

疎に配置された点光源群を用いた文字の最適表示

辻 春樹[†] 栗山 繁[‡]豊橋技術科学大学 情報・知能工学系^{†‡}

1.はじめに

電飾イルミネーションで文字画像を表示する際には、低解像度な表現に対応できる適切なダウンサンプリングが必要となる。しかしながらLED電球群は物理的なピッチが大きいため視角が大きくなり、光源の輝度が高く光の強弱の識別も困難になるので従来の中間値を用いるダウンサンプリング手法では表示が難しい。本稿では点光源群で文字を表示する際の最適なダウンサンプリング手法を提案し、主観評価実験によってその視認性を既存の手法と比較する。

2.既存のダウンサンプリング手法

ダウンサンプリング手法として古典的なものに Sub-Sampling 法の一つである Nearest-Neighbor (以後, NN) 法がある。この方法ではダウンサンプリング後の画素は、元画像の対応する座標に最近傍する画素の色情報のみによって決定されるが、境界が鮮明な画像を得ることができる一方でジャギーが生じてしまう。これに対して Bicubic 法は対応する座標の周囲 4 画素を用いて 4×4 のサイズのカーネルを作成し、そのカーネルの重み付けを距離を用いて決定して、中間値を算出するので、NN 法よりジャギーは軽減されるが、エッジや細部がぼやけてしまう。

Kopf らはバイラテラルフィルタのカーネルの重みを算出するパラメータを EM アルゴリズムによって最適化する Content-Adaptive (以後, CA) 法[1]を提案した。この手法は従来手法に比べて周波数の高い詳細部分を残しながらダウンサンプリングできる。

3.点光源におけるダウンサンプリングの問題

JIS Z 8513 では欧字において 5 画素×7 画素の表示サイズが必要であるとしている。この表示サイズに近い文字サイズに文字画像をダウンサンプリングした結果を図 1 に示す。

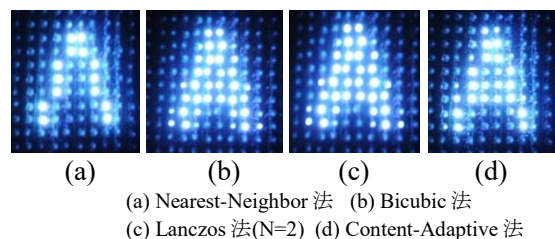
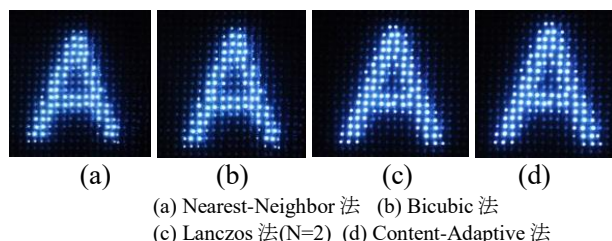


図 1 文字画像の 8×8 画素へのダウンサンプリング例

図 1 (a) の NN 法では線の太さと画像の幅・高さの比が、ダウンサンプリングの縮小率より狭かった場合は線が消えてしまう。一方、同図 (b) Bicubic 法, (c) Lanczos 法, (d) CA 法のような中間値を出す手法においては細部が潰れてしまっていることが視認できる。上記の結果が示す様に、従来手法ではこのような文字サイズにおいては可読性を保てない。

次に、欧字を表現可能な例として、図 2 に 16×16 画素の文字サイズでの表示を示す。

図 2 文字画像の 16×16 画素への
ダウンサンプリング例

この文字サイズにおいてはどのようなダウンサンプリング手法であっても可読可能であるが、フォントのスタイルの再現度を考慮して表示を最適化することが望ましい。図 2 (a) の NN 法では、斜線を点光源上で表現する時にジャギーが発生している。中間値を出力する手法では軽減されており、このような文字に対しては中間値を出す手法が有効であると判断できる。一方、同図 (b) Bicubic 法や (c) Lanczos 法では、ぼやけた輝度の低い中間値が点光源上で目立ってしまい、線の幅が実際より太くなっている。同図 (d) からは、ぼやけが少なく、かつ中間値でジャギーを軽減できる CA 法の有効性が視認できる。

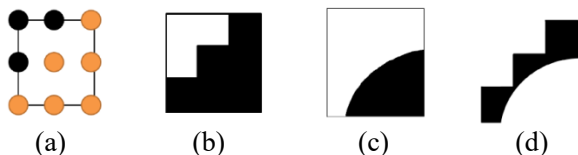
Optimal display of letters using sparsely arranged point lights

[†]Haruki TSUJI, Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology[‡]Shigeru KURIYAMA, Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

4. 点光源群を用いた文字の最適表示

小さい文字サイズにおいて NN 法では重要な線が消えてしまう問題点に対して、中間値を生じないように文字画像をダウンサンプリングする手法を提案する。

提案手法では点光源の点灯確率の最適化を周囲の近傍を参照しながら行い、その点灯確率に基づいて 2 値の点灯状態を決定する。ただし、全ての点光源の点灯確率の初期値は 0.5 とした。ある点光源 n_0 の点灯確率 P_{n0} 求める際に、8 近傍の点光源の点灯確率を $P_{n1} \sim P_{n8}$ とする。ここで、 n_0 を点灯と消灯の 2 状態に場合分けし、各状態に対して全近傍の点光源の点全ての点灯パターン 2^8 個に対して面積に基づく推定値を計算する。



(a) n_0 とその近傍の例 (b) (a) から生成された 2 値画像
(c) 対応する元画像の領域 (d) (c), (d) の排他的論理和
図 3 近傍の点光源を考慮した面積評価

面積関数は二値化した元画像と、点光源の点灯状態、その近傍点光源の点灯パターンを用いて $0 \leq P_s \leq 1$ の範囲に正規化された評価値を出力する。

例えば、図 3 (a) のように点灯しているパターンに対しては、図 3 (b) のような二値画像が生成され、これを図 3 (c) の点光源の近傍座標に対応する元画像の領域との一致度を得るために図 3 (d) のように画素ごとの排他的論理和によって、一致している画素（すなわち、図の白色部分）の割合を評価値とする。

評価値 N は、例えば点光源 n_0 の近傍パターンが図 3 (a) の場合には式 (1) のようになる。

$$N = P_{n0} P_{s1} \overline{P_{n1}} \overline{P_{n2}} P_{n3} \overline{P_{n4}} P_{n5} P_{n6} P_{n7} P_{n8} \quad (1)$$

ただし、パターンの中で点光源 n_i が点灯時は点灯している確率 P_{ni} を用い、消灯時は消灯確率 $\overline{P_{ni}}$ を用いた。

次に、 2^8 個の全パターンについて近傍の評価値 N を算出して総和を取る。 n_0 が点灯状態で算出したものを A 、消灯状態で算出したものを B とすると、点光源 n_0 の次状態での点灯確率 P'_{n0} は式 (2) で計算される。ただし、 μ は変動を制御する定数である。

$$P'_{n0} = P_{n0} + \frac{\mu(A-B)}{A+B} \quad (2)$$

5. 各ダウンサンプリング手法の比較実験

図 4 に示す実験用イルミネーション装置を用いて NN 法、提案手法、CA 法について、各対による結果を同時に点灯させて視認性を比較した。ここでは、 8×8 画素、 12×12 画素、 16×16 画素の 3 種類の文字サイズに対して、視角が 8° に固定されるように観察距離を変化させた。また、フォントの字体の視認性を評価するために、斜線、曲線、直線から構成された文字 6 文字を表示させた。10 人の被験者で 5 段階評価の主観評価を行った結果を表 1 に示す。結果は 2~2 の範囲となり、正の値であれば提案手法が優れている。

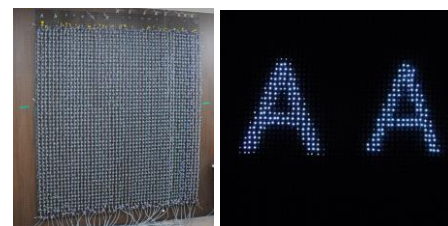


図 4 装置の外観

表 1 提案手法と既存手法の比較

文字サイズ	提案手法と Nearest-Neighbor			提案手法と Content-Adaptive		
	斜線	曲線	直線	斜線	曲線	直線
8×8	1.3	0.1	0.9	0.7	-0.1	1.5
12×12	-0.4	0.5	-0.4	0.0	-0.8	0.6
16×16	0.3	-0.5	-1.7	-0.8	-1.1	-0.9

提案手法と NN 法を比較した結果では、 8×8 画素の文字サイズにおいて、NN 法で線の欠けが発生し、提案手法の方が視認性に優れていた。NN 法は等間隔でサンプリングする性質上、直線を表現することに優れており、 8×8 画素の文字サイズ以外の直線においては優位性が認められた。

提案手法と CA 法を比較すると、 8×8 画素の文字サイズにおいては CA 法の間接値が目立ち、文字がぼやけており提案手法の視認性が優れていた。一方、 12×12 画素以上の文字サイズの斜線や曲線においてはジャギーを中間値で補う CA 法が優れた評価を得た。

6. おわりに

中間値を用いる手法の中で CA 法がぼけの発生が少なく、点光源における文字表示には優れていることが確認できた。一方、表示限界に近い小さな文字サイズにおいては、中間値を出さない本手法が線の欠落を生じにくい点において優位性が認められた。

[1] Johannes Kopf, Ariel Shamir, Content-Adaptive Image Downscaling, ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2013, Volume 32 Article No. 173