

# Immersion Neckwear: 動画体験拡張ネックウェア

岩本空<sup>†1</sup>  
青山学院大学<sup>†1</sup>

ロペズギヨーム<sup>†2</sup>  
青山学院大学<sup>†2</sup>

## 1. はじめに

定額制動画配信サービスの普及により、有料動画配信サービスの利用者が増加している。動画配信サービスの利用者の需要予測では 2025 年には 3900 万人まで利用者が拡大すると予測されている[1]。これに伴い、動画視聴の形態も大きく変化している。好きなタイミングで視聴を開始でき、チケット代および交通費などのコストを削減可能なインターネット回線を活用した動画鑑賞が数年で市場規模を拡大している。2023 年の動画配信（VOD）市場規模推計と、その後 2028 年までの各年の市場規模を 3 つのシナリオで予測した「動画配信（VOD）市場 5 年間予測（2024-2028 年）レポート」によると、有料配信の市場規模はコロナ禍前の 2019 年と比較するとほぼ倍に成長すると予測されている。さらに、2028 年には 7371 億円に増加することが予測されており、更なる成長が期待されている。有料配信の市場規模の拡大と付随して、特定の配信サービスのみで視聴可能なオリジナルコンテンツも増加している[2]。映画を見るときに、映画館で映画を見たい人が全体の 3 割を占めており、特に 20 代については男女ともに自宅で映画を見たい人より映画館で見たいと回答した人の方が上回っている。映画館で見たいと回答した人の中には映画館で見ることのメリットとして「観客の笑い声や泣き声などに包まれ、一体感をもたらしてくれるところ」と回答している[3]。他の調査でも映画を映画館で見たい理由として、非日常感を味わえることおよび、没入感を感じられることが上げられている[4]。株式会社スパコロが実施した映画館の利用意識調査によると、「コロナ禍の映画館においてみたいと思う作品はどんな作品か？」の問いに対して、回答結果を分析・可視化したところ「アクション」「迫力」「SF」「サスペンス」「映像」「臨場感」「アニメ」など語句が目立っており、劇場だからこそそのダイナミックな映画体験が感じられる作品が映画館で観たい作品と考えられていることがわかる[5]。また、技術の進化により、映画館での視聴体験も新たな楽しみ方として提案されており、特に 4DX（Four Dimensional eXperience）技術の導入により、五感を刺激する没入型の体験が提供されている。よって、本研究の目的は、動画の映像に合わせて、五感を刺激するフィードバックを行い、自宅での動画体験を拡張することである。そのため、研究目標として、

映像に合わせて振動・風・温冷感を提示する頸部装着型ウェアラブルシステム Immersion Neckwear を創作し、一人での動画鑑賞の没入感を向上することを目指す。Immersion Neckwear を利用した動画鑑賞のイメージ図を図 1 に示す。



図 1: Immersion Neckwear を利用した動画鑑賞の例

## 2. 関連研究

### 2.1 評価実験によるコンテンツ評価

杉原ら[6]は、音楽に対する感性がどのように表現されるかを探求した。音楽の聴取中に音楽が引き起こす印象を評価するために、SD 法を使用した実験を実施し、音楽の特徴が聴取者の感情に与える影響を示唆した。楽曲から受ける印象の程度は男性と女性で異なることおよび、感性語対によっても異なることが判明した。仁科ら[7]は、観賞用の葉植物、花（バラ）、および香りが人間に与える生理的および心理的影響を、脳波（アルファ波とベータ波の比率）および SD 法を用いて分析した。その結果、香りの存在によりアルファ波とベータ波の比率が高くなることが観察された。香りが人間の生理面に影響を与えることを示唆した。一方、バラの存在は高い評価得点をもたらした。花が人間の心理面に影響を与えることも示唆した。寺本ら[8]は、非研究者が「没入感」をどのように概念化しているかを探求した。調査の結果、因子分析により、「評価」「インパクト」「活動性」「機械的性質」の 4 つの因子が没入感の構成要素として抽出された。没入感が高いイベントは、好ましく、印象的で、動的であると評価される傾向があった。安藤[9]は、臨場感は複数の感覚要素の複合体として捉えることが可能であると考えた。これらの感覚要素としては、立体感、質感、包囲感からなる空間要素、動感、リアルタイム感、同時感からなる時間要素、さらに自己存在感、インタラクティブ感、情感からなる「身体要素」を挙げられた。臨場感の評価手法として、主観評価、心理物理評価、脳活動計測、生体信号計測、行動計測の五つの手法を提案した。これらの手法を統合して臨場感を客観的・定量的に評価する必要がある

<sup>†1</sup> Sora Iwamoto, Aoyama Gakuin University  
<sup>†2</sup> GUILLAUME LOPEZ, Aoyama Gakuin University

ことを示唆した。映像の質感評価では、立体映像が質感を強調し、心理物理実験により光沢感の定量的評価が行われた。飯村ら[10]は、VRを用いたシステムに関する臨場感と現実感の評価を行った。印象調査の結果、臨場感は「動き」など視覚との結びつきが強く、映画またはゲームなどから感じ取れるもので、「その場にいるような感覚」と定義された。一方、現実感には視覚以外に痛覚との結びつきが強く、不安および痛みなどから感じ取れるもので、「非現実を現実と感じる」と定義された。因子分析の結果、臨場感には迫力因子と評価性因子、現実感には現実性因子があることがわかった。

## 2.2 フィードバックによるコンテンツ体験の変化

岡本ら[11]は、ワイヤアクションゲームをプレイ中の風の強度が臨場感に与える影響を検証した。風なし、一定の風、ワイヤアクションで引っ張られるときの速度に応じた風の3つの条件で評価したところ、風力変化がある状態が最も臨場感が高いことが判明した。前田ら[12]は、複数の体の部位に装着可能な熱フィードバックシステム TherModule を提案した。実験では、TherModule を装着し、視覚と温度フィードバックを受けながら映画を鑑賞した被験者は、視覚のみの被験者に比べて「楽しさ」と「興奮度」が有意に高いことが確認された。Kim ら[13]は、触覚刺激が映画鑑賞中の感情変化と没入感に与える影響を調査した。ポジティブなシーンで柔らかい刺激を受けるとポジティブな感情と没入感が増加し、ネガティブなシーンでは柔らかい刺激がネガティブな感情を軽減することがわかった。

上記のように、風や温度、触覚刺激が没入感や感情に与える影響は示されたが、実用性の観点に問題がある。そのため、本研究では振動、風、温冷感を組み合わせた多感覚フィードバックシステム Immersion Neckwear を創作し、これが動画鑑賞における没入感やユーザ体験に与える影響を評価する。

## 2.3 映画鑑賞体験の拡張

Oh ら[14]は、4DX 映画の観客が感じる臨場感について調査し、4DX 効果がどのように影響するかを分析した。7つのジャンルの映画を対象に、35名の観客に対して詳細なインタビューを実施し、グラウンド理論を用いて結果を解析した。4DX 映画はリアリズムとしての臨場感、没入感、メディア内での社会的役割、社会的豊かさ、共感的移動感、社会的存在としての臨場感の6つのタイプを引き起こすことが判明した。特に、モーションコントロールおよび振動、空気、匂いの効果が臨場感を高める重要な要因であることが示唆された。Jeong ら[15]は、4DX 映画におけるモーション効果が観客の感情に与える影響を調査した。特に、共感レベルに応じた感情反応の違いを分析し、高い共感を持つ参加者が短いモーション効果でより強い恐怖を感じることを明らかにした。

また、映画クリップとモーション効果の組み合わせが観客の感情を変化させることが示され、モーション効果の設計に関するガイドラインを提案し、感情体験の向上に寄与する方法を示唆している。Lee ら[16]は、4DX 映画におけるモーション効果の迅速な設計を可能にするアルゴリズムを提案した。4DX 映画は視覚だけでなく、聴覚および触覚を通じて観客に没入感を提供するため、モーション効果が重要な役割を果たす。提案されたアルゴリズムは視聴者中心のレンダリング戦略に基づき、視覚的注意の動きに合わせて椅子の動きを調整した。これにより、観客の体験が向上が実現された。さらに、本アプローチは自動化されており、手動での作成に比べて10倍以上の速度で動き効果を生成することが可能になった。実験により、生成されたモーション効果の主観的品質が評価され、視覚的に適切な効果を提供することが確認された。このことから、4DX 映画の制作プロセスを効率化し、観客の体験をより豊かにするための新たな手法を示唆された。Nicolae[17]は、従来の映画館とVR映画館の違いを分析した。VR映画館はヘッドセットが周囲の気を散らすものを遮断し、観客は映画に集中することを求められるが、従来の映画館での鑑賞と比較して社会交流が減少すると分析した。また、VR作品の質は様々で、強い感情的な没入感を提供するものもあれば、「そこにいる」効果のみに依存するものもあると述べた。VR技術は従来の映画では実現できない強力な「臨場感」を生み出した。Kim ら[18]は、VRが人々の感情に与える影響を調査した。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を使用した視聴条件と使用しない視聴条件(No-HMD)を比較し、ホラーと共感の2種類の感情的コンテンツを適用した。結果、HMDを使用してホラー映画を見た視聴者は、No-HMDの視聴者よりも恐怖を感じやすかったことが判明した。しかし、共感を誘発する映画では、HMDとNo-HMDの視聴者の間に有意な感情の差は見られなかった。研究では、VRがホラー映画に対して特に感情反応を強化することを示し、没入感と感情の関係を確認した。

## 3. Immersion Neckwear の概要

### 3.1 Immersion Neckwear の基本設計

本研究で創作した頸部装着型の没入感向上デバイス、Immersion Neckwear、の画像は図2に示し、構成している主要素は以下にまとめている。

- インターフェース部：nRF Connect
- 制御部：Arduino Nano 33 BLE
- 電源部：5500mAh リチウムイオンバッテリー
- 温冷部：ペルチェ素子 TEC1-03105
- 風部：ターボブロワファン B0DB5SDX91



図 2: Immersion Neckwear の全体像

- 振動部：振動モータ LBV10B-009

インターフェース部は，スマートフォンを用いてマイクロコンピュータと接続することで，映像に合わせてシステムの開始を出力する．

電源部は，制御部に電源を供給する．制御部は，他の構成要素の制御を行う．映像に合わせて電子部品の起動時間の制御を行う．また，電源部からの電源供給により，フィードバック部に電源供給を行う．

フィードバック部は，制御部からの電源供給により，映像に沿ったフィードバックを行う．

### 3.2 ハードウェアの設計

#### 3.2.1 熱源の選定と温度制御

Immersion Neckwear では，温刺激，冷刺激を瞬時に生じさせる必要があった．よって，エネルギー効率が電熱線より高く，電流の向きにより加熱と冷却が同一の電子部品で実現可能な，ペルチェ素子 TEC1-03105(図 3)を用いた．TEC1-03105 のサイズは縦横 15mm，厚さ 3.1mm である．TEC1-03105 は，直流電流を流すことで一方の面が吸熱し反対面に発熱が起こす．電流の極性を逆転させると，特性が反転する．



図 3: ペルチェ素子

温度提示面の温度検出として，NTC サーミスタを用いた．NTC サーミスタは，温度上昇に対して抵抗値を減少させる性質があり，以下の式 (1) を満たす．よって，式変形した式 (2) を用い，温度検出を行った．

$$R = R_0 \exp \left( B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right) \quad \dots (1)$$

$$T = \left( \frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \log \left( \frac{R}{R_0} \right)} \right) \quad \dots (2)$$

$R_0$  温度  $T_0$  [K] 時のサーミスタ抵抗 [ $\Omega$ ]

$R$  温度  $T$  [K] 時のサーミスタ抵抗 [ $\Omega$ ]

$B$  サーミスタ  $B$  定数

$T_0$  基準温度 [K]

$T_1$  測定温度 [K]

温度制御は，マイクロコンピュータの PWM (Pulse Width Modulation) 出力を用いて，PID 制御を行った．PWM 制御は，デジタル信号を用いてアナログ信号を模倣する手法であり，制御対象の平均電圧を調整することで精密な制御を実現する．これにより，デバイスはエネルギー効率を高めつつ，目的の動作を実現する．PWM 信号は，デューティサイクルと呼ばれる高電圧状態と低電圧状態の比率によって制御される．PWM 信号は一定周期で ON と OFF を繰り返すデジタル波形である．デジタル波形を用いることで，加熱素子および冷却素子に供給されるエネルギーの平均を調整し，温度を適切に制御することが可能になる．

また，本研究では，ペルチェ素子の同一面で温熱面と冷却面の両方を制御する必要があった．よって，モータに回転，逆回転，ストップ，ブレーキ等の制御を行うことができるモータドライバを用いた．モータドライバ TA7291P と PWM 出力を用いてペルチェ素子の温度制御を行った．本研究では，温度センサを用いた PID 制御を行うことで，温熱面を 40°C，冷却面を 20°C に設定してフィードバックをした．PID 制御とは，proportional (比例)，integral (積分)，differential (微分) の三つの制御要素を組み合わせた制御手法であり，設定温度に対する誤差を最小限に抑えるためのものである．PID 制御を用いることで，目標とする温度に迅速かつ安定的に達成することが可能となる．具体的には，温度センサで検出した現在の温度と目標温度の差をもとに，ペルチェ素子への電力供給を調整する．これにより，過剰な温度変動を防ぎ，安定した温度制御が可能となった．

#### 3.2.2 その他の電子部品の選定

体験に影響を与えることを防ぐために軽量化する必要があった．また，インターフェース部と制御部を Bluetooth で接続可能なマイクロコンピュータを選定した．Arduino Nano 33 BLE(図 4)は，Arduino が開発した長辺 40.64mm，短辺 17.76mm の小型のマイクロコントローラボードである．Bluetooth Low Energy (BLE) 機能を内蔵しており，スマートフォンおよび他の IoT デバイスとの無線通信が可能であ



図 4: Arduino Nano 33 BLE ([19]より引用)

る。本研究では、提案ボードの低消費電力性と小型性を活かし、システム全体の制御に利用した[19]。

## 4. Immersion Neckwear の没入感効果検証実験

### 4.1 実験概要

Immersion Neckwear の有無による動画体験の印象の違いを比較し、有効性を検証した。被験者は 20 代の男女 10 名（男性:8 人，女性 2 人）が，25 分程度のアクションアニメを視聴し，視聴後 SD 法を用いたアンケートで主観的な評価を収集した。実験手順として，表 1 に対応している，フィードバックを起こす場面の個数がほぼ等しい 2 つの動画を用意し，被験者は Immersion Neckwear の有無で動画鑑賞を行った。視聴後には SD 法によるアンケートに回答し，さらに Immersion Neckwear を使用した被験者には SUS アンケートを実施した。SUS アンケートでは，システムの全体的な使いやすさおよび利便性，直感的な操作性などを評価した。図 5 は Immersion Neckwear を装着した場合の実験中の様子である。

表 1: 場面とフィードバックの種類の対応

場面の種類	フィードバック
そよ風，爆風，向かい風	風
爆発，炎が出現するシーン	温感
氷が出現するシーン	冷感
戦闘シーン（攻撃が当たるシーン）	振動

### 4.2 SD 法

SD 法は各刺激に対して人が抱く印象，イメージを明らかにするために用いる手法で，相反する形容詞対を多数用いて刺激を評価することにより，人がその刺激に対して，どのように感じるかといった情緒的な印象を明らかにすることが可能となる[20]。以下に，アンケートに用いる印象語対を記す。

- 好きな\_\_\_\_\_嫌いな



図 5: 実験の様子

- 良い\_\_\_\_\_悪い
- 気持ちの良い\_\_\_\_\_気持ちの悪い
- はっきりした\_\_\_\_\_ぼんやりした
- 迫力のある\_\_\_\_\_迫力のない
- リアリティのある\_\_\_\_\_リアリティのない
- 動的な\_\_\_\_\_静的な
- 弱い\_\_\_\_\_強い
- 興奮した\_\_\_\_\_落ち着いた

そして，各形容詞対を左から「非常に」，「かなり」，「やや」，「どちらでもない」，「やや」，「かなり」，「非常に」の 7 段階で評価した。

### 4.3 SUS

SUS は，製品およびサービスの使いやすさを評価するためのアンケートのことである。これは，ソフトウェア，ハードウェアを問わず，さまざまな新しいシステムのユーザビリティを評価し，洞察を得るための定量的な手法として使用される。リッカート尺度を使用して回答する 10 個の質問で構成される。本研究では，「強く同意する」から「強く同意しない」までの 5 段階で評価した[21]。

まず，SUS 調査の各回答選択肢を対応する評定を割り当てる。回答が「強く反対」の場合は 1 点，「反対」の場合は 2 点，「どちらでもない」の場合は 3 点，「同意する」の場合は 4 点，そして「強く同意」の場合は 5 点とする。

各質問項目への回答（評点 X）に基づき，以下の方法で得点を計算する。

• 奇数番目の項目：X－1 点

• 偶数番目の項目：5－X 点

• 未回答の項目：3 点

これらの得点を合計し，その合計値に 2.5 を乗じることで，0-100 点の SUS スコアが算出する。SUS スコアが高いほど，評価対象の製品，システム自体，およびその利用開始までの過程または利用後に期待される効果に対するユーザの満足度が高いと判断される[22]。

SUS(System Usability Scale)のスコアリングと解釈について，以下のようにまとめる。



- A+: 84.1–100 (96th–100th percentile)
- A: 80.8–84.0 (90th–95th percentile)
- A –: 78.9–80.7 (85th–89th percentile)
- B+: 77.2–78.8 (80th–84th percentile)
- B: 74.1–77.1 (70th–79th percentile)
- B –: 72.6–74.0 (65th–69th percentile)
- C+: 71.1–72.5 (60th–64th percentile)
- C: 65.0–71.0 (41st–59th percentile; 平均的なユーザビリティ)
- C –: 62.7–64.9 (35th–40th percentile)
- D: 51.7–62.6 (15th–34th percentile)
- F: 0.0–51.6 (0th–14th percentile; 低いユーザビリティ)

グローバル平均 SUS スコアは約 68 で、これは C グレード(平均的なユーザビリティ)に相当する。50 未満のスコアは欠陥があると見なされ、80 以上のスコアを持つシステムは、平均以上のユーザエクスペリエンスを示し、優れたユーザビリティに関連している。65 から 80 のスコアは受け入れ可能だが、改善の余地があることを示唆している。65 未満のスコアは、ユーザビリティの問題があることを示しており、注意が必要である。

## 5. 実験結果および考察

### 5.1 SD 法の評価結果

動画鑑賞後に SD 法を用いたアンケートを実施した。本アンケートを「プロフィール分析」と「因子分析」を利用してデータの分析を行うことで、Immersion Neckwear の有無による映画体験の没入感の変化を評価した。図 6 は被験者が回答したデータから、評定尺度ごとの回答平均値を算出して図式化したプロフィール分析の結果である。縦軸は各形容詞対を表し、横軸は形容詞対に対する 7 段階の評価尺度を表す。青線が Immersion Neckwear を装着した場合の動画鑑賞時の印象を示しており、赤線が Immersion Neckwear を装着しなかった場合の動画鑑賞時の印象を示している。プロフィール分析によって、Immersion Neckwear を装着した場合としなかった場合の印象の違い、Immersion Neckwear の装着が被験者の印象に与える影響を視覚的に比較可能になる。

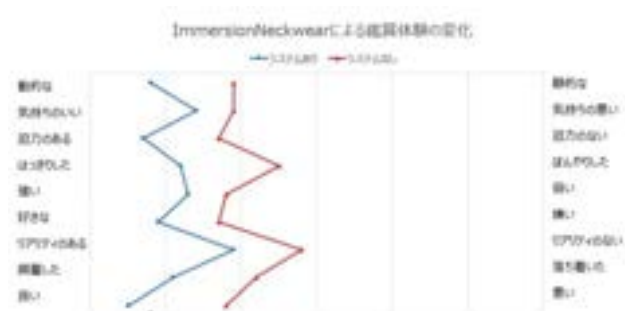


図 6: Immersion Neckwear のプロフィール分析  
共通因子を特定するために、アンケートデータに対して

因子分析を実施した。Immersion Neckwear を装着した場合の因子分析の結果を表 2 に示す。初期の固有値の大きさと減衰状況から、因子数は 3 と判断した。因子負荷量は、因子と変数の間に有意な相関があるとされている絶対値 0.4 以上とし、斜交回転法を用いて因子間の相関関係を考慮できるプロマックス回転を適用した。因子負荷量の絶対値が 1 に近いほど、因子との関係性が強いことを示す。因子 1 は「好きな」、「良い」、「迫力ある」などの形容詞と強く関連していることがわかった。また、因子 2 は「興奮した」、「強い」、「気持ちのいい」、因子 3 は「はっきりした」、「リアリティのある」などの形容詞と関連が深いことが判明した。

表 2: システムを装着する時の因子負荷量

形容詞 1	形容詞 2	因子 1	因子 2	因子 3
嫌いな	好きな	0.888	-0.376	-0.073
悪い	良い	0.820	0.321	-0.043
迫力のない	迫力のある	0.744	0.317	0.189
落ち着いた	興奮した	-0.027	0.982	-0.245
弱い	強い	-0.080	0.651	0.107
気持ちの悪い	気持ちのいい	-0.278	0.505	0.207
ぼんやりした	はっきりした	0.062	0.055	0.998
リアリティのない	リアリティのある	-0.108	-0.024	0.824
寄与率		30.282	20.791	14.951
回転後の負荷量平方和		2.457	2.313	1.849

Immersion Neckwear を装着しなかった場合の因子分析の結果を表 3 に示す。因子負荷量の絶対値が 1 に近いほど、因子との関係性が強いことを示す。因子 1 は「迫力のある」、「良い」、「興奮した」、「強い」などの形容詞と強く関連していることがわかった。また、因子 2 は「はっきりした」、「リアリティのある」などの形容詞と関連が深いことが判明した。

表 3: システムを装着しない時の因子負荷量

形容詞 1	形容詞 2	因子 1	因子 2
迫力のある	迫力のない	0.953	0.157
良い	悪い	0.861	-0.066
興奮した	落ち着いた	0.669	-0.256
強い	弱い	0.500	-0.027
はっきりした	ぼんやりした	0.116	0.994
リアリティのある	リアリティのない	-0.232	0.842
寄与率		46.164	30.801
回転後の負荷量平方和		2.414	1.792

### 5.2 SUS の評価結果

Immersion Neckwear のユーザビリティを評価するために、SUS によるアンケートを行った。表 4 は被験者ごとの SUS によるアンケートの回答結果をまとめたものである。また自由記述欄にて、「微妙な重さが少し気になった」、「デバイスが大きいと感じた」、「温度が人によっては暑すぎる」などの指摘がされた。一方で、「アニメに合わせて温度変化があり楽しかった」、「cooler と warmer 機能は実際に感じ

表 4: SUS の結果

被験者 ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	スコア
1	5	2	5	2	2	2	4	4	4	4	65
2	4	3	5	3	1	2	5	4	4	3	60
3	4	1	5	1	4	4	5	1	5	5	77.5
4	5	2	5	2	2	3	5	2	3	4	72.5
5	4	1	5	4	5	5	5	1	4	4	70
6	5	3	4	1	5	2	5	1	4	5	77.5
7	4	3	4	5	3	4	4	3	4	5	47.5
8	3	4	3	5	2	3	3	2	1	2	40
9	5	2	4	4	4	2	4	4	4	3	65
10	5	3	5	2	5	3	5	2	5	5	75
平均値	4.4	2.4	4.5	2.9	3.3	3	4.5	2.4	4	4	65
標準偏差	0.63	0.87	0.64	1.38	1.35	0.95	0.64	1.14	1.04	0.95	11.48

て、リアルタイム性も高いと思った」のような Immersion Neckwear の使用にポジティブな意見もあった。

### 5.3 SD 法の評価結果に関する考察

プロフィール分析の結果、Immersion Neckwear を装着した場合と装着しなかった場合の印象の違いがみられた。Immersion Neckwear を装着した場合、各形容詞対全体で肯定的な評価が確認された。これにより、Immersion Neckwear はユーザのポジティブな印象を高める効果があると推察する。よって、動画鑑賞における Immersion Neckwear の装着が、動画の印象を向上させる要因となることが考えられる。特に、「動的な・静的な」に関して、Immersion Neckwear の有無によって印象の変化が推察される。これは Immersion Neckwear が画面に応じて起動されることを、「動的」と捉えたと考える。表 5 と表 6 は、形容詞を使った印象の評価を分析した結果を示している。結果に基づき、Immersion Neckwear を使ったときの印象を整理した。

Immersion Neckwear を装着すると、因子 1 は「好きな」「良い」「迫力ある」といった言葉と強く結びつきことがわかる。これを「評価」とまとめた。因子 2 は「興奮した」「強い」「気持ちのいい」と関連が深かったため、「活力」とした。因子 3 は「好きな」「はっきりした」「リアリティのある」などの言葉と関係があったので、「現実性」とした。結果から、Immersion Neckwear を装着した動画鑑賞において、「評価」「活力」「現実性」の印象を持つことが考えられる。

表 5: システムありの時の、因子解釈

因子	形容詞	因子の解釈
1	「好きな」、「良い」、「迫力のある」	評価
2	「興奮した」、「強い」、「気持ちのいい」	活力
3	「はっきりした」、「リアリティのある」	現実性

Immersion Neckwear を装着しない場合、因子 1 は「迫力のある」、「良い」、「興奮した」、「強い」といった言葉と強く結びつきことがわかる。これを「活力」とまとめた。因子 2 は「はっきりした」「リアリティのある」と関連が深かったため、「現実性」とした。結果から、Immersion

Neckwear を装着した動画鑑賞において、「活力」「現実性」の印象を抱くことが考えられる。

表 6: システムなしの時の、因子解釈

因子	形容詞	因子の解釈
1	「迫力のある」、「良い」、「興奮した」、「強い」	活力
2	「はっきりした」、「リアリティのある」	現実性

因子の解釈から、従来の動画鑑賞での印象を包括しながらも「評価性」といった新たな肯定的印象が増えていることがわかる。よって、因子分析の結果として、Immersion Neckwear を用いた動画鑑賞は、Immersion Neckwear を使用しない場合よりも優れた鑑賞体験を提供することを推察する。また、寺本らの研究では、評価性が没入感の要素として抽出されており Immersion Neckwear を使った動画鑑賞がより没入感のある体験と考えられる[10]。

### 5.4 SUS の結果に関する考察

SUS によって評価されたシステム全体の平均値が 68 点であり、今回の SUS スコアが 65 点であることから、C グレードに相当する。よって、Immersion Neckwear のユーザビリティは改善の必要があると考える。質問 4 (技術的サポートの必要性)、質問 8 (操作性) では平均点が低く、回答にばらつきが見られた。実験では、被験者に動画を鑑賞することだけを指示し、システムの装着および起動は研究担当者が行ったため、一部の被験者はシステムの使用に技術的サポートが必要と感じたと考えられる。さらに、使用感に関しても一部の被験者から不満が出た。Immersion Neckwear の重さが 800g を超えており、これが動画鑑賞中の不快感につながり、システムの使用が面倒だと感じたと考えられる。以上の SUS に基づくアンケート結果から、システムのユーザビリティには改善の余地があると考えられる。ただし、「アニメに合わせた温度変化が楽しかった」、「cooler と warmer 機能がリアルタイムで感じられた」などのポジティブな意見もあり、Immersion Neckwear が動画鑑賞の没入感向上に有効であることが推察できる。

## 6. 結論

### 6.1 まとめ

本論文では、自宅での動画鑑賞体験を拡張することを目的として、多感覚フィードバックを提供する頸部装着型没入感向上デバイス Immersion Neckwear を創作した。Immersion Neckwear は、映像に合わせて振動、風、温冷感などを提示することで、映画館での没入感に近い体験を自宅でも再現することを目指している。実験結果から、Immersion Neckwear を装着した動画鑑賞では、被験者がよりポジティブな印象を抱き、動画の没入感が向上することが確認された。具体的には、SD 法によるアンケートの因子分析で、シ

システムの装着により評価性が高まることが確認された。一方、SUSによるユーザビリティ評価では、平均値が65点となり、技術的サポートの必要性およびシステムの重さ・大きさに関する不満が一部の被験者から指摘された。しかし、「アニメに合わせた温度変化が楽しかった」、「cooler と warmer 機能がリアルタイムで感じられた」といったポジティブな意見も多く、Immersion Neckwear が動画鑑賞の没入感向上に有効であることが示唆された。

## 6.2 今後の展望

今後の展望として、ユーザビリティの向上が必要である。SUS アンケート結果から示された技術的サポートの必要性およびシステムの重さ、大きさに関する不満を解消するため、ユーザインターフェースの改善、デバイスの軽量化、コンパクト化が求められる。具体的には、より直感的な操作が可能なインターフェースデザインを採用し、ユーザが簡単にシステムを操作可能にすることが挙げられる。また、使用する素材の見直しおよび電子部品の改良によって、デバイス全体の軽量化を図ることが考えられる。今回、映像に合わせて、風、振動、温冷部を実装したが、ミストや香りによるフィードバックの実装を目指す。これにより、ユーザが映像から感じる臨場感が向上すると考える。さらに、フィードバック機能の強化も重要な課題である。

Immersion Neckwear は、振動、風の強弱、温感、冷感といった多感覚のフィードバックを提供しているが、これらのフィードバックの精度、リアルタイム性の向上が求められる。特に、映像に合わせたフィードバックのタイミング、強度をより正確に制御するための技術開発が必要である。これらにより、ユーザにより一層没入感を感じさせることができると考えられる。また本研究では、20代の男女10名の被験者データのみ取得したが、より多くの被験者を対象にした大規模な実験を実施し、統計的に有意なデータを収集することで、Immersion Neckwear の効果をより明確に示す必要があると考えられる。また、異なる年齢層および文化背景を持つ被験者を対象にした研究を行うことで、ユーザビリティ、没入感に対する高度なシステムを実現したい。

## 参考文献

- [1]株式会社ICT総研：2023 年有料動画配信サービス利用動向に関する調査、<https://ictr.co.jp/report/20230421.html/>。(最終参照日：2025/1/3)。
- [2]GEMPartners 株式会社：動画配信（VOD）市場 5 年間予測（2024-2028 年）レポート、<https://gem-standard.com/columns/789/>。(最終参照日：2025/1/5)。
- [3]株式会社プラネット：映画に関する意識調査、[https://www.planet-van.co.jp/shiru/from\\_planet/vol210.html](https://www.planet-van.co.jp/shiru/from_planet/vol210.html)。(最終参照日：2025/1/5)。
- [4]株式会社宣成社：映画離れる映画館、<https://senseisha.co.jp/useful/kiji.php?n=23>。(最終参照日：2025/1/5)。

- [5]株式会社スパコロ：映画館の利用意識調査 ～コロナ禍、映画館利用意識どう変わった？～、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000041.000060722.html>。(最終参照日：2025/1/5)。
- [6]杉原太郎，森本一成，黒川隆夫：SD 法を通してみた音楽に対する感性の基本特性，映像情報メディア学会技術報告 25.48，一般社団法人 映像情報メディア学会，pp. 57-63(2001)。
- [7]仁科弘重，中本有美：観葉植物，花，香りが人間に及ぼす生理・心理的効果の脳波および SD 法による解析，日本建築学会計画系論文集，Vol. 63, No. 509, pp. 71-75 (1998)。
- [8]寺本渉，吉田和博，浅井暢子，日高聡太，行場次朗，鈴木陽一：臨場感の素朴な理解 (i 特集 VR 心理学 4)，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 15, No. 1, pp.7-16 (2010)。
- [9]安藤広志：2. 人が感じる臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術，映像情報メディア学会誌，Vol. 63, No. 12, pp. 1727-1730 (2009)。
- [10]飯村浩平，中村広幸，大倉典子，小松剛：臨場感と現実感の定量化と評価の実験，日本人間工学会大会講演集，Vol. 48, No. 0, pp. 432-433 (2012)。
- [11]岡本早織，羽田久一：ゲームプレイ中の風の強度による臨場感の変化，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2022 論文集，pp. 135-138 (Aug 2022)。
- [12]前田智祐，倉橋哲郎：ウェアラブルな温冷覚多点提示システム TherModule の基礎検討，第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(Sep. 2018)。
- [13]Kim, A., Bae, H. and Lee, K.: Effects of Tactile Perception on Emotion and Immersion to Film Viewing in a Virtual Environment, VRST '19: Proceedings of the 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp.1-3 (Nov 2019)。
- [14]Oh, E., Lee, M. and Lee, S.: How 4D effects cause different types of presence experience?, VRCAI '11, Association for Computing Machinery, p. 375-378 (2011)。
- [15]Jeong, D., Han, S. H., Jeong, D. Y., Kwon, K. and Choi, S.: Investigating 4D movie audiences' emotional responses to motion effects and empathy, Computers in Human Behavior, Vol. 121, p. 106797 (2021)。
- [16]Lee, J., Han, B. and Choi, S.: Interactive motion effects design for a moving object in 4Dfilms, Association for Computing Machinery, p. 219-228 (2016)。
- [17]Nicolae, D. F.: Spectator perspectives in virtual reality cinematography. The witness, the hero and the impersonator, Ekphrasis. Images, Cinema, Theory, Media, Vol. 20, No. 2, pp.168-180 (2018)。
- [18]Kim, A., Chang, M., Choi, Y., Jeon, S. and Lee, K.: The Effect of Immersion on Emotional Responses to Film Viewing in a Virtual Environment, 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), pp. 601-602 (2018)。
- [19]株式会社秋月電子通商：秋月電子通商，<https://akizukidenshi.com/catalog/default.asp>。(最終参照日：2025/1/8)。
- [20]福田忠彦，福田涼子，福田忠彦研究室：増補版 人間工学ガイド - 感性を科学する方法 -，株式会社サイエンティスト社 (2009)。
- [21]Inc., Q.: System Usability Scale: What it is, Calculation + Usage, <https://www.questionpro.com/blog/system-usability-scale/>。(最終参照日：2025/1/8)。
- [22]山内繁：人を対象とする研究計画入門：科学的合理性と倫理的妥当性，丸善出版 (2015)。