



Title	ガラスレーザーにおけるハイパワービーム伝播・制御に関する研究
Author(s)	佐伯, 拓
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42117
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	佐伯拓
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15442号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	ガラスレーザーにおけるハイパワービーム伝播・制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中井 貞雄
	(副査) 教授 中塚 正大 教授 西川 雅弘 教授 堀池 寛 教授 飯田 敏行 教授 権田 俊一 教授 三間 囃興 教授 西原 功修 助教授 阪部 周二

論文内容の要旨

本論文は、レーザー核融合用ハイパワーレーザーの高性能化に関連して、狭帯域および広帯域光の線形・非線形媒質中の伝播・増幅に関する研究の成果をまとめたもので、6章より構成されている。

第1章では、レーザーを用いた慣性閉じ込め核融合の原理及び、高出力ガラスレーザーシステムの開発課題を述べ、レーザー核融合研究における本論文の目的を明らかにし、その意義を述べている。

第2章では、高ピークパワーガラスレーザーシステムのブースター増幅器に設置されるカセグレン型マルチパス増幅システムにおけるコヒーレント光の増幅・伝播の解析結果を示している。システムにおける空間ビームパターンの完全像転送法を考案し、高品質のビームパターンの転送可能性とシステム動作条件を解析している。

第3章では、カセグレン型3パス増幅システムを例にとり、レーザー媒質から発生しコントロールされずに増幅される蛍光増幅光の3次元伝播解析コードを開発し、シミュレーションによるシステムの最適化を図っている。さらに、軸はずしカセグレン光学系を新たに提案し、蛍光による利得低下を低レベルに維持しつつ、高利得動作が可能であることを示している。

第4章では、部分コヒーレント光の伝播増幅の解析手法、解析と実験結果との比較について述べているが、部分コヒーレント光はコヒーレント光に比べて、ターゲット上での照射均一性に優れているが、伝播中に時間、空間領域で強いスペックル構造を持つため、高出力動作時には、局所的自己収束を生ずることを明らかにしている。局所的自己収束の発生と部分コヒーレント光の帯域幅やビーム発散角などのパラメータとの関係を明らかにし、システムの動作限界の指針を与えている。

第5章では、ピコ秒以下の広帯域超短パルス光の伝播解析コードを開発している。非線形光学媒質中の光伝播の解析結果について述べ、自己収束、自己位相変調等によるパルス分裂などの非線形効果について詳細な検討を行っている。

第6章では本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

核融合研究の進展に伴い、パワーレーザーシステムで取り扱うべきレーザー光の性質が進化してきた。ターゲットの照射均一性の向上のために部分コヒーレント光や広帯域幅の変調光などが利用され、また超短パルス光は高速点火の研究に不可欠となっている。一方、大型増幅器のエネルギー効率向上のためには多重パスのディスク増幅器が建設されつつある。本論文は、このような背景のもとで、レーザー核融合用ガラスレーザーシステムにおける光パルスの伝播・増幅に関する研究を行った結果を述べている。得られた主な成果を要約すると以下のようなものである。

- 1) 高ピークパワーガラスレーザーシステムの最終増幅器として、マルチパス増幅システムであるカセグレン型3パス光学系の必要性と優位性を明らかにしている。カセグレン型3パス光学系において空間フィルターの併用設計で、空間ビームパターンの完全な像転送法を考案し、高品質のビームパターンが転送可能であることを示している。ピンホールサイズは回折拡がりの20倍が最適で、回折リップルが小さく、フィリングファクターを55%程度に保ちながら高強度ビームを伝播できることを示している。
- 2) 直径35cmのディスク増幅器4台を用いた場合の出力の最適化を行い、出力エネルギーは5kJ以上、エネルギー抽出効率は50%程度が可能であることを示している。
- 3) カセグレン型3パス増幅を例にとり、レーザー媒質から発生し、自発増幅される蛍光増幅光の伝播解析コードを開発し、システム動作条件の最適化を図っている。増幅蛍光による動作制限域を明確にし、出力エネルギーとレーザーシステムの利得上限値を定量的に評価している。
- 4) 小信号利得16の増幅器系について、増幅蛍光のパルス時間幅は200 μ s、ピンホールでの増幅蛍光集光径は2mm程度、さらに増幅蛍光出力空間強度分布を考慮すると、ピンホールでのプラズマ発生エネルギーしきい値はOn-axis配置では約1Jとなることを示している。蛍光増幅を制限しない場合ピンホールのプラズマ発生によりレーザー利得は9程度に制限され、最大利得では運転できないことを予測している。核融合用レーザーとしてOn-axis配置を使用するには、ポッケルスセルや音響光学素子等の光シャッターを導入し、共振器内部での増幅蛍光の往復回数を減らすことが必要となることを示している。
- 5) 新たに提案した軸はずしカセグレン光学系では、増幅蛍光を低レベルに維持した上で、1パスレーザー利得16以上の高利得動作が可能であることを示している。軸はずし光学系を用いた場合、光シャッターを必要とせずシステムが低コストとなることを提案している。
- 6) GEKKO XII号ガラスレーザーシステムでの部分コヒーレント光の伝播・増幅が計算され、実験と比較されている。計算と実験の両方から、時空間にわたる強度スペckルは伝播・増幅により増強されることを確認し、ガラスのダメージ実験では、部分コヒーレント光のコヒーレント時間7psの時、部分コヒーレント光による幅10 μ m、長さ1.5–2.5mmのダメージトラックの発生を確認している。この条件でのシミュレーションによって、レーザーガラス内部で部分コヒーレント光が局所的に自己収束を起こし、瞬時ピーク強度がガラスの10psパルスに対するダメージしきい値400GW/cm²を越えダメージの生ずることを明らかにしている。
- 7) GEKKO XIIガラスレーザーシステムでの部分コヒーレント光出力は、安全を考慮して500J程度までに抑えられるのが妥当であることを示している。将来的には、部分コヒーレント光はレーザー核融合の爆縮で用いられる予定であるテラードパルスの主パルスとしては使用しないことを推奨している。
- 8) ピコ秒以下のパルス幅を持つ広帯域超短パルス光にたいして群速度分散を考慮した伝播解析コードの開発を行い、希ガスであるXeガス媒質中の光伝播の解析結果について述べている。自己収束、自己位相変調等の非線形効果について検討を行い、Xeガスは18.5cm伝播後、サブピコ秒パルスが分裂し、それぞれが10fs以下のパルスに分裂する現象を予測している。

以上のように本論文は、パワーレーザーシステムにおける部分コヒーレント光や超短パルス光、増幅蛍光など、きわめて広いコヒーレンス範囲の光の伝播を記述できる方式を初めて確立した。核融合研究用を含め、高出力レーザーの開発に有用な知見を与え、この分野の進歩に大きく貢献するものであり、これらの成果はレーザー工学、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。