

金網越し複数焦点画像からの金網除去におけるぼけ円半径の最適化

鶴見 文哉[†] 山下 淳[†] 金子 透[†]

[†] 静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: [†] {f0710085, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

あらまし 金網越しに撮影を行うと、撮影対象が金網の影響を受けた状態で撮影される。そのため、画像処理を用いて金網を除去し、再現性高く撮影対象を復元する技術が必要になる。我々は、複数焦点画像を利用し金網越しに撮影した画像から焦点ぼけを生じた金網の影響のみ取り除く手法を提案した。この手法では焦点ぼけの広がる大きさをを用いるが、ぼけの広がる大きさは未知であるため、従来は手動で最適な値を探索していた。そこで本論文では、自動で最適なぼけの広がる大きさを推定し、再現性高く撮影対象を復元した画像を得る手法を提案する。実験により、提案手法が再現性高く撮影対象が復元された画像を得られることを示した。

キーワード 画像復元, 焦点ぼけ, ぼけ円半径

Optimization of Radius of Blurring in Wire Net Removal from Multiple Focus Images

Fumiya TSURUMI[†] Atsushi YAMASHITA[†] and Toru KANEKO[†]

[†] Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8561 Japan

E-mail: [†] {f0710085, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract When an image is taken through a wire net, the wire net influences the image quality of a subject. Therefore, it is necessary to restore the subject image without wire net overlap by image processing. A method for wire net removal has been already proposed using multiple focus images. It removes the overlapping effects of defocused wire net. However, this method determines the essential parameter of blurring radius manually. This paper proposes a method for determining the parameter automatically to restore the subject image without wire net. Experimental results showed the effectiveness of the proposed method.

Keyword Image Restoration, Defocus, Radius of Blurring

1. 序論

動物園や野球場などの金網が設置されている場所で金網越しに撮影を行うと、撮影対象が焦点ぼけを生じた金網の影響を受けて本来とは異なる明るさや色で撮影されるという問題が起こる。しかし、撮影対象が金網の中にいる場合、金網を避けて撮影することは難しい。そのため、画像処理を用いてこれらの画像から金網を除去する技術が必要になる。

従来から、画像中から撮影者が意図しない不要物を除去する手法が提案されてきた。

Bertalmio らは周辺の画素の輝度値の勾配変化を利用して不要物を除去する手法[1]を提案した。しかし、この手法では、除去を行う領域とその周辺の相関性の高い場合は再現性高く除去できるが、除去する領域やその周辺が不規則なテクスチャを持つ場合に再現性が低くなるという性質がある。

また、Wei らはテクスチャの類似性を利用する手法

[2]を提案したが、この手法では、構造物の輪郭など、細かい部分を再現性高く除去できない場合が多い。

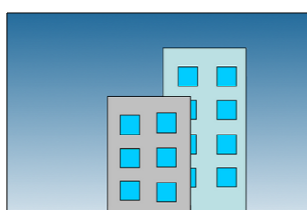
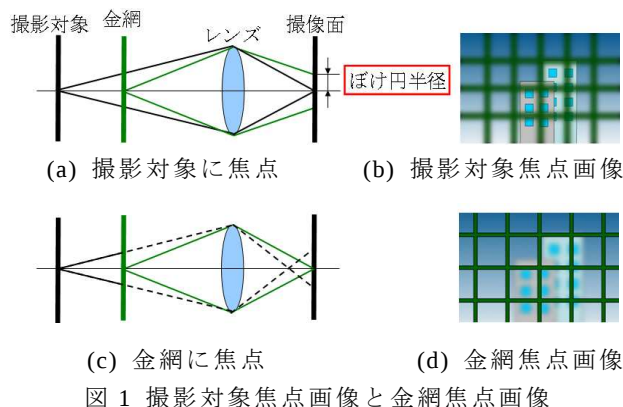
さらに、これらの従来手法では周辺の画素や画像中のテクスチャを用いて不要物の領域を作成するため、本来の撮影対象を復元することはできない。

そこで、我々は複数焦点画像を利用した金網除去手法[3]を提案した。この手法は、金網越しに撮影した画像から焦点ぼけを生じた金網の影響のみを除去し、本来の撮影対象を再現性高く復元することができる。

この手法の流れとして、まず撮影対象に焦点を合わせた画像と金網に焦点を合わせた画像を撮影する（図 1(a), (c)）。これらをそれぞれ、撮影対象焦点画像（図 1(b)）、金網焦点画像（図 1(d)）と呼ぶ。撮影対象焦点画像では、焦点ぼけにより金網はぼけて広がり、撮影対象と混ざり合って撮影される。

このとき、金網のぼけて広がる大きさをぼけ円半径と呼ぶ。また、金網焦点画像では、撮影対象はぼけるが、金網は撮影対象の影響を受けることなく撮影する

ことができる。



撮影対象焦点画像から、ぼけた金網の色（図 2）のみを取り除くことで金網除去を行う。金網除去を行った画像を金網除去画像（図 3）と呼ぶ。金網除去画像を作成するためには、ぼけた金網の色を求めるが必要になる。しかし、撮影対象焦点画像では、撮影対象と混ざり合っているため、ぼけた金網の色だけを求めることは難しい。そのため、金網焦点画像から金網を抽出し、抽出した金網をぼかすことによって撮影対象焦点画像のぼけた金網の色を推定する。

ここで重要なのは撮影対象焦点画像の金網のぼけ円半径である。ぼけた金網の色成分は、撮影対象焦点画像の金網のぼけ円半径と同じ大きさで抽出した金網をぼかすことで推定する。しかし、ぼけ円半径は撮影対象までの距離、金網までの距離およびカメラのレンズ直径により決まるため、一般に未知であると考えられる。そのため、[3]では画像ごとに手動で試行錯誤的に最適なぼけ円半径を探索していた。

そこで本論文では、最適なぼけ円半径を推定し、再現性高く撮影対象を復元した画像を出力する手法を提案する。

2. 処理の概要

処理の概要を図 4 に示す。

まず、ぼけ円半径の探索範囲を指定する。

次に、探索範囲内のぼけ円半径で、[3]を用いて金網除去画像を作成する。

そして、作成した金網除去画像の撮影対象の再現性

の高さを評価する。

その後、最初に指定した探索範囲内でぼけ円半径を全探索的に変更して、それぞれのぼけ円半径で金網除去画像の作成と再現性の高さの評価を行う。

最後に最も評価の高いぼけ円半径のときの金網除去画像を出力する。

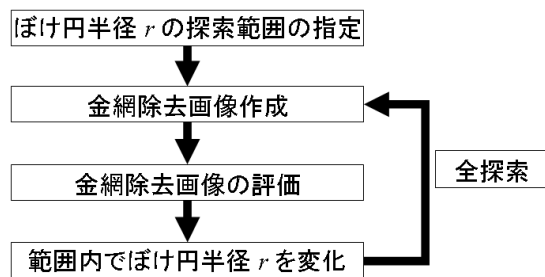


図 4 処理の概要

3. 金網除去画像の評価方法

3.1. 評価法の概要

ぼけ円半径の異なる金網除去画像を図 7 に示す。撮影対象を再現性高く金網除去できていないとき、金網領域に輝度値変化が生じていることがわかる。図 7 の実線で示した金網領域の輝度値変化をグラフにしたものを図 8 に示す。再現性高く金網除去できていないぼけ円半径では、輝度値変化が大きくなる。同様に、再現性高く金網除去できているぼけ円半径では、輝度値変化が小さくなることがわかる。この性質を利用して再現性高く金網を除去した画像を評価する。



(a) $r = 15$ pixel (b) $r = 22$ pixel (c) $r = 30$ pixel

図 7 ぼけ円半径の異なる金網除去画像

しかし、この性質は金網境界領域で撮影対象の輝度値変化が比較的小さい場合のみ表れる。図 7 の点線で示した部分の輝度値変化を図 9 に示す。点線で示した金網境界領域では空、林などが撮影されているため、撮影対象の輝度値変化が大きい。図 9 から撮影対象の輝度値変化が大きい金網境界領域では、再現性高い金網除去画像のみ輝度値変化が小さくなるという性質が見られないことがわかる。

そこで、金網境界領域で撮影対象の輝度値変化の小さい領域のみ評価に用いる。今後、この領域を評価領域と呼ぶ。

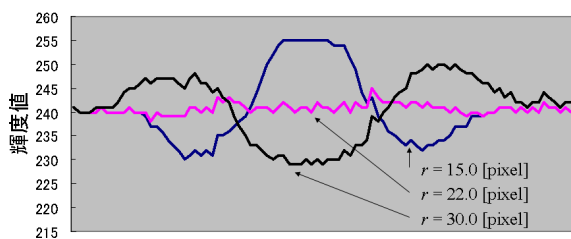


図 8 撮影対象の輝度値変化の小さい金網境界領域の輝度値変化

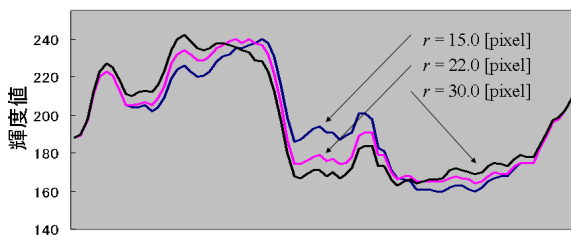


図 9 撮影対象の輝度値変化が大きい金網境界領域の輝度値変化

2. 評価領域

金網境界の中で周辺の撮影対象の輝度値変化の小さい領域のみ評価領域とする．金網境界は，金網焦点画像から金網を抽出した画像（図 10）を作成し，この画像のエッジ部分の画素を用いる（図 11）．エッジ部分を白で示す．

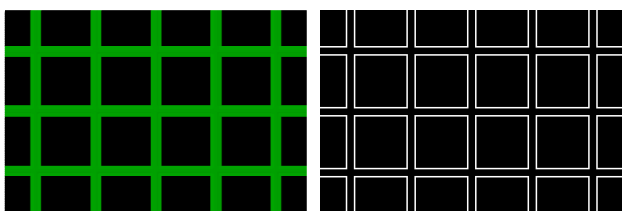


図 10 金網を抽出した画像 図 11 金網のエッジ画像

次に，金網境界の画素の周辺の撮影対象の輝度値変化を調べる．まず，撮影対象焦点画像をグレースケール化した画像を作成する．金網境界のある画素と対応する位置にある，グレースケール化した撮影対象焦点画像の画素に図 12 に示すような小領域を作成する．小領域は金網境界の画素を中心とする $n \times n$ の正方形である．そして，作成した小領域に含まれる画素の輝度値の分散を求める．小領域内で撮影対象の輝度値変化が小さいとき，輝度値の分散も小さくなると考えられる．

輝度値の分散の大小を判断するための閾値 t を設定する．小領域で求めた分散が t より小さいとき，周辺の撮影対象の輝度値変化が小さいとして金網境界の画素を評価領域とする．金網境界の全ての画素に同様の処理を行い，輝度値の分散が t より小さい画素のみ評価領域とする．



図 12 金網境界領域の小領域

3.3. 評価値

評価値も 3.2.節と同様に $n \times n$ の小領域を作成し，小領域内の輝度値の分散を用いて表す．

まず，金網除去画像をグレースケール化した画像を作成する．次に，グレースケール化した金網除去画像の，評価領域と対応する位置にある画素に小領域を作成する．そして，小領域に含まれる画素の輝度値の分散を求める．同様にして，評価領域と対応する位置にあるグレースケール化した金網除去画像の全ての画素で輝度値の分散を求める．最後に，求めた全ての輝度値の分散を足し合わせた値を評価値とする．ぼけ円半径ごとに作成した金網除去画像で評価値を求めて比較し，最も評価値の小さい金網除去画像を結果として得る．評価値を $f(r)$ として式に表すと以下ようになる．

$$f(r) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n^2} (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (1)$$

ただし， a は評価領域の画素数， n は小領域の 1 辺の長さ， $x_{(ij)}$ は小領域に含まれる画素の輝度値， $\bar{x}$ は小領域に含まれる画素の輝度値の平均を示す．

4. 実験

複数のシーンでぼけ円半径最適化の実験を行った．実験の条件として，金網除去を行うぼけ円半径の探索範囲を 15～40pixel とし，0.1pixel 単位で全探索を行った．金網除去画像の評価に用いた小領域の 1 辺 n は 46pixel とした．また，評価領域を求めるための閾値 t は 20.0 とした．

まず，撮影対象の輝度値変化が比較的小さい 2 種類のシーンで実験を行った．実験に用いた撮影対象焦点画像を図 13 に示す．シーン 1，シーン 2 の画像サイズ



(a) シーン 1 (b) シーン 2

図 13 撮影対象焦点画像



(a) シーン 3 (b) シーン 4

図 16 撮影対象焦点画像



図 14 シーン 1 の金網除去画像 ($r = 27.8$ pixel)



図 17 シーン 3 の金網除去画像 ($r = 29.4$ pixel)



図 15 シーン 2 の金網除去画像 ($r = 22.3$ pixel)



図 18 シーン 4 の金網除去画像 ($r = 20.8$ pixel)

は 1600×1062 である．焦点ぼけを生じた金網が撮影対象に影響を及ぼしていることがわかる．金網除去画像の評価を行い最も評価の高かった金網除去画像を図 14 と図 15 に示す．図から，金網の影響のみを除去し，再現性高く撮影対象を復元した画像が得られていることがわかる．

次に，撮影対象の輝度値変化が大きい 2 種類のシーンで実験を行った．実験に用いた撮影対象焦点画像を図 16 に示す．シーン 3, 4 の画像サイズは 2400×1539 である．そして，評価の高かった画像を図 17 と図 18 に示す．撮影対象の輝度値変化が大きいシーンでも，金網の影響のみを除去した良好な結果が得られた．

5. 結論

自動でぼけ円半径を探索し，それぞれのぼけ円半径で作成した金網除去画像に対し評価を行い，最適なぼけ円半径を用いた金網除去画像を得る手法を提案した．金網除去の手法は [3] を利用した．また，最適なぼけ円半径の評価は金網境界領域の輝度値変化を用いた．複数シーンで実験を行い，提案した手法の有効性を示

した．撮影対象の輝度値変化の大きいシーンでは評価領域が小さくなってしまうと考えられるが，実験結果からそのようなシーンでも，再現性高い金網除去画像を得られることがわかった．

今後の課題として，金網除去性能の向上を行う必要があると考えられる．

文 献

- [1] M. Bertalmio, G. Sapiro, V. Caselles and C. Ballester : “Image Inpainting”, Proceedings of the 27th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH2000), pp. 417-424, 2000.
- [2] L. Y. Wei and M. Levoy : “Fast Texture Synthesis using Tree-structured Vector Quantization”, Proceedings of the 27th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH2000), pp. 479-488, 2000.
- [3] A. Yamashita, A. Matsui and T. Kaneko : “Fence Removal from Multi-Focus Images”, Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR2010), pp. 4532-4535, 2010.