

## 顧客満足度を考慮した貨物駅入出線計画の提案

信号・情報技術研究部 運転システム研究室  
研究員 田中 峻一

### 1. はじめに

貨物駅では本線から列車が発着する「着発線」と実際にコンテナの荷役を行う「荷役線」があり、本線から入ってきた列車が着発線に入り、荷役線に移動して荷役を行い、着発線に戻って出発をするという計画（以下、「入出線計画」という）が予め定められている。すべての貨物列車の貨物駅到着時刻が予定通りであれば、この計画に基づいて作業が行われるが、列車ダイヤに乱れが生じて到着時刻が遅延する場合は、貨物駅の担当者が手作業で入出線計画の変更を行っている。

現在、入出線計画の変更は、過去の知見や経験に基づいて行われているが、遅延列車や遅延時間は日々異なるため、マニュアル化されておらず、到着順や作業の効率性を考慮して作成されることが多く、変更された計画が顧客（荷物を発送した運送会社）側の配送要求をどの程度満たしているかといった検討は明確にはなされていない。そこで、本研究では顧客の配送要求をできる限り満たすように入出線計画の変更を行った場合に、どの程度の顧客満足度の向上が見られるのかをシミュレーションを用いて検証を行った。

### 2. 貨物駅入出線作業の概要

一般に、貨物列車が貨物駅に到着してから貨物駅を出発するまでに、以下の作業が順番に行われている。

#### 1) 列車到着

本線を走行してきた貨物列車は、まず「着発線」に停車する。

#### 2) 荷役線入線

着発線で本線を牽引してきた機関車（牽引機）を貨車から切り離し、構内の入換作業専用入換機関車を連結させ、コンテナを積み降ろしする「コンテナホーム」に隣接する「荷役線」へ移動する。入換機関車の代わりに牽引機で荷役線まで牽引して移動することもある。

#### 3) コンテナ取り卸し

荷役線へ入線した後、フォークリフト等の荷役機器を用いてコンテナを貨車から取り卸す。卸したコンテナはトラックに載せるか、コンテナホームに仮置きする。コンテナを別の列車に積み替えて輸送すること（継送）もあり、その場合は該当コンテナを継送先の列車の荷役番線へ運ぶ。コンテナを取り卸してから時間がある場合は、一時的に「留置線」等に貨車を待避させることがある。

#### 4) 組成替え（貨車の連結と変更）

必要に応じて貨車を切り離したり連結したりする組成替え（解結作業）が行われる。

#### 5) コンテナ積み込み

発送するコンテナはトラックによりコンテナホームまで運ばれ、フォークリフトやトップリフタの荷役機器で、コンテナを貨車に積み込む。

### 6) 荷役線出線

コンテナを積み込んだ後、積載状況をチェックし、入換機関車を用いて荷役線から着発線へ移動（出線）する。

### 7) 列車出発

本線を牽引する機関車を連結させ、着発線から本線へ出発する。

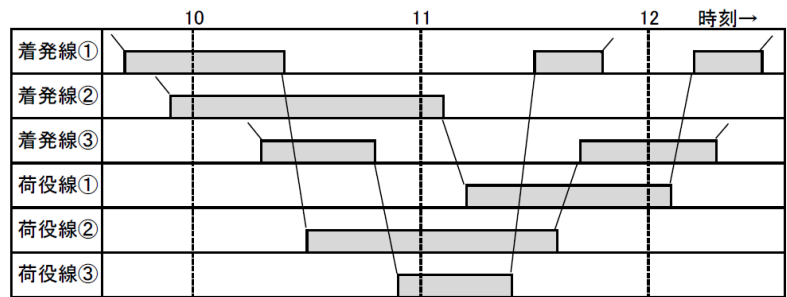


図 1 貨物駅構内の入出線作業の例

これらの構内入出線計画は図 1 に示すような構内ダイヤ図の形式で表される。横方向に時間、縦方向に番線を取り、貨車群の在線を長方形で、貨車の移動（一般に転線という）を直線で表現している。

## 3. 顧客視点からの入出線計画の評価

顧客視点からの入出線計画の評価を行うために、貨物駅に到着する荷物(コンテナ)が顧客の配送要求である持出予定時刻までに「持ち出される状況」になっていたかどうかを基準に評価を行うことを考える。「持ち出される状況」とは、コンテナホーム上にコンテナがある状態でフォークリフトの手配ができる状態であるが、本研究では入出線作業の評価をすることを目的とするため、フォークリフトの動きを範疇外とし、持出予定時刻までにコンテナを積載した列車が荷役線へ入線できたかどうかを基準に評価を行った。

また、持出遅延に関する実態調査を行ったところ、積載品目によって、コンテナが荷役線に入線してから運送会社が貨物駅から持ち出すまでの時間に大きく差が見られることを確認した。比較的早く持ち出されている品目には、再仕分けが必要であるものや品質の劣化が早いもの（生鮮食品など）が含まれている。そのため、顧客の逼迫性を表す要素として、品目別に時間に対するペナルティ

の重みを設定し、顧客の不満足度として反映させることとした。さらに、顧客の指定する配送条件等により、急ぐべきコンテナが存在する場合を考慮し、これらの要素も不満足度として表すことを可能とした。

これらの条件を含めた以下の式でコンテナごとに顧客の不満足度を求める。

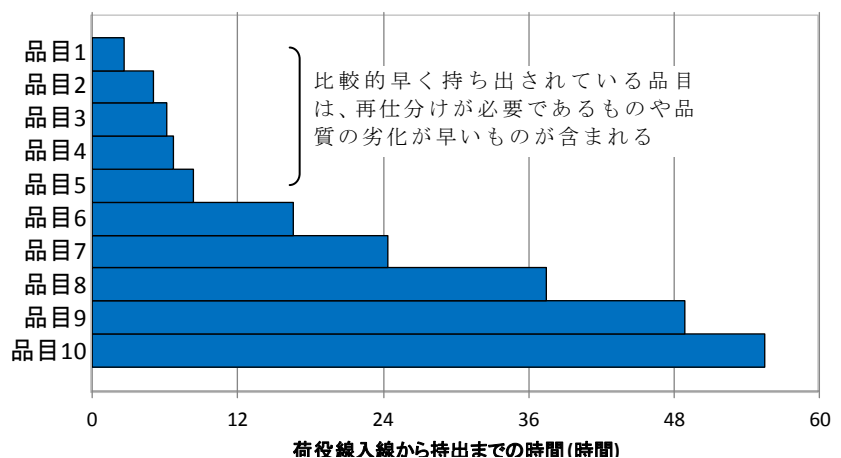


図 2 積載品目別の荷役線入線から持出までの平均時間

$$(\text{コンテナに対する顧客不満度}) = p_o \times p_c \times t$$

- $p_o$  : 顧客の指定する配送条件から算出される重み
- $p_c$  : 輸送品目による重み
- $t$  : 持出遅延時間

ここでの持出遅延時間  $t$  とは、コンテナを積載した列車の荷役線へ入線した時刻と持出予定時刻との差であり、入線した時刻より持出予定時刻のほうが遅い場合（すなわち、持出遅延がなかった場合）は 0 とする。また、顧客の配送条件で急ぐべきコンテナがある場合は、 $p_o$  を高くして、遅延に対し不満度が高くなるようにしている。また、前述のとおり、品目により急ぎの度合いの違いが見られることから、顧客の切迫性が高いと考えられる品目に対しては、 $p_c$  の値を高くして、不満度が高くなるようにしている。

計算対象とする入出線計画内で荷役される着コンテナの不満度をすべて加算したものを、入出線計画全体の顧客不満度とみなし、これが低いほど評価の高い計画であるとする。

#### 4. 顧客満足度を考慮した貨物駅入出線計画

本研究において前記の顧客不満度の視点から評価・シミュレーションを行うシステムを作成した。このシステムは、リアルタイムで入出線計画の変更案を提案するシステムではなく、列車のダイヤ乱れが収束した後にどの程度顧客満足度を満たせたのかを評価し、結果的に顧客満足度の高い（顧客の不満の小さい）入出線作業とはどのようなものが考えられたのかを提示する入出線計画変更支援を目的としている。

入出線計画変更案の作成手順の概要を図 3 に示す。このシステムでは、駅の諸元を表すデータ、平常時の所定の入出線計画、列車の遅延情報、荷物（コンテナ）の詳細を表すデータ等の入力により、列車の遅延を考慮した入出線計画の変更案を作成、出力する。

大規模な貨物駅でも、同時に使われる入換機関車の数は数台であり、機関車の利用方法が大きな制約になりうる。そこで、貨車の転線をジョブとし、機関車が重要度の高いジョブをできるだけ早く実

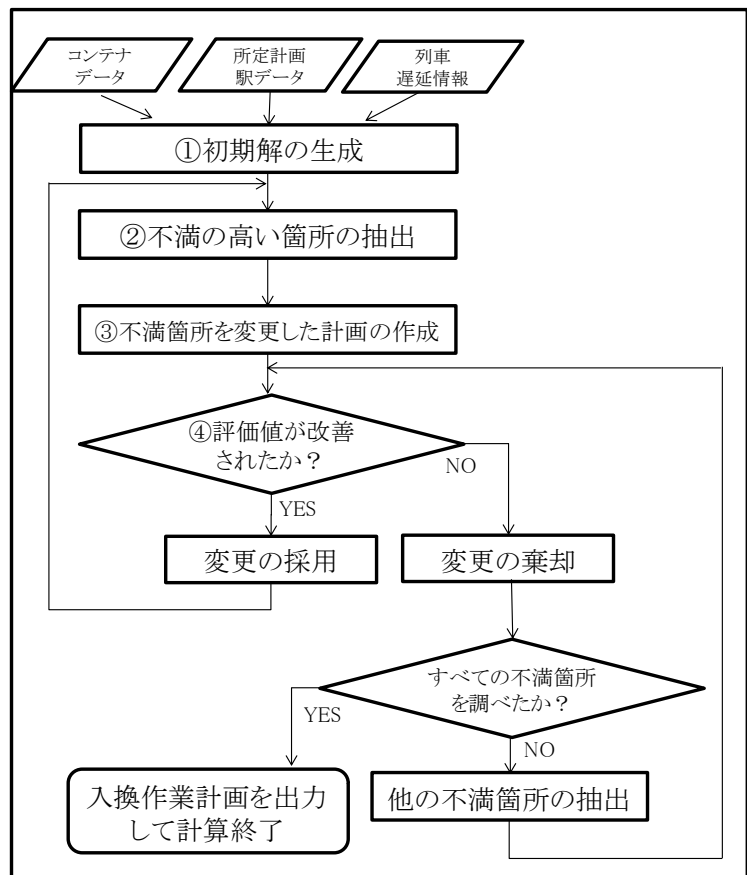


図 3 入出線計画作成アルゴリズムの概要

行する運用スケジューリング問題に帰着して解く、入出線計画作成アルゴリズムを開発した。

このアルゴリズムにおいて、初期解を生成する段階(図 3-①)では、ジョブの重要度は、所定の時刻を基準に設定し、顧客の不満を考慮しない状態で、入出線計画を作成する。その後、作成された結果の入出線計画から不満の高い箇所を抽出し(図 3-②)、その箇所に関連するジョブの重要度を高くするように局所的な条件変更を加え、不満箇所を変更するような新たな入出線計画を作成し、(図 3-③)、入出線計画全体の顧客不満が減少したかどうかによって、その加えた変更を採用するか棄却するかを決定する(図 3-④)ということを繰り返す局所探索法を用いて、顧客の不満が小さい入出線計画を作成する。

このシステムを用いて、実際に発生した大規模な貨物駅での遅延に対してシミュレーションを行った。実際に貨物駅で行われた作業(実績作業)とシミュレーションによって計算された不満の小さい入出線計画の総持出遅延時間の比較を図 4(a)に、シミュレーションで計算された入出線計画の顧客不満度を図 4(b)に示す。

コンテナの持出遅延時間の合計は、実績作業とシミュレーションで作成された入出線計画との間に数%の

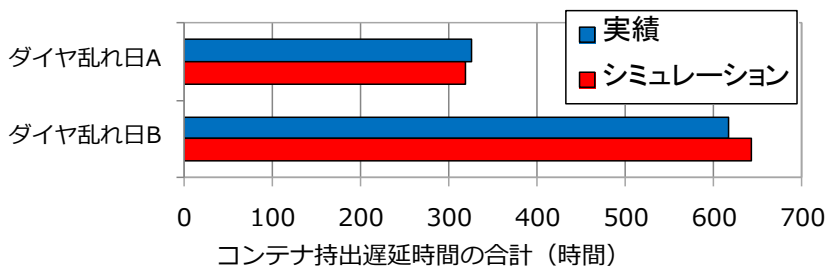
増減が見られる程度で大きな差異は見られなかったが、顧客不満度が実績作業と比較して 10~20%程度低減された入出線計画を作成することが可能であったことが確認できた。

このことより、積載品目や配送条件を考慮することにより、顧客満足度が改善する可能性があることが確認できた。

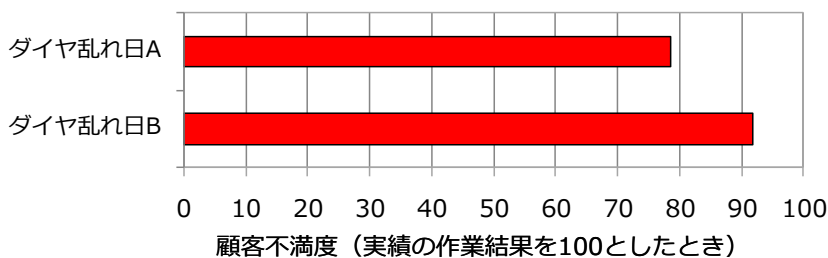
## 5. おわりに

本研究では、貨物駅入出線計画の変更において、顧客の不満の観点から定量的に評価を行い、不満を考慮しながら計画作成を行うことに効果がある可能性があることを示した。今後は、顧客不満に関するパラメータの精査や、フォークリフト等の荷役機器の動きの考慮等、更なる精緻化を進めていくことにより、貨物駅構内作業における顧客満足度の改善の実現の可能性を高めていく所存である。

最後に、本研究開発の実施にあたりご協力をいただいた日本貨物鉄道株式会社の方々に深く謝意を表す。



(a) コンテナ持出遅延時間の合計の比較



(b) 出力した入出線計画の顧客不満度

図 4 コンテナ持出遅延総時間と顧客不満度の比較