

渦電流探傷における移動探査ロボットの開発

Development of Mobile Inspection Robot in Eddy Current Testing

神戸大学自然科学研究科	小林 太	Futoshi KOBAYASHI	None Member
神戸大学自然科学研究科	小島 史男	Fumio KOJIMA	Member
神戸大学自然科学研究科	中塚 恆	Hisashi NAKATSUKA	Student Member

This study deals with a crack detection method with a mobile robot for preventive maintenance of power plant. Eddy current testing (ECT) is a major technique for detection of cracks found out in structures of the power plant. In this paper, we develop a mobile robot with ECT sensor composed of a transmitter-receiver coil probe. The robot detects a crack by ECT sensor signals and localizes the crack by the position of the robot. Then, the robot traces the crack and reconstructs the shape of the crack. By using this method, crack can be detected, and shaped automatically by the mobile robot with ECT sensor. For showing the effectiveness of this method, we show some results for two types of crack.

Keywords: ECT, Crack detection, Mobile robot, Nuclear power plant

1. 緒言

近年、原子力プラントにおいて予防・保全は重要な課題となっている。シュラウド等の構造物において様々な種類の傷が報告されており、戦略的な評価システムの確立が急務となっている。現在、原子力プラントにおける非破壊評価の手法として目視探傷、超音波探傷、ECT(Eddy Current Testing 渦電流探傷)が用いられている。目視探傷は基本的な手法であるが、材質の表面の傷しか検出できない。超音波探傷は、特に材質の裏面の傷の検出に対して有効な手法である。ECTは非接触で、即時性に優れた検査手法であり、材質の表面および、表層に存在する傷の探査に優位性がみられる。そのため、シュラウドの表層欠陥の検査に効果的である[1,2]。

一方、原子力プラントでの検査者による直接的な作業は人体に多大な影響を及ぼす。そのため、人間に代わって検査を行うロボットの開発が求められている。近年、プラントの検査や清掃を行うロボットが開発されているが、従来のカメラや超音波センサを搭載したロボットによる検査では、自動的な傷形状の再現は困難である。

このような背景から、本研究ではECTセンサを搭載

した移動探査ロボットシステムを構築し、ECTセンサの特性を考慮した傷探査のためのアルゴリズムを提案する。ここで、使用するロボットは自己位置を走行カウンタから求めることが可能であり、それによって傷位置を同定できるものとする。そしてロボットはECTセンサの信号を基に傷上をトレースし、傷形状の再現を行う。

2. 移動探査ロボット

2.1 探査ロボットシステムの構成

Fig.1に本研究で使用したロボットの構成を示す。移動ロボットには”Khepera”ロボットを使用し、ECTセンサをロボットの前面に配置する。

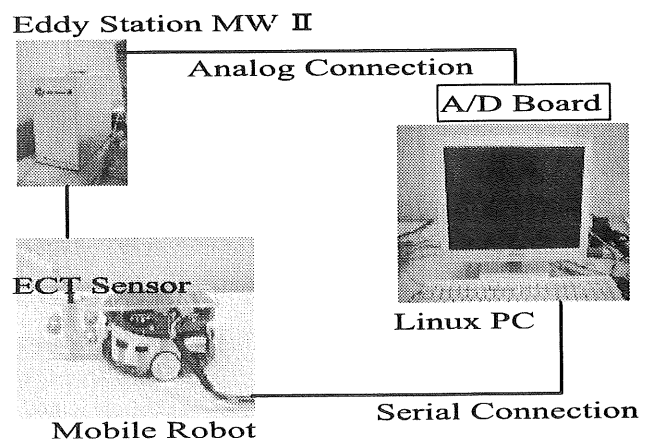


Fig. 1 ECT Robot System

連絡先:小島史男、〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1、
神戸大学自然科学研究科情報知能工学専攻、電話:
078-803-6493、e-mail: kojima@cs.kobe-u.ac.jp

ロボットはシリアル通信でLinuxPCから命令を受ける。ECTセンサの信号は"Eddy Station MW II"を通して、処理され、A/Dボードを介してLinuxPCに送られる。

2.2 傷探査アルゴリズム

本研究で提案する傷探査のアルゴリズムを Fig.2 に示す。探査ロボットは検査領域上をランダムに移動する。ECTセンサの値が予め設定した閾値を越えるとその位置に傷があると認識し、傷形状を推定する動作に移行する。ロボットはその場で左右に回転し、新たな傷の点を探索する。その2点の傷位置を結んで傷の方向を推定する。そしてロボットが傷上に乗るように移動し、ジグザグ走行しながら傷をトレースする。センサ値が閾値を越える点を通る度に左右のモーターに搭載された走行カウンタからその位置を求め、傷の位置として記録する。

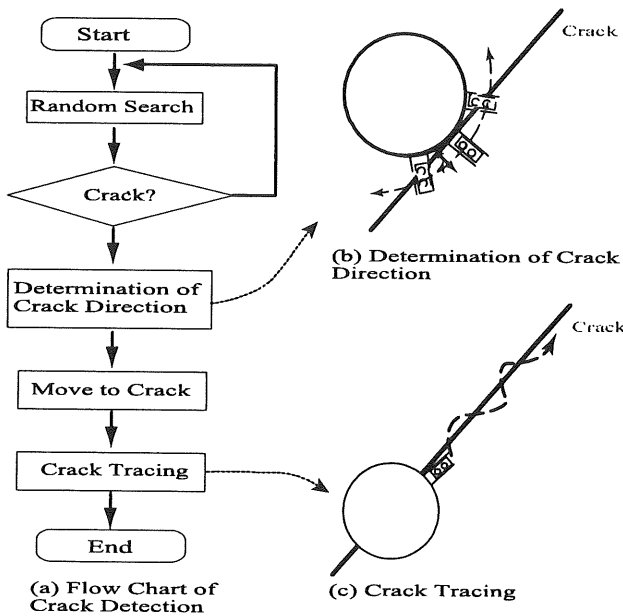


Fig. 2 Crack Detection Algorithm

2.2 実験

前節までに述べたシステムを用い、実験を行った。実験環境は(300[mm]×200[mm])のアルミニウムの平板を使用し、その上をビニールシートと方眼紙で覆い、その上をロボットが探査する。傷はアルミニウム板に施した幅1mmの貫通欠陥とした。また、傷に対して垂直にECTセンサを走査させた際のセンサ値の最大値が3[v]になるようにEddy Station MW IIでゲインを調節し、1.8[v]を傷と認識する閾値とした。

直線状の傷と曲線状の傷の二種類の傷について実験を行い、その結果を Fig.3 に示した。線で示したものが実際の傷の形状であり、点で示したものが探査ロボットによって推定された傷の位置を表している。実験結果から、本研究で提案した手法を用いることによって、傷を発見し、傷形状を再現することができたと言える。

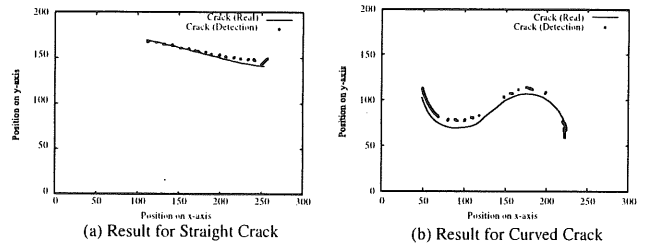


Fig. 3 Crack Detection Result

3. 結言

原子力発電設備の保守点検を目的とし、ECTセンサを移動ロボットに搭載した傷探査ロボットシステムを構築した。本システムで使用するアルゴリズムとしてECTセンサの特性を考慮した傷探査のアルゴリズムを提案した。そして、2つの異なる傷に対してその形状を再現する実験を行い、本システムの正当性を示した。

謝辞

本論文で行った実験環境の構築に際して、ご協力いただいた日立製作所電力・電機開発研究所の西水亮、小池正浩、松井哲也氏に深甚の謝意を表する。

参考文献

- [1] Kojima F(2003) Inverse Problems related to Electromagnetic Non-destructive Evaluation, In: Smith R.C and Demetriou M.A(edu) Research Directions in Distributed Parameter Systems, SIAM Frontiers in Applied Mathematics, Vol. FP 27: 219-236, SIAM
- [2] Kojima F, Takagi T, Matsui T(2003) Inverse Methodology for Eddy Current Testing using Transmitter-Receiver Coil Probes, Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation, Vol. 23A: 643-650, American Institute of Physics 2003