

マイクロフォトメータによる自動計測システムの試作

川崎医療短期大学 放射線技術科

川崎医科大学附属病院 中央放射線部*

板谷 道信 井上 博和 *久保田 壽一

西村 明久 日地 啓夫 西下 創一

(昭和59年9月1日受理)

Study of Automatic Measurement with Micro-Photometer

Michinobu ITAYA, Hirokazu INOUE, Akihisa NISHIMURA,
Hiroo HIJI, Soichi NISHISHITA, Zyuichi KUBOTA*

Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

*Department of Central Radiology, Kawasaki Medical School Hospital

Kurashiki 701-01, Japan

(Received on Sep. 1, 1984)

Key words: マイクロフォトメータ, 自動計測, エントロピー法

概 要

放射線像の質を評価する方法には、正確さにもとづくMTF・ウィーナスペクトルと精密さにもとづくエントロピー法がある。この両者を合わせて、完全な像質評価を行うことができる。

今回、マイクロフォトメータとマイクロコンピュータ（以下マイコン）をオンラインで結びエントロピー法を用いて増感紙-フィルム系の粒状度を自動計測するシステムの可能性について検討し、所期の目的を達成したので報告する。

1. はじめに

エントロピー法により、フィルム濃度を測定する場合、一般に、数千点の濃度測定を必要とする。マイクロフォトメータとレコーダの構成では、一度、記録紙上に濃度を記録後、手作業で濃度を読み取らなければならない。これは非常に煩雑で多くの時間を必要とし、また、個人誤差なども招きやすく現実的でない。

そこで、今回、濃度計の出力が電圧モードであることを利用して、A/Dコンバータ付のマ

アイコンに接続し、先に述べた作業を自動的に行うシステムを試作した。

2. システム構成

図1にハードウェアの構成、図2にソフトウェアの構成を示す。

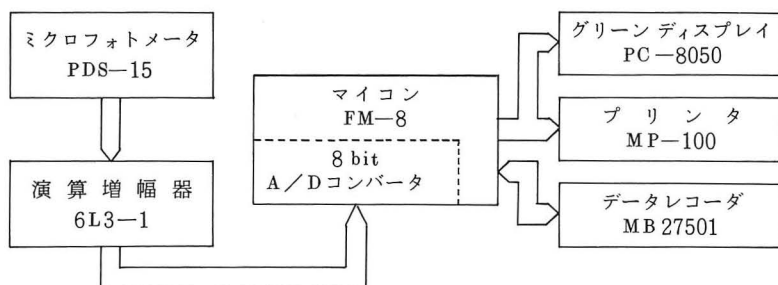


図1 ハードウェア構成図

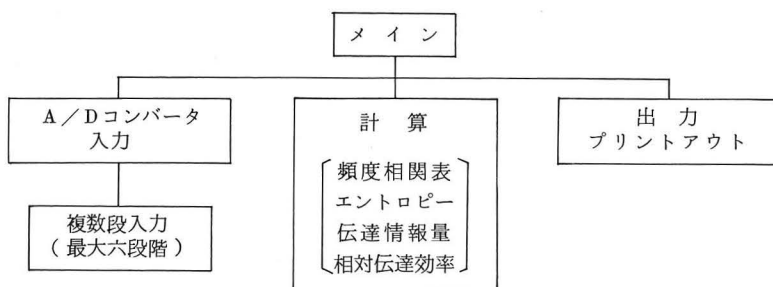


図2 ソフトウェア構成図

使用機器

マイクロフォトメータ	サクラ	PDS-15
演算増幅器	三栄電器	6L3-1
マイコン	富士通	FM-8
グリーンディスプレイ	NEC	PC-8050
プリンタ	エプソン	MP-100
データレコーダ	富士通	MB27501

使用言語

F-BASIC Ver. 1.0 富士通

3. 方 法

操作方法について、順を追って述べる。

まず、マイクロフォトメータの準備であるが、通常の使用と同様に、スリット幅、スリット高、ピント合わせ、フィルタ、フィルムのスキャン位置、スキャンスピードの設定を行う。

次に、マイクロフォトメータの出立電圧が写真濃度 0～4 に対して、0～0.4 [V] であるので、演算増幅器で10倍して電圧＝濃度の関係を成立させ、低域フィルタのカットオフ周波数を 1 kHz に設定した。

マイコン側の準備としては、プログラムを入力実行し最大測定点数（最大 6000 点）、A/D コンバータのサンプリング間隔（最少時間 1 秒）、フィルムの階段露光数の各パラメータを入力する。

最終的な準備が完了すると、マイクロフォトメータのスキャンを開始後、マイコン側の A/D コンバータをプログラム上で作動させる。この場合、階段露光数が 2 以上の場合、一段階ごとに階段 No. を入力した後、前と同様の操作を行う。

入力作業が完了すると、濃度の最大値、最小値、濃度差を 0.01 としたときの濃度の段階数を一度、CRT 上にディスプレイした後、頻度相関表、各段の濃度の平均値、標準偏差、各種エントロピー、伝達情報量、相対伝達効率の計算を行う。

最終結果は、記録用紙にプリントアウトされ、一連の作業を終了する。

4. 結果と考察

今回、測定用試料として 6 段のアクリルファントームを撮影したフィルムを用いた。

図 3 に各段 1000 点の測定処理結果を示す。

使用した試料は濃度差が僅少であるが、

	INPUT X						SUM
	0	1	2	3	4	5	
1.35	0	0	0	0	0	0	1
1.34	0	0	0	0	0	0	0
1.33	0	0	0	0	0	0	0
1.32	0	0	0	0	0	0	0
1.31	0	0	0	0	0	0	1
1.30	0	0	0	0	0	0	0
1.29	0	0	0	0	0	0	1
1.28	0	0	0	0	0	0	0
1.27	0	0	0	0	0	0	0
1.26	0	0	0	0	0	0	0
1.25	0	0	0	0	0	0	0
1.24	0	0	0	0	0	0	0
1.23	0	0	0	0	0	0	1
1.22	0	0	0	0	0	0	0
1.21	0	0	0	0	0	0	0
1.20	0	0	0	0	0	0	1
1.19	0	0	0	0	0	0	1
1.18	0	0	0	0	0	0	0
1.17	0	0	0	0	0	0	0
1.16	0	0	0	0	0	0	2
1.15	0	0	0	0	0	0	0
1.14	0	0	0	0	0	0	0
1.13	0	0	0	0	0	0	0
1.12	0	0	0	0	0	0	0
1.11	0	0	0	0	0	0	0
1.10	0	0	0	0	0	0	5
1.09	0	0	1	0	10	8	19
1.08	0	0	1	1	11	6	19
1.07	0	0	5	0	11	8	24
1.06	0	0	5	4	14	14	37
1.05	0	0	5	7	24	11	47
1.04	0	2	9	14	15	7	47
1.03	0	1	9	21	19	9	59
1.02	0	4	15	15	18	18	70
1.01	0	5	32	20	25	17	99
1.00	2	10	13	20	15	15	75
0.99	4	15	19	15	19	16	88
0.98	7	18	26	25	14	14	104
0.97	7	24	33	26	18	20	128
0.96	11	25	30	17	12	11	106
0.95	14	23	22	20	12	9	100
0.94	15	42	29	25	19	22	152
0.93	21	36	25	26	21	18	147
0.92	14	26	17	16	6	12	91
0.91	26	36	11	11	5	16	105
0.90	22	24	18	11	11	15	101
0.89	29	24	9	15	7	8	92
0.88	23	18	9	13	4	6	73
0.87	32	11	9	8	3	2	65
0.86	24	23	18	8	6	8	87
0.85	26	17	9	12	7	16	87
0.84	34	14	5	5	1	0	59
0.83	24	16	12	13	5	5	75
0.82	28	16	10	13	5	13	85
0.81	24	23	8	11	10	4	80
0.80	20	27	11	10	8	5	81
0.79	12	15	16	9	9	6	67
0.78	18	22	23	12	17	19	111
0.77	26	14	15	13	18	23	109
0.76	16	8	3	3	2	6	41
0.75	35	29	23	21	12	21	146
0.74	25	18	11	7	9	13	83
0.73	15	12	11	13	2	13	66
0.72	29	12	12	7	4	10	74
0.71	20	19	14	4	10	13	80
0.70	22	19	11	5	22	6	85
0.69	19	18	10	9	6	8	70
0.68	15	10	19	4	11	11	70
0.67	8	2	15	7	6	9	47
0.66	23	4	11	5	14	12	69
0.65	14	9	11	8	4	10	56
0.64	9	1	6	4	2	0	22
0.63	38	24	14	21	15	19	131
0.62	33	20	13	22	16	22	126
0.61	15	1	2	4	8	4	34
0.60	23	10	7	8	7	14	71
0.59	36	2	8	6	13	7	72
0.58	31	7	12	6	18	15	89
0.57	23	20	5	11	9	17	85
0.56	22	9	2	2	6	16	57
0.55	19	20	15	8	7	12	81
0.54	17	16	6	12	6	12	69
0.53	13	24	4	5	3	8	57
0.52	5	28	5	1	7	5	51
0.51	5	23	6	5	9	11	59
0.50	0	20	9	5	4	10	48
0.49	0	18	17	3	2	4	44
0.48	2	14	10	1	2	4	35
0.47	0	20	30	15	15	8	88
0.46	0	6	29	19	13	15	82
0.45	0	7	23	3	0	1	34
0.44	0	3	17	6	7	4	37
0.43	0	7	25	20	12	6	70
0.42	0	2	20	20	17	9	68
0.41	0	4	21	23	11	6	65
0.40	0	1	13	28	16	1	59
0.39	0	0	15	29	23	11	78
0.38	0	0	9	27	25	6	67
0.37	0	0	6	27	23	1	60
0.36	0	0	6	31	20	5	62
0.35	0	0	6	27	26	14	73
0.34	0	0	2	18	21	12	53
0.33	0	0	2	11	26	24	63
0.32	0	0	0	12	3	22	37
0.31	0	0	1	12	22	42	77
0.30	0	0	0	7	19	28	54
0.29	0	0	0	3	5	9	17
0.28	0	0	0	4	21	10	35
0.27	0	0	0	2	16	15	33
0.26	0	0	0	0	12	6	18
0.25	0	0	0	1	3	16	20
0.24	0	0	0	0	1	7	8
0.23	0	0	0	0	0	11	11
0.22	0	0	0	0	0	2	2
0.21	0	0	0	0	0	2	2

1000 1000 1000 1000 1000 1000 6000
 MEAN 0.746 0.753 0.725 0.676 0.663 0.664
 S.D. 0.128 0.172 0.218 0.250 0.272 0.268
 H(X) = 2.585 [bit]
 H(Y) = 6.313
 H_{xy}(X) = 2.214
 H_{xy}(Y) = 5.942
 H(X,Y) = 8.527
 T(X,Y) = 0.370
 N(X) = 14.3

図 3 出力結果（6 段階露光）

平均値については一部に逆転があるものの、入力段階の増加に伴って、理論通り減少傾向にある。

標準偏差については、入力段数の増加に伴って、増加している。これは頻度相関表からも言える。なぜこのような傾向を示すか今後検討したい。

各種エントロピー、伝達情報量 $T(X; Y)$ 、相対伝達効率 η を、頻度相関表より求めた。これらのパラメータの意義、評価については別の機会に譲る。

以上より、試作システムは実用化の可能性があると考えられる。しかし、いくつかの問題点が明らかになった。

第一に、A/Dコンバータの分解能が悪い点である。

使用したマイコン内蔵のA/Dコンバータは8 bit 型で、写真濃度の最大分解能は、

$$2.5 / 256 = 0.0098$$

となり、頻度相関表で使用する濃度差0.01 とほぼ等しい値を持つ。

これは、A/Dコンバータが、 $\pm 1\text{LSB}$ 、濃度に換算して0.0195の誤差を持つと仮定した場合、大きな誤差を生ずる要因となる。

図3の結果で、出力Yの値が0.64の所で、各段の頻度が少ないのは、上記の理由によると考えられる。

これを避けるには、12 bit 型のA/Dコンバータを使用すればよいが、マイコン本体のCPUが8 bit 型であること、メモリの関係、プログラムの複雑化などを考慮すると、16 bit 型CPUを使用したマイコンを使用する以外、方法がないように思われる。

第二に、計測処理の時間が非常に長い点である。

まず、データの取り込みであるが、1測定点1秒としても6000点の測定で6000秒、すなわち、1時間40分もかかる。この点は、機械語の使用で1測定点20 m sec まで高速化が可能であり、測定時間を2分と大幅に短縮できる。

次に、データ収集後の計算時間であるが、6000点測定の場合、現在使用中のアルゴリズムでは、約10時間近くを要し実用的でない。この点を短縮するには、アルゴリズムの改良と、FM-8とプログラム互換性を有し、実行速度が1.6倍以上速いFM-7で収集したデータをオフライン処理すれば、数十分から数時間で計算処理できると思われる。

第三に、使用した演算増幅器の周波数帯域に関する点である。

一般に、アナログ信号はA/Dコンバータで、デジタル信号に変換する際、前処理としてフィルタをかける。この場合、信号のもつ周波数成分を十分考慮した上で、最適なフィルタを用いる必要がある。

今回は、濃度計のスキャン速度、スリット幅、フィルムの粒状度、A/Dコンバータの変換速度などが、使用した低域フィルタのカットオフ周波数を決定する要因として考えられる。この点は実験を積み重ねて検討したい。

最後に、ソフトウェアの機能が非常に弱い点である。

今回は、データの収集、計算、結果の印字という最低限の機能しか有しておらず、データの保存機能すらも有していないので、大幅な機能の強化を図る必要があり、使用経験を積んで改良して行く予定である。

以上に述べた問題点を今後検討し、より充実した処理ができるシステムの構築を進めて行きたいと考えている。

文 献

- 1) 内田勝，他：診療放射線技術学大系4，放射線画像情報工学(Ⅱ)，通商産業研究社，1980年
- 2) 宮沢正則，他：矩形チャートを用いたMTF自動測定上の問題点（第一報），サクラXレイ写真研究，No. 161，1984年
- 3) 宮沢正則，他：矩形チャートを用いたMTF自動測定上の問題点（第二報），サクラXレイ写真研究，No. 162，1984年
- 4) 祐延良治，他：濃度計，コンピュータオンラインシステムによるMTF自動測定について，日本放射線技術学会雑誌，第40巻2号

