

# マラソン放送における画像処理システムの適用

Application of image processing system  
for TV broadcasting marathon program

並川 巖 宮本仁志

古明地正俊 直井 聡

(関西テレビ放送)

(富士通研究所)

Iwao Namikawa Hitoshi Miyamoto

Masatoshi Komeichi Satoshi Naoi

(Kansai Telecasting Corporation)

(Fujitsu Lab. LTD)

あらまし 画像処理システムの放送番組への応用を試み、新たな情報システムを開発した。  
本システムは、リアルタイムカラー動画画像処理システムと情報用コンピュータとから構成  
されており、移動中継車から送られてくる画像と走行距離の情報をもとに、ランナーのピ  
ッチとストライド（歩幅）を即座に計測し、ゴールタイムの予想を行うことができる。  
また、本システムを「'89大阪国際女子マラソン」の番組放送において使用し、これか  
ら得た情報を生放送することに成功した。

Abstract We applied an image processing system to the TV broadcasting. The  
system consists of a realtime color image processing system, which measures  
runners' strokes and stride by the TV image sent from the relay broadcasting  
cars, and the host computer, which analyzes the data from the image processing  
system.

Our system was used at the broadcasting program of " '89 OSAKA International  
Ladies Marathon " and prospected the marathon runners' goal time.

## 1. はじめに

マラソン中継はスポーツ番組の花形の一つであり、各テレビ局では視聴者に“きれいな”、“楽しい”そして“意義のある”映像の伝達を目指した各種放送技術の開発を推進している。特に従来はアナログ信号を直接加工、編集する映像処理技術が駆使されてきた。また、最近ではこれらの技術とデジタル信号処理を組み合わせた中継も行われるようになった。具体的にはテレビ映像の中に、各選手の順位やスプリットタイムなどをスーパーインポーズするなどがあげられる。

しかし、これまでのアナログ信号処理とデジタル信号処理の融合は、放送現場から送られてくる様々な情報を個別に扱い、一つ一つを処理したのちそれらを編集することで放送用の映像を作成していた。こうした煩雑な作業を解消する手段として、筆者らは放送現場から送られてくる各種情報を一括して処理し、それを視聴者に伝送できるシステムを開発した。このシステムではマラソン中継時に、移動中継車から送られてくるランナーの画像と走行距離の情報から、そのランナーのピッチ、ストライドおよびゴールタイムが予測できる。特に画像処理ではビデオレート画像処理システム「韋駄天」（製品名FIVIS/VIP）<sup>1)</sup>によって、ピッチやストライドのリアルタイム計測を可能にした。

開発したシステムは、関西テレビのメインイベントである'89 大阪国際女子マラソンの中継に活用され、その処理結果を生番組で流すことに成功した。

## 2. 開発のねらい

マラソン中継の場合、まず、現場の移動中継車で捉えたランナーの画像と、その現在位置を示す

距離データが放送局に送られる。そして、放送局においてこれらのデータに加工、編集を施して、視聴者に中継している。しかし、従来のマラソン中継システムでは、放送局に送られてきた距離データが、ランナーの速度やスプリットタイムの算出に利用され、その結果が視聴者に中継されるのに対し、画像のデータは放送用の映像としてのみ使われおり、そこから新しい情報を取り出そうという試みは全くなされていなかった。そこで今回我々は、移動中継車から送られてくる画像を利用してランナーのピッチを求めると同時に、距離データを利用してストライドの算出やゴールタイムの予測を行うシステムを開発することを試みた。

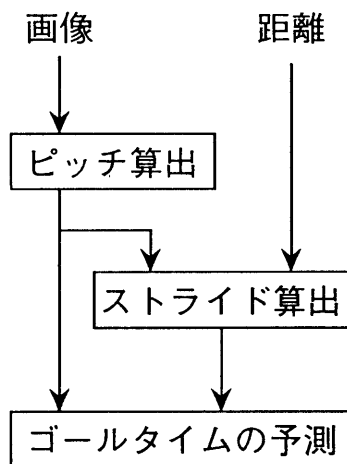


図1 システム概念図

システムの概念図を図1に示す。まず、移動中継車から送られてくる画像データから、動画像処理装置を用いてランナーの足の動きの解析を行い、そのピッチを算出した。また、それと同時に移動中継車から送られる距離データからランナーの速度を求め、これとピッチの値を用いてストライドの算出を行う。最後にこれらのデータからランナーのゴールタイムを予測した。

### 3. 計測原理

#### 3.1 ピッチ算出

##### (1) アルゴリズム

マラソン中継用の画像に対して画像処理を適用する場合、対象であるマラソンランナーやそれを撮影するカメラが移動するために、画面内における対象の位置を時間的に一定の位置に固定することが出来ない。また、屋外の環境で撮影されるために対象に対する照明条件が変化するなどの問題がある。

対象の位置変動の問題に対しては、撮影された画像の中でランナーの脚部の見掛けの面積が、足の上下によって周期的に変化することを利用することにより、画面内における対象の位置が時間とともに変化しても計測を行えるようにした。また、環境変化の問題に対しては、入力画像から色情報に基づいて脚部の抽出を行うことで対処した。

こうした考えに基づいたピッチ算出のアルゴリズムを図2に示す。アルゴリズムは画像処理部と

信号処理部とから構築した。

画像処理部ではまず始めに、テレビカメラから入力された画像の各画素を色度座標変換することにより、走者の肌の色の抽出を行った。次にこの肌色抽出された画像に対して $1 \times 9$ のメディアンフィルタ処理を行い、画像の背景に含まれている肌色成分の雑音を除去した。そして最後に、画像の下部以外の領域にマスクを施し、ランナーの脚部のみを抽出した。こうして抽出された脚部の画素数をヒストグラム演算を使用して求め、その画素数を脚部の見掛け上の面積として算出した。

信号処理部では、画像処理部で算出された脚部の面積の値を各フレーム毎に取り込み、時系列信号としてホスト計算に格納する。こうして得られたランナーの脚部の見掛け上の面積は、ランナーの足の上下にともない周期的に変化する。このランナーの脚部の面積の時系列信号をFFTを用いてフーリエ変換し、パワースペクトルを算出する。そしてそのピークの周波数をランナーのピッチとして算出した。

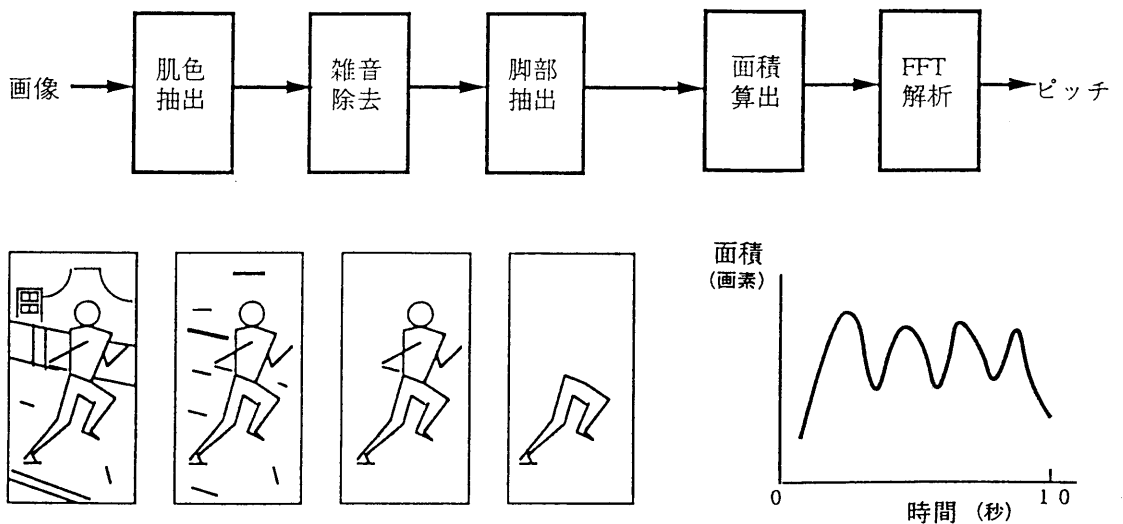


図2 ピッチ算出のアルゴリズム



図3 (a) 原画像

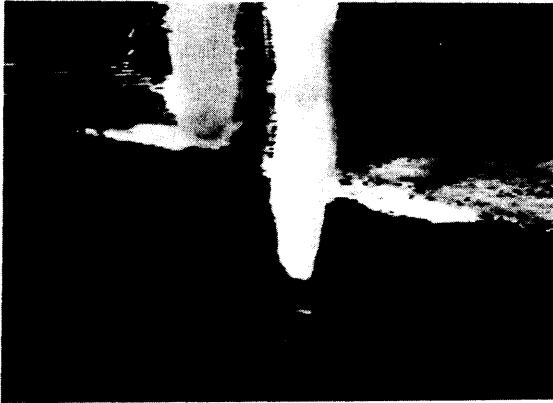


図3 (b) 肌色抽出

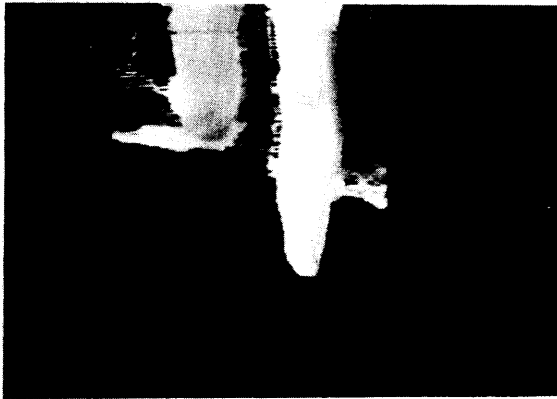


図3 (c) 脚部の抽出

(2)処理例

上記のアルゴリズムを『韋駄天』に搭載し、処理を行った。実画像を処理した結果を図3および図4に示す。図3(a)はランナーの原画像、図3(b)は肌色を抽出した画像、図3(c)はその画像に雑音除去を施したのちに、ランナーの脚部のみを抽出した画像である。また、図4(a)は脚部の面積の変化を表す時系列データの1部分であり、図4(b)はこのデータをもとに算出したパワースペクトルである。この例の場合、パワースペクトルのピークの周波数は 2.8Hz であり、このことから走者のピッチは 2.8歩/秒であることが判定できる。

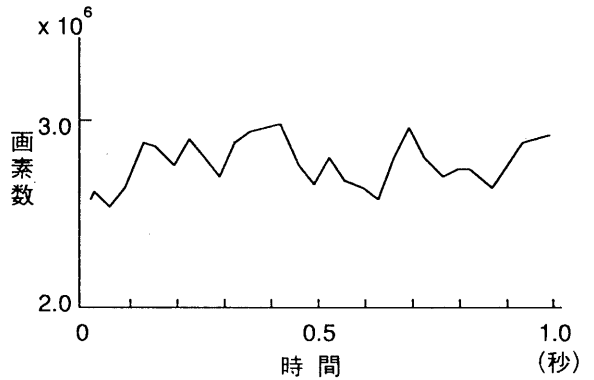


図4 (a) 脚部の面積変化

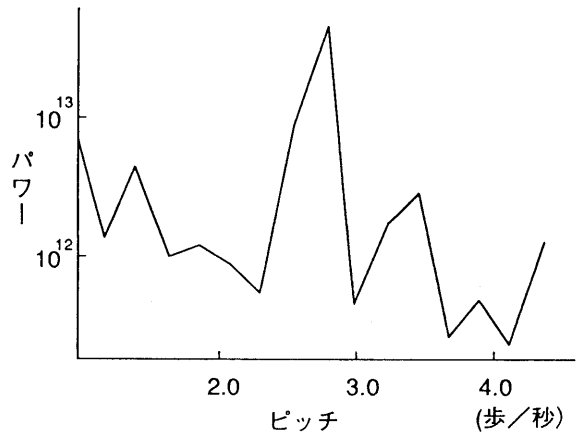


図4 (b) パワースペクトル

### (3)結果の評価

本システムでは、ピッチの値に基づきストライドやゴールタイムの予測を行うため、ピッチ算出には高い精度が要求される。そのため、ピッチの値の精度に対する評価を行った。本システムを用いて算出したピッチの値の誤差評価の結果を図5に示す。図に示した誤差の値は、マラソンの画像を一旦VTRに録画した後に、低速で再生して計数した結果を正答として、本システムによる算出値との差から求めたものである。計測時間を30秒間にした場合、誤差の大きさは±0.03歩/秒程度であることがわかる。一般のマラソン走者のピッチの値は3～4歩/秒であり、±0.03歩/秒という誤差の大きさは約1%に相当する。このことから、本アルゴリズムによるピッチ算出結果が十分高精度であることが確認できた。また、この誤差の値はFFTを用いることによる離散化誤差の値より小さい値となっている。このことから、ピッチの算出誤差はほぼこの離散化誤差によるものであると考えられる。離散化誤差は計測時間をTとしたとき $1/T$ に比例するため、計測時間を長くすることによりピッチの算出精度を上げることができる。

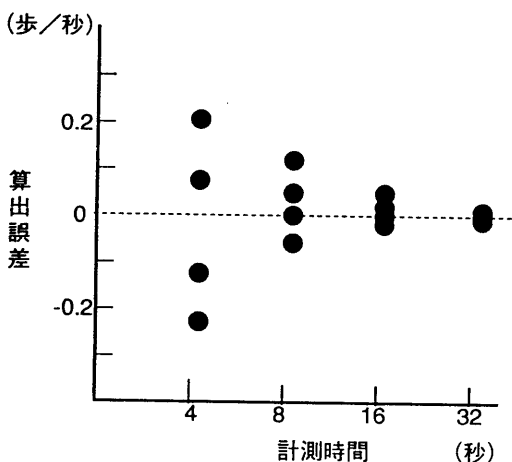


図5 ピッチの算出誤差

### 3.2 ストライド

ストライドは、ピッチの値とランナーの走る速度から以下の式を用いて算出することができる。即ち、ランナーのピッチをP (歩/秒)、速度をV (m/s) とした場合、ストライドS (m) は、

$$S = V / P$$

で得られる。

ランナーの速度は、移動中継車から送られてきているランナーの走行距離のデータと、ストライド算出用の計算機の内部クロックから算出することができる。また、ピッチの値は画像処理装置『章駟天』で既に算出されているため、容易にストライドを算出することができる。

### 3.3 ゴール予測

ゴールタイムの予測値は、先に求めたピッチおよびストライドの値と、移動中継車から送られてくる距離データから算出した。具体的には、ピッチとストライドの値からランナーの速度を算出し、ランナーがゴールに達するまで同じ速度を維持するものとして、ゴールタイムを予測した。従来のマラソン中継のシステムでゴールタイムの予測をする場合、5Kmおきのスプリットタイムのデータのみを利用していただけ、精度の高い予測をすることが困難であった。しかし、本システムでは各走者の走行速度の最新データをリアルタイムで求めることができるため、予想の精度を上げることができる。

## 4. システム

'89 大阪女子マラソンにおいて使用した実験システムの構成を図6に示す。本システムは現場の移動中継車に設置したテレビカメラおよび距離計測機器と、関西テレビ局本社に設置されたピッチ、ストライドの算出システムおよびゴールタイムの

予測システムから構成した。

#### 4. 1 ピッチ算出システム

ピッチ算出システムは、画像処理を行う『韋駄天』とそのホスト計算機のA50から構成されており、これらは関西テレビ局本社の副調整室に設置した。3台の移動中継車がカメラで捉えたランナーの画像は、マイクロ波回線を用いてヘリコプタ経由で副調整室に送信される。副調整室のオペレータは、3台の移動中継車から送られてくる画像の中から、スイッチャーを用いてピッチの算出対象となる1つの画像を選択する。この画像をデコーダを用いてNTSC信号からRGB信号に変換し、『韋駄天』に対して入力した。そして、『韋駄天』において算出されたランナーのピッチの値を、ホスト計算機のA50を介して表示用のマイクロコンピュータに転送した。

#### 4. 2 ストライド算出システム

ストライドの値は、移動中継車から送られる距

離データと『韋駄天』で算出されたピッチの値からA50を用いて算出した。ランナーと並走している移動中継車には各ランナーが現在何キロ地点にいるかを検出するために、ロータリーエンコーダを取りつけた。そして計測した距離データを自動車電話回線を介してA50に転送した。A50は、3台の移動中継車からのデータの中から現在解析中の映像に対応する距離データを選択する。そして、ランナーの走った距離とそれに要した時間から速度算出を行う。速度算出およびピッチ算出はA50を用いて同時に行なった。これらの算出結果からストライドの値を求め、その結果を表示用のマイクロコンピュータに転送した。

#### 4. 3 ゴールタイムの予測システム

ゴールタイムの予測システムは、データ入出力用、予想値表示用そしてデータ管理用のマイクロコンピュータから構成した。システムの構成を図7に示す。本システムは、我々が従来から開発していたコンピュータを利用した予想システムと、今

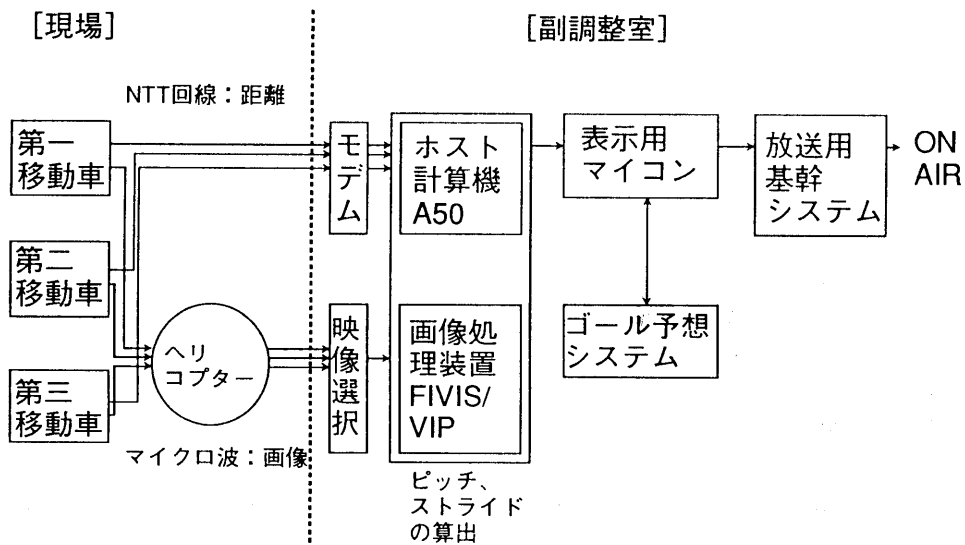


図6 実験システムの構成

ピッチ算出システムへ

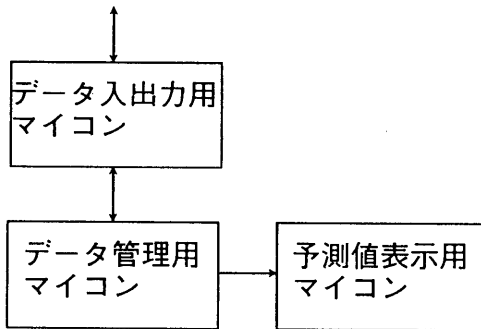


図7 ゴールタイム予想システム

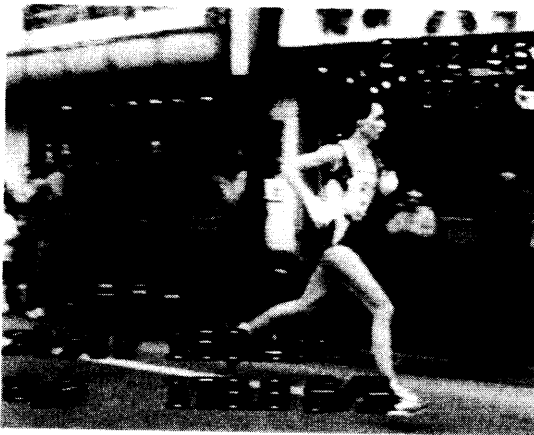


図8 ピッチおよびストライドの算出結果



図9 ゴールタイムの予想結果

回のピッチ算出システムと結合したものであり、従来から行われていたスプリットタイムを利用した予想のみでなく、ピッチおよびストライドのデータを利用して走者のゴール予想タイムを算出することができる。具体的にはA50で算出されたピッチとストライドの値を、このシステムへ転送し、現時点のランナーの速度からゴールタイム予想値を算出した。算出結果は、ピッチやストライドのデータ同様表示用マイクロコンピュータに転送される。

また、ゴールタイムの予想システムは、データ管理の役割も担っており、現場から送られてくる各ランナーの5キロメートル間門ごとのスプリットタイムは、データ管理用マイクロコンピュータに逐次入力されている。また、参加選手の過去の自己最高タイムなども予め入力されており、これらのデータは、表示用マイクロコンピュータからの要求に応じて出力され、放送用映像の生成に使用される。

#### 4.4 放送結果

算出したピッチおよびストライドのデータは表示用のマイクロコンピュータに送り、そこで管理を行った。そして、このマイクロコンピュータで生成した画像を放送用基幹システムに転送し、放映画像と合成した後に放送した。

37キロメートル付近において、トップランナーのピッチとストライドの値を算出し、その結果を用いて生成した放送用画像を図8に示す。また、この値からゴールタイムの予想を行った結果を図9に示す。予想タイムは2時間30分17秒であり、正式ゴールタイムの2時間30分20秒に極めて近い予測値を推定することで、好評を博した。

## 5. おわりに

マラソン放送において、画像処理技術を応用した試みは始めてであったが、多大な成果を得ることができ、多いに番組に貢献することができた。

また、今回の試みの中からいくつかの問題点も明らかになってきた。その一つに、集団で走っているランナーの中から特定のランナーのみをピックアップして計測することが難しいという点がある。今後、これらの問題点を解決し、さらに精度向上や省力化をはかるとともに、野球、ゴルフなどマラソン以外の各種スポーツ番組などへの画像処理技術の応用も検討していく予定である。

## 謝辞

本システムを開発するにあたり、多大な御協力をいただいた富士通研究所ならびに、関西テレビマラソンスタッフに感謝する。

## 参考文献

- 1) 佐々木他：“構造可変型ビデオレート画像理システム「章駄天」”，情報処理学会研資，CV27-1，1985.