（様式第３号）

論　文　要　旨

論　文　題　目

ヒューリスティック手法による半影像のブラインド再生に関する研究
(Studies on Blind Reconstruction of Penumbral Images Based on Heuristic Methods)

現在地球上の人口は爆発的に増加しているが，世界中で消費されるエネルギーはそれをも遥かに凌ぐ勢いで増加している．このままでは将来はエネルギー枯渇の問題に直面する．現在我々が抱えているエネルギー問題を解決できると期待されている発電方式に核融合発電がある．これは原子同士をぶつけて核融合反応を発生させてその際に放射されるエネルギーを発電に用いる．核融合発電方式には磁場閉じ込め方式と慣性核融合（レーザー核融合）方式の２つがあるが，特にレーザー核融合ではターゲットに強いレーザー光を照射して１００億分の１秒という瞬時で核融合反応を起こす．

核融合反応領域を観測し，反応のメカニズムを解明するために，核融合反応時に照射されるＸ線や中性子などの画像計測は非常に重要である．

中性子や硬Ｘ線などはエネルギーが高く，透過性が強いため，従来の計測手法では計測できない．１９８４年にNugentが透過性の強い放射線画像計測用半影法を提案した．米国のＬＬＮＬをはじめ，フランスや日本などの先進国において，半影法による中性子などの画像計測の競争が始まった．これまでの実験では半影法の有効性が実証されたが，実用レベル（１０μｍ以下）までに至っていない．その理由は以下の３つが考えられる．

１．半影法の場合，計測データからの再生が必要なため，ノイズに対して敏感である
２．正確なアパーチャ関数が必要であるため，アパーチャ関数が分からないときなど，再生精度は著しく劣化する
３．中性子画像計測の場合，アパーチャの形状は厳しく制限され，計測上の自由度がない上，製作コストもかかる

本研究では上記の３つの問題点を克服するためにヒューリスティック手法によるブラインド再生法を提案した．本提案法では半影像再生問題を一種の最適化問題とみなし，再生像の半影像と実際の半影像との平均２乗誤差が最小になるようにヒューリスティック手法で推定した．本手法では従来の手法と違って，順方向の計算のみを用いているので，逆計算によるノイズの増幅がない．また，拘束条件などを用いていることによって，半影像のみから再生像とアパーチャ関数を同時推定することができる．また，アパーチャの形状による制限も受けないという利点がある．さらに本研究では再生の計算時間の短縮をはかるためにピラミッドモデルと高速法を提案した．

本提案法の有効性はコンピュータシミュレーションおよび実験で得られたレーザー核融合実験にて検証された．再生精度は約２倍も向上した．

氏　名　　野　崎　真　也

（様式 5-2 号）

平成１５年２月４日

琉球大学大学院
理工学研究科長　殿

論文審査委員
主査　仲尾　善勝
副査　仲村　郁夫
副査　Mohammad Reza Ashrafi
副査　陳　　延偉

学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査および最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名　総合知能工学専攻　氏名　野崎　真也　　学生番号 [redacted]		
指導教官名	仲尾　善勝		
成績評価	学位論文 (合格) 不合格	最終試験 (合格) 不合格	
論文題目	ヒューリスティック手法による半影像のブラインド再生に関する研究		

論文要旨　（２０００文字以内）

現在地球上の人口は爆発的に増加しているが、世界中で消費されるエネルギーはそれをも遥かに凌ぐ勢いで増加している。このままでは将来はエネルギー枯渇の問題に直面する。

現在我々が抱えているエネルギー問題を解決できると期待されている発電方式に核融合発電がある。これは原子同士をぶつけて核融合反応を発生させてその際に放射されるエネルギーを発電に用いる。

核融合反応領域を観測して反応のメカニズムを解明するために、核融合反応時に放射されるＸ線や中性子などの画像計測は非常に重要である。

中性子や硬Ｘ線などはエネルギーが高くて透過性が強いため、従来の計測手法では計測できない。１９８４年に Nugent が透過性の強い放射線画像計測用半影法を提案した。米国のＬＬＮＬをはじめ，フランスや日本などの先進国において，半影法による中性子などの画像計測の競争が始まった。

これまでの実験では半影法の有効性が実証されたが、実用レベル（解像度１０μｍ 以下）までに至っていない。その理由は以下の３つが考えられる。

1．　半影法の場合、計測データからの再生が必要なため、ノイズに対して敏感である。
2．　正確なアパーチャ関数が必要であるため、アパーチャ関数が分からないときなど，再生精度は著しく劣化する。

3．　中性子画像計測の場合、アパーチャの形状は厳しく制限され，計測上の自由度がない上、製作コストもかかる。

特にノイズに対しては放射線計測で問題になっているのは Poisson ノイズである。Poisson ノイズはターゲットから放射される粒子のばらつきやＣＣＤカメラの特性よって生じる。これは信号が計測される値に依存してノイズの大きさが変化する Signal-dependent という性質を持ち、信号に関係なく一様にノイズが加えられるホワイトノイズの除去法を用いることができない。また、ハード面からの Poisson ノイズのＳＮ比改善も不可能である。

本研究では上記の３つの問題点を克服するためにヒューリスティック手法によるブラインド再生法を提案した。

本提案法では半影像再生問題を一種の最適化問題とみなし、再生像の半影像と実験で得られた半影像の平均２乗誤差が最小になるようにヒューリスティック手法で推定した。

本手法では従来の手法と違って、順方向の計算のみを用いているので、

1．　逆計算によるノイズの増幅がない。

2．　拘束条件などを用いていることによって，半影像のみから再生像とアパーチャ関数を同時推定することができる。

3．　アパーチャの形状による制限も受けない。

という利点がある。さらに再生の計算時間の短縮を行い、確実に最適解を得るためにピラミッドモデルと高速計算法を提案した。

本提案法の有効性は

1．１次元Ｘプラズマ密度分布の測定

2．アパーチャ関数を知らない２次元Ｘ線画像計測

3．極めて透過率の高い中性子画像計測

の３つのケースにおいて、コンピュータシミュレーションおよび実験で得られたレーザー核融合実験にて検証された。

ケース１では極めてＳＮ比の低い半影像から再生像を得ることで本手法は極めてノイズに強いことを示した。

ケース２ではアパーチャ関数を知らなくても半影像のみからアパーチャ関数と再生像を得ることでブラインド再生が可能であることを示した。

ケース３では中性子画像計測においてアパーチャ関数が非線形になり従来の線形計算を用いた再生法では不可能であった半影像の再生に成功し、アパーチャの制限を受けずに再生が可能であることを示した。

また、中性子計測においてもこれまでの半影像の再生において従来の欠点から得られる空間分解能は 45 μm であったが、本提案法は極めてノイズに強いことから約 9 μm の高空間解像度が理論的に得られることを示した。この解像度は実用レベルに十分である。

このように本提案法は半影法が抱える問題を一気にクリアし、実用化にむけて大きく前進した。したがって本論文は、博士（工学）の学位論文に値するものと認める。また、上記の者は専門分野および関連分野の十分な知識を有していることが判明したので、最終試験も合格とする。