

エントロピー均等化によるパノラマ画像の横幅縮小 Width Reduction for Panoramic Images by Entropy Equalization

井上 光平[†]
Kohei Inoue

浦浜 喜一[†]
Kiichi Urahama

あらまし

横長の長方形のパノラマ画像が与えられるとき、局所的カラーヒストグラムのエントロピーを画像の横方向に均等化することによって、相対的にエントロピーの高い領域を広め、低い領域を狭めながらパノラマ画像の横幅を縮小する方法を提案する。

1. まえがき

近年、複数枚の画像あるいはビデオ映像からパノラマ画像を生成する手法が提案され [1, 2], Photoshop Elements などのソフトウェアでもパノラマ画像が作成できるようになり、また Kodak EasyShare V705 などのパノラマ写真を撮影できるデジタルカメラも市販されるようになり、パノラマ画像が利用される機会が増えている。パノラマ画像の定義は定かではないが [3], 本論文では画像のアスペクト比 (幅/高さ) が比較的大きな画像をパノラマ画像と呼ぶことにする。

アスペクト比の大きいパノラマ画像は、限られた表示画面上で画像全体を閲覧したり、複数枚を同時に一覧するのが困難な場合がある。例えば、Windows XP の縮小版表示でパノラマ画像を一覧すると、図 1 のようになり、アスペクト比が固定されたまま、画像の横幅が揃えられるので、高さ方向の画素数が少なくなり、その結果、画像の解像度が低下し、内容を把握するのが困難になる。このような表示方法では、画像のアスペクト比が 1 に近いほど、高い解像度での一覧が可能である。

これまでに、表示画面に合わせて画像サイズやアスペクト比を変えるリターゲットング法がいくつか提案されている。Setlur ら [4] は saliency map [5] や顔検出 [6] を利用した方法を提案し、Avidan ら [7] は画像のリサイジングだけでなく、画像内容の強調や物体除去なども行える seam carving 法を提案した。Wolf ら [8] は顔検出 [9] や動き検出 [10] などを利用したビデオのリターゲットング法を提案した。

本論文では、顔検出などのパターン認識処理が不要で、上記の従来手法と比較して計算量も少ない、簡便なパノラマ画像の横幅縮小法を提案する。

2. 提案手法

パノラマ画像が 1 枚与えられるとし、それを $f = [f_{ij}]$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$ とする。 $f_{ij} = [r_{ij}, g_{ij}, b_{ij}]$ は画素 (i, j) の RGB 値を要素とするカラーベクトルである。 m, n はそれぞれ縦、横の画素数であり、 $m < n$ とする。本論文では、 $\tilde{n} < n$ が与えられたときに、 f の横幅を縮小した画像 $\tilde{f} = [\tilde{f}_{ik}]$, $i = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, \tilde{n}$ を生成する方法を提案する。

まず、 f を C 色に減色し、画素 (i, j) の色番号を $c_{ij} \in \{1, \dots, C\}$ とする。画像の各列 j で局所的なカラーヒス

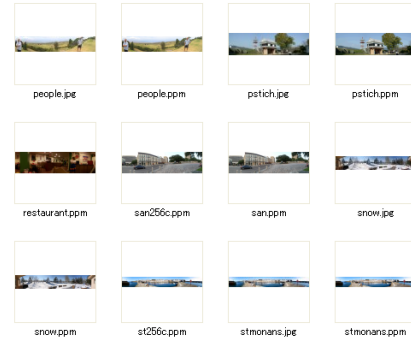


図 1: パノラマ画像の縮小版表示の例

トグラム

$$h(c, j) = \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{l=-L \\ 1 \leq j+l \leq n}} \delta(c, c_{i,j+l}) e^{-\alpha l^2} \quad (1)$$

を計算する。ここで $\delta(c, c_{i,j+l})$ は、 $c = c_{i,j+l}$ のとき 1 であり、その他は 0 である。 $e^{-\alpha l^2}$ の値は l が 0 に近いほど 1 に近付き、遠いほど 0 に近づく。これによって j の近傍の色を反映した局所的カラーヒストグラムが求められる。 α は局所性を調節するための正定数である。 $L = \text{round}(\sqrt{-(\ln \epsilon)/\alpha})$ とする。ここで round は最も近い整数への丸めを表し、 ϵ は微小な正定数である。次に $p(c, j) = h(c, j) / \sum_{c'=1}^C h(c', j)$ として $\sum_{c=1}^C p(c, j) = 1$ と規格化する。各 j についてエントロピー

$$e(j) = - \sum_{c=1}^C p(c, j) \ln p(c, j) \quad (2)$$

を計算し、 $\tilde{e}(j) = (e(j) - e_{\min}) / (e_{\max} - e_{\min})$ とする。ここで $e_{\min} = \min\{e(1), \dots, e(n)\}$, $e_{\max} = \max\{e(1), \dots, e(n)\}$ である。 $\tilde{e}(j)$ を累積したものを $\tilde{E}(j) = \sum_{j'=1}^j \tilde{e}(j')$ とし、

$$k(j) = (\tilde{n} - 1) \frac{\tilde{E}(j) - \tilde{E}(1)}{\tilde{E}(\tilde{n}) - \tilde{E}(1)} + 1 \quad (3)$$

によって f の第 j 列を \tilde{f} の第 $k(j)$ 列に対応付ける。実際には、 j から $k(j)$ への対応付けは多対 1 となる場合があるので、同じ列 k に対応付けられる列 j の平均

$$\tilde{f}_{ik} = \frac{\sum_{j, k(j)=k} f_{ij}}{\sum_{j, k(j)=k} 1}, \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

を横幅縮小画像の第 k 列とする。

本方法では、式 (1) の計算に最も時間がかかるが、指数関数の値を配列に格納して再利用することにより、計算時間を短縮することができる。

[†]九州大学大学院芸術工学研究院視覚情報部門

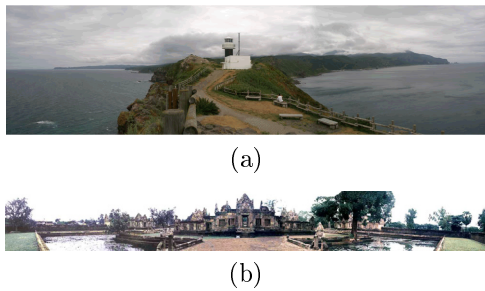
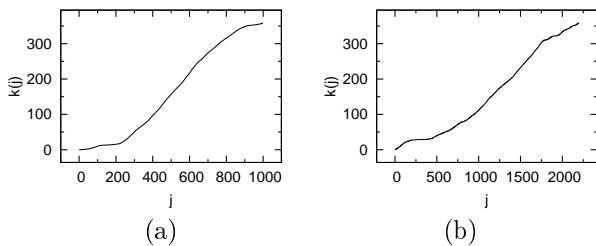


図 2: パノラマ画像の例

図 3: 図 2(a),(b) の画像の $k(j)$

3. 実験例

図 2 にパノラマ画像の例を示す．画像サイズは，図 2(a) が $m = 270, n = 1000$ であり，同図 (b) が $m = 270, n = 2200$ である． $\tilde{n} = \frac{4}{3}m = 360$ として図 2(a),(b) から求めた $k(j)$ を，それぞれ図 3(a),(b) に示す．横軸は j であり，縦軸は $k(j)$ である．グラフの傾きが相対的に小さい領域は横幅が縮小され，大きい領域は拡大される．横幅の縮小結果を図 4 に示す．図 4(a) では，半島の両側の海と空の領域が縮小され，半島の領域に広い領域が割り当てられている．同図 (b) では，建物や樹木のない領域が縮小され，中心部の建物や樹木の領域が拡大されている．比較のために，線形に横幅を縮小した結果を図 5 に示す．図 5(a) では，半島の両側に海と空の領域が図 4(a) よりも広く，半島の領域が狭くなっている．また図 5(b) では，空の領域が広がっており，その分建物や樹木の領域が狭くなっている．

この実験では $C = 256$ とした．また $\alpha = \epsilon = 0.01$ とし，このとき $L = 21$ であった． α を大きくすると線形な縮小結果に近付き，小さくすると L が大きくなって計算量が増えるにもかかわらず，結果の画像は $\alpha = 0.01$ のときとほとんど変わらなかったため，できるだけ少ない計算量で線形な縮小結果との違いが大きくなるように $\alpha = 0.01$ とした．図 4(a),(b) の計算時間は，それぞれ 0.937 秒，1.843 秒であった．計算環境は Pentium 4 CPU 3.40GHz, 2.00GB RAM であり，プログラミング言語は Microsoft Visual C++ である．

4. むすび

局所的カラーヒストグラムのエントロピーに基づき，横長のパノラマ画像の横幅を縮小する方法を提案した．本方法では，エントロピーの低い領域の横幅を狭め，エントロピーの高い領域の横幅を広げることによって，パノラマ画像の横方向のエントロピーを均等化し，パノラ



図 4: 図 2(a),(b) の横幅縮小画像



図 5: 線形な横幅縮小の結果

マ画像の内容を効率的に横幅縮小画像内に表示する．本方法は，パラメータの値を設定しておけば，その後は注目領域の指定などのユーザからの入力不要であり，計算量も少ないので，大規模なパノラマ画像データベースのブラウジング検索などに利用できるものと考えられる．本論文では，横長のパノラマ画像を対象として横幅のみの縮小を行ったが，今後は，任意サイズの画像のサイズを任意に変更できるエントロピー均等化法を検討したい．

参考文献

- [1] R. Szeliski, "Image alignment and stitching: a tutorial," *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, vol. 2, no. 1, pp. 1-104, 2006.
- [2] A. Rav-Acha, Y. Pritch, D. Lischinski, S. Peleg, "Dynamosaicing: mosaicing of dynamic scenes," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 29, no. 10, pp. 1789 - 1801, 2007.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_photography
- [4] V. Setlur, S. Takagi, R. Raskar, M. Gleicher, and B. Gooch, "Automatic image retargeting," *Technical Sketch, SIGGRAPH 2004*.
- [5] L. Itti, C. Koch, E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 20, no. 11, 1998.
- [6] ROBOTICS INSTITUTE, C. M. U. Face detection demonstration, <http://vasc.ri.cmu.edu/cgi-bin/demos/findface.cgi>
- [7] S. Avidan, A. Shamir, "Seam carving for content-aware image resizing," *ACM Trans. Graphics*, vol. 26, no. 3, SIGGRAPH 2007.
- [8] L. Wolf, M. Guttman and D. Cohen-Or, "Non-homogeneous Content-driven Video-retargeting," *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2007.
- [9] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time face detection," *IJCV*, 2004.
- [10] S.-C. Liu, C.-W. Fu and S. Chang, "Statistical change detection with moments under time-varying illumination," *IEEE Trans. Image Processing*, 1998.