

IVRC2022

やがて雪だるまになる

in time become snowman

## 本企画の目的

雪玉を転がして雪だるまを作るという体験は、本来冬場で積雪のある地域でのみ体験することが可能である。しかしながら、現在地球規模で進行する温暖化現象により、積雪量や積雪地域の縮小が見られる。実際に日本でも将来的に降雪量は北海道を除いて減少するとされている[1]。その結果、多くの人が雪だるまを作成するという体験をすることが今後更に難しくなることが予期される[2]。そのため、疑似的な雪だるま制作を体験することにより、場所や時期に左右されずに体験が可能であると考えた。

さらに、現代の社会においては Society 5.0 に関する概念が浸透しつつある[3]。そこでは「年齢や障害などによる行動範囲」制約からの解放も目的の1つとして挙げられている。つまり、これから将来を考えた際に、身体的に不自由があるような人であっても同じような体験を疑似的に経験することができるような仕組みを考える必要がある。

そこで、本企画では雪だるまを作りたいと思う人であれば環境や状況に左右される事なく、雪玉を転がして雪だるまを作成する体験を提供を目指す。

## システム全体像について

本企画のシステム全体図、全体概要ブロック図を以下の図にしめす(図1)

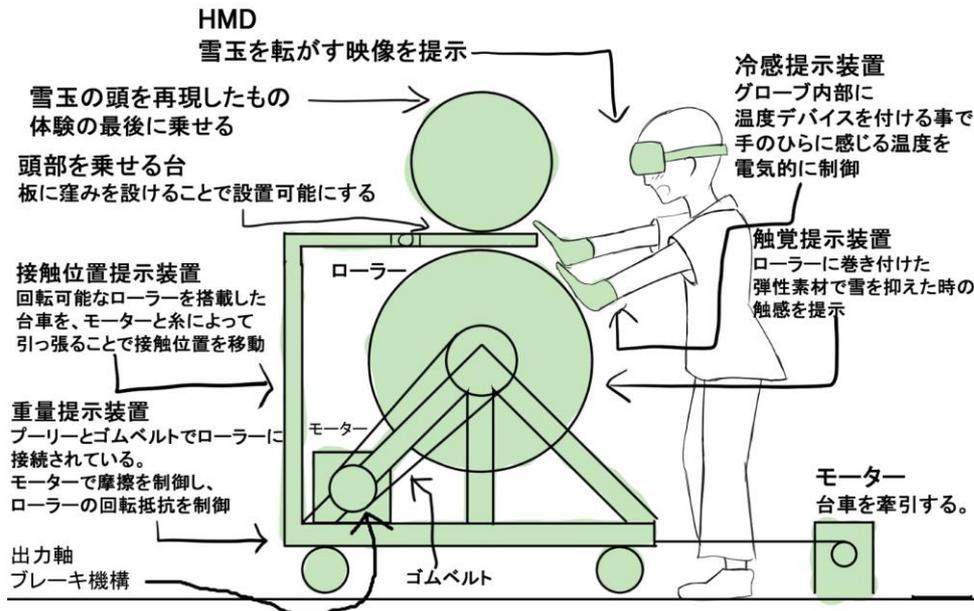


図1: システム構成図

体験者は、HMDに映し出された雪玉を転がす映像を見ながら、雪だるまの胴体に見立てた装置を手で押して転がすことにより、雪玉を大きくして胴体を作る体験をする。胴体を作成した後に雪玉の頭を再現した模型を装置の上に乗せる事で、雪だるまの完成とし体験は終了する。

## システム全体とそれに伴う装置

本企画で表現する雪玉の作成，雪だるまの表現方法を表 1 に示す．

表 1:再現装置概要

触覚による温度の提示	温度提示装置
雪玉を転がす事による大きさ変化の提示	接触位置移動装置 視覚提示装置
雪の圧力感覚提示	圧力提示装置
転がしながら歩く体験	歩行補助装置
雪玉の頭部を雪玉の胴体へ乗せる	疑似雪玉設置機構
雪玉が大きくなる事による重さの提示	重量提示装置

### 触覚による温度の提示

雪玉を転がす」という体験をするにあたって，雪玉の温度を手のひらへ提示することは重要である．今回の体験では，雪玉を転がす際にはスキー用の手袋を装着しているという設定のもと，手袋に温度デバイスを内蔵する事で手袋越しに伝わる「雪玉の冷たさ」を提示する．既存の研究からも手の平にて提示する温度刺激によって温度感覚ディスプレイインターフェイスの可能性が示唆されている[4]．そのため，実際の雪玉は氷で出来ており温度が摂氏 0 度以下では有るものの，手袋越しに伝わる温度は摂氏 0 度を下回らないと想定して，冷感提示には冷水あるいはペルチェ素子をデバイスとして用いるものとする．

体験者は，雪玉に触れると冷感提示装置によって雪玉の冷たさを感じる事が出来る．雪玉へ触れているかどうかの判定は仮想空間内の手の位置と雪玉の表面の位置から取得し，必要に応じて冷感提示装置に制御指令を送る．

### 雪玉が大きくなる事による重さの提示

雪玉を転がしていく内に増加する重量感覚を提示するため，雪玉の大きさに応じて触覚提示装置に対して外部から力を与える事で実現する．

具体的な実装方法として，触覚提示装置のローラーにプーリーとゴムベルトを装着し，体験者が手で押すことによって生じたローラーの回転力を取り出せるようにする．ゴムベルトとプーリーによって接続されたローラーの軸では無い出力軸に対して，モーター及びブレーキディスクにて生じる摩擦力による負荷を与えることで，雪玉の重量感覚を提示する．

尚，あくまでこの装置は体験者が触覚提示装置のローラーを回転させる力に対して負荷を与えるための機構であり，外部からローラーに対して回転を与えるための物では無い．また，ブレーキ機構が

摩擦力によって慣性力を打ち消すため、体験者が回転するローラーに巻き込まれる等の危険を無くした設計となっている。

## 疑似雪玉設置機構

雪だるまを作る上で、欠かせない体験の1つが雪玉の頭部パーツを胴体パーツの上へ載せ実際に雪だるまを完成させる体験である。疑似的にはあるが、雪玉の頭部パーツ(以下、疑似頭部という)を持ち上げ設置する体験を提供する。触覚提示装置のローラー上部に疑似頭部を設置可能な機構を設ける。地面から持ち上げて腰よりも高い位置に置くという仕様上、実際の大きさに対する重さを再現することは安全面の観点から落下・破損等の危険があると考え、疑似頭部は子供でも持ち上げられる程度の重さとする。

この重量を支えるための機構として、疑似頭部内部にはある程度の重りとしての役割と設置を安定させる役割を兼ねた磁性体を入れ、また、設置機構側にも磁石を配置し、球体が沈む程度の窪みとハニカム構造の弾性マットを設けることで、簡易的な固定機構を形成する。

## 歩行補助装置

雪だるまを作成するにあたって、「押しながら前進する」という動作が必要不可欠である。しかしながら、本企画のコンセプトは「足が不自由な人でも雪だるまを作る体験が出来る」というものであるため、仮想空間内での移動方法を2つ用意する。

1つ目は、足首に装着する衝撃提示装置のマイコン(M5Stack)に内蔵された加速度センサーを用いて、足踏みを検知し、移動する方法である。この方法は、足が自由に動かせる人を想定しており、雪玉を歩きながら転がす体験を提供する。

2つ目は、車椅子に座りながら、雪玉のスピードに合わせて車椅子を数度傾ける事で、擬似的な加速度を与える方法である。この方法では、足を動かす必要が無いため、実際に雪だるまを作成可能な環境に移動する事無く、体験が可能である(図2)。

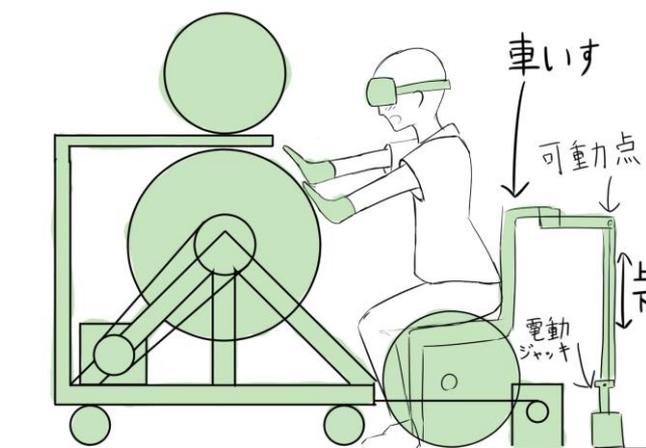


図2: 歩行補助装置

## 視聴覚提示装置

人間の持つ感覚情報の中で映像や聴覚といった視聴覚情報は人間が日常生活を過ごす感覚情報の中で約 94%と、最も重要としていると言える [5]。また、既存の研究により同形状の実在する物体へ重畳描画を行うこと、外観や材質を変更することが可能であり [6]、これら視聴覚情報の提供に関する装置によって、実際に雪玉を触っているような錯覚を引き起こすことが可能である。また、触覚刺激の提示により、視覚的触感の程度は触覚刺激の触印象に近づく事が判明している [7]。視覚的触感が触覚情報により影響をもたらされる事が見てとれる。よって、雪玉を再現するデバイスを転がす事で、雪玉を作成する体験を提供する事を目的とした。そのため、視聴覚提示装置とデバイスによる触覚提示との連携が、実際に雪玉を転がしている感覚を提供する上で極めて重要となると言える。

## 映像提示装置

3D モデル作成ツールを用いて、雪原のような周りの風景や雪だるま、体験者のアバターとなる 3D モデルを制作し、Unity 上に実装する。体験者は HMD を使用することで、3D 空間上で体験者が雪の降る世界にいるような感覚を与え、雪原の中で雪玉を作るような体験を視覚面で表現することで視覚的にも冬の寒さを感じながら雪玉作りに取り組むことができる。

## 体験者への立体音響を用いた体験提示

Unity 上で実装された体験システム内で雪玉の回転時に発生する「雪の上を進む音」や「地面に踏んだときに出る音」を HMD から効果音として流すことで雪玉転がし体験の説得力を向上させる。

## 雪玉が拡大する感覚の提示

雪玉を転がす体験を提供する上で小さい状態から転がし始めた雪玉が、雪面を転がしていくことによって徐々に拡大していく感覚を得ることが重要だと考えられる。そのため、システム上で接触位置移動装置を用いて触覚での体験を提供する。それに加え、触覚上だけでなく実際に映像として体験者へ雪玉が実際に大きくなるような映像を提示する事により、雪玉が大きくなっているような体験を提供する事が可能となる。

## 雪玉の頭部を載せる体験の提示

雪だるまを製作する過程において、頭部部分の雪玉を胴体部分の雪玉上へ載せる事が大きな醍醐味の 1 つと考える。そこで、体験者が胴体部分に当たる大きな雪玉を転がして製作した後、すでに用意してある頭部に該当する雪玉を模したトラッキングデバイスを利用し、胴体の上に頭部の雪玉を設置する体験を提供する。また、映像上で他のキャラクターが頭部パーツを持ち上げる動作を手伝うような映像を提示し、パーツの重量が安全のために実際の雪玉と比較して軽量であることに対する違和感を感じさせない仕組みを構築する。

## 体験の流れ

疑似頭部を床に置いておき、触覚提示装置を所定の位置に移動させる。

体験者はHMD、冷感提示装置、各々の身体特性に適した2種類の歩行補助装置のどちらかを装着する。システムの起動とともに、体験者は触覚提示装置に搭載されたローラーを手で前方へと転がし始める。ローラー位置は触覚位置提示装置によって仮想空間内での雪玉との接触位置と同期され、体験者は触覚によるフィードバックと歩行補助装置による疑似移動感覚を得ながら雪だるまの胴体を作成していく。

胴体の完成後、床に置いてある疑似頭部をスタッフの補助を受けつつ接触位置提示装置の上部にある設置場所に置くことで、雪だるまは完成となり体験は終了する。

## 体験する上での注意点

本企画では大型のローラーを用いたデバイスを使用する。それにより、体験者が巻き込まれないような設計にすることが重要である。体験時に、アクシデントが発生した際にはローラーの軸回転を強制的に停止させる機構を実装することで緊急停止ができるようにする。さらに、体験者が回転させたローラーが慣性力で周り続けないようなブレーキ機構の実装も同時に行う。さらに、触覚位置提示装置が必要以上体験者へ近付かないようにするため、ストッパーなどを用いて巻き込まれ事故を防止する。

## 予備実験

本企画を実施するに当たって、施行したテストプレイを以下に示す。

まず、雪の質感を実際に再現することが可能であるかの確認を実施した。それにあたり、スライムと粒子状のビーズを混ぜ合わせた物を作成し、完成した材質を厚手の手袋を装着した状態で触れることで、どのような体感を得られるかについて検証した（図3）。



図 3: 雪質を再現したスライム

目隠しをした状態において作成した材質を触れた結果、個人の体感による差はあるものの、雪面を触ると酷似した感覚を得る事ができた。実際にはペルチェ素子などを用いてより錯覚が生まれやすい環境にするため、今回作成した材質を用いて十分に錯覚を起こすことは可能であると考えます。

次に、今回実装する雪玉が手前へ迫ってくる機構を再現する簡単な 30cm 程度の機器を作成し、実装可能かのデモを行った。機構として「ゴムの張力を用いて装置を引き起こし、接触面の変化を表現するもの」と「モーター動力を用いて接触面の変化を表現するもの」の 2 種を作成した。前者の機構はゴムの張力を用いるため、起き起こす際にゴムが切れる事で実物大で実施した際に重大な危険性があると感じる一方で、後者は問題なく接触面の変化を表現することができた。このことから、今回の企画を実装するに当たっての機構としては、モーター等の動力を用いたもので行うことにする。

2つの予備実験から、本企画にて達成を目指す質感と接触面積による触覚部分の再現は十分に可能であると考えた。

## まとめ

本企画を用いることで、どのような環境下であったとしても雪玉を転がし、雪だるまを作る体験を得ることが出来る。さらに身体的に不自由な点を抱える人であっても、変わらない体験を提示することが可能である。これによって雪だるま作成の体験をしたいと考える多くのユーザが同様の体験を得ることが可能となり、雪だるまの制作や雪遊びをしたいと考える人にとっての有用な企画となる。

## 本企画のスケジュール

5月下旬	企画書作成 予備実験
5月31日	企画書提出
6月上旬	システム構成の設計
6月中旬	試作機作成開始
6月下旬	ソフト側とハード側における整合性確認
7月上旬	試作機完成
7月中旬	オープンキャンパスにて実機を用いた体験の 試験及びフィードバック
8月上旬	予選大会に向けての実験・改良
8月中旬	完成

## 参考文献

1. 川瀬宏明: 地球温暖化で変わる日本の雪; 気象庁気象研究所応用気象研究部 (2019)  
(参照 2022-05-28)
2. 雪遊び・ウィンタースポーツ、やったことがある? ; 浜松市子育て情報サイトぴっぴ (2017)  
(参照 2022-05-28) <https://www.hamamatsu-pippi.net/blog/report/interview/4656.html>
3. 内閣府. Society 5.0 とは (参照 2022-05-28)  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)
4. 土井幸輝・西村崇宏・瀬尾明彦・串山久美子・馬場哲晃: ヒト手掌部における温度感覚特性及び識別特性の評価; 日本感性工学会論文誌, Vol. 11, No. 3, pp. 419-425 (2012)
5. 『産業教育機器システム便覧』; 日科技連出版社,  
教育機器編集委員会編, p4, 「図 1.2 五感による知覚の割合」 (1972)
6. 大島登志・山本裕之・田村秀行: “実態触知機能を重視した複合現実感 システム — 自動車インテリア・デザイン検証への応用 —”; 日本 VR 学会論文誌, Vol.9, No.1, pp.79-87 (2004)
7. 山本健太郎・崔原齊・三浦佳世: 視覚的触感に触覚情報が及ぼす影響  
The Japanese Journal of Psychonomic Science , Vol. 33, No. 1, 9-18 (2014)