

複数カメラ間の色補正技術*

外館弘理†

横光澄男†

佐藤正章†

松下電器産業(株) パナソニックシステムソリューションズ社

技術本部 開発センター†

1. はじめに

近年の犯罪の増加、またテロ対策の一環として、物理セキュリティ市場は拡大の一途をたどっている。中でも、映像監視システムは、監視カメラの低価格化を受けて大規模化が進んでいる。しかし、大規模化によって、新たな問題が発生している。例えば、大量の記録映像からの所望シーンの目視確認は、極めて困難である。このような背景から、従来人に依存していた監視業務の自動化・省力化を実現するために、画像処理を用いたシステムのインテリジェント化の要望が高まっている[1]。例えば、撮像画像の動きを検出し、動きが発生した期間のみ高画質・高レートで保存するVMD(Video Motion Detector)機能はその一例である。

我々は、より高度な画像処理機能を用いて、人物の顔、着衣色を用いた人物検索システムの開発を行っている[2]。このシステムは、動き領域が人物であるか判断すると共に、一連の映像から人物が最もよく撮像されている瞬間を検出し、顔、着衣色のメタデータを抽出、データベースに登録する。その後、「赤色の上着」といったユーザが指定する属性に基づいて、データベース内のメタデータを用いて人物検索することにより、所望の人物の検索を行う。

複数カメラで人物検索システムを構成する場合、カメラ毎の色表現の偏りが大きな課題となっている。

カメラ毎の色表現の偏りを引き起こす要因は、①静的要因と②動的要因に大きく分けられる。①静的要因はカメラ機種差、設置環境下の光源差(蛍光灯・白熱灯など)に起因し、②動的要因は、日照変動の影響などにより時刻と共に光源が変動することに起因する。

このような様々な要因により、同一物体、かつ同一色であるにも関わらず抽出される色のメタデータが異なってしまう、人物検索精度に大きな影響を与えてしまう。

静的要因を吸収するアプローチとして、カメラ間で視野の重なりを設けたり、予め基準となるカラーチャートをカメラ毎に撮像した後、出力特性を校正したりする方法がある[3]。しかし、上記方法ではカメラ配置に多くの制約が生じると、動的要因には不十分である。

本稿では、カメラ配置によらず、静的要因と動的要因を吸収する複数カメラ間の色補正技術について報告する。①静的要因に対しては、予め基準となるカラーチャートをカメラ毎に撮像する静的色補正処理を行い、②動的要因に対しては、予め保持している背景色情報と現時刻の

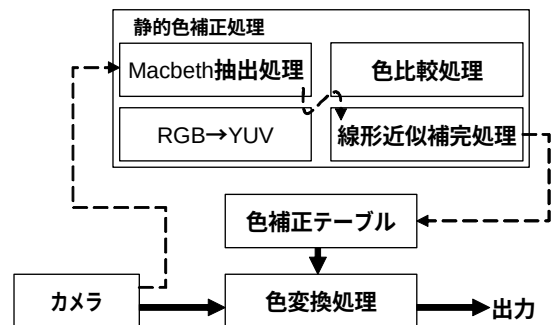


図1. 静的色補正システムの処理ブロック図
(点線：カメラ設置時 実線：運用時)

背景色情報を比較し、時間的な色変動を用いて逐次色補正を行う動的色補正処理を行う。

2. 色補正システム

本稿で提案する色補正システムは、静的色補正処理と動的色補正処理から構成される。

以下に、静的色補正処理、動的色補正処理について説明する。

2-1. 静的色補正処理

カメラには、人が見やすいような画像補正処理が実装されている。例えば、松下電器製監視カメラのスーパーダイナミック機能は、明暗が激しい場面で暗所のみダイナミックレンジを自動調整することにより、人が見やすい画像にしている。このようなカメラ内部の画像補正は、機種毎に異なるアルゴリズムで実装されている。そのため、機種間に色の偏りが生じてしまう。また、色の見え方は光源と物体反射率から決定されるため、光源差によっても、色の偏りが生じる。

この色の偏りを、静的色補正処理で吸収する。図1に静的色補正システムのブロック構成図を示す。

まず、撮像環境下で代表的な色を数色抽出する。本稿では、Macbeth Color Checkerの有彩色18色＋無彩色6色を使用した。カメラで撮像された24色の測定値と、Macbeth Color Checkerが持つその色固有の理論値を、UV色空間上で比較し、差分を色補正テーブルに格納する。また、Macbeth Color Checker以外の色成分は、撮像した有彩色18色と無彩色6色の位相(色相)情報を用いて線形近似補完を行った。

この処理をカメラ設置時に全カメラで行い、運用時色補正テーブルを用いることで、静的要因によるカメラ間の色の偏りを吸収する。なお、UV色空間を用いたのは、Digital Signal Processor(DSP)を用いて高速に処理するためである。

*Color Calibration technology of Inter-Camera

†Development Center, Panasonic System Solutions Company, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

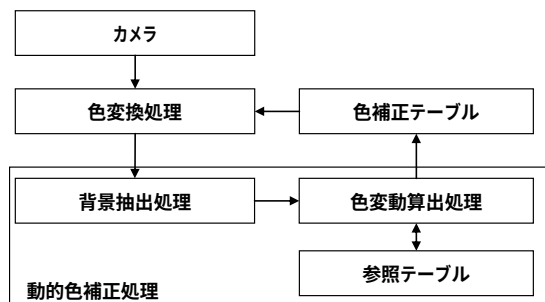


図2. 動的色補正システムの処理ブロック図

2-2. 動的色補正処理

動的要因に対しては、背景の色変動情報を用いて補正を行う。予め基準となる背景色情報を保持しておき、現時刻の背景色情報と保持した背景色情報を比較する。差が存在した場合、時間的な色変動が発生したと判断し、色変動量に対応した補正値をフィードバックする。この処理を一定間隔で行うことにより、動的な色補正を実現する。また、カメラに撮像されている背景情報を用いるため、カメラを任意の場所に配置できる。

図2に動的色補正システムのブロック構成図を示す。色補正テーブルは「2-1. 静的色補正処理」で生成したものをを用い、参照テーブルには、基準となる背景色情報を格納する。色変換処理は、カメラの撮像画像を色補正テーブルに基づいて色変換を行う。なお、人物検出システム[2]で行う顔検出処理、色抽出処理は、色変換処理の出力を用いて行う。

以下に、それぞれの処理の詳細について記述する。

2-2-1. 背景抽出処理

最小二乗メディアン法 (Least Median of Square) を用いて背景画像を抽出する。最小二乗メディアン法による背景抽出処理とは、時刻 n の (x,y) 座標の画素を f_{xy}^n とすると、(1)式を満たす f_{xy}^h を (x,y) 座標の背景画素とするアルゴリズムである。

$$\min \quad \text{med} \left\{ \left(f_{xy}^n - f_{xy}^h \right)^2 \right\}_{n=1}^T \quad (1)$$

2-2-2. 色変動算出処理

予め基準となる背景の位置/色情報を参照テーブルに格納しておく。その後、一定間隔で、現時刻の背景色情報と格納された背景情報と色比較を行う。色比較には、UV色空間のユークリッド距離を用いる。ユークリッド距離が閾値以上の場合、色変動量に対応した補正値を色補正テーブルにフィードバックする。

3. 実験結果

光源・機種差に対する静的色補正処理の評価を行った。図3に実験環境を示す。光源は D65/蛍光灯/白熱灯を用い、カメラは松下電器製 WV-CP470/WV-CP480/AW-E560 の3タイプのカメラを用いて、全9種類の環境で実験を行った。また、時刻によって光源が変動しないよう暗室を使い、カメラ設定値は工場出荷時とした。

静的補正処理を行い、色補正テーブルを生成する(図3(a))。その後、任意に選んだ評価色 52 色を撮像し、上記色補正テーブルを用いて色補正を行った場合(図3(b))

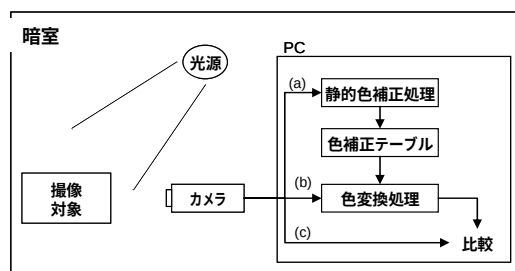


図3. 実験環境

と、色補正を行わなかった場合(図3(c))について、評価を行った。評価指標には、測定値と色彩輝度計から導き出した理論値の UV 色空間の位相差(色相差)を用いた。

結果を表1に示す。9.5/14.9=63.8%の位相誤差を削減し、52色中38色の精度向上を確認した。

表1. 色理論値と測定値の位相誤差(色相差)の平均

補正無し	14.9
補正有り	9.5

4. おわりに

本稿では、静的要因と動的要因を吸収する複数カメラ間の色補正技術について提案した。静的要因に対しては、予め基準となるカラーチャートカメラ毎に撮像する静的色補正処理で吸収し、動的要因に対しては、予め保持している背景色情報と現時刻の背景色情報を比較し、時間的な色変動を用いて逐次色補正を行う動的色補正処理で吸収する。実験結果より、平均誤差が 63.8%削減したことを確認した。しかし、60%誤差が増加した評価色も存在した。これは、Macbeth Color Checker の位相の相関関係が逆転する箇所が存在したためである。このような逆転現象を考慮せずに線形近似補完を行うと、近似精度が極端に悪くなってしまうため、更なる検討が必要である。また、動的色補正処理の評価については、今後行う予定である。

現在は PC 上での評価検討中の段階であり、今後は専用ハードウェアへの実装を行い、安価なシステムとして提供できるようにしていく。

なお、本技術は、平成 17 年度総務省の委託に係る「ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する研究開発」の結果、得られたものである。

参考文献

- [1] “A System for Video Surveillance and Monitoring: VSAM Final Report”, R.Collins et al, Technical report CMU-RI-TR-00-12, CMU, 2000
- [2]”服装・顔を用いた人物検出システム”, 佐藤正章他, 第11回 SSII05, 2005
- [3]”Color Correction Methods with Applications to Digital Projection Environments”, J.Yin et al, Journal of the Winter School of Computer Graphics, 2004
- [4]”屋外環境におけるテンプレートハフ変換を用いた顔検出方法”, 高田雄二他, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001