

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 6 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2009 ~ 2011

課題番号：21560819

研究課題名 (和文) 超高速衝突時に発生するイジェクタの質量/速度計測法の確立と国際規格案への対応

研究課題名 (英文) Measurement Method of Mass and Velocity of Ejecta Generated due to Hypervelocity Impact and its Application to International Standard Draft

## 研究代表者

赤星 保浩 (AKAHOSHI YASUHIRO)

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60222519

研究成果の概要 (和文)：宇宙ごみの増加割合を低減させる目的で、2007年度にフランスより ISO に超高速衝突試験法 (新たな宇宙ごみが生じにくい材料を選定するための試験方法) に関する規格案(11227)提案された。しかしながら、日本ではこのような試験を想定しておらず十分な試験体制が取れていなかったが、本研究活動を通じてその試験体制を整えた。さらに日本側から数多く修正案を提案した。本規格案は現在 FDIS 段階まできており、今後、ISO 本部と最終確認作業を行うところまできている。

研究成果の概要 (英文)：An international standard draft on hypervelocity impact test due to ejecta was proposed as 11227 by France in 2007 in order to reduce space debris. Although a test environment had not been established in Japan, I has established the test facility based on the present study results. The current status of 11227 is FDIS stage, and it is under final publish procedure between ISO headquarter and a project leader(Dr.Mandeville).

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・航空宇宙工学

キーワード：宇宙ごみ、超高速衝突、二段式軽ガス銃、国際標準化機構(ISO)

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 地上からの観測が不可能な小さい宇宙ごみまで含めると、数千万個存在するであろうと言われており、微小宇宙ごみに対する何らかの対策が必要となってきた。

(2) 人工衛星やロケットの表面に比較的小さい宇宙ごみが衝突した際に発生するイジェ

クタ (衝突により表面から放出される破片) にヨーロッパを中心に関心が集まりつつある。

## 2. 研究の目的

(1) フランスから提案されたイジェクタに関する規格案 WD11227 の試験方法ならびに計測方法が妥当なものかどうかを検討し、日本

で行っている二次デブリ雲計測法をイジェクタ計測用に発展させ、日本国内における試験体制を整える。

(2) これらの実験結果を踏まえ、国際規格案である WD11227 に対して修正案を提案する。

### 3. 研究の方法

European Space Agency (ESA) の宇宙環境モデル(MASTER)によると、1mm 以下の宇宙ごみが急激に増加している。その増加要因は固体ロケットエンジンから放出されるアルミナ粒子、ならびに、超高速衝突時に宇宙機表面から放出されるイジェクタと言われている。前者は今後宇宙空間においてアルミ粉入の固体燃料をしなないようにすれば発生を防ぐことができるが、一方、後者についてはすでに軌道上にある人工物体に他の微小物体(宇宙ごみだけでなく宇宙塵も含む)が衝突することで発生し続けることになる。今後どの程度後者による微小宇宙ごみが発生し続けるかを推定するためには、イジェクタの発生メカニズムを学術的に把握するとともに、各宇宙機関とも協力して実際に使われている宇宙用材料から放出されるイジェクタ量を地上における再現実験により把握する必要がある。このような背景のもと、フランスより国際標準化機構に対してイジェクタ試験方法が国際規格案として提案された。本研究ではこの規格案をベースにした実験が日本国内で実施できるか否かを検討するとともに、日本にとって不利にならないように同規格案を修正することを目的としている。そこで、当初提案された規格案をもとに、図1に示すような実験系を構築し、二段式軽ガス銃を用いて秒速5kmに加速した直径1mmのアルミ球を図1のTarget(宇宙用材料または模擬材料)に超高速衝突させる実験を実施した。このとき発生する多数のイジェクタ(破片群)をWitness Plateの表面に衝突させ、クレータを形成させる。このクレータのサイズ分布等を計測する。また、実験前後のTargetの質量差を計測することで、イジェクタ質量を求める。

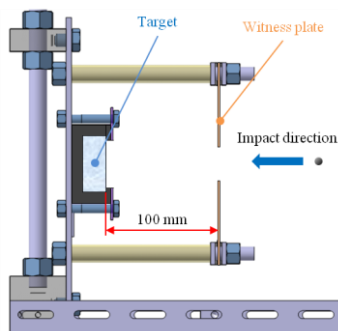


図1 イジェクタ試験の構成図

### 4. 研究成果

超高速衝突試験後に Witness Plate を図2のような表面観察装置に取り付け、表面に形成されたクレータのサイズとその位置を記録する。その結果、図3に示されるような数千個のクレータが計測され、これを ISO FDIS11227 に規程されている書式(Table1)に従って整理する。このような実験を数種類の宇宙用材料に対して実施し、その実験結果をもとに同規格案の修正案を ISO/TC20/SC14 に対して提案してきた。日本から提案した修正案の大部分は WD から FDIS に至る過程において採用されてきた。例えば、Witness Plate の材質(硬さ、表面粗さも含む)、Witness Plate と Target 間の距離、Witness Plate 上のクレータの計測方法、脆性 Target 材料に対する支持方法など、実際の実験に必要な情報を同規格案の Appendix として掲載させた。さらに本研究成果の一部は JAXA 衛星設計標準においても取り入れられている。

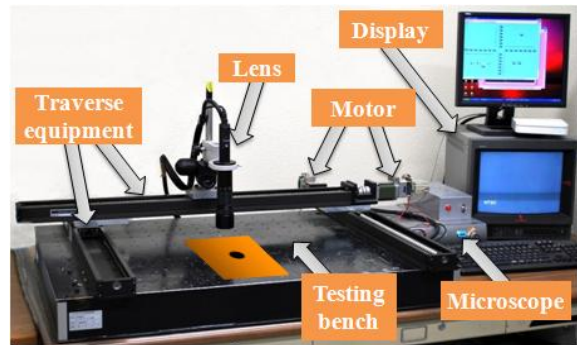


図2 Witness Plate 検査システム

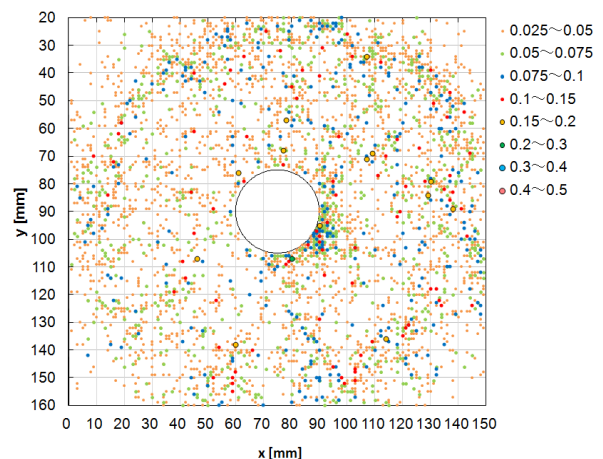


図3 Witness Plate 上のクレータ分布

今後は、ISO 本部と最終調整を行った上で、2012 年度中には IS 化に向けた最終投票を行う予定である。FDIS の投票の際には 2/3 以上の可票を得ているので、IS 化の投票も無事可

決されるものと見込まれる。IS 化された後、3年後に規格の見直し作業を実施しなければならないが、このときさらに日本から規格の修正案を提案する予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(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 3 件)

- ① Y. Otsuji, T. Narumi, H. Takakura, T. Koura, Y. Akahoshi, Y. Kitazawa, H. Matsumoto, Measurement of Size and Velocity Distribution of Ejecta due to Space Debris Impact, Proceedings of the 11th Hypervelocity Impact Symposium, 査読有, 2011, pp. 478-489
- ② Yasuhiro AKAHOSHI, Shie MATSUMOTO, Shingo MASUYAMA, Pauline FAURE, Haruhisa MATSUMOTO, and Yukihiro KITAZAWA, Verification on Hypervelocity Impact Tests of Ejecta and Data Analysis of Witness Plates After the Impact Tests, Proceedings of 62nd International Astronautical Congress 2011, 査読有, 2011, IAC-11-A6.3.02
- ③ Yasuhiro Akahoshi, Shie Matsumoto, Shingo Masuyama, Faure Pauline, Haruhisa Matsumoto, Yukihiro Kitazawa, Jean Mandeville, Introduction of International Standard Draft of Test Procedure on Ejecta due to Hypervelocity Impact, Proceedings of 28th International Symposium on Space Technology and Science, 査読有, 2011, 2011-r-23

[学会発表] (計 14 件)

- ① 赤星保浩、松本紫絵、増山信吾、中本裕史、超高速衝突時に発生するイジェクタの評価試験手順と国際標準化、平成 23 年度衝撃波シンポジウム、2012 年 3 月 8 日、東京大学 (千葉県)
- ② 赤星保浩、松本紫絵、増山信吾、中本裕史、Pauline Faure、金光優気、松本晴久、北澤幸人、国際標準化に向けた超高速衝突によるエジェクタ評価実験の研究 (第 3 報: 宇宙用材料評価試験結果の速報)、平成 23 年度スペースプラズマ研究会、2012 年 2 月 28 日、宇宙科学研究本部 (神奈川県)
- ③ 赤星保浩、九州工業大学の衝突実験設備の紹介、「日本における超高速衝突実験の現状と将来展望」研究会、2011 年 12 月 13 日、神戸大学 (兵庫県)
- ④ Shingo MASUYAMA, Shie MATSUMOTO, Pauline FAURE, Hiroshi NAKAMOTO,

Yasuhiro AKAHOSHI, Takao KOURA, Haruhisa MATSUMOTO, Yukihiro KITAZAWA, Study on Ejecta Evaluation of Spacecraft Surface Materials, The 3rd Nano-Satellite Symposium, 2011 年 12 月 13 日、国際会議場 (福岡県)

- ⑤ 中本裕史, 松本紫絵, Faure Pauline, 増山信吾, 赤星保浩, 高良隆男、松本晴久、北澤幸人、国際標準化のための Ejecta 実験の計測、高速度イメージングとフォトリソグラフィに関する総合シンポジウム 2011、2011 年 12 月 1 日、熊本大学 (熊本県)
- ⑥ 増山信吾、松本紫絵、Faure Pauline、赤星保浩、高良隆男、松本晴久、北澤幸人、宇宙機表面材料のイジェクタ評価に関する研究、日本機械学会 M&M2011 材料力学カンファレンス、2011 年 7 月 18 日、九州工業大学 (福岡県)
- ⑦ 赤星保浩、麻生和宏、松本紫絵、増山信吾、鳴海智博、高良隆男、松本晴久、北澤幸人、超高速衝突エジェクタの試験方法に関する検討、第 54 回宇宙科学技術連合講演会、2010 年 11 月 19 日、静岡大学
- ⑧ Shie Matsumoto, Kazuhiro Aso, Yasuhiro Akahoshi, Takao Koura, Tomohiro Narumi, Haruhisa Matsumoto, Yukihiro KITAZAWA, Study on precise measurement of solid ejecta fragments from hypervelocity impact, 38th COSPAR Scientific Assembly, 2010 年 7 月 21 日、ドイツ
- ⑨ 赤星保浩、菅原賢尚、麻生和宏、松本紫絵、鳴海智博、高良隆男、松本晴久、北澤幸人、超高速衝突エジェクタ実験方法ならびに計測方法の研究-ISO・エジェクタ評価試験規格 (CDC11227)の制定-、平成 21 年度衝撃波シンポジウム、2010 年 3 月 18 日、埼玉大学
- ⑩ 赤星保浩、菅原賢尚、麻生和宏、松本紫絵、鳴海智博、高良隆男、松本晴久、北澤幸人、超高速衝突エジェクタ実験方法ならびに計測方法の研究-ISO・エジェクタ評価試験規格 (CDC11227)の制定-、平成 21 年度衝撃波シンポジウム、2010 年 3 月 18 日、埼玉大学
- ⑪ 菅原賢尚、麻生和宏、赤星保浩、高良隆男、鳴海智博、北澤幸人、松本晴久、超高速衝突によるエジェクタの測定、日本航空宇宙学会西部支部講演会、2009 年 12 月 8 日、北九州
- ⑫ 菅原賢尚、麻生和宏、赤星保浩、高良隆男、鳴海智博、北澤幸人、松本晴久、超高速衝突によるエジェクタの測定、日本航空宇宙学会西部支部講演会、2009 年 12 月 8 日、北九州
- ⑬ Kenshou SUGAHARA, Kazuhiro ASO, Yasuhiro AKAHOSHI, Takao KOURA, and Tomohiro NARUMI, INTACT MEASUREMENT OF FRAGMENTS IN EJECTA DUE TO HYPERVELOCITY IMPACT, 60th International Astronautical Congress, 2009 年 10 月 15 日、韓国

- ⑭ Kenshou SUGAHARA, Kazuhiro ASO, Yasuhiro AKAHOSHI, Takao KOURA, and Tomohiro NARUMI, INTACT MEASUREMENT OF FRAGMENTS IN EJECTA DUE TO HYPERVELOCITY IMPACT, 60th International Astronautical Congress, 2009年10月15日, 韓国

[その他]

ホームページ等

<http://www.mech.kyutech.ac.jp/labo/keisan.html>

本研究成果の一部は国際標準化機構で現在審議中の規格案 FDIS11227 に多数取り上げられている。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

赤星 保浩 (AKAHOSHI YASUHIRO)

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60222519