

【JR貨物社長賞】

入換作業変革案 —5G を中心とした最新技術の活用—



日本貨物鉄道株式会社 稲沢機関区

増田 嵩史 様

第1章 はじめに

筆者は日本貨物鉄道株式会社（以下、JR 貨物）に入社して3年目の運転士である。約1年間に及ぶ運転士見習い期間を終え執筆の前月に運転免許を取得、一人前の運転士としての第一歩を踏み出したところだ。本稿は、筆者が運転業務を行う中で実感した入換作業の非効率性・危険性を解消するべく提案するものである。

鉄道の運転は2つに大別される。各路線の各区間ごとに定められた運転速度以内で走行する「本線運転」と、駅構内や操車場・車庫にて25km/h以下で走行し連結・分割をもする「入換運転」だ。貨物列車においては、本線運転時は運転士1人の判断で定められた時刻通りに列車は運行されるのに対し¹、入換運転時は運転士を含めた後述の4人の判断で車両の移動がなされる。つまり必要人数は、本線運転は1人・入換運転は4人であり、入換運転には多くの人員を要している。

一方でJR貨物の要員状況に目を向けると、全国的に要員不足である。これは、国鉄末期～JR発足直後及びリーマンショックの影響が残る時期に採用を抑制したこと、昨今では過去最高の新卒就職率で他企業と人材の取り合いになっていることが原因だ。日本ではより一層の少子高齢化の進行が確かである以上、人に依存した既存の仕事の仕組みでは、要員確保が満足となる状況は考えられない。したがって、2019年現在世間を賑わせているAIやIoTといった最新技術を活用し自動化を行うことは、事業継続上不可欠といえる。

だが、現在の日本の貨物列車には自動運転機能は搭載されていない。強いて自動性のあるものを挙げるならば、本線運転時のみに用いる定速運転機能²だ。一方で、鉄道他会社においては、新交通システムや地下鉄では一般的になりつつあるし³、東日本旅客鉄道株式会社（以下、JR東日本）が山手線にて2018年12月～2019年1月に自動運転試験を行ったのはよく知られている⁴。とはいえ、2019年4月に発表されたJR貨物の事業計画：「JR貨物グループ 中期経営計画 2023」⁵では、「入換機関車の遠隔操縦」や「機関車・貨車のIoT化」が述べられており、入換作業の改善、IoT技術の吸収はJR貨物社内の潮流であることを示唆する。

¹ 旅客列車では運転士と車掌の2人。ワンマン列車の場合は運転士1人。

² JR貨物発足後に設計・新製された機関車のみを搭載されている。運転士が運転台にある「定速運転スイッチ」を時速15km/h以上で走行時に押下すると、押下時の速度を維持するように、機関車が自動的にモーターの出力を制御する。

³ 他方で自動運転化の推進に反対する意見もある。2019年6月に金沢シーサイドラインの新杉田駅にて、自動運転にて発車する際所定と反対方向に起動、車止めに衝突、負傷者14名を出した。この事故により、完全自動運転の危険性が指摘されている。

⁴ 多和田新也、「JR東日本、山手線E235系の自動運転試験を公開。ドライバーレスの無人運転に向けた実証実験」（2019年1月）

[<https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/1160959.html>]（検索日：2019年8月17日）

⁵ 日本貨物鉄道株式会社『JR貨物グループ 中期経営計画 2023』（日本貨物鉄道株式会社、2019年）pp. 11

このような中で、AI、IoTのみならず、5Gも有機的に結びつけ入換運転の自動化を図り、効率性の安全性を高める方策を提案する。

第2章 現状の分析

2-1 現状の入換作業

入換作業（本稿では誘導による入換作業に限定する）の現在の手順を確認する。現状では、最低4人の人手を要している。駅・操車場からは、操車担当者・連結担当者・信号担当者の3人。残り1人は入換時の機関車を操縦する運転士だ。

以下、手順を記す。

1. 操車担当者は、作業時の列車の運行状況に応じ、車両の留置番線や各列車の転線ルートが競合しないように入換計画（使用番線や順序）を作成する。
2. 操車担当者は、作成した作業内容を入換順序表(写真 1)に記入しコピー、コピーを信号担当者・連結担当者に渡す。
3. 操車担当者・連結担当者は、駅構内・操車場へ出場する。
4. 操車担当者は、運転士にコピーした入換順序表を交付し、口頭で作業内容全体の打合せをする。
5. 操車担当者は、信号担当者に転線先の番線へ向けて進路要求をする。
6. 信号担当者は、要求された進路にて車両が競合しないことを信号制御卓上(写真 2・写真 3、どちらも制御卓)で確認、制御卓を操作する。進路は連動装置(写真 4)を介し転てつ器（以下、ポイント）が動くことで構成される。進路構成後、その旨を操車担当者に通告する。
7. 操車担当者は、進路が正確に構成されていることを入換標識⁶にて確認し、その旨を信号担当者に伝える。
8. 手順 4～7 の間に、連結担当者は解錠するべき車両間の連結器の解放テコの持上げ・ブレーキ管(以下、BP)等の切離しをして解錠する(写真 5・写真 6)。
9. 操車担当者は、運転士にどの番線のどの位置まで進行するのか通告をする。
10. 運転士は、通告内容を操車担当者に対して復唱をする。
11. 操車担当者は、旗（昼間）・灯（夜間）、又は、構内無線機の断続音にて入換合図を出し誘導する(写真 7)。
12. 運転士は、入換合図に従い運転・停止（・小移動・連結）。
13. 連結担当者は、連結後車両間の BP 等を接続する。
14. 継続して車両移動をする場合は、5～12 の作業を繰り返す。

⁶ ポイントが動き進路が構成された後に入換標識は現示されるよう、日本の鉄道は構築されている。

※解放車両が無い場合は、手順 8 は省略となる。

※連結車両が無い場合は、手順 13 は省略となる。

※各担当者間の音声でのコミュニケーションは、特筆していない限り、無線局に届けられた構内無線機にて行う。

2-2 現状の課題

前項で確認した入換作業の手順で考えられる非効率性・危険性を列挙する。

～非効率性～

- 一、計 4 人の人手を要しているため人件費がかかる。
- 二、入換順序表作成では、列車の遅れや作業員の人数、各番線の収容両数も加味しながら作成するので、手間が掛かる。又、印刷を要するので紙を大量に使用する。
- 三、構内無線機の整備が必要。無線機は無線局に届出をして承認を受けなければならない。
- 四、入換合図を出す為の旗・灯を購入・整備しなければならない。
- 五、信号制御卓の進路情報をポイントへと伝達する連動装置(写真 4)を整備しなければならない。装置自体は高額で且つ土地を必要とする上に、装置から全てのポイントへは地下ケーブルが張り巡らされており、これらのメンテナンスはコストを要する。

～危険性～

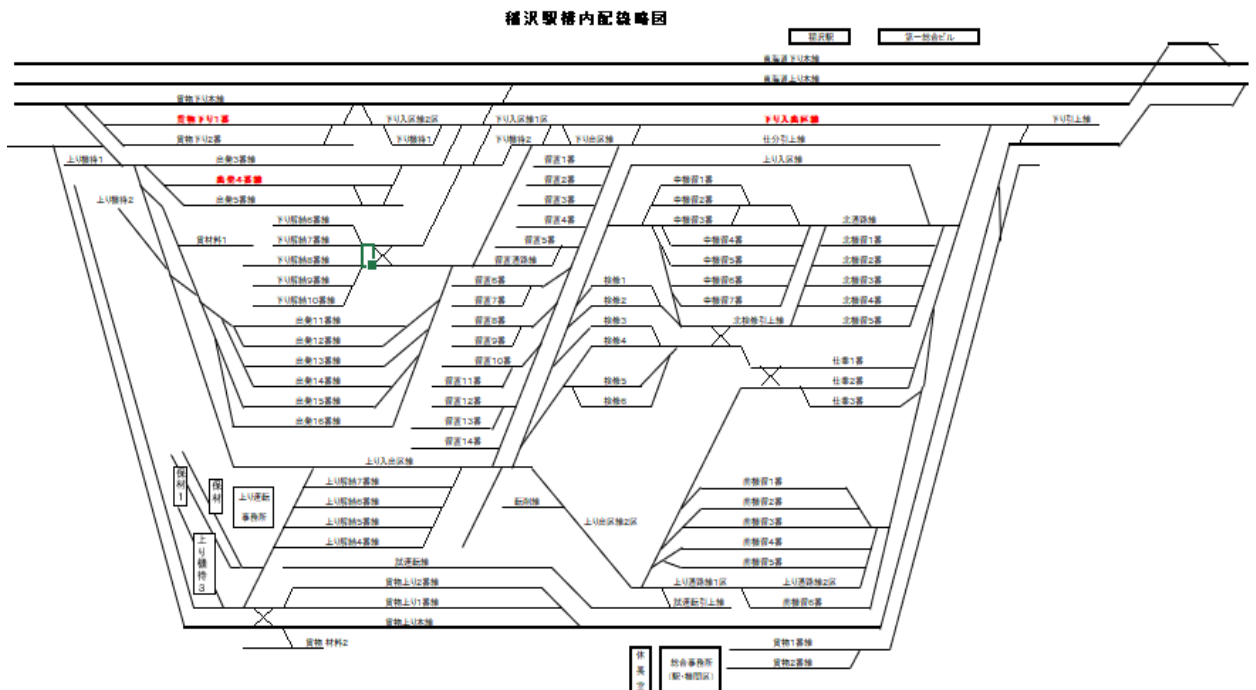
- 六、操車担当者・連結担当者は、天候に関わらず屋外且つ線路上で作業する必要がある。夏は熱中症・冬は凍傷・雨天時は足を滑らせることによる怪我の危険がある。
- 七、操車担当者は、入換合図を出す際、移動する機関車・貨車のステップに乗りながら行う。機関車が急制動をかけた場合、振り落とされる危険がある。

このように、現状の入換作業は、人手・消耗品を要する上に、操車担当者・連結担当者が頻繁に線路上で車両に近づくので危険性も常に内包している。次章では、効率性と安全性を高める為にどのような入換作業の形態を設けるべきか述べる。

8月20日 入換打合せ書							
第 8055~8057 列車 稲沢駅 (7/1~9/30 (除日))							
順序	両数	使用線路	連結	押込	引上	当り位置	記事
1		出4					
2	4/	下入出区			○		
3	4/	貨下1	○			1ヶ	連結後 押込
4							
5							ブレーキ試験と 導通試験は愛機
6							
7							

※出○=出発○番線・貨下○=貨物下○番線、下解○=下解結○番線・貨上○=貨物上○番線
上解○=上解結○番線・留通=留置通路線・△=タンキ

(写真 1) 入換順序表の例



(図 1) 入換順序表を元に、どこの線路のどの箇所まで進行するのか、4人それぞれイメージをする。



(写真 2)



(写真 3)

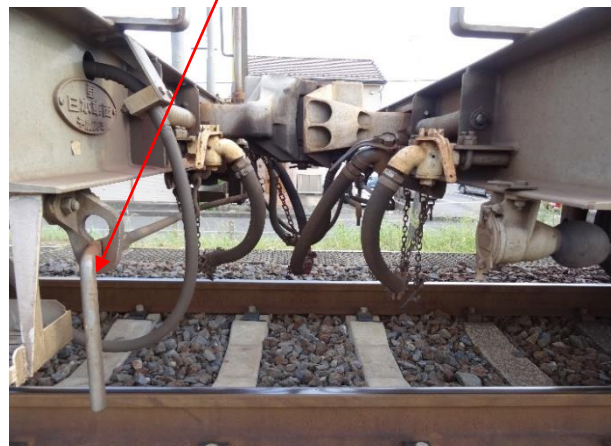


(写真 4)⁷

解放テコ



(写真 5)



(写真 6)



(写真 7)

⁷ 京三製作所、「鉄道信号システム 連動装置」
[<https://www.kyosan.co.jp/product/signal03.html>] (検索日：2019年8月29日)

第3章 提案する入換作業

本章では、効率性と安全性を高めた入換作業案を提示し、実現するにあたって考えられる障壁をどのように解決するべきか示す。なお本案では、機関車等にIoT化を行い、通信には5Gの利用を前提とする。

3-1 5Gとは

まず、5Gについて説明する。5G(5th Generation)とは、3G, 4Gの次の段階の移動通信システムだ。4Gと比べた通信の特徴は、高速大容量通信(Enhanced Mobile Broadband)・超信頼低遅延通信(Ultra-reliable and low latency communications)・多数同時接続(Massive machine type communications)⁸である。

高速大容量通信は、4Gに比べ高い周波数で電波を発信することで実現された。周波数が高ければ、大きい電波のカタマリで、大容量データを送信可能となる⁹。通信速度は、4G比で下り(基地局から端末方向の通信)は約20倍、上り(端末から基地局への通信)は約50~100倍だ。上りが特に強化されることで、5Gでは端末からの情報発信がしやすくなり、IoT化発展の要因となっている。

超信頼低遅延通信は、5GではC/U分離を行うことによる。C/U分離とは、遅延が許される通信と許されない通信とを性質別に分け、許される通信(Cプレーン)は4Gと同じサーバーで処理、許されない通信(Uプレーン)は処理を速くできるサーバー¹⁰で処理するということだ。4Gではあらゆる通信については同じサーバーで処理しているので、通信が混雑すれば全通信が遅延を起し接続しないこともある。5Gでは、C/U分離によりリソースの適正配分が行われ、重要な通信の信頼性が担保される。

多数同時接続については、4Gでは1基地局あたり100台程度の端末の同時接続が限界であったが、5Gにより約100倍の10,000台程度の端末の同時接続が許容される。これも、IoT化発展の要因となる。

なお日本では、5Gでの通信サービスは実験段階であるが、2020年度以降都市部から一般向けのサービス展開が開始される予定だ。

3-2 入換作業案

新しいプログラムやシステムも開発し導入した上での入換作業案だ。これらのプログラム・システムの機能(要件定義)は次項に記した。

1. 連結担当者は、入換プログラムに入換計画を作成するよう指示する。
2. 連結担当者は、入換用スマートフォンを携帯し駅構内・操車場へ出場する。

⁸ ITU-R, IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, *Recommendation ITU-R M.2083-0*

⁹ なお、周波数が高いと電波は遠くに飛ばない性質を持つ。しかし、アンテナの改良が進み、建物や無線基地局の干渉を受けにくくしながら遠くに飛ばせる技術が確立しつつある。

¹⁰ 基地局に設置される「エッジサーバー」のこと。エッジサーバー設置は高コストだ。

3. 本線を運転してきた運転士は、運転台にて信号制御モードを立ち上げ、機関車から降車する。
4. 連結担当者は、解錠するべき車両間の連結器の解放テコの持上げ・BP 等の切離しをして解錠する。何両目間を解錠するべきかについては、入換用スマートフォンが表示と音声にて案内する。解錠終了後、連結担当者は、入換プログラムにその旨を入力。
5. 入換プログラムは、信号制御システムに進路構成を指示。信号制御システムはこれを受け、ネットワークで接続している各ポイントを動作・入換標識を現示させ、進路を構成する。
6. 入換プログラムは、機関車に進路先のどの区画まで進行するのか指示し、移動準備させる。
7. 信号制御システムは、機関車に搭載されているカメラで入換標識の読み取りを指示する。機関車は、入換プログラムの指示と照らし合わせ進路が正確に構成されていることを画像認識にて確認し、確認した旨を信号制御プログラムに転送する。
8. 信号制御システムは、入換用スマートフォン上での表示にて、車両が動き出す旨を連結担当者に通告。連結担当者は、その旨の了承を入換用スマートフォンをタップすることで応答。この際、連結担当者は必要に応じて空調の効いた機関車の運転席に乗り、熱中症・凍傷の予防をしつつ構内を移動してもよい。
9. 信号制御システムは、機関車に起動するよう指示する。
10. 機関車は、自動で速度を制御しつつ、衛星で観測された位置情報とネットワーク上で演算されたブレーキ力調整を頼りに、進路先の指定された区画に停止（・小移動・連結）する。又、機関車は移動中、搭載されているカメラにて人や物の飛び出しを検知し、検知した場合は直ちに停止する。
11. 連結担当者は、連結後車両間の BP 等を接続する。
12. 継続して車両移動をする場合は、4～10 の作業を繰り返す。

※解放車両が無い場合は、手順 4 は省略となる。

※連結車両が無い場合は、手順 11 は省略となる。

※但し、信号担当者は安全の担保の為常駐し、システムの正常動作を監視する。又、本線を所有する旅客会社との信号や進路に関する窓口業務(例：着発線変更の対応)を引き続き行う。

3-3 作業案実現に向けてのプログラム・システムの機能紹介

まず、新しい各プログラム・システムの機能を紹介する。その後、それらの機能の開発・導入における利点を示すのみならず、問題点をも予測する。

3-3-1 入換プログラム

入換プログラムは、「入換作業の自動作成機能」及び、「作成された作業計画に沿って信

号制御システムと機関車に指示を出す機能」から構成されるものだ。

入換作業の自動作成機能とは、列車遅延・車両故障・車両工場出入場¹¹等による駅構内・操車場・車庫の状況に応じて、留置番線や各列車の転線ルートが競合しないように入換計画を作成する機能である。その上で、転線を最小限にした効率的な入換作業を実現するべく、過去の入換データを検証する AI 機能も持たせるものとする。

本機能に関しては、実現に際して障壁は小さいと考える。当初の入換計画に対し、列車遅延等が発生した際、どのように計画変更すれば競合しないか 5 秒程度で複数解(入換計画)が求められるシステムが既に開発されている¹²からである。加えて、JR 東日本の習志野運輸区での実証実験においても概ね良好な結果を得られているのは興味深い¹³。

他に、入換プログラムは膨大な条件設定・データ通信を要するので 5G との親和性は高い。但し 1 秒の遅延通信も許されないというわけではなく、C ブレーンでの処理にてコスト削減を図るべきと考える。

3-3-2 入換用スマートフォン

入換用スマートフォンは、連結担当者が当日の入換作業計画を知る為のデバイスだ。連結担当者は、連結・解錠に伴う解放テコの取扱い、管の接続・分離をどの線路のどの場所へ向かいするのかを教えてもらう。

又、スマートフォンなので、異常時には信号担当者とのインターネット通話も可能だ。5G の U ブレーンで処理をすれば、4G のように遅れて音声が届いたり、音声途切れたりはしない。これにより、現状、操車担当者・連結担当者が使用している構内無線機を廃止可能となる。

3-3-3 信号制御システム・ポイント・入換標識

信号制御システムは、入換プログラムからの進路要求を受け、進路上での車両の競合が無いことを確認した後、5G 通信にて、ポイント転換・入換標識現示・入換標識の現示確認の指示・連結担当者の安全確認・機関車に起動の指示を送るシステムだ。なお、ポイントと入換標識の間には、ポイント転換終了後に構成した進路について入換標識現示されるよう、ネットワーク上で制御機構を設けるものとする。

システム導入により、連動装置が不要になる利点が挙げられる。ネットワーク上で全て

¹¹ JR 貨物は、2015 年 3 月より CCOMAS (Container Car Operation Management System, 貨車運用管理システム) を稼働させている。車両工場の作業能力を加味しながら、コンテナ車をいつ工場に検査入場させるのか指示するシステムだ。CCOMAS の判断を入換プログラムに同期させると、より適切な入換作業が実現されると考える。

¹² 佐藤達広, 角本喜紀, 村田智洋「条件変化に伴う再計画を考慮した鉄道車両基地構内入換スケジューリング方式」(『電気学会論文誌 C』第 127 巻第 2 号、2007 年、pp. 280-2)

¹³ 茂木重満, 井上健造, 相馬眞, 辺田文彦「入換計画支援システムの開発」(『JR EAST Technical Review』第 28 巻、2009 年、pp. 59-60)

処理され、IoT 化された各機器に接続されるので、連動装置本体もポイントへ伸びるケーブルも不要となる。メンテナンス面においても非常に省力化が図れると考える。

他方でシステム構築には、時間を要するであろう。入換作業案で記した一つ一つの作業工程を経ないと機関車起動の指示を出せないようにする為に、前述の入換作業案に記した条件回路の設定が必要な為だ。

又、ポイント転換・入換標識現示等は、多数同時接続下で通信が多少遅れて接続されていても問題ないので、C ブレーン処理で問題ないであろう。他方、連結担当者の安全確認は、人命に関わることなので、信頼性の高いUブレーン処理が適当だ。このように、一つのシステム内で複数の処理を行うので、これもシステム構築に時間を要する原因になると考える。

3-3-4 駅構内・操車場の線路の区画割り

信号制御モードが立ち上がった無人機関車単機又は、同無人機関車で貨車を移動させるには、機関車へは「前進・後進のどちらの方向へ向けて加速し（起動方向）」・「どこで停止するのか（停止位置）」伝達する必要がある。

この為に、駅構内・操車場の各番線を約 20m(機関車・貨車は全長約 20m/両)ごとの区画に分けナンバリング・機関車中央に GPS 装置の搭載を提案する。信号制御システムより起動指示を受けた機関車は、直ちに GPS 装置にて現在地を把握、AI により進路先は前進か後進かを判断し起動、指定された区画内に停止する。

区画割りの技術は、JR 貨物の TRACE システムを応用すれば容易に実現できると考える。TRACE システムとは、貨物駅構内のフォークリフトに GPS 装置等の様々な電子機器を取付けて、駅構内のコンテナの位置情報を一元管理するシステムだ¹⁴。TRACE では、各駅のコンテナホームを区画ごとに分けナンバリングし、フォークリフトに取付けられた GPS 装置で読み取った位置情報をもとに、どのコンテナがどの区画に留置されたのかを記録している。TRACE システムでの精度は、筆者の経験上 3m 程度の誤差だが、昨今の GPS 技術は、1cm～3cm の誤差であるので、最新技術への改良を行えば、停止位置への的確な停止が実現されるであろう。

3-3-5 機関車による速度節制

現行、入換運転においては、BP の接続により貨車のブレーキを使用できる状況だとしても使用せずに、機関車のブレーキのみで速度節制を行うことが規定上義務付けられている^{15,16}。本稿では、規定の変更は考えないものとして速度節制法を考えた。

¹⁴ 日本貨物鉄道株式会社『貨物鉄道の実務 基礎編』（JRF グループ経営者連合会、2017）pp. 27-8

¹⁵ なお、本線運転では故障時等の例外を除き、機関車・貨車の全ての車両のブレーキが使用できないと走行できない。

¹⁶ 鉄道貨物輸送で車扱輸送が主流の時代は、入換作業時は柴田式連結器の連結のみで、

実際に入換運転を体験すると理解が容易だが、機関車単機の場合と貨車を連結している場合のブレーキ効果は大きく異なる。機関車単機に比べて、貨車を連結している場合は、同じブレーキ力を機関車にかけても、減速度が非常に小さい。これは、貨車は自らのブレーキ機能を使用しないので慣性の法則により移動を継続しようとし、連結器を介して機関車のブレーキとは逆向きの力を編成全体に及ぼす為だ。なお、貨車が長編成・高積載率にて総重量が大きい程、慣性は大きくなり減速度は小さくなる。又、貨物列車は、貨車検査による欠車や輸送需要の変化により総重量は日々異なる。つまり、減速度は同じ列車であっても毎日異なる。

したがって速度節制においては、日々の重量変化に対応したシステムの開発を要する。前項で述べた区画割りを応用して開発可能と考える。停止目標の区画へ向けて、1つ手前の区画では5km/h、2つ手前では8km/h、3つ手前では10km/h、(省略)、10手前では20km/hと目標を定めておき、GPS機能で現在地を観測しつつ、5Gに接続されたネットワーク上の電子演算機能でもって各区画にて目標速度になるようにブレーキ力を自動調整させる方法だ。目標速度を5km/h以上上回ったり、目標速度越えを3回以上連続の場合は、自動的に非常ブレーキを作用させる機能の付加も不可欠である。

速度節制における通信は、リアルタイム且つ信頼性を要するのでUブレーン処理が適当だ。区画割りを応用するとはいえ、Uブレーン処理や電子演算機能の開発等、コストを要するのが課題だ。

しかしながら、重量によるブレーキ効果の差を踏まえたブレーキ扱いを運転士の感覚のみに頼った現在の入換作業¹⁷に比べ、開発後は運転士が不要になるのみならず、演算機能とAIによる一般化で安全性が高まると考える。

3-4 課題達成度の検証

本案が実現する場合、「2-2 現状の課題」にて述べた課題がどの程度解決されるのか、以下検証する。

一、作業員数

操車担当者と運転士を削ることにより、最低必要人数を4人から2人とした。

二、入換順序表作成

AIを用いた自動化により人手を必要としない。又、入換用スマートフォン使用でペーパーレスを実現。

三、構内無線機整備

入換用スマートフォン導入により廃止。

BP不接続が多数であった。つまり、全編成にブレーキを作用させるハンドルを使用しても機関車にしかブレーキは作用しなかった。これを踏まえ当時は、BP不接続を前提としたブレーキ操作を基本とした。当時の考え方が現在でも規定として残存している。

¹⁷ 運転士が感覚を誤まりブレーキ手配が遅れると、連結車両同士が激突する恐れがある。

四、入換合図を出す為の備品整備

旗・灯を使用しないので、整備コストは不要。

五、連動装置

全機器が 5G にて接続されるので廃止。

六、操車担当者・連結担当者の屋外作業の危険性

操車担当者のみ廃止、連結担当者の屋外作業は残るので危険性は完全排除とならない。

七、操車担当者が機関車より転落する可能性

操車担当者廃止なので、このリスクは除かれる。

以上、一と六は一部解決、他項目は完全解決となる。したがって本案は、現状の課題の解決策としては有効であると考ええる。

第4章 より一層の効率化に向けた課題

本稿執筆の過程で駅構内・操車場の完全無人化を考えたが、連結担当者の屋外作業は欠かせないとした。これは、日本の貨物列車(東京タ～安治川口間で運用される Super Rail Cargo を除く)は、柴田式自動連結器でもって相互に連結し、BP・元ダメ管(以下、MRP)・ジャンパ線を車両間で接続している為だ。

柴田式自動連結器は、「自動連結器」¹⁸と名付けられつつも、解錠時及び、連結前には解放テコを持上げる動作を必要としている。この解放テコは、連結器の上側にあるものもあれば、下側にあるものもある。

BP・MRP・ジャンパ線は、運転士のブレーキ指令を貨車に伝達し、列車全体にブレーキをかける為に必要なものである¹⁹。実際にこれらの管の接続・切離しの取扱いをすると実感するのだが、車両間の狭い空間なのにも関わらず重いので力と器用さを要する作業である。筆者は解錠・連結作業についてもロボットによる自動化を検討したが、難しいと考えた。したがって、連結担当者は維持し、駅構内・操車場での触車事故リスクは残存となった。

完全無人化を実現するには、連結器とブレーキシステムそのものの刷新が必要となる。連結器の刷新では、ロボットが自身のアームを使用し接続・切離しできるような構造とすることだ(筆者に具体案は無い)。ブレーキシステムの刷新では、運転士がブレーキ指令を出すに 5G によるネットワークを経由して貨車のブレーキが作動するように改修することだ。5G の超信頼低遅延通信・多数同時接続のメリットを活かせる。しかし、電波の受け手の貨車の電源をどのように確保するのか、コンテナ車だけでも JR 貨物は 7152 両所有しておりどのようにして改修を進めるのか、課題は残る。

¹⁸ 柴田式自動連結器の「自動」とは、連結後の連結器におけるロックがてこの作用により人手を介さず行われることを指している。

¹⁹ 通常の貨物列車は BP のみが接続されていれば良い。電磁ブレーキ列車においては、BP・MRP・ジャンパ線の 3 種の接続を要する。

第5章 おわりに

現状の貨物列車の入換作業には多くの人手と消耗品を要する上に、危険性をも孕むことも確認した。又、鉄道貨物輸送需要の劇的な増大は見込めず、人手不足も進行している現在、輸送に係る固定費の削減・自動化への道は避けられないと考える。

本稿では、昨今注目されている5Gを活用し、省力化と安全性を向上させる入換作業案を提示した。5Gのメリットは、特に、超信頼低遅延通信及び多数同時接続によってIoTを深化させることができることだ。現物(機関車・入換用スマートフォン・ポイント・入換標識)とシステム系(入換プログラム・信号制御システム・区画割り・速度節制)とを相互に接続し、何十年と変化しない入換作業に大きな変革をもたらすことができる。

加えて、5Gによる入換作業の半自動化・完全自動化を実現した場合、B2B2Xビジネスモデルにおける、センターB事業者としての海外展開も考えられる。JR貨物は通信事業者より5G通信の提供を受け、顧客(=B2B2XのX)に入換のパッケージを提供する形式だ。JR貨物はパッケージを顧客需要に応じ改良・メンテナンスを行うことで、ライセンス収入を継続的に得られる。

他方で筆者は、日本においては鉄道貨物輸送が幹線輸送のみに特化するのではなく、むしろ入換作業自体を極限まで小規模化し、全列車固定編成²⁰による高速直行輸送に特化すればよいと考えている。この場合、都市間の長距離輸送は鉄道・船舶、都市と地方間の輸送はトラックであるとした「ハブ&スポークシステム」が日本国の物流政策として構築されていくのが前提である。国土交通省が発表した「総合物流施策大綱(2017年度~2020年度)」では、鉄道貨物輸送について、『幹線輸送の輸送力強化方策の検討を行う必要がある』としている²¹。これは、鉄道貨物輸送はハブ間の輸送手段として期待されていることを示唆する。全国ネットワークを維持しあまねく需要を取り込もう²²とするJR貨物の方針とは合致しない。

入換作業の変革における投資効果を高めるには、多くの入換作業が残ることが前提である。つまり、投資の検討の前には、鉄道貨物輸送は将来的にどのような輸送需要を取り込むのか(輸送ロット・輸送距離)を明白にすることが不可欠である。ここには、各荷主や通運事業者との従前からの取引関係も絡み、議論の余地があるところだ。

本稿を記すにあたり、稲沢機関区及び稲沢駅の皆様に機器類の写真撮影の協力等を頂いた。ここに感謝の意を表す。

²⁰ 東海道新幹線は一例として挙げられる。全列車16両の固定編成。

²¹ 国土交通省、「総合物流施策大綱(2017年度~2020年度)」(2017年7月)
[<http://www.mlit.go.jp/common/001195191.pdf>] (検索日:2019年8月28日)

²² あまねく需要を取り込もうとすると、途中駅での連結・解放(=入換作業)を要する。

～参考文献～

・和文文献

京三製作所、「鉄道信号システム 連動装置」、

[<https://www.kyosan.co.jp/product/signal03.html>] (検索日：2019年8月29日)

国土交通省、「総合物流施策大綱（2017年度～2020年度）」、(2017年7月28日)

[<http://www.mlit.go.jp/common/001195191.pdf>]

佐藤達広，角本喜紀，村田智洋「条件変化に伴う再計画を考慮した鉄道車両基地構内入換スケジューリング方式」(『電気学会論文誌C』第127巻第2号、2007年、pp.280-2)

多和田新也、「JR 東日本、山手線 E235 系の自動運転試験を公開。ドライバーレスの無人運転に向けた実証実験」、(2019年1月7日)

[<https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/1160959.html>]

日本貨物鉄道株式会社『貨物鉄道の実務 基礎編』(JRF グループ経営者連合会、2017)pp. 27-8

日本貨物鉄道株式会社『JR 貨物グループ 中期経営計画 2023』(日本貨物鉄道株式会社、2019年) pp. 11

茂木重満，井上健造，相馬眞，辺田文彦「入換計画支援システムの開発」(『JR EAST Technical Review』第28巻、2009年、pp. 59-60)

・英文文献

ITU-R, IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, *Recommendation ITU-R M.2083-0*, International Telecommunication Union, Geneva, 2015, pp.11-2.