E-6

# 拡張現実感のための光源環境推定

**Lighting Environment Estimation for Augmented Reality**

○林　将也[1]，清水 雅夫[2]
* Masaya Hayashi[1], Masao Shimizu[2]

Abstract: This report describes a lighting environment estimation method for augmented reality. The method utilizes a fisheye camera to measure direction of a point light source. A computer graphics model with optical consistency demonstrates the measurement result. Another method using five photo-diodes is also mentioned.

## １．はじめに

拡張現実（以降 AR）は，バーチャルリアリティの一種である．バーチャルリアリティは現実を人工現実感と置き換えるのに対し，AR は現実の一部を改変する技術である．コンピュータ情報を付加して現実の情報を実態よりも強化して人間に提供する．AR の技術課題の１つは，実画像に重畳して表示するコンピュータグラフィックス（以後 CG）が現実における照明や影と同じ工学的特徴を持つようにすることである．このためには，現実の光源環境を計測して，計測結果をリアルタイムに CG に反映する必要がある．

本検討では，光源環境を計測するために魚眼レンズカメラの撮影画像から光源方向の推定を行った．推定した光源方向を用いて CG を描画し，現実の物体との光学的整合性を確認した．さらに，照度に比例する光電流を出力するフォトダイオードを用いた光源環境センサについて予備実験を行った．

## ２．魚眼レンズカメラによる光源方向推定

カメラで撮影した画像を用いて光源方向を推定するために，図１に示す等距離射影方式の魚眼レンズを使用した．等距離射影方式は，画像の中心からの距離とレンズへの入射角度が比例する．

$$R = f\theta$$

ただし，$R$ は CCD センサ上での像高，$f$ はレンズ焦点距離，$\theta$ はレンズへの入射角度である．CCD センサ上での像高は，画像上の大きさ $R'$ に比例するので，実際には次式を用いた．

$$R' = k\theta$$

ただし，$k$ はレンズ焦点距離と画素サイズで決定する比例定数である．

入射角度 $\theta$ は、レンズ光軸に対する角度である．レンズ光軸は画像中心を通るので，まず画像中心位置の測定を行った．実験で使用した魚眼レンズカメラでは，画像サイズ 640×480[画素]に対して画像中心は (333.0, 234.0) だった．

図２に、暗い室内に１個の光源を配置したときの魚眼レンズカメラで撮影した画像例を示す．魚眼レンズカメラは、上方に向けて配置した．この画像から，光源位置の天頂角（図１の $\theta$）は 74.1°，方位角は 215° であることがわかる．

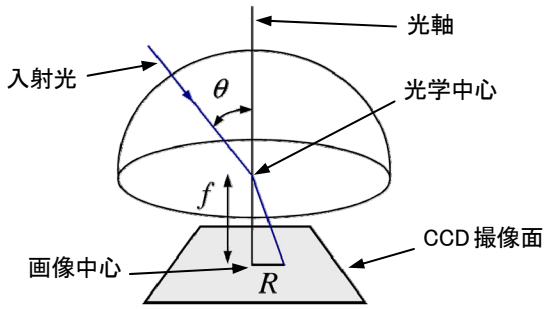


図１　等距離射影方式の魚眼レンズモデル

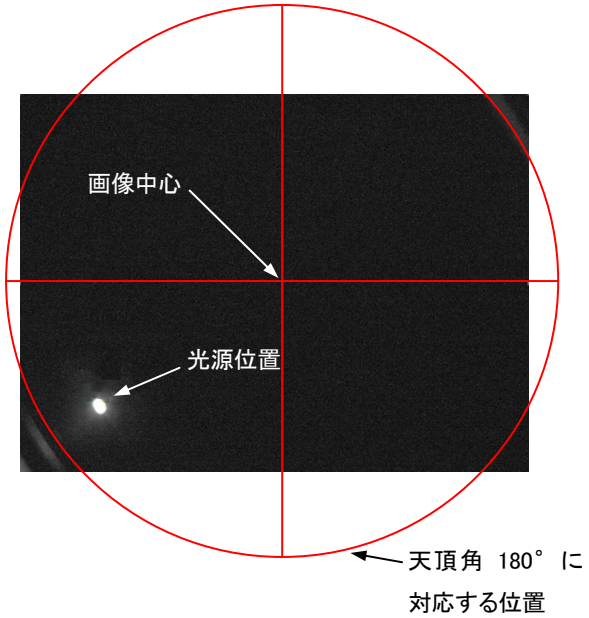


図２　魚眼レンズカメラの画像例

１：日大理工・院（前）・精機，２：日大理工・教員・精機

図３に，このようにして計測した光源環境を使って表示した CG の例を示す．ルービックキューブは現実の物体であり，青い立方体が CG である．ルービックキューブの赤と黄色の面が明るいのに対して青の面は暗い．それに対応して CG の面の明るさも同様に表示されている．

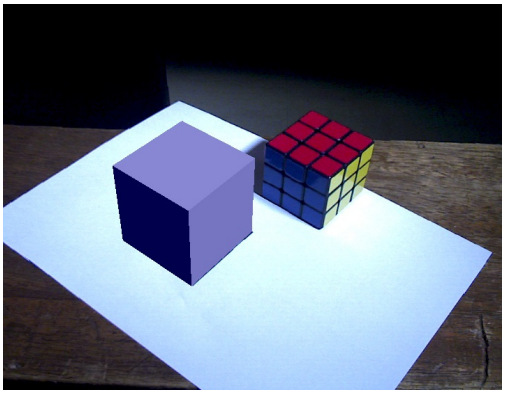

図３　計測した光源方向を用いた CG の例

３．フォトダイオードを用いた光源環境センサ

魚眼レンズカメラによる光源方向推定では，拡張現実感のための外界カメラとは別に，環境光を計測するための魚眼レンズカメラが必要になる．このため，システムのコストだけではなく計算負荷が大きくなる．さらに，光源の輝度が高い場合には画像の明るい部分（光源）と暗い部分との明るさの比がカメラのダイナミックレンジを超えてしまうために，シャッター速度を変えて撮影した何枚かの画像から光源の位置を計測する必要がある．

そこで，より単純な光センサを用いた光源環境の推定方法を検討する．図４に，浜松フォトニクス(株)社 S9648-200SB を示す．このフォトダイオードは，最大 1000 ルクス程度までの照度に比例する光電流を出力する．また，受光面に対する光源の方向によって光電流出力が異なる．図５に，指向特性の計測例を示す．角度は，図６に示すように光軸に対する入射方向である．この指向特性は，均等拡散面を見る角度と放射輝度との関係と同様に，次のように表すことができる．

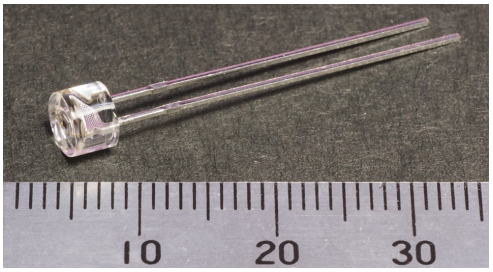


図４　フォトダイオードの例

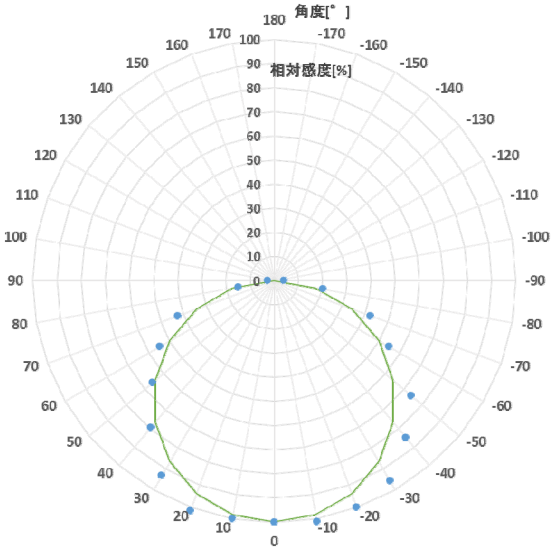


図５　フォトダイオードの指向特性の計測例

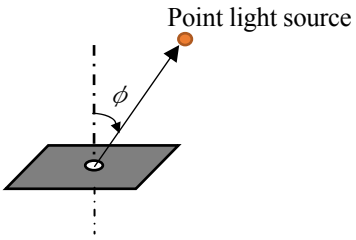


図６　光軸に対する光源の入射角度

$$x = kL_0 \cos\phi$$

ただし，$\phi$ は入射角度、$L_0$ は光源の強度、$k$ はフォトダイオードのゲイン，$x$ はフォトダイオードの出力電流である．

光源環境モデルを十分に遠方にある 1 個の点光源と環境光（方向によらない明るさ）で構成されると仮定すると，この指向特性を利用して，異なる方向に向けた複数のフォトダイオードによって光源環境を推定することができる．

４．まとめ

魚眼レンズカメラで撮影した画像から光源方向の推定を行ない，推定結果を用いて CG を表示した．また，フォトダイオードを使った光源方向推定のための予備実験を行い，フォトダイオードの指向特性を計測した．今後は，フォトダイオードで計測した光電流を元に，リアルタイムに光源環境を反映するプログラムを作成する．