

第27回衛星設計コンテスト アイデアの部 ミッション概要説明書

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内）	スペースストロー
副題（自由記入）	宇宙の食事に華やかなにおいを
学校名	東京工業大学大学院 / 東京工業大学

2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するのので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

宇宙空間では地上と比べて、食事の際に食品のにおいを感じにくくなることが言われている。特にスープやコーヒー等の液体状食品は、密封容器から飲む必要があるため、その傾向が強くなるという報告もあり、宇宙飛行士も問題視している。食事においてにおいは重要な要素であり、これを改善することで、ISSに勤務する宇宙飛行士や将来の宇宙旅行者の食事の質を上げ、宇宙空間での滞在をより楽しいものにすることができる。そこで私たちは液体状食品を対象として、宇宙空間で食品のにおいを感じながら食事をするができるストローを提案する。

3. ミッションの目的と意義（目的・重要性・技術的／社会的意義等）

(a) 目的
宇宙空間でスープなどの液体状の食品を食べる際、手軽な方法で今まで以上に食品のにおいを感じることができるようにし、宇宙飛行士や将来の宇宙旅行者が宇宙空間での食事をより楽しめるようにする。

(b) 重要性・技術的、社会的意義等
本ミッションで提案するスペースストローは、宇宙空間での食事の際に今まで以上ににおいを感じ、食事をより楽しめるようにするものである。宇宙空間での食事は人間の生活に欠かせないものであり、また同時に生活の中における楽しみの一つでもある。スペースストローによって宇宙空間の食事をより楽しむことで、特殊な閉鎖環境などに起因する宇宙滞在でのストレスを軽減し、ISSで勤務する宇宙飛行士においては生活の質の向上、並びに仕事のパフォーマンス向上につながると考える。また将来の宇宙旅行者においては、宇宙滞在中の食事の質を上げ、良い旅を提供することに貢献できると考える。

さらに、本ミッションを検討する際に扱った微小重力環境下での液状食品の挙動は、地上での経験が適用しにくい要素であり、本ミッションで検討される液体食品を扱う技術は今後宇宙空間で使用可能な食器の開発などに応用できると考えている。

4. ミッションの具体的な内容

(a) システム
本ミッションで提案するスペースストローは、スープ等の液体状食品を、現在ISSで提供されている食品パック（図1）の飲み口に接続し、においを感じながら食事をするができるストロー状の器具である。図2に本ミッションで提案するスペースストローの概要図を示す。

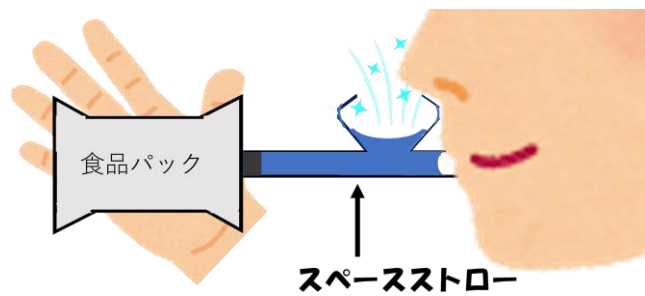


図1 ISSで提供されている食品パック^[1]

図2 提案するスペースストローのコンセプト図

(b) 具体的な実現方法、もしくは実現のために必要な課題・開発すべき項目

具体的な実現方法

図2のコンセプト図について説明する。スペースストローは食品パックに接続され、食品パックを手で押すことで、細長い円筒状のストロー部を通してパックから飲み口に液体が流れ、飲むことができる。またストロー部の途中、飲み口近くに取り付けられている容器状の構造に液体が誘導されることで、その液体から揮発するにおい分子が使用者ににおいを感じさせる。使用時は、食品パックを手で押し、液体を押し出すことで液体を飲みながらにおいを感じることができる。

検討すべき課題

本アイデアで主に検討すべき課題として以下のことが挙げられる。

- ・微小重力環境下で、きちんと液体がストローを通り抜け、液体を飲むことができるかどうか（ストロー内の流体の挙動の調査）
- ・目的を果たすスペースストローの形状は、どのようなものが良いのか
- ・スペースストローの使用における問題点の明確化
- ・既存のパックとの接続方法はどのようにすればよいか

5. 主張したい独創性や社会的効果

(a) 主張したい本ミッションの独創性

既存の「スペースカップ」というアイデアについて

スペースカップとは、表面張力を利用して飲み物が飛び出したり、中に張り付いたままになったりする問題を構造的に解決し、開放されている上部から飲み物のにおいを楽しんで飲むことができる容器である。例として、宇宙空間でにおいを楽しみながらコーヒーを飲むことができる。

この容器の長所として地上と同じ感覚で、コップに注いで香りを楽しみながら飲むことができることが挙げられる。一方で短所として、カップの容積が小さいため、続けて飲みたいときは何回も注ぎなおす必要がある。またスープ等の固形物がある食品では、液体を飲んだ後、容器の壁に固形物がたくさん張り付いて残り、うまく食べられない可能性が考えられる。以上から、簡単に、においを楽しみ、続けて量を飲むことができ、さらにはスープ等でも適用可能なスペースストローを提案する。

スペースストローの特長

今回提案するスペースストローは、スペースカップの短所として考えられる点について改善できる以下のような特長を有する。

1. 毎回容器にそそぐ手間を省くことができる。

既存の宇宙食パックに取り付けるだけで手軽においを感じることができる機構を有するため容器に移すという手間がなくなる。

2. 一度に飲める量に制限がない

既存の宇宙食パックに取り付けるだけで使用できるため、注いで飲むカップのように一度に飲める量の制限がなくなる。

3. スペースカップでは飲みにくい固形物を含んだスープも楽しめる

ストローを通して次々と液体が押し出されていく形式であるため、固形物が容器の壁に張り付いた

ままになりにくい。

またスペースカップの短所を改善する特長だけでなく、以下のような利点がある。

4. 使い捨てを想定するため、衛生的で、宇宙空間において貴重な水を必要としない
5. 小型かつ軽量であるため、地上からの運搬も大きな負担にならない

(b) 得られる成果・波及効果・対象となる受け取り手

宇宙空間における食事は生存のための栄養補給だけでなく、娯楽的役割やストレス低減の役割を持ち、心理的重要性も極めて高いと考えられる。スペースストローは食事の際のにおいを改善し、今まで以上に宇宙空間での食事を”楽しむ”ものにする。これは、滞在中の宇宙飛行士のストレス低減のみならず、将来の宇宙旅行者の生活の質を向上し、かけがえのない旅を提供することにも貢献できると考えられる。またスペースストローのアイデアを発展させることで、例えば地上において流動食を食べる人に食事のにおいを楽しんでもらい、生活の質の向上に貢献できる可能性がある。

以上

スペースストロー

宇宙の食事に華やかにおいを

東京工業大学大学院 / 東京工業大学

東城 宗熙, 岩崎 翔太, 吉本 海 / 高橋 勇多

1. はじめに

1.1 宇宙滞在時の食事

宇宙滞在時において、衣食住の一つの柱である食事は地上と同様に重要である。なぜなら食事は、生存のための栄養補給という意義だけでなく、パフォーマンス向上やストレス低減といった精神心理的な意義を持っているからである。今後、一般人が宇宙に行くようになることを考慮すると、地上と同じように食事を楽しむことは、ますます重要になることが考えられる。

宇宙食にはレトルト食品、加水食品(図 1.1 左: スープ, コーヒー, ライス, ス克蘭ブルエッグなどのフリーズドライ食品), 半乾燥食品, 自然形態食(ナッツやクッキー), 新鮮食品などがある。一部のレトルト食品は加温が必要であったり, 加水食品は水やお湯を加えたりと, 簡単な調理をする必要がある。加温の際はフードウォーマーと呼ばれる加温装置, 水やお湯を加えて飲む際は, PWD(Potable Water Dispenser)と呼ばれる飲料水供給装置を用いる。(図 1.1 右)

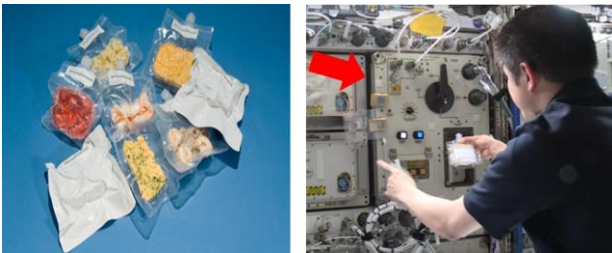


図 1.1 宇宙食の加水食品(左)と PWD を使用する大西宇宙飛行士(右) [1][2]

1.2 宇宙滞在時における食事のにおいの課題

鼻詰まりになった際に食事の味がいつもと異なって感じた経験は誰にもあるだろう。特に, コーヒーのような, においが比較的強い食品の場合は顕著である。このことは, 鼻をつまみながらコーヒーを飲むことで容易に体験することができる。においの問題は, ISS などの宇宙滞在時では, 体液シフトに起因した鼻づまりや, 安全上の問題で密封された食品パックの使用により日常的に起こっており, 問題視されている。この問題についての報告はされているものの [3], 宇宙飛行士による実体験に基づいた報告を聞く機会は少ない。そこで油井宇宙飛行士に ISS でのにおいに関する質問を伺ったところ, 次に示す回答を頂いた。(以下, 回答の要約)

①鼻づまりは発生するか

宇宙到着後 3 日程度で鼻づまりは収まったが, その間にはにおいがかぎづらかった。

②地上と比較した ISS での食事の際のにおい地上で感じるにおいの強さを 10 としたとき, ISS 内において各食品のにおいは表 1.1 のように感じられた。

表 1.1 地上と比較した各食品のにおい

カレー	ラーメン	魚系の缶詰	肉系の缶詰	スープ類
9	8	9	8	6

③においを楽しみながら食事をする意義においはとても大切な要素である。最初にコーヒーを飲んだ際とてもまずく感じた。その後, スペースカップ(次節で説明)で飲んだ際に, とてもおいしく感じた。私は, コーヒーの味が好きなのではなく, においが好きなことに気づいた。

表 1.1 を見るとスープ類の点数が他の項目と比べ小さい。カレーやラーメンは粘性を高くすることで, パックから出して食べることが可能であり, 缶詰はフタを開けて食べるため, においがかぎやすい。しかし, 粘性の低いスープ類や飲料は, パックから出さずに飲む必要があるため, においがかぎにくい。③の通り食事の際のにおいは宇宙飛行士も重要であると認識しており, 次のように課題をまとめることができる。

- ・密封パックに封入された加水食品を食べる際, おいを感じにくくなること
- ・においを楽しみながら食事をとることが重要であること

1.3 過去のにおいの改善例

食事のにおいが減少する問題の解決策として, 油井宇宙飛行士が③で言及しているように, スペースカップ(図 1.2)という容器が開発され, 使用されたことがある。この容器は, 微小重力環境下で流体に作用する力として代表的な表面張力を利用して, 飲み物が飛び出したり, 中に張り付いたままになったりする問題を構造的に解決しており, 開放されているコップの上部から飲み物を飲みながらにおいを楽しむことができ

る容器である。

しかしながら、スペースカップは一回に飲める量に限度があり、続けて飲みたいときは毎回パックからスペースカップに移すという作業がある。また、固形物を含んだスープ等を飲む際、その固形物が容器壁に張り付いて残り、うまく飲めないことが考えられる。したがって液体状食品のにおいをかきながら、手軽に食事を楽しむことが難しいという現状がある。



図 1.2 スペースカップ^[4]

2. 目的

パックで食事をする際に、手軽な方法でおいを感じることで、食事をより楽しめるようにすることを目的とする。

3. 機器の要求事項

機器の要求事項は以下の通りである。

- においをかげること
- 注ぐ手間がないこと
- 小型であること
- 使用時に液体が漏れないこと
- 衛生面が確保されていること
- 既存のパックに取り付け可能であること

f. について、図 3.1 のように宇宙食の加水食品に用いるパッケージは 2 種類ある。飲料に適用される、PWD との接続に用いる 3mm 程度の細い径の水注入口から飲用するパック (図 3.1 左) と、スープ類に適用される、水注入口とは別の 7mm 程度の太い径の飲み口から飲用するパック (図 3.2 右) がある。そのため今回提案するストローは、2 つの径に対して、取り付け可能な形状である必要がある。

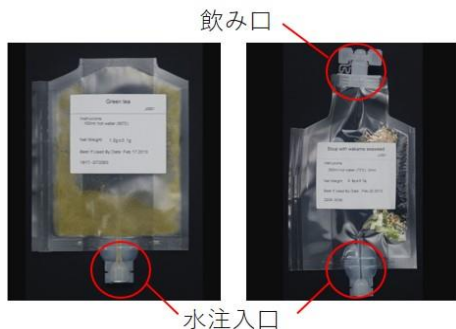


図 3.1 宇宙食に用いられるパック^[5]

4. スペースストローとパックとの接続方法の提案

前述の要求事項を考慮に入れ、加水食品の宇宙食のにおいを感じながら食べることができる「スペースストロー」を提案する。本項では、考案された 2 種類のストローと既存パックとの接続方法について概説し、5 項にて比較を行う。

4.1 提案する 2 種類のスペースストロー

図 4.1 は 2 種類の提案に共通する「手軽においをかきながら飲める」というコンセプトを示した図である。図のように穴を設け、においをかぐことができる小型のストローを用いることで、3 章の要求事項の a から c を満たすことができる。要求 d については、本項以降で検討する。要求 e については、ストローを使い捨てにすることで満たされる。要求 f については、4.3 節で述べる。

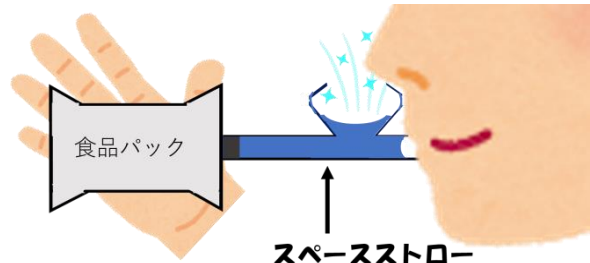


図 4.1 提案するストローのコンセプト図

4.1.1 開放型ストロー

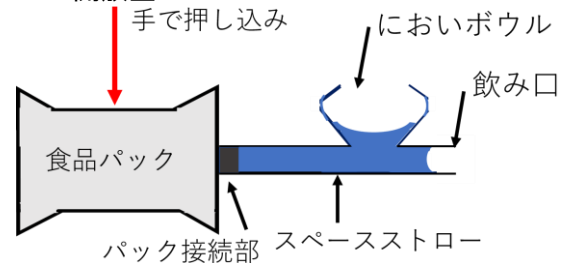
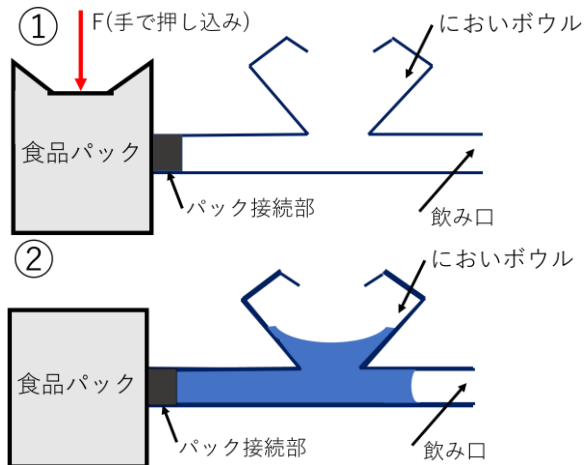


図 4.2 開放型ストローの概略図

開放型ストローは、固形物が混ざったスープ等の液体でも、無理なく飲めると考えられる口径のストローに、カップ状の小型容器 (以下、「においボウル」と呼ぶ) がついた形状である。細長いストロー部を液体が通る際に、この容器に一部の液体が流れ込むように考えている。また容器は上部が開放されており (したがって「開放型ストロー」と呼ぶ)、ストローを口にくわえた際にこの部分が鼻に近づくようになっているので、液体状の食品から直接においを感じることができるようになっている。また、容器上部の淵には、液体飛散防止用の返しを設けており、液体が容器から飛び出すリスクを低減している (詳細は 5 項の数値解析で記述)。

ストローの基本的な使用方法を示す。まず本ストローをスープ等の液体食品パックの飲み口に接続する。具体的な接続法に関しては4.3項で説明する。ストロー接続後、パックを手で軽く押し込む(図①)ことで流体が流路を通過し、においボウルへ多少の液体が溜まりつつ、飲み口から液体を飲むことができる(図②)。パックが押し込まれていなければ、液体はその場にとどまるため、飲むのをやめるときはパックから手を離せばよい。



このときストロー利用者による吸い込みが無くても、パックから押し出した液体が口まで届くことが後述の流体解析の結果で分かっている。利用者による吸い込みを飲む手順に含めた場合、何らかの理由でにおいボウルの液体がなくなった際に、においボウルから空気を吸うことになり、非常に苦しい思いをすることを実験で確認しており、そのストレスを軽減させるため手で押し込む・離すことのみを手順とした。

また、飲むのを途中で止めた場合、においボウル内の液体は表面張力によって壁に張り付き、維持されることが流体解析の結果から分かったため、その後はにおいボウルに鼻を近づけるだけでもにおいをかぐことができると考える。

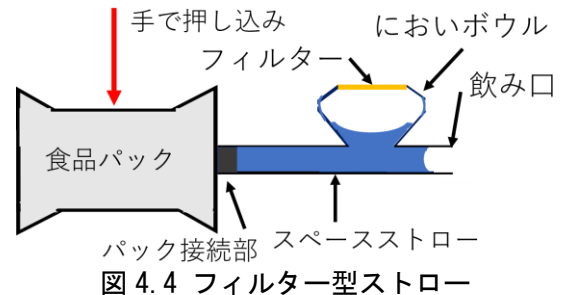
なお、液体を最後まで飲み切りたい場合は、ストローをパックから外し、飲み口から液体を吸い上げる操作が必要となる。

上述の手順で示す通り、このストローのアイデアが実現できれば、スペースカップでは実現できなかった、においを楽しみながら連続してパックの液体を飲み続けることが可能となると考えられる。しかし、ストローに取り付けられた容器の上部が開放されていることから、液体が匂いボウルの開口部から飛び出してしまう可能性がある。したがって液体の飛散防止のためのオプションとして次の4.2項で示すフィルター

付きのストロー形状案も検討された。

4.1.2 フィルター型ストロー

図4.4に、2つ目に提案するストローの概略図を示す。



4.1項で提案したストローと同様の形状であるが、においボウルの上部に、疎水性メンブレンに代表されるような、気体透過性と防水性を有するフィルター(液体が大きな毛管圧に打ち勝たなければ透過できないほどの小さな穴が多数開いたシート)や目の細かい網等を張る。すると、フィルターによって液体の漏れを防ぎながら、匂い分子を含む気体がフィルターを透過して、においを感じることができると考える。使用方法は、開放型ストローのものと同じであるが、フィルターを取り付けることでにおいをかぎにくくなる可能性がある。どちらのストローも一長一短があるため、5章以降でそれぞれを比較検討する。

4.2 既存の食品パックへの接続方法

4.1項で示した2種類のストローを、既存のパックに接続する方法を考える。3項で言及した通り、現在使用されているパックの飲み口は、お茶などの飲料に適用される3mm程の細い径のものとスープ類の食品に適用される7mm程の太い径のもの2通り存在しており(図4.5)、それぞれに対しての接続法を提案する。

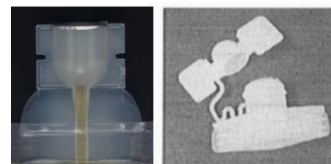


図4.5 細い径のパックの飲み口(左)と太い径のパックの飲み口(右) [5][6]

まず、飲み口の径が細いものに関しては、図4.6のように、飲み口の内径と同じ外径を持つ細いストローを飲み口に押し込み、固定する方式をとる。これは、現在ISSで供給されている飲料パックに使用するストローの接続と同様の方式を取っている。

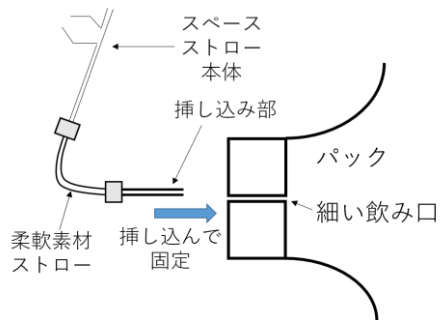


図 4.6 細い飲み口のパックに対する接続法

太い飲み口の場合、細い径の飲み口と同様にして挿し込む方式を取るが、円管の径に対する挿し込み部長さが前者に比べ短くなり、固定が弱くなると考えられる。そこで、図 4.7 に示すように、挿し込み部の外周部に O リングのような柔軟性を持つ突起物を設け、その摩擦力を利用して固定する方式をとる。

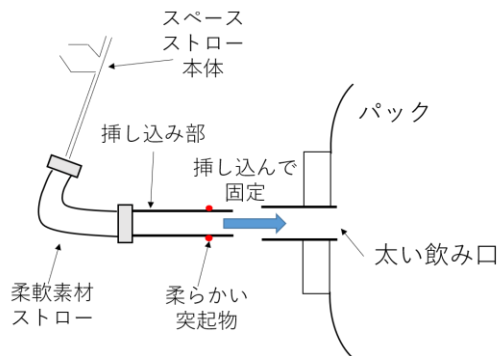


図 4.7 太い飲み口のパックに対する接続法

いずれの方式においても、挿し込み部とスペースストロー本体との間は、パックと人間の間の自由度を確保するために、シリコンなどの柔軟性素材を使用したストローやチューブでつなぐことを考える。

5. ストロー形状の検討とにのびの評価

4 章では、本ミッションの要求を満たすスペースストローの概念を提案した。本節では、その概念に基づき、実際に実現可能なスペースストローの形状と、その機能について検討する。まず 5.1 項で微小重力環境下におけるストロー内の流体挙動を調べ、具体的なストローの形状を検討する。その後 5.2 項で、検討された形状を元にスペースストローを試作し、従来のストローと比較することでにのびの強さを評価する。

5.1 ストロー内流体挙動の数値解析

ストローの形状を検討するにあたり、実際に液体を飲めるかどうか、においボウル部分に液体が流れ込み、安定するかどうかなどを調べるために、ストロー内の液体の挙動を調べる必要

がある。しかし微小重力環境である宇宙では、液体に働く粘性力や表面張力が地上と比べ支配的になり、地上と液体の挙動が異なるため、実験による検証が難しい。

したがって、液体挙動の数値解析を行い、前項までに示したストローにふさわしい具体的な形状の検討、さらにその機能の確認を行う。解析の対象としては、においボウルからの液体の飛び出しがリスクとなっている開放型ストローについて考える。フィルター型ストローに関しては、開放型のそれと使用法、物理的な使用条件が同一であるため、開放型ストローで液体を飲むことができると分かれば、フィルター型も同様のことが言えるため、本稿では省略する。状況としては、ストロー内に空気が満たされた状態から液体を飲む、すなわち 4.1.1 項で紹介したストロー使用手順①-②に対応するフェーズを想定する。本解析には OpenFOAM 3.0 の interFoam ソルバーを用い、非定常解析を行った。解析コストの制約から、ストローを二次元形状でモデル化した。

開放型ストローでは、パックを手で押したときににおいボウルの上部から液体が飛び出す危険性がある。よって、液体の飛び出しのリスク低減の検討が必要である。数値計算による形状検討の結果、ストローの形状に関して以下の要素が必要と考えた。

- 1) においボウル部分の、ストロー軸を含む断面は長方形形状が良い。
→においボウルとストロー流路の接続部を広げ、液体がにおいボウルに流れやすくなるため。
- 2) 液体飛散リスク低減のために、においボウル上端部の淵に半円状の返しのような構造が必要である。
→液体は表面張力の効果で壁に沿って進む。返しが無いと、壁を伝って液体がにおいボウルの外に簡単に出てしまうため。
- 3) 液体をにおいボウルに安定して供給するために、ストロー側の流路を一部狭くする必要がある。
→ストロー流路を流れる液体は、慣性によってまっすぐ進もうとするため、ストロー側面に穴を設けただけでは液体がにおいボウルに流入しにくく、流路を曲げる等の操作が必要のため。

以上の要素を踏まえ、図 5.1 に示すストロー形状を考えた。においボウルの形状は、ストロー軸を含む二次元断面で長方形である。においボウルの上端では、液体の飛散防止のために半円状の返しを設けている。さらに、においボウル

側へ一部の液体を流れ込ませるために、ストロー下部には緩やかな凸状の傾斜をつけている。なお、図 5.1 の寸法図で示す飲み口側やパック側のストローの長さは、数値解析用に短くしており、実際はこれより長い寸法となる。

以下、図 5.1 のモデルを使用した数値解析について述べる。パック側から流入する液体の流速は、まず基準として毎秒約 25ml の液体を飲むという仮定のもと、0.5m/s のケースで計算する。しかし実際は、ストロー流路内の液体の流速は使用時に変化する。したがって比較として、流速 0.2m/s (10ml/s に対応) と流速 1.0m/s (50ml/s に対応) のケースも計算を行う。そして、パックを押して飲むという仮定のもと、においボウル上部と飲み口側で大気圧条件として計算を行った。

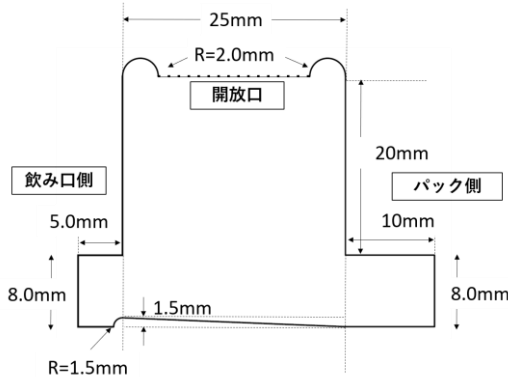


図 5.1 開放型ストローの形状モデル

まず図 5.2 に、流速 0.5m/s の場合においてストロー内の液体と空気の分布を示した計算結果を示す。液体がストロー入り口（右）から進入し始めた瞬間を時刻 0sec としたときの、時刻 0.50sec のときの様子である。青色領域が空気、赤色領域が液体を示している。

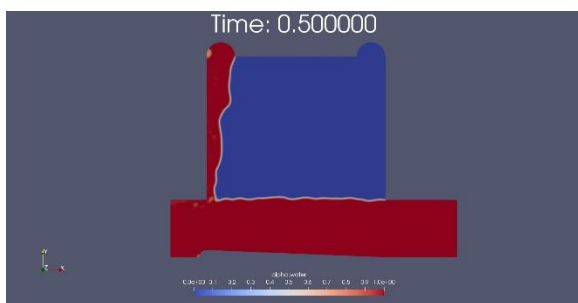


図 5.2 流速 0.5m/s の時の液体と空気の分布 (青色領域が空気、赤色領域が液体を表す)

パックを押すことで流路右側から出てきた液体は、流路左側の飲み口へと流れ込んでおり、この方法で問題なく液体を飲むことができる。またストロー下部に設けられた凸状の傾斜によって、一部の液体はにおいボウル側へ流れている。そしてその液体は上端の半円状の

返し部分にとどまって外に飛び出していない。これは液体の表面張力の作用によるものであり、返しの設置によって液体の飛び出しリスクが低減されることが分かる。さらに、においボウルへ流れた液体は、表面張力の作用によってその場にとどまり、継続してにおい発生させることができると考えられる。

次に図 5.3 に流速 0.2m/s の場合の計算結果を示す。時刻やコンター図の見方は図 5.2 と同じである。

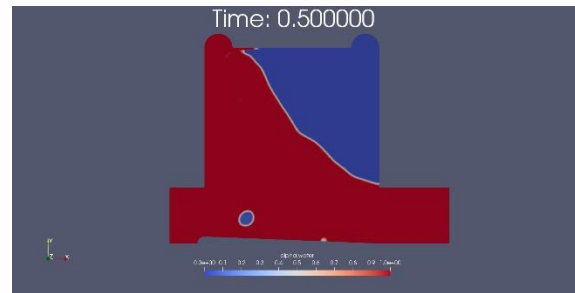


図 5.3 流速 0.2m/s の時の液体と空気の分布

流速 0.2m/s の場合においても、問題なく液体を飲むことができるとわかる。

しかし、図 5.2 と異なり液体がにおいボウル内にかなり広く分布している。これは、液体の慣性が流速 0.5m/s の時に比べて小さいため、液体はストロー流路下部に設けられた凸部によって流れを曲げられ、支配的になった液体の表面張力に引っ張られたからだと考える。匂いボウル内の液体は速度をほとんど持っていないため、表面張力の効果が大きく、液体飛散のリスクは図 5.2 より高いが、大きな問題にはならないと考える。

最後に図 5.4 に流速 1.0m/s の場合の計算結果を示す。時刻やコンター図の見方は図 5.2 と同じである。

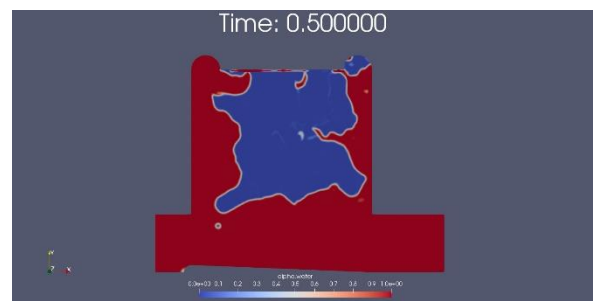


図 5.4 流速 1.0m/s の時の液体と空気の分布

この場合においても、液体を飲むことができ、匂いボウル内の液体の広がりが大きいことが分かる。ただし、この場合は液体がある程度の速度をもって開口部から出ていく様子が観察

されたため、開口部に液体飛散防止のフィルターを設置する必要があると考えられる。

以上をまとめると、提案したストロー形状と飲み方で、液体を飲むことができると言えるが、ストロー内の流速が速い場合と遅い場合で液体が飛散するリスクがあり、フィルターを設置すべきかどうかの検討、あるいはストロー形状の最適化が必要になると考えられる。

5.2 においの強さの評価実験

5.1 項で示した数値解析を基に、スペースストローを作製し、どの程度においを感じられるか評価実験を行った。ただし、この実験は重力環境下ゆえに自然対流の影響を受けているため、あくまで参考としての実験である。

5.2.1 実験方法

対象とする食品に固形物を含んだ液体であるみそ汁と、においの強い液体であるコーヒーを選定し、人の嗅覚によりにおいの強さを評価した。このとき、みそ汁の具材は、宇宙食用と同様に細かく刻むことで口に運べるように工夫した。評価基準としてスペースカップのようなコップ型容器で液体を飲んだ時に感じるにおいの強さの値を 10 と定め、従来のストロー（すなわち、単純な円筒形状ストロー）、開放型ストロー、フィルター型ストローを使用して飲んだ際に感じるにおいの強さを評価し採点した。被験者は本学の学生 4 人であった。

スペースストローは PLA 樹脂を材料に 3D プリンターで作製し、図 5.5 のように密閉パックを取り付け、実験を行った。さらに、フィルター型ストローについては、図 5.6 のように開放型スペースストローのにおいポウルに PTFE フィルター 020 (ADVANTEC) という気体透過性を有するフィルターを取り付け作製した。本実験では、接着剤を用いることでフィルターとスペースストローを接着したが、製品化する際は、厚生労働省 370 号の基準に合格した食品容器に適用可能な接着剤を使用する。



図 5.5 試作したスペースストローとパック（みそ汁を封入）



図 5.6 試作したフィルター型ストロー

5.2.2 実験結果

実験結果を表 5.1 に示した。従来のストローで液体を飲んだ時のにおいの強さは、コップ型容器で飲んだ時に比べ、みそ汁とコーヒーともに大幅に小さい値となった。一方、開放型スペースストローの場合、コップ型容器から飲んだ時のにおい強さに近い値をとる傾向になり、特にコーヒーの場合でそれが顕著であった。また、フィルター型ストローの場合、開放型ストローよりにおいは感じにくく、従来のストローよりはにおいがしやすいことがわかった。

表 5.1 実験結果

		被験者				平均
		A	B	C	D	
みそ汁	従来のストロー	2	4	3	1	2.5
	開放型ストロー	8	7	6	7	7.0
	フィルター型ストロー	4	5	2	3	3.5
コーヒー	従来のストロー	1	3	4	3	2.8
	開放型ストロー	9	10	7	8	8.5
	フィルター型ストロー	5	4	4	6	4.8

以上の実験結果をまとめると、以下のことが言える。

- ・スペースカップ、開放型ストロー、フィルター型ストロー、従来のストローの順ににおいが強い。
- ・みそ汁に比べ、においの強いコーヒーでは特に、スペースストローを使ったことによるにおい増加の効果が強く出る。

6. 各アイデアの比較

本章では、前章までのスペースストローの検討を基に、2 種類のスペースストロー、従来のストロー、スペースカップの 4 つの案を、評価項目ごとに比較し評価した。評価項目とその評価を表 6.1 に示す。評価は◎、○、△、×の 4 段階であり、項目ごとに各案を相対的に評価した。

表 6.1 各アイデアのトレードオフ

項目	開放型 ストロー	フィルタ ー型 ストロー	スペース カップ	従来の ストロー
におい	○	△	◎	×
手軽さ	○	○	×	◎
リスク	△	○	△	◎
飲める量	◎	◎	×	◎
飲みやすさ	○	○	○	◎

（「リスク」は、準備中や飲用中に液体が飛散するリスクのことを指す）

私たちが提案するスペースストローは、においの面だけでスペースカップに勝るとは言いきれないが、液体を続けて飲むことができる点や既存の宇宙食パックに取り付けて使用することができる点から、においを楽しむことと、手軽に飲み続けることができることを両立させた非常に画期的なものであると考える。提案した2種類のストローの比較をすると、開放型の方がにおいの強さに優れるが、液体飛散のリスクがフィルター型と比べて高くなる。したがって、例えば宇宙飛行士のように訓練を受けている場合は開放型のストローを、そうではない民間の宇宙旅行者であればフィルター型ストローを使用するといった使い分けが考えられる。

7. まとめと今後の課題

本アイデアに関するまとめを以下に示す。

- i) 既存の「スペースカップ」では実現できなかった、固形物を含む液体の食品を、においを楽しみながら続けて飲むことができるストローを提案した。
- ii) 「スペースカップ」と比較してにおいの点では多少劣るが、飲める量や手軽さの点で優れており、より一般的な用途が考えられる。
- iii) 既存の宇宙食パックに接続でき、さらには続けて飲むことができることから、手軽に使うことができる。
- iv) 2種類の形状案が考えられたが、においを感じるためには容器上部が開放されている形状の方がよい。
- v) フィルター型ストローは、例えば流動食を食べる人向けのにおいを楽しむ手段として、地上での応用も考えられる。

また、本アイデアに関する今後の課題は以下の通りであると考えられる。

- i) 使い捨ての場合のコストや製造法、再利用を見据えたストローの洗い方の検討。
- ii) 最もにおいを感じやすく、かつ飲みやすくす

るためのストロー形状の最適化。

iii) 微小重力環境において、液体から揮発した匂いが鼻に届くのかどうか、また液体の温度や周囲空気温度・湿度等で匂いの感じ方がどのように変化するのかについての検討

iv) フィルター型ストローに採用でき、液体を弾き、匂いを良く透過するフィルターの選定

v) 葉巻のような重厚感のあるデザインや、飾りがついた形状など、将来宇宙旅行を楽しむ一般人に親しみやすい魅力的なデザインの開発。

謝辞

本作品の完成にあたり、ご指導をいただきました東京工業大学の松永三郎先生、宇宙空間での食品のにおいの調査にご協力いただきましたJAXA 宇宙飛行士の油井亀美也様に、この場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

[1] 宇宙食の種類：宇宙日本食-宇宙ステーション・きぼう広報・情報センター-JAXA
<http://iss.jaxa.jp/spacefood/overview/category/>

[2] JAXA | 宇宙航空研究開発機構, 2016/10/12, “大西宇宙飛行士 ISS 長期滞在活動報告 (Vol. 20) 宇宙日本食を紹介”, Retrieved from
<https://youtu.be/qrPF8P4ETDg>

[3] 糸井梓ほか, 「栄養管理士としての観点から考える宇宙日本食」, 大妻女子大学家政系研究紀要, p63-69, 2013.

[4] Capillary Beverage
https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/explorer/Investigation.html?id=1768

[5] 認証食品詳細情報：宇宙日本食-宇宙ステーション・きぼう広報・情報センター-JAXA
<http://iss.jaxa.jp/spacefood/about/japanese/detail/>

[6] 戸田清志, 「宇宙日本食向け包装材の開発」, 高分子トピックス, 57 巻 9 月号, p. 764-765, 2008 年