

白黒防犯カメラに、簡単・低コストで、色（カラー）情報獲得能力を付与する方法

記録画像復元研究会では、白黒防犯カメラに、簡単・確実に、色（カラー）情報獲得能力を付与する方法を開発しました。色情報は、捜査において、きわめて重要であるが、白黒の防犯カメラも多く設置・運用されている。これら全国で運用されている白黒防犯カメラに、低コスト・簡便・確実に、色（カラー）情報獲得能力を付与できるようにしたことは、社会的に大きなインパクトがあることと考えます。

【原理の詳細な説明】

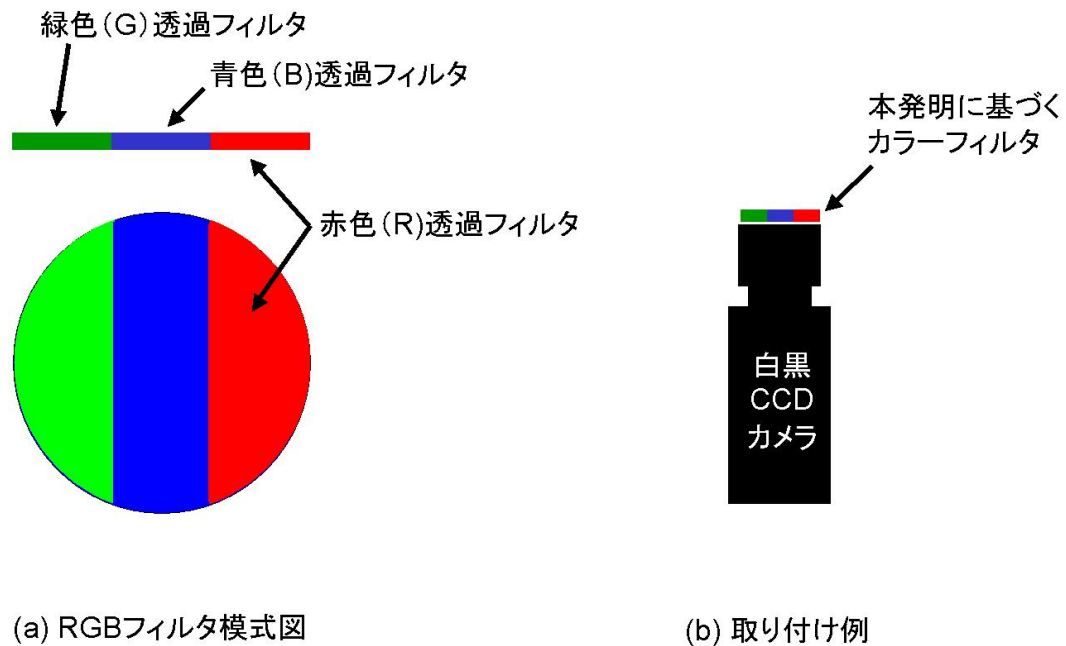


図1 本発明に基づくカラーフィルタ

図1に、本発明に基づく白黒監視カメラ用カラーフィルタを示す。全国に広く普及している白黒監視カメラに、色情報獲得能力を与えるカラーフィルタである。原価10円程度以下で製造可能である。なお、実際にカラー情報を得るには、後述のように、「事件後」に、所定の手順に従った計測とPCによる画像解析を実施することが必要である。

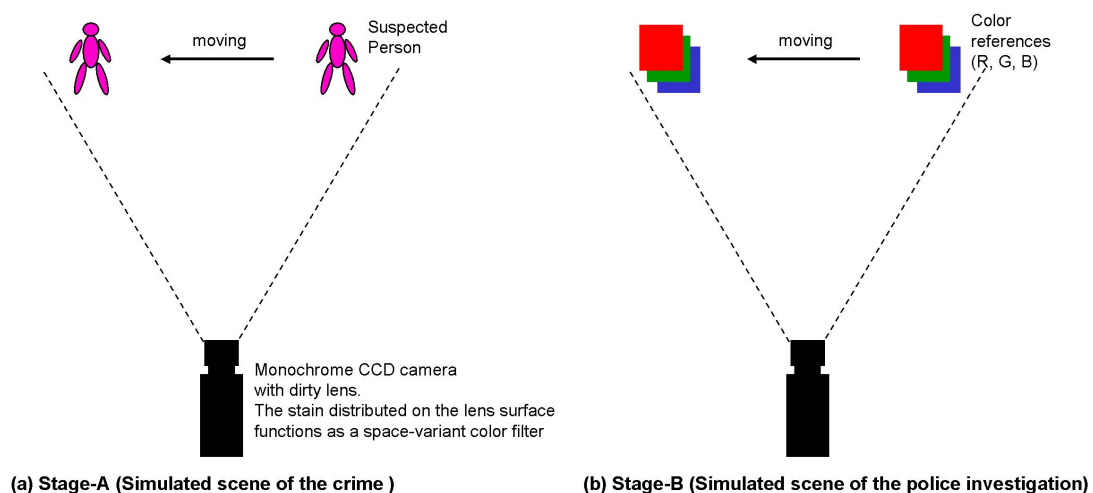


図2 Method for color estimation from monochrome image

図2に、白黒監視カメラで撮影された複数枚数の映像から、容疑者の衣服の色を推定する方法を説明するための図を示す。この方法は、次の事実に基づいている。

- (1) 監視カメラのレンズはしばしば汚れている。
- (2) あらゆる物質は、程度の差こそあれ、光の透過率の波長依存性(=透過率の色依存性)を有している。
- (3) レンズ上の汚れ(の分布)が、「space-variant color filter」として機能する可能性がある。

以下の解析では、対象(点)の色Color[R, G, B] と、白黒監視カメラで検出される明るさBrが、以下の関係式で表せるとする。

$$Br = \alpha R + \beta G + \gamma B,$$

ここで、R, G, Bは、カラーフィルタが存在しない状況下における、対象の色の、R(赤), G(緑), B(青)成分である。係数 α , β , γ は、カラーフィルタ(レンズ上の汚れの影響を含む)、照明条件、などを含めたカメラシステム全体における、R(赤), G(緑), B(青)成分の透過率である。

カラー情報推定の手順は、3つのステージ(Stage-A, Stage-B, Stage-C)に分けられる。

Stage-A: 犯罪発生時を模擬

Stage-A は、容疑者を白黒監視カメラが撮影する段階(ステージ)である。容疑者は、カメラの視野内を動きまわり、複数枚の画像が撮影される。それらの画像から、容疑者の興味ある点(=対象点、衣服のある部分)の画像上での明るさ $Br_{POINT}(P)$ が測定される。ここで、Pは、その対象点の位置ベクトル(空間位置座標)である。

Stage-B: 警察による計測を模擬

Stage-B は、警察による計測・画像処理活動の段階(ステージ)である。監視カメラを含め、容疑者を除く、ほぼ全ての物体が、犯罪発生当時と同じ状況で保存され、利用できることを想定している。監視カメラのレンズの汚れ(あるいは、本発明に基づくカラーフィルタ)の、「space-variant color filter」としての機能を測定するために、3枚の参照色プレート(color reference plates : R1, R2 and R3)を用意し、それを、容疑者の対象点と同じ位置において、同じ条件(=同じカメラ、同じ照明条件)で撮影し、画像上での明るさBrを測定する。3枚の参照色プレートの色は、以下のように表せる。

$$Color_{R1} = [R_{R1}, G_{R1}, B_{R1}]$$

$$Color_{R2} = [R_{R2}, G_{R2}, B_{R2}]$$

$$Color_{R3} = [R_{R3}, G_{R3}, B_{R3}]$$

これらの色は、照明条件にも影響されるために、場所Pの関数にもなっている。

各参照色プレートR1, R2, R3の各場所Pでの明るさBrは、以下のように表せる。

$$Br_{R1}(P) = \alpha(P) R_{R1}(P) + \beta(P) G_{R1}(P) + \gamma(P) B_{R1}(P),$$

$$Br_{R2}(P) = \alpha(P) R_{R2}(P) + \beta(P) G_{R2}(P) + \gamma(P) B_{R2}(P),$$

$$Br_{R3}(P) = \alpha(P) R_{R3}(P) + \beta(P) G_{R3}(P) + \gamma(P) B_{R3}(P).$$

以下、カラー成分は規格され、0と1の間の値をとるものとする。たとえば、R1, R2, R3の色が、それぞれ、純粋な、赤、緑、青であり、かつ、照明が十分に明るいとした場合、各プレートの色は、以下のように表せる。

$$Color_{R1} = [1, 0, 0],$$

$$Color_{R2} = [0, 1, 0],$$

$$Color_{R3} = [0, 0, 1].$$

Stage-C: 警察による画像処理

Stage-A および Stage-B で得た情報を元に、次の評価関数Cを最小化するような、係数a,b,cを求める。

$$C = \sum [Br_{POINT}(P_i) - (a Br_{R1}(P_i) + b Br_{R2}(P_i) + c Br_{R3}(P_i))]^2$$

容疑者の対象点の色, $Color_{POINT}$, は、次式で計算される。

$$Color_{POINT} = a Color_{R1} + b Color_{R2} + c Color_{R3}$$

図3に、本発明に基づいて作成したカラーフィルタを白黒監視カメラに取り付け、当該カメラで撮影された画像から色情報を推定できるか否かを検証するための実験装置を示す。左から、緑色、青色、赤色の半透明ガラスを3枚並べて、「space-variant color filter」を構成した。当該カラーフィルタを、白黒監視カメラのレンズの外側に取り付けた。

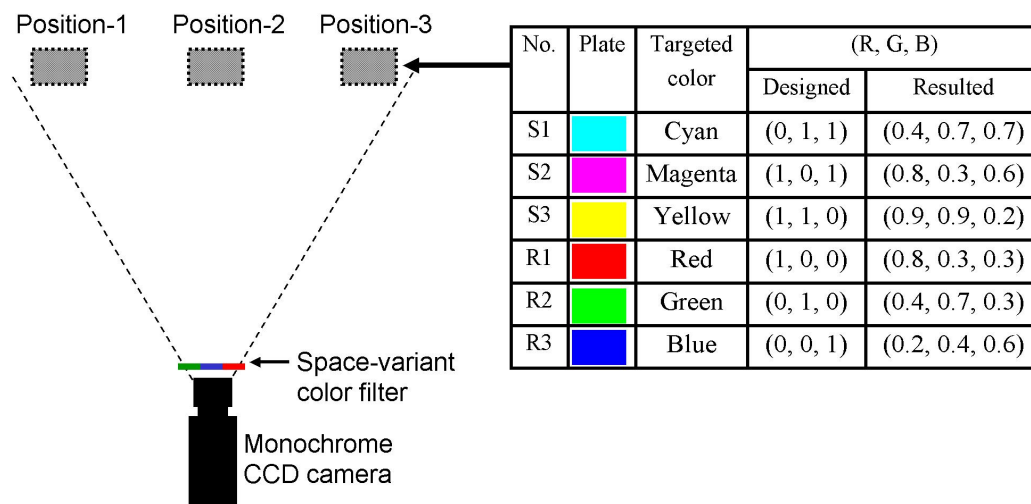


図3 Experimental setup

3枚の試験色プレート (S1, S2 and S3), および, 3枚の参照色プレート (R1, R2 and R3) を用意した. 図3に示すように, S1, S2 and S3 は, コンピュータ上での設計色は, シアン (cyan), マゼンタ (magenta), イエロー (yellow) とした. また, R1, R2 and R3 のコンピュータ上での設計色は, 赤 (red), 緑 (green), 青 (blue) とした. カラーレーザープリンタで印刷した実際のプレート (S1, S2, S3, R1, R2, R3) を, スキャナーで取った画像の色彩 (RGB 各成分の割合) も, 図3に示した.

実験においては, 各プレート (S1, S2, S3, R1, R2, R3) は, 白黒監視カメラの視野内の3箇所 (Position-1, Position-2 and Position-3) におかれ, 取得された画像は PC のハードディスクに録画された.

図4に, プレート S1 を Position-1, Position-2, Position-3 に置いて取得した画像をします. 各位置 (Position-1, Position-2, Position-3) において, 図中に示すような, ライン上における輝度 Br の分布を計測した.

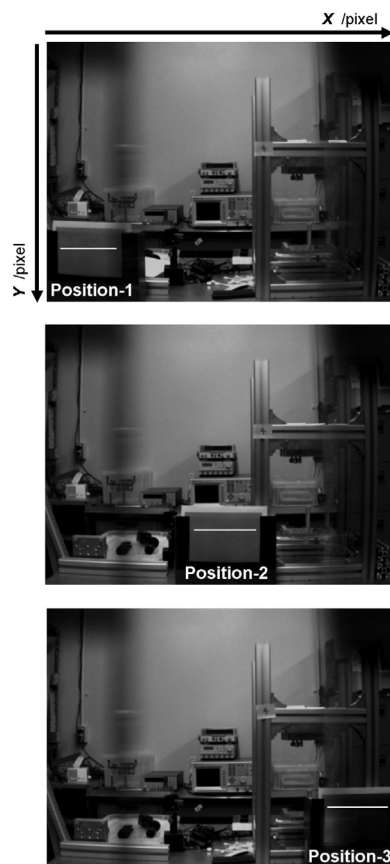


図4 Measured images of the S1 at Position-1, Position-2 and Position-3

図5に、試験色プレート S1 が位置 Position-1, Position-2, Position-3 に置かれたときの、輝度 Br の分布を示す。赤色のフィルターの効果が現れる画面右端の方で輝度 Br が小さくなっているが、このことは、試験色プレート S1 がシアン (R,G,B) =(0, 1,1)とデザインされていることと定性的に一致している。

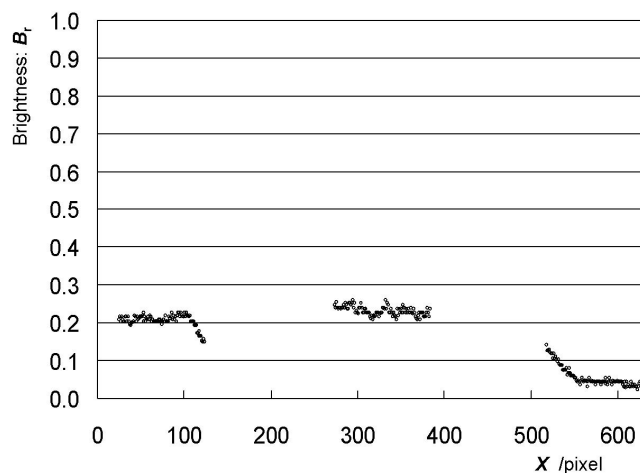


図5 Measured brightness of the S1

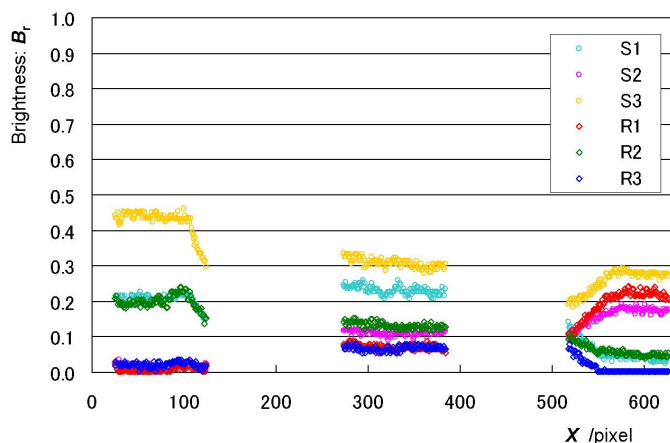


図6 Measured brightness of the S1, S2, S3, R1, R2 and R3

図6に、6つのプレート S1, S2, S3, R1, R2 and R3 を写したときの画像からの輝度分布測定結果をまとめて示す。

前述のアルゴリズムを用いて、3枚の試験色プレート (S1, S2 and S3) の色彩を、3枚の参照色プレート (R1, R2 and R3) の色から、推定した。3枚の試験色プレート (S1, S2 and S3) それぞれに対する係数 a, b, c の推定結果を、表1に示す。たとえば、参照色プレート S1 の色彩を決定する係数 a,b,c は、試験色プレート S1 が写った3枚の画像 (3箇所) の画像と、同じ位置に置いた3枚の参照色プレート (R1, R2, R3) が写った画像から得られる輝度情報を用いて、次の評価関数 C を最小にするという条件で求められる。

$$C = \sum [Br_{S1}(P_i) - (a Br_{R1}(P_i) + b Br_{R2}(P_i) + c Br_{R3}(P_i))]^2$$

表2に、表1に示した結果を用いて計算された、3枚の試験色プレート (S1, S2 and S3) の色彩の推定結果を示す。

表1. Calculated result of the coefficient a, b, c

Coefficient	S1	S2	S3
a	-0.06	0.78	0.72
b	0.86	-0.03	2.14
c	1.67	0.81	-0.50

表2. Calculated color of S1, S2 and S3

	Calculated result		
	S1	S2	S3
R (red)	0.55	0.75	1.33
G (green)	1.25	0.51	1.54
B (blue)	1.19	0.64	0.64
Calculated color			

表2を，図3と比較すると，色の推定がうまくできていることがわかる．