

東京メトロ銀座線渋谷駅移設プロジェクト

BIM/CIM の実践がもたらす全体最適の解決策

池田 仲裕

100年に1度の規模といわれる再開発が進められている東京・渋谷では、再開発エリアの中で様々な事業者の工事が同時に行われているため、事業者間の調整や官庁他各種関係者協議が非常に難しいという特徴がある。また、東京メトロ銀座線渋谷駅が営業線の駅であることから、工事に関係する部署に加えて営業や列車運行に関わる部署も含め、全ての部署といかに迅速にコンセンサスを得るかということも課題のひとつとなっていた。

本稿では、東京メトロ銀座線渋谷駅移設プロジェクトにおいて内製化のうえ実践したBIM/CIMによる課題解決策や、受発注者双方がベネフィットを享受するためのBIM/CIM利活用事例について紹介する。

キーワード：鉄道、営業線改良工事、BIM/CIM、デジタルツイン、フロントローディング、内製化

1. はじめに

日本を代表する繁華街のひとつ東京・渋谷。巨大IT企業の本社やさまざまなエンターテインメント企業が集積するこの街では、現在100年に1度と言われる大規模な再開発プロジェクトが進行し、更なる進化を続けている。

その渋谷の中心に位置する東京メトロ銀座線渋谷駅は、1938年12月に開業した85年以上の歴史を誇る駅であり、新型ウイルス感染症拡大前の最盛期には平均約22万人/日が乗降し、東京の副都心を走る大動脈として重要な役目を果たしている。

しかし、当駅は、JR線の真上であることや百貨店のビルの中に位置するという立地条件から、長年大規模な改良工事を実施することができず、狭隘なホーム・改札口の混雑、わかりにくい乗換え経路、不十分なバリアフリー設備、東京メトロで唯一駅構内にトイレが無いなど、様々な問題を抱えていた。

このような状況の中、渋谷駅周辺再開発事業と連携して、時代のニーズに合わせた大規模な改良工事が計画され、2009年の工事着手から10年の歳月をかけて準備を行い、2020年1月に銀座線渋谷駅は新駅舎へと移設された(図-1)。

そして、渋谷駅東側の再開発の概成に続いて、2021年度から渋谷駅西側の再開発工事が本格的に開始され、銀座線渋谷駅移設プロジェクト(以下、本プロジェクト)においても、旧駅舎があった百貨店ビル等を撤

去し、新たに約50mの橋梁を2基架設する工事(図-2)が現在も進められている。



図-1 銀座線渋谷駅移設計画3Dモデル(東側概成時)



図-2 渋谷駅周辺再開発完成3Dモデル(案)

2. 本プロジェクトの特徴

本プロジェクトは、営業線の改良工事であることから、工事を進めるうえで土木・建築部署をはじめとした、軌道、電気、信号・通信、設備等工事に直接関係する部署（以下、関係各部署）だけでなく、運転、駅・営業等、電車の運行や営業に関わる全ての部署と調整し（図—3）、事前に合意を得ることが必要不可欠である。

また、同時に進行している渋谷駅周辺再開発事業と連携していくにあたり、行政、道路管理者の他、ビル事業者、鉄道事業者、地下埋設企業者等、多岐にわたる関係者（図—4）との調整、ならびに合意形成も肝要である。

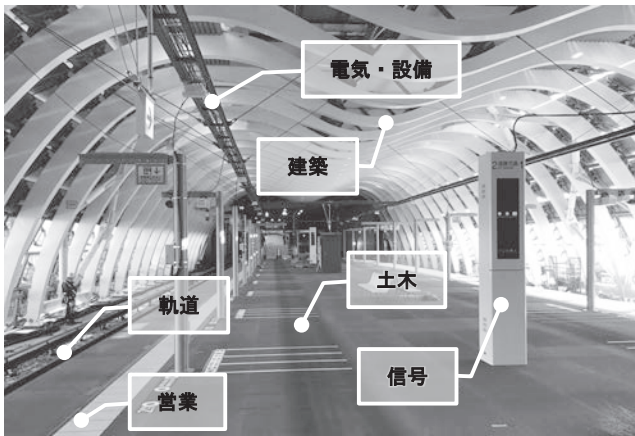
更に、渋谷駅は、銀座線の他に JR 線、東急線、京王線といった、複数の路線が乗り入れる国内有数の

ターミナル駅であり、銀座線沿線が商業ビルや主要幹線道路等によって囲まれているうえ、直下にバスターミナルも存在しているため（図—5）、銀座線の営業を継続しながら、非常に狭隘な空間で煩雑な施工を進めていくためには、より正確で且つ緻密な計画の立案や、多角的な観点で施工検討の深度化を図ることが求められていた。

3. 本プロジェクトにおける課題

(1) 関係部署間の設計・計画の整合性の検証

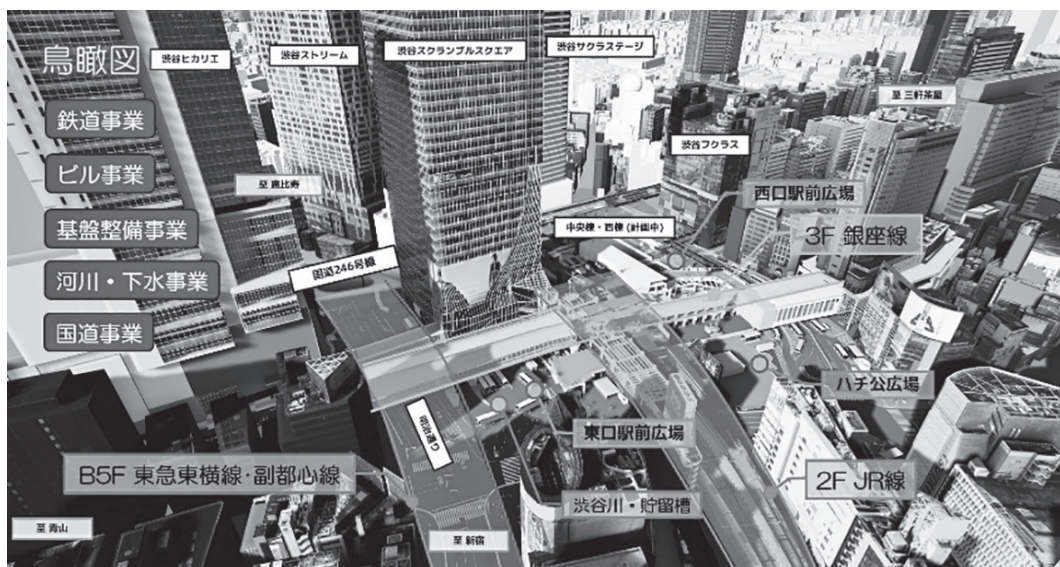
関係各部署がそれぞれの規定や基準を基に設計・計画を進めている中で、部署ごとに所有している2次元の設計・計画図が互換性の無いデータ形式であることや、基準点や基準高さ、座標、および通り芯といった部署ごとの管理方法に相違があることから（図—6）、



図—3 営業線改良工事における関係部署



図—5 渋谷駅東口周辺の狭隘な施工空間



図—4 渋谷駅周辺大規模再開発の多岐にわたる事業（当事務所で作成した統合3Dモデル）

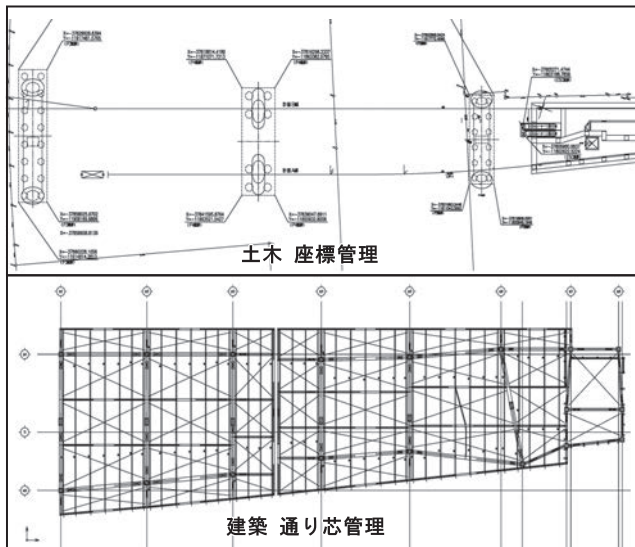


図-6 各部署の管理基準の例

いかにして部署間の設計・計画の整合性を検証するかという課題があった。

(2) 短期間での作業内容・手順，時間工程の把握

駅移設切替は，銀座線の一部区間を6日間運休して実施されたが，切替当日は，現場常駐技術員や協力業者作業員に加え，応援技術員・作業員の他，発注者側の関係各部署・取引先も含め，延べ約5,000人もの工事関係者が結集する（写真-1）大規模な駅移設切替工事となった。

現場常駐者だけでなく，切替工事に応援で参加する者も含めて全員が，複雑で膨大な時間工程，施工内容，および作業手順を，切替までの準備期間が限られている中で，いかに短期間で確実に理解し実行できるようにしていくかというのが課題のひとつであった。

(3) 完成イメージの共有，および各種視認性の検証

駅移設切替では，工事開始直前の終列車まで使用し



写真-1 渋谷駅移設切替工事実施状況

ていた軌道を撤去し，その位置に運休中の6日間で新設ホームを構築するため，一部を除き事前にホームを構築しておくことは不可能であった。

そのため，大多数のホーム上の各種設備も事前に設置する事ができず（図-7），関係各部署間でいかに新ホーム完成後のイメージを共有し，各種調整を実施するかというのも課題のひとつであった。

また，切替工事完了後すぐに新駅の供用を開始することになるが，新ホームでの駅員の習熟研修や乗務員の習熟運転が事実上できない状況にある中で，ホーム上のサイン等各种設備，および信号の視認性や，旅客動線を阻害する要因の有無をいかにして検証するのかが等，工事関係者だけでなく駅の運用に関わる全ての関係者にとっても大きな課題が存在していた。

(4) 再開発事業者間ならびに行政との協議・調整

本プロジェクトの特徴で前述したように，周辺で同時に様々な再開発事業の工事が進行しているため，それぞれの工事を効率的に進めていくうえで，施工ヤードや工程に関する工事調整が非常に重要であった。

さらに，行政との施工途中段階や完成後の景観協議に加え，商業ビルの側面や屋上にある巨大デジタルサ

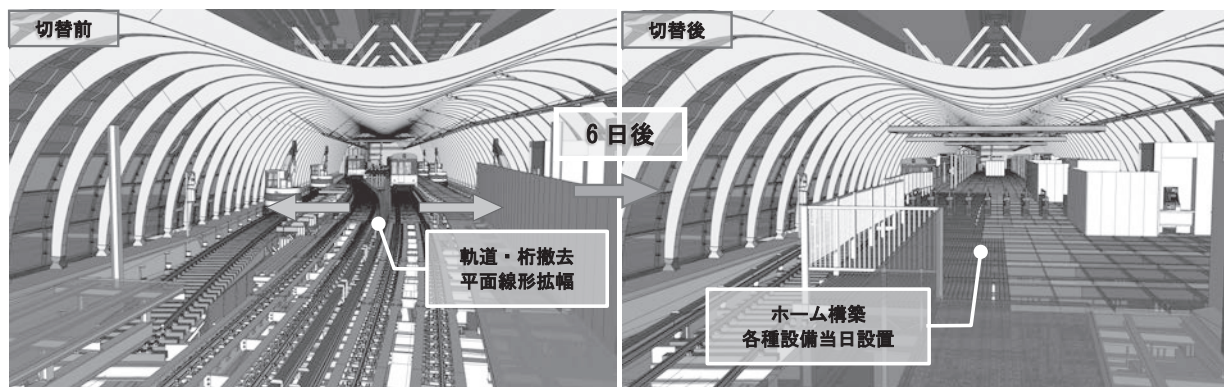


図-7 ホーム部切替計画モデル



写真一 2 周辺ビルのデジタルサイネージの視認性

イネージ広告等（写真一 2）の視認性確保等，事業者間でいかにして齟齬なくイメージを共有し，円滑に協議・調整を進めるかというのも重要な課題となっていた。

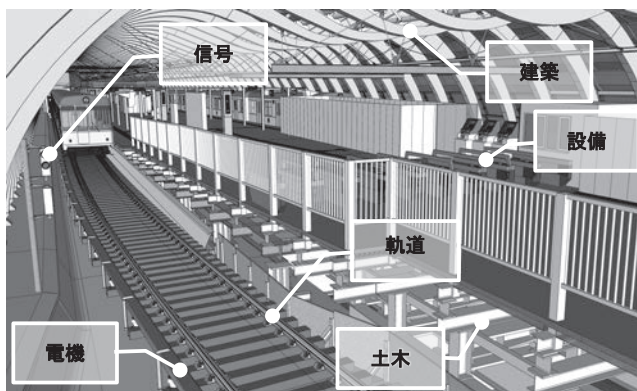
4. BIM/CIM による課題解決策

本プロジェクトでは，以上の課題に対し BIM/CIM を活用した解決策を講じた。なお，本プロジェクトでは，3次元モデルの作成において専門の外注業者や当社の ICT 関連部署に頼らず，当事務所内で汎用的な PC やソフトを使用して内製化し，設計や計画の初期段階から BIM/CIM によるマネジメントを実践した。

(1) 全部署の計画をひとつの 3D モデルに統合

関係各部署の管理方法に相違があることから，部署間の設計・計画の整合性を検証しづらい状況にあったため，全部署の設計・計画図を世界測地系の座標で管理できるように変換したうえで，ひとつの 3次元モデルに統合した（図一 8）。

その結果，部署間で生じていた設計・計画の不整合が直ちに顕在化され，事前に問題点を修正・変更することが可能となり，従来であれば施工の段階で生じる

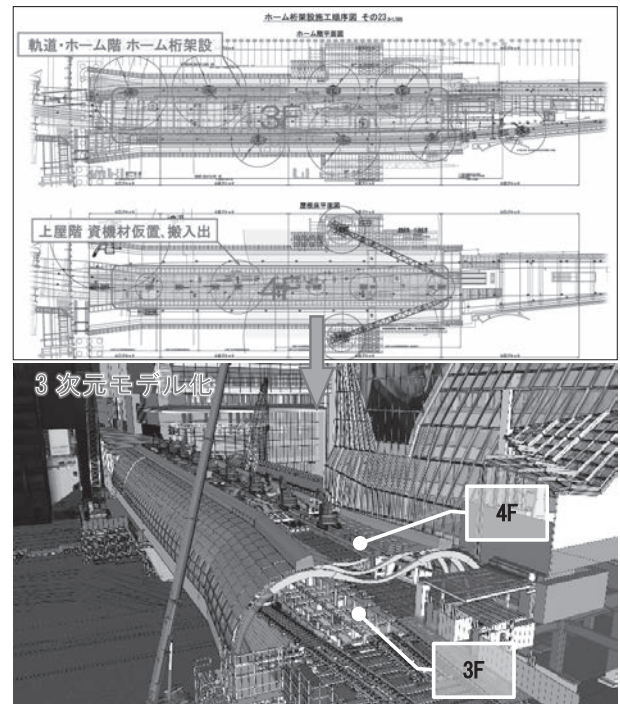


図一 8 ひとつの 3次元モデルに統合

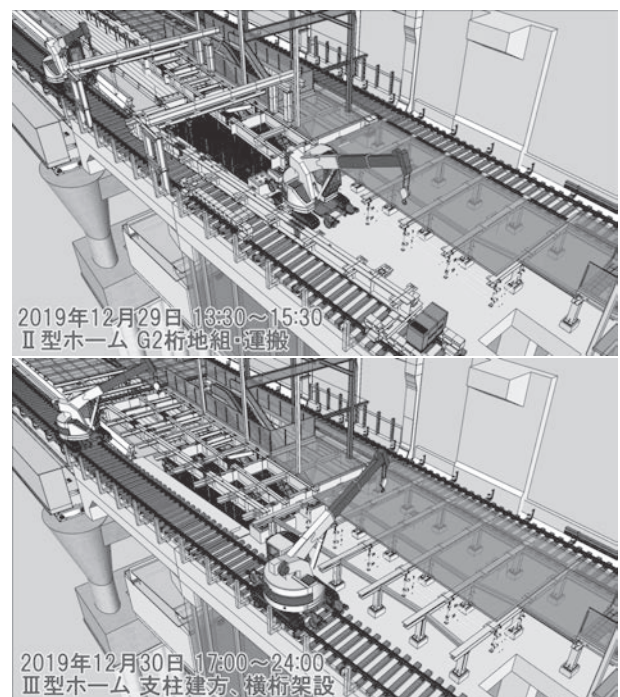
ような不具合が概ね解消され，駅移設切替当日の部門間の各種トラブルも未然に防ぐことができた。

(2) 4次元シミュレーションによる可視化

全工事関係者間のイメージ共有，および部門間調整を迅速化するために，3次元モデルの施工ステップ図（図一 9，10）を作成して，作業内容や施工手順，および時間工程を可視化した。



図一 9 2次元施工図の3次元モデル化



図一 10 3次元モデルの施工ステップ

さらに、3次元モデルに時間軸とアニメーションを付加した4次元シミュレーションを作成したことで(図一11)、切替工事関係者全員が、個人の技術レベルに関わらず、作業内容や施工手順、および時間工程を容易に理解できるようになり、齟齬のないより具体的なイメージ共有が可能となった。

これにより工事関係者の施工計画理解の時間が短縮でき、理解にかかる人件費が約60%削減され、生産性向上にも寄与した。

(3) VRを活用した各種視認性の検証

駅の運用や運転に関わる部門では、事前に計画ホームでの習熟研修などが事実上できない状況にあったが、計画・検討時に作成した3次元モデルからVR(Virtual Reality)に応用し、実物大の計画ホームや軌道内に没入することで、計画ホーム上を歩行した際の状況や、計画線路上を走行する列車内から信号等の視認性が確認できるようになり(図一12)、問題等がある事柄について事前に対処することができた。

(4) PLATEAUデータを活用した景観等協議

鉄道の駅舎や高架橋、および橋梁等といったような、巨大なインフラ施設は、デザインやカラー等が景観に多大な影響を与える可能性があるため、プロジェクトの初期段階に、事業者と行政との間で完成形の景

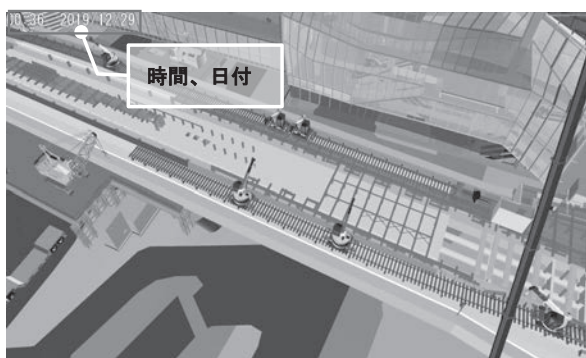
観協議が実施されている。

概略設計の段階で作成した3次元モデルと、国道交通省が2020年度から公開しているPLATEAU^{a)}のオープンデータを統合することで、景観協議用のモデルを容易に内製化して作成することが可能となった。

また、景観協議は、デザインやカラーリングだけではなく、商業ビル等の側面や屋上にあるデジタルサイネージや広告看板が、新たに作られる構造物等によって遮られることはないかといった、視認性の検証が事業者間で実施されているが、このような検証においても、計画3次元モデルとPLATEAUデータを世界測地系座標に基き統合することで、精度の高い視認性検証用のVRデータ(図一13)を作成することが可能となった。

(5) BIM/CIM共有クラウドの活用

BIM/CIMを導入した当初、プロジェクトに関わる全部署に専用ソフトや高性能PCを配備するということが難しかったため、プロジェクト内にBIM/CIM共有クラウド(図一14)を導入した。



図一11 4次元シミュレーション(動画)



図一12 VRによる信号等各種施設物の視認性の検証



図一13 PLATEAUデータを活用した景観協議(VR)



図一14 BIM/CIM共有クラウドの画面キャプチャ

a) 国土交通省が推進する日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト。都市活動のプラットフォームデータとして3D都市モデルを整備し、オープンデータとして提供している。
<https://www.mlit.go.jp/plateau/>

このBIM/CIM共有クラウドにより、URLを共有することで汎用的なPCでインターネットブラウザから3次元モデルの閲覧や表示切替などが可能となり、プロジェクト全体で活用が促進され、関係する全部署においてBIM/CIM活用能力を自ら向上させるようになった。

そして、発注者をはじめとしてプロジェクトに関わる多くの技術者たちのBIM/CIMリテラシーが向上したことで、それぞれの部署の専門的な立場でBIM/CIMが活用されるようになり、多角的な観点から不整合や問題点が顕在化されて早期解決へとつながり、不具合や手戻りの無い実施工を実現した。

5. プロジェクトでのBIM/CIMの定着に向けて

BIM/CIMをプロジェクトで定着させていくためには、まず目的・目標を明確にして受発注者双方が一体となって取り組む必要があるが、それと同時にBIM/CIMによるベネフィットが、受発注者双方に享受されることが重要である。

受発注者双方のベネフィットを昇華させるためには、今そのプロジェクトで何が課題で、どのように解決するのか、プロジェクト全体のペインポイントを的確に抽出して最適解に導く必要がある。

つまるところ、3次元化のプロセスにおいて現場や施工状況をイメージしながらモデリングを進め、その時点で計画・施工上のリスクを顕在化させ、事前に解決することが求められ、これらを実現するには、外部からの支援に頼るのではなく、プロジェクト内で『内製化』することが肝要である。

6. 留意点

3次元モデルは、視覚的・直感的に分かりやすい反面、複雑で難易度の高い工事を容易であると勘違いし、本来実施すべき施工検討や検証が甘くなる等、逆にBIM/CIMの弊害が生じる可能性を含んでいる。

3次元モデルは、作成する事が目的ではなく、設計整合性のチェックや施工計画・検討の深度化を図るためのツールとして有効活用し、フロントローディングを実践してこそ、真の効果を発揮することに留意しておかなければならない。

7. おわりに

本プロジェクトでは、設計・計画の初期段階から施工現場自らBIM/CIMを実践し、受発注者が協働して活用することで、設計整合性のチェックや施工計画・検討の深度化といった、精緻化していく作業のスピードと正確性が向上し、フロントローディングの効果を発揮した理想的な設計・施工プロセスが実現できた。

また、BIM/CIMが日常業務に定着していったことで、発注者をはじめとしてプロジェクトに関わる関係者の意識改革が進み、関係部署ごとに有効に活用されるようになり、受発注者双方のベネフィット昇華へとつながった。

BIM/CIMは言葉ではないが、それと同じように重要な『何か』を伝えることができる。

この『何か』が何なのか、明確な目的と方向性を持つ的確に表現できれば、2次元や単に3次元化しただけでは得られなかった新たな価値が創出される。

本プロジェクトにおけるBIM/CIMの実践事例が、今後様々な設計・計画や施工フェーズでの生産性の向上に寄与し、新たな発想へのヒントや新しい取組みに挑戦するきっかけになれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

池田 仲裕 (いけだ なかひろ)
東急建設㈱
都市開発支店 鉄道土木部
デジタルテクノロジー統合推進事務
所長

