

デジタル RT 装置

田北 雅彦^{*1}
Takita Masahiro

現在、工業分野における溶接構造物や鋳造品の放射線検査では、主にフィルムを撮影媒体として画像の合否・判定を実施している。放射線を捉える媒体はフィルム以外にもイメージ・インテンシファイア（II）、イメージング・プレート（IP）、ラインセンサ、フラット・パネル・ディテクタ（FPD）等の電子デバイスがあり、これらを利用したデジタル RT（DRT）は医療やセキュリティ分野などで普及が進んでいる。日本では工業分野における DRT の規格化が欧米に比べ遅れており、国内規格の適用品ではフィルムによる RT しか認めていないため JIS 規格への早急な DRT 取込みが業界の課題となっている。IIC 放射線検査部門では 18 年ほど前から II やフィルムデジタイザを含む DRT 装置を導入しており現在は 2 機種目となる新しい装置が稼働している。

1. はじめに

さまざまな放射線検査用電子デバイスがある中で、IIC では現状のフィルムと同等の撮影配置ができる媒体で、かつ将来の DRT の規格化においてもそれらに基づく溶接部や鋳物の検査ができるものが必要であると考えている。そのため、当初より検査物に密着配置が可能な IP と、現状の JIS 規格によるフィルム撮影にフィルムのデジタルデータ化による画像処理等の付加価値を付与することができるフィルムデジタイザを DRT 装置システムとして採用している。また DRT の JIS 規格化では最初に IP とフィルムデジタイザについて規定される予定であることから、本稿でも、これらを踏まえて装置概要と取り組みについて平易に紹介する。

2. DRT 装置概要

DRT 装置は、パソコン、高精細モニタ、IP スキャナ、フィルムデジタイザで構成されている。オプションにより FPD も追加可能であるが現在の検査業務ですぐに必要となるものではないため、検討はしているがシステムには加えていない。規格化の順序として、先に IP とフィルムデジタイザがありその次に FPD が規定されると思われる。FPD は構造上フィルムと同等の撮影配置は難しいが、リアルタイム撮影（動画）に対応できるなど応用範囲が広く今後の性能向上も期待できるため、メーカーにデモを依頼し最新機種の性能を確認している段階である。

*1：検査事業部 横浜検査部 品質管理グループ 課長



図1 導入当初のDRT装置システム

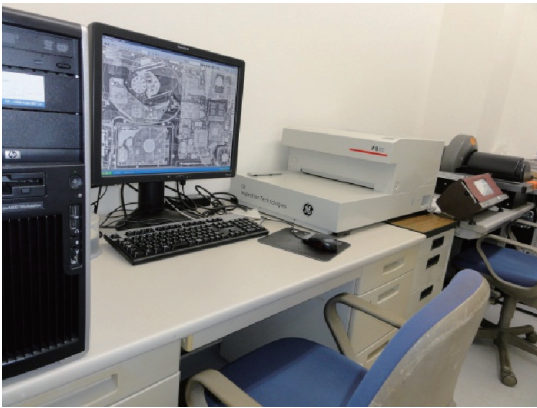


図2 現在のDRT装置システム

図1に導入当初のDRT装置（1995年導入）を、図2に現在の装置を示す。新旧装置のシステム構成はほぼ同等であるが、新装置ではHDD容量やCPU処理速度が飛躍的に向上したため、画像処理作業は旧装置の半分程度の時間で済むようになっている。1日の最大処理枚数はスキャンと画像処理作業を含め80枚程度は処理することが可能である。

3. 装置仕様

画像の解像度を決める主な要素はスキャナのスキャンピッチによるところが大きい。これら装置が世に出始めたころは $200\mu\text{m}$ 程度であったが、現在は $50\mu\text{m}$ が一般的である。スキャンピッチは小さいほど拡大処理に有利となる。装置の小型化も進んでおりIPスキャナは23Kgと非常に小型軽量の機種を導入したので車にX線装置とパソコンを搭載すれば放射線検査設備の移動が容易に可能である。また環境側面においてもIPでは現像プロセスがなく暗室や現像液も必要としないため、現場の環境を現像廃液で汚染させる心配がないので出張検査などには大変有効となっている。

表1 IPスキャナ仕様

スキャンピッチ	最小 $50\mu\text{m}$
スキャン速度	2min. (14×17インチ)
ピクセル深度	12bit (4096階調)
重量	23Kg

表2 フィルムデジタイザ仕様

スキャンピッチ	最小 $50\mu\text{m}$
スキャン速度	2min. (14×17インチ)
ピクセル深度	12bit (4096階調)
重量	45Kg

表1および表2に示す装置で取込んだ画像データはソフトウェアによるさまざまな画像処理を実施してDVD-R等の記録メディアで、お客様へ納品する。出力できる画像形式はDICOM、TIFF、Bitmap、JPEGが選択可能である。

4. 画像処理

スキャナでパソコンに取込んだ画像は手動で最適な画像に調整した後、目的に応じて検査・計測をモニタ画面上で実施する。表3に画像処理で可能な機能を示す。

表3 画像処理の種類

画像処理	主な目的
濃淡調整	モニタ上の最適濃度
拡大・縮小・回転	観察エリアの調整
フィルタ加工	エンボス・エッジ強調・濃度範囲の平均化
寸法計測	寸法・材厚測定
角度計測	角度・変形調査
濃度プロファイル	密度・材厚測定

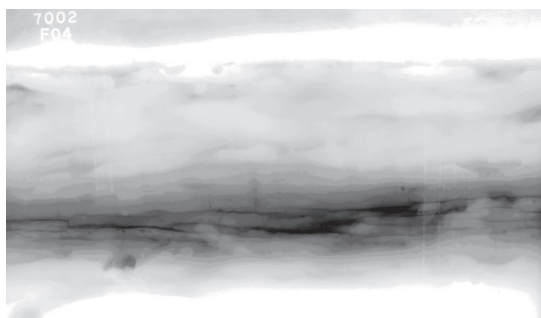


図3 画像処理：濃淡調整（白とび黒つぶれ）

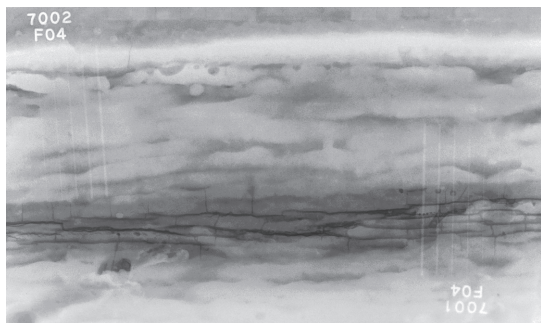


図4 図3の画像処理+フィルタ加工

図4の画像処理例は図3の濃淡処理にフィルタ加工をした画像で、画像全体の濃度範囲を12段階に分け、各段階でコントラスト強調を行い必要

な段にはエッジ強調をして足し合わせることにより人間の目に見えやすいようにしている。このフィルタは通常の濃淡調整で欠陥などの関心領域を最適に調整した場合、それ以外の部分に白とびや黒つぶれが生じるが、これを防止して画像全体を最適に調整することができるため、使用頻度の高い画像処理である。

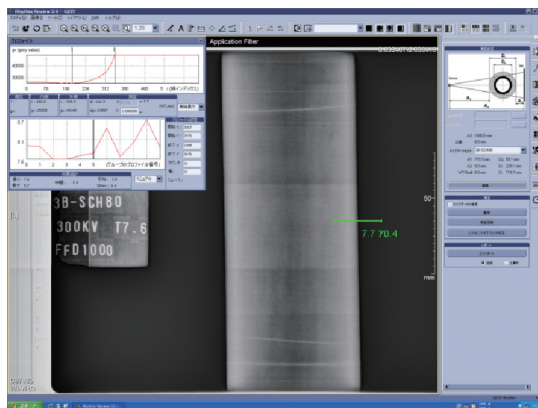


図5 濃度プロファイルによる配管の肉厚測定

図5は保温材付の配管を撮影したもので、配管の際のラインプロファイルによる濃度分布から配管肉厚を自動で測定したものである。

現地における配管減肉量調査を保温材が付いたまま測定することができるため各種プラント等への適用が期待される。

5. フィルムとIPの比較と課題

DRTの国内規格化の議論が盛り上がるなかで、社内検討としてIPの高エネルギー対応について検討をしている。過去に低エネルギーX線で海外の大型化学プラント向けにIPを適用しており、それなりの成果を得ている。しかし、高エネルギーを要する厚板では感度低下と散乱線の影響による像質低下が問題となっていた。

今回はIPが不得意とする1MeV以上の高エネルギーX線に対して最新機材の性能を確認するた

め、以下の条件で露出線量と像質を比較した。

撮影条件

線源：9MeV (LINATRON)

線源 - 撮影媒体間の距離：2000mm

試験体：銅板 t75mm

使用フィルム：低感度微粒子フィルム

使用 IP：タイプ 1、タイプ 2、タイプ 3

鉛箔増感紙：フィルム - Pb1.0mm

取込ピッチ：フィルム・IP 共に 50 μ m

濃度：フィルム 2.5

：IP 30000 (プローブ値)

フィルムと IP の露出量は濃度計の濃度 2.5 とプローブ値 30000 を最適露出量の値と想定して同等になるよう撮影した。図 6 は使用した 9MeV の X 線源で定格 30Gy/min at 1m を 6Gy/min at 1m にすることで安定した秒単位の露出調整を可能にしている。



図 6 LINATRON M9：9MeV

<検討①>：IP の高エネルギー X 線に対する感度

高エネルギー領域における IP の感度を調べるため、フィルムと各 IP の最適露出線量 (吸収線量 Gy) を比較した。その結果が表 4 である。図 7 は更にグラフ化し比較しやすくしたものである。

表 4 LINATRON M9 の露出量 [Gy]

X 線源 9MeV (出力 6Gy/min at 1m)		
1	低感度微粒子フィルム	2.58
2	IP タイプ 2	1.29
3	IP タイプ 1	0.25
4	IP タイプ 3	7.74

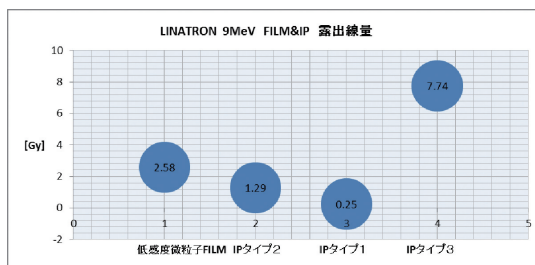


図 7 高エネルギー領域における IP の露出線量

標準感度フィルムの露出量は低感度微粒子フィルムの 1/3 ということが経験上、分かっているため標準フィルムとの露出量を比較すると、相対感度は表 5 の通りとなる。

表 5 9MeV：標準感度フィルムを基準とした相対感度

標準感度フィルム	1.0
低感度微粒子フィルム	3.0
IP タイプ 1	0.3
IP タイプ 2	1.5
IP タイプ 3	9.0

感度の比較結果より、高感度を示したのは発売当初のタイプ 1 でそれ以外は高精細を謳う製品ほど低感度となった。これはフィルムでも同じ傾向で、ある程度予想されたことである。ただしタイプ 3 の結果は標準フィルムの 9 倍も線量 (時間) がかかっており予想外の結果であった。

<検討②>：IP の高エネルギーに対する像質

JIS の透過度計を使用してフィルムと各 IP の像質を比較した。国内規格 JIS Z 3104-1995：銅溶接継手の放射線透過試験方法では、t75mm の透過度計の

識別最小線径は線形透過度計 16F で太いワイヤより数えて 3 本目 - 1.0mm のワイヤが確認できなければならぬ。フィルムと IP の透過度計識別度を表 6 に示す。規格を満足しているものは○印で示した。

表 6 透過度計識別度 (16F 使用)

撮影媒体	識別線径[mm]	識別度[%]	規 格
低感度微粒子フィルム	1.0	1.1	○
IP タイプ 1	1.25	1.3	×
IP タイプ 2	1.25	1.3	×
IP タイプ 3	1.0	1.1	○

表 6 に示すように材厚 75mm の透過度計識別最小線径 1.0mm を満足しているのは低感度微粒子フィルムと IP タイプ 3 (高精細 IP) であった。その他は 1 本太い線径となり JIS Z 3104 - 1995 の規格要求を満足していない結果となった。図 8 に低感度微粒子フィルムの画像を、図 9 に IP タイプ 3 (左) と IP タイプ 2 (右) の画像を示す。



図 8 低感度微粒子フィルム：9MeV

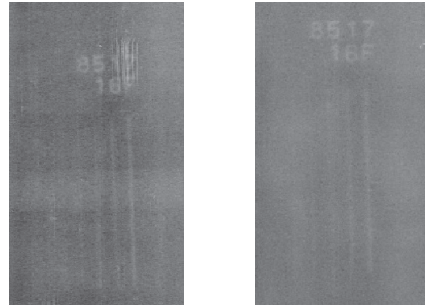


図 9 左 IP タイプ 3 と右 IP タイプ 2

本検討では高精細の IP タイプ 3 を使用することにより高エネルギー領域に対してフィルムとほぼ同等の解像度を得ることが確認できた。

ただし、露出時間が標準フィルムの 9 倍もかかっており、散乱線の影響が大きく、IP の高感度という優位性が高エネルギー領域では発揮されていない。以前より、IP に使用されている蛍光体の性質として高エネルギー領域では感度が著しく低下することが知られていたが、現在でも変わっていないようである。ヨーロッパの規格では像質改善策として 1MeV 以上の高エネルギー領域の放射線にはフィルタとして銅や鉄板を組み合わせる事が推奨されているが、組み合わせや配置方法は示されておらず、9MeV ではどの程度像質が改善されるかもわかっていない。また FPD についても同様に検討を始めているが、1MeV ではフィルムとほぼ同等の像質を確認している。しかし 9MeV における像質やフィルタの確認は IP 同様、今後の課題となっている。図 10 および図 11 に 1MeV の X 線によるフィルムと FPD の像質を確認した際の画像を示す。図 10 は t38mm の銅溶接部をフィルム撮影した画像で、図 11 は FPD と Cu フィルタを使用し同様に撮影した画像である。

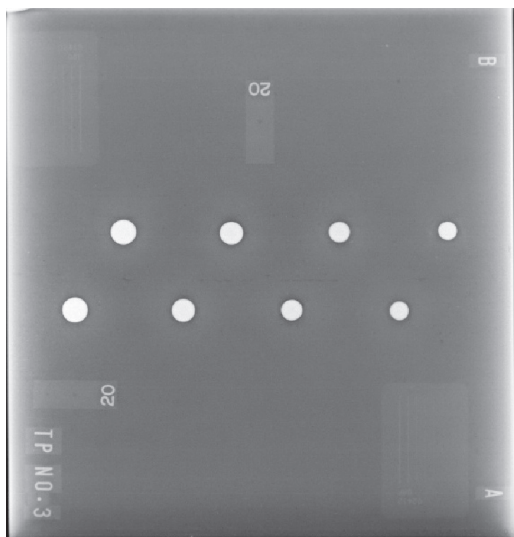


図 10 1MeV：フィルム画像 (t38mm)

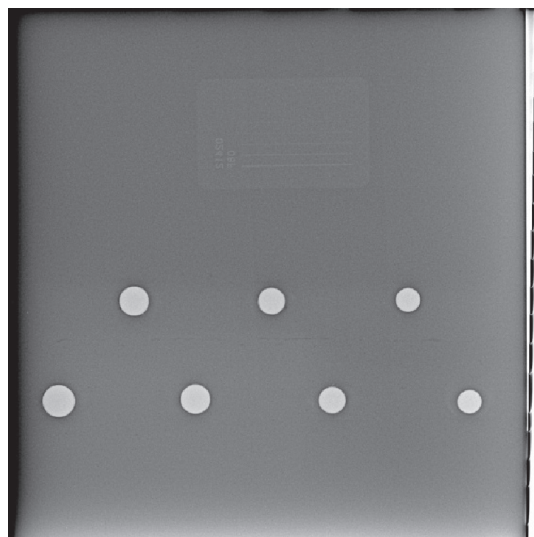


図 11 1MeV：FPD 画像 Cu フィルタあり

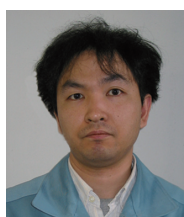
6. おわりに

現在では、比較的高性能なパソコンが職場にも普及しており、報告書等の作成ではデジカメ画像やグラフを多用するようになってきている。このため放射線透過試験の撮影画像もパソコンで扱えるデジタルデータの需要が規格の有無に関係なく増加してきている。フィルムは高エネルギー領域で像質や分解能の点で DRT より優れておりフィルムの優位性は失われていないが、医療分野での使用量が大幅に減ったことから、生産体制が縮小され、生産量が大幅に減少しており毎年価格が高くなる

傾向がある。利便性や環境側面では確実に DRT が優れているため、適用可能な分野から少しずつデジタルに置き換わってゆくはずである。今後も IIC では DRT の国内規格化の動向に注目しながら、既存の放射線透過試験への適用を検討していく所存である。

参考文献

- (1) JIS Z 3104-1995 銅溶接継手の放射線透過試験
- (2) GE センシング & インスペクション・テクノロジー株式会社 製品カタログ



検査事業部 横浜検査部
品質管理グループ
課長

田北 雅彦

TEL. 045-759-2280

FAX. 045-759-2146