

マニピュレーター飛行実証試験(MFD)の実施結果について(報告)

1997年8月27日

宇宙開発事業団

1、報告事項

1997年8月7日午前9時41分(米国中部夏時間)にNASAケネディー宇宙センター(KSC)から打ち上げられ、8月19日午前6時7分にKSCに着陸したスペースシャトル・ディスカバリー号(STS-85)で実施されたマニピュレーター飛行実証試験(MFD)の結果について報告する。なお、着陸は霧のために1日延期された。

2、MFD ミッションの概要

MFD ミッションは、国際宇宙ステーションに取り付けられる日本の実験モジュール(JEM)のリモート・マニピュレーター・システム(RMS)について、同子アーム(精密作業用ロボットアーム)と同等のMFDロボットアームを用いて飛行実証試験を行うとともに、ロボットアーム技術実験として、MFDロボットアームの地上遠隔操作(GC)実験を行うことである。

また、相乗りミッションとして、微小重力下での二相流体による熱制御データの取得を目的とした二相流体ループ実験(TPFLEX: Two-Phase Fluid Loop Experiment)、及び宇宙環境下での材料の劣化特性データの取得や、宇宙ダストの収集を目的とした材料曝露実験(ESEM: The Evaluation of Space Environment and Effect on Materials)を行うことである。

3、MFDの実施結果

NASAの試験や実験時間の延長に係る協力があったこともあり、以下のとおり予定されていた全ての試験や実験が良好に実施された。

(1) MFDロボットアーム飛行実証試験

予定されていた試験は全て実施され、MFDロボットアームによる軌道上交換装置(ORU)の脱着や、ドアの開閉の実証が行われるとともに、MFDロボットアームの機能性能や、人間機械系に係る貴重なデータが取得された。本試験の実施に係る経緯は別紙-1のとおりである。

(2) MFD ロボットアームの地上遠隔操作 (GC) 実験

予定されていた実験は全て実施され、有人宇宙システム上のロボットアームの地上遠隔操作に係る貴重なデータが取得された。本実験の実施に係る経緯は別紙-2 のとおりである。

(3) 相乗り実験

a、二相流体ループ実験 (T P F L E X)

Flight Day (FD) 1 に実験準備のための制御用プログラムを走らせたところ、蒸発器の温度が通常値よりも高くなり、蒸気ループが乾ききってしまったのではないかと懸念されるとともに、流体ループに気泡が混入していること等が懸念されたが、トラブル・シューティングの結果これらの懸念は克服され、当初予定していた 4-8 回の実験回数に対し、10 回の実験が実施され、微小重力下での二相流体による熱制御に係る貴重なデータが取得された。本実験の実施に係る経緯は別紙-3 のとおりである。

b、材料曝露実験 (E S E M)

材料サンプル・ホルダーと宇宙ダスト・コレクターを、シャトルの速度ベクトルに向ける累積時間が、当初の目標 40 時間に対し、実際には約 54 時間となった。

4、今後の予定

MFD シャトル搭載システムについては、NASA ケネディ宇宙センター (KSC) において、シャトルからの取り外し、着陸後試験が行われた後、10 月中旬には日本に返送される予定である。これと並行して飛行後解析が行われ、MFD ロボットアームに係る飛行実証試験や地上遠隔操作 (GC) 実験に係る飛行後解析の成果は、JEM RMS の子アーム等の開発に引き継がれる予定である。

以上

MFD ロボットアーム飛行実証試験の実施に係る経緯について

・ Robot Arm (RA) 1 日目 (Flight Day (FD)2)

アーム点検、単軸駆動点検、制限領域点検、軌道上交換装置 (ORU) の引き抜き試験の前半部分、アームプログラム制御性能試験 (無負荷)、及びアーム単軸駆動性能試験 (無負荷) が行われた。クルー操作の関係で、当初の予定より時間を要したため、ORU脱着試験等の一部の試験が RA 2 日目以降に持ち越された。

・ RA 2 日目 (FD4)

ORU引き抜き試験の後半部分、ORU 装着試験 #3、アームプログラム制御性能試験 (有負荷)、アーム単軸駆動性能試験 (有負荷)、及びドア開閉試験 #1-#3 が実施された。アーム制御ソフトウェアの関係で当初の予定より時間を要したため、ORU脱着試験 #1 は RA 3 日目以降に持ち越された。

・ RA 3 日目 (FD5)

アームコンプライアンス制御性能試験、及びORU脱着試験 #1-#2 が実施された。カトルクセンサーやクルー操作の関係で当初の予定より時間を要したため、ORU脱着試験 #4 は RA 4 日目以降に持ち越された。

・ RA 4 日目 (FD7)

GC 実験の後に追加的に時間が設定され、ORU脱着試験 #4 が実施された。これにより当初予定していた試験は全て終了した。

以上

MFD ロボットアームの地上遠隔操作(GC)実験の実施に係る経緯について

・ RA GC 1 日目 (FD7)

実験 1、実験 2 の FCERA #1、INSPECTION #1、及び VIP、並びに実験 3 の TEACHING が実施された。なお、それぞれの実験概要は次のとおり。

FCERA : アーム先端位置校正行列の推定と機構ガタの計測 (航空宇宙技術研究所との共同研究)

INSPECTION: 軌道上遠隔操作点検技術の予備実験 (通信総合研究所との共同研究)

VIP : ホールターインターフェイス 向上のための TV 画面複合構成 (東京工業大学との共同研究)

TEACHING : クルー操作の地上遠隔操作による再現実験 (宇宙開発事業団)

なお、アップリンクした軌道やシャトルの通信系の関係で当初の予定より時間を要したため、実験 2 の INSPECT #2 と実験 3 の FCERA #2 は RA GC 2 日目以降に持ち越された。

・ RA GC 2 日目 (FD9)

INSPECT #2 と FCERA #2 相乗りの RA GC 実験が実施された。これにより予定した全ての RA GC 実験が実施された。

以上

二相流体ループ実験(TPFLEX)の実施に係る経緯について

・FD1に制御用プログラムを走らせたところ、蒸発器の温度が通常値よりも高くなり、蒸気ループが乾ききってしまったのではないかと懸念された。

・このためFD2には、蒸発器ヒーターをオフにし、ポンプスピードを上げて、水を蒸気ループに回してやるのが試みられた。FD3には実験#1が実施され、一定のデータは得られたものの、実験終了後に差圧がほとんど得られなくなってしまい、ループに気泡が混入していること等が懸念された。

・このためFD4及びFD5には、ポンプスピードを上げてシステムにショックを与えることや、ラッチバルブを開けて水をアキュムレーターに戻すことが試みられた。これにより差圧データには少し回復傾向が見られた。またFD6には、アキュムレーターを加熱して、アキュムレーター内の水をループにゆっくりと押し出すことが試みられた。しかし、ループには依然として詰まりの兆候が見られた。

・引き続きFD7及びFD8には、水をループからアキュムレーターに戻し、ラッチバルブを締め、加熱によりアキュムレーターの内圧を高めた後、ラッチバルブを開け、アキュムレーターの内圧により水をループに押し出すことが試みられた。この結果、ループの詰まりが解消されたことが示唆されたため、(FD8に)実験#2を行ったところ、蒸気ループとリターン・ループに差圧が得られた。

・引き続きFD9には、実験#3と#4が行われ、期待どおりの良好な結果が得られたことから、これまでの差圧不足や毛細管の詰まりに係る懸念は解消されたものとされた。このためFD10には、実験#5と#6が行われた。またFD11には、実験#7、#8、及び#9が行われた。更に飛行延長日FD12にも、実験#10が成功裏に行われた。

・これにより、当初4-8回の実験を予定していたところ、次のとおり10回の実験が良好に実施された。

FD2 実験#1

FD8 実験#2

FD9 実験#3-#4

FD10 実験#5-#6

FD11 実験#7-#9

FD12 実験#10

以上