

建築仕上・設備資材の自動化搬送システムの開発

浜田 耕史 堂山 敦弘
金子 智弥 汐川 孝

Development of Automated Delivery System for Finishing Building Materials

Koji Hamada Atsuhiko Doyama
Tomoya Kaneko Takashi Shiokawa

Abstract

Delivery of finishing materials and equipment via a construction lift or elevator is a bottleneck in construction of a high-rise buildings. It is therefore very important to increase delivery performance. The authors have developed an automated delivery system, which has been applied to the construction of a high-rise building in Osaka City. This system is composed of two kinds of automated equipment: an automatic unloader in a construction elevator and an Automatic Guided Folk-lift. It is controlled by a delivery control system via the Internet. This system performed with high efficient for all delivery works. Furthermore, the delivery control system controlled via the Internet reduced the time spent by all foremen and managers for delivery work, because they could reserve a construction elevator at any time and any place without needing to visit a site office.

概要

仕上・設備材を仮設のリフトやEVで搬送する作業は、特に超高層建物の施工において隘路となり、効率化が求められる。今回開発した自動化搬送システムは、大阪市内の超高層建物に導入された。自動化搬送システムは、自動フォークリフト（AGF：Automatic Guided Folk-lift）と建設資機材に対応したラック棚・移載装置等の自動化設備とインターネットを利用した揚重管理システムによって構成される。システムの適用結果から、自動化設備を使用した揚重作業の効率は最も高くなった。また、揚重管理システムによって、いつでも・どこからでも揚重機の予約状況を確認しながら予約ができ、関連業者や管理者の業務の軽減につながった。

1. はじめに

仕上・設備材を仮設リフトやエレベータ（揚重機）で搬送する揚重作業は、特に超高層建物の施工において隘路となり、効率化が求められる。また、資機材の搬送作業そのものは付加価値が低く、機械化・自動化を進展させたい要素でもあり、技術開発のニーズは高い。

こうした背景から、1995年に56階建ての超高層建物を対象に、1)建物の1階部分にストックヤードを設置、2)自動化搬送設備の開発、3)コンピュータによる揚重管理システムの開発と揚重専従班による運用、を特長とする自動搬送システムを開発・導入し、当初の目標を上回る成果を得た¹⁾。この適用実績から、1)狭いスペースでの適用、2)よりフレキシブルな搬送、3)夜間自動揚重の実現、4)揚重予約データのパソコンへの入力手間の軽減、といった課題が残された。これらの課題を解決して揚重効率をさらに高め、揚重機の設置台数を少なくして揚重関連費用を削減することが最終的な開発目標である。

2. 自動化搬送システムの概要

自動化搬送システムの概要図をFig.1に示す。図のよう

に、自動フォークリフト（AGF：Automatic Guided Folk-lift）と建設資機材に対応した立体ラック棚・自動移載装置等の自動化搬送設備とインターネット利用によるWeb揚重管理システムによって構成される。

自動化搬送設備は物流業等で用いられる立体自動倉庫を建築工事現場内に導入した概念である。搬入トラックと揚重機の間ストックヤードとなる立体自動倉庫を設けることで、搬入に影響されていた従来の揚重作業の効率が著しく改善されることが事前評価²⁾により明らかとなった。さらに、夜間に資機材を搬入することなく夜間無人揚重作業を可能とするバッファの役目も担う。

Web揚重管理システムは、揚重作業量を事前に山崩して揚重負荷を均一化し、自動化搬送設備を有効活用できるように統括管理する中心的な役割を果す。申込み状況をWebを通じて協力会社間で共有することによって、利用者の自主的な配慮による揚重負荷の分散が期待できる。また、従来は各協力会社からのFaxや電話連絡による揚重申込みデータを工事事務所の職員が入力していたが、Webを利用することによって協力会社の事務所からの入力が可能となり、職員の省力化が見込まれた。

本システムは、CALSの実証実験の対象となったTable 1に示す大阪市内の新築工事に適用された。

3. 自動化搬送設備

自動化搬送システムの適用工事では、システム導入による揚重効率の向上により当初の揚重機設置台数を削減した。このため、仕上工事の最盛期には最大で1日に4時間程度の残業を見込んだ。自動化搬送設備は、残業時間帯の揚重作業を中心に、仕上工事で多用されるボード類・軽鉄材等の定型化された資材を対象に使用した。

仮設の立体自動倉庫となる1階部分のレイアウトをFig. 2に示す。資材を積載したトラックは3通りと4通りの間から建物内に入り、仮置きヤードに荷降しされる。AGFはホームポジションから資材を無人で出入庫し、人荷EV（図中のHCE2800）前まで無人搬送する。人荷EV内の自動移載装置が資材を自動で受け取り所定階において自動で荷降しする。この工事では、上述の人荷EVの他に、人専用EV（図中のHCE990）も設置した。

3.1 AGFと立体ラック棚

Photo 1に示すAGFの可搬重量は1,500kgfであり、走行方式には信頼性の高い電磁誘導方式を採用した。一般製造業等で多用されるAGFの標準機種をベースに、建築工事で必要となるセンサー・無線装置や特有の制御ロジックを組み込むことで開発コストを抑えた。揚重機前の荷取場において、自動移載装置との干渉防止のためにインターロック信号の授受により装置間の同期をとった。

狭所に対応した多段式ラックを採用することで、フレキシブルな出入庫が可能となった。ラック棚は、対象資材の形状に合わせた2mと4mの2種類の幅のものを用意した。各ラックには番地が定められ、AGFの単体制御盤に番地を入力することで搬送作業が連続的に実行される。ラック棚で事前に梱包材を除去したり、各階に少量ずつ揚重する資材を他と混載することで、揚重作業は効率化した。

3.2 自動移載装置

AGFによって搬送された資材を受取る状態の自動移載装置の外観をPhoto 2に示す。自動移載装置は、人荷EV内に取付けられ、オペレータのボタン操作によって、荷積み・荷降しを自動的に行う。移載作業の自動化により、揚重時間の短縮と荷積み・荷降し作業員の省力化を可能にした。装置の可搬重量は2,000kgfで、EVから直接電源を供給されて動作するため、

バッテリーを搭載する必要がなく、自重は800kgfと軽量である。EVから容易に取り外すことができるため、作業員の移送時には障害とはならない。また、軽量の資機材や網台車の揚重時等には、装置を取り外して人荷EVの搬器を最大限に利用できる柔軟性を持っている。

Table 1 自動化搬送システム適用現場の概要
Outline of Applied Project

工事名称	大阪第5合同・法務総合庁舎（1工区）新築工事
発注者	国土交通省近畿地方整備局
用途	庁舎（大阪高等検察庁ほか）
施工場所	大阪市福島区福島1丁目
工期	平成10年3月17日～平成13年10月末予定
構造	S造、一部SRC造
階数	地上24階、地下3階、塔屋2階
敷地面積	11,140.20㎡
建築面積	2,233.32㎡
延床面積	62,581.60㎡
最高高さ	120.00m

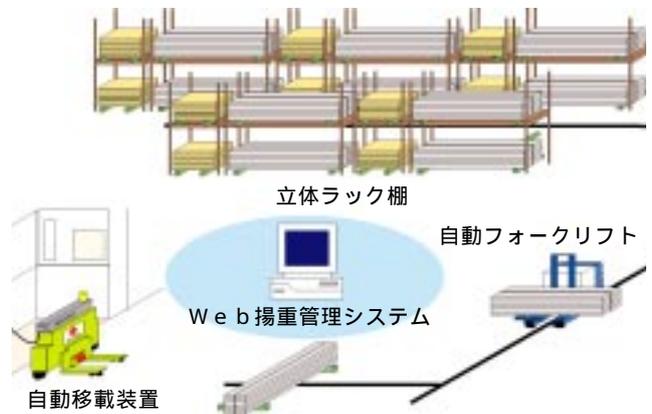


Fig. 1 自動化搬送システムの概要図
Abstract of Automated Delivery System

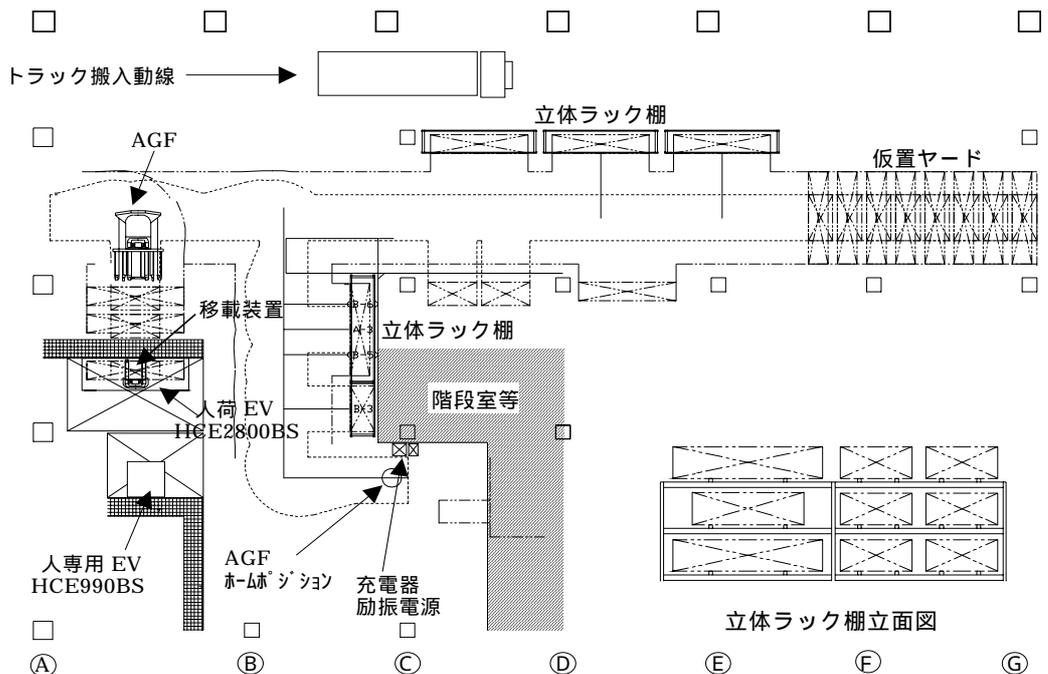


Fig. 2 工事現場の1階レイアウト
Layout of Ground Floor for Automated Delivery System

4. Web揚重管理システム

4.1 システムの構成

Web揚重管理システムの機能構成をFig. 3に示す。各協力業者の事務所に設置された端末(揚重申込み端末)からインターネットに接続し、揚重申込み状況の確認・新規申込み・揚重申込みの削除や修正・調整後の揚重予定や揚重実績を確認する。揚重申込み時には、資材・揚重機・揚重階・揚重回数を入力すると、揚重作業の制約条件から申込みの可否が判定される。揚重可能であれば、推定所要時間が提示され、予約申込みが実行される。

揚重申込み端末は協力会社の事務所や工事事務所に設置されたインターネットを利用できるパソコンである。利用者はWebページを通して揚重の申込みを行う。

Webサーバは、揚重申込み端末での操作に応じてスクリプトを実行する。スクリプトにはCGI/Perlを利用するため、一般のインターネットサービスプロバイダーが



Photo 1 A G F と立体ラック棚
Automatic Guided Fork-lift and Solid Rack

提供するホスティングサービスを利用できる。

揚重調整端末は揚重調整を行うプログラム用のパソコンで、工事事務所に設置する。揚重調整端末では、Webサーバから1週間分の揚重申込みデータを取込み、一定の手法に基づく自動調整と簡単なマウス操作による手動調整で揚重予定を作成し、サーバに揚重予定として転送する。また、事前に揚重機のクライミングや工事現場の休日等の制約条件を作成することで、サーバに揚重制約として転送する。実績収集システムより得られた揚重実績データを受取り、揚重予定と比較して表示できる。Fig. 4は、申込み状況を示したカレンダー表示で、揚重機を使用したい日を選択することでFig. 5に示すバーチャートによる詳細な申込み状況を確認できる。

4.2 システムの運用

システムを導入した工事事務所では、JV職員と協力会社担当者間で1週間に1度、次週の揚重予定を調整するための揚重調整会議が開かれた。この打合せに先立ち、揚重管理担当職員はWebサーバから揚重申込みを



Photo 2 自動移載装置とA G F
Automatic Unloader and Automatic Guided Fork-lift



Fig. 4 カレンダーによる入力画面
Picture 1 of Delivery Control System with Internet



Fig. 5 予約状況表示画面
Picture 2 of Delivery Control System with Internet

ダウンロードし、同時に当該期間の申込みを締切る。揚重予約の調整後は揚重予定をWebサーバにアップロードした。打合せ時には、パソコンの揚重予定画面を会議室のスクリーンに投影し、関係者に周知させた。この他、揚重申込みの受付は3週間前から実施し、マスター情報の更新や揚重実績のアップロードは随時行った。



Photo 3 携帯電話の画面
Picture of a Hand Telephone

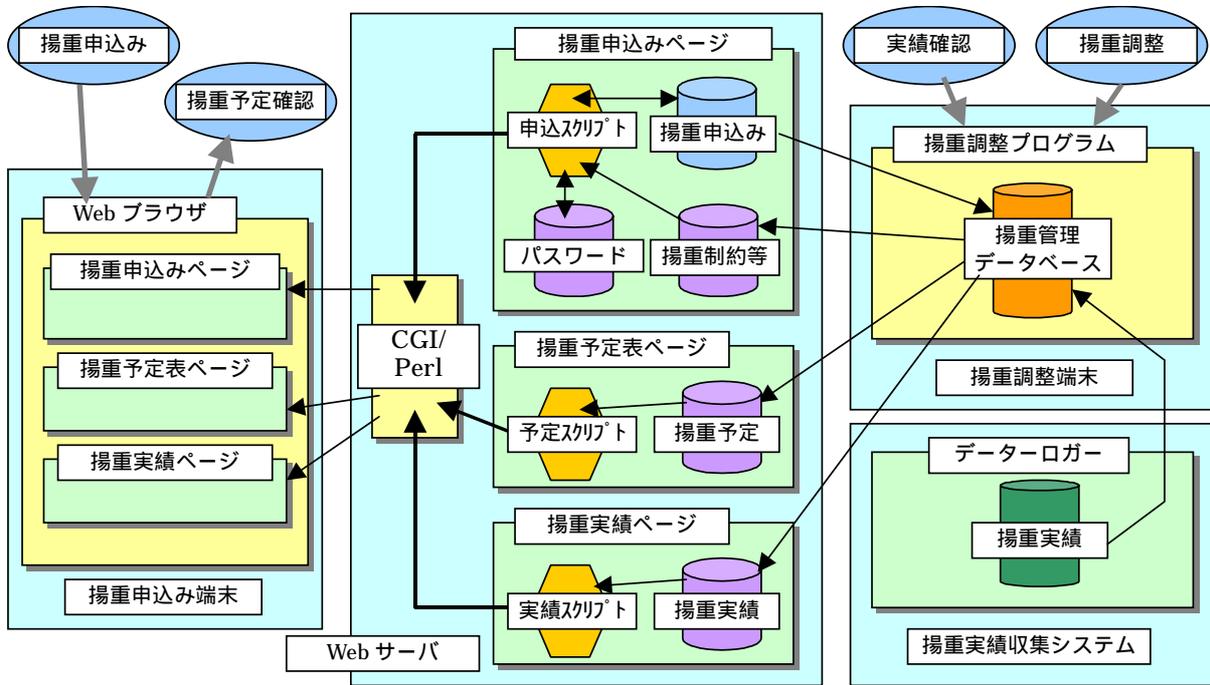
4.3 携帯電話への対応
システムを工事に導入して2ヶ月が経過した段階で、協力会社の利用者から、外出先からも申込

み状況を確認できる機能追加の要望が多かった。このため、Photo 3に示すような携帯電話からシステムを利用できるような機能を開発した。協力会社の担当者が工事現場に直接赴くことなく、外出中にも揚重予約状況の確認や予約申込みが実現でき、業務の効率化につながった。

5. 適用結果

5.1 自動化設備

仮設の人荷E V (HCE2800)による2001年3月までの揚重時間の推移を日ごとに示したものがFig. 6である。仕上工事が最盛期を迎えた11月以降は、人荷E Vの解体時期に向けて揚重時間は漸増傾向となり、毎日2時間程度の残業によって作業を消化した。仕上工事のタクト工程に沿って事前に算出した揚重時間などの計画値と実績値はよく合致しており、計画通りに揚重作業は実施された。



各協力業者の端末

Fig. 3 Web揚重管理システムの構成
Construction of Delivery Control System with Internet

工事事務所の端末

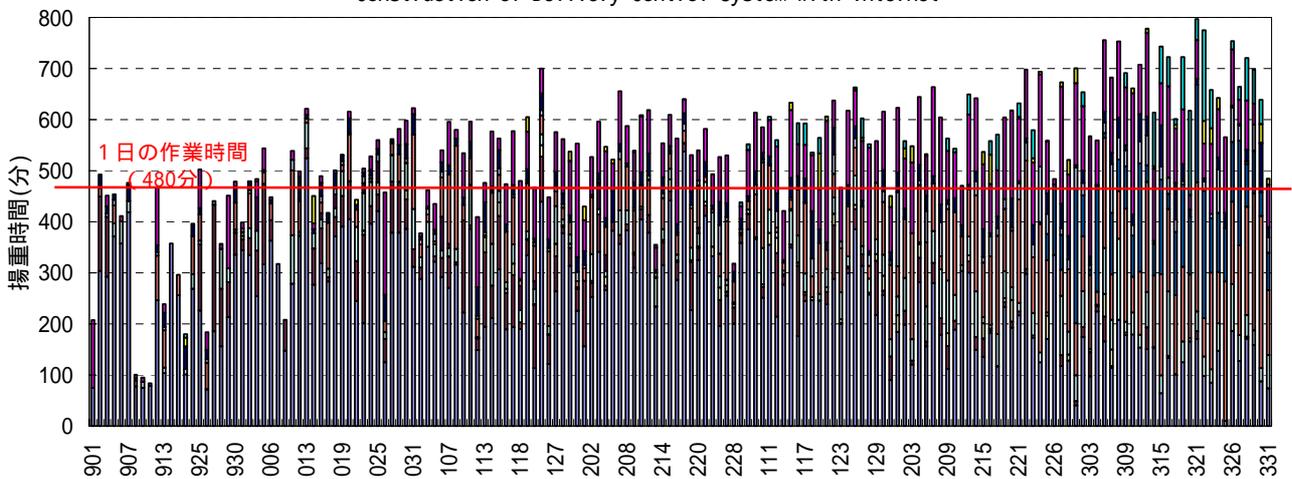


Fig. 6 揚重時間の推移
Transition for Delivery Cycle Time of Construction Elevator

Fig. 7は、揚重対象ごとに揚重重量の合計値を揚重時間の合計値で除した数値を比較したものである。つまり、揚重する資材の比重や荷姿などの特性に左右されるものの、単位時間当りの揚重重量の平均値であり、数値が大きいほど効率よく作業が実施されたと判断する目安となる。AGFや移載装置といった自動化設備によって揚重した内装材の揚重能率は高かった。

揚重作業の効率を評価する指標として、揚重機の稼働率を分析した。ここでの稼働率の定義は、1日当りの揚重時間を、1日の作業終了時刻から作業開始時刻を減じた作業時間から昼休み時間などの休憩時間を除いた正味作業時間で除した値とした。Fig. 8に稼働率の日ごとの推移を、在来の揚重方式による同規模の物件での実績と比較して示す。自動化搬送システムを用いた揚重機の稼働率は85.4%、在来方式は77.1%となった。これらの値は、過去の施工実績に比べ極めて高い値である。いずれの工事においても揚重作業を専任するチームが従事したため、揚重機の空き時間にも臨機応変に作業を遂行した結果等によると考えられる。自動化搬送システムの適用現場では、揚重機の空き時間にも立体ラック棚に収納された資材を揚重できるなど、融通性がより高くなった。

揚重実績に関する各種の指標を、在来方式を100とした場合の割合で示したものがFig. 9である。在来方式と比べ平均揚重重量は同等であったものの、他の揚重実績の値は在来方式を上回っており、効率的な揚重作業が実現したことが分る。特に自動化設備の導入により、揚重関連労務を約45%省力化した。これらの指標を基に、単位時間あたりの揚重量を算出すると、自動化搬送システムは、在来方式の約1.44倍となることが分った。

5.2 Web揚重管理システム

Web揚重管理システムを利用した32業者を9つに分類して、2001年3月までのログイン件数の推移を1週間単位でまとめたものがFig. 10である。この間の総ログイン件数は約2,700件で、1週間当たり平均で約84回となり、1日あたり最大で45件のログインがあった。年末年始休暇の頃にはログイン数が減少したが、総じて利用者の慣れによる漸減傾向が認められる。

業者別には、設備関連業者が55.4%を利用し、建築仕

上業者による利用の割合は26.4%となった。他の分析から、工事事務所内のPCからのログインが11%となり、大半が協力業者のバックオフィス等からのログインだった。揚重管理者による予約データの入力や揚重調整作業時間が従来の約20%となり、業務が大幅に軽減された。

Fig. 11に時間帯別のログイン状況を示す。工事現場の定時作業時間帯(午前8時から午後5時)でのログインは全体の約6割であったが、深夜や早朝といった時間外や、工事事務所の休業日にも全体の2.0%程度の予約受付が行われていた。以上のように、「いつでも」「どこからでも」揚重予約が可能となり、インターネットを利用した効果が活かされていた。

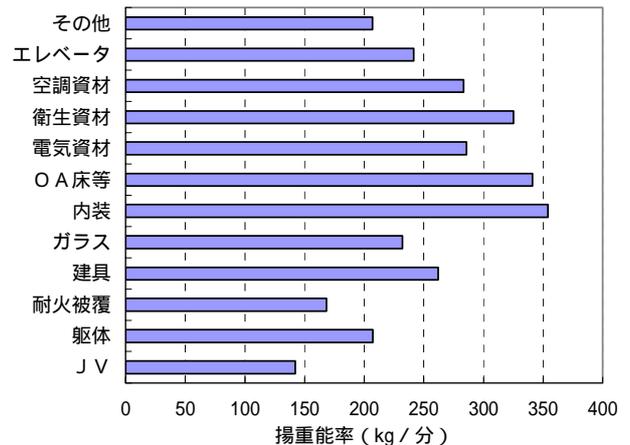


Fig. 7 対象資材ごとの揚重効率
Delivery Performance for Material

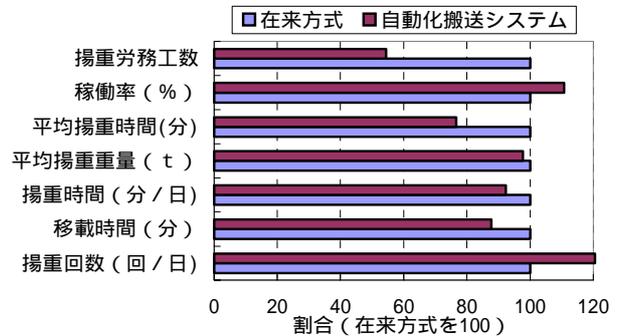


Fig. 9 在来方式との比較
Delivery Performance Comparison to Conventional Method

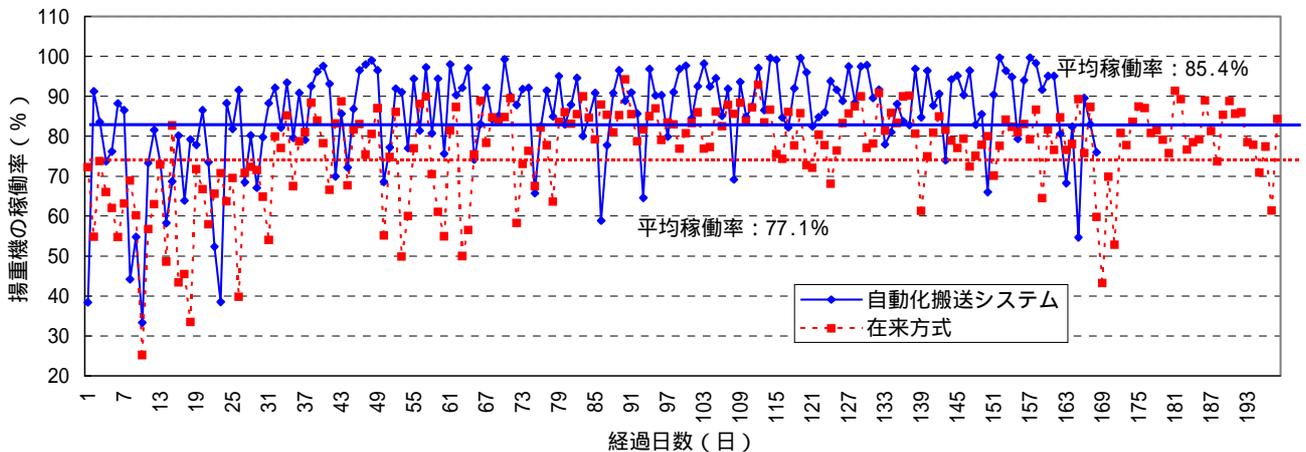


Fig. 8 揚重機の稼働率 (在来方式との比較)
Transition for Operation Ratio of Construction Elevator

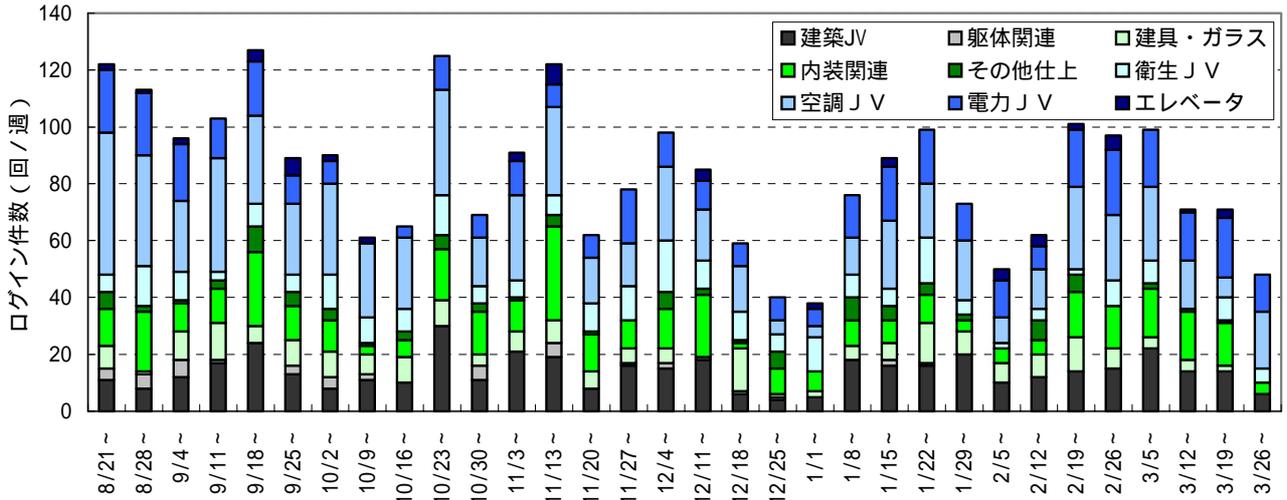


Fig. 10 協力業者種別ごとログイン回数の推移
Transition for Log-in Number of Delivery Control System with Internet

Table 2 アンケート対象者の概要とログイン回数
Abstract of Answerers for Questionnaire

質問項目		平均	範囲	単位
般	年齢	34.0	22 ~ 50	歳
	就業年数	12.3	1 ~ 28	年
	パソコンの経験年数	2.9	0 ~ 8	年
	インターネットの経験年数	1.4	0 ~ 3	年
	会社へのパソコン導入年数	8.3	1.8 ~ 13	年
	会社でのインターネット契約年数	2.5	1 ~ 6	年
	会社でのパソコン使用時間	3.7	0.3 ~ 12	時間
揚重 予約	1回当りのログイン時間	10.7	0.5 ~ 20	分
	申込み状況確認のためのログイン回数	3.1	1 ~ 14	回/週
	新規揚重予約のためのログイン回数	2.2	1 ~ 7	回/週
	揚重予定確認のためのログイン回数	1.6	1 ~ 5	回/週

5.3 アンケート調査

システム導入後の2ヶ月を経た時点で、約20名のユーザに対して実施したアンケート調査結果の一部をTable 2 およびFig. 12に示す。Fig. 12は、図中の項目に関する設問を否定から肯定までの5段階で評価した回答の割合を示す。Table 2のように、インターネットやパソコンに対する経験の浅いユーザが多かったにもかかわらず、1回当りのログイン時間は平均で約10分であり、操作性や速度に対する評価は高かった。また、ユーザの大半は、他社の予約状況を参考にしながら自社の揚重予定を計画しており、情報共有によるメリットが活かされ、工事事務所での揚重調整業務が軽減した。システム利用による省力化についても肯定的な回答が多く、高い評価を得た。

6. おわりに

仕上・設備材の搬送作業の効率化を目指して、自動化搬送システムの開発を進めてきた。新規開発の自動化設備によって狭所のスペースにおいても夜間の自動揚重作業も含めたフレキシブルな搬送を実現し、インターネットによる情報共有によって揚重管理業務を軽減した。

今回の自動化搬送システム適用工事では、新規導入したAGF等の搬送設備の開発費用を1工事でまかなったが、揚重機の設置台数の削減や揚重関連労務の省力化効果によって、在来方式による当初計画揚重費用とほぼ同等に抑えられた。今後、今回の適用から得られた様々な

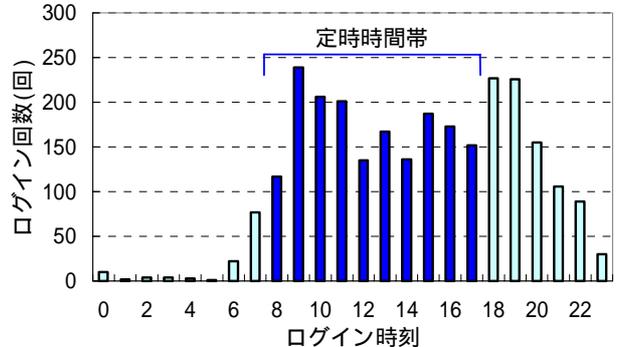


Fig. 11 ログイン時刻の分析結果
Result for Log-in Time of Delivery Control System

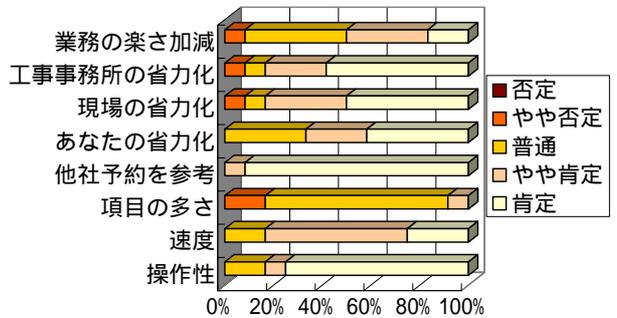


Fig. 12 アンケート調査結果
Result for a Questionnaire of Delivery Control System

ノウハウを基に、自動化搬送システムの適用対象範囲を拡大するように改善し、人専用の揚重機も削減することで、さらなる揚重関連費用の削減が期待できる。

参考文献

- 1) 浜田ほか: 超高層建物における仕上資材自動搬送システムの開発, 大林組技術研究所報, No. 52, (1996.2)
- 2) 浜田ほか: 建築工事における搬送作業の自動化に関する研究,(その1)搬送作業の実態把握と評価の方法, 第15回建築生産シンポジウム論文集,(1999.7)
- 3) 浜田ほか: 建築工事における搬送作業の自動化に関する研究,(その2)自動化搬送システムの開発と適用結果, 第17回建築生産シンポジウム論文集,(2001.7)