## アーク加熱風洞を用いた人工流星体の分裂過程の計測

## Fragmentation process of artificial meteoroids using arc-jet wind tunnel

○荒木健吾<sup>1</sup>, 沼田宗一郎<sup>1</sup>, 岩崎太陽<sup>1</sup>, 小山晋<sup>2</sup>, 亀川将司<sup>1</sup>, 阿部新助<sup>3</sup> \*Kengo Araki<sup>1</sup>, Soichiro Numata<sup>1</sup>, Taiyo Iwasaki<sup>1</sup>, Shin Koyama<sup>2</sup>, Shinsuke Abe<sup>3</sup>

Abstract: Study of the fragmentation process of meteoroids that entry Earth's atmosphere at a very high speed has not been much done. Because, until now is the mainstream observation by 1/30 seconds of the video frame, we have been received a significant limitations in time resolution and spatial resolution. The purpose of this study is to establish a theoretical model for meteor ablation with fragmentation. An artificial meteor test was carried out using JAXA/ISAS's arc heated wind tunnel with artificial meteoroids made by us. And, we were observing the state of fragmentation in the high speed camera and near ultraviolet and visible spectra.

1. 緒 言

流星の起源は、小惑星や彗星が起源だと考えられる 直径数ミリから数センチのメテオロイド(惑星間塵) が、秒速 12~72km で地球大気に突入する際に高度 100km 付近で地球大気との衝突が激しくなることによ り、空力加熱によって物質の昇華が始まり、その昇華 物質が大気との衝突励起によって、メテオロイドの構 成物質と大気中の原子・分子の双方がプラズマ発 光 する現象である<sup>[1]</sup>.また、流星の分光観測によって得 られるスペクトルからは、メテオロイドの組成が推定 できる.

今まで、地球大気に超高速で突入する流星体の分裂 過程(フラグメンテーション)についての研究は、あ まり報告されていない.それは、1/30秒のビデオフ レームによる観測が主流であり、時間分解能と空間分 解能に大きな制限を受けてきたためである.そこで、 本研究では、フラグメンテーションを伴う流星アブレ ーションについての理論モデルを確立する目的で、 JAXA/ISAS「惑星大気突入環境模擬装置(アーク加熱風 洞)」を用いて、組成・空隙率を変化させた人工流星 模擬体のアブレーション実験を行って、フラグメンテ ーションの様子を高速度カメラと紫外-可視分光器に よって計測を行った.

2. 実験装置及び実験方法

惑星大気突入環境模擬装置(アーク加熱風洞)は,

アーク放電によって作動ガスを高エンタルピ化し て、気流をノズルにより膨張加速することで、高速 で高温の気流を得ることのできる装置である.

Table 1. Operating condition of arc-heated wind tunnel

温度	10000 [K]
流速	4 – 6 [km]
主層流エンタルピ	16 [MJ/kg]

本実験では、JAXA/ISAS に設置されいるアーク加熱 風洞を用いて 2015 年 8 月 17 日~8 月 21 日と 8 月 24 日~8 月 28 日の合計 10 日間,人工流星模擬体と隕石 を用いて実験を行った.本実験では,直径 10[mm]の 円柱形状の供試体を使用した.

Table 2. List of test samples

供試体名	形状	空隙率
Fe+Mg+Al+C ①	φ10 円柱	29.2 [%]
Fe+Mg+Al+C ②	φ10円柱	17.7 [%]
隕石 ①	φ10 円柱	- [%]
隕石 ②	φ10 円柱	- [%]

供試体の支持のため,供試体に穴をあけ直径 2[mm] のタングステン棒を挿入してジルコニア接着剤スミ セラム S301 で固定した.そして,タングステン棒を 直径 10[mm]の SUS 棒にはめ合いで固定し,さらにそ の先に銅製のアタッチメントをイモネジで固定し

1:日大理工・院(前)・航宇 2:日大理工・学部・航宇 3::日大理工・教員・航宇

た.そのアッタチメントを熱から保護するためにベ ークライトで保護した.スペクトル観測用の分光に は、0cean Optics のHR4000 と QEProを用いた.分光 器から供試体までの距離は、レーザー距離計で測定し た結果、0.879[mm]であった.分光用の窓の波長域を 250~1100[nm]に広げるために、ガラス窓からフッ化 マグネシウム窓へ交換した.発光強度をキャリブレー ションするために、ファイバーの先にコサインコレク ターを装着し得られた分光スペクトルを絶対較正用 重水素タングステンハロゲンランプのデータをもち いて補正し、波長較正には水銀アルゴンランプを使用 した<sup>[2]</sup>.実験中のアーク加熱風洞内の様子を観察する ために高速度カメラ Phantom V を用いてビデオフレー ム 1/1000 秒の撮影をした.

## 3. 実験結果

Figure.1 は Table.2 に示した各種供試体の可視光 域での積分発光強度の時間変化を表している.



Figure 1. Light curve of Fe+Mg+Al+C and meteorite

Figure1より, Fe+Mg+A1+C は発光の立ち上がりの段 階で発光が終わっていることが分かる.また,隕石は 最大発光点までの立ち上がりに約2秒を要している ことが分かる.いずれの結果においても立ち上がりが 非常に早く,フラグメンテーションの影響ではないか と考えられる.

Figure.2 は Fe+Mg+A1+C①と隕石①の各波長での発
 行強度を表している.そして、各輝線において輝線成
 分の同定をして図に示した.



Figure 2. The spectrum of Fe+Mg+Al+C and meteorite

今後は,高速度カメラのデータを用いて発光断面積 の時間変化などの詳細解析を行い,ライトカーブやス ペクトルとの関係を考察し,フラグメンテーションを 伴う流星アブレーションについての理論モデルを確 立していく.

## 6. 参考文献

[1]長沢工,流星と流星群,株式会社地人書館,
pp231,1997
[2]荒木健吾 岩崎太陽,アーク加熱風洞を用いた人工
流星の分光観測,卒業論文,pp27,2015