

VR を用いた 4D キャンパスマスタープランの提案

Proposal of 4D Campus Master Plan Using VR

○村木 悠乃*1, 大西 康伸*2
Yuno Muraki*1, Yasunobu Onishi*2

*1 熊本大学大学院自然科学教育部 大学院生
Graduate Student, GSST, Kumamoto Univ.

*2 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授 博士 (学術)
Associate Prof., Faculty of Advanced Science and , Kumamoto Univ., Ph. D.

キーワード：バーチャルリアリティ; BIM; 4次元; シミュレーション; 情報デザイン; 学校

Keywords: Virtual Reality; BIM; Fourth dimension; Simulation; Information design; School

1. 研究の背景と目的

良好なキャンパス環境の形成を図るためには、長期的視点に立った計画的な整備を行うことが重要であり、キャンパスの将来像を示すキャンパスマスタープラン（以下、CMP）を策定しそれを元に整備を進める必要がある。現状のキャンパスを分析し、課題を抽出した後、それらに基づき目標を設定した結果を将来のキャンパス像として CMP に描く。一方、CMP はゾーニングや動線計画、個々の建物や外構の整備方針など様々な情報を含み、これら膨大な情報は文章や図面、グラフなどの多種多様な表現手法によって断片的に表現される。実際、熊本大学の CMP では、27もの図面に様々な情報が表現される。そのため、情報の受け手が頭の中で情報を統合して理解する必要があり、CMP の理解を困難にしている一因と考えられる。このことは、CMP の重要な目的の一つである「関係主体間でのキャンパス整備方針の共有」を妨げる原因になると考えられる。

一方、Virtual Reality（以下、VR）は計画案の理解や関係者間のイメージ共有が容易なことから、まちづくりなどの大規模な整備計画における合意形成において活用されている。そのため、検討項目がまちづくりなどと類似しているキャンパス計画においても、効果的であると考えられる。

そこで本研究では、VR を用いて 3 次元化したキャンパスモデルに CMP に必要な多種多様な情報を統合し、建替え計画などの時間軸を持つ情報を加えた CMP（以下、4DCMP）の提案を行う。また、ケーススタディにて 4DCMP を構築、評価することで、CMP の新たなプラットフォームとして VR を活用することの効果と問題点の検証を行う。

2. 4DCMP の定義

本研究で提案を行う VR を用いた 4DCMP は、VR 化した 3 次元のキャンパスモデルに、記号や文字などを使用した動線や軸線、空間の説明など様々な CMP に必要な情報を組み込む。断片的であった情報を統合することで、情報そのものの理解だけでなく、それらの関係性の理解を促進

する。さらに、時間によって変化する情報を加え、長期的なキャンパス整備の中でのプラットフォームとしての継続的な活用を目指す。以上を踏まえ、VR を用いた 4DCMP の定義を「時間軸を加えた 3 次元空間に CMP 情報を統合・表現し、蓄積、検討、共有を継続的に行える情報プラットフォーム」とする。

3. モデル構築の方針と手順

VR を用いた 4DCMP のモデル構築の方針を定めるため、国立大学 86 大学の CMP をホームページを対象に調査し、CMP で主に扱われている情報を抽出した（表 1）。4DCMP では、従来の CMP において図面で表現されている情報に加え、VR を用いることで表現が可能となる建物の高さ情報や立面デザイン、利用者のアクティビティなど表現対象を拡張する必要がある。そこで、4DCMP を構築する上で軸となる方針を以下に示す。

- 1) キャンパス内外の形状情報に関しては、現実にはできるだけ近い VR モデルを用いる。
- 2) CMP で扱われる文字情報や記号情報に関しても、VR の空間上に表示し閲覧を行う。

表 1 VR を用いた 4DCMP で対象とする情報

分類	CMP で表現される主な情報	図面*1	4DCMP*2
前提	a. アカデミックプラン・教育方針	—	—
現況	b. キャンパスと周囲の関係性	○	○
	c. キャンパスプランの変遷	○	○
	d. キャンパス施設の老朽化	○	○
	e. ゾーニング	○	○
現況 + 指針	h. 施設	名称や位置関係	○
		高さやデザイン	—
	i. パブリックスペース	分布や位置関係	○
		樹木の種類や高さ	—
	j. 軸線・動線	アクティビティ	—
		—	○
	k. 設備	○	○
	l. サインの設置位置・デザイン	○	○
	m. バリアフリー	○	○
	n. 周辺地域との連携や景観	○	○
o. 防災計画	○	○	
指針	p. 建替え整備	建替え箇所・工程	○
		仮設物の高さ	—
	q. 維持管理・マネジメント	—	—
他	r. アンケート結果・要望	—	○

*1：図面で表現されていた情報 *2：4DCMP で対象とする情報
網掛けは今回のケーススタディで表現した情報

3) 建替えなど時系列的に変化するものに関しては、時間軸のどの段階においても閲覧、検討ができる仕様とする。

以上の方針のもとに、4DCMP を構築していく上で対象となる情報を「キャンパス外環境」、「キャンパス内環境」、「建設予定建物」、「仮設物」、「記号・文字」、「アクティビティ」、「時間軸情報の表現」に分類し、表現の目的と詳細度について定める。

3.1. キャンパスの現状

1) キャンパス外環境 (図 1)

キャンパスの周辺建物や道路、信号機、電柱や植栽などがモデリング対象となる。キャンパスから見た学園周辺環境の景観やアプローチ、出入口付近の検討を目的とする。見え方の大まかな把握が行えるよう建築物は矩形を基本とし、大きな凹凸のみ表現する。建築立面や地面の仕上げは実際の写真のマッピングで表現し、道路はキャンパス敷地の接道のみ詳細に表現する。また道路の延長線上には遠景画像を書き割り風に立て遠景を表現する。



図 1 キャンパス外環境

2) キャンパス内環境 (図 2)

キャンパス内の既存建築や工作物、植栽、道路・通路がモデリング対象となる。CMP はキャンパス内の検討がメインとなるため、キャンパス状況を正確に把握する必要がある。そのため、建物の凹凸を詳細に表現し、実物に近い樹種の植栽を配置する。また、建築立面の写真のマッピングを行う。

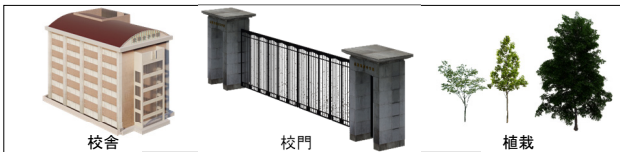


図 2 キャンパス内環境

3.2. 現状で存在しない要素

1) 建設予定建物 (図 3)

建設予定の新棟や付随する外構計画などが対象となる。ボリューム感などの抽象的なイメージ把握を目的とするため建物は矩形を基本とするが、動線や視線などの検討に応じてボリュームを分割しモデリングを行う。建物や外構のデザインは整備方針に則ったデザインとし、また同用途既存施設の立面や、既存外部空間などのデザインを踏襲し表現を行う。

2) 仮設物 (図 4)

主に工事のための仮囲いや足場などが対象となる。工事中に影響を受ける利用者からの見え方などの把握を行うため細かな形状情報は表現せず、アイレベルから見える程

度の詳細度にする。

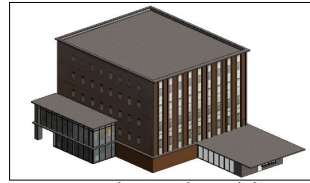


図 3 建設予定の建物

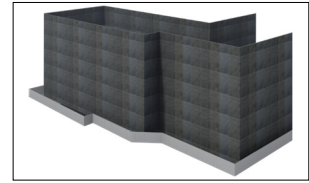


図 4 仮設物

3) 記号・文字 (図 5)

軸線や出入口位置、出入口名や空間の説明などがモデリング対象となる。従来の CMP で図面に書き込まれる情報を VR 上で統合的に閲覧、検討することを目的とする。記号情報は実在物との差別化を行うため大きさや設置高さに配慮し、彩度の高い誘目性のある色とする。さらに、鳥瞰とアイレベルの両方で視認が可能な形状とする。文字情報は図 5 中の表のように情報を閲覧する視点によって、文字の大きさや表示する高さを変えることで文字の重なりを抑え、視認性を考慮する。また、すべて正対表示とする。

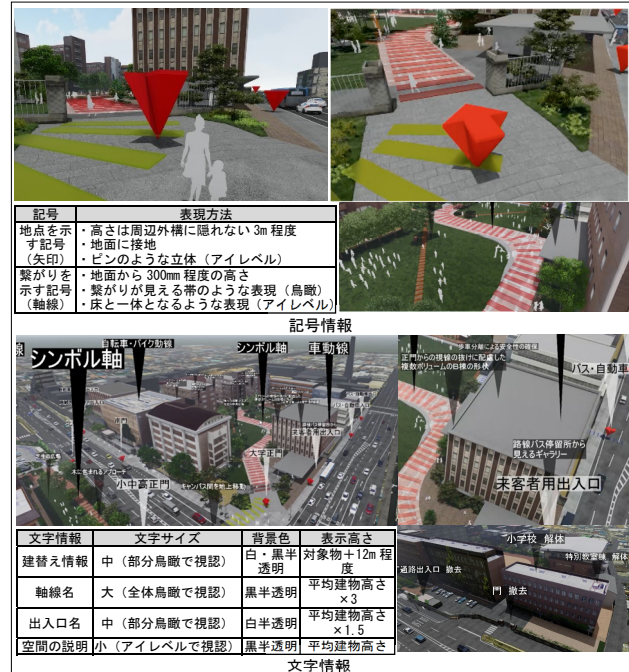


図 5 記号・文字

4) アクティビティの表現 (図 6)

利用者への空間の使い方の提案を行うため、添景を配置しオープンスペースなどにおける利用者のアクティビティを表現する。



図 6 アクティビティの表現

3.3. 時間軸情報の表現 (図 7)

建替えによって建物や仮設物が時系列で変化する一連の流れを閲覧し、工事中の利用者目線での検討を行うことを目的とする。VR 上で建物モデルや仮設物モデル、文字情報が時間軸に沿って自動で入れ替わるリアルタイムアニメーションを作成する。



図7 時間軸情報の表現

4. ケーススタディにおける4DCMPの構築

本研究のケーススタディは、幼稚園から大学までを有するA学園を対象とする(図8)。A学園では、学園全体で校舎等の学校施設の建替えを中心とした整備が計画されているが、CMPは未策定の状態である。よって現状のキャンパスの問題点を踏まえた

4DCMPを提案し、それをもとに4DCMPの構築を行った。

4DCMPを構築するにあたり、従来のCMPで検討されている項目から今回対象とする項目を選定した。ケーススタディでは、キャンパス規模が小さくゾーンが形成されていないこととサインが設置されていないことから、ゾーニング、サイン計画を対象外とした。また、地面の高低差を正確に判断できる精度でモデリングを行えなかったことから、バリアフリー計画も対象外とした(表1中の網掛け)。

現状のキャンパスの問題点として、シンボル軸が不明確、オープンスペースの不足、歩車動線の交差、キャンパス移動が地下であることが挙げられる。以上の問題点を踏まえ、CMPの提案の方針を以下に示す。

- 1) 安らぎを与える広々とした外部空間の創出
- 2) 新たな軸線に基づく、エリア・空間・動線の再定義
- 3) 歩車分離が確保された動線計画

以上の方針に基づき4DCMPを構築した(図9)。構築に際して、Revit2019を用い3Dモデルをモデリングし、作成したモデルをVRソフトであるLumion10にインポートすることでVRモデルを構築した。

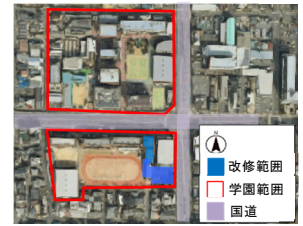


図8 対象敷地

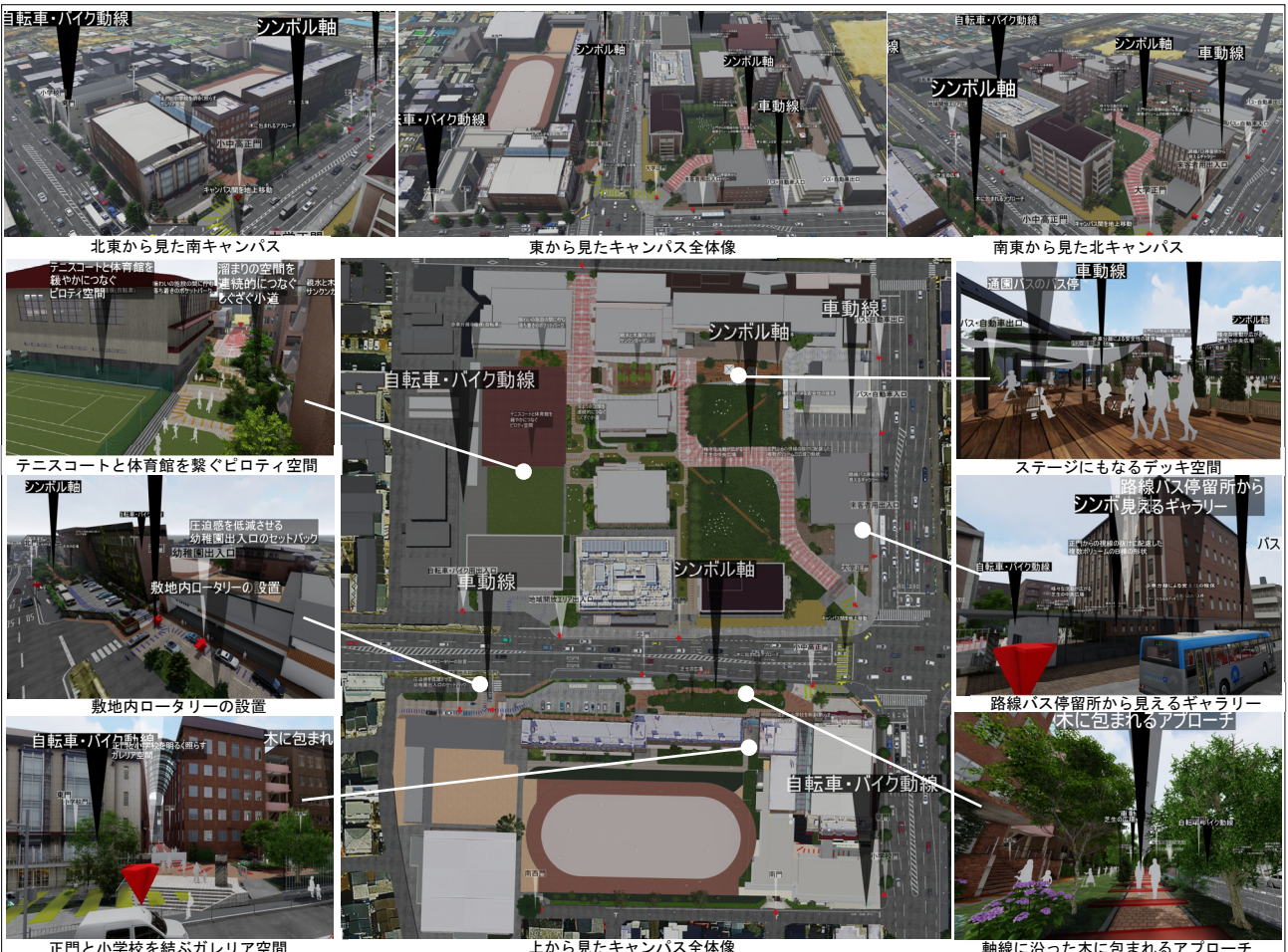



図9 提案するCMP

5. 評価

図面を主体とした従来の CMP との比較による 4DCMP の効果を明らかにすること、CMP のプラットフォームとしての活用に向けた展望や問題点を明らかにすることを目的に、A 学園関係者へヒアリングを行った(表 2、表 3)。ヒアリングではまず趣旨説明を行い、続いて VR を用いて 4DCMP のプレゼンテーションを行った。ヒアリングより得られた意見から考察を行う(表 4)。

表 2 ヒアリング概要



ヒアリングの様子	
日時	2020年1月28日(火)
場所	A 学園会議室
対象者	A 学園関係者 4 名(理事長、事務局長、運営部 2 名)

表 3 ヒアリング内容

対象	ヒアリング内容
内容	Q1. 4DCMP での CMP 情報の閲覧は、図面による CMP と比較し、分かりやすい点・分かりにくい点は何か。 Q2. 4DCMP での時系列で変化する建替え計画の閲覧は、図面での表現と比較し、分かりやすい点・分かりにくい点は何か。 Q3. 今後、4DCMP をどのようなことに活用したいか。

1) CMP が 3D であることの評価

「軸線や動線がわかりやすく、建物の見え方や圧迫感、さらにセキュリティの問題に気付けた」という意見があった(表 4 中 a-1、a-2)。これらは、VR の自由な視点移動が可能であることが起因したと考えられる。さらに軸線や動線、出入口などの記号情報を重畳することにより、軸線や動線が周辺状況とともに理解しやすくなり、セキュリティなどの記号情報と様々な要素が関係し合う検討を支援することができたと考える。また、「図面ではイメージに差異が生まれてしまうが、VR はイメージを統一でき、誤認が防げる」という意見より、イメージの統一が困難だった従来の平面図での問題を解決できると考えられる(表 4 中 a-3)。以上より、初めて閲覧する人が多く早期の理解が困難な CMP 検討において、VR を利用することの効果の一端が明らかとなったと考える。また、均質に作られた VR (に限らず動画など)では注視する対象が閲覧者によって同じでないため、記号を強調表示するなど検討箇所を強調する必要がある。

2) CMP が時間軸を持つことの評価

「様々な地点から利用者の立場で建替え工程の一連の様子を閲覧することで、工程の理解以外にも工事時期やメンテナンス中の一時的な動線の確保、災害時の想定など、より深い検討ができる」という意見が得られた(表 4 中 b-1、b-2)。建替え工程から影響を受ける様々な事柄の検討が支援できると考える。また、「視点移動により、場所ごとの仮囲いの見え方わかりやすい」という意見より、これまで CMP で検討されなかった圧迫感やイメージ、視覚による感覚的な「仮設物の見え方」といった新たな観点での検討もできるようになったと考える(表 4 中 b-3)。さらに、「実際のイメージとして閲覧できるため関係者間の共有も容易になる」という意見もあった(表 4 中 b-4)。

3) 4DCMP の今後の活用に関して

表 4 中 c の項目 1、2、5、8、9、10、11 に関して、VR によって視覚的に理解し検討しやすくなることで、「今後は校舎検討の他にもバリアフリーや災害時対応などの検討への活用や、保護者や学生への情報共有に活用したい」という意見が得られた。3、4 に関しては、「現状で予定はないが、検討を行うのであれば活用したい」という意見が得られた。一方、6、7 のキャンパスの運用や維持管理に関しては選択されなかったことから、専門性が高い少人数での検討よりも、多人数での検討や多様な人に対してキャンパス情報を共有する目的での活用が期待されていると考えられる(表 4 中 c)。

4) 4DCMP の問題点と課題

文字や面積などの情報に関しては、平面図の方がわかりやすいという意見も得られた(表 4 中 a-4、a-5)。図面と比べ、一覧性が求められる情報が VR ではわかりづらいと考えられる。すべての情報を VR に統合するのではなく、情報によって表現方法を使い分けることで、閲覧性の向上が期待できると考えられる(表 4 中 a-3、b-5)。また今後は、より多くの人々がイメージや情報の共有、検討ができるように、デバイスの制限がなく、誰でも簡単に操作を行えるような VR 環境の整備や、長期的に利用し続けられる VR システムの構築が必要となると考える(表 4 中 a-3、b-4)。

表 4 VR を用いた 4DCMP に関する主な意見

a. CMP が 3D であることの評価			
a-1.	VR は動線計画や軸線がわかりやすく、実際に動きながらの建物の見え方や圧迫感がわかりやすかった。		
a-2.	キャンパスへの出入口が多いというセキュリティに関する問題にも気づけた。		
a-3.	図面ではイメージに差異が生まれてしまうが、VR はイメージを統一でき、誤認が防げるため効率的に検討できるだろう。		
a-4.	空間説明などの文字情報を VR で表示すると、モデルと重なり読みづらい。		
a-5.	建物の面積情報は平面図のほうがわかりやすかった。		
b. CMP が時間軸を持つことの評価			
b-1.	実際に工程の流れがわかり、建物の建設や解体の時期がわかるため、どの時期にどの工程をすべきか、建替え案の検討、工事中の教室の確保の必要性などは VR のほうがわかりやすい。		
b-2.	動線と配置関係を常に把握できるため、メンテナンス時の人や車の出入り・消防時の影響の検討など、何かを検討するにあたって検討が深まる。		
b-3.	VR の視点移動により、場所によっての新棟や仮囲いの見え方わかりやすい。		
b-4.	実際に VR で確認できるため、学生にも伝えやすい。		
b-5.	VR を閲覧した後に平面図を見ることで、頭の中が整理できる。		
c. 4DCMP の今後の活用について(複数選択可)			
1. 校舎デザインの検討	4	7. 維持管理情報の共有	0
2. オープンスペースの検討	4	8. キャンパス情報の共有	4
3. サインの検討	0	9. 災害時の検討	2
4. 夜間景観の検討	0	10. 建替え工事に関係する検討	4
5. バリアフリーの検討	4	11. 未来のキャンパスの提示	4
6. キャンパスの運用の検討	0		

※得られた意見は意味の変わらない程度に整形している

6. 研究の成果と課題

本研究の成果として、VR を用いた 4DCMP を提案し、実在するキャンパスをケーススタディとして構築し、評価を行った。これにより、同一の VR 空間にて CMP 情報の蓄積・閲覧・共有が行え、長期的な検討を行う CMP の新たなプラットフォームとなる可能性を見出した。

課題点としては、CMP の最も重要な目的の一つである情報共有に関して、環境によらない 4DCMP の自由な閲覧や長期的な利活用に配慮した、VR 環境の開発・整備が必要であることが挙げられる。また、図面と VR の両者を活用する際の使い分けの検討や、CMP を検討する実務に導入し実践的な評価を行う必要がある。