

インターモーダル貨物輸送のための鉄道整備

- RIFT-システムの概念と具体化へのアプローチ -

現在、陸上の貨物輸送市場はトラック輸送に過度に依存しており、これが、様々な社会問題をもたらしている。そのため、1990年代から各国は、トラック貨物を大量輸送機関である鉄道にシフトさせる施策を推進してきている。そして今日では、鉄道とトラックとの結合によるより競争力のある輸送システム、即ち、インターモーダル貨物輸送システムの推進が求められている。本研究では、鉄道を如何に物流体系に組み込むかに着目して、現状の鉄道輸送の問題点を分析・解明し、インターモーダル輸送に対応する鉄道システムの基本概念と具体化へのアプローチの構築と鉄道貨物の改善への提言を行った。また、九州地域における鹿児島・長崎本線によるケーススタディーを行った。

キーワード インターモーダル輸送、鉄道貨物駅、輸送システムの適正化、RIFT-システム

厲 国権
Li, Guoquan

工博（財）運輸政策研究機構運輸政策研究所主任研究員

1 はじめに

現在、陸上貨物はトラック輸送へ過度に依存しており、環境・エネルギー・交通安全・渋滞等の外部不経済や物流の非効率等の社会問題が深刻化している。1990年代以来、先進国では、経済社会に相応しい物流システムの形成を目的とし、モーダルシフト施策が推進されている³⁾⁴⁾⁵⁾。日本では、平成2年に物流分野の規制緩和を目的とした物流二法が制定され、平成9年に物流総合施策大綱が策定された。さらに、平成13年に、コストを含めて国際競争力のある物流市場の構築、環境負荷を低減させる物流体系の構築と循環型社会への貢献を目標とする「新総合物流施策大綱」が策定された。その中での施策推進の重要な視点として、物流インフラの重点的・効率的な整備と既存インフラの有効利用が挙げられている。

本論文は、鉄道を物流体系に組み込み、鉄道とトラックとの結合による競争力のあるインターモーダル貨物輸送システムの構築を目的としている。まず、現状の鉄道貨物輸送における運行システム・駅構内の非効率作業等の問題点を考察する。同時に、インターモーダル輸送システムの基本概念とそれに対応できる鉄道システムの構築を試みるとともに、現状の鉄道貨物輸送システムを適正化するためのアプローチを検討する。それを踏まえて、九州地域における鹿児島・長崎本線を例としてケーススタディーを行う。

2 鉄道コンテナ輸送の課題

2.1 鉄道貨物輸送ネットワークの変遷

1980年代前半までの鉄道貨物輸送は、ヤード集結型が中心であった。現在の貨物駅等の施設は、ヤード集結型輸送体系に対応して配置し整備されたものである。荷主と鉄道輸送の接点としての貨物駅は、鉄道貨物輸送の役割の低下に伴ない、大幅に減少していった。全国の貨物駅数の変化をみると、1950年代には全国の貨物駅数が約3800あり、平均駅間距離は約5kmであったものが、60年代後半に入ってから、地域拠点駅の重点的な整備や取扱規模の小さい駅の集約廃止が行われ、図1に示すように、87年の国鉄民営化以降は約350駅まで減少してきた。

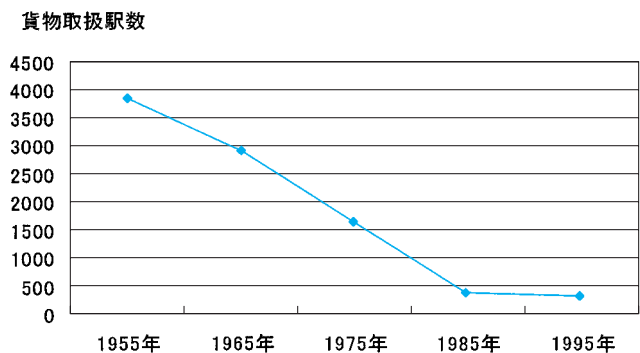


図 1 鉄道貨物取扱駅の変遷

また、1984年に日本の鉄道貨物輸送形態は、図2に示すように、従来のヤード集結型から4つパターンの拠点

駅間の直行型輸送に転換している。これは鉄道拠点間の輸送における無駄な作業や輸送時間を削減することと、拠点駅間の輸送効率性を高めることを目的としたものである。

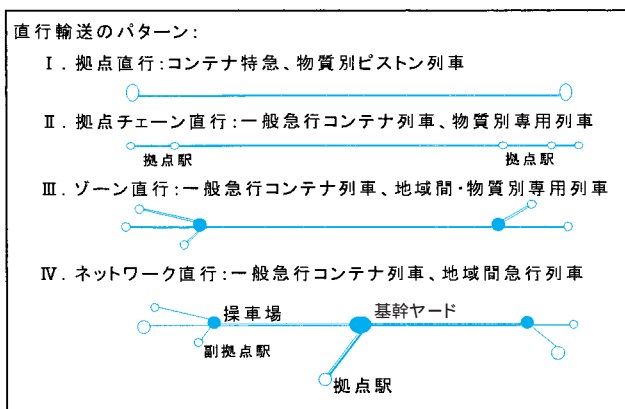


図 2 拠点駅間の直行型輸送パターン

2.2 コンテナ輸送への鉄道貨物の対応

鉄道貨物輸送は、1960年代以降、コンテナが多く導入されたことにより、従来の有蓋、無蓋貨車輸送と比べると荷役の効率性が大幅に向上した。これに加えて車両の改良によるスピードアップ、ピギーバックやスワップボディー等の新輸送技術の開発と情報技術の適用等多数の措置が講じられている。

また、コンテナ輸送に対応するため、貨物駅の施設改良と整備が行われている。従来は、鉄道と荷主との接点であった貨物駅において、主として列車の到着と出発に関する作業、貨車解放・連結・留置等、貨物の取扱・留置・保管と貨物荷役の作業が行われていた。その駅の施設は、一般に、車扱いに対して整備されたものである。コンテナの導入により、鉄道貨物駅の機能は、輸送機関間の貨物の積み替えからコンテナという容器の積み替えに転換した。貨物集配が、コンテナの集配になり、これには基本的にトラックが用いられる。従って、前述した鉄道駅での貨車の解放・連結や貨車の留置等の諸作業を減らすことが可能となる。このため、現在、日本の鉄道貨物駅では、発・着線で直接的に荷役を行う貨物駅のE&S(Effective & Speedy container handling station)化が進んでいる(表 1)。E&S化した駅では、貨物駅に配置されている列車の到着・出発側線でコンテナの荷役が直

表 1 E&Sされている駅と整備事由

整備事由	該当する駅
国鉄時代に着手したもの	新南陽(頭端式)
(旧)事業団の基盤整備事業によるもの	新富士 苫小牧 東室蘭 秋田貨物 新潟(夕) 郡山(夕) 富山貨物 南長岡 川崎貨物 静岡貨物 梅小路 西岡山 広島(夕) 八代
都市計画や高架化によるもの	岐阜(夕) 姫路貨物 高松(夕)
整備新幹線計画によるもの	八戸貨物

接的に行われ、旧来型駅での列車の解放・連結等の作業が削減され、駅の効率化がなされている。全国の貨物駅で旧来型とE&S型を比較すれば、駅での列車の平均到着作業時間は、旧来型では110分、E&S型では19分である。また平均出発作業時間は、旧来型では115分、E&S型では65分である。E&S型の貨物駅における列車の到着・出発作業時間は、旧来型よりそれぞれ83%、38%短縮できる。

しかし、現時点で、全国の鉄道コンテナ輸送が行われている駅で、E&S化が行われた駅の比率は約10%であり、いまだ非常に低いといえる。

2.3 旧来型駅施設を用いた鉄道コンテナ輸送体系の問題

2.3.1 駅配置による列車運行システムの問題

前述したように、もともとの鉄道ネットワークは貨車集結輸送に対応したものであるため、拠点駅は大量な輸送需要が存在した工場・鉱山付近等の盲腸線に設置されることが多かった。また中間駅は少量貨車にしか対応できなかった。貨車は、小単位で分散して流動し、輸送拠点の操車場に集結するように輸送されていた。このような鉄道ネットワークのまま、1980年代半ばから、輸送形態が貨車集結輸送から拠点間直行輸送へ転換した。結果的に、貨車の集結・中継及び列車組成の基地としての操車場が廃止され、かわりに、以前からの貨物拠点駅で、コンテナの集配・中間駅へのコンテナの中継と列車の組成が行われるようになった。また、貨物の取扱いの少ない中間駅は廃止・集約された。このような輸送形態に、貨物列車運行システム上の問題が多く発生している。

例えば、東京貨物ターミナル駅、隅田川駅、名古屋貨物ターミナル、大阪貨物ターミナル、梅田駅、福岡貨物ターミナル駅といった拠点駅が頭端駅の形態をしているため、中間駅向け列車の中継作業が必要となり、あるいはその作業が複雑化するため、仮に幹線列車が本線上を高速で走っても、この頭端駅を利用せざるを得ないことにより、無駄な列車走行、輸送時間の増加等の非効率が生じている。

2.3.2 貨物駅構内での無駄な作業

現状の貨物駅は、コンテナ輸送に対応して整備されたものが少なく、構内では、コンテナの積み卸し作業の他、到着列車から貨車の解放、荷役線への貨車の入線、そこからの引き出し、出発列車への連結等の余分な作業が加わる。特に、荷役線が短い場合には何回も貨車の入れ換え作業を繰り返すことが必要となる。この結果、駅で列車と貨車の滞留時間が長くなり、トラックとの結合輸送のメリットが出にくい。

2.3.3 発着貨物取扱量のアンバランス

現在の鉄道貨物輸送は、旧来の鉄道輸送システムのもとで駅の廃止・集約を通じて形成されたものである。したがって廃止された駅における荷主への対応やトラック輸送との結合等にいかに対応すべきか等の考慮が不足しており、それに伴うサービス水準の低下が指摘される。

同時に貨物駅における取扱バランスの問題が存在する。駅の取扱いバランスの指標である発送量と到着量の比率を用い、その値として0.8～1.2の範囲に入ると、図3に示すように現状ではバランスの取れていない駅が相当数ある。特に、取扱量の少ない駅において、バランスのとれていない場合が多い。貨物は、旅客のように基本的に出かける人は戻ってくるというものではなく、出と入がマッチすることが少ないのが一般的であるが、バランスが取れていないことにより空荷で廻行する区間が生じるため、この無駄を減らす努力が必要になる。

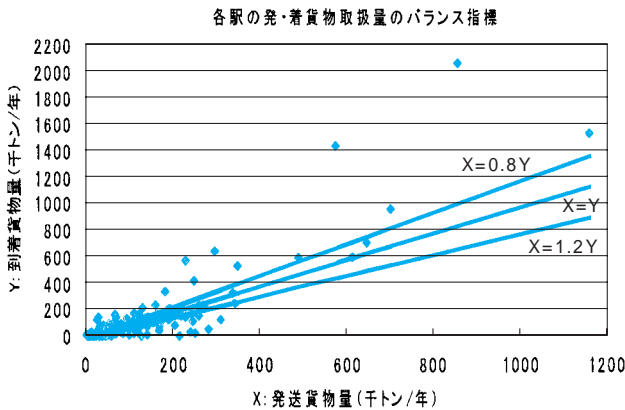


図3 駅発・着貨物取扱量のバランス

上述した2.3.1～2.3.3の問題点を定量的に評価する指標は表2に示すように輸送トンキロ数、輸送時間、列車の走行キロ、コンテナ使用状況、駅での作業時間、取扱いバランスなどの項目が含まれている。これらの項目は、貨物輸送のために、必要な部分と作業上の非効率から生じる不必要な部分とに分けられる。例えば、輸送トンキロ数についていえば、運賃の取れる発着駅間の輸送は必要なトンキロ数であるが、貨物駅間で行う作業用の重複輸送は、不必要な部分である。このような不必要な

表2 輸送体系における評価項目と指標

評価項目	評価指標	
	必要部分	無駄な部分
輸送トンキロ数	発着駅間のトンキロ	重複する駅間のトンキロ
輸送時間	発着駅間の輸送時間	重複する駅間の輸送時間
列車走行キロ	発着駅間の走行キロ	重複する駅間の走行キロ
コンテナ使用	発着駅間の使用個数	重複する駅間の使用個数
駅で作業時間	荷役時間+	解放・連結・留置時間
取扱バランス	荷主・トラックとの連結性欠如や駅の輸送サービスの不足によるアンバランスの発生	

部分は、鉄道輸送の効率性と経営に大きく影響するため、できる限り削減する必要がある。この評価指標は、4章の具体化へのアプローチの際に用いられる。

3 インターモーダル貨物輸送の概念とそれに対応する鉄道システム

現在のコンテナ輸送には、前章で述べたように多くの問題がある。これらの問題を克服するためには、車両や容器の改良が必要であるが、輸送ニーズに合わせ、複数の交通機関を結合するインターモーダル輸送システムの構築が重要である。ここでは、鉄道とトラックの結合によるインターモーダル貨物輸送システムの概念を導入し、それに対応可能な鉄道輸送システムの検討を行う。

インターモーダル輸送に対応できる鉄道システムには、効率的な拠点駅の配置、駅での作業の効率化、施設の改良、列車ダイヤの改善が必要である。これにより他の輸送機関との競争力の確保が可能となる。

3.1 インターモーダル貨物輸送の概念と戦略パッケージ

3.1.1 インターモーダル貨物輸送の概念

インターモーダル輸送とは、一般にドアツードア間の貨物輸送において、複数の輸送機関と事業者の共同と協力により構成された輸送システムで、以下のような特徴を有する。

- 1) 利便性・効率性・安全性の高い連結、
- 2) 競争力のある選択肢としての輸送システム、
- 3) モード間あるいは事業者間でのソフト面での一体化。

その中で、1)、3)は、インターモーダル輸送の運営条件で、1)の連結は、各輸送機関に関するハード面の整備との関係が強い。3)の一体化は、運営に関するソフト面の特徴である。2)の選択肢については、インターモーダル輸送が、荷主にとって単一輸送機関のようなシステムとして新しい選択肢になるという意味である。

この輸送システムの適用範囲は、図4に示す一般化費用と輸送距離との関係から整理できる。

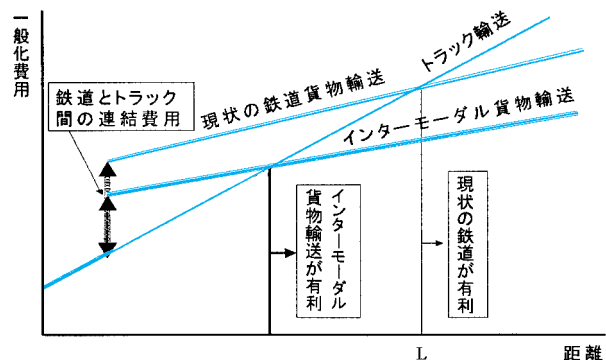


図4 インターモーダル輸送システムの適用範囲

鉄道輸送では、産業構造の変化により大量輸送品目（例えば、石炭など）の減少と一般消費材関連の貨物の増加への対応が求められている。この場合、トラックの持つ機動性ととの結合が不可欠である。この結合には積み替えの連結費用等が発生する一方、輸送時間の短縮、荷傷みの減少、定時性の向上等のメリットが生じる。これらをトータルでプラスにすることができるかどうか、新たな鉄道活用の針路、即ち、競争力のあるインターモーダル貨物輸送システムの構築のポイントである。

3.1.2 インターモーダル輸送の戦略パッケージ

競争力のあるインターモーダル輸送システムを実現するために、以下のような措置を含む戦略パッケージが必要である。

- 社会意識の変革と輸送政策の転換
- インターモーダル輸送に対応できるインフラの改良と整備により輸送ニーズに合ったサービスの開発
- 事業者間の連携意識の促進と高揚
- 輸送技術の革新と輸送技術のシステム化
- 情報技術の有効活用と標準化
- ドアツードア輸送の運用パフォーマンスの改善

3.1.3 期待される効果

荷主は、鉄道を利用する場合に、図 5に示すようにリードタイム・輸送コスト・サービス拠点・輸送頻度・税制・IT等の面での改善を要求している。

現状の鉄道輸送システムの改良・整備により効率的かつ信頼性のあるインターモーダル輸送を実現すれば、以下のような効果が期待できる。

- 1) リードタイムの短縮
- 2) 輸送コストの低減
- 3) サービス提供可能な拠点の増加
- 4) 輸送頻度の増加
- 5) 輸送拠点としての駅で荷役と輸送機関間の積み替えに関する作業の効率化

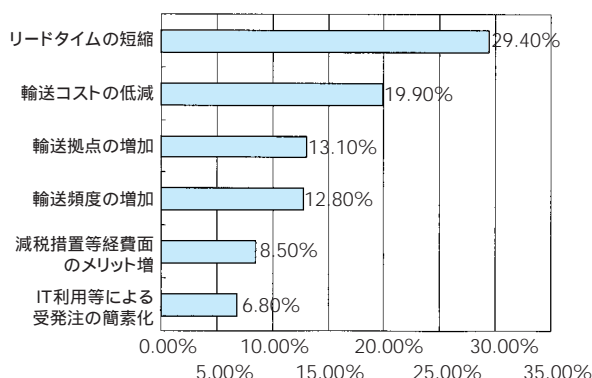


図 5 鉄道利用に対する荷主の期待
注：JRフレートリサーチセンターの資料より作成

3.2 インターモーダル貨物輸送に対応する鉄道システム(RIFT-システム)

競争力のあるインターモーダル貨物輸送を実現するための鉄道システムを、RIFT-システム(Railway System for Intermodal Freight Transport)と名づける。

3.2.1 RIFT-システムの定義

RIFT-システムとは、インターモーダル輸送のため、鉄道施設の改良・整備によって現状の輸送システムにおける輸送機関間の結合の不整合により発生する無駄な作業及び列車走行を最小限とし、トラックの機動性と貨物列車の大量性・定時性等といった両者の利点を活かすシステムである。ここでは、インフラの改良・整備からシステムの運営まで輸送機関間の結合という理念に力を入れる必要がある。このシステムの運行体制は、コンテナ等の貨物容器をインターモーダル輸送単位(ITU: Intermodal Transport Unit)として、トラック集配・区間代行及び支線フィーダー列車から幹線拠点間の長編成固定列車にITUを積み替えさせることである。

このシステムでは、コンテナ等のITUの優れた脱着特性をオンレール部分に活かし、停車時分の飛躍的短縮と貨車の入れ換え・留置を行わないシンプルな全駅間高速ネットワーク輸送を行う。幹線上においては、鉄道の大量性と速達性・確実性・定時性等の特徴を生かすために、長編成列車を固定編成で運行する。同時に、区間・支線上においては、輸送需要に対応して固定編成のフィーダー列車、或は荷主ニーズに対して優れた柔軟性をもつトラック代行輸送(鉄道の運賃でトラック輸送を行う体制)等を活用する。さらに、荷主分布状況を考慮し各駅の集配範囲を定め、トラック輸送と効率的に結合する。それによってドアツードアのインターモーダル輸送を実現する。RIFT-システムの特徴は、以下に示すものである。

- a) 列車は固定編成として貨車の入換・留置作業は拠点駅でも廃止(頭端駅では列車中継廃止)
- b) 着発本線上でITUの荷役・中継作業の実施
- c) 駅での作業の簡素化による停車時分の短縮と表定速度の向上
- d) 拠点各駅を結ぶ長編成・高速列車群による輸送を主として、駅間の列車の重複走行を削減するために、ITUの中継拠点を含む全拠点駅間のネットワーク輸送
- e) すべてのITUの取扱駅を、輸送拠点とした荷主とトラック集配輸送とのスムーズな結合
- f) 荷主ニーズに対応するトラック代行輸送の活用等である。

3.2.2 RIFT-システムの基本要素

RIFT-システムは、次のような基本要素で構成される。

輸送手段：

- a)幹線輸送：長編成固定列車
- b)区間・支線輸送：固定編成フィーダー列車と代行輸送トラック
- c)集配輸送：トラック輸送，

輸送容器(単位)：ITU(コンテナ等)

駅とITU基地：

- ・列車起終点としての拠点駅
- ・路線分岐点としてのITU中継駅
- ・路線における中間駅
- ・物流基地(鉄道から離れた代行施設(ORS：Off Rail Stationを含む))

荷役施設：到着・出発線で直接荷役作業ができる施設と機械

トラック輸送に対応する施設：ITUのバニング施設等

情報系システム：ITUの集配システムと列車運行システム

その他

4 インターモーダル輸送に対応する鉄道システム(RIFT-システム)の具体化へのアプローチ

4.1 鉄道貨物輸送システムの最適化のプロセス

RIFT-システムは、あくまで既存鉄道ネットワークのインフラをベースにして改良・整備するものである。前述した各基本要素を有機的に結合してシステムの機能を十分に発揮させるために、既存の鉄道貨物輸送システムの適

正化が必要である。即ち、全国の既存駅を、それらの立地や駅の施設と機能により再整理するとともに、重点的かつ効率的な駅の改良・整備を行う。

これまで、道路輸送については、物流ターミナルの配置とトラックの輸送経路の決定を同時に行うモデルの構築が数多く検討されてきた⁶⁾⁷⁾。鉄道輸送については、従来のネットワーク上で拠点駅を中心として一部の中間貨物駅の廃止により駅集約が行われていたが、駅集約のプロセスは、個々の駅の輸送量の大小を基準としたものであり、ネットワークの全体としての科学的手法に基づく最適化が考慮されていなかっただけでなく、

本研究における輸送システム適正化の検討プロセスを図6に示す。初期条件としての現状の駅施設とネットワークを踏まえて、まず各駅の特徴と機能を分析し、貨物駅を、全国レベル拠点・地域レベル拠点・線路区間の拠点・その他に分類する。次に、各レベルの貨物駅に関して駅の機能・荷主の分布・地理状況(用地)・貨物の取扱いバランス・集配範囲・代行輸送の設置等を分析する。以上の分析は、システム構築の基本材料になる。それに基づいて、貨物の取扱い駅の配置や駅の改良・整備方法を含む駅の改良整備の初期代替案を設定する。輸送のOD状況に基づいて経路と輸送パターンを設定による初期代替案の各評価項目の計算を行う。それらの評価項目における指標値を、システム最適化のための初期値とする。代替案の再設定を何度か繰り返し、それによって、インターモーダル輸送に対応する鉄道システムが改善され、ネットワークにおける駅配置と改良・整備に関する最適代替案を見いだすことができる。そして同時に最適化した輸送パターンを決定し、対応した各評価指標を出力する。

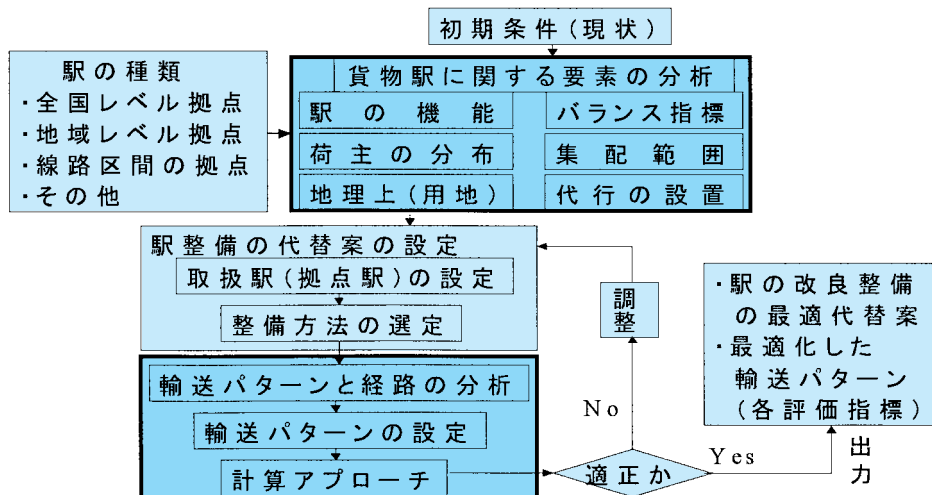


図 6 輸送システム適正化の検討プロセス

4.2 輸送システムの最適化モデル

4.2.1 モデルの基本的な考え方

輸送システム最適化モデルの目的関数は、時間コストを含む一般化輸送費用であり、次のような2つの内容で構成される。

- ・インターモーダル輸送におけるトラック集配と鉄道輸送及び連結に係る費用
- ・ドアツードア輸送において貨物列車とトラック集配とITUの中継・積み替えのための時間費用

また、目的関数の制約条件については、

- ・時間帯と経路の制約
- ・OD輸送量の変動
- ・荷主分布と荷主ニーズ
- ・トラックの集配範囲の考慮

等が考えられる。

4.2.2 モデル構築の前提条件

駅配置の変化によって、ネットワーク上の輸送形態が一般的に変動するが、輸送システムの最適化モデルには、以下のような内容を仮定する。

- ・鉄道ネットワークは、現状で鉄道貨物輸送を行っている路線を基本とする。新たな貨物路線は考えない。
- ・各レベルの貨物取扱い駅の配置は、鉄道ネットワーク上において離散的に与えられる現状の駅を候補地としてその中から決定される。これらの候補地は、荷主の分布状況、トラックとの連結条件、路線における駅ロケーション、用地の状況などを考慮して改良が可能なところとする。
- ・改良・整備の対象になる取扱い駅の規模と配置は、OD間の輸送量の分布状況に基づいて決定するが、トラック集配範囲は、荷主分布によって仮定する。
- ・貨物列車の輸送パターンでは、取扱い駅の配置に対応して設定する。

また、計算モデルの目的関数とする一般化輸送費用は、インターモーダル輸送に係る輸送費・時間費用と各取扱い駅・ターミナルに係る費用である。従って、検討の対象となる鉄道ネットワークにおいて、目的関数を最小化するために改良・整備すべき貨物駅と輸送パターンが同時に決定され、前述した無駄な作業の削減量をその改良整備の効果として算定する。

4.2.3 モデルの定式化

このようなモデルを定式化すると以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{Min} \left\{ F^j \left(X \right) \right\} = & \sum_{i \in I} x_i C_{t(i)}^j + \sum_{i \in I} \sum_{k \in I} x_i x_k C_{r(i,k)}^j \\ & + \sum_{i \in I} \alpha_i x_i T_{t(i)}^j + \sum_{i \in I} \sum_{k \in I} \alpha_{i,k} x_i x_k T_{r(i,k)}^j + \sum_{i \in I} x_i \Delta_i^j \end{aligned} \quad (4-1)$$

s.t :

$$V_{i,k}^z \leq V_{i,k}^z \quad (4-2)$$

$$q_{i,k} \leq Q_{i,k} \quad (4-3)$$

$$l_i \leq L_i \quad (4-4)$$

$$d_{i,k} \in D_{i,k} \quad (4-5)$$

$$s_i \in S_i \quad (4-6)$$

ここに、

X : ネットワーク上における貨物駅の配置パターン
 x_i, x_k : ダミー変数であり貨物駅の新設或は貨物取扱い駅：1、廃止する駅：0 (i, k : 駅のコード番号);

j : ネットワーク上における貨物駅の改良・整備の代替案;

J : 代替案の集合;

I : 駅の集合(駅1, 駅2, ..., 駅*i*, ..., 駅*n*);

$\alpha_i, \alpha_{i,k}$: トラックと列車輸送時間の費用換算係数 (円/(時間・トン));

$C_{t(i)}^j$: 駅の改良・整備の代替案*j*を採用する場合に、駅*i*のトラック集配・代行輸送に要する総費用(円/トンキロ), 変数 l_i, q_i, s_i の関数;

$C_{r(i,k)}^j$: 駅の改良・整備の代替案*j*を採用する場合に、駅*i, k*間の鉄道輸送に要する総費用(円/トンキロ), 変数 $d_{i,k}, q_{i,k}, V_{i,k}^z$ の関数;

$T_{t(i)}^j$: 代替案*j*において駅*i*の貨物取扱いに対するトラックの総走行時間(時間・トン), 変数 l_i, q_i の関数;

$T_{r(i,k)}^j$: 代替案*j*において駅*i, k*間の貨物輸送量に対する列車の総走行時間(時間・トン), 変数 $d_{i,k}, q_{i,k}$ の関数;

Δ_i^j : 代替案*j*の駅*i*におけるトラックと鉄道輸送の連結に係わる一般化費用の合計(円);

$V_{i,k}^z$: 時間帯*z*に対する駅*i, k*間の列車走行キロ;

$V_{i,k}^z$: 時間帯*z*に対する駅*i, k*間の路線容量;

$q_{i,k}$: 駅*i, k*間の輸送量(トン);

q_i : 駅*i*における貨物の取扱量(トン);

$Q_{i,k}$: 駅*i, k*間の輸送量変動の上限(トン);

$s_i \in S_i$: 荷主分布とニーズに関する制約;

$d_{i,k} \in D_{i,k}$: 鉄道ネットワークにおける駅間の距離(km);

l_i : 駅*i*におけるトラックの集配範囲(km);

L_i : 駅*i*における最大集配距離(km)。

上記のモデルでは、一般化費用の最小化を目的関数として、インターモーダル輸送システムの最適化を行う。一般化費用は、図 7 に示すように鉄道(貨物列車)、貨物駅(ITUの積み替え、列車の編成)、トラック(集配)で構成される。

RIFT-システムの鉄道 及び関連部分			
構成 内容	鉄道 (貨物列車)	貨物駅 (積替・編成)	トラック (集配)
総時間	時間	時間	時間
総費用	費用	費用	費用
RIFT-システムの道路 及び関連部分			

図 7 インターモーダル輸送システムにおける時間と費用の構成

RIFT-システムでは、貨物駅の改良・整備により、鉄道とトラックの結合が効率的になるのみならず、トラックの集配、鉄道輸送も改善されるので、図 7 に示しているようにすべての一般化費用が削減されることとなる。駅をE&S化する前提で、先のモデル式を用いて最適な案の策定は、以下の通りである。

- ・貨物OD輸送量、荷主の分布状況及び駅周辺の用地の利用可能性を所与として改良・整備すべき駅と目標とする駅の設定による代替案の集合Jを定める。
- ・代替案jにおける荷主分布及び駅の周辺状況によってトラックの集配範囲とそれに基づく集配時間を算出する。
- ・代替案jにおける駅での貨物列車の作業時間及び費用とITUの積み替え時間及び費用を算出する。
- ・代替案jに対する輸送経路と貨物列車の運行パターンを設定し、鉄道駅間の輸送時間及び費用を算出する。
- ・代替案jにおける輸送トンキロ、総輸送時間、列車走行キロを計算する。
- ・代替案j(j = 1, 2, 3, ...)に関する計算を繰り返して比較することによる最適案と駅の改良・整備の順位を定める。

厳密に、これらの内容を細かく分析・計算することが必要であるが、現状の輸送システムの改善を目的とする場合は、現状を初期値とする代替案を設定することが可能である。即ち、一旦、駅の改良・整備の代替案を定めると、トラックの集配範囲・ITUの使用・駅での列車の作業時間が決定できると考えられ、各代替案の駅・トラックに関する時間と費用は、システムの入力要素として処理されることになる。

4.3 代替案の評価指標

RIFT-システムでは、以上の計算結果に基づき表 2 に示した評価項目における輸送トンキロ数、総輸送時間、列車走行キロの3つの指標により代替案の評価を行う。重複輸送が多い場合または集配距離が長い等の無駄な輸送が多い場合にはこれらの指標が大きくなるので、これらの指標の値が小さいほど輸送効率が優れた代替案といえる。

代替案の評価には前述の3つの指標以外に、駅での出荷、入荷貨物の取り扱いバランスに留意することが必要である。図 8 に示すように、駅における貨物のバランスは、車両、荷役施設、駅職員の労働生産性、容器利用等の効率に大きな影響を及ぼす。

本研究では、モデル式(4-1~6)の計算により得られた指標により各案を評価するとともに、駅の改良・整備の順位を定める。

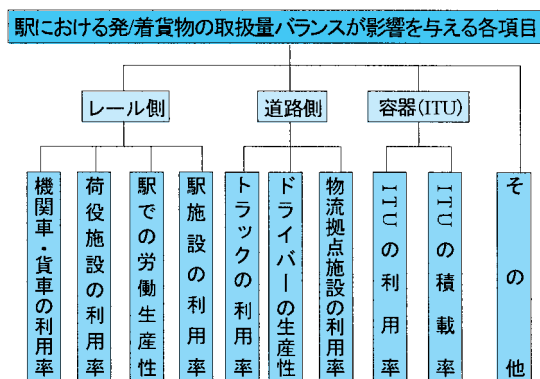


図 8 駅における発/着貨物の取扱いバランスの影響

5 九州地域の鉄道貨物に関するケーススタディー

本章では、前章で構築したシステム適正化のモデルを利用して九州地域の鹿児島・長崎本線を例としてケーススタディーを行う。

5.1 九州地域における鉄道輸送の基本状況

九州地域の物流施設の状況をみると、物流団地の大部分は、九州北部に集中している。また鹿児島・長崎本線は、殆どの区間が高速道路と並行している。

九州地域の鉄道貨物ネットワークは約910キロである。その中には、表 3 に示すように、コンテナ駅が7駅、コンテナと車扱いの兼用駅が12駅、車扱い駅が8駅、コンテナセンターが1駅ある。これらに4つの代行駅と7つの臨時取扱い駅が含まれている。駅間の距離は、平均32キロで、最大117キロ、最小3.4キロである。

民営化以降、採算性のないローカル路線で貨物輸送

表 3 九州地域における鉄道貨物取扱駅の状況

駅の性質	JR貨物帰属	JR九州帰属	駅数	うち：代行駅
コンテナ	鳥栖駅等	久留米駅等	7	有田・佐土原
コンテナ・車扱い	浜小倉駅 福岡(タ)等	黒崎駅 鹿児島駅等	12	大牟田・長崎
車扱い	外浜駅等	荒木駅等	8	
コンテナセンター		都城	1	

うち：臨時取扱駅数は、7である。
注：九州地域の鉄道貨物営業キロ数：908.2km
駅間平均距離：32km(最大：117km最小：3.4km)

が廃止された。また、貨物の取扱量の少ない駅が廃止され、代行輸送などが行われている。しかし、鉄道貨物駅の施設については、E&S化された八代駅以外は、ほとんどの貨物駅が旧国鉄時代の施設である。これらは、老朽化しつつあるうえ、インターモーダル輸送へスムーズに対応することが不可能であるといえる。拠点駅は、福岡タ

ミナル貨物駅と浜小倉駅しかなく、この2つの駅で、九州地域と本州の各地域を結ぶための幹線列車・フィーダ―列車そしてコンテナの中継作業が行われている。鹿児島方面から長崎方面への貨物は、鳥栖駅などの施設に制限があるため、浜小倉駅または福岡タミナル貨物駅で中継しなければならず、非効率な列車走行や重複作業などが大きく発生している。また、拠点駅以外では、輸送ニーズに対応したサービスが提供できないため、集配距離の遠い貨物が拠点駅に集中している。福岡ターミナル貨物駅における荷主分布を分析すると、図9に示されるような2つのピークがある。1つは、10～20kmの部分で、もう一つは、50～60kmの範囲である。

また、駅の発/着貨物取扱いでは、バランスが0.81～1.2となっている駅は一つもなく、バランスをとるためにも駅の改良整備と配置の見直しが必要である。

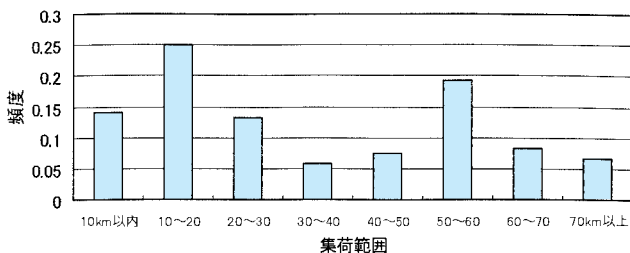


図 9 福岡ターミナル貨物駅における荷主分布

5.2 拠点駅の代替案の設定と改良・整備の効果(評価)

前述した九州地域の鉄道貨物輸送の現状を踏まえて、本研究は鹿児島・長崎本線を対象として鉄道輸送システムの適正化のケーススタディーを行う。まず、鹿児島・長崎本線の輸送形態の現状を前提として改良・整備する拠点駅の代替案を設定する。鹿児島本線の門司駅は、貨物駅として改良・整備が行われたため、2002年4月に開業し、新たな北九州周辺の拠点駅として機能しているの

で、これを踏まえて鹿児島・長崎本線において改良・整備の代替案は以下の5つの案を考える。

- 1)福岡周辺(福岡貨物ターミナル駅等)
- 2)鳥栖駅(鳥栖駅,久留米駅等を含む)
- 3)鍋島駅(鍋島駅,有田駅,長崎駅等を含む)
- 4)熊本駅(熊本駅,八代駅を含む)
- 5)川内駅

また、モデル計算は、ケーススタディーの対象地域における鉄道駅間のOD貨物量と荷主の分布状況を所与として行う。

上記の拠点駅の改良・整備の5つの代替案について、前章で検討したシステム最適化のモデルを利用してシミュレーションを行った。その結果を表4に示す。列車の走行キロ数、駅間の総走行時間、輸送トンキロ数の値が小さいほど、無駄が少ない代替案といえる。従って代替案の優先順位は、鳥栖駅、鍋島駅、福岡駅、熊本駅、川内駅であり、鹿児島・長崎本線の鳥栖駅を拠点駅として改良・整備を行うことが、この鉄道路線の貨物輸送システムの改善に最も効果が大いといえる。

表 4 鹿児島・長崎本線における鉄道貨物駅の改良・整備の代替案の計算結果

	現状	鳥栖駅	鍋島駅	福岡駅	熊本駅	川内駅
列車走行キロ数(千km)	33.2	22	28.8	30.2	31.5	32.3
駅間の総走行時間(時間)	553	367	480	503	525	538
輸送トンキロ数(万トンキロ)	973.6	864.4	893.6	901.8	910.4	932.8

現状の鳥栖駅の施設は図10に示すように、荷役線は180mの1本だけで、コンテナの積み替え施設等の作業機能が全くない。この駅を発着線で直接荷役可能な駅施設へ改良・整備すれば、駅構内の列車作業が簡素化され、また鹿児島・長崎本線の運行システムも大幅に改善できる(図11)。同時に、福岡駅から50キロ前後である鳥栖駅周辺の輸送ニーズ(図9に参照)に合わせたサービスを提供し、荷主分布に対応することができる。

鳥栖駅の改良による輸送改善の効果をみるため、改良前後の評価指標の比較を行う。表5に示すように、列車の走行キロと駅間の総走行時間は約34%減少し、輸送トンキロ数に占める無駄な部分が11%削減することがわかった。また、駅の取扱いバランスにも、表6に示すように、バランスの取れている駅数の比率が0から37.5%になり、大きな改善が得られると考えられる。

また、コンテナヤードの拡大と駅職員数の減少等にも効果があることが分かった。

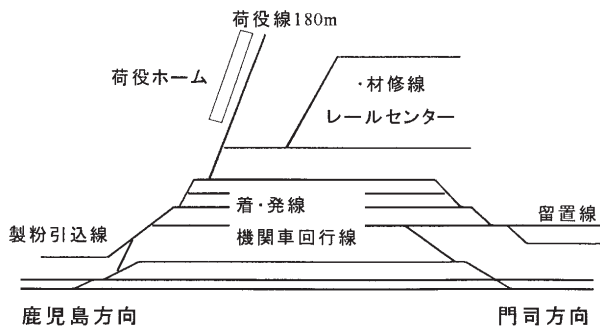


図 10 鳥栖駅における施設の現状



図 11 鳥栖駅の改良・整備後(E&S式)の施設配置

表 5 鳥栖駅の改良・整備により輸送改善の効果

	現状	改良後	無駄な部分の削減	削減効果 (%)
列車走行キロ数(千km)	33.2	22	-11.2	-34
駅間の総走行時間(時間)	553	367	-186	-34
輸送トンキロ数(万トンキロ)	973.6	864.4	-109.2	-11

表 6 改良・整備前後の貨物取扱いはバランスの比較

発送/到着取扱いの比率	現状%	改良後%
0.0~0.4	3.5	0
0.41~0.8	21.3	25
0.8~1.2	0	37.5
1.21~1.6	3.5	25
1.61以上	35.7	12.5

6 まとめ

本研究では、物流体系における鉄道の活用を目的とするインターモーダル貨物輸送に対応した鉄道システム(RIFT-システム)の基本概念と具体化へのアプローチの構築を検討した。また、そのシステムを九州地域に適用したケーススタディーにより整備効果を明らかにした。具体的には、既存の鉄道施設の改良によって輸送システムを大きく改善することができ、輸送ニーズに対応した鉄道のサービス提供が可能となることを示した。

また、本論文のケーススタディーは、九州地域における鹿児島・長崎本線に限定して概算したものであるが、同様に、本研究で述べた手法により全国鉄道ネットワーク、特に鉄道輸送のネックとも言える東京周辺、大阪周辺、そして名古屋周辺で、インターモーダル輸送に対応す

るための既存鉄道貨物輸送システムを改良・整備の検討を行うことが可能である。これにより鉄道がさらに活用され、総合的な物流システムが完成できると考えられる。

しかしながら、現状の鉄道システムの改善に必要なとされるのは、本研究で扱った鉄道インフラシステムの向上だけではなく、企業意識、また経営組織的な問題の解決も重要となる。そのため、今後の課題として、システムの改良に伴う輸送需要の予測、それに基づく費用対効果の分析、経営マネジメント的な課題としてのインターモーダル輸送のあり方とそれを支える制度等が挙げられる。

謝辞：本研究の遂行においては、運輸政策研究所の中村英夫所長からご指導を頂いた。また本稿を書くにあたり、同研究所企画室の伊東誠室長をはじめとして研究員の方々より、有益な助言や支援を頂いた。さらに匿名の査読員及び編集委員会から貴重な指摘やご示唆を頂いた。ここに記して感謝する次第である。

参考文献

- 1) Clifford Winston, Thomas M. Corsi, Curtis M. Grimm, and Carol A. Evans[1990], The Economic Effects of Surface Freight Deregulation, The Brookings Institution, Washington, D.C.
- 2) James B. Bums[1998], Railroad Mergers and the Language of Unification, Quorum Books
- 3) OECD[2002], Benchmarking Intermodal Freight Transport.
- 4) OECD[2001], Intermodal Freight Transport, Institutional Aspects
- 5) 物流研究会編著[1995], 運輸省運輸政策局複合貨物流通課監修, モーダルシフト推進の手引き, 大成出版社。
- 6) Campbell J. [1990], Locating Transportation Terminals to Serve an Expanding Demand, Transportation Research, Vol. II. 24B(3), pp173-193.
- 7) Daganzo, C. F. [1996], Logistics System Analysis, Springer.
- 8) LI Guoquan, CHISHAKI Takeshi[1997], Determination of Yard Scale and Relevant Operation Facilities at Station, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol.2, No.1, pp43-54
- 9) LI Guoquan, CHISHAKI Takeshi[1997], A Study on the Railway Facilities Matching with Traffic Capacity, Proc. of 5th World Congress on Railway Research, Vol. C, pp741-748
- 10) Global Equity Research[2000], Global Rail Review, UBS Waarburg.
- 11) 高国権[2001], 鉄道貨物輸送における課題と改善方向(提言案), 第43回運輸政策コロキウム, 運輸政策研究, Vol.3, No.4, pp73-78
- 12) 鉄道貨物近代史研究会編[1993], 鉄道貨物の変遷 - 公共企業体から国鉄改革まで - (株)運輸情報センター
- 13) 上柴隆[1993], 鉄道貨物輸送と停車場 - 貨物ターミナルと貨車ヤード -, (株)東神堂
- 14) 停車場線路配線研究会編[1995], 新停車場線路配線ハンドブック, 吉井書店
- 15) 西田雅, 北村公大, 中村英夫[1998], 高速幹線物流システムの提案, 運輸政策研究, Vol.1 No.2,
- 16) 国土交通省[2001], 平成9年総合物流施策大綱の実施状況。
- 17) JR貨物要覧などの歴史資料。
- 18) JR貨物営業案内。

(原稿受付 2002年3月7日)

Railway System for Intermodal Freight Transport: its Concept and relevant Approach of Improvement

By LI Guoquan

At present, because surface freight transport excessively depends on truck transportation, various social problems have been brought and become more and more serious. Therefore, relevant policies and measures have been made in developed countries from 1990s, in order to shift freight transport from truck to the mode with a large quantity of transportation such as railway, ships, etc. Then nowadays, a competitive transportation system needs to be formed by a combination with railway and truck, that is intermodal freight transport system. This study focuses on how railway is used for logistics system. A fundamental concept about Railway System for Intermodal Freight Transport (RIFT-System) is proposed, based on the analysis on the current problems in railway transport. And corresponding approach to improve the railway system is constructed. Finally, a case study using the Kagoshima and Nagasaki railway in Kyushu region, Japan, is shown.

Key Words : **Intermodal Transport, Rail Freight Station, Optimum of Transport System, RIFT-System**
