

青山学院大学理工学部
情報テクノロジー学科
2024年度卒業研究論文

仮想現実での視線情報を用いた
商品作動ギミックによる
関心の変化

2025年1月23日提出

指導教員 ロペズ・ギヨーム 教授

提出者学 氏名
15821083 松田 滉生

仮想現実での視線情報を用いた商品作動ギミックによる関心の変化

松田 滉生 (15821083)

ロペズ研究室

1. はじめに

インターネットを利用した商品の購入が急激に増加しており、今や多くの消費者が日常生活の一部として受け入れている。店舗で実物を確認せずにインターネットだけで商品を購入することに抵抗がない消費者も増加している[1]。一方、特に高額商品や大きさが重要な商品（家具、衣類、電化製品）においては、実物を見てから購入したいためネットショッピングを利用しない消費者もまだ多い[2]。

そこで本研究は、仮想現実（VR）空間上で商品を3次元で再現するとともに、可動なパーツに動的な動きをさせることで、商品への興味関心が向上するかを検証することを目的とする。

2. 関連研究

落合は視線情報に基づいた嗜好分析から商品を推薦するVRシステムを提案している[3]。コンビニエンスストアを想定したワールドを作成し、カップ麺を33種類用意しユーザーの興味や嗜好分析を視線情報とアンケート評価で行った結果、注視時間からユーザーの興味や嗜好を判断することが可能だと考えられた。

張はネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響を研究した[4]。暗示的動きとは、静止画でありながら動きが感じられる視覚的特性を指す。暗示的動きを表す静止画は、消費者に購買意欲を向上させる効果を持つと示された。

3. 視線情報を用いた商品作動ギミック

本研究では動的な動きが分かりやすいように家電製品を3Dモデルとして使用する。ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いたVR空間上に家電量販店をイメージしたワールドを作成した（図1を参照）。また、Pupil Neon [5] を Meta Quest3 [6] に取り付け視線情報を読み取り、注目が集まっている商品のみを

アニメーションで動くようにシステムを構築した。

視線情報によってポインターが移動し、図2のように視覚的にどこに注目しているのかわかりやすくするために、ポインターから赤色でrayを表示させた。アニメーションの設定として、図3のように炊飯器の開閉動作、扇風機の首振り動作、電子レンジの扉開閉動作が行えるように、各3Dモデルを複数要素に分けたうえで、動作軸を定義するなどの工夫により、動的な動きを直感的に理解できるようにした。



図1. 家電量販店をイメージしたワールドの様子

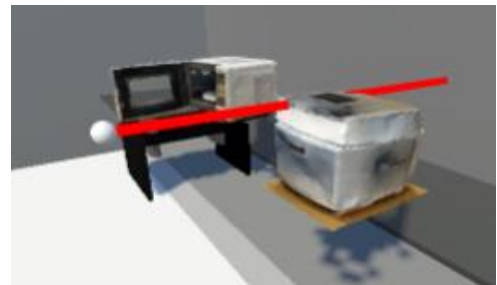


図2. ray が飛んでいる様子

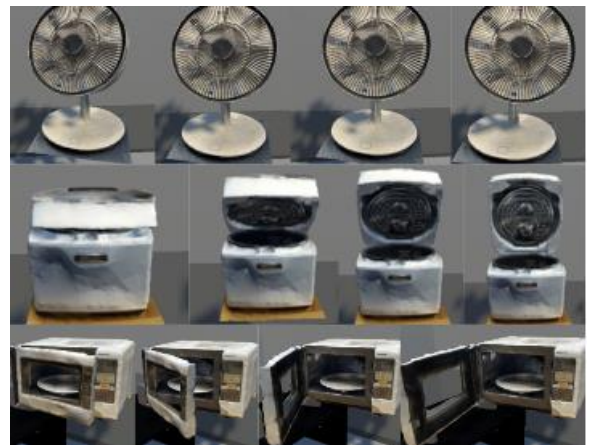


図4.それぞれのアニメーションの様子

2024（令和6）年度卒業論文要旨

4. 評価方法

3つの異なる VR 環境を用意し、被験者 10 人に電化製品を観察・比較してもらい、それぞれのパターンが興味関心に与える影響を評価した。用意した VR 環境は以下の 3 つのパターンになる。

- ・ 静止: 3D モデルが動かない静止状態。
- ・ 常時動作 3D モデルが常に動き続ける状態。
- ・ 注視動作: 被験者の視線情報に基づき、注目している 3D モデルのみが動く状態。

順序効果を排除するため、各実験参加者は 3 つのパターンの VR 環境をランダムな順序で体験してもらった。被験者には事前に、3 パターンの VR 環境で電化製品の観察・比較を行った後にアンケートに回答してもらうことを伝えた。また、それぞれのパターンの具体的な違いには明示せず、観察を自然に行ってもらうように促した。

5. 評価結果

関連研究を参考に、各 VR 環境でのユーザーの利用時間をエンゲージメントの定量的な指標として定義した。具体的には、各環境の体験開始から終了までの時間（秒）を計測し、その値を比較することでエンゲージメントの違いを評価した。またアンケート評価で興味と使用イメージについての主観評価も行った。

視線情報に基づき動作する「注視動作」環境が最も長い平均利用時間（45 秒）を示し、エンゲージメントが他の 2 つの環境と比較して有意に高いことが分かりました（表 1）。また、表 2 に示す興味関心に関するアンケートの結果から、「注視動作」環境は「静止環境」と比較して非常に高い有意な差を示した（ $p < 0.01$ ）。さらに、「常時動作」環境と比較したときも（ $p < 0.05$ ）有意な差があることが明らかとなった。

表 1. 各パターンの平均利用時間と標準偏差

パターン	平均利用時間 (秒)	標準偏差 (秒)	有意差
パターン 1: 3D モデルが動かない状態	20.684	9.213	あり
パターン 2: 3D モデルが常に動き続ける状態	32.518	15.684	あり
パターン 3: 視線情報に基づき動作する状態	45.018	12.872	—

表 2. アンケート評価におけるスコア比較

パターン	平均値	p 値	有意差
パターン 1	1.9	$p < 0.01$	あり
パターン 2	5.0	$p < 0.05$	あり
パターン 3	6.7	—	—

6. まとめ

本システムの使用により、現実世界で家電量販店に行く前に仮想現実上で動きのある 3D モデルを先に見ることで興味を掻き立てて、使用するのイメージを想像させることができ、興味を持たせることができると明らかになった。

システムの改善点として、商品が一方向しか見れず 360 度見ることができないこと、商品との距離があり近くに寄せられなかったことが挙げられる。また、扇風機の音や電子レンジの音などの聴覚的フィードバックも実装することで、より没入感を与えて興味をより掻き立てることができたのではと考えられる。以上にあげられる課題を解決し実装することで、本システムをより没入感があり興味関心に影響を与えられるシステムに発展させていく。

参考文献

- [1] NRI メディアフォーラム:生活者 1 万人アンケート（9 回目）にみる日本人の価値観・消費行動の変化
<https://www.nri.com/content/900032338.pdf>
- [2] 総務省:インターネットの使用状況
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc122400.html>
- [3] 落合拓朗 藤田智 益子宗星野准一: 視線情報に基づいた嗜好分析から商品推薦を行う VR ショッピングシステム, IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2019-HCI-184, No. 3 (2019)
- [4] 張 テイテイ: ネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響, 経営論集 (2023).
- [5] Pupil Neon . PupilLabs 社 , <https://pupil-labs.com/>. (2025/1/24 参照)
- [6] Meta Quest3 . Meta 社 , <https://www.meta.com/jp/quest/quest-3/> (2025/1/24 参照)

目次

第1章 序章	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 オンラインショッピングの増加	1
1.1.2 消費行動と視線情報の関係	5
1.2 研究目的	5
1.3 本論文の構成	5
第2章 VRと消費行動の変化に関する研究	6
2.1 ネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響に関する研究	6
2.2 VRと視線情報	7
2.2.1 視線情報から商品推薦を行うVRシステム	7
2.2.2 VR空間における視線とコミュニケーション	8
2.2.3 VR環境における視線追跡と運転	9
2.2.4 アイトラッキングによる購買行動分析に関する研究	10
2.3 VRと興味関心	12
2.4 先行研究のまとめ	14
第3章 仮想現実において、視線情報を用いた商品作動ギミック	15
3.1 システム概要	15
3.2 使用デバイス	16
3.2.1 システムに利用したHMD	16
3.2.2 視線情報を計測するデバイス	17
3.3 動的な3Dモデルの作成方法	18
3.3.1 3Dモデルの読み取り方	18
3.3.2 アニメーションの作成方法	19
3.4 通信手法及び仮想空間内における表現手法	19
3.4.1 システム開発に利用した開発プラットフォーム	20
3.4.2 視線情報計測	20

3.5	まとめ	21
第4章	モデルの動的な動きの有無による興味関心の評価実験	22
4.1	実験目的	22
4.2	実験環境	22
4.3	実験方法	23
4.4	評価方法	24
4.4.1	エンゲージメント評価	24
4.4.2	アンケート評価	24
4.4.3	システムの使いやすさの評価指標	25
第5章	実験結果と考察	26
5.1	エンゲージメント評価考察	26
5.2	アンケート評価および考察	27
5.3	システムの使いやすさの評価結果および考察	31
5.4	まとめ	31
第6章	結論と今後の展望	32
6.1	結論	32
6.2	今後の展望	32
	acknowledgments	33
	参考文献	34

第1章 序章

本章では，社会的な背景をもとに研究の位置付けを明確にする．1.1 節では，研究背景としてオンラインショッピングでの購入における現状と課題について述べる．1.2 節では，背景に挙げた課題を踏まえた本研究の目的を定義する．1.3 節では，本論文の構成について述べる．

1.1 研究背景

1.1.1 オンラインショッピングの増加

近年，日本ではEC サイトを利用した商品の購入が急激に増加しており，今や多くの消費者がインターネットを活用した買い物を日常生活の一部として受け入れている．図 1-1 統計局が実施した調査によると，ネットショッピングの利用率や支出額は年々増加傾向にあり，その成長は新型コロナウイルス感染症の拡大による生活様式の変化とも相まって一層加速している [1]．

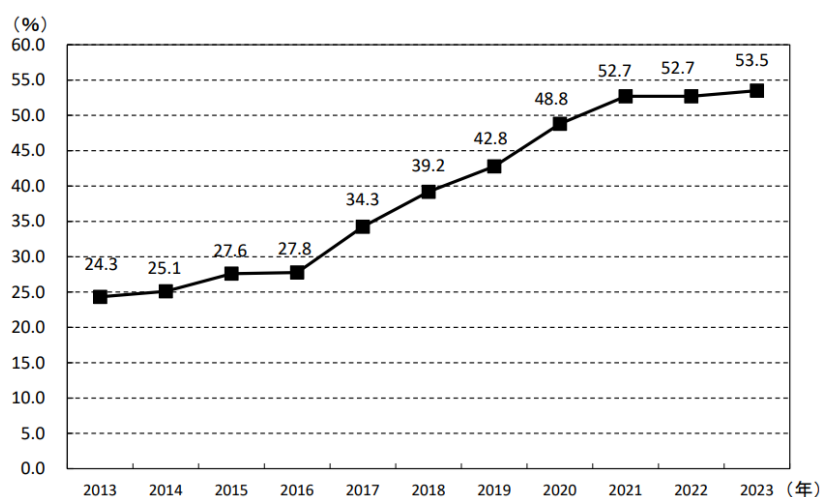


図 1-1: ネットショッピング利用世帯の割合の推移（[1] より）

図 1-2 のように、特に外出を控える生活が推奨された 2020 年以降、食品や生活必需品の購入においてもネットショッピングを利用する人々が急増し、EC 市場の拡大に拍車をかけたとされている。

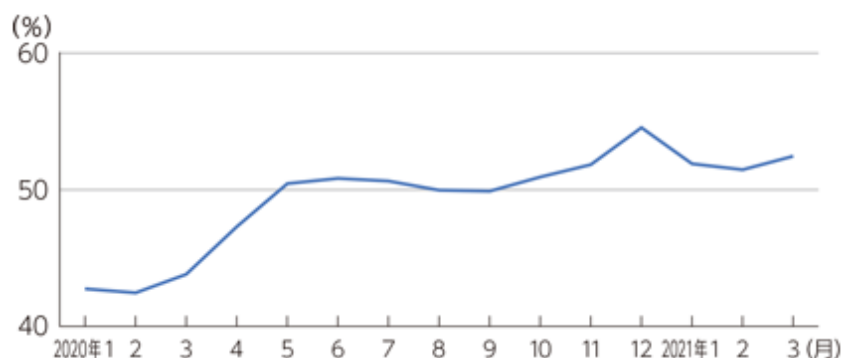


図 1-2: オンライン消費の増加 ([2] より)

飲食業界においては、インターネットで注文し、飲食店から食事を配達してくれる宅配サービスが、大都市を中心に利用が増えている。また、eコマースにおいても、プラットフォームサービス等を利用せ、自ら開設したウェブサイトを通じた販売が増加している。このように、自らが企画・生産した商品を消費者に対して直接販売する D2C (Direct to Consumer) の動きが加速している [2] (図 1-3)。これにより、大都市の消費者が地方の個人や小規模店舗から商品を購入することが可能となるなど新たなつながりも生まれる。このような消費行動の変化は、単なる一過性のものではなく、今後の産業構造が大きく変化することにつながる可能性がある。

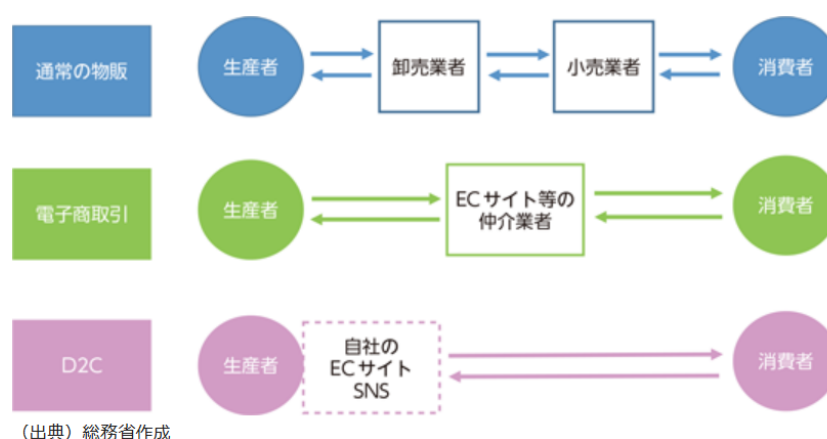


図 1-3: D2C の概念図 ([2] より)

2023 年の統計によれば、2 人以上の世帯におけるネットショッピングの支出金額は 1 か月平均 23,021 円に達し、利用世帯当たりの支出金額は 42,937 円と、統計が開始された 2002 年以来過去最多を記録しました。この数字は、ネットショッピングが単なる補助的

な購買手段に留まらず、多くの人々の主たる購買方法として定着しつつあることを示している。また、野村総合研究所の調査には世代間の差異も見られるが、特に若年層や働き盛りの世代である20代から40代の間では、インターネットショッピングを年1回以上利用する人の割合が80%を超えており、これらの層がEC市場の拡大を牽引していることが明らかになっている。図1-4に調査結果を示す。

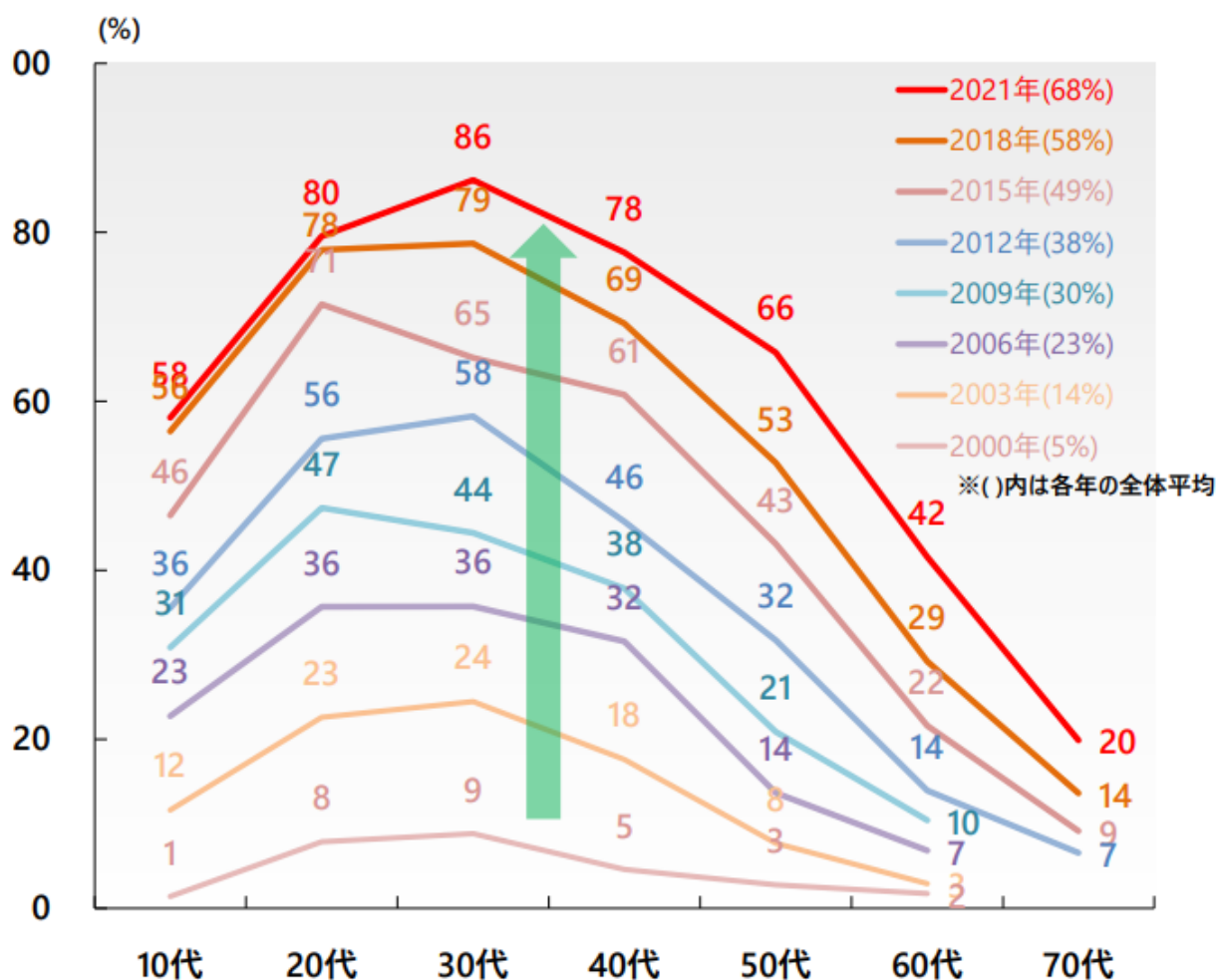


図 1-4: インターネットショッピングを年1回以上利用する人の割合の推移 ([3] より)

さらに、店舗で実物を確認せずにインターネットだけで商品を購入することに抵抗がない消費者も増加している。2021年の調査では、その割合が約50%に達し、従来の「商品を直接手に取って確認したい」という購買行動の変化を示している [3](図1-5)。

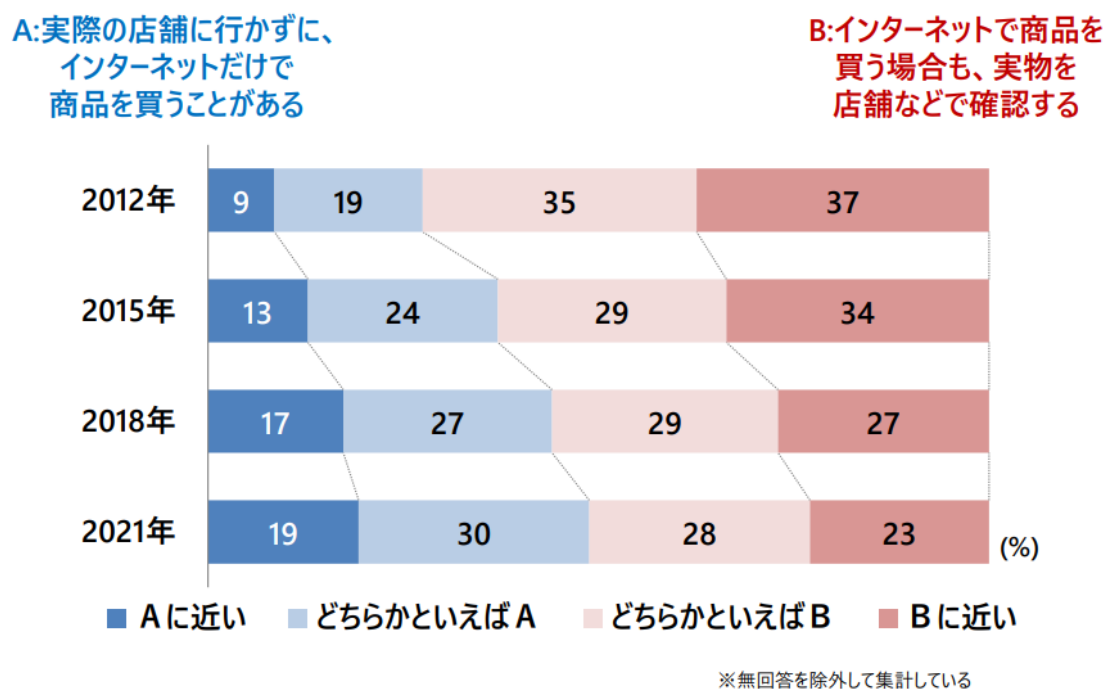


図 1-5: 店舗で実物を確認せずにインターネットだけで商品を買うか ([3] より)

この背景には、商品の写真や動画、レビューなどのデジタルコンテンツの進化が挙げられる。これにより、消費者は実物を確認しなくても商品の品質や性能をある程度把握できるようになり、購買の意思決定がオンラインで完結するケースが増えている。

一方で、ネットショッピングにはまだ課題も残されている。総務省が実施した調査によると、ネットショッピングを利用しない理由として「実物を見てから購入したい」という回答が多く挙げられており、これがEC市場のさらなる成長を妨げる一因となっている。特に高額商品やサイズが重要な商品（家具、衣類、電化製品）においては、購入前に実物を確認したいというニーズが根強く存在している。また、商品の写真や説明が実物と異なる場合、消費者の期待を裏切る結果となり、返品や交換の増加につながる可能性も指摘されている。

以上のように、ネットショッピングの利用率や支出額は確実に増加しているが、同時にその利便性と実物確認の重要性という相反する要素が存在していることが分かる。これらの課題を解決するためには、消費者が安心して購入できる環境を整備することが必要だ。例えば、商品の詳細を分かりやすく伝えるための高品質な写真や動画、拡張現実（AR）や仮想現実（VR）を活用した視覚的な確認手段の導入が期待されている。

以上より、ネットショッピングは利便性の向上により多くの支持を得ている一方で、実物を確認できないことによる購買意欲の低下という課題を抱えている。この問題を克服することで、さらに多くの消費者がネットショッピングを活用し、EC市場の発展が進むと考えられる。

1.1.2 消費行動と視線情報の関係

消費行動と視線情報の関連を分析した調査では、視線計測技術を用いた、商業施設において消費者の視線情報から消費者の興味を分析する研究が行われていた。近年だとメタバースやXRといった分野を実験環境として利用することが多く研究されている。既存の研究では実験環境にPCのモニターやスクリーンが利用されており、メタバース空間を実験環境として選んだ場合においても同様な結果が得られることが明らかになっている [4]。マーケティングや消費者行動研究において重要なテーマとなっている。視線計測技術（アイトラッキング）を活用することで、消費者がどのような情報に注目し、どのような意思決定プロセスを経て購買に至るのかを詳細に分析することが可能だ。例えば商品配置やデザイン、色彩などが消費者の視線を引き付け、購買意思決定に影響を与えることが示されている [5]。しかし、VR空間に3Dモデルを表示しそのモデルを見ての消費行動、興味の変化についての研究はまだ行われていない。

1.2 研究目的

1.1節で述べたように、ネットショッピングで買う前に実物を見る必要があると考える。そのため、本研究では、VR空間上で、使用イメージが分かることで興味が変わるのかを研究目的とする。具体的には、視線情報を元にユーザーの興味を判定し、注目した物の3Dモデルを動かす。そこで本研究では、仮説を実証するために以下の2つの点について取り組んだ。

1. 実物のような3Dモデルとアニメーションの作成。
2. 視線情報によって3Dモデルの動きを制御。

1.3 本論文の構成

第1章では、本論文の研究背景、研究目的、及び本論文の構成について述べた。第2章では、VRを融合した消費行動の変化に関する先行研究を3つ述べた。第3章では、システムの概要、使用デバイス、3Dモデルの作成方法、通信手法について述べた。第4章では本研究の実験目的、実験環境、実験方法、評価方法について述べた。第5章ではエンゲージメント評価考察、アンケート評価および考察、システムの使いやすさの評価結果および考察を述べた。第6章では結論と今後の展望を述べている。

第2章 VRと消費行動の変化に関する研究

本章では、VRを融合した消費行動の変化に関する研究について述べる。2.2.1節では視線情報に基づいた嗜好分析から商品推薦を行うVRショッピングシステムの研究、2.2.4節ではアイトラッキングによる買い物客の購買行動分析の研究について述べる。2.1ではネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響について述べる。

2.1 ネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響に関する研究

この論文では、ネットショップにおける商品の提示形式が消費者の商品選択や購買意欲にどのような影響を与えるかを検討した[6]。その中でも特に「暗示的動き (Implied Motion)」を表す静止画に注目し、その効果とメカニズムを議論している。視覚刺激が消費者の注意や判断に及ぼす影響は広く研究されてきたが、これまでは静的な商品画像やビデオなどの動的提示に焦点が当てられることが多かった。本研究では、静止画が持つ暗示的な動きが消費者行動に与える影響を実証的に検証した点で新規性がある。「暗示的動き」とは、静止画でありながら動きが感じられる視覚的特性を指す。この現象は視覚システムによる運動の想像と再現によって生じるとされ、実際の運動と同様に脳の特定の領域を活性化させることが知られている。消費者は、運動を暗示する静止画を見ることで、商品に対する心的イメージ (mental imagery) を形成しやすくなる。この心的イメージは、消費者が商品を使用する場面や効果を鮮明に想像することを可能にし、購買意欲や商品態度に影響を与える。仮説を検証するためにYahoo!クラウドソーシングにて実験を行った。実験は商品画像の提示形式を動的なもの (図2-1) と静的なもの (図2-2) に分け200名の20代～60代の一般消費者を対象として行った。質問として「これからネット店舗尾で使われる画像を見せる。画像をよく見て質問に回答してください。」として解答してもらった。

結果として、視覚刺激の形式が消費者行動に与える影響を示す重要な知見を提供している。特に、暗示的動きを表す静止画は、消費者に運動を知覚させ、心的イメージの鮮明さを高めることで、購買意欲や商品態度を向上させる効果を持つ。また、静止画はビデオやVRに比べて制作コストが低く、ネットショップにおける実用性が高いと考えられる。



図 2-1: 暗示的動きのある商品写真 ([6] より)



図 2-2: 静的な商品写真 ([6] より)

2.2 VR と視線情報

2.2.1 視線情報から商品推薦を行う VR システム

この論文では、視線情報に基づいた嗜好分析から商品を推薦する VR システムを提案している [7]。限定的問題解決プロセスを導入している。限定的問題解決プロセスとは、ある商品群から商品を選択する場合においてユーザーが商品についてある程度の知識があり、複数の選択肢から比較検討を行うことであり、限定的加算型（限定された選択肢から、全体的に評価を行い選択する）という評価方法を利用している。予備調査として即席麺の購入における購買意思決定について 20 代の男女 30 名を対象にアンケート形式で調査を行った結果、20 代の消費者が商品購入を決定する要素で最も重要視するものは“価格”と“味”を重視するということが予備調査で判明した。この予備調査をもとに味の特徴、価格帯、麺の種類など合計 33 の商品要素を利用してユーザーの興味や嗜好分析を行うことにした。被験者はコントローラを利用して商品を選択すること、商品の詳細情報として拡大された商品パッケージと商品説明を見ることができる(図 2-3)。被験者はその商品が気に入れば購入を決定する。購入決定後に、図 2-3 のように被験者に対して商品推薦を行った。VR ショッピングシステム体験後に商品購入の理由や推薦商品に対する満足度、実際の店舗との購買体験の差異についてアンケートで調査した。



図 2-3: 被験者が商品を選択したときに見る画面と被験者に商品を推薦したときに見せる画面
([7] より)

20 代前半の男性 12 名を被験者として実験を行った．被験者が商品を注視した時間が中央値より短い群（A 群）と長い群（B 群）と二つに分けた．A 群は商品を VR 店舗内の商品をすべて見てから商品を買うという探索的な姿勢が見られない群と推測され，B 群は最初に全ての商品選択肢を把握してから自分の好みでフィルタリングを行う群だと推測できる．そのため，注視時間からユーザーの興味や嗜好を判断することが可能だと考えられた．被験者のアンケートからわかったこととして，このシステムでは注視時間を基に制作しているため，商品の購入を決定する時間が短いユーザーに対しては興味や嗜好に合った商品を推薦することは難しいと考えられる．しかし，そのようなユーザーに対しても興味や嗜好に合わないまでも，見新しい商品を推薦機能としては十分に利用できることがわかった．一方で，商品の購入までに一定の時間をかけて選ぶユーザーに対してはユーザーの興味や嗜好に合った商品を推薦できると考えられる．しかし，このようなユーザーに対しては新しい商品を推薦できないということがわかった．また，VR 店舗においても，実際の店舗と同様に目に付きやすく，手の届きやすい位置にある商品に対して注視が集まることが分かった．このことから注視時間からユーザーの興味を推定するという仮定を立てる際に商品の位置を考慮する必要があるとわかった．

2.2.2 VR 空間における視線とコミュニケーション

この論文では VR 空間においてアバターとの視線コミュニケーションが対話に与える影響を明らかにすることを目的とした [8]．視線は対面コミュニケーションにおいて重要な非言語情報であり，VR 空間でもアバターとの自然な対話を実現するためには視線の役割が鍵となる．小宮山らは，VR 空間内で HMD 装着者がアバターと対話する環境を構築し，視線を用いた場合と首の向きを視線として代用した場合で比較実験を行った．アイトラッキング機能付き HMD を使用し，アバターの視線や動作を調整した対話システムを設計した．実験の結果，視線追跡を用いた場合，アバターとの空間共有感やアイコンタクトの評価が有意に向上した．また，アバターとの対話時に視線が自然に合うことで，対話のス

ムーズさや親しみやすさも高まることが示唆された。一方で、首の向きを視線として代用する場合は、視線の動きが制限され、対話における違和感が生じることが確認された。VR空間でアバターを用いた対話をより自然にするためには、視線検出技術の導入が重要であると結論付けられた。

坂本らはVR空間におけるマンガ教材読書時の学習支援を目的とし、視線情報を用いた主観的難易度推定手法を提案した [9]。マンガ教材は、文字と絵が組み合わさった複雑なレイアウトを持つため、ページ滞在時間などのログデータだけでは学習者の理解度や難易度の推定が難しい。そこで本研究では、視線データを活用し、学習者の主観的な難易度をコマ単位で推定する手法を開発した。提案手法では、従来の視線特徴量に加えて、「視線ヒートマップ情報」および「注視点と視線の交点の距離」というVR空間特有の特徴量を抽出し、機械学習を用いて難易度を推定した。評価実験の結果、ユーザ依存モデルではランダムフォレスト (RF) を用いた推定でF値 0.705、ユーザ非依存モデルではSVMによる推定でF値 0.711を達成し、従来手法より高精度な難易度推定が可能であることを示した。今後の課題として、データ収集の拡充、リアルタイム推定の精度向上、学習支援システムへの応用が挙げられた。この研究よりマンガ教材を活用したVR学習環境の個別最適化への貢献が期待される。

石川らはVR空間内における視線の一致と表情変化がコミュニケーションの円滑さに及ぼす影響を研究した [10]。現在のVRコミュニケーションでは、ユーザの表情をHMD内蔵カメラで反映させるフェイストラッキング技術が用いられているが、表情の変化が限定的であり、感情表現が不自然になるという課題がある。そこで本研究では、アバター同士の視線が一致した際に表情変化を強調することで、ユーザの気づきを促し、親密度を向上させる手法を提案した。実験では、HTCVIVEとUnityを使用し、VR空間内に3DCGキャラクターを配置した。HMD装着者とキャラクターの視線が一致すると、キャラクターの表情が無表情 → 笑顔 → より強い笑顔の3段階で変化するように設定し、その影響を評価した。結果として、視線が一致すると表情の変化に対する気づきが促進され、笑顔への変化が快適なコミュニケーションにつながる可能性が示唆された。しかし、笑顔の強度が増すにつれて気づきにくなる傾向も見られた。

2.2.3 VR環境における視線追跡と運転

侯らはVR環境を活用し、視線追跡技術を用いた運転視線評価システムを設計し、初心者ドライバーの視線特性を分析し研究した [11]。運転中の視線の動きは交通安全に大きく影響を与える要素であり、適切な視線配分を学習することで運転技術の向上が期待される。このシステムでは、HTC Vive Pro Eyeを用いて運転者の視線データを収集し、360度映像をVR空間内で再生することで、実際の運転体験を再現する。被験者はVR環境内で

運転し、その際の視線データを熟練者の視線データと比較することで、視線配分の適切さを評価する。また、視線の動きの違いをスコア化し、学習の進捗を可視化する機能も搭載している。実験では、運転経験の異なる3名の被験者を対象に視線の角度差とスコアを分析した。その結果、運転経験がない被験者ほど熟練者との視線の差異が大きく、スコアが低いことが確認された。一方で、運転免許を所持する被験者は、熟練者に近い視線配分を示し、高いスコアを達成した。これらの結果から、VRを用いた視線訓練が初心者ドライバーの視線改善に有効である可能性が示唆された。

2.2.4 アイトラッキングによる購買行動分析に関する研究

現地と現地を再現したVRの売り場において、非計画購買が発生する歩行時の視聴時間と、影響を与えているパッケージデザイン要素の関係性を解釈することを目的とした研究がある。非計画購買を分析するために、視認に関連した各種の内容や時間を定義し、手法としてまとめた。場面の分類として、売り場では選択→進行→比較→購買の4段階の場面の分類として用いた。(図2-4) 売り場を歩行し、非計画購買として商品を見つけて比較し、購買に至るメンタルモデルの変化を捉えられる。

場面名	説明
選択	目的の情報を探す場面
進行	目的の情報を得て、目的に向かう場面
比較	目的の情報を発見し、立ち止まり比較する場面
購買	商品を購入する場面

図 2-4: 場面の分類 ([12] より)

次に視認時間を定義した(図2-5。視認時間の傾向から、売り場の商品の形態を存在把握して選択→比較する傾向の時間として、0.2秒未満を見まわし、0.2秒以上1秒未満を確認、1秒以上5秒未満を中止しており内容も覚えている、5秒以上見た場合詳細も把握できる状態とした。

視認行為	説明
見回し	0.2秒未満、同じ情報を見た場合。 存在も覚えていない。
確認	0.2秒以上長く1秒未満の間、同じ情報を見た場合。 存在把握。内容までは覚えていない。
注視	1秒以上長く5秒未満の間、同じ情報を見た場合。 内容把握。内容も覚えている。
長注視	5秒以上の間、同じ情報を見た場合。 詳細把握。多数の情報の内容も覚えている。

図 2-5: 視認時間の傾向 ([12] より)

パッケージの要素についても分類し、文字量特徴量と背景特徴量として抽出・数値化し、視認時間との相関を分析し、パッケージデザインに実験データを紐づけて活用できるようにした。結果と考察について進行場面と比較場面が分類された。進行場面: 購買行動が進行中で、VR 環境では商品の背景特徴量に関連があり、見ているかどうかの時間（視認時間）が有意な関連があることが示された。比較場面: 異なる選択肢を比較する場面で、現地と VR の両方で文字や背景特徴量と購買行動の関連が確認され、特に背景特徴量については強い相関が見られた。結果として、見た商品は、背景特徴量が少なく、文字特徴量が多かった傾向があり、購買行動は進行場面から比較場面への移行を示唆し、文字特徴量が多い商品が多い商品が特に重視されることが示され、現地と VR の両方で、購買行動に影響を与える特徴量の傾向が類似していることが確認された [12]。

中島らは百貨店におけるアイトラッキングデバイスを用いた購買行動の評価を行った [13]。消費者の購買行動における非計画購買（来店前に計画されていない購買）は、店舗滞在時間や顧客特性に大きく影響されることが既存研究で示唆されている。この論文では、多層階の百貨店を対象に、アイトラッキングデバイスを用いて消費者の動線や購買行動を観察し、非計画購買に影響を与える要因を評価することを目的とした。実験場所として、都心に所在する大型百貨店で実験を行い、Tobii 社のアイトラッキングデバイス [14] を被験者に装着してもらい、自由に 1 時間ショッピングを行ってもらった。参加者は自由にショッピングを行い、その際の視線データと店舗滞在時間が記録された。また、購買目的や好みの店舗、訪店歴などのアンケートデータも収集し、これらの情報をもとに非計画購買の発生要因を分析した。モデル評価には LOOCV (Leave-One-Out Cross-Validation) を採用し [15]、データ分析には、ランダムフォレストを用いた予測モデルが採用され、非計画購買の発生を高い精度で予測することができた。特に、実店舗嗜好や店舗滞在時間が非計画購買に大きな影響を与える要因であることが明らかとなった。具体的には、図 2-6 のように店舗滞在時間が 1500 秒を超えると非計画購買が増加する一方、2000 秒を超えると購買意欲が減少する傾向が確認された。

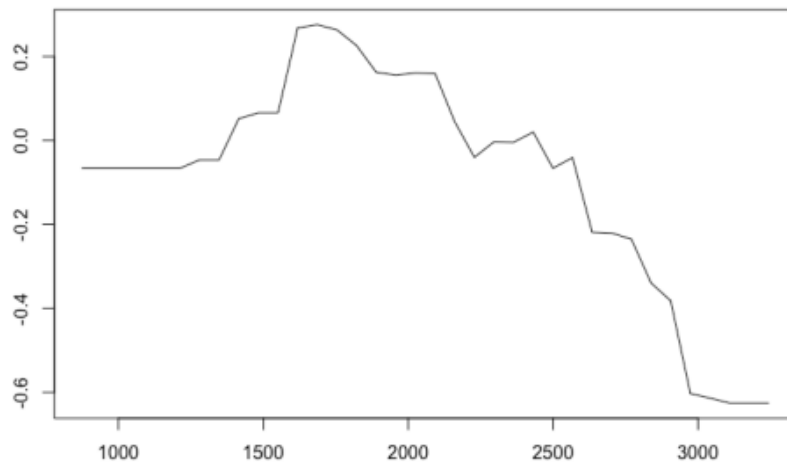


図 2-6: 中島らの研究結果 ([13] より)

横軸：店舗滞在時間 縦軸：非計画購買への影響

この研究の結果から、実店舗への関心が高い消費者ほど非計画購買を行いやすいことが示唆される。また、アイトラッキングデバイスを活用した視線情報の収集が、購買行動の予測や分析において有効であることが実証された。

2.3 VR と興味関心

林らは VR を活用して若者のイベント参加を促す方法について研究した [16]。若者の地域活性化のためのイベントへの参加率の低さに着目し、VR を活用して潜在的な興味を引き出し、イベント参加を促す手法を提案している。まず若者がイベントに参加しない理由を分析し、参加することで得られる便益を考察した。単にイベントを VR で紹介するのではなく、体験させることで興味を引き出せるのではと考えた。現実のイベントに参加しない理由として、時間やお金、労力などのコストがかかってしまう。そこで VR を活用しどんなイベントなのかを体験させることで、心理的なハードルを下げることを目標とした。VR 空間でイベントの準備や広報を仮想的に体験してもらう。例えば、地域の祭りの準備を VR で手伝ったり、模擬店の運営を VR で試した。アフォーダンス理論を応用し VR 内での若者行動を分析した。アフォーダンス理論とは人は環境の中にあるものによって自然に行動が誘発されるという考えで、椅子があれば座りたくなったり、ドアノブがあれば回したくなるといったものだ。この考えを応用し、VR 空間内での若者の行動を観察することで、何に興味があるかを分析した。VR 内で神輿を担ぐアクションを良くする場合、祭りの伝統文化に興味がある。模擬店の売り上げ管理に集中する場合、経営や販売に興味があるのではと仮説を立てた。VR 空間での行動データを NMF 解析で数値化し、どのアクティビティにどれくらい時間を使ったか、どれだけ集中していたかを記録し、このデータを基

にこの人はこのタイプのイベントに興味がありそうではと分析した。結果としてVRを活用することで若者にとって魅力的なイベントは何かを数値的観点から分析することが可能となり、若者の潜在的な興味を引き出し、参加を促すことが可能であることを示した。

成田らは視線追跡型VRHMDを用いた工学実験の訓練システムを開発し、学習効果の向上を目指した[17]。従来の講義形式の授業では集中力を維持しにくいという課題があり、VR技術を活用することで、没入感の向上による学習効果の向上が期待される。特に、工学実験では安全性の確保や作業手順の正確な習得が重要であり、VR技術との親和性が高い。本研究では、視線追跡型VRHMD「FOVE0」、VR開発環境「Unity」、手の動きを認識する「Leap Motion」を組み合わせ、実験手順の習得を支援するシステムを構築した。視線情報を活用し、学習者が適切な箇所を注視しているかを判定し、必要に応じて視線誘導を行う。また、ゲーミフィケーションの要素を導入し、得点の可視化やフィードバックを行うことで学習意欲を高める仕組みを導入した。実験では、電動機の起動手順をVR環境で再現し、視線の記録と操作の正確性を評価した。その結果、学習者が特定のオブジェクトを一定時間注視した際に得点が加算されるなど、視線追跡によるフィードバックが機能することが確認された。

土居らはVRを活用した文化財鑑賞がどのように鑑賞者の興味関心に影響を与えるかを調査することを目的とした[18]。特にシネマチックVR（映画のような映像コンテンツをVR空間内のシアターで鑑賞する方式）に着目し、VR表現の違いが観賞者の注視点や興味に与える影響を分析した。文化財の観光資源化がすすめられているが、伝統的な解説は難解で理解しづらいとされてきた。そこでデジタルアーカイブを活用することで、より分かりやすい鑑賞体験を提供できると考えた。実験方法として国宝「八橋蒔絵螺鈿硯箱」（やつはしまきえらでんすずりばこ）を題材にした3種類のVRコンテンツを制作し、VR空間内のシアターで鑑賞させる。参加者にVR映像の前後で静止画を観察させ、視線計測や興味度の変化を分析。アイトラッキング機能付きHMDを使用して眼球運動を計測し、VR映像鑑賞中の視線運動と瞬目発生頻度、視線停留時間の変化を計測した。瞬きの発生頻度の変化で興味度を測り、興味度が高いとまばたきの回数が減るという理学的知見に基づき、VR映像の前後での瞬目発生頻度で興味の変化を評価した。結果として、VR映像を見た後、まばたきの回数が減り、視線が特定の部分に衆目する傾向が確認された。VR表現（特に「透視」「歩行」などのインタラクティブな演出）が文化財への興味を引き出すのに有効であることが示唆された。

武田らはVR空間におけるアバターが購買意欲に与える影響について研究した[19]。バーチャルショッピングにおける購買意欲に与える影響を明らかにすることを目的とした。バーチャルショッピングでは、商品の3Dモデルを確認できる利点があるが、店員アバターの影響については十分な研究がなされていない。HMDを装着した参加者に対し、

1. テキストと音声による商品説明（テキスト条件）、2. 動画による商品説明（動画条件）、3. アバターが身振り手振りを交えて説明する条件（アバター条件）の3種類を設定し、購買意欲の変化を比較した。その結果、すべての条件で購買意欲の向上が確認されたが、特にアバター条件での上昇率が最も高かった。また、アバター条件では商品の理解度も高まり、説明に対する親しみやすさや実在感が向上した。一方で、個人の興味関心や商品の種類による影響も大きく、購買意欲の変化には個人差があることが示唆された。

2.4 先行研究のまとめ

これまでの研究は視線情報による購買行動の変化や消費行動の分析、見え方による購買意欲の変化などを調べてきた。2.2.1 節では視線情報から商品を推薦することができるユーザも存在するが、商品の位置によっても変化がでるため、本研究ではすべてを平行に置き、見やすくした中での商品選択を行うものとし、注視時間の平均時間によって推薦を行っていたため、本研究ではシステムの利用時間によって興味関心を評価する。2.2.4 から注視時間を1秒以上見ている場合と定義する。2-1 から暗示的な動きのある商品写真が心的イメージを高め、購買意欲や商品への興味を向上させていたことから、本研究では、視線情報からユーザーの気になっているものだけに動的なアニメーションが動くようにし、他のものと差別化できるシステムを提案する。

第3章 仮想現実において，視線情報を用いた商品作動ギミック

3.1 システム概要

本節では本研究で提案する仮想現実において，視線情報を用いた商品作動ギミックの概要について述べる．動的な動きが分かりやすいように本研究では家電製品を3Dモデルとして使用する．ヘッドマウントディスプレイを用いた仮想現実上に家電量販店をイメージしたワールドを作成し，Pupil Neon [20] を Meta Quest3 [21] に取り付け視線情報を読み取り，注目が集まっているオブジェクトのみをアニメーションで動くようにシステムを作成．家電量販店に直接行くのではなく仮想現実上で動的な動きを見ることによる興味の向上や変化を図ることを目的としたシステムである．

図3-1に提案システムの全体図を示す．被験者はヘッドマウントディスプレイを装着し，VR空間上で家電製品を見ることができる．視線情報によってポインターが移動し，図3-2のように視覚的にどこに注目しているのかわかりやすくするために，ポインターから赤色でrayを表示させた．



図 3-1: 家電量販店をイメージしたワールドの様子



図 3-2: ray

またアニメーションの設定として、図 3-3 のように炊飯器は開閉の動作、扇風機は首を振る動作、電子レンジは扉の開閉が行えるようにアニメーションを作成しており、動的な動きを直感的に理解できるようにした。

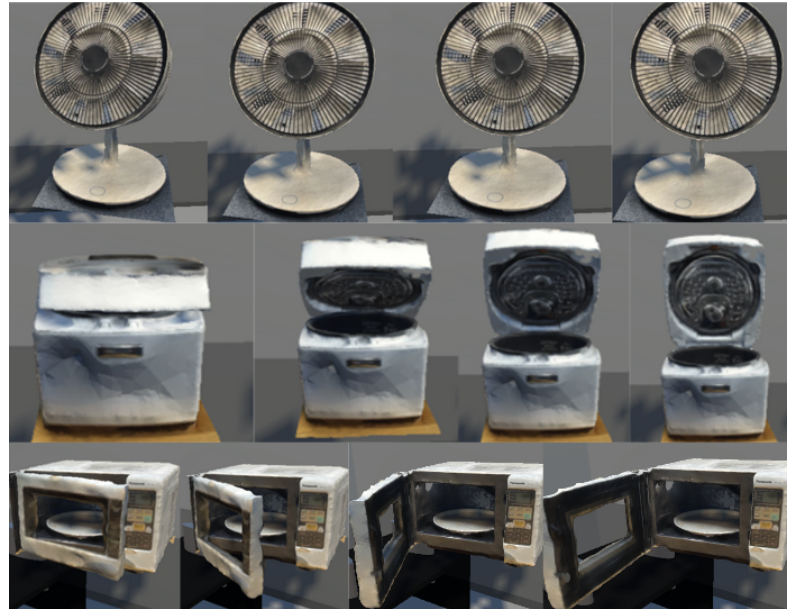


図 3-3: 電化製品の動的な動き

3.2 使用デバイス

本節では、このシステムを構成するデバイスの説明について述べる。

3.2.1 システムに利用した HMD

本研究ではヘッドマウントディスプレイとして Meta 社が製造するバーチャルリアリティヘッドセットの Meta Quest3 を使用する [21]。図 3-4 に Meta Quest3 の外見を示す。Meta Quest3 は単体で動作するためその他の特別な機器が不要である。左右のコントローラーを使い仮想現実上で操作することができる。4K 解像度 + Infinite Display 基本容量 512GB で視野 110°，メモリ 8GB であり、バッテリー駆動時間は連続使用で 2.2 時間のため、本研究におけるシステムを問題なく利用できる仕様となっている。



図 3-4: Meta Quest3 の外見 ([21] より)

本研究では仮想現実内に家電量販店を模した店舗を作成し、3つの家電製品を設置する。リアルな没入感を体験してもらい実際に店舗にいるように体験してもらうように、家電量販店のように白い壁や床を配置し、ガラスのテーブルの上に3Dモデルを設置した。

3.2.2 視線情報を計測するデバイス

本研究では、視線情報の取得のために図 3-5Pupil Labs 社が出す Pupil Neon を使用した [20]。Pupil Neon を利用することで VR 空間に存在する 3D オブジェクトに対してユーザーの視線情報が計測できる。ユーザーの左右の眼下にそれぞれ小型カメラを設置して、ユーザーの眼球運動と VR 空間にある注視点をキャリブレーションすることで、VR 空間においてユーザーの視線情報を取得することができる。

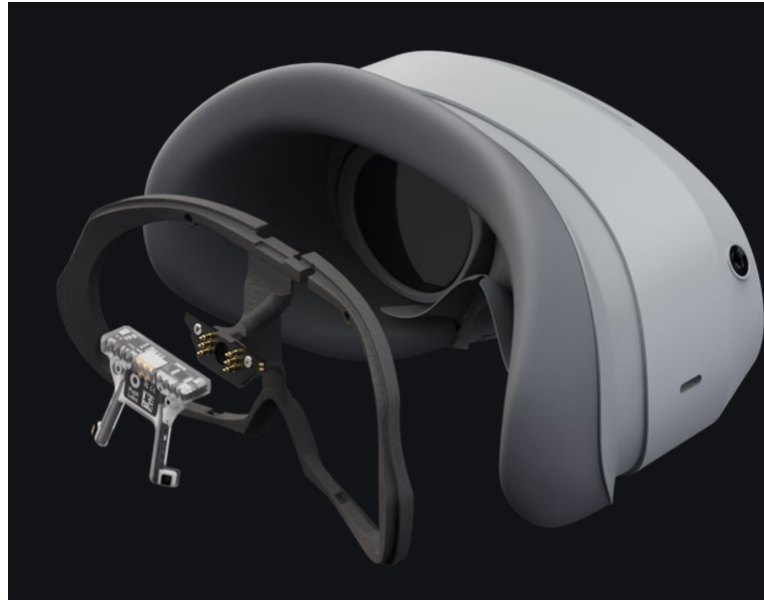


図 3-5: Pupil Neon の外見 ([20] より)

ユーザーの視線方向に ray を飛ばすことで、ray が電化製品に衝突した時に、商品を見たか判定することができる。この視線情報を利用して、ユーザーがどの商品を見たのか、商品は何秒間見ていたのかなどのデータを取得することができる。2-5 より 1 秒以上の視線の停止を注目として VR 上でも判定できると分かっているため、これを使い電化製品に注目（1 秒以上）が集められた時アニメーションが動き出すように設計した。Pupil Neon とスマートフォンを接続し、Pupil Labs 社の Neon Companion を使い、視線がどこを向いているのかの測定と接続を行い、python で動かした。

3.3 動的な 3D モデルの作成方法

本節では 3D モデルの読み取り方法、アニメーションの作成方法について述べる。

3.3.1 3D モデルの読み取り方

3D モデルには、Unity 上の Asset を使うのではなく、現実世界にある電化製品を使うことでより現実世界をイメージできるようにした。現実世界の電化製品を 3D モデルに変更するために Toolbox AI 社が出しているスマートフォン向けアプリケーションの Scaniverse-3D Scanner [22] を使用した。使用したスマートフォンは Apple 社が出している iPhone 14 を使用した [23]。図 3-6 のように現実世界の家電を机の上などに置き、アプリケーションを起動して全方位を読み取ることで 3D モデルを作成した。



図 3-6: 3D モデルの読み取り方

3.3.2 アニメーションの作成方法

アニメーションの作成に非営利団体である Blender 財団が開発している Blender を使用した [24]. Scaniverse で読み込んだ 3D データは obj ファイルを、一度 blender に読み込ませアニメーションを付け glb ファイルに変更し作成を行った. 開閉や首振りを行うアニメーションを作成するため、ボーンは作成せず単純な開閉動作のみを設定し動的な動きを付けた.

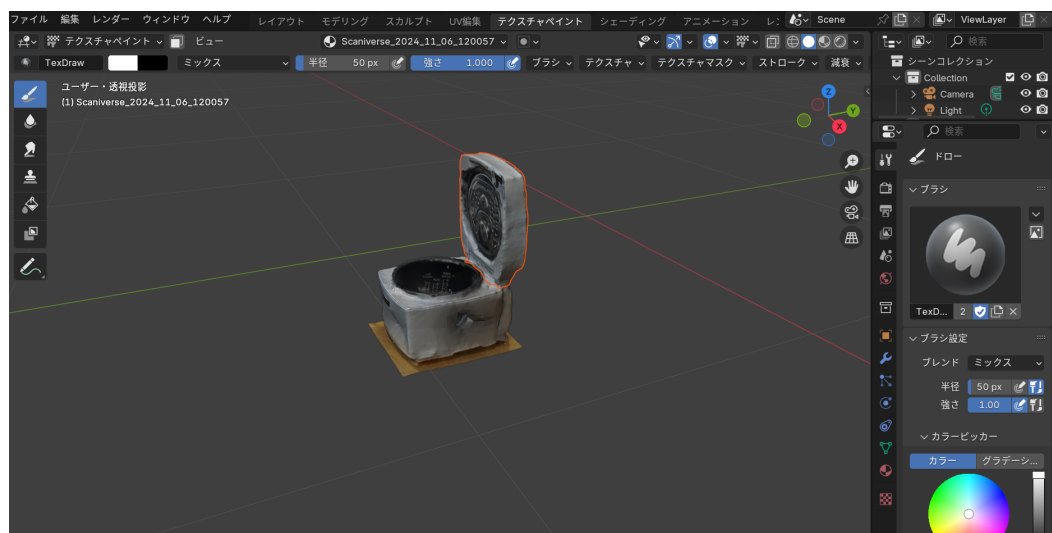


図 3-7: Blender での編集画面

3.4 通信手法及び仮想空間内における表現手法

本節では仮想空間の表現方法とその使用に述べる.

3.4.1 システム開発に利用した開発プラットフォーム

本開発には Unity Technologies が提供する Unity [25] を用いた。Unity は無料で利用可能なゲームエンジンであり、作成したプロジェクトは Android や PC, HMD など様々な環境にビルド可能である。また、様々なユーザーが作成したアセットがアセットストアから利用可能となっており、短期間での開発が可能である。本システムは HMD 上で動作するため、HMD 上のあらゆるセンサ情報を扱えるようにする拡張パッケージ (OpenXR) を導入した。図 3-8 にシステム開発の様子を示す。本システムは 1 人で Meta Quest を装着し椅子または立った状態で仮想現実内の電化製品を見る。

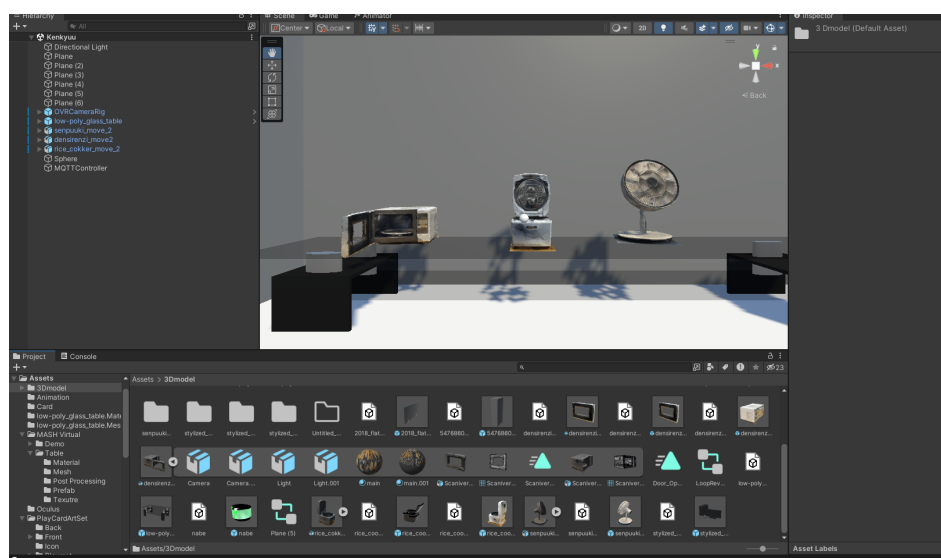


図 3-8: システム開発の様子

3.4.2 視線情報計測

視線情報の計測を実装するため、図 3-9 のように Meta Quest3 と Pupil を接続し仮想空間上 (Unity) で視線情報を読み取り Pupil Neon に情報を送り、データ化された視線情報から注目時間によってアニメーションを再生した。コンソールから api を Pupil Neon に送り、視線情報をコンソールに返して MQTT ブローカーにパブリッシュし、VR に送る。

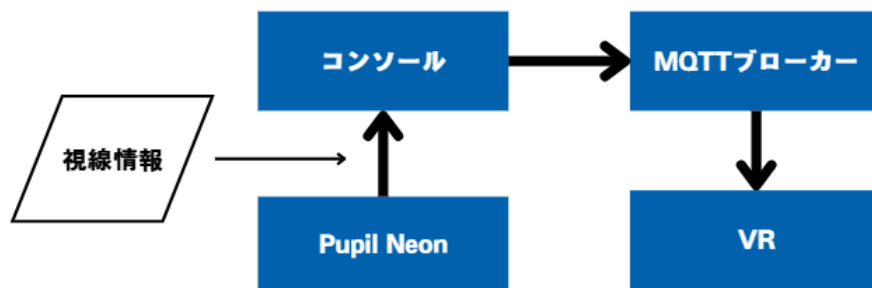


図 3-9: 視線情報計測と共有の仕組みの概要図

3.5 まとめ

本章ではシステム概要, 仮想現実の表現方法, 視線情報の取得方法について述べた. ユーザーがシステムを利用するには特別なコントローラー等は必要とせず, 視線の入力のみで行うことが可能である. また, 読み取ったデータを Unity 上で管理しアニメーションを制御しているため環境に依存せず簡単に利用可能である.

第4章 モデルの動的な動きの有無による興味関心の評価実験

4.1 実験目的

本研究の目的は、本システムを利用する際のシステムの有用性や、ユーザーがどのように感じるかを検証することである。具体的には、ユーザーの興味や嗜好、体験を通じた感じ方がどのように変化するかを分析し、それらの変化に基づいてシステムの有効性を評価する。また、以下の3つのパターンに基づいて比較を行い、各パターンがユーザー体験に与える影響を検証する。静止、モデルが動かない場合常時動作、モデルが常に動いている場合注視動作、視線情報によってモデルが動く場合。これらの比較を通じて、視線情報を活用した動的なインタラクションがユーザーの興味喚起や体験の質に与える効果を明らかにし、システム設計における有用性の評価を行うことを目指す。

4.2 実験環境

被験者 10 人に図 4-1 の Meta Quest3 に Pupil Labs を取り付けたヘッドマウントディスプレイを装着してもらう。



図 4-1: ヘッドマウントディスプレイ

4.3 実験方法

本研究では、3つの異なる VR 環境を用いて、被験者に電化製品（炊飯器、電子レンジ、扇風機）を観察・比較してもらい、それぞれの場合でエンゲージメントに与える影響を評価した。以下に実験の手順を示す。各 VR 環境は以下の3つのパターンで構成される。

- 静止: 3D モデルが動かない静止状態。
- 常時動作: 3D モデルが常に動き続ける状態。
- 注視動作: 被験者の視線情報に基づき、注目している 3D モデルのみが動く状態。

この時各実験参加者には3つのパターンの VR 環境を体験してもらうが、順序効果を排除するために、体験順序をランダムに設定した。被験者には事前に、3パターンの環境で電化製品の観察・比較を行った後にアンケートに回答してもらうことを伝えた。また、それぞれのパターンの具体的な違いには明示せず、観察を自然に行ってもらうように促した。各被験者には3つの VR 環境を順番に体験してもらい、それぞれの環境で電化製品を観察した。観察時間は被験者に委ね、十分に観察したと感じた時点で次の環境に移行するようにした。

4.4 評価方法

4.4.1 エンゲージメント評価

本実験では、各 VR 環境でのユーザーの利用時間をエンゲージメントの定量的な指標として定義した。具体的には、各環境の体験開始から終了までの時間（秒）を計測し、その値を比較することでエンゲージメントの違いを評価した。被験者が各 VR 環境で観察を開始した時点でタイマーを開始し、観察を終了した時点でタイマーを停止することで、利用時間を記録した。各環境での利用時間は被験者が自由に決定できるようにし、無理のない形で自然な観察行動が得られるよう配慮した。記録した利用時間を環境ごとに集計し、平均利用時間や標準偏差を算出した。また、各パターンにおけるエンゲージメントの違いを統計的手法を用いて比較した。定量的な評価に加えて、被験者にはアンケートを通じて主観的な感想や各環境に対する満足度を回答してもらった。これにより、定量的評価と主観的な意見の相関を分析し、視線連動型インタラクション（注視動作）の有効性を検証した。

4.4.2 アンケート評価

本研究では、3つの異なる VR 環境に対する被験者の主観的な評価を収集するため、アンケートを実施した。アンケート評価の目的は、VR 環境の違いが被験者の興味や使用イメージ形成、さらには購買意欲に与える影響を明らかにすることである。特に視線情報によって動く環境（注視動作）が、他の環境（動かない場合、動き続ける場合）と比較して、より高い興味や購買意欲を引き出すかどうかを検証した。アンケートは以下の設問で構成されており、それぞれの質問に対する回答を数値化し、定量的に分析した。

- 設問 1: 興味がわいたか。
- 設問 2: 扇風機が暑さを軽減してくれると感じたか。
- 設問 3: 炊飯器でご飯を炊くイメージができたか。
- 設問 4: 電子レンジでものを温めるイメージができたか

設問 1 は、各 VR 環境がどの程度ユーザーの興味を引いたかを評価する設問。被験者には、VR 環境の動きや視覚的な特徴が興味を引くかどうかを直感的に回答してもらった。設問 2～4 では、モデルの視覚的な表現が、利用場面の具体性にどのように影響を与えるかを検証した。評価方法として設問 1～4 は各設問に対して、被験者には 1～10 の範囲で数値評価を行ってもらった。1: 全くそう思わない 10: 非常にそう思うこの評価方法によ

り、各設問に対する回答を数値化し、VR環境ごとの違いを明確に把握することが可能となった。

4.4.3 システムの使いやすさの評価指標

システムの使いやすさの評価として System Usability Scale (SUS) を用いた [26]。SUS は 10 の質問に対し 5 段階で評価を行う質問票であり、ユーザビリティと学習能力を測定し指標化する。すべての質問の 5 段階評価の結果は 0 から 100 の範囲でスコアリングされる、SUS におけるスコアの基準を表 4-1 に示す。平均点は 68 点となっており、平均点以上が良いシステムと言われる。SUS のアンケート回答者は各項目を 5 段階で評価する。集計方法は奇数の質問の回答スコアから 1 を引き、偶数の質問スコアを 5 から引く。その後、すべてのスコアを合算し 2.5 倍したものが SUS スコアとなる。付録に実際に使用した SUS に関するアンケートフォームを掲載した。

表 4-1: SUS におけるスコアと評価の対応

SUS score	Grade	Adjective Rating
>80.3	A	Excellent
68 - 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 - 68	D	Poor
<51	E	Awful

第5章 実験結果と考察

5.1 エンゲージメント評価考察

本節ではエンゲージメントの評価結果および考察を述べる。表 5-1 に 3 パターンそれぞれの平均利用時間と標準偏差を示す。

表 5-1: 各パターンの平均利用時間と標準偏差

パターン	平均利用時間 (秒)	標準偏差 (秒)	有意差
静止:3D モデルが動かない状態	20.684	9.213	あり
常時動作:3D モデルが常に動き続ける状態	32.518	15.684	あり
注視動作: 視線情報に基づき動作する状態	45.018	12.872	—

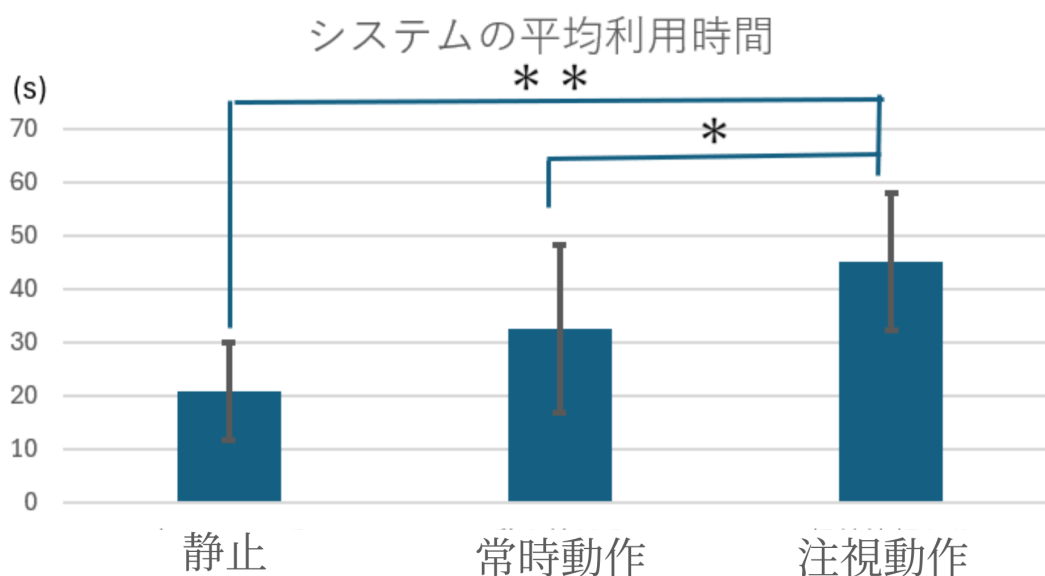


図 5-1: 平均利用時間の有意差

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$

他の項目については有意差なし

図 5-2 から、視線情報に基づき動作する注視動作が最も長い平均利用時間（45.018 秒）を示し、エンゲージメントが他の 2 つのパターンと比較して有意に高いことが分かった。静止状態と注視動作がもっとも有意な差を示し、注視動作の有意性を示しました。さら

に、標準偏差の値から、各パターンにおける観察時間のばらつきを評価しました。静止および注視動作は、比較的安定したばらつきを示した一方で、常時動作は標準偏差が最も大きく（15.684 秒）、被験者による観察時間の個人差が大きいことが示唆されました。

これらの結果は、視線情報を活用する動的なインタラクションがユーザの興味を持続させ、観察行動を促進する効果があることを示しています。視線情報によって動作する注視動作では、被験者が長時間観察を続ける傾向が見られ、インタラクションのパーソナライズ効果が興味を向上させる可能性が示唆されます。

一方、常に動き続ける常時動作では観察時間が静止より長いものの、標準偏差が大きく、被験者間での評価が分かれる結果となりました。これは、動き続ける状態が一部の被験者にとって過剰な刺激や情報過多として認識された可能性を示しています。

常に止まっている静止状態は、他のパターンに比べてエンゲージメントが低く、ユーザが積極的に関与する機会が限られていると考えられます。このことは、動的インタラクションがユーザの興味喚起に与える重要な役割を強調しています。

5.2 アンケート評価および考察

本節ではアンケート評価の結果とその考察を述べる。本研究では、3つの異なる VR 環境（「静止」、「常時動作」、「注視動作」）における被験者の主観的評価をアンケートを通じて収集し、興味関心、使用イメージ形成について定量的に分析した。アンケート結果の数値化に基づく分析の結果、注視動作が他の2つの環境と比較して、被験者の興味、イメージ形成において最も高いスコアを示した。この章では、各設問の詳細な結果を示し、T 検定による有意差の検証とともに、その考察を展開する。

設問 1. 興味がわいたかでは、VR 環境がどの程度ユーザの興味を引いたかを評価した。以下の表 5-2 に示す通り、注視動作は平均スコア 6.7 で、他のパターンと比較して最も高い評価を得た。

表 5-2: 設問 1 における興味関心のスコア比較

パターン	平均値	p 値	有意差	
静止	1.9	$p < 0.01$	あり	
常時動作	5.0	$p < 0.05$	あり	
注視動作	6.7	—	—	—

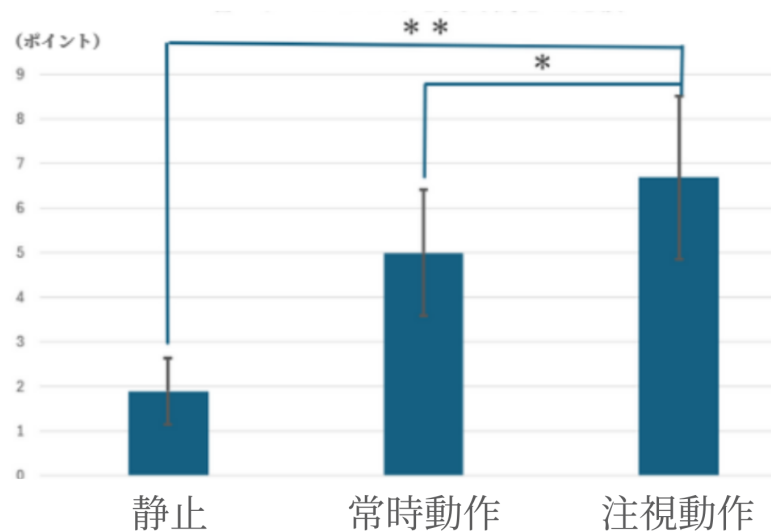


図 5-2: 興味関心の有意差

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

他の項目については有意差なし

T 検定の結果、注視動作は静止と比較して非常に高い有意な差を示した ($p < 0.01$)。また、常時動作と比較したときも ($p < 0.05$) 有意な差があることが明らかとなった。興味関心の差として段階的に静止<常時動作<注視動作の順でスコアが上がり主観的なアンケート評価でも注視動作が有意であることが分かった。

設問 24 ではそれぞれ扇風機、炊飯器、電子レンジの使用イメージ形成を測定した。まず扇風機について表 5-3 に示す。T 検定の結果として図 5-3 のように、注視動作は静止と比較して有意な差が検出されたが、常時動作とは有意差はないと検出された。

表 5-3: 扇風機が暑さを軽減してくれると感じたか

パターン	平均値	p 値	有意差
静止	1.8	$p < 0.01$	あり
常時動作	5.4	$p > 0.05$	なし
注視動作	6.7	—	—

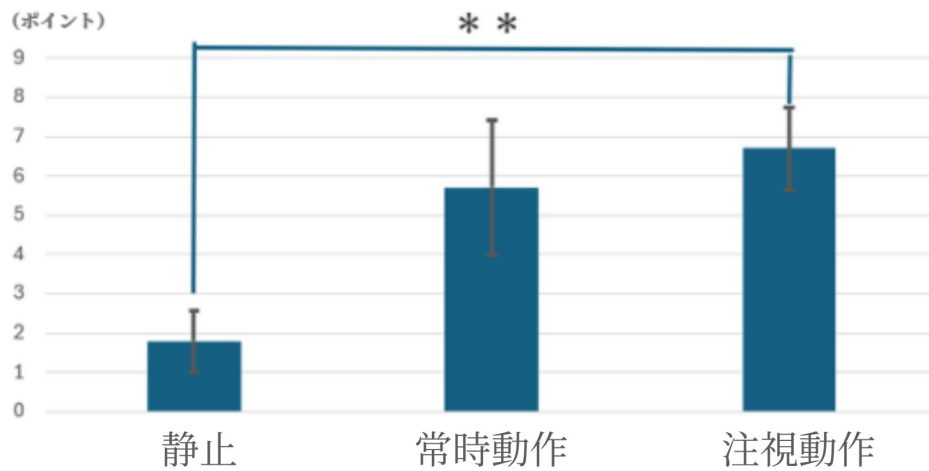


図 5-3: 扇風機の使用イメージの比較

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

他の項目については有意差なし

次に炊飯器について表 5-4 に示す.

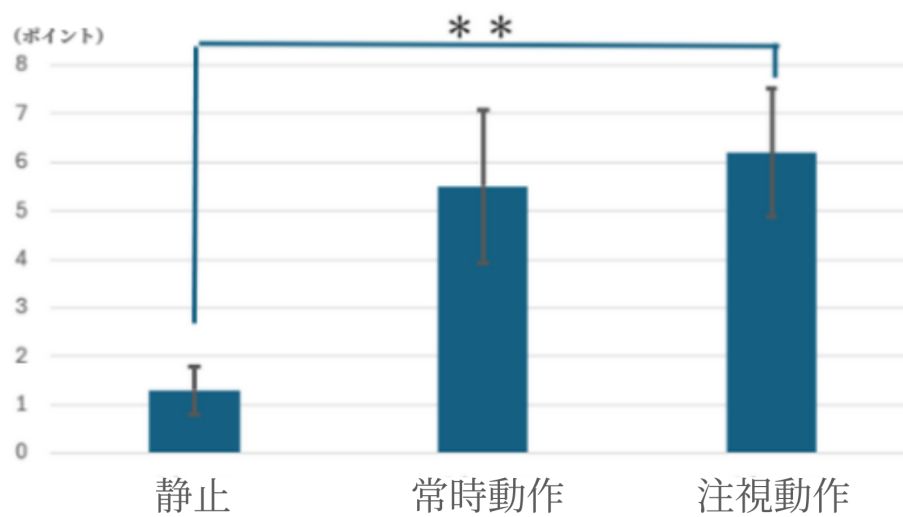


図 5-4: 炊飯器の使用イメージの比較

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

他の項目については有意差なし

T 検定の結果として図 5-4 のように、扇風機と同じように注視動作は静止と比較して有意な差が検出されたが、常時動作とは有意差はないと検出された。最後に電子レンジに

表 5-4: 炊飯器がご飯を炊くイメージができたかどうか

パターン	平均値	p 値	有意差
静止	1.3	$p < 0.01$	あり
常時動作	5.5	$p > 0.05$	なし
注視動作	6.2	—	—

ついて表 5-5 に示す。

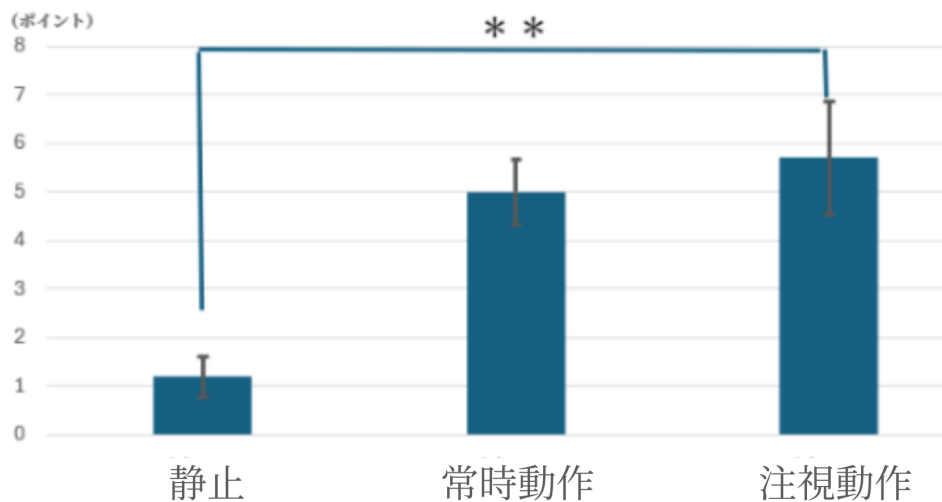


図 5-5: 電子レンジの使用イメージの比較

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

他の項目については有意差なし

T 検定の結果として図 5-5 のように、注視動作は静止と比較して有意な差が検出されたが、常時動作とは有意差はないと検出された。この 3 つの表から静止では動きがないた

表 5-5: 電子レンジでものを温めるイメージができたか

パターン	平均値	p 値	有意差
静止	1.2	$p < 0.01$	あり
常時動作	5.0	$p > 0.05$	なし
注視動作	5.7	—	—

め、視覚的な刺激が不足し、製品の利用イメージが付かず想像しにくい、常時動作と 3 では同じように動きをみることが出来るため、視覚的な刺激の差がないため、有意な差がなかったと考えられる。

5.3 システムの使いやすさの評価結果および考察

本節ではシステムの使いやすさの評価結果およびその考察を述べる。評価指標については4.4.3節で述べた。SUS法に基づいて、10名の被験者にアンケートに回答してもらい、システムの使いやすさを算出した。表5-6におけるSUSスコアの平均値を示す。結果として、SUSスコアの平均値は75.75点であり、SUSスコアの基準値である68点を上回った。このことから、本システムは被験者にとって「使いやすいシステム」であると評価できる。

表 5-6: 本システムの SUS スコア

指標	SUS score
SUS スコア	75.75

SUSスコア全体としては基準を上回る評価を得たが、個別の設問において低い評価が見られた項目も存在する。特に「このシステムを使用するには技術サポートが必要です」や「このシステムは不必要に複雑であると思います」という設問において、一部の被験者が否定的な回答をしており、これが評価のばらつきに影響を与えたと考えられる。低評価の原因としては、システムの機能や操作が複雑に感じられたことが原因と考えられる。特に、視線情報を用いたインタラクションに慣れていないユーザにとっては、意図通りの操作が困難であった可能性がある。これらの課題を解決することで、システムの使いやすさをさらに向上させることができるが、解決策として、より直感的なインタフェースの導入し即時にフィードバックを提供し、精度を向上させることでシステムのユーザビリティをさらに向上できると考えられる。

5.4 まとめ

本章ではシステムを用いた評価実験結果とその考察について述べた。それぞれのパターンでエンゲージメントの評価とアンケート評価を行い比較を行った。常時動作、注視動作のような動的インタラクションがユーザの興味や使用イメージの形成において極めて効果的であることを示した。定量的なエンゲージメント評価では視線情報に基づいて動作する注視動作がもっとも有意性がありユーザの関心を長引かせ引き出す効果があること示された。視線情報を用いることで、ユーザ体験を個別化し、長時間のエンゲージメントを維持できる可能性が示唆された。

第6章 結論と今後の展望

6.1 結論

本研究ではネットショッピングで購入する前に実物を見れるようにするために、仮想現実上で3Dモデルを表示し動的な動きがあることで興味関心が変わるかを提案した。視線情報を活用して、注目しているモデルのみが動くシステムを作成し、動き続ける場合、動かない場合の3パターンでエンゲージメント評価とアンケート評価を行った。エンゲージメント評価では注視動作での平均利用時間が静止状態の2倍近く長く、利用者の興味を最も引いていたと考えられる。アンケート評価では3Dモデルが静止状態と注視動作が非常に有意な差を示し、常時動作とも有意な差を示した。本システムの使用により、現実世界で家電量販店に行く前に仮想現実上で動きのある3Dモデルを先に見ることで興味を掻き立てて、使用するのイメージを想像させることができ、興味を持たせることができると明らかになった。

6.2 今後の展望

システムの改善点として、商品が一方向しか見れず360度見ることができないこと、音などの視覚以外のフィードバックがないため没入感にかけてしまっていること、商品との距離があり近くに寄せられなかったことが挙げられる。システムを考えたとき、家電量販店で商品を持ち上げることはないと考えてしまい、単方向からのアニメーションのみ作成してしまったが、仮想現実という環境を最大限に利用できていなかったと感じる。また、扇風機の音や電子レンジの音などの聴覚的フィードバックも実装することで、より没入感を与えて興味をより掻き立てることができたのではと考えられる。以上にあげられる課題を解決し実装することで、より没入感があり興味関心に影響を与えられるシステムが完成できると考えているため、本システムを発展させていきたい。

謝辞

本研究の機会を与えて下さり，研究面について大変ご丁寧なご指導を賜りました，青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 Guillaume LOPEZ 教授に深く感謝申し上げます。そして，研究会などを通して助言をいただいた LOPEZ 研究室の皆様並びに実験に協力していただいた皆様に深く感謝いたします。

2025 年 1 月 23 日

松田 滉生

参考文献

- [1] 統計局：2022 年 家計消費状況調査 結果の概況.
://www.stat.go.jp/data/joukyou/2022ar/gaikyou/pdf/gk01.pdf.
- [2] NRI メディアフォーラム：第 322 回 NRI メディアフォーラム (2021). <https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/report/cc/mediaforum/2021/forum322.pdf?la=ja-JP&hash=396365B469B39B585BCE5A74CD340308B02D63F2%E2%8C%89>.
- [3] 総務省：平成 27 年 インターネットショッピングの利用状況 (2015).
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc122400.html>.
- [4] 石橋 健関西大学データサイエンス研究センター：調査実験における視線追跡機能付き VR の利用可能性に関する研究 (2018). https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2018t06/0/2018t06_99/_pdf/-char/ja.
- [5] 里村卓也：視線計測による消費者行動の理解. /https://orsj.org/wp-content/corsj/or62-12/or62_12_75.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- [6] 張 テイテイ：ネットショップにおける暗示的動きを表す静止画が消費者行動に与える影響，経営論集 (2023).
- [7] 落合拓朗 藤田智 益子宗星野准一：視線情報に基づいた嗜好分析から商品推薦を行う VR ショッピングシステム，*IPSJ SIG Technical Report*, Vol. 2019-HCI-184, No. 3 (2019).
- [8] 真吾柿沼 育盛川 浩志小宮山：VR 空間内におけるアバタとの視線コミュニケーション，研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC)， Vol. 1 (2018).
- [9] 坂本賢哉 白井詩沙香 武村紀子 Orlosky Jason 長瀧寛之 上田真由美 浦西友樹竹村治雄：視線情報に基づく VR 空間でのマンガ教材読書時の主観的難易度推定，研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC)， Vol. 3 (2021).
- [10] 岩川 亘 宮脇健三郎：視線の重なりと表情変化が及ぼす VR コミュニケーション円滑さへの効果，(第 20 回情報科学技術フォーラム， Vol. 3 (2021)).

- [11] 広典侯：VR環境における視線追跡技術を用いた運転視線評価システムの設計，第86回全国大会講演論文集，Vol. 1 (2024).
- [12] 本田 司（(株) ジオクリエイツ） 三坂 昇司（公益財団法人流通経済研究所） 佐藤 直行（公立はこだて未来大学） 古田久美子，東瑞穂，山本智子，本多倫子（マルハニチロ（株） 中央研究所）：アイトラッキングによる買物客の購買行動分析－VRの売場の実験ツールと分析手法の開発－，*Supplement*, Vol. 59 (2023).
- [13] 中島仁大竹恒平：百貨店におけるアイトラッキングデバイスを用いた購買行動の評価，第86回全国大会講演論文集 437 - 438，Vol. 1 (2024).
- [14] : Tobii pro, Tobii 社, <https://www.tobii.com/ja>. (参照日 2025/1/23).
- [15] Wiki: 交差検証 LOOCV, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%A4%E5%B7%AE%E6%A4%9C%E8%A8%BC>. (参照日 2025/1/23).
- [16] 林真滉 森拓也 原田史子 島川博光：若者のイベント参加を促す潜在興味の顕在化のためのVRによる仕掛け，FIT2020（第19回情報科学技術フォーラム）301 - 302，Vol. 3 (2020).
- [17] 千田和範 成田 陸斗：視線追跡型VRHMDを用いた工学実験用訓練システムの開発，教育システム情報学会第43回全国大会，Vol. 3 (2018).
- [18] 土居巧果，河合隆史，中村直靖，黒田敏康，内山悠一：シネマチックVRにおける文化財の表現手法が興味・関心に及ぼす影響，第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，Vol. 1 (2018).
- [19] 武田 凌（東京工科大学） 楊 尚諺（東京工科大学） 盛川浩志（東京工科大学）：VR空間での店員アバターによる商品説明が購買意欲に与える影響，日本人間工学会第64回大会，Vol. 5 (2023).
- [20] : Pupil Neon. PupilLabs 社 ,
<https://pupil-labs.com/>. (Accessed on 1/8/2025).
- [21] : Meta Quest3. Meta 社 ,
<https://www.meta.com/jp/quest/quest-3/>. (Accessed on 1/8/2024).
- [22] : Scaniverse-3D Scanner. Toolbox AI 社 ,
<https://scaniverse.com/>. (Accessed on 1/8/2024).
- [23] : iPhone14. Apple 社 ,
<https://www.apple.com/jp/iphone-14/specs/>.

- [24] : Blender 財団 ,
<https://www.blender.jp/>.
- [25] : Unity. Unity Technologies. ,
<https://unity.com/ja>. (Accessed on 1/8/2024).
- [26] measuringU: 10 Things to Know About the System Usability Scale (SUS),
<https://measuringu.com/10-things-sus/> (2013). (Accessed on 1/11/2024).

質疑応答

伊藤 雄一 情報テクノロジー学科 教授

Q	平均利用時間はどういうふうに定義していますか？
A	平均利用時間はシステムを利用し始めた時間から被験者が終了でというまでを平均利用時間にしました。

伊藤 雄一 情報テクノロジー学科 教授

Q	動きに引っ張られて、いつ止まるかが気になるため、長くみるのでは？
A	注視時間を1秒以上と定義し、アニメーションは2秒から4秒ほどで終わるので差違はほとんどないと考えています。

伊藤 雄一 情報テクノロジー学科 教授

Q	視線情報を活用した評価指標も検討すると良いと思います
A	今回、視線情報を活用した評価指標を使っていませんでした。今後の研究で反映します。

戸辺 義人 情報テクノロジー学科 教授

Q	目的が大きすぎるのでは？
A	具体的すぎる目的をおいていました。今後の研究では抽象度を増して結論で達成できたかどうか分かるように反映します。

上堀 情報テクノロジー学科 助手

Q	3つの群を比較しているようですが、t検定のp値補正していますか？
A	T検定で比較を行っているのが、注視動作とその他2つのため行っていません。