

## 自己評価報告書

平成23年 4月13日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20340128

研究課題名(和文) 秒速10km超での固体衝突実験と惑星大気形成過程への応用

研究課題名(英文) Impact experiments at higher velocities than 10 km/s and application to the planetary atmosphere formation process

研究代表者

門野 敏彦 (KADONO TOSHIHIKO)

大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター・准教授

研究者番号：60359198

研究分野：惑星科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：隕石衝突, 秒速10km超, 高出力レーザー, 弾丸加速

## 1. 研究計画の概要

原始惑星表面においては、岩石も蒸発されると言われている高速度(秒速10km超)での隕石衝突が起こっていたが、既存の飛翔体加速装置ではこのような速度に弾丸を加速することは難しかった。つまり、これまで原始惑星における衝突・蒸発過程を室内実験により研究することは出来ない状況にあった。このような状況のもとで、本研究では大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの激光XII号レーザーを用いて効率よく球状飛翔体を秒速10km以上に加速する技術を開発して室内で衝突実験を行い、原始地球などで衝突が大気形成にどのような役割を果たしたのかを理解することを目的としている。具体的目標としては、

(1) 高出力レーザーを使って弾丸飛翔体を秒速10～30kmへ加速する技術の確立

(2) 秒速10kmを越える超高速度衝突による岩石の衝突実験：クレーターのサイズ、発生蒸気・溶融物の質量、蒸気の膨張速度、温度、途中・最終生成物の化学組成。

(3) 衝撃波の減衰を測定：蒸気、液体の質量、破壊される領域の大きさの算出。

(4) 実験結果を惑星大気形成過程に適用。

## 2. 研究の進捗状況

## (1) 飛翔体加速

## ①弾丸飛翔体加速

これまでに0.1mmから0.4mmまでのアルミニウム、ガラス、金、ダイヤモンド粒子を加速した。X線によるバックライトおよび自発光により飛翔体がレーザーにより加速されている様子を観測し速度を求めた。速度10・60km/sに加速することに成功している。

## ②平板飛翔体加速

衝撃波の減衰率を精度よく測定するためには、1次元的な衝撃波が望ましい。そのため、平板の加速技術を開発している。現在、衝突インピーダンスの高いタンタルシート(厚さ数十 $\mu\text{m}$ )の加速を行っており、速度10km/sも実現されている。

## ③直接照射による高圧の発生

飛翔体を使わず高圧力を試料内に発生する方法として、試料にドライバとなる物質を貼り付け、そこにレーザーを直接照射する方式がある。この方法は計測タイミングなどが有利である半面、レーザー照射によって発生する高速電子やX線による試料の事前加熱が問題となるため、適切なドライバの材質や厚さ

を選ばなくてはならない。現在、様々な試料とドライバの組み合わせを試している。

#### (2) 岩石物質を使った衝突実験

ほぼ完成している弾丸加速技術を用いてクレーター形成、岩石の蒸発と膨張過程における圧力・温度状態の計測、破片の回収とサイズ分布計測、衝撃を受けた鉱物と有機物の回収・分析を行っている。

#### (3) 衝撃波減衰計測

これまでに構築した Line-VISAR (ドップラー効果を利用した速度測定光学系) を使って衝撃波減衰率の計測に取りかかっている。初期発生圧力と試料厚さを変えて試料の裏面での衝撃波到達時刻および裏面の飛び出し速度を Line-VISAR 光学系により計測する。圧力の発生には平板飛翔体の衝突またはレーザー直接照射法を用いる予定である。

### 3. 現在までの達成度

#### ② おおむね順調に進んでいる

当初、時間がかかると思っていた弾丸飛翔体の加速技術の開発と Line-VISAR 光学系の構築は既にほぼ完了しており、既にクレーター形成実験など惑星科学への応用を見据えた実験が始まっている。多くの興味ある結果も出ていて、論文として出版されている(投稿中のものもいくつかある)。

#### 4. 今後の研究の推進方策

弾丸および平板の加速技術、直接照射による高圧の発生技術を駆使して超高速( $> 10$  km/s)での隕石衝突模擬実験を続行し、衝撃波減衰率など多くの有用なデータを取得する。得られたデータを基にして、衝突による蒸発、熔融、破壊、変成などがどのような機構で起こっているのかを解明し、惑星や衛星の大气・海洋・生命の起源と進化について定量的な議論を行う。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① K. Kurosawa, S. Sugita, T. Kadono, 他15名, In-situ Spectroscopic Observation of Silicate Vaporization due to  $> 10$  km/s Impacts Using Laser Driven Projectiles. *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L23203, doi: 10.1029/2010GL045330 (2010) 査読有
- ② T. Kadono, 他20名, Impact Experiments with a New Technique for Acceleration of Projectiles to Velocities Higher Than Earth's Escape Velocity 11.2 km/s. *J. Geophys. Res.*, **115**, E04003, doi: 10.1029/2009JE003385 (2010) 査読有
- ③ T. Kadono, 他19名, Impact Experiments with Projectiles at Velocities Higher than 10 km/s. In *the Proc 16th APS Topical Conference on Shock Compression of Condensed Matter*, pp. 875-877, AIP Conference Proceedings 1195 (2009) 査読有
- ④ 門野敏彦, 他21名, 2009. 高出力レーザーを使った弾丸飛翔体加速および衝突実験: 秒速10 kmを越える衝突. 遊星人(日本惑星科学会誌) 18巻1号, 4-9 査読有

[学会発表] (計21件)

- ① T. Kadono 他9名, Flyer acceleration using high-power laser and impact experiments at velocities 10-60 km/s, European Planetary Science Conference 2010, 23 Sep. 2010, Roma, Italy
- ② T. Kadono 他12名, Flyer Acceleration Using a High-Power Laser to Velocities Higher Than 10 km/s, Western Pacific Geophysical Meeting 2010 (招待講演) 22 June 2010, Taipei, Taiwan
- ③ T. Kadono 他20名, 秒速10 kmを越える速度での衝突実験: 金属ターゲット上のクレーターと放出破片, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月18日, 幕張メッセ国際会議場
- ④ 門野 他17名, 高出力レーザーによる弾丸飛翔体加速: 秒速10 km以上での衝突によるLiFの蒸発, 日本惑星科学会2008年秋季講演会, 2008年11月1日, 九州大学箱崎キャンパス
- ⑤ T. Kadono 他14名, Projectile acceleration to a velocity over the Earth's escape velocity and application in planetary science, HEDLA-08 (The 7th International Conference on High Energy Density Laboratory Astrophysics) April 11-15 2008, St. Louis, MO, USA