

バーチャルリアリティ技術を用いた 駅の安全性・快適性評価

石突 光隆
構造物技術研究部(建築 研究員)



いしづき みつたか

はじめに

駅の安全性、快適性を評価する際、実際に存在する駅では、その駅に被験者を案内し、アンケートを採るといった方法が一般的です。しかし、これから建設が予定されている駅などに関しては、実物を見て評価することはできません。そこで、従来はパースや模型を用いた評価が行われてきましたが、空間のボリューム感や実際の環境(安全性、音、熱、光など)をそれらから正確に想像するのは難しく、また想像力の程度についても被験者の個人差の影響が大きいため、被験者数が少ない場合には、信頼性のある評価値を得るのが難しいといった現状があります。また、ホーム狭隘部における触車の危険性や火災時等の避難の状況などの安全性に関する評価では、実際に走行している車両の近傍で実験を行ったり、実際に駅で火災を発生させることはできません。

そこで、実際に再現するのが難しい状況をコンピュータ上でシミュレーションすることで解決する方法が多くとられています。例えば、駅の耐震性能を考える場合には、実際の地震を駅の構造体に直接与えるのではなく、モデル化された空間で地震の波形を与え、対象となる駅の挙動をコンピュータ上で測ります。しかし、地震などの物理的な問題だけではなく、人間の思考等が係わる駅の快適性のような問題では、人間の思考自体をモデル化することが非常に複雑で不可能に近いことから、評価対象となる空間等をモデル化して、それを実際の人間が評価するといったシミュレーションの方法を取ります。この際、シミュレーションをよりリアルなものにするためにVR (Virtual Reality：仮想現実感) 技術が用いられることがあります。

ここではVR技術を用いた鉄道総研での研究例と、駅の安全性・快適性の評価手法としてVRを利用する際の今後の展望について概要を紹介します。

VRとは

VRに関する研究は1990年代前半から盛んに行われており、1996年には日本でも専門の学会¹⁾が発足しています。当時はまだコンピュータの処理も現在のものとは比べ物にならないほど遅く、VRを用いること自体が非常に高価な技術でしたが、近年の技術の進歩によってノートパソコンのレベルでも表現が可能になり、多くの分野で導入の機会が増えてきています。

VRの構成要素としては、仮想空間の構築と五感に働きかける没入感や仮想空間と対象者の対話性の実現が主に挙げられます。仮想空間の構築にはCG (Computer Graphics) が多くの場合で使用され、没入感を得るためには、大型のスクリーンやHMD (Head Mount Display：頭部に装着する小型のディスプレイ) といった様々な装置が導入されています。また、対話性に関しては、従来キーボードやジョイスティックなどのコントローラによる移動の入力が主でしたが、手の動きを入力したり擬似的に触覚を与えることの出来る手袋型のデータグローブといったような装置も現在では考案されています。

また、全てが仮想のCGなどではなく、現実の世界に一部分だけ仮想イメージを合成することで、空間として一体化させるAR (Augmented Reality：拡張現実感) といった、VRが進化したような技術も近年扱われ始めています。ARが一般的に紹介された事例としては、昨年行われた東京都の2016年オリンピック招致の際に、視察団に対して行われたHMDでのプレゼンテーションが有名かも知れません。このプレゼンテーションでは、HMDを装着してスタジアム建設予定地を見ることで、スタジアムの完成CGが実空間と合成されて、仮想的にオリンピックスタジアムを体験することが出来るといったものでした。



図1 運転シミュレータ



図3 人工気象室での快適性評価試験



図2 車内快適性シミュレータ

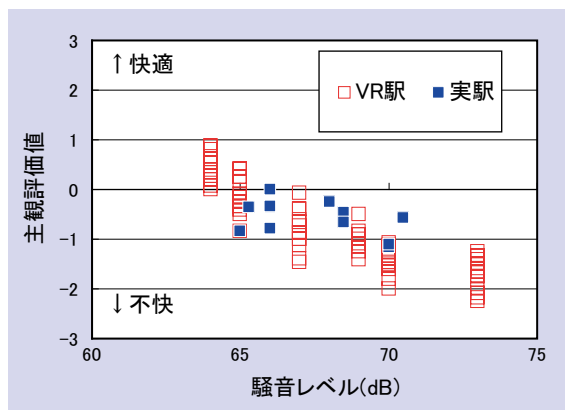


図4 VR駅と実駅での騒音の不快感

鉄道分野におけるVRを用いた研究設備

鉄道の分野でVRを用いている研究例としては、代表的なものとして、運転士の訓練としての運転シミュレータ(図1)や車両の快適性を検証するシミュレータ(図2)があります²⁾。

(1)列車運転シミュレータ

列車運転シミュレータは実車品を多用した運転台の前方窓部に路線風景を模擬したCGを映し出すことで、実際の運転に近い感覚を運転士に与えることが出来る実験装置です。この装置で運転士が操作を行った時の行動特性や整理データ等から、ヒューマンエラーの発生メカニズムや運転作業における負荷などについて調べています。

(2)車内快適性シミュレータ

列車内の快適性の評価には、振動、騒音、温度、照明、車窓風景など様々な要因が相互に影響を与えていると考えられます。そこで客室環境を模擬し、かつこれらの要因を個別に調節ができる実験設備として車内快適性シミュレータが開発されました。車内快適性シミュレータは、模擬客室、列車の振動を再現する客室下部の動揺装置、窓の外に

車窓風景を表示するための200インチの大型スクリーンとプロジェクターからなる模擬視界発生装置等から構成されており、模擬客室にいる被験者に振動や騒音、視覚情報を与えることで車内の快適性の検討を行っています。

VRを用いた駅の快適性評価

駅の快適性評価手法として、温度と湿度の調節が可能な人工気象室内に、駅のビデオ映像を映す大型のスクリーンや音響装置を設置し、騒音レベルや温度などの各パラメータを独立して変化させることのできるVR駅を作成し、駅の快適性評価における各要素の重要度の検証を行う実験³⁾を行いました(図3)。その結果、VR駅で行った評価値と実駅での評価値が同様の傾向を示す結果となりました(図4)。

VR駅の実験では、実際の駅で撮影した映像を用いましたが、駅自体の空間構成(採光面積や天井高、柱の数など)の評価を行う場合には、実際の駅の柱の数などを変更できないため、仮想の駅をCGで作成し、空間の窓部分を増やしたりすることで、同様に重要度の高い項目の抽出を行い



図5 駅空間のCG

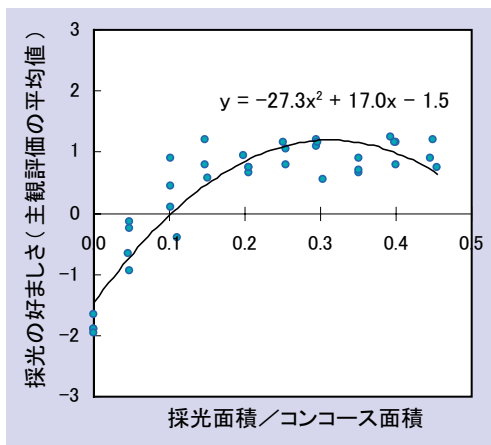


図6 CGを用いた主観評価結果(窓の多さ)

$$Y = 0.33A + 0.24B + 0.37C + 0.26D - 0.11$$

Y : 空間の快適性の評価予測値

A = $-16.7a^2 + 18.8a - 3.8$ (ただし $a > 0.53$ のとき $A = 1.6$)

B = $-27.3b^2 + 17.0b - 1.5$ (ただし $b > 0.35$ のとき $B = 1.2$)

C = $-14.3c^2 - 1.5c + 0.6$

D = $4030.9d^2 - 251.2d + 3.8$ (ただし $d > 0.03$ のとき $C = -1.8$)

A : 天井高に関する評価値

a : 天井高/幅員

B : 採光に関する評価値

b : 採光面積/コンコース面積

C : 広告に関する評価値

c : 広告面積/コンコース面積

D : 柱の数に関する評価値

d : 柱本数/コンコース面積

図7 駅空間の視覚的快適性評価予測式

ました(図5)。これにより、柱の数や窓の多さによる採光面積、広告の数など、駅空間の視覚的好ましさの抽出を行い(図6)、それぞれをパラメータとした駅空間の視覚的な快適性評価の予測式を提案しました(図7)。

駅の安全性・快適性評価におけるVRの使い方

駅における安全性・快適性の評価を行う上での必要な条件とそれを実現するための装置の関係性(図8)について、VRの特徴を踏まえて検討をしています。

(1)再現方法

①空間・設備

空間や設備を表現するには、ARのように実際の空間を一部に使うものと、CGによって全てをモデリングする二通りの方法が考えられます。いずれの場合も表現するには何らかのデバイスを選択する必要があり、コストの低い物では小型モニターが、没入感を得るためには大型のスクリーンなどが選択されます。

駅における快適性評価などでは、空間のボリューム感などを適切に捉える必要があることから等身大程度の映像を被験者に与える必要があると考えられています。また、普段駅を利用する際は構内で静止している状態は少なく、ほとんどが歩行状態であることから、評価者も移動が出来る(もしくは移動していると感じる)環境が必要になる可能性もあります。特に、他人の行動などに追従するような場面では、評価者の頭の向きなどと連動した視覚情報を提供する必要性も出てきます。

②人間モデル

駅のように多くのお客様が存在する空間の評価においては、人のモデルをどの程度のレベルで再現するかが重要となってきます。普段駅を利用する際には、あまり他人の行動や表情に気を配らないものですが、実験環境下では、普段の利用時の「目的」が被験者自身に存在しなくなり、普段の利用状況を教示によって想定してはいるものの、評価

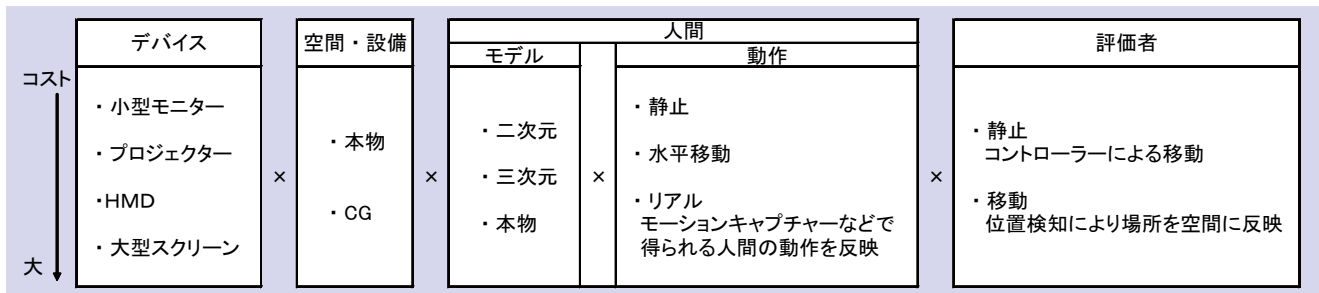


図8 VR利用時の構成要素の組み合わせ例

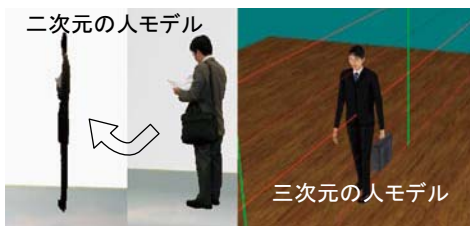


図9 人のモデル



図10 駅構内の三次元モデルと人のモデル



図11 駅シミュレータ(左：外観, 右：内観)



図12 駅シミュレータの三次元モデル(左：外観, 右：内観)

をすること自体が目的となってしまう傾向にあります。こういった状況になると、普段よりも評価対象に過敏になる傾向も見られます。それが実際のものであれば、より厳しい評価となるため、大きな問題にはなりません。VRのように造られたものの場合、造られ方の評価と実際の評価対象との関係が結果に少なからず影響することが考えられます。どちらの要因で結果が出されているのかも併せて検討する必要があります。

また、安全性を評価する際の避難行動の実験などでは、群集心理のような、その他大勢の人の行動が個人の判断に影響する場合もあり、人のモデルが非常に重要となります(図9, 図10)。

(2) 生体負荷

VRを利用する際に、乗り物酔いに代表される動揺病と同様の、めまいや吐き気の症状が現れるVR酔いと呼ばれる症状があります。VR酔いの原因としては、提示される映像などと被験者の感覚(過去の実体験など)のズレが一般的とされています。VR酔いの評価についても多くの研究がなされており、生理学的な手法(眼球運動や心電図など)によってVR酔いを予見することも研究レベルでは可能になってきていますが、様々な評価試験に対してこれらを並列で測定するには難しい現状があります⁴⁾。また、VR酔い以外にも作成したCGなどの光点滅などによる光感受性発作(いわゆるポケモンショック)や、眼精疲労といった症状にも十分配慮した上で検討を行う必要があります。特に、駅空間のように多くの人が移動している状況をVRで評価する実験では、これらの負荷が増大する可能性があります。十分に考慮する必要があります。

今後の展望

VR技術を用いた評価手法では、駅空間のような実空間の試験条件変更と比べて、細かな設定変更が短時間で可能となり、それによって多くの試験結果を得ることが期待できます。一方で、連続した試験ではVR酔いや眼精疲労など被験者への生体負荷も大きく結果への影響も無視できなくなってきます。また、評価対象を同一環境下で被験者に与える試験となるため、各条件間での相対的な評価値は得られますが、その結果が絶対値としてある程度の意味を持たなければ、評価手法としては十分な意味を成さなくなります。そこで、VRを利用する際の生理的特長等も考慮し、駅の安全性・快適性を評価する際に必要な評価方法に関して、駅シミュレータ^{注)}(図11)を用いた実験とその三次元モデル(図12)でのVR試験との比較検討を行うことにより、評価手法の確立を目指していく予定です。RRR

文献

- 1) 日本バーチャルリアリティ学会：<http://www.vrsj.org/main.html>
- 2) 澤貢, 鈴木浩明: 人間科学に関する大型実験設備, RRR, 2004.7
- 3) 伊積康彦, 石突光隆, 川崎たまみ: 駅空間の快適性を向上する, RRR, 2008.6
- 4) 中川千鶴, 大須賀美恵子, 竹田仰: VE酔い(動揺病)評価に用いるための自律神経指標の検討, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.3.No.2, pp65-71, 2001

注) 駅シミュレータ: 大きさ約15m×16m, 天井高さが最高部で約6m, 一般部で3.5mとなっている, 橋上駅を模した実物大の駅舎模型。