

ARによる三次元FEM解析結果の可視化

鹿島建設(株) 正会員 ○山口 麗華 上田 純広 山沢 哲也 大家 史

1. 背景・目的

CIM や三次元解析の発展により、土木分野においても三次元情報が増加・複雑化している。その中で、生産性向上の観点から、形状に留まらず、設計情報や解析情報を現地で確認したり、現場や実験の計測結果を現地で比較・分析したりするための簡単に誰でも使える可視化手法が必要である。

そこで本研究では、カメラに映る現実世界にCG (Computer Graphics) などの情報を重畳することで、仮想的に現実世界を拡張するAR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術¹⁾を用いて、CIMモデルと三次元FEM解析結果をiPadで表示可能なアプリケーションの開発を行った。本報告では、その開発手法と、二重鋼管グラウト接合部載荷実験を対象として、開発したアプリケーションにより、CIMモデル・三次元FEM解析結果を試験体に重畳させ、比較・検討を行った検証結果について報告する。

2. 開発アプリケーション

2. 1 概要

開発したARアプリケーションでは、CIMモデルと三次元FEM解析結果を可視化対象としている。AR技術が大きく発展したゲーム分野と比較すると、土木分野では可視化対象や現場の規模が大きく、扱う情報が複雑である。また、地下や山岳地などの非GPS環境での使用が想定される。これら土木特有の課題に対応するため、大規模な可視化対象においても移動しながらのARが可能となるよう「ジャイロ・加速度センサを用いたiPadの位置・姿勢追従」、「FEM解析結果をARに適用出来るよう三次元モデル化、GPSに依存しない自然特徴量(水平面認識)による位置合わせ」をアプリケーションに実装した。

開発には、三次元ゲームエンジンであるUnity (Unity Technologies社)を用いて行い、iPadの位置・姿勢追

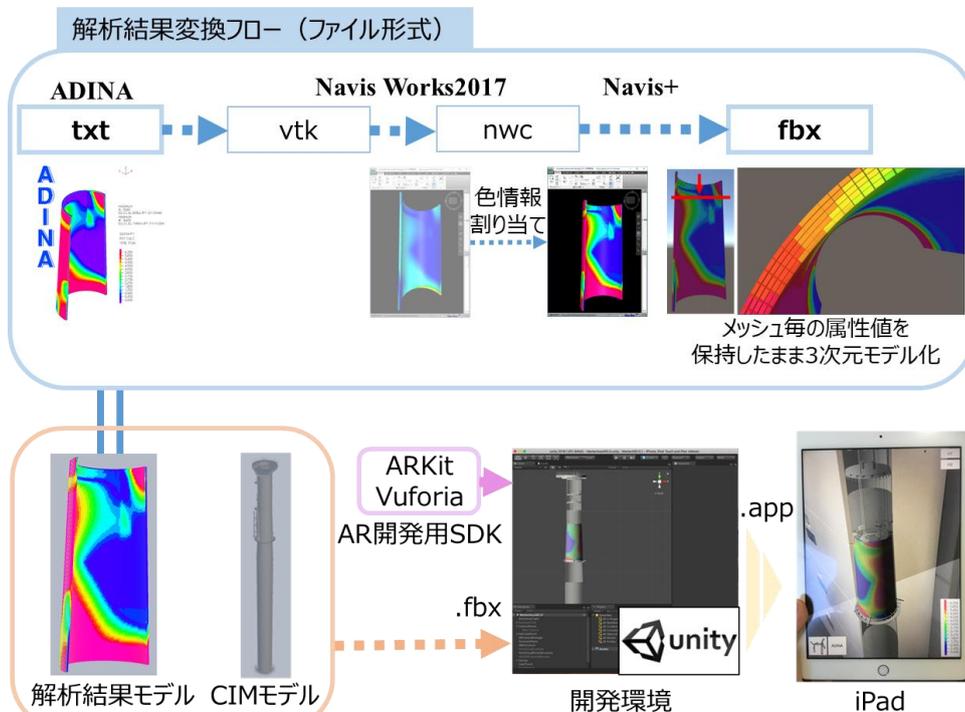


図-1 開発フロー



図-2 AR適用の様子

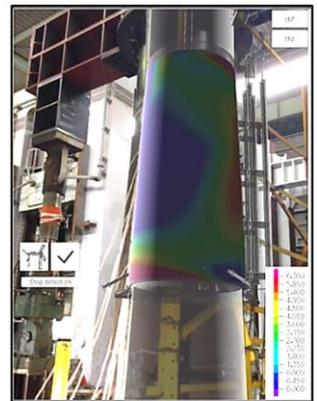


図-3 AR重畳結果

キーワード AR、拡張現実、可視化、三次元解析、三次元モデル、CIM、VTK

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部解析技術部 TEL03-6229-6326

従、モデルの位置合わせの機能については、モバイル端末 AR 開発用の SDK (Software Development Kit) である Vuforia (PTC 社) と AR 開発用フレームワークである ARKit (Apple 社) をベースに構築した。

2. 2 FEM 解析結果の三次元モデルへの変換

三次元FEM解析については、事前にFEM解析プログラムのADINAによって、材料・境界非線形解析を実施し、主応力分布の結果をテキスト形式で出力した。解析メッシュ毎の形状と属性値を保持したまま、開発環境のUnityで扱える三次元モデルとするためには、FBX形式に変換する必要がある。FEM解析プログラムから、直接FBX形式に書き出すことは不可能なため、図-1のフローで変換を行った。テキスト形式で出力した解析結果を、三次元モデルの可視化に汎用なフォーマットであるVTK (Visualization Toolkit) に変換した後に、Navisworks (Autodesk社) に取り込んだ。その際、メッシュ毎の解析結果は保持されるが、その値の分布を示すADINAで予め定めたコンターの色情報は継承されない。そこで、NavisworksをベースとしたアドオンソフトであるNavis+ (CTC社) を使用してモデルに色情報マテリアルの再割当てを行った後に、FBX形式で出力した。

3. 現場検証

3. 1 概要

開発したアプリケーションをiPadに予めインストールし、二重鋼管グラウト接合部の載荷実験において、CIMモデル・三次元FEM解析結果のAR表示、試験体への重畳に関して検証を行った。本実験は、二重鋼管を接続するにあたり、設計・解析手法の妥当性を確認するための構造実験である。現地では、iPadで開発アプリを起動し、カメラを地面にかざすように動かすことで平面認識した後に、CIMモデル・三次元FEM解析結果をAR表示し、試験体に重畳させた(図-2)。そして、グラウト接合部のひび割れが生じやすい箇所を確認しながら載荷実験を行った。

3. 2 結果

実験場は室内で、屋外と比較して暗い環境であったが、地面の水平面認識が可能であり、ARによるCIMモデル・三次元FEM解析結果の表示と試験体への重畳表示ができた(図-3)。そのため、実際に外観からは確認できないグラウト接合部の解析結果を、CIMモデルと重ね合わせて、試験体と照らし合わせることで、試験体がCIMモデルのどこにあたるかを確認することができた。

しかし、一度試験体へAR重畳を行ってからiPadの位置・姿勢を変化させると、試験体とAR重畳させたモデルがずれる不具合が生じた。

3. 3 考察

本研究では、生産性向上の観点から、設計情報や解析情報を現地(現場)で視覚的に確認する手法として、iPad上でCIMモデルと三次元FEM解析結果のAR表示可能なアプリケーションを開発した。そして、その有用性を確認するために現場検証を実施し、CIMモデル・三次元FEM解析結果のAR表示と試験体への重畳が可能であることを確認した。本研究で開発したシステムは、解析結果と実際の実験状況とを比較・検討することが可能であり、一方で位置合わせの不安定さが課題となった。

4. おわりに

今後の取組みとして、位置合わせを安定させるために、マーカーを使った手法を試行する。また、施工中に計測結果と解析結果の比較検討を行うために、ARによる計測結果のリアルタイムな可視化に取り組む。

謝辞: 本研究の実証にあたり JFE テクノリサーチ(株)房前氏、軽部氏、山口氏をはじめとする各位にご協力頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 矢吹信喜: 土木建設分野における VR/AR の活用に関する研究と実務への適用, 計測と制御, 55(6), pp.483-488, 2016