

IAC-22-B3.9-GTS.2.1

PRODUCTION OF SPACE SUITS AND REPLICAS FOR SPACE TRAVEL

Taichi Yamazaki ^{a*}, Taiko Kawakami ^b

a CEO and Astronaut, ASTRAX, Inc., 2-23-17 Komachi, Kamakura, Kanagawa, 248-0006, Japan,
taichi.yamazaki@astrax.space

b General Manager, ASTRAX, Inc., 1-1-4-301 Mukogaoka, Bunkyo, Tokyo, Japan 113-0023,
taiko.kawakami@astrax.space

*Corresponding Author

Abstract

As of 2022, what space travelers will wear when they go to space depends on the design and decisions of the spacecraft development companies. Since we are in a transitional period, many aboard the spacecraft passengers will be wearing jump suit type space suits for a while. The space suits are evolving and becoming simpler and simpler. That's fine the meantime, but in the future, customers will want to go into space dressed freely, just like when they board an airplane or a ship. This paper redefines what space travelers wear when they go to space by dividing them into four categories: conventional flight suits, recent flight suits, future flight suits, and free attire. The findings from making replicas of space suits, and discussion of the results of our study on the merits and demerits of each category will be included as well.

Keywords: Virgin Galactic, Blue Origin, SpaceX, ASTRAX, Space Suit, Flight Suit

1. Introduction

ASTRAX, a Japanese commercial space business company, has been providing zero gravity flight services in Japan since 2012. ASTRAX zero gravity flight service has used a small jet that can accommodate six passengers, similar to a commercial spaceship that takes passengers on a space travel. Currently, the service is being provided on the MU-300, which can accommodate up to three passengers.

When the service first started, all passengers wore matching orange flight suits to create a cool image. Certainly, there was no problem with that at first, but that need was soon broken. This was because some passengers brought in individual outfits and changed midway through the flight, or flew in their outfits instead of wearing the flight suit from the start.

From 2012 to the present (2022), the need for zero gravity flight services in Japan has shifted from flight suits (boarding suits), which emphasize functionality, to cosplay, which emphasizes the realization of dreams and looking good.



In current space travel, each company has its own space suits for passengers to wear, and passengers are required to wear them. However, that rule will soon be broken and it will be necessary to fly more flexibly with costumes brought in by customers to match the various customer needs.

ASTRAX plans to acquire knowledge and skills about space suits in order to choose a space suit that fits the needs of its customers.

We are in the process of making replicas of each company's spacesuits and analyzing customer needs in order to compile and understand about each type of spacesuits.

In this paper, we would like to discuss the new field of free space clothing tailored to customer needs, along with past and future space suits.

2. Clothing required for spaceflight and zero gravity flight

2.1 Space suits in the past

The U.S., Russia, China, and other countries have made a variety of space suits, including space suits for launch and return and for extra-vehicular activities (EVA). On top of the technology of these experiences, there are modern space suits.

Space suits are also a safety measure in case something happens to the spacecraft. As spacecraft such as the Space Shuttle and Mir have become safer, it has become possible to live in regular clothes without special space suits during stable flight in space.

2.2 Current Space Suit

Currently, orbital spacecraft are required to wear helmets and space suits with special functions at launch. On the other hand, ballistic spacecraft for commercial space travel can now go into space without a helmet, wearing only a space suit that looks like a jumpsuit with no pressurization function. Space suits are becoming simpler, lighter, and easier to move around in.

2.3 Space suits of the future

Space suits of the future will be even simpler. As commercial space travel expands, we will be able to board spacecraft more and more casually, just like getting on an airplane or train. In such cases, spacecraft operators' staff may have uniforms, but passengers will be able to board without having to worry about what to wear. In an automatically controlled spaceship with no pilots or staff, there will no longer be any need for space suits as uniforms, as there will only be passengers.

2.4 Free Clothing

Once the technical and safety constraints of spacecraft are removed, passengers will no longer wear space suits. When there are only people who enjoy normal space as sightseeing are on board, it is expected that it will become normal for everyone to wear free personal clothing. Or they might even make matching original uniforms.

It will also be necessary to have a variety of outfits depending on the mission that will take place in the spacecraft. For example, they might wear wedding

dress for space weddings or their own national costumes as formal wear in space. (Reference [19])

In this case, if the environment inside the spacecraft will be zero gravity, it will be necessary not only to bring costumes from the ground, but also to make sure that they will function as clothing even in zero gravity conditions and will not interfere with activities.

2.5 Space Suit Design Contest

In the past, a spacesuit design contest was held. The top 10 designs were actually produced, and fashion shows were held in Tokyo and New York. At that time, designers were free to create their own ideas for future space fashions, but in the future, free ideas, designs, and practical space suits will be developed in response to the needs of those who actually go to space. [76]



Fig. 1. Models walk in space suit design contest

2.6 Clothing in zero gravity flight

Since zero gravity flights are usually performed in airplanes, there are no functional restrictions on clothing. In most cases, the staff of the company providing the zero gravity flight service wears a flight suit as a uniform, and the passengers also wear the same type of flight suit to perform the zero gravity flight. However, it is not mandatory for passengers to wear a flight suit. In fact, there are many cases of zero gravity flight without wearing the flight suits.

2.6.1 Clothing for ASTRAX Zero Gravity Flight Service

As mentioned previously, ASTRAX has been providing zero gravity flight services in Japan since 2012. At the time of the first flight, the rule was that all passengers had to wear an orange-colored flight suit. However, one of

the passengers who boarded the first flight boarded the second and third flights in a row. From the second flight, that passenger brought an outfit she wanted to wear and wore it for the photo shoot during the zero gravity flight.

Since then, the rule has been that passengers do not need to wear the orange flight suit. As a result, more than half of the passengers on the ASTRAX zero gravity flight service have flown in their own costumes, in addition to their orange flight suit. The data on what kind of costumes they flew in is summarized in Reference [10].



Fig. 2. ASTRAX zero gravity flight service

2.6.2 Examples of Costumes in Foreign Zero-Gravity Flight Services

Some examples of non-Japanese zero gravity flight services that have flown in an attire other than the flight suit designated by the zero gravity flight company are shown below.



Fig. 3. Wedding Dress and Tuxedo [77]



Fig. 4. Zero Gravity Dating with Original Flight Suit [78]

2.7 Needs and Missions Take Priority

In zero gravity flight, the original rule was to wear a flight suit, but customer needs and missions are now allowing people to deviate from that rule and fly in any attire they wish. Similar instances will happen in space travel that it will be necessary to customize (or produce) in-spacecraft clothing to meet match the customer needs. In addition, it will be necessary to conduct advance verification of the clothing that customers bring with them, which will lead to the success of the actual mission.

2.8 Necessity of Pre-verification

In the zero gravity flights that ASTRAX has conducted since 2012, there have been many cases in which the passengers have flown in kimonos, swimsuits, dresses, tuxedos, and various other costumes. However, whether or not they can fly as they expect, in a zero gravity environment, both the body and the clothing are in a state of suspension, so in most cases, the behavior is unexpected.

In most cases, the objective is to take pictures in their desired outfit, so it is important to check and rehearse in advance what outfit will be used for the shoot. This is not necessary when flying in a space suit or flight suit that has already been proven to work, such as a space suit or flight suit that has been specified from the beginning. It is precisely because each flight is different and requires a new suit of clothing that prior verification is necessary.

For this reason, ASTRAX has prepared a spacecraft education and training simulator that simulates the interior of each company's spacecraft so that various verifications can be conducted in advance, allowing for

image training and rehearsals in advance. In addition, since some missions are to be conducted in a specific space suit, replicas of those space suits are also available to fit the needs of customers and to create a full range of services to ensure mission success.

3. Application of spacesuits to match customer needs

As indicated in Chapter 2, it has been an extension of spacecraft development to wear space suits with various functions depending on the performance and safety, etc., of the spacecraft. However, as more and more people go into space, the needs from the customer side and the need (or lack thereof) for space suits from the mission side are becoming more relevant to consider.

ASTRAX is preparing for space suits in the transitional period to match both needs, as well as to provide pre-rehearsal, image training, photography, and education in preparation for the actual space trip. By making replicas of each company's space suit, we are learning the details of each company's space suit and applying them to prototype and studying space suits to match customer needs as much as possible to expand the possibilities of space suits.

The space suits being produced ASTRAX are not for commercial sale, but are only necessary for rehearsals and image training to increase the success rate of missions to be performed in space by the passengers aboard each spacecraft, and are not intended to be developed into real spacesuits.

In the following, we will introduce replicas of the spacecraft internal suits that ASTRAX has made so far for various commercial companies. Also, to discuss future spacecraft internal suits based not only on image and functionality, but also on artistic and fashionable aspects.

3.1 Space suit replicas from various companies

ASTRAX has produced space suit replicas for passengers (not pilots) on the cabin side of Virgin Galactic's Unity spacecraft, space suit and helmet replicas for passengers on SpaceX's Crew Dragon, and a replica space suit for passengers aboard Blue Origin's New Shepherd spacecraft.

It should be noted that the design of each replica is not intended to be an identical reproduction. This is because what is important for the customer needs of space travel and the realization of the mission is the content of the mission, such as prior confirmation of arrangements and rehearsals, and not the accuracy of the space suit design.

3.1.1 Virgin Galactic space suit replica

ASTRAX has produced replicas of the spacesuits worn by customers aboard Virgin Galactic's spacecraft.

These spacesuit replicas and ASTRAX's commercial spacecraft education and training simulators will be used for space education, commercial space industry awareness activities, and promotional filming for the commercial space businesses.



Fig. 5. Real Space Suits (top), Replicas and Simulator (middle, bottom) of Virgin Galactic's Unity Spacecraft

3.1.2 SpaceX space suit replica

ASTRAX has also produced a replica of the space suit worn by SpaceX's Crew Dragon spacecraft during launch and return. The helmet was produced using a 3D printer.

These, along with the ASTRAX Commercial Spacecraft Education and Training Simulator, will be used for educational and awareness activities, as well as for promotional photography for the space business.



Fig. 6. Real Space Suits (left), Replicas and Simulator (right and bottom) of SpaceX's Crew Dragon spacecraft

3.1.3 Blue Origin space suit replica

ASTRAX, in collaboration with Getty Images, has also produced space suits inspired by the Blue Origin space suits. Getty Images is a Photo image agency.

These, as well as the ASTRAX Spacecraft Education and Training Simulator, will be used for educational and awareness activities, as well as for promotional filming for the commercial space business.



Fig.7. Real Space Suits (left), Replicas (right) of Blue Origin's New Shepard spacecraft





Fig.8. Real Space Suits (top), Replicas (middle and bottom) and Simulator (bottom) of Blue Origin's New Shepard spacecraft

3.2 Flight Suit Modifications & Shibuki-Art Possibilities

ASTRAX has space suits that commercial astronauts wear during training, zero gravity flight services, lectures, interviews, and education. Originally, they were provided for XCOR spacecraft crews and used for training and other purposes. However, after nearly 10 years of use, the color had faded and they had become quite shabby.

With the cooperation of Mr. Takakura, the founder of Takakurazome and a Shibuki-Art artist, the space boarding uniforms (training uniforms) were re-dyed. By applying Shibuki-Art to them, we were able to revitalize them into a completely new flight suit.

The new dyed and glued flight suits not only looked new, but also had a more solid shape. The Shibuki-Art was applied to add an artistic and vivid touch, making them attractive to those just by wearing them.

ASTRAX is now trying to provide a service where worn-out space suits and zero gravity flight suits can be re-dyed and decorated with artwork. Most astronauts rarely use

their space suits after training or actual flight, but ASTRAX hopes to customize them for various purposes so that they can be used for various purposes after flight.

We believe that such a concept is a very important service in terms of effective use of the environment and resources, as well as for achieving the goals of the recent SDGs.

In the future, it will be necessary to develop new technologies and provide services for clothing in space, such as re-dyeing and artwork for various types of in-space clothing so that they can be reused, and further extending their usable period by enabling them to be cleaned in space. In addition, it will be necessary to develop new technologies and provide new services for clothing in space.



Fig.9. A Space Suit by Applying Shibuki-Art and Takakurazome

3.3 Necessity of Cleaning Spacecraft Clothes

Considering the ASTRAX Solar System Economic Bloc Initiative (refer to Reference [23. 52]), it is better to be able to reuse internal spacecraft clothing. We are also conducting research on cleaning space suits so that they can be washed and used repeatedly even if they get dirty in space.

For more information on space garment cleaning, please refer to Reference [58].

3.4 ASTRAX Commercial Space Suit Research and Development Center

ASTRAX has established the ASTRAX Commercial Space Suit R&D Center in Kyotango City, Kyoto Prefecture, Japan, for dyeing and re-dyeing of space suits, art construction, new space suit production, replica production, and various other research and development of space suits, as shown in 3.2.

The center will evolve to meet a variety of needs as it accumulates experience through various experiments and service offerings.

3.5 Linkage with ASTRAX U2U and ASTRAX ACADEMY education system

As more and more people go to space in the future, it is likely that people who go to space will want to wear the clothes worn by those who went to space first. If the first person takes the clothes to space and leaves them there after they are used, the person later can wear the clothes in space without having to bring them from Earth. This would also reduce the amount of luggage to be taken into space. ASTRAX U2U [45], a system being developed by ASTRAX to connect individuals to space, will make it possible to manage and fulfill such needs and supply.

In addition, there will be people who want to produce their own space suits in the future. They will be able to learn and realize their own space suits at the ASTRAX ACADEMY, including the knowledge of space suits accumulated at ASTRAX, who has produced several kinds of space suit replicas. For more information on ASTRAX ACADEMY, please refer to the following paper. [25, 54]

4. Results

Through this paper, we have shown that the role of space suits in the past, which focused on functionality and safety, is changing, and that the elements and possibilities required for space suits in the future, including artistry and design, are also changing.

Mainly in Chapter 3, we believe that we were able to show how important it will be to accumulate the current space suit replica development know-how conducted by ASTRAX, and the importance of responding to customer needs and missions.

5. Discussion

As of 2022, there is no company in the world that has developed a space suit replica specifically for space travel. In addition, there is no other company in the world that has provided services in so many outfits for zero gravity flights, except ASTRAX.

In order to match the needs of customers and the requirements of the mission side, we will continue to improve various technologies related to space suits, including base space suit preparation technology and customization technology, pre-verification technology to fly in a completely original fashion, demonstration technology in space, photography technology, and

technology to perform deployment and maintenance afterwards, as well as it will also be necessary to continue to create more and more services.

In addition, space suits also need to evolve while improving user interface, optionality, customizability, and expandability, such as interlocking with spacecraft passengers, interlocking with equipment in the spacecraft and on the ground. In a sense, this is similar to creating a smartphone for clothing. It is important to design, develop, manufacture, and provide the product from all perspectives, including comfort, convenience, functionality, design, recyclability, reusability, maintainability, and weight reduction.

Clothing will become an extremely important element when people from all over Earth go to space, for example, for space travel. Not only for protection, but also to give an impression of what kind of person they are.

The technology associated with wearing clothes is also important: how to make the clothes themselves reusable and how to make them easy to provide.

ASTRAX will continue to develop various technologies including space suits, with the needs of space travelers and mission success as the highest priority.

6. Conclusions

We were able to consider various possibilities for the future development of in-spacecraft clothing.

In particular, it is significant not only for the possibilities of in-spacecraft clothing, but also for the fact that we have learned that it can be linked to spacecraft education and training simulators, used for space education, and linked to the realization of the solar system economic zone concept through dry cleaning technology.

In order to realize all of these possibilities, ASTRAX will continue to place the highest priority on the realization of customer needs, and will conduct all kinds of research, technology development, and service provision to improve the comfort and service of space travel.

References

Reference to a conference/congress paper:

- [1] T. Yamazaki, 民間商業宇宙飛行士と新規宇宙ビジネスの展開について, 3D18, 50th Space Science and Technology Conference, Kita Kyushu, Japan, 2006, 8- 10 November.

- [2] T. Yamazaki, OVERVIEW OF ASTRAX SPACE SERVICES INCLUDING OVER 50 SPACE BUSINESSES, ISDC-2018-Many Roads to Space, International Space Development Conference 2018, Los Angeles, USA, 2018, 24-27 May.
- [3] T. Yamazaki, ASTRAX ZERO GRAVITY FLIGHT SERVICES IN JAPAN, ISDC-2018-Many Roads to Space, International Space Development Conference 2018, Los Angeles, USA, 2018, 24-27 May.
- [4] T. Yamazaki, ASTRAX LUNAR CITY DEVELOPMENT PROJECT, ISDC-2019-Many Roads to Space, International Space Development Conference 2019, Washington D.C., USA, 2019, 5-9 June.
- [5] T. Yamazaki, ASTRAX SPACE SERVICES PLATFORM BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY, ISDC-2019-Many Roads to Space, International Space Development Conference 2019, Washington D.C., USA, 2019, 5-9 June.
- [6] Taichi Yamazaki, Buhe Heshige, Yoshihide Nagase, ASTRAX UNIVERSAL SERVICE PLATFORM BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY, IAC-19- E6.5-GST.1.6, 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C., United States, 2019, 21-25 October.
- [7] Taichi Yamazaki, MISSION CONTROL CENTER TO SUPPORT COMMERCIAL SPACE MISSIONS AND PASSENGER'S ACTIVITIES INSIDE OF THE CABIN, IAC-19-B3.2.3, 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C., United States, 2019, 21-25 October.
- [8] Taichi Yamazaki, ASTRAX ACADEMY AND SPACE BUSINESS AND SPACE FLIGHT SUPPORT EDUCATIONAL SYSTEM, Next-Generation Suborbital Researchers Conference (NSRC), Broomfield, CO, United States, 2020, 2-4 March.
- [9] Taichi Yamazaki, MISSION SUPPORT CONTROL CENTER AND SUBORBITAL SPACECRAFT SIMULATOR TO SUPPORT COMMERCIAL SPACE MISSIONS AND CUSTOMER ACTIVITIES, Next-Generation Suborbital Researchers Conference (NSRC), Broomfield, CO, United States, 2020, 2-4 March.
- [10] Taichi Yamazaki, ZERO-G-NAUT AND MISSION COMMANDER TO SUPPORT COMMERCIAL SPACE MISSIONS AND CUSTOMER ACTIVITIES INSIDE CABIN, Next-Generation Suborbital Researchers Conference (NSRC), Broomfield, CO, United States, 2020, 2-4 March.
- [11] Taichi Yamazaki, "SPACE SCOOTER": SPACE MOBILITY SYSTEM USED IN SPACE HOTELS AND SPACE STATIONS, IAC-20-B3.7.17, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [12] Taichi Yamazaki, ASTRAX LUNAR CITY DEVELOPMENT PROJECT 2020, IAC-20-D4.2.11, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [13] Taichi Yamazaki, ASTRAX LUNAR CITY ECONOMIC SYSTEM BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY, IAC-20-E6.2.9, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [14] Taichi Yamazaki, ASTRAX SPACE SERVICE CATALOG SYSTEM FOR SPACE TOURISM, IAC-20-B3.2.12, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [15] Taichi Yamazaki, ASTRAX UNIVERSAL SERVICE PLATFORM BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY, IAC-20-D4.1.20, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [16] Taichi Yamazaki, EXPERIENCE AND LESSONS LEARNED FROM THE COVID-19 PROBLEM IN JAPAN AND APPLICATION TO SPACE TRAVEL, IAC-20-A1.3.15, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [17] Taichi Yamazaki, ZERO-G-NAUT AND MISSION COMMANDER TO SUPPORT COMMERCIAL SPACE MISSION AND CUSTOMER ACTIVITIES INSIDE CABIN, IAC-20-B3.2.13, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [18] Chieko Takahashi, Yuko Kiriara, Creating a new business of Space Flight Attendant service & SFA Academy, IAC-20-B3.2.10, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [19] Taiko Kawakami, Taichi Yamazaki, THE IMPORTANCE OF KIMONO IN SPACE, IAC-20-E1.9.2, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [20] Taiko Kawakami, Taichi Yamazaki, WHAT WOMEN NEED FOR SPACE TRAVEL, IAC-20-E3.2.9, 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [21] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, ASTRAX LUNAR CITY DEVELOPMENT PROJECT 2021, IAC-21-D3.1.6, 72nd International Astronautical

- Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [22] Taichi Yamazaki, COMMERCIAL SPACE MISSION SUPPORT CONTROL CENTER AND SUBORBITAL SPACECRAFT SIMULATOR TO SUPPORT COMMERCIAL SPACE MISSIONS AND PASSENGERS' ACTIVITIES IN SPACE, IAC-21-B6.2.12, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [23] Taichi Yamazaki, INITIATIVE OF DEVELOPMENT OF THE SOLAR SYSTEM ECONOMIC BLOC BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY, IAC-21-D4.1.11, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [24] Taichi Yamazaki, Mika Islam, SPACE FASHION AND SPACE CULTURE IN THE AGE OF SPACE TRAVEL AND THE POSSIBILITIES OF "SPACE HAGOROMO", IAC-21-E5.3.6, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [25] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, Keiichi Iwasaki, Akifumi Mimura, MAKING ASTRAX ACADEMY ONLINE AND MULTILINGUAL, IAC-21-E1.7.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [26] Taichi Yamazaki, POTENTIAL FUTURE PLAN OF SPACE IZAKAYA AS A PLACE TO CREATE NEW PRIVATE SPACE BUSINESS, IAC-21-E1.9.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [27] Taichi Yamazaki, FOSTERING UNIVERSAL HUMAN RESOURCES AND SUPER NEWTYPES FOR THE SPACE AGE, IAC-21-E1.9.8, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [28] Taichi Yamazaki, Shunsuke Chiba, DEMAND AND SUPPLY MATCHING BY THE ASTRAX LUNAR CITY BUSINESS COMMUNITY AND RESIDENCE CLUB, IAC-21-D3.3.3, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [29] Taichi Yamazaki, OUTLINE OF ASTRAX PRIVATE SPACE BUSINESS CREATION EDUCATION AND TRAINING CENTER, IAC-21-B3.2.5, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [30] Taichi Yamazaki, PROTOTYPE PLANS FOR VARIOUS COMMERCIAL SPACECRAFT TRAINING SIMULATORS, IAC-21-B3.2.2, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [31] Taichi Yamazaki, Yuki Yamazaki, EXPERIMENTS ON COLORING SOAP BUBBLES UNDER MICROGRAVITY, IAC-21-A2.6.5, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [32] Taichi Yamazaki, STUDY OF THE SELECTION OF LOCATION FOR COMMERCIAL SPACEPORTS IN JAPAN, IAC-21-D6.3.8, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [33] Taichi Yamazaki, SPACE RADIATION SHIELDING BY WATER DOME IN ASTRAX LUNAR CITY ON THE MOON, IAC-21-A1.5.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [34] Taichi Yamazaki, Hiroki Nakaegawa, INTRODUCTION OF A PRACTICAL EXAMPLE OF ASTRAX LUNAR CITY MAPPING WITH MINECRAFT AND ITS LINKAGE TO ECONOMIC ACTIVITIES ON EARTH, IAC-21-D4.2.6, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [35] Taichi Yamazaki, Hiroki Nakaegawa, DEVELOPMENT OF A CIVILIAN SPACECRAFT INTERIOR SIMULATOR USING MINECRAFT, IAC-21-B6.3.11, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [36] Taichi Yamazaki, PROPOSAL TO ADD A SPACE ECONOMICS SUBCOMMITTEE TO THE UN OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS' COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE (COPUOS IN UNOOSA), IAC-21-E3.4.7, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [37] Ayako Kurono, Haruto Kurono, Taichi Yamazaki, THE GENDER GAP AND ITS IMPACT IN MANGA, ANIME AND OTHER SPACE CREATIONS, IAC-21-E5.3.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [38] Ayako Kurono, Haruto Kurono, Taichi Yamazaki, CAREER DESIGN IN SPACE - FROM CHALLENGED TO CHALLENGING, IAC-21-B3.9-GTS.2.1, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [39] Haruto Kurono, Ayako Kurono, Taichi Yamazaki, THE EFFECTS OF USING MINECRAFT TO TEACH CHILDREN ABOUT SPACE, IAC-21-E1.8.2, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.

- [40] Tomoko Imaizumi, Taichi Yamazaki, MAINTAINING THE HEALTH OF PILOTS AND CREW, IAC-21-D6.3.4, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [41] Taichi Yamazaki, Mami Oka, CONSIDERATION ON THE CREATION OF A CHICKEN EGG MARKET AT THE MOON VILLAGE, IAC-21-D4.2.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [42] Chieko Takahashi, Yuko Kiriha, Taichi Yamazaki, CONSIDERATION OF THE FUTURE PROSPECTS OF THE SPACE FLIGHT ATTENDANT(SFA) PROFESSION WITH THE EXPANSION OF SPACE TRAVEL MARKETING, IAC-21-B3.9-GTS.2.10, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [43] Taiko Kawakami, Taichi Yamazaki, PROBLEMS AND SOLUTIONS THAT ARE PREVENTING MORE WOMEN FROM BECOMING SPACE TOURISTS, IAC-21-B3.2.3, 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 2021, 25-29 October.
- [44] Hayaki Tsuji, Taichi Yamazaki, Satoshi Takamura, Yoichi Sugiura, PEACE THOUGHT AND SOCIO-ECONOMY FOR THE SPACE AGE USING SATELLITES, IAC-20-E5.5.5, 71st International Astronautical Congress (IAC) – The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [45] Taichi Yamazaki, ADVANCED SPACE SERVICE ACCESS APPLICATION TOOL: ASTRAX UNIVERSAL USER INTERFACE (U2U), IAC-20-B3.1.11, 71st International Astronautical Congress (IAC) – The CyberSpace Edition, 2020, 12-14 October.
- [46] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, DEVELOPMENT OF A TERIPPER FOR INTRA-SPACECRAFT TRANSPORTATION, IAC-22-A1.3.17, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [47] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, POSSIBILITY OF ZERO GRAVITY FLIGHT SERVICE BY MRJ (MITSUBISHI REGIONAL JET), IAC-22-A2.IPB.1, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [48] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, DEVELOPMENT OF ASTRAX COMMERCIAL SPACECRAFT EDUCATION AND TRAINING SIMULATOR, IAC-22-B3.IPB.4, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [49] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, DEVELOPMENT OF SPACE SHOWER, IAC-22-B3.3.5, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [50] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, PRODUCTION OF SPACE SUITS AND REPLICAS FOR SPACE TRAVEL, IAC-22-B3.9-GTS.2.1, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [51] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, ADVANCED SPACE SERVICE ACCESS APPLICATION TOOL “ASTRAX UNIVERSAL USER INTERFACE (ASTRAX U2U)”, IAC-22-B5.IP.7, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [52] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, ASTRAX SOLAR SYSTEM ECONOMIC BLOC CONCEPT USING NFT AND METAVERSE TECHNOLOGIES, IAC-22-D4.1.10, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [53] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, DEVELOPMENT OF A REAL-LIFE (ANALOG) ASTRAX LUNAR CITY CONSTRUCTION PROJECT IN JAPAN, IAC-22-D4.2.6, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [54] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, MULTILINGUALIZATION OF ASTRAX ACADEMY, IAC-22-E1.7.10, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [55] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, POSSIBILITY OF ZERO GRAVITY FLIGHT AND SPACE FLIGHT BY PEOPLE WITH DISABILITIES, IAC-22-E1.9.18, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [56] Taichi Yamazaki, Kentaro Chimura, Taiko Kawakami, DEVELOPMENT OF SPACE TOILET "SPACE BENKING" IN JAPAN, IAC-22-E5.IP.10, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [57] Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, DISASTER PREVENTION AND EVACUATION TECHNOLOGIES ON EARTH AND THEIR APPLICATION TO SPACE TRAVEL, IAC-22-E5.4.9, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- [58] Mika Islam, Taichi Yamazaki, CLEANING METHODS FOR REUSING CLOTHES IN SPACE, IAC-22-B3.7.7, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.

- [59] Mika Islam, Taichi Yamazaki, HOW TO GO TO SPACE WITH DIFFERENT HAIRSTYLES, IAC-22-E1.9.7, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [60] Yuko Kirihaara, Airi Negisawa, Chieko Takahashi, Taichi Yamazaki, Cocoro Tamura, RESEARCH ON PSYCHOLOGICAL CHANGES AND GROWTH OF CHILDREN THROUGH EDUCATION RELATED TO COMMERCIAL SPACE BUSINESS, IAC-22-E1.IPB.9, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [61] Ayako Kurono, Taichi Yamazaki, WHAT DO THEY NEED FOR A SPACE MUSEUM?, IAC-22-E5.5.8, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [62] Haruto Kurono, Taichi Yamazaki, ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF A LUNAR COMMUNITY AND ACTIVITY SPACE BY CHILDREN FOR CHILDREN, IAC-22-D4.2.10, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [63] Akifumi Mimura, Taichi Yamazaki, VIDEO EDITING SERVICES FOR SPACE TRAVELLERS, IAC-22-B3.2.6, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [64] Akifumi Mimura, Taichi Yamazaki, TECHNOLOGIES ON A TRANSPARENT RESTROOM COULD BE USED FOR LUNAR HABITATS, IAC-22-E5.1.8, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [65] Taiko Kawakami, Taichi Yamazaki, ASTRAX LUNAR CITY PROJECT 2022, IAC-22-D3.1.12, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [66] Chikako Murayama, Taichi Yamazaki, THE NEED FOR A SPACE VERSION OF HAND SIGNALS, A COMMUNICATION TOOL FOR SPACE TRAVELERS, IAC-22-B3.2.1, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [67] Chikako Murayama, Taichi Yamazaki, Taiko Kawakami, PHOTOGRAPHY SERVICES AND TECHNIQUES REQUIRED FOR SPACE TRAVEL, IAC-22-D6.1.8, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [68] Chikako Murayama, Taichi Yamazaki, ON IMAGES OF THE UNIVERSE INFLUENCED BY MANGA AND ANIME, IAC-22-E1.9.3, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [69] Hikaru Otsuka, Taichi Yamazaki, A SPACE EDUCATION PROGRAM TO SOLVE THE SHORTAGE OF COMMERCIAL SPACE TEACHERS IN JAPANESE SCHOOLS, IAC-22-E1.7.8, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [70] Yasuko Fukushima, Taichi Yamazaki, HOW TO CAPTURE THE COSMIC DIVERSITY THAT IS COMING, IAC-22-E1.9.22, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [71] Chieko Takahashi, Taichi Yamazaki, THE ROLE OF SPACE FLIGHT ATTENDANTS IN LARGE, LONG-DURATION SPACE TRAVEL, IAC-22-B3.2.10, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [72] Yoshiaki Kurihara, Taichi Yamazaki, INSIDE&VERTICAL FARMING ON MARS, IAC-22-A3.IPB.43, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [73] Yoshiaki Kurihara, Taichi Yamazaki, SERVICE OF ENTERTAINMENT ARCADE ON MARS OR THE MOON, IAC-22-D4.2.8, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [74] Yoshiaki Kurihara, Taichi Yamazaki, AERONAUTICAL EDUCATION FOR FRESHMEN, IAC-22-E1.3.4, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
 - [75] Kiyomi Shigematsu, Taichi Yamazaki, PROPOSAL FOR A BUSINESS MODEL THAT ENABLES AND ENCOURAGES OLDER ADULTS TO TRAVEL TO SPACE, IAC-22-E5.IPB.22, 73rd International Astronautical Congress (IAC), Paris, France, 2022, 18-22 September.
- Reference to a website:**
- [76] engadget, Hyper Space Couture Design Contest features "spacewear" outfits, <https://www.engadget.com/2006-11-03-hyper-space-couture-design-contest-features-spacewear-outfits.html> (accessed on August 26, 2022)
 - [77] Zero-G Website, <https://www.facebook.com/GoZeroG/photos/pb.100033954345574.-2207520000../10166122420935705/?type=3>, (accessed on August 26, 2022)
 - [78] Zero-G Facebook Page, <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=755288398946298&set=pb.100033954345574.-2207520000..&type=3>, (accessed on August 26, 2022)

IAC-22-B3.9-GTS.2.1

PRODUCTION OF SPACE SUITS AND REPLICAS FOR SPACE TRAVEL

Taichi Yamazaki^{a*}, Taiko Kawakami^b

*a CEO and Astronaut, ASTRAX, Inc., 2-23-17 Komachi, Kamakura, Kanagawa, 248-0006, Japan,
taichi.yamazaki@astrax.space*

*b General Manager, ASTRAX, Inc., 1-1-4-301 Mukogaoka, Bunkyo, Tokyo, Japan 113-0023,
taiko.kawakami@iss-japan.com*

**Corresponding Author*

Abstract

As of 2022, what space travelers will wear when they go to space depends on the design and decisions of the spacecraft development companies. Since we are in a transitional period, many aboard the spacecraft passengers will be wearing jump suit type space suits for a while. The space suits are evolving and becoming simpler and simpler. That's fine the meantime, but in the future, customers will want to go into space dressed freely, just like when they board an airplane or a ship. This paper redefines what space travelers wear when they go to space by dividing them into four categories: conventional flight suits, recent flight suits, future flight suits, and free attire. The findings from making replicas of space suits, and discussion of the results of our study on the merits and demerits of each category will be included as well.

アブストラクト

2022 年現在、宇宙旅行者が宇宙に行くとき、どのような格好で宇宙に行くかは、宇宙船開発会社の設計や決定に依存しています。いまはその過渡期なので、しばらくはツナギタイプの宇宙服を着ていく宇宙船が多いです。その宇宙服も進化しておりどんどんシンプルになってきています。しばらくはそれでも良いのですが、将来的には、飛行機や船に乗るときのように、顧客は自由な格好で宇宙に行くことを望むでしょう。

本論文では、宇宙服のレプリカ製作から得られた知見を含め、これまでのフライトスーツ、直近のフライトスーツ、未来のフライトスーツ、そして自由な服装という4つのカテゴリーにわけて、宇宙旅行者が宇宙に行く時の服装について再定義を行い、それぞれのメリットデメリットについて検討した結果を発表します。

Keywords: Virgin Galactic, Blue Origin, SpaceX, ASTRAX, Space Suit, Flight Suit

1. はじめに(序論)

ASTRAX では、2012 年より、日本において無重力飛行サービスを行ってきた。その ASTRAX の無重力飛行サービスでは、乗客が 6 人搭乗可能な小型のジェット機を使用しており、民間宇宙船で宇宙旅行に行く顧客と同じようなイメージでサービスが行われてきた。現在は飛行機が引退し、乗客が 3 人まで乗れる MU-300 で実施している。

サービス開始当時は、乗客が全員オレンジ色のツナギを揃いで着て、かっこよさを演出してイメージアップを図っていた。確かに最初はそれで問題はなかったが、そのニーズはすぐに壊れた。個別の衣装を持ち込んで、途中で着替えたり、あるいは最初からツナギを着ないで衣装のまま飛び乗客が出てきたからである。

2012 年から 2022 年の現在までで、日本での無重力飛行サービスにおいては、機能性を重視したフライトスーツ(搭乗服)から、夢の実現や見栄えを重視したコスプレにニーズが移行している。



現在の宇宙旅行においては、各社ごとに乗客が着る宇宙服があり、搭乗者はそれを必ず着ないといけないことになっている。しかし、すぐにそのルールは壊れていき、もっとフレキシブルにさまざまな顧客ニーズに合わせて顧客が持ち込んだ衣装で飛ぶことが必要になってくるだろう。

そこで ASTRAX では、宇宙服についての知見や技術を身につけ、顧客ニーズに合わせて宇宙服をチョイスできるようにしていく予定である。

そのためにまずは各社の宇宙服についての情報をまとめ、理解するため、各社の宇宙船内服のレプリカを作り、顧客ニーズの分析を行なっているところである。本論文では、これまでの宇宙服(宇宙船内服)やこれからの宇宙服と合わせて、顧客のニーズに合わせた自由な宇宙での服装という新しい分野について検討したい。

2. 宇宙飛行や無重力飛行に必要な衣服

2.1 過去の宇宙服

アメリカ、ロシア、中国などは、打上げ帰還時用の宇宙服や、船外活動用の宇宙服など、さまざまな宇宙服を作ってきた。これらの経験の技術の上に、現代の宇宙服がある。宇宙服は、宇宙船に何かあった場合の安全対策の一つでもあるが、スペースシャトルやミールなど、宇宙船が安全になるにつれて、安定的な宇宙飛行中は、特別な宇宙服を着なくても私服で生活できるようになってきた。

2.2 現在の宇宙服

現在、オービタル宇宙船では、打ち上げ時にヘルメットを被ったり、特別な機能を有する宇宙服を着ることになっている。一方、民間の宇宙旅行用の弾道飛行宇宙船などでは、与圧機能などを有していないツナギのような宇宙服のみでヘルメットを被らないでも宇宙に行けるようになってきた。宇宙服の作りもシンプルになってきており、重さも軽く、身動きしやすいものになっている。

2.3 未来の宇宙服

これからの宇宙服は、さらにシンプルになっていくだろう。商業宇宙旅行が広がってくると、ますます気軽に飛行機や電車に乗るような感覚で宇宙船に乗れるようになるだろう。その際、宇宙船の運航会社のスタッフはユニフォームがあるかもしれないが、乗客は服装を気にせずに乗れるようになるだろう。もっと言うと、パイロットやスタッフすら乗らない自動制御の宇宙船となると、乗客しかいないため、もはや宇宙服的なもの(ユニフォームとしてのもの)も必要なくなるだろう。

2.4 自由な服装

宇宙船の技術的な制約、安全上の制約がなくなると、搭乗者が宇宙服を着ることはなくなる。普通の宇宙を観光として楽しむ人たちが乗る場合、誰もが自由な私服で乗ることが普通になることが予想される。あるいは、あえてお揃いのオリジナルユニフォームを作るかもしれない。【76】

また、宇宙船の中で行われるミッションによって、さまざまな衣装を揃えていく必要も出てくるだろう。例えば、宇宙結婚式用のウェディングドレスや、宇宙における正装として、あえて自国の民族衣装を着るといったこともあるかもしれない。(参考文献【19】参照)

その場合、宇宙船内の環境が無重力になる場合には、ただ、地上にある衣装を持ち込むだけでなく、無重力状態でも衣服としての機能を果たすとともに、活動を邪魔しないものにしなければならない。

2.5 宇宙服デザインコンテスト

過去に、宇宙船内服デザインコンテストが行われた。その上位 10 作品について実際に制作を行い、東京やニューヨーク、フランスなどでファッションショーが行われたことがある。

当時は未来の宇宙ファッションの可能性ということで、デザイナーが自由に発想を行ったものだが、今後は実際に宇宙に行く人たちによるニーズに応える形で、自由な発想とデザイン、その上で実用的な宇宙船内服の開発が進んでいくだろう。



図1 宇宙船内服デザインコンテストのモデルウォーク

2.6 無重力飛行における衣服

通常、無重力飛行を行うのは飛行機であるため、機能上は服装に制限はない。無重力飛行サービスを行う会社のスタッフとしてはユニフォームとしてのツナギを着るし、搭乗者も同様のツナギを着て無重力を行うようなサービスがほとんどである。しかし、乗客がツナギを着ることは必須ではない。実際にツナギを着ないで無重力飛行をおこなっている事例はたくさんある。

2.6.1 ASTRAX 無重力飛行サービスにおける衣服

ASTRAX では 2012 年から日本において無重力飛行サービスをおこなってきた。最初のフライトの頃は、搭乗者は全員オレンジ色のフライトスーツを着るのがルールであった。しかし、初回のフライトに搭乗した乗客の一人が、2 回目、3 回目と連続で搭乗された。その乗客は 2 回目以降、自分の着たい衣装を持参して、それを着て無重力飛行中に撮影を行った。それ以来、オレンジのフライトスーツを着なくても良いというルールになった。その結果、ASTRAX 無重力飛行サービスでは、半分以上の乗客が、オレンジのフライトスーツ以外に、自前の衣装を着て飛んでいる。どのような衣装で飛んだかについてのデータは、参考文献【10】にまとめているのでそちらを参照のこと。



図 2 ASTRAX 無重力飛行サービス

2.6.2 海外の無重力飛行サービスにおける衣装の例

日本以外の無重力飛行サービスにおいて、無重力飛行会社指定のフライトスーツ以外の服装で飛行を行った例をいくつか示す。



図 3 ウェディングドレスとタキシード【77】



図 4 オリジナルフライトスーツで無重力デート【78】

2.7 ニーズやミッションが優先する

このように、無重力飛行において、元々はツナギを着るというルールだったものが、顧客のニーズやミッションによって、そのルールを逸脱して、自由な服装で飛べるようになってきている。同じようなことが宇宙旅行でも起こってくるだろう。そのため、顧客ニーズに合わせた宇宙船内服をカスタマイズ（あるいは制作）する必要が出てくるだろう。また、顧客が持ち込む服装についても、しばらくは事前検証をおこなっておくことが、実際のミッションの成功に繋がるだろう。

2.8 事前検証の必要性

ASTRAX が 2012 年から行ってきた無重力飛行においては、着物や水着、ドレスやタキシード、さまざまなコスチュームなどを着用して飛行される事例が非常に多い。しかし思った通りの状態で飛べるかという、無重力環境において、体も衣服も浮遊している状態なので、予想外の挙動になることがほとんどである。また、ほとんどの場合、それぞれが希望する格好で撮影をすることが目的であることが多く、どのような格好で撮影を行うかを事前にチェックしたり、リハーサルしたりすることが重要となってくる。こういったことは、初めから指

定されている宇宙服やツナギなど、すでに実績があるもので飛行する場合には必要ない。毎回異なる新しい服装で飛ぶからこそ、なるべく事前検証が必要となるのである。

そのため、ASTRAX では、事前にさまざまな検証が行えるように、各社の宇宙船の内装を模擬した宇宙船教育訓練シミュレーターというものを用意して、事前のイメージトレーニングやリハーサルが行えるようにしている。また、決められた宇宙服を着て行うミッションもあるため、それらの宇宙服のレプリカも用意して、顧客ニーズに応え、ミッションを成功させるための充実したサービスづくりをおこなっている。

3. 顧客ニーズに応えるための宇宙船内服の応用

2 章で示したように、これまでは宇宙船開発の延長で、宇宙船の性能や安全性などによって、さまざまな機能を有する宇宙服を着ることが重要だったが、一般人が宇宙に行くことが増えてきて、顧客側からのニーズやミッションからの宇宙服の必要性(あるいは不必要性)が重要となってきていると言える。

そこで、ASTRAX では過渡期にある宇宙船内服について、両方のニーズに応えつつ、宇宙旅行本番に備えた事前のリハーサルやイメージトレーニング、撮影や教育などが行えるように準備をしている。各社の宇宙服のレプリカを作ること、各社の宇宙服についての詳細を学びつつ、それらを応用して、少しでも顧客ニーズに応えられるよう、そして宇宙船内服の可能性を広げるために、宇宙服の試作や検討をおこなっている。

なお、ここで制作している宇宙服は、市販するものではなく、あくまで、それぞれの宇宙船に搭乗する搭乗者が宇宙で行うためのミッションの成功率を高めるためのリハーサルやイメージトレーニングに必要なものであり、本物の宇宙船内服の開発を目指しているものではない。

以下に、これまで ASTRAX が作ってきた民間各社の宇宙船内服のレプリカを紹介するとともに、イメージや機能性だけでなく、アート性やファッション性なども踏まえたこれからの宇宙船内服についても検討することにする。

3.1 各社の宇宙服のレプリカ

ASTRAX がこれまで制作してきた宇宙船内服のレプリカは、ヴァージンギャラクティック社の宇宙船ユニティのキャビン側に搭乗する搭乗者(パイロットではない)のための宇宙服のレプリカ、スペース X のクルードラゴンに搭乗する人のための宇宙服とヘルメットのレプリカ、ブルーオリジン社の宇宙船ニューシェパードに搭乗する搭乗者のための宇宙服のレプリカである。なお、それぞれのレプリカのデザインは完全に忠実に再現することを目指してはいない。宇宙旅行の顧客ニ

ーズやミッション実現のために重要なことは、段取りの事前確認やリハーサルなど、ミッションの中身であり、宇宙服のデザインの正確性ではないからである。

3.1.1 ヴァージンギャラクティックの宇宙服レプリカ

ASTRAX では、ヴァージンギャラクティック社の宇宙船に搭乗する顧客が着る宇宙服をイメージしたレプリカを制作した。これらの宇宙服レプリカと ASTRAX の民間宇宙船教育訓練シミュレーターを利用して、宇宙教育や民間宇宙産業の啓蒙活動、民間宇宙ビジネスのプロモーション撮影などに使用していく予定である。



図 5 ヴァージンギャラクティック社の宇宙船ユニティの本物のフライトスーツ(上)、レプリカとシミュレーター(中央と下)

3.1.2 スペースX の宇宙服レプリカ

さらに ASTRAX では、スペース X の宇宙船クルードラゴンの打ち上げと帰還時に着る宇宙服をイメージしたレプリカも制作した。ヘルメットは3Dプリンターを使って制作した。これらも ASTRAX 民間宇宙船教育訓練シミュレーターとともに、教育や啓蒙活動、宇宙ビジネスのプロモーション撮影などに使用していく予定である。



図 5 スペース X 社の宇宙船クルードラゴンの本物のフライトスーツ(左)、レプリカとシミュレーター(右と下)

3.1.3 ブルーオリジンの宇宙服レプリカ

ASTRAX では、Getty Images と共同で、ブルーオリジンの宇宙服をイメージした宇宙服も制作した。

これらも同様に、ASTRAX 民間宇宙船教育訓練シミュレーターとともに、教育や啓蒙活動、民間宇宙ビジネスのプロモーション撮影などに使用していく予定である。



図 6 ブルーオリジン社の宇宙船ニュー Shepard の本物のフライトスーツ(左)、レプリカ(右)





図 7 ブルーオリジン社の宇宙船ニューシェパードの本物のフライトスーツ(上)、レプリカとシミュレーター(中央と下)

3.2 フライトスーツを改造&シブキの可能性

ASTRAX では、民間宇宙飛行士が訓練や無重力飛行サービス、講演や取材や教育などの時に着る宇宙服を有している。元々は XCOR 社の宇宙船搭乗者用に支給され、訓練などに使っていたものである。しかし、10 年近く使用してきて、色が褪せ、かなりボロくなっていた。

そこで、高感染の創始者で、シブキアーティストである大下倉氏の協力を得て、その搭乗服(訓練服)を染め直してもらい、そこにシブキアートを施すことで、全く新しいつなぎに再生することができた。

そのツナギは、染め直したことにより、見た目も新しくなっただけでなく、糊付けもおこなったため、形もしっかりしたものになった。さらに、シブキアートを施したことでアート性や鮮やかさが付け加わり、着ているだけで、見る人を魅了することができるものとなっている。

そこで ASTRAX では、使い古した宇宙服や無重力飛行用搭乗服などを染め直したり、アートを施すことでさまざまな使い方ができるようなサービスを提供しようとしている。大概の搭乗者は訓練や実際の飛行で使った後は、そのツナギを使うことはほとんどないが、ASTRAX では飛行後もさまざまな利用ができるように、目的に合わせてカスタマイズできるようにしたいと考えている。

そのような考え方は、昨今の SDGs の目標達成のためにも、環境や資源の有効活用という意味でも、非常に重要なサービスであると考えている。

今後、同様にさまざまな宇宙船内服について、染め直したり、アートを施すことでリユースできるようにすること、さらには宇宙でクリーニングができるようにすることでさらに使用可能期間を延長することなど、宇宙での衣服についての新しい技術開発やサービス提供が必要となってくるだろう。



図 9 シブキアートと高感染を施したフライトスーツ

3.3 宇宙船内服のクリーニングの必要性

ASTRAX 太陽系経済圏構想(参考文献[23, 52]参照)を考慮すると、宇宙船内服はリユースできる方がいい。そこで、宇宙で汚れても洗って繰り返し使えるようにする宇宙衣服のクリーニングについての研究も同時に行っている。

宇宙衣服のクリーニングについては参考文献【58】にまとめてあるので参考のこと。

3.4 ASTRAX 民間宇宙服研究開発センター

ASTRAX では 3.2 項に示すような、宇宙船内服の染め直し、アート施工、あるいは新規宇宙船内服制作、レプリカの制作、その他さまざまな宇宙船内服の研究開発のために、ASTRAX 民間宇宙服研究開発センターを日本の京都府京丹後市に設立することになった。今後、さまざまな実験やサービス提供を行いながら実績を積みつつ、さまざまなニーズに応えられるように進化させていく予定である。

3.5 ASTRAX U2U や ASTRAX ACADEMY の教育システムとの連動

今後、多くの人が宇宙に行くようになると、先に宇宙に行った人が着た服を後から行く人が着たい、ということも出てくるだろう。はじめの人は、宇宙にその服を持って行き、使い終わった後に宇宙に置いてくるようにすれば、その後に宇宙に行く人は、すでに宇宙に服があるため、地球から持っていくなくてもその服を宇宙で着ることができるだろう。それによって宇宙に持っていく荷物も減らすことができる。ASTRAX が開発している個人と宇宙をつなぐシステム ASTRAX U2U【45】を使えば、そういったニーズと供給を管理し、実現することができるようになる予定である。

また、今後宇宙船内服を自分で制作したいという人も出てくるだろう。その人たちは、これまで数種類の宇宙服のレプリカを制作してきた ASTRAX に蓄積されている宇宙服の知識も含めて、ASTRAX ACADEMY で学び、実現して

いことができる。ASTRAX ACADEMY の詳細は以下の論文を参照のこと。【25, 54】

4. 結果

本論文を通じて、機能性と安全性を重視した昔の宇宙服の役割が変わってきていること、アート性やデザイン性を含め、今後宇宙服として必要な要素や可能性を示した。主に3章で、ASTRAX が行っている現在の宇宙服レプリカの開発ノウハウの蓄積がいかに重要になってくるか、また顧客ニーズやミッションに応えることの重要性などを示すことが出来たと考えている。

5. ディスカッション

2022 年現在、宇宙旅行専用の宇宙服レプリカ開発企業などは世界に存在しない。また、無重力飛行において、これだけたくさんの衣装でサービスを提供してきた企業も世界中を見ても ASTRAX 以外にはない。

顧客ニーズやミッション側の要求に応えるために、ベースとなる宇宙服準備技術とカスタマイズ技術、完全にオリジナルなファッションで飛ぶための事前検証技術、宇宙での実証技術、撮影技術、その後の展開とメンテナンスを行う技術など、宇宙服に関わるさまざまな技術向上やサービスをこれからもどんどん作っていく必要があるだろう。

また、宇宙船搭乗者との連動、宇宙船内の機器との連動、地上の設備との連動、など、ユーザーインターフェース性やオプション性、カスタマイズ性、拡張性などを高めながら、宇宙船内服も進化させていく必要がある。これはある意味、衣服のスマートフォンを作るようなものである。

快適性、利便性、機能性、デザイン性、再生性、再利用性、メンテナンス性、軽量化、などあらゆる視点で設計を行い、開発し、製造し、提供できるようにしていくことが重要である。

これから、地球上のあらゆる人々が宇宙旅行などによって宇宙に行く際、服装という要素は非常に重要な要素となる。身を守るだけでなく、その人がどのような人であるかを印象付けるためだ。そして、服自体をいかに使いまわせるようにするか、いかにそれらを提供しやすくするかという、服を着るということに付随する技術も重要である。

ASTRAX では、宇宙旅行者のニーズとミッションの成功を最重要と位置づけ、これからも宇宙服を含めたさまざまな技術開発を行なっていく。

6. 結論

宇宙船内服の今後の発展について、さまざまな可能性を考えることができた。

特に、宇宙船内での衣服の可能性だけでなく、宇宙船教育訓練シミュレーターとの連携、宇宙教育への利用、クリーニング技術などにより太陽系経済圏構想実現に向けた連携が取れることがわかったことも大きい。

ASTRAX ではこれらの可能性を全て実現させていくために、引き続き、顧客ニーズの実現を最優先に考え、宇宙旅行の快適性やサービス向上に向けて、あらゆる研究開発、技術開発、サービス提供を行なっていく。

参考文献

Reference to a conference/congress paper:

【1】民間商業宇宙飛行士と新規宇宙ビジネスの展開について

【2】Overview Of ASTRAX Space Services Including Over 50 Space Businesses,
50 以上の宇宙事業を含む ASTRAX の宇宙事業の概要

【3】ASTRAX Zero Gravity Flight Services In Japan,
日本における ASTRAX 無重力飛行サービス

【4】ASTRAX Lunar City Development Project,
ASTRAX 月面都市開発プロジェクト

【5】ASTRAX Space Services Platform By Using Blockchain Technology,
ブロックチェーン技術を活用したアストラックス宇宙サービスプラットフォーム

【6】ASTRAX Universal Service Platform By Using Blockchain Technology,
ブロックチェーン技術を活用した ASTRAX のユニバーサルサービスプラットフォーム

【7】Mission Control Center To Support Commercial Space Missions And Passenger'S Activities Inside Of The Cabin,
商業宇宙ミッションと乗客の機内活動を支援するミッションコントロールセンター

【8】ASTRAX Academy And Space Business And Space Flight Support Educational System,
ASTRAX ACADEMY と宇宙ビジネス・宇宙飛行支援教育システム

【9】 Mission Support Control Center And Suborbital Spacecraft Simulator To Support Commercial Space Missions And Customer Activities,
商業宇宙ミッションと顧客活動を支援するミッション支援管制センターとサブオービタル宇宙船シミュレータ

【10】 Zerog-Naut And Mission Commander To Support Commercial Space Missions And Customer Activities Inside Cabin,
Zerog-Naut と商業宇宙ミッションと顧客活動を支援するミッションコマンダー (船内)

【11】 “Space Scooter”: Space Mobility System Used In Space Hotels And Space Stations,
「スペーススクーター」宇宙ホテルや宇宙ステーションで利用される宇宙移動システム

【12】 ASTRAX Lunar City Development Project 2020,
ASTRAX 月面都市開発プロジェクト 2020

【13】 ASTRAX Lunar City Economic System By Using Blockchain Technology,
ブロックチェーン技術を活用した ASTRAX 月面都市経済システム

【14】 ASTRAX Space Service Catalog System For Space Tourism,
宇宙観光のための ASTRAX 宇宙サービスカタログシステム

【15】 ASTRAX Universal Service Platform By Using Blockchain Technology,
ブロックチェーン技術を活用した ASTRAX ユニバーサルサービスプラットフォーム

【16】 Experience And Lessons Learned From The Covid-19 Problem In Japan And Application To Space Travel,
日本の COVID-19 問題から得た経験と教訓、そして宇宙旅行への適用

【17】 Zero-G-Naut And Mission Commander To Support Commercial Space Mission And Customer Activities Inside Cabin,
ゼロ G 飛行士とミッションコマンダーが、商業宇宙ミッションと顧客活動を機内でサポートする

【18】 Creating A New Business Of Space Flight Attendant Service & Sfa Academy,
宇宙飛行士と SFA アカデミーという新しいビジネスの創出

【19】 The Importance Of Kimono In Space,
宇宙での着物の重要性

【20】 What Women Need For Space Travel,
女性が宇宙へ行くために必要なこと

【21】 ASTRAX Lunar City Development Project 2021
ASTRAX 月面シティ開拓プロジェクト 2021

【22】 Commercial Space Mission Support Control Center and Suborbital Spacecraft Simulator to Support Commercial Space Missions and Passengers Activities in Space
商業宇宙ミッションと宇宙での搭乗者の活動をサポートするための商業宇宙運用支援管制センターとサブオービタル宇宙船シミュレータ

【23】 Initiative of development of the Solar System Economic Bloc by Using Blockchain Technology
ブロックチェーン技術を活用した太陽系経済圏構築構想

【24】 Space Fashion and Space Culture in the Age of Space Travel and the Possibilities of “Space Hagoromo”
宇宙旅行時代の宇宙ファッションと宇宙カルチャー及び“宇宙羽衣”の可能性

【25】 Making ASTRAX ACADEMY Online and Multilingual
「ASTRAX ACADEMY」のオンライン化と多言語化

【26】 Potential Future Plan of Space Izakaya as a Place to Create New Private Space Business
新たな民間宇宙ビジネス創出の場としての宇宙居酒屋の将来性

【27】 Fostering Universal Human Resources and Super Newtypes for the Space Age
ユニバーサル人材の育成と宇宙時代のスーパーニュータイプの養成

【28】 Demand and Supply Matching by the ASTRAX LUNAR CITY Business Community and Residence Club
ASTRAX 月面シティのビジネスコミュニティとレジデンスクラブによる需要と供給のマッチング

【29】 Outline of ASTRAX Private Space Business Creation Education and Training Center
ASTRAX 民間宇宙事業創出教育訓練センターの概要

【30】 Prototype plans for various commercial spacecraft training simulators
さまざまな民間商用宇宙船訓練用シミュレータの試作計画

【31】Experiments on Coloring Soap Bubbles under Microgravity
微小重力下でのシャボン玉の着色に関する実験

【32】Study of the selection of location for commercial spaceports in Japan
日本における商業宇宙港の立地選定に関する研究

【33】Space Radiation Shielding by Water Dome in ASTRAX Lunar City on the Moon
ASTRAX 月面シティのウォータードームによる宇宙放射線の遮蔽

【34】Introduction of a practical example of ASTRAX Lunar City mapping with Minecraft and its linkage to Economic Activities on Earth
マインクラフトを使った ASTRAX 月面シティのマッピングの実践例と地球上の経済活動との連携の紹介

【35】Development of a Civilian Spacecraft Interior Simulator Using Minecraft
マインクラフトを用いた民間宇宙船内部シミュレーターの開発

【36】Proposal to Add a Space Economics Subcommittee to the UN Office for Outer Space Affairs' Committee on the Peaceful Uses of Outer Space(COPUOS in UNOOSA)
国連宇宙局の「宇宙空間の平和利用に関する委員会」(COPUOS in UNOOSA)に「宇宙経済小委員会」を追加する提案

【37】The Gender Gap and Its Impact in Manga, Anime and Other Space Creations
マンガ・アニメなどの空間演出におけるジェンダー・ギャップとその影響

【38】Career Design in Space - From Challenged to Challenging
宇宙でのキャリアデザイン - 挑戦者から挑戦者へ

【39】The Effects of Using Minecraft to Teach Children about Space
マインクラフトを使って子どもたちに宇宙を教える効果

【40】Maintaining the Health of Pilots and Crew
パイロットとクルーの健康維持

【41】Consideration on the Creation of a Chicken Egg Market at the Moon Village
月面ビレッジでの鶏卵市場の創設についての検討

【42】Consideration of the future prospects of the Space Flight Attendant (SFA) profession with the expansion of space travel marketing
宇宙旅行マーケティングの拡大に伴うスペースフライトアテンダント(SFA)という職業の将来性についての考察

【43】Problems and Solutions that are Preventing More Women from Becoming Space Tourists
宇宙旅行者になる一般女性を増やすことを妨げている問題点と解決方法

【44】人工衛星を使用した宇宙時代の平和思考と社会経済学(ワンスマイルファンデーションシステム)

【45】最新型宇宙サービスアクセスアプリケーションツール「ASTRAX U2U (Universal User Interface)」

【46】Development of a Teripper for intra-spacecraft transportation,
宇宙船内移動用テリッパの開発

【47】Possibility of Zero Gravity Flight Service by MRJ (Mitsubishi Regional Jet),
MRJによる無重力飛行サービスの可能性

【48】Development of ASTRAX commercial spacecraft education and training simulator,
ASTRAX 民間宇宙船教育訓練シミュレーターの開発

【49】Development of Space Shower,
宇宙シャワーの開発

【50】Production of space suits and replicas for space travel,
宇宙旅行のための宇宙服とレプリカの製作

【51】ADVANCED SPACE SERVICE ACCESS APPLICATION TOOL "ASTRAX UNIVERSAL USER INTERFACE (ASTRAX U2U)",
先進の宇宙サービス利用アプリケーションツール「ASTRAX Universal User Interface (ASTRAX U2U)」

【52】ASTRAX Solar System Economic Bloc Concept using NFT and Metaverse Technologies,
NFT とメタバース技術による ASTRAX 太陽系経済圏構想

【53】Development of a Real-life (Analog) ASTRAX Lunar City Construction Project in Japan,
日本におけるリアル(アナログ)ASTRAX 月面シティ構築計画

【54】Multilingualization of ASTRAX ACADEMY,
ASTRAX ACADEMY の多言語化

【55】Possibility of zero gravity flight and space flight by
people with disabilities,
障がい者による無重力飛行と宇宙飛行における可能性

【56】Development of Space Toilet "Space BENKING" in
Japan,
宇宙ベンキングの開発

【57】Disaster prevention and evacuation technologies on
Earth and their application to space travel,
地球上の防災・避難生活技術と宇宙旅行への応用

【58】Cleaning Methods for Reusing Clothes in Space,
宇宙で衣類を再利用するための洗浄方法

【59】How to Go to Space with Different Hairstyles,
さまざまなヘアスタイルで宇宙へ行く方法

【60】Research on Psychological Changes and Growth of
Children through Education Related to Commercial
Space Business,
商業宇宙事業に関連した教育による子どもの心理的変
化・成長に関する研究

【61】What do they need for a space museum?,
宇宙ミュージアムに必要なものは？

【 62 】 Establishment and development of a lunar
community and activity space by children for children,
子どもによる子どものための月面コミュニティ・活動空間の
構築と発展

【63】video editing services for space travellers,
宇宙旅行者のためのビデオ編集サービス

【64】technologies on a transparent restroom could be
used for lunar habitats,
透明なトイレの技術は、月面基地にも応用できる

【65】ASTRAX Lunar City Project 2022,
ASTRAX 月面シティプロジェクト 2022

【66】The need for a space version of hand signals, a
communication tool for space travelers,
宇宙旅行者のコミュニケーションツール、宇宙版ハンドシグ
ナルの必要性

【67】Photography services and techniques required for
space travel,

宇宙旅行に必要な写真撮影サービス・技術

【68】On images of the universe influenced by manga and
anime,
マンガやアニメの影響を受けた宇宙像について

【69】A space education program to solve the shortage of
commercial space teachers in Japanese schools,
日本の学校における民間宇宙講師不足を解消するため
の宇宙教育プログラム

【70】How to capture the cosmic diversity that is coming,
これからやってくる宇宙の多様性をどう捉えるか

【 71 】 The Role of Space Flight Attendants in Large,
Long-duration Space Travel,
大規模・長期間の宇宙旅行におけるスペースフライトアテ
ンダントの役割

【72】Inside&vertical farming on mars,
火星での垂直・水平農法

【 73 】 Service of entertainment arcade on mars or the
Moon,
火星や月でのエンターテインメント・アーケードのサービス

【74】Aeronautical education for freshmen,
新入生のための航空教育

【 75 】 Proposal for a business model that enables and
encourages older adults to travel to space,
高齢者の宇宙旅行を実現・促進するビジネスモデルの提
案

Reference to a website:

[76] engadget, Hyper Space Couture Design Contest
features "spacewear" outfits,
<https://www.engadget.com/2006-11-03-hyper-space-couture-design-contest-features-spacewear-outfits.html>
(accessed on August 26, 2022)

[77]Zero-G Website,
<https://www.facebook.com/GoZeroG/photos/pb.100033954345574.-2207520000..10166122420935705/?type=3>, (accessed on August 26, 2022)

[78]Zero-G Facebook Page,
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=755288398946298&set=pb.100033954345574.-2207520000..&type=3>, (accessed on August 26, 2022)