Research on “cold” expressions in games

ゲームにおける「寒い」表現の研究

by

Kai Toyama

外山 加惟

A Senior Thesis

卒業論文

**ABSTRACT**

Submitted to

Department of Digital Entertainment

Faculty of Technology

International Professional University of Technology in Tokyo

on January 20, 2025

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Digital Entertainment

Thesis Supervisor: Shinobu Nimura 二村 忍

Professor of Digital Entertainment

It is the "responsibility of an engineer" to make preparations so that one can clearly explain the design basis of the product that one has designed, in other words, "why it was made that way," based on scientific evidence. On the other hand, it is the "responsibility of a professional university student" to continue learning and updating oneself with the goal of becoming a "human resource who can play an active role in society." When comparing this "responsibility of an engineer" with the "responsibility of a professional university student," the equivalent of "scientific basis" for professional university students can be said to be the nature of academic study itself, that is, "the method for exploring the truth."

In this study, we will read "Discourse on the Method" (Japanese title: Discourse on the Method), written by René Descartes in 1637, and discuss it in relation to learning at a professional university.

**論文要旨**

自身が設計した製品についてその設計根拠、すなわち「なぜそう作ったのか」を、科学的根拠にもとづきながら明確に説明できるように準備を重ねることは「エンジニアの責務」である。一方、「社会で活躍できる人材」を目標として学習を重ね自身をアップデートすることは「専門職大学生の責務」である。この「エンジニアの責務」と「専門職大学生の責務」とを比較した場合、専門職大学生にとって「科学的根拠」に相当するものは、学問そのもののあり方、すなわち「真理を探究するための方法」といえる。

本研究では、René Descartesによって1637年に著された” Discours de la Méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences”（和名：方法序説）を読み込み、専門職大学の学びに、結び付けて論ずる。

目次

1. はじめに
   1. 本論文の構成
   2. 研究背景
   3. 目的
2. 関連事例
3. 提案手法

3-1 モーション

3-2 テクスチャ

3-3 パーティクルエフェクト

3-4 シェーダー

1. アンケート結果

4-1 アンケート内容

4-2 アンケート結果

4-3 分析

1. 考察とまとめ
2. 謝辞
3. 参考文献

**1. はじめに**

* 1. **本論文の構成**

　本論文の構成は,本論文を記述するにあたっての寒さ表現の説明とそれにまつわる背景を記述し, ゲーム作品における寒さ表現の現状の課題点を挙げる. 後に目的と目的を達成するための手法の説明をし, 実際に提案手法を用いたコンテンツとその試用実験の結果についての説明を行い, 最後に考察をまとめにて本研究でわかった寒さ表現の実用性について述べる.

* 1. **研究背景**

デジタルゲームでは基本的に, プレイヤーが視覚と聴覚から情報を得て操作するデジタルコンテンツである. プレイヤーによりゲームに没入してもらうにはゲーム世界での出来事を体感してもらう必要がある. その中でも温度に関しては, 映像・音声の二つを通じて体感温度に影響を与えることが可能であるという調査結果もあるため, プレイヤーがゲームの世界での環境を実際に体感してもらうことができる可能性のある要素である. また, 寒さに関するものを実装しているゲームは数多く存在し, これから制作されるだろうゲームにおいて実装されることが多くなると予測される. そこで, 寒さ表現の研究・開発を行うことはこれからのゲーム市場の発展に大きく寄与できるものであると考えた. 一方でイマーシブコンテンツ, 所謂体験型のコンテンツでは実際に現実世界での温度を調整する手法が取り入れられている. 実際の例として, ガンダムVRダイバ強襲では, 映像内で暑い場面になった際に, ユーザーの近くに設置されたストーブによって実際に暑くしている. 他にも, Razer社は2025年1月7日(現地時間), 温度調節機能を搭載したゲーミングチェア「Project Arielle」を発表した. この製品は加熱・冷却機能を搭載し, 暖気もしくは冷気を循環させることでプレイヤーの体感温度を調整している. しかし, 先述した二つの例ではストーブやチェアなどといった外部のツールを必要とするため, プレイヤー全員に同じ体験を提供することはできない. そのため, プレイヤー全員が平等に受け取れる情報である視覚・聴覚情報を主体とした寒さ表現の研究を行う.

* 1. **目的**

　本研究の目的は,現時点で用いられている寒さ表現の実用性や実装・負荷のコストに対する恩恵の定量化を行い,ゲームにおいて実装する際に有用的な演出の考察を行うことである. またゲーム以外の映像コンテンツなどからゲームにおいて実装された例が見られないであろう表現を調査・考案し, 本ゲームコンテンツに実装し有用性を持つかも測る. 本論文の目的を確認するために試用実験を通じてプレイヤーが体験の中で体感したことをアンケートにて記述してもらい,結果の分析を行う. ゲーム制作現場で広く用いられているUnityで制作を行うことで,本研究が実際のゲーム制作において活用できるようにすることを目標とする.

**2. 関連事例**

この章では、本研究に関連する研究論文他ゲームコンテンツやアニメ・漫画などのメディア面での表現手法例を述べていく。

Yoshiaki Tsushimaらの論文「Effect of illumination on perceived temperature」では、色温度がヒトの体感温度に与える影響の調査を行っており、日常的な条件下においてその効果がどのようにして表れているのかを調査している。結果として、寒色では涼しく暖色では暖かく感じ、物理的な温度が同じでも体感温度では温度差を感じるという事が分かった。

有光哲彦らの論文「音環境及び色環境の複合刺激が体感温度に及ぼす影響の評価」では、音環境と色環境、合わせた二つが人体の体感温度に与える影響を調査した論文である。色環境では先ほどと同じく、青色が最も寒く赤色が最も暖かく感じ、音環境では高周波数帯域で涼しく、低周波数帯域では暖かく感じることが判明し、音と色を組み合わせた複合刺激により体感温度をより効果的に調整可能であるという結果がでた。

次に、実際にゲームにおいて使用されている表現事例や、アニメや漫画などといったメディアでの表現についても列挙していく。

　龍が如く7やゼルダの伝説ブレスオブザワイルドなどでは、キャラクターが氷属性の攻撃を食らった際に、寒そうに震えるモーションが再生される。

　スーパーマリオギャラクシーでは寒いフィールドにおいて、水に浸かった際に画面全体をラスター効果で歪ませる表現[](図)が見受けられる。これはプレイヤーにとって危険を感じ一刻も早くその場から離脱したほうが良いと直感的に感じさせる表現である。

飛行機の模型

低い精度で自動的に生成された説明

図 . スーパーマリオギャラクシーにおけるラスター表現

ゼルダの伝説ブレスオブザワイルドやワンピースなどでは、キャラクターが寒冷地にいるとキャラクターの肌が赤みがかった末端部分が赤紫色になったりすることが確認されている。これはしもやけによって末端部分に血液が行きわたらないことにより皮膚が変色する様子を表現している。この表現によってプレイヤーや視聴者に対して、キャラクターが寒い環境下に置かれていることをより強く意識させる効果がある。

　原神やスーパーマリオギャラクシー, 龍が如く7などといった様々なゲームでみられる表現として, キャラクター氷属性などの攻撃を食らった際に氷の霧, 所謂氷霧のエフェクトがキャラクターを中心として発生する表現がある.[](図)この表現はプレイヤーを中心として寒い空気が漂っており, その発生源となっているキャラクター自身は最も寒いと感じ取ることができる.

**3. 手法(要修正)**

このセクションでは制作したコンテンツのプレイ時の流れ, それぞれで使用した画面効果についての実装方法や内容に関しての解説の順で記していく。

**3-0. コンテンツの流れ**

本研究のコンテンツでは、それぞれ異なる画面効果を発生させるエリアを4つ用意し、被験者にはランダムな順番でそれぞれのエリアを体験してもらい4つすべてのエリアを体験してもらいアンケートに答えるという流れを想定して作成した。

区分したエリアではそれぞれ以下のような画面効果を発生させた。  
エリア1では環境に関するエリアとして、降雪と地面の雪が風で舞う吹雪の二つが発生し強風の音が再生されるようにした。

エリア2ではキャラクターに関するエリアとし、凍えるモーション, 肌が軽いしもやけを起こしていることを表現するテクスチャ, キャラが寒そうに見えるように輪郭をゆがませるシェーダー, 動きがぎこちなく見えるようにモーションのフレームレートを省略, キャラクター回りに氷霧を発生させるエフェクトの計5つの表現を実装。エリア3においてはエリア2と同じようにキャラクターの演出のみを発生させるエリアとし、輪郭をゆがませる表現と入れ替える形でキャラクターの体が思うように動かない表現としてのローポリゴン化、そしてより重症なしもやけを表現するために肌の一部を赤紫色に変更を行った。輪郭をゆがませる表現を入れ替えた理由に関しては、ローポリゴン化したキャラクターモデルがシェーダーによって視認性が悪くなり、変化に気付いてもらえない可能性が高いと判断したためである。エリア4ではエリア1からエリア3までで使用した画面効果を全て発生させたエリアとした。ただし、しもやけの表現に関しては一つしか使用できないので、深刻な寒さを表現するために、エリア3で使用した一部を赤紫色に変色させたテクスチャを使用することにした。

**3-1. モーション**

当コンテンツではモーションに関して以下の二つの手法を実装した。一つ目は待機中のモーションや、移動中のモーションに凍えるモーションをかぶせる手法。二つ目はキャラクターが上手く体を動かせない様子を表現した、意図的にアニメーションのフレームを間引く手法である。次に上記二つの手法について詳しく解説を行う。

ブレンドモーションについてだが、Unityでは標準機能であるAvatar Mask機能を用いて複数種類のモーションをブレンドすることができる。

Unityは人型のキャラクターボーン構造をUnity Humanoid Avatarで標準化している。構造が統一されていることにより、Unity Humanoid Avatarを使用したモーションであれば、アバターの特定部位のアニメーション情報を破棄することができ、他のアニメーションの上から被せることで、複数種類のアニメーションをブレンドすることが可能となっている。今回のコンテンツにおいては、凍えているモーションの下半身情報を破棄したものを「歩く」・「走る」モーションをオーバーライドすることで凍えながら歩いたり走ったりするモーションを作成し使用した。

次にアニメーションのフレームレート制限についてだが、人体では寒い状況下において、内臓などがある体内の温度を下げないように、手足などの冷えた空気に触れやすい箇所から熱が逃げていかないように血管が収縮する。その状態が続くことで末端の血液循環が悪化することで、筋肉などの組織が栄養不足になることで老廃物などが生成され、筋肉中にとどまってしまい筋肉が硬くなることにより、体がこわばり動きにくくなることがある。本研究では上記現象の表現として、キャラクターモーションのフレームレートを抑える機能を実装した。Unityではアニメーションを割り当てる際にAnimatorコンポーネントを介している。制作したコンテンツでは指定されたフレームレートから更新頻度を秒数で割り出し、その間分、Animatorの更新を止め更新時間に達した際にモーションを止めいていた時間を含めAnimatorを進めることでモーションのフレームレートを落とすことを実現している。また、この手法は表現のみでなくアニメーションの処理負荷を削減する用途にも使用可能である。例として●●などといったゲームなどにおいても、キャラクターがカメラからの距離に応じてアニメーションフレームを落とすような仕組みが存在する。さらに、実装コストも低いため、この表現技法は実装する価値が高いと考えられる。

3-2. テクスチャ

　アニメーションのフレームレート制限において解説した通り

マテリアルのテクスチャを挿げ替える感じで実装をしている。今回は軽度なしもやけの表現として頬などの毛細血管が集中する箇所を紅潮させたテクスチャ(図)とより重度なしもやけ表現を想定して先述した箇所を赤紫色に塗ったテクスチャ(図)の二種類を用意した。

食品, 部屋 が含まれている画像

自動的に生成された説明 食品, 部屋 が含まれている画像

自動的に生成された説明

図 紅潮させたテクスチャ

3-3. パーティクルエフェクト

環境パーティクル(何を表現したかったのか、どう作ったのか、どうだったか)

　吹雪

プレイヤーパーティクル

先述した関連事例において、数多くのゲームでキャラクター周りに氷霧を発生させるエフェクトが使用されていたため、その効果を測定するために本研究では作成し使用した。

3-4. シェーダー

ラスターエフェクト

当研究の新規表現の研究を行うにあたり、先述したマリオギャラクシーのエフェクトをキャラクターだけに適応を行い、漫画やアニメなどのメディアでよく見かけるキャラクターの輪郭を歪ませる表現を実装するにあたって以下の手法を用いて実現した。

レンダリングした画像にsin波でピクセルをずらしてそれを結果として結果として表示する。それをキャラクターのみにかけることで今回のコンテンツは云々

ラスターエフェクトをキャラクターのみに適用する方法は以下の通りである。 すべてのレンダリングを終えてから、そのレンダリング結果にエフェクト適用するポストエフェクトとして云々 カメラを三つ用意し、一つはキャラクター以外のオブジェクトやエフェクトの描画を行い、もう一つのカメラにはキャラクターのみの描画を行い、その描画結果にサイン波を用いて歪みを加えることで、ラスター表現を適用し、もう一つのカメラの描画結果と合成することで、キャラクターのみにラスター表現を適用したレンダリング結果の云々

ローポリゴンシェーダー

漫画やアニメにおいて、キャラクターが寒い状況に置かれた際に線が直線的になる表現をゲーム内にて再現を行った。元々はシェーダーで実装を行う予定であった。想定していた手法としては、面をなす三点の頂点の法線を平均し、ポリゴン全体で統一した法線を作り、UV座標も平均化することで、面が目立つようなシェーダーを用いることでローポリでないモデルにおいてもローポリゴンのような質感を出す方法を想定していた。実際にこの技法をコンテンツに組み込み確認したところ、あまり効果が見られなかったことと、処理負荷も高いため今回はこの手法の実装を行わなかった。そこで、代替の手段としてフラットシェーディング機能を用いた。Unityではsmoothing angleという機能がある。これは隣接するポリゴンの法線の角度差が指定した角度内であれば、法線が平均化され滑らかに見え指定した角度を超えていた場合にはエッジをはっきりと表示するようにする機能である。

本研究で制作したコンテンツでは、smoothing angle を0度にした髪の毛と服のエッジをはっきりと表示するようにしたモデルを用意し、切り替える形での実装を行った。この手法であれば、パフォーマンスに影響を与えないことと、実装コストが低い。

4.アンケート調査

4-1. アンケート内容

回答者の「年齢」「性別」「住んでいる地域」「平均体温」などの回答者属性や「寒かった思い出」「現在の空腹度」を用意、共感性を測る質問を4問、コンテンツに関する質問をエリア番号と寒さの度合い(10段階)、「どのような点が寒そうに感じたか」、「なぜそのように感じたか」を4つ、しもやけのテクスチャの赤と赤紫を比較しどちらが寒いか、さらにエフェクトを付け足したもので比較する設問。全体的に印象に残った寒さ表現とその理由についての調査を行った。

4-2. アンケート結果

今回アンケート調査を行ったところ以下の調査結果が出た。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | エリア1 | エリア2 | エリア3 | エリア4 |
| A | 3 | 9 | 7 | 10 |
| B | 3 | 7 | 5 | 8 |
| C | 6 | 7 | 7 | 9 |
| D | 4 | 6 | 4 | 7 |
| E | 10 | 1 | 7 | 10 |
| F | 3 | 7 | 9 | 10 |
| G | 4 | 8 | 5 | 10 |

(エリアごとにおける寒さの評価 \*10段階)

またそれぞれのエリアにおける印象では以下のような結果が出た。

エリア1

・

・

・

エリア2

・

・

・

エリア3

・

・

・

エリア4

・

・

・

4-3. 分析

上記の調査結果を元に分析を行う。

モーションに言及するコメントも多く、キャラクターの動きが重要であることが分かる。また、

5. 考察とまとめ

5-1. 考察

　本研究では制作したコンテンツをn人に試遊してもらい、アンケート調査を行った。

5-2. まとめ

6. 謝辞

7. 参考文献

　[]スーパーマリオギャラクシー 任天堂