

宇宙 FUTON

- 極限の棲息空間をデザインする -

池上俊郎*



研究ノート

SPACE FUTON

Designing the Ultimate Space for Habitat

Key Words : FUTON, SPACE, SLEEP, ISS, KIBO, HABITAT

1: 始めに

“空間形成の視点”から睡眠研究に関して報告します。

現在、具体的な装置や施設あるいは表現を伴う“過去 - 現在 - 未来”の棲息空間を探る研究を行っています。宇宙研究は未来の人類の棲息可能性の研究です。一方で人類の文化的歴史は長く日本では縄文時代から12000年を経ています。平安京開始以降でも1200年を経ています。わずか90年先の2100年に人類が生息するためには、地球環境問題 = 気候変動の克服が必要です。現在棲息空間の再構成が問われています。3つの研究は2000年頃より本格的に展開してきました。

未来の人間の棲息地のひとつの候補として、閉鎖空間である人為的に管理された宇宙環境での長期滞在は、建築家として魅力的です。“宇宙ふとん”および“宇宙環境における居住空間”研究は、地球環境問題解決に寄与します。

私の宇宙研究は、1996年宇宙開発事業団が開始した、「国際宇宙ステーション(以下ISSと表記)における日本モジュール“KIBO”の人文学的利用に関する研究」に始まります。2001-3年京都市立芸術大学での“宇宙への芸術的アプローチAAS”、2002年“関西宇宙工場の挑戦”展総合プロデュース、2005-2007年“宇宙フトン”研究を行い現在に到っ

ています。この間、宇宙飛行士の皆様には宇宙フトン研究に関しましてアンケートなど多大の協力をいただきました。宇宙フトン研究は素材・重量など技術的課題を残し、開発途上で2008年に終了しました。しかし、“宇宙フトン”は最小の棲息カプセルとして提案価値を持っています。今回、2001-2003の“宇宙への芸術的アプローチ”研究における“KIBO”の居住スペースとしての代替案の提案発表、2005-2008“宇宙フトン”研究過程を報告させていただきます。今後の月や火星における居住計画を含め、日本が今後取り組む、宇宙における居住形式の再考の基点となることを望みます。

2002年には“関西宇宙工場の挑戦”で大阪を中心とする関西、更には日本に存在する宇宙産業基盤とその展開を探りました。先端技術からローテクまで幅広い技術が、宇宙技術・環境技術・バイオテクノロジー・ナノテクノロジーとしてお互いに関連しつつ展開する状況は今なお新たな視座の宝庫です。

宇宙ふとんと宇宙生活での居住環境:

微小・無重力世界は、すべてが人為的に管理されて成立します。真空の外部世界に対して構築される人工的シェルターとしての環境です。エネルギー供給、空気調和、水分供給、温度管理、食糧供給、被服環境、通信環境、インフラとなる生活基盤のすべてが危機管理を前提にシェルター内に人為的に成立します。この微小・無重力空間では、モノは固定されなければすべてが慣性の法則に従って漂流します。睡眠するヒトも同様です。現在の宇宙飛行士には8時間の睡眠時間が用意されています。睡眠は宇宙生活・宇宙旅行の3分の1を占めます。

“宇宙への芸術的アプローチ”研究を進める中で、日常の目覚めている2/3の時間と睡眠の1/3の時間の双方を解く空間を創ることによりすべての宇宙生



*Toshiroh IKEGAMI

1948年11月生
大阪大学工学部建築工学科卒業(1974年)
現在、京都市立芸術大学 美術学部デザイン科 環境デザイン研究室 教授 建築家 NPO法人エコデザインネットワーク理事長
TEL: 06-6204-5565
FAX: 06-6204-0778
E-mail: ikegami@kcu.ac.jp

活時間がカバーできると考えました。研究は、ISSの日本モジュール“KIBO”の快適な居住空間への利用改装計画に始まります。その一部分である睡眠環境の具体的な空間とサポートする装置としての寝具の研究開発へと展開し現在に到っています。

微小・無重力空間では、肉体は常に衣服と基本的に分離しています。寝具と肉体も分離しています。私が研究の最初に考えたのは、宇宙での睡眠は“肉体と精神が分離するすばらしい時間”であろうということでした。“空気に包まれる人”がそのテーマであり仮説でした。現在もそのことは、有効と考えています。

良く知られていることですが、微小重力下では肉体は水中と同様にひざを抱えるような“ニュートラルボディポジション”の形状となります。この形状の維持・固定が課題でした。浮遊する肉体は、係留されなければ重力の束縛を離れ、管理者としての精神は睡眠時に心地良い状況にあります。短期間でなく長期間、拘束しているがしていないような睡眠環境を生み出すことが課題でした。肉体と分離する寝具は、実は“睡眠装置”ではなく“睡眠空間”であることに試行錯誤の後気づきました。つまり宇宙飛行士と等身大の人工的シェルターです。

以下に宇宙FUTON - 極限の棲息空間をデザインする - としてそのことを確認していきます。

2：研究の背景

“SPACE FUTON - 宇宙フトン”研究

JAXA 宇宙航空研究開発機構産学官連携部宇宙オープンラボ 2005-2007

ユニットテーマ：“SPACE FUTON”宇宙での長期滞在型居住空間における快適『睡眠環境』の創造

経緯： 筆者、JAXA（当時NASDA）と京都市立芸術大学による共同研究「宇宙への芸術的アプローチ」において、国際宇宙ステーション（以下ISSと呼ぶ）における居住空間についてデザイン検討を行いました（2001～2003年）。特に、“睡眠”に注目し、“空気に包まれる人=宇宙飛行士”の感覚を“ふとん”をキーワードに探り、航空機による微小重力実験で実際に試作品寝袋を検証しました。2005年よりJAXAオープンラボテーマの「SPACE FUTONユニット」として、具体的にISSで使用可能な寝袋の開発制作を実施しました。

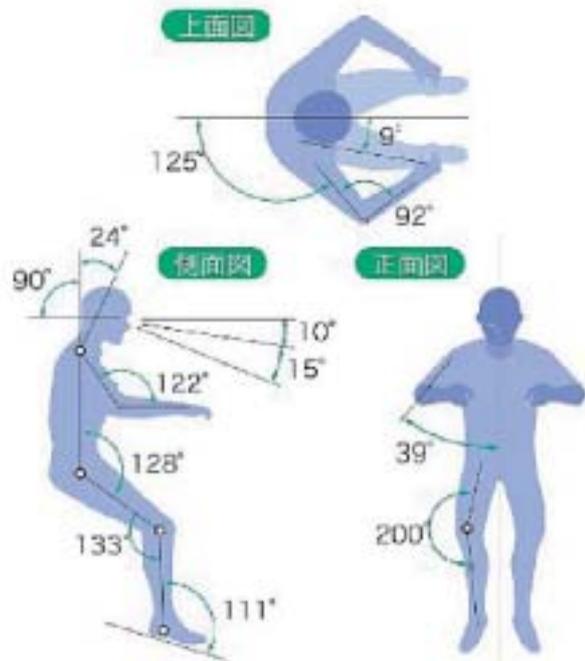


図 - 1 ニュートラルボディポジション

研究の実施体制：

デザイン統括（構想・技術・形態統合）

機能素材提案提供、制作、睡眠評価（機能検証）

宇宙に関するデータ提供、安全性検証：JAXA 宇宙環境利用センター

SPACE FUTON について：

（1）特徴：

a；デザイン；微小重力環境では、身体が弛緩し「Neutral Body Position」になるため、本寝袋ではその姿勢を活かした拘束しないデザインにしました。また、クリーム色に統一されたISS内で、個人のプライベートスペースとして区別し、個人の場所という安心感を得るために、色合いも配慮しました。

b；安全性；ISSにおける燃焼の危険性を下げるために、外縁部・人体接触部生地にNOMEX等の防災素材を用いました。

（2）ISS・微小重力環境での睡眠：

ISSの内部空間は、室温25度C、湿度40%程度にコントロールされています。しかし、日本人宇宙飛行士の意見によると寒く感じる人が多いということでした。また、微小重力環境での身体はふわふわと浮き、睡眠時には「ニュートラルボディポジション」という姿勢になります。

（3）目標：ISSでの宇宙飛行士の睡眠の質を向上さ

せることで、日常の生産活動にも良い影響を与えることを目指し、快適な睡眠環境としての寝袋の開発を検討してきました。宇宙での特殊な環境での「睡眠」の課題を探ることにより、「睡眠」の大切さと多様な領域での可能性展開を改めて地上の人々に伝えることも大きな目標です。

3：研究の進行

A：共同研究：“AAS - ARTISTIC APPROACHES TO SPACE ” 2001-2003

JAXA 宇宙環境利用センター

「国際宇宙ステーションにおける居住空間の提案 - “KIBO” オルタナティブプラン」

目的：国際宇宙ステーションにおける居住モジュールの長期生活領域としてのあり方を探った。

標準化されたモジュール空間において、上下左右の無い“VOID”=空(くう)を機能で満たし、自由度の高い居住空間を創り、コミュニケーションを深め生活領域としての統合を目指した。

研究経緯：

コミュニケーション研究

AASのMUSE計画の“KOKORO Project”の具体化のための予備実験、データ収集、および様々な意味での「地球」への感情の喚起、国籍等背景の異なる宇宙飛行士間のコミュニケーション空間の演出の試みを提案しました(2001)。ゆとりの時間としてのコミュニケーションを形成する宇宙船内の団欒の場です。平行して室内に求心的な場を発生する基点“FLOATING TABLE”を提案しました。作業空間である、宇宙船内に生活空間としての性格を形成する出発点を探りました。

AAS 微小重力環境利用実験(2002)

微小重力環境における生活場の試作実験

“FUTON・ふとん”project - 空気に包まれる“ひと”

AASのMUSE計画の“KOKORO Project”の“宇宙生活環境のデザイン提案”です。パラボリックフライト実験(微小重力環境)において、「空気に包まれる“ひと”」=「四周、3次元で肉体にフィットする寝袋」を仮説し実験しました。宇宙飛行士へのインタビューでは“宇宙空間が人間の生理的感覚におよぼす影響”が様々に語られています。宇宙生活における重要な生理要素である“睡眠”の場のあり方を微小重力環境において実験しました。睡眠の場の

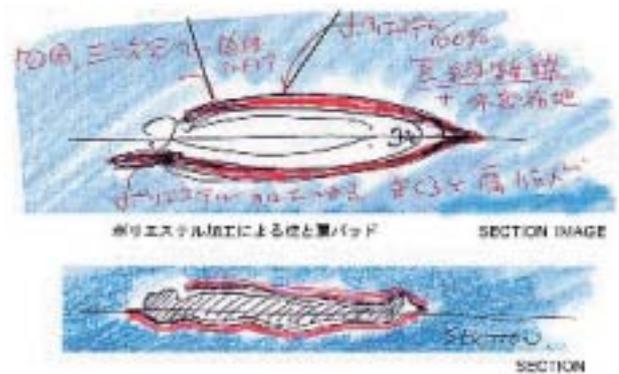


図 - 2 FUTON・空気に包まれる“ひと” SPF01

閉鎖的快適性を探ることにより、プライバシーの乏しい宇宙船内における私的空間の展開を考えました。

宇宙における居住空間のあり方

目的：微小重力環境における生活場の試作、及び天地左右の無い、全方位アクセス可能な空間における、宇宙での住まい方を探りました。

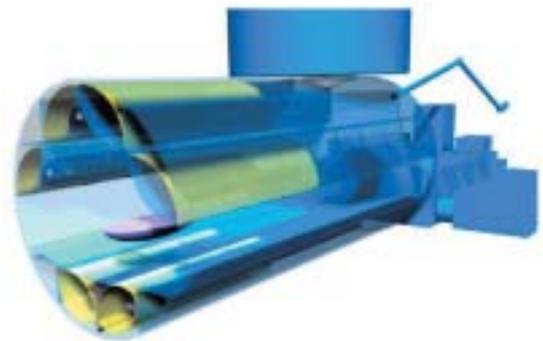


図 - 3 “KIBO” オルタナティブプラン全体パース

部屋の求心性と方位決定をFLOATING TABLE“浮遊テーブル”に求め、繭状筒状のSLEEPING SPACEを房のようにコミュニケーションスペースに対して凸状としました。また衛生空間である“シャワースペース、およびトイレスペース”を平面に埋設しました。自由に浮遊する空間において上下左右と無関係に生活場が決定可能です。

1) パブリックスペース：FLOATING TABLEによる空間統合シンボル機能及びコミュニケーション増幅機能

2) プライベートスペース；睡眠空間およびサニタリースペース(トイレ、シャワールーム)

ISSは、真空・微小重力・温度差等の過酷な宇宙において、徹底して無駄を省き、省エネルギー循環型の環境形成を図ります。生命体の棲息を保証する自



図 - 4 “KIBO” オルタナティブプラン断面モデル

律的閉鎖空間です。地上・宇宙双方における居住形式をサステナブルでユニバーサルな視点から比較評価することが可能です。つまり、人間行動の可能性を極限まで追求する宇宙での住まい方を探ることは、平行して地上のサステナブルでユニバーサルな居住空間のあり方についてリデザインすることに通じます。

国際宇宙ステーションは各モジュール内の基本単位が決定されており単位による拡張が可能な構成です。しかし作業、居住エリアの空間デザインは1980年代のもので、中心に通過空間を設けて、チューブ状の生活・操作空間となっています。(人によっては“ショットガンシュート”と呼ぶ空間構成です。) 様々な試行錯誤を経た地上の現代空間と対応する、無重力の特性を生かした、立体的な空間構成を配慮すべき時期にあります。月や火星に向う前提としてのISSの常駐基地化を踏まえ、内部の日常生活空間化を提案しました。上下左右の存在し無い微小重力下では、空間利用が根底から見直されます。個人の活動の方向を違え、作業空間、睡眠空間、食事空間、生理的空間、休息空間が同時に存在する事が可能です。地上空間に無い多重の機能を多元に錯綜させて解く空間が生まれます。そのことは地上の空間のあり方を変化させる出発点となります。

B：宇宙オープンラボ 2005-2007

JAXA 宇宙航空研究開発機構 産学官連携部

ユニットテーマ：“SPACE FUTON” 宇宙での長期滞在型居住空間における快適「睡眠環境」の創造研究概要：

機器操作、技術サポート、研究という科学技術を中心とする公的空間における活動と異なる、個人的空間で過ごせる私的時間が睡眠です。緊張の続く極限状態としての公務である宇宙滞在において、睡眠環境は限られた私的で快適な時空間の役割を担います。コンセプト及び第1次試作品SPF-01は、“宇宙への芸術的アプローチ”研究(FUTON PROJECT)において創りました。この成果を引き継ぎ、宇宙飛行士による現実のISS、スペースシャトルでの長期滞在における使用を目的としました。2005年7月-2007年9月新たなチーム構成で本研究を進め、2008年7月まで研究を自主的に継続しました。

第二のテーマは長期滞在化に適応した快適「睡眠環境」を確立し、地上製品へのスピノフを図ることでした。さらに、JAXA 宇宙オープンラボ/宇宙パートナー制度により、産学官連携事業による宇宙ビジネスモデルを構築することも目的としました。

実施研究成果：

本研究期間に試作されたSPACE FUTONは、SPF-02～SPF-05、SPF-06の5点及びミニチュアモデル1点の計6点です。

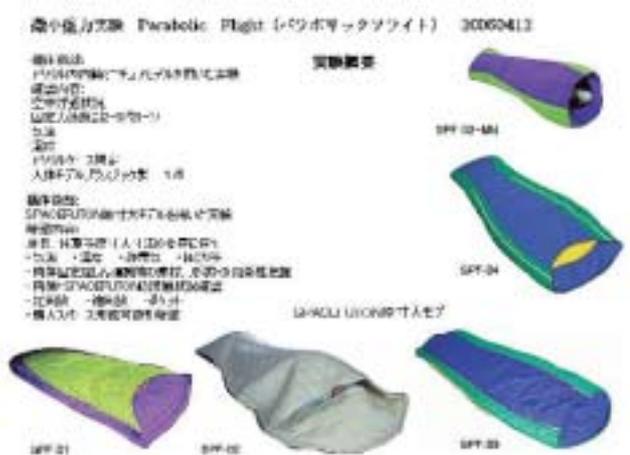


図 - 5 参考 20060412 微小重力実験使用 SPF-01 -04

検討課題は、1)；対象人体への適応・抗菌・制電・ノングラスト・軽量、2)；宇宙での睡眠時の特徴的体形であるニュートラルボディポジションへの適応、

目を満たすことを図りました。睡眠 生理：体温 発汗 動作 脳波 血流 血圧 心拍 呼吸 感性：精神的条件 肉体的条件 五感 - 視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚 空間 睡眠環境：a 外的空間 = 寝室環境 寝床・BED 環境 近接空間、b 寝床内環境 光 音 換気 香り 振動 温度 湿度 もの 寝具：性能 機能 寝姿勢 体圧分散 軽さ ドレープ性 圧縮弾性 吸湿透湿発散 保温 保湿 制菌 抗菌 防ダニ 消臭 耐久性 耐洗濯性 防炎性。

睡眠の基礎条件に基づき、ニュートラルポジション、設置空間等の解決をはかりました。SPF-06 は出発点に仮定した“2枚の掛け布団により4周で肉体に適合する寝袋”から、“4枚の掛け布団による人体への適合”となりました。また、空間的に狭いロシアブースへの適合を測りコ



図 - 12 睡眠と環境要素

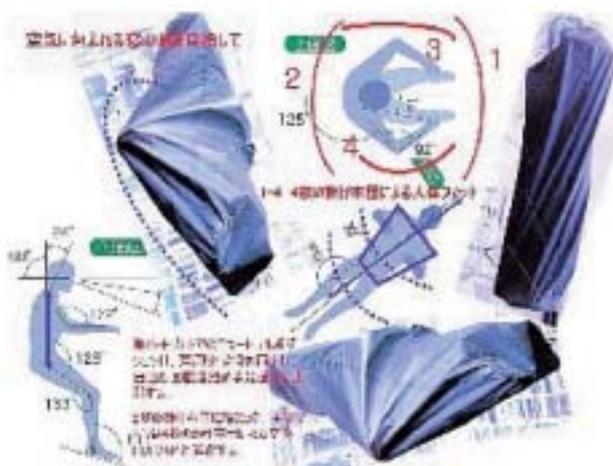


図 - 13 4枚の掛け布団としての人体への適合

ンパクトでありながら広がりのある睡眠環境の構築を図りました。防炎性能の解決を外部素材としてのNOMEX、人体に触れる部分を、触感の良い研究当初よりのポリエステル長繊維としました。NOMEXの硬さは外皮となり、微小重力空間では人体を包むカプセル形状となる事が予測されます。

本研究を通じて、宇宙睡眠環境と地上睡眠環境の充実の必要性が、社会的に広く認知されるようになったと考えます。

成果の独自性・新規性：

2001年研究当初有人宇宙飛行における睡眠への関心は低く、重要視されていませんでした。当該睡眠環境部分は未着手に近い分野でした。短期ミッションが主であり、宇宙での滞在期間が2週間程度と短いこと。現在のスペースシャトルやISSの使用目的が、研究あるいは作業空間であること。場所を問わず睡眠可能な訓練された宇宙飛行士は快適性を伴う空間を求めないこと。など原因として考えられます。スペースシャトルやISS内においては寝具寝装類は限られています。現在のISSに留まらず、今後、月や火星に向かう長期間の有人宇宙飛行の試みが続きます。機能的課題をさらに探り新たなデザインされた睡眠ツールの創作が求められます。

今後の課題：

1) 初期コンセプトは“空気に包まれた人”の宇宙空間における実現です。技術的条件は厳しいが、睡眠場の形成を通じて、微小重力・無重力でしか達成できない人間の感性と精神的空間を創出することが可能です。

最終試作品 SPF-06：防炎性能の高い生地は肌への感触が良好ではありません。防炎性能と快適性の双方を解決する出発点となる SPF-06 の国外での微小重力実験、各種データ取得による客観的指標を通じた評価が待たれます。そのことが、“宇宙飛行士と等身大の人工的シェルターである睡眠空間の実証”となります。

2) ISSへの搭載の早期実施ロードマップの形成が必要です。重力1/6の月、1/3の火星における睡眠も射程とする展開を平行して行う必要があります。

3) 新規素材の探求：日本国内における素材開発を視野に置き有効素材の探求を通じた、防炎・快適睡眠性能の更なる効率を求めます。縫製手法の検討も行う必要があります。

4) 次期試作品 SPF-07 の製作 : SPF-06 の充実改良を通じた発展型 SPF-07 の製作。防火性能と体感性能の向上が必要です。素材試作品に各種試験を行うことにより、最適解を求めることが望めます。

5) 幅広い地上商品展開形成。本研究の当初課題の地上空間での実施。一般生活(室内使用)、アウトドア生活、危機対応等各状況に適合する地上商品展開が図れます。

本研究に先立つ2002年の発想以来7年となりますが、本研究のテーマの独創性は現在も維持されていると考えます。

4 : まとめ

若田宇宙飛行士は先日の長期ISS滞在時の5月7日のブログに、以下のように書かれています。“無重力での睡眠はなかなか快適で、地上では味わえない独特なものです。”“寝袋に入って睡眠を取ります。ふわふわ浮いたままでの状態で眠るのは快適ですよ。昨晩は「きぼう」の船内実験室の中に寝袋を持ち込んで睡眠を取ってみました。ISSの各モジュールの中でも「きぼう」はもっとも静かなモジュールのひとつで、その中でしっかり睡眠を取ることができました。”

若田宇宙飛行士は、ロシアブースで使用されるスリーピングバッグを使用しています。封筒状で全身をバックするタイプです。NASA仕様は、腕が出せる上半身は服状、下半身は袋状です。ニュートラルポジションと慣性による肉体移動に対して、前者は面の張力でバランスをとり、後者は大きな袋をベルトで固定しています。あまり知られていませんが、科学発明家であるオランダのWubbo Ockels宇宙飛行士は、1985年スペースシャトルチャレンジャーに自身のデザインした“圧力を睡眠対象者に

与える浮き袋のような”ユニークなスリーピングバッグを持ち込んでいます。現代宇宙研究の祖である、ロシアのコンスタンチン・ツイオルコフスキーは、20世紀初頭に“宇宙船内で網に入って動かないようにして寝る図”を描いています。(図-14参照)



図 - 14 コンスタンチン・ツイオルコフスキーの宇宙船と睡眠環境

睡眠条件が地球と異なる極限空間に対する“想像力と創造力”を伴う仮説設定とその実証は、次段階では布地素材や袋の形状に留まらないと考えます。“構造的な空間”が次の睡眠環境課題として表れます。つまり“建築”化です。微小重力下の肉体と衣服の分離がそのことを物語っています。今回の試行で素材と形態の並行的解決を何度も繰り返し、得られた最終試作品であるSPF-06はカプセル形状となりました。そのことも“建築”化を示唆しています。

極限の棲息空間を豊かにデザインすることにより宇宙・地上の生活・睡眠環境が進化すると考えます。

