

## 少数のパーティクルを用いた 競馬動画における特定騎手の追跡

平野廣美<sup>†</sup> 尾内理紀夫<sup>††</sup>

競馬中継または競馬動画中の特定の騎手を追跡する手法については、現在、ほとんど報告が無い。一般的なオブジェクト追跡については各種手法が報告されているが、競馬シーン独自の条件から、一般的なオブジェクト追跡手法を適用することには困難が伴う。本論文では、騎手のヘルメットおよび勝負服の色の組合せがユニークであることを利用して、数組の少数のパーティクルを用いる手法を報告する。パーティクルを用いることにおいては、対象のオブジェクト上に位置するように、背景差分の情報を用いて制限をかけている。これにより、パーティクル数を少数に抑えることができ、リアルタイムでの追跡も可能にしている。

### The jockey tracking in a horse race movie using a few particles

Hiromi Hirano<sup>†</sup> Rikio Onai<sup>††</sup>

Currently we can't find any paper about methods to track the jockey on screen of horse race. Many kind of methods that apply to object tracking have been proposed. But, in jockey tracking, it is quite difficult to track a jockey because conditions of a horse race scenes are very complex. This paper shows how our method can track the jockey and the horse of interest in a horse race with some set of color particles based on the unique combination colors of helmet and costume. Also number of particles are limited to few numbers using background subtraction. This idea leads to real time processing of the jockey tracking.

### 1. はじめに

弊社では、インターネットをベースにした多くの事業を展開している。市場事業を中核として、銀行、証券、トラベル、カード、野球団（楽天イーグルス）など多様に展開している。エンターテインメント系の事業である競馬事業もその一つである。競馬事業においては全国の地方競馬に関して、馬券の販売のほかレース情報、進行情報、出馬情報、オッズなど顧客の便宜を図るため、インターネットを利用した各種情報提供を展開している。ただ、競馬中継または動画中で特定騎手を追跡マーカで示すことは、未だ、サービス化できてない。

競馬ファンは、必ずしも特定のレースを観戦できるとは限らず、後日、都合がいいときにレースの様子を追跡マーカで見る事ができれば大いに参考になる。特に、全国の地方競馬を対象とした場合、遠く離れた地での競馬を観戦できることには大きなメリットがある。さらに、注目する騎手と馬の過去の出走の様子を、追跡マーカでいつでも参照できれば将来のレースでの的中確率を高めることができると考えられる。

しかしながら、追跡マーカを自動で付与することはかなりの困難を伴う。すべての騎手と馬は同じ姿形を持っている。反面、カメラアングルは出走始めからゴールまで対象依存で様々に変化する。また遠景や近景によるサイズの変化、フレームアウト、フレームインによる出現の有無、他オブジェクトによるオクルージョンも様々に起こる。また、舞い上がった土埃などにより画像に鮮明さが欠ける場合もある。

このような極端な悪条件のためか、特定騎手の追跡に関しては純粋な画像認識としての報告はほとんどない。本論文では、競馬観戦者が目的の騎手を視認しやすいように決められている騎手のヘルメットや勝負服の色とその組合せに注目した手法を開発し、その有効性を確認したので報告する。

### 2. 関連研究

競馬動画等における騎手追跡に関する論文はほとんど発表されてはいない。ただ、Bluetooth等の無線デバイスを騎手に装着して、そこから得られる位置情報を使用する方法は商用のシステム<sup>1),2)</sup>として存在している。これらは、確実に騎手を追跡することができる反面、手軽に実現できる方法ではない。また、騎手あるいは馬の鞍に装着するとなると、競馬主催者側や騎手、馬主等の許可が必要となるため、実現には相当の困難が予想される。

<sup>†</sup> 楽天株式会社 楽天技術研究所  
Rakuten Inc. Rakuten Institute of Technology

<sup>††</sup> 電気通信大学情報理工学研究所  
The University of Electro-Communications, Department of Informatics

騎手追跡を純粋な技術的問題としてみると、一般的なオブジェクト追跡の手法が応用できる。これまで、オブジェクト追跡に関する手法は各種提案されてきた。最もシンプルな方法としてはテンプレートマッチングが挙げられる<sup>3)</sup>。しかしながら、簡便に実現できる反面、計算コストが高く、リアルタイム追跡には向かない。また、競馬動画に出現する騎手や馬体が、ほぼ360度全方向からの映像であることを考えると、あらかじめ準備しておくテンプレートは多数必要となり、さらにパフォーマンスを悪化させることになる。ただ、動画の特質を生かして、現在のフレームから対象を含む小領域を切り出して、次のフレームでの探索に使用する方法もある<sup>4)</sup>。しかし、マッチングの計算には相応のコストがかかる。

同様に、動画の特質を生かした方法として背景差分(Background Subtraction)<sup>5)</sup>がある。これは、ビデオカメラを固定して対象を撮影した場合、背景はカメラに対して相対的に動かないため、連続したフレーム間で画像の差分をとることで、静止している背景の差分は、ほぼ無くなり黒で表現される。一方、対象にわずかも動きがあれば、差分が大きくなり、結果として動く対象を捉えることができるようになる。しかしながら、競馬動画の場合、カメラは騎手と彼が騎乗する馬を追っているため、背景の方が相対的に大きく動くことになる。また、対象もカメラに対しては絶えず動いているため、背景差分のみでは目的を達成することは難しい。

一般的なオブジェクト追跡に広く使われている技法として、パーティクルフィルタ(Particle filter)<sup>6),7),8)</sup>がある。多数のパーティクルを用いて、最も高い出現確率となるパーティクル集団を追いかけるものであり、パーティクル数によって計算コストが異なってくる。

本論文で提案する手法は、パーティクルフィルタと類似の手法ではある。ただ、その存在範囲を微小な領域となるように自然な制限を加えている。その領域では、対象の出現確率がほぼ1と見なせるようになり、粒子数を数個程度に抑えることができる。このようにすることで、実用的な処理速度を達成している。

### 3. 提案手法

競馬中継又は競馬動画中の映像を対象として画像認識を行う場合、多くの技術的困難を伴う。動画は一般的にサイズが小さく、画像品質も悪い。これは、対象を形で捉えることを困難にする。さらに、対象は似た形状となるので、形で区別することはできない。色を併用するとしても形は意味をなさなくなってくる。また、対象はトラックを周回するので、対象の見え方が異なってくる。これも、形で対象を区別することを困難にしている。

一方、勝負服の模様と配色は馬主固有の属性として決められており、ヘルメットの色も、観戦者の視認性をよくするため可能な限りユニークとなっている。即ち、ヘル

メットと勝負服の色の組合せを利用できれば、特定騎手の追跡に役立つことになる。ただし、勝負服の模様、すなわち形は、前述の理由からそれを追跡に利用することは困難である。また、馬に付けられている番号も同様に利用が難しい。

本論文では、特定の色属性を持った数個のパーティクルをフロック(Flock:群れ)とみなし、特定騎手の追跡に利用している。同一フロック内には、単一の色属性のパーティクルのみが含まれるようにしている。フロックは、各騎手毎にヘルメット用と勝負服用として、複数用いている。したがって、それらのフロックは、その位置関係から近傍に位置するという制約をかけることができる。

#### 3.1 パーティクルの群れ(フロック)

パーティクルは、単一のピクセル情報、座標値と色情報から構成される。ヘルメットや勝負服を表現するフロックは、このパーティクルを複数個含んでいる。また、フロックは、パーティクルの存在可能範囲を持っていて、空間的な配置に制約を加えている。図2は、競馬動画のフレーム上におけるパーティクルとフロックの様子である。

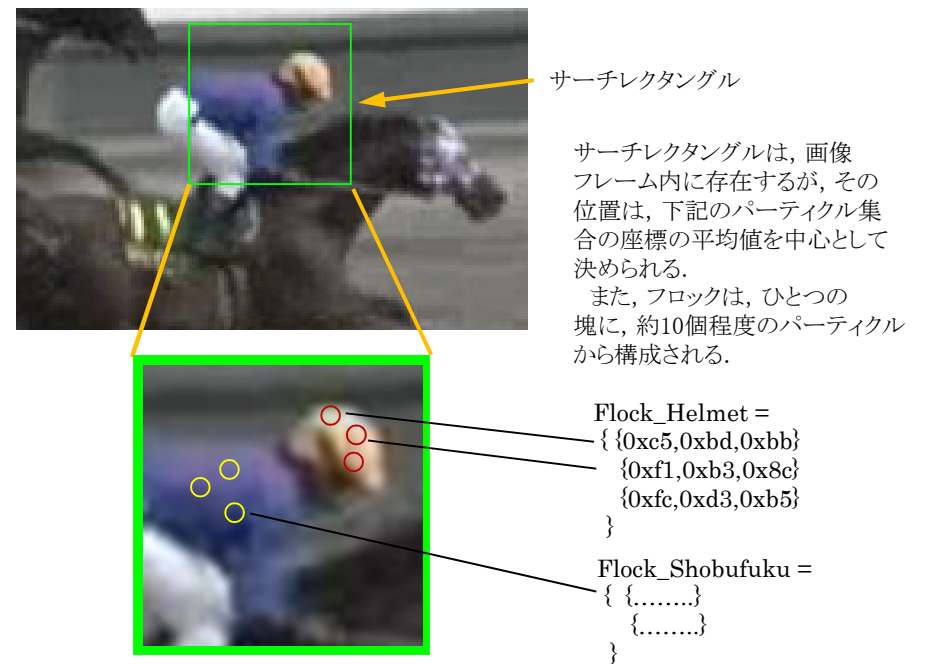


図 2 パーティクルとフロック

### 3.2 フロックを用いた騎手の追跡

フロックは一つの塊として、常に対象の特定位置近傍に位置させておきたい。競馬動画では騎手を追いかけるとして撮影が行われるため、フレーム内では、ほぼ固定位置に複数の騎手が写し出される。追跡は、図2の上の画像中に示した小矩形をサーチレクタングルとし、その内側のみを探索対象としている。

図3に時刻  $t$  と  $t+1$  での追跡の様子を示す。時刻  $t$  でのフレーム上のフロックに含まれるパーティクルの座標値を時刻  $t+1$  のフレーム上に採り、それを中心として9近傍の座標値に位置するピクセルを、時刻  $t+1$  でのフレーム上のパーティクル候補とする。それらの候補中から、時刻  $t+1$  のフロックが規定している範囲内の色情報のパーティクルを残す。この処理を時刻  $t+1$  のフロックが含んでいるすべてのパーティクルに対して行う。

このように、フレームが進む毎に更新処理を行う。この時、サーチレクタングルも更新される。この更新時、時刻  $t+1$  でのフレームにおいて、フロック内の全パーティクルの重心を中心として、規定サイズのサーチレクタングルを再定義する。

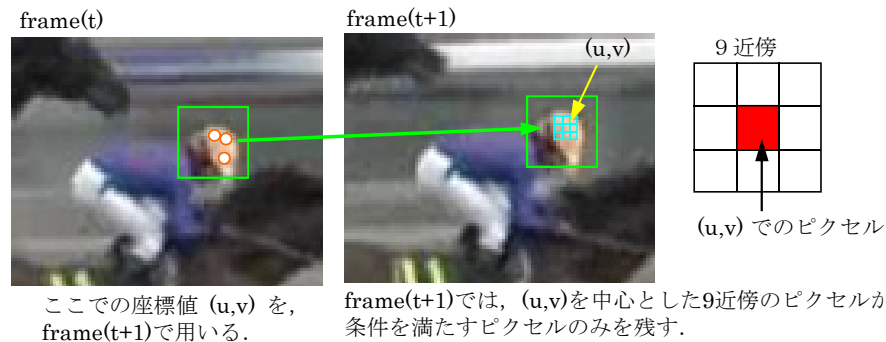


図 3 フロックの更新

更新毎に、フロックが含むパーティクルの数は、絶えず増減を繰り返す(図4参照)。また、騎手を特定するための色情報を含んだフロックは、ヘルメットと勝負服に割り当てようとしている。騎手の追跡時、これら2つのフロックの軌跡は交差するとしてもほぼ平行となる(図5参照)。



図 4 パーティクルの増減



図 5 フロックの軌跡

### 3.3 対象フロックの色変化

本論文では色情報とその配置のみを使用して騎手の追跡を試みた。そのためには、追跡初期の色が対象のズームインやズームアウト、向き、天候の変化に対して不変である事が要求される。色をHSVやCie-Labなど色相をパラメータとするカラーシステムで表現するとそのことが明確になる。屋外の太陽光(白色光)の元では、光が当たっている時や影になっている場合に限らず、色相値はほぼ一定を保つと考えられる。

ここでは、対象のズームインやズームアウト、及び向きの変化に対して色相変化がほぼ一定であることを確認する。図6は、ある騎手のヘルメットと勝負服に関する、色相環における位置である。

図7は、あるフレームにおける対象(同図、左に示す騎手)のヘルメットと勝負服の部分から複数のピクセルをサンプリングして、色相角と明度を色相環にプロットしたものである。左が対象の様子、円環部分の左側に示した数値は、直線の下が分布の標準偏差であり、上が平均値を示している。

図8は、一定のフレーム間隔におけるヘルメットと勝負服の部分のピクセルをランダムにサンプリングして、図6の色相環で示した色相角の平均と分散をプロットしたものである。平均は実線で示し、分散は破線で挟まれる部分で示している。

期待通り、色相遷移はほぼ一定であることが判る。

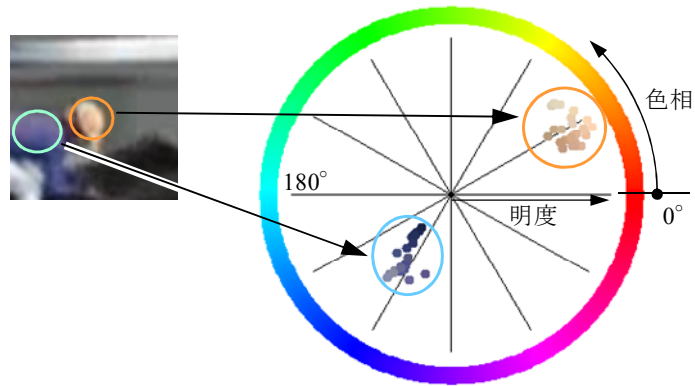


図 6 フロック内色付パーティクルの分散

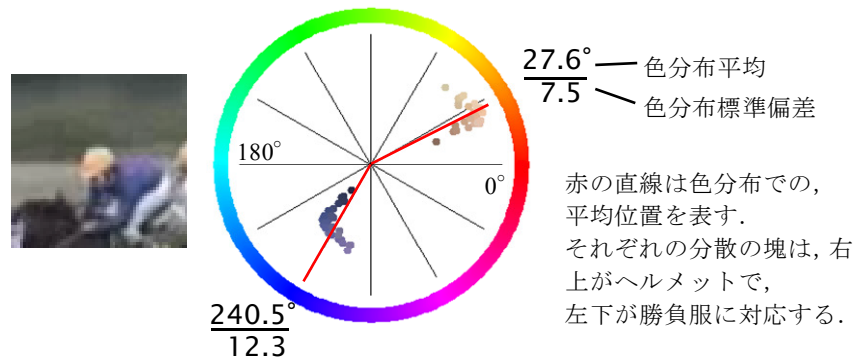


図 7 色相分散の平均と標準偏差

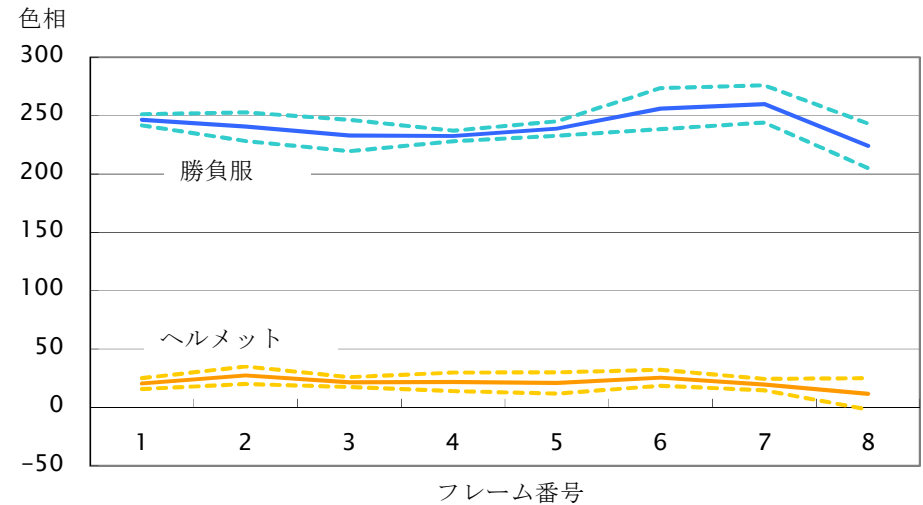


図 8 色相角の平均と分散の推移

### 3.4 背景差分による探索領域の絞り込み

競馬動画では、騎手と馬をカメラで追うため、背景は流れて行く。また、前景である騎手と馬にも動きがある。しかし、背景は比較的単純な流れであることと、その流れに起因すると考えられる動画特有の動きによるフォーカスのずれがあることから、背景差分を採った場合、背景はフレーム間での差がほとんど見られない。すなわち、背景部分は、ほぼ黒で埋められることが確認できた(図9参照)。この画像から、動きが激しいのは馬の頭部(鼻先)と騎手のヘルメット部分であることは、容易に確認できる。いずれも、進行方向とはほぼ直角をなす方向の動きである。

本論文では、背景差分を直接オブジェクトの追跡に利用するのではなく、パーティクルの存在範囲を限定する目的に使用している。色情報として役に立つのは、ヘルメット部分であることから、その動きから生まれる背景差分値を利用することでその目的を達成できると考えられる。

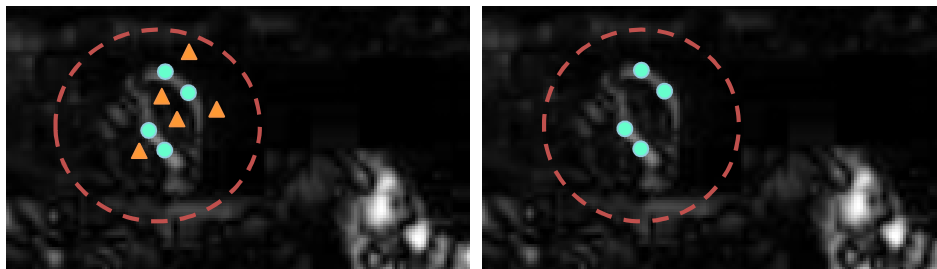
前述した、パーティクルの更新処理だけでは、いたずらにその数を増して行く危険性がある。勿論、数を限定する方法もあるが、有効なパーティクルのみを残す必要性を考慮すると、適切な方法ではない。ここでは、サーチレクタングル内での背景差分として得られた差分マップの差分値が大きい部分に位置するパーティクルを候補としている(図10参照)。これにより、パーティクル数を一定の範囲内に抑えることが

できるようになる。

図 11 は、背景差分ありの場合となしの場合とを示している。同図 11 から、背景差分ありの場合、パーティクル数はほぼ 10 個以内で推移していることが確認できる。



図 9 背景差分



(A) 選択前

(B) 選択後

選択前は、●と▲のパーティクルが候補として存在。差分が大きい場所の●を選択的に残す

図 10 パーティクルの選択

### 3.5 パーティクル数と処理時間

図 12 に、ある動画範囲における、パーティクル数推移と処理時間推移を示す。処理時間はパーティクルの処理が必要になった時に多少増えている。

また、処理時間は 5mSec~10mSec の範囲にほとんど納まっている。これは、人が動画を見たときに違和感を感じないといわれる 1 秒間あたり 30 フレーム、すなわち 1

フレームあたり、33mSec 以内に余裕を持って収まっている。

図 12 に、表示しているフレームの範囲は、400 フレームであるが、他の部分でも同様の結果であった。

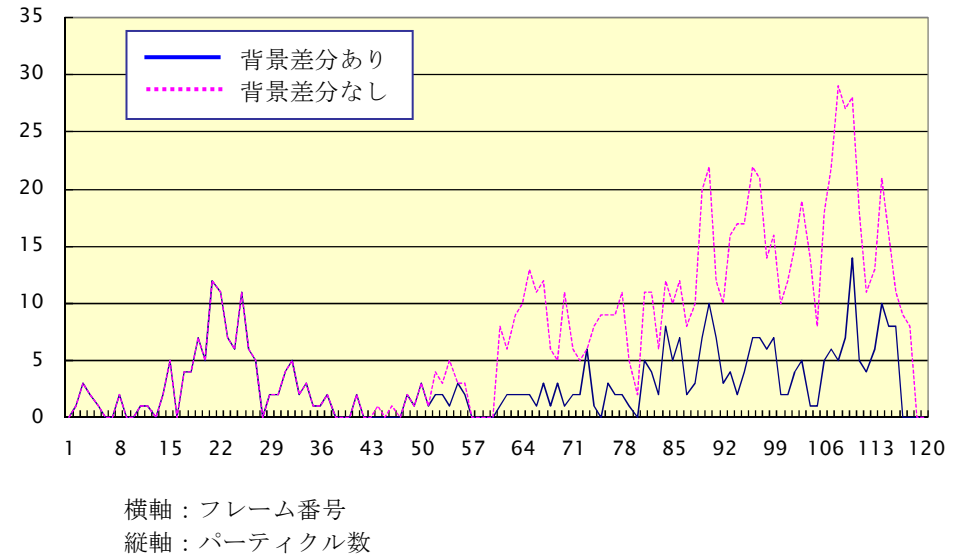


図 11 背景差分によるパーティクル数の推移

## 4. おわりに

本論文では、騎手の追跡問題について以下のような特質を考慮し、パーティクルフィルターでのパーティクルの考え方を修正すると同時に、背景差分を利用してパーティクル数を抑え、速度向上を実現できた。

- (1) 対象をカメラが追うという競馬動画の特性から、対象はフレームのほぼ同じ位置を占めている。
- (2) 従って、サーチレクタングルを仮定して探索範囲を限定できた。

また、速度の担保とは別に、色相がほぼ一定で推移することから、下記を確認で

きている。

- (3) 色相の変化が、天候や対象の大小には左右されない頑強な特性を持つことから、パーティクル数はたとえ1個でも追跡は可能である。  
図 11 から、パーティクル数が、0 となっても数フレーム程度なら追跡を継続していることが確認できる。

以上から、実用上十分な速度で追跡処理を実現することができた。

本手法は、競馬同様、競艇や競輪など、色のみで対象をユニークに特定できる場合にのみ有効であるが、勝負服等の色を併用することで、他の追跡にも応用できるものと考えられる。

なお、実際のサービス導入に先立って以下の項目について、今後、確認及び改良を行う予定である。

- (1) 20~30 本程度の競馬動画を使って、有効性を確認する。  
現状、5 本で確認。
- (2) ヘルメットや勝負服の色で無彩色（白，黒）を持つ対象の追跡を可能にする。  
現状、色味（色相）を持つ対象を考慮している。
- (3) 対象がフレームアウトした後、再度フレームインした場合の継続追跡。

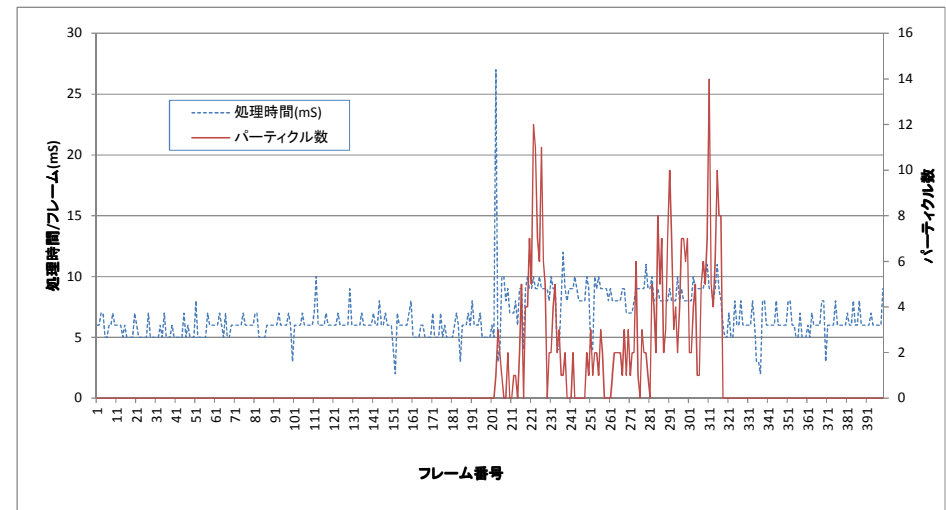


図 12 パーティクル数推移と処理時間推移

## 参考文献

- 1) IsoLynx Sports Tracking Technology  
[http:// finishlynx.com/isolynx/iso3\\_player\\_tracking\\_technology.html](http://finishlynx.com/isolynx/iso3_player_tracking_technology.html).
- 2) Nokia Sports Tracker  
[http:// www.sports-tracker.com/](http://www.sports-tracker.com/).
- 3) Wihelm Burger and Mark J. Burger: Digital Image Processing, Springer, pp.429-449(2008).
- 4) Y. Huang and X. H. Zhuang: Mtion-partitioned adaptive block matching for video compression, International Conference on Image Processing vol. 1,p.554(1995).
- 5) Y. Sheikh, O. Javed, and T. Kanade: Background Subtraction for Freely Moving Cameras, in Proc. ICCV, pp.1219-1225(2009).
- 6) Michael Isard and Andrew Blake:CONDENSATION - Conditional Density Propagation for Visual Tracking, International Journal of Computer Vision 29(1), pp.5-28(1998).
- 7) 樋口知之:粒子フィルタ, 電子通信学会誌, Vol.88, No.12, pp.989-994(2005).
- 8) B. D. Lucas and T. Kanade: An iterative image registration technique with an application to stereo vision, Proceeding of the 1981 DARPA Image Understanding Workshop, pp.121-130 (1981).
- 9) P. Perez, C. Hue, J. Vermaak, and M. Gangnet: Color-Based Probabilistic Tracking, ECCV 2002, LNCS 2350, pp. 661-675(2002).