

小型探査機 SLIM における着陸衝撃吸収および耐転倒性



北 蘭 幸一¹、能 見 公博²、戸 部 裕史³、外 本 伸治⁴、丸 祐介³、SLIM-WG

¹ 首都大学東京、² 静岡大学、³ 宇宙科学研究所、⁴ 九州大学、

【はじめに】

SLIM (Smart Lander for Investigating Moon)は、月面の任意の場所へ小型探査機によるピンポイント着陸を目的とした工学プロジェクト（2015年にJAXAプリプロジェクト）である。着陸の際、探査機が転倒しないこと、発生する衝撃加速度を搭載電子機器の許容加速度以下に抑えること、できるだけ軽量の着陸脚システムであることが要求される。

これまで軽量衝撃吸収材料の候補として、図1のようなクローズドセル型発泡アルミニウムやアルミニウム繊維焼結体を検討した。これらの材料は、セル構造が潰れることにより、ほぼ一定の変形応力でエネルギーを吸収できる。しかしながら、セル構造の不均一性や変形特性に問題があり、SLIM探査機の着陸脚への適用に問題があった。また、探査機の耐転倒性に関しても着陸脚要素だけでなく、SLIM全体の着陸ダイナミクスを検討しなければならない。そこで、本研究では、衝撃吸収用ポーラスアルミニウムの開発と耐転倒性解析を並行して実施し、着陸脚システムの評価を行う。

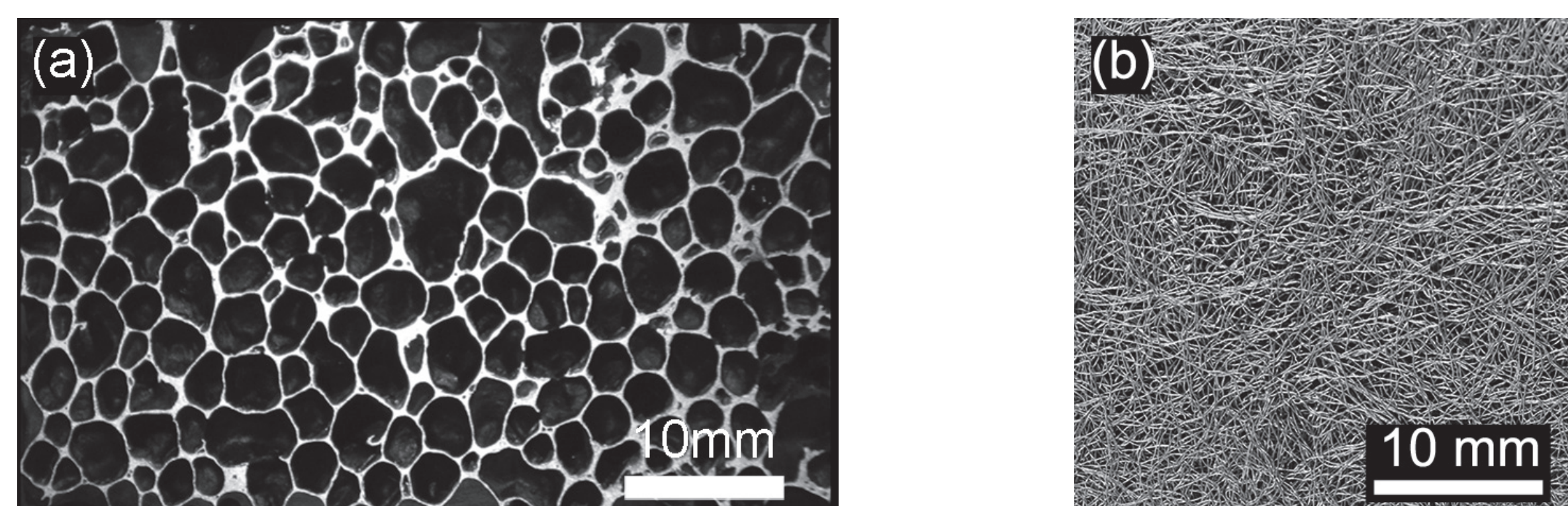


図1 (a)クローズドセル型発泡アルミニウム、(b)アルミニウム繊維焼結体の断面写真。

【3D積層造形法による衝撃吸収材料】

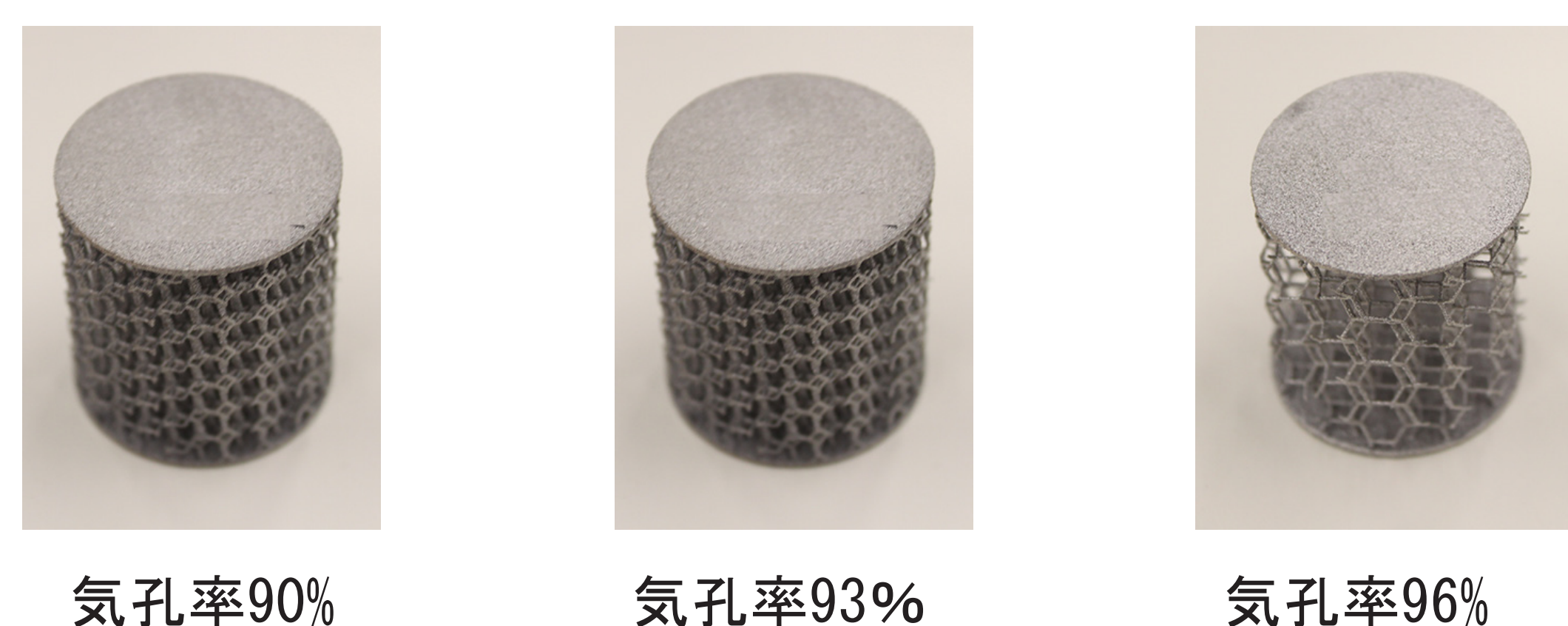


図2 アルミニウム粉末の3D積層造形により作製された切頂八面体のセル構造を持った3種類の気孔率のポーラスアルミニウム。

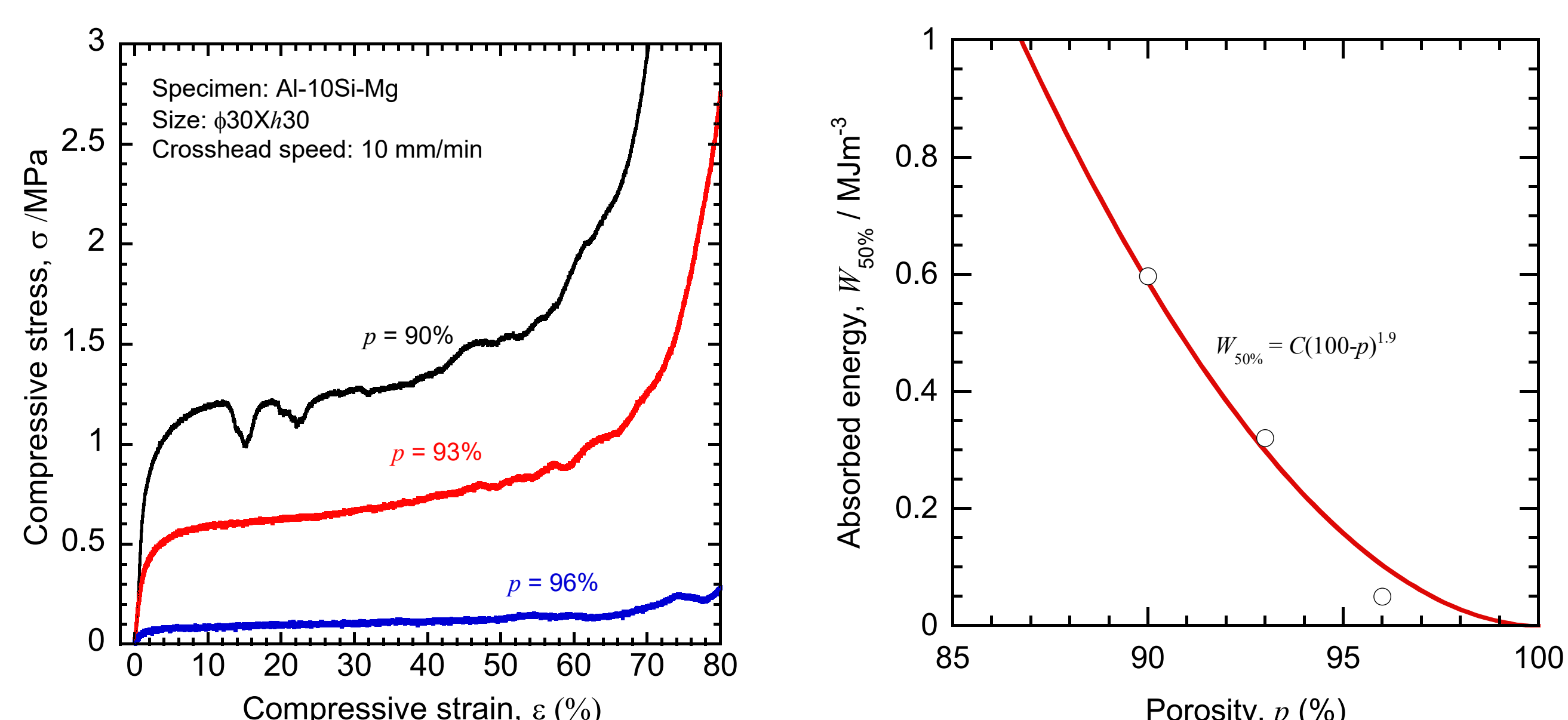


図3 3D積層造形ポーラスアルミニウムの準静的圧縮試験結果。

圧縮試験により、3D積層造形ポーラスアルミニウムは、設定した気孔率に応じて、吸収エネルギーを変化させることができることがわかった。

【SLIM探査機の耐転倒性】

SLIMの4脚モデルと1脚モデルに対して、ADAMSソフトウェアによる転倒解析シミュレーションを実施した。1脚モデル(ソリ案)は、初めに接地する主脚の接地力作用線が質量中心を通る姿勢とすることにより、機体の回転を抑制できる。

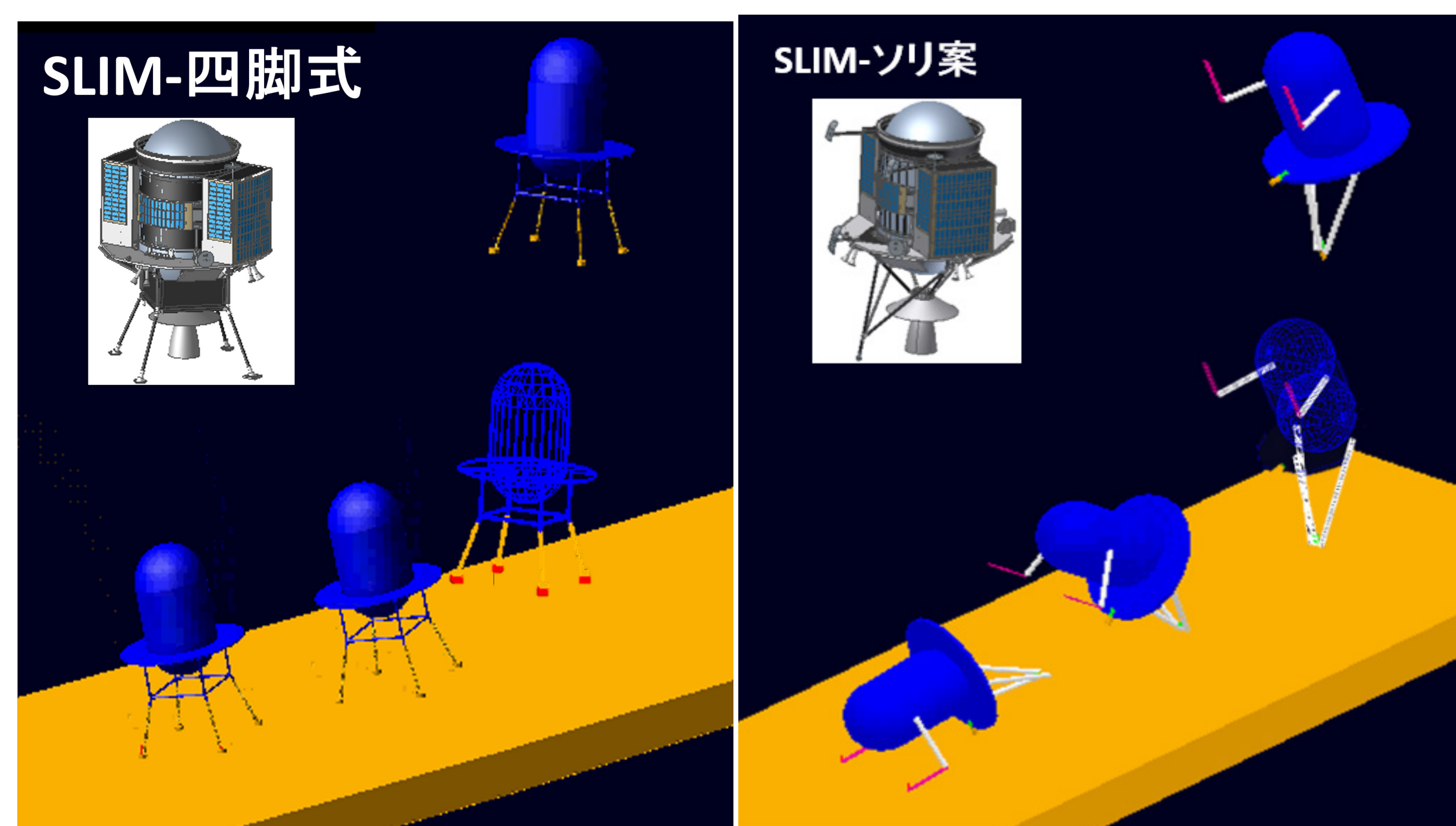


図4 ADAMSによる転倒解析シミュレーションの例。

【1/3 スケールモデルによる落下試験】

SLIM 探査機の2種類(4脚型、1脚型)の1/3スケールモデル(全高670mm)を作製した。相似則により、重量は実機の1/3³の5kgとした。

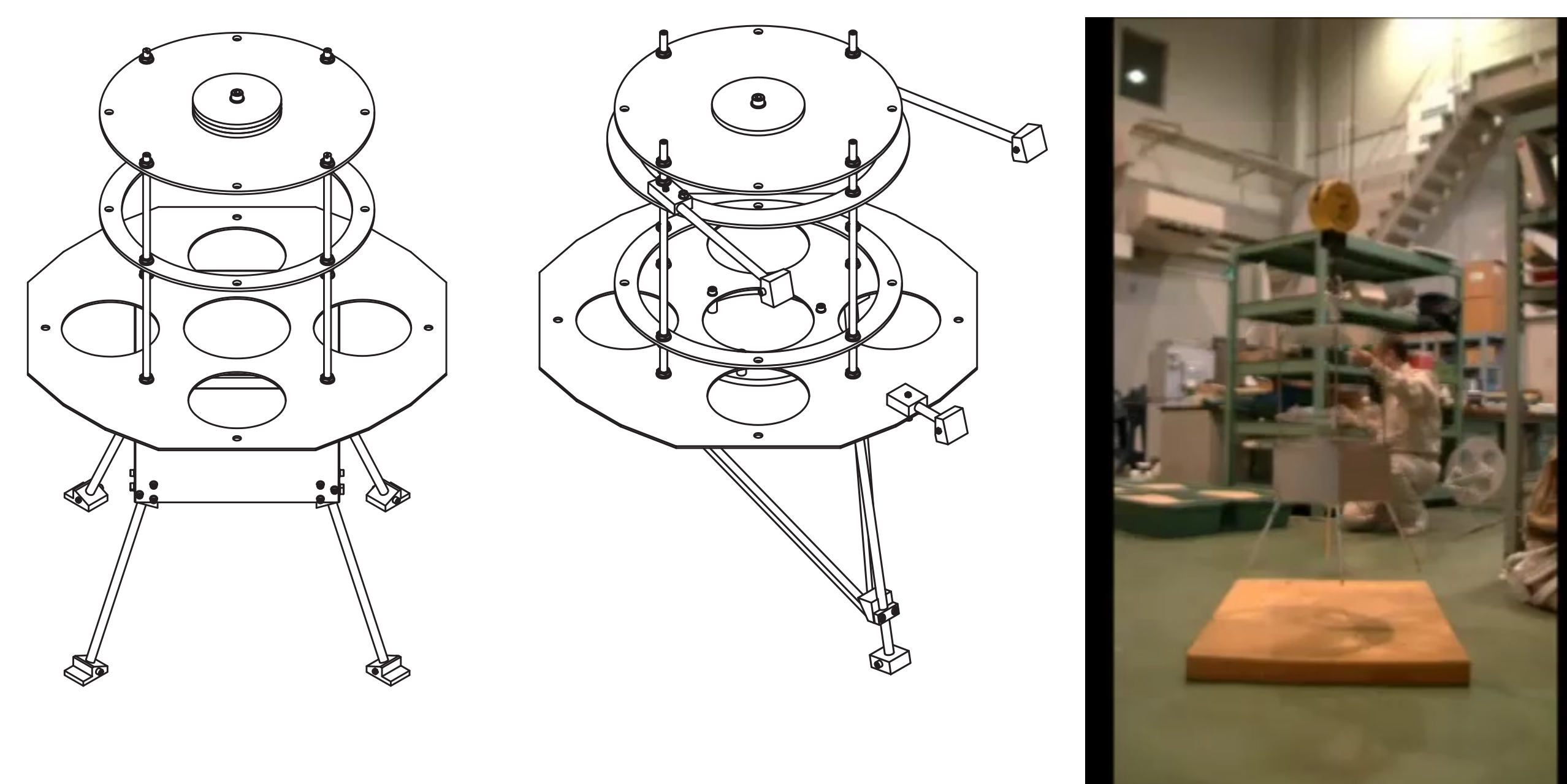


図5 2種類の1/3スケールモデルのCAD図面と宇宙科学研究所における落下試験風景。

クレーンでつり下げ、永電磁石により落下させる。任意の高さ、ピッチ角度で落下試験が可能。今後、衝撃吸収材料の挙動、加速度履歴、耐転倒性について検討する。

【おわりに】

SLIM探査機の衝撃吸収性と耐転倒性を両立させるため、材料開発とダイナミクス解析を並行して実施した。また1/3スケールモデルを用いた落下試験により、着陸挙動の検証した。その結果、3D積層造形法によるポーラスアルミニウムとADAMSシミュレーションがSLIM着陸脚システムの開発に有効であると考えられる。

本研究はSLIM着陸脚分科会において実施された。