

現実空間と仮想空間の融合技術による車内空間の快適性検証手法の基礎研究

内田 好徳* 島宗 亮平 水口 昌彦 (JR 東日本)

Basic Study of Amenity Verification Technique of Passengers Compartment by Mixed Reality

Yoshinori UCHIDA, Ryohei SHIMAMUNE, Masahiko MIZUGUCHI (East Japan Railway Company)

It requires huge time and money to verify the usability and comfort because of using the real scale mock-up. Recently, the technology that unites real space with virtual space is going a lot of attention, and mixed Reality (MR) that unites real space with virtual space is used in the automobile industry and the construction industry. Therefore, it was thought that application to the railway's car development was also possible. It is because it also reduced for the development cost and to shorten the development period. In this research, a basic experiment was done.

キーワード：複合現実感，設計，車内快適性検証，3DCAD，ヘッドマウントディスプレイ

Keywords: Mixed Reality(MR), Design, Amenity verification in car, 3DCAD, Head mounted display(HMD)

1 はじめに

これまで、鉄道車両の車内空間・車内設備の快適性を検証するには、実物大のモックアップを製作し評価する手法が採られてきた⁽¹⁾。この手法では多額の費用がかかる上、製作や部分変更に時間を要することが課題となっている。一方、近年では現実空間と仮想空間を融合する技術⁽²⁾が注目され、自動車や建築業界での検討⁽³⁾が進んでいる。この技術は、色彩や形状の変更により比較検討が容易にできるなどの特長を持つことから、効率的な検証ができるものと考えられる。

そこで、モックアップによる評価検証に代わり、より早く、より現物に近いイメージを開発スタッフが共有して設計検討できる方法として、車両開発へ適用することも可能と考え、開発費用の削減や開発期間の短縮を目的とした検討を進めている。本論文では、鉄道車両内の仮想空間を表現するためのデータ作成上の条件整理、視認性や操作性など、快適性検証において基礎的な検討を実施したので報告する。

2 現状の課題

現状の鉄道車両設計に要する流れの例を図1に示す。初めにニーズの把握等の「調査設計」が行なわれ、これをもとに「車両基本構造検討」をし、必要によりパース作成を行い「デザイン基礎検討」の後に「仕様決定」がされる。この後、インテリアやエクステリアの「デザイン検討」、機器の機装スペースといった「細部検討」を図面やデザイン画等を用いて行う。次に、お客さまや乗務員等の操作性や視認性、検査員のメンテナンスの作業性、デザインや形状等の評価、機器の干渉や製作に向けた実現可能性の可否等を考慮した「詳細検討」が行なわれる。詳細検討の後半になると量産先行車の「製造」が始まり、製造過程において

も評価検討を行ないながら、最終的に車両における検証や評価が行なわれる。

車両完成後の出戻りや手直しを避けるために、デザイン検討、細部検討および詳細検討の過程で、必要によりモックアップを用いた評価検討が行なわれる。この場合、検討結果を反映させるためにモックアップを改良し、後日改めて評価検討を行なうことになり、これが繰り返されると時間を要するだけでなく、費用も掛かる。また、メンテナンスや機器配置等の制約から、製作後の変更が制限されてしまうといったデメリットも起こり得る。

3 新たな技術の活用

(3.1) システムの構成

車両設計時のモックアップに代わる評価手法として着目したのが、図2に示す複合現実感 (Mixed Reality: 以下、MR) と呼ばれる現実空間と仮想空間を融合する技術である。MRは、図3に示すようにヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD) に搭載したカメラで撮影した現実の映像と、仮想物体の大きさや位置関係をMR上でダイレクトかつリア

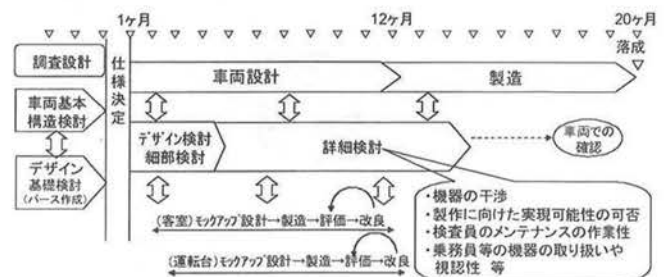


図1 鉄道車両設計の流れの例

ルタイムに比較することができ、空間における位置や姿勢が把握しやすく、臨場感ある感覚で検証が行える点が最大の特徴⁽²⁾である。

この特徴を活かすことで、モックアップに代わる評価検討手段になると考える。また、車内の快適性検証において、腰掛の間隔や車内設備配置など空間的な検証を行なう場合、快適性は人の感性に依存するところが大きく、その検証には主観的・直感的な評価が必要となる点でも MR による検証が有効であるとする。

(3.2) MRシステム用データ作成の流れ

MR システムではいくつかの 3Dデータに対応したものがあ、そのうち今回は VRML 形式が利用可能なものを使用した。MR システムに表示させるためのデータ作成の流れを図 4 に示す。

(3.3) 鉄道車両データの作成

本研究では、在来線特急電車普通車の車内データ (図 5) を使用し、3DCAD は、CATIA V5 を用いた。車内空間の構成要素は、照明、腰掛、荷棚、床面、側面および車内表示器類とした。また、データは MR システムでの動作比較ができるように、ファイルの大きさや出力精度の異なる 3 つのデータを用いることとした。



図 2 VR と MR のイメージ

4 MRの車両設計適用に向けた検証

MR の車両設計への適用性を調べるため、データの変更により照明や腰掛の色、腰掛の形状および腰掛間隔を変更した場合の MR システムでの検証を行った。

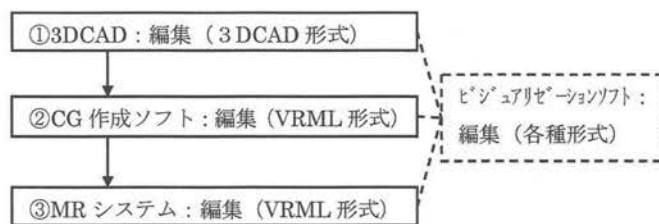


図 4 MR 用データ作成の流れ

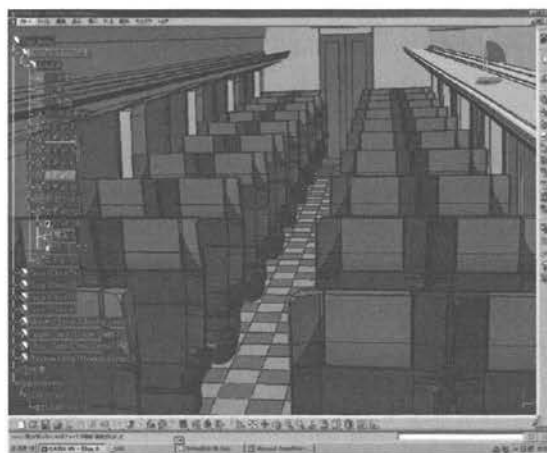


図 5 在来線特急電車車内データ

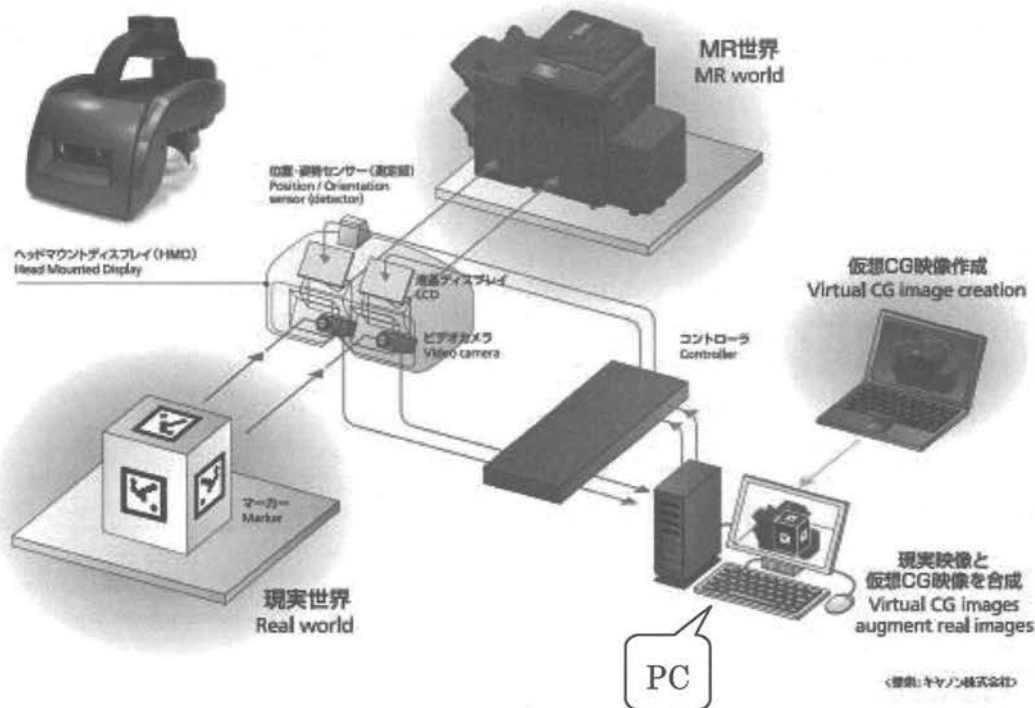


図 3 MR システム構成図

(4.1) 照明を追加した場合の検証

車内の照明位置にオレンジとブルーの簡易的な発光体モデルを置き、車内空間の現実感の違いを検証した。色の設定変更は MR システム (図 4 の③) で行なった。

オレンジの発光体では、昼光色に近く現実感が増す傾向であり、ブルーの発光体では現実感は低くなる傾向であった。発光体がない場合は、照明の情報がないため、現実感に欠ける傾向となった。

この結果から発光体を付加した方が現実感が増すが、実際の車内は間接照明であり、光の反射や影などを表現する必要がある。しかし、今回の MR システムでは簡易的に発光体を追加するに留まっており、より現実感の高い間接照明を表現するには別にビジュアライゼーションソフトによる編集が必要となる (図 4)。

(4.2) 腰掛の色を変えた場合の検証

腰掛の背もたれ部分の色を変えた場合の現実感の違いを検証した。色の設定変更は MR システム (図 4 の③) で行なった。色を変更することにより現実感を保ちつつイメージを掴むことが出来るため、車内空間の色彩の比較評価に MR は適していることがわかった。また、腰掛の色を図 4 の①～③のどの段階で変更するのが望ましいか検討したところ、現状の PC の能力による制限を考慮すると①の段階で変更することが効果的であることがわかった。

(4.3) 腰掛の形状の違いによる検証

腰掛の形状を変更した場合、3DCAD で作成した腰掛形状および出力精度の違いを MR システム (図 4 の③) で表示した際の腰掛の丸みなどの現実感、データ粗さ、映像遅延について被験者の感じ方を比較した。この結果を表 1 に示す。出力精度は、3次元の曲面を直線の集合体として表すときの変換誤差の最大値のことで、数値が小さいほど曲面に近い状態となる。Case1 の場合、腰掛の形状が角張って見え、やや現実感に欠ける評価であった。Case2 の場合、腰掛の丸みを強調するように 3DCAD 作成の腰掛形状を変更したところ、出力精度を低くしてもより現実感が増す評価であった。通常出力精度を低くするとポリゴン数は小さくなるが、腰掛の丸みによるデータ量増大のため、結果的にポリゴン数は増大した。Case3 の場合は、精度が低くなり理論的には形状が粗く表示されるが、現実感 Case2 の場合と同等であった。表示内容の例として Case1 および 3

表 1 腰掛形状および出力精度の違いによる比較

	Case1	Case2	Case3
出力精度	0.05	0.1	0.5
腰掛丸み付け	無	有	有
ポリゴン数	2,812,788	4,500,928	2,286,936
ノード数	85	85	85
ファイルサイズ	62.9MB	55.9MB	49.2MB
評価	現実感	△	○
	データ粗さ	○	○
	映像遅延	○	○
	総合評価	△	○

○：良い △：普通

を図 6 に示す。

通常 3DCAD で作成した形状内に曲面が多いと、出力精度が低くても、ポリゴン数が大きくなり映像の遅延につながる可能性があるが、今回はそのような事象は見られなかった。従って、MR システムで快適に動作するポリゴン数を把握した上でデータ作成や出力精度を設定する必要がある。

(4.4) 腰掛間隔の検証

腰掛間隔の狭いデータと広いデータを MR システムで見比べ、腰掛間隔の違いが体感できるか検証した。腰掛間隔の狭い方 (従来の間隔) は 1020mm、広い方は 1105mm とした。表示された映像を図 7 に示す。HMD を装着して間隔の広い方と狭い方の両方で座ってみたところ、間隔の違いを認識することが出来た。また、腰掛間隔の検証には干渉チェック機能を併用した。干渉チェック機能は、手に付けたターゲットと呼ばれるセンサ (図 8) を空間に置き、HMD にある位置センサで検知しながら、ターゲットが CG の物体と衝突した場合に音や光で知らせるものである。この機能を利用すると腰掛に座った場合、前の腰掛に手を伸ばして干渉が起きるかを確認することができる (図 9)。さらに、MR のゲームパッド機能を用いて腰掛のスライドや回転の機能も車両設計に有効であることがわかった (図 10)。一方、実際に座っている位置とモデルの腰掛位置が合っているかわかり難いこともわかった。これは、被験者の体が HMD に表示されないため、自分の位置が把握できないことが要因と考えられる。



(a) Case1 (出力精度 0.05)



(b) Case3 (出力精度 0.5)

図 6 腰掛形状および出力精度の違いによる比較例



図 7 腰掛間隔の違う映像 (左:1020mm, 右:1105mm)

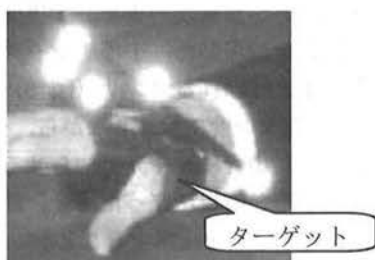


図 8 手にターゲットを装着した状態

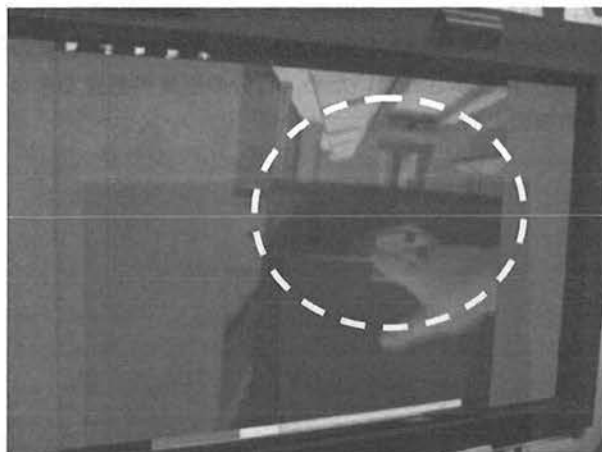


図 9 ターゲットを使った干渉チェックの状況
(ターゲットが CG の腰掛表面に接触し反応した様子)

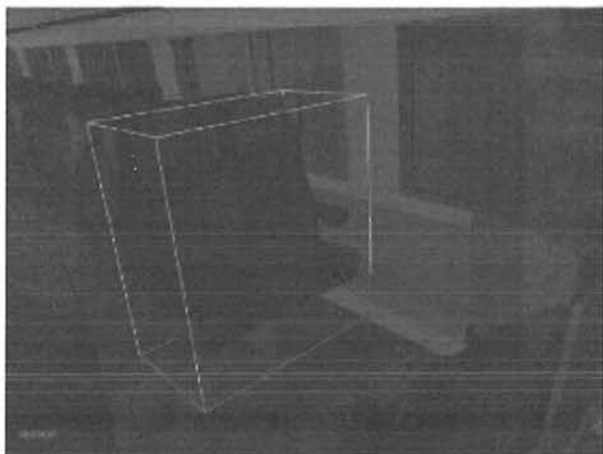


図 10 腰掛を 1 脚 180° 回転した映像 (四角い部分)

(4.5) MRで検証できない対象

実際に腰掛に座った場合や通路を歩いた場合の車内の質感を MR で感じる事が出来るかを検証した。しかし、人体と腰掛表面が実際に接触する場合の触感や車内歩行時に視覚を通じて感じる質感を評価することは難しく、今後、触感や質感を視覚に訴える技術を調査する必要がある (図 4)。

5 まとめ

鉄道車両内の仮想空間を表現するための条件整理や、視認性や操作性を含めた評価について検討を行なった結果、以下の知見を得た。

- (1) 鉄道車両内の要素を部分変更する際は、予め変更する箇所を決め、個別に 3DCAD でデータを作成し VRML 出力することで、効率的に作業できることがわかった。しかし、データ量が多くなると、部分変更が難しくなるため、PC の能力を考慮したデータ作成が必要となる。
- (2) MR による評価可能性について検討を行ない、照明や腰掛の色を変更することにより、車内空間の現実感の違いを表現することができた。
- (3) 3DCAD で作成した腰掛形状の違いや出力精度の違いによる表示内容を評価した結果、出力精度を適切に低くした場合には現実感の違いはほとんど見られなかった。
- (4) ターゲットを用いると、周囲との調和や腰掛の間隔の評価を行うことが可能であることがわかった。
- (5) MR で視覚による触感表現や腰掛の質感を評価することは難しく、現実感を高めるには今後、触感や質感を視覚に訴える技術を調査する必要がある。

6 おわりに

今後は、実際の車両に仮想空間を融合させ、被験者試験などを行い、設計支援ツールとしての適用可能性について検討を進める。

謝辞

最後に、本研究を進めるに当たり多大なご協力をいただいたキヤノン(株)およびキヤノン IT ソリューションズ(株)に厚く御礼を申し上げます。

文 献

- (1) 例えば、南井健治：近畿車輛における車両デザインの研究、鉄道車両と技術、Vol. 15, No. 1, pp10-16, 2009. 1
- (2) 向井利光：MR (Mixed Reality) とは、画像ラボ、Vol. 18, No. 11, pp37-41, 2007. 11
- (3) 大島登志一ら：実態触知機能を重視した複合現実感システム：自動車インテリアデザイン検証への応用、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol. 9, No. 1, pp79-88, 2004. 3