

色距離法によるカラーマーキングを施した移動対象像の リアルタイム骨格表示

井上篤 野田健一

拓殖大学大学院工学研究科
〒193 東京都八王子市舘町 815-1
E-mail:ainoue@cs.tskushoku-u.ac.jp

人体・動物等複雑な構造をしている移動物体の映像から、その物体の骨格を認識し、リアルタイムにその骨格運動を表示する技術は、移動物体の運動解析等に有用であり、テレビ放送番組では、各種のデモンストレーションや、ショウの目的で利用され、実現している。しかし、その多くものは特注の専用プロセッサ等高度の機器を利用するものであり、手軽には利用できない。そこで、本論文においては汎用パーソナルコンピュータを利用した骨格表示システムについて検討し、部分領域法を用いることにより、リアルタイム処理が可能となった。

Color-marked moving material skeleton extraction by color distance method and skeleton movement display in real time

Atushi Inoue and Ken-ichi Noda

Computer Science Dept. Faculty of Engineering, Takushoku University
1, Tate-machi-815, Hachioji-shi, Tokyo 193, Japan
E-mail:ainoue@cs.takushoku-u.ac.jp

To recognize extract skeleton of complicated moving body images such as human or animal, the target extraction by color distance method, center point decision method by distributed center region method and plaural region extraction have been proposed. Experiments have been carried out and the effectiveness of the algorithm has been confirmed, and various characteristics such as recognition factors, accuracy are examined. Real time skeleton display system has been constructed by using conventional personal computers. Recognition performance and real time operation expandability of detected points have been experimentally examined.

1. はじめに

動画像中からの移動対象物の発見や認識等は、画像処理の分野の中でも重要な課題の一つとなっている[1][2][4]。その分野の一つに、移動対象物の骨格運動表示がある。これは、移動対象物に施された特徴点を認識・抽出することにより、骨格運動表示を行うものである。テレビ放送番組では、野球のバッターのスイングや、ゴルフのスイング等の骨格運動表示を行い、運動解析を行っている。しかし、それらの多くは特注の専用プロセッサ等高度な機器を使用しており、決して手軽に利用できるとは言い難いものであった。そこで本研究では、汎用的なパーソナルコンピュータ（富士通 FM-TOWNS 486DX2-40MHz 320×240 Pixel）を使用して、移動対象物の骨格運動表示をリアルタイムに行うシステムについて検討した。

骨格運動表示の手段としては、人体の主な関節部等複数箇所に施された、それぞれ色の異なるマーク（以下カラーマーキング）の色を抽出し、その色を基に骨格構成を行う方法を用いた。マーキングを用いた移動物体認識については、すでに他に実施例[3]があるが、本システムにおいてはより安定で簡易なアルゴリズムを求めて色距離法[1][2]を用いた。また、より高精度で高速な抽出を行うために様々な方法を検討し、最終的には部分領域法を用いることにより、リアルタイム骨格運動表示が実現した。

2. システム概要

本システムの構成を図1に示す。カラーマーキングを施した被写体、それを撮影するビデオカメラ、画像処理、基準点計算、骨格フレームワーク構成を行うパソコン、処理結果を表示するディスプレイからなる。

ビデオカメラによって撮影された画像は、A/D変換されパソコンに入力される。デジタルに変換されたデータを、色距離法を用いて色の抽出を行い、横連続度法か分布中心法を用いて抽

出されたカラーマーク像のそれぞれの基準点を決定し、その基準点を基に骨格構成を行い、ディスプレイに表示する。また後述する3.2において撮影環境は、単一色の背景、背景色とカラーマーキングの色が近似していないことが条件となる。

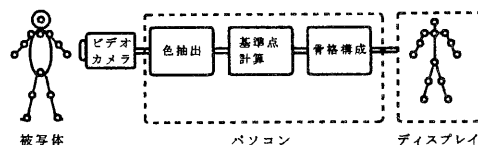


図1. システム構成図

3. 色の抽出アルゴリズム

人物の骨格運動表示を行うには、カラーマーキングの色を抽出する必要がある。人物の全身像の骨格表示を行うためには、少なくとも10色以上のカラーマークが必要と考えられる。異なる複数の色の抽出を高速、高精度に抽出できるアルゴリズムについて検討した。

3.1 色距離法を用いた色の抽出

本システムでは、画像信号としてRGB各5bitのカラー画像を用いている。そこで、色の抽出処理を行う前に、それぞれの色がビデオカメラに撮影されるとどのようなRGB成分で構成されるのかを調べるために、パソコンに基本色として記憶させておく。そして、色の抽出処理のため検出領域内を走査する際、探索対象となるピクセルの色が記憶しておいた基本色と近似しているかどうかを調べるのには、色距離法を用

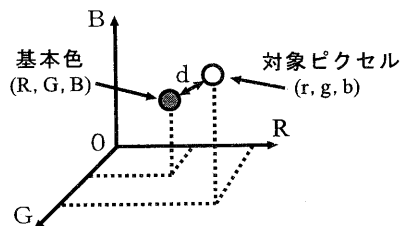


図2. 色距離法の概念

いる。色距離とは、図2のように RGB 3次元空間に、基本色と探索対象ピクセルの色の RGB 成分をそれぞれプロットした時の、その两点間の距離のことである。この距離 d があらかじめ設定されたしきい値より短ければ、探索対象となるピクセルの色は基本色と近似していると考え、パソコンに抽出対象物と認識させ、画面に表示させる。

表1と図4は図3の10色のカラーマークを基本色として取り込んだ際の、R,G,Bそれぞれの値の表と、各値を RGB の3次元空間上にプロットした図である。図3のカラーマーク像を得るためには、図4の RGB 3次元空間上に検出領域内のピクセルの RGB 値をプロットし、色距離の条件を満たしていれば抽出処理を行う。カラーマークの色の設定の際には、この3次元空間を参考に色がばらつくように注意する。

表1. RGB 値

	R	G	B
No.1	21	9	6
No.2	6	8	15
No.3	24	24	12
No.4	7	14	13
No.5	17	23	13
No.6	19	16	24
No.7	17	24	20
No.8	30	24	26
No.9	12	18	22
No.10	30	23	16

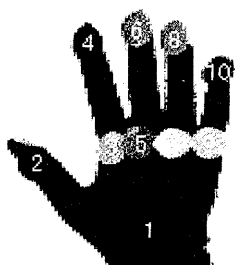


図3. カラーマーク画像

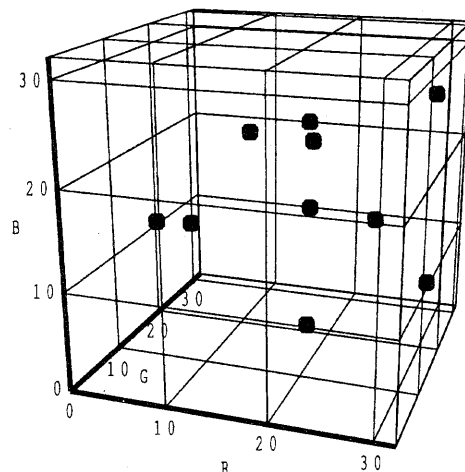


図4. RGB 3次元空間

3. 2 色距離法と背景除去法の併用

色距離法を用いて色の抽出を行う際、撮影した画像の背景にカラーマーキングの色に近似する色があると、その箇所も抽出してしまい、正確な処理が行えない可能性がある。そこで、背景除去法を併用することによって、カラーマーク像以外の像を画面に表示させない方法考えた。

背景除去法とは、カメラを固定して撮影する場合、移動物体が映っている箇所以外は色情報が変化しないことに着目し、抽出処理を行う前の画像を背景像として記憶しておき、その背景像と入力画像を比べ色情報が変化している箇所のみを画面に表示する方法である。

この背景除去法を色距離法と併用した場合、抽出の精度は向上したが、処理速度が色距離法の場合に比べて約40%遅くなる欠点が生じた(抽出色数3色, 検出領域 180×180 [Pixel])。本研究ではリアルタイム処理を目標としているので、処理速度の低下は望ましくない。従って、背景が単一色で、背景色とカラーマーキングの色が近似していない撮影環境においては背景除去法は不必要と考え、以後の研究は上記の撮影環境で行うことを条件とし、色距離法のみで色の抽出を行うことにした。

4. 基準点の設定

色距離法によって抽出された複数のカラーマーク像の間を線で結ぶためには、カラーマーク像のどこを基準に線を引くかが問題となる。本システムではカラーマーク像の基準点を求めるアルゴリズムとして、検出領域全体のカラーマーク像のピクセル分布に着目する分布中心法と、本システムで使用する画像処理部のビデオメモリの特性上、画像の色情報の取得はラスタ走査により行うのが最も効率がいい事を利用し、カラーマーク像の横幅に着目する横連続度法の2つの方法について検討した。

4. 1 横連続度法

抽出されたカラーマーク像の横幅に着目し、像を構成するピクセルが横方向に最も連続したラインの中点を像の基準点とする方法である。画面をラスタ走査し、カラーマーク像と認識されたピクセルが発見されると、像と認識されるピクセルがとぎれるまで連続してカウントする。一画面分の走査が終了したときにカウントが最も大きいラインの始点と終点から基準点を求める。(図5)

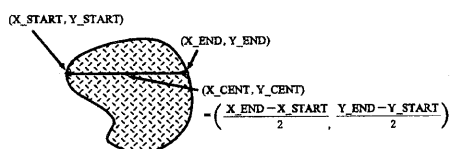


図5. 横連続度法

4. 2 分布中心法

画面内に映っている、色距離法によって抽出されたカラーマーク像は、像を構成するピクセルの集合体と考えることが出来る。この点に着目し、抽出されたピクセルの x,y それぞれの座標の加算を検出領域全体に対して行い、その総和を検出されたピクセルの総数で割ることにより得られた座標が、抽出されたカラーマーク像の基準点と考える。(図6)

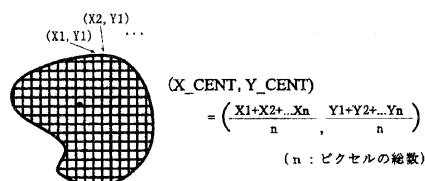


図6. 分布中心法

4. 3 横連続度法と分布中心法の比較

上記の2つの基準点設定法についてそれぞれの長所・短所について検討した。

横連続度法で基準点を設定する場合、求められる基準点はカラーマーク像のもっとも横幅があるラインの中点となる。そのため、時間的にカラーマーク像の形が変化している場合は、基準点の位置が像の最上部から最下部のライン内を頻繁に移動する可能性がある為、骨格構成を行うと骨格の線がちらつくことが考えられる。

しかし、カラーマーク像のピクセル分布に着目している分布中心法で基準点の設定を行う場合、求められる基準点は像の重心となる為、像の形の変化の影響は少ない。分布中心法の欠点は、検出領域内にカラーマーク像以外に誤認識されて抽出されたノイズ成分が存在する場合、得られる基準点の値がノイズ側に引っ張られてしまい、正確な値にならなくなるが、3. 2で決定した撮影環境ではノイズ成分が存在する可能性はきわめて低いので、この問題は解決できる。また、後述する検出領域の複数化を行う際には、得られたカラーマーク像の基準点が次フレームの検出領域の決定要素となっているため、設定される基準点は像の中心付近が望ましい。以上のことから、現時点では基準点の設定方法は分布中心法を用いることとする。

しかし横連続度法も、今後の研究の発展型として、ノイズ成分が多い自然シーン中での処理を考えた場合には、有効であると考えられる。

5. 骨格構成

基準点の設定後、骨格構成を行う。骨格構成

の手段は、カラーマークの基本色を取り込む際に、取り込んだ順番がその色のナンバーとする。そして、そのナンバーを基に骨格構成を行う。骨格構成を行う際には、骨格表示の形状によりそれぞれ個別のプログラムを作成する必要がある。

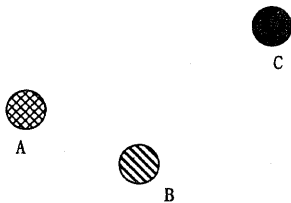


図 7. 3色のカラーマーク

例えば、図7のような3つのカラーマークをAを始点、Bを中間点、Cを終点として骨格構成を行う場合、まず、ABCの順に基本色として取り込むこととする。そして次に、考えられる骨格構成のパターンを想定する。この場合は、図8の様な3つのパターンが考えられる。図8より、カラーマークA,B,Cすべての抽出、A,Bの抽出、B,Cの抽出の場合だけ骨格構成を行えばいいことがわかる。以上のことから、図9のようなフローチャートを考える。これは、カラーマークABCがどのように抽出されたかによって、図8に示す3種の骨格構成のうちのどのパ

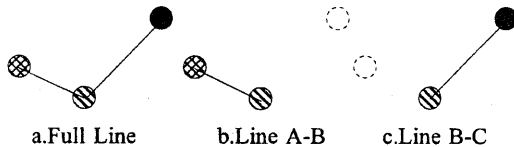


図 8. 3種の骨格構成パターン

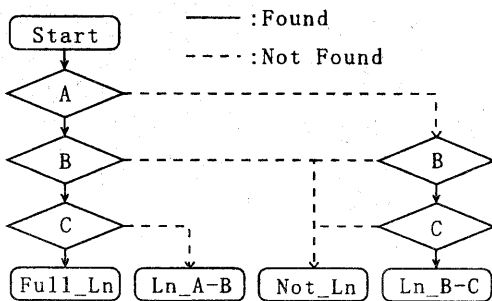


図 9. 骨格構成のフローチャート

ターンを用いるか、あるいは、骨格構成を行わないかを決定するものである。そして、このフローチャートを基に骨格構成プログラムを作成する。

6. 速度に関する検討

以上の各処理を用いて骨格運動表示を行ったが、その処理速度を、 $100 \times 100[\text{Pixel}]$, $180 \times 180[\text{Pixel}]$, $300 \times 200[\text{Pixel}]$ の検出領域に対して、それぞれ、3色、6色、9色のカラーマークを抽出する場合の、1秒間に表示できるフレーム数で示すが(図10)、速度的に問題がある。

また、検出領域が大きくなるのに比例して、処理速度が低下しているのがわかる。骨格運動表示を行う際には、全画面($320 \times 240[\text{Pixel}]$)に対して処理を行える事が望ましいので、検出領域の設定にも問題があるといえる。

そこでシステムの高速化とより広い範囲で処理を行える方法として、以下のような方法を考案した。(ここで述べるフレームとは、1画面分の処理が全て終了した時点で1フレームとする。)

6. 1 部分領域法

図12は手形の画像の骨格構成を行った結果を示しているが、処理結果画像である図12.bをみると、検出領域全体に対してカラーマーク像が抽出され表示されている部分は、全体の1割にも満たない、それ以外の部分はすべて色距離の条件に合わず除去されたものである。本システムでは検出領域内の1ピクセルを処理する際には、抽出するカラーマークの色数分の色距離をその1ピクセルに対して調べる。例えば5色のカラーマークを抽出する際には、1つのピクセルに対して5つの色距離が求められる。そしてその色距離の中から、条件に合う(基本色と近似している)色距離がないか調べ、どれも条件に合わない場合そのピクセルの色情報は除去されその箇所は黒く表示されることとなる。以上のように、1つのピクセルに対して、その

ピクセルが条件に合わないピクセルだとわかるまでに、手間がかかる上に、それらのピクセルは検出領域の大部分を占めている。このことが処理速度が低下する原因と考えられる。

この問題を解決する手段として考案したのが、部分領域法である。部分領域法とは、複数のカラーマークにそれぞれ個別に小さな検出領域を設定し、それらを移動させる方法である。検出領域を移動させるには、領域内でカラーマーク像が抽出されたら、分布中心法もしくは、横連続度法を用いて基準点の設定を行うが、この基準点を次の検出領域の中心点とし、これを繰り返すことで可能となる(図11)。この方法でリアルタイム処理が可能だと仮定するならば、1/30[sec]の間にカラーマークが移動する距離は僅かだと考えられるので、それぞれのカラーマークの検出領域の大きさは小さくできると考えられる。

また、部分領域法を用いることにより、カラーマークに使用する色の種類を減らすことができる。従来の方法だと、1つの検出領域内で全てのカラーマークを抽出する必要があった為、全てのカラーマークを異なる色に設定することによって、それぞれの区別をしていたが、部分領域法では、全てのカラーマークに対してそれぞれ個別に検出領域を設定しているため、1つの検出領域では1つのカラーマークしか抽出しない。よって、1つの検出領域に複数のカラーマークが存在する可能性が無い場合には、その箇所のカラーマークには同じ色を用いることができる。

以下に部分領域法の利点を挙げる。

- (1) 検出領域の総面積の大幅な縮小化。
- (2) 検出領域が移動可能になったため、全画面(320×240[Pixel])に対して処理が可能となる。
- (3) 検出領域をそれぞれのカラーマークに対して設定するため領域内の1ピクセルに対する計算回数が減少するため処理が高速化。
- (4) カラーマークに用いる色数の減少。

以上のような利点を持つ部分領域法を用いて、それぞれ20×20[Pixel]の検出領域に対する、3色、6色、9色の色のカラーマークを抽出する場合の処理速度を図10に示すが、上記の条件ではリアルタイム処理が可能であるとわかる。

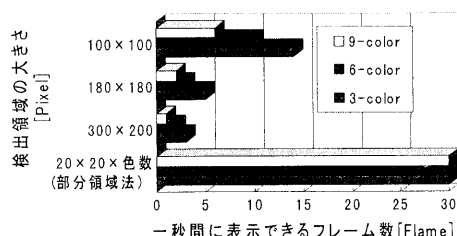


図10. 処理速度

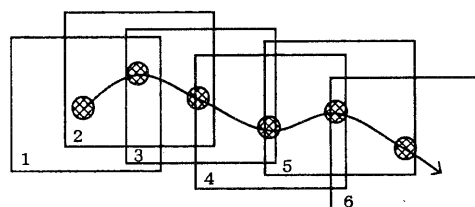


図11. 領域移動の概念

6. 2 処理結果画像

図12と図13に手形と人物の上半身の骨格表示前と表示後の画像を示す。図12は部分領域法は使用しておらず、抽出色数10色、検出領域180×180[Pixel]となっている。図13は部分領域法を使用しており、抽出色数は9色、検出領域はそれぞれ20×20[Pixel]となっている。

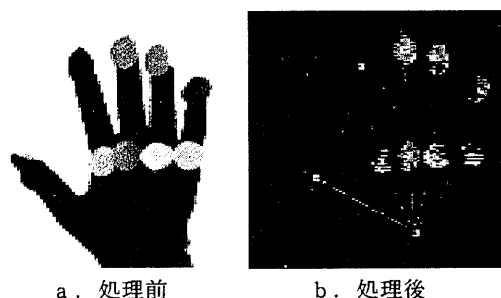
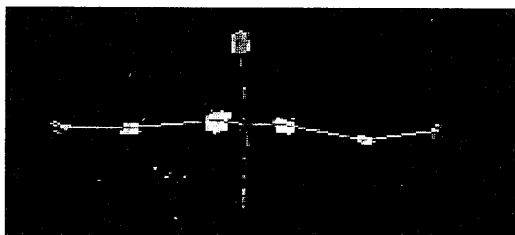


図12. 処理結果



a. 処理前



b. 処理後

図13. 処理結果

7. システムの問題点と今後の展開

本システムでは、色距離法により抽出されたカラーマーク像を基に骨格構成を行っているが、カラーマークを使用する際に問題点がある。

現時点では、カラーマーキングには色紙を身体各部に張り付ける方法を用いているが、この方法だと張り付けた色紙の表面が、カメラに対して正面を向いていないと、カメラに映るカラーマークの色情報に変化するため、カラーマーク像を抽出できないことがある。そのため、常にカラーマークの表面をカメラに向けていなくてはならないので、被写体の動きにも制限がある。この問題を解決するためには、カラーマークの素材に球状のものを使用すると、基本色と近似した色情報が球体のどこかには存在する可能性が高くなるので、抽出できる確率が高くなると思われる。

今後、このシステムを発展させるためには、自然シーン中での骨格運動表示が考えられる。検出領域の複数化により、処理速度が大幅に向上したため、色距離法と背景除去法を併用してもリアルタイム性は損なわれることはないと思われる。また、検出領域も小型化しているので、

抽出処理に背景除去法を併用することによって、領域内のノイズ成分が減少するため、正確な抽出が行えると考えられる。

8. おわりに

カラーマーキングを施した人体に、色距離法を用いる色の抽出を用いてカラーマーク像を抽出し、抽出された像の基準点を求め、骨格構成を行うことにより、リアルタイムに人体の骨格運動表示を行うシステムについて検討した。当初検討していたシステムでは、リアルタイム処理は困難であると考えられたが、検出領域を小型化し複数化する部分領域法を用いることにより、汎用的なパーソナルコンピュータでもリアルタイム骨格運動表示が可能であることがわかった。また、カラーマークの形状に球体のもを用いることにより、より安定した処理が可能である事を指摘した。

参考文献

- [1] 山本, 村井, 番匠, 野田, "ステレオビジョンによる移動物体の追跡", 情処学会研究会, 96-CV-99-4, pp. 21-27, 1996.
- [2] 村井, 番匠, 山本, 野田, "投球された野球ボールの自然シーン中からのボール像の抽出と追跡", 情処学会論文誌, vol. 37, No. 1, pp. 163-166 (1996).
- [3] 吉野, 川嶋, 青木, "カラー手袋を用いた手話認識手法" 情処学会研究報告, 95-CV-95, pp. 51-58, 1995.
- [4] 鈴木, 中根, Sklansky, "時空間輪郭積分法による動柔物体の抽出", 情処学会論文誌, vol. 34, No10, pp. 2184-2191 (1993).