The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	レーザープラズマからのマイクロ波を利用した地中探査レーダーの開発に関する研究
Author(s)	中島, 弘朋
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49565
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【70】

氏　　名	中　島　弘　朋（なかじま ひろとも）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２２９６１　号
学位授与年月日	平成21年３月24日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学　位　論　文　名	**レーザープラズマからのマイクロ波を利用した地中探査レーダーの開発に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　田中　和夫 （副査） 教　授　飯田　敏行　　教　授　上田　良夫　　教　授　兒玉　了祐 教　授　三間　圀興　　教　授　實野　孝久

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は，以下の6章で構成される．

第1章は序論であり，地中探査レーダーの原理や性能について説明した．また離隔型地中探査レーダーの研究について紹介し，それらが抱える問題点について述べた．また，レーザープラズマが通信コンポーネントとして利用できる可能性や，これまでに行われている他の研究グループの取り組みについて紹介した．最後に，レーザープラズマが放射する電磁波を利用した離隔型地中探査レーダーの新手法を提案した．

第2章では，提案手法でマイクロ波波源として利用するレーザープラズマの諸特徴について実験により調べた．プラズマの発光分光計測から，最大電子密度，平均電子温度の推定を行っている．

第3章では，レーザープラズマを線状し，放射されるマイクロ波の諸特性を実験により調べた．その結果，レーザープラズマを線状にすることにより，ダイポールアンテナのような機構で放射が起こっていることが明らかになった．また，線状レーザープラズマからの放射マイクロ波が，レーザープラズマ近傍の導体によって放射周波数特性が変わる性質を利用して，スチロール板で遮蔽したアルミ円盤を探知できることを示した．

第4章では，更にレーザープラズマからのマイクロ波の放射効率を改善するために，1次元電磁流体シミュレーションを用いて，放射機構の考察を行った．その結果，レーザープラズマからの放射強度を向上するには，(1)プラズマの非対称性を大きくする，(2)望む周波数帯域を含むような，レーザーパルス波形を用いる，といったことが示唆された．

第5章では，第4章の結果を実験により確かめた．2種類のパルス幅のレーザーを用いて，放射マイクロ波を計測したところ，レーザーパルス幅が短くなると，周波数スペクトルが高周波数になる傾向が得られ，第4章の結果と良い整合が見られた．レーザーのターゲットに対する入射角を変えることで，プラズマの非対称性を大きくした場合，放射マイクロ波の強度が増加するのを確認した．また，そのようなマイクロ波を利用して提案手法による離隔型地中探査レーダーシステムを構築し，砂中に埋めたアルミ円盤，コーナーリフレクタを探知する模擬実験を行った．その結果，アンテナから1.5 m離れた位置で，方位分解能4 cm，深さ分解能7 cmで探知が行えることを確認した．またレーダー反射断面積が0.9 m^2程度の物体なら，0.35 m程度の深さまで探知が行えることが確認できた．

第6章は総括であり，本論文の総括を行った．

論文審査の結果の要旨

本論文は，レーザープラズマから放射されるマイクロ波を利用した離隔型地中探査レーダーを開発するために，電磁流体シミュレーションと実験により，レーザープラズマからのマイクロ波の放射機構について明らかにし，実際に離隔型地中探査レーダーシステムを製作して，その実証を行ったものである．本研究で得られた結果をまとめると以下のようになる．

（1）実験により線状レーザープラズマからの放射マイクロ波の特性（周波数，放射パターン，距離減衰）を調べ，その放射特性がダイポールアンテナからの放射に似ていること，更に，レーザープラズマからのマイクロ波放射は，線状レーザープラズマでの共振利得を得ることで，放射強度を強くできることを明らかにした．

（2）電磁流体シミュレーターを作成し，レーザープラズマからのマイクロ波の放射機構について考察を行った．その結果，マイクロ波の放射強度を強めるためには，①プラズマの電子密度，温度の非対称性を大きくすること，②印加するレーザーパルスのパルス幅を適切に調整することが有効であること（例えば，数 GHz の周波数帯でマイクロ波を放射するのには，サブナノ秒のレーザーパルスが有利である）を明らかにした．

（3）2種類のパルス幅のサブナノ秒レーザーを用いて，先のシミュレーション結果が明らかにした内容を，実験により確認を行った．その結果，シミュレーションが示唆したように，プラズマの非対称性と，適切なレーザーのパルス幅がマイクロ波の放射強度を増強させることを明らかにした．

（4）実際に離隔型地中探査レーダーシステムを製作し，1.5 m 離れた砂の中に浅く（深度 1 cm）埋められたアルミ円盤（直径 15 cm）を探知することで，提案手法の方位分解能（約 4 cm）と深さ分解能（約 7 cm）を明らかにした．従来手法で同等の性能を実現するには，開口長が約 7 m の大開口長アンテナが必要であり，提案手法の従来手法に対する優位性を明らかにした．また，コーナーリフレクタ（一辺 8 cm）を埋めた場合，その探知可能深度が 0.35 m になることを明らかにした．

以上のように，本論文ではレーザープラズマから放射されるマイクロ波を利用した，大開口長アンテナを必要としない，コンパクトな離隔型地中探査レーダーを提案し，それを実現するために，電磁流体シミュレーションと実験の結果から，適切なレーザーパルス幅，プラズマの生成方法を示している．よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。