

# コンテナ貨車管理システムの開発

信号・情報技術研究部

主任研究員 福村 直登

## 1 はじめに

現在、鉄道貨物輸送の大半はコンテナ輸送であるが、そこで使用されるコンテナ貨車(以下、単に「貨車」と表記する)については、その運用上の特徴から様々な課題が生じている。

今回、これら諸課題を解決するために情報通信技術 (ICT : *Information and Communication Technology*) を活用した新たな業務フローを提案し、そのプロトタイプシステムを開発したので、概要を報告する。

## 2 コンテナ貨車運用と検査貨車捕捉業務の現状と課題

### (1) コンテナ貨車運用と検査貨車捕捉業務の現状

貨車運用は基本的には1両単位であり、また全国共通運用としているため使用上の制約が少なく、柔軟な運用が可能である。一方、ダイヤ改正時に貨車運用計画を作成しているものの、約8,000両に及ぶ全貨車の使用循環は把握していない。そのため、将来、各貨車がどの列車に連結され、どの駅に到着するかを事前に把握することは困難である。

また貨車についても定期的に車両検査を施行する必要があるが、前述したとおり各貨車の将来の動きを把握できないため、現在は列車到着時に駅で各貨車の検査期限を調べ、検査期限が近い貨車(検査貨車)を列車から抜取り、検修区所に回送して検査を施行するという手順をとっている。ここで、駅での貨車の抜取り作業を「捕捉」という。

### (2) 顕在化している課題

現状の業務手順において、さまざまな課題が生じている。

#### ① 検修区所の業務波動が大きい

検査貨車数は列車が到着しないとわからないため、各駅での捕捉数は日々大きく変動する。その結果、各検修区所の日々の業務波動も大きくなっている。

#### ② 予備車数が多い

検査貨車を捕捉したとき、当該列車に同数の貨車を補充するため、各駅に予備車を配置している。しかし、捕捉数の変動が大きいため、それに備えて予備車数も多くなりがちである。

#### ③ 欠車が発生する

特定の駅に検査貨車が集中してしまった場合、予備車で全数を補充できず、所定両数不足のまま列車を出発させることがある。これを「欠車」というが、欠車が発生するとその列車で輸送する予定の荷物を輸送できず、失注による機会損失、および顧客満足度の低下につながる。

## 3 情報通信技術 (ICT) を活用した新しい業務フローの提案

### (1) 業務分析にもとづく問題点の抽出と解決策

前章で述べた課題を解決するため、関係箇所へのヒアリングや業務用帳票類の記載内容を調査することで業務分析を行い、業務上の問題点を抽出するとともにその解決策を検討した。

#### ① 将来の貨車の動きを予測できない

前述した貨車運用計画は到着列車から出発列車への充当数を定めたものであり、連結位置も

含めた1両単位の詳細な運用計画は作成していない。この計画作成を可能とするため貨車運用計画作成支援システムを開発し、詳細な貨車運用計画を作成することで各貨車の到着駅と到着日を事前に予測できるようにする。

②日別、駅別の捕捉両数をコントロールしていない

現在、検査貨車の捕捉は各駅の判断としており、全社的な観点での検査貨車の捕捉指示は行われていないが、各貨車の到着駅と到着日を事前に予測できれば、それをもとに管理部門から各駅に検査貨車の捕捉を指示することが可能となる。このとき、各検修区所の業務量の平準化を考慮するために「のべ検査回数」増を許容して、検査期限まで余裕がある貨車を前倒しで捕捉することとする。

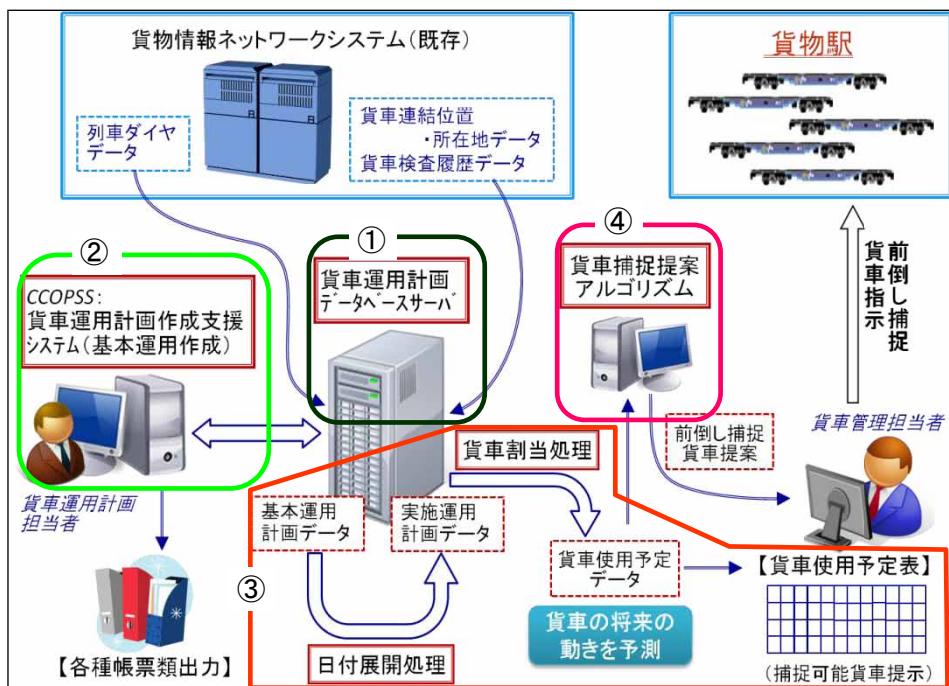
また全国 箇所ある検修区所に対し、長期的な平準化を貨車管理担当者の判断のみで行うのは困難であると考えられる。そのため、数理計画法を用いた貨車捕捉・検査計画提案アルゴリズムを開発し、担当者の意思決定を支援するシステムを提供する。

(2) ICT を活用した新たな業務フローの提案

前項で述べた新しい業務体系の実現には ICT の活用が必須である。ICT を活用した新しい業務フロー像を図1に示す。この業務フローに含まれるシステム群を総称して、「コンテナ貨車運用管理システム CCOMS *Container Car Operation Management System* 」と呼ぶこととした。

“CCOMS”は以下の4つのサブシステムから構成される。

- ①貨車運用計画データベース
- ②貨車運用計画作成支援システム “CCOPSS”
- ③貨車使用予定表作成システム
- ④貨車捕捉・検査計画提案アルゴリズム



次章以下で各サブシステムを説明する。

図1 ICTを活用した新しい業務フロー像

4 コンテナ貨車運用管理システム” CCOMS” の概要

コンテナ貨車運用管理システムを構成する各サブシステムの概要を述べる。

(1) 貨車運用計画データベース

1両単位 列車・貨車順序 連結位置 単位 の貨車運用計画を電子データ化し、当該データを管理するデータベースを構築する。これにより詳細な貨車運用計画データの管理が可能となる。なお、1両単位の貨車運用計画の作成、およびデータ入力をすべて手作業で行うと膨大な作業量になるため、次項の支援システムの導入を前提とする。

## (2) 貨車運用計画作成支援システム(CCOPSS: *Container Car Operation Planning Support System*)

新しい業務フロー実現のキーポイントは、1両単位の詳細な貨車運用計画作成することである。そのため、ダイヤ改正時の基本貨車運用計画作成作業の支援を目的として、パソコン(PC)上で稼働する貨車運用計画作成支援システムを開発した。1両単位の貨車運用計画作成することで貨車の使用順序(交番)を把握することができ、また貨車運用に関わる各種帳票類も出力可能となるため業務の効率化が図られる。

## (3) 貨車使用予定表作成システム

CCOPSS で作成した基本貨車運用計画データと、既存の貨物情報ネットワークシステムから取得した各列車の運転日データ、およびカレンダー(日付)データとを組み合わせることで各日の貨車運用計画(実施貨車運用計画)データを生成する(この処理を「日付展開」という)。

さらに、既存システムで管理している各貨車の使用実績データと検査履歴データを取得して、実施貨車運用計画データと突き合わせることで各貨車の使用予定データを生成し(この処理を「貨車割当」という)、そのサマリーを貨車使用予定表として貨車管理担当者に提示する。

貨車使用予定表により、検査期限が近い貨車の到着日と到着駅を担当者が事前に予測できるようになるため、前倒し捕捉による検修区所業務量の平準化の検討が可能となる。

## (4) 貨車捕捉・検査計画提案アルゴリズム

貨車使用予定表により前倒し捕捉貨車の候補を把握することが可能となるが、担当者の知見だけでは長期的、全社的な捕捉貨車数の平準化を図るのは難しい。そのため、数理計画法を用いて、貨車使用予定データ、各検修区所の検査施行能力データをもとに前倒し捕捉貨車を提案するアルゴリズムを開発した。次章でその詳細を述べる。

# 5 貨車捕捉・検査計画提案アルゴリズム

## (1) 数理計画問題としての定式化

検修区所の業務量の平準化を目的として、各検査貨車の捕捉日を決定する問題を以下のように数理計画問題として定式化した<sup>[1]</sup>。

### ①決定変数

貨車使用予定表から各検査貨車の捕捉候補日を取得し、数理計画問題として定式化するために検査貨車  $i$  を駅  $k$  で日付  $t$  に捕捉するか否かを決定する変数、 $x_{it}^k$  を導入する。ここで  $x_{it}^k = 1$  のときは当該貨車を捕捉する、 $x_{it}^k = 0$  のときは捕捉しないと定義することで、検査貨車捕捉日決定問題はすべての  $x_{it}^k$  の値を定める問題となる。

### ②制約条件

検査貨車捕捉日決定問題の制約条件として、以下の事柄を考慮する。

- ・ 計画期間内に検査期限に達する貨車は必ず捕捉する。
- ・ 駅別、日別の捕捉可能両数を考慮する。
- ・ 計画期間内の各駅の捕捉率(=捕捉両数/捕捉可能両数)を平準化するため、駅ごとの捕捉率の上限と下限は一定の範囲内に収める。
- ・ 計画期間内の各日の捕捉率を平準化するため、日ごとの捕捉率の上限と下限は一定の範囲内に収める。
- ・ 検査貨車捕捉決定変数  $x_{it}^k$  の値は、0 または 1 とする。

### ③目的関数

目的関数として、以下の3つ事柄を考慮する。

- ・ 計画期間内の各駅・各日の捕捉率の上下限の差を最小化する
- ・ 前倒し捕捉する両数を最小化する
- ・ 駅別・日別の捕捉可能両数の超過両数を最小化する

これらの事柄は相反するものであるため、目的関数式は各項の重み付け和とする。各項の重みを変化させることで、担当者の意向に沿った計画を作成することができる。

### (2) 実データをもとにした評価試験

実際の列車ダイヤと貨車運用計画をもとに試験データを作成し、提案アルゴリズムの評価試験を行った。対象貨車数は約 両、検修区所は全国 箇所である。計画作成期間は 日間とした。また、数理計画ソルバーは Gurobi Optimizer 4.6<sup>[2]</sup>を使用した。

図2と表1に試験結果の一例を示す。

図2はある検修区所の検査両数 = 捕捉両数の推移を示したものである。青が現行手順、赤が提案アルゴリズムによる検査両数である。現行手順では最大値と最小値の差が 両もあるが、提案アルゴリズムではその差は 両に収まっている。

表1は全検修区所の状況を集約した結果である。検修区所の検査能力超過、または能力の未滿を不適と定義し、日間の発生回数をカウントした結果、不適の回数を大幅に減少できることを確認した。

また、検査回数の増加率は ~ %の範囲で収まっていて、現在の検修能力で吸収可能な範囲であった。計算時間の設定は最大

分で打ち切りとしたが、打ち切られた場合でも十分な精度の解が得られている。

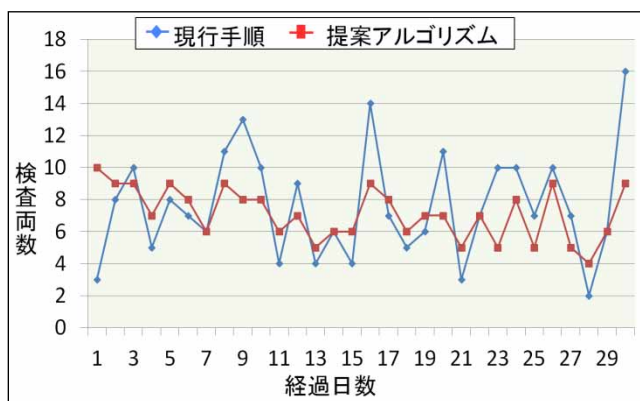


図2 個別検修区所の結果

表1 全検修区所の集約結果

	検査能力超過日数(A)	検査能力50%未滿日数(B)	不適割合(A+B)
現行手順	のべ36日	のべ163日	のべ199日 (39%)
提案アルゴリズム	のべ8日	のべ116日	のべ124日 (24%)

## 6 まとめ

今回、貨車運用と検査貨車捕捉業務から生じている課題の解決策として、ICTを活用した新しい業務フローを提案し、そのプロトタイプシステムを開発した。また、貨車捕捉・検査計画提案アルゴリズムを開発し、課題解決に貢献できることを確認した。

今後、開発工程は検証フェーズ、実用フェーズへと進むことになるが、その過程で実務的な詳細条件の追加、検証試験にもとづく改修・改良を行い、実務に耐えうるシステムとしていく所存である。

## 参考文献

- [1] .加藤,福村,坂口,山田,高澤 : コンテナ貨車検修捕捉アルゴリズムの開発, 第18回鉄道技術・政策連合シンポジウム J-RAIL2011 予稿集, pp.513-516, 2011
- [2] .Gurobi Optimizer. <http://www.octoberky.jp/products/gurobi/gurobi.html>