

# 四季折々の風景を体験可能な 没入型車内観光システムの提案

齊藤義仰<sup>1</sup> 大松諭司<sup>1</sup> 野崎孝輔<sup>1</sup> 新井義和<sup>1</sup>  
羽倉淳<sup>1</sup> 柴田義孝<sup>2</sup>

**概要:** 本研究では、現実空間で撮影した観光地の高精細な 360 度映像を、自動車の位置情報と同期しながら、MR 技術等により車内空間へ投影することで、四季折々の風景を車内で体験できる没入型車内観光システムを提案する。没入型車内観光システムにおいて、要求される 360 度映像の画質を明らかにするため調査実験を行い、最低でも 4K 画質が必要であることがわかった。また、プロトタイプシステムの実装と評価を行い、走行時はある程度映像と現在位置が一致できていることがわかったが、停車時には違和感を抱く実験協力者が多く、再生速度調整機能にさらなる改良が必要なることがわかった。

## A Proposal of an Immersive Tourism System in Vehicle for Seasonal Scenery

YOSHIA SAITO<sup>1</sup> SATOSHI OMATSU<sup>1</sup> KOSUKE NOZAKI<sup>1</sup>  
YOSHIKAZU ARAI<sup>1</sup> JUN HAKURA<sup>1</sup> YOSHITAKA SHIBATA<sup>2</sup>

### 1. はじめに

岩手県は日本の都道府県としては、北海道に次いで 2 番目に広い面積を持っており、車での移動時間が長い。図 1 に、令和元年における岩手県内の観光地へ来訪する際の交通手段について示す[1]。70%以上が自家用車等を利用していることがわかる。観光客は車の中で、退屈な時間を過ごさなくてはならず、車内における観光体験向上が求められる。また、季節変動が観光に及ぼす影響は大きく、地域によって観光客が少なくなる季節が存在する。図 2 に、令和元年における岩手県内市町村の八幡平市と一関市の月別入り込み客数を示す[1]。八幡平市はスキーなどの観光が有名であり、一関市は近辺に世界遺産平泉がある市町村である。八幡平市は雪が多く降る 1 月から 3 月の観光客が多く、それ以外のシーズンの観光客は少ない。一方で、一関市は雪が溶けた 4 月から 11 月の観光客が多いが、雪が降り始める 12 月からは観光客は少ない。観光客が少なくなる季節であっても、観光体験を向上できる仕組みがあれば、観光客を増やせると考えられる。

北国の風景は四季折々で大きく異なり、それぞれの季節の風景が観光客にとって魅力的な観光コンテンツとなり得る。そこで我々は、四季折々の風景を車内で楽しむことができれば、車での長距離移動中やオフシーズン中であっても観光体験を向上できるのではと考えた。本研究では、現

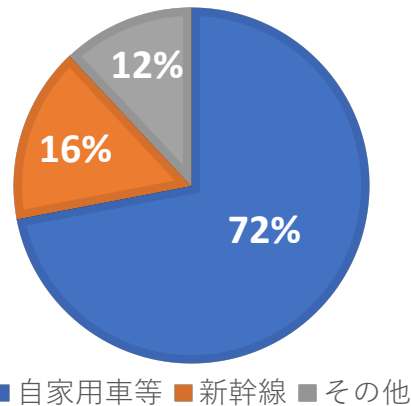


図 1 岩手県内の観光地へ来訪する際の交通手段

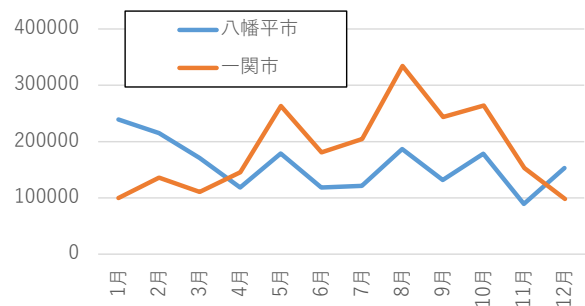


図 2 岩手県八幡平市と一関市の観光客数

<sup>1</sup> 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部  
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

<sup>2</sup> 岩手県立大学 研究・地域連携本部  
Regional Cooperative Research Center, Iwate Prefectural University

実空間で撮影した観光地の高精細な 360 度映像を、自動車の位置情報と同期しながら、MR 技術等により車内空間へ投影することで、四季折々の風景を車内で体験できる没入型車内観光システムを提案する。

本研究の貢献を以下のまとめる。

- 没入型車内観光システムにおいて、要求される 360 度映像の画質を明らかにした。
- プロトタイプシステムの実装と評価を行い、没入型車内観光システムの実現可能性を明らかにした。

本稿の構成を以下に示す。2 章では、提案システムについて述べる。3 章では、没入型車内観光システムにおいて、要求される 360 度映像の画質調査について述べる。4 章では、プロトタイプシステムの実装について述べ、5 章では、没入型車内観光システムの実現可能性に関する初期段階の評価及び結果を述べる。最後に、6 章で本稿をまとめる。

## 2. 提案システム

現実空間で観光地の高精細な 360 度映像を季節毎に撮影し、四季折々の 360 度映像を自動車の位置情報と同期しながら、MR 技術により投影することで観光体験を向上させる没入型車内観光システムを提案する。提案システムを用いることで、観光地において走行中の車内で、360 度動画を再生させることで、実際の外の風景と比較しながら四季折々の風景を楽しむことができる。この時、GPS などの GNSS により現在位置を取得し、360 度映像の再生位置や再生速度を自動調整することで、車から見える実風景と 360 度映像の風景を一致させる。これにより、観光客はオフシーズンであっても見頃の風景を体験することが出来る。提案システムの利用イメージを図 3 に示す。桜が有名な観光地を冬に車で走行すると仮定する。同じ経路を春に撮影した 360 度映像を車内で再生させることで、冬であっても桜の風景を見ることが出来る。このように、提案システムを用いることで、各観光地における見頃の景色をオフシーズンに体験することが可能になる。

提案システムを実現する上で、まず解決すべき課題がいくつかある。1 つ目は、どの程度の 360 度映像の画質で表示すれば、観光客が満足するサービス品質を提供できるか

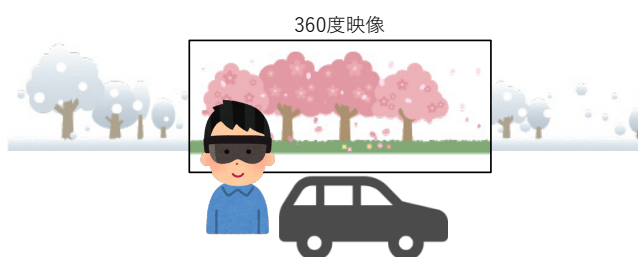


図 3 提案システムの利用イメージ

を調査する必要があるということである。映像の画質に関しては、これまで多くの研究がされてきているが、360 度映像かつ車載カメラにより撮影されたものに関して、どの程度の画質が必要なかは明らかになっていない。いくつかの条件の 360 度映像を用意し、比較評価することで提案システムが提供すべき適切な 360 度映像の画質を調査する必要がある。2 つ目は、観光客に対して違和感のない映像表示を実現できるかを調査する必要があるということである。実風景と 360 度映像の風景を一致させるためには、リアルタイムに自動車の位置情報を取得し、360 度映像の再生速度を調整する必要がある。現在位置と映像内位置を同期させる機能を組み込んだプロトタイプシステムを実装し、評価することで実現可能性を調査する必要がある。

本稿では、提案システムを実現する準備段階として、上記 2 つの課題に関して調査を行う。

## 3. 画質の調査

没入型車内観光システムを実現する上で、どの程度の 360 度映像の画質であれば、ユーザが満足するサービス品質を提供できるかを調査する必要がある。車載の全方位カメラで撮影した 360 度映像は、撮影対象がより早く変化するため、定点および歩行時の 360 度動画における画質評価は参考にならないと考えられる。そこで我々は、岩手県立大学ソフトウェア情報学部の学生 15 名に 360 度映像の画質について調査を行った。

### 3.1 調査方法

代表的な映像の画質調査方法の 1 つとして、ACR (Absolute Category Rating) 法[2]がある。ACR 法では、評価者は 10 秒程度の評価映像を視聴後、続く 10 秒以内に 5 段階品質尺度による評価を行う。5 段階評価は「1:非常に悪い」から「5:非常に良い」までの 5 段階で区分された評点で行う。評価結果は各評点を平均した平均オピニオン評点 (MOS: Mean Opinion Score) [3]で表す。ACR 法における評価の流れについて図 4 にて示す。

しかし、ACR 法の場合、全体の画質は調査できるものの、特定の被写体に注視するという状況下では、視聴者が被写体を探す時間を考慮しておらず、評価手法として問題点があった。これらの問題を解決するために、本調査では、ACR 法を 360 度映像用に改良した M-ACR (Modified Absolute Category Rating) 法[4]という評価方法を用いることにした。M-ACR 法は評価者が評価映像を 10 秒間視聴した後、6 秒のインターバルをはさみ、再度同じ評価映像を 10 秒間視聴する。その後、20 秒以内に評価を行う手法である。M-ACR 法の流れについて図 5 にて示す。ACR 法と比べて M-ACR 法は視聴時間が長く、360 度映像でも視聴者が被写体を探し、評価を行う時間が確保できる。そのため、視聴者

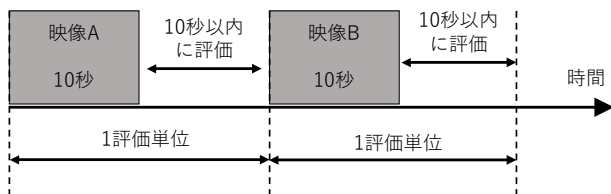


図4 ACR法における評価の流れ

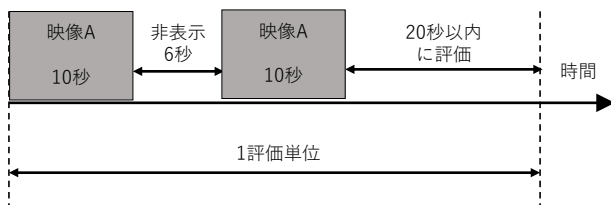


図5 M-ACR法における評価の流れ

は360度映像の画質を正しく評価することが可能である。M-ACR法の手順を図5にて示す。

今回実験で使用する動画は、本調査のため、世界遺産のある岩手県平泉周辺を車で走行し、車載の全方位カメラで4K画質の360度動画を撮影した。撮影には、車両のルーフレールにRICOHの全方位カメラTHETA Vを取り付けて撮影を行った。また、THETA V本体だけで撮影する場合、4K画質の映像は5分までの制限がある。そのため、THETA VとPCを接続し、OBS(Open Broadcaster Software)を使用してPC上に360映像を保存した。

実際に撮影した映像の中から、評価要の10秒間の映像として、条件の異なる動画A~Dを用意した。動画Aは被写体と360度カメラの距離が遠く、大きな橋の上を走行中の映像である。視界が開けており、遠くの風景全体が被写体と設定している。動画Bは建物が多く、町中を走行中の映像である。周囲には家等の建築物がある。動画Cは峠道を走行中の映像である。周囲には、木々と建物がある。また、木々の隙間から家等の建物が見られる映像である。動画Dは被写体と360度カメラの距離が近い木々に囲まれた景色は森の中を走行中に撮影した映像である。周囲には車道の近くに木々が植えられている。動画A~Dのエクイレクタンクラー表示の映像を図6に示す。

次に撮影した4K画質の動画A~Dをそれぞれダウンエンコーディングし、2K画質とFull HD画質の映像を用意した。動画のビットレートは、Full HD画質が約16Mbps(1920x960)、2K画質が約32Mbps(2560x1280)、4K画質が約56Mbps(3840x1920)とし、フレームレートは全て30fpsとした。このように、動画A~Dに対してFull HD画質、2K画質、4K画質の3種類の画質を用意し、評価用映像を合計12種類用意した。

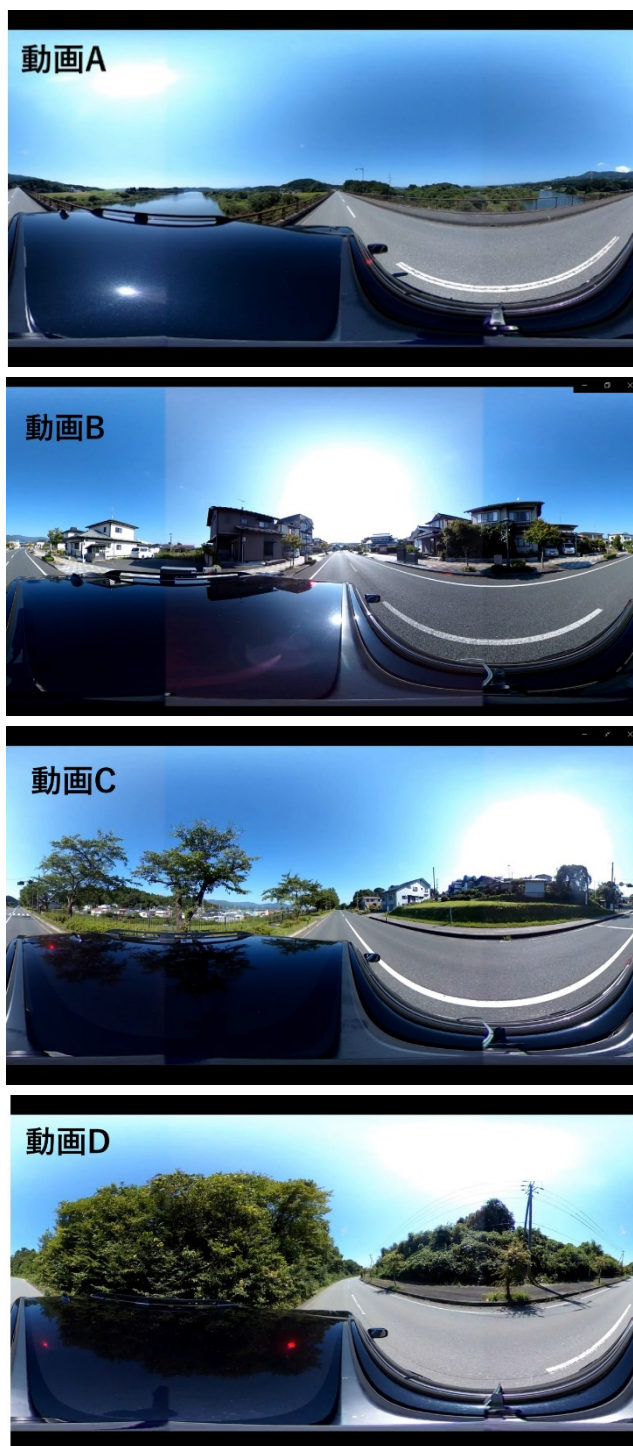


図6 動画A~Dの映像

これらの評価映像を用いて、岩手県立大学の学生15名に360度映像の画質について、M-ACR法を用いた調査を実施した。サイズが21.5インチで解像度1920\*1080のディスプレイを用意し、実験協力者はディスプレイから60cm離れた場所で椅子に背中をつけるように座って調査を行った。調査で使用する動画は、Webブラウザ上の360度動画再生プレーヤーで表示した。

実験協力者には、360度動画再生プレーヤーの使用方法に

慣れしてもらうために、始めに1分間のサンプル映像の画面を実際に操作しながら視聴してもらった。その後、M-ACR法に従って、実験協力者は評価映像を10秒間視聴した後、6秒のインターバルをはさみ、再度同じ評価映像を10秒間視聴後、20秒以内に評価を行ってもらった。この評価を、Full HD画質、2K画質、4K画質の動画A~Dについて、合計12種類の動画に対して行った。また、評価点はその前に視聴した動画の品質に影響を受ける可能性があるため、全12種類の動画を実験協力者毎にランダムに入れ替えて調査を実施した。さらに、視聴する360動画の画質情報及び視聴順序は視聴者に知らせずに実験を行った。

### 3.2 調査結果

実験結果を表1に示す。Full HD画質、2K画質、4K画質のMOSは、それぞれ2.63、2.82、3.45であった。MOS=2.5を許容限と呼び、50%の人が「2：悪い」と画質を評価する値である。Full HD画質と2K画質は許容限を上回っているが近い値であり、それぞれの差はほとんどない。一般的に、MOS $\geq$ 3.5を満足させるようにサービス品質を設計するように求められる。4K画質が限りなく近い値であったが、3.5以上とはならなかった。

4K画質のMOSが3.5以上とならなかった原因を考察するため、動画A~Dそれぞれについて分けてMOSを求めた。その結果を、表2に示す。動画A、Bの4K画質はMOSが3.5を上回っていたが、動画C、Dの4K画質はMOSが3.5を下回っていた。今回の実験でこのような結果となったのは、被写体が360度カメラに遠い場合、画質の粗さが目立ちにくくなったため評価が高くなったと考えられる。また、被写体が近くなった場合、画質の粗さが目立ちやすくなったのも原因だと考えられる。また、動画C、Dの評価値が低くなった要因として、近くに多くの木々が存在したことが挙げられる。木の枝や木の葉等の細かい粒度の対象物が近くに存在すると、より粗さが目立ってしまい点数が低くなったと考えられる。

調査結果をまとめると、没入型車内観光システムにおける360度映像の画質として、Full HD画質と2K画質は不適合であり、4K画質であればある程度ユーザが満足するサービス品質を提供できることがわかった。しかし、8Kなどのより高画質な360度映像が今後求められると考えられる。一方で、8K画質の360度映像はデータ容量が大きく、実装面において録画・再生処理やデータ転送などのコストが大きく、現状では実現可能性が高くない。そこで、プロトタイプシステムでは、4K画質の360度映像を用いることにした。

表1 画質毎のMOS

実験データ	FullHD(MOS)	2K(MOS)	4K(MOS)
実験協力者1	2.75	2.50	3.50
実験協力者2	3.00	3.25	3.25
実験協力者3	3.75	4.00	4.75
実験協力者4	2.75	3.25	4.50
実験協力者5	3.00	2.75	3.75
実験協力者6	1.75	1.50	2.25
実験協力者7	3.00	3.00	3.75
実験協力者8	1.25	1.75	1.75
実験協力者9	3.00	4.00	4.25
実験協力者10	3.00	2.75	3.00
実験協力者11	1.25	1.75	3.00
実験協力者12	3.00	3.00	3.50
実験協力者13	3.50	3.25	3.50
実験協力者14	2.50	3.00	3.25
実験協力者15	2.00	2.50	3.75
全体平均	2.63	2.82	3.45

表2 動画A~DのMOS

種類	FullHD(MOS)	2K(MOS)	4K(MOS)
動画A	2.73	2.93	<b>3.80</b>
動画B	2.87	2.73	<b>3.67</b>
動画C	2.47	2.93	3.47
動画D	2.47	2.67	2.87

## 4. プロトタイプシステム

没入型車内観光システムを実装する上で、車の現在位置と360度動画における車の位置を一致させることが必要である。そこで、GPSから現在位置を取得し、再生位置や再生速度の調節をシステムが自動で調整する「再生速度調整機能」を組み込んだプロトタイプシステムを実装した。今回は初期段階として、MRデバイスは用いず、ノートPC上で実装を行った。

プロトタイプシステムのアーキテクチャを図7、クライアントユーザインタフェースを図8に示す。クライアントはウェブアプリとして開発し、ウェブブラウザ上で実行する。サーバ上には、360度映像のデータと各秒におけるGPSから取得した緯度経度の位置情報データを一組として配置されている。クライアントは起動時にGPSから位置情報を読み取り、現在地と近い360度映像のデータと位置情報データの組をサーバから取得する。その後、現在位置と近い位置から動画再生を開始する。画面には、事前に車のルーフレールに全方位カメラを取り付けて撮影を行った4Kの360度映像を映す。この動画はドラッグ&ドロップの操作により視聴方向を変えることが可能である。表示される360度映像は、図9に示す再生速度調整機能により、現在地の位置情報と一致するように再生速度が調整される。

再生速度調整機能では、現在位置と360度映像上の車の位置を一致させるため、映像の移動距離と実際の移動距離を比較する。映像上の移動距離が、実際の移動距離よりも

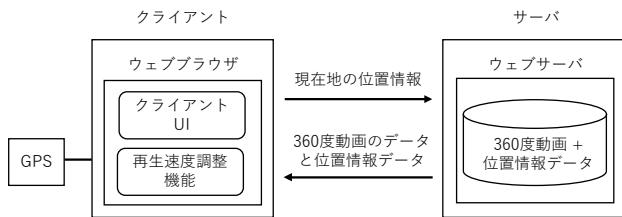


図7 システムアーキテクチャ

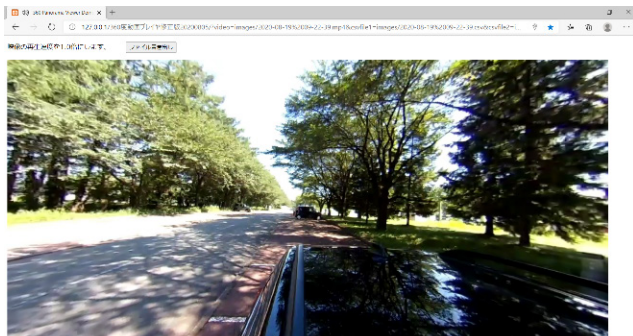


図8 クライアントインターフェース

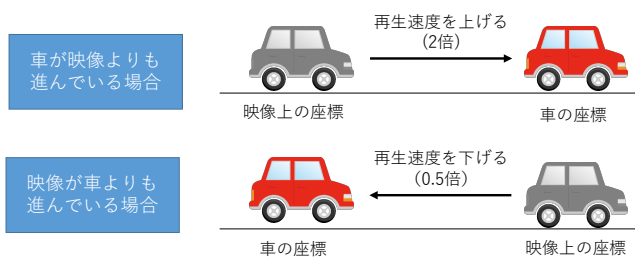


図9 再生速度調整機能

50m 以上大きい場合は、映像の再生速度を 0.5 倍にする。逆に、映像の移動距離が、実際の移動距離よりも 50m 以上小さい場合は、映像の再生速度を 2 倍にすることで位置を調整している。移動距離の算出方法は、進んだ距離を毎秒加算することで算出している。

## 5. 評価

プロトタイプシステムを用いて、違和感のない映像表示を実現できるかを検証するため、評価実験を 5 回実施した。各回 1 人、計 5 人の実験協力者が参加した。実験では、岩手県立大学周辺を 15 分程度車で走行し、実際に車内で実験協力者にシステムを使用してもらった。評価実験の様子を図 10 に示す。走行時と停車時に映像と現在位置の風景を比較してもらい、どの程度一致していると感じるかについて、5 段階評価で調査を行った。回答では、質問に対する同意が高いほど、値が高くなる。実験で使用した 360 度映像は、2020 年 8 月 19 日に撮影したものであり、実験は同年の 12 月中に行ったものである。



図10 評価実験の様子

表3 評価結果

位置がどの程度一致していると感じるか	1人目	2人目	3人目	4人目	5人目	平均
走行時	5	3	3	3	5	3.8
停車時	2	3	2	2	2	2.2

評価結果を表 3 に示す。映像と外の景色の位置が一致しているかについて、走行時と停車時とで平均値がそれぞれ 3.8 と 2.2 になった。また、実験協力者から次のようなコメントがあった。

- 信号待ちの際に、現在位置と映像とで距離が離れてしまうように感じた。
- システム使用者と映像とで視点の高さが異なるため、見え方に違いがあった。
- 再生速度が 0.5 倍と 1.0 倍と 2.0 倍の 3 パターンしか変更されないため、もっと幅広く変更できるようにしてほしい。
- 長い間車内で画面を見ていたので、車酔いした。

評価結果から、実験協力者は現在位置と映像上の位置はある程度一致していると感じているが、停車時に違和感を抱いていることがわかった。例えば、信号待ちや渋滞の時である。例えば、現実では赤信号で停車しているが、映像では青信号で先に進んでいる場合、現在位置と映像の位置が 50m 以上離れて映像の再生速度が 0.5 倍になったとしても、現実で青信号になるまで、現在位置と映像の距離は離れ続けてしまう。停車時に現在位置と映像とで距離が離れてしまう対策として、まず再生速度を幅広く変更できるようにする必要がある。0.5 倍、1.0 倍、2.0 倍の他にもっと幅広く再生速度を変更できるようにすることによって、現在位置と映像との距離が縮まるまでの時間を早くする。そして、現実で車が停車しており実際の走行位置が変化していない場合に、映像の再生も一時的に止めることで、現在

位置と映像間で距離が離れないようにしたり、あまりに離れすぎてしまった場合にはスキップして調節したりする必要がある。また、「システム使用者と映像とで視点の高さが異なるため、見え方に違いがあった」という意見が多かった。遠くの景色を見る分には問題ないが、近くの物体を見るときに視点の高さによって 360 度映像では見られないことがあるということが分かった。さらに、走行中にノート PC の画面を注視し続けたため、車酔いする実験協力者もいた。MR デバイスを用いて 360 度映像を視聴する際にも車酔いが発生しやすいかどうかを検証する必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、没入型車内観光システムを提案し、実現に向けて要求される 360 度動画の画質調査と、プロトタイプシステムの実装および評価を行った。没入型車内観光システムに要求される 360 度動画の画質として、4K 画質であればある程度ユーザが満足するサービス品質を提供できることがわかった。一方で、粒度の細かい対象物が近くに存在する場合は、4K 画質よりも高い画質が求められることもわかった。また、プロトタイプシステムを実装して評価した結果、走行時はある程度映像と現在位置が一致できていることがわかったが、停車時には違和感を抱く実験協力者が多く、再生速度調整機能にさらなる改良が必要なことがわかった。今後は、停車時への対応と、MR デバイスを用いた実装を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 岩手県：令和元年版岩手県観光統計概要について，入手先 <https://www.pref.iwate.jp/sangyoukoyou/kankou/toukei/1020455/1032336.html> (参照 2021-05-10).
- [2] ITU-T Recommendation P.910: Subjective video quality assessment methods for multimedia application (2008).
- [3] ITU-T Recommendation P.810: Methods for subjective determination of transmission quality (2016).
- [4] Ashutosh Singla, Stephan Fremerey, Werner Robitza, Pierre Lebreton, Alexander Raake: Comparison of Subjective Quality Evaluation for HEVC Encoded Omnidirectional Videos at Different Bit-rates for UHD and FHD Resolution, Thematic Workshops of ACM Multimedia 2017, pp. 511–519 (2017).