

## RFID タグを利用した資機材揚重管理システムの開発

鈴木 理史 金子 智弥 浜田 耕史  
 柏 友仁 平崎 勝彦 堅城 宣和  
 (東京機械工場) (東京機械工場) (東京機械工場)

## Development of Lifting Information Management System Using RFID

Masashi Suzuki Tomoya Kaneko Koji Hamada  
 Tomohito Kashiwa Katsuhiko Hirasaki Norikazu Katashiro

## Abstract

For large-scale projects, a logistics center is provided at the construction site to minimize transportation costs for materials and wastes. Because of the huge amount of data handled, a lifting information management, which is a principal task for the logistics center at high-rise building sites, needs to be improved. To support and accelerate this work, we have developed a lifting information management system that equips touch-screen PCs in temporary elevators and RFID technology. The system records all information on lifting using unique RFID tags, processes the information for control, and verifies the location of mobile lifts. We applied the system in three case studies and found that it reduced the information management tasks and number of mobile lifts, and that it facilitated consensus-building efforts between the logistics center and client companies.

## 概 要

工事現場での資機材・廃棄物等の物流を効率化するため、大林組では物流センターと呼ばれる専門組織を設置することがある。高層建物では、工事用エレベーターによる資機材揚重管理が物流センターの主要な業務であり、膨大な実績データの記録や処理に多くの工数を割いていた。そこで、工事用エレベーターにタッチパネル PC を設置し、RFID 技術を活用して簡易に情報を収集できる資機材揚重管理システムを開発した。本システムは、収集した資機材揚重実績の自動処理と実施会社の固有 RFID タグによる承認、高所作業車の位置把握や履歴出力などの機能を持つ。本システムを3つの工事現場に適用した結果、1) 対象業務の工数を大幅に削減、2) 高所作業車の導入台数を削減、3) 揚重実績に関する確実な合意形成、などの効果を確認した。

## 1. はじめに

高層建物等の大規模建築工事において、多くの作業員、資機材および産業廃棄物の移動や揚重が集中するため、物流業務の良否が、工事工程に大きな影響を与える。昨今は、作業員の不足が顕著であり、作業員が効率よく作業を進められる高度な物流管理が一層求められる。

著者らは、物流業務の効率化を目指し、過去に自動化搬送システム<sup>1)</sup>や廃棄物コンテナ管理システム<sup>2)</sup>などを開発してきた。これらのシステムは、工事現場の物流を集約して効率化する専門組織（以下、物流センター）が主体となって運用し水平展開を進めた。物流センターは、揚重機の運用効率化やゼロエミッション活動推進の中心的な役割を担っており<sup>3)</sup>、1996年の発足以来、全国約100現場で実績を挙げている。

高層建物の工事現場において、工事用エレベーター（以下、工事用 EV）による資機材揚重は場内物流の動脈であり、物流センターの主要な業務である。物流センターが組織された工事現場では、工事用 EV による全揚重の実績を記録しなければならない。しかし、月に数千回に

上る膨大な資機材揚重の全てを記録し、実施会社への費用負担処理を行うのに多くの作業時間を割いていた。さらに、実績の内容について揚重実施会社との間で齟齬が生じる場合があり、現地での信頼性の高い実績承認の仕組みが求められた。

また、高所の作業に使う自走式で自動昇降機能を持つ機械（以下、高所作業車）の管理を物流センターが担当する場合がある。高所作業車は、利用者にとっては非常に便利だが、レンタル費用が高額であり、遊休機体が他作業の妨げになる場合があるため、高度な管理による台数の最適化が必要だった。

一方、RFID（Radio Frequency Identification:電波を利用した非接触型の自動認識）技術は、個体に付与した RFID タグの ID に紐づいた情報を活用するもので、入退管理や製品のトレーサビリティ確保などの用途で一般化している。著者らは、先述の廃棄物コンテナシステムや通水検査システム<sup>4)</sup>などにおいて、RFID 技術を活用して管理を効率化してきた。

そこで、著者らは、RFID 技術を活用して、詳細な揚重実績を容易に収集し、有益な管理情報を提供する資機材

揚重管理システムを開発した。  
本システムの概要と適用結果について報告する。

## 2. システム開発の背景とねらい

### 2.1 物流センター業務の概要

物流センターは、現場内物流の効率化を目的として設置される。以下が主な担当業務である。

- 1) 搬入・揚重の計画・実績管理及び揚重作業代行
  - 2) 廃棄物の荷卸しと搬出及び分別管理
  - 3) 高所作業車などレンタル機器の手配と管理
- 2)は既に管理ツールを開発し効率化しており、1)及び3)におけるデータ管理の改善が求められていたため、本システムの対象業務とした。

対象業務の従来のフローを Fig. 1 上部に示す。揚重の実績管理は、工所用 EV で記録した紙の情報を再度物流 DB へ入力するという重複作業が発生していた。また、揚重管理業務と高所作業車管理業務は独立しており、高所作業車の揚重実績が活用されていなかった。

### 2.2 資機材揚重実績管理の現状と課題

物流センターが組織された工事現場では、専用のオペレーターが工所用 EV を操作し、揚重予定や各階からの呼出に応じる。まとまった資材の搬入はトラックの荷取りから指定階への揚重までを物流センターが担当する。これにより、工所用 EV の稼働率が向上し、専門工事会社も短時間、少人数で揚重できる。

大規模現場では、4000~5000 回/月程度分の揚重記録用紙が作成される。揚重記録の管理には、従来から物流センターが使用しているデータベース拡張式のソフト（以下、物流 DB）が用意されていた。しかし、物流 DB への入力は 1 レコードずつの手入力で、稀に入力ミスが発生するため、別の物流センター管理者によるダブルチェ

ックが欠かせなかった。また、記録用紙は書式が自由なため、必要に応じて作業員に内容の確認を取る必要があった。これらの作業にかかる工数は 60 時間/月に上った。

物流センターの業務にかかる費用は、揚重を行った専門工事会社が分担して負担することになるため、揚重実績の記録は負担分の算定根拠となる。費用負担処理は月ごとにまとめて実施するため、揚重実績と実施会社の記憶に齟齬が発生する場合もあった。このため、揚重実施時に承認したことを記録する方法が必要だった。

### 2.3 高所作業車管理の現状と課題

一般に、可搬式作業台などの仮設足場に類するものや、水中ポンプなどの一部の電動機械は、共通仮設機材として専門工事会社へ貸与する。大規模工事現場ではこれらの数量が膨大になるため管理が難しい。特に Photo 1 に示す高所作業車は、レンタル費用が高額で、遊休機体が他作業の妨げになるため、台数最適化の要望が強い。

高所作業車は、階高 3.5m 以上となるフロアの天井周りの工事などで使われ、大規模工事現場のピーク時は数百台に上る。貸出形態は現場ごとに取り決めているが、一般的に次のように分類できる。

- 1) 長期貸出：継続使用会社に期間を定めて貸出す
- 2) スポット貸出：一時的に使用する会社にその都度空いている高所作業車を当日のみ貸出す
- 3) 個別管理：個別に借りて自己責任で管理する

一般的な工事における高所作業車延台数の割合は、長期貸出 4 割、スポット貸出 1 割、個別管理 5 割程度である。物流センターは、主に長期貸出機とスポット貸出機を管理する。

各高所作業車の位置と状態を把握することで、長期貸出機の運用効率を管理し、スポット貸出機を希望する会社に素早く貸出することができる。そのため、管理者は定期的に工事現場内を巡回し、高所作業車の保管階数と利

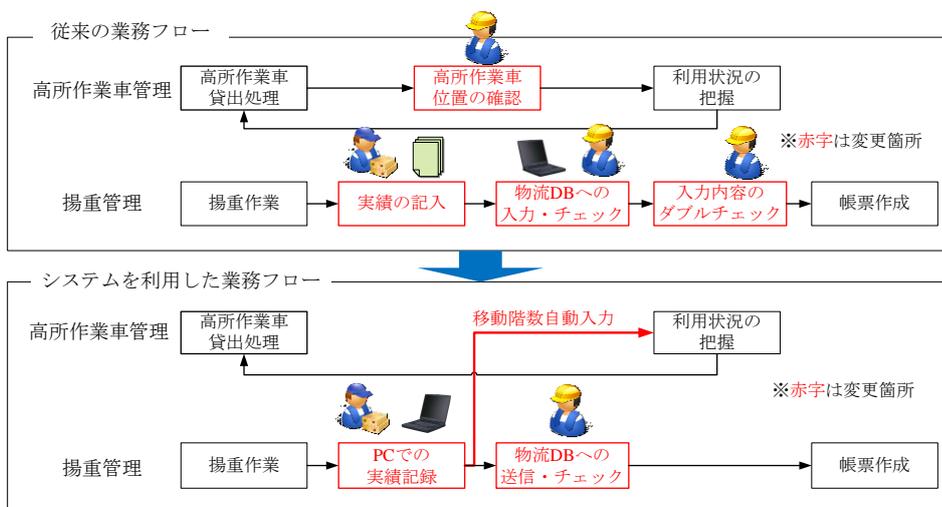


Photo 1 高所作業車  
Mobile Lift

Fig. 1 物流センター業務フローの改善のねらい  
Workflow Shift of the Logistics Center

用会社の一覧表を更新するが、これらの作業に多くの時間が必要だった。また、この時間を確保できないことから、一覧表を頻繁に更新できず、現況と合わないことが多かった。

高所作業車 200 台程度を想定した場合、貸出しと一覧表管理で 33.2 時間/月の工数が必要だった。

### 2.4 システム導入のねらい

本システムでは、揚重実績情報を工事用 EV でデジタルデータとして記録することとした。これにより物流 DB へのデータ入力自動化され、大きく作業時間を削減できる (Fig. 1 下部)。

また、工事用 EV で記録された高所作業車の揚重実績情報から最新の保管階数を出力すれば、従来よりも現実に即応した階数確認が容易に実現する。さらに、各高所作業車の貸出状態が一元管理されていれば、スポット貸出を受ける会社は一目で希望の高所作業車を探し出せるので、管理者は貸出承認のみすればよい。

工事用 EV でデジタルデータを記録するため、工事用 EV 内にパーソナルコンピュータ (以下、PC) を設置した。しかし、全てのデータをオペレーターが入力すると、オペレーターの作業量が増大するため、RFID 技術を利用して入力情報を自動取得するよう設計した。

さらに、揚重を実施する会社の各作業班の代表者に RFID タグを持たせ、自社の RFID タグでのみ揚重実績を承認できるものとした。これにより、現地で確実な実績承認の記録が残り、後々の齟齬が生じない仕組みとした。

## 3. システムの概要

### 3.1 システムの構成

本システムは、工事用 EV に設置した堅牢型 PC (以下、実績収集 PC) で動作するソフト (以下、記録ソフト) と工事事務所の管理用 PC (以下、管理用 PC) で動作するソフト (以下、管理ソフト) により構成される。各 PC の果たす役割とデータ連携の仕組みを Fig. 2 に示す。

工事用 EV では、資材や高所作業車の揚重実績をオペレーターが実績収集 PC で入力する。システム適用時の工事用 EV 周辺の機器構成を Fig. 3 に示す。

実績収集 PC には RFID リーダーを接続し、周辺の RFID タグを読み込む。RFID タグには、階数タグ、作業班タグ及び高所作業車タグの 3 種類があり、揚重データの入力を補助する。使用した RFID タグは電池を内蔵したアクティブタイプで、障害物がなければ 10m の距離で読取りできる。機器仕様を Fig. 4 に示す。

毎日の作業完了後、実績収集 PC で収集したデータを書出した SD カードを工事事務所に持ち帰り、管理用 PC で読み込むことでデータ送信を行う。工事用 EV は工事現場内に複数あるため、管理用 PC は工事用 EV

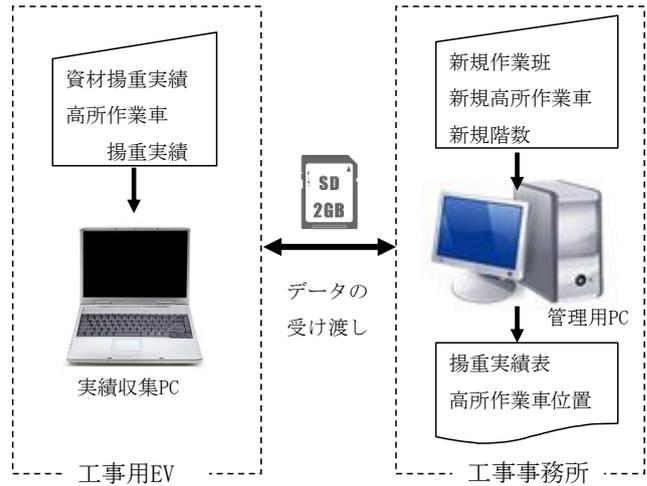


Fig. 2 実績収集 PC と管理用 PC の連携 Functions of Two PCs

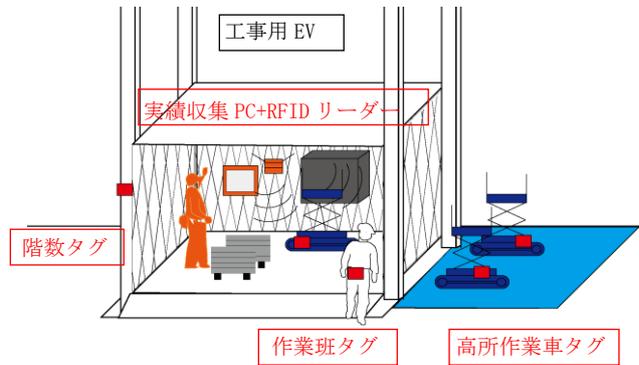


Fig. 3 工事用 EV 周辺の機器構成 Configuration of the System around Temporary Elevators

	名称	アクティブ型無線タグシステム「MEGRAS」
	周波数	315MHz ±200kHz
	通信距離	最大 10m (実測値)
	通信インターフェイス	シリアル通信 (RC232C) ネットワーク通信 (10BASE-T/100BASE-TX)
	タグ電源	リチウムボタン電池 CR2032
	送信間隔	1.1 秒 (電池寿命 1 年半)
	例外送信	タグのボタン押下後 3 秒間
	受信信号強度	256 段階で出力
	制御 PC	Panasonic 製 TOUGHBOOK (堅牢型・タッチ操作可能)

Fig. 4 RFID 関連機器仕様 RFID Technology Specifications

を判別してデータを統合する。

管理者は、管理用 PC で受信した揚重実績情報を処理して、揚重実績表や高所作業車保管位置を出力し、物流 DB へのデータ送信を行う。また、新たな作業班、高所作業車、階数が追加された場合は、参照データベース情報（以下、マスタ）を更新する。更新されたマスタは SD カードにより実績収集 PC に送信され、揚重実績入力画面に反映される。

### 3.2 記録ソフトの機能

揚重実績記録の入力は、一回の揚重に対して以下の 4 つのステップにより行う。

- 1) 作業班の認識
- 2) 資材選択
- 3) 揚重中
- 4) 揚重終了

記録ソフトの画面を Fig. 5 に示す。振動のある工用 EV での利用を考慮し、各ステップを遷移するボタンは容易に押せる大きなものとした。

資材選択では、認識した作業班に応じて、あらかじめ登録された資材のみを表示するので、難なく目的の資材を発見できる。

揚重中は、現在の階数と工用 EV 内部の資機材の情報がリアルタイムで更新される。途中で降り降りした高所作業車は、自動的に階数の移動実績が記録される。階数認識においては、認識した階数タグの受信信号強度の強さを考慮して判断することで精度を上げた。

資材揚重では、連続で同じものを対象とすることが多いため、その場合には作業班や資材の選択を省略して次の揚重に移ることができる。

また、記録した揚重実績は Fig. 6 に示す画面で確認できる。揚重を実施した会社に内容を確認してもらい問題がなければ、承認ボタンを押し、3 秒以内に作業班タグのボタンを押せば該当するレコードが承認済みの状態になる。承認は対象レコードの会社に属する作業班のタグでないとできないため、信頼性の高い承認情報として記録される。

### 3.3 管理ソフトの機能

管理用 PC に送信された揚重実績は、管理ソフトで管理される。管理ソフトは次の機能を備える。

- 1) 資材の管理
  - ・ 資材揚重実績の確認
  - ・ 資材揚重実績の物流 DB への一括送信
  - ・ 未承認揚重実績の一覧表出力
- 2) 高所作業車の管理
  - ・ 高所作業車の貸出、返却、実績確認
  - ・ 高所作業車の保管階一覧確認 (Fig. 7)
  - ・ 高所作業車の移動履歴の確認 (Fig. 8)
- 3) マスタのメンテナンス
  - ・ 新規 RFID タグの読み込み登録

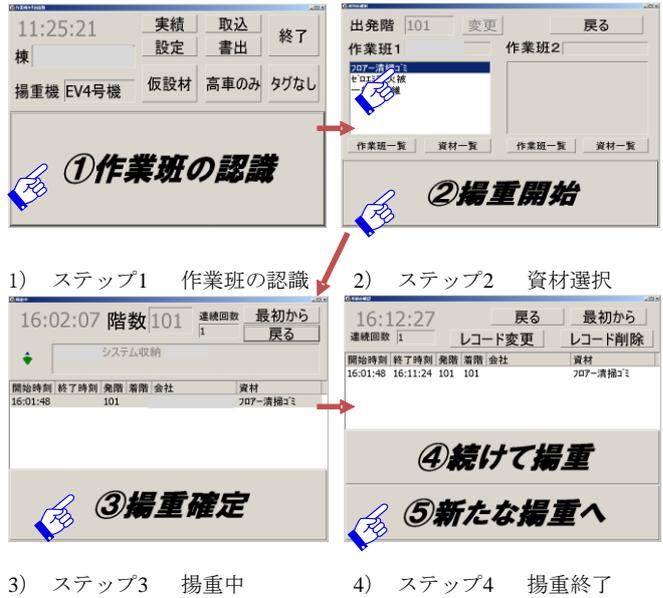


Fig. 5 記録ソフトの画面遷移  
Screen Transition of Application for Recording



Fig. 6 実績承認画面  
Screenshot of Confirming Records



Fig. 7 高所作業車一覧画面  
Present Location List of Mobile Lifts

・記録ソフト用マスタの作成

高所作業車の保管階一覧では、スポット利用可能な高所作業車が上部にリストアップされる。移動履歴画面は、会社ごとに全高所作業車の利用階数変化が分かり、移動がないものは遊休機となっていないか物流センター管理者がチェックする。使用頻度が少ない場合はスポット貸出に変更させることで高所作業車台数の削減に繋がる。

4. システムの適用

4.1 適用対象工事

本システムの現場適用性及び効果の確認を目的として3つの工事現場に試験適用した。適用した工事の概要をTable 1に示す。高所作業車は長期貸出及びスポット貸出の台数を示しており、B工事は階高が低いため高所作業車の利用はなかった。

システムの比較評価を行うため、オペレーターは本システムでの記録と並行して紙での記録も行った。

4.2 適用計画

(1) 実績収集 PC, RFID リーダー, アンテナ 工  
 事用 EV に固定する装置は、操作盤に近い位置の壁面に設置し、操作盤から電源を引いた (Photo 2)。実績収集 PC については鋼製の蓋付ケースを壁面に固定し、施錠管理することで防犯と衝撃に配慮した。アンテナは、資材や作業員による電波遮蔽が起きにくいよう 1800mm 程度の高さに設置した。

(2) 階数タグ 階数タグは、各階工所用 EV シャッター養生材に取り付けた。付与位置の一例を Photo 3 左に示す。各工所用 EV ごとにフロアあたり 1 個の階数タグを付与した。

(3) 作業班タグ 複数の工所用 EV で同時揚重する場合があるため、最大で 1 会社に 3 個の作業班タグを発行した。

(4) 高所作業車タグ 高所作業車の手すりなどに 1 台につき 1 個付与した (Photo 3 右)。金属とタグの接触は、通信を阻害する可能性があるため、吊り下げた状態とした。工所用 EV の外部に置かれている高所作業車タグを誤って読取らないよう、工所用 EV のサイズに応じて受信信号強度の閾値を設けて微弱信号を除外した。

4.3 適用結果と考察

4.3.1 階数情報の精度 RFID で認識した階数情報が実際の階数と合致した割合は、A工事で93%、B工事で96%、C工事で98%と適用を重ねるごとに向上した。B工事中では、階数の決定条件を、3秒間の同一階連続読取りとすることでノイズによる誤認識を排除した。C工事では、工所用 EV が停止していない状態での読取りによる誤認識を、オペレーターへの教育で是正したことによりさらに正解率が向上した。

C工事でも2%の誤認識が発生したが、発着階の確認と

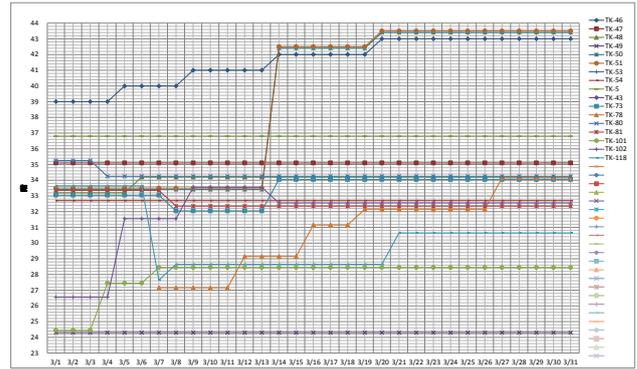


Fig. 8 高所作業車の移動履歴  
History of Lifting Mobile Lifts

Table 1 適用対象工事現場の概要  
Applied Projects

工事名称	A工事	B工事	C工事
工期	平成21年10月～平成24年1月	平成22年4月～平成25年3月	平成23年4月～平成26年5月
適用期間	2ヶ月間	5ヶ月間	1年3ヶ月間
建物用途	オフィス	共同住宅 600戸	複合施設 事務所・店舗等
構造	SRC,S,RC造	RC造	S,SRC,RC造
規模	地下2階、 地上14階	地下2階、 地上52階	地下5階、 地上52階
延床面積	24,270㎡	67,238㎡	244,305㎡
仮設EV	2台	2台	5台
高所作業車 (対象台数)	73台	—	120台



Photo 2 実績収集 PC の設置状況  
Touch-Screen PC in Temporary Elevator



Photo 3 RFID タグの付与状況 (左：階数, 右：高所作業車)  
Attached RFID Tags

修正をオペレーターに徹底したことにより、管理者のチェック段階でのデータの不整合はなかった。

**4.3.2 オペレーターの作業時間構成** C 工事での作業測定による工事用 EV オペレーターの 1 日の作業時間構成を Fig. 9 に示す。測定対象としたオペレーターは 3 人で、休憩時間は除外している。

従来方法記録とシステム利用時間はともに 2% であり、従来と同等の作業時間となった。また、システム利用の過半はデータ確認であり、オペレーターが揚重実績一覧を定期的にチェックしていることが分かる。

**4.3.3 記録ソフトの評価** 記録ソフトを利用したオペレーターに inputs の容易さ、情報閲覧機能及び導入効果の 3 項目を 5 段階（最高値 5、最低値 1）で評価してもらった。その結果、全ての項目が平均 3 以上の評価を得ており、本システムがオペレーターにとっても有効だったことが示された。具体的に、毎日の揚重作業達成率の把握に効果的などの意見が挙げられた。

**4.3.4 管理ソフトの評価** 管理ソフトを利用した管理者に物流 DB とのデータ連携機能、揚重実績確認機能、高所作業車管理機能及び導入効果の 4 項目を 5 段階（最高値 5、最低値 1）で評価してもらった。その結果、全ての項目が平均 3.5 以上の高い評価を得た。特に、工事用 EV から物流 DB までデータ連携がシームレスになった点が高く評価された。

**4.3.5 管理作業削減効果** 揚重実績管理及び高所作業車管理にかかる作業時間の比較を Fig. 10 に示す。以下の要因により、従来の作業時間を大幅に削減した。

- 1) システム化による入力フォーマットの統一により作業員への内容確認作業が削減された
- 2) 揚重実績入力作業がチェックのみとなった
- 3) 入力のダブルチェックが不要になった
- 4) 揚重実績情報の活用により、位置確認や貸出し処理などの高所作業車管理作業が削減された

管理者へのヒアリングにおいては、高所作業車台数自体も 10% 程度削減されたという意見が挙げられた。使用していない高所作業車があった場合に、移動履歴グラフを根拠に使用会社に返却を促せるためである。

さらに、揚重実績の承認機能によって、揚重実施会社との認識の齟齬がなくなり、合意形成が円滑になることを確認した。

## 5. まとめ

物流センターの揚重実績管理及び高所作業車管理を効率化するため、資機材揚重実績管理システムを開発し、3 つの工事現場で試験適用を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 対象業務の工数を大幅に削減できる

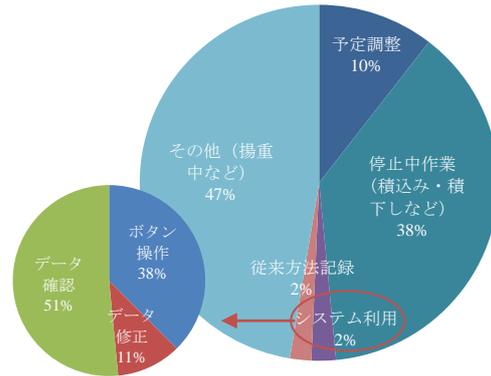


Fig. 9 オペレーターの作業時間構成  
Proportion of Work Time on Elevator Operation

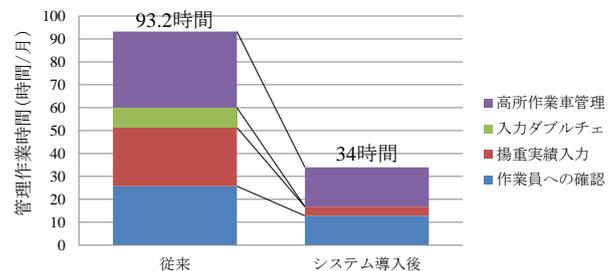


Fig. 10 システム導入による管理作業時間の比較  
Comparison of Lifting Management Work Time

- 2) 高所作業車の導入台数を削減できる
  - 3) 固有の RFID タグによる承認機能により揚重実施会社との確実な合意形成ができる
- また、以下のシステム改善要望が挙げられた。

- 1) 工事事務所からのリアルタイムな揚重情報の確認
  - 2) 工事現場入退場管理との作業員情報の一元化
- 今後は、これらの要望に対応し、システムの利便性を向上させるとともに、さらに多くの工事現場に水平展開していきたい。また、物流センターが組織されない中小規模の工事現場でも効果が得られるようなシステムの運用方法についても検討していく。

## 参考文献

- 1) 浜田耕史, 他: 建築仕上・設備資材の自動化搬送システムの開発, 大林組技術研究所報, No.64, 2001.9
- 2) 鈴木理史, 他: IC タグを利用した廃棄物コンテナ管理システムの開発, 大林組技術研究所報, No.73, 2009.12
- 3) 滝沢平一郎: 建築現場におけるサイト物流の取り組みについて, 建築コスト研究, No.66, 2009.7
- 4) 近藤哲, 他: IC タグを利用した排水管通水試験システムの開発, 大林組技術研究所報, No.70, 2006.12