Vol.2017-CG-166 No.18
2017/3/13

大画面表示のための注視領域を考慮したトーンマッピング表示に関する検討

山本 佳明[1,a)]　金田 和文[2]　玉木 徹[2]　Bisser Raytchev[2]

概要：
High Dynamic Range(HDR) 画像をプロジェクタ等の大画面へ表示する際に観察者観察者の注視領域を考慮したトーンマッピングを考案し，実験によりその効果について検討を行った．その結果，注視領域の明るさに基づいてトーンマッピング処理を切り替えて表示を行う方が，切り替えない場合よりも広い輝度ダイナミックレンジを知覚できることが分かった．

キーワード：HDR 画像，大画面表示，トーンマッピング，注視領域

1. はじめに

HDR 画像は，トーンマッピング [1] により LDR 画像に変換してディスプレイに表示される．しかし，HDR 画像をディスプレイに表示する場合，一般的なディスプレイでは出力できるダイナミックレンジが狭く表示が難しい．

Reinhard らは HDR 静止画像の対数平均輝度値を用いて LDR 画像に変換するトーンマッピング手法を提案した [2]．Yang らは両眼融合を利用して異なる輝度を持つ静止画像を左右両眼に表示するバイノキュラトーンマッピング手法を提案した [3]．吉廻らはバイノキュラトーンマッピングの考え方に基づき，異なるトーンマッピングパラメータにより LDR 画像に変換された 2 枚の画像列を左右両眼に表示することにより，表示シーンが連続的に移り変わる場合でもバイノキュラトーンマッピングの表示が広いダイナミックレンジを知覚させるのに有効であることを示した [4]．

本研究では，大画面の表示デバイスに画像を表示する際，広いダイナミックレンジを観察者に知覚させる方法として注視領域を考慮してトーンマッピング処理を行うことが有効か実験により評価し検討する．

2. グローバルトーンマッピング

Reinhard らのトーンマッピング手法の一つであるグローバルトーンマッピング [2] では HDR 画像全体の対数平均輝度値を用いて LDR 画像への変換を行う．対数平均輝度 $\overline{L}_w$ は次式で表される．

$$\overline{L}_w = \exp\left(\frac{1}{N_\Omega}\sum_{x,y\in\Omega}\log\left(\delta + L_w\left(x,y\right)\right)\right)0 \qquad (1)$$

ここで，L_w は HDR 画像の画素 (x,y) での輝度値，δ は微小な定数，Ω は画像全体 ，N_Ω は総画素数である．

各画素 L_w は輝度値 $\overline{L}_w$ を用いて正規化される．

$$L\left(x,y\right) = \frac{a}{\overline{L}_w}L_w\left(x,y\right) \qquad (2)$$

ここで a はキー値である．正規化された輝度値は次式により LDR 画像での輝度値に変換される．

$$L_d\left(x,y\right) = \frac{L\left(x,y\right)\left(1+\frac{L(x,y)}{L_{white}^2}\right)}{1+L\left(x,y\right)} \qquad (3)$$

3. 注視領域を考慮したトーンマッピング手法

Reinhard らのグローバルトーンマッピング [2] に基づき，大画面表示のためのトーンマッピングは，注視領域を設定し，その注視領域の対数平均輝度を用いてトーンマッピングを行う (図 1 参照)．すなわち注視領域を考慮したトーンマッピング手法は，式 (1) の領域 Ω を注視点を中心とする視野範囲 θ の注視領域に含まれる画素とする．

4. 実験

注視領域を考慮したトーンマッピング手法で作成した画像と，従来のグローバルトーンマッピング手法で作成した

[1] 広島大学工学部　ビジュアル情報学研究室
Visual Information Science Lab., Faculty of Engineering, Hiroshima University
[2] 広島大学 大学院工学研究科　情報部門
Department of Information Engineering, Institute of Engineering, Hiroshima University
[a)] yoshiaki-yamamoto@hiroshima-u.ac.jp

© 2017 Information Processing Society of Japan

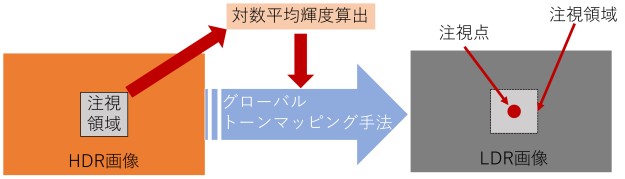


図 1　注視領域を考慮した手法



path　　citynight　　shiodome

図 2　実験に使用した HDR 画像

画像のどちらが大画面表示の際により広いダイナミックレンジを観察者が知覚できるか，そして注視領域の大きさはどの程度に設定するのが適切かについて実験を行った．

4.1　実験方法

実験では観察者の注視点を検出し処理を行うのではなく，あらかじめ観察点を指定してその点を注視するように実験を行った．注視点は各画像につき 5 点用意し，前述の手法によりそれぞれの点に対して表示画像を事前に作成した．注視領域の大きさとしては注視点を中心に視野角 $\theta = 5°, 10°, 15°$ をそれぞれ一辺とする正方領域に設定した．実験に使用した画像は図 2 に示す 3 シーンである．

比較のために，従来のグローバルトーンマッピング手法で作成した表示画像も準備し，全部で 4 種類の表示画像シーケンス $S_k (k = 1, 2, 3, 4)$ に対して比較を行った．比較方法はリーグ戦方式で，S_k どうしの比較 (試合) を繰り返し，各比較で獲得した得点数の合計を算出した．比較の際には S_k の評価が高い方に得点を 2 点与える．評価が同じ場合は両者の S_k にそれぞれ得点 1 点を与える．

比較の際の評価基準は，

(1) 明るい個所や暗い個所の輝度ダイナミックレンジが十分に感じられるか
(2) 物体のディテールが見えている範囲ではっきり確認できるか

とした．ただし，評価基準 (1) を優先させ，それが同程度の場合は，評価基準 (2) で判断する．すべての比較で得られる最高得点は 6 点であり，最終的に最高値を 100 に換算 (線形スケーリング) して評価値とした．

4.2　実験結果

被験者 10 名に対して評価実験を行った．各画像シーンの評価値ならびにすべてのシーン平均した評価値を図 3 に示す．横軸は注視領域の視野角 θ を表している．ただし視野角が $\theta = 90°$ は全画像領域を注視領域として設定した場合 (従来のグローバルトーンマッピング) である．

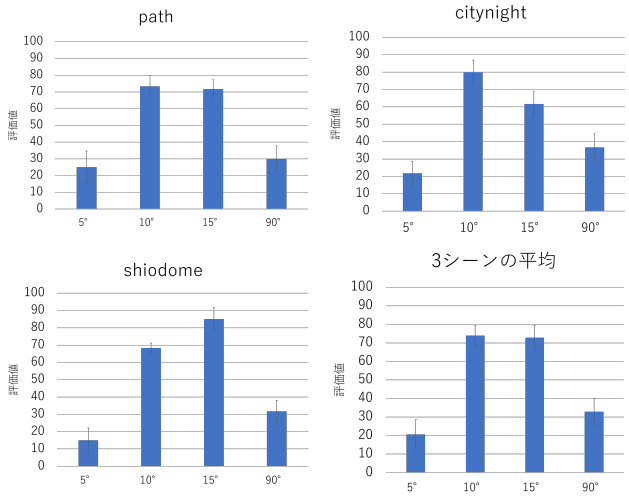


図 3　各シーンの評価値とそれらの平均

従来のグローバルトーンマッピング手法で作成した画像より，視野角を 10° または 15° に設定して注視領域を考慮したトーンマッピング手法により作成した画像の方が広い輝度ダイナミックレンジを観察者が知覚している．しかし，視野角 5° に設定した場合は評価が最も低い．また，最も高い評価を得ている視野角の大きさは画像によって異なる．

5.　まとめ

本研究では大画面の注視領域を用いたトーンマッピングについて評価実験を行った．実験結果から注視領域を考慮したトーンマッピングを行う方が注視領域を考慮していない場合よりも広い輝度ダイナミックレンジが知覚できる表示が行えることが分かった．ただし，注視領域の大きさを適切に設定しなければ逆効果となる．また HDR 画像の種類によって適切な注視領域の大きさが異なることも判明した．

今後の課題として被験者と HDR 画像をそれぞれ増やして，実験を行い，評価の精度を高めることが課題である．さらにより実際に近い状況を考え，大画面での注視点がリアルタイムに変わる場合の検討を行うことも今後の課題である．

参考文献

[1] E. Reinhard, et al.,“High Dynamic Range Imaging: Acquisition, Display and Image-Based Lighting,” *Morgan Kaufmann Publishers* (2005).
[2] E. Reinhard, et al., “Photographic tone reproduction for digital images,” *ACM Trans. Graph* 21(3):267-276 (2002).
[3] X.Yang,et al.,“Binocular Tone Mapping”, *ACM Trans. Graphics* 31(4):93 (2012).
[4] 吉廻 他,「両眼ディスプレイへの HDR 画像表示に関する検討」画像電子学会, Visual Media Computing Conference 2016 予稿集 P1-1 (2016).

© 2017 Information Processing Society of Japan