

タブレット端末を用いたマーカーレスARシステムの開発

伏見 光

概 要

近年、スマートフォンやタブレット端末の性能向上に伴い現実世界の映像にCG等を重畳して表示するAR(Augmented Reality)技術は急速に機能向上が図られ、普及が進んでいる。著者らはその中でも、GPSやマーカーを必要とせずに位置認識を行うことが可能な「マーカーレスAR」に着目し、建設現場での利用に向けた検証を行い、タブレット端末上でBIM(Building Information Modeling)データを重畳表示するシステムの開発を行った。本報告では、開発したアプリケーションに関する機能、及び実際の建設現場において検証を行った結果について報告する。

検証では、実際の業務で利用されているBIMデータをAR表示用データに変換し、タブレット端末上で重畳表示することが可能であることを確認した。また、意匠モデル、及び設備モデルの重畳表示を行い、直感的に現場とBIMデータとの比較を行えることが確認できた。

Development of Markerless AR System Using Tablet Device

Abstract

In recent years, as the performance of smartphones and tablet devices has improved, the function of AR (Augmented Reality) technology, which superimposes CG etc. on real-world images, has been rapidly improved and is becoming widespread. The authors focused on "Markerless AR," which can perform position recognition without requiring GPS or markers, verified its use at construction sites, and developed a system to superimpose BIM (Building Information Modeling) data on tablet terminals. This report describes the functions of the developed application and the results of verification at actual construction sites.

In the verification, it was confirmed that the BIM data used in actual business operations can be converted into data for AR display and displayed in a superimposed manner on the tablet terminal. In addition, the design model and the facility model were superimposed, and it was confirmed that the comparison between the site and the BIM data could be done intuitively.

キーワード: BIM, AR

§1. はじめに

AR (Augmented Reality: 拡張現実) は、OS 標準のプラットフォームとして Apple の ARKit が 2017 年に、翌 2018 年には Google の ARCore が相次いでリリースされ、タブレットやスマートフォン等の携帯端末における高機能化が進んでいる。特に、これらのプラットフォーム上でサポートされる「マーカース型 AR」は、GPS 信号等の外部信号を必要とせず、カメラ画像と IMU を統合することで、屋内においてもマーカに頼ることなく高精度な位置認識を実現するものである。筆者らは、この「マーカース型 AR」に着目し、特に ARKit を用いて検証を進めてきた。一方で、建設業界においては、BIM (Building information Model) による 3次元設計データの普及が進んでおり、当社においても BIM による設計を行う案件が年々増加している。BIM データを AR で建設現場に重畳表示することで、現場の状況と設計データを一目で比較、確認することが可能となり、生産性の向上につながる事が期待される。

本報告では、当社標準の BIM アプリケーションである Revit で作成した BIM データを建設現場で重畳表示するアプリケーションの開発を行い、現場での検証を行った結果について報告する。

§2. ARシステムの概要

2.1 システム構成

開発したシステムは、BIMソフトで作成したモデルをAR表示用に変換する機能を持ち、Windows上で動作する”コンバータ”と、そのデータのAR表示を行うiOSアプリケーションである”ビューア”で構成される。コンバータでは、BIMデータを読み込み、初期位置合わせに用いるマーカ座標の設定を行うと共に、ビューア用のデータへの変換を行う。そのデータをビューアに取り込み、あらかじめ設定した座標上に設置したマーカを読み込むことでAR表示を行う。システム構成の概要を図1に示す。



図1 ARシステムの構成

2.2 動作環境

現場でのAR表示に利用するビューアは、現場の職員に広く普及しているiPadでの使用を想定し、iOSアプリケーションとして開発を行った。アプリケーションの開発にあたっては、3次元アプリケーションの開発に於いて一般に広く普及しているUnityを開発環境として使用した。対象としたプラットフォームを表1に、検証に用いたiPadのスペックについて表2に示す。

表1 開発環境

対応OS	iOS 13
開発環境	Unity 2018.2.17fl
ARフレームワーク	ARKit 3.5

表2 検証端末スペック

モデル	iPad Pro(10.5インチ)
OS	iOS 13.5.1

§3. 現場での検証

3.1 検証内容

作成したアプリケーションの有効性を確認するため、BIMを用いて設計を起こった当社の施工案件について、実際に建設現場での検証を行い、主に以下の項目について確認した。

(1) BIMモデルからAR(Unity)モデルへの変換手順

当社の標準BIMソフトであるRevit形式のBIMデータ(“.rvt”ファイル)をAR表示用のモデル(Unityモデル)に変換する際の手順について、実際の業務において使用されているBIMモデルを用いて確認した。

(2) 建設現場におけるモデル重畳表示

建設現場に於いて意匠、及び設備配管モデルの重畳表示を行い、現場の状況とBIMモデルを直感的に比較可能であるかを確認した。

(3) ARによるモデル表示精度

ARKitを用いたマーカーレスARでは、移動量に応じて位置認識に誤差が生じることが知られている。実際の建設現場内に於いて、どの程度の誤差が生じるかを確認した。

3.2 BIMモデルからARモデルへの変換

Revit形式のファイルはUnityで直接扱うことができない。そのため、3次元データの相互運用における標準的な中間フォーマットであるFBX形式に一旦変換した後、コンバータを用いてUnityモデルへ変換する方法をとった。その具体的な手順を以下に示す。

(1) Navisworksへの取り込み

Revitには標準機能としてFBXファイルへの出力機能が備わっており、当初Revitから出力したFBXファイルを用いてUnityモデルへの変換を試みた。その結果、各要素の表示色、及び指定されたマテリアルが反映されないという問題が生じた。検証の結果、RevitファイルをNavisworksに取り込んだ後、NavisworksからFBXファイルを出力したところ、問題が発生しないことを確認した。なお、Autodesk社からは、この問題への対処方法として、3DSMaxを経由する手法が示されている²⁾が、今回の検証では問題を解決することが出来なかった。Revit、及びNavisworksから出力したFBXファイルをUnityモデルに変換した際の状況を図2に示す。

(2) BIMファイルの切り出しとFBXファイルへの出力

今回の検証では、Navisworks取り込み後のサイズで約120MBの意匠モデルを使用した。このモデル全体をFBXとして出力した際のサイズは約240MBと非常に大きなものとなった。このモデルをそのままUnityモデルに変換して利用した場合、アプリケーションの動作負荷が非常に大きく、表示が追い付かないなどの問題が発生した。その為、FBXに出力する範囲を制限する作業が必要となった。NavisworksでのFBXファイルの出力内容は、各要素の非表示設定と連動する仕様となっているため、FBXファイルへの出力前に、不要な要素に対して非表示の指定を行う操作を行った。この操作は、衛生設備やインテリアなど、属性毎に一括して指定が可能な場合は、「タイプ」プロパティにて検索、選択後に一括して行った(図3)。それ以外の要素については、個別に選択し非表示設定を行った。検証に用いたモデルはフロア毎に分割し、検証にあたり不要な要素を個別に出力対象外とした(図4)。

出力したFBXファイルをコンバータに取り込み、Unityモデルへの変換を行ったところ、モデルのX軸、Y軸が共に180度反転する現象が見られた(図5)。この現象はRevitから出

力したFBXファイルでは発生しないため、アプリケーションの不具合ではなく、両者の出力するFBXファイルの仕様に何らかの差異が有るものと考えられる。FBXファイルについては内部仕様が公開されていないため原因の特定は困難であり、解消することが出来なかった。その為、座標値の設定やマーカーの設置を行う際に全て方向を逆転させて対応した。



図2 Unity取り込み時の表示色反映状況
(BIMでの表示(上)、Navisworksからの出力(左下)、Revitからの出力(右下))

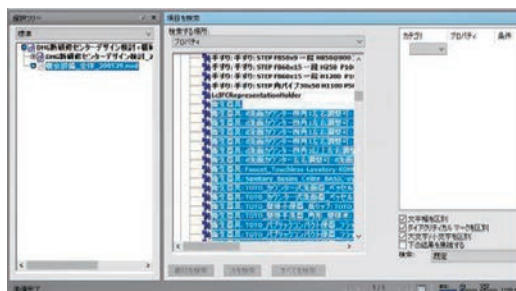


図3 「タイプ」プロパティによる非表示設定

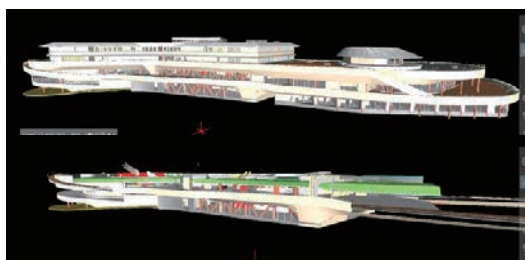


図4 切り出し前(上)と切り出し後(下)のモデル

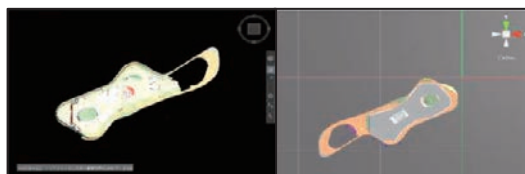


図5 NavisworksからUnityに取り込んだ際の座標軸
(共に画像上がY軸+(北)方向)

(3) 位置合わせ座標の設定

三次元モデルを現場に重畳表示する際、位置合わせを行うため、現場内の座標とモデル上の座標の紐づけを行う必要がある。コンピュータ上でモデル変換を行う際、特定の座標を位置合わせ座標として登録し、その場所に設置したマーカーを読み込むことで位置合わせを行う仕様とした。その際設定する座標は、取り込んだBIMモデルの原点からのオフセット値で設定するものとした(図6、図7)。今回の検証では、現場内で正確に座標を特定できる地点として、地墨(逃げ墨)の交点を利用した(図8)。オフセット値の取得は、Autodesk社の公開情報³⁾に従い、Navisworksの「計測ツール」機能を利用して取得した。なお、床面はスラブの状態であったため、高さ方向の座標に関しては、FL墨から床スラブまでの寸法を計測し、設定した。



図6 Navisworks上での座標取得



図7 コンピュータ上での座標設定

3.3 モデルの重畳表示

(1) 意匠モデル重畳表示

意匠モデルのAR表示を行い、表示されたモデルと実際の現場の施工状況との比較を行った。実際にモデルを表示した様子を図9に示す。使用したモデルは建物の実寸サイズであるため、端末画全体にモデルが表示され、直感的に見比べることが困難であった。画面上で現場の状況とモデルを両方確認可能とするため、表示するモデルの透過度を設定可能とし、リアルタイムで変更する機能を実装し、検証した。透過度を変化させながらモデルを表示した様子を図10に示す。モデル表示位置に若干のズレは見られるものの、その場所が将来どのような姿になるのかをイメージする用途であれば十分利用可能であることが確認できた。



図8 地墨交点へのマーカー設置状況

(2) 設備(配管)モデル重畳表示

次に、躯体のモデルだけでなく、設備モデルについても重畳表示を行い、検証を行った。設備モデルはRevitではなくTfasで作成されており、Navisworksに取り込んだ上で躯体モデルと同様の手順でモデル変換を行った。設備モデルは躯体モデルの中に入り込んでおり、同時に表示すると干渉するため、表示するモデルを選択する機能を実装し、設備モデルのみを表示することが出来る仕様とした。設備モデルのみを重畳表示した様子を図11に示す。意匠モデルと同様多少のズレは生じるものの、鉄骨のスリーブと配管の位置関係を概ね把握可能であることが確認できた。スリーブ位置の詳細な計測用途での利用は難しいものの、「所定の位置にスリーブが存在するか否か」レベルの確認には利用可能であると判断できた。

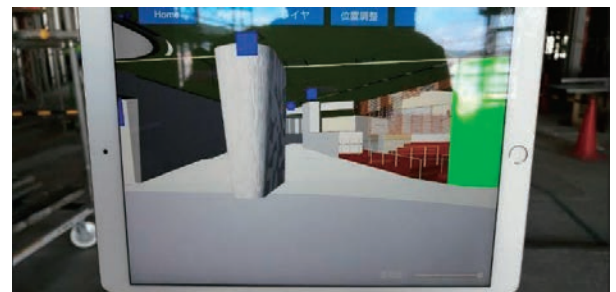


図9 躯体モデルの重畳表示(透過無)

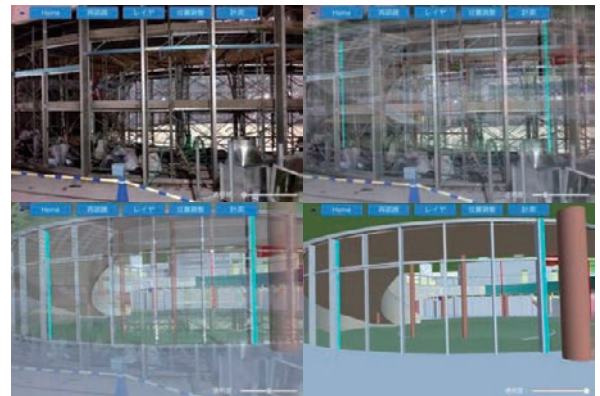


図10 躯体モデルの重畳表示(透過有)

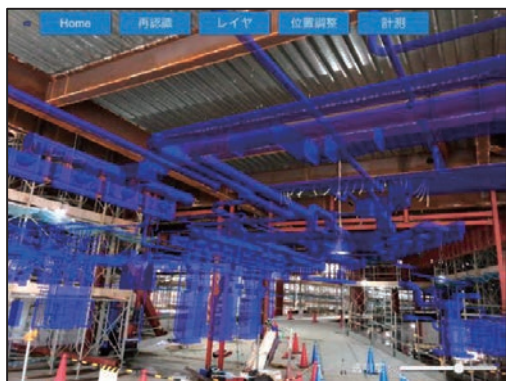


図11 設備モデルの重畳表示

(3) 表示精度

ARKitを利用したAR表示の位置精度に関して、筆者らは過去に簡易なモデルを用いた事前検証を行い、移動するに従って誤差が生じ、その値は移動距離に比例して増大することを報告した³⁾。今回の検証においては、建設現場においてBIMモデルを表示した際にどの程度の誤差が発生するかを確認した。検証では、AR表示を行った状態のまま徒歩で移動し、モデル表示のズレ具合を目視で確認した。その結果、移動距離24.5mに対して、およそ0.875m(≒3.57%)のズレが発生した。これは既報の実験結果と概ね同じ結果であった。移動後の位置ずれの状況を図12に示す。

3.4 検証結果に対する考察

本検証の結果、建設現場に於いてBIMモデルの重畳表示を行うことが可能であることが確認出来た。一方で、課題も明らかとなった。代表的な物を以下に示す。

(1) モデルの仕上げ質感

今回使用した意匠モデルでは、仕上げの詳細が決定していない部材については、便宜上「赤」や「緑」等仮の表示色が設定された状態であった。特に着工後早い段階ではこういった状況が想定されるため、仕上げも含めた確認を目的として使用する際は、あらかじめ仕上げの状態をモデルに反映する作業が必要である。今回検証に使用した意匠モデルと、仕上げ状態を反映したモデルを図13に示す。

(2) 処理負荷による発熱と動作不良

外気温が35℃を超える状態で長時間検証を行った際、端末が高温となり、動作が不安定となるケースがあった。AR機能自体が多くのリソースを必要とする処理であり、大規模なモデルを表示した場合非常に高負荷な処理となっていることが考えられる。外気温の高い状態での利用時は、連続で長時間の使用を行わないなど、運用面での対処が必要となる。

(3) 現場内でのビューア使用時の安全性

検証中、端末を持ったまま移動した際、足元への注意が疎かとなり、危険を感じるケースがあった。特にモデルの透過度を低く設定した状態では周囲の確認が出来ず非常に危険であった。安全のため、利用時は事前に周囲の安全を確認し、画面を見ながらの移動は行わない運用が必要である。

(4) モデル位置合わせ手法

現在の仕様では、表示するモデルの初期位置合わせのため、マーカーを設置する必要があり、事前に座標設定、及びマーカーの設置が必要となる。高精度な位置合わせが可能である反面、準備に相応の工数が必要となり、実用性の面で大きな課題である。今後、より簡便な位置合わせ手法の検討が必要である。



図12 24.5m移動後の位置ずれ状況



図13 仮の表示色が設定されたモデル(上)と仕上げ状態を反映したモデル(下)

§4. まとめ

本報では、BIMモデルを建設現場で重畳表示するアプリケーションの開発、及び実際の現場での検証を行い、以下の知見を得た。

- (1) BIMモデルを適切な手順に従ってFBX形式で出力することで、マテリアルを損なうことなくUnityアプリケーション上で扱うことが可能である。
- (2) 最新のモバイル端末とARフレームワークを利用することで、建物レベルの大きさを持つモデルを利用したマーカレスARが実現可能である。
- (3) モデルの表示精度には移動距離に比例して誤差が発生するため、精密な計測用途には不向きである。一方で、完成後のイメージを現場で直感的にイメージする手段として有用である。

ARKitをはじめ、ARに関する技術は日々進歩しており、モバイル端末についても年を追うごとに性能が向上している。特に、先ごろ発売された最新のiPadでは、光学カメラと比較して格段に高精度な位置認識を可能とするLiDAR(Light Detection and Ranging)が搭載されている。これらの先進技術を活用することで、さらなる表示精度、安定性の向上が期待される。そういった先端技術をいち早く取り入れつつ、今回得られた知見をもとに、現場での活用に向けたさらなる機能開発を図っていきたい。

本文中に記載されている会社名・商品名等は各社の商標および登録商標です。なお、本文および図表中では、「™」、「®」は明記しておりません。

- ・iPad Pro、ARKitはApple, Inc.の登録商標です。
- ・Android、ARCoreはGoogle, Inc.の登録商標です。
- ・UnityはUnity Technologiesの登録商標です。
- ・Revit、NavisworksはAutodeskの登録商標です。
- ・TeklaはTrimble Solutions Corporationの登録商標です。

参考文献

- 1) 3ds Maxを介してRevitからUnityにテクスチャを含むモデルを書き出す方法
<https://knowledge.autodesk.com/ja/support/3ds-max/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/JPN/How-to-export-a-model-with-textures-from-Revit-to-Unity-via-3ds-Max.html>、閲覧2020.9.27
- 2) Navisworksで要素または点の座標と高さを確認する方法
<https://knowledge.autodesk.com/ja/support/navisworks-products/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/JPN/How-to-check-the-elevation-coordinates-of-an-element-or-a-point-in-Navisworks.html>、閲覧2020.9.27
- 3) 伏見光、石坂貴勲、大田真一郎:2018 タブレット端末を用いたマーカレスARの基礎検証、フジタ技術研究報告、第54号、p.23



伏見 光

ひとこと

ARに関する技術は年々進歩しており、今後もARに関する検証、検討を重ね、現場の生産性向上に寄与するシステムの開発に役立てたい