

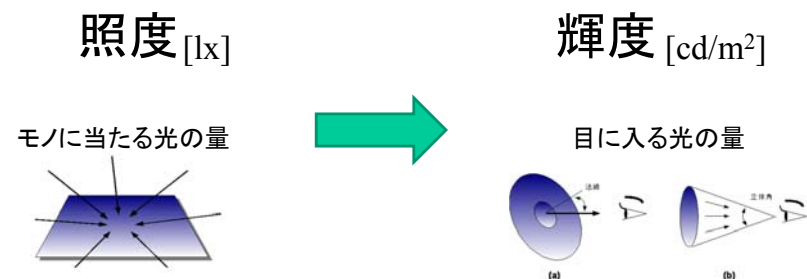
利用者が感じる「明るさ」「見やすさ」「眩しさ」の設計

～輝度コントラストを用いた公共空間の視認性評価～

中村芳樹
(東京工業大学)

光が存在するだけでは、われわれは「明るさ」を感じない

感じる「明るさ」を推定するには、目に入る光が必要



輝度は照度から推定できる

均等拡散面の輝度と照度の関係

$$L = \frac{1}{\pi} \rho \cdot E$$

L: 輝度, ρ : 反射率 E: 照度

$\rho = V(V-1)$
 ρ : 反射率 (%)
V: マンセルバリュー

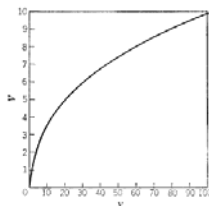


図-1.14 マンセルバリューと拡散反射率の関係

輝度を作り出す面を考えることが重要

水平面だけではなく、部屋各面の照度、輝度が求められる

空間を構成する面、すなわち、壁面や天井面の見え方に根拠が求められる

間接光を含むことから、3次元の照明シミュレーションが必要

明るさ, グレア, 視認性といった検討が必要な見え方(アピランス)は対象輝度だけでは決まらない。



アピランス(明るさ, グレア, 視認性)を検討するには背景との**コントラスト**の情報が不可欠

実環境での輝度コントラストの算出

実空間の輝度分布



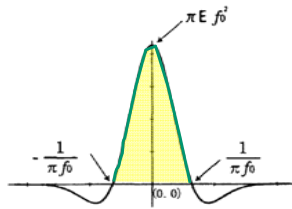
コントラスト・プロファイル法を使った対比量の計算



マスクを考え、赤部分の平均輝度と、青部分の平均輝度で対比を計算する。

畳み込みマトリクス (輝度比をとるための重み付けマトリクス)

-0.000009	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-0.000009
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.0032	-0.0563	0.062483	0.57284	0.062483	-0.0563	-0.0032
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-0.000009	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-0.000009



全部を加算すると→0
中心部分だけを加算すると→0.75

計算用の近似マトリクス

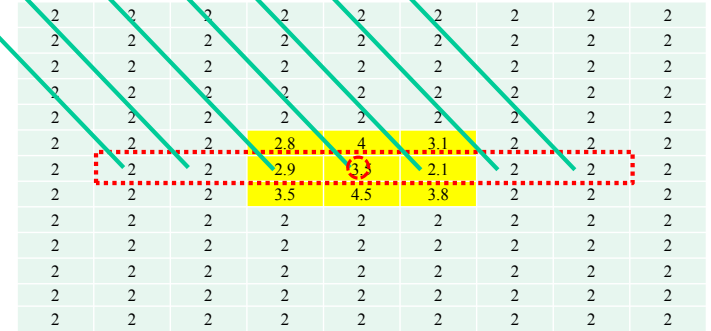
(近似を高くしていくと、中心部分の合計が1に近づいていくが、マトリクス大きくなり、計算負荷がかかる)

理想的なフィルタ関数

畳みこみマトリクス

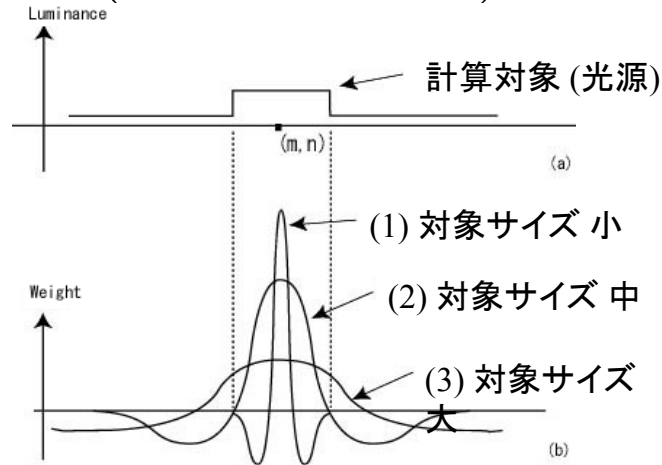
-0.000009	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-0.000009
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.0032	-0.0563	0.062483	0.57284	0.062483	-0.0563	-0.0032
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-0.000009	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-0.000009

対数輝度画像



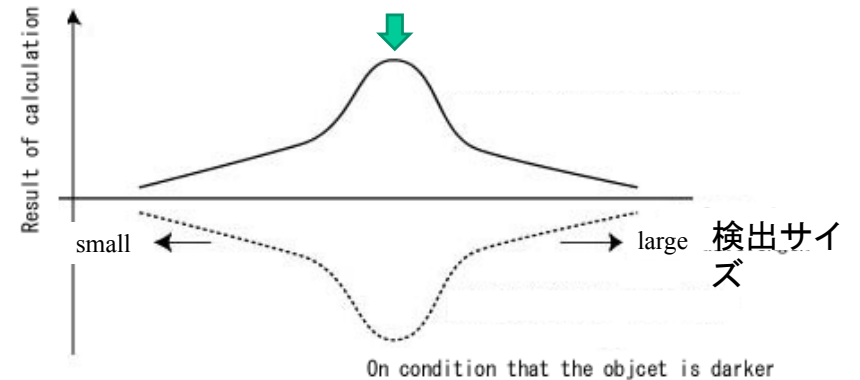
$$2^*(-0.032)+2^*(-0.0563)+2.9*(0.062483)+3.5*(0.57284)+2.1*(0.062483)+2^*(-0.0563)+2^*(-0.032)$$

輝度画像の解像度を変えて計算 →算出する対象サイズを変化 (多重解像度分析)

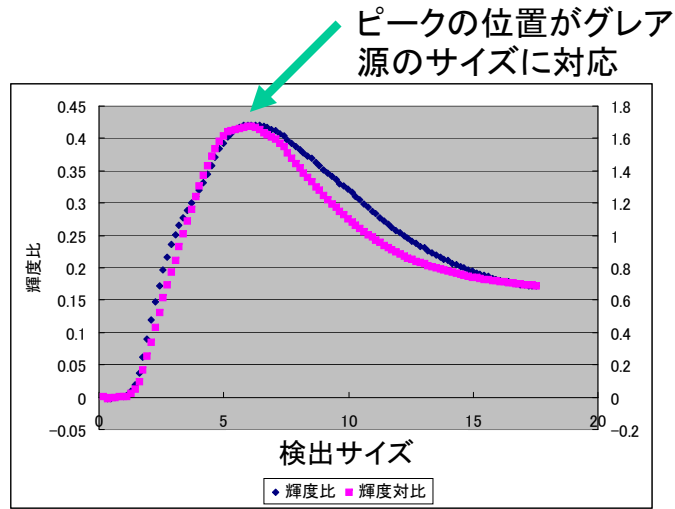


コントラストのピークと視対象サイズ

最大値より、その点を中心にした視対象サイズと輝度コントラストが決まる

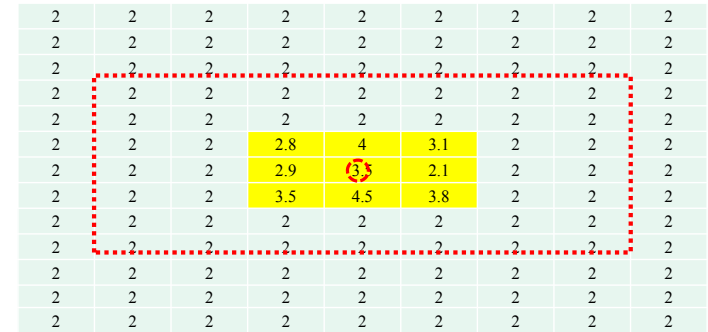


グレア源のコントラスト・プロファイルの例



0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204

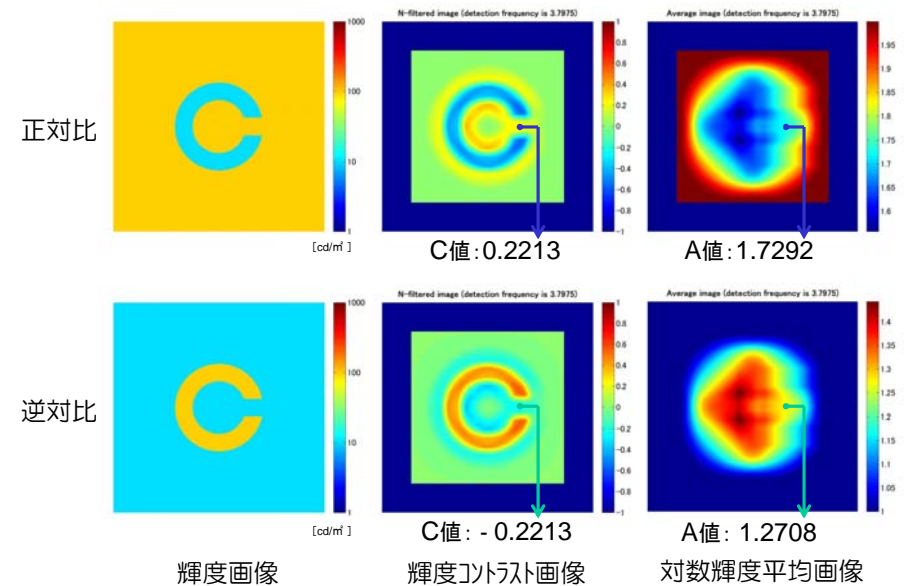
対数輝度平均算出フィルタ



合計 = 2.249 対数輝度平均

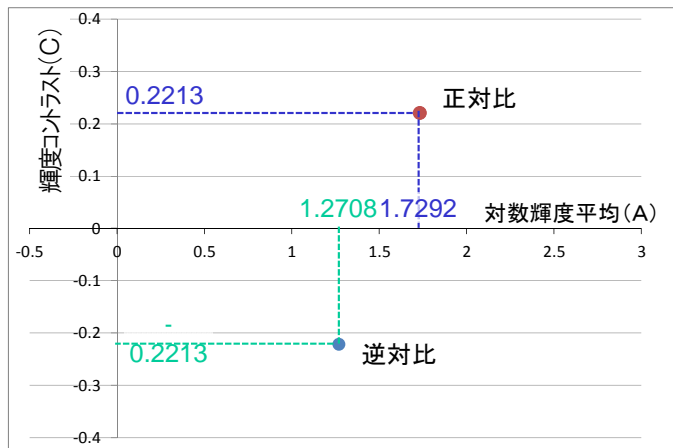
コントラスト・プロファイル法を使えば、現実環境の複雑な輝度分布においても、視認性や明るさやグレアを検討しようとする対象の**サイズ**、**輝度コントラスト**(C値)、**対数輝度平均**(A値)を、客観的に算出することができる。

ランドルト環のC値・A値の例

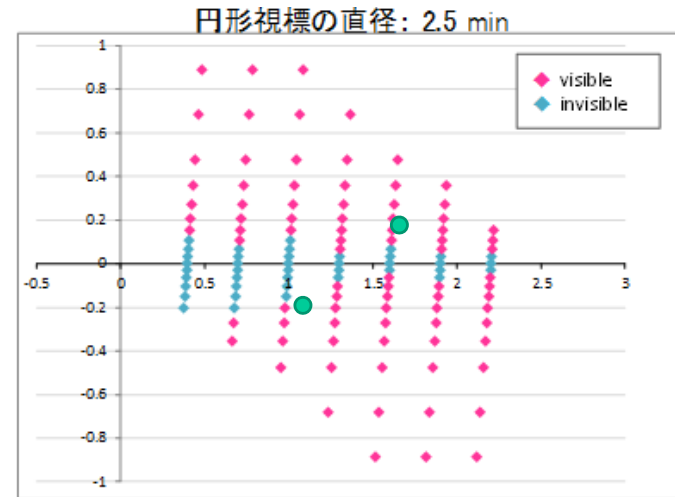


輝度コントラスト評価図 (CA図)

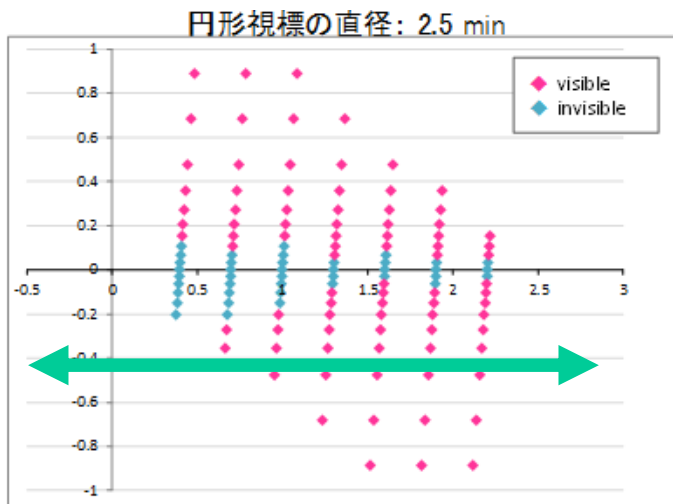
求められた値を、CA図(横軸: 対数輝度平均、縦軸: 輝度コントラストとして関係を示すグラフ)へプロット



サイズとC,Aが分かれば 視認性が分かる



紙面に書かれた文字の視認性と照度との関係を輝度コントラスト評価図にプロットすると



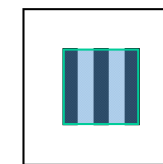
輝度コントラストは変わらず対数輝度平均だけが変化する



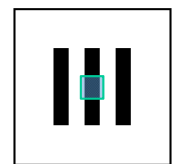
検出サイズの変化



視標と背景

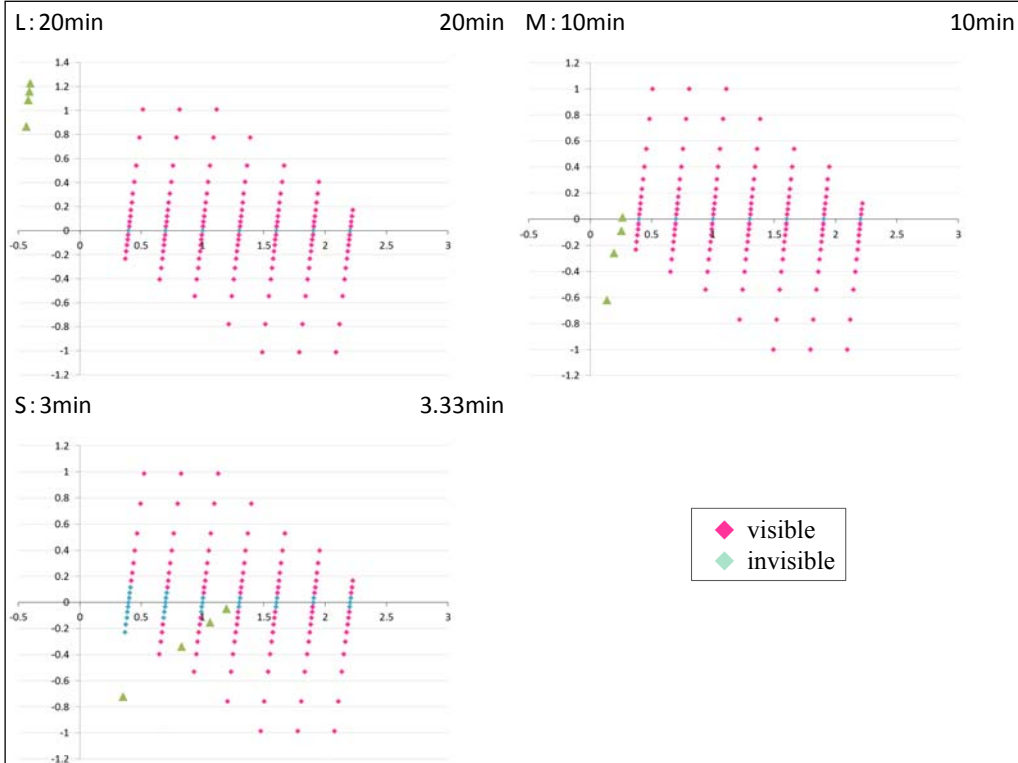
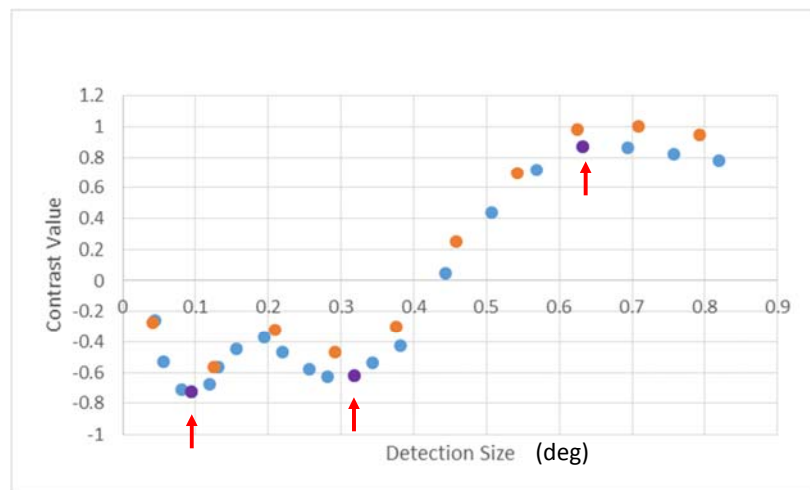


矩形波と視標



矩形波の中心

真値と測定のコントラスト・プロファイル

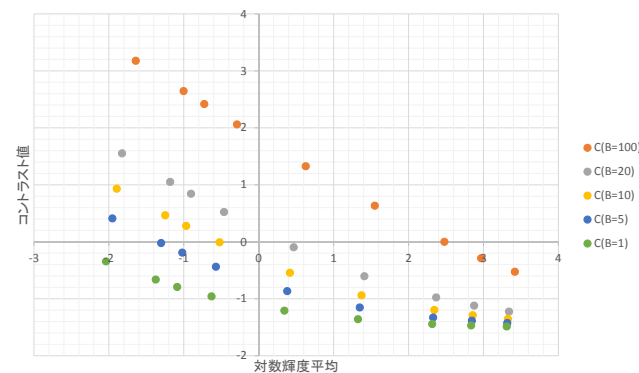


対象輝度と背景輝度と視対象サイズは、C, A値から算出できる。

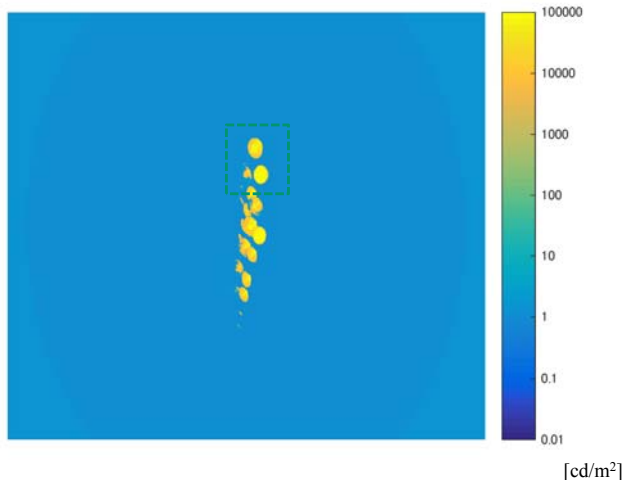


相互変換が可能

等明るさ曲線のプロット (Bodmann(1979) S=120min)



サイズ、背景輝度、対象輝度から推定する既往研究の式を利用可能



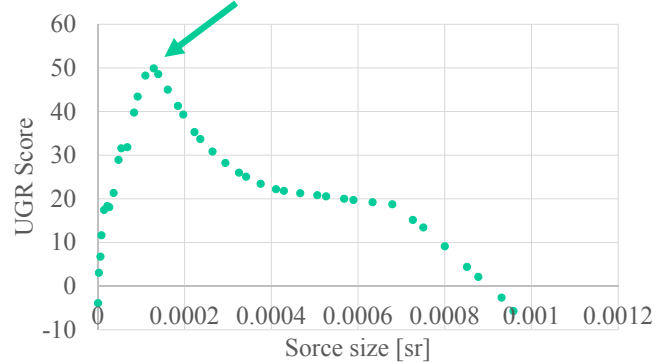
スポーツ競技場の投光照明

グレア評価の方法

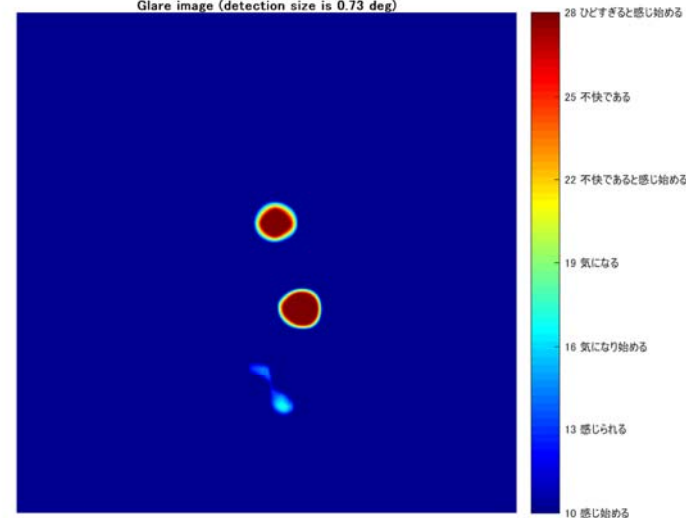
$$UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{P^2} \right]$$

- L : グレア源の輝度 [cd/m²]
- L_b : 背景輝度 [cd/m²]
- ω : グレア源の大きさ(立体角) [sr]
- P : ポジション・インデックス(視線方向から離れた効果)

グレア・プロファイル



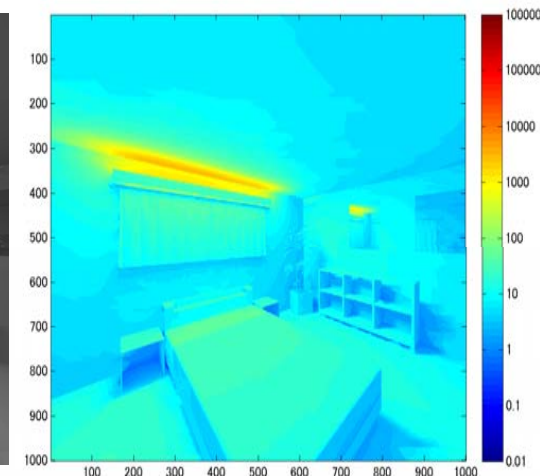
Glare image (detection size is 0.73 deg)



3次元照明シミュレーション・ソフトの広がり

- Radiance
 - 計算精度はある程度信頼できる
 - さまざまな屋光データベース完備
 - 操作が難しい
- Dialux evo
 - 計算は高速
 - 光の計算精度は信頼できる
 - 屋光は現在扱えない
- Lumiccept
 - 計算精度はある程度信頼できる
- Light tools
 - 計算精度は高いが、環境のシミュレーションには向かない
- 3ds maxなど
 - 一般のrenderingソフトとの混合
 - 計算精度がよく分からない
 - 照明解析を使えば画像出力可能
- その他...

Radianceを用いた設計例



照明設計の目的を明確化する

- 照明の目的は「モノを適切に見せること」
- モノが見えるのは、輝度コントラストが存在するから。大切なのは、モノを適切に見せるために輝度コントラストを設計するという姿勢
- たとえば...
 - 輝度コントラストは、色の違い(反射率の違い)と、当たる光の量の違いで決まる。視力が低い場合は、この二つの違いがしばしば分離できない
 - 障害物が存在しても、影ができないような光が当たれば、輝度コントラストが小さく発見できないこともある

安全, 安心, 快適を生み出す照明設計

- 施設設計者が伝えたい情報を確実に伝える
 - 大きな空間的な構造
 - さまざまなサービスのための視覚情報
 - サインなど
 - 危険箇所の情報
- ロービジョン者が受け取りたい情報を伝える
 - 影と暗い色、暗い障害物との分離
 - 暗い柱なのか、何かの影なのか...
 - 予想外の障害物があると見える
 - 照度だけれど指向性のある光が大切か？
 - 人、列車、自動車などの動きが見える
 - 服の色をどのように想定するか
 - 知覚者の動きとの関係
 - 自分の動きと連動して変化する視覚情報が受け取れる。