

小売店舗への納入における庭先作業時間の効率化  
—ファッションリテールにおけるシミュレーション分析を通して—  
**Efficiency Improvement for Truck Drivers'  
Working Time at Fashion Retailing Stores**

Bunka Fashion Graduate University  
Kuninori Suzuki

文化ファッション大学院大学  
准教授 鈴木邦成

Hokkai School of Commerce  
Nobunori Aiura

北海商科大学  
教授 相浦宣徳

要旨：本稿ではファッション小売店舗への配送効率と庭先作業時間の関係について、シミュレーションと考察を行った。物流センターから店舗への配送において納入先店舗で発生する庭先作業が多くなることで配送ドライバーの滞店時間が長くなることで、配送効率は悪化する。したがって庭先作業時間を短縮する必要がある。本稿では庭先作業の短縮のための改善策を示し、その効果についてシミュレーションを行い、検討した。

## 1. はじめに

返品、ピーク時集中、時間指定、過度なジャストインタイム、リードタイムの必要以上の短縮などは二酸化炭素排出問題などとのからみで考えた場合、できるだけ解消されなければならない問題となっている。そして環境に悪いだけでなく、こうした物流関連の悪しき商慣行を解消していくことでトータル物流コストの大幅な削減も期待できる。

たとえば返品などが多くなれば物流効率も悪化することになる。返品された製品の輸送、在庫管理などにおいても多大なコストがかかる。

返品条件が曖昧にならないように返品条件を明確にする必要がある。返品についての標準約款などの契約事項のガイドラインをしっかりと作成しておく必要があるわけだ。

荷姿の標準化が通常の製品ではしっかり行われていても、販売促進製品、サンプル製品などの荷姿が不揃いでそのために物流効率全体に悪影響が及ぼされることもある。通い箱のなかに本来、回収すべき製品とは関係ない製品を「急ぐから」といった理由で入れることも避けなければならない。物流システム全体が大きな悪影響を受けるのである。

さらにいえば行き過ぎたジャストインタイムの影響で多頻度小口の物流が過度に行われれば物流

---

提出年月日：2011年10月30日  
受理年月日：2012年1月16日

コストの増大をまねくこともある。ジャストインタイムを導入するうえでもトラックの積載効率などには十分配慮し、積載効率が低いままでトラック輸送を行わないように注意しなければならない。「どうしてもこの時間に必要だから」という過度のピーク時集中や時間指定は部分最適とはなりえても全体最適とはなりえないのである。

また、先入れ先出しをきちんと守らずに「当社にとっては日付の新しい製品が必要だから」といった無理を通してしまうと物流部の仕事が混乱することもある。

## 2. 庭先作業の定義及び先行研究

### 2.1 庭先作業の定義

庭先作業とは、商品の納入の際などに行われる付随的な作業のことで、荷主との契約に際して明文化されていないことが多い納入業者の負担作業である。納入先での荷捌き、待機などが該当する。

公益社団法人日本ロジスティクス協会ロジスティクス環境会議における取り組み<sup>12)</sup>などを通して、CO<sub>2</sub>排出量削減などの問題とも絡めつつ、拠点集約により庭先作業時間を短縮することに一定の効果があることが確かめられている。

たとえば入荷の際に店舗の指定の場所まで荷物を格納することを納入業者が着荷主の指示に従い行ったり、その指示待ちで長時間待ったりすることなどがこれに該当する。軒先作業と呼ばれることもある。

ただし、明文化されていない庭先作業が設定されていても、ドライバーが作業を熟知していれば待機ロスや作業ミスなどの発生が防げるケースも多い。荷卸しができずに持ち戻りとなるケースも想定されるが熟練したドライ

バーが担当すれば、そうした事態は最小限に食い止めることも可能になる。

しかしながらドライバーの努力と工夫だけで荷捌き作業時間や待機時間が短縮できるわけではなく、着荷主側に工夫が求められることも多い。

庭先作業時間が長くなれば、それが配送/回収計画に影響を与える。通常、納入先に到着したのちの荷卸しまでの待ち時間と荷卸し(回収)後の待ち時間が存在する。

納入先<sub>i</sub>における滞店時間 $t_i$ は荷卸し待ち時間 $y_1$  + 荷降ろし時間 $y_2$  + 付帯作業時間 $y_3$ の和で $t_i=y_1+y_2+y_3$ と表せる。

なお、荷卸し待ち時間とは納品先に到着し、受付をしてから、実際に荷降ろし作業を開始するまでの時間、荷卸し時間とはトラックからの荷降ろしから入荷検品までに要する時間、付帯作業時間とは入荷検品後にドライバーが納品先のバックヤードで行う作業に要する時間である、こうした一連の時間は庭先作業時間に含まれる。

また、配送先における待ち時間以外の庭先作業時間は、荷積み・荷卸しの実稼働時間、納品伝票の受け渡し、検品などの時間の和とする。

### 2.2 配送計画問題から見る庭先作業についての先行研究

着荷主側から時間指定を設定された場合、その時間内に配送を完了させなければならないため、庭先作業に時間がかかると配送効率は落ちることになる。

その点を踏まえ、配送計画モデルの中にTime Window constraintsを設定する時間枠付き配送計画問題(vehicle routing problem with time window constraints)の研究が盛んに行わ

れている<sup>[6]</sup>。ここでいう時間枠制約付き配送計画問題とは、デポから時間枠制約 (time window) を持った複数の顧客への配送車の費用を最小にする順回路とスケジュールを求める問題の総称である。巡回路とは、デポを出発した車両が、輸配送先を経由し、再びデポに戻る時の車両の通過順のことである。時間枠制約付き配送計画問題では時間枠の条件は納入先の指定によるものの他に、道路の時間による規制やドライバーの待機ロスによっても発生する。地点  $i (\in N)$  での作業時間、最遅終了時間、地点  $i (\in N)$  から地点  $j (\in N)$  へ移動を各々、 $s_i, e_j, t_{ij}$  とすると、地点  $i (\in N)$  から地点  $j (\in N)$  へ移動した際の作業開始時刻  $b_j$  は、 $b_j = \max \{e_j, b_i + s_i + t_{ij}\}$  で求められる。

なお、異なる貨物車両が、全く異なる品物を運ぶ場合には、それぞれ独立に解く問題に帰着される。最大積載量、稼働時間の上限、単位時間 (距離) あたりの費用などが異なる場合には、種類の異なる貨物車両を考慮する必要がある。貨物車両の稼働時間の上限制約の有無や稼働時間を超えた場合の残業費用などが付加される場合もある。

コストについては、車両に対する固定費用と運転手の時給、残業手当、燃料費、高速料金、貨物車両の減価償却費などの変動費用がある。

時間枠付き配送計画問題の目的関数は、一般に以下のように分類される<sup>[7]</sup>。

- ① 必要な貨物車両の台数を最小化
- ② 変動費用の最小化
- ③ 貨物車両の最大稼働時間
- ④ 固定費用と変動費用の和の最小化
- ⑤ 種々の目的を考慮した多目的関数の最小化
- ⑥ 時間枠

### 3. 商慣行改善指針の設定

1990年に経済産業省から商慣行改善の指針が発表され、リベート、返品、希望小売価格、建値、派遣店員などの契約における取引関係の明確化、流通サービスのあり方、流通系列化、多頻度小口配送に伴う問題などについて改善の方向性が示された。

さらに1992年には経済産業省は素材産業などの21業種について物流合理化ガイドラインを策定している。物流面の改善すべき商慣行は以下の通りである。

- (1) 配送の計画化
- (2) 配送ロットの適正化
- (3) 配送頻度の適正化
- (4) 最低リードタイムの実現
- (5) 包装の適正化
- (6) 物流の波動性の平準化
- (7) 納入時間指定の適正化

また、国土交通省と日本ロジスティクスシステム協会 (JILS) は「商慣行の改善と物流効率化に関する基礎調査」(2004年)を行っている。主要な課題と解決策としては以下の項目があげられている。

- (1) 店着価制 (運賃込み料金) への対応

物流費用の分離表示の促進を行い、物流コストの明確な会計基準の策定を行う。

- (2) 短納期、リードタイム短縮への対応

リードタイム短縮のためのコスト・費用負担の明確化を行う。またリードタイムの標準化、規格化や需要予測の綿密化などについて情報支援、手法の研究などの基盤整備を行う。

- (3) 多品度小口納品への対応

コストの明確化、費用負担の整理・ボリュームディスカウントの輸送単位との整合化を進める。

- (4) 時間指定納品への対応

ピークの平準化、計画性向上などのプラス面も生かしつつ、時間指定の適正化を進める。

#### (5) 返品条件の曖昧さへの対応

返品条件の明確化を徹底する。

#### (6) 詳細条件の非文書化

標準約款などの契約事項のガイドラインを作成する。

すなわち、取引条件の見直しによる物流コストの削減については、①商取引の適正化、②ロットの適正化、③品目、荷姿、輸送量を考慮した効率のよい輸送・保管・荷役方法の確立などが重要とされている。

### 4. 取引条件の改善

近年は物流コストの削減という視点からだけでなく、物流のグリーン化を推進するという視点からも物流上の取引条件の改善がこれまで以上に求められてきている。

そして環境面との関係からも、①ジャストインタイム（時間指定）、②多頻度小口配送、③明文化されていない庭先条件、④短リードタイム、⑤店着価制（運賃込み料金）への対応などが必要といえる。

#### 4.1 ジャストインタイム

ジャストインタイムの遂行は過剰在庫を回避し、物流コストの削減を実現する有力な手段ともなりうる。また在庫量自体が減少すれば、それに伴い、環境負荷も低減する可能性も高い。

しかしながら過度にジャストインタイム、時間指定を行うことは環境負荷を増すことにもなりかねない。

たとえば、複数の物流センター、店舗などに配送を行う場合、指定された時間に正確に到着しない可能性が高い場合、各々のセンター向けに複数のトラックを仕立てる必要が出てくるかもしれな

い。だがそうしたトラック台数の増加がCO<sub>2</sub>排出量を増加させてしまうのはいうまでもないことである。また、指定時間に到着後、すぐに荷卸しを開始することができず、待機を余儀なくされることも考えられるが、その場合、「待機ロス」が発生してしまう。あるいは時間指定に間に合わなかった場合、その日の荷卸しが不可能になり、後日、本来ならば不要だった再配送をしなければならなくなるというケースもある。無論、再配送により、余分なCO<sub>2</sub>が排出されることになる。

#### 4.2 多頻度小口輸配送

頻繁に小口の輸配送を繰り返すことでもトラック台数は増加し、待機ロスが発生することになる。輸配送頻度を減少させ、大ロットで輸配送を行う必要がある。

けれども現実としては着荷主にとって多頻度小口輸配送を回避することが容易ではないケースが多い。着荷主が多頻度小口輸配送を余儀なくさせる要因としては、①着荷主の取り扱う製品数が発荷主よりも多い、②着荷主側の保管スペースが少ない、といったことが考えられる。

また、宅配便の場合、そのビジネスモデル上、多頻度小口配送を必要とするが、都市部などにおける単身者、共働き者の増加などにより、「不在による再配達」も避けられない。不在者への再配達の代替として、たとえばコンビニエンスストアなどでの配送物の受け取りをこれまで以上に増やしていく努力、利用者に理解を求めていく必要などもある。

#### 4.3 明文化されていない庭先条件

庭先条件、あるいは軒先条件とは、入荷などの際に着荷主から指示される条件のことである。明文化されていないことが多く、環境に負荷をかけるケースも多い。

たとえば、入荷バースのそばにある入荷検品エ



リアに荷卸しするのではなく、着荷主が指定する特定の場所に格納しなければならないといった場合、トラック乗務員が作業確認などに通常以上に時間をかけてしまったり、ミスをしてしまったりするリスクも出てくる。

あるいは複数の配送先でパレットの積み替えなどを行わなければならない場合には作業に時間がかかることを考慮して配車計画を立てることになり、トラック台数を増やす必要が出てくることもある。

#### 4.4 短（最低）リードタイム

企業は荷主から求められるリードタイムを実現するために物流拠点を輸配送の重要エリアに設け、トラック輸送に力点をおく傾向がある。短リードタイムが要求されれば、ピーク時の出荷波動などに対応するためにトラック台数や配送拠点を増やして対応しなければならなくなるのである。そのためにCO<sub>2</sub>の排出量が増加してしまうことにもなる。逆にいえば、リードタイムを比較的、長く設定することができれば物品を余裕をもって納品することが可能になり、出荷波動は平準化されるのである。CO<sub>2</sub>の排出量も抑えることができる。

トラック輸送は他の輸送手段にくらべ面的な輸送に柔軟に対応できるという利点をもっている。そのため、物流拠点や店舗などへの迅速なアクセス性に優れている。また、ドア・ツー・ドアの輸配送にも欠かせない。つまりトラックは短リードタイムを実現するためには輸送モードとしてもっとも適しているといえる。

けれども環境にやさしいモダルシフトなどを推進するためには短リードタイムは大きな障壁となるわけである。

#### 4.5 店着価制（運賃込み料金）への対応

「店着価制」では製品価格と物流費が分離されていない。そのため、着荷主には物流サービス

のレベルに応じた費用を支払う必要はない。しかし、わが国では明文化されていない庭先条件が要求されることが多い。着荷主は発荷主サイドに質の高い物流サービスを求めているのである。店着価格制を改め、物流サービスのレベルに応じたコストを可視化、明確化し、着荷主に示す必要があるといえよう。しかしながら着荷主と発荷主の商取引における力関係なども影響することから問題の解決が容易ではないケースが多くなっている。

#### 5. 取引条件見直しの条件

取引条件の改善には輸配送コストや庭先作業などと環境負荷との関係を着荷主、発荷主が話し合い、物流に関する標準的な契約書を作成できるようにすることが望ましい。

環境負荷の大きい取引条件を解消する過程のなかでロットの適正化、頻度・時間の適正化、返品・回収の適正化を進めることがきわめて有効な方策といえる。

##### 5.1 ロットの適正化

多頻度小口、小ロット化を可能な限り回避し、ロットを適正化するには以下の改善を行うことが有効である。

- ① 品目、荷姿、輸送量を考慮した効率的な輸送・保管・荷役の実践
- ② 物流効率化を目的とした取引基準の設定
- ③ 取引単位の一定化
- ④ 輸送単位を大きくするための報奨金などの何らかのインセンティブの設定
- ⑤ 受注ロットが大きい場合に取引価格を減ずるなどの方策

##### 5.2 頻度・時間の適正化

頻度・時間の適正化を促進するためには以下の点が重要になる。

- ① 納品回数の削減

- ② 出荷や回収における配送条件を変更し、輸送頻度を適正化
- ③ 毎日配送から隔日または定曜日配送に変更（輸送ロットの大口化）
- ④ 車の積載量を考慮して納品時刻を納品先と調整
- ⑤ 輸送量のピーク期間を納品先と調整して移動（輸送量の平準化）
- ⑥ 物流センター、生産工場への入出荷時間の定刻化（貨物車の待機時間の短縮）

### 5.3 返品・回収の適正化

取引条件を改善し、返品・回収の適正化を行うことも重要である。たとえばそれまで無償で行っていた返品物流費を有償化することにより、不必要な返品を回避することが可能になる。

また仕入れ条件を改善し、返品物流を削減することも可能になる。委託仕入れを完全買取仕入れなどに変更するのである。また返品歩引き制を導入し、返品物流を削減するのも一策である。

## 6. シミュレーションによる検討

### 6.1 シミュレーションの概要

ファッション店舗への納入に際しての庭先作業時間について積込待ち時間に 0-60 分、積込時間に 30 分、付帯作業時間に 0-30 分がかかると想定する。したがって、最大で 120 分の庭先作業時間が発生する。庭先作業時間を短縮するには、いくつかの改善策がある。納品手続きの簡略化、ASN（事前出荷通知システム）の導入、納品物流のユニットロードを単独、あるいは複数の改善策を組み合わせた効果についてシミュレーションを行い、検討する。すなわち、図2の示すように、配送先の所在地情報については、物流企業A社の現在の顧客、及び潜在顧客の住所、並びにその緯度経度を使用した。



図2 回収システムのシミュレーション対象地域

なお、シミュレーションにおける検討条件は表1のようになる。

表1では首都圏小売店舗150店への配送において、週5日間に異なる配送ルートを組み行っている。その現状分析の結果では、走行時間は440時間、庭先時間は321時間、走行距離は13,193km、車両台数は90台となっている。庭先時間が321時間に及ぶことから、その時間の多くを占める納入手続き時間、積込み時間、積込み待ち時間について時間短縮を行うことで車両台数、ドライバーの人件費、車両台数などを削減し、効率化を図ることが可能と考えられる。

表1 シミュレーションにおける検討条件

項目	内容
配送先	150店舗
回収拠点配置	図2に従う
納入頻度	1-3回/週
車両台数	無制限
最大作業時間	8時間/日
期間	1週間

注：現状の拠点数、改善策の検討においては回収量に応じて都度設定

### 6.2 ルーティングのデータの作り方

東京、神奈川、埼玉、千葉のA社の顧客リストをもとに作成する。隣接する区でルーティンググループを決める。これは4tトラックの回収ドライバーの担当エリアを決めるということである。

タイムウィンドウは平日の8時～17時とする。  
 なお、納入先では概ね、1) 担当者の呼び出し、2) 納入品の検品と納入伝票処理、3) 納入品のバックヤードへの搬送、といった手順を経るとする。段ボールからハンガーへの掛け替えも行う。

### 6.3 費用関数式

本稿では、庭先作業の効率に関わるシナリオを用意し、各シナリオに要する費用、車両台数を比較する。以下に、費用関数式を示す。

$$C^{total} = \sum_{l=1}^L (C^{l,f} + C^{l,h}) \cdot \delta(l) + \sum_{l=1}^L [C^l \cdot \{ \sum_{d=1}^{D^l-1} (t_{d+1}^{l,arr} - t_d^{l,dpt}) + \sum_{d=1}^{D^l} t_d^{l,stp} \}] \quad (1)$$

ここで、

$C^{total}$	総費用
$C^f$	固定費
$C^h$	人件費
$C^l$	車両 $l$ の運行費用
$t^{l,arr}$	車両 $l$ の到着時間
$t^{l,dpt}$	車両 $l$ の出発時間
$t^{l,stp}$	車両 $l$ の滞店時間
$l$	貨物車両
$L$	使用可能な貨物車両台数
$d$	回収店舗
$D^l$	車両 $l$ が巡回する店舗数
$\delta(l)$	車両 $l$ を使用したか否かを表す 0-1 変数

である。

### 6.4 ルーティング・アルゴリズム

本稿では、ルーティング・アルゴリズムとして、セービング法を採用する。セービング法では図3のようにセービング値の大きい順に統合する候補の店舗を選択していく。セービング値とは「別々に配送した場合の距離、または費用と1つのルー

トとして配送した場合の距離、または費用の差」のことをいう。

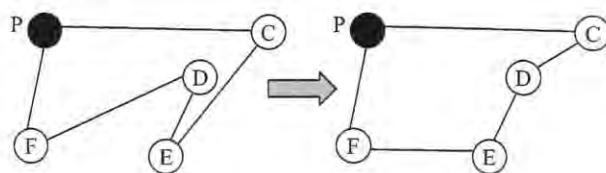


図3 セービングによるルート補正

なお、そのアルゴリズムは以下になる。

- ① 各回収店舗と中間処理工場の往復を初期回収経路とする
- ②すべての2店舗間のセービング値を計算し、セービング値の大きい順に店舗対を並べる
- ③ セービング値の大きい順に統合する候補の店舗対  $(i, j)$  を選択する。このセービング値が正でないか、選択する店舗対がなくなれば終了する
- ④ 店舗  $i$  と店舗  $j$  が各回収経路上で中間処理工場の直後か直前の店舗であれば⑤へ、そうでなければ③へ戻る
- ⑤店舗  $i$  が含まれる回収経路上の需要量と店舗  $j$  が含まれる回収経路上の需要量の和が回収車両の積載容量以下であれば⑥へ、超える場合には③へ戻る
- ⑥店舗  $i$  への直後に店舗  $j$  へ（または店舗  $j$  の直後に店舗  $i$  へ）回収するように、店舗  $i$  が含まれる回収経路と店舗  $j$  が含まれる回収経路を統合し、③へ戻る

### 6.5 改善策のシナリオ

庭先作業時間の短縮策については、(1)～(5)通りのシナリオを立てた。

#### (1) 納品手続きの簡略化

個々の段ボール、あるいはリターナブルボックスに IC タグをつけることで、入荷検品の手間を省けるようし、庭先作業時間を短縮する。店先な

どに専用アンテナなどを設け、IC タグを読み取り、IC タグ情報と位置情報をサーバに送信する。それを事前に確認した物流センターでは、入荷品目とデータを照合する。

#### (2) ASN システムの導入

ASN システム（事前出荷通知システム：以下、ASN）を導入することで納入先店舗には事前に納入車両の到着情報が通知される。したがって、店舗側は納入車両の到着時間にあわせて、待機することができる。担当者の不在などで生じるドライバー側の待機ロス時間の発生を回避する。

#### (3) IC タグ、及び ASN の導入

ASN の導入により、店舗側の担当者との一連の納入手続きを円滑に行えるようにし、同時に IC タグの導入により、入荷検品の効率化を図り、それにより滞店時間の短縮を図る。

#### (4) ユニットロード

ハンガー物流による一括納入システムを導入し、ユニットロード化を実現する。

展示・販売向けのハンガーと物流向けのハンガーは従来、分けて使われてきたが、物流向けハンガーを店舗で掛け替えるとその作業に多くの時間と手間がかかることから、近年は量販店や一部百貨店などでは昨今は物流向けと展示・販売向けのハンガーを共用ようになってきている。ハンガーを用いての一括納入システムを構築することで庭先作業時間の短縮も可能になる。ハンガー納入した製品はそのまま店頭に陳列することが可能である。

#### (5) 全ての改善策を導入

IC タグ、ASN、及びハンガー物流の全てを導入する。それにより相乗効果も期待できる。

### 6. 6. 結果

各改善策に基づく配送コスト並びに諸指標を図 2、図 3 に示す。結果として、いずれの短縮策もそ

の導入に効果かおることが明らかになった。

バーコードの活用では、納入検品の簡略化によって滞店時間が 18% 短縮され、車両台数も 90 台から 84 台に減少している。ASN システムの導入では、待機ロスの減少、納入手続きの簡略化により滞店時間が 37% 短縮され、費用は改善前比で 13.6% 削減された。

上記 2 つの改善策を組み合わせることにより、検品、納入手続き、待機ロスを短縮することができるため、滞店時間が 43.6% 減少し 16.7% のコスト削減効果が得られた。

それぞれの改善策を単独で導入した場合よりも高い。さらにハンガー物流システムによりユニットロード化を促進した場合には 21.8%、全ての改善策を導入した場合には、29.3% のコスト削減効果があることがわかった。

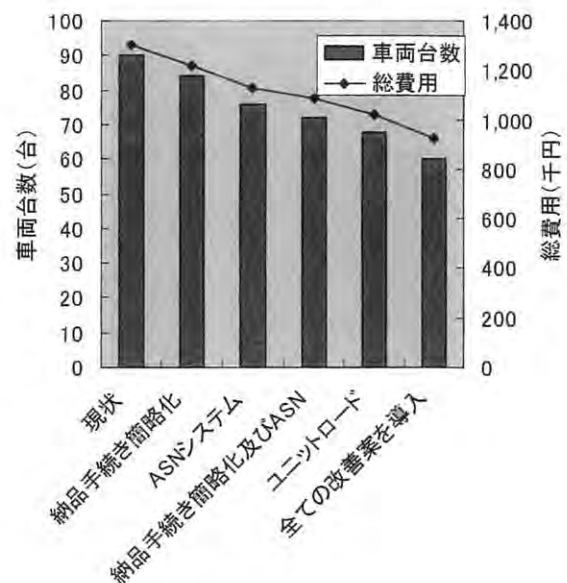


図 4 車両台数と総費用の改善状況



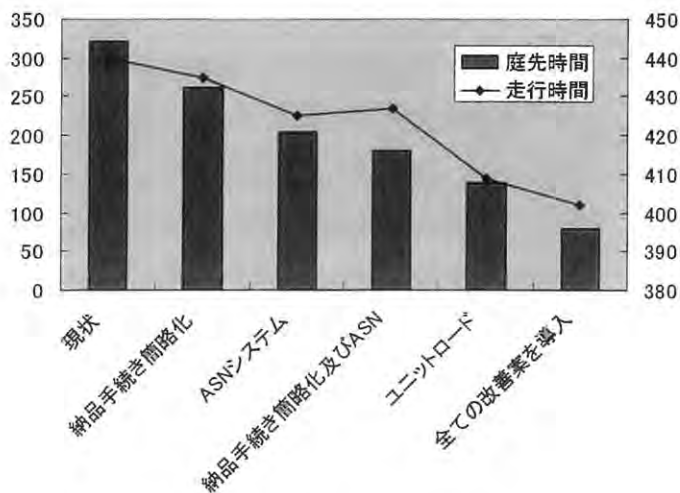


図5 庭先時間及び走行時間の改善状況

## 7. おわりに

本研究では、アパレル・ファッション製品の複数店舗への納入に際してかかる庭先時間に着目し、その短縮を図ることで、物流コスト削減と物流効率の向上がどのように見られるかをシミュレーションを通して明らかにした。

今後の課題としては、庭先作業時間の削減にあたっての具体的な改善の手順書の作成についての検討や、庭先作業時間の短縮を踏まえての配送ネットワークの再構築などがあげられる。

## 参考文献

- 1) 鈴木邦成, グリーンサプライチェーンの設計と構築, p.13, 2010.
- 2) Fleischmann, Moritz, Jacqueline M. Bloemhof-Ruwaard, Patrick Beullens, and Rommert Dekker, Reverse Logistics Network Design, Reverse Logistics, pp.68-69, 2004.
- 3) Smichi-Levi, David, Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi, Designing and Managing the Supply Chain, Japanese Translation, Asakura Shoten, pp.70-71, 2002.
- 4) Toth, Paolo and Andrea Tramontani, An Integer Linear Programming Local Search for Capacitated Vehicle Routing Problems, The Vehicle Routing Problem, Springer, pp.279-280, 2008.
- 5) Beullens, Patrick, Dirk Van Oudheusden, and Luk N. Van Wassenhove, Collection and Vehicle Routing Issues in Reverse Logistics, Reverse Logistics, Springer, pp.95-134, 2004.
- 6) Lowe, David, Intermodal Freight Transport, Elsevier, pp.6-10, 2005.
- 7) Kubo, Mikio, Logistics Kogaku, Asakura Shoten, pp.111-116, 2001