

(60) Diminished Realityを用いた建物新設時の 景観検討AR実現に関する研究

矢吹 信喜¹・種村 貴士²・福田 知弘³・道川 隆士⁴

¹フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail: yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

²学生会員 大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 博士前期課程

³正会員 大阪大学准教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

⁴非会員 大阪大学特任助教 環境イノベーションデザインセンター

近年、土木建築分野での景観検討において、AR (Augmented Reality) が注目されている。しかし、現在のAR技術では、既設構造物を解体、撤去し、そこに新たに構造物を建設することを想定して景観検討をおこなう場合、解体、撤去予定の既設構造物と、重畳する新設構造物の3次元モデルが交わって表示され、本来見えるべきでない既設構造物の一部が見えてしまい、適切な景観検討ができないという問題がある。一方で、背景画像を除去対象物領域に重畳することで障害物を取り除く技術であるDR (Diminished Reality) が着目されている。本研究では、3次元点群データを用いて、建物の解体、撤去時の景観検討での利用を想定した、屋外大規模構造物を対象としたDR手法を開発し、開発したシステムの検証実験をおこなった。

Key Words : Augmented Reality, Diminished Reality, point cloud data, Demolition, Urban Planning

1. 研究の背景と目的

近年、環境デザイン、土木建築分野での景観検討において、既設構造物を解体、撤去し、そこに新たに構造物を建設することを想定して景観検討をおこなう様々な手法が提案されている¹⁾。コンピュータの中で仮想的に作られた環境である仮想世界を、現実空間のように体感することができる技術としてVR (Virtual Reality) がある。しかし、VRには、仮想世界の作成に大きな時間的、費用的コストが必要となるという課題がある。カメラ動画像に3次元モデルを重畳することで周辺環境の3次元モデルの作成を必要とせず、時間的、費用的コストを削減できる技術としてAR (Augmented Reality) がある。ARを用いた景観検討手法は多く提案されている。しかし、既設構造物を解体、撤去し、そこに新たに構造物を建設することを想定して景観検討をおこなう場合、解体、撤去する予定の既設構造物と、重畳する新設構造物の3次元モデルが交わって表示され、本来見えるべきでない既設構造物の一部が見えてしまい、適切な景観検討ができないという問題がある。

この問題を解決する技術として、背景画像を除去対象

物領域に重ね合わせるにより、障害物を取り除く技術であるDR (Diminished Reality) が着目されている²⁾。しかし、屋外の大規模構造物の解体、撤去時の景観検討に利用できるようなDR手法は未だ見当たらない。本研究では3次元点群データ (Point Cloud) を用いて、建物の解体、撤去時の景観検討での利用を想定した、屋外大規模構造物を対象としたDR手法を開発することを目的とし、開発したシステムの検証実験を行うこととした。

2. PCDRシステム

(1) PCDRシステムの概要

本研究で開発したシステムはPoint Cloud Diminished Reality Simulation Systemであり、PCDRシステムと略称する。PCDRシステムの動作メカニズムの平面図を図-1に示す。PCDRシステムは、コンピュータに接続したWebカメラから撮影した映像中の除去対象物の背後にある不可視領域を、3次元点群データによる仮想世界で除去対象物領域に合成することにより、DRを実現する。背景画像として使用する3次元点群データは、予めPCDRシステム内

に保存しておく必要がある。本研究では、将来、大都市を中心に、3次元レーザースキャナにより、大半の構造物の3次元点群データが入手可能な状況を想定している。

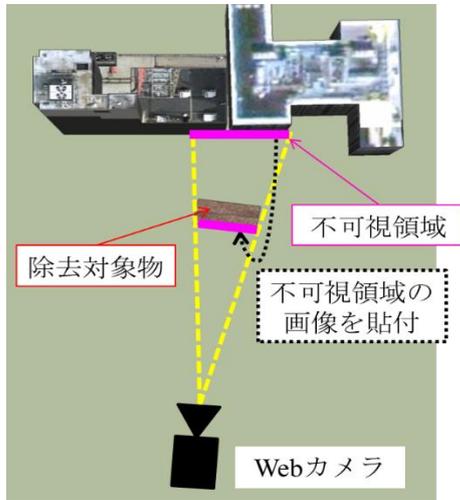


図-1 PCDRシステム動作メカニズムの平面図

(2) PCDRシステムのアルゴリズム

PCDRシステムのアルゴリズムフローを図-2に示す。PCDRシステムは、起動後、Webカメラ位置のGPS座標を入力し、Webカメラ画像中の特徴点と3次元点群データを用いて位置合わせ³⁾を行う。

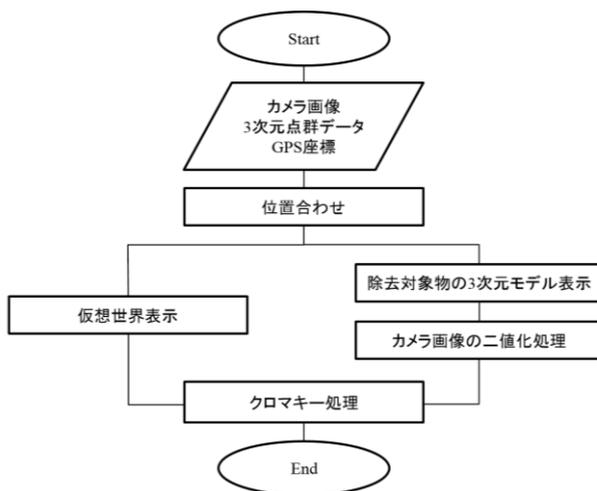


図-2 PCDRシステムのアルゴリズムフロー

位置合わせ後、仮想世界表示プロセスと、合成領域決定プロセスに分かれる。仮想世界表示プロセスでは、別ウィンドウで、位置合わせの行われた3次元点群データによる仮想世界を表示しておく。合成領域決定プロセスでは、カメラ画像に合成する仮想世界の合成領域を決定する。

まず、位置合わせ後、カメラ画像中の除去対象物には、除去対象物の緑色の3次元モデルが重畳される。この3次元モデルは、後の二値化処理の際、除去対象物領域を他の領域と区別するのに使用するため、緑色である必要がある。

次に、緑色の3次元モデルが重畳されたカメラ画像から、緑色の色要素のみを持った、緑チャンネルのグレースケール画像を取得する。取得したグレースケール画像に対して、輝度値が255より小さいピクセルを全て輝度値0とし、輝度値が255であるピクセルには変更を加えない二値化処理を加え、マスク画像を作成する。マスク画像において、緑色の除去対象物の3次元モデルが重畳された領域は白色になり、他の領域は黒色になっている。以上が合成領域決定プロセスである。

最後に、マスク画像の白色の領域のみを、位置合わせのおこなわれた背景画像として使用する3次元点群データから、カメラ画像にコピーすることで、Webカメラから不可視領域を、3次元点群データによる仮想世界で除去対象物領域に合成し、DRが実現する。PCDRシステムは、位置合わせの際に3次元点群データと対応付けられた特徴点をカメラ映像に追隨して、トラッキングをおこなうので、視点の移動にも対応している。また、仮想世界として使用する3次元点群データの色調を調整する機能も実装しているため、現実世界と仮想世界との光学的整合性をとることが可能である。

(3) PCDRシステムの制約条件

PCDRシステムの屋外検証実験をおこなう際、考慮しなければならない制約条件を以下に列挙する。

a) 除去対象物の背景の3次元点群データが取得されていること

除去対象物の背景の3次元点群データが十分に取得されていない場合、3次元点群データのみでは、現実世界との幾何学的整合性のある仮想世界の作成が難しいため、3次元モデリングで補う必要がある。そのため、背景の3次元点群データが十分に取得されているような位置関係である、除去対象物とWebカメラの視点の位置を選定する必要がある。

b) Webカメラの視点と除去対象物の間に障害物が存在しないこと

Webカメラが除去対象物をとらえる際に、除去対象物より手前に樹木等の障害物が存在する場合、背景画像を

重畳することによって、手前に存在する樹木が部分的に見えなくなってしまい、幾何学的整合性が失われる可能性がある。適切な景観検討をおこなうためには、Webカメラの視点と除去対象物の間に障害物の存在しない場所を選定する必要がある。

c) 3次元点群データを用いての位置合わせをおこなうことが可能であること

PCDRシステムは3次元点群データと自然特徴点とを対応付けて位置合わせをおこなうため、Webカメラは、位置合わせの対象とする構造物をとらえ続ける必要がある、なおかつその構造物の3次元点群データが取得されている必要がある。

3. PCDRシステムの検証実験

2章で述べた制約条件をふまえ、PCDRシステムの屋外検証実験対象地を、大阪大学吹田キャンパス構内において選定した。実験対象地については、実験時に3次元点群データの取得されている建物が背景に位置するような、除去対象物およびカメラ視点を選定した。実験対象地を大阪大学吹田キャンパス21世紀プラザおよびサイバーメディアセンター周辺とし、除去対象物をサイバーメディアセンターとした。図-3に実験対象地の航空写真を示す。3次元点群データの取得されている21世紀プラザおよびレーザーエネルギー学研究センターが背景に位置するように、サイバーメディアセンターを除去対象物とした。また、21世紀プラザの3次元点群データを用いて位置合わせをおこなうことから、Webカメラは、除去対象物であるサイバーメディアセンターと21世紀プラザをとらえる必要があるため、Webカメラの視点の位置を大阪大学吹田キャンパス銀杏会館の3階とした。実験時のWebカメラの視点および方向は、図-3のWebカメラの位置から、赤の点線方向である。また、21世紀プラザとレーザーエネルギー学研究センターの、仮想世界として使用する3次元点群データの領域を、図-4の紫線で示す。図-4の黄色の領域は、実験時にWebカメラが除去対象物をとらえる際に、除去対象物の背後にあって見えなくなる不可視領域である。

Webカメラの視点から除去対象物をとらえたときの画像を図-5に示す。仮想世界として使用した21世紀プラザおよびレーザーエネルギー学研究センターの点群データの一部を、図-6に示す。地面部分の3次元点群データは取得していなかったため、3次元モデリングによって仮想世界の補正をおこなった。除去対象物領域に3次元点群データで構成される仮想世界を重畳したDRシミュレーション結果を図-7に示す。PCDRシステムは屋外の大規模構造物を対象としたDRを実現できることが確認さ

れたが、除去対象物の前面に樹木等が存在する場合は、樹木等が部分的に見えなくなるという課題も発見された。

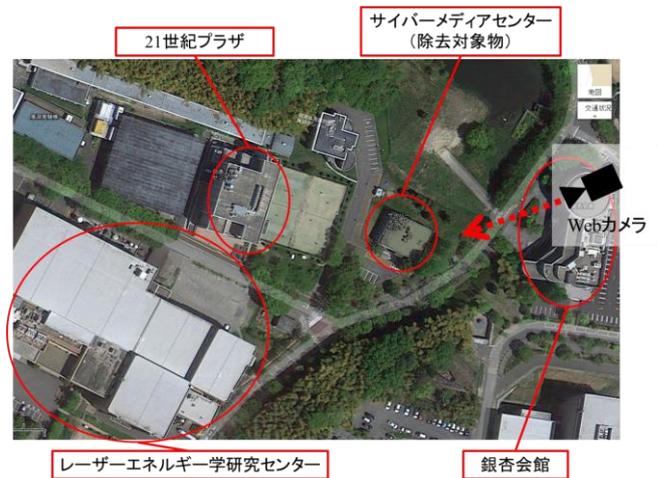


図-3 実験対象地周辺 (Google Mapsより 著者が加工)

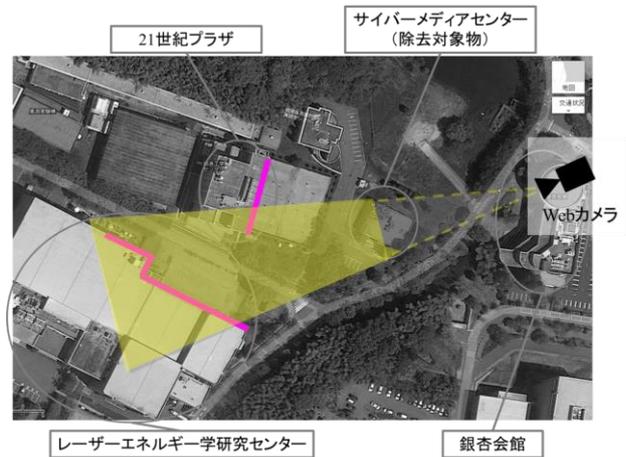


図-4 不可視領域および点群データ領域



図-5 Webカメラ画像

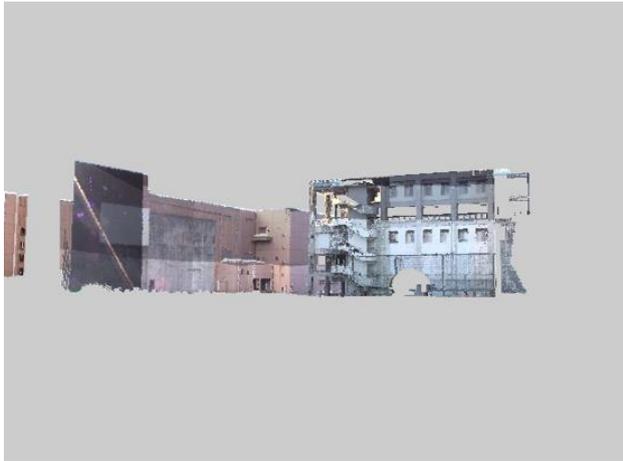


図-6 点群データで構成される仮想世界



図-7 DRシミュレーション結果



図-8 新設ARシミュレーション結果

発展的検証実験として、DRシミュレーションをおこなった後、除去対象物が除去された場所に新規構造物を建設するシミュレーション実験もおこなった。新設シミュレーション実験では、PCDRシステムの検証実験で利用した対象地において、除去対象物除去後の跡地にモノ

レール駅を建設することを仮定した。新設シミュレーション結果を図-8に示す。PCDRシステムは、建物の解体、撤去後の新設シミュレーションを行うことも可能であることが示されたが、木々など新設構造物より手前に表示されるべき物体が見えなくなるという課題が発見された。この課題に対しては、木々の3次元点群データの位置情報を利用し、新設構造物と木々の前後関係を識別することで、適切な前後関係での表示が可能であると考えられる。本実験時は、木々の3次元点群データを取得していなかった。

4. 結論

本研究では、屋外の大規模構造物を対象としたリアルタイムレンダリング方式のDRシミュレーションシステム「PCDRシステム」を開発した。本研究の結論は以下の通りである。

- ・本研究で開発したPCDRシステムによるDR手法により、現在のAR手法では適切な検討が難しい、屋外の大規模構造物の解体、撤去を想定した、幾何学的整合性のとれた景観検討が可能であることが確認された。
- ・PCDRシステムによるDR手法は、建物の解体、撤去後の新設構造物のARシミュレーションに適用可能である事が確認された。

今後は、除去対象物の手前に別の物体が存在する場合、その一部が見えなくなるという問題や、仮想世界と現実世界の色調の違いといった問題を解決していきたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、関西工事測量株式会社から多大なるご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省所管公共事業における景観検討の基本方針，
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/13/130330/01.pdf> ，
(2013.2.6 参照)
- 2) V. Lepetit and M. -O. Berger : A Semi-Interactive and Intuitive Tool For Outlining Objects in Video Sequences With Application To Augmented and Diminished Reality, Proceedings of the International Symposium on Mixed Reality, 2001.
- 3) N.Yabuki, Y.Hamada and T.Fukuda : Development of an Accurate Registration Technique for Outdoor Augmented Reality Using Point Cloud Data, ICCCB, Moscow, 2012.