

# 最先端VR（バーチャルリアリティ）システム 「Hybridvision」の開発

## — システム概要と適用事例 —

佐藤 康弘<sup>\*1</sup>・大黒 雅之<sup>\*2</sup>・長瀧 慶明<sup>\*1</sup>・森川 泰成<sup>\*2</sup>

**Keywords :** VR, prediction of overall performance, building, urban area, simulation, data center  
バーチャルリアリティ, 総合的性能予測, 建築, 都市, シミュレーション, データセンター

## 1. はじめに

VR（バーチャルリアリティ）という言葉が世に出でてから十数年になる。その間、メーカ等の製造業を中心とした様々な業界でVR技術が活用されてきた。建設業に至っては、研究段階のものが多くその適用範囲は、建築デザインを中心としたプレゼンテーションや視環境の評価に留まり、建築が本来有する安全性や快適性などの性能予測評価への適用がなされているとは言い難い。

従来、建築デザインには「図面・パース・模型」を使用し、各種の性能予測評価には「シミュレーション結果の二次元表現」等が検討手段として用いられている。この範囲内で十分に性能を予測し評価機能を果たしている状況は、多数存在するものの本来の三次元情報を二次元情報として表現し評価しているため正しい判断のための情報欠落を起こしていることも想定される。又、本来多数の要素が複合している建築空間の性能を個別の要素で切り出して個別の表現で対応することが多いため建築が本来有する総合的な性能を多角的に確認することが困難である。

そこで、図-1に示すようにVR技術を用いて建物の建築デザインに各種シミュレーション結果を融合表示し、建物の性能を総合的に予測評価することを可能とする最先端VRシステム「Hybridvision」を開発した。

本報では、そのシステムの概要と適用事例を中心に紹介する。

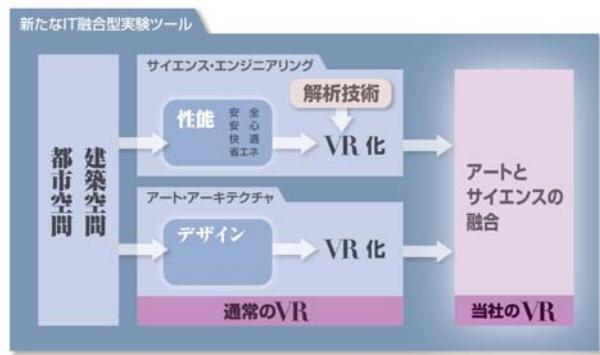


図-1 Hybridvision の概念  
Fig.1 Outline of Hybridvision

## 2. システム概要

図-2にHybridvision<sup>(注1)</sup>のシステム概念図を示す。



図-2 Hybridvision のシステム概念図  
Fig. 2 Conceptual diagram of VR system

\*1 技術センター 建築技術開発部 ニューフロンティア技術開発室

\*2 技術センター 建築技術研究所 環境研究室

「Hybridvision」は、高さ 2.4m×幅 5.6m の大型スクリーンを使用しており 2 機の立体視対応プロジェクタでリア投影している。プロジェクタには、5 台のパソコン、大規模解析可視化サーバが接続されており画像を生成している。映像のコントロールは、三次元マウスとジョイパッドで行う。液晶シャッタ眼鏡を使用することで立体視が可能となる。以下にいくつかの機能と意義<sup>2)</sup>を整理する。

### ① 大型スクリーン

関係者が一堂に会して大型スクリーンを使って実際に再現した映像を共有し議論するのに有効である。これには議論の時間を短縮させ、問題点を抽出し易くそれを解決するための合意形成を容易にするという効果がある。スクリーンの中にすべての視野が入る大型スクリーンを使うことでその画面内への没入感・仮想体感が可能になる。

### ② 立体視

建物を理解するには図面・模型・動画などのみでは開放感・立体感・スケール感が伝わりにくい。臨場感が要求される場合や各種物理現象の三次元的挙動を確認する場合等には立体視が有効である。

### ③ シミュレーションとの連動

VR 技術を用いて建築デザインと様々な各種解析結果が融合して表現できることは、総合性能の理解という意味で極めて効果的である。更に、大規模解析可視化用サーバとの接続により大規模な解析結果をデータ量を削減することなくリアルタイムに表示し確認することも可能である。

### ④ BIM<sup>(注2)</sup> (ビルディング インフォメーションモデル) との連動<sup>3)</sup>

VR 化に最も負荷のかかる行為は建築形状のモデル化であるため CAD との連動は重要である。設計・施工分野での BIM の活用により三次元モデルと BIM の情報をそのまま扱うことが可能となりスピーディかつ高品質な VR 化が可能である。

## 3. 適用事例

### 3.1 データセンター

VR 技術を用いて省エネと安全・安心の観点からデータセンターの性能を予測評価した例を示す。対象としたサーバ室（図-3）の規模は、平面形状で 23m×18m、階高 3.95m とした。1.1m×0.75m×2.2m(高さ)のサーバラックは一列あたり 18 ラックで構成し長手方向に 12 列配置されている。空調機は長手方向の両側に計 14 台が配置され、空調方式は二重床吹出し方式とした。

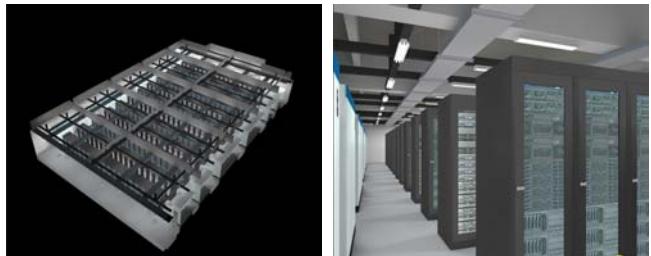


図-3 対象としたデータセンターのモデル

Fig. 3 3D-model of Data Center

#### 3.1.1 省エネの検討

サーバ室は、サーバの局所的な温度上昇によって無駄な空調エネルギーが消費される場合があり改善策を求められている。従来、改善策を検討する際には現状の温熱・気流の解析を行い、解析結果は二次元に加工された情報のみが利用されることが多い。しかし、空調やサーバからの気流等は、本来三次元であり三次元のまま融合表示し「Hybridvision」で体感することで、正しい判断のための情報欠落を起こすことなく現設計の評価・改善策の立案や関係者の合意形成に有効なツールとなると考える。このような観点から、データセンターのサーバ室内にサーバラックまで含めた三次元の形状モデルに気流や温度の解析結果を融合して VR で適切に表現する機能を開発した。

#### 解析結果の VR 表現

図-4 にサーバ室の気流シミュレーション結果を示す。空調は、床吹き出し方式でグレーチングの箇所から冷却気流（水色のパーティクル）が発生する。ラック間の冷却気流が流れるエリアは、コールドアイルと呼ばれ、この気流をサーバが吸い込み、サーバのファンから排出された排熱気流（オレンジ色のパーティクル）が流れるエリアはホットアイルと呼ばれている。ホットアイルでの空調の冷却気流を緑色のパーティクルで表現し各気流を識別している。

図-4 よりホットアイルのオレンジ色のパーティクルである排熱気流の一部がコールドアイルに廻り込んでショートサーキットしていることがわかる。この状況では空調エネルギーの無駄が発生しており、簡易な改善方法として、冷却気流と排熱気流が混在しないように図-5 に示すように囲い込む案を検討する。この案の解析結果からホットアイルの排熱気流が空調からの冷却気流と混合せず、天井に吸いこまれていく様子が確認できる。このように「Hybridvision」を用いて、対策前後の気流の解析結果を表示することで気流の三次元的挙動を正確に理解し問題点を見落とすことなく容易に把握することが可能となった。

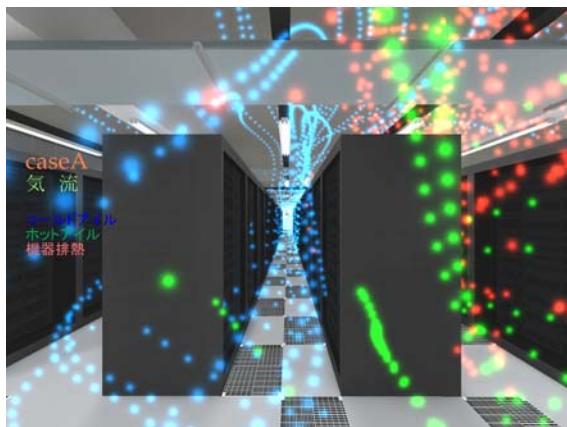


図-4 サーバ室の気流シミュレーション  
Fig.4 Simulation of airflow in a server room

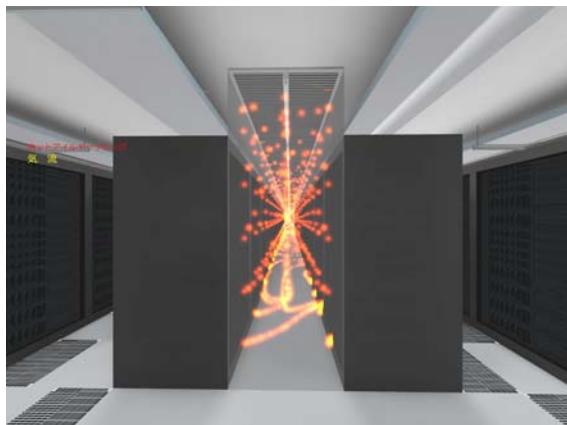


図-5 ホットアイルをキャッピングした場合の  
気流シミュレーション  
Fig.5 Simulation of airflow after hot aisle capping

### 3.1.2 安全・安心の対策検討

データセンターは、サーバに貴重なデータを保存しており地震などの災害が発生した場合に備え安全性を確保しておく必要がある。通常、建物全体を基礎より免震する方法が採用されている。建物の地震による揺れを評価する方法は、解析結果の加速度や変位波形とそれらの最大値で判断するのが一般的であり、揺れの性状を視覚的に確認して安全性などの性能評価を行うことは困難であった。そこで揺れの性状を視覚的に確認して安全性などの性能評価を行うため入力した地震波から建物の地震応答解析を行い、得られた各部位の応答変位波形を元に建物内部の揺れの動きを再現する機能の開発<sup>4)</sup>を行った。

#### 解析結果のVR表現

図-6に1995年に発生した阪神淡路大震災の際に、神戸海洋気象台で観測された地震波を入力し非免震と免震の場合においてサーバラックの揺れによる変形状態を比較したVR画像を示す。図から明らかなように、非免震では、サーバラックが大きく変形しているが、免震された場合には、サーバラックの変形が殆ど発生

していないことがわかる。「Hybridvision」を用いることで波形からでは確認出来ない揺れの性状を容易に把握することが可能となった。

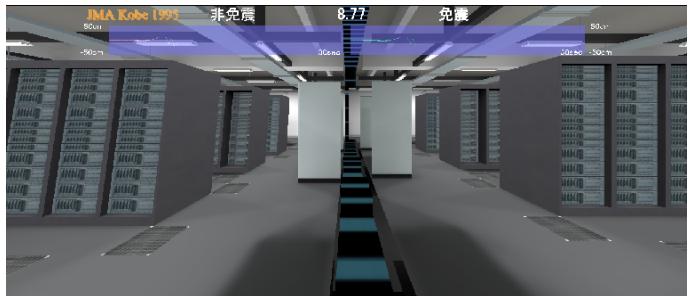


図-6 非免震と免震のサーバラックの揺れの比較  
Fig.6 Comparison of server rack behavior with and without seismic isolation

### 3.2 市街地の温熱環境評価への適用

具体的な市街地や街区形態を考える際の環境側の要因として夏季の暑熱環境緩和対策がある。現状では緑化や「風の道」の形成といった対策技術の効果は、別途表面温度や風の流れの解析を行い、二次元情報に加工された情報のみが利用されることが多い。

しかし、市街地形態や風の流れ等の情報は本来三次元情報であり、三次元のまま融合し、「Hybridvision」で体感することができれば、環境に配慮した街区の計画や関係者の合意形成に有効なツールとなると考える。このような観点から屋外の詳細な温熱環境を対象として、市街地・街区の街路樹を含めた三次元モデルと、ヒートアイランド解析評価システム<sup>6)</sup>から得られる表面温度・放射温度・気流・湿度・気温・体感温度を融合してVRで表現する機能を開発<sup>5)</sup>した。

#### 対象市街地

横浜の1.2km四方の実市街地を対象として、非構造格子による解析メッシュの作成を行い、同時にVR編集ソフトウェアにより街路樹を含めたVRモデルの作成を行った。図-7にVRモデルを示す。

#### 解析条件

夏季の14時35分を対象とし、日射は快晴の条件とした。風向は南南西とし、流入条件は高さ40mで2.4m/sとなる1/4乗則とし、気温は32.5°C、湿度は49.7%とした。更に、道路をアスファルト、歩道をコンクリートと仮定し外壁の窓面積率は50%と仮定した。  
解析結果のVR表現

建物および地表面の表面温度の解析結果をVRモデルで表現した例を図-8に示す。アスファルト部分は50°Cを超える高温でオレンジ色、建物の日陰や河川部分は30°C程度で水色となっている。本システムとのイ

ンターフェースとしてジョイパッドを使うことで自由な視点から全体傾向を定量的に確認できる。図-9に公園に流れる風をパーティクルで可視化した様子を示す。

このように、様々な位置からパーティクルを発生させることで公園が「風の道」となっていることが感覚的に理解できる。図-10にこの公園に沿った低い視点でのVR画像を示す。地表に近い視点から風上側に向けて移動することにより風がどこからどの程度の速さで吹いてくるかを確認し、樹木や陰の表現とを合わせて、涼しさをイメージすることができる。

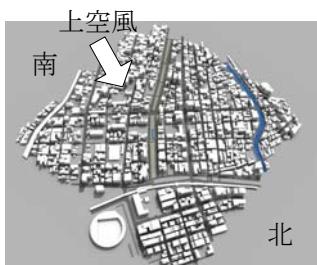


図-7 市街地のVRモデル

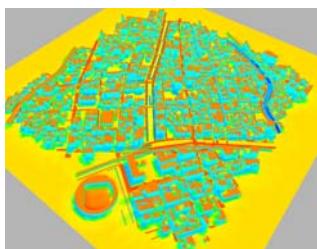


図-8 市街地の地表面温度分布

Fig.7 VR model of urban area

Fig.8 Temperature distribution in urban area



図-9 パーティクルによる「風の道」の確認

Fig.9 Confirmation of airflow path using particles



図-10 風の流れを低い視点で確認した例

Fig.10 Example of airflow path seen from a low location

#### 4. おわりに

筆者らは、VR技術を建築分野に適用し建築・都市の性能を総合的に予測評価するための最先端VRシステム「Hybridvision」を開発した。その適用範囲は広く、実施適用を行い着実に効果を上げている。今後は、更なる展開を図るためコストの削減や生産性の向上の検討を考えている。

(注1) 本システムは、大画面没入型VRシステムと三次元指示デバイスを使用する。表示はすべて、マルチスクリーン上に立体視で提示され(液晶シャッターメガネ使用)，操作は、ジョイパッドと三次元指示デバイスで行う。

(注2) BIMとは、建築の様々な情報が統合された建築モデルとそれを用いた維持管理手法を指し多くの場合、三次元モデルがその中核となる。BIMで使用する建築の三次元モデルは、「壁」、「柱」、「窓」などの建築要素、「空調」、「電気」、「衛生機器」などの設備要素、「鉄骨」、「鉄筋」などの構造要素、各要素の寸法や「仕様」などの属性を含むオブジェクトデータの集合体とされている。

#### 参考文献

- 1) 佐藤康弘、長瀧慶明、森川泰成：仮想現実感技術による合意形成システムの開発—その1編集操作のVR連動機能の開発—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2006.
- 2) 森川泰成、佐藤康弘、長瀧慶明：建築・都市の総合的性能予測評価のためのVRシステムの開発—その1VRの意義とシステム概要—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2007.
- 3) 佐藤康弘、長瀧慶明、森川泰成他：建築・都市の総合的性能予測評価のためのVRシステムの開発—その8BIMとの連携—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009.
- 4) 長瀧慶明、佐藤康弘、森川泰成他：建築・都市の総合的性能予測評価のためのVRシステムの開発—その7VRによる地震の揺れの再現—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009.
- 5) 大黒雅之、森川泰成、佐藤康弘他：建築・都市の総合的性能予測評価のためのVRシステムの開発—その11市街地の温熱環境評価への適用—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009.
- 6) 大黒雅之他：街区及び敷地レベルを対象としたヒートアイランド解析評価システム、大成建設技術センター報第38号、2005.
- 7) BIM Japan VOL.1: (株)エクスナレッジ出版 2008.12発行