

氏名(本籍)	三井秀人(北海道)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第5692号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	システム情報工学研究科
学位論文題目	超音波CT法を用いる角鋼片内部の欠陥検出に関する研究

主査	筑波大学教授	工学博士	水谷孝一
副査	筑波大学教授	Ph.D.(工学)	堀憲之
副査	筑波大学教授	工学博士	安信誠二
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	若槻尚斗
副査	筑波大学講師	博士(工学)	川村洋平
副査	筑波大学助教	博士(工学)	海老原格

## 論文の内容の要旨

パイプやH型鋼など鉄鋼製品製造における中間製品(市場には出ない)である角鋼片は、最終製品の品質を大きく左右するが、角鋼片の内部欠陥を検出する方法は現在においても確立されておらず、その方法が現実問題として必要とされている。本論文では、超音波計算機トモグラフィ(Computerized tomography: CT)法を用いて角鋼片内部の欠陥を検出する方法を提案し、その有効性を定量的に評価するとともに、直径2 mm以上の気泡を欠陥とみなし、提案手法を用いて欠陥の存在及び位置を検出することを研究の目的としている。

第2章では、超音波CT法を用いて角鋼片内部に存在する欠陥を検出する原理が示されている。欠陥における超音波の回折により伝搬時間が増加することを利用し、欠陥の存在を検出する方法、CT法を用いて見かけ上の音速の二次元分布を再構成する方法、二次元分布から欠陥の位置を検出する方法などを示している。

第3章では、第2章の欠陥の検出原理を用いて実際に欠陥検出の可能性が、計算機シミュレーション及び実験で検討された結果、入力信号の波長が2-6(mm)、トランスデューサの大きさが2 mmの条件で、提案手法を用いて2 mm以上の欠陥を検出できることを示している。一方提案手法では、トランスデューサの開口径が2 mmと小さい場合は欠陥を検出できるが、開口径が5 mmのときは見かけ上の音速分布に虚像が現れ、欠陥検出が阻害される場合があることが明らかになっている。

第4章では、製造過程で発生する外形寸法の不均一性が欠陥検出に及ぼす影響について検討している。外形寸法の不均一性の影響を軽減する方法として、計測面で求めた縦波伝搬時間と参照面で求めた伝搬時間との差分から伝搬時間差を算出する方法を提案している。その結果から、計測面と参照面で求めた伝搬時間の差分をとることで外形寸法の誤差の影響を相殺することができ、欠陥検出が可能であることを示している。

第5章では、第3章で問題となった見かけ上の音速の二次元分布に発生する虚像を軽減するために虚像の原因である伝搬時間差の計測誤差を軽減する方法として、計測信号と参照信号との相関関数から伝搬時間差を求める方法を新たに提案している。また、白色化相互相関法を用いて伝搬時間の計測結果から、前章まで

の計測手法に比べ提案手法は伝搬時間差を正確に計測可能で、それに伴い、トランスデューサの開口径が5 mm の場合においても、波長が2 - 6 (mm) の入力信号を用いて直径2 mm の欠陥を検出できるまで再構成像で発生していた虚像を軽減でき、提案手法が欠陥検出法として実用できることを示した。

第6章では、再構成に必要な計測データ数と欠陥検出能力との関係について検討し、実験及びシミュレーション結果から、角鋼片の寸法が100 mm、検出したい欠陥の直径が2 mm のとき、各面における計測点数が25点以上あれば欠陥を検出できることを示し、必要な計測データ数を明らかにした。また、外形寸法の不均一性を含む場合においても同様に欠陥検出が可能であることを示した。

第7章では、得られた結果をまとめ、提案手法である超音波CT法を用いる角鋼片内部の欠陥検出法は、現在においても確立していない角鋼片の超音波探傷法として有用であることを示した。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、角鋼片の内部欠陥を検出する方法が現在においても確立されていないことを踏まえ、新たな検出法について検討している。欠陥で超音波が回折することに着目し、欠陥による伝搬時間の増加を利用して欠陥の存在を検出する方法及び医療技術等で用いられるCT法を応用した欠陥の位置を検出する方法を提案し、計算機シミュレーション及び実験から提案手法を用いて実際に欠陥検出が可能であることを示していた。また、発生する欠陥を考慮し、入力信号の周波数や探触子径の開口径及び走査間隔を定量的に評価していた。さらに、提案手法は探傷法としての利用以外には温度計測など、超音波の伝搬経路上に伝搬時間を変化させる物体が存在する場合には応用も期待ができるなど高く評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。