

## イメージセンサ 用語説明

### ●CDS (correlated double sampling: 相関2重サンプリング)

CCDの読み出しノイズの低減のために、最もよく使われている信号処理方法。FDAによって検出されたCCDの信号出力は、検出ノードの容量に起因したkTCノイズを含んでいます。kTCノイズは、熱雑音とも呼ばれ、CCDのような電荷-電圧変換器でリセット動作を行う場合に必ず生じるノイズです。CDSによって信号電荷が流入する前後の電圧レベルの差を検出することで、kTCノイズを低減した出力を得ることができます。CDSは、CMOSイメージセンサのノイズ低減にも用いられます。

### ●DCレベル

CCDの出力の基準電圧。光量に応じた電圧がDCレベルから低下します。

### ●FDA (floating diffusion amplifier)

CCDの出力部に最もよく使われている低ノイズの読み出し方式。当社製CCDは、FDAを採用しています。

### ●MPP (multi-pinned phase)動作

CCDの電極を構成するMOS構造のゲート下のすべてのCCDチャンネルを反転状態にして動作させる方法。反転動作とも呼ばれ、酸化膜シリコン界面での熱励起電子の発生が極端に抑制されるため、暗電流の少ない状態が実現できます。

### ●暗出力電圧、暗出力電流

暗状態における、1画素当たりの各画素の出力値（オフセット成分を除く）。

### ●暗出力不均一性

ある温度の暗状態において、蓄積時間1秒における、全有効画素の出力電圧の平均値に対する各画素の出力のバラツキの最大値。

### ●イメージサイズ

有効画素エリアのサイズ（単位：mm×mm、 $\mu\text{m} \times \mu\text{m}$ など）。

### ●開口率

1画素内において感度を有する領域の割合（%）。

### ●感度（タングステン光）

タングステン光を当てた場合、単位入射光量・時間当たりの出力電荷量（単位：C/lx・s）

### ●感度波長範囲

最大感度波長における感度に対し、製品ごとに定められた特定の割合以上の感度を持ち、特性劣化などによる使用制限を受けない波長範囲。

### ●感度不均一性（ラインセンサ）

飽和の50%の均一な光を当てた場合における、全画素の出力電圧の平均値（Vave）に対する各画素の出力（V）のバラツキの最大値。感度不均一性（PRNU: photo response non-uniformity）は以下の式で表されます。

$$\text{PRNU} = \frac{\text{Max}|V - \text{Vave}|}{\text{Vave}} \times 100$$

### ●感度不均一性（エリアセンサ）

飽和の50%の均一な光を当てた場合の、所定領域内における出力の標準偏差（ $\sigma$ ）と同領域の平均値（Average）との比率（ $\sigma / \text{Average}$ ）。

### ●空間解像度

イメージセンサが、被写体を忠実にとらえることができる解像度。イメージセンサの解像度を評価するためには、MTF (modulation transfer function)が使われます。MTFは、正弦波の輝度分布をもった被写体を撮像するとき、正弦波の輝度のコントラストが空間周波数により変化する状態を示します。空間周波数は、正弦波が単位長当たりで繰り返される回数です。CCDの画素は個別に分離しているため、離散サンプリング定理に従ってナイキスト（Nyquist）限界によって決まる限界解像度があります。白黒のパターンが入力された場合に、パターンが細くなるに従って信号の白レベルと黒レベルの差が小さくなり、最終的には解像できなくなります。CCDの理想的なMTFは、 $\text{sinc}^* \{(\pi \times f) / (2 \times \text{fn})\}$ で表されます（f: 空間周波数、fn: 空間ナイキスト周波数）。しかし光学的な正弦波を実現することは難しいため、一般的には矩形波のパターンをもったテストチャートが代用されます。この場合の空間周波数特性をCTF (contrast transfer function)と呼び、以下の式で表されます。

$$\text{CTF} = \frac{V_{\text{WO}} - V_{\text{BO}}}{V_{\text{W}} - V_{\text{B}}}$$

V<sub>WO</sub>: 出力の白レベル

V<sub>BO</sub>: 出力の黒レベル

V<sub>W</sub>: 出力の白レベル（入射パターンのパルス幅が広い場合）

V<sub>B</sub>: 出力の黒レベル（入射パターンのパルス幅が広い場合）

当社では、製品ごとに定められた特定の波長におけるCTF 5%の空間周波数（Lp/mm）で空間解像度を定義しています。なお、画素サイズに依存する空間ナイキスト周波数におけるCTFが5%以上の場合は、ナイキスト周波数で定義します。

\* sinc: 理想的な矩形関数のフーリエ変換

### ●蛍光紙

シンチレータを紙状にしたもの。一般にはサポート基板にシンチレータを堆積させ、その上を保護膜で覆います。

### ●最大感度波長

受光感度または量子効率が最も高い波長（単位: nm）。

### ●受光感度

製品ごとに定められた特定の波長における、単位入射光量当たりで発生する光電流または出力電圧で（増倍されていないもの）、光電流をアンペア（A）[または出力電圧をボルト（V）]、入射光量をワット（W）で表したときの両者の比率（単位：A/WまたはV/W）です。

### ●出力オフセット電圧

暗状態の出力電圧の全画素における平均値から、暗出力電圧を差し引いた電圧。

### ●上昇時間

上昇時間は、ステップ関数の光入力に対する立ち上がりの時間で規定し、出力が最高値（定常値）の10%から90%になるまでの時間。

### ●シンチレータ

X線などの放射線を受けて発光する物質。シンチレータには無機物と有機物があり、無機物には、CsI（ヨウ化セシウム）などにTl（タリウム）のような活性剤を微量添加し、発光効率をよくした結晶体や粉体があります。有機物には、ナフタリン、アントラセン、プラスチック、液体シンチレータ、ルモゲン（lu mogen）があります。ルモゲンは、紫外線により発光する物質で、紫外感度がない表面入射型CCDにコーティングして使われることがあります。

### ●スミア（smear）

イメージセンサにおいて、強い入射光によって発生した信号電荷が隣接する画素やCCD転送領域に漏れ込んで元の信号が劣化する（ぼやける）現象。ブルーミングが飽和後に発生するのに対して、スミアは飽和前でも発生します。なおスミアは、短波長光よりも長波長光の場合に起きやすい現象です。

### ●積分容量

電流出力型のNMOSリニアイメージセンサなどでは、信号処理が容易でないため、反転入力型オペアンプに帰還容量（Cf）を付加した回路を用いることにより、低ノイズで取り扱いが容易な電圧出力に変換します。この帰還容量は、積分容量と呼ばれます。積分容量を周期的にリセットすることによって、電荷（Q）を電圧に変換した出力（ $V = Q/Cf$ ）となります。積分容量の値が小さいほど大きな出力を得ることができます。

### ●総画素数

ダミー画素やオプティカルブラック画素などを含んだ、信号が出力される総画素数

### ●ダイナミックレンジ

飽和電荷量と読み出しノイズの比。ダイナミックレンジは以下の式で表されます。

ダイナミックレンジ＝飽和電荷量／読み出しノイズ

### ●蓄積時間

イメージセンサは、一定の期間に入射した光により発生した電荷を蓄積動作によって集めて信号にします。この光の入射する期間は、蓄積時間や積分時間と呼ばれます。単位は通常msが使われますが、冷却型イメージセンサでは数時間に及ぶこともあります。シャッタ機能をもったイメージセンサでは、 $\mu s$ オーダーに設定することも可能です。

### ●直線性

製品ごとに定められた特定の駆動条件において、飽和出力に対し出力50%の点を基準にした $\gamma=1$ の理想直線に対する実際の出力のずれ (%)。

### ●電子冷却素子

種類の異なる導体の接合部に電流を流すと、一方の側に吸熱（あるいは発熱）が起こり、もう一方の側に発熱（あるいは吸熱）が起こる効果（ペルチェ効果）を用いた冷却素子。電流の向きを逆転させると、吸熱・発熱の関係が反転します。

### ●転送効率

飽和出力の50%のときにおける、任意の1画素から隣接する画素へ転送される電荷の割合。

### ●ブルーミング

イメージセンサで光電変換された信号電荷が、一定以上になると隣接した画素やフォトダイオード以外の転送領域（IT型CCDの場合）にあふれ出ること。CCDでは、あふれ出た電荷は、スミアと同様に入射位置を中心に画像において縦の帯のようにみられます。ブルーミングを防止するためには、イメージセンサに余剰の電荷を排出する機構を設ける必要があり、CCDでは縦型・横型のアンチブルーミングやクロッキングによってブルーミング抑制を行う方法が用いられます。

### ●分光感度特性

入射光量と光電流の関係（光電感度）は、入射光の波長によって異なります。この波長と光電感度との関係を分光感度特性といい、受光感度または量子効率で表します。

### ●変換効率

1電荷当たりの出力電圧。変換効率（Sv）は以下の式で表されます。

$$Sv = q \times \Delta V_{out} / Q$$

q：1電子当たりの電荷量

$\Delta V_{out}$ ：出力電圧

Q：信号電荷

### ●飽和出力電圧

ある測定条件において、出力オフセット電圧（NMOS/CMOSイメージセンサ）またはDCレベル（CCDイメージセンサ）と出力が飽和する電圧との差。

●飽和電荷量

製品ごとに定められた特定の駆動条件における、出力が飽和する電荷量。

●飽和露光量

製品ごとに定められた特定の駆動条件における、出力が飽和する露光量。

●有効画素数

ダミー画素やオプティカルブラック画素などを含まない、設計上における仕様を満たした画素数。有効画素数には製造上の不良画素が含まれます。

●読み出しノイズ

当社は、読み出しノイズを読み出しアンプにおけるランダムノイズ（検出限界）で定義しています。なお、実際のトータルノイズには、読み出しノイズにショットノイズなどが加わります。

●読み残し

当社は、明状態（飽和の50%）から暗状態に変化した際の1回目の出力と、その直前の明出力との比（%）で読み残しを定義しています。

●量子効率

光電流として取り出される電子あるいは正孔の数を入射フォトン数で割った値。通常、パーセントで表されます。量子効率 QEと受光感度 S（単位：A/W）は、ある波長  $\lambda$ （単位：nm）において以下の関係にあります。

$$QE = \frac{S \times 1240}{\lambda} \times 100 \text{ [%]}$$

以上