

## 携帯端末を利用した仕上げ検査システムの開発と適用

金子 智 弥      浜 田 耕 史      西 田 雄 三  
(本社情報ネットワーク部)

鈴 川 重 信      丹 羽 克 彦  
(本店建築工事部)      (本社東京建築事業部)

### Development and Application of a Finish Work Inspection tool supporting Handheld Computer

Tomoya Kaneko      Koji Hamada      Yuzo Nishida

Shigenobu Suzukawa      Katsuhiko Niwa

#### Abstract

A means for seamless information distribution between a construction site and a site office is often necessary for construction management. Furthermore, most information is shown on drawings. Thus, we have developed an information-sharing tool with a drawing-based interface. The features of this tool are 1) operability on a desktop computer or a hand-held computer, 2) light and smooth drawing-based interface on a hand-held computer, 3) offline synchronization among hand-held computers, and 4) extensibility by software module. We have also developed a finish-work inspection system as an application of this tool and applied it to inspection of a high-rise apartment building project. As a result, the duration and the total manpower of finish work inspection was reduced.

#### 概 要

建築工事の管理業務において、工事事務所と施工現場間のシームレスな情報共有が必要な場合が多い。特に伝達されている情報の多くが図面上に図示して記録されていることに着目し、パソコンとPDA (Personal Digital Assistants: 携帯情報端末) で利用でき、図面上に様々な情報内容を記録できる情報共有ツールGLYPHSHOT™ (グリフショット) を開発した。本ツールの特徴は、1) 可搬性の高いPDAに対応しパソコンと同様の操作感で利用できること、2) 図面表示の入出力画面を備え、パソコンに比べて画面が狭く処理速度が遅いPDAでもスムーズに操作できること、3) 複数のPDAとパソコン間で情報の共有が可能なこと、4) 業務ごとに必要な機能モジュールを容易に追加し同時に利用できること、などである。本ツール上で利用する機能モジュールとして仕上げ検査システムを開発し、高層集合住宅の仕上げ検査に適用した。その結果、施工現場での検査業務の所要時間は従来の紙による検査と同等だったが、工事事務所での是正指示書の出力が自動化され、仕上げ検査業務を省力化できた。

#### 1. はじめに

建築工事の管理業務において、工事事務所と施工現場間のシームレスな情報共有が必要な場合が多い。中でも、記録・伝達されている情報の多くは図面上に表示されている。この点に着目し、パソコンと携帯端末で利用でき、図面上に様々な情報内容を記録できる情報共有ツール GLYPHSHOT™ (グリフショット) を開発した。本報では、このツールの機能概要と、ツールを応用して開発した、集合住宅新築工事向けの仕上げ検査システムと、既存建物の調査診断システムの実務適用の結果を報告する。

#### 2. 開発の経緯とねらい

##### 2.1 開発の経緯

携帯端末を利用して施工現場の工事管理を合理化する取組みは1988年から報告されている。永易と鶴家はパーコ

ードハンディーターミナルを利用して仕上げ工事の進捗管理を効率化できることを示した<sup>1)</sup>。松岡らは集合住宅新築工事向けに電子手帳を利用した作業進捗および仕上げ検査システムを開発した<sup>2)</sup>。その結果、情報の集計と帳票作成の効率化に効果があることを示した。また森と天羽は図面表示機能とペン入力可能なA5版サイズの携帯端末を利用した仕上げ検査システムを開発した<sup>3)</sup>。このシステムでは図面を含む帳票を作成でき、指摘箇所を図面によって示すことが出来た。

著者らは携帯端末にペンパソコンを利用した「検査記録システム」を開発し、集合住宅の新築工事の仕上げ検査に適用した<sup>4)</sup>。その結果、不具合個所の位置を協力会社に正確に伝達するために図面表示が不可欠であること、是正指示書の集計・印刷機能が業務の効率化に有効であることを確認した。一方、システム導入時の図面登録の簡素化、携帯端末の小型化・軽量化、バッテリーの長寿命化などの改善要望や他の業務への応用の要望があった。

## 2.2 開発のねらい

「検査記録システム」の適用結果をふまえ、近年の情報技術の進歩によって実現した手のひらサイズの携帯端末（PDA：Personal Digital Assistant）を利用した情報共有の仕組みを開発した。その際、将来この仕組みを様々な業務に応用できるように、各業務に共通して求められる機能を「図面ベース情報共有ツール」として開発し、業務ごとに特有となる機能は後から簡単に追加できるように設計した。

情報共有ツールに必要な機能は以下である。

- 1) 可搬性の高いPDAに対応しパソコンと同様の操作感で利用できる。
- 2) 図面の登録や変更が容易である。
- 3) PDAでも軽快に操作できる図面表示画面を備える。
- 4) 複数のPDA間のデータの同期方法を備える。
- 5) 業務ごとに必要な機能を容易に追加できる。

## 3. 図面ベース情報共有ツールの概要

### 3.1 機能構成

本ツールはFig. 1 に示すように、図面管理・アカウント管理、各項目の操作・図面表示、パソコンとPDA間のデータ同期、メインメニュー、機能モジュールの管理などの共通処理を行う。

### 3.2 図面管理機能

工事管理業務では、構造図・平面詳細図・集合住宅のパンフレットの間取り図など、縮尺の異なる図面を利用している。本ツールでは、縮尺の異なる図面で仕上げ検査の是正指摘箇所等を正しく表示する必要がある。そこで、施工現場の一点を原点とする直交座標系を絶対座標と呼び、指摘箇所等の位置情報を絶対座標で記録する。

Fig. 2 は図面登録における図面と空間の関係を示している。図面登録では、図面上の座標（図面座標）と絶対座標を対応付けるため、両者を対比できる点（制御点）を2点設定する。Fig. 3 は図面登録の画面である。ここでは図面に割当てた空間の図面上の範囲を黒ハンドルで囲まれた枠で設定し、鉛直方向の範囲は数値で設定する。これらの絶対座標は通常1mm単位で設定する。

本ツールで図面を表示すると、その図面に割当てた空間内に含まれる情報を抽出し図面に重ねて表示する。図面に割当てた空間は異なる図面間で重なり合ってもよい。従って、マンションのパンフレットと平面詳細図のように、スケールの異なる図面上に同じ空間の情報を表示できる。また、ツール利用開始後でも容易に図面を差換えられる。

Fig. 4 は図面差換えを簡単に行う機能である。新旧の図面上で対応する2点を指定すれば、新しい図面に同じ空間を割当て、適切な制御点を設定する。

### 3.3 図面表示機能

本ツールの図面表示画面をFig. 5 に示す。図面表示画

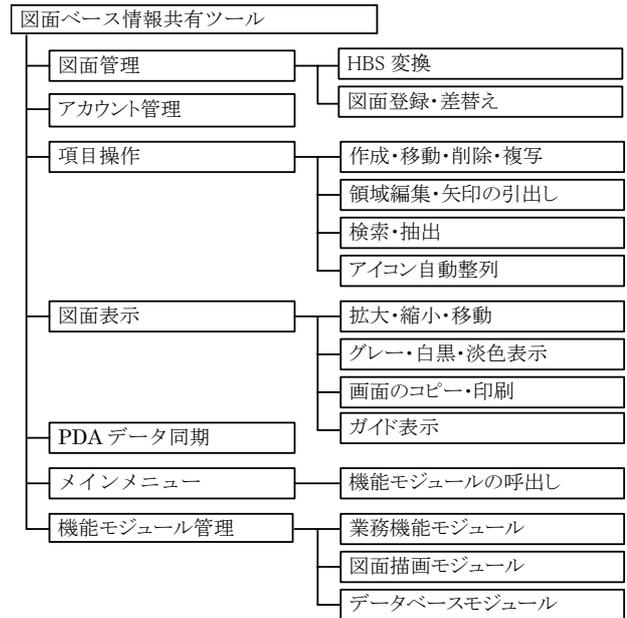


Fig. 1 図面ベース情報共有ツールの機能構成  
Functions of Drawing based information sharing tool

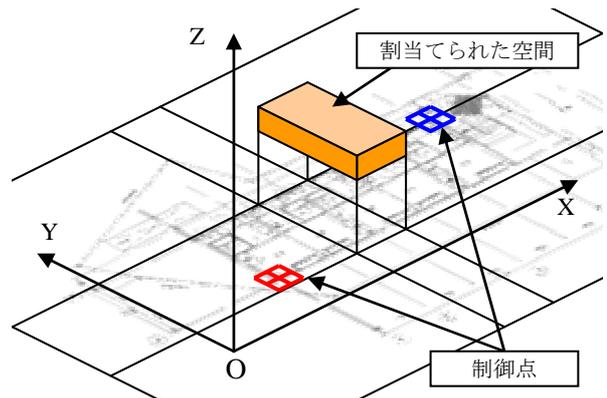


Fig. 2 空間と図面の設定  
Space and Drawing Registration

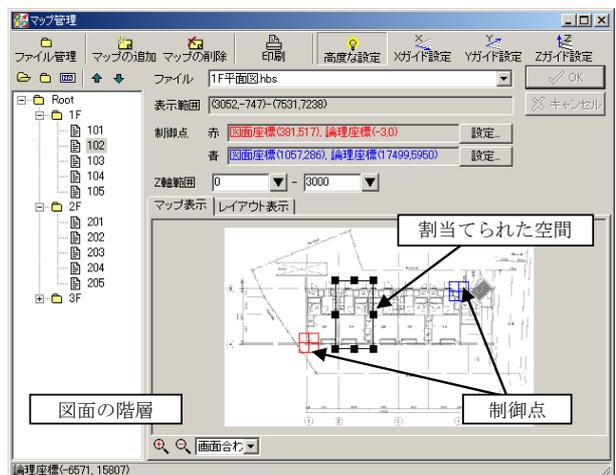


Fig. 3 図面登録機能  
Drawing Registration

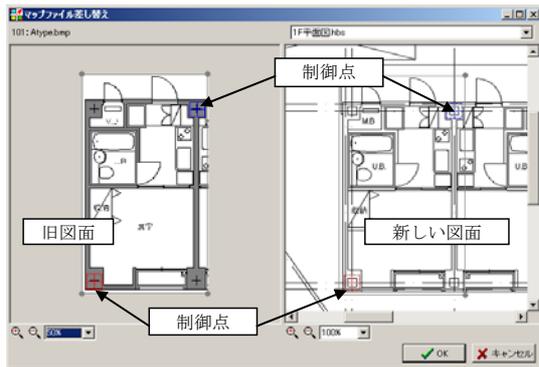


Fig. 4 図面差替え機能  
Exchange of a Drawing

面では個々の情報は、図面上の位置を示す矢印または領域を示すハッチング、情報の種類を示すアイコン、およびキャプションの各要素から構成されている。ユーザーはこれらの要素をマウスやスタイラス操作で移動できる。PDAはパソコンに比べて画面の解像度が低く、本体メモリが少ないため、大きな図面を図面を軽快に表示するための工夫が必要である。

背景となる図面には、Bitmap, JPEG, そして本ツールの独自書式のHBS (hierarchical bitmap set) を利用できる。HBSはPDAで大きな図面を軽快に表示するために開発した。HBSはあらかじめ数段階の解像度に縮小した図面イメージを、同一サイズに分割した画像単位の集合体である (Fig. 6)。HBS図面の一部を背景として表示するとき、本ツールは最適な解像度を選択し、表示に必要な範囲を含む画像単位だけを読み込む。HBSは、本体メモリが少なくディスプレイの解像度が低いPDAでも拡大・縮小・移動がスムーズにできる (Fig. 7)。

あらかじめ縮小したイメージを含むため、HBSのファイルサイズは元の図面イメージより10~20%増加する。ファイルサイズを縮小する手段として、HBSにはレンジエンコーディングを利用した圧縮オプションがあり、グレースケールの図面であれば最大で10分の1に圧縮できる。

ディスプレイの解像度が低いPDAで図面を拡大すると、図面全体における表示中の範囲の位置関係が判別しにくい。そこで、本ツールは通り芯の名称が表示される範囲を常に表示するガイド表示機能を持つ。Fig. 8は図面登録画面でのガイド機能と、その表示例を示している。図面登録画面では図面に空間を割当ての際に通り芯名称が書かれた範囲を指定する。ガイド表示は図面表示と連動して拡大・縮小・移動が行われる。

### 3.4 アイコンの自動整列

図面表示中にアイコンが多いと図面の見易さと操作性が損なわれるため、矢印を利用してアイコンとキャプションを図面の周囲に配置する。本ツールはアイコンとキャプションを図面の周囲に自動的に再配置する機能を持つ (Fig. 9)。自動配置のアルゴリズムは次の手順による。

- 1) 新しい配置場所の生成: 整列の対象とするアイコン



パソコン版 PDA版

Fig. 5 図面表示画面  
Drawing based Interface

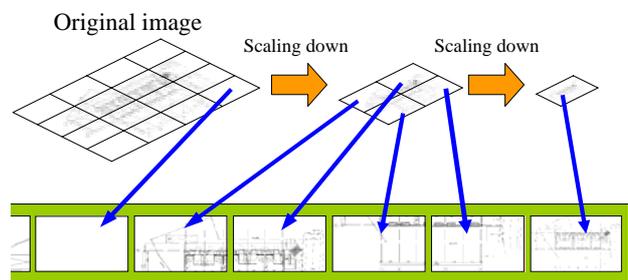


Fig. 6 HBSの構造  
Structure of HBS



Fig. 7 HBSの拡大と縮小  
Magnification of HBS

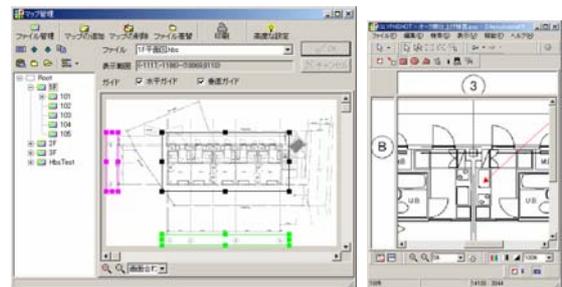


Fig. 8 ガイド表示の設定と表示例  
Setup and Example of Guide Area

の数以上の新しい配置場所を生成する。配置は等間隔でなくてよい。

- 2) 矢印の長さの総和の最小化: 上記配置場所に無作為にアイコンを設定し、矢印の長さの総和が最小化になるようにアイコン配置を最適化する。

このアルゴリズムでは1)での自由度が高いため、矩

形・六角形・楕円など配置形状を選べる他、等間隔・水平方向のみ間隔を広く・水平方向は千鳥配置、などのオプションを選択できる。また、この機能はアイコンの本来の位置(矢印の先端)を変更しないので、設定を変更して繰返し適用できる。自動配置機能の利用例をFig. 10 に示す。

### 3.5 機能の拡張性

本ツールの機能は、WindowsのDLL(dynamic link library)として実装し、必要な関数を本ツールから利用可能にした機能モジュールの追加によって容易に拡張できる。Fig. 11 に本ツールと機能モジュールの関係を示す。機能モジュールには次の三種類がある。

- 1) データアクセスモジュール: データベースに対して情報の読み書きを行う。標準ではMicrosoft AccessのMDBファイルを利用する。
- 2) 背景描画モジュール: 図面イメージファイルを開き、図面表示画面の背景を描画する。
- 3) 業務機能モジュール: 業務に特化したアイコンや機能を実現する。

本ツールはユーザーの操作に応じて、機能モジュールが提供する関数を呼出す。これらの関数の最初の引数は、本ツールが公開する150以上の関数のテーブルへの参照である。機能モジュールの関数はこの引数を通じて、本ツールの機能と呼出して機能を実現する。

### 3.6 PDAとのデータ同期

本ツールのパソコン版は、関連する複数の処理をひとつの処理単位にまとめて管理すること(トランザクション処理)で、ネットワーク上でデータベースを共有できる。しかし、複数のPDAとのオフライン接続によるデータ共有では、データ同期の明確な方法論が必要である。

本ツールのデータ同期の単位は、個々のアイコンに対応するデータレコードである。各レコードは、ユニークなID、最終更新日時、同期状態([新規], [共有], [非表示], [更新])のフィールドを持つ。

オフライン接続のデータ同期では、①新規作成したレコードのIDの重複回避、②レコードの削除の同期、③データ同期を効率化するための差分抽出、などが必要である。本ツールでは、データ同期を[PDAへの書出し]と[PDAからの取込み]に分け、次のように解決する。

- 1) レコードのIDの重複回避 PDAで作成したレコード(同期状態=[新規])と同じIDが、パソコン内のレコードと重複した場合は、PDAからの取込み時に新しいIDを付け直す。
- 2) レコードの削除の同期 作成直後のレコード(同期状態=[新規])は、利用者の操作で完全に削除できる。しかし、すでにパソコンとPDAで共有しているレコード(同期状態=[共有])は、利用者が削除した場合でも同期状態を[非表示]にしてレコードを残し、削除されたことを記録する。
- 3) PDAへの書出し時の差分抽出 PDAへの書出し

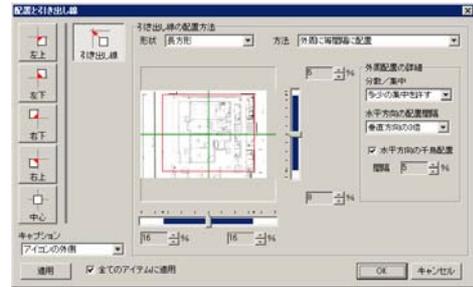


Fig. 9 アイコン自動整列の設定  
Configuration of Auto Icon Arrangement

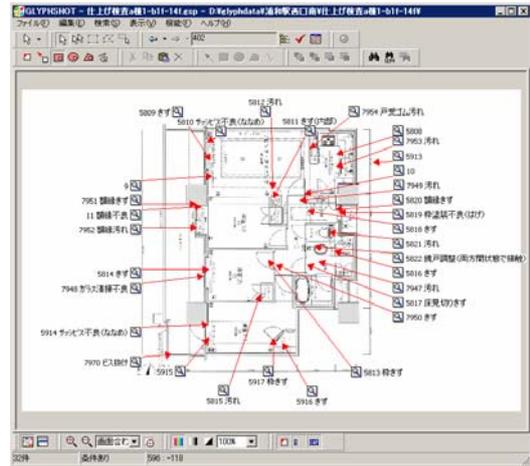


Fig. 10 アイコン自動整列の結果  
Result of Auto Icon Arrangement

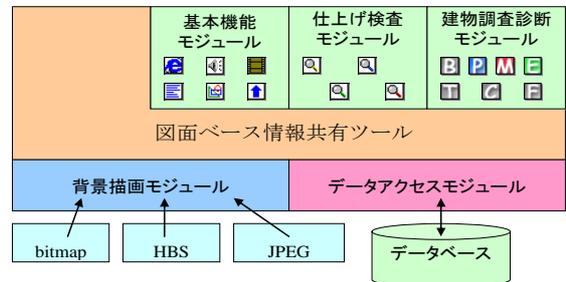


Fig. 11 本ツールと機能モジュールの関係  
Relation between the Tool and Extensible Modules

では個々の端末への最終書出し日時を記録しており、パソコン内のレコードのうち最終更新日時が最終書出し日時より新しいレコードだけを書出しの対象にする。書出しの際、パソコンで作成直後のレコード(同期状態=[新規])は、同期状態を[共有]に変更する。同期状態が[共有]か[非表示]のレコードについては、PDAにIDが等しいレコードがあれば上書きする。

- 4) PDAからの取込み時の差分抽出 PDAでレコードに変更を加えると、同期状態を[更新]に設定する。PDAからの取込みでは、同期状態が[新規], [更新], [非表示]のレコードだけが対象になる。取込みの際、同期状態が[新規]のレコードは(1)の方法でIDの重複を防ぐ。同期状態が[更新]と[非表示]のレコードは、パソコン内のIDが等しいレコードと最終更新日

時を比較し、新しい場合だけパソコン側に上書きする。最後に同期状態が[新規]または[更新]のレコードは[共有]に変更し、[非表示]のレコードは削除する。

#### 4. 仕上げ検査への適用

##### 4.1 仕上げ検査システム開発の目的

従来の仕上げ検査は、A3程度の紙に印字した平面図を記録用紙として、現場で検査箇所を書込む。是正作業を行う協力業者ごとに記録用紙を複写し、担当箇所をマーカーで色分けして是正指示書とする場合もあるが、発注者から清書を指示されてパソコンで電子データとして入力する場合もある。竣工間際の繁忙期に工事管理者が行う業務であり、特に集合住宅の仕上げ検査では次のような理由で情報処理技術による効率化が必要である。

- 1) 工事事務所による自主検査・発注者による施主検査・設計者等による設計監理者検査に加え、購入者/入居者による内覧会のように、主体の異なる様々な検査が多く、業務が煩雑になる。
- 2) 大規模再開発にともなう物件や高層集合住宅が増え、管理する検査データが膨大である。
- 3) セレクトプラン・メニュープラン・フリープランなど、入居者の希望に応じた設計の自由度を特長にした物件が増え、検査内容が住戸ごとに異なることが多い。
- 4) 入居者が内覧会に専門のコンサルタントを伴うなど、工事品質に関する施工者の社会的責任が厳しく問われている。検査結果を品質管理のエビデンスとして保管し、竣工引渡し後も必要に応じて閲覧できる仕組みが必要である。

##### 4.2 仕上げ検査システムの概要

Fig. 12 は仕上げ検査の入力画面で、部屋・部位・検査項目・工種を選択式で入力する。住戸には表示中の図面の名称が、会社には住戸と工種の組合せから、それぞれ自動的に入力される。ひとつの項目に担当する工種を3つまで指定でき、選択肢で表現できない事項はメモ欄に文章で入力する。

Fig. 13 はマスターデータの編集画面で、各選択項目を追加・削除する。項目間の関係性を定義して選択入力時に関連する項目を強調表示し選びやすくできる。

是正指示書の印刷には、直接プリンターに出力する方法と(Fig 14)、一旦表計算ソフトのデータとして出力する方法の2つがある。後者は表計算ソフトの雛形ファイルで書式を設定できるため、発注者から仕上げ検査報告書の書式を指定された場合に便利である。

##### 4.3 仕上げ検査システムによる業務の流れ

システム利用の事前準備として、図面登録とマスターデータの設定を行う。図面にはパンフレットをイメージス



パソコン版 PDA版  
Fig. 12 仕上げ検査の入力画面  
Property Dialog box

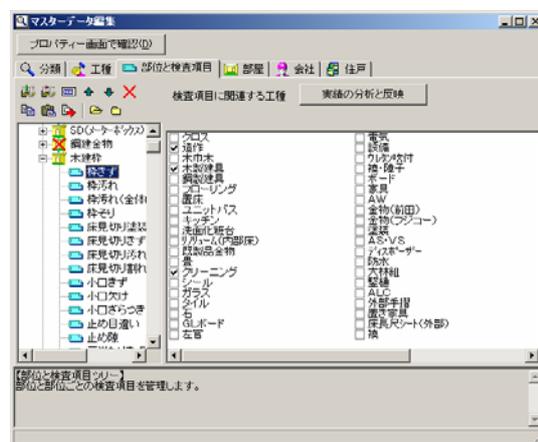


Fig. 13 仕上げ検査のマスターデータ編集画面  
Master data Management Dialog box

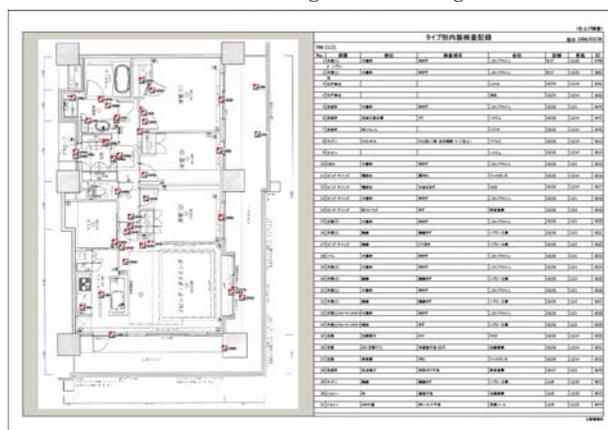


Fig. 14 是正指示書の印刷例  
Sample of an Inspection Report

キャナで取込むか、平面詳細図のCADデータを変換して利用する。マスターデータは他の工事で利用したもののうち協力会社名など一部を変更して利用する。

施工現場での検査ではPDAを利用して指摘箇所を記録する (Photo 1)。工事事務所に戻ってPDAからパソコンにデータを取込み、アイコンの自動整列などの処理を行ったあと、是正指示書を作成して協力会社に配布する。是正作業後は、指摘箇所の是正確認日時を設定し、発注者等への検査報告書を出力する。

#### 4.4 仕上げ検査システムの実務適用

**4.4.1 集合住宅新築工事への適用** 本システムを長崎市の高層集合住宅工事（194住戸）に適用した。この工事では、建築主から仕上げ検査の各種検査ごとにパソコンで清書した検査報告書の提出が求められた。本工事に先立って竣工した低層棟工事（31住戸）では、検査表計算ソフトへの入力作業に毎回職員3名で6時間を要し、省力化が必要だった。

高層棟に本システムを適用した結果、発注者への報告書と協力会社への是正指示書作成業務は、毎回1時間以内で完了した。従来方法との作業工数の比較をFig. 15 に示す。当初仕上げ検査に外注の検査要員2人×3ヶ月間を検討していたが、システムの利用で不要になった。

**4.4.2 大規模再開発工事への適用** 本システムをさいたま市の再開発に伴う高層集合住宅新築工事（256住戸）に適用した。この工事では自主検査・デベロッパー検査・再開発組合検査を各2回、内覧会を3回行い、検査データが膨大になることが予想された。そこで、ネットワークで接続したパソコン19台にシステムを導入し処理を分担できるようにした。

本システムを適用した結果、指摘箇所数は合計42,350ヶ所となった。内覧会などPDAによる入力が増え追いつかない場合には、記録用紙に手書した内容を工事事務所のパソコンからも入力し、是正指示書の作成を省力化した。また、仕上げ検査員として作業員1名を外注した。この作業員は集合住宅の仕上げ検査業務を今回初めて行ったが、システムを利用して当社職員とともに検査を行い短期間で検査業務に習熟できた。

#### 4.5 仕上げ検査システムの効果

本システムを41件の新築工事に適用し、以下の効果を確認した。現在社内標準ソフトとして全ての工事現場に配布している。

- 1) PDA操作の習熟で、紙への記入と同等のスピードで記録できる。
- 2) 是正指示書の出力はほぼ無視できる程度に短縮されるので、発注者から清書した検査報告書の提出が求められる場合に特に有効である。
- 3) PDAを利用せず工事事務所のパソコンから入力しても、是正指示書作成段階で効果がある。
- 4) 仕上げ検査員として外注作業員を利用する場合に有効である。

#### 5. まとめ

図面ベースの情報共有ツールと、これをベースにした仕上げ検査システムを開発し、高層集合住宅の仕上げ検査に適用した。その結果、施工現場での検査業務の所要時間は従来の紙による検査と同等だったが、工事事務所では是



Photo 1 システムによる仕上げ検査の状況  
Finish Work Inspection using the system

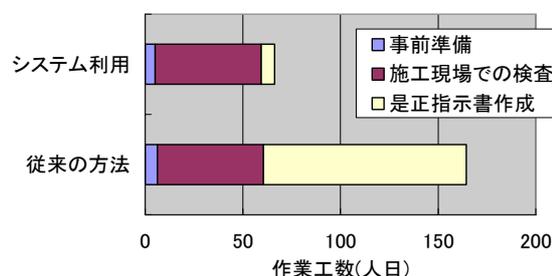


Fig 15 仕上げ検査業務の工数削減効果  
Effectiveness of the system

正指示書の出力が自動化され、仕上げ検査業務を省力化できた。今後は本ツールの様々な業務モジュールの開発を進めたい。最後に、システムの導入と運用に多大なご協力を頂いた工事事務所および関連部署の方々に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 永易修, 他: バーコードシステムによる仕上げ管理システムの開発, 第4回建築生産と管理技術シンポジウム梗概集, p213~p218, 1988.7
- 2) 松岡幸之助, 他: 電子手帳を利用した作業進捗管理・仕上検査システムに関する研究, 第8回建築生産と管理技術シンポジウム梗概集, p333~p338, 1992.7
- 3) 森康久, 他: パームトップ型コンピュータ利用による仕上工事チェックシステムの開発, 第8回建築生産と管理技術シンポジウム梗概集, p327~p332, 1992.7
- 4) 金子智弥, 他: 無線LANを利用した検査記録システムの開発(その2 集合住宅新築工事への適用), 建築学会大会, 2000.9
- 5) 金子智弥, 他: 携帯端末に対応した図面ベース情報共有ツールの開発と適用—仕上げ検査および既存建物の調査診断支援—, 第22回建築生産シンポジウム, 2006.7