



# 空傘散歩

Kuasan-sanpo

山口 修平<sup>1)</sup>, 井上 悠香<sup>1)</sup>, 佐々木 嵩也<sup>1)</sup>, 鈴木 元<sup>1)</sup>, 廣川 七海<sup>1)</sup>, 松山 航大<sup>1)</sup>  
Yamaguchi Shuhei, Inoue Yuka, Sasaki Takaya, Suzuki Gen, Hirokawa Nanami, Matsuyama Kota

1) 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術専攻 (〒923-1292 石川県能見市旭台 1-1, {s2310167,s2210017,s2310060,s23100778,s2310138,s2310153} @jast.ac.jp)

**概要:** 映画やアニメでは傘を使って空中をふわふわと飛び回るシーンがよく描かれる。しかし、現実の物理法則から考えると、人間の重さを支える程の風を捉えるには傘の面積は小さく、耐久性も現実的ではない。本企画では風にあおられた傘を掴んで人間が持ち上げられる現象を VR で拡張し、傘の傾きを操作することで自由に空中を散歩するファンタジーな体験を提供する。傘の力覚提示、首への風覚提示、椅子を浮かせる浮力提示により、まるで実際に空中散歩をしているかのような臨場感を再現する。

**キーワード:** 風覚, 傘, 散歩, 張力提示

## 1. 企画目的

傘でふわふわと着陸するシーンや傘で移動するシーンは映画やアニメの中でよく見られる。例えばふわふわと着陸するディズニーの「メリーポピンズ」[1]や傘で移動するスタジオジブリの「となりのトトロ」[2]のようなシーンで用いられてきた。

傘を操作して空中を移動する動作は、信憑性と想像力の絶妙なバランスを保っている。私たちは直感的に、パラシュートやパラグライダーの概念を理解していて、大きな布が風を受けて人間が持ち上がる力を把握している。そのため開いた傘が風によって揺られ、体が持ち上げられるイメージは、私たちの日常的な経験からそれほど遠くない想像の範囲内にあると考えられる。

しかし、現実の物理法則を考えると人間の重さを支えるための風を捉える面積として傘は小さい。また、空を飛ぶためには傘の耐久性から現実的ではない。従って、このプロジェクトでは風にあおられた傘を掴んだ人間が持ち上げられる現象を VR で拡張し、傘を操作することで空中を散歩できるファンタジーな体験ができるコンテンツを目指す。

## 2. 全体外観

本企画の全体外観を図 1、体験シナリオを図 2 に示す。体験者は両足を浮かせた状態で椅子に座り落下を防ぐために椅子についている安全ベルトで腰回りを固定する。さらにヘッドフォンと HMD を装着し風覚装置を首に掛け、

腕が曲がる楽な姿勢で傘の持ち手を握る。

体験者は映像を見つつ音響と風覚装置から風向を感じ、手に持っている傘を風向と平行になる方向に傾斜させる。傾斜された傘は傾斜方向に力覚装置により牽引され図 2 の 1→2→3 のように VR 空間で浮遊感を与える。逆に、傘を風向と平行でない方向に傾斜させると 3→4 のように VR 空間でふわふわと落下する。また、傘の先端につけられたジャイロセンサから傾斜角度や方向を取得し、これをもとに傘が傾斜した方向に対応するように空気圧によって板を持ち上げる浮遊装置により椅子を傾ける。これらの操作を繰り返すことによって、体験者は傘を使った空中散歩を体験できる。

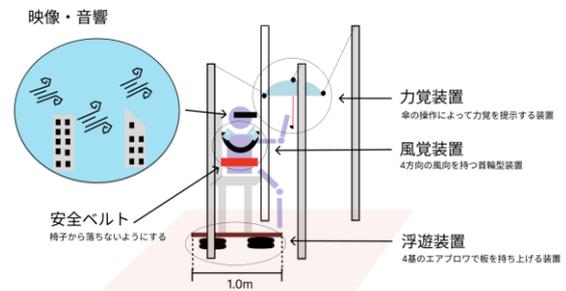


図 1 : 全体外観

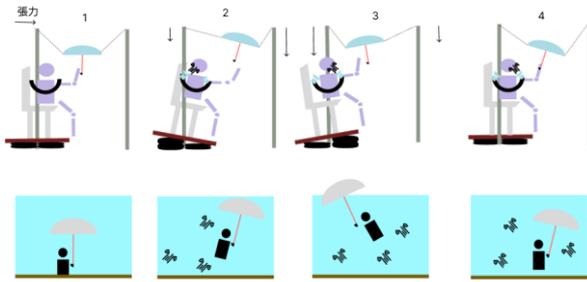


図2：横から見た体験シナリオ

### 3. システム構成

#### 3.1 映像・音響

空傘散歩では国土交通省が提供する3D都市モデルであるPlateau[3]をUnity上で使用し東京の上空を散歩できるコンテンツを制作する。風は衝突判定を付加したオブジェクトをランダムな方向から体験者の近くに発生させることで再現する。この際、ビルにも衝突判定を付加し、ビルと風の衝突時に風向を変化させることで変則的なビル風も再現する。加えて風向が視覚的にわかるようにステージ内では紙や缶などのゴミを舞い上がらせることで方向の提示も試みる。なお本ステージ内では、現実世界とは異なり上昇するにつれて風があまり吹かなくなるように設定する。これは上昇のしすぎを防止ビルとビルの間をすり抜けるエンタテインメント性を提供するためである。コンテンツの具体的なゴールについては検討中だが、東京タワーや東京スカイツリーなど東京のランドマークをゴールとした空中散歩コンテンツを制作したいと考えている。

音響効果の実装にはYAMAHAのxR-SDKを使用する。これにより風の方向をより正確に提示し、臨場感があふれる体験を実現する。

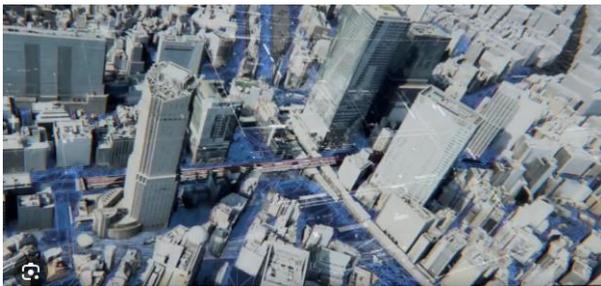


図3：Plateau

#### 3.2 力覚装置

力覚装置は傘が風を受けるように傾けた場合、傘が牽引される力覚を提示させる。また、傘が風を受けない方向に傾斜させた場合VRでふわふわと落下する。体験者はランダムな方向から現れる風を、傘を傾斜することで選択でき、進行方向を操作できる。

傘の上昇は図4のように紐を用いて牽引する。紐を引っ張るためのメカニズムとして、石橋ら[4]の張力提示システムを参考にする。図4のように開閉式キャップが閉まることでパイプ内が減圧し、パイプ内のゴムプラグが吸引され

ることでゴムプラグに取り付けられた糸が引っ張られ張力を提示する。また、ステッピングモーターで開閉キャップを操作し開口部の面積を段階的に制御することで紐の張力を調整できる。この機構を4本のパイプそれぞれに設定する。傘を牽引する紐の張力を調整し傘の上昇方向を制御する。また開閉キャップをパルス状に操作することで体験者が傘を引っ張る力と力覚装置の提示する張力の釣り合いが損なわれて傘がバサバサ動く現象を再現できる。このように、空気圧の張力提示を行うことでモーターなどによる線形的な張力提示ではなく張力に弾力を持たせることができる。

傘の先端についたジャイロセンサは傾斜角度と方向をPCに伝達し、風向に対応した張力の生成や、後述する浮遊装置との連携に用いる。

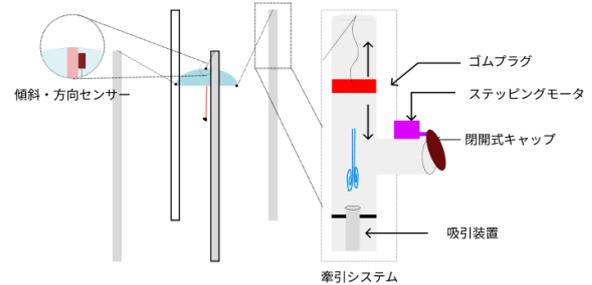


図4：力覚提示システム

#### 3.3 風覚装置

ヘッドフォンと風覚装置で風向を提示する。この装置は図5のような首輪の形のデバイスであり3段階に風量が調整できる小型扇風機が90度ずつ4箇所、顔に風が当たるように角度を持って配置されている。Unity上のVR空間で体験者と風が当たる方向を通信し同じ方向に風が向くように操作を行う。

また本装置では小型扇風機のみではなくヘッドフォンから音響を用いて風覚を提示する。前述したxR-SDKの立体音響を組み合わせ、4つの風向きと音響によりクロスモーダル現象を引き起こしリアルな体験を目指す。

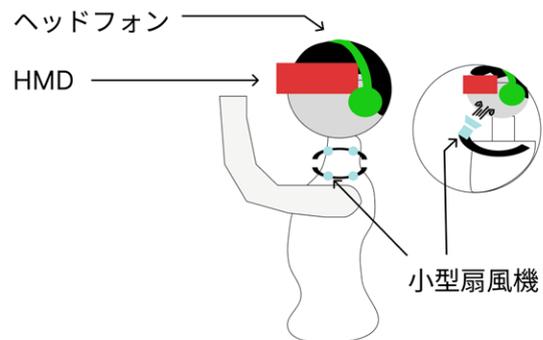


図5：風感提示システム

#### 3.4 浮遊装置

空傘散歩の実現にあたって、浮遊感は体験をより豊かにできると考える。そのため、浮遊装置では傘の方向に合わ

せ椅子を載せた台座を傾けることで浮遊感を再現する。また両足を浮かせることでソリッドレイ研究所の飛翔体験[5]のように浮遊感を演出する。

浮力装置は高橋ら[6]のエアブロワの空気吐出制御を参考にした。本装置では図6のように台座の上に椅子を固定する。タイヤチューブと台座、床面で囲まれた空間にエアブロワで空気を送り込み、ホバークラフトと同様の原理で台座を持ち上げることができる。高橋ら[6]によるとエアブロワ1基につき0.1m程度盤面が上昇し、50kg程度浮揚させることが確認されている。エアブロワはON/OFFのみの制御である為、4基のエアブロワでリレースイッチの回路を組み板の傾きを制御する。

また、VR空間で浮遊した時の傘の傾きの角度情報を受け取り、4つのエアブロワを制御することで浮き上がる方向と台座の傾きを同期する。

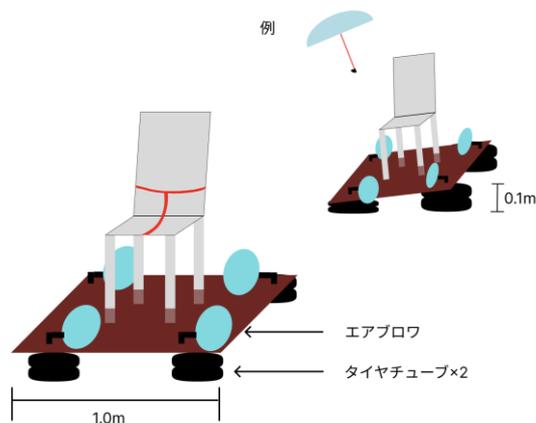


図6：浮力提示システム

### 3.5 システムの全体構成

図7にシステムの全体構成について示す。被験者はVR空間の環境から視覚、聴覚、触覚、で風覚を認知し、力覚装置に接続された傘を傾げる。傘の傾きをマイコン(Arduino)とBluetooth通信を用いてUnityに送信する。ステージ内の状況や傘の傾きに基づきUnityから各マイコンを操作することで風覚、浮遊、力覚装置をコントロールしそれぞれの感覚フィードバックを行う。

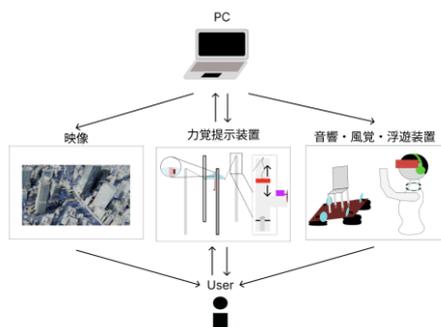


図7：システムの全体構造

### 3.6 本企画の安全面について

1. 体験者が椅子から転倒する可能性  
被験者はT字型のベルトで固定し落下を防止する。
2. 風覚装置による頭部への負担やうっ血の可能性  
風覚装置の総重量は約450gであり過度な負担にならないと考える。装置を作る過程で重量が発生した場合、電池とファンの部分を分解し軽量化を図る。
3. 風覚装置による髪の毛が巻き取られる可能性  
小型扇風機はそれぞれの羽根への巻き込みを防止するガードを装着する為、髪の毛の巻き取りを防止する。
4. 浮力操作で椅子が板から滑り落ちる可能性  
椅子台座に穴をあけ下から垂直にボルトで固定することで滑り落ちを防止する。
5. その他の可能性  
その他、体験者の気分が悪くなるなどの不快な症状を感じた場合は即座に挙手していただき、体験を直ちに中止する。

### 参考文献

- [1] Disney UK. "MARY POPPINS RETURNS | 2018 Latest Trailer - Emily Blunt & Lin-Manuel Miranda | Official Disney UK." YouTube, 2018. 2023/5/25 [https://www.youtube.co-m/watc-h?v=gZgUW88D15w].
- [2] スタジオジブリ.となりのトトロ, 2023/5/25, https://www.ghibli.jp/works/totoro/.
- [3] plateau, 2023/5/23, https://www.mlit.go.jp/plateau/.
- [4] 石橋賢, et al. "スパイダーヒーロー：張力提示システムを導入したVRアプリケーション." インタラクティブ2010 予稿集, 2010, pp. PB21.
- [5] ソリッドレイ研究, 飛翔体験, 2023/5/28, "https://www.solidray.co.jp/Exhibition/DCE-XPO/2013/"  
高橋誠史, et al. "ジェスチャ認識と簡易なモーションベースを用いたVRアプリケーション." 芸術科学会論文誌, vol. 3, no. 3, 2004, pp. 200-204