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(未修整)**

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(未修整)**

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 コンテンツの流れ

4-2 アンケート内容

4-3 アンケート結果

4-4 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[1](図1). 

図 1. ガンダム ダイバ強襲

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.[2] (図 2) 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.

2-1-1. 関連性のある研究論文

對馬 淑亮らの論文「クロスモーダル情報処理研究とその応用」[3]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」[4]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.[]　(図)

　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, モンスターハンターシリーズ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. 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)**

**3-1. キャラクターアニメーションを用いた寒さの表現方法**

当コンテンツではキャラクターのアニメーション(以下モーション)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. この項では上記二つの手法について詳しく解説を行う.

**3-1-1. アニメーションのブレンドを用いた寒さ表現**

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.

**3-1-2. アニメーションのスムーズさを低下させた寒さ表現**

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. 例としてマリオオデッセイの街の人々や, ドラゴンクエストモンスターズ2イルとルカの不思議なカギでのフィールド上の敵シンボル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, 実装する際のコストも低いため, この表現技法は効果が見られずとも実装しておくべきである.

**3-2. キャラクターのしもやけや表情による寒さ表現**

　この項ではキャラクターの見た目を通した寒さの表現方法として、キャラクターの肌(以下テクスチャ)と表情の二つの手法について記述していく。

**3-2-1. キャラクターテクスチャのしもやけ表現による寒さ表現**

　アニメーションのフレームレート制限の項でも述べた通り, 人体では寒い環境下にいる際, 血管を収縮し熱を外に逃がさないようになっている. 血管の収縮が繰り返されることによって血液の循環に障害がおこることにより, 赤く腫れたり痒くなったりなどといった凍瘡とよばれる症状がおこる. 本研究では皮膚が変色する現象を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

図 紅潮させたテクスチャ

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 赤紫に変化させたテクスチャ

**3-2-2. キャラクターの表情を用いた寒さ表現**

　キャラクターの表情について記述していく. 本研究ではユニティちゃんを使用しコンテンツ制作を行った. ユニティちゃんには複数種類の表情のアニメーションが同梱されているのだが, 寒さを感じる表情がなかったため, 本研究では複数種類の表情を掛け合わせて寒そうな表情(図)を作成した. 眉を少し下げ八の字にし, 目つきを険しく, 口をへの字にすることで寒そうな表情を表現した.



図 寒そうな表情をするユニティちゃん

**3-3. エフェクト効果を用いた寒さの表現方法**

　本研究では特定のエリアで発生する画面効果(以下パーティクル)として環境や天候を表現するものと, プレイヤーの周りで発生するパーティクルの二種類を用意した. それぞれのエフェクトについて述べていく.

**3-3-1. 降雪や雪のエフェクトを用いた寒さ表現**

　環境パーティクルでは降雪と吹雪の二種類のパーティクルを用意した. カメラの位置を取得し, カメラを中心としてパーティクルを発生させることで, エリア全体にパーティクルを発生させずに, プレイヤー側では画面全体に雪が降っているように見えるようになっている. また, パーティクル自体も板ポリゴンに雪のテクスチャを貼り(以下ビルボード), カメラに向かって垂直で表示することにより描画負荷を下げている. 降雪パーティクルでは雪片のテクスチャで表現し, 地面の雪が風によって舞い上がる吹雪は煙のようなテクスチャで別々に表現をしている.

**3-3-2. キャラクター周りにエフェクトを発生させる手法を用いた寒さ表現**

　キャラクターパーティクルに関しては, 関連事例の項目でも記したように, プレイヤーの周りに氷霧を発生させるエフェクトを作成した. このパーティクルも描画負荷を軽減するために, ビルボードを用いて作成している. しかし, プレイヤーを中心にしてパーティクルを発生させる際に, パーティクルの回転などをランダムで行っている場合にビルボードがキャラクターのモデルなどに重なってしまい, 正常に表示がされずプレイヤーに違和感を与えてしまう. このような事態を防ぐために私は, 新たにカメラを用意しそのカメラでパーティクルのみを描画しキャラクターより上のレイヤーに持ってくるという手法(図)をとった. こうすることにより, パーティクルがプレイヤーより手前に描画されるとともに, 負荷・実装コストが低く実装が可能である.

**3-4. 特殊な画面描画方法を用いた寒さの表現方法**

この項目では特殊な描画方法(以下シェーダー)について, 左右に歪ませるシェーダー, 所謂ラスタースクロールに関する描画とキャラクターモデルの角張らせるシェーダーについての解説を行う.

**3-4-1. キャラクターを左右に歪ませる方法を用いた寒さの表現技法**

まず初めにキャラクターを左右に歪ませるラスタースクロールに関してだが, 当研究の新規表現の研究を行うにあたり, 関連事例でも紹介したマリオギャラクシー内で使用されている当表現を本研究では, キャラクターだけに適応且つ, 持続的にエフェクトを発生させることで, 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[]()を実装した. 本研究では実装するにあたって以下の手法を用いて実現した.

第一に, ラスタースクロールはブラウン管テレビなどにおいて, ビデオ信号の走査タイミングを利用して画面を左右にスクロールすることによって得られる画面効果である. 現在のテレビ・モニターは液晶型となっており, 上記の手法でラスタースクロールを表現することはできないが, 画面や画像をY軸にてX座標を左右に揺らすことで疑似的な表現を行うことができる. また, 振幅や縦幅, 揺らす速度などを変数として持たせることにより, より自由度の高いラスタースクロールを表現することができる. 今回制作したコンテンツではカメラを複数用意し, キャラクター以外を写すカメラ, キャラクターのみを写すカメラに分け, キャラクターのみを写すカメラがレンダリングした画面に先述したラスタースクロールの効果を付与することで実装した. この実装方法では, キャラクターモデルの種類, 形状は問わず, 適用したい物にだけこの効果を適用することができる. 一方で必要となるカメラが増え, 制御面でも管理を十分に行わないと扱いにくくなってしまうため, この手法を用いる際は, プロジェクトの規模や処理負荷, 制御管理などを十分に行える場合に導入すべきである.

**3-4-2. キャラクターモデルを角張ったビジュアルにする手法で寒さの表現**

続いて, キャラクターモデルを角張ったビジュアルにする手法について解説する. この表現は, アニメーションのフレームレート制限の項目で先述したように, 体がこわばり動きにくくなることをキャラクターモデルの見た目で表現を試みたものである. 元々はこの表現はシェーダーを用いて実装する予定であった. 想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ゴン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, 描画負荷がかからないことと手間をかけずに実装することができる.

**4.アンケート調査**

**4-1. コンテンツの流れ**

本研究ではアンケートを取るにあたって回答者に試遊してもらうコンテンツの作成を行った. 当コンテンツでは, 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, 回答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ながらアンケートに回答してもら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, 降雪と吹雪の二つのパーティクルを発生させ, 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, 寒くて震えるように見えるように輪郭を歪んでいる表現としてラスタースクロールのシェーダー, 動きがぎこちなく見えるようにキャラクターモーションのフレームレート制限, キャラクター回りに氷霧を発生させるパーティクルの計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で使用した赤紫色に変色させたテクスチャを使用した.

**4-2. 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」などの体感温度に影響を与える可能性のあることを問う設問, そして回答者の共感性を測る質問を4問用意し, 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」をそれぞれ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, さらにしもやけテクスチャ(赤)にラスタースクロールエフェクトを, しもやけテクスチャ(赤紫)にローポリシェーダーを付け足したものでどちらが寒そうであるかを比較する設問. 最後にコンテンツ全体を通して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.

**4-3. 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 |
| H | 1 | 7 | 7 | 4 |
| I | 3 | 2 | 3 | 7 |
| J | 1 | 6 | 8 | 7 |
| K | 7 | 8 | 9 | 10 |
| L | 7 | 8 | 8 | 9 |
| M | 6 | 7 | 4 | 10 |
| N | 6 | 7 | 4 | 9 |
| 平均値 | 4.57142857143 | 6.42857142857 | 6.21428571429 | 8.57142857143 |
| 最頻値 | 3 | 7 | 7 | 10 |
| 中央値 | 4 | 7 | 7 | 9 |

(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**

[1]Bandai Namco Amusement Inc. “ガンダムVR ダイバ強襲 | VR ZONE Portal | その他の施設”. バンダイナムコアミューズメント. <https://bandainamco-am.co.jp/others/vrzone-portal/activity/gundam.html>. (2025-01-15).

[2]Razer. “Project Arielle World's First Heating/Cooling Razer Mesh Gaming Chair”. Razer. <https://www.razer.com/concepts/razer-project-arielle?srsltid=AfmBOoqM-8xGyJVpEBbZsz8Zqh8ktN69JV66mX7L_TsQXP_LVNggvsHN>. (2025-01-15).

[3]對馬 淑亮. “クロスモーダル情報処理研究とその応用”. 情報通信研究機構未来ICT研究所(NICT). (2022-10). <https://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/houkoku68-1_HTML/2022N-03-03.pdf>. (2025-01-15).

[4]有光哲彦. “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”. 日本音響学会誌. 2015, Vol. 71, No.6, p. 267-275.

[]aika. “【マリオギャラクシー】極寒と灼熱の狭間で アイスボルケーノギャラクシー【スーパーマリオ3Dコレクション/Switch】”. YouTube. 2021/02/04. <https://www.youtube.com/watch?v=auEOgr5LbzQ&ab_channel=aika>. (2025-01-15).

[]