将来の有人宇宙活動—宇宙服を中心として—

Future Manned Space Activity -Focusing on Space Suit-

柳川 孝二、山口 孝夫、○山方 健士(宇宙航空研究開発機構)

Koji YANAGAWA, Takao YAMAGUCHI, Kenji YAMAGATA,

Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki

1961 年 旧ソビエトのユーリ・ガガーリンが人類初の宇宙飛行を行ったことから人類は活動の領域として宇宙を加えることとなり今日まで、多くの宇宙飛行士が誕生し、宇宙へ旅立っている。そして1969年にはアメリカのアポロ11号でルイ・アームストロングが人類初の月面歩行をしたことを受け、人間は活動の領域をこれまでの地球周回軌道上から38万キロ離れた月まで広げることとなった。この、人が宇宙を新たに活動の場として広めるために必要だったことは何か。それは、人が活動できる環境を一緒に持っていく、ということである。そのために様々な宇宙機が開発され、また、宇宙環境で人間がより自由な活動ができるように宇宙服が開発された。最後のアポロ宇宙船が月面を離れてから、有人宇宙活動は現在建設中の国際宇宙ステーション(ISS: International Space Station)に代表されるように地球周回軌道上にとまっているが、米国においてブッシュ大統領の新宇宙探査構想に端を発し、将来、再び人はその活動の拠点を月面、さらには火星へ広げることが計画されている。そのために輸送機、月面・火星での拠点等が検討・研究されているが、我国も、その計画の中での活躍が期待され、その準備を進めている。様々な候補が挙げられているが、その中で宇宙飛行士が宇宙環境へ出て活動するための最小ユニットである宇宙服について現在、宇宙航空研究開発機構でどのような検討・研究がされているかこれまでの宇宙服も含めて紹介する。

小さな宇宙船、宇宙服

1965年、これまで与圧された宇宙船内にいた宇宙飛行士自身が宇宙船の外へ出るフェーズとなった。このときに宇

宙飛行士を宇宙という極限環境から保護するために開発されたのが船外活動を目的とした宇宙服である。当初の宇宙服は宇宙船の生命維持装置とアンビリカル・ケーブル(へその緒)とつながり、必要な酸素、通信を受けるようにしていた。その後、アポロ計画で月面へ行くようになったときには宇宙船から離れた距離での月面探査活動が中心となったため、背中にランドセルのように生命維持装置を背負い、船外活動を行うようになった。このように宇宙服自身に生命維持機能を付加したことで、宇宙服は「服」でありながら、必要な酸素、水、電気等を提供できる能力を有した、「小さな宇宙船」に発展した。しかも、宇宙船と比べ最も違うことは自らの「手」を使って直接作業をすることができる、という点にある。

現在の有人宇宙活動における宇宙服

現在、世界16カ国の協力により、軌道上約400kmの位置に真空環境、無重量環境等の宇宙環境を利用し、材料実験、生物実験、地球観測等を行うための恒久的有人設備として国際宇宙ステーション(ISS)が1998年から建設が開始され、2010年の完成を目指している。この作業のために宇宙飛行士は宇宙服を装着し、宇宙環境へ出てISSの組立て、補修、メンテナンス、実験機器の取り付け・回収等の船外活動を行っている。ここで使用されている宇宙服は2種類あり、アメリカ製の「Extravehicular Mobility Unit(EMU)」、ロシア製の「Orlan」が在る。

将来の有人宇宙活動

現在、ISSでは宇宙環境を利用した様々な実験が行われているが、2016年にはその役目を果たす計画となっている。ただし、ISSの終わりが有人宇宙活動の終わり、という

わけではなく、人類は再び 1969 年に到達した月面へ戻り、さらには火星へその有人宇宙活動の範囲を拡げようとしている。2004 年 1 月に NASA が今後の探査計画として月・火星を目指したビジョンを発表している。それを受け、宇宙航空研究開発機構も日本として、将来の有人宇宙活動に向けて 2005 年 4 月に「JAXA 長期ビジョン」を発表し、2025 年には月面での活動を実現するための準備を行っており、その一環として、宇宙服の実現性について検討・調査を行っている。

現在の宇宙服

今後の有人宇宙活動で使用する宇宙服を考えるためには、現在の宇宙服がどのようなものであるか、また、今後の月での活動を考えてときにどのような宇宙服にするか考える必要がある。

アメリカの EMU とロシアの Orlan では前者がスペースシャトルでの短期ミッションでの利用、後者が宇宙ステーションでの長期ミッションでの利用を目的として作られているが、基本となる構成及び能力は類似している。

現在の宇宙服の構成要素としては大まかに分けて：

- ・服(スーツアセンブリ)
- ・生命維持装置

の二つから構成されており、基本的な能力として：

- ・6 時間程度の船外活動可能な生命維持
- ・0.3～0.4 気圧の与圧環境
- ・運用性
- ・耐熱・耐寒
- ・耐裂傷、シャープエッジ
- ・冷却機能
- ・通信機能

があり、課題として以下のようなものがある：

- ・低圧環境に体を適応させるまでに時間が掛かる(～12 時間)
- ・重力環境下での利用に適していない(120kg)
- ・活動時間が最高でも 8 時間程度
- ・宇宙飛行士の身体サイズに合わせたサイジング用パーツが必要なため共用ではない(M、L、XL サイズ)
- ・軌道上メンテナンスに適していない
- ・被曝防護機能が不十分

これら課題は今後、将来の有人宇宙活動用の宇宙服を開発するためには解決するべきものとして考慮されるべきものである。

将来の有人宇宙活動に向けた宇宙服

将来の宇宙服を考える際には、以下の条件で使えるように考慮しなければならない：

- ① 打上げから帰還する期間、搭乗員全員緊急避難を含めてが船外活動可能な能力を有すること
- ② 無重量環境及び重力環境下での船外活動が可能
- ③ 長期運用の最大の障害となる月面表土(レゴリス)の影響が微小であること

①、②の条件を設ける理由としては現在の有人宇宙活動のように打上げ時／帰還時に着用する与圧服(オレンジスーツ)と船外活動用の宇宙服(EMU)の両方を人数分輸送機に搭載することとなると、輸送機内の保管スペースを消費してしまい、他の物資を輸送できなくなってしまうためである。特に月面に 4 人向かうこととなった場合、現在の宇宙服では 120kg もあるため、服のためだけに余分な推進剤が必要となる。③の条件については月面にある表土(レゴリス)は数ミクロン程度と非常に細かく棘上の構造になっているため、宇宙服の繊維に絡みついてしまい、船外活動後、宇宙船内に戻り宇宙服を脱いだ際にこのレゴリスが目や肺に入り炎症を起こすことが過去のアポロミッションから報告されている。

次世代先端宇宙服について

現状運用されている宇宙服が開発されてから、様々な技術が新たに誕生している。参考までに以下に現在宇宙航空研究開発機構として検討・調査している技術の一例について紹介する。

- ・情報ディスプレイ機器及び船外活動支援機器
- ・減圧症対策プロトコル
- ・軽量かつ運用性の高い宇宙服を作るための機能性材料、縫製、構造
- ・パワーアシスト機構
- ・汎用性の高い構造
- ・能力向上型生命維持装置システムを実現するための電力/熱制御/気体分離のための先端技術等

日本には宇宙服への適用が可能な独自の技術があることが確認できていることから、積極的にこれらを取り込み、独自の有人宇宙活動の確立を目指す。