

宇宙船内服開発

日本女子大学 多屋 淑子

1. はじめに

今や宇宙飛行士に限らず一般人も宇宙旅行をする時代となり、宇宙が生活の中に近づいてきている。国際宇宙ステーション (ISS) に日本の実験モジュール「きぼう」を取り付けるためのミッションは、2008年3月に土井隆雄宇宙飛行士により開始され、同年6月には星出彰彦宇宙飛行士が続行し、2009年3月から7月までの間に宇宙に滞在した若田光一宇宙飛行士のミッションにより完成した。2009年12月からは野口聡一飛行士の長期滞在が始まり、2010年4月には山崎直子宇宙飛行士のミッションが実施されている。このように、日本人宇宙飛行士の国際宇宙ステーションへの滞在の機会が多くなり、今後、宇宙特有の環境を利用したいろいろな分野の研究成果が期待される場所である。

2. 宇宙で生活するための技術開発

現在、国際ステーションへの長期滞在が可能となり、さらに、近い将来、月や火星に人が生活することを想定すると、宇宙で生活するには、日常の心身の健康の維持管理が重要となるであろう。人が宇宙で生活するには、現行の生活の安全を保障するという視点だけでは不十分であり、生活する過程で発生する諸々のストレスを軽減し、生活のアメニティの向上を可能とする生活関連の技術開発が必要であると考えている。

このような視点から、現在の宇宙開発研究開発機構 (JAXA) の前進である宇宙開発事業団 (NASDA) の時代から宇宙での生活支援研究の必要性を提案し、宇宙での生活支援研究を遂行してきた。2004年から JAXA 宇宙オープンラボ制度に採択され、「近未来宇宙暮らしユニット」を主宰し、食分野を除く生活関連の技術開発を産官



A) 土井隆雄宇宙飛行士



B) 星出彰彦宇宙飛行士



C) 若田光一宇宙飛行士

写真1 JAXA宇宙飛行士による船内服の着用例

A) 土井隆雄宇宙飛行士 (STS-123ミッション)

B) 星出彰彦宇宙飛行士 (STS-124ミッション)

C) 若田光一宇宙飛行士 (STS-119ミッション)

写真：NASA/JAXA提供

学連携にて行ってきた。その中の活動の一つがここで述べる着心地を考慮した船内服の開発である。

開発した船内服は、2008年3月に、土井隆雄宇宙飛行士によるSTS-123ミッションに搭載され、着用評価が行われた¹⁾。それにより、今まで地上のパラボリックフライト実験²⁾では解明できなかった多くの事象を微小重力環境下で確認することができ、今後の宇宙船内服設計のための重要な知見を得ることができた。同年6月、星出彰彦宇宙飛行士によるSTS-124ミッションにおいても試作服の着心地が確認された。2009年3月の若田光一宇宙飛行士のSTS-119ミッションにおいては、これらの軌道上で得られた知見を反映して改良した船内服が着用され (写真1)、帰還後のデブリーフィングにおいて、国際宇宙ステーションの衣生活は快適であったという評価

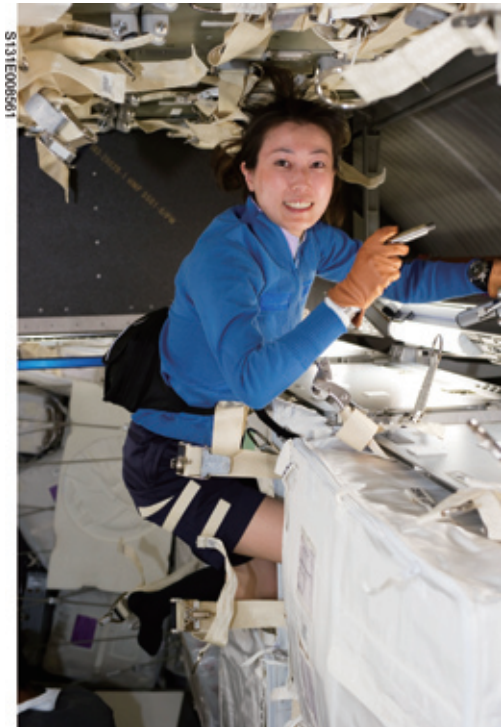


写真2 山崎直子宇宙飛行士によりSTS-131ミッションで着用された美しさと生活を楽しむ視点を加えた女性用船内服(カーディガンと半ズボン) 写真: NASA/JAXA提供

を得ることができた。次に、これらの宇宙で着心地が確認された船内服の機能に、美しさと生活を楽しくする視点を加えた女性用の船内服を開発した。写真2は、2010年4月の山崎直子宇宙飛行士のミッションにおいて着用された船内服である。

2010年4月現在、4回に亘って国際宇宙ステーションの宇宙飛行士の生活を安全に快適に支援した船内服は、JAXA有人宇宙技術部、産学官連携部(現 産業連携センター)など、企業メンバー(株式会社ゴールドドゥインテクニカルセンター、東レ株式会社、株式会社島精機製作所、クラレファスニング株式会社、有人宇宙システム株式会社)、および大学(日本女子大学多屋研究室)の産官学連携による共同研究の成果の賜物であり、これらの成果は、今後の長期滞在用衣服開発のために活用して行く所存である。

3. 日常着としての宇宙船内服

地上から約400km上空にある国際宇宙ステーションの生活環境は、微小重力、閉鎖環境、多国籍、多文化など、地上に比べて多くの制限があり、人が生活するには



写真3 開発した男女兼用の宇宙船内服(例 土井隆雄宇宙飛行士用) ©J-Space

危険な環境である。日常の衣服は、私達と常に長時間行動を共にしていたため、宇宙における日常の生活を安全に快適に過ごすためには、身体に直接に接している衣服の役割は大きい。

従来より、宇宙飛行士の日常用の衣服は特に工夫がなされているわけではなく、地上の衣服が用いられている。宇宙飛行士のQOL(生活の質)を高めるには、宇宙の生活環境や行動様式に相応しい着心地を考慮した衣服が必要であることから、宇宙飛行士との意見交換や文献調査を行い、宇宙の生活に必要な船内服の要求項目を抽出し、日本の優れた技術を組み合わせ、着心地研究に基づいた安全で快適な船内服を開発した。具体的には、宇宙仕様の新しい素材開発、微小重力環境下の中立姿勢に適したパターン、宇宙特有の動作に対応する新しい縫製技術(無縫製技術)の使用、安全性の高い新しい面ファスナーの開発を行った。

写真3は、宇宙に搭載された船内服を示す。

4. 船内服に施した機能^{たとえ3)}

従来、宇宙船に搭載されている衣服の素材は、主として綿が用いられてきた。しかし、綿は吸湿性には優れるが透湿性や速乾性に乏しいため、運動などによる多量の汗で衣服が湿潤すると、洗濯のできない宇宙の生活環境では衛生的な問題が生じる。そこで2008年3月の土井隆雄宇宙飛行士のミッションからこれらの欠点を解決するために安全性実証試験を通過したポリエステル繊維を使用して、船内服の機能を高める工夫を行っている。今まで綿が用いられてきた宇宙船内服に、始めてJAXA安

全性実証試験をクリアしNASAにも搭載が認められたポリエステル繊維を搭載した。このことは、今後の宇宙船内服開発の素材の選定に新たな展開が期待でき、船内服の機能や服種の展開に大きく貢献できると考えている。

現在、国際宇宙ステーションの生活では水道やシャワー、洗濯機もないため、船内服には地上よりも身体を清潔に維持する機能が求められる。つまり身体からの汚れや臭い、熱水分移動の対策などが必要となる。また、微小重力環境下では、体液が上半身へ移動するため地上と異なる体型に変化し、宇宙特有の前屈みの姿勢になる(図1)。着心地のよい衣服を提供するにはこれらも考慮しなければならない。そのため、宇宙の生活環境における身体の特徴と動作に適合する宇宙仕様のパターンの工夫も行っている。



図1. 微小重力環境下の特有な姿勢 ©J-Space

さらに、微小重力環境では地上の1Gの重力環境と動作のしかたも異なるため、宇宙の生活環境条件で衣服が身体を圧迫せずに無理なく自然な動作ができ、シルエットも美しい縫製方法の工夫も行っている。一般に衣服を縫製するときには縫い糸を使用して三次元の形状にするが、ここではミシン縫製を必要としない無縫製の技術を用いて、縫い目や縫い代のない衣服を作製し、衣服と微小重力特有の動作機能性を向上させている。

写真4には、ズボンに消臭・制菌・制電・防汚性能を付与した技術の一例を紹介する。光触媒は光を受けることで表面の電子を放出して励起電子と正孔を生成し、空気中の酸素を還元して活性酸素を発生したり、空気中の水分を酸化してヒドロキシラジカルとなる。これらは非

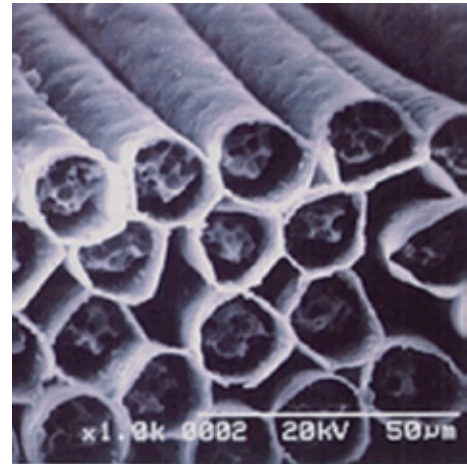


写真4 ズボン用素材

消臭・制菌・防汚性能の加工例。繊維表面に光触媒粒子、機能樹脂を規則的に配向・配列させ、ナノスケール皮膜を形成し、光触媒の分解効率と制電性の効果を高レベルで両立させた。©J-Space

常に酸化力が強いいため、有害化学物質を二酸化炭素や水に分解する作用や、光触媒に光が照射されるとその表面が超親水性になる働きを持つ。

そこで、光触媒粒子をナノマトリックス加工技術により超極細のポリエステル繊維に均一に樹脂加工し、可視光に応答する表面積を大きくしている。それにより身体から排出される汗や皮脂などが原因となる臭い成分の分解速度を高め、さらに制電性の効果も付与している。

また、国際宇宙ステーションの船内は微小重力のために、船内の生活空間にいろいろな道具などが浮遊するのを防ぐため、ズボンには仮置き役割のある面ファスナーを配置している(写真3)。今回、新しく開発した面ファスナーは、従来のナイロン製に比べて特に安全性を配慮している。ナイロンは融点が低いため、万が一の火災時に溶融して皮膚に粘着し火傷の深度が大きくなりやすいという欠点があった。また、フック部分が欠落しやすく、それらが粉塵として空中に浮遊し、呼吸器系に悪影響を及ぼすなどの問題点があるようである。それを解決するために、PPS(ポリフェニレンサルファイド)を使用した面ファスナーを開発した。これによって耐熱性を高めると同時に、粉塵を出さず、手触りをソフト化し、さらに制電性の効果をもたせている。

5. 地上の生活への応用展開⁴⁾

宇宙の生活支援研究はまだ始まったばかりであり、今

後も継続が必要である。国際宇宙ステーションの長期滞在用に適した技術へ進化させていき、月や火星で人が生活するための技術開発も進めていく計画である。

ところで、宇宙船内服用に開発した技術は、地上の私たちのあらゆる場面の生活を安全に快適にし、生活支援を行うことができると考えている。たとえば、宇宙でシャワーが無い、洗濯ができないという状況に応じて身体を清潔に維持するための素材は、地上の清潔維持を必要とする場合にも有用となる。2010年2月中旬より、宇宙の生活を清潔に快適にした「宇宙下着」(写真5)は地上の生活にスピンオフを開始している。さらに、縫い目の無い縫製技術による衣服は、縫い目が原因となる不快感や身体の圧迫感を軽減でき、また、宇宙特有の姿勢に対応するパターンの工夫は、動きやすく美しいシルエットの衣服を提供することができる。このように、宇宙用に開発した技術は地上の生活をより安全により快適にする技術でもあり、たとえば、高齢者・障害者・病人の生活のアメニティを向上させることにも有用である^{5)から8)}。その他にも宇宙仕様の技術を地上に活用することにより、地上の極限環境の生活支援の可能性は大きい。今後は、宇宙用に開発した技術を地上の生活を安全に快適に楽しくする技術として応用展開を積極的に進めていく計画である。



写真5 宇宙下着

特長

- ・清潔さと快適さの保持(消臭・抗菌)
- ・微小重力環境特有の体型変化と姿勢を考慮し、宇宙の動作に対応する動きやすさと着心地の良いパターンとカッティング
- ・狭い生活空間への収納を可能とする軽量コンパクト化

©J-Space

参考文献

- 1) NASA Press Kit for STS-123, pp.48-49 (2008), (http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/shuttlemissions/sts123/main/index.html)
- 2) 小川芽久美, 久保響子, 倉田育枝, 成田千恵, 多屋淑子, JASMA日本マイクログラビティ応用学会誌, 23 (1), 40 (2006)
- 3) 多屋淑子, 化学, pp.43 - 45, Vol.64, No.8 (2009)
- 4) 科学技術政策研究所, 「大学・公的研究機関の多様な成果事例集」, p.28 (2009), (<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep134j/pdf/2.pdf>)
- 5) 成田千恵, 菅谷紘子, 多屋淑子, 日本重症心身学会誌, 第34巻, 1号, pp.203-208 (2009)
- 6) 多屋淑子, 成田千恵, 菅谷紘子, 日本重症心身学会誌, 第33巻, 1号, pp.133-137 (2008)
- 7) 多屋淑子, 日本重症心身学会誌, 第32巻 第2号, pp.210-211 (2007)
- 8) 多屋淑子他, 日本重症心身学会誌, 第31巻 第2号, pp.172-173 (2006)

profile

多屋 淑子 (たや よしこ)

現 職：日本女子大学家政学部被服学科教授

専門分野：生活工学、衣環境学

地上から宇宙にいたるさまざまな環境に生きる人の生活を安全に快適にするための生活支援研究を行なっている。

学 歴：お茶の水女子大学大学院家政学研究科修了 博士(生活工学)

受賞歴：1996年 日本繊維機械学会学会賞(論文賞)

職 歴：日本大学短期大学部専任講師、田中千代学園短期大学助教授を経て、1996年から現職

その他：文部科学省宇宙開発委員会推進部会特別委員、日本重症心身障害学会評議員など

