



人間の視覚特性を考慮した ハイダイナミックレンジ画像 のトーンマッピング

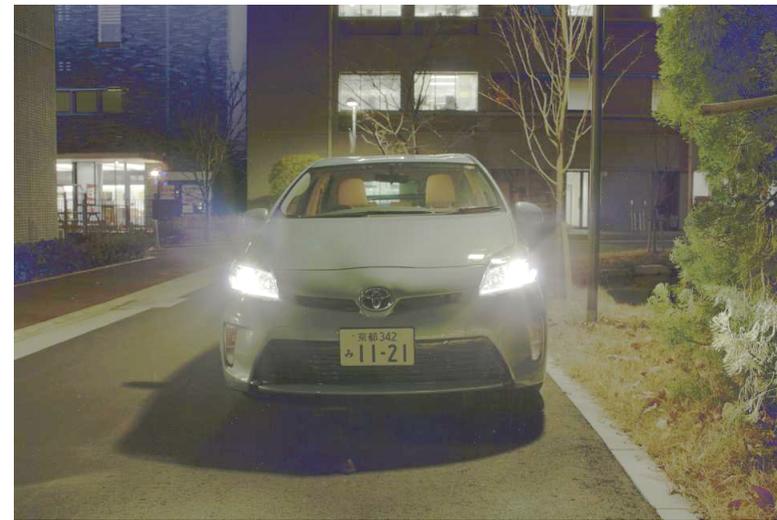
コンピュータ理工学部
ネットワークメディア学科
蚊野研究室
立石 理菜

研究内容

- ハイダイナミックレンジ画像のトーンマッピングについて研究し、指数対数型と視覚特性を考慮した方法、Dragoの方法を比較した。



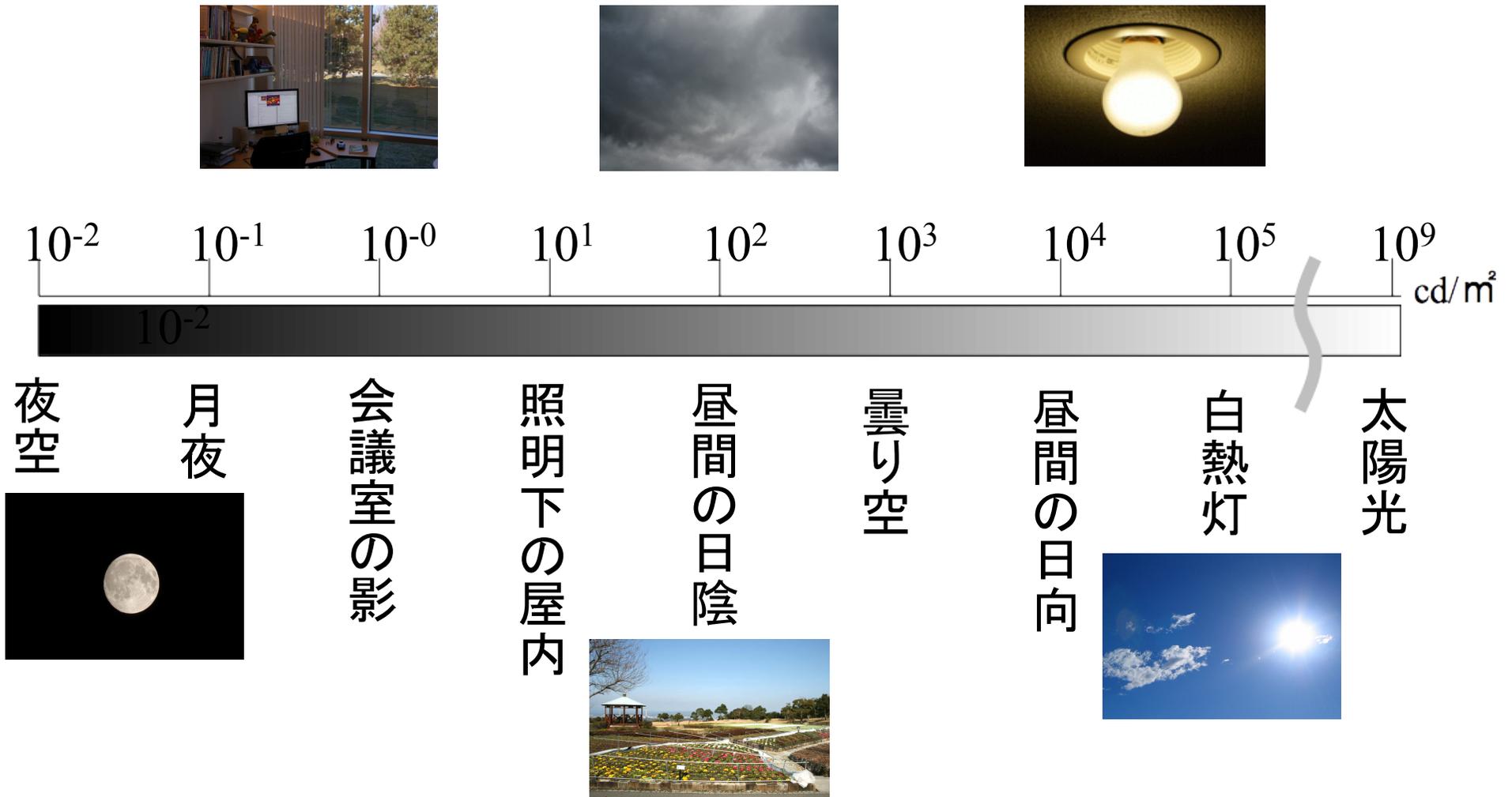
シャッタ速度1/6400s～30sで撮影した
画像を連続再生した映像



左の画像列からハイダイナミックレンジ画像
を生成しトーンマッピングした画像



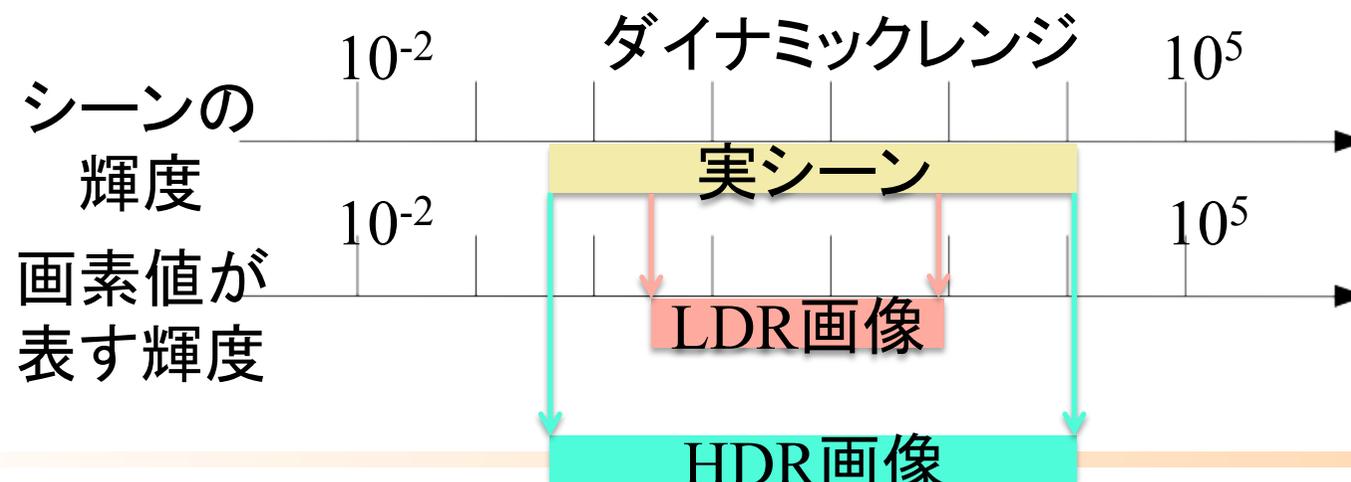
シーンのダイナミックレンジ





ハイダイナミックレンジ(HDR)画像

- ローダイナミックレンジ(LDR)画像:
明るさがデジタルカメラのワンショットで記録できる範囲で、画素値が8bitの画像。
- HDR画像:明るさの範囲がLDR画像より広く、かつ画素値の範囲が8bitよりも十分に大きいもの。





ダイナミックレンジが 広いシーンの記録

- 通常のカメラでは、ダイナミックレンジが広いシーンの全ての明るさを、1枚に記録することができない。





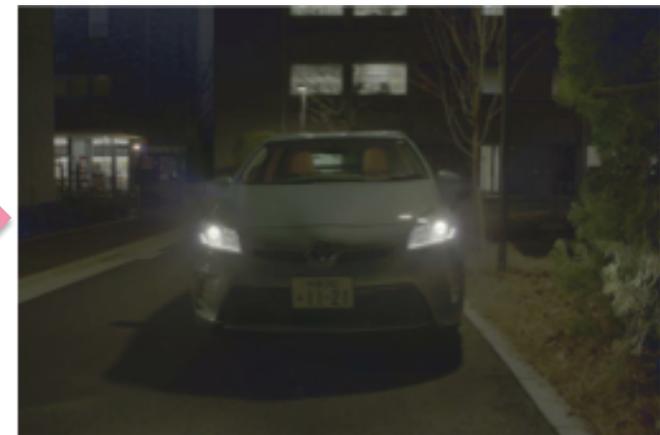
HDR画像の生成方法

- シャッター速度が異なる複数枚のLDR画像を合成することでHDR画像を生成した。



シャッター速度が異なる複数枚のLDR

合成



6枚のLDRを合成したHDRに
トーンマッピングを行った画像



HDR画像の調査



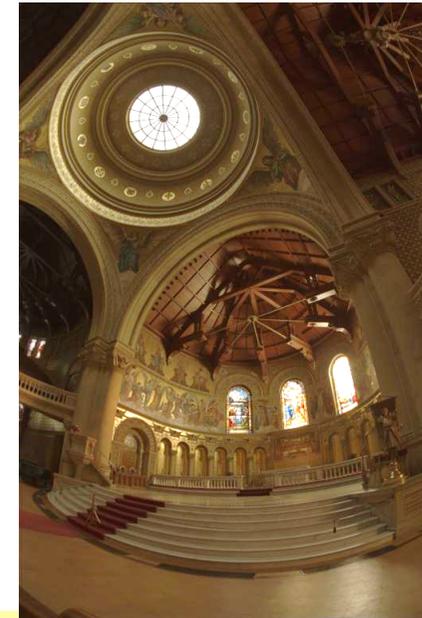
desk-HDR

(Matlabに用意されていた画像)



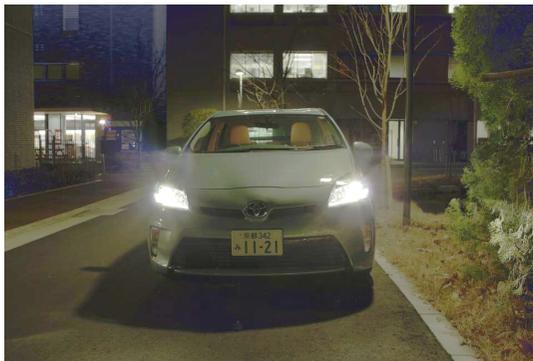
tree-HDR

(自作画像)



memorial-HDR

(<http://www.pauldebevec.com/Research/HDR/>)



headlight-HDR

(自作画像)

HDR画像にトーンマッピング
を適用したLDR画像



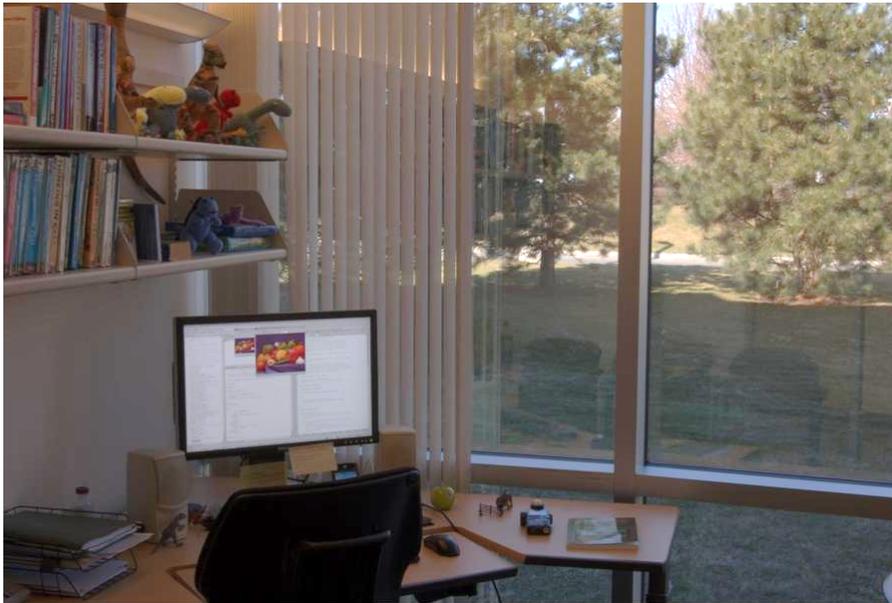
HDR画像のダイナミックレンジ

	最小輝度	最大輝度	ダイナミックレンジ
desk-HDR	7.00×10^0	9.05×10^3	1.29×10^3
tree-HDR	1.87×10^{-1}	1.98×10^3	1.05×10^4
headlight-HDR	1.50×10^{-1}	6.80×10^3	4.52×10^4
memorial-HDR	1.67×10^{-4}	2.75×10^2	1.63×10^6

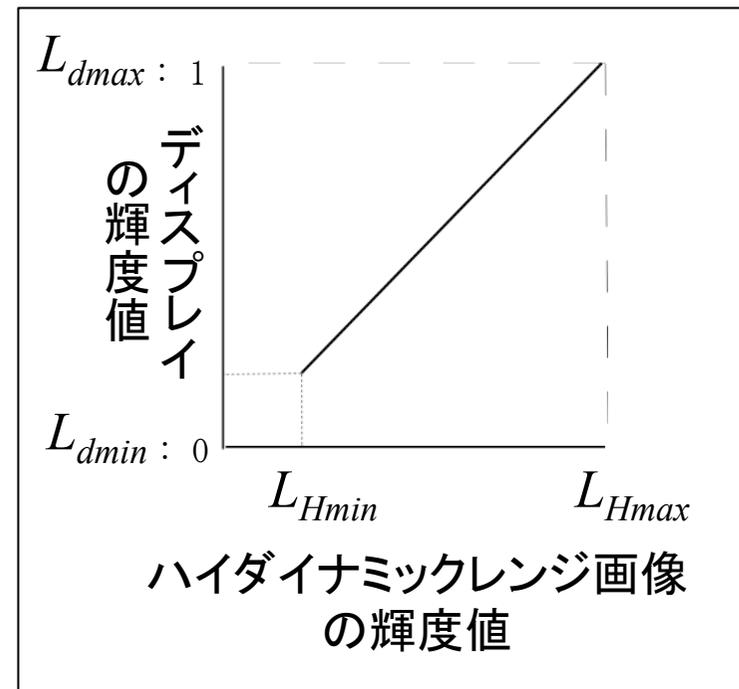


輝度リニアなトーンマッピング(1)

- ダイナミックレンジが狭い画像であれば、輝度リニアなトーンマッピングによって望ましい画像表示が可能。



desk-HDR





輝度リニアなトーンマッピング(2)

- ダイナミックレンジが広い画像では、輝度リニアなマッピングでは望ましい表示画像が得られない。



memorial-HDR



headlight-HDR

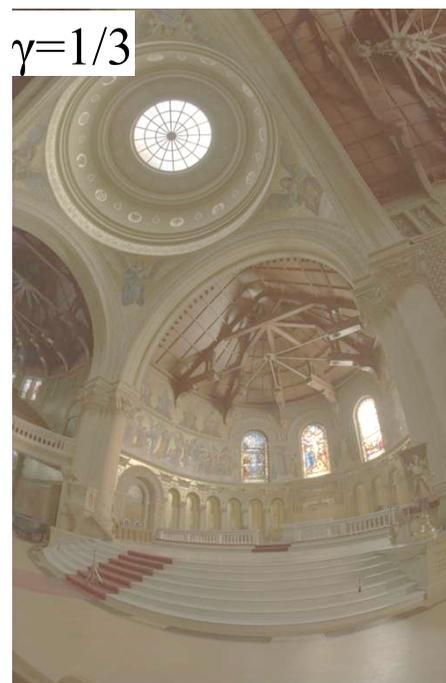
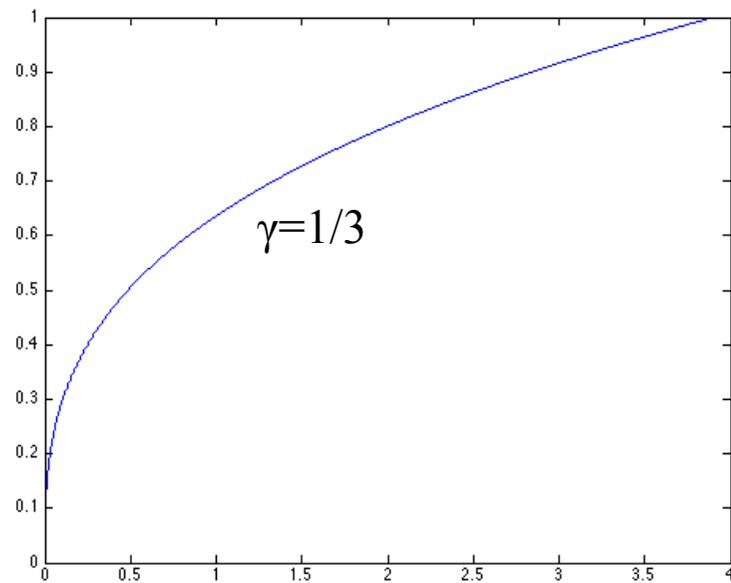


tree-HDR



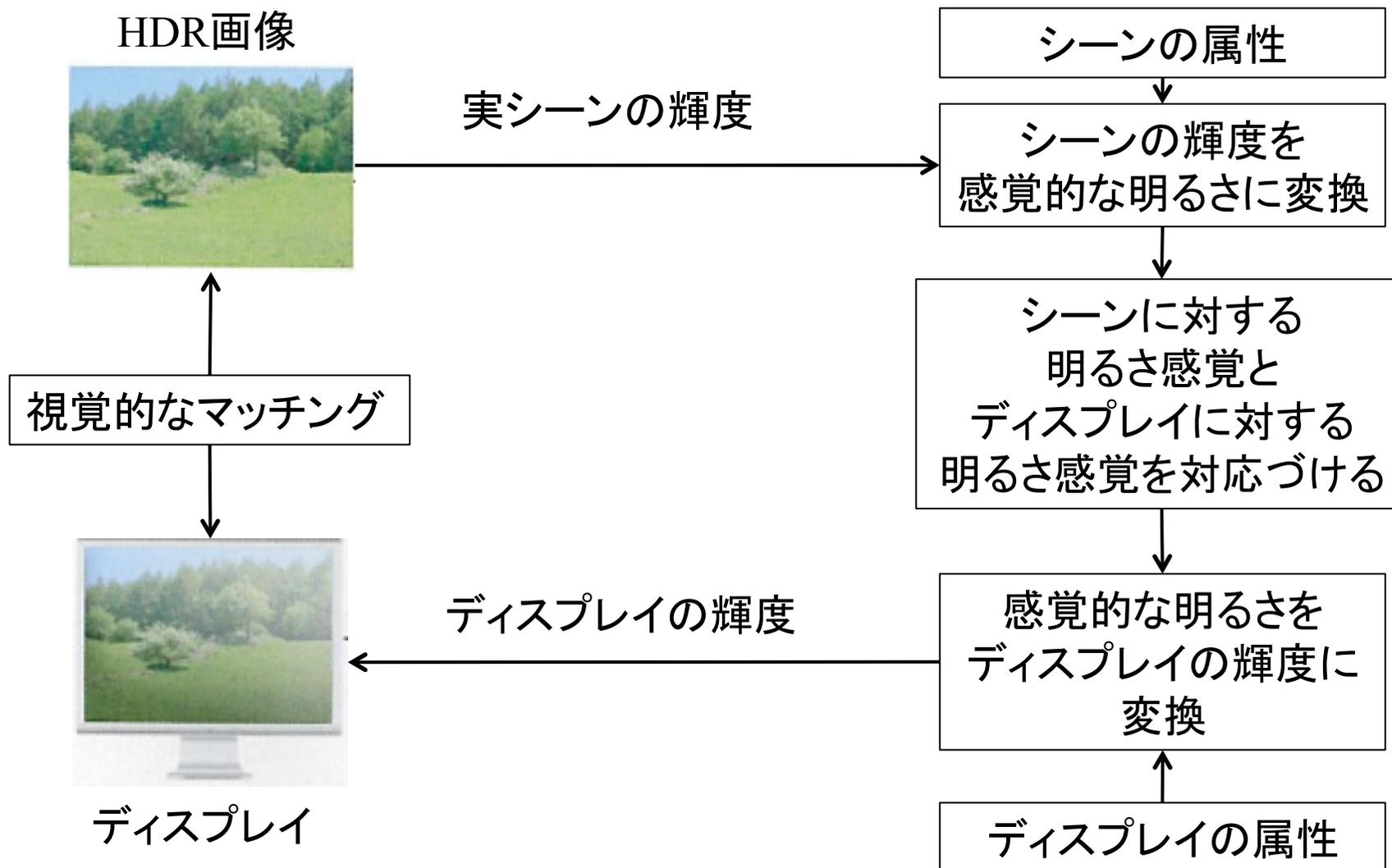
指数対数型トーンマッピング

- 階調変換に用いる指数対数型トーンカーブで明るさを調整できるが、変換後の画像がくすんだ感じになり、不自然さが残る。





視覚特性を考慮した トーンマッピングモデル



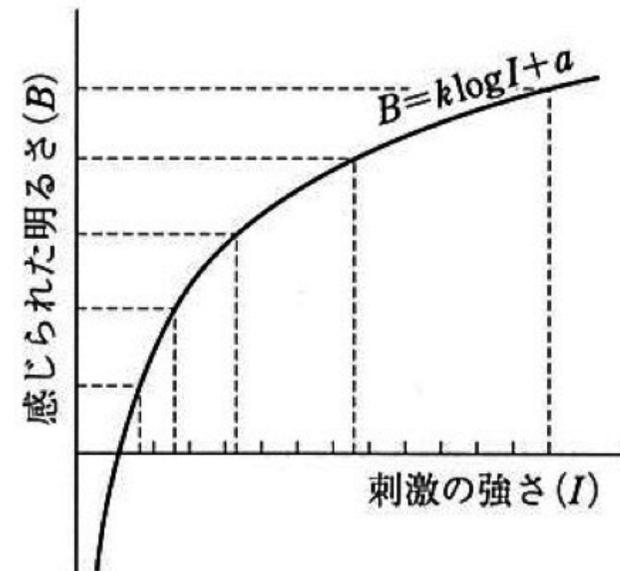


ウェーバー・フェヒナー (WF) の法則

- 人間の感覚量に関する法則で、視覚刺激に関しても概ね成立する。感じられる明るさ(B)が光の強度(I)の対数に比例する、という法則。

ウェーバー・フェヒナーの式

$$B = k \cdot \log I + a$$





ウェーバー・フェヒナーの法則に基づくトーンマッピング(1)

- HDR画像の輝度(L_H)と明るさの感覚量(B_H)の間、および、ディスプレイの輝度(L_d)と明るさの感覚量(B_d)の間にウェーバー・フェヒナーの法則を仮定し、 $B_d=B_H$ とする。

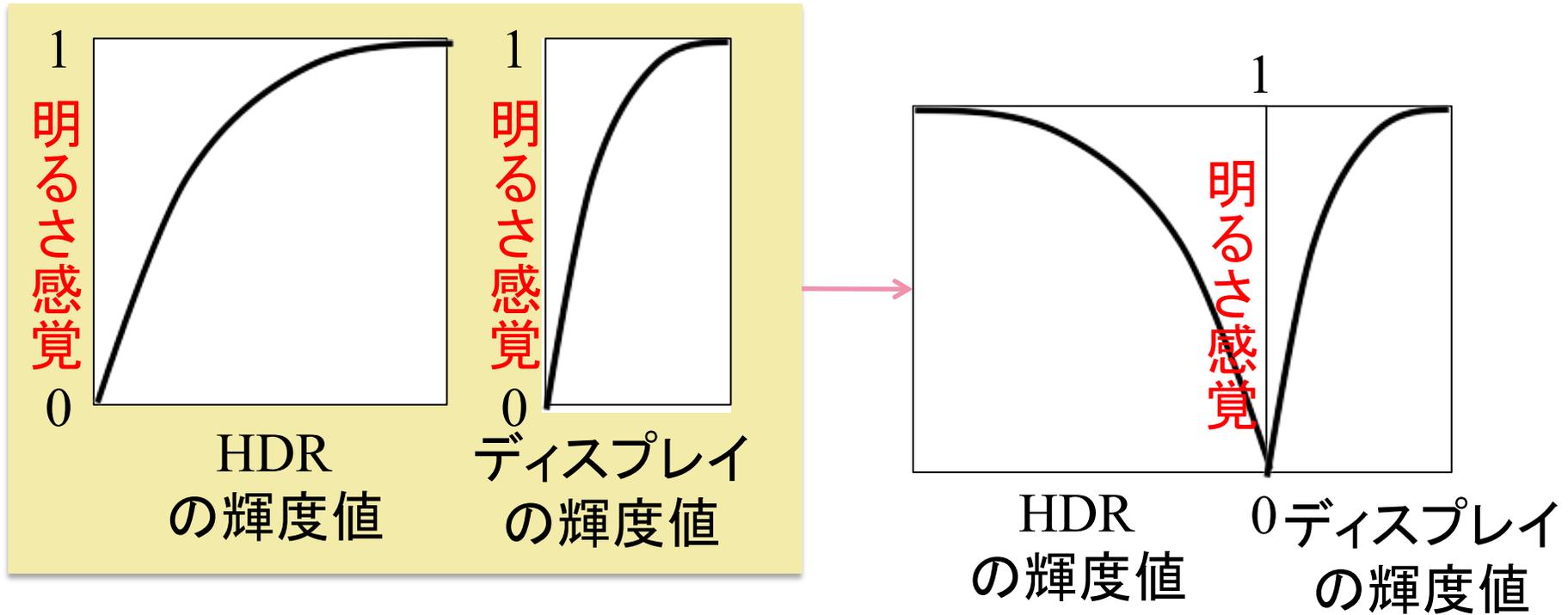
$$B_H = k_H \cdot \log(L_H) + a_H$$

$$B_d = k_d \cdot \log(L_d) + a_d$$

$$B_d=B_H$$



ウェーバー・フェヒナーの法則に基づくトーンマッピング(2)





Dragoのトーンマッピング(1)

$$L_d(x) = \frac{1}{\log(L_{\max} + 1)} \times \frac{\log(L + 1)}{\log(2 + ((\frac{L}{L_{\max}})^{\frac{\log(b)}{\log(0.5)}}) \times 8)}$$

Dragoのトーンマッピングの式

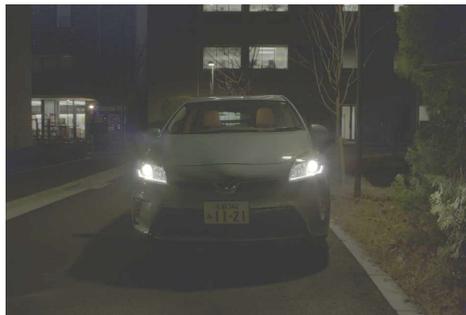
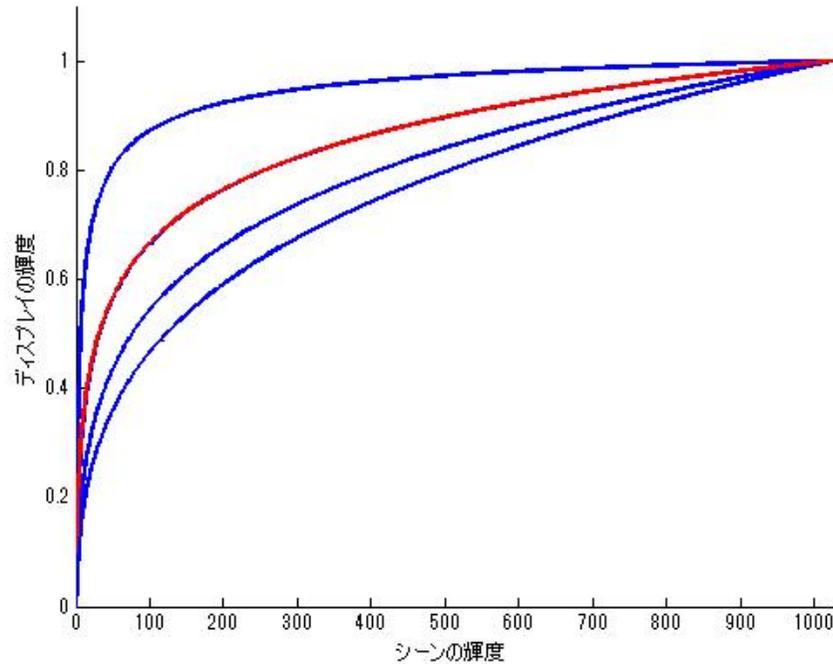
$$\frac{\log(L + 1)}{\log(L_{\max} + 1)}$$

Stockhamの式

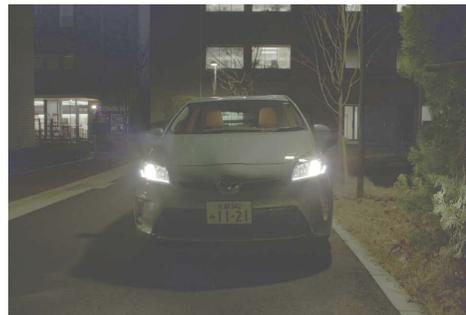


Dragoのトーンマッピング(2)

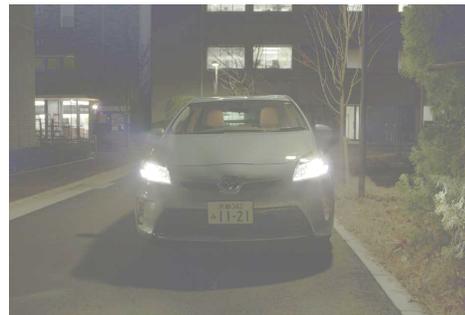
$b=0.8$
$b=1.0$
$b=1.2$
$b=1.5$



$b=1.5$



$b=1.2$



$b=1.0$



$b=0.8$

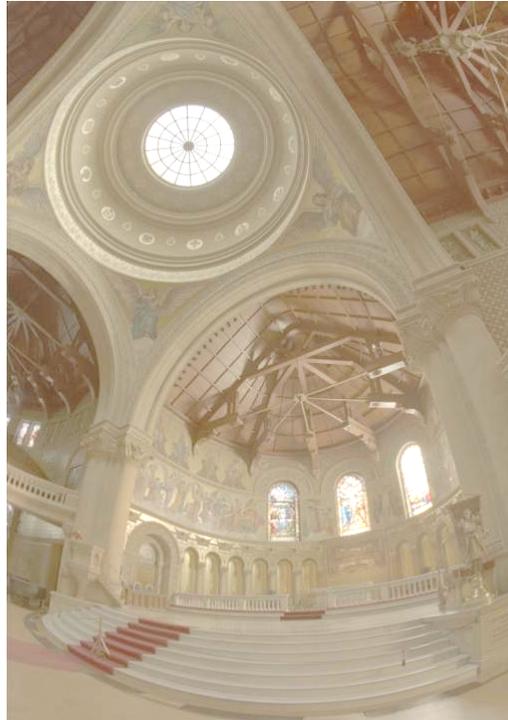


トーンマッピングの比較 (memorial-HDR)

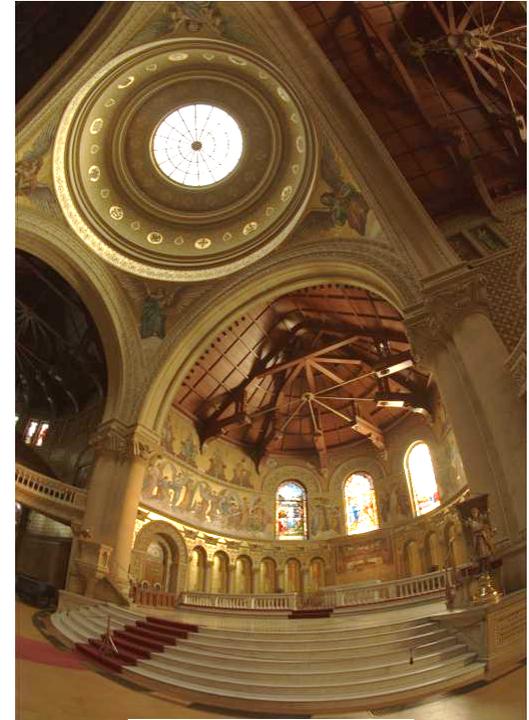
- memorial-HDRは指数対数型とWFがくすんだ画像、Dragoが最も好ましい画像を生成した。



指数対数型: $\gamma=1/3$



WF: $L_{dmax}=250$ 、 $L_{dmin}=10$

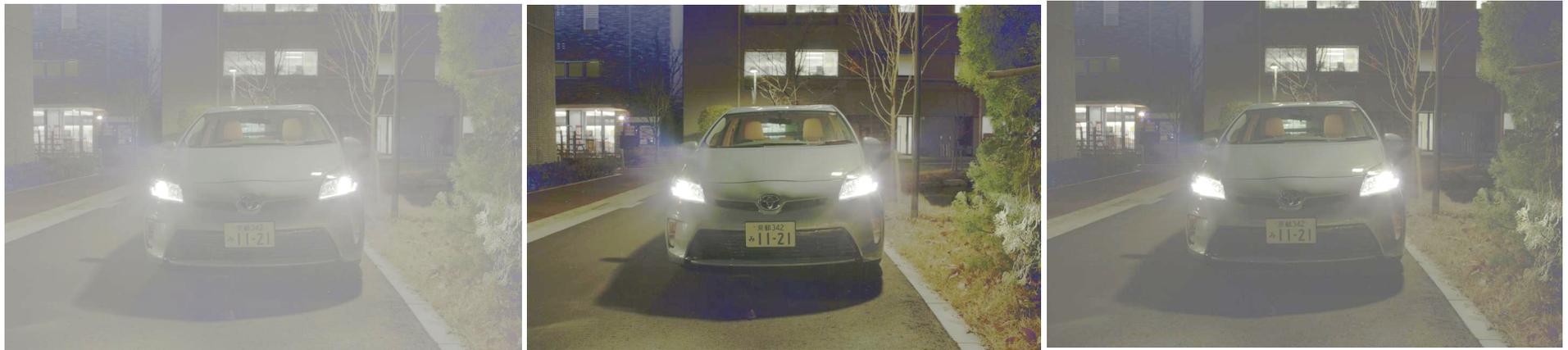


Drago: $b=0.8$



トーンマッピングの比較 (headlight-HDR)

- headlight-HDRは指数対数型がくすんだ画像、WFが最も好ましい画像、Dragoがその中間的な画像を生成した。



指数対数型: $\gamma=1/5$

WF: $L_{dmax}=250$ 、 $L_{dmin}=100$

Drago: $b=1.0$



トーンマッピングの比較 (tree-HDR)

- tree-HDRはいずれのトーンマッピングも似たような画像を生成した。



指数対数型: $\gamma=1/2$ WF: $L_{dmax}=250$ 、 $L_{dmin}=10$



Drago: $b=1.2$





結論

成果

- 視覚特性を考慮することで、より好ましい画像が得られた。
- 視覚特性を考慮しても、画像によって見え方が異なる。
- Dragoのトーンマッピングを、ウェーバー・フェヒナーの法則から解釈した。

課題

- 全ての画像に適したトーンマッピングは得られなかった。実験に不備があったと思われる。