mの「タイム」という考えが50m全体の平均の速さであること、速さの次元、単位を復習する形で学習する。数値ではなく言葉・概念での理解が必要である。時速や秒速という表し方の違いも練習させる。(以下、枠で囲って表示している部分は生徒用テキストでの設問の部分である。)

まず50mの平均の速さはいくらになるか以下のかっこを埋めてください。

ある区間の速さ = 走った(距離) ÷ 走った(時間) ……

だからはじめから最後まで約50mを走った平均の速さは

((本当に走った50mの距離) - (0)) ÷ ((50m 通過時の時刻)) - (スタートの合図の時刻))
= (計算した値)

単位も忘れずに書きます。計算は四捨五入して小数点第2位まで求めます。

(1) 速さの単位

ここで、速さには時速、分速、秒速という表し方があります。時速は1時間で走る距離、秒速は1秒で走る距離になります。時速は km/時間、秒速は m/秒と表します。

50m走では普通秒速で表しますが、今求めた速さを時速に直して表に書き加えてください。

注意: どこからどこまでというときは必ず「どこまで」(終点) - 「どこから」(始点)とします。

つぎに瞬間の速さの概念を導入する。50mという大きな区間がポールによって5mごとの小さな区間に分けられているので、瞬間の速さは小さな区間毎に分けて考えることであるという理解を引き出

し易いと思われる。「瞬間の速さ = 小さな区間の平均の速さ」という学習が効果的である。

走る速さは 50m の中でいつも一定ではなく速くなったり遅くなったりしています。平均の速さだけでは運動の様子はわかりません。そのときそのときの速さを**瞬間の速さ**といいます。新幹線でも平均時速以外に最高時速という言い方をしますがあれも瞬間の速さです。ちなみに、台風などで最大瞬間風速というのも瞬間の速さです。

50m 走でより細かく各瞬間の速さを求めるにはどうしたらいいでしょう？考えを書いてください。
(平均する区間をどんどん短くすればより細かい速さの変化がわかる。具体的には 5m ごとのボールの通過時刻を使う。)

(2) 区間毎の速さをシートに沿って求め記入させる。シートには記入する枠が太線で示されているので比較的容易に理解できると思われる。

(3) 速さと時間のグラフを作る

今の生徒は一般的な傾向としてグラフを書いたり読んだりする力が弱いと指摘されている。目盛りの取り方などグラフを書く手順を押さえた学習が必要である。

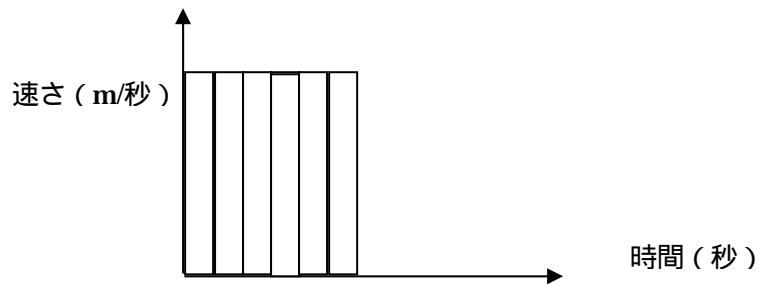
(3) 方眼紙の上半分に下の図のような棒グラフを作ります。縦軸は速さ、横軸は時間です。グラフの縦軸の目盛りは自分の最高の速さを基準にしてつけます。横軸はゴールまでにかかった時間を基準にします。スタートから 5m までの速さを縦の高さに、読みとった時間を横幅にして棒グラフを書きます。同様にゴールまでの区間での速さを求めて棒グラフを書いていってください。これらの速さはその区間での瞬間の速さになります。

速度と時間のグラフは一般に積分すると距離、微分すると加速度になり重要である。このグラフを書く作業を通じてグラフの面積の意味(走った距離)、グラフの増加減少の変化の意味(加速の割合)を理解させることが重要である。

このグラフの縦棒一つ一つの面積は何を表しているでしょう？ ヒント： の式

(走った距離 ポールとポールの間の本当に走った距離)

このグラフで縦棒が増えたり減ったりするのは速さがどうなっていることを表しているでしょう？縦棒が増えるときは速さが増えているときで(加速)しているといい、縦棒が減っているときは速さが減っているときで(減速)していると言います。逆に一直線上を走る速さが常に一定で増えたり減ったりしないときの運動を**等速直線運動**と言います。等速直線運動のときの速さと時間のグラフはどうなるだろう？次の図に概略を書いてください。



走り进行分析するとき横軸が時間ではなく距離のほうが分かりやすい。応用として速度 - 距離のグラフを書かせる。次の時間の走りの分析ではこちらを使う。横軸に使う距離は補正を考慮した「本当に走った距離」の値を使わせること。

§ 5 . 自分の走りを研究しよう その1 力と運動 (第3回授業 講義と実習)

1 . 速度の増え方、減り方を調べよう。

加速・減速の意味の復習と自分の走りのどこが加速でどこが減速かを理解させる。

自分のトップスピードはいくらで、それはいくらの距離の時か考えてシートに書き入れましょう。

表の加速減速の欄に加速している区間を赤く、減速している区間を青くぬろう。

走りはじめは・・・速度はどんどん増加する

トップスピードに近づくにつれて・・・速度は増加しているが増え方が少なくなる

トップスピードをすぎると・・・速度はゆっくり減少する

2 . 加速や減速の原因を探ろう

加速や減速は力が働いてはじめておきることを理解させる。

グループ毎に四角い紙を敷いて教室内で軽く走りその上をとる。着地したときの紙の動きと離地したときの紙の動きを観察し、足から地面に向かってそれぞれどんな向きに力が働いているかを知る。

簡単実験その1 : グループ毎に床に置いた紙を踏んで走り、置かれた紙の移動を観察します。紙を踏んだとき紙はどっちに移動する? キックして足が離れるとき紙はどちらに移動する?

加速するには何が必要だろう?・・・(力)

加速や減速は走っているときのどんなときにおきているのだろう

(足が地面について離れるまで (空中では加速や減速はほとんどおきない))

着地するときは(足)から(地面)に対する力が(進行)方向に加わっている。
離地する(足が離れる)ときは(足)から(地面)に対する力が(進行方向と逆の)
方向に加わっている。

と の力を図に書き入れてみよう。(矢印で向きも入れること。)



ここで作用・反作用の学習が入ります。作用・反作用がはじめての場合これ以外の例を用いて学習させておくとより効果的。特に力を及ぼすものと及ぼされるもの - 地面と足 - この両方を確実に理解させることが重要。

着地は前に力を及ぼす 前向きの力は加速 着地は加速になる？
という疑問が解決できるようにさせる。理解できたら図を書いて確認する。



足が地面を押すとき地面から足(人)に対して全く反対向きの同じ大きさの力を受けます。足が地面を押す力作用(や)に対し地面が足を押し返す力を反作用(や)といいます。

上の図それぞれに足が地面を押す力(作用)と地面が足を押し返す力(反作用)を矢印で書き入れよう。

着地するときは(地面)から(足(人))に対する力が(進行方向と逆の)方向に加わっているので(減速)する。

離地するときは(地面)から(足(人))に対する力が(進行)方向に加わっているので(加速)する。

§ 6 . 自分の走りを研究しよう その2 走法の分析 (第4回授業 講義と実習)

ここでは加速・減速と力の基本的な関係がわかったので、体育の教師による授業として実際に走法

の映像を見ながら走り进行分析する。以下の内容のすべてを個々の生徒に考えさせるよりはグループ毎に着眼点を分けて観察分析させるとよい。またあまり以下にこだわらず生徒に自由に分析させるのもよい。

1 : 「歩く」のより「走る」のが速いのはなぜだろうか？

「走る」や「歩く」運動を科学する目で見直す姿勢を作る。普段何気なく歩いたり走ったりしていることを生徒が理科を学習する目で見つめ直すことができたならO.K. 新鮮な感動を感じさせることが重要。これらの運動の中で力を受ける局面と受けない局面を理解する。また空気抵抗はこの学習では考えない。接地時における地面との力のやりとりが加速・減速を決める重要なポイントであることを理解させる。

(1) 「走る」運動の中で「足が接地しているときの役割」はなんだろうか？

(地面と力のやりとりをすることによって運動が加速・減速する)

(2) 「走る」運動の中で「空中に浮いているときの役割」はなんだろうか？

(体勢を整え次の着地が十分なように準備する)

2 . 力の方向と加速・減速

特に力の向きがどうなっているかを理解し、それが運動にどう跳ね返るかを理解させる。

足が地面に接地しているとき力はどんなふう作用しているだろう。

第3回の授業を思い返させる。

3 . 走るときの「キック」が地面に対して伝えている力の方向を確かめてみよう。

前週に実施した紙を踏んで走る「簡単実験その1」を繰り返してもよいし、まとめてどちらかの時間に行ってもよい。今回は走り方を変えてみて紙の動き方の違いから力の方向がどう変わるかを考える。

簡単実験その2 : グループ毎に床に置いた紙を踏んで走り、置かれた紙の移動を観察します。

走る姿勢を変えると紙の動きはどうなりますか？

(1) 上体の姿勢によってキック力の方向が変わるだろうか

考えたこと、ためしてわかったことを書いてみよう。

上体が起きているとキックしたとき紙の動きは小さい。キックの方向は垂直成分が大きい。後ろへの力の成分は小さい 加速の力は小さい

前傾姿勢でキックすると紙は大きく後ろへ移動する。キックの方向は後ろ向きの成分が大きい 加速の力が大きい。

(2) 足や脚の動作によってキック力の方向が変わるだろうか。

考えたこと、ためしてわかったことを書いてみよう。

膝を高く、足で床をたたきつけるように積極的に接地する場合と、膝を高くしないで、足を前に出したままにして突っ張るようにして接地する場合について、接地瞬間における紙の動きを比較・観察させる。この接地動作は接地時における接地足と身体重心との水平距離に違いを生じさせる。身体重心からの接地足までの水平距離が大きいほど接地瞬間における前方向の力が大きくなり、ブレーキとして作用する時間も長くなる。減速の作用が大きくなる。ちなみに、このような接地動作はランナーが疲労したときや、がんばろうとしてストライドを大きくし過ぎたときなどにみられる。その結果は速度低下の一因となる。

4. 自分の走る様子をビデオ映像から観察して自分の走法を分析しよう

(1) 走る速さとピッチとストライドの関係を理解しよう

走る速さ(m/秒)はストライド(m)とピッチ(歩/秒)の積である。自分の各局面でピッチ、ストライドがどうなっているかを映像から観察、記録させる。

(2) ピッチの測定

ピッチ(1秒間の歩数)の出し方を学習し、各自の速さのグラフと照らし合わせながら加速局面、維持局面、減速局面でのピッチを比較させる。映像から「1歩」を読みとる場合、足がついた瞬間より同じ足で離れた瞬間を見るほうが判別しやすい。また1歩の時間は非常に短いので連続する2歩の時間を読みとって1歩の時間を出させるほうが正確な値になる。今回の分析方法においては、ビデオ映像からはストライドの数値は得られないので、「走る速さ(m/秒)はストライド(m)とピッチ(歩/秒)の積である。」から、ピッチに着目して分析・考察させる。それぞれの局面でのピッチを比較しながら自分の走法について考えさせる。自分の走法が良いとか悪いとかの評価ができることよりもまず「自分の走法はこうなっている。だから速いのではないか、遅いのではないか。」と分析・考察できることが重要。

考えてみよう

1) 私の「5m付近のピッチは適当なのだろうか」

着眼点：このときの前傾姿勢にも着目させたい。前傾姿勢のもとでスタート直後の加速区間ではストライドをより大きくすると身体重心の真下より前方に大きく踏み出しすぎた姿勢で接地することになる。接地中の前半におけるブレーキ作用から減速を大きくしてしまう。(次に述べる(3)を参照)したがって、「速さのもう一つの要素であるピッチをより重視した速度増大策をとるのが妥当だ。」との予測に導きたい。

25m付近のピッチとも比較させる。

2) 私の「25m付近のピッチは適当なのだろうか」

着眼点：この区間になると、ストライドも大きくなり全力疾走状態の値に近づいていると考えられる。がんばろうとする走りは「より強くキックする」意識となりストライドをさらに大きくしようとする。足を前方に出しすぎた接地姿勢となり接地中の

前半におけるブレーキ作用により、減速を大きくしてしまう。故に、この区間でも、「より強くキックする意識」ではなく、力まないでピッチを上げて走る戦略に視点をおかせたい。

3)私の「40m付近のピッチは適当なのだろうか」

着眼点：多くの生徒においては、25m 付近と変わらない疾走ができていますと予想される。「速さのグラフ」から、速さが25m付近よりも低下している者については、25m 付近のピッチを手がかりにして、ストライドやフォームを点検させ、課題の発見に導きたい。

(3) 接地時の足と身体重心との位置関係を観察し、減速・加速の時間を記録しよう

接地しているときの足の位置と身体全体との関係から

着地した瞬間の時刻を読みとります。

腰が足の真上にくるときの時刻を読みとります。(理論的には、腰ではなく身体重心とすべきであるが、ここでは腰としておく)

足が離れる瞬間の時刻を読みとります。

～ の間は足が前に出ているので地面に対して力は前にかかります。すると地面からの反作用でブレーキがかかる、つまり減速します。

～ の間は足が後ろにいくので地面に対して蹴る - つまり力は後ろにかかります。すると地面からの反作用で推進力を得て加速します。

(走速度の減・増はキックの力積(力×作用時間)によるが、中学生を対象とした指導であることや、ここでは力の大きさの測定をしないので、作用時間にのみ着目して学習を進める)

1 歩の接地中における速度の変化(減・増)は顕著なものでないとの前提のもとにおいて、加速局面では ~ の時間が短く ~ の時間が長くなり、減速局面では逆になる。確かにブレーキがかかっている、キックして推進している、というのを実感させることが目的です。上記(2)の説明(学習)と相互に補完させながら、

考えてみよう

1)私の「5m付近の接地したときの足の位置は適当なのだろうか」

着眼点：スタート直後の加速区間において、特別に鍛錬されていない一般の中学生が運動靴を着用して土の走路を走る場合には一流選手のような顕著な前傾姿勢で走ることはできないだろう。しかし、5m 付近と比べるとより大きく前傾した姿勢で走っているであろう。5~10 m地点で足のつま先が腰よりも著しく前方に接地する走り方は不適當といえよう。

2)私の「25m付近の接地したときの足の位置は適当なのだろうか」

着眼点：上記(2)で述べたように、がんばろうとする意識が強すぎると、接地足を前方に出しすぎた接地になりがちで、大きく前方に接地すると接地中の前半におけるブレーキ作用を大きくする。うまく走っている仲間のフォームと比べてみよう。

3)私の「40m付近の接地足の位置は適当なのだろうか」

着眼点：25m 付近における「腰と接地足のつま先間の水平距離」と比較をしてみよう。ラストスタートの「がんばり」意識から生ずる弊害(接地足が前方に出すぎる)が現れていないか、点検してみよう。

(4) 疾走フォーム全体を見てみよう(走る姿勢と四肢の動作)の観察

自分の疾走フォームがどうなっているかを観察してこれまでの分析をもとに改善すべきなら、どうすべきかを考えてみよう。

	どうなっているか	改善すべきなら、どうすべきか
スタート～10m 付近	前傾姿勢がとれているか 腕が大きく振られているか 接地直前において、接地脚の膝が前上方に振り出されているか	スタートの第1歩で前傾する 脚を振り出すには腕でリードが大事 ストライドを大きくしないで、鋭いキックをする
25m 付近	十分な腕振り動作ができているか けり終わった脚の膝の屈曲/かかとのけり上げはどうか	下肢の動きを引き出すために、大きくて速い腕ふりをする 力を長く加えようとしなくて、切り替えの速いキックをする

グループで話し合ってみよう

各自自分のフォームを研究したらグループ毎に「改善すべきなら、どうすべきか」という点を中心に討論させるとよい。

§ 7 . これまでの研究をもとに再度走ってみよう (第5回授業と実習)

走法を変えながら何回か走ってみよう。ここでは写した映像をビデオカメラのビューアで見ながら走った後すぐに分析する。

これまで分析してきた観点を実践にうつす。走法を考えながら走り、タイムを測る。ビデオ撮影の要領は第1回目と同様。

1) スタート～10m の走りと 2) 15～25m の走りにおける足跡の形を比べてみよう

着眼点： 足跡のかかとの部分の跡がはっきりと印されているか、跡がないか
つま先部分の土が掘れているかどうか
キックで飛ばされた土の方向
連続する2歩の足跡の左右方向における間隔

観察・比較の結果どうだったか

上記の ~ はどうして生じたのか、そのことが走る速さに与える影響について考えさせよう。

かかと部分の跡がはっきりと印されている場合 足を前方に踏み出しすぎている

かかと部分の跡がない場合 積極的なキックが行われていることを示している

つま先部分の土が掘れている場合 積極的なキックが行われていることを示している

つま先部分の土が掘れていない場合 積極的なキックができていない

キックで飛ばされた土の方向に違いがある場合 キックの方向が進行方向とずれている

足跡の左右方向における間隔が異なる場合 腕の振りが小さい

腕の振り出しを大きくする

§ 8 . 終わりに

科学的に分析したことが結果としてタイムの向上につながればいいが、必ずしもそうならない場合も少なくない。また、それ以前に、分析をもとにしてよい走り方を考察したり、戦略を立てるなど、生徒の考えが力学的法則に合致していないかもしれない。間違った知識・認識を放置しないこと。しかし、「走ること」を「考えたこと」が重要であり、「考えたこと」を「実際に走って確かめてみること」によって、新たな疑問が生まれたり、関心が深まるなど「研究するのはたのしい」、「考えたことを確かめるのはおもしろい」というように育てたいものである。

この研究は平成 15-16 年度科学研究費補助金（課題番号 15530584）によるものである。

参考文献

- 1) 平成 13 年度小中学校教育課程実施状況調査，国立教育政策研究所教育課程研究センター，2003
http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h13/top.htm
- 2) 中学校「力学」分野における概念地図法の適用，今井将士,沖花彰,笹谷智一，フォーラム理科教育 3 (2001)2-7

(生徒用資料1)

走りを科学的な視点でとらえよう

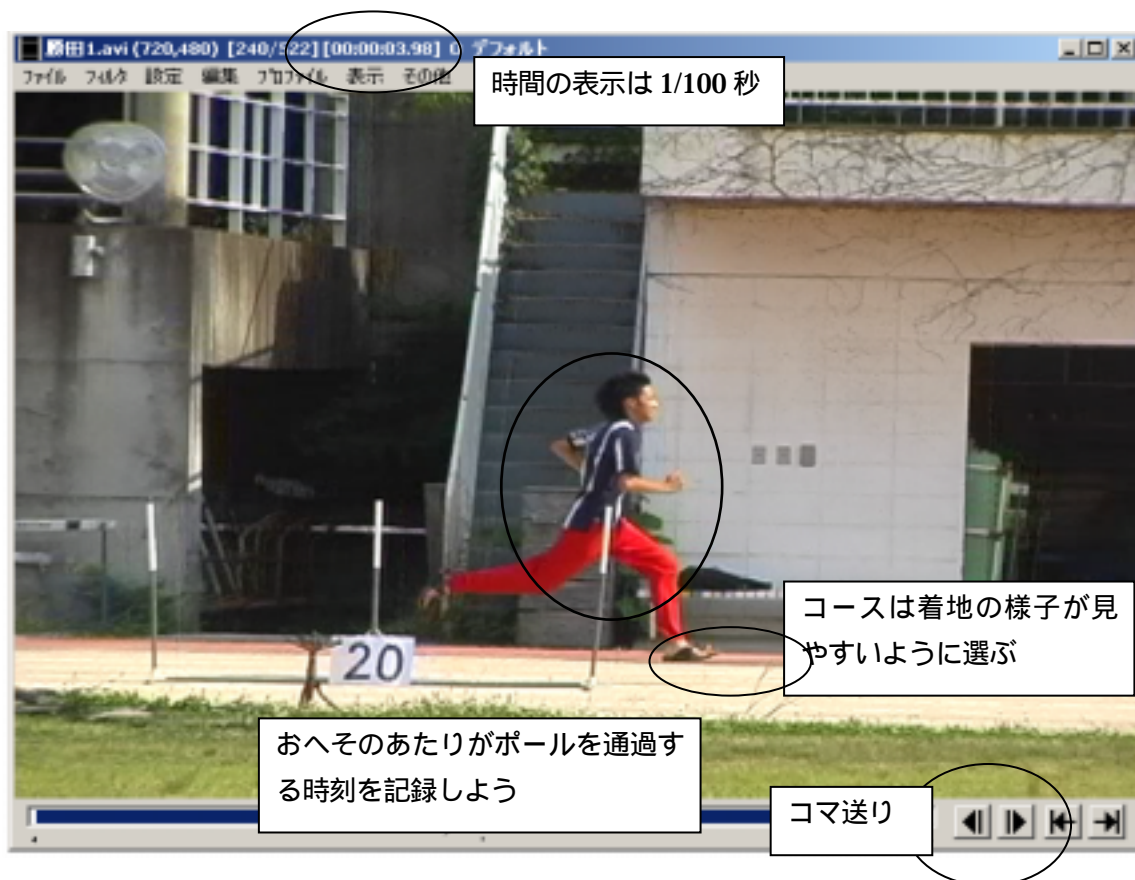
前回みなさんが走った様子をビデオに撮りました。このビデオ映像を見ながら自分はどんな速さでどんな走り方で走っていたのか、速くなったり、遅くなったりする原因はどこにあるのかを考えましょう。

名付けて 「**体育を理科しよう**」

§ 1 . 自分の走った様子のビデオ映像から速さを出そう。

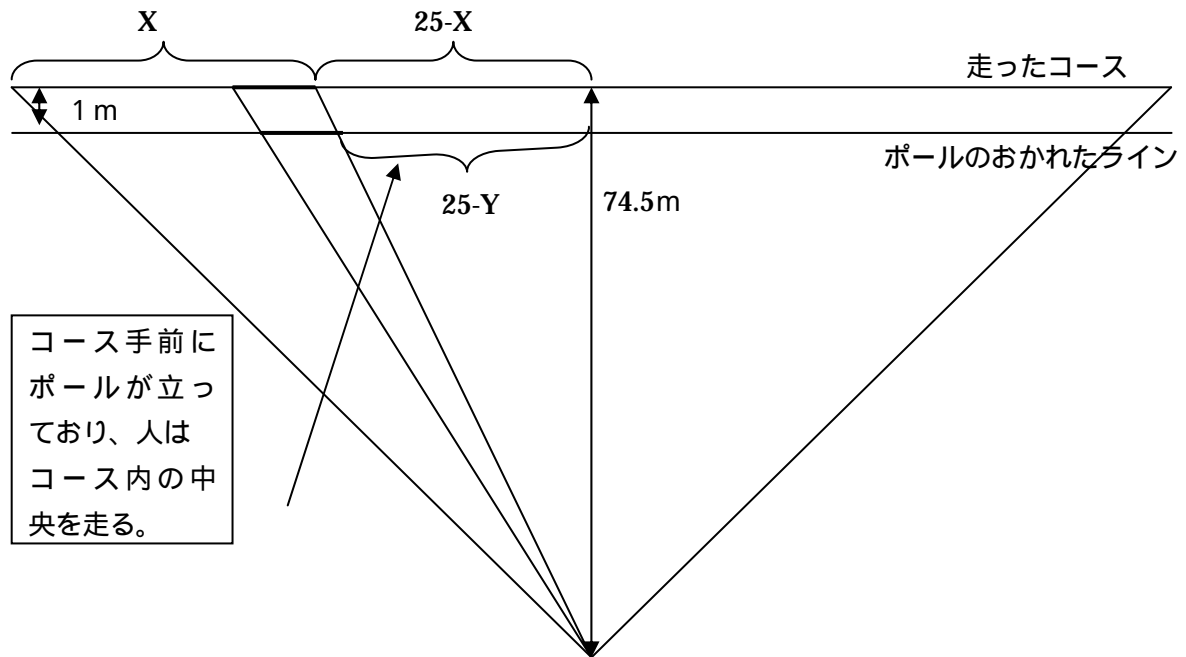
1 . ビデオから 5m ごとの時刻を読む

- (1) パソコン画面上にある再生ソフト(aviutl.exe)アイコンをクリックしてソフトを起動します。
- (2) 画面左上の「ファイル」「開く」をクリック。画面左下の欄にある「60fps 読み込み」を 先にクリックしてからファイルの場所、ファイル名にある各自のファイルを開きます。
- (3) ファイルを読み込むと、すぐビデオ画面になります。画面右下の左2つがコマ送りボタンです。画面上段の時間表示は 下4桁が . と 1/100 での秒表示です。



(4) スタートから 5m ごとにポールを横切った時刻を 1/100 秒でシートの「読みとった時間」に入力します。通り過ぎる前と通り過ぎた後の中間のときは両方の時刻の平均をとりましょう。体のおへその位置を基準にとると分かりやすいです。

(5) ポールは 5m ごとにおかれています。ポールより人が走ったコースはカメラから見て 1m 遠くなります。ポールを人が横切るのをカメラで見ると、下の図でわかるように、その間隔は 5m より長くなります。ですから走った距離も 50m より長くなります。



この補正は数学で相似を学習すると計算できますが、今回は先生が表の「本当に走った距離」の欄にあらかじめ書き込んでいます。ですから走った距離はこの補正距離の数字を使ってください。

数学が得意な人へ

ポールがおかれている距離を Y、本当に走った距離を X とすると

$$(25-Y) : (25-X) = 73.5 : 74.5$$

$$X = 25 - (25-X) \times 74.5 \div 73.5$$

2. 速さの計算

まず 50m の平均の速さはいくらになるか以下のかっこを埋めてください。

ある区間の速さ = 走った () ÷ 走った () . . .

だからはじめから最後まで約 50m を走った平均の速さは

(() - ()) ÷ (() - ()) = ()

単位も忘れずに書きます。計算は四捨五入して小数点第 2 位まで求めます。

(1) 速さの単位

ここで、速さには時速、分速、秒速という表し方があります。時速は1時間で走る距離、秒速は1秒で走る距離になります。時速は km/時間、秒速は m/秒と表します。

50m 走では普通秒速で表しますが、今求めた速さを時速に直してシートに書き加えてください。

注意：どこからどこまでというときは必ず「どこまで」(終点) - 「どこから」(始点)とします。

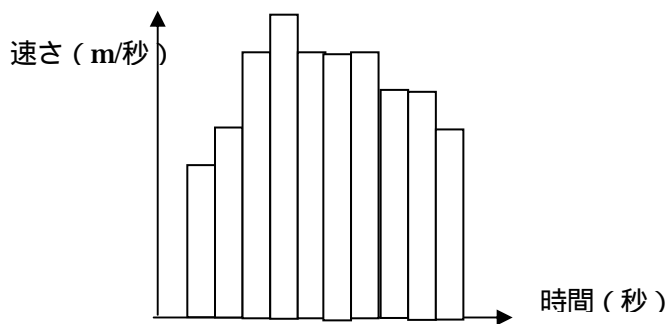
走る速さは 50m の中でいつも一定ではなく速くなったり遅くなったりしています。平均の速さだけでは運動の様子はわかりません。そのときそのときの速さを瞬間の速さといいます。新幹線でも平均時速以外に最高時速という言い方をしますがあれも瞬間の速さです。最大瞬間風速というのも瞬間の速さです。

50m 走でより細かく各瞬間の速さを求めるにはどうしたらいいでしょう？考えを書いてください。

()

(2) スタートから 5m までの速さをもとめましょう。シートの「速さ」のポール 0 と 5 の間の欄に書き入れます。同様にゴールまでの区間での速さを求めて、それをシートの「速さ」の対応する欄に記入します。

(3) 方眼紙の上半分に下の図のような棒グラフを作ります。縦軸は速さ、横軸は時間です。グラフの縦軸の目盛りは自分の最高の速さを基準にしてつけます。横軸はゴールまでにかかった時間を基準にします。スタートから 5m までの速さを縦の高さに、読みとった時間を横幅にして棒グラフを書きます。同様にゴールまでの区間での速さを求めて棒グラフを書いていってください。これらの速さはその区間での瞬間の速さになります。



このグラフの縦棒一つ一つの面積は何を表しているでしょう？ ヒント： の式

()

このグラフで縦棒が増えたり減ったりするのは速さがどうなっていることを表しているでしょう？縦棒が増えるときは速さが増えているときで()しているといい、縦棒が減っているときは速さが減っているときで()していると言います。逆に一直線上を走る速さが常に一定で増えたり減ったりしないときの運動を等速直線運動と言います。等速直線運動のときの速さと時間のグラフはどうなるだろう？次の図に概略を書いてください。



今度はさきほどの方眼紙の下半分に横軸を走った距離にして速さの棒グラフを書いてみよう。横軸はシートの本当に走った距離の数字を使って書きます。

§ 2 . 自分の走りを研究しよう その1 (力と運動)

1 . 速さの増え方、減り方を調べよう。

自分のトップスピードはいくらで、それはいくらの距離の時か考えてシートに書き入れましょう。

表の加速減速の欄に加速している区間を赤く、減速している区間を青くぬろう。

走りはじめは・・・
 トップスピードに近づくとつれて・・・
 トップスピードをすぎると・・・

ほとんどの人はある距離まで速さが増して行って、どこかでトップスピードになり、それからは速さが減っていきます。速さが増えているときを**加速**しているといい、速さが減っているときを**減速**していると言います。

2 . 加速や減速の原因を探ろう

簡単実験その1：グループ毎に床に置いた紙を踏んで走り、置かれた紙の移動を観察します。紙を踏んだとき紙はどっちに移動する？キックして足が離れるとき紙はどっちに移動する？

加速するには何が必要だろう？・・・()
 加速や減速は走っているときのどんなときにおきているのだろう
 ()

着地するときは()から()に対する力が()方向に加わっている。
 離地する(足が離れる)ときは()から()に対する力が()方向

に加わっている。

と の力を図に書き入れてみよう。(矢印で向きも入れること。)



足が地面を押すとき地面から足(人)に対して全く反対向きの同じ大きさの力を受けます。足が地面を押す力作用に対し地面が足を押し返す力を反作用といいます。

上の図それぞれに足が地面を押す力(作用)と地面が足を押し返す力(反作用)を矢印で書き入れよう。

着地するときは()から()に対する力が()方向に加わっているので(加速・減速)する。

離地するときは()から()に対する力が()方向に加わっているので(加速・減速)する。

§ 3 . 自分の走りを研究しよう その2 (走法の分析)

1. 「歩く」のより「走る」のが速いのはなぜだろうか?

移動運動としての「歩く」と「走る」の違いはなんだろうか?

歩く: 両足または片足が、つねに地面と接している(接地している)

身体が空中に浮くときがない

走る: 地面を蹴り、空中に浮いて進む

$$\boxed{\text{1歩の距離}} = \boxed{\text{足が接地しているときの移動距離}} + \boxed{\text{空中に浮いているときの移動距離}}$$

(1) 「走る」運動の中で「足が接地しているときの役割」はなんだろうか?

()

(2) 「走る」運動の中で「空中に浮いているときの役割」はなんだろうか?

()

この2つはどう違うんだろう?

接地しているとき

地面との間で力のやりとりがある

加速や減速がある

空中にういているとき

どことも力のやりとりがない

速さは一定

2. 力の方向と加速・減速

足が地面に接地しているとき力はどんなふうには作用しているだろう。

力を考えるときには**大きさ**とともに**方向**もみること。

前回授業でやった「足」と「地面」の間にかかる力を思い出そう。

地面に及ぼす力の垂直方向の成分：その反作用が身体を跳ねさせる

地面に及ぼす力の前方向への成分：その反作用が減速の原因になる

地面に及ぼす力の後ろ方向への成分：その反作用が加速の原因になる

3. 走るときの「キック」が地面に対して伝えている力の方向を確かめてみよう。

簡単実験その2：グループ毎に床に置いた紙を踏んで走り、置かれた紙の移動を観察します。
走る姿勢を変えると紙の動きはどうなりますか？

(3) 上体の姿勢によってキック力の方向が変わるだろうか
考えたこと、ためしてわかったことを書いてみよう。

(4) 足や脚の動作によってキック力の方向が変わるだろうか。
考えたこと、ためしてわかったことを書いてみよう。

4. 自分の走る様子をビデオ映像から観察して自分の走法を分析しよう

(1) 走る速さとピッチとストライドの関係を理解しよう

$$\text{速さ (m/秒)} = \text{移動した距離 (m)} \div \text{かかった時間 (秒)}$$

$$\begin{aligned} \text{1歩進むときの速さ (m/秒)} &= \text{1歩の距離 (m)} \div \text{1歩進むのにかかった時間 (秒)} \\ &= \text{1歩の距離 (m)} \times \text{1秒間に進む歩数 (歩/秒)} \\ &= \text{ストライド (m)} \times \text{ピッチ (歩/秒)} \end{aligned}$$

ストライドとは1歩の歩幅を言い、ピッチとは1秒間で何歩進むかの歩数を言います。

(2) ピッチの測定

1歩進むのにかかる時間を出そう。

映像で左(または右)足が地面から離れてから次の左(または右)足が地面から離れるまでの2歩の時間を読みとって2でわります。

1歩を測るとき足がついた瞬間より離れた瞬間を基準にする方が分かりやすい。

1歩を測るより2歩の時間を測って1歩分の時間をだすほうがばらつきが少ない。

各地点でのピッチを計算し、記録します。

$$1 \text{ 秒間に進む歩数 (ピッチ) (歩/秒)} = 1 \div 1 \text{ 歩進むのにかかる時間 (秒)}$$

5m 付近のピッチ _____ 歩/秒	25m 付近のピッチ _____ 歩/秒	40m 付近のピッチ _____ 歩/秒
------------------------	-------------------------	-------------------------

考えてみよう

1) 私の「5m 付近のピッチは適当なのだろうか」

2) 私の「25m 付近のピッチは適当なのだろうか」

3) 私の「40m 付近のピッチは適当なのだろうか」

(3) 接地時の足と体の重心の位置関係を観察し、減速・加速の時間を記録しよう

接地しているときの足の位置と身体全体との関係から

着地した瞬間の時刻を読みとります。

腰が足の真上にくるときの時刻を読みとります。

足が離れる瞬間の時刻を読みとります。

～の間は足が前に出ているので地面に対して力は前にかかります。すると地面からの反作用でブレーキがかかる、つまり減速します。

～の間は足が後ろにいくので地面に対して蹴る - つまり力は後ろにかかります。すると地面からの反作用で推進力を得て加速します。

5m 付近	～ の時間	_____ 秒	～ の時間	_____ 秒
25m 付近	～ の時間	_____ 秒	～ の時間	_____ 秒
40m 付近	～ の時間	_____ 秒	～ の時間	_____ 秒

考えてみよう

1) 私の「5m 付近の接地したときの足の位置は適当なのだろうか」

2)私の「25m付近の接地したときの足の位置は適当なのだろうか」

3)私の「40m付近の接地したときの足の位置は適当なのだろうか」

(4)疾走フォーム全体を見てみよう(走る姿勢と四肢の動作)の観察

自分の疾走フォームがどうなっているかを観察してこれまでの分析をもとに改善すべきなら、どうすべきかを考えてみよう。

	どうなっているか	改善すべきなら、どうすべきか
スタート~10m 付近		
25m 付近		

グループで話し合ってみよう

§ 4 . これまでの研究をもとに再度走ってみよう

これまでの分析をもとにして考えた走法を試したり、確かめたりしながら何回か走ってみよう。

1) (スタンディングスタートで) スタート～10m

タイム	私の走りはどうなっているか	もっと改善できるなら、どうすべきか

2) . 15～25m

タイム	私の走りはどうなっているか	もっと改善できるなら、どうすべきか

1) の走り と 2) の走りにおける足跡の形を比べてみよう

観察・比較の結果どうだったか