

# 足裏への音圧刺激による雪上歩行感の表現 さっぽろ雪まつりアーカイブ

山口唯<sup>†1</sup> 松永康佑<sup>†1</sup>

**概要：** さっぽろ雪まつりのデジタルアーカイブの臨場感を創出するため、聴覚、触覚表現を取り入れ、視覚との相乗効果を高める研究を行なった。雪まつりのコンテンツのひとつである雪上歩行をサウンド刺激で表現し、足裏へ知覚させることで、VR空間での臨場感を創出する事ができた。

## 1. 背景

さっぽろ雪まつりは、2月上旬に札幌大通公園を中心開催される。雪像や氷像の屋外展示を中心としたイベントである。1950年に始まり、近年では200万人を超える観客数を動員し、2018年の会期は8日間となっている。雪像は会期中の限られた期間にしか見ることができない。また、天候による変形や崩壊の危険性があるため、イベントの閉幕を待たずして、雪像を取り壊す場合がある。そのため容易に変形し消滅していく地域の魅力資源をデジタルアーカイブ化し、保存・再現することで、資源の再利用を可能とし地域活性化につながるコンテンツの可能性があると考える。これまでに、松永らにより、さっぽろ雪まつりの立体的なデジタルアーカイブとして、VR技術を活用したコンテンツ制作が行われた[1]。この研究では、雪像を三次元的に記録したVRコンテンツの作成が行われた。それにより、写真やビデオでは伝えきれないスケール感を感じさせることができた。しかし、さっぽろ雪まつりの追体験のコンテンツとしては、周囲の環境情報から得られる臨場感が伴わないと、魅力が失われているものであった。



図1 松永らによるさっぽろ雪祭りアーカイブ

## 2. 目的

さっぽろ雪まつりのアーカイブに必要な要素の分析を行

う。そこから聴覚や触覚を組み合わせたコンテンツ制作をおこない、視覚との相乗効果を高めること、また雪像だけでなく、祭りの雑踏や、雪道を歩くこと等の環境要素を取り入れ、より臨場感を高める効果を創出することを目的とする。

## 3. 関連研究 先行研究の調査分析

さっぽろ雪まつりのアーカイブを制作するにあたって、必要な要素の分析を行い、そこから関連研究や、先行研究の分析をおこなう。

### (1) さっぽろ雪まつりアーカイブに必要な要素の分析

2018年に行われたさっぽろ雪まつりに行き、あらゆる視点から要素の分析をおこなった。図2のように視覚、聴覚、触覚、冷覚、嗅覚の要素が見つけられた。



図2 さっぽろ雪まつりの要素分析

そこから、視覚、聴覚、触覚に着目していく。視覚では、雪像、観光客、降雪、積雪、屋台の表現をおこなう。また、実際に行った際の雑踏音が臨場感をかき立てている要因と仮定し、聴覚要素として挿入していく。また、雪まつりでは、歩いて雪像をみて回る。しかし、実際の雪まつり会場では滑ったり、雪がとけていることがことから歩きにくい状態である。実際の歩きにくさを表現することは雪像をみてまわるというコンテンツの没入感を阻

†1 札幌市立大学

害してしまうということを感じた。

## (2) 関連・参考文献

VR 研究の中でも、疑似体験の臨場感を高めるために触覚を感じさせる要素を取り入れ、視覚との相乗効果を高める研究がおこなわれている。

増野らは、人間は日常生活において足で移動を行うことに着目し、足を用いた仮想環境を移動するインターフェース制作が行っている。それにより、手を用いたインターフェースと同等の操作性や没入感を感じることができる結果が得られた[2]。

また、人間は歩行するとき足裏から床面の凹凸などの情報を得ている。久米らによる実験で、足裏に振動をあたえることにより移動や回転の情報を伝達できることが明らかになっている [3]。

この研究で取り扱うさっぽろ雪まつりの体験コンテンツでは、実際に歩き、雪像を見てまわることを想定している。雪まつりというコンテンツを 3D 化した空間でも雪の上を歩いて移動する動作がでてくる。そこで、雪の上の感覚（以後、雪上感と表現する）を感じる足裏の触覚体験を表現することにより没入感を体感できるのではないかと仮定する。

## 4. 足裏サウンド刺激による実験

### 4.1 実験装置の制作

実験をおこなう上で、踏む感覚、踏んだ時の音の表現ができる装置の制作が必要である。そこで、雪上感に類似する片栗粉を踏めるボックス、また刺激と音が同時にでるスピーカーを足裏に当てる装置の制作をおこなった。



図 3 片栗粉ボックス



図 4 スピーカーによる足裏装置

### 4.2 サウンドを足裏に知覚する実験

制作した二つの装置にて雪上感の体験の違いの比較をおこなった。方法としては、フォトスキャンにて 3D 化された雪像を並べた VR 空間をヘッドマウントディスプレイでみて、コントローラーにて移動の操作をする。その際に片栗粉ボックスでは、移動にあわせてボックス内で足踏みをする、スピーカーによる足裏装置では移動にあわせて雪の踏む音を左右交互に流しておこなう。



図 5 足裏にサウンド刺激を与える実験の様子

実験の結果、片栗粉ボックスでは雪上感を感じることはできた。しかし、自分で足踏みをしなければならないこと、またリアルすぎる感触が VR 空間とのギャップを生むことで違和感を感じた。スピーカによる足裏装置では、サウンドによる刺激振動がギュギュっとした雪上感に似ていることがわかった。また、足元からでることで直接歩いている時の状態に近い感覚を得ることができた。実験結果より、以降の実験はスピーカー装置によるサウンド刺激を用いて雪上感を表現していく。

### 4.3 書式音の周波数波形データと足裏の知覚の関係性について

雪の上を歩く音を他の音と比較し特徴や知覚の関係性を分析し、より雪上感に近いサウンド刺激にするため、音の成分である周波数解析データを調べる。また、周波数波形データとともに、足裏へサウンド刺激をあててその音の知覚度を比較した。

比較する音としては、実際の生活の中で足裏に感じる音と雪上音、フリー音源と実際に録音した音、雪上音と周波数成分の類似する他の音の比較を行った。

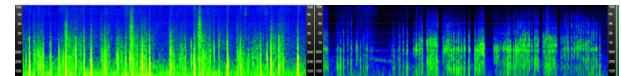


図 6 雪を踏む音(左)と片栗粉を踏む音(右)の周波数波形データの比較

それぞれの音の比較をし、足裏コンテンツに必要なことの考察は以下の通りである。

- 雪の上を歩く音は、低い周波数成分が多いことから足

- 裏へそのままサウンド刺激を当てた際の知覚度が高い。
- 雪の上を歩く音は、実際に録音した音に低い周波数成分である環境音が多少入っていても知覚に差はあまり関係ない。
  - 雪を歩く音は、雪のぎゅぎゅとした音色、低い周波数成分の振動とともに、シャリシャリとした高い周波数成分も入ることが必要である。

#### 4.4 足元の素材の有無、素材ごとの知覚度について

今までの実験では、スピーカーの音がでるところに直接足裏を当てていた。しかし、音の出力の差や素材を挟むことでサウンド刺激の伝わり方の違いがあるのではないかと仮定する。そこで様々な素材を用意し、スピーカーの上に直接置く、または少し離して置く方法の知覚の違いを比べる実験、また振動のみ、振動と音を同時に流すことの比較実験もおこなった。素材は硬さの違いや、インソールに使われているようなものを使用、比較した。

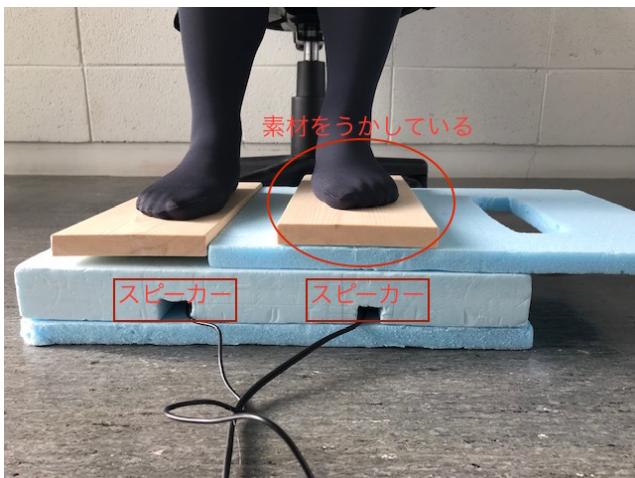


図 7 素材を直接置いている状態(左足)素材を浮かしている状態(右足)

実験をおこなった結果、全体的に振動だけであると、高い周波数成分が多いものは感じにくいが、音と一緒に流すと振動を意識するということがわかった。また、素材に厚さ、硬さがあるものは浮かせて使用すること、薄くやわらかな素材はスピーカーにそのまま当てるとき振動が知覚しやすいということがわかった。

今回制作するさっぽろ雪まつりデジタルアーカイブはどの足のサイズの人でも体験できる仕様にしたい。また、実際の歩行動作では立ち上がっている状態から足を動かす。そこで、少し音がこもるが、浮かせても振動と音を知覚しやすい木材(20mm)を足元の素材とする。また、実際は靴を履いた状態で足裏に刺激があたる。そこで、木材の上にコルク・EVA樹脂のインソール(3mm)を置いてみたところ振動と靴の触感の表現ができた。そのため、今回制作する

足裏コンテンツには木材(20mm)、コルク・EVA樹脂のインソール(3mm)を足元素材として使用していく。

#### 4.5 視覚、聴覚、触角刺激の組み合せによる比較実験

今回制作するアーカイブでは視覚と聴覚、触覚による相互作用によって、より臨場感が高めることができるのであることがテーマの一つであるため、実際の雪の映像にて、足裏サウンド刺激の相互性を確かめる実験をおこなう。

方法としては雪の上を歩く足元を人目線で撮影した動画をみながら、雪の上を歩く音、またそれ以外の音を流し、知覚の違いを確かめる実験をおこなった。



図 8 雪の上を歩く動画をみながら比較実験している様子

実験の結果から、雪の上を歩く音は振動、音ともにより雪上感を感じることができた。また、他の音として使用した落ち葉を踏む音も振動としては弱いが、視覚との相互作用により雪上感を感じた。雪を踏む音にも落ち葉を踏む音同様高い周波数成分が含まれていること、またしゃくしゃくとした音色が雪を踏む音と類似していると知覚されたことからこの結果がでたのではないかと考察した。

今回制作する足裏コンテンツの素材として、厚みのあるものを使う。それにより音がこもってしまうため、低い周波数成分が多い音がより聞き取りづらさを感じる。また低い周波数成分が多い音の音量を上げると振動が多くなり足裏へのこそばゆさが発生してしまう。

そこで、周波数が高く振動には影響しないが、映像との相互作用により雪上感を感じる落ち葉の上を踏む音を雪の上を歩く音にプラスする。それにより音と振動の表現ができると仮定し、足裏コンテンツの制作を行う。

#### 4.6 足裏コンテンツ制作まとめ

上記の実験をおこない、足裏コンテンツ制作におけるポイントは以下の通りである。

- ・サウンド刺激による雪上感を表現する
- ・音は雪を踏んだものを使うこと
- ・足裏と密着する素材は木材とコルク地の中敷を使用する
- ・音は左右交互に出力されるように編集
- ・素材により雪の音だけでは音がこもるため、高い周波数成分が多く、雪の感触でも感じるフリー音源の落ち葉を踏む音も追加し、音の聞こえを良くする。

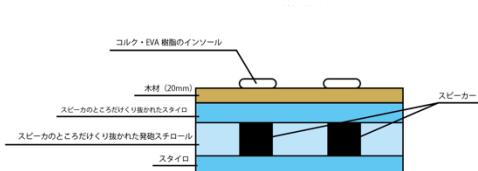


図9 足裏サウンド装置の断面図

## 5. さっぽろ雪まつりアーカイブ制作

さっぽろ雪まつりアーカイブにて必要な要素分析を行い、抽出した要素をそれぞれ表現し、アーカイブの制作をおこなった。

視覚要素として、実際に雪像を写真撮影し、フォトスキヤンにて3D化し、unityにて配置をおこなった。また、先行研究にはない観光客、降雪、積雪、屋台表現をおこない視覚情報を増やした。

また、聴覚要素として実際に雪まつりでその場の雑踏音を録音、操作が始まる際にその雑踏音を流せるようにした。これらを組み合わせ、雪上歩行感を感じることができる足裏コンテンツ制作をおこなった。上記の4.6で記載したポイントを踏まえた足裏サウンド装置を制作し、コントローラーで移動する際に足裏へと音圧刺激を提示する仕組みとなっている。



図10 制作したさっぽろ雪まつりデジタルアーカイブ



図11 足裏サウンド装置とともに座って体験する様子

## 6. おわりに

本研究により制作したさっぽろ雪まつりアーカイブ体験コンテンツにより、先行研究で行われていたものより臨場感を高めることができた。これは、視覚情報が増えたこともあるが、雑踏音や足裏の雪上感を足したことによる効果も影響していると考える。

## 参考文献

- [1] 松永康佑、三上拓哉.“さっぽろ雪まつりアーカイブ~VR体験と比較評価~”感性フォーラム札幌 2016年
- [2] 増野智経、斎藤豪、高橋祐樹、中嶋正之.“Waraji:仮想環境のための足を用いた入力インターフェース” 映像情報メディア学会誌, 2000年, 54(6), 833-839
- [3] 久米祐一郎 白井暁彦 津田久元 畑田豊彦, “足裏への皮膚振動刺激による情報伝達”.日本バーチャルリアリティー学会論文誌, 1998年, 3(3), 83-88