

8. 3D スキャナを利用した BIM モデル作成とその活用

Using 3D Scanners BIM Modeling and Utilization

森本 洋司*¹ 迫 宏一郎*¹ 奥田 大輔*² 一天満谷 奈緒子*² 村上 峻一*²

要 旨

築 36 年の文化センターの改修工事において、3D スキャナ計測を行い、そのデータを利用して BIM モデルを作成した。作成した BIM モデルを用いて、事業主や設計者との合意形成、既存部材と新設部材の干渉チェック、改修手順・納まりの検討、ホール内部足場の検討などに活用した内容について報告する。

キーワード：改修工事／3D スキャナ／BIM モデル／文化センター

1. はじめに

本工事は、1985 年竣工の文化会館の改修工事である。大・中・小の 3 つのホール（総座席数 2,144）を有する文化会館である。主な改修内容は、大ホール・中ホールの耐震天井化、ホール座席の更新、エレベーター 1 基の新設、設備の更新、および外壁タイルの補修である。

既存の設計図、改修設計図はあったが、工事着手にあたり、以下の条件からホールの改修工事において、3D スキャナでの実測と BIM モデルの活用を行うこととした。

- ・図面等、正確なデータが残っていない（1985 年竣工）
- ・新設ホール天井は複雑な形状・納まりである。（図-3、図-4）
- ・耐震天井化では既存部材に新規部材を取付ける計画。
- ・天井内ダクトと鉄骨等を部分的に残して利用する計画。

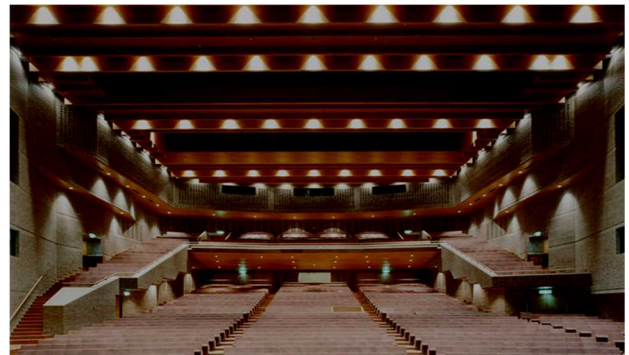


図-1 改修前大ホール



図-2 改修後大ホールパース

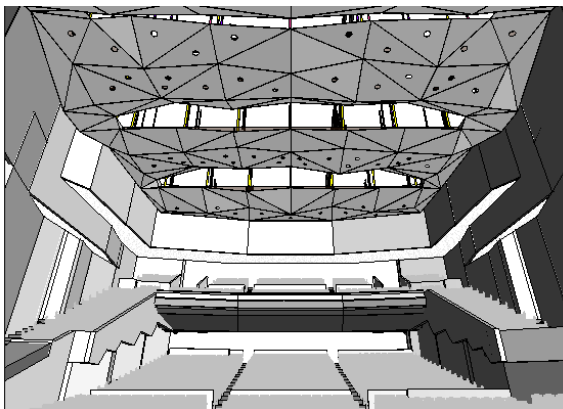


図-3 改修後大ホール BIM モデル

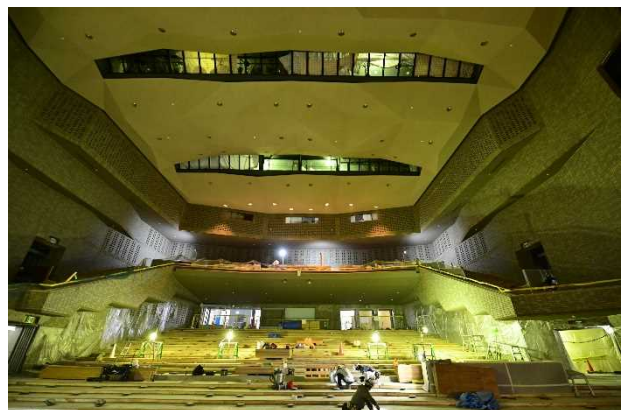


図-4 足場解体後大ホール

*¹ 大阪本店建築部

*² 本社建築事業本部 BIM 推進室

（執筆時の所属）

2. 工事概要と体制

工事概要を表-1に示す。本建物は、SRC造、地下1階、地上4階、延べ床面積16,144㎡、軒高さ28.5mの文化会館である。工期は、2019年3月27日～2020年7月31日であるが、6月末まで当該文化会館は開館しており、その3ヶ月の間に休館日等を利用して、現地調査を行い、準備をすすめる必要があった。

3Dスキャナ計測やそこからのBIMモデル化に関しては、当社建築としても初めての取り組みということもあり、BIM推進室支援のもと実施した。体制を図-5に示す。

表-1 工事概要

工事名称	名称・場所：(省略)
工事場所	名称・場所：(省略)
発注者	発注者・設計監理者：(省略)
設計・監理者	設計・監理者：(省略)
施工者	施工者：浅沼JV／請負金：(省略)
請負金	請負金：(省略)
工期	2019年3月27日～2020年7月31日
主要用途	文化会館 大ホール1,397席・中ホール492～622席 小ホール 他諸室
構造・階数	SRC造/S造 地下1階 地上4階 軒高さ28.5m 延床面積16144㎡
主要工事内容	機能保全更新 大ホール・中ホールの耐震天井化、座席の更新(大・中・小ホール) 設備の更新、エレベーター2基更新及び1基新設、トイレ更新 外壁タイル、大ホール内壁タイル補修

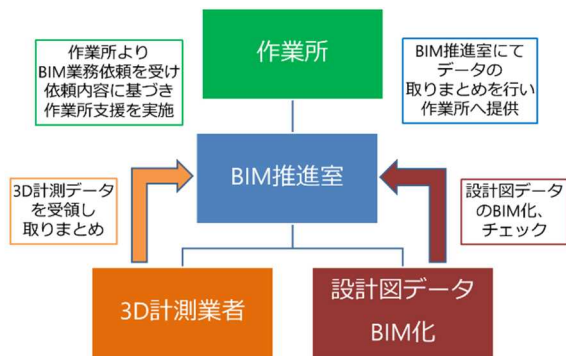


図-5 BIM 取組体制

3. 実施状況と結果

3.1 3Dスキャナ計測とBIMモデル化

3Dスキャナ計測とBIMモデル化を始めるにあたり、以下を目的とした。

- ・大ホール、中ホールの天井裏の既存鉄骨の耐震補強を行うために、現状の既存鉄骨部材の位置・形状状態の把握を行い、補強の納まりを検討
- ・既存を一部利用する天井内設備更新のため、既存天井内ダクト・配管の位置・形状を把握し、新設の鉄骨との取り合い、既存配管等の残置、新設の取り合いを検討

- ・ホール内部の既存部分の内壁および天井、床の段差仕上がり状況の現状位置を把握し、内部足場の検討や座席の配置検討に利用

(1) 3Dスキャナ計測

3Dスキャナ計測とは、1秒間に数千～数十万発のレーザー光を全周360°に発射し、反射光が戻ってくる時間とレーザーの照射角度から、地形や構造物の三次元データを取得するノンプリズムの非接触計測である。3Dレーザースキャナにより取得するデータは、点群データと呼ばれ、測定点ごとのX,Y,Z座標、デジタルカメラ画像によるRGBの色の要素と照度である。

従来の「単点」の測量・計測と違い、対象物を「面的」に計測でき、図化やモデリング、新設・リニューアルの検討や維持管理等様々な分野で活躍し始めている。

今回使用した機器は、FARO社製 Focuss 70/150/350である。その機器仕様を表-2に、計測イメージを図-6に示す。

今回の工事では、天井吊り材の現地測量が重要事項の一つであった。大ホール内部およびその天井裏の測量では、2台のレーザースキャナ機器を用いて、231箇所に機器を据え付けて、2日間、計8人工で行った。天井裏は、天井解体前に、キャットウォークに機器を設置して測定を実施した。天井吊り材の一部がキャットウォークの影となり、一部測量ができなかった。

以上のことから、費用・時間は要したが、天井解体前と後の2回、3Dスキャナによって測量を行うべきであった。

表-2 3Dスキャナ機器仕様

機器名	Focuss 70/150/350(FARO社製)
測定距離	0.6 ～ 70/150/350m
測定速度	最大 976,000点/秒
範囲誤差	±1mm
本体重量	4.2kg
他	IP54規格準拠 防塵・防水性能 HDRカメラ搭載 レーザークラス：1R

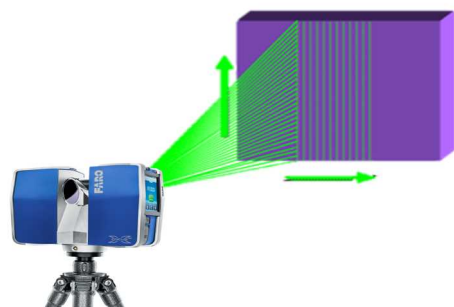


図-6 3Dスキャン計測のイメージ

取得した点群データの合成を計測業者（クモノスコープレーション）によって行った。データの合成には約 14 日間を要した。大ホールの点群データから切り出した画像を図-7 に示す。

なお、3D レーザースキャナ計測を行う際には、原点の決定（通り芯、レベル）が重要である。本物件では、原点の決定を行ったあとも、点群データから得られたモデルの確認会を実施し、細かい位置調整を行った。

また、点群データはそのままでは非常に大きなデータ容量となるため、通常作業所に配布されている 32bit の PC では扱えない。BIM 推進室で保有している通常より少しハイスペックの PC（64bit、32GB）でも支障なく扱えるように、可能な限りデータ容量を小さくした状態での納品を依頼した。

（2）BIM モデルの作成

点群データから 3D スキャナ協力業者が BIM モデル化したものを図-8 に示す。合成された点群データから BIM モデルを作成するのに要した日数は約 35 日であった。

BIM モデル化は、3D スキャナ計測から得られた点群データをもとに、BIM モデル化を行うのに先行し、社内 BIM 推進室および 3D スキャナ協力業者とは別の BIM モデル作成協力業者と BIM 推進室で協業して、既存設計図面と改修設計図面からも BIM モデルを作成した。

大ホールを例として、3D 計測からモデリングまでに要した時間・費用等を表-3 に示す。

天井裏の鉄骨材や設備を従来通りの現地測量を行うと、これ以上の時間・費用を要したと思われる。3D スキャナ測量によって、現地調査に掛かる人工数の削減が図れた。

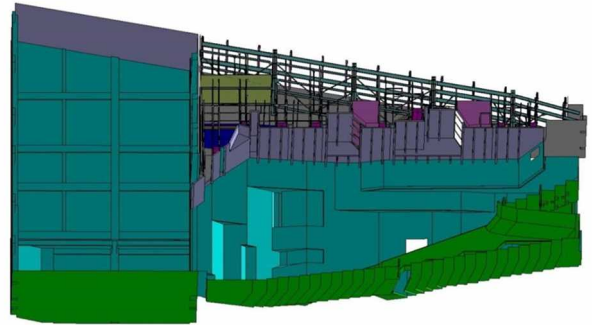


図-8 点群データからの BIM モデル化

表-3 3D スキャナ計測とモデル化の費用等

3D計測	日数:2日、人工:延べ8人工 使用機器台数:2台(延べ4台日) 計測機器設置カ所数:231箇所
点群データ処理	日数:約14日、費用:165万円
3Dモデリング作成	日数:約35日、費用:160万円

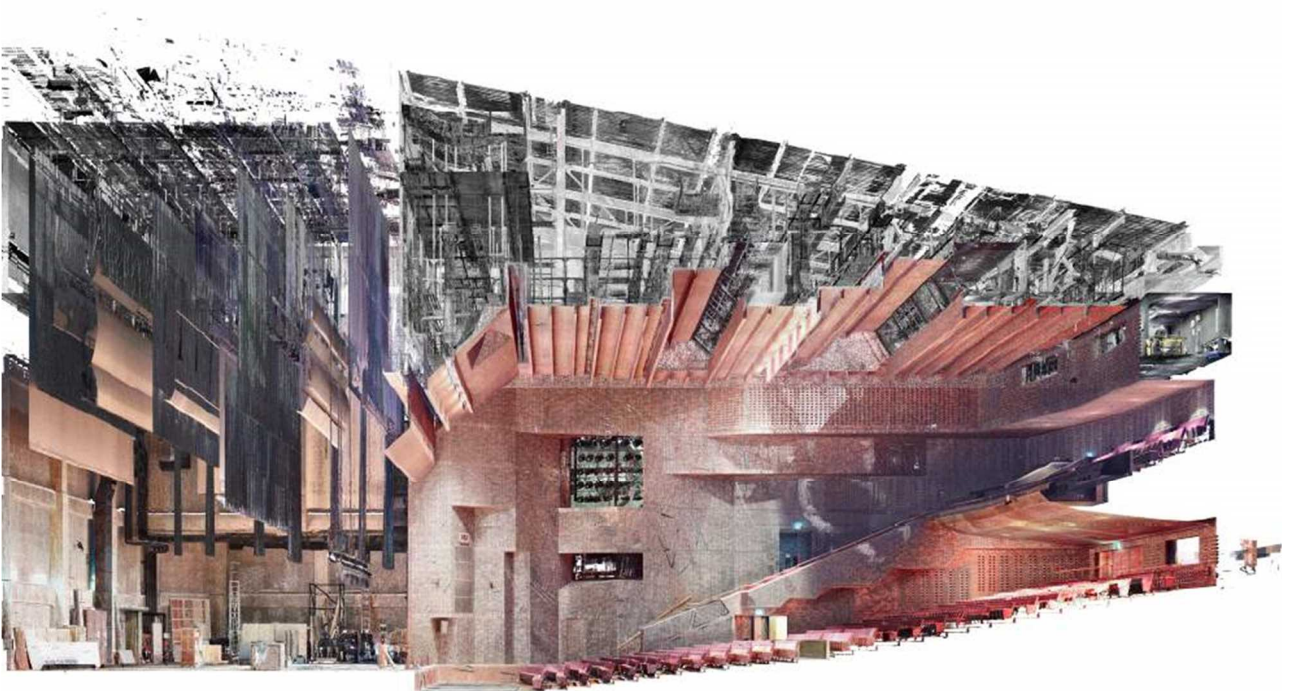


図-7 大ホールの点群データモデル

(3) 3D スキャナ計測活用における留意点

今回、3D スキャナ計測を活用し、以下のことが留意点としてあげられる。

- ・3D スキャナはあくまで人の目で見えている範囲でのデータ化となるため障害物があると人による実測も必要となる
- ・3D スキャナでの計測後の点群へのデータ化、点群からの BIM モデル化には時間を要し、費用もかかる。このことは、自動的に BIM モデルへの変換のための各種ソフト開発が進んでいると聞いており、それを期待している。
- ・点群データを元に BIM モデル化したものの寸法値には最大で 15mm の誤差がある
- ・測量による実測と確認は絶えず必要である

3.2 BIM モデルの活用

作成した BIM モデルの作業所での活用事例を項目ごとに以下に示す。使用したソフトの一覧を表-4 に示す。

表-4 使用した主なソフト

ReCAP	点群データ操作
Revit	BIMモデル作成
BIM360	BIMモデルの閲覧・計測・コメント挿入
LUMION	3D用パース・動画作成
My LUMION	3D用パース・動画閲覧

(1) 発注者との合意形成

① 座席検討

着工時点では、ホールの座席の数・配置、形状がまだ決まっていなかった。座席の配置・数によって、ホールの床形状も異なるため、早期に決める必要があった。

作成した BIM モデルに座席を配置し、通路部分を歩いた状態での雰囲気等が分かるように、大ホールのパースを数点作成して提示した。

なお、座席の IFC データ（ひじ掛けも含んだ）を座席業者であるコトブキシーティングより受領し、BIM ソフトの Revit で座席を配置し、パースはパース・動画ソフトの「LUMION」で作成した。

また、BIM モデルを作業所で動かしたり、その場で色を変えたりして、設計事務所と打合せを行ない、ひじ掛けを含む座席形状や座席の配置を決定した。その際には、作成された BIM モデルを特別な訓練を必要としない、BIM ビューアソフトである「BIM360」を作業では使用した。

設計事務所等との座席配置 BIM モデルの確認は 360° パノラマ画像作成・閲覧機能ソフトの「My LUMION」で実施した。

車椅子席もあるため、車椅子席の近くからの舞台の見え方も問題視され、車椅子のモデルを作成し、それを配置したモデルも作成して、座席からの視線検証を行った。



図-9 大ホールパース



図-10 大ホールパース (1階車椅子)



図-11 大ホールパース (2階車椅子)

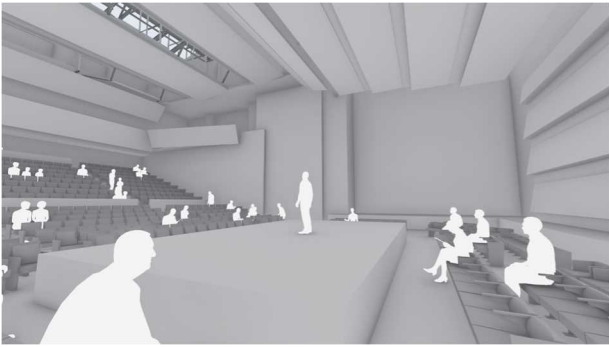


図-12 中ホールパース

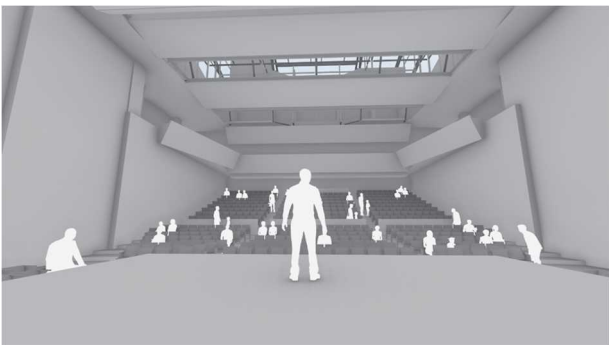


図-13 中ホールパース（舞台より）



図-14 中ホールパース（2階）

② スポットライト室からの視線検証

内部足場をステージ部分まで組み上げた時点で、施設関係者から『各スポット室からのライトが舞台まで届くのか。また、どのように見えるのかイメージを知りたい』との要望があった。

ステージ足場があり、舞台が見通せない状況であるため、BIM モデルを用いて検証を行った（図-15～17）。

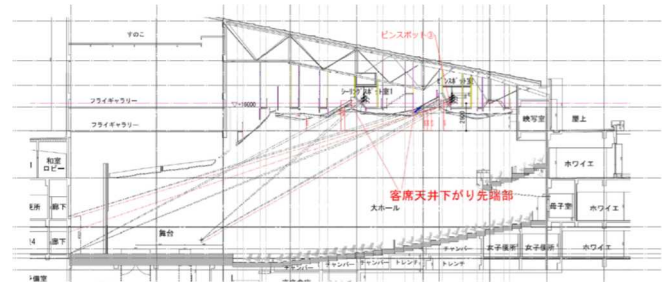


図-15 断面図

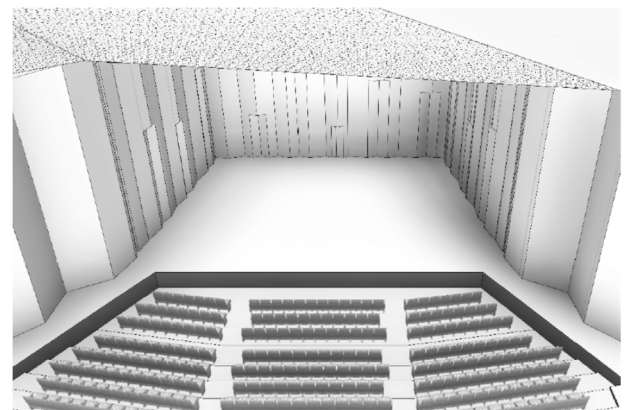


図-16 スポット室から見た舞台（1）

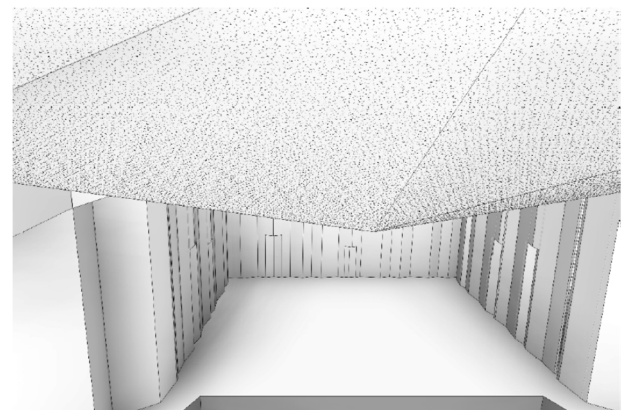


図-17 スポット室から見た舞台（2）

(2) 施工計画

ホールの内部足場は、床に段差があること、天井の補強工事・設備更新工事では、既設を一部残して改修を行うため、次世代足場アルバトロスを採用し、途中にステージを設ける計画とした。

作業所での計画と並行し、BIM モデルを作成して、立体的にも検討を行った。

今回はステージ足場までの仮設計画図がなく、天井裏までの足場の BIM モデル化はできなかった。

今後、BIM データの作り方によっては、足場数量の積算、搬入計画の活用期待できる。着工前に、BIM を活用した検討が出来れば非常に有効であり、工務計画段階での BIM での検討などを推進できる社内体制の構築が望まれる。

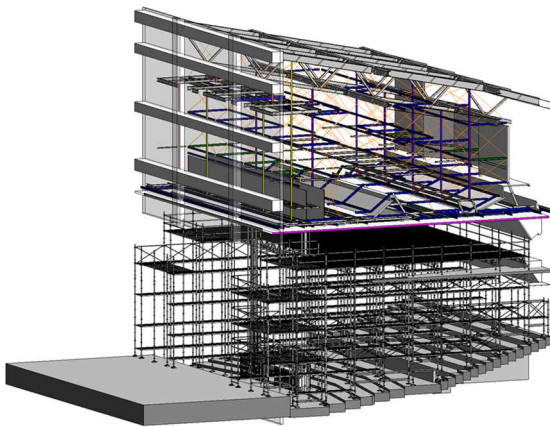


図-18 内部足場モデル (1)

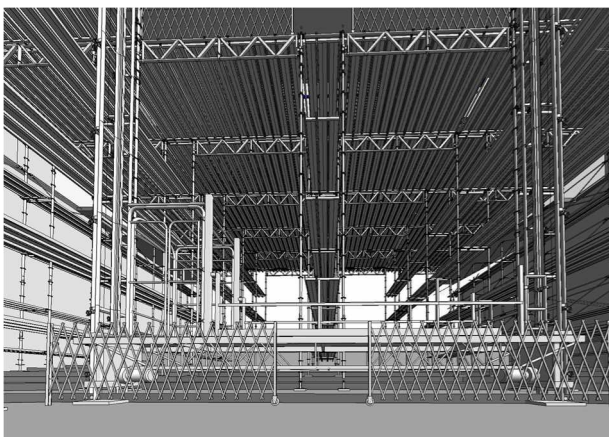


図-19 内部足場モデル (2)

(3) 納まり検討

① 天井裏鉄骨位置確認

天井耐震化のための補強工事に関して、既存鉄骨が設計図書通りであるかどうかを確認した。確認方法は、既設設計図から BIM モデル化したデータと点群データから BIM モデル化したデータを重ね合わせてその整合性を照査した (図-20)。

その結果、既設の鉄骨吊材のズレを発見することができ、補強方法の検討が早期に着手することができた。

② 天井裏設備を含む納まり・干渉確認

天井裏の補強工事・設備更新工事では、一部既存の鉄骨・設備を残しての工事であるため、作業手順・作業方法の検討のために、BIM モデルの大ホール天井裏の既設部材、新設部材の色分けを実施するとともに、「BIM360」のウォークスルー機能によるキャットウォークからの目線によって確認・検討作業を行った (図-21、22)。

また、大ホールでは設備業者が作成した設備モデルデータとの合成を行い、干渉チェックを実施した。その際に発見された一例として図-23、24 に鉄骨プレスと設備ダクトの干渉を示す。

「BIM360」を利用して、BIM モデルの相互の確認や指摘を随時行った。



図-20 既存部材のチェック
(点群データと設計データの照査)

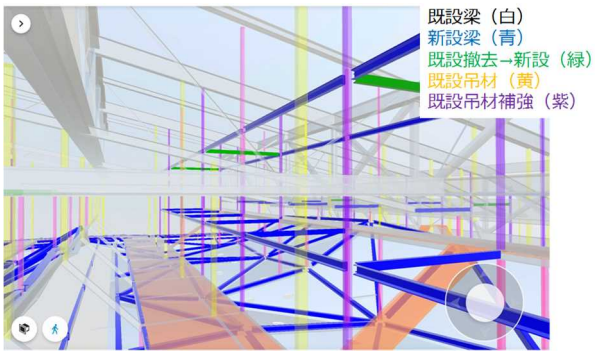


図-21 天井裏部材の色分け

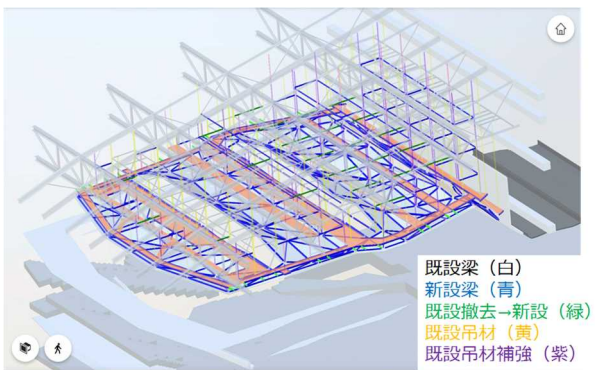


図-22 天井裏部材の色分け（ウォークスルー）

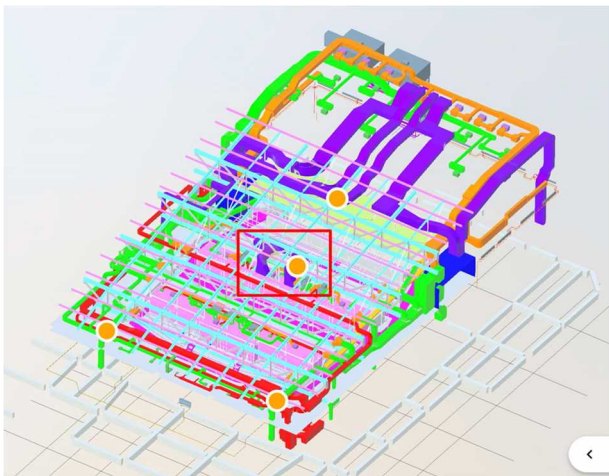


図-23 設備モデルとの統合



図-24 設備との干渉チェック

③ 中ホール化粧壁の検討

中ホール化粧壁の形状変更依頼があり、図-25～27 のような部分詳細モデルを作成の上、3案提案し、設計事務所と打合せの上合意した。

④ 中ホール天井形状の検討

大ホールは協力業者の BIM による施工図作成協力のもと、端部形状等の納まりを監理者との打合せで決定することができたが、中ホールにおいては協力業者が BIM を使用できないため BIM 推進室に BIM モデル作成を依頼した。

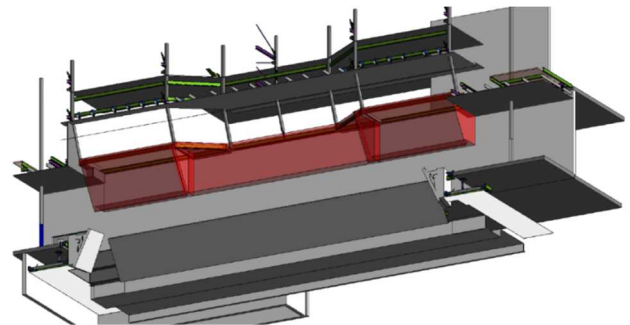


図-25 中ホール化粧壁モデル（a）

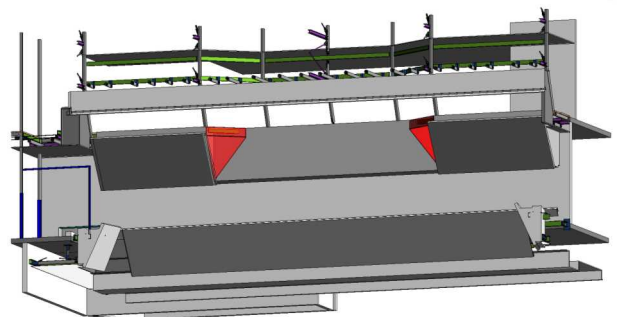


図-26 中ホール化粧壁（b）

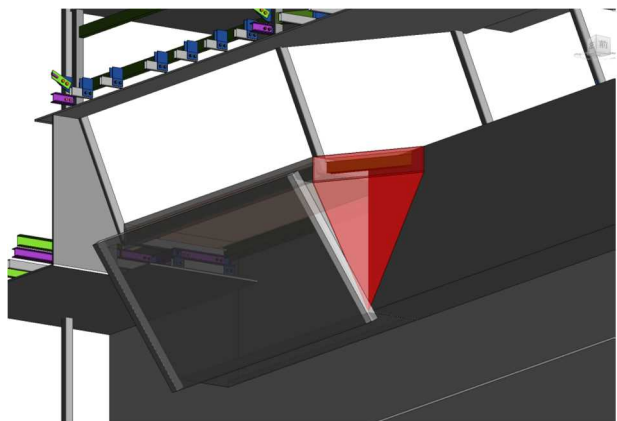


図-27 中ホール化粧壁（上記部分拡大）

BIM モデルを作成して納まりを検討する中で、鉄骨 BIM モデルと仕上げとなる天井形状の BIM モデルとを重ね合わせをおこなった。(図-28、29)

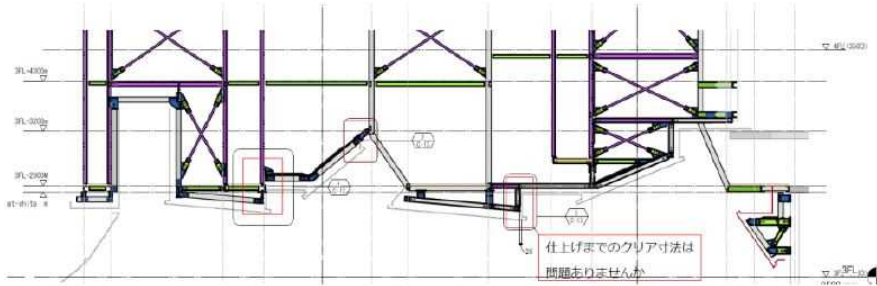


図-28 中ホール天井納まり（断面）

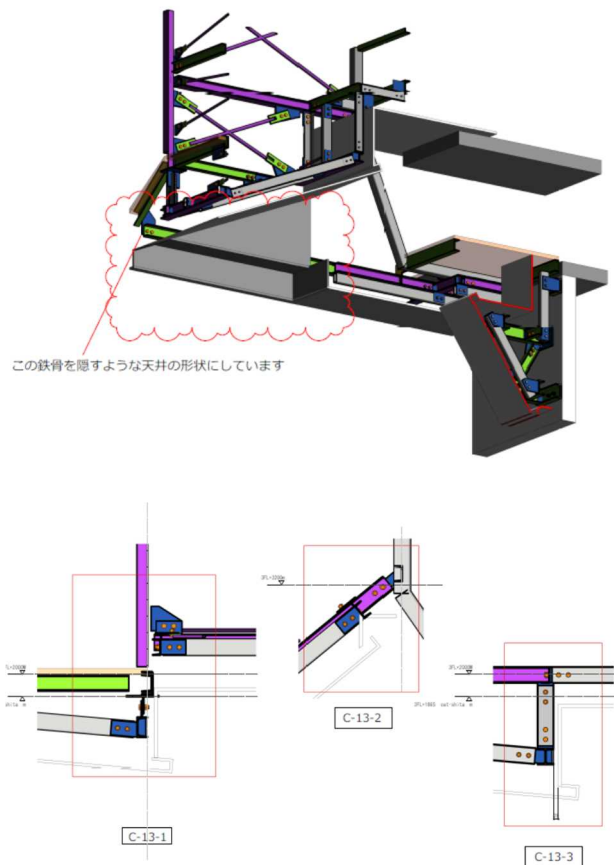


図-29 中ホール天井納まり（部分）

4. おわりに

今回の工事では、ホールという複雑な形状の大空間ということもあり、3D スキャナでの計測と BIM モデルの活用に取り組んだ。

協力業者の BIM 取り組みも進んでおり、このような物件では、受注前や着工当初から BIM を活用しながらフロントローディングによって早期に問題解決することが、有効であると感じた。

作業所職員自体は、ビューソフトである BIM360 の活用に残ったが、Revit 等 BIM ソフトの習得によって、作業所での活用場面はさらに広がると感じている。

以下に、まとめを示す。

- ・3D スキャナは大空間での3次元測量が可能で、それを3次元で表現できるため、わかりやすい
- ・BIM モデルは一つのモデルから多数の視点でのパース作成や、自由な位置での断面図の作成が容易
- ・BIM モデルはビュー等を利用して3次元として見ることができ、わかりやすく、理解しやすい
- ・作業所においても、操作の容易な BIM360 を使用して、完成形イメージの共有が図れた
- ・空間の動線や動画の作成も可能で、プレゼンに適しており、仕上がりの状況が説明しやすく、関係者間での理解度が深まる
- ・天井内等の形状が複雑なほど、BIM モデル上で設備や鉄骨取合い等の納まりがわかりやすく、その検討がしやすい
- ・2D ではわかりにくかったものが3D 化により可視化でき合意形成ができた
- ・BIM モデルから 2DCAD への変換も可能で断面図等の切出し作業が容易にでき、2次元施工図作成の省力化につながる
- ・BIM を活用するには、BIM で作成したものをどのように活用するかその目的を当初にしっかりと定めることが重要である。さらなる活用のためには、作業所においても BIM 操作の知識を得ることが必要である

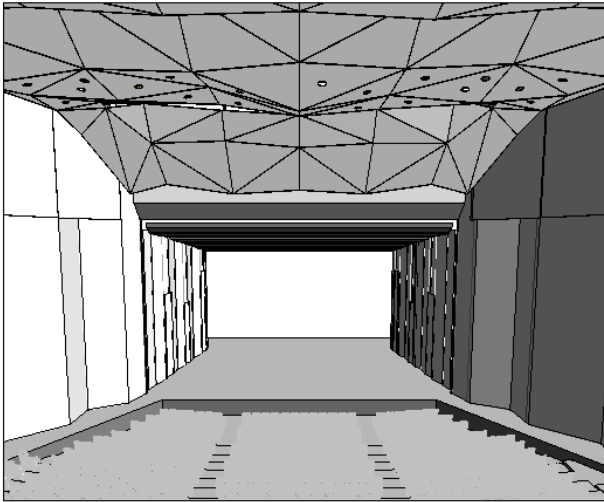


図-30 改修後大ホール BIM モデル



図-31 大ホール（足場解体後）

本報告は、社内の第13回技術発表会において発表された内容を編集したものです。