

微小重力下における流体アートの生成 Creation of Liquid Art under Microgravity

土佐尚子[†] Pan Yunian[†] 玉井秀和[†] 鳥羽重孝[†] 中津良平[‡]
Naoko Tosa Pan Yunian Hidekazu Tamai Shigetaka Toba Ryohei Nakatsu

1. はじめに

最近、民間の宇宙船であるスペース X 社の宇宙船クルードラゴンによる宇宙飛行士の国際宇宙ステーション (ISS) への打ち上げ[1]、NASA による火星への無人探査機の着陸成功[2]など宇宙に関する話題が多くなってきている。特にスペース X のクルードラゴンは、民間人を乗せて地球周回軌道に送ったり、さらには月の周回旅行を計画しており、宇宙旅行がいよいよ私たちにとって身近なものとなりつつあることを実感させてくれる。

このような状況を踏まえ、宇宙旅行が私たちの身体や精神にどのような影響を及ぼすか、また私たちの文化やアートが宇宙時代にどのように変化していくかを今から考えておく必要がある。アートは古い時代から人間の精神性と深く結びついたものであり、宇宙時代にはこれまでのアートとの付き合い方はどうなるのか、また宇宙時代に合致したアートが生まれるのか否かなどは、今のうちに考えておく必要のあるテーマである[3][4]。

筆者らは流体を用いたアートである流体アート[5][6]の制作を行ってきたが、流体の振る舞いは無重力では重力下とは異なるため、無重力環境下における流体アートの研究を行う必要があると考えている。

本論文では筆者らが無重力下で行おうとしている流体アートの制作の考え方を述べるとともに、その前段として比較的簡易な装置で微小重力を実現する方法を提案するとともに、具体的に装置を組み上げてそれを用いて流体アート制作実験を行った結果について述べる。

2. 流体アート

2.1 流体アートとは

波の振る舞いや大気の振る舞いなどの流体现象は、自然現象の大きな部分を占めている。水の流れ、波の振る舞い、海流などはその典型例であり、天候も大気による流体现象である。筆者らは、流体现象をアート制作に利用することを検討してきており、種々の試行錯誤の結果、高速度カメラを用いて、人間の目には見えない種々の流体现象を可視化してアート作品化するという手法を開発した。これは通常は見えない自然の美をアート作品化する手法をテクノロジーを用いて実現することに相当する[6]。

具体的には、流体アートを作成するための基本技術の一つとして、高速度カメラで音の振動から作られた液体の造形を撮影する方法を開発した。高速度カメラは、これまで物理的な物質の爆発のように非常に短時間で発生する様々な現象の撮影に使用されてきたが、その用途の大半は科学

[†] 京都大学大学院総合生存学館 Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

[‡] 京都大学デザインスクール Design School, Kyoto University

技術の実験におけるものである。一方筆者らは、液体などの物質が「ミルククラウン」に代表されるように様々な美しい有機的な造形を生成することに関心を持った。そして絵の具などの流体に音の振動を与えて、流体で生け花のような形状を作成することができることを見出した。図 1 は実験環境である。スピーカーを上向けにおき、上に薄いゴム膜を張り、ゴム膜上に絵の具などの流体を置いて、スピーカーをサウンドで振動させると、絵の具が飛び上がり種々の造形を作り、その様子を高速度カメラで撮影する。ここでは 2000 フレーム/秒の高速度カメラを用いている。スピーカーに接続された PC で種々のサウンドを生成し、スピーカーを振動させる[5]。

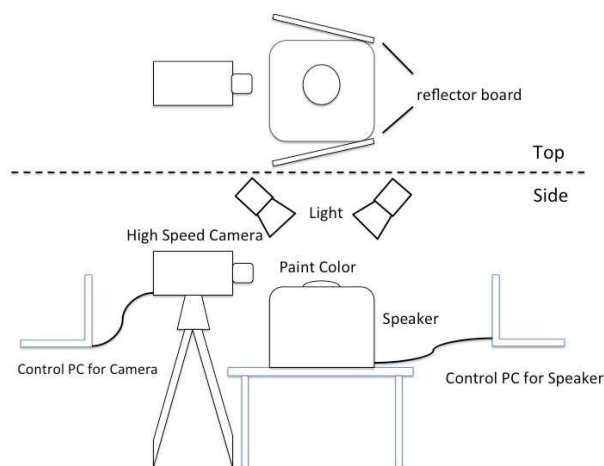


図 1 流体アート生成システム

2.2 流体アート「サウンドオブ生け花」

筆者らはこの環境を用いて音の形状・音の周波数・流体の種類・流体の粘度などを組織的に変化させて高速度カメラで撮影することによって種々の流体の形状が生成されることを確かめた[7]。

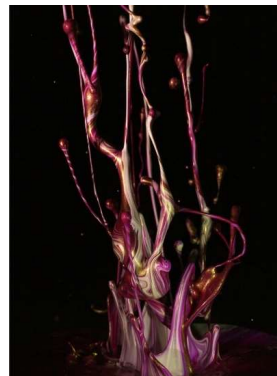


図 2 「サウンドオブ生け花」の 1 シーン

筆者の一人である土佐はそのようにして得られたビデオを日本の季節の色に合わせて映像編集することで、「サウンドオブ生け花[6]」と呼ばれるビデオアートを制作した。図2は、作品の一シーンである。

2017年4月には、土佐が文化庁から指名された文化交流使活動の一環として、ニューヨークのタイムズ・スクエアにおいて60台以上のデジタル・ビルボードを用いて展示を行った。これはTimes Square Midnight Momentと呼ばれるイベントで、一ヶ月間一人のアーティストをフィーチャーし、そのアーティストのビデオアートが毎晩11時58分から3分間上映されるものである。その様子を図3に示す。



図3 ニューヨーク、タイムズ・スクエアにおける「サウンドオブ生け花」の展示

2.3 無重力下での流体アート生成の意味

筆者らは、以上述べてきた「サウンドオブ生け花」に代表される流体アートを現在無重力下で生成する研究を進めている。無重力下で「サウンドオブ生け花」を生成することは以下のような意味を持つと考えている。

アートは私たちにとって社会にとって重要な要素である。宇宙での人々の生活が当たり前になる未来には、宇宙時代においてアートはどのような形になるのかを現時点で考えておく必要がある。宇宙時代には宇宙時代にふさわしい新しいアートが生じる可能性がある。従ってそのようなアートの新しい形を現在から模索しておく必要がある。また、無重力下での流体の振る舞いは重要な研究課題であるため、筆者らが提案した流体アートが無重力下でどのような形を生み出すかは研究としても重要な課題である。

3. 微小重力生成法

宇宙空間では無重力はごく普通の状態である。しかしながら地上では常時重力が働いている。それでは、地球上で無重力もしくは微小重力はどのようにして作り出すのだろうか。以下代表的な2つの方法を紹介する。

3.1 自由落下装置

地上では常に重力 G が下向きに働いており、地上のものは常にそれに抗した状態にある。そのくびきを解き放つ方法として自由落下がある。物体が重力に引かれるままに下向きに落下するとき、そのものは無重力状態にある（実際には空気の抵抗があるため完全な無重力状態ではない）。

例えば、現在は稼働していないが、岐阜県土岐市にある日本無重量総合研究所 (Micro-Gravity Laboratory of Japan) には自由落下距離 100m、自由落下時間 4.5 秒間の落下塔がある。この落下塔は塔内を真空に近い状態にすることによ

り、空気抵抗を無くし落下カプセルを自由落下させていた[8]。

3.2 パラボリックフライト

パラボリックフライトは、放物線状の飛行経路で飛行を行うことを意味している[9]。急速な降下により十分な速度を得た後、機体を起こし、空気抵抗を補償する程度まで推力を絞込むことで放物線運動を行う。パラボリックフライト中は、機体内で $10^{-2}G \sim 10^{-3}G$ 程度の微小重力環境が 10 秒～20 秒程度実現できるため、微小重力実験、宇宙飛行士の訓練などに利用されている。

4. 微小重力下での流体アートの生成

4.1 小型自由落下装置の試作

筆者らは先に述べたように、宇宙時代の入り口にきている現在、宇宙時代におけるアートのあり方を検討する時期にきていると考えている。特に、筆者らが行っているような流体现象などの自然現象・物理現象を利用してアート制作を行う場合は、無重力における流体の振る舞いがアート制作に大きな影響を与えると考えられ、無重力状態における流体现象を利用したアート制作の試みを行うことは大きな意味を持つ。

そのような状況のもとで、筆者らは流体现象を利用して制作したアートである「サウンドオブ生け花」が無重力下でどのような形状になるかに大きな興味を持っている。具体的には、先に述べた無重力の実現方法のうちパラボリックフライトを利用した無重力環境下で、これらのアート制作を試みることを予定している。

しかしながら同時に、パラボリックフライトは飛行機を借り上げて放物線型の飛行を行ってもらおうという大掛かりな実験となり、費用がかさむ。そのため、どのような形状が生まれるか全くわからないままでパラボリックフライトの本実験を行うことはリスクが大きい。また自由落下装置を用いた実験でもスピーカーや高速度カメラなどの機材を入れた実験を行える自由落下装置は限られており、こちらも準備と予算を要する。

これに対して、京都大学宇宙ユニットや JAXA の先生方から、室内で小規模の自由落下実験を行ってはどうかというアドバイスを頂いた。このアドバイスに従って検討してみたところ、室内での小規模の自由落下は筆者らが行っている流体アート生成と相性がいいことがわかった。

通常の無重力下における実験は少なくとも数十秒、さらには数分以上の時間を必要とする。それに対して筆者らが行っている流体アートは、1 秒もしくはそれ以下の短い時間で生じる現象を高速度カメラで撮影することによってアート制作を行うものである。

1 秒以内の短時間の自由落下であれば、それほど大掛かりな装置を必要とせず実現できる。1m、1.5m、2m から自由落下させた場合の落下時間はそれぞれ 0.452 秒、0.553 秒、0.639 秒となる。空気抵抗を考慮した場合でも、考慮しない場合に比較して 0.001～0.002 秒程度の落下時間の増加に止まる。これは、静止状態から自由落下に移る最初の段階では、速度が小さく空気抵抗の影響を受けにくいためである。

筆者らが試作した自由落下実験装置の概念図を図 6 に示す。

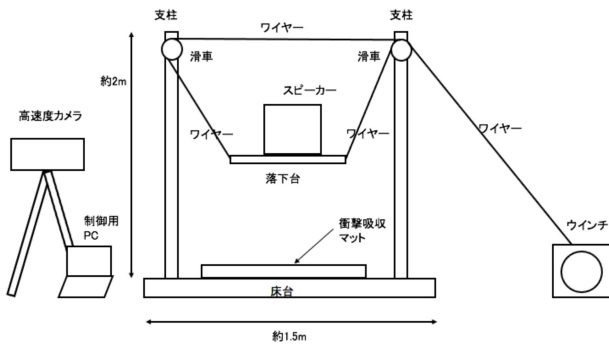


図6 自由落下装置の概念図

頑丈な鉄パイプで組んだ立方体の枠組みの中に軽量の鉄枠で作った落下台を設置しその上のスピーカーを置く。落下台の四隅にスチールワイヤーを取り付け、スチールワイヤーを4本の支柱のトップに取り付けた滑車を通して一本にまとめウインチに巻きつける。ウインチを巻き上げることによって落下台を約1.5mの高さに引き上げ、絵の具を乗せたスピーカーの駆動と高速度カメラの撮影開始と同期して落下台を自由落下させる。



図7 自由落下装置全景

図7に自由落下装置の全景を示す。この状態で絵の具を乗せたスピーカーの駆動開始と高速度カメラの撮影開始と同期して落下台を自由落下させる。落下台の自由落下はウインチのストッパーを外すことによって行えるが、ウインチの摩擦の影響を避けるため、毎回ワイヤーを切断して行う方がより微小重力の生成に適していることがわかったため、実際の実験ではそのようにしている。

4.2 微小重力下での流体アート

上記の自由落下装置を用いて現在、微小重力下における「サウンドオブ生け花」の生成実験を行なっている。図8に「サウンドオブ生け花」生成実験で得られた形状の例を示す。

本格的な実験はこれからであるが、通常の重力下で作られた「サウンドオブ生け花」に比較して、液体の飛び上がりの高さや横への広がりが大きくなっており、よりダイナ

ミックで美しい造形が得られる可能性があることがわかった。



図8 自由落下装置による微小重力下で作られた「サウンドオブ生け花」の形状例

5. おわりに

宇宙時代の到来を睨んで、宇宙時代におけるアートのあり方を検討しておくことが重要である。本報告では、実験室内で微小重力を生み出すための自由落下装置のコンセプト・設計・製作に関して述べた。またその自由落下装置を利用して微小重力環境を作り出し、筆者らが流体现象を利用して制作しているアート作品である「サウンドオブ生け花」を制作した例について述べた。

これと並行して筆者らは、より本格的な無重力下での「サウンドオブ生け花」の制作を、パラボリックフライトを利用することによって行う予定で準備を進めており、その結果については別途報告する。

参考文献

- [1] Erik Seedhouse, "Space X's Dragon: America's Next Generation Spacecraft," Springer (2016).
- [2] Kenneth H. Williford, et al., "The NASA Mars 2020 Rover Mission and the Search for Extraterrestrial Life," Chapter 11, "From Habitability to Life on Mars," Elsevier, pp.275-308 (2020).
- [3] 「アーティストのための宇宙論」美術手帖、Vol.10 (2019).
- [4] Maja Murnik, "Art in the environment of zero gravity: A sketch," Virtual Creativity, Vol.6, No.1-2, pp.67-74 (2016).
- [5] Yunian Pan, Hidekazu Tamai, Naoko Tosa, Ryohei Nakatsu, "Sound of Ikebana: Creation of Media Art Based on Fluid Dynamics," International Journal of Humanities, Social Sciences, and Education, Vol.8, No.3, pp.90-102 (2021).
- [6] 土佐尚子、中津良平、「アート&テクノロジーの融合で日本文化を創る」電子情報通信学会誌、Vol.99, No.4, pp.295-302 (2016).
- [7] Yunian Pang, Liang Zhao, Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, "A Study of Variable Control of Sound Vibration Form (SVF) for Media Art Creation," 2017 International Conference on Culture and Computing (2017).
- [8] Tagawa, Y., et al, "Present State of Microgravity Laboratory of Japan," Journal of the Japan Society of Microgravity Application, Vol.6, No.2 (1989).
- [9] Mark Shelhamer, "Parabolic flight as a spaceflight analog," Journal of Applied Physiology, Vol.120, pp.1442-1448 (2015).