

マンション現場における施工 BIM 及び ICT 導入の効果検証

石坂 貴勲 巽 研
伏見 光 皆内 佳奈子
大田 真一郎

概 要

近年、BIM(Building Information Modeling)やICT(Information and Communication Technology)は徐々に建設現場に浸透しつつあるが、活用の度合いは作業所職員の BIM や ICT スキルに左右され、現場管理効率化や課題解決の手段としての発想に行き着かないケースも見受けられる。BIM や ICT の技術者が建設現場に入り込む事で潜在的な課題や効率化要素を見出せるのではないかと考える。本稿では、国内外から注目された 60 階建てマンション現場にて、2013 年の着工時より施工 BIM や ICT を導入、検証を行ったので、その結果を報告する。

Verifying the effect of construction BIM and ICT technology at a condominium construction site

Abstract

In recent years, BIM (Building Information Modeling) and ICT (Information and Communication Technology) are gradually permeating construction sites, but the method of utilization differs depending on the BIM or ICT skills of the worker staff, and there are cases where they are unable to conceive of the idea as a means for improving efficiency and solving problems. But if BIM and ICT engineers enter construction sites, I think they will be able to find potential problems and efficiency factors. In this research, engineers from BIM and ICT entered the construction site of a 60-story condominium, which has attracted attention both within Japan and overseas, from the time construction began in 2013. This paper reports the results of this research.

キーワード: BIM、Wi-Fi、ビーコン端末、
情報共有、業務の省力化

§1. はじめに

近年、BIM（Building Information Modeling）や ICT（Information and Communication Technology）が普及し、徐々に建設現場に浸透しつつある。現場管理に効果的なツールやシステムは積極的に導入されている。しかし、その活用や運用の方法については作業所に委ねられ、作業所職員の BIM や ICT スキルに左右される。そのため、現場管理効率化や課題解決の手段として活用するという発想に行き着かず、導入の効果がでないケースも見受けられる。BIM や ICT の技術者が建設現場に入り込む事で潜在的な課題や効率化要素を見出せるのではないかと考える。本稿では、国内外から注目された 60 階建てマンション現場にて、2013 年の着工時より BIM や ICT の技術者が常駐し技術の導入、検証を行ったので、その結果を報告する。第 2 章では、施工 BIM の実施内容について述べる。第 3 章では、施工 BIM 実施の際に生じた、BIM データの変換についての課題と、それを解決するシステム開発の内容について述べる。第 4 章では、超高層建築施工における通信環境の構築とその結果について述べる。第 5 章では、建設現場で屋内の位置情報を利用し、職員間での情報共有を図った事例を述べる。

1.1. 現場概要

西新宿に建設中の高さ約 200m、地上 60 階建ての超高層マンション現場を対象とした(図 1)。現場概要は以下の通りである。

- ・構造:RC 造
- ・建築面積:3,090 m²
- ・延床面積:103,911 m²
- ・軒高:197.96m
- ・階数:地上 60 階、地下 2 階
- ・工期:2013 年 5 月～2017 年 10 月



図 1 マンション完成図

§2. 施工 BIM の取組

それまで社内での BIM 活用は営業・設計段階が中心で、施工段階で有効な BIM 活用は進んでいなかった。今回は施工現場特有の課題を BIM で解決し効果検証を行う事で、施工段階での有効な BIM 活用方法を探す事を目的とする。

2.1. 実施内容

現場に BIM オペレーターが常駐し、現場進捗毎に発生する課題を BIM で解決するというサイクルを継続的に行った。それぞれの取組について、課題解決に効果があったかどうかの評価を行った。以下に、各実施内容毎に目的、効果を示す。

・工事全体ステップ(図 2)

目的:解体工事から工事完了までの 36 ヶ月を 37 コマに分けてステップを作成し、各シーンの状況を可視化する。

効果:作業所内だけでなく監理者や専門業者に対しての説明補足資料として活用が可能となる。施主や近隣住民の様な、専門知識が少ない人間でも理解が容易となる。



図 2 工事全体ステップ検討

・基準階サイクル(図 3)

目的:3～60 階までの躯体工事は 4 日サイクルとなっており揚重、仮設、躯体、外部足場など各工事の流れを検証する。

効果:クレーン毎に、受け持つ範囲を色分けする事により作業量のイメージが容易になる。

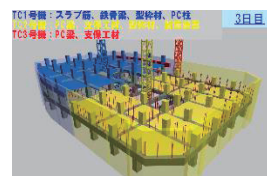


図 3 基準階サイクル検討

・パネルゲート配置検討(図 4)

目的:山留 SMW とゲート基礎の詳細納まりをモデル化する事で芯材や連続壁の位置調整を行なった。

効果: 平面図、断面図に加えてパースにする事で理解が早い。また、ゲート基礎の配置が躯体側に干渉する事が一目で発見できる。

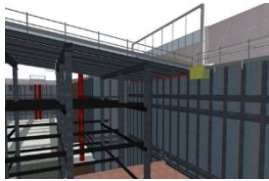


図 4 パネルゲート配置検討

・ディープウェル位置検討(図 5)

目的: ディープウェルの配置検討を行うために作成した。検討は Solibri Model Checker を使用し、躯体との離隔チェックを確認しながら行った。

効果: 複数の二次元(2D)平面図の重ね図だけでは理解しにくい部分をパースや断面図を即座に切り出せる事で迅速に検討できる。

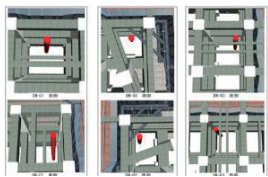


図 5 ディープウェル位置検討

・圧送堅管配置検討(図 6)

目的: コンクリート圧送堅管の配置検討にあたり 1~60 階の仕上モデルを重ね合わせて最適な位置を確認した。

効果: パースを使う事でフロア間の間仕切り壁や建具の位置関係が容易に理解できる。

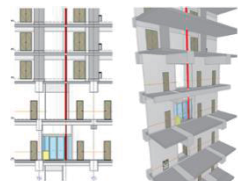


図 6 圧送堅管配置検討

・コンクリート打継計画(図 7)

目的: コンクリート数量、左官床押え面積とのバランスを調整しながら適正な打継位置の検討を行った。

効果: 打継位置の微調整が数量表と連動している為、効率良く検討ができる。

・詰所移設計画(図 8)

目的: 詰所の設置についてのレイアウト検討や環境整備を可視化する事でより具体的な打合せを実施する。

効果: 什器配置や空間サイズを任意の視点で確認する事ができ、合意形成が容易となる。



図 7 コンクリート打継計画

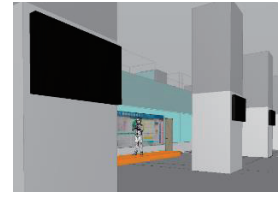


図 8 詰所移設検討

・PCa 数量算出(図 9)

目的: PCa コンクリートの発注数量が適正かどうかを、BIM による積算数量と内訳数量の比較により確認する。

効果: 積算精度は 95% 以上を確保している。

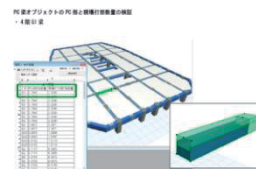


図 9 PCa 数量算出

・掘削土量算出(全体)(図 10)

目的: 不整形な形状の掘削土量を BIM による積算数量により算出し、内訳数量との比較を行う。

効果: 積算精度は概ね 95% 以上を確保している。

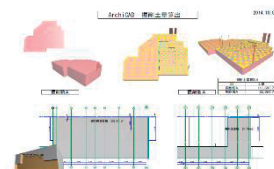


図 10 全体掘削土量表示

・掘削土量算出(工区別)(図 11)

目的: 掘削は複数業者にて行われた為、土量積算は工区別、掘削次別の数量算出が必要となった。

効果: 法面と法面が交差する様な複雑な掘削形状も三次元(3D)ツールによって容易に作成可能であり、モデリング後の数量算出の精度は高い。

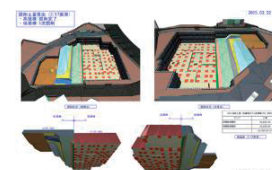


図 11 工区別掘削土量表示

・流動化処理土数量(図 12)

目的:複雑な立体形状の容積算出の為、BIM で積算を行った。

効果:入り組んだ形状でも容積算出ができるだけでなく、フロア別や打設工区別の積算も容易となる。

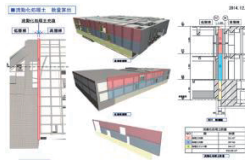


図 12 流動化処理土数量積算

・フカシコンクリート数量(図 13)

目的:地下躯体とその周囲の掘削部分の容積算出を、BIM による計算で算出した。

効果:フロア別や打設工区別の積算も容易にでき、色分けにより視覚的に説明が可能となる。

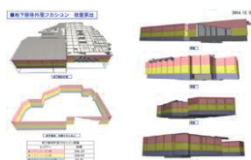


図 13 フカシコンクリート数量算出

・コンクリート数量(図 14)

目的:型枠、コンクリートの発注や打設時の追加調整などに BIM 積算の数量を参考にした。

効果:積算精度は概ね 95%以上を確保している。

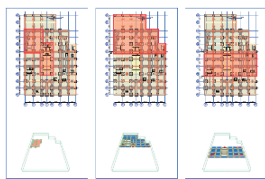


図 14 コンクリート数量積算

・内装数量(図 15)

目的:BIM による積算数量と内訳数量との比較において発注数量などの確認をする。

効果:積算精度は概ね 95%以上を確保している。



図 15 内装数量算出

・東電管路とアースアンカーの干渉チェック(図 16)

目的:埋設管とアースアンカーの干渉の恐れがあった為、3D モデルにより検討した。

効果:2D では干渉の判定が難しい埋設物同士の干渉も自動判定により確認でき、アースアンカー打ち込み位置の再検討が容易となった。

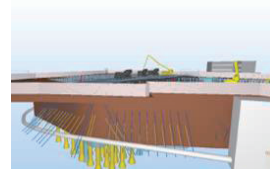


図 16 東電管路とアースアンカーの干渉チェック

・下水管とアースアンカーの干渉チェック(図 17)

目的:埋設管、アースアンカーともに 2D での検討は困難が予想されたため、3D モデルで検討した。

効果:2D では検討が極めて困難な場面でも、3D で容易に検討できた。山留業者の応力の検討に3D モデルから切り出した断面図を活用した。

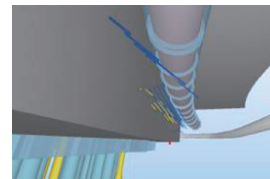


図 17 下水管とアースアンカー表示画面の干渉チェック

・構台杭と躯体の干渉チェック(図 18)

目的:3 フロア分の梁と構台杭との離隔確保を検討しながら位置の調整を行った。

効果:構台杭と各フロアの梁との離隔距離を確認しながら位置調整ができるため、検討に掛かる時間の短縮が図れた。

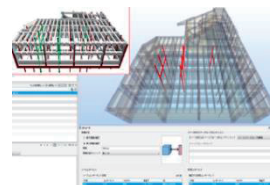


図 18 構台杭と躯体の干渉チェック

・車路スロープ有効高さ確認(図 19)

目的:車路スロープの有効高さが確保されているか確認した。

効果:傾斜のある形状でも、3D では有効高さの確認が容易に実施できる。

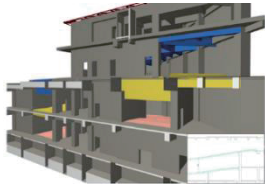


図 19 車路スロープ有効高さ確認

- ・アースアンカー同士の干渉チェック(図 20)

目的:アースアンカー同士の干渉を防ぐため、位置確認と調整を行った。

効果:2D では検討が極めて困難な場面でも、3D では容易に干渉確認が実施できた。

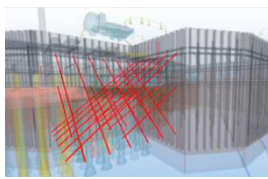


図 20 アースアンカー同士の干渉チェック

- ・搬入用床開口部検討(図 21)

目的:資材搬入用の地下階床開口の位置及びサイズの確認、調整を行った。

効果:搬入用開口と各フロアの梁との離隔距離を確認しながらの位置調整が可能となり、検討時間が短縮された。



図 21 搬入用床開口部チェック

- ・設備と建築の干渉チェック(図 22)

目的:施工図検討段階で、建築と設備の干渉をチェックし、相互の位置調整をする。

効果:目視だけでなく、データ同士の干渉を機械的に確認できるのでチェック漏れやミスが防止できた。



図 22 設備と建築の干渉チェック

- ・デジタルモックアップ(図 23)

目的:内部の難しい納まりを検討する際にデジタルモックアップとして活用する事で関係者の理解を深める。

効果:任意の位置で切断した 3D モデルが瞬時に作成できるので、視覚的にすぐ理解できる。本来見えないところも可視化が可能となる。

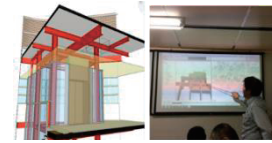


図 23 デジタルモックアップによる納まり確認

2.2. 施工 BIM の評価

今回の取組みを振り返り、関係者による評価を行った。評価にあたり、評価項目を以下の様に設定した。

〔定性的評価〕

- ・現場で知りたい情報が得られたか
- ・わかりやすさ
- ・新規の課題検出ができたか
- ・2D でも代替可能かどうか
- ・他の建築用途でも使用可能かどうか
- ・2D の検討時間との比較

〔定量的評価〕

- ・モデリング工数

ここでは、検証の為に工数算出も行なっているが、施工現場における評価において、工数や金額の概念を入れてしまうと、取組みの有効性について正しい検証が困難となる為、あくまで参考程度として考えるものとする。

尚、工数算出は BIM オペレーターの申告による。評価者は現場所長、各工事担当職員、本社 BIM マネージャーとし、ヒアリングによる総合評価とする。

実施項目毎の評価を一覧表にまとめた(表 1)。評価値を◎、○、△の三段階に分けた。◎は概ね現場職員及び所長の評価が高い。評価が高い理由は以下の通りである。

- ・3D でないと検討できない。
- ・客先説明において有効に活用できる。
- ・合意形成が図りやすい。

評価値が○の項目となった理由は以下の通りである。

- ・3D でもわかりやすいが、2D でも同様に検討可能である。

評価値が△の項目の主な理由は以下の通りである。

- ・BIM より 2D による検討の方が早い。
- ・検討結果の活用がしづらい。

・検討の為の入力手間がかかりすぎる。

表 1 BIM 実施項目別評価一覧

項目	評価	工数(h)
工事全体ステップ	◎	40
基準階サイクル	○	40
パネルゲート配置検討	△	16
ディープウェル位置検討	△	1.5
圧送堅管配置検討	○	24
コンクリート打継計画	◎	1
詰所移設計画	○	64
PC a 数量	△	-
掘削土量(全体)	○	8
掘削土量(工区別)	◎	24
流動化処理土数量	○	8
フカシコンクリート数量	○	8
コンクリート数量	○	8
内装数量	△	4
東電管路とアースアンカー	◎	24.5
下水管とアースアンカー	◎	24.5
構台杭と躯体	○	8
車路スロープ有効高さ	○	8
アースアンカー同士	◎	8.5
搬入用開口部	○	1
設備と建築	○	8
デジタルモックアップ	◎	16

2.3. まとめ

大型マンション現場における施工 BIM の取組みと項目毎の評価について報告した。複雑な形状、工程や複数情報の組合せを要する項目が BIM 検討の有効性が高い事がわかった。しかし、全ての項目において BIM 検討が必ずしも有効という訳ではなく、2D の方が 3D より意思疎通が早いという項目もあった。これは、3D により余計な情報が付加される事で目的とする情報がわかりにくくなる為と思われる。目的に応じ、2D と 3D のどちらが明瞭に相手に伝達できるかという事も判断基準となる事が分かった。

今後施工現場での施工 BIM 活用には、施工効率化に直接結びつく有効性の高さが求められる。現場毎の要望に応じ、有効性の高い検討項目を厳選して採用する事で効果的な施工 BIM 活用を現場展開していけるものとする。また、

今回の取組みについてはあくまで操作するのは BIM オペレーターであり、職員や関係者は閲覧のみだったが、今後職員も気軽に操作ができるようになると、活用の幅が広がってくると思われる。

§3. 「フジタ BIM ナビ」の開発

3.1. 開発経緯

BIMソフトウェアはその使用用途、目的に合わせて数多く存在し、それぞれが専用のデータ形式を用いている。施主や設計事務所、専門工事会社によって扱うソフトウェアが異なる事も多く、異なる BIM ソフトウェア間でのデータ変換が発生する。共通フォーマットとして IFC (Industry Foundation Classes) 形式¹が存在するが、IFC 形式で受渡ししても上手く表示されない事も多く、データ変換は試行錯誤による時間がかかる作業であった(図 24)。

変換作業は担当者レベルで実施され、ノウハウとして横の伝達がされなくなってしまう。今後 BIM 文化が社内に浸透していくと、誰でも簡単にデータ変換ができる必要性が生じる。そこで、電車の経路検索サービスの様に、誰でも容易にデータ変換手順を知る事ができるツールを開発した(図 25)。

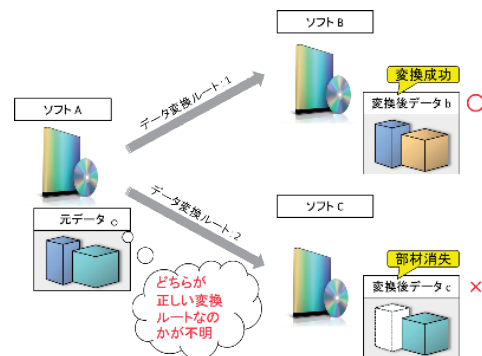


図 24 BIM データ変換概念図

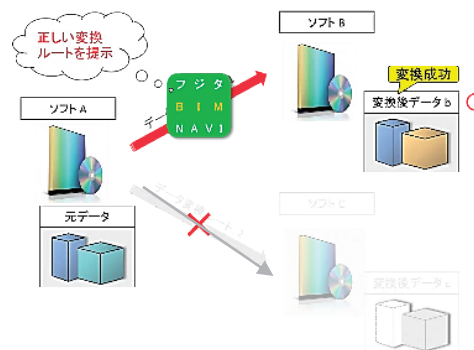


図 25 BIM ナビによるデータ変換手順提示

¹ buildingSMART International Ltd.によって開発されたデータ形式をさす。

3.2. 「フジタ BIM ナビ」の概要

「フジタ BIM ナビ」は各種 BIM ソフトウェア相互のデータ変換経路を検索し、最適に変換経路を提示するツールである。ユーザーは変換前後のデータ形式を指定すると、データ変換経路を知る事が可能となる。

検索対象ソフトウェアは当社所有の意匠系 BIM ソフトウェアを中心に、構造から設備等の主要ソフトウェア 17 種類及び一部未所有ソフトウェア 6 種、計 23 種類とする。その中でも特に、社内で活用が進んでいる 3 種類の意匠系 BIM ソフトウェア「Revit」、「ArchiCAD」、「GLOOBE」からのデータ変換に関しては、データ変換時に情報の欠損率が低いものを推奨経路として提示できる様、独自の評価を実施し経路毎に重み付けを行った。

■変換情報			
変換経路	スタートソフト名	拡張子	ゴールソフト名
	0	0	0

■共通項目			
評価項目	配点	評価	小計(A)
基準点変位	10		0
平面座標情報			
高さ変位			
断面変位			
寸法、通芯			

■詳細項目						
モデルタイプ	形状(B)		カラー・マテリアル(G)		属性(H)	
	配点	評価	配点	評価	配点	評価
構造(S直)※	10				7	
構造(RC直)※						
階段(RC直)						
階段(RC曲)						
階段(S直螺旋)			5			
階段(RC直螺旋)						
螺旋						
窓	9					
A-B-7(RC直単純)					3	
A-B-7(RC直曲線)						
カーテンウォール			10		5	
庇						
ドア					7	
天井			6			
手すり	6				4	
ポリウム			3			
外構					3	
小計(B,C,D)		0		0		0

※構造：「柱、梁、床」をまとめて評価

図 26 継承率評価採点表

3.3. 実施内容

①対象ソフトウェアの入出力データ形式の調査

対象ソフトウェアが扱うデータ形式を調査し、入力・出力形式に分類した。調査の結果、計約 250 種類のデータ形式が存在する事が分かった。(2D 情報やテキスト情報等、3D 情報以外の形式を含む。)

②全経路パターンの割出し

全経路パターンを算出した結果、約 4,000 弱の経路が割り出された。そのうち、重複経路や変換不能経路を除くと約 100 経路に絞り込めた。この経路について変換評価を行った。

③データ継承率評価項目の選定

推奨変換経路を提示するにあたり、それぞれの変換経路に重み付けの値を設定する必要がある。データが欠損する事無く別のソフトウェアで表示される事をデータ継承率(以降、「継承率」と呼ぶ)が高いと定義し、継承率が高いと評価された変換経路に重み付けを行う。

評価の判断基準を統一する為、評価項目を選定し、重要度順に継承率を点数化した(図 26)。大分類として形状、マテリアル、属性情報に分類し、柱や梁、ドアといった部材毎に評価した。また、基準点や縮尺、寸法、通芯の様な設定情報についても評価項目とし、データ変換後のモデル位置や大きさのズレも考慮した。

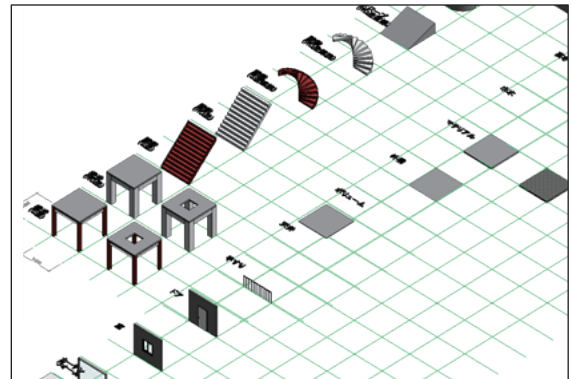


図 27 評価用サンプルモデルデータ

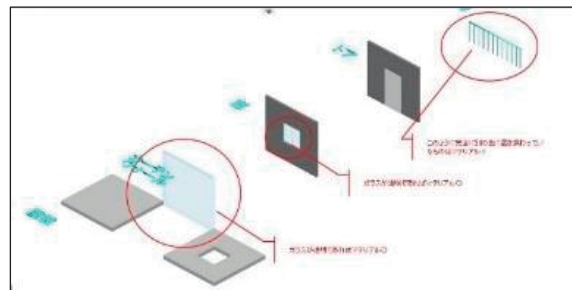


図 28 採点ポイントの記録



図 29 変換経路検索画面

④評価用サンプルモデル作成

前述した 3 種類の BIM ソフトウェアにて、柱や梁といった部位毎に等間隔に並べたサンプルを作成した(図 27)。

⑤サンプルモデルのデータ変換

割り出した経路パターンを元に、作成したサンプルモデルデータを各ソフトウェア上での変換を実施した。

⑥重み付け評価

評価項目に準じて変換データを評価し、経路毎に点数化を行った。同時に、採点ポイントを記録として残し、根拠資料とした(図 28)。

⑦経路検索ソフトウェア開発

重み付け評価のリストを元に最短経路を算出するライブラリを用いて、検索ソフトウェアの開発を行った。

3.4. 「フジタ BIM ナビ」の機能

本ツールの機能は変換経路検索とソフト一覧・ノウハウ参照で構成されている。以下に、本ツールの機能を示す。

〔変換経路検索機能(図 29)〕

- ・「入力、出力データ形式」は、それぞれ「拡張子」「ソフト名称」のどちらかを選択可能。
- ・「検索経路選択」で表示する経路結果を「最短経路順」「データ継承率順」のどちらかを選択可能。
- ・「データ継承率順」を経路選択した場合は、経路結果を 4 種類の基準から選択可能。
- ・検索結果は「検索経路選択」の基準に基づき複数候補表示。
- ・検索結果はエクセルデータで「出力」が可能。

〔ソフト一覧・ノウハウ参照機能〕

- ・社内保有ソフト、社内未保有ソフトを種類別に一覧表示。
- ・ソフト名を選択すると、そのソフトを使用したデータ変換に関するノウハウの閲覧及び登録が可能。

3.5. 導入と改良

本ツールの開発により、意匠系ソフトウェアから開発時点での社内保有ソフトウェアへの変換については継承率の高い変換経路を提示できる様になった。現在はフジタ社内の BIM 推進部署にてテスト導入を行っている。現時点では概ね問題なく使用できている。開発当初と保有ソフトウェアや BIM 活用ニーズが変わって来ている為、ソフトウェアの追加

要望がある。その為、順次追加を行い機能の充実を図って行く予定である。本ツールの活用を進めて行き、単なる変換ナビゲーションツールだけではなく、社内 BIM 活用におけるノウハウ集積の中心となる事を目指していく。

§4. コミュニケーションインフラ構築

携帯電話による通信は、基地局の充実により場所を意識する事無くできる。しかし、一般的な基地局の受信高度である 50m を超える超高層建築の施工現場では、施工中の通信環境を別途構築する必要がある。

本章では超高層ビル施工に独自の通信環境を試験的に構築して問題を解決した導入事例を報告する。

4.1. 課題

今回の超高層ビル施工の課題は、携帯電話使用には高さ制限があり、一定の階数になると電波が届かなくなり使用できなくなる事であった。携帯用電波受信高度は一般的な知識から約 50m (15 階相当) と想定した。携帯電話の通信に代わる手段を検討する必要があった。

4.2. 通信方法の選定

携帯電話に変わる通信手段としては、次の 3 つの方法が考えられた。

- ① 無線機(トランシーバー等も含む)
- ② PHS(Personal handy phone system)
- ③ Wi-Fi を利用したスマートフォン・タブレットによる通信

①は端末所持者間では問題なく利用できるが、多人数での使用に際し、無線端末の台数の関係から誰でも自由に使用するのは難しい。②は電波事業廃止もあり機材の調達が不可能であった。よって、③を採用した。

尚、現場でのコミュニケーションツールとして、通話やメッセージのやり取りが可能な Skype を使用する事とした。

4.3. Wi-Fi ネットワーク構築

現場内 Wi-Fi ネットワークは現場要望により下記エリアを対象とした。

- ・高層階エリア
- ・最上階(TOP 階)エリア
- ・地上 1 階エリア
- ・地下 1、2 階休憩所エリア

それぞれの構築内容については次に示す。

4.3.1. 高層階エリア

高層階 Wi-Fi ネットワークの構築方法を以下の 2 つについて検討した。

- ① 建物内部に LAN ケーブルを敷設し、各階にアクセスポイントを設置する事で通信を行う方法。
- ② 地上から建物に向かって Wi-Fi 電波を飛ばして途中階で受信する方法。

①は従来通りの方法で確実に通信が可能であるが、屋内工事となるため配線ルート確保や盛替え作業などの手間が掛かると予想した。②は屋内作業の状況に関係なく設置できると考えた。②の方法を試みつつ、確実な通信方法として①も実施した。以降、①を屋内 Wi-Fi、②をスカイ Wi-Fi と呼ぶ。

4.3.1.1. 屋内 Wi-Fi

14階から 60 階までの 47 フロアに LAN ケーブルを敷設し、各階にアクセスポイントを設置した。各フロア廊下の南側で通信が可能となった。

4.3.1.2. スカイ Wi-Fi

25 階から 60 階までの 5 フロア毎、西側ベランダにアンテナを設置し、地上に設置したアンテナと無線で通信を行った(図 30、図 31)。

4.3.2. 最上階(TOP 階)エリア

躯体施工時の最上階での連絡手段、WEB カメラ映像の伝送用として設置した。前述のスカイ Wi-Fi と同様、地上からの無線による通信方式としている。クレーンの旋回部の下端に無線機を取付け、下方向に向かって電波を発信させてエリアを構築した(図 32)。

4.3.3. 地上 1 階エリア

地上1階エリアには従来通りアンテナと通信盤を 5 箇所に設置して Wi-Fi ネットワークを構築した。

4.3.4. 地下 1、2 階休憩所エリア

地下の作業員休憩所に携帯用電波が入って来ない為、代替の通信手段として Wi-Fi を採用した。地下に LAN ケーブルを引込み、アクセスポイントを設置した。

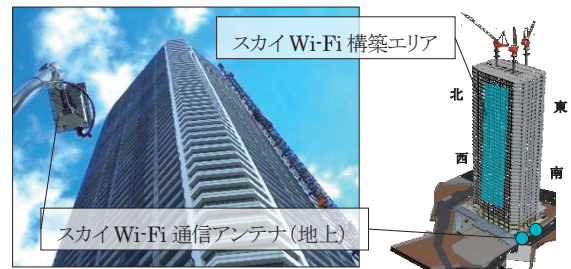


図 30 スカイ Wi-Fi 構築エリアと地上機器設置写真

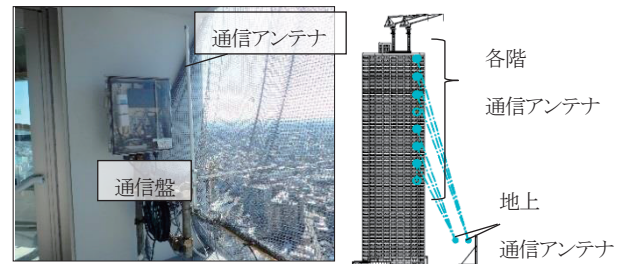


図 31 スカイ Wi-Fi 断面イメージとベランダ機器設置状況



図 32 TOP 階 Wi-Fi 構築エリアとアンテナ設置写真



図 33 ベランダ各方位の電波状態と周辺ビル状況

4.4. 通信環境の測定

4.3.1.2.で述べたスカイ Wi-Fi について、当初は東西南北の全方位のベランダで Wi-Fi 電波を受信する計画であった。しかし、電波状況を調査した結果、方位によって通信環境に良し悪しがある事がわかった。北、東、南側は地上からの電波の受信ができなかった。その原因として次の 2 点が挙げられる。第一に周辺にビルが建ち並んでいる為、外部の

無線電波が多く混線していた事。第二にクレーンマスト、仮設エレベータ、足場など、鋼製の仮設物が電波伝達の障害となっていた事である。周辺の無線電波に影響されずに通信が行えたのは西側のみであった(図 33)。

4.5. コミュニケーションインフラ活用とアンケート調査

構築したコミュニケーションインフラを用いて、職員及び施工業者の職長で、Skype による通話やメッセージの送受信、図面データ等の閲覧、WEB カメラ映像の確認に使用した。

職員と各業者の職長に「通信機器使用状況アンケート」の調査を実施した。携帯電話、スマートフォン、タブレットについて現場での使用状況をアンケート形式で答えてもらった。アンケートの結果を考察してまとめた。

- ① 周辺の通信状況を考慮して Wi-Fi スポットを計画する。
- ② TOP 階は資機材の搬入が頻繁なので必要性は高い。
- ③ 低、中、高層階の Wi-Fi スポットは必要があれば適所に設置すれば良い。

4.6. まとめと今後の展望

本章では、超高層建築の施工現場における通信手段確保として実施した内容を述べた。建物外部を使う通信手段は周辺の電波等の外的要因による影響を強く受ける為、事前の調査を必要とし、設置可能箇所は限られる。その反面、施工進捗による盛替えの影響が少なく、管理の手間を減らせる事を確認した。また、有線によるネットワーク構築が困難な箇所でも通信できる事もわかった。従来方法と併せて必要箇所に配置する事で相互補完する通信環境も構築可能と考える。今後同様の超高層建築施工がある際は、コスト面の情報も精査して提案していきたい。

§5. ビーコン端末を利用した情報共有ツール活用

5.1. 背景と目的

高層マンションの様に同様の部屋が繰り返し積み上がる建物において、位置情報の把握は品質、進捗管理上重要となる。従来、建設現場内での気づきや問題点を共有するには位置の情報を付加する必要がある、文章による補足もしくは図面への図示が必要であった。そこで、位置情報が自動で付与された現場内情報を共有できるツールができれば、現場管理業務の効率化に繋がると考えた。

屋内では GPS(Global Positioning System)電波が遮断されることから、別の位置認識技術を検討する必要がある。屋内における位置認識を行う手段としては、Wi-Fi やビーコンの電波を利用したものや、センサーから取得した加速度や気圧などを利用した PDR(Pedestrian Dead-Reckoning)によるものなどが考案されている。これらの手法の特徴を(表 2)に示す。

本研究では、職員に広く支給されている iPad での利用を前提とし、認識精度、及び機器の配置方法の自由度を考慮し、ビーコンを使用した手法を採用した。

ビーコンを利用して位置認識を行う場合、精度を向上するには多数のビーコン端末を設置する必要がある。一方でビーコンには電池寿命があり、故障の可能性もあるため、数を増やすに従って管理工数が増大するという問題がある。

この問題に対応するため、ビーコン同士で相互に通信を行い、さらにネットワーク経由でアクセスする事により、遠隔での一括管理が可能な「メッシュ型ビーコン」を導入し、管理工数の削減を図った。

表 2 代表的な屋内位置認識手法

測位手法	測位精度	測位インフラ	メリット	デメリット
Wi-Fi	数 m～数十 m	Wi-Fi AP(アクセスポイント)	既存の Wi-Fi 環境がある場合、その AP を流用可能。	本来測位目的のものではないため、精度のブレが大きい。一般的な既存携帯端末では、測位機能を作りこむ必要あり。
ビーコン	1m～数 m	ビーコン端末	安価なビーコン端末を利用可能。iOS であれば OS レベルでサポートされており、容易に実装可能。	本来は大まかな位置関係を把握するためのものであり、「直近・付近・遠方」程度の判別しか出来ず、それ以上の精度を求めるには、多数の設置が必要。
PDR	1m～数 m	不要	内界センサーのみで実現する事も可能であり、外部インフラが不要。	「相対位置」しか計測できず、測位誤差が蓄積してしまうため、何らかの補正手段が必要。
UWB	数十 cm	UWB 端末	測位用途に特化されており、精度が高く、処理も高速。	測位対象に専用の受信デバイスが必要となる。機器が一般に普及しておらず、高価。

5.2. メッシュネットワークの構築

5.2.1. ビーコンの設置

本研究では、31 階から 60 階の 30 階層にわたり、各部屋に1つずつ、合計 500 個のビーコンを設置し、検証を行った。ビーコンの設置場所は、作業者の邪魔とならない様、エアコン点検口の内部とした(図 34)。

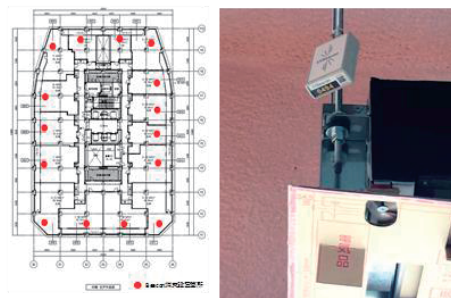


図 34 ビーコン設置状況

5.2.2. メッシュネットワークの構築

今回導入したメッシュ型ビーコンは、一定の間隔で設置した GW(ゲートウェイ)を通じて、インターネット経由で各ビーコンの管理を行う。本研究に於いては、6 階層毎に合計 5 個の GW を配置した。GW から離れた場所にあるビーコンは、近接するビーコン同士が通信を行う事によりネットワークを構築した。上下階間のビーコンの通信については、当初ベランダや吹き抜けを利用した手法を思考したが、電波が到達できず実現しなかった。検討を重ねる中で、各階廊下の設備シャフトを利用経路として電波が到達する事がわかり、これを利用したネットワーク構築を行った(図 35)。

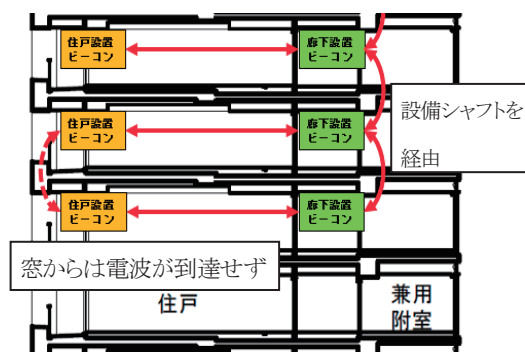


図 35 GW 上下階間のビーコン通信

5.2.3. ビーコン設置における課題

本研究において、「住戸」単位の識別を目標とし、1 部屋につき 1 つのビーコンを設置した。しかし、広い部屋ではビーコンの電波が部屋の端まで届かず、2 つ設置する必要がある。検証の結果、1 つのビーコンでカバーできる限界は、約 80 平米であり、それを超える面積を持つ住戸については、ビーコンを追加して対応した。



図 36 システム概要図

5.3. 情報共有アプリケーション

5.3.1. アプリケーションの概要

ビーコンによる位置認識を利用したツールとして、作業者間でメッセージの送受信を行い、現場での指摘事項や問題箇所の共有をサポートするアプリケーションを作成した(図 36)。このアプリケーションは iPad 上で動作し、予め登録した作業者同士でメッセージの送受信を行うものである。メッセージを登録する際にビーコンから取得した位置情報を自動的に付加し、大規模な現場内でのスムーズな意思疎通を可能とした。また、やり取りされたメッセージを PC 上で参照する機能も実装し、現場でやり取りされているメッセージを把握、整理する機能を設けた(図 37)。



図 37 アプリケーション画面

No.	項目ID	EPC-番号	取得時刻	Filename	電圧レグID	Group ID	Reason			測定時間					測定位置
							Major	Minor	Software	Interval	2th	12h	24h	7th	
00	000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0075	41F	2019/05/26.19:27:25	1	15%	2	0555	12309	7	300ms	0	0	0	0	不良
22	0076	41F	2019/05/26.20:27:55	1	96%	2	0555	12310	7	300ms	0	0	0	0	不良
23	0077	41F	2019/05/26.20:27:30	1	15%	2	0555	12311	7	300ms	0	0	0	0	不良
24	0078	41F	2019/05/26.20:27:48	1	15%	2	0555	12312	7	300ms	0	0	0	0	不良
25	0079	41F	2019/05/26.20:27:32	1	96%	2	0555	12313	7	300ms	0	0	0	0	不良
26	007A	41F	2019/05/26.20:27:55	1	15%	2	0555	12314	7	300ms	0	0	0	0	不良
27	007B	41F	2019/05/26.20:27:25	1	15%	2	0555	12315	7	300ms	0	0	0	0	不良
28	007C	41F	2019/05/26.20:27:37	1	17%	2	0555	12316	7	300ms	0	0	0	0	不良
29	007D	41F	2019/05/26.20:27:18	1	96%	2	0555	12317	7	300ms	0	0	0	0	不良
30	007E	41F	2019/05/26.20:27:19	1	96%	2	0555	12318	7	300ms	0	0	0	0	不良
31	007F	41F	2019/05/26.20:27:31	1	96%	2	0555	12319	7	300ms	0	0	0	0	不良
32	0080	41F	2019/05/26.20:27:17	1	96%	2	0555	12320	7	300ms	0	0	0	0	不良
33	0081	43F	2019/05/26.19:27:22	1	17%	2	0555	12321	7	300ms	0	0	0	0	不良
34	0082	43F	2019/05/26.19:27:30	1	15%	2	0555	12322	7	300ms	0	0	0	0	不良

図 38 ビーコン管理画面

5.3.2. システムの特徴

【登録するメッセージ種別】

本システムでは、共有するメッセージの種類として、「不具合」・「指摘事項」・「確認事項」・「メモ」を選択可能とした。これにより、メッセージの重要度が明確にわかる様にした。

【送信先の選択】

メッセージの送信先として、個人、もしくは個人を纏めたグループを選択可能とし、個人的なメッセージだけでなく、グループ単位での周知を可能とした。

【進捗の管理】

登録したメッセージに対して「完了」した事を明示的に指定できる機能を設けた。管理画面を使って未完了の指摘事項を抽出するなど、進捗管理としての利用も可能とした。

【ビーコンの管理】

メッシュ型ビーコンを利用した事により、インターネットを経由してビーコンの死活確認や、電池残量の確認を行う事が可能とした。今回の様に大量のビーコンを使用する場合、各ビーコンが正常に稼働しているかを個別に確認するのは困難であるため、ビーコンの稼働状況を画面から瞬時に確認できる事は非常に有用である(図 38)。

5.3.3. 職員へのアンケート調査

職員と各業者の職長に「情報共有アプリケーション使用状況アンケート」の調査を実施した。使い勝手の面では、既に現場で広く普及している Skype と比較して、「部屋情報が紐付いているのでわかりやすい」、「写真がログとして流れないのでわかりやすい」といった肯定的な意見があった一方で、「Skype のほうが手軽に使える」といった使い勝手の面で不満点を挙げる声が見受けられた。また、位置情報を応用して、「他の作業者の所在」や、「誰がいつ部屋に入ったかの履歴」が知れると良いといった意見が寄せられた。

5.4. まとめと今後の展望

本章では、建設現場においてビーコンによる位置認識を行い、情報共有アプリケーションでの活用を行った事例を報告した。本研究によって、ビーコンを使った位置認識に関して、住戸単位の認識精度であれば有効に利用できる事が確認できた。今後は他の手法も検討し、認識精度の向上を図っていきたい。

§6. おわりに

本稿では、マンション現場に BIM 及び ICT の技術者が常駐し、施工 BIM や ICT の技術を導入、検証した内容について報告した。いずれの内容についても、現場職員の視点、ICT 技術者の視点の一方だけではなく、相互的な連携により、課題の抽出や有効な実施内容とする事ができた。

今後も施工現場と連携した研究開発を進めて行きたい。

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。

- Solibri Model Checker は Solibri, Inc. の登録商標です。
- Revit は Autodesk, Inc. の登録商標です。
- ArchiCAD は GRAPHISOFT SE. の登録商標です。
- GLOOBE は福井コンピュータアーキテクト株式会社の登録商標です。
- Skype は Microsoft Corp. の登録商標です。
- iPad は Apple, Inc. の登録商標です。

参考文献

一般社団法人 日本建設業連合会 建築生産委員会 IT 推進部会「施工 BIM のスタイル」2014.11 発行

ひとこと



石坂 貴勲

BIM や ICT は施工現場において無くてはならない必須技術となりつつあり、生産性向上に繋がる可能性を秘めている。現場で活かせる研究開発を進めて行きたい。