

## MR を用いた車両設計支援ツールとしての適用可能性に関する研究

○内田 好徳 [機] 島宗 亮平 水口 昌彦 小嶋 元寧 (JR 東日本)

## Research on the application possibility as a vehicles design supportive tool using MR

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

Design verification of a railway's car has mainly been performed using a mock-up, but it required expense for manufacture and verification has taken time to it. Basic examination of whether to be able to perform more efficient design verification until now using Mixed Reality(MR) has been performed. In this report, evaluation for applying to an indoor design verification, verification of the underfloor device placement of the crew's cabin and a floor, etc. among what is being verified with the mock-up and the purse was performed, and a possibility of having turned to the application as a railway's car design supportive tool was verified.

キーワード：複合現実感、鉄道車両設計、3DCAD、ヘッドマウントディスプレイ

Keywords: Mixed Reality(MR), Railway's car design, 3DCAD, Head mounted display(HMD)

## 1 はじめに

これまで、鉄道車両の設計における評価・検証等は、実物大モックアップを製作し評価する手法が採られてきた。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 MR (Mixed Reality) が注目され、色彩や形状の変更が容易にできるなどの特長を持つことから、モックアップに代わり、MR が鉄道車両設計支援ツールとしてどの程度適用できるかの検討を進めている<sup>(1)</sup>。

本報告では、モックアップで行なっている検証項目の中で 5 つの事例について、MR の適用可能性を把握するため被験者による評価試験を実施した。その結果を報告する。

## 2 MRの鉄道車両設計への適用

## 2.1 MRについて

MR は、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 3 次元 CAD (以下、3DCAD) で作成した仮想モデルを融合する技術である。現実空間に映写される仮想物体の大きさや位置関係をリアルタイムに HMD を見ながら把握することができ、VR (Virtual Reality) と比べて高い臨場感を得られる点が MR の特徴である。

## 2.2 他分野でのMR適用例

MR が実際の設計場面へ適用されている例として、建設機械設計<sup>(2)</sup>やマンションモデルルーム<sup>(3)</sup>への活用が報告されている。また、自動車分野では、カラーバリエーションやオプションパーツの外観デザイン、運転席からの視界やハンドル周りの操作性の評価に適用されている。

## 2.3 鉄道車両設計プロセスへのMR適用

現在、鉄道車両は、2 次元 CAD による設計が一般的だが、視認性検証や部品装置の干渉確認を目的として 3DCAD による設計が一部行なわれ始めている。3DCAD での設計は、自動車業界では一般的で、そのデータを用いて MR に使われ始めている。今後、干渉チェックや現物のイメージの把握だけでなく、設計・製造・解析で全て同じデータが使用できることを考えると、鉄道での 3DCAD 化の流れが進み、このデータを用いて MR での検証も容易になると考えている。

図 1 に現在の車両設計プロセスの流れを例示する。この中にモックアップやパース画で検証している内容について、MR の適用が可能とみられる 5 つの事例を記載した。

## 3 MRの車両設計支援ツールの適用に向けた試験

ここで試験対象は、次のように選定した。乗務員の操作性や視認性の検証に比較的モックアップを用いる乗務員室、パース等でエクステリアデザインの検討を行なう車両外観、モックアップで利用者の動線やデザイン等を検討することがある大型洋式便所、検修社員のメンテナンス作業を想定した

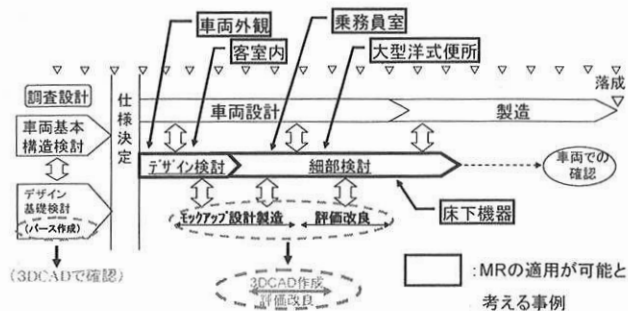


図 1 車両設計プロセスの例

床下機器およびモックアップにより機器配置やデザインを検討することがある客室内の 5 つである。

### 3.1 乗務員室

#### (1) 試験内容

HMD の映像と現実の映像の見え方の違い、前方の視界確認にモックアップの代替として使えるか、室内の空間把握にどの程度有効か、室内機器配置の確認にどの程度適用できるかなどを調査した。

モデルの提示は、まず、乗務員室と同じ高さのイスを用意し、そのイスと 3DCAD データの腰掛高さを一致させ、イスに座って HMD で映像を見た際、運転席に座ったのと同様の条件で見えることとした (図 2)。次に、現実と 3DCAD データの床面を一致させ、HMD を見ながら歩くことによって乗務員室内で歩きながら見えることとした。

被験者は、乗務員経験者および車両設計経験者の計 56 名とした。

#### (2) 試験結果および考察

図 3 に示すように、側窓や計器類、乗務員室出入り扉の位置の把握は、6 割以上の人が「かなりできる」以上の評価であり、計器類の配置確認の把握は、約 6 割の人が「かなりできる」以上の評価であった。また、停止位置目標等の視界確認を行なうのに、モックアップの代替となることについては、9 割弱の人が「かなりできる」以上の評価となり、実用レベルにあると考える。

一方、乗務員室内の移動が円滑に行なえるかどうかの評価では、「少し使える」という評価が最も多くなった。これは、

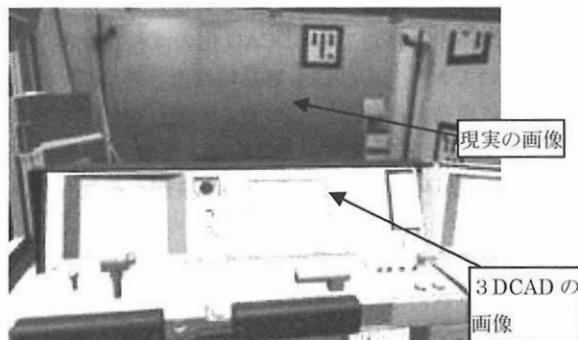


図 2 乗務員室のモデル

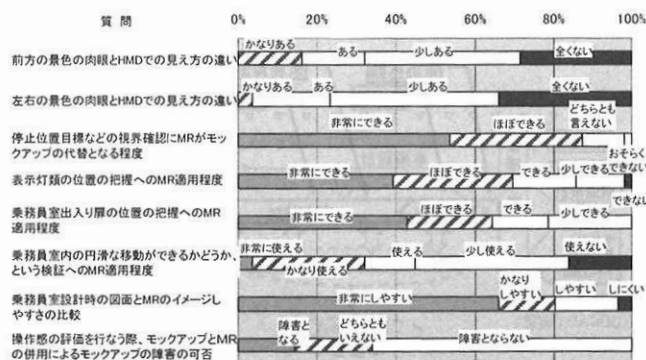


図 3 乗務員室の評価結果

乗務員室内の移動は行なえるが、実際の乗務員室内床面は段差があり、今回の試験ではその段差が体感できないため違和感があること、また HMD の映像に被験者の足が写らないため、実際の床面と接触が感じられないことが要因と考える。今後、階段や段差などの表現に MR を適用する際には、板等を用いて物理的に段差を表現する工夫が必要と考える。

また、9 割以上の人が、図面よりも MR の方が乗務員室のイメージがしやすいという回答であったが、左右や前方の肉眼と HMD の見え方の違いについては、2/3 以上の人が違いがあると回答していた。これは、映像に質感が感じられないこと、HMD のレンズと HMD を見ている人の眼球の間隔の長短によってモデルに奥行き感が感じられないこと、HMD 自体の視野角が人の視野角よりも狭いことから、見え方に違いが生じると考える。

最後に、触感や操作感の評価は、バーチャルな映像の MR では不可能である。そこで、操作感を評価するために、「モックアップ等の併用が障害となるか否か」について質問した。その結果、約 2/3 の人が「障害にならない」と回答した。今後、単純な板や実物のスイッチ等の簡易なモックアップとの併用を含めて評価することが有効と考える。

### 3.2 車両外観

#### (1) 試験内容

パースの代替として適用できるかを調査した。

モデルの提示は、現実の床面と 3DCAD データのレール高さを一致させ、レール面から車両外観を見るようにした。初めに車両前面を見た後、前面と側面を同時に見えることとし

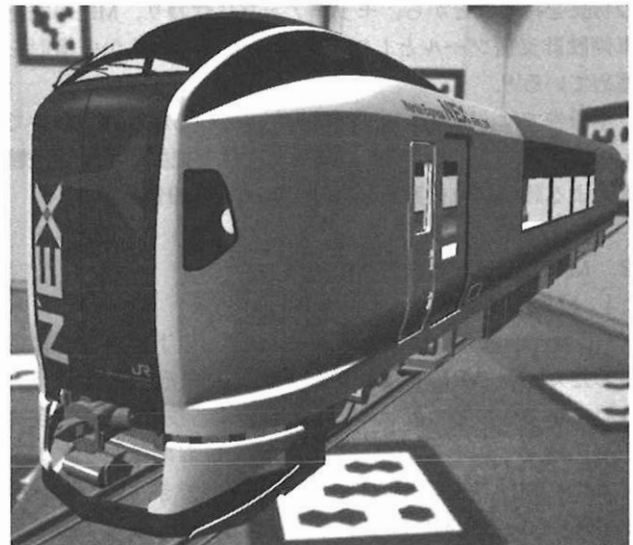


図 4 車両外観のモデル



図 5 車両外観の評価結果

た (図 4)。

被験者は、車両設計経験者 18 名とした。

## (2) 試験結果および考察

図 5 に示すように、車両形状の把握、ロゴマーク等のバランス検証、エクステリアデザイン決定の判断材料への寄与度のいずれも、8 割以上が適用できるとの結果となった。

なお、モデル全体が把握しにくいといった意見があった。これは、試験の設定上、モデルが実物大で被験者に近すぎたこと、モデルを表示させた室内空間に対してモデルの占める割合が大きかったため、モデル全体が見渡せなかったことが要因と考える。

## 3.3 大型洋式便所

### (1) 試験内容

便所内空間の広さの認識、デザイン検証への適用程度などを調査した。

モデルの提示は、実際の床面と 3DCAD データの床面高さを一致させ、実車の色を使ったモデルと大型洋式便所内の側面が実車より明るい色のモデルの 2 つを表示することとした (図 6)。

被験者は、車両設計経験者 18 名とした。

### (2) 試験結果および考察

図 7 に示すように、大型洋式便所内の空間の広さの把握については、8 割強の人が把握できるとの回答であった。しかし、実際の大型洋式便所と HMD で見るモデルとは「見え方が異なる」という回答があった。これは、モデルの質感に欠けることによりモデルが近く見えること、HMD に自らの足が写っていないため 3DCAD の床面高さに接地しているという感覚が掴めず、被験者が自分の位置を把握できていないことが影響していると考えられる。また、便所内の色変更によるデザインの違いの把握の程度、約 9 割の人が把握できるとの回答であっ

た。一方、日射や光の影響等、質感が不足しているという意見があった。質感を向上させるには、市販のソフトを用いて高めることが可能である。ただし、評価の内容によって質感の程度を考慮する必要がある。

今回の試験では実施しなかったが、便所内の車いすの動きを確認することは、重要な項目である。板等による物理的制約を設けて検証し、実際の動きを確認できるようにする必要がある。

## 3.4 床下機器

### (1) 試験内容

床下機器箱の点検フタが開いた状態を含めた機器配置の把握の程度、機器同士の干渉確認への適用程度などを調査した。

モデルの提示は、検査作業を考慮した高さに設定し、車両の外側から機器配置全体を見た後、床下に入って機器間を見歩くこととした (図 8)。

被験者は、車両設計経験者 18 名とした。

### (2) 試験結果および考察

図 9 に示すように、床下機器同士の間隔や機器配置については、全被験者が把握できるとの評価であったが、メンテナンス時の作業姿勢確認の有効性については、約 30%の人が、「有効でない」という回答であった。この理由として考えられるのは、今回のモデルでは、機器の点検フタが開閉するという動きが無いこと、HMD により両手がふさがっていること、画像のみで人体と床下空間との動きを制約するものがなかったことがあげられる。

今後、市販ソフトの活用による点検フタ開閉、HMD のハンズフリー化、板等の活用による物理的制約の設定により、作業姿勢の確認がしやすくなると考える。

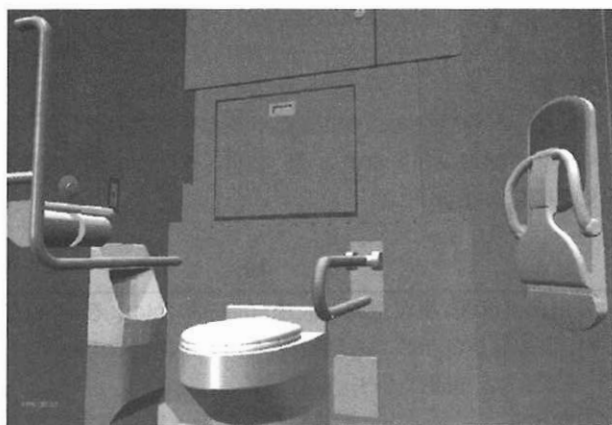


図 6 大型洋式便所のモデル

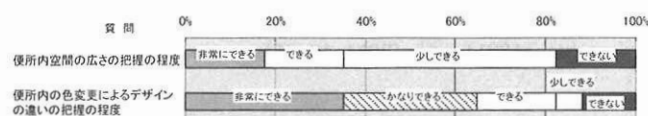


図 7 大型洋式便所の評価結果



図 8 床下機器のモデル



図 9 床下機器の評価結果

### 3.5 客室内

#### (1) 試験内容

客室内で実際の客室と 3DCAD データの客室を融合させて、映像を見た場合のリアリティの有無、客室内の機器の位置や色といった条件変更によるイメージの違い等を調査した。

モデルの提示は、車内を模擬した客室床面と 3DCAD データの床面高さを一致させ、室内全体を見回すことが可能なようにした (図 10)。

被験者は、一般鉄道利用者 83 人とした。

#### (2) 試験結果および考察

図 11 に示すように、客室モデルを HMD で見た際のリアリティについて、ほとんどの人がリアリティがあるとの回答であった。しかしながら、一部 3DCAD の質感が感じられないというコメントがあったが、市販のソフトを活用し質感を高めることにより、リアリティが高められると考える。

### 3.6 共通

#### (1) 試験内容

3.1~3.5 を通じて HMD の操作性、色を認識する機能 (今回は手の色を認識させた) の有効性および MR に共通する項目について調査した。



図 10 客室内のモデル

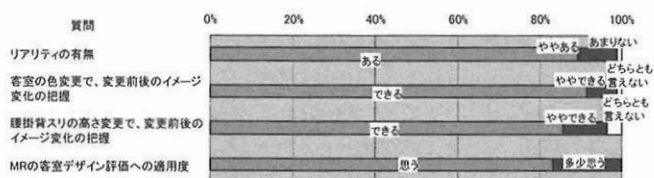


図 11 客室内の評価結果

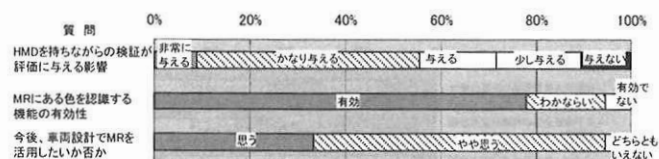


図 12 共通の評価結果

#### (2) 試験結果および考察

図 12 に示すように、約 9 割の人が HMD を持ちながらの検証に何らかの影響を与えると回答しており、さらに、「車両設計で MR を活用したいか」に対して 9 割強が活用したいと回答している。パースでのデザイン検討場面や、図面だけでは把握しきれない立体的な視点での評価段階等で MR が役立つと考える。

### 4 おわりに

鉄道車両設計における MR の適用に関して評価試験を行った結果、以下のことが得られた。

- (1) 乗務員室における停止位置目標等の視界確認、車両外観でのデザインの紋込み、車両形状の把握および客室内の設計・デザイン検証などのように、視覚のみで評価しているものについて、MR の適用は現在でも実用レベルである。
- (2) 乗務員室内や床下機器および大型洋式便所内の空間的な機器配置や位置の把握に、MR は有効なツールになると考える。ただし、モックアップの代替とするには、設計での 3DCAD データをそのまま用いるのではなく、質感を高めるために空間的な感覚を補完するデータ処理を行なう必要がある。
- (3) MR を乗務員室や大型洋式便所および床下機器の配置に用いる際には、物理的な境界や触感を検証することはできないので、板やスイッチ類を MR と併用する必要がある。
- (4) MR で床下機器の点検フタ開閉など動的な状況を検討するには、市販のソフトの活用を検討するか、部分的なモックアップ製作が必要である。

また、MR を車両設計プロセスの中で活用したいと評価した人は大多数であった。3DCAD 化が進めば、鉄道車両設計においてもデザイン検討場面や、図面だけでは把握しきれない立体的な視点での評価段階等に役立つと考える。

### 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ャノン(株)およびキャノン IT ソリューションズ(株)に厚く御礼を申し上げる。

### 文 献

- (1) 内田好徳他：現実空間と仮想空間の融合による車内空間の快適性検証手法の基礎研究，第 17 回鉄道技術連合シンポジウム，pp211-214，2010.12
- (2) 松村ら：キャノンの MR 技術 設計・製造環境の構築，(社)日本建設機械化協会，pp81-85，No. 740，2011.10
- (3) 三菱地所レジデンス株式会社：「ザ・パークハウス 津田沼奏での杜」 <http://www.mec.co.jp/i/news/pdf/mec110811.pdf> (2011.10.25)