

## アナログからデジタル電子写真への感光体の発展

陳 以南 (Inan Chen)

コンサルタント Ph.D.

元ゼロックス社 (米国) Principal Scientist



複写印刷技術として電子写真法が商品化されて半世紀近くが過ぎた。印刷速度の増加、印字品質の向上、低価格化は桁違いの変化が見られた。並行して像形成も変化した。初期のアナログ時代は大面積の原稿をレンズを通して像を結んだ。近年、デジタル時代はレーザービームによるピクセルで像が形成されている。

アナログからデジタルへの変遷の最たる変化は潜像形成の原理にある。潜像は感光体の光減衰により形成される。これには二つの時定数がある。一つ目は表面電荷  $Q$  と同じ数の電荷を発生させるのに必要な電荷発生時間で  $t_g = Q/e\eta\phi$  と表される。このとき、光強度  $\phi$ 、電荷発生効率  $\eta$  である。二つ目は電荷が速度  $\mu E$  で感光体の膜厚  $L$  の距離を移動するのに必要な遷移時間  $t_a = L/\mu E$  である。ここで  $\mu$  は電荷移動度、 $E$  は電界である。

アナログ露光には数  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  の光強度が用いられ、これは  $\phi = 10^{13} \text{photons}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$  に相当する。表面電荷  $Q = 10^{-7} \text{C}/\text{cm}^2$ 、 $\eta \leq 1$  の時、電荷発生時間  $t_g$  は  $0.1 \text{s}$  である。デジタル露光では光強度は6桁増大し数  $\text{W}/\text{cm}^2$  となり  $t_g$  は  $10^{-7} \text{s}$  となる。

砒素あるいはテルルを添加された非晶質セレン感光体では電荷移動度  $\mu = 0.1 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$  である。膜厚  $60 \mu\text{m}$ 、電界  $E = 10^5 \text{V}/\text{cm}$  では遷移時間  $t_a$  は  $10^{-6} \text{s}$  となる。一方、有機感光体では移動度  $\mu$  は  $2 \times 10^{-6} \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$  と低く、膜厚  $20 \mu\text{m}$  とすると  $t_a$  は4桁大きく  $10^{-2} \text{s}$  となる。

上述の数値例のように  $t_g$ 、 $t_a$  とも用いる感光体と光源の違いにより数桁の差がある。

光減衰は時間経過による表面電位の減衰カーブで表される。この時間は潜像形成に必要な時間に関係する。これは、 $t_g$  または  $t_a$ 、時にはその組み合わせで決められる。 $t_g$  が  $t_a$  より長い場合、例えば低強度露光と高移動度感光体を用いた場合ではこの時間は主に電荷発生に費やされ、その光減衰は Generation-limited と呼ばれる。逆に  $t_g$  が  $t_a$  より短いとき、例えば高強度露光と低移動度感光体を用いた場合、この時間は主に電荷移動に費やされ、その光減衰は Transport-limited と呼ばれる。

1960年代の光減衰に関する研究はアナログ電子写真に向けられていた。低光量光源（蛍光灯ランプ）が高移動度感光体（非晶質セレン）の露光に使われていた。遷移時間は無視できるほど発生時間より短く、光減衰は Generation-limited であった。実験結果は電荷発生過程のみでうまく解釈できた。重要なのは電荷発生効率とその電界依存性だけであった。

1970年代有機感光体は非晶質セレンの弱点を克服するために開発された。有機感光体ではその低い電荷移動度により  $t_a$  が増加し、ランプ露光での  $t_g$  に対して無視できるほど小さくはなくなった。光減衰現象は Generation-limited の単純性を失った。実験結果の解釈には電荷輸送過程を考慮することが必要となった。電荷移動度とその電界依存性が重要な変数となった。このとき電荷発生と電荷輸送とを同時に考慮した理論モデルが実験結果の解釈のために提案された。

高強度短パルスのレーザービームがデジタル電子写真の光源として用いられ、有機感光体を用いられることで電荷発生時間  $t_g$  は遷移時間  $t_a$  に比べて無視できるほど短くなった。大量の電荷が瞬時に発生する。この電荷は感光層中をお互いに影響しながら低速で移動する。同じ極性の電荷同士はお互いに反発し対極への移動を遅くする。逆極性の電荷同士は再結合し消滅しその有効性がなくなる。積層型感光体では電荷発生層のみでこの再結合現象が生じる。電荷輸送と再結合の両方を含んだ理論解析が進み、実験結果をうまく解釈できるようになった。

今日、感光体の研究・開発がデジタル機器に向けられているのは自明である。実験方法と結果の解釈では上述した電荷輸送と電荷の再結合を考慮するべきである。即ち、感光体の評価実験とデータ解析が応用と調和されるように心がけるべきである。

※この文章は、筆者の了解を得て英語の原文を日本語に訳したものである。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。