

次世代携帯端末を用いた施工管理手法の開発

清水 友理^{*1}・田辺 要平^{*2}・佐藤 康弘^{*1}

Keywords : next-generation mobile device, smartphone, smartpad, construction management, work efficiency

次世代携帯端末, スマートフォン, スマートパッド, 施工管理, 業務効率向上

1. はじめに

昨今の建物の品質要求の高まりに対し、施工者にとって発注者や監理者との品質の確認だけに止まらず、品質の確保と向上は最重要課題となっている。その一方で、工期短縮によるスピード感の増大や、品質記録等の記録書類の増加により、要求品質を確保しながら建築生産の業務を改善するための新たな施工管理手法が求められている。その取り組みとして、建築生産に関わる関係者間の情報共有は必須であり、ICTの活用は情報共有のため不可欠となっている。

ICTの活用の取り組みでは、情報共有を図る基盤として、クラウドコンピューティング^(注1)（以下、クラウド）の活用が注目されている。建設現場では元請会社を中心に多くの関係者間（施主、設計会社／コンサルタント、監理会社、JV各社、協力会社等）で効率的且つリアルタイムに最新の情報を共有する必要がある。そこで建築生産の業務に適した統一的な情報共有基盤（認証機能、ポータルサイト、標準フォルダ、社内システムへのリンク等）により情報共有を図る試み¹⁾が元請会社を中心に2000年代前半より盛んに開始されている。ここでは、労務安全書類の管理等をネットワーク上で作成・提出・確認することで定型業務の統一を図った。これにより従来の紙面、Fax、メール等での非定型な情報のやり取りから、共通ページを介することで、業務手順の標準化や重複作業の削減、問合せ確認の省力化等により、効率的な業務処理が実現している。

上記の取り組みの他に、図面の管理をクラウド上で管理・運用する取り組みが、2000年代後半より盛んに開始されている。これは図面（計画図・設計図・施工

図・製作図等）を整理する標準フォルダを整備することで、工事関係者が標準フォルダに図面をアップロード/ダウンロードし最新の図面を共有するシステム（以下、クラウドを活用した図面管理システム）である。標準フォルダへのアクセス権をユーザー毎に定義でき、セキュリティが確保された状態で必要な情報を必要なユーザーに流通することが可能となった。当社と工事関係者間でやり取りされる図面は、2010年時点で月間平均50万枚以上の図面がクラウド上で共有されており、クラウドを活用した図面管理は、利用推進の段階から業務の標準になりつつある。

2. 研究の背景

このような状況を踏まえ、PDAや携帯情報端末を建設現場で活用する試みがされている^{2),3)}。これらの研究は、PDAの自由な開発環境により、品質記録等で活用する取り組みが試行されている。しかし品質記録に用いるには、PDAのカメラのフラッシュ・ズーム機能が弱く⁴⁾、そのためPDAとデジタルカメラの複数機器によるシステム構成となってしまうことの煩雑さの課題⁵⁾が指摘されており、情報端末としての不完全さが目立った。そのような中、2007年にスマートフォン^(注2)が市場に登場し、次いで2010年にスマートタブレット^(注3)が登場した。これにより、高画質なデジタルカメラと同等の性能と、高精細ディスプレイを標準とするオープンプラットフォームでの開発環境が揃つたことにより、上述の課題を解決する可能性が出てきた。このような時代の潮流と、これまで業務改革として行つてきたクラウドを活用した業務環境と、そこでやり取りされる膨大な情報コンテンツがクラウド上にあることにより、スマートフォン、スマートタブレットに代表される次世代携帯端末（以下、次世代携帯端末）を

*1 技術センター 建築技術開発部 ニューフロンティア技術開発室

*2 建築本部 建築部

業務活用するための条件が揃った。これらの条件が揃ったことにより、既にクラウド上にあるコンテンツと次世代携帯端末を接続し活用するアプリケーションを構築することにより、現場事務所、現場フィールド、打合せ先等、様々な場所で行われる施工管理の業務シーンで活用する可能性が出てきた。

以上から、建築物の品質管理において、次世代携帯端末を活用し業務効率化を図る施工管理手法の可能性を探るために、本研究ではクラウドを活用した図面管理システムを基盤に、セキュリティを確保しながら図面を現場で持ち歩き可能な次世代携帯端末アプリケーションの構築を行った。また構築したシステムを用いて工事現場において試行し、業務効率化の検証を行った。本報では構築したシステムと検証実験の結果について報告する。

3. 次世代携帯端末を用いた施工管理システムの開発

クラウドを活用した図面管理システムを基盤に、セキュリティを確保しながら図面を現場で持ち歩き可能な次世代携帯端末アプリケーション（図-1）の構築を行った。次世代携帯端末の特徴として、高精細マルチタッチディスプレイ、高画質なカメラ機能、ユーザーインターフェースに配慮された文字入力等がある。これらを活用した図面表示機能、写真記録・メモの付加機能を開発した。これらの標準機能に加え、アドイン⁴⁾接続によるクラウドサーバー上のデータを次世代携帯端末上で共有する機能を開発した。また図面上に書き込んだ内容を帳票化により工事記録や報告書の自動作成機能を開発した。以下、各機能の詳細について解説する。



図-1 システム画面

Fig.1 System screen

3.1 図面表示機能

図面表示機能として、PDFの図面やOfficeファイルの業務書類等を次世代携帯端末にダウンロードし閲覧する機能を構築した。一度ダウンロードしたファイルは端末内のキャッシュとして残り、地下の現場等電波の通じない場所でも閲覧可能となる。また同一ファイルが更新されると、ファイルを開く際に前回のキャッシュを削除し、最新ファイルをダウンロードするため、常に最新版のファイルを共有することが可能となる。また、拡大・縮小機能により、押さえの寸法の読み取りなど電子ならではの利便性を生かした活用が可能となる。

3.2 写真撮影やメモなどを付記

次世代携帯端末に表示した図面上に、付記したいポイントを画面上で指定し、ポイント箇所について情報の紐づけ機能を構築した。情報は、画像ファイル・音声ファイル・タグ・テキストメモが添付可能で、記録した添付情報は図面上の情報として付加され、データファイルとして保存される。（図-2）



図-2 写真・メモ等の添付

Fig.2 Attachment of photos and memos and on document

3.3 セキュリティ対策

アプリ起動時にパスコード入力による利用者の認証を行うことで、パスワード付きUSB同等のセキュリティを確保している。

3.4 クラウドサーバーへの接続機能

オンラインストレージとのアドイン機能^(注4)を構築した。ユーザーはアカウントを入力することにより、オンラインストレージ内のデータを本システムで扱うことができる。また、前出のクラウドを活用した図面管理システムに接続するためのアドインを有効にすることで、クラウド上で共有している図面等の最新情報を本アプリケーション上で扱うことが可能となる。また、セキュリティ対策として、パスコード入力を5回

間違って入力するとダウンロードしたデータが一括して削除される機能（ローカルワイプ）と、万が一端末を紛失した場合の対策として、紛失時の遠隔削除実行指示（リモートワイプ）を備えた。業務利用に際し、従来のパソコンでの利用と同等以上にセキュリティに配慮した設計としている。

3.5 端末からの帳票化

建設現場で入力された記録情報（テキスト、工事写真等）を、帳票フォーマットに自動変換し、データによる配信を行う機能を構築した。帳票は定形レイアウトを初期設定で指定することにより、工事記録写真台帳や報告書等の定型業務に対し、帳票の自動作成が可能となる。これにより業務フローを一貫してひとつのシステムとしての利用が可能となる。

4. 次世代携帯端末を用いた施工管理システムの検証

本システムの検証として、2つの実験を実施する。

実験1では、本アプリケーションの性能検証として図面のダウンロード速度、帳票のアップデート速度について検証を行う。実験2では、本アプリケーションによる業務効率化を検証するため、本アプリケーションを用いた工事写真撮影業務と従来の各手法の比較を行うため、サンプルテストを実施する。以下、実験1・2の概要と結果を述べる。

4.1 実験1：ダウンロード/アップロード速度の検証

実験1では、専用回線の敷設を必要とせず容易に接続可能な無線通信として、3G回線及びWi-Fiを対象とし、実際の現場で運用されている「設計図」「施工図」「製作図」を対象として行った。なお、ダウンロードの実施は、3G回線及びWi-Fiのサービスエリア内にあり、通信会社により屋外での電波の利用に問題ないと公開されている1現場において実施した。なお測定現場での通信速度は3G下り平均1.8Mbps(n=10)(最高速度2.4Mbps)、Wi-Fi下り平均3.3Mbps(n=10)(最高速度6.3Mbps)であった。なお通信速度の測定は次世代携帯端末専用測定ソフト^(注5)により測定を行った。

帳票のアップロード時間については、本システム内に帳票化の指示を出した日時を記録する機能を組み込み、アプリケーションから帳票化に指示が送られ、メールサーバーが受信した時間までとした。

4.2 実験1：結果

図面のダウンロード速度の測定結果を図-3に示す。

これらの速度は通信環境に依存するが、ファイルサ

イズ0kB～1MB以下では6.2秒/3.9秒(3G回線/Wi-Fi)、1MB超～4MB以下では15.6秒/14.1秒(3G回線/Wi-Fi)であった。対象としたファイルの平均ファイルサイズは1.0MB(n=71)であり、業務で利用するには十分な速度であることが確認された。

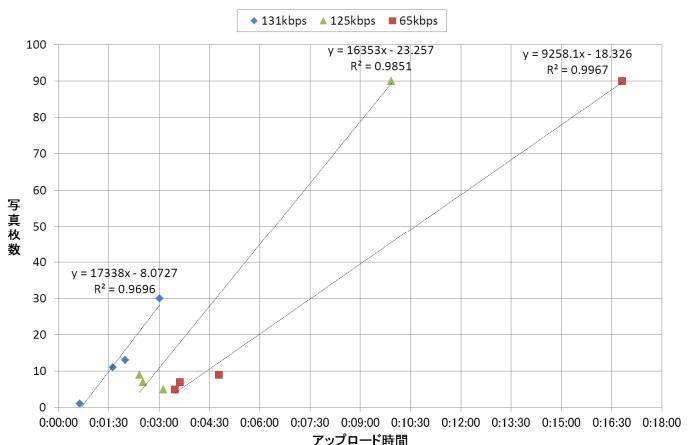


図-3 アップロード時間と写真枚数の結果

Fig.3 The number of photos and upload times

次に、帳票のアップロード速度の測定結果を図-4に示す。これらの速度は通信環境に依存するが、Wi-Fi環境に比べて通信速度の遅い3G環境においても、図面のダウンロード実験で検査完了時に帳票化指示を送信すれば現場事務所に戻ってくれば完了している速度であり、実用に十分な速度であることが確認された。

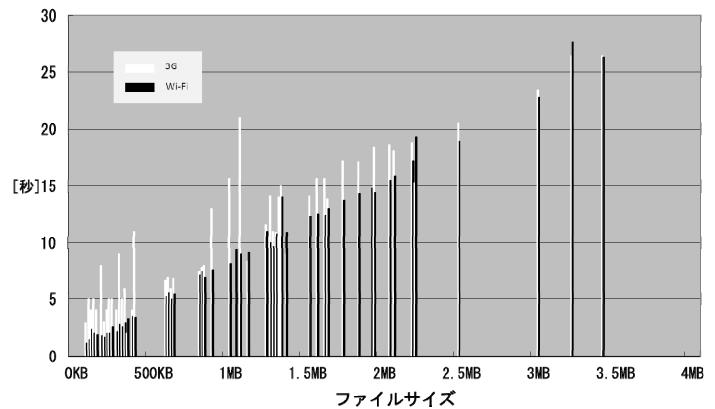


図-4 ファイルサイズとダウンロード時間結果

Fig.4 File sizes and download times

4.3 実験2：検証検査業務への適用

実験2として、複数の関係者間での情報共有を図る自主検査に着目し業務効率化検証を行った。検査業務には、自主検査、施工検査、監理者検査等がある。自主検査では、社内の品質管理者と現場の責任者間で繰

り返し確認を行い、品質確保のために必要な改善事項に関して、協力会社と連携を取り改善を図ることを目的としている。現行の業務フローでは、事前に検査用シートを準備し、検査時にはシートへの指摘事項（番号、場所・部位、指示・指摘事項、処置、協力会社名等）を記入し、検査後は加筆・修正をしながらシートを清書する方法で実施している。この他にも指摘事項に合わせて写真整理を別途行う等の煩雑な業務や、情報共有の遅れが発生していた。

4.4 検証概要

現行の課題に対し、本システムの有効性の検証を行う。従来方式と今回の試行方式の比較を図-5に示す。今回の次世代携帯端末を用いた施工管理システムを用いる試行方式では、次世代携帯端末上に平面図をダウンロードし、検査時には端末上で図面を開き、図面上にピンを打ち、ピンに紐付けて写真（指摘箇所）・タグ（室名等）・コメント（指示・指摘事項、処置、協力会社名等）を現場で撮影・入力した。検査後は帳票化実行ボタンを押すと、メールで自分のアドレスに帳票が送信され、作業は完了となる。これによる業務効率化を検証する。

実証検証では延床面積約3,500m²の建築工事現場において、従来方式と試行方式の両方を同時に実施し、それぞれの作業工程にかかった工程を比較、実施担当者による評価を抽出した。



図-5 従来方式と今回の試行方式

Fig.5 Existing system and trial system

4.5 検証結果

検査時の撮影・入力作業については、試行方式では検査スピードに追従でき、従来と同等の検査スピードで実施できた。また現場での質疑で、通常持ち歩かない詳細の図面を現場で参照し対応する等の確認が可能となった。

検査後の対応では、清書の手間と時間が削減されたことにより、現場で作業が完了する。また帳票化により現場事務所に戻る頃には完成した帳票がメールボックスに届いており、現場事務所に戻った後、帳票を活用した対応協議の他、関係者間への指示や共有も迅速に対応することが可能となった。

5. 総合検証

検査業務の検証結果より本システムの有効性が確認できたため、自主検査以外の業務でも本システムでの利活用の効果を検証するため、総合検証として、3現場での実施を行い、総合的な業務効率化検証を行った。

5.1 検証概要

本システムを適用した3現場の工事概要を表-1に示す。検証期間は2011年4月～8月までの計5ヶ月間を検証期間として行った。各現場での若手社員各1名が本システムを所持し、上掲の自主検査を含む適用可能な業務において実施した。

表-1 検証現場概要

Table-1 Outline of construction for field test

	A 現場	B 現場	C 現場
建築用途	店舗・事務所	事務所	病院
延床面積	5830 m ²	3760 m ²	5680 m ²
構造	RC造/SRC造/S造	RC造/S造/基礎免震構造	RC造
規模	地下1階、地上10階	地下1階、地上2階	地上4階
工期	2011/2～2012/3 (13ヶ月)	2011/2～2012/3 (14ヶ月)	2011/2～2012/10 (20.5ヶ月)

5.2 検証結果

各現場での本システムの実施状況を表-2に示す。適用業務は、自主検査以外に、完成検査・安全パトロール・実施状況記録等が挙げられた。

表-2 各現場での実施状況

Table-2 Outline of the field test

	A 現場	B 現場	C 現場
箇所数	65箇所	145箇所	296箇所
写真数	159枚	379枚	839枚
月間撮影枚数	31.8枚/月	75.8枚/月	167.8枚/月

5.3 導入効果

実施状況及び業務分析結果等をもとに、従来手法で業務を行う場合と本システムを導入した場合のコスト削減効果の比較を行った。なおコストの算定要件は表-3に基づき算定を行った。

図-6に従来手法で実施した場合の1箇所あたりの管理コストを100とした場合、本手法を導入した場合の

コスト比較を示す。A 現場では、月間の撮影枚数が少なく、システム費の使用料が高くなりコスト削減に繋がらなかった。B 現場では、従来手法と同等程度の結果が得られた。また C 現場では、1 箇所あたりの管理コストがシステム費も含め従来手法より下回った。以上のことから、様々な業務で本システムを活用することで、コスト削減効果が得られることが明らかとなった。また 1 箇所あたり管理コストが下がる理由として、検査時にかかる時間は同等であるが、事後作業が電子帳票化されたことで、業務が現場で完了し業務時間外作業時間が削減される効果が大きいことが要因として挙げられる。

表-3 コスト算定条件

Table-3 Condition of cost calculation

人件費	今回用途として挙げられた自主検査・完成検査・安全パトロール・実施状況記録等の各業務について、本手法を用いた実施状況と従来手法についてサンプリングを行い、作業手順・時間を比較し、人件費で換算した。 技師(C)（年齢 25 歳程度、大卒 5 年程度）を基準とし、作業を行う時間帯により、基準額からの割増率を設け算定を行った。 ・現場作業：基準額の 100% ・事後作業：基準額の 125%（時間外作業）
通信費	検査期間 5 ヶ月間の端末レンタル料 通信費は通信料に関わらず一定額をレンタル料に含む。
帳票利用料	帳票 1 枚あたりの利用料金として算定した。 なお初期の導入費用は含めないものとする。

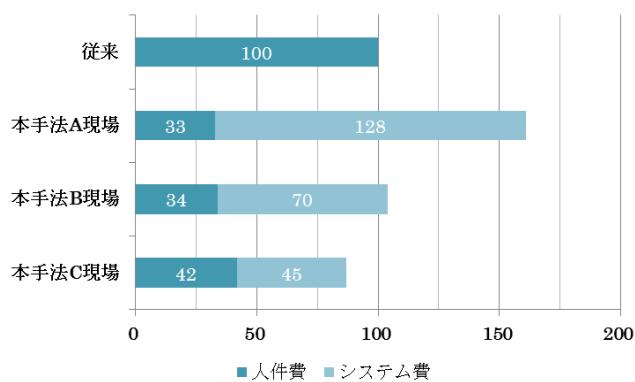


Fig.6 Results of cost-saving effects at construction sites

6. まとめ

本研究では、次世代携帯端末を用いた施工管理システムの開発を行い、本システムを建築現場での実用化検証を行った。実験 1 では実際にクラウド上にアップロードされている施工図面のダウンロード速度を実測し、実用化に耐え得る性能を確認した。実験 2 では、検査業務において、本システムを適用し実証実験を行った。既存手法と本システムを用いた方式を比較した

結果、検査時には従来と同等の入力が可能となり、検査後の効率化が可能となった。

また総合検証として、3 現場での検証の結果、検査業務以外の用途でも定常的に本システムを用いることで、現場業務のコスト削減効果も得られることが明らかとなった。

(注 1) クラウドコンピューティングとは、クラウド（ネットワーク）上にプロバイダが提供する各種サービスを指す。ユーザーはソフトを購入するのではなく、ネットワーク経由でサービスを利用することによって、利用状況に応じた課金や最新のソフトウェアを様々な端末から活用することができる。クラウドコンピューティングでは、ネットワーク経由で複雑なデータセンターのハードウェアおよびソフトウェアがクラウド（雲の向こう）で実行され、ユーザーは複雑な仕組みを意識することなくサービスを利用することができる。

(注 2) スマートフォンとは、Apple Inc.が 2007 年に発売した（日本国内では 2008 年）iOS を搭載した iPhone をはじめとする携帯電話・PDA 機能等が搭載され多機能携帯端末を指し、OS は iOS の他に Google Inc.が公開する Andoroid 等がある。

(注 3) スマートタブレットとは、Apple Inc.が 2010 年に発売した iOS を搭載した iPad をはじめとするスマートフォンより大型ディスプレイを搭載した（iPhone は携帯電話サイズの大 3.5 インチに対し、iPad は 9.7 インチ）多機能携帯端末を指す。

(注 4) アドインとは、アプリケーションに追加される拡張機能を指す。本アプリケーションでは、アプリケーション本体にはアプリケーションの基本機能とアドイン機能の両方が組み込まれており、アドイン機能に申し込みしたユーザーかどうか認証を行うことで、機能を有効化する。

(注 5) Speedtest (Xtreme Labs 社)を使用した。

参考文献

- 浜田 耕史 他：ユビキタス技術を用いた施工情報の共有化に関する研究 その 1) 情報共有プラットフォーム, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 97-98, 2010. 9
- 中島 史郎 他：RFID を活用した建物履歴情報管理手法の開発 -システムの概要と改修工事における適用事例-, 日本建築学会技術報告集, 第 27 号, pp. 17-20, 2008. 6
- 中島 史郎 他：構造躯体の検査情報の記録・検索への IC タグの活用, 日本建築学会技術報告集, 第 29 号, pp. 9-14, 2009. 2
- 古賀 純子 他：IC タグを用いた建築物の管理支援技術の開発 その 3 検査支援システムの施工現場における検証, 日本建築学会講演梗概集, pp. 1283-1284, 2009. 8
- 毛利 聰 他：IC タグを用いた建築物の管理支援技術の開発 その 4 工事写真記録システムの施工現場における検証, 日本建築学会講演梗概集, pp. 1285-1286, 2009. 8
- 国土交通省官房官庁営繕部：工事写真の撮り方（改訂版）建築編, 第 2 章工事写真の撮影計画, 第 1 節工事写真の撮影内容, pp.4, 2011.3