

◎ 演習（入出力特性）

本演習を開始する前に、以下の準備および留意事項を確認すること。本演習では画像解析ソフトウェア“ImageJ (Ver.1.54)”および表計算ソフトウェア“Microsoft Excel”（以下、Excel）を使用する。

演習用 Excel シートは「演習シート入出力特性 (Log システム).xlsx」と「演習シート入出力特性 (リニアシステム).xlsx」の2種類が用意されている。利用者は、測定対象に適合するシートを選択して使用すること。演習結果は、「演習済」として Excel ファイルの2枚目に添付してあるため、解析の際の参照資料として活用されたい。

また、入出力特性をつなぎ合わせずに測定する場合は、Excel シートの「低露光」のセルのみ用いて解析を行うものとする。

〔1〕 画像の表示方法

DR システムの raw データは、様々な形式で保存されているため、DICOM 形式のみの読み込み手順では対応できないことがある。以下に、本演習で使用する DR システムのファイル形式に応じた ImageJ の画像表示方法について述べる。

(1) DICOM 形式（または ImageJ の「標準対応フォーマット」）のファイル

- ① 単一画像の表示：「File」→「Open...」から目的の画像ファイルを選択し、画像表示する（図 1(a)）。または、ImageJ のメニューバーへドラッグ&ドロップをしても、画像表示が可能である。
- ② フォルダ内の画像を一括表示：フォルダ内の複数の画像を一括で開く場合（図 1(b)）は、「File」→「Import」→「Image Sequence...」を選択し、「Dir.」に Stack 表示させるフォルダを選択する。または、①と同様にフォルダをメニューバーにドラッグ&ドロップして表

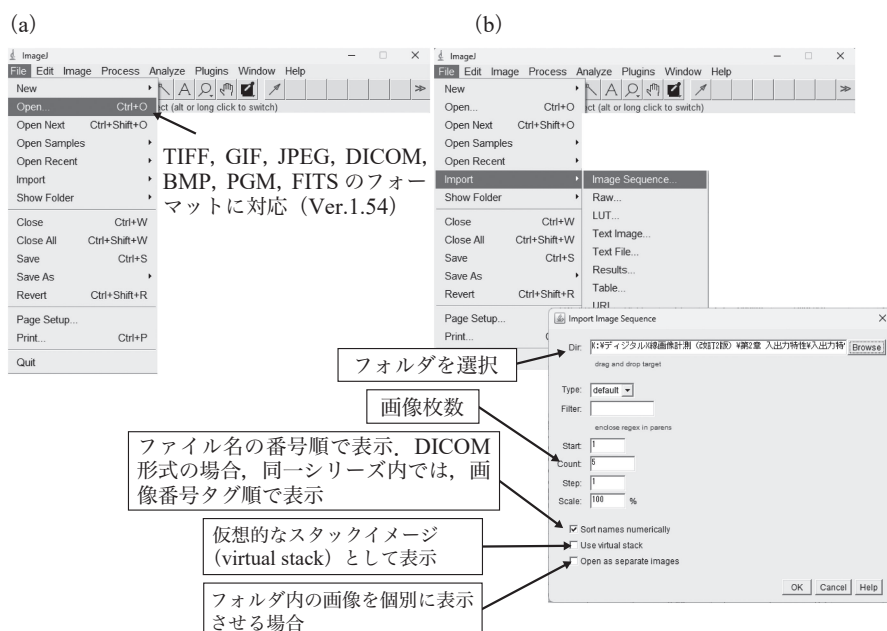


図 1 ImageJ にてサポートされている形式の画像表示方法

(a) 1 画像のみ選択して表示する方法

(b) フォルダ内すべての画像を表示する方法

示させる。

“Import Image Sequence”を確認して，“OK”をする。

(2) 非サポートフォーマットおよびraw データの画像 (図2)

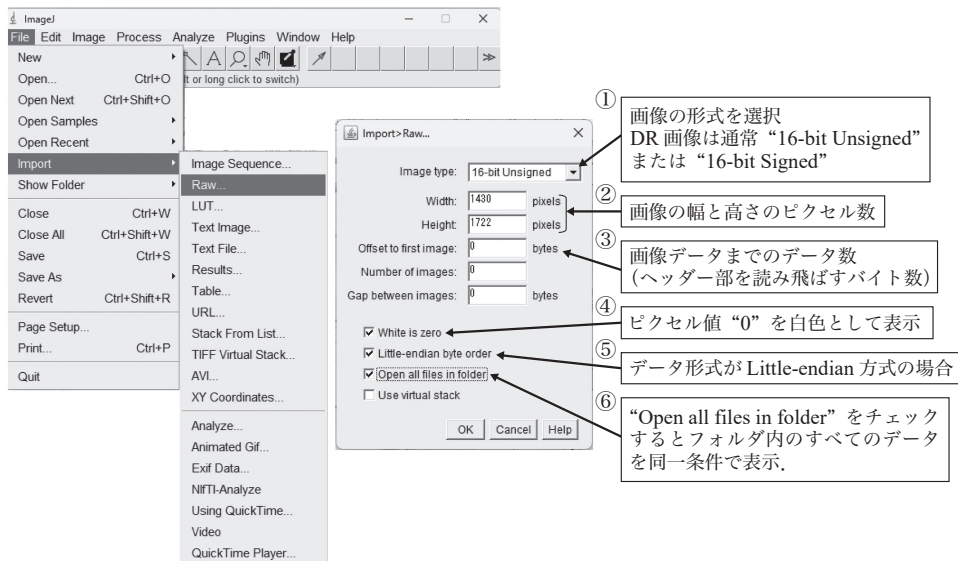


図2 “Raw”での画像の表示設定方法

“Open”で表示することが不可能な画像は、「File」→「Import」→「Raw...」を選択し、以下のパラメータを適切に設定して表示させる。

- ① Image type：一般的なDRシステムの階調数は10～16bitであり、1ピクセル当たり2バイト割り当てるため，“16bit”を選択する。また、正のデジタル値のみを扱う場合は“Unsigned”，デジタル値にマイナスの値を設定している場合は“Signed”を選択する。設定を誤ると、一部のデジタル値が大幅に異なり、ヒストグラムが破綻し正しい解析が困難となる。
- ② Width/Height：画像の縦（Height）と横（Width）のマトリックス数を入力する。DICOM画像とrawデータが同一のマトリックス数であれば、DICOMタグ（0028, 0010: Rows/0028, 0011: Columns）で確認可能であるが、DICOM画像とマトリックスが異なる場合は、メーカーに確認する必要がある。
- ③ Offset to first image：ファイル内にヘッダ領域がある場合、画像データ領域までの読み飛ばすバイト数を指定する。

以下のチェックボックスは適用する場合にチェックを入れる。

- ④ White is zero：DRシステムにおいて、低露光量部の低いデジタル値を、白色として表示する場合にチェックを入れる（放射線画像は、チェックを入れることが多い）。
- ⑤ Little-endian byte order：デジタル値を複数のバイトで表す場合に、下位バイトから順にメモリへ配置する方式である。Intel製CPUなどで採用されているため、Intel方式とも呼ぶ。ファイル形式では、DICOMや、Windows環境で広く使われるBMPなどがこの方式を採用している。設定画面でこの方式を使用する場合は、「Little-endian byte order」にチェックを入れる。上位バイトから配置する方式をBig-endian byte order（Motorola方式）という。
- ⑥ Open all files in folder：フォルダ内のすべての画像を同一条件で一括表示する。

〔2〕 Log システム（CR） 演習手順

演習試料について

本演習では、CR 装置（Regius Model 170, Konica Minolta 製、サンプリングピッチ 0.175 mm）を用いて取得した以下のデータを使用する。

- ・低露光；SID200cm（演習用）/10 画像（RQA5）
- ・高露光；SID100cm（演習用）/5 画像（RQA5）

ImageJでの演習手順

(1) 画像表示

「File」→「Import」→「Raw...」

画像データは「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習 Log システム」→「Log システム 画像」→「SID200cm（演習用）」を開き、ファイルの一つを選択する。

※ 画像ファイルにヘッダ情報が含まれていないため、画像データに合わせた読み込み条件を設定する（図3）。

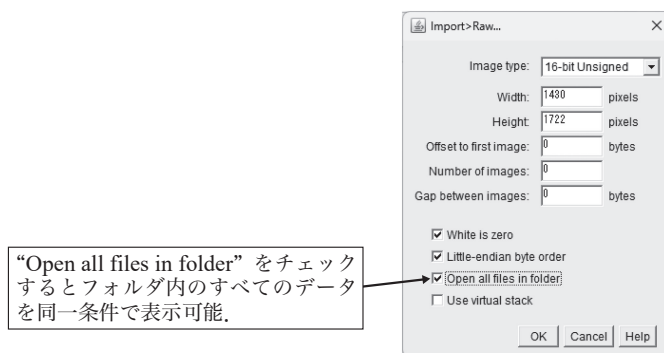


図3 画像表示（実習データはヘッダがないため “Raw” を使用）

Image type 「16-bit Unsigned」

Width 「1430」

Height 「1722」

Offset to first image 「0」

Number of image 「1」

Gap between image 「0」

White is zero ☒

Little-endian byte order ☒

Open all files in folder ☒

Use virtual stack ☐

画像下部にスクロールバーが表示され、画像をスクロールして表示可能である。

(2) デジタル値の測定

測定環境の設定（初回のみ）：「Analyze」→「Set Measurements...」を選択し，“Mean gray value（平均値）”と“Display Label（ファイル名の表示）”にチェックを入れる。

ROIの設定と測定：

- 1) 「Analyze」→「Tools」→「ROI Manager...」にて，“ROI Manager”を起動する（図

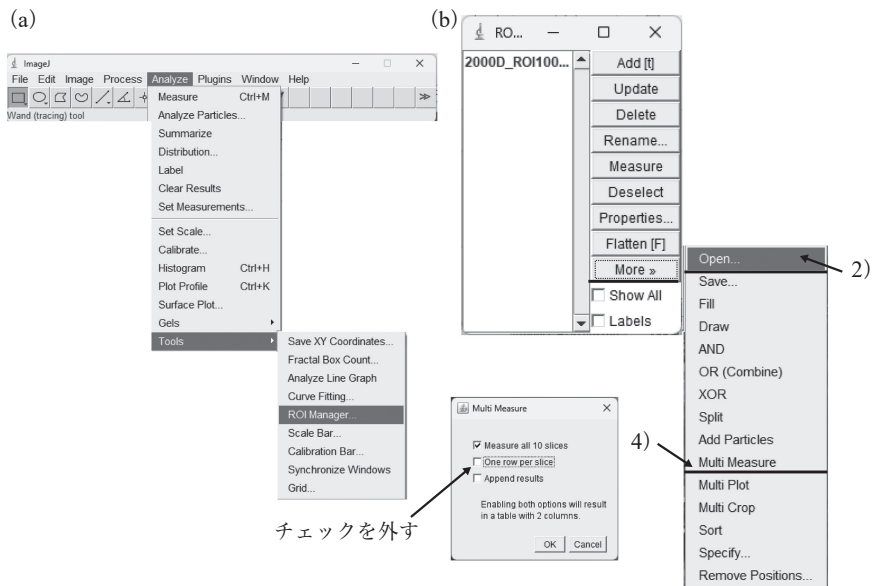


図4 (a) ROI Manager の表示, (b) ROI Manager での設定した ROI の読み込み方法と Multi Measure による測定方法

4(a)).

- 2) “ROI Manager” の「More>>」→「Open...」から「4CR 100x100RoiSet.zip」を読み込む (図4(b)).

注) IEC62220-1 シリーズでは照射野中心の 100×100 ピクセルを測定する。任意に ROI を設定する場合には, 「Specify...」コマンドを用いて画像上に ROI を作成した後, 「ROI Manager」の「Add [t]」を選択して ROI を登録する。

「4CR 100x100RoiSet.zip」は, 「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習 Log システム」→「Log システム画像」フォルダから選択する。

- 3) “ROI Manager” 上の「200cm 4CR ROI100x100」を選択し, 測定画像に ROI を表示させる。
- 4) 「More>>」→「Multi Measure...」にてデジタル値 (平均値) を測定する (条件設定は, “Measure All (画像枚数) Slices” のみチェックを残し, “One row per slice” のチェックを外す)。

「SID200cm」の測定結果を図5(a)に示す。独自の画像データを測定する場合, ファイル名によって表示順序が異なる場合があるため, 意図した順序で表示されているか確認すること。もし順序が異なる場合は, 結果を並び替えるか, 個別に測定する。

- 5) 「Results」の設定 (初回のみ): “Results” の「Results」→「Options」を選択し, “Copy column headers” にチェックを入れる (図5(b))。あるいは, ImageJ のメニューバーの「Edit」→「Options」→「Input/Output...」から同様に “Copy column headers” にチェックを入れる。

“Results” の測定結果をすべて選択してからコピー (「Edit」→「Select All」, 「Edit」→「Copy」) し, 「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習 Log システム」の Excel ファイル「演習シート_入出力特性 (Log システム).xlsx」の「演習用 (Log システム)」シートの

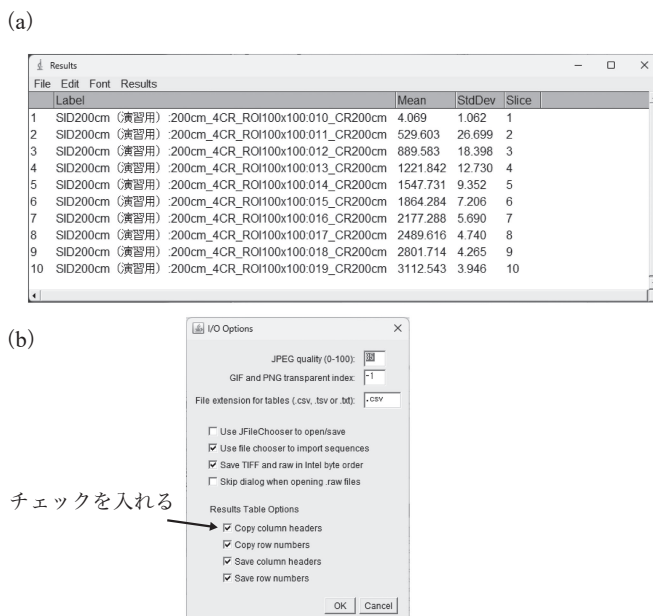


図5 (a) SID200cmの測定結果 (Resultsの画面),
(b) ResultsのOptionsの設定画面 (ImageJ 1.54)

[A1] を選択して貼り付ける。なお, [] はセルの番地を示す。

- 6) 高露光用試料「SID100cm (演習用)」も同様に「演習手順 (1) 画像表示」に戻り、デジタル値を測定する。ただし, “ROI Manager” で設定する ROI は「100cm 4CR ROI100x100」を使用し, 「演習用 (Log システム)」シートの「SID200cm (演習用)」の下段 [A13] を選択して, 測定結果を貼り付ける。

Excelでの演習手順 (Log システム)

(0) 入射表面線量の補正

- 1) 補正係数の算出: X線管焦点から SID100 cm および 200 cm の位置で測定された入射表面線量と, 焦点から 50 cm の位置に固定されたモニタリング線量計の数値を用い, 距離の逆2乗則に基づく補正係数 $f(d)$ を算出する (図6(a)参照)。

$$f(d) = \{(\text{モニタリング線量})/(\text{入射表面線量})\}^{0.5}$$

- 2) 線量計特性の確認: 算出された補正係数 $f(d)$ が, 各測定距離において一定であれば線量計の感度は安定していると判断できる (図6(c))。

しかし $f(d)$ に変動が見られる場合は, 係数が安定している線量域 (本演習ではタイマ値 100 ~ 800 ms の範囲 [O11 : O14]) の平均値を用いて, 低線量域における線量計の感度不足を補正する (図6(b))。

* 注記: モニタリング線量計は焦点から 50 cm の距離に配置されている。そのため, 距離の逆2乗則に従えば, 理論上の補正係数 $f(d)$ は以下ようになる。

- SID100 cm の場合: 焦点からの距離比が2倍となるため, 係数は2となる。
- SID200 cm の場合: 焦点からの距離比が4倍となるため, 係数は4となる。

実測値がこれらの理論値を上回る要因としては, モニタリング線量計の計測値が多重絞りや鉛板からの散乱線の影響や, 照射野中心から外れた位置での測定による X 線強度の分

(a)

0 入射表面線量の補正				
モニタリング線量から入射表面線量を補正する。				
200cm				
タイマ値	入射表面線量(実測値) (mR)	モニタリング線量(mR)	(モニタリング/入射表面)*0.5 #DIV/0!	補正後の入射表面線量 (mR)
3.2	0	0.43		0.023
6.3	0.02	1.01	7.1063	0.054
12.5	0.08	2.17	5.2082	0.116
25	0.21	4.51	4.6342	0.241
50	0.47	9.12	4.4050	0.486
100	0.97	18.41	4.3565	0.982
200	1.96	36.89	4.3347	1.967
400	3.97	73.905	4.3164	3.941
800	7.95	147.95	4.3139	7.890
比率が一定範囲となるように補正係数を求める範囲を調整する				
			補正係数(r(d))の算出 (200cm)	4.3304
100cm				
タイマ値	入射表面線量(実測値) (mR)	モニタリング線量(mR)	(モニタリング/入射表面)*0.5	補正後の入射表面線量 (mR)
100	4.31	19.21	2.1112	4.317
200	8.70	38.55	2.1054	8.664
400	17.36	77.37	2.1111	17.389
800	34.84	154.9	2.1085	34.814
1600	69.57	309.9	2.1105	69.650
比率が一定範囲となるように補正係数を求める範囲を調整する				
			補正係数(r(d))の算出 (100cm)	2.1094

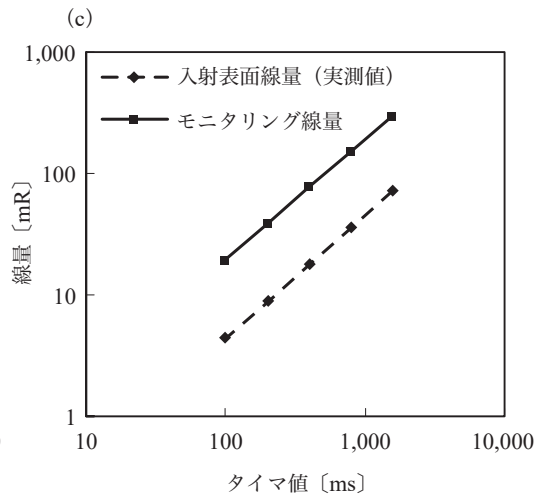
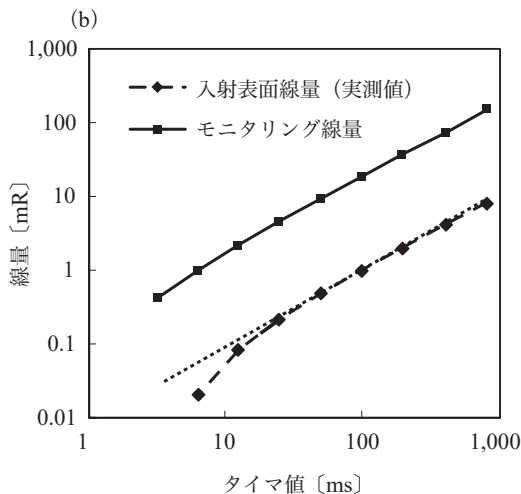


図6 モニタリング線量を用いた入射表面線量の補正

- (a) Excel シートの係数を求めるための選択範囲の調整方法
 (b) SID200cm の測定結果
 (c) SID100cm の測定結果

布差（ヒール効果など）による影響が考えられる。

(1) 低露光と高露光データの貼り付け

- 1) 補正後の入射表面線量を「相対露光量」の各セル（低露光 [V5 : V13], ただし, [V4] は 0 ms のため, 相対露光量は 0 となる. 高露光 [AA4 : AA13]) に「値を指定して貼り付け」により入力する. 次に, ImageJ にて測定したデジタル値 (Mean) を, 対応するセル 低露光の SID200 cm は [X4 : X13], 高露光の SID100 cm は [AC4 : AC13] に「形式を選択して貼り付け」の「値」のみ貼り付ける.

低露光の SID200 cm と高露光の SID100 cm の測定結果図 7(b) は, モニタリング線量によ

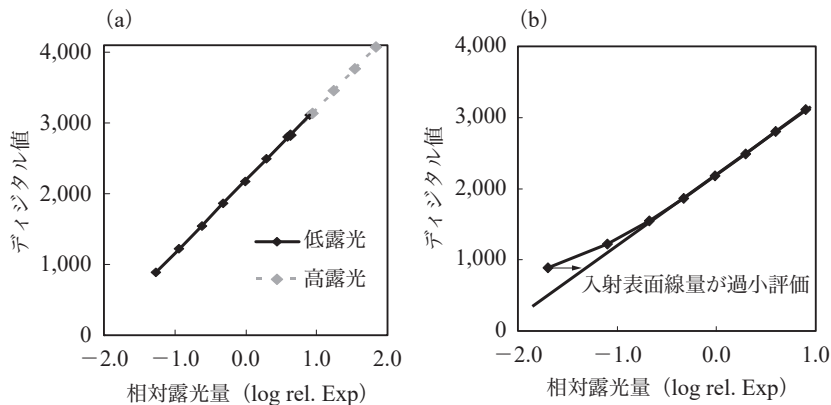


図7 低線量域における線量計の感度低下による入射線量の補正
(a) モニタリング線量にて入射表面線量の補正を行ったデータ
(b) 入射表面線量の補正を行っていない低露光部のデータ

る補正がされていない入射表面線量に基づくグラフであり、低露光域において直線性が損なわれている。これはDRシステムの入出力特性を反映したものではなく、図6(b)に示す通り、低露光域における線量計の感度不足に起因する測定誤差である。したがって、画像データ取得時にモニタリングを実施しない場合は、直線性が確保されている領域のみを選定して解析に使用しなければならない。

2) (1) のグラフを確認し、グラフ上で直線性が認められる領域のみを選別し、表「低露光 [V22 : X31]、高露光 [AA22 : AC31] (図8)」に「形式を選択して貼り付け」の「値」のみ貼り付ける。モニタリング線量にて補正を行った演習データは、すべての測定データ

① 値を貼り付ける(露光量0は、デジタル値のみ入力)			値を貼り付ける		
低露光(演習:SID200cm)			高露光(演習:SID100cm)		
相対露光量	Log E	デジタル値	相対露光量	Log E	デジタル値
0		4.07	4.32	0.64	2834.66
0.023	-1.64	529.60	8.66	0.94	3146.08
0.054	-1.27	889.58	17.39	1.24	3457.12
0.116	-0.94	1221.84	34.81	1.54	3768.79
0.241	-0.62	1547.73	69.65	1.84	4077.24
0.486	-0.31	1864.28		#NUM!	
0.982	-0.01	2177.29		#NUM!	
1.967	0.29	2489.62		#NUM!	
3.941	0.60	2801.71		#NUM!	
7.890	0.90	3112.54		#NUM!	
②のグラフを確認し 直線部分のみをコピー(値のみ)			②のグラフを確認し 直線部分のみをコピー(値のみ)		
低露光			高露光		
低露光:使用するデータ			高露光:使用するデータ		
相対露光量	Log E	デジタル値	相対露光量	Log E	デジタル値
0		4.069	4.32	0.64	2834.66
0.023	-1.64	529.60	8.66	0.94	3146.08
0.054	-1.27	889.58	17.39	1.24	3457.12
0.116	-0.94	1221.84	34.81	1.54	3768.79
0.241	-0.62	1547.73	69.65	1.84	4077.24
0.486	-0.31	1864.28			
0.982	-0.01	2177.29			
1.967	0.29	2489.62			
3.941	0.60	2801.71			
7.890	0.90	3112.54			

図8 低露光と高露光データの相対露光量とデジタル値の貼り付け

が使用可能である。

(2) 変更倍率の手入力による低露光と高露光の重ね合わせ

Log システムにおける露出条件が異なる入出力特性曲線を合成する原理を理解する（注：本ステップの操作は、測定結果には反映されない）。

変更倍率 [AI19] に任意の値を入力し、低露光データに変更倍率が乗じられることで、グラフが平行移動することを確認する（図9）。

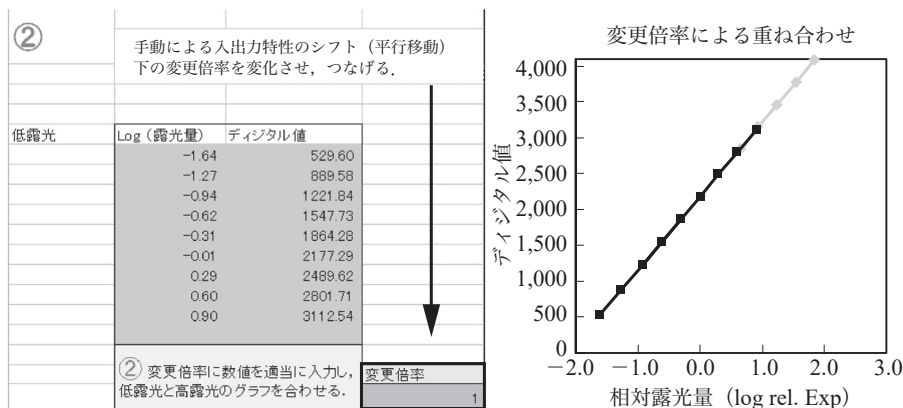


図9 変更倍率の手入力による低露光と高露光の合成

(3)-1 低露光の近似式（直線近似）を求め、その傾きと切片を該当セルに入力

グラフ表示された近似式の係数を傾き [AH46] および切片 [AJ46] の各セルに入力する（図10）。

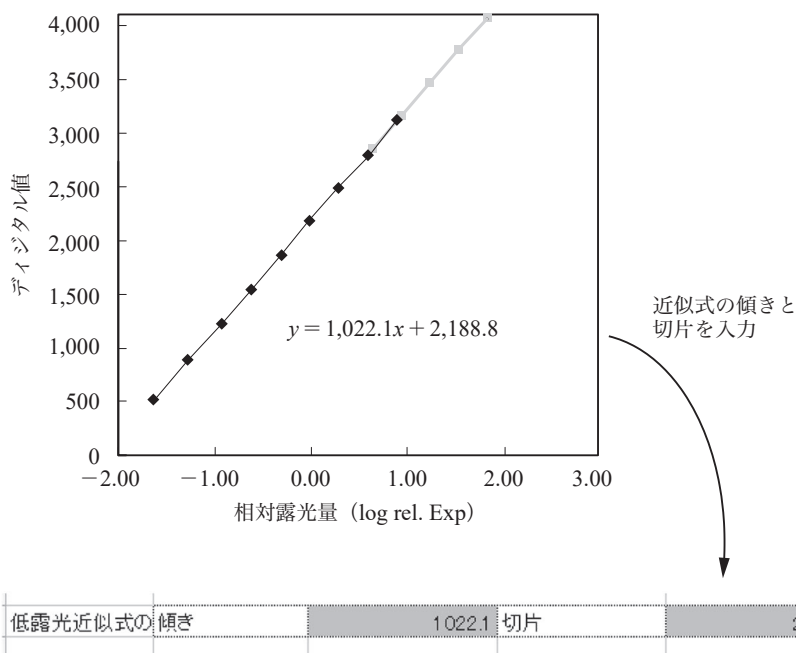


図10 低露光領域の近似曲線（近似直線）の傾きと切片を登録する

近似曲線の設定方法：プロットされたグラフを右クリックし、「近似曲線の追加」を選択する。「種類」を「線形近似」とし、「オプション」から「グラフに数式を表示する」を選択する。

(3)-2 仮想露光量と変更倍率の算出（図11）《自動》

低露光量の入出力特性の傾きと切片

低露光近似式の傾き		1022.1	切片	2188.8
高露光	露光量	デジタル値	仮想露光量	仮想露光量/露光量
高露光を補正する	4.32	2834.66	4.28	0.99
	8.66	3146.08	8.64	1.00
	17.39	3457.12	17.41	1.00
	34.81	3768.79	35.14	1.01
	69.65	4077.24	70.41	1.01
高露光量の測定した露光量とデジタル値		高露光量のデジタル値から求めた低露光の入出力特性上の仮想露光量	実測の露光量と仮想露光量の露光量比	
		平均変更倍率量	1.002	

高露光の入出力特性曲線のシフト量

図11 仮想露光量値から平均変更倍率の算出

- 1) 低露光の近似式, $Y = aX + b$ (X : 露光量 (対数), Y : デジタル値) に基づき, 高露光のデジタル値 (Y) に対する X を求めた後, 露光量変換し, 線形化を行い仮想露光量を求める。
- 2) 各仮想露光量と, 各実測露光量との比を求め, 高露光量の平均変更倍率とする (図12)。図10のグラフはほぼ平行であるため, 各点はほぼ同様な値となる。

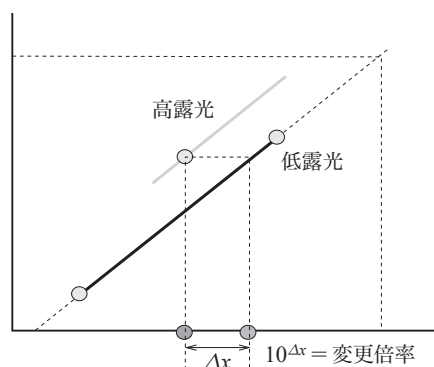


図12 変更倍率による高露光の露光量の補正

(4) 平均変更倍率による高露光の露光量の補正《自動》

高露光量データに平均変更倍率を乗じ, 補正後の露光量を求める。

(5) 低露光と補正後の高露光の入出力特性を合成する (図13) 《自動》

- 1) 低露光と, 補正した高露光を合成して, 露光量順にデータを並べ替えて, 合成後のグラフを作成する。
- 2) 完成したグラフから近似式を求める。

(6) ダイナミックレンジ (D) の推定 (図14)

- 1) グラフ⑤の近似式の係数を傾き [AQ42] および切片 [AQ43] の各セルに入力する。
- 2) 合成後の近似式に基づき, 未露光のデジタル値 Y [X4] (演習では4.07) と, 最大ディ

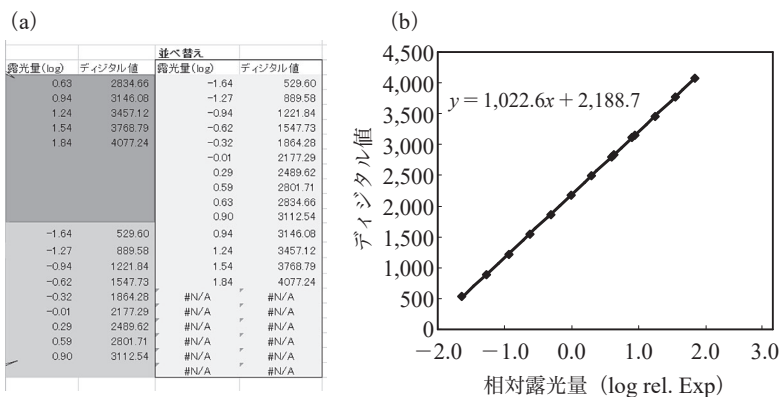


図13 低露光データと補正後の高露光データの入出力特性を1本に合成する
 (a) 低露光と補正後の高露光の二つの測定結果を露光量順に並べ替え合成する
 (b) 1本のグラフに表示

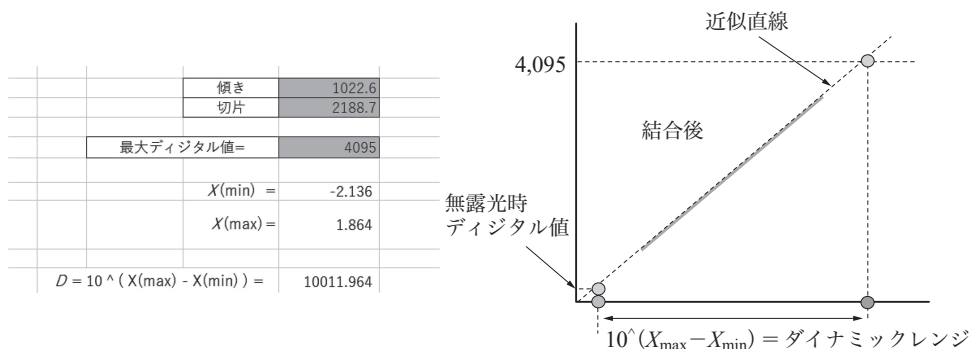


図14 ダイナミックレンジの推定

デジタル値 (12 bit の Log システム (演習データ) では 4095) に対応する各露光量の対数値、最小値 ($X_{\min}$) と最大値 ($X_{\max}$) を求める。

3) $X_{\min}$ と $X_{\max}$ から、推定ダイナミックレンジ (D) を求める。

(7) 入出力特性を第1象限で表示《自動》

グラフの第1象限に入出力特性を表示するために、傾きのみを [AS50] に入力する (図15)。

〔3〕リニアシステム (FPD) 演習手順

演習試料について

リニアシステムの演習データは、間接変換型 FPD のマンモグラフィ装置 (Senographe 2000D, GE 製, サンプルングピッチ 0.1 mm) で取得したデータを使用する。

- ・低露光 ; 2mmAl+ (演習用) / 8 画像 (RQA-M2)
- ・高露光 ; Al- (演習用) / 5 画像

ImageJでの演習手順

(1) 画像表示

演習データは DICOM 形式であるため「File」→「Open...」メニューから表示可能であるが、フォルダ内の全画像データを同一条件にて、一括で読み込むため、演習では「Image Sequence」を用いる。

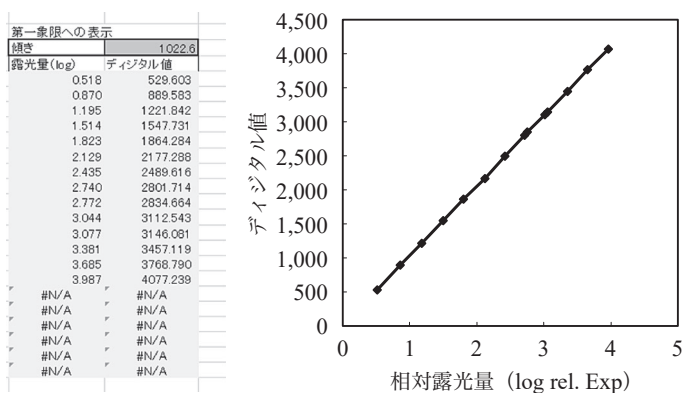


図15 入出力特性を第1象限で表示

「File」→「Import」→「Image Sequence...」を選択する（図16）。

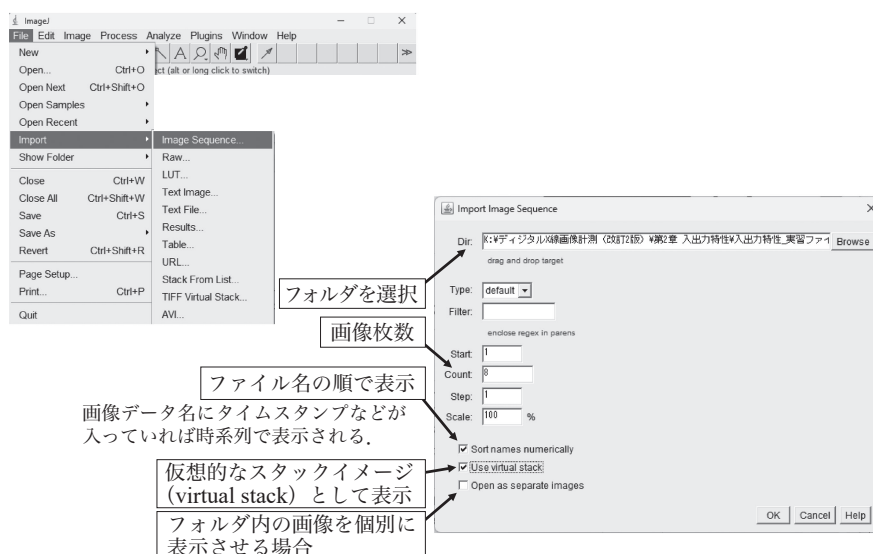


図16 画像の表示方法

演習用画像データは「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習リニアシステム」→「リニアシステム画像」→「2mmAl+ (演習用)」のフォルダを選択する。

“Import Image Sequence”を図16と同様に（“Sort names numerically”, “Use virtual stack”にチェック）し, “OK”をする。

表示画像の下段にスクロールバーが表示され, 画像をスクロールして表示することが可能となる。

(2) デジタル値の測定

測定環境の設定（初回のみ）: 「Analyze」→「Set Measurements...」を選択し, “Display Label（ファイル名の表示）”にチェックを入れる。

1) 「Analyze」→「Tools」→「ROI Manager...」を選択し, “ROI Manager”を起動する（図17(a)）。

2) “ROI Manager”の「More>>」→「Open...」を選択し, 指定のROIファイル「2000D

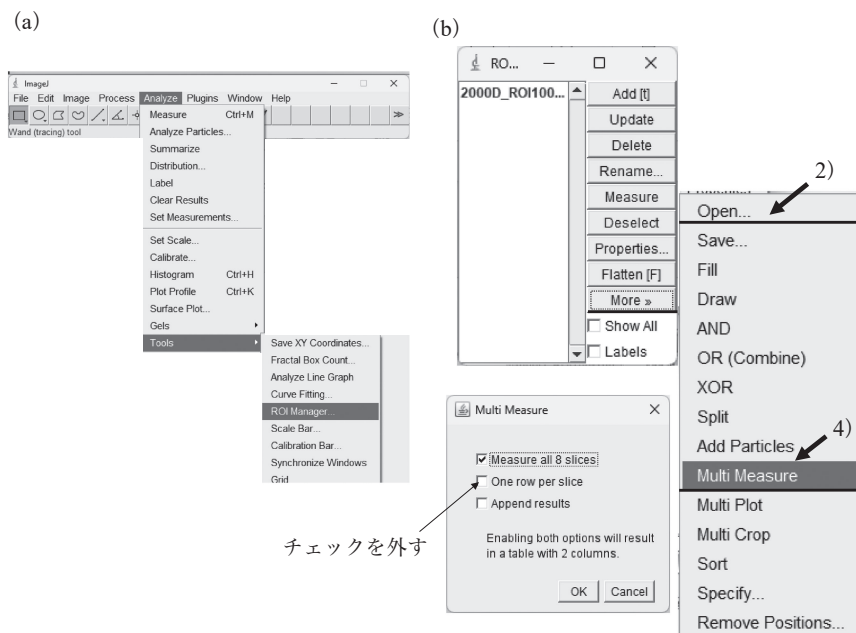


図17 (a) ROI Manager の起動方法, (b) ROI Manager での ROI の読み込み方法と Multi Measure による測定方法

ROI100x100.roi」を読み込む (図17(b)).

「2000D ROI100x100.roi」は、「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習リニアシステム」→「リニアシステム画像」フォルダから選択する。

- 3) “ROI Manager”に表示される「2000D ROI100x100.roi」を選択し、測定する画像上にROIを表示させる。

注) マンモグラフィ用のIEC62220-1-2に基づき、胸壁側の中心より60mmを測定中心として設定する。このROIの設定は今回の演習データを取得した装置に対応したものである。独自でROIを設定する場合は、“Specify...”を用いて画像上にROIを設定後、“ROI Manager”の“Add [t]”にてROIを登録する。

- 4) 「More>>」→「Multi Measure...」を選択し、各画像の平均デジタル値を測定する。

(“Measure all (画像枚数) slices”のみチェックを残し、“One row per slice”のチェックを外す。) 独自の画像データを測定する場合、ファイル名によって表示順序が異なる場合があるため、意図した通りに表示されているか確認すること。もし順序が異なる場合は、結果を並び替えるか、個別に測定する。

- 5) 「Results」の設定 (初回のみ) : “Results”の「Results」→「Options...」を選択し、“Copy column headers”にチェックを入れる (図5(b))。あるいは、ImageJのメニューバーの「Edit」→「Options」→「Input/Output...」から同様に“Copy column headers”にチェックを入れる。

- 6) 同一フォルダ内の結果をすべて選択してからコピーし (「Edit」→「Select All」, 「Edit」→「Copy」), 測定結果を、「第2章演習ファイル」→「入出力特性演習リニアシステム」のExcelファイル「演習シート_入出力特性 (リニアシステム).xlsx」を起動し、「演習用 (リニアシステム)」シートの[A1]を選択して貼り付ける。なお、[] はセルの番

地を示す。

- 7) 高露光用試料「Al-（演習用）」も同様に「演習手順（1）画像表示」に戻り、同様にデジタル値を測定する。測定結果は「演習用（リニアシステム）」シートの「2mmAl+（演習用）」の下段[A11]を選択して貼り付ける。
- 8) 未露光の画像データの「0exp.dcm」についても、同様の手順で平均デジタル値を「2000D ROI100x100.roi」を用いて測定し、測定結果を「演習用（リニアシステム）」シートの[A18]に貼り付ける。

Excelでの演習手順（リニアシステム）

(1) 線量測定の結果から、距離の逆2乗則による補正および天板の吸収補正を行い、入射表面線量を算出する。

- 1) 「SID（ディテクタ面までの距離）[mm] [E29]」, 「SCD（線量計までの距離）[mm] [E30]」および「天板などの吸収率（透過率）; [高露光, 低露光], [E32, F32]」を入力し（吸収物質がなければ、1を入力）、補正係数を算出する（図18）。演習ではシート内の「演習装置の測定結果」を入力する。

SID(ディテクタ面までの距離)[mm]	660	
SOD(線量計までの距離)[mm]	500	
	高露光	低露光
天板などの吸収率	0.71	0.84
補正係数	0.409	0.482

図18 入射表面線量の補正のための入力例（演習データ）

- 2) データ貼り付け

低露光と高露光の入射表面線量を露光量として扱うため、測定線量を入力する。測定線量の入力：高露光 [B37 : B46], 低露光 [G37 : G46] に測定線量を入力。測定線量に補正係数を乗じ、入射表面線量（露光量）に変換する。測定結果の貼り付け：ROIの測定結果（デジタル値）を、高露光 [D37 : D46], 低露光 [I37 : I46] に測定結果をすべて貼り付ける（図19(a)）。

表示されたグラフから、直線性が保たれているか、不適当な測定点がないかを確認する。

ただし、高露光域において出力が飽和（プラトー）している測定点は、露光条件によってはグラフ上で正しく表示されない場合がある（図19(b)）。

- (2) データの選別

- 1) 高露光データのプラトー領域を除いた直線部、および低露光データの直線部を選別し、それぞれ所定のセルに「形式を選択して貼り付け」→「値」のみ貼り付ける。また、プラトー部の最高露光データ1点のみを [P6] に貼り付ける。

露光量データは、高露光 [M6 : M15] と低露光 [Q6 : Q15] のセルに、求めた入射表面線量の高露光 [C37 : C46] と（ただし、プラトー部は除く）、低露光 [H37 : H46] の値をそれぞれコピーし、「形式を選択して貼り付け」→「値」のみ貼り付ける。次に、デジタル値の高露光 [N6 : N15] と低露光 [R6 : R15] にROIの平均デジタル値の測定結果 [D37 : D46], [I37 : I46] をそれぞれコピーし、「形式を選択して貼り付け」→「値」のみ貼り付ける。最高露光の露光量 [O6] とデジタル値 [P6] に測定結果

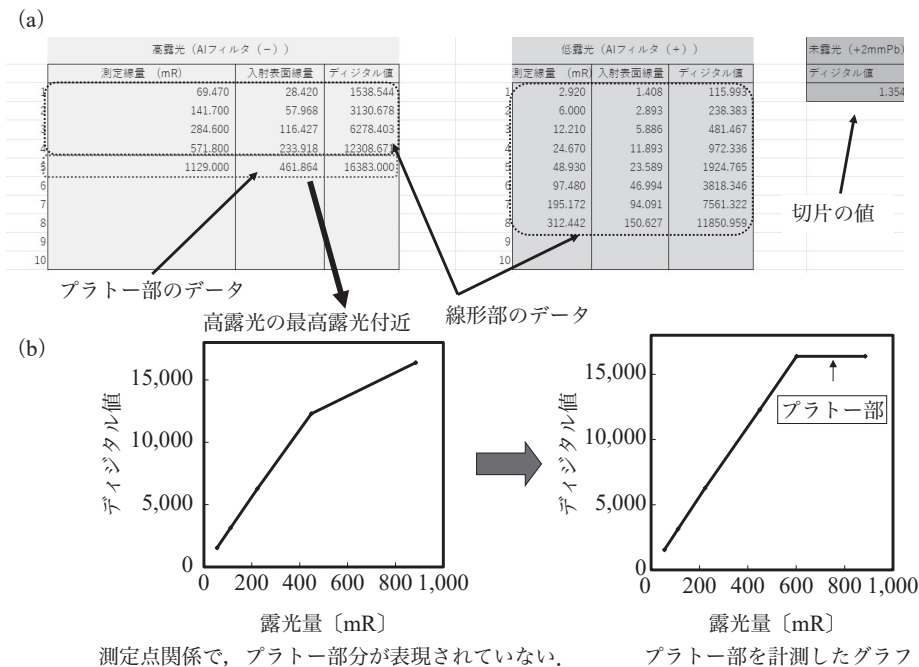


図19 (a) 測定データの確認, (b) プラトー付近の入出力特性の形状

[C41 : D41] (演習データの場合) をコピーし、同様に「形式を選択して貼り付け」→「値」のみ貼り付ける (図20(a)).

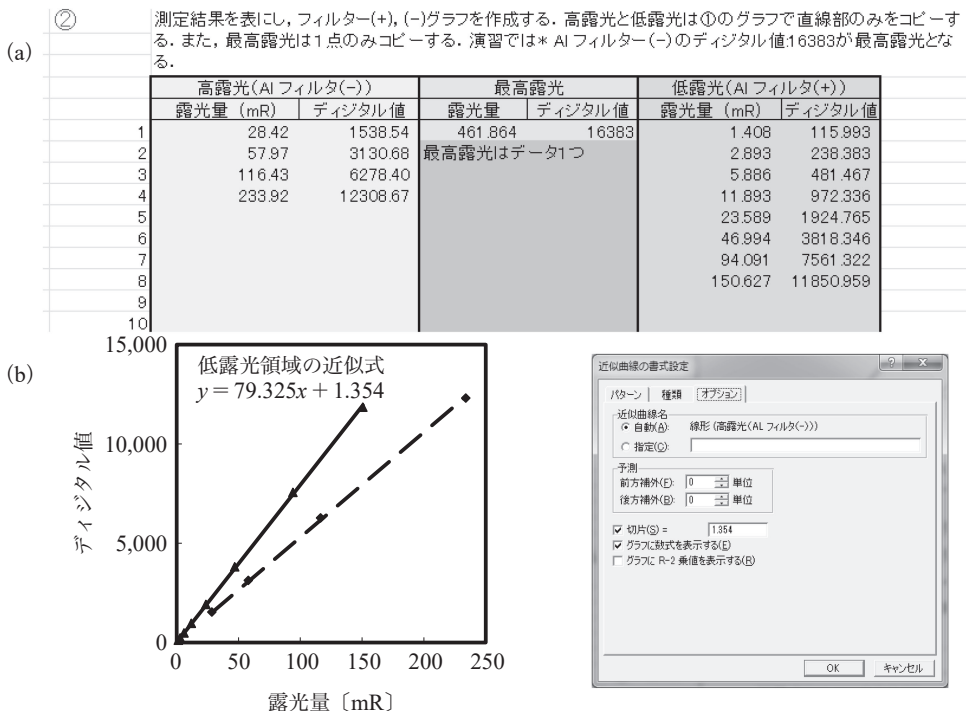


図20 (a) データの貼り付けと選別, (b) 近似曲線に対し、未露光のデジタル値を設定

- 2) 入出力特性のグラフの低露光の近似曲線を選択し、右クリックをする（図 20(b)）。“近似曲線の書式設定”から「オプション」のタブを選択し、“切片 (S)=”に「未露光のデジタル値（演習試料のデジタル値は 1.354）」を入力する。
- (3) 変更倍率の手入力による低露光と高露光の重ね合わせ
- [N18] に任意の数字を入力し倍率を変更する。高露光の露光量が補正され、低露光と傾きが同一になるようにする（図 21）。

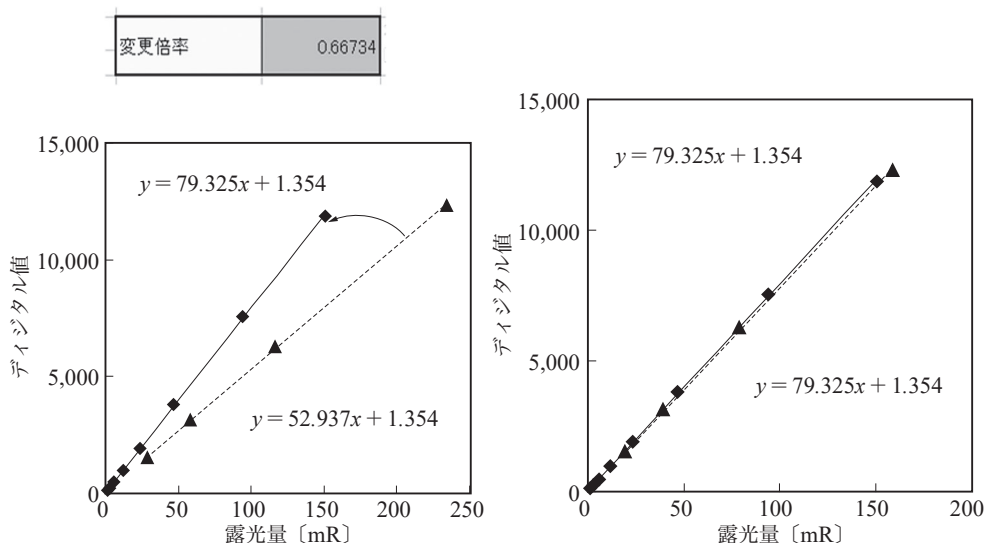


図 21 変更倍率の手入力による低露光と高露光の重ね合わせ

リニアシステムにおける異なる露出条件下で取得された入出力特性曲線を合成する原理を理解する（注：測定結果には反映されない）。

変更倍率に適切な数字を入力すると、高露光のデータにその倍率がかかり、グラフの傾きが変化する。

- (4) 高露光を補正するための変更倍率を求める（図 22）《自動》

②の低露光の近似式の各係数を入力する

傾き	切片
79.3250	1.354

露光比が均一な範囲で平均する

高露光デジタル値	補正露光量	露光量と補正露光量の比
1538.544	19.378	0.682
3130.678	39.449	0.681
6278.403	79.131	0.680
12308.671	155.151	0.663
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
#N/A	#N/A	
平均補正倍率		0.676

図 22 高露光を補正するための平均変更倍率を求める

(2) のグラフに表示された低露光の近似式から傾き [M33], 切片 [N33] を入力する.

低露光データの近似式に基づき, 高露光データのデジタル値 (Y) に対する仮想露光量 (X) を求め, 図 23 のように実測の露光量との比から, 変更倍率を求める. 平均値から, 高露光量データを補正する変更倍率を求める.

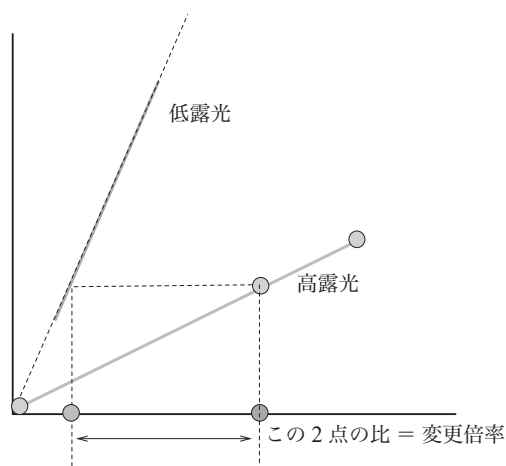


図 23 変更倍率による高露光の露光量の補正

(5) 補正した高露光データと, 低露光データを合成する《自動》

1) 低露光データと補正した高露光データを合成して, 図 24 のように 1 本のグラフで表す. 近似曲線を選択し, 右クリックをする. “近似曲線の書式設定” から「オプション」のタブを選択し, “切片 (S)=” に「未露光のデジタル値 (演習試料のデジタル値は 1.354)」を入力する.

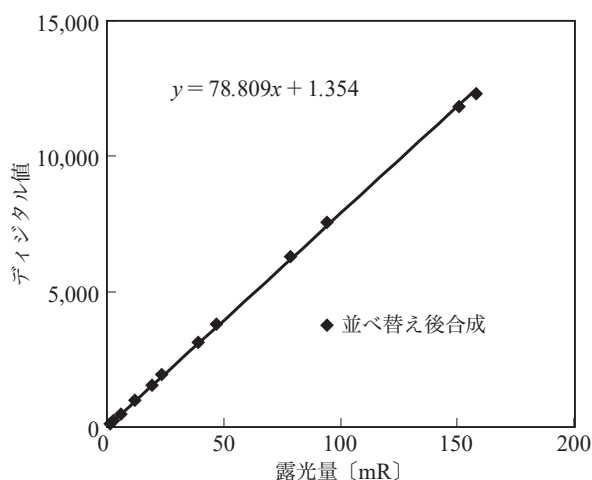


図 24 補正された高露光と, 低露光を合成する

(6) プラトーに達する露光量を求める

近似式の傾き, 切片, およびプラトーのデジタル値を [U76], [U77], [W77] にそれぞれ入力し, プラトーに達する露光量 [T80] を求める (図 25). 《自動》

(7) リニアシステムの入出力特性のグラフを完成させる (図 26) 《自動》

16,383
(14 bit データの場合)

合成データ

近似直線

最高露光のデータ

露光量		ディジタル値	プラー追加(完成)	
			露光量	ディジタル値
1	1.408	115.993	1.408	115.993
2	2.893	238.383	2.893	238.383
3	5.886	481.467	5.886	481.467
4	11.893	972.336	11.893	972.336
6	23.589	1924.765	19.221	1538.544
8	46.994	3818.346	23.589	1924.765
10	94.091	7561.322	39.206	3130.678
11	150.627	11850.959	46.994	3818.346
			78.744	6278.403
			94.091	7561.322
5	19.221	1538.544	150.627	11850.959
7	39.206	3130.678	158.206	12306.671
9	78.744	6278.403	#N/A	#N/A
12	158.206	12308.671	#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
			#N/A	#N/A
13	207.865	16383.000	207.865	16383.000
14	461.864	16383.000		

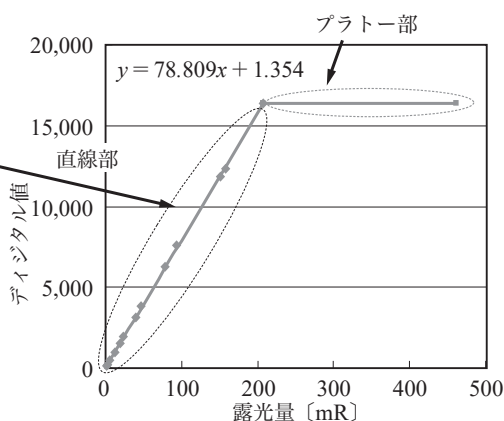


図 26 プラトーを含めたすべての測定点を用いた入出力特性

17