

題名 : iMeasureScan を用いたマルチスキャン（デジタル増感）の効果評価

1. 目的：イメージスキャナの暗部ノイズの主要因は、光ショットノイズであると言われている。既知の濃度のステップチャートを用いて、マルチスキャンによる加算平均回数による暗部ノイズ低減効果を測定する。

2. 結論：OD 値 3.5、3.0 での加算平均回数とノイズ低減効果は、理論値に近いことを確認できた。

理論値

- 光ショットノイズ (N) は、フォトン数 (S) の平方根であると言われている。

従って、S/N 比は次式で現される。

$$S/N = S / (\sqrt{S}) = \sqrt{S}$$

$$(S/N)^2 = S$$

3. 方法：

3-1. 評価環境

イメージスキャナ : EPSON ES-2200 (s/n: C9UX012546)

透過ユニット : ESA4FLU (s/n: 029359)

TWAIN datasource : EPSON Scan Version 2.75J

OS:Windows XP Professional

iMeasureScan Version 1.23

ImageJ Version 1.4.3.67

3-2. リニアリティ確認

- 最大 OD 値 3.5 のステップチャートをスキャン。

スキャン条件 : 300ppi、48bitRGB カラー

・ImageJ にて矩形 0.25x0.1 インチ 2250pixels の値の平均値(mean)と分散 (deviation) を求める。Green チャンネルのみ計測実施。

- ステップチャートの濃度（理論値）と平均値から求めた OD 値をグラフ化して直線の傾斜を求める。

- OD 値 = $-1 * \log (Value / (2^{16-1}))$

- ・ステップチャート測定箇所 :

1、# 6 (OD 値 1.0)、# 15 (2.5)、# 18 (3.0)、# 21 (3.5)

3-3. 加算平均回数と S/N 比の評価

- iMeasureScan を用いて、加算平均回数 : 1 回、4 回、16 回、64 回の画像を得る。

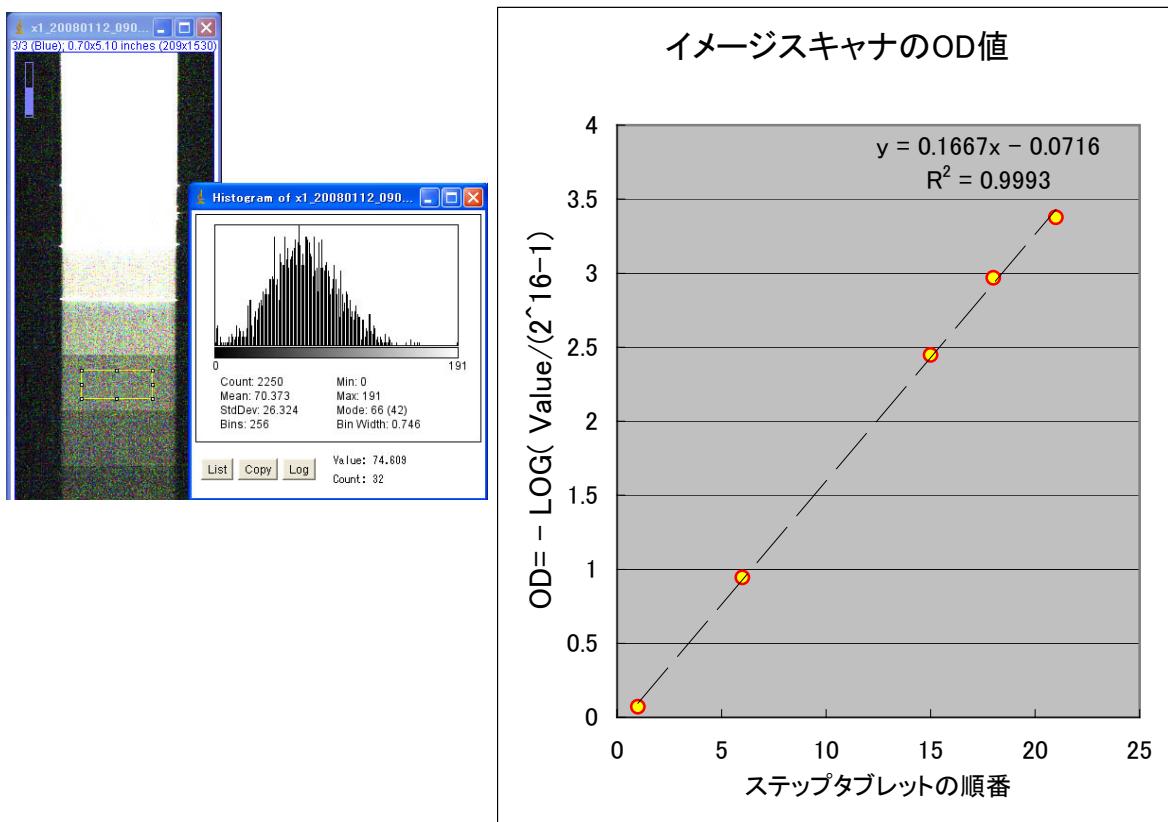
スキャン条件 : 300ppi、48bitRGB カラー、Gamma 1.0 (Densitometer モード)

4. 結果

4-1. リニアリティ確認

Green	#1		#6		#15		#18		#21	
OD	0.2		1.0		2.5		3.0		3.5	
	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std
1	55594.76	371.075	7440.557	141.279	234.302	30.499	70.387	26.262	27.448	18.378
4	55630.16	284.666	7512.296	106.728	244.635	18.042	83.991	13.541	33.62	9.91
16	55762.44	293.321	7531.522	109.242	239.028	10.763	82.926	7.555	33.318	5.211
64	55683.9	254.255	7573.319	95.61	232.108	6.665	83.629	4.447	36.307	2.909

測定結果は、表のとおり。実際の計測の様子を示す。



平均値 (mean) から OD 値を求めてプロットした。

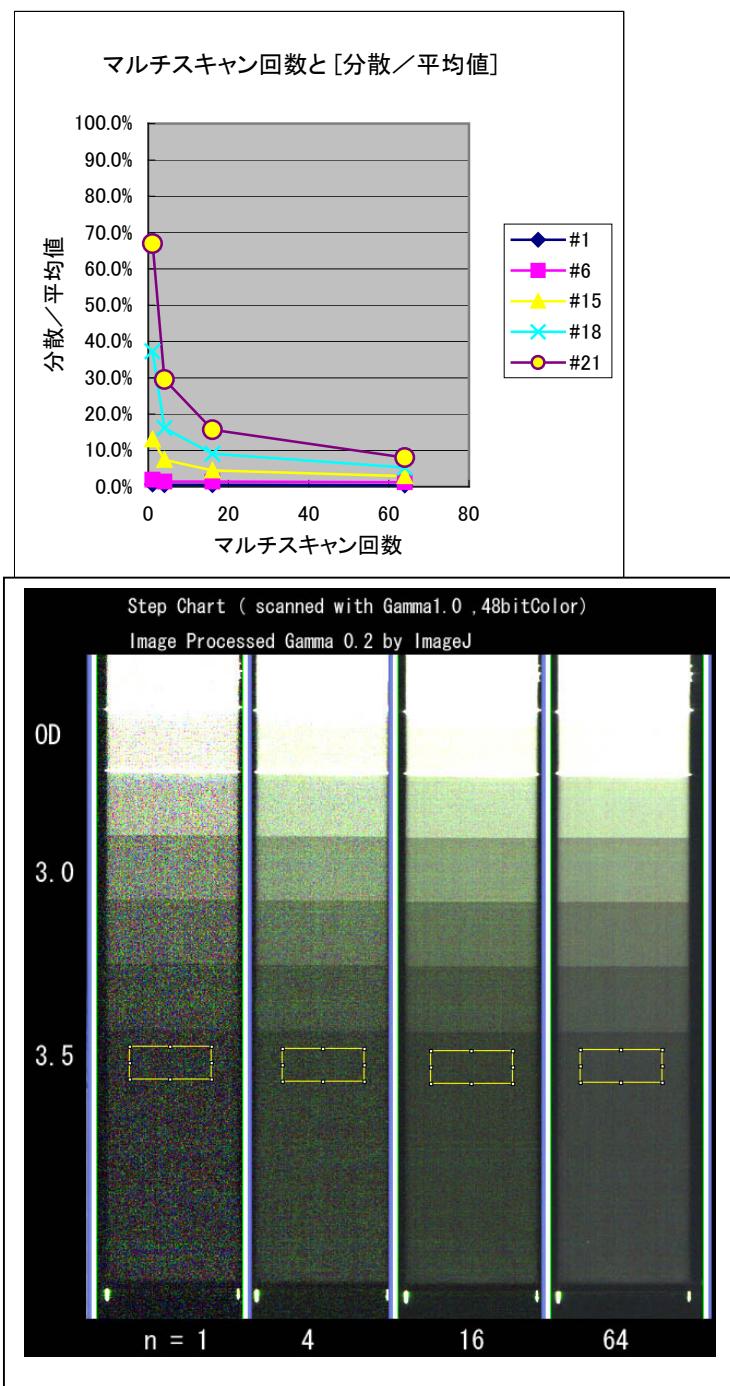
傾きは、0.1667 であり、ステップチャートの濃度設計値、3ステップで $\Delta OD 0.5$ (6ステップで $\Delta OD 1.0$) の傾きに一致する。イメージスキヤナ+iMeasureScan Densitometer モードで得た 16bit 画像値は、OD 値 3.5 までのリニアリティが確保されていることが確認できた。

4-2. 加算平均回数と S/N 比の評価

4-2-1. 平均値と分散（揺らぎ）の調査

次に、分散(std)／平均値 (mean) を求め、暗部ノイズの揺らぎの程度を調査した。

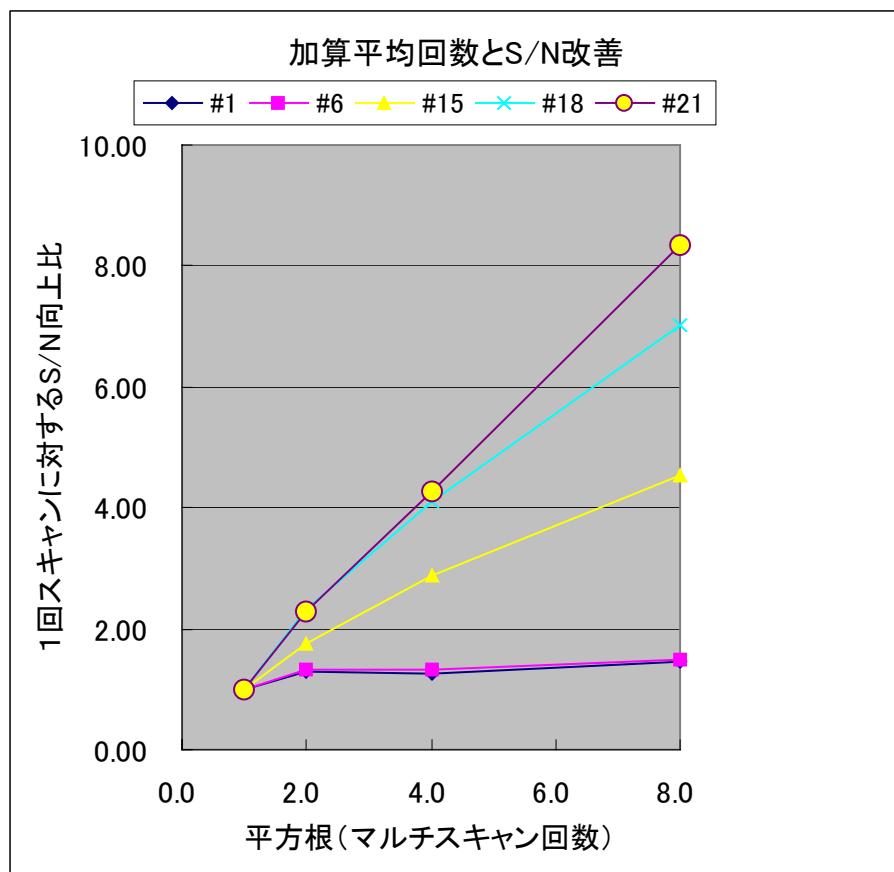
	std/mean	#6	#15	#18	#21
	#1	#6	#15	#18	#21
		1.0	2.5	3.0	3.5
1	0.7%	1.9%	13.0%	37.3%	67.0%
4	0.5%	1.4%	7.4%	16.1%	29.5%
16	0.5%	1.5%	4.5%	9.1%	15.6%
64	0.5%	1.3%	2.9%	5.3%	8.0%



4-2-2. 加算平均回数とS/N改善効果

1回スキャンでの 平均値／分散 (S/N) 比を1として、加算平均回数による S/N 比の向上比率を求めた。また、これを加算平均回数の平方根に対するグラフにした。

	#1	#6	#15	#18	#21
OD		1.0	2.5	3.0	3.5
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.0	1.30	1.34	1.76	2.31	2.27
4.0	1.27	1.31	2.89	4.10	4.28
8.0	1.46	1.50	4.53	7.02	8.36



ステップチャート #21 (OD3.5)、#18 (OD3.0) についてはほぼ光ショットノイズの理論値に近いカーブ（4回で S/N 2 倍に向上、16 回で S/N 4 倍向上）となっている。

4 – 3 – 3 : S/N からフォトン数を推定する

今回の暗部ノイズの分散値 (std) をノイズと仮定する。

$$\text{std}/\text{mean} = \text{N/S}$$

光ショットノイズの理論式より、

$$\text{S/N} = \text{S}/(\text{sqrt}(\text{S})) = \text{sqrt}(\text{S})$$

$$(\text{S/N})^2 = \text{S}$$

よって、

$$\boxed{\text{S} = (\text{mean} / \text{std})^2}$$

S/N(平均出力／分散)から求めた蓄積フォトン数

$$\text{N/S} = \text{sqrt}(\text{S}) / \text{S} = 1 / \text{sqrt}(\text{S})$$

$$(\text{N/S})^2 = 1 / \text{S}$$

$$\text{S} = (\text{S/N})^2$$

	#1	#6	#15	#18	#21
	OD	1.0	2.5	3.0	3.5
1	22,446	2,774	59	7	2.2
4	38,190	4,954	184	38	11.5
16	36,141	4,753	493	120	40.9
64	47,965	6,274	1,213	354	155.8

光ショットノイズの理論値に近い、#21、#18のパッチでは、フォトン数は、それぞれ、2.2ケ。7ケであると推定される。OD 値から逆算して飽和フォトン数を推定する。

	OD	1.0	2.5	3.0	3.5
	減光比	0.10000	0.00316	0.00100	0.00032
	予測飽和フォトン数	27,737	18,663	7,183	7,054

少なく見積もって、このイメージスキャナの白基準（透過率 100%）での蓄積フォトン数は、7千個であると推定される。ただし、暗部ノイズの要因は、光ショットノイズのみではないので、他の要因によるノイズ增加分も今回の計算では、光ショットノイズであると仮定して計算している。そのため、実際のフォトン数はこの予測よりも多いと思われる。

以上

【参考文献】

- (1) 銚井、日本写真学会 1998 年大会、C-03,pp41-43