

溶接部放射線透過フィルムの自動検査システムの開発

溶接部品質検査の向上をめざして

Development of a Computer-aided Radiographic Inspection System for Welded Joints

Improvement of Weld Quality Inspection

(電力技術研究所 材料G)

火力発電所の圧力容器、配管および貯槽などには多くの溶接継手が用いられており、これら溶接継手に対し溶接後、放射線透過試験が行われ、撮影された大量のフィルムについて検査員により一枚一枚目視により綿密な検査が行われている。

本開発システムはこの検査を、画像処理手法および検査員の知識を盛り込んだエキスパートシステムを用いコンピュータにより自動化したもので、検査を正確にしかも迅速に行なうことをめざしたものである。

(Electric Power Research & Development Center,
Materials Research Group)

A thermal power station includes many welded joints in pressure vessels, piping, storage tanks and other facilities. These welded joints are checked by radiographic testings, where a great amount of photographic film is closely examined visually by inspectors. We have developed a system which automates this inspection work by means of a digital image processing and an integrated expert system with inspectors' knowledge. This system will speed up the inspection process and attain higher accuracy.

1

溶接部の検査と開発の背景

溶接部には各種類の、例えばブローホール（気孔：第1図に例を示す）や異物の巻込み、融合不良あるいは亀裂等、継手強度を低下させる有害な欠陥を生じることがある。そのため、溶接後にX線あるいはγ線を用いた放射線透過試験が行われている。

本システムは川崎重工業㈱と共同開発したもので、検査員による現行の肉眼検査に対して、コンピュータを用いて行なう自動化システムであり、検査員の補助あるいは完全自動化などの方法により、見落としや個人差のない検査を迅速に行なうことを目的とした。

提としているため、その手順あるいは判断基準を出来るだけ忠実にコンピュータに再現することを心掛けた。



第1図 溶接欠陥のX線フィルム（ブローホールの例）

2

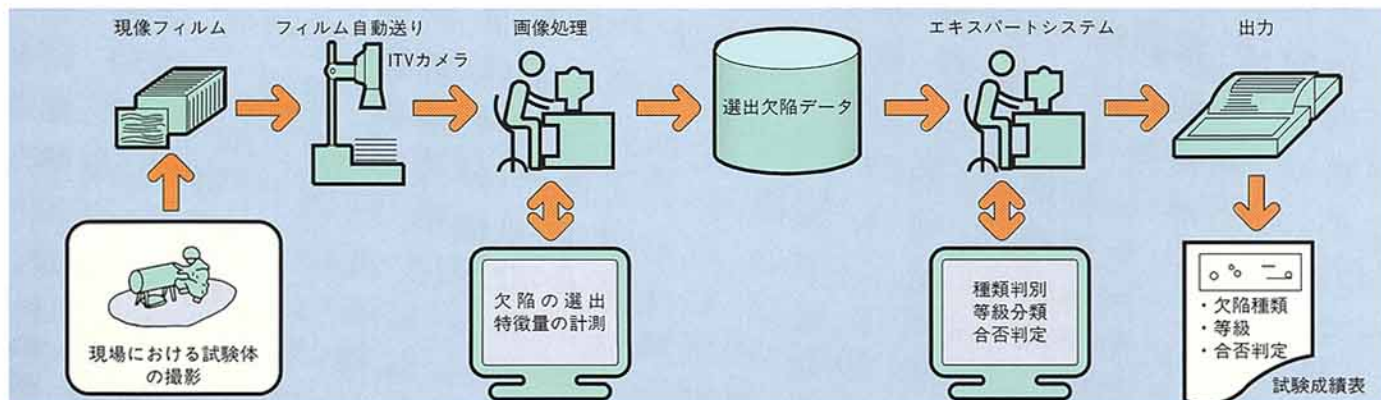
システムの概要

開発システムはフィルムの自動送り、テレビカメラ、画像処理、エキスパートシステムおよび検査結果の出力部から構成されていて、外観を第2図に、フィルム撮影からの一連の処理フローを第3図に示す。

開発ポイントは現在の基準が検査員の目視検査を前



第2図 開発システムの外観



第3図 システムの処理フロー

3 欠陥を選び出す画像処理手法

テレビカメラから取り込まれたフィルム像は画素数240×256、明るさ256段階のデジタル画像としてコンピュータに取り込まれる。

フィルム上に現れる欠陥像は輪郭が不鮮明、微小、細い線状、背景に濃淡があるなど識別が困難なものが多く含まれる。そのため周囲の平均的な明るさとの差を求める「差分強調法」、線状のものの検出感度を高めた「線強調法」等の手法を取り入れた。こうして微小な明るさの変化が強調された画像を「欠陥」と「背景」とに二分する操作を行い欠陥を選び出す。選び出されたそれぞれの欠陥に対して長さ、幅などの形状および中心部の元の明るさなどを特徴量として計測する。第4図に一連の画像処理結果を示す。

4 欠陥の種類を判別するエキスパートシステム

あらかじめ種類が分っている欠陥の特徴量を多数測定しデータベースとした。また、検査員の経験、知識に基づく判断基準を収集し知識ベースとした。画像処理部で測定された特徴量をデータベースの値に照合し、どの種類の欠陥に近いかを判断しその確からしさ（確信度）を求める。また、知識ベースに基づき同様の種類の推論を行ない確信度を求める。それらを合算して最も確信度の高いものがその欠陥の種類と判定される。確信度が低いいずれの種類にも該当しないもの

は非欠陥として除かれる。

種類判別された欠陥は径および数などから等級分類を行い、規定の等級を満足するかどうかの合否判定を行なう。

5 システムの性能

第1表および第5図に平行突合せ溶接継手X線フィルムの欠陥種類判別および寸法測定に関し、検査員と本システムの判定結果を比較した。いずれも検査員の判定結果と良く一致した。処理時間は平均5分/枚であった。システムの使用方法として第6図に示す肉眼補助から完全自動化までの選択が可能である。

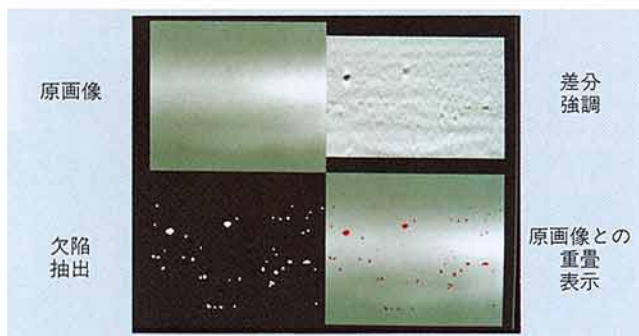
なお、厚肉管を対象としたγ線撮影の場合は、前記X線のものに比べてフィルムの像質が劣り、特に微小欠陥の検出に誤差を生じる問題があった。

6 システムの実用化

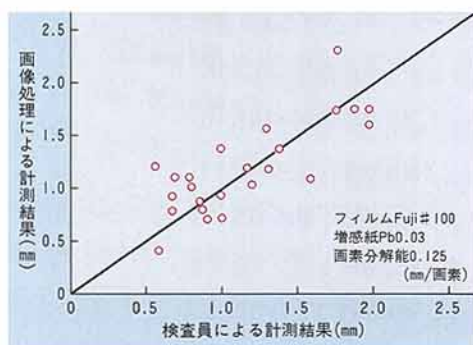
溶接継手として基本的な平行突合せ継手X線フィルムに対するシステムの開発ができた。

発電所への実用化については、今後各種検査機関による評価を得ること、およびγ線フィルム等に対する個別データベースの充足等が必要と考えられる。

なお、本研究は平成3年度（社）日本非破壊検査協会奨励賞を受賞した。



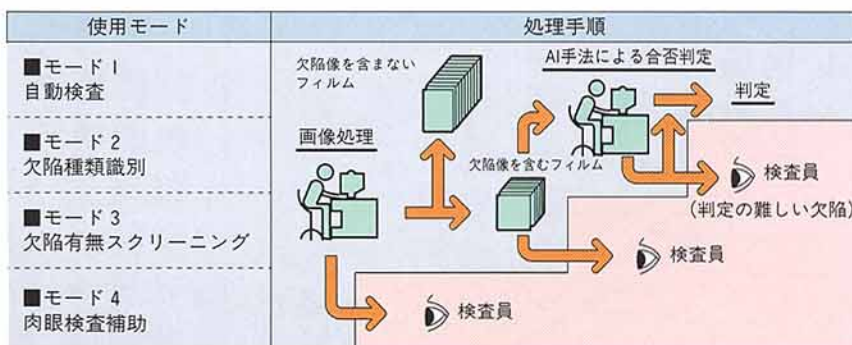
第4図 放射線透過フィルムの画像処理結果



第5図 欠陥の寸法測定結果

第1表 欠陥の種類判別結果

検査員の判定 (検査員4人中の回答人数)	エキスパートシステムの判定結果
ブローホール (4名)	ブローホール (82%) 第1種欠陥 (58%)
ブローホール (4名)	ブローホール (88%) 第1種欠陥 (58%) スラグ巻込 (14%)
透過不良 (4名)	透過不良 (75%) 割れ (70%)
割れ (4名)	割れ (67%) 第2種欠陥 (59%)
融合不良 (4名)	融合不良 (64%) 第2種欠陥 (56%)
スラグ巻込 (4名)	スラグ巻込 (58%) 第1種欠陥 (52%) ブローホール (52%)
スラグ巻込 (1名) 融合不良 (3名)	融合不良 (88%) 割れ (67%) 透過不良 (59%)



第6図 システムの適用方法