照明制御下での背景画像の合成による前景の抽出

An object detection method by background image synthesis with controllable lights

新宮 淳
SHINGU Jun
京都大学工学部情報学科
Dept. of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University

亀田 能成
KAMEDA Yoshinari
京都大学総合情報メディアセンター
Center for Information and Multimedia Studies, Kyoto University

美濃 導彦
MINOH Michihiko

1 はじめに

撮影された映像を見やすいものにするために、人物などの前景の明るさ、コントラストを適切に保つ必要がある。ここではこれを撮影維持と呼ぶ。本稿では特に、プロジェクターを用いた講義、舞台照明などのように照明環境が随時、大きく変化するような変動照明環境下での撮影維持を考える。

変動照明環境において随時変化する変数は、カメラの露出、各照明の光量、前景となる物体の位置や形状である。

撮影維持のためには前景の明るさ、コントラストを知ることが不可欠だが、前景は一般にその位置、形状、色などが予測不可能なために、前景の画像領域が分からず、これらを知ることはできない。この問題に対しては、背景は変化しないと仮定し、現在の映像で背景に一致しない領域を前景として抽出する背景差分法が一般的である。しかし、変動照明環境下では背景の画像輝度が変化するため、背景差分法では前景をうまく抽出できない。

そこで、本手法では変動照明環境下でも照明条件に応じた背景画像を合成する方法を導入し、背景差分法により前景抽出を可能とする。背景画像を合成する前提として、撮影環境には光量が変化する照明しか存在しないと仮定し、これらの照明装置の放つ光量を示すパラメータ (光量制御変数) がシステム側で随時取得できるものとする。本稿では、この撮影環境において任意の位置に固定したカメラから見た背景画像を合成し、背景差分により前景となる動物体の画像領域を抽出する方法について述べる。

2 撮影環境

撮影に用いる固定カメラは、露出時間を変化させることができるものとする。複数設置された照明装置の位置 ・向きは固定であり、光量のみが変化する。光量は、電圧などの光量制御変数によって制御されている。光量制御変数は随時変更され、変動照明となる。

なお、撮影環境に存在する光源は、上記の照明装置群のみであるとし、太陽光などの他の光源の影響はないものとする。

これらの前提を満たすため、本研究では撮影環境を屋内に設定している。

3 背景画像の合成と前景の抽出

変動照明環境下で背景画像を合成できるようにするためには、まずある照明下での撮影をモデル化する必要がある。

照明 i の光量制御変数 v_i によって光量 I_i が制御されているとき、照明 i に固有の光量の変化を表す正規関数 f_i とその係数 a_i によって、

$$I_i = a_i f_i(v_i) \tag{1}$$

と表すことができる。

前景のない静止した情景が背景である。この情景で照明が固定されている場合、物体表面 j の放つ情景放射輝度 L_j は、照明 i による物体表面 j の反射係数 b_{ij} を用いて、

$$L_j = \sum_i (b_{ij} I_i) \tag{2}$$

となる。L_j は物体表面における拡散反射、鏡面反射による反射光を再現するだけでなく、環境光による反射をも再現する。

これをカメラで撮影すると、得られる画像上の画素 k の輝度 Z_k は、[1] により、カメラの露出時間を Δt とし、カメラに入射する光量と画像輝度との関係を表すカメラに固有の関数 g を用いて、画素 k に対応する物体表面 $j(k)$ の情景放射輝度 $L_{j(k)}$ によって、

$$g(Z_k) = \ln(L_{j(k)}) + \ln(\Delta t) \tag{3}$$

となる。

このように撮影モデル化を行なうと、式 1、2で L_j が $f_i(v_i)$ の線形結合である点に注目して、Z を求めることができる。これはすなわち画像合成を意味する。式で表現すれば、式 1、2、3より、

$$Z_k = g^{-1}(\ln(L_{j(k)}) + \ln(\Delta t)) \quad (L_{j(k)} = \sum_i c_{ij(k)} \cdot f_i(v_i)) \tag{4}$$

となる。ただし、$c_{ij(k)} = a_i b_{ij(k)}$ である。f_i は照明 i に固有の関数であり、g はカメラ固有の関数である。$c_{ij(k)}$ は背景画像の画素毎に定まる定数である。よって、f_i、g、$c_{ij(k)}$ を前もって測定しておくことにより、任意の v_i、Δt における画像輝度 Z_k が求まり、背景画像を合成することができる。

以上から、実際に撮影された画像に対して同じ照明条件の背景を合成し、実際の画像と合成した背景との差分をとり、その差が閾値以上の領域を求めることによって、前景の抽出を行うことができる。

4 実験

4.1 実験環境

京都大学メディアセンター 2F 演習室 (1) において実験を行った。図 1に実験風景を示す。

実験には、撮影カメラとして SONY 製 EVI-D30 を固定して設置し、照明は、調光機 (T5 製 Effect Arts) によって 128 段階の光量調節が可能、つまり $v = 0 \ldots 127$ であるハロゲンランプ (LPL 製 500W)3 台及び、全点灯、全消灯のみができる、つまり $v = 0, 1$ である室内の照明 3 系統 (1 系統あたり 32W の蛍光灯 12 本) を使用した。実験は夜間、ブラインドを閉じて行い、太陽などの未知光源の影響を受けないようにした。

図 1: 実験環境

4.2 実験結果

まず、式 4における関数 g、f_i及び、定数 $c_{ij(k)}$を測定した。

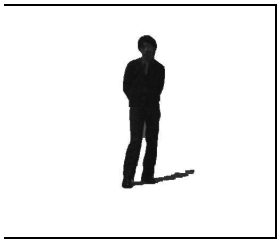
gは、静止した情景を異なる露出時間で撮影した複数の画像から、[1] の方法によって求めた。情景の情景放射輝度 L は、撮影した画像の輝度 ZとΔt、gから式 4によって求めることができる。これに基づいて、照明 i を当てた静止した情景に対して、v_iを変化させたときの L の変化から f_i を測定した。$c_{ij(k)}$は、v_iを変化させて背景を撮影し、そのときの Z_k、Δt、v_iと関数 g、f_iから式 4によって求めた。

次に、前景の存在する情景が撮影されたときのカメラの露出時間Δt、照明 i の光量制御変数 v_iが分かることから、3 章の方法により、背景画像を合成した。

図 2にその実験結果を示す。図 2(b) は未知な前景 (人物) が入った入力画像であり、このときのカメラの露出時間は$\frac{1}{425}$(s)、光量制御変数はハロゲンランプ 1,2,3 について 30,20,10、室内照明 3 系統について 1,0,1 である。これらのパラメータをシステムに伝達し、それに基づいて背景画像の合成を行った結果が図 2(a) である。

背景の合成画像 (図 2(a)) と、前景が加わった実際の画像 (図 2(b)) との差分から、前景の画像領域を抽出し、ノイズ除去をした。その結果、図 2(c) のように前景の画像領域が抽出できた。

(a) 合成された背景画像　　(b) 入力画像



(c) 抽出した前景

図 2: 背景画像の合成と前景の抽出

以上の処理は PC(Intel Pentium III 650MHz)、画像処理ボード (HITACHI 製 IP5005) を用いて行っている。本実験では、背景画像の合成には平均 1.703(s)、前景の抽出には平均 0.105(s) の処理時間がかかった。背景画像の合成は、照明変動が発生したときにのみ必要な処理である。

様々な照明環境で実験を行った結果、本提案方式による処理によって、変動照明環境下での前景抽出を行えることを確認した。

5 おわりに

本稿では、光量調節することのできる照明がある環境での背景画像の合成方法と、これを用いた前景の画像領域の抽出方法を提案、実装し、実験を通じて本手法の有効性を明らかにした。

今後は、本手法による前景抽出結果から、撮影対象となる前景の画像上での位置、明るさ、コントラストを最適にするような動的光量制御をシステム側で行ない、撮影制御と照明制御を同時に行なう知的システムを構築し、実際の撮影現場に適用していきたい。

参考文献

[1] Paul E. Debevec, Jitendra Malik “Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs,” SIGGRAPH97 Proceedings, pp.369-378, 1997.