



Title	CONTROL OF LIGHT PROPAGATION IN LINEAR AND NON-LINEAR MEDIA
Author(s)	Bontoux, Thierry
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41451">https://hdl.handle.net/11094/41451</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	BONTOUX, Thierry ボントウ, シエリー
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 14227 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 10 年 12 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 電気工学専攻
学 位 論 文 名	CONTROL OF LIGHT PROPAGATION IN LINEAR AND NON-LINEAR MEDIA (線形および非線形媒質中における光伝搬の制御)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 山中 龍彦 (副査) 教 授 辻 肇一郎 教 授 熊谷 貞俊 教 授 中塚 正大 教 授 松浦 虔士 教 授 佐々木孝友 教 授 平尾 孝 教 授 西原 功修

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は線形および非線形媒質中のレーザー光の伝搬の制御に関する研究の成果について纏めたもので 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、高強度レーザー光の伝搬における問題点を明らかにし、光伝搬研究の歴史的問題の本質と今後検討されるべき研究課題を明確にし、本研究の見通しを述べるとともにその価値を位置づけている。

第 2 章では、核融合研究用ガラスレーザー激光Ⅲ号のビームパターン改善法について述べている。高次の空間周波数の回折効果を抑制するために、新しいアポタイザーとして鋸歯状開口を提案し、円形および同心円形のビームを対象に、設計手法と最適化パターンを示している。さらに、実験において同アポタイザーの有効性を示している。

第 3 章では、以下の章で詳細に扱う差分方程式を基礎とした非線形光学相互作用の解析手法における問題点を、数値計算法の歴史的な展開をも考察し、明確化している。通常用いられる 2 次元計算法では安定な光学計算法の 3 次元計算への展開を試み、3 次元計算では計算が不安定になることを示し、それを解決する数学的手法の根拠を提案している。フォンノイマンの安定性解析およびクランク・ニコルソンの完全陰解法などが適応可能であることを示し、3 次元光学伝搬計算の基礎を提示している。

第 4 章では、光の分散が関与するピコ秒以下の超短パルスの取り扱いを除いて、近似のない 3 次元光伝搬の数値解析法を開発している。特に顕著な数理解析上の安定化を図り、計算メッシュの任意刻み法を与え、開発したアルゴリズムはパソコンレベルでも高速に計算結果を与えることを示している。本アルゴリズムによる計算例を各種示し、光波長レベルの解析にもかかわらず、波長の 1 万倍近い大きなメッシュでも安定解が得られることを示している。この手法により、3 次元光伝搬の数値計算速度は従来の数 100 倍に向上することを示している。

第 5 章では、集光焦点近傍でのレーザーパターンの計算手法を取り扱っている。計算量が多いフラウンホーファー計算を容易にするために、修正された高速フーリエ変換を用いたレーザー集光部近傍のパターンの計算法を示し、遠視野は勿論のこと、遠視野近傍での回折効果を完全に含んだレーザー集光パターンの計算を可能としている。この結果、レーザー光の発生から照射ターゲットまでの一貫した光伝搬の計算表式が可能となり、具体的な計算例をも示し

ている。

第6章は結論であり、得られた結果をまとめて、本論文の総括としている。

## 論文審査の結果の要旨

レーザー核融合用ドライバーを始めとする高強度レーザーの開発においては光学素子と高強度光の相互作用の解析は極めて重要である。とりわけ非線形相互作用の研究はビーム品質の確保、システムの光学的性能の向上に深く関わっている。このため、線形および非線形な光伝搬の制御を含むシステム設計のためのレーザー空間パターンの制御法、非線形光学相互作用の解析のための経済的で安定な3次元計算手法の開発が待望されている。本論文は、高強度レーザー設計に必要な空間パターンの制御法ならびにビーム伝搬計算用の3次元計算コードの開発研究の結果について纏めたもので、得られた主な成果は以下のように要約できる。

- 1) 高出力レーザービームの伝搬における回折効果を抑制するため、鋸歯状開口の使用を提案し、その形状の最適化を図っている。鋸歯形状として直線形状、指數関数形状、正弦波形状に対して解析し、回折効果の抑制効果と製作上の経済的観点から正弦波形状が優れていることを明らかにしている。
- 2) カセグレン型の高強度光増幅器のドーナツ状ビーム整形に使用可能な鋸歯状開口を製作し、反射鏡周辺部での不要な回折を除去し、回折フリンジ無しのビームパターンを実現することに成功している。結果としてビーム開口率はハード開口の56%に比べて鋸歯状開口では76%と約40%改善されることを示している。
- 3) 大型レーザーシステムのビーム伝搬の詳細な解析には光学的に厚い材料中の非線形光学計算が重要であることを指摘すると共に、3次元計算法の数値解析上の安定性について議論し、完全陰解法でクランク・ニッコルソンの方法を光伝搬微分方程式に適用し、数値発散の無い高速演算コードを作成している。
- 4) ピコ秒領域での群分散効果がある場合を除き、光増幅と屈折率の非線形光学効果を含んだ伝搬に対する解法を与え、殆どのレーザーシステムに用いられる光学素子を含んだ計算プログラムを構築し、非常に刻みの大きな計算を可能にすると共に、パソコンでの高速演算を可能にしている。さらに、90ミクロン幅で $1\text{ GW}/\text{cm}^2$  強度のビーム伝搬、 $40 \times 20 \mu\text{m}^2$  の楕円形ガウスビーム伝搬、 $50 \times 2 \text{ cm}^2$  のスラブ型ビームの高強度光伝搬などに対して自由空間及び光学材料中での非線形効果の出現を再現している。
- 5) レーザー光の集光状況を焦点位置（遠視野）のみでなく、その近傍（準遠視野）でのパターンを3次元的に与えるアリゴリズムを提案し、レーザー発生から集光照射まで一貫して計算可能なコードとしている。

以上のように本論文は、高出力レーザーシステムにおける高強度光の伝搬制御の設計法として価値の高い研究成果を与えており、レーザー核融合研究をはじめ、産業応用分野での高出力レーザーシステムの研究の発展に貢献するものであり、レーザー工学、電気工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。