

論文審査の結果の要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |                                                                                    |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 報 告 番 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 博（生）甲第197号 | 氏 名                                                                                | Kismet Anak Hong Ping |
| 学 位 審 査 委 員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            | 主査        竹中     隆<br>副査        小菅   義夫<br>副査        辻     峰男<br>副査        田中   俊幸 |                       |
| <p>論文審査の結果の要旨</p> <p>Kismet Anak Hong Ping 氏は、2006 年 4 月に長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に入学し、現在に至っている。同氏は、生産科学研究科に入学以降、システム科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、マイクロ波による初期乳がん検出法に関する研究に従事し、その成果を 2009 年 7 月に主論文「Inverse Scattering Analysis Applied to Breast Cancer Detection」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文 7 編（うち審査付き論文 5 編）、印刷公表予定論文 1 編（うち審査付き論文 1 編）、その他の論文 1 編（うち審査付き論文 1 編）を付して、長崎大学大学院生産科学研究科教授会に博士（工学）の学位の申請をした。長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2009 年 7 月 15 日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を 2009 年 9 月 9 日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>提出論文は、集団検診の受診率を改善し、生存率を高めるために、より安全で痛みがなく高い感度と識別能力を持ち、かつ低コストで取り扱いやすい検査方法としマイクロ波を用いたマンモグラフィを提案し、その有効性を検討している。時間領域逆散乱解析にもとづくマイクロ波トモグラフィ法を用いて、乳房内部の電気定数分布を再構成することにより、乳房の正常組織と腫瘍とを明確に区別できることを示している。本論文の構成は以下のようになっている。</p> <p>第 1 章では、集団検診において最も有効であるとされる X 線マンモグラフィの問題点とそれを解決するためにマイクロ波マンモグラフィを提案する理由を述べている。さらに、マイクロ波イメージングシステム、電磁波の性質およびマイクロ波マンモグラフィと逆散乱解析との関連を概説している。</p> <p>第 2 章では、乳房にパルス状の電磁波を入射したときの伝播・散乱現象を解析するための有限差分時間領域法（FDTD 法）及び解析領域を有限領域に限定するために用いる完全整合層（PML 層）に</p> |            |                                                                                    |                       |

について述べている。

第3章では、マイクロ波を用いて乳房内部を映像化する方法として逆散乱解析にもとづくマイクロ波マンモグラフィの像再構成法について述べている。マイクロ波領域の電磁波は電気的特性が波長程度で変化する物体に対しては直進性を仮定できず、回折の影響を考慮した取り扱いが必要となる。波の回折を考慮する必要がある逆散乱問題は、一般に、非線形の逆問題となる。従って、非線形性に対処できる像再構成法が必要となる。このため、本論文ではマイクロ波パルスをもちいる Forward-Backward Time-Stepping (FBTS)法を提案している。さらに、3次元問題では計算時間と計算機メモリーの増大が問題となるため、FBTS 法の並列アルゴリズムを開発している。

第4章では、核磁気共鳴画像法（MRI 法）により得られた健常ボランティアの乳房画像からマイクロ波用乳房数値ファントムを作成する方法を示し、2次元乳房数値ファントムを用いた数値シミュレーションにより、FBTS 法の有効性を数値的に検討している。

第5章では、並列 FBTS 法を用いて3次元乳房数値ファントムを用いた数値シミュレーションを行い、腫瘍の検出が可能であることを示している。また、PVC パイプとガラスからなる乳房ファントムおよび木質円柱の3次元再構成実験を行い、いずれも形状および内部構造を精度良く再構成できることを示している。

第6章では、乳房を構成する各組織の周波数分散性を考慮した取り扱いを検討し、MRI にもとづく分散性乳房ファントムに対して分散性の近似線形関係をもちいた FBTS 法を提案し、再構成シミュレーションによってその有効性を示している。

第7章は、本論文で得られた結果の総括と今後の課題とその解決法について検討している。

以上のように本論文は、乳がん集団検診に適したマイクロ波マンモグラフィの逆散乱解析手法にもとづく像再構成法を提案し、マイクロ波による初期乳がん検出の可能性に関する基礎的検討を行っている。マイクロ波を乳房に照射し、その散乱波データを用いて乳房内の電気的特性（誘電率、導電率）の空間分布を映像化して乳房内の各組織を特定することにより、腫瘍の検出が可能となることを示している。これらの成果は、医用画像に関して医用生体工学に多大の寄与をするものと評価できる。

学位審査委員会は、医用生体工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学の進歩発展に貢献するところが大であり、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。