

識別情報タグとBIMを用いた施設維持管理における点検業務支援 —オブジェクトベースの建築情報マネジメントシステムの研究 その3—

○大西 康伸*1 仲間 祐貴*2 位寄 和久*3
村松 弘治*4 幡宮 祥平*5

キーワード：維持管理 携帯端末 QRコード BIM ウェブ

1. 研究の背景と目的

建物の維持管理（維持保全：メンテナンス+運用管理：オペレーション）コストは建物生涯コストの7割を占めるとも言われており、予防維持保全業務の遂行やそれに伴う建物の長寿命化、建物運用における省エネルギー化によるランニングコストの縮小は急務である。さらに、建物の防犯の高度化による安心安全な建物運用や、建物の持つ空間特性を余すところなく引き出し、利用者の満足度を向上させる室利用の高度化など、ランニングコストの縮小だけでなく今後は建物利用者の多様な要求にも対応する必要があり、高度な総合的マネジメントが求められる。

我々は、維持管理情報が格納されたBIMデータ（建築情報モデル）を維持管理業務において継続的に活用することを支援するCAFMの一種であるウェブシステム（建築情報マネジメントシステム/Building Information Management System：BIMS）の開発に着手し、維持管理情報を3Dモデルと連動させて閲覧・編集する基盤ソフト（維持管理情報プラットフォーム）として一応の完成を見た（図1）^{1) 2) 3)}。これにより、分散管理されている維持管理情報を一元管理し、関係主体がいつでも、どこからでも情報を活用することが可能となった。しかし、BIMSへの維持管理情報の入力に手間がかかる、即時性に乏しい、収集情報が限定的であるなど、データ入力に関する多くの問題が存在することが明らかとなった。データ入力の問題が未解決であれば、開発したシステムへの情報入力は十分行われず、BIMSが最終目的とする建物ビッグデータの分析による戦略的維持管理に辿り着くことができない。

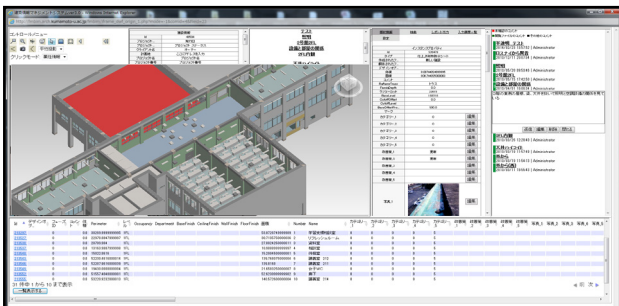


図1 開発した建築情報マネジメントシステム(BIMS)

そこで本研究では、ビル管理担当者により日々実施される建物点検の結果がBIMSへ滞りなく入力されること、さらには点検報告業務を効率化することを目的とし、点検現場（オンサイト）から点検結果のBIMSへの入力を支援し、入力された点検結果から報告書を自動作成する「モバイル点検支援システム」をBIMSへ付加する。さらに、開発システムの実践的利用環境における評価のため、実在する建物の点検業務にて利用し、ビル管理担当者へのヒアリングを実施する。

2. モバイル点検支援システムの開発

2.1. 開発システムの仕様

点検業務は建築設備を中心に実施されることが多い。一般的な手順としては、例えばビル管理担当者が常駐する場合、建物の対象箇所を目視により点検し、その結果をその場で紙面等に記載する。点検終了後、建物内の詰め所（オフサイト）に戻り表計算ソフトなどへ点検結果を転載することで報告書を作成し、その後報告書（印刷物またはデータ）をビルオーナーへ渡し報告する。BIMSを運用している維持管理業務においてこの点検手順を実行した場合、以下に示す問題が発生すると考えられる。

- P1) オンサイトで紙面等に記録した点検結果や撮影した写真を、オフサイトで表計算ソフトやBIMSへ入力する手間が発生する。
- P2) タブレット等の携帯端末を用いオンサイトからBIMSへ直接入力する手順を踏んだ場合、携帯端末をタッチ操作して、点検結果を入力する3Dオブジェクトを選択する必要がある。しかし、オンサイトでこの作業を行うのは困難である。また、点検業務は脚立の設置や移動、点検対象機器のハッチの開閉など両手を使って行う作業が多いため、タブレットの携行や使用は点検業務にとって煩わしい。これらのことが、円滑な点検業務を妨げる。
- P3) BIMSへ点検結果を入力したとしても、点検報告書を自動作成する機能が未搭載である。

これらの問題を解決するために、以下の特徴を持つモバイル点検支援システムを開発する。

- S1) タブレットより小型の、携行が容易で片手で操作で

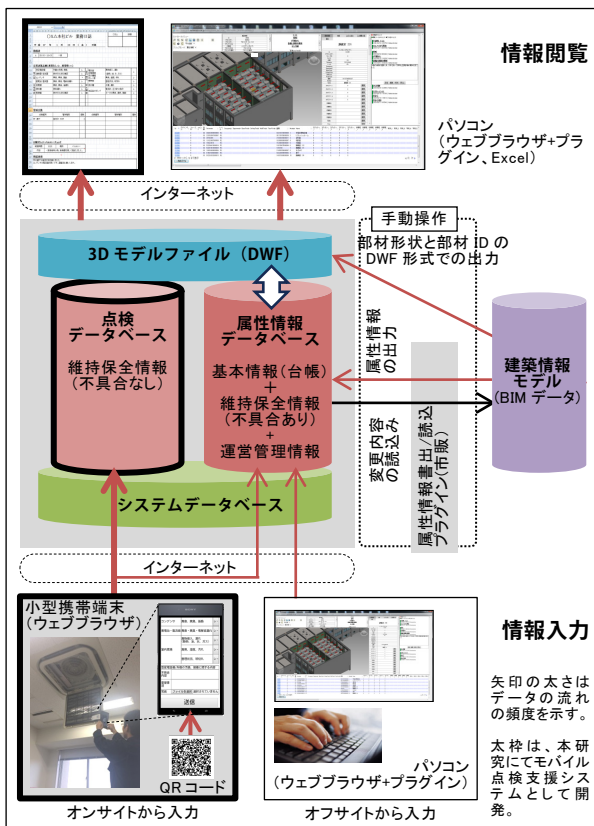
きる小型携帯端末を用いて、オンサイトから簡単なタッチ操作で点検結果が入力できる。

- S2) オンサイトでの 3D モデルの操作を避けるため、識別情報タグを点検対象機器に貼り、それを小型携帯端末から読み込むことで、点検結果入力画面を小型携帯端末に自動表示させる。加えて、3D オブジェクトと点検結果の関連づけを自動化する。
- S3) 小型携帯端末を介して BIMS へ入力された点検結果から報告書を自動作成する機能、および点検報告書検索機能を BIMS に拡充する。

本研究では、小型携帯端末としてスマートフォンよりやや画面が大きく視認性が高いタブレット^{注1)}を、識別情報タグとして低コストで導入が容易な二次元バーコードの一種である QR コード^{注2)}を採用する。

なお、タブレットを用いてオンサイトから維持管理情報を入力する研究は日本においても近年散見されるが⁴⁾⁵⁾、QR コードを読み込むことで当該機器に関する点検項目がタブレットに自動表示され、かつタブレットからの入力結果が建築情報モデルの 3D オブジェクトに自動的に関連付けられる研究は見当たらない^{注3)}。

点検支援システムは、BIMS と同様、ウェブ関連技術 (HTML, JavaScript, PHP) を利用しウェブアプリケーションとして開発する (図 2)。



システム設計上の工夫として、不具合がない場合は結果を点検データベースに書き込み、不具合がある場合の

み BIMS 上で 3D モデルと連動表示が可能な (かつ、BIM データへの再格納が可能な) 属性情報データベースに書き込む仕様とする。属性情報データベースと異なり、点検データベースは主に報告書自動作成時のみに用いられる。理由として、「不具合なし」は「不具合あり」と比較して維持管理業務における情報の重要度 (活用可能性) が低い点、全ての点検結果を属性情報データベースに書き込むと BIMS 上で点検対象オブジェクトの属性情報表示が膨大になる点があげられる。なお、「不具合なし」の情報でも、点検日時、点検対象オブジェクト ID と関連付けて点検データベースに記録されるため、報告書自動作成以外での活用の余地も残している。

2.2. 点検業務及び点検項目の調査と点検結果入力ページの設計

点検報告書自動作成機能の拡充及びモバイル点検支援システムの運用のため、実在するオフィスビル A の維持管理業務^{注5)}におけるビル管理担当者自身が行う点検業務及び点検項目をヒアリングにより調査した。調査結果を表 1 に示す。

日常点検は土日を除く毎日行われる。それ以外の点検 (月次点検) は月 1 回数日間かけて実施され、毎日何らかの月次点検が行われている。点検は全 9 業務あり、各点検業務には最小 1 個～最大 5 個の小分類が含まれる (合計 20 個)。各小分類は、最小 1 個～最大 16 個の点検項目を含んでいる。この小分類は、ある場所でまとめて実施可能な点検項目のまとまりと一致することから、これを点検結果入力フォームと対応させることとする。また、点検業務の各小分類は最少 1 カ所～最大 66 カ所の点検が必要な対象の数 (点検カ所数) と対応する (合計 253 カ所)。1 つの点検カ所が 1 つの QR コードと関係づけられることから、オフィスビル A では 253 枚の QR コードを建物内に設置する必要がある。

一か月間に点検しなければならない延べ項目数は、日常点検 580 項目 (29 項目/日×20 日) + 月次点検 1005 項目であり、1585 項目にもなる。さらに、不具合があると備考欄にその内容を記述するとともに画像データを添付するため、それ以上となる。

表 1 オフィスビル A の点検業務

点検業務	小分類数	点検項目小計	点検カ所数小計 ()内は関連付けるオブジェクト
1. 日常点検	5	23	7 (部屋 7)
2. 給排気ファン設備	1	5	66 (設備 66)
3. 空調機フィルター清掃	1	1	46 (設備 46)
4. 排水設備	2	19	12 (設備 11、部屋 1)
5. 衛生設備	1	4	41 (部屋 41)
6. 電気給湯器	1	5	40 (部屋 40)
7. ルーフドレイン	1	3	14 (設備 14)
8. 給水設備	3	31	5 (設備 5)
9. 排水枡	1	3	15 (設備 15)
10. 消防動力設備 (消火・排煙設備)	4	12	7 (設備 6、部屋 1)
合計	20	106	253 (設備 244、部屋 9)

点検結果は基本的には点検対象となる「設備機器オブジェクト」に関連付けて記録される仕様とするが、点検カ所「便所」のように、部屋の中に複数存在する衛生設備が点検対象となる場合もある。その場合は、「部屋オブジェクト」に関連付けて記録される仕様とする。

2.3. モバイル点検支援システムの開発

ヒアリング結果に基づき、20種類の点検結果入力フォームを作成した(図3)。QRコードには、「点検結果入力フォームのURL」とクエリ文字列として「3DオブジェクトのID」が記述されている。各点検カ所に貼り付けられたQRコードをタブレットから読み込み、表示される点検結果入力ページ(図4、図5)に結果を入力するだけで、インターネットを経由してBIMSへ記録される。

オンサイトで入力効率に配慮し、点検結果は大半を「良好」、「注意」、「不良」など選択のみで入力できるインターフェースとした。不具合を発見し「不良」を選択した場合はページ下部に備考欄(不具合内容、要望事項、写真)が表示される(図6)。「不具合内容」と「要望事項」には自由記述で入力し、写真はタブレットから撮影したものをアップロードする。

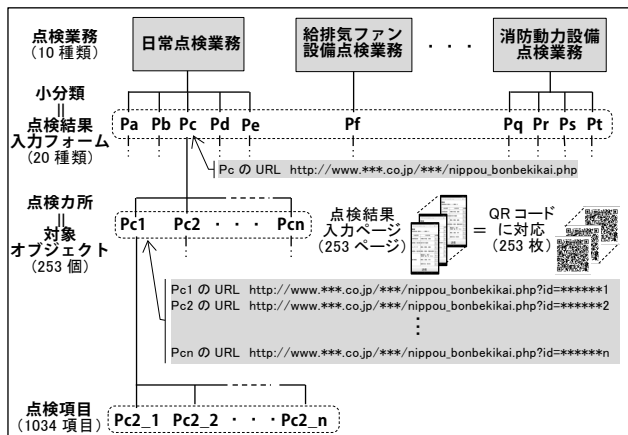


図3 点検業務と点検結果入力ページの関係

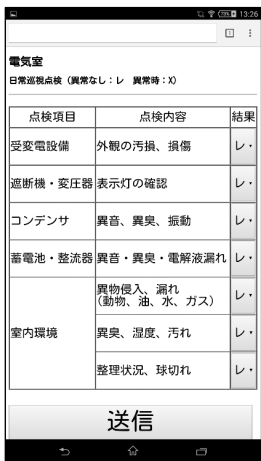


図4 日常点検業務の電気室の点検結果入力ページ

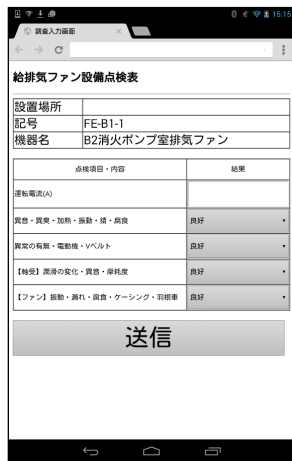


図5 給排気ファン設備点検業務の点検結果入力ページ

オンサイトで入力した点検結果に基づき、報告書を自動作成する機能をBIMSに拡充した。リストから任意の報告書名をクリックすると、Excel形式でダウンロードすることができる。また、日付を指定すると、日常点検の場合は指定日、月次点検の場合は指定月の報告書がダウンロードできる(図7、図8、図9)。

点検の結果、「不具合あり」と診断され、備考欄に記入された情報については、当該3Dオブジェクトの属性情報を表示すると、その内容をBIMSから閲覧することができる(図10)。



図6 不具合を記述する備考欄

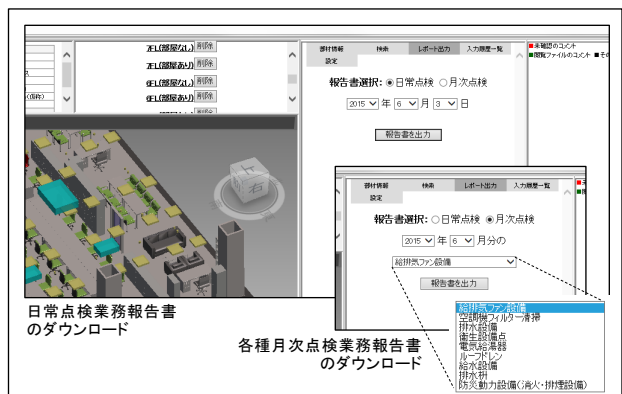


図7 BIMSに拡充した報告書自動作成機能

ビル 業務日誌				
平成 年 月 日 () 天候				
勤務者				
A 08:00~19:00				
日常巡視点検(異常なし:レ 異常時:×)				
受変電設備	外観の汚損、損傷	レ	電気室	異物侵入、漏れ
遮断機・変圧器	表示灯の点灯確認	レ	発電機室	(動物、油、水、ガス)
コンデンサ	異音、異臭、振動	レ	変水槽室	異臭、湿度、汚れ
蓄電池・整流器	異音、異臭、電解液漏れ	レ	ポンプ室	整理状況、球切れ
発電機	異音、異臭、油漏れ	レ	機械室	整理状況、球切れ
送電機	異音、異臭、油漏れ	レ	受水槽	水量、漏れ

図8 BIMSからダウンロードした日常点検業務報告書(一部)

給排気ファン設備点検表 - 1									
点検日: _____									
点検者: _____									
区	部	機	電	電	電	電	電	電	電
画	画	器	圧	圧	圧	圧	圧	圧	圧
所	号	名	名	名	名	名	名	名	名
B1機械室2階	F5-B1-1	1階セントラル給気ファン	B1M-2	-	1.3	1.4	良好	良好	良好
1階セントラル	F5-B1-2	2階機械室給気ファン	B1M-1	387	2.71	2.83	良好	良好	良好
B1機械室2	F5-B1-3	3階機械室セントラル給気ファン	B1M-2	-	16	15	良好	良好	良好

図9 BIMSからダウンロードした給排気ファン設備点検業務報告書(一部)

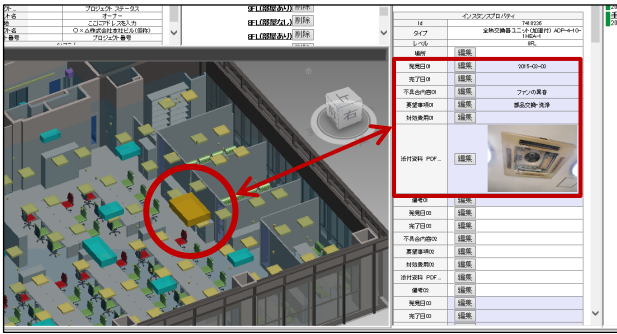


図 10 3D オブジェクトと関連付けられた不具合情報の BIMs からの閲覧

3. 運用と評価

開発したモバイル点検支援システムの評価のため、オフィスビル A でモバイル点検支援システム及び BIMs を運用した（2015 年 1 月～2015 年 6 月現在運用継続中）。

美観への影響を鑑み、QR コードは機械室内やシャフト（PS、EPS）内等のビル管理担当者しか立ち入らない場所には露出で貼り付け（図 11）、空調機器等の設備機器の場合はハッチ裏側等の隠蔽部に貼り付けた。「便所」等の QR コードを隠すことが困難な場所に関しては、A5 程度の大きさのクリアフォルダにファイリングした QR コードを点検業務時に持ち歩き、必要な場合はそれを読み込むこととした。また、タブレットのインターネットへの接続には、ポケット Wi-Fi^{注 6)} を使用した。

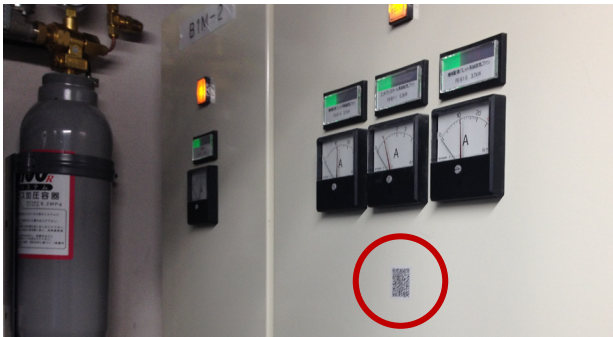


図 11 機械室内の制御盤に貼り付けられた QR コード

運用開始後約 1 ヶ月が経過した時点で、ビル管理担当者 1 名に対し開発システムの評価ヒアリングを実施した。表 2 に示す 3 つの質問分類、8 つの質問内容に基づきヒアリングを行い、それぞれ 5 段階評価：〇〇 はい、〇 どちらかと言うと はい、△ どちらでもない、× どちらかと言うといいえ、×× いいえ（ただし 2-c は除く）及びその理由について回答求めた。5 段階評価を見ると、質問 2-b を除き概ね良好な結果であった。

「1. 点検支援システムを用いたワークフローについては 2 つの質問のどちらも「はい」との回答であった。「QR コードを読み取る手間は増えるが、それを差し引いても従来の点検結果の記録や報告書作成と比べて効率化が図られていると感じる。」「点検業務終了と共に BIMs への

入力完了しており、その点についてはかなり効率化が図られていると感じる。」との回答理由を得た。ただし、「危険防止のため作業手袋を装着して点検作業するため、指によるタッチ操作ではなくスタイラスが必要である。」との指摘があり、当初想定した使用環境を修正する必要があることが明らかとなった。

「2. QR コードの運用方法については、改善を要する結果となった。貼り付けた QR コードの読み込みにはさほど問題はなかったが、ファイリングした QR コードの読み込みは点検作業の妨げになりがちであったことが明らかとなった。「手袋により、ファイルのページを上手くめくることができず手こずった。」「光の反射で QR コードが読めないことがあった。」「読み込みたい QR コードを探す手間がかかった。」との回答理由があり、このことが質問 2-b における評価を下げた原因であると言える。

「3. 点検結果入力ページのインターフェースと携帯端末については、良好な結果を得た。「ボタンや文字の大きさ、画面の明るさ、動作速度、QR コードの認識、通信速度、通信エリアのどれも問題なく、ストレスなく一連の入力を行うことができた。」との回答理由を得た。「スマートフォンのようなもう少し小さな携帯端末でも問題ないような気がする。」「タブレットを片手で操作する際、少し安定感に欠ける。」との意見があり、このことが質問 3-b の評価を少し下げた理由であると推測される。

表 2 ヒアリングにおける質問とその結果

質問分類	質問内容	5 段階評価	
1	1-a 点検支援システムを用いたワークフローについて	オンサイトで点検結果を記録し、オフサイトで報告書を作成する従来の方法と比較して、作業負担は低減されたか。	〇〇 低減された
	1-b	オフサイトで BIMs へ点検結果を入力する方法と比較して、作業負担は低減されたか。	〇〇 低減された
2	2-a QR コードの運用方法について	貼り付けた QR コードを読み込む際、点検作業の妨げにならなかったか。	〇 どちらかというと妨げにならなかった
	2-b	ファイリングした QR コードを読み込む際、点検作業の妨げにならなかったか。	× どちらかというと妨げになった
	2-c	円滑に点検作業を実施する観点から、上記 2 つの方法のうちどちらが適しているか。	貼り付ける
3	3-a 点検結果入力ページのインターフェースと携帯端末について	点検結果入力ページのボタンや文字の大きさ等の画面設計は適切だったか。入力は円滑に行えたか。	〇〇 適切だった円滑に行えた
	3-b	タブレットの大きさ、重さ、画面の明るさ、動作スピードは適切だったか。	〇 どちらかというと適切だった
	3-c	ポケット Wi-Fi の通信速度や電波が届く範囲に問題はなかったか。	〇〇 問題はなかった

4. 運用及び評価結果の考察

従来の点検方法と比較して効率化が図られ、さらには BIMs への入力負担が低減されていることがヒアリング結果から明らかとなった。開発したモバイル点検支援システムの、最重要目的が達成されていると言える。

BIMs を介して点検報告書を共有できることから、ビルオーナーや総務部署への点検結果報告のペーパーレス化が実現可能であることが、運用の中で明らかとなった。ペーパーレス化は手続きの迅速化や保管の省スペース化の観点で有益である。手続き上のルールを策定した上で、

近日中にオフィスビル A にて実施予定である。また、オンラインで点検結果を入力した時刻がデータベースに自動的に記録される。これをビルオーナーや総務部署、ビル管理会社が迎える機能を開発すれば、いつ、どのような作業が行われたのかが把握でき、ビル管理業務の高度化・効率化につながる事が明らかとなった。

1 ヶ月弱という短い期間での使用評価であったが、いくつかの改善点が見えてきた。そのほとんどが、点検作業時のビル管理担当者の装備や作業手順、状況を把握していないかたことに起因する問題である。早急に解決を要する問題として、ファイリングした QR コードを読み込む際の手間やトラブルがある。まずは貼り付け可能な場所を探すことにより、クリアファイルの QR コード数を減らすことが考えられる^{注7)}。また、クリアファイルを用いずに、耐久性のある無反射性のシートに QR コードを印刷し、それを束ねるようなことが考えられる。

5. 課題と展望

本研究では、BIMS への滞りない点検結果の入力と、点検業務の効率化（オンラインでの点検結果の記録及び報告書作成作業）を目指し、モバイル点検支援システムを BIMS と一体的に開発した。ヒアリングの結果、システム開発の目標を概ね達成していることが明らかとなった。さらには、点検報告書のペーパーレス化や詳細な作業記録の自動作成など、情報を一元化し共有する仕組みが生み出すメリットを見いだすことができた。

ビッグデータは収集するだけでなく、利用して初めて価値が生じる。今後は BIMS 上により多くの維持管理情報を収集する工夫を施すと共に、維持管理ビッグデータをどのようなアルゴリズムで分析し、どのような価値を誰に提供するのかについて研究を行う必要がある。

なお本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（C）、課題番号 15K06364）の一環として行われた。

参考文献

- 1) 仲間祐貴、大西康伸、「維持保全業務における BIM データの活用のための Web システムの設計と開発 ―オブジェクトベースの建築情報マネジメントシステムの研究―」、日本建築学会第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 (DVD)、pp.79-84、2012.12、東京
- 2) 仲間祐貴、大西康伸、位寄和久、「施設維持管理業務での利用を想定した建築情報マネジメントシステムの機能拡充と評価―オブジェクトベースの建築情報マネジメントシステムの研究 その 2―」、日本建築学会第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 (DVD)、pp.25-30、2013.12、東京
- 3) 仲間祐貴、大西康伸、位寄和久、「建築情報マネジメントシステムの実務運用を想定した属性情報項目の検討とセキュリティの拡充」、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1、pp.67-68、2014.9、神戸
- 4) 清水友理、末田隆敏、佐藤康弘、「維持管理業務におけるフィールド調査支援システムの開発 その 1 CAFM とタブレット端末の連携」、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1、pp.63-64、

- 2014.9、神戸
- 5) 曾根巨充、「建物履歴管理システムを活用した建物管理 システム概要と活用効果」、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1、pp.65-66、2014.9、神戸
- 6) Ali Motamedi, Amin Hammad, LIFECYCLE MANAGEMENT OF FACILITIES COMPONENTS USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION AND BUILDING INFORMATION MODEL, Journal of Information Technology in Construction, pp.238-262, 2009
- 7) Pavan Meadati, Javier Irizarry, Amin K. Akhnoukh, BIM and RFID Integration: A Pilot Study, Second International Conference on Construction in Developing Countries, pp.570-578, 2010

注釈

- 注1) 画面サイズがスマートフォンとタブレットの中間に位置する携帯端末。一般的には 5 インチ～7 インチ程度の画面を持つ。本研究で使用した機器のスペックを以下に示す。ソニー、XPERIA Z Ultra (Wi-Fi モデル)、CPU:Qualcomm Snapdragon 800 APQ8074 2.2GHz、メモリ:2GB、画面:6.4 型 (1920 x 1080)、OS:Android4.2、外形寸法:W 92mm×H 179mm×D 6.5mm、重量:212g
- 注2) 通常（一次元）のバーコードが横方向にしか情報を持たないのに対し、QR コードは縦横に情報を持つため、格納できる情報量が多い。QR コードはセル数（QR を構成する白黒のドット数）に応じて、現在バージョン 1～40 まで設定されている。最も多くの情報量を格納できるバージョン 40 は、英数 (US-ASCII)で 3,391 文字（誤り訂正レベル M の場合）。現在、ほとんどのカメラ付き携帯端末が QR コードの読み取りに対応している。本研究では、バージョン 3（英数 35 文字、誤り訂正レベル H）を使用し、28mm の正方形の大きさにプリントアウトした。
なお、本研究にて RFID を採用しなかった理由として、専用の読み取り機が必要なこと、タグ等の導入コストが QR コードよりも高くなることがあげられる。
- 注3) 建物の維持管理において、RFID や QR コードなどの識別情報タグと建築情報モデルを連動させる研究は存在する。しかしその多くが、建築情報モデルが保持している部材の属性情報や関連情報を、識別情報タグを手がかりにオンラインで検索・閲覧する研究^{6) 7)}であり、属性入力に重点を置いた本研究とは異なる。
- 注4) モバイル点検支援システムの一部として、点検データベースを新たに BIMS に追加した。なお、BIMS は他にもいくつかのデータベース（コミュニケーションデータベース等）を持つが、図の読み取りやすさに配慮し本図ではその表示を省略している。
- 注5) オフィスビル A は、延床面積約 9,000 m² の A 社が所有する本社ビルである。ビル管理会社が当該ビルの維持管理を請け負っており、1 名のビル管理担当者が常駐している（夜間を除く）。2014 年 6 月から BIMS を導入し、試験運用を継続中である。
- 注6) 本研究で使用した通信サービス、機器を以下に示す。Y!mobile、Pocket Wi-Fi 305ZT、通信方式:AXGP（下り最大 165Mbps / 上り最大 10Mbps）/LTE（下り最大 112.5Mbps / 上り最大 37.5Mbps）/3G（下り最大 21Mbps / 上り最大 5.7Mbps）、外形寸法:W 117mm×H 62mm×D 13.9mm、重量:150g
- 注7) その後 QR コードの貼付状況が改善され、約 9 割（223/253）の QR コードが貼り付けられた（2015 年 7 月 16 日の時点）。状況が変化したため、再度ヒアリングを行うことを今後の課題に加える。

-
- *1 熊本大学大学院自然科学研究科 准教授 博士（学術）
 - *2 熊本大学大学院自然科学研究科 博士後期課程
 - *3 熊本大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士
 - *4 ㈱安井建築設計事務所 常務執行役員
 - *5 ㈱安井建築設計事務所 主任

Support System for the Inspection Service Using Identification Information Tag and BIM in Facility Operations and Maintenance

Study on Object Based Building Information Management System Part3

○Yasunobu ONISHI*¹ Yuki NAKAMA*² Kazuhisa IKI*³ Koji MURAMATSU*⁴ Shohei HATAMIYA*⁵

Keywords: Operations and Maintenance, Mobile Device, QR Code, BIM, Web

Background and Objectives

Building operations and maintenance costs account for 70% of the building Life Cycle Cost. To reduce running costs by preventive maintenances, increasing the lifespan of buildings and energy saving are a pressing need. Furthermore, in providing an advanced security and enhancing the satisfaction of facility users, it is necessary to satisfy the various demands of building users as well as reducing running costs in the future.

To that end, we developed the Building Information Management System (called BIMS) as a web based CAFM using BIM for continuous management of a great variety of operations and maintenance data. It was completed as a type of information platform, which provides functions to retrieve and input the data connected with the 3D model on a web. BIMS enabled all persons concerned with the buildings including the facility manager, building owner and the construction company to access the data at any time. However, it was clear that there were many problems with inputting data such as the great effort required, lack of immediacy and limitation of gathering a variety of data. If these problems are not resolved, BIMS cannot gather sufficient data and reach its final goal which is to achieve strategic operations and maintenance by analyzing Big Data.

In this paper, in order to support that the data of the results of the building inspection is entered into BIMS continuously and improve building inspection service efficiency, we developed the Mobile Inspection Support System (called MISS) and added it to BIMS. Furthermore, we applied MISS to the inspection service of an existing office building and evaluated it.

Functional features of developed system

We developed MISS that is described by html, Java Script and PHP as a web application. The functional features of MISS are as follows:

- 1) Using a fablet that is easy to carry, easy to handle and smaller than a tablet, the data of the results of the building inspection can be inputted easily through touch operation from on-site.
- 2) The input from pages of the inspection results are displayed on the fablet by reading the QR code attached to each building element using the fablet. At the same time, the data of its results are connected with each 3D objects in the 3D model automatically. It is possible for a maintenance manager to avoid navigating the 3D model on-site.
- 3) Inspection reports in Excel format are made automatically with the results of the inspection recorded in BIMS using the fablet. Furthermore, if any building element is inspected as a 'problem' or 'failure', the data of its condition is entered into the attribute information of the corresponding object in the 3D model on BIMS, and it can be browsed with the 3D object through BIMS.

Evaluation of developed system

We used a questionnaire to compare and evaluate the efficiency of each of the three methods for recording the inspection data and making the reports –with MISS and BIMS, with BIMS only and with a pen, paper and Excel (conventional way). The maintenance manager of the building on the case study filled out the questionnaire. The results showed that MISS was useful for inputting the inspection data into BIMS easily on-site and creating the reports rapidly.

Conclusions

It was clear that MISS mostly achieved its aim, and we also confirmed the benefits of MISS that offered paperless inspection reports and automatic reports of the maintenance manager's work record. In the future, we will add a function that analyzes big data of BIMS.

*1 Associate Professor, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Ph.D.
*2 Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, M. Eng.
*3 Professor, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Dr. Eng.
*4 Managing Director, Yasui Architects & Engineers, Inc.
*5 Chief, Yasui Architects & Engineers, Inc.