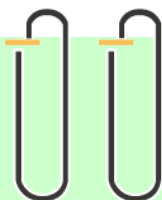


さくっと

テーマ

パルスレーザー
ロケット



「さくっと」とは？

興味のある分野について、さくさくと勉強が進むように作成された調べ方ガイド(パスファインダー)です。みなさんの学習支援を行う図書館学生サポーターが作成しました。

ぜひ学習の際に参考にしてください。

図書館学生サポーター 鶴本

1. はじめに

➤近年の宇宙開発について

人々の宇宙利用に対する関心は年々高まっており、現在宇宙の利用方法について、月面基地や火星移住、宇宙太陽光発電等の大規模な構想が立てられています。これらの構想の実現には地上からの大量の物資の輸送を必要としますが、既存のロケットでは1kgの荷物を宇宙に届けるのに100万円以上の費用を必要とすることから、実現のためには劇的な宇宙輸送コストの削減が重要な課題となっています。

➤既存のロケットの打ち上げ費用が高額な理由

既存のロケットには化学推進が用いられています。化学推進では、搭載した推進剤の燃焼によって推進力を獲得しますが、そのためには莫大な量の推進剤を必要とします。そのため、積荷の質量に対して巨大な打ち上げロケットを必要とします。また、化学推進で用いるロケットエンジンやターボポンプは複雑な構造をしているため、製造には多くのコストがかかります。以上の理由等から、既存のロケットの輸送費用は高額となっています。

以上を踏まえて、本稿では現在の宇宙輸送コスト問題を解決する可能性を秘めたパルスレーザーロケットについての解説を行います。

・ キーワード

レーザー、ロケット、パルス(Repeatedly pulsed : RP)レーザー推進、プラズマ、宇宙、パルスデトネーションエンジン、レーザー支持デトネーション

2. パルスレーザーロケット とは

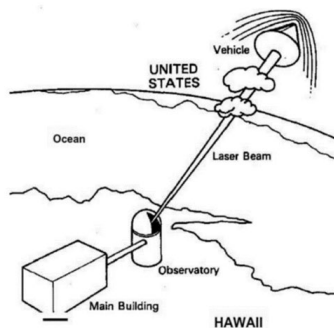


図1 ビーミング推進の概念図[1]

パルスレーザーロケットはビーミング推進の一種です。図1にビーミング推進の概念図を示します。ビーミング推進では、推進器は地上に設置されたビーム発振基地により照射されたレーザーのエネルギーを推力に変換することで上昇します。パルスレーザーロケットの場合、使用するビームにはパルスレーザを用い、推進には大気を推進剤としたパルスデトネーション(PDE)サイクルを使用します。そのため、パルスレーザーロケットには以下のような利点が挙げられます。

1. 大気を利用して推力を得るため、推進剤をほとんど搭載する必要がなく、多くの荷物を搭載できる。
2. パルスデトネーションエンジン(PDE)サイクルを採用しているため、化学ロケットのようなターボポンプを必要とせず、簡素な機体構造であり、機体本体の製造コストが低い。
3. ビーミング推進において最もコストがかかるのはビーム発振基地の建設コストであるが、繰り返しの打ち上げにより基地建設コストが償却可能である。

以上の利点から、化学推進のロケットに比べて輸送コストを抑えることが可能です。

3. パルスレーザーロケットの飛翔原理

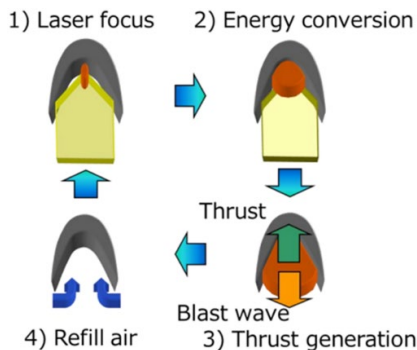


図2 推力生成サイクル(東京大学小紫研究室)

図2にパルスレーザーロケットの推力生成サイクルを示します。パルスレーザーロケットは以下のサイクルを繰り返すことで飛翔します。

1. 地上に設置されたビーム発信源から推進器にレーザーが照射され、推進器に搭載された集光器によってレーザー集光される。焦点でレーザー強度が気体の絶縁破壊値を超えることでプラズマが生成される。
2. プラズマ化した気体がレーザーのエネルギーを吸収し推進器内の気体が高温高圧となる。
3. 高温高圧となった気体は爆風波を伴って広がり、推進器を押した気体は反力を受けて推進器外部へと進展していき、推進器には推力が生まれる。
4. 推進器内の気体が外部へと進展したことにより推進器内は負圧となり、周囲の大気を吸気初期状態に戻る。

4. パルスレーザーロケットの現在の最高到達高度

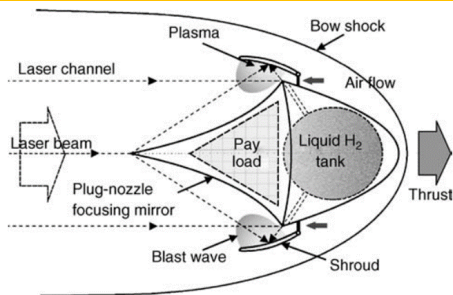


図3 Lightcraftの概念図(左)[2] Lightcraftの飛翔画像(右)

パルスレーザーロケットの最高到達高度は2000年にMyraboが達成した71mです。上図にMyraboが設計したLightcraftと呼ばれる機体を示します。この打ち上げ実験では重さ58gの機体を、10kW級の炭酸ガスレーザーを用いて打ち上げました。また、姿勢安定化のため、機体にはスピン回転がかけられました。その時の飛翔動画はYoutubeで「Laser Pumped Flying Saucer Spacecraft」と検索すると見られるのでぜひ見てみてください。

5. パルスレーザーロケット実現のための課題

推進器側の課題

- ### ① 姿勢制御

パルスレーザーロケットはレーザーが照射されないと推力を獲得できないため、レーザー光路から外れないような姿勢制御が必要です。

- ## ② 低圧下での飛行

パルスレーザークロケットは周囲の気体を吸気して飛翔します。しかし、高度が上昇するにつれて気圧が下がると、吸気性能が低下し推力低下につながります。その対策として周囲の気体をラム圧縮して取り込むことが考えられており、その実証実験を行う必要があります。

- ### ③ 推力の向上

現在達成されている推力ではまだ宇宙へ打ち上げることは不可能です。推力を向上させるには推進器側の推力性能を向上させるか、もしくはレーザーパワーを増大する必要があります

- #### ④ 耐熱設計

パルスレーザーロケットが推力を生成する際に生じるプラズマは非常に高温で、約2万~3万Kほどになると予想されています。そのため、その熱に耐えられるような設計が必要となります。

レーザー発振基地側の課題

- ① 打上の際に必要な電力を貯蔵しておく設備の建設

- ## ② レーザーパワーの増大

- ### ③ レーザーを合成する技術

6. もっと知りたい方へ

さらに情報が欲しい方はGoogle scholar等を使用して論文を検索することをお勧めします。「レーザー推進」や「Lightcraft」と入力すると多くの論文がヒットすると思います。また、パルスレーザーロケット以外にもビームを用いた推進方式の宇宙機はたくさんあるので興味がある方は調べてみてください。(CWレーザー推進、マイクロ波ロケット、レーザーアブレーション推進等)

また、この記事の筆者(鶴本)は北川研究室でパルスレーザーロケットの研究をしており、図書館サポーターとして図書館1階で活動しているため、研究について聞きたい方は気軽に質問に来てください！

