

V55b CCD カメラシステムが非線形な反応を示す場合の photon transfer curve

秋田谷 洋、関 宗蔵 (東北大理)

CCD カメラシステムのゲイン値 K e^-/ADU を調べる場合、photon transfer curve: $K_{ptc} = S_{ADU}/(\sigma_{ADU}^2 - \sigma_{ro,ADU}^2)$ (S_{ADU} : 照射による平均カウント値、 σ_{ADU}^2 : カウント値分散、 $\sigma_{ro,ADU}^2$: 読み出し雑音分散) を測定で得て、 $K = K_{ptc}$ とみなす手法が広く行われる。この関係は、系の反応が完全に線形 (K が電子数 S_e によらず一定) の場合にのみ正しい。しかし、系が非線形な反応を示す場合は、 K と K_{ptc} はそれぞれ電子数に対する異なる関数となり、一致しない。この場合に、photon transfer curve K_{ptc} と真のゲイン値 K の間に成り立つ関係を調査し、測定量 K_{ptc} から真のゲイン値の関数形 K を求める方法を探った。 K_{ptc} から、系の線形性を直接表すゲイン値の関数形 K を知ることができれば、shutterless photon transfer 法 (Janesick 2001) などを用いて、短時間で容易に測定できる photon transfer curve をもとにシステムの線形性を評価することができ、強力な手法となる。

適当な非線形なゲイン値の関数形を与えて、Monte Carlo シミュレーションにより photon transfer curve を生成し、系の非線形性の程度と photon transfer curve の関数形の比較を行った。例えば、系が 2 % 程度の小さな非線形性をもつ場合にも、photon transfer curve では 20 % を越える変動をもつ関数となるなど、系のわずかな非線形性が、photon transfer curve には非常に大きな変動として現れることが分かった。

真のゲイン値 K と K_{ptc} は、微分式 $\frac{dK}{dS_{ADU}} = \frac{(KK_{ptc})^{1/2} - K}{S_{ADU}}$ で関係づけられる。このとき、測定で K_{ptc} の関数形を得て、適当な初期値のもとで数値積分を行うことで、真のゲイン値分布 K を知ることができる。この関係式を、実際に複数の CCD カメラで測定した photon transfer curve に適用して、真のゲイン値関数 K の導出を試みた。また、積分時間とカウント値の関係から独立に測定した系の線形性と比較し、この手法の妥当性を評価した。