

貨物駅の駅勢圏の定量的な解析手法の開発

厲 国権*

A Method to Quantitatively Analyze the Catchment Area of Freight Station

Guoquan LI

Towards improving the efficiency of the freight transportation, revitalization of the railway transport is required. It is necessary to perform the fundamental analysis of the potential freight demand to be expected to use the railway. In this study, firstly the impacting factors of the freight transport concerning the freight station are systematically discussed, through the collection and investigation of the related data, and the shipper's consciousness survey. Then, an analytic model to evaluate the effect degree of the freight station on the surroundings is built, considering the location of the station, the schedule of the train and the infrastructure of the local transport and consciousness judgment of the shipper. Also by incorporating the built model into freight GIS, a method to estimate the catchment area of freight station is developed, quantitatively and visually. Finally, through a case study, the effect degree of the freight station on every municipality with a radius of about 50 km from the station is respectively calculated. In addition, the possibility to increase the effect power of the freight station by improving the railway transport service is tentatively described.

キーワード：貨物輸送，貨物駅勢圏（影響範囲），影響度，数理的なモデル，可視化，解析手法

1. はじめに

貨物輸送の効率化に向けては、鉄道輸送の活性化が求められており、鉄道利用が期待される潜在的な貨物需要に対する基礎的な分析が必要となる。

本研究では、まず、貨物駅を中心とする貨物輸送の影響要因を検討し、関連データの収集・分析と鉄道利用意識調査を行ったうえで、貨物駅の影響範囲を決定する要因を体系化した。

次に、駅の位置・列車ダイヤや交通インフラそして利用者の輸送評価などを考慮し、貨物駅が周辺地域に及ぼす影響の度合いを「駅の影響度」とする数理的なモデルを構築した。また、構築したモデルを組み込んだ貨物輸送の地理情報システム（GIS）の機能拡張を行うことにより、貨物駅の駅勢圏を定量的に解析し可視化する手法を開発した。

さらに、ある地域の貨物駅を分析対象としてケーススタディを行い、50km圏の市区町村に対する駅の影響度を算出し、輸送改善により駅の影響度を向上する可能性について考察を行った。

2. 貨物駅を中心とする貨物輸送の影響要因

2.1 鉄道貨物駅の変遷と駅周辺の利用範囲

国内の貨物鉄道輸送ネットワークは、産業構造や輸送

構造などの変化により大きく再編成され、貨物取扱駅は、1950年代の約3800駅から1980年代の国鉄分割民営化直前に約400駅まで大幅に集約、統合され、2015年度には約250駅（うち、コンテナ貨物取扱駅:149）となった。

同時に、輸送ニーズの変化に応じて、輸送体系の主体はコンテナ貨物への特化が進み、その結果として、現代の貨物駅は、列車への貨物の積み降ろしを行うための鉄道駅（従来の荷主と鉄道輸送の接点）としてだけでなく、貨物鉄道を利用して貨物輸送を行う輸送機関と地域社会経済との結節点としての役割も担っているといえよう。

WEBアンケート調査の結果、荷主の利用意識においては、トラックで集配する貨物範囲は、図1に示すように、駅から20km以内の比率が圧倒的に高いものの、60kmや100kmといった比較的遠方にも及んでいることがわかった。

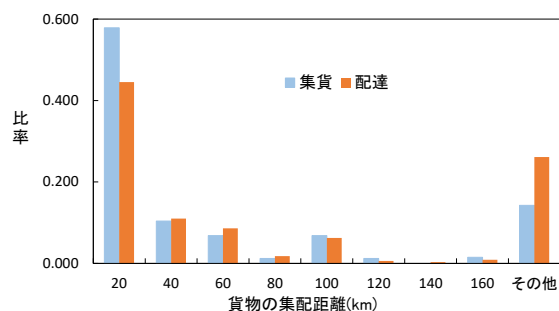


図1 貨物駅の貨物集配範囲

* 信号・情報技術研究部

特集：輸送・交通計画技術

2.2 影響要因の体系化とデータベースの整備

貨物駅を中心とする貨物輸送に与える基礎的な影響要因には、地域の社会経済状況を含む外部からの影響と、貨物駅の施設や貨物列車の設定状況を含む鉄道輸送の内部的な影響、長期実施された輸送制度などによる影響、そして輸送手段選択における荷主の比較評価と荷主の利用意識などが含まれる。

外部からの影響としては、駅所在地の周辺地域における人口規模や生産額あるいは出荷量などを含む社会経済状況が基本要因であるが、図1に示したように、貨物集配の距離別比率は貨物駅に近いほど高くなることから、接近性が貨物駅利用に大きな影響があることがわかった。これは、貨物出荷地から駅までの交通インフラ状況、すなわち、駅所在地の地理的条件などによるものと考えられる。

内部影響には、輸送ネットワークにおける貨物駅の配置、貨物施設の設置状況（荷役設備などの施設状況）、貨物駅における貨物列車の設定状況などが含まれる。

また、貨物輸送市場においては、地域別におけるトラック運賃・料金率の差異があり、コンテナ貨物の集配料金も異なる。そして貨物の内容に対応する輸送の割増・割引制度がある。このような長期実施されてきた輸送制度などがもたらした駅所在地の周辺地域における商的慣習が貨物輸送に影響する。

貨物輸送は、荷主の物流担当者が自社の商品輸送ニーズに応じて輸送手段を選択することが基本である。実際には、輸送費用や輸送時間そして輸送品質、自社の物流状況などの複数の側面から定量的かつ定性的な比較評価を行い、鉄道輸送かトラック輸送を選択することになる。

そこで、貨物駅の駅勢圏を定量的に解析するには、図2に示す各々の影響要因を反映することが必要である。

本研究では、以上のような貨物輸送の影響要因を網羅し、体系化するとともに、関連データの収集・分析そして利用意識調査を行い、貨物駅を中心とする貨物輸送の影響要因に関するデータベースを整備した。

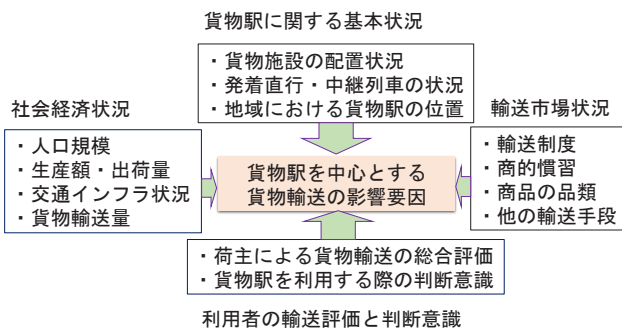


図2 貨物駅を中心とする貨物輸送の影響要因

3. ハフ商圈分析モデルに基づいた駅勢圏解析

3.1 ハフ商圈分析モデルの基本概念と応用

1960年代、アメリカの経済学者 David L. Huff が、ニュートンの万有引力法則の発想に基づいて商業施設の商圈を分析する計量経済学の確率モデル¹⁾を開発した。この商圈分析の確率モデルは、ハフ商圈分析モデル (Huff model) と呼ばれるもので、式(1)に示すように、商業施設の利用行動において、施設の魅力、キャパシティ（規模、取扱能力）や商品の品揃え内容および量などを含む商業施設の集積力と利用者の所在地から商業施設までの時間・空間的な距離などの抵抗ファクターにより、商業施設を利用する確率を計算する数理モデルである。周辺地域である商業施設を利用する確率は、商業施設の集積力に比例し、利用者の抵抗ファクターに反比例する。この確率が高いほど、施設の吸引力（影響度）が高く、ある程度の確率以上になる範囲を商圈として設定することができる。これは、あくまでも商業施設に対する利用者からの評価と時間・空間的な抵抗によって構成されたものといえる。

$$r_{(j)} = \frac{\frac{G_j}{D_j^\lambda}}{\sum_j \frac{G_j}{D_j^\lambda}} \quad (1)$$

ここで、 $r_{(j)}$ は、j 商業施設の吸引力（影響度）。

G_j は、j 商業施設の集積力（魅力、キャパシティ（規模・取扱能力）や商品種類および量、など）。

D_j は、抵抗ファクター（時間・空間的な抵抗）。

λ は、抵抗係数。

また、ハフ商圈分析モデルの応用については、1984年3月に旧通産省大規模小売店舗審議会が、大型店出店影響度²⁾を算出する公式とした修正ハフモデルを公表した。近年では、ITやGISの普及に伴い、ハフモデルに基づいた地域商圈分析や理論研究が活発に展開されている。交通運輸・都市計画・地域計画の分野では、交通インフラ整備による観光客数への影響分析³⁾、郊外地域都市の買い物行動分析⁴⁾、都市内の駅勢圏の定量的な推定⁵⁾などの研究がある。いずれも、施設の規模や魅力などを集積力として用いて、対象施設の勢力が及ぼす影響範囲を定量的に分析するものである。

3.2 貨物駅の駅勢圏を解析するモデル

3.2.1 モデルの構成

本研究では、貨物駅を中心とする貨物輸送の影響要因を反映した、貨物駅の駅勢圏を定量的に解析するモデルの構築を試みた。

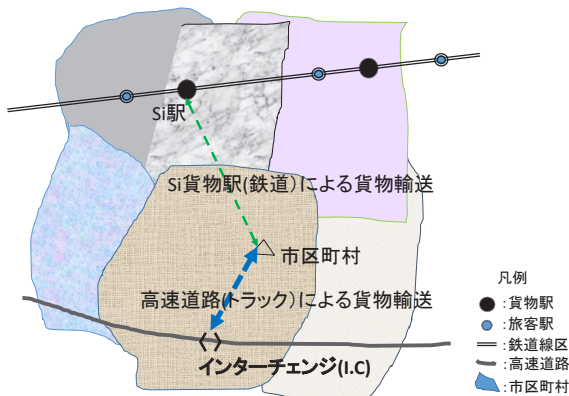


図3 貨物駅を中心とする貨物輸送のイメージ

まず、図3に示したように、トラック輸送が主力となっている貨物輸送の現状に対する、分析対象貨物駅がどの程度の影響を及ぼすかという度合いを「駅の影響度」とする数理的な解析モデルの構成を検討する。

この貨物駅の影響度 (r_{si}) を計算する数理的なモデルにおいては、前述したハフ商圈分析モデルを適用したもので、式(2)に示すように、「駅を利用する貨物輸送の評価値」を施設の集積力とし、「貨物出荷地から駅・列車やインターチェンジ (I.C.) などまでのアクセス時間距離」を抵抗ファクターとする。

$$r_{si} = \frac{\frac{e_{si}^R}{(A_{si}^R)^\lambda}}{\sum \left(\frac{e_{si}^R}{(A_{si}^R)^\lambda} \right) + \sum \left(\frac{e_{si}^T}{(A_{si}^T)^\lambda} \right)} \quad (2)$$

ここで、 r_{si} は、si 駅の影響度。

e_{si}^R は、si 駅を利用する貨物輸送の評価値。

A_{si}^R は、si 駅の位置や列車ダイヤを考慮したアクセス時間距離。

e_{si}^T は、si 駅を利用する貨物輸送 OD ペアに対応する道路トラック輸送の評価値。

A_{si}^T は、高速道路へのアクセス時間距離。

λ は、輸送手段への抵抗係数。

鉄道輸送が独自にもっている輸送サービスの特徴から、トラック輸送との比較対象とする評価値の大小を考慮して、貨物駅が周辺地域の貨物輸送に及ぼす影響度を計算し、貨物駅の影響範囲 (駅勢圏) を的確に解析する。

また、分析対象貨物駅の影響度は、貨物輸送の全体に対して位置づけるものであるから、隣接貨物駅やトラック輸送など、すべての利用可能な輸送手段を含んで計算することが必要となる。

輸送市場の視点からみると、鉄道輸送の商品は、列車ダイヤである。貨物駅においては、輸送先によって複数の貨物列車がある。貨物列車には、直行列車、途中作業

のある列車、そして始発列車、中継列車などのさまざまな種類がある。各々の貨物列車は、決まった列車ダイヤに従って運行する。

また、貨物駅では、貨物列車の種類によって貨物の滞留時間が異なり、駅に設置された荷役設備などによって取扱い貨物の種類が決まる。例えば、トップリフターがある駅では、大型コンテナ貨物を取扱うことができる。

さらに、貨物駅に対応する利用運送事業者の状況、貨物出荷地の交通インフラ状況や貨物駅までのアクセス道路条件などがある。

以上の鉄道輸送条件に基づいて計算される、貨物駅を利用する貨物輸送の評価値は、同駅で貨物取扱作業がある貨物列車が扱う個々の貨物における鉄道輸送分の評価値の合計である。トラック輸送の評価値は、上記に準じる各々のトラック輸送の評価値の合計である。また、抵抗ファクターは、アクセス時間距離を用い、その抵抗係数 λ は、修正ハフモデルを参照して、 $\lambda=2$ とする。

3.2.2 モデルの計算

式(2)に示した貨物駅の影響度は、貨物輸送の評価値とアクセス時間距離を利用することによって算出したものであるため、貨物輸送の特徴を考慮する必要がある。

貨物輸送の評価には、複数の輸送指標項目が含まれるため、その評価値は、式(3)に示すように、各輸送指標項目の値 (指標値) と同指標項目の評価重みとの積の総和で計算する。

$$e^m = \sum_i (\omega_i \times f_i^m) \quad (3)$$

ここで、 e^m は、m 輸送手段の評価値。

ω_i は、i 指標項目の評価重み。

f_i^m は、i 指標項目の値。

また、貨物輸送の指標項目には、輸送費用、輸送時間、二酸化炭素 (CO₂) 排出量、エネルギー消費量、貨物駅やターミナルなどの施設への接近性などの定量的な指標項目と、物流労働力の確保、輸送ネットワークの利用しやすさ、輸送事業者とのつながり、輸送体系のわかりやすさ、輸送ロットの適合、輸送品質 (定時性・安定性や温度湿度管理・破損状況など)、輸送故障時の対応、輸送情報の提供などの定性的な指標項目が含まれる。

各指標項目の評価重みは、荷主の物流担当者に対するアンケート調査で取得した意識判断データを用いて、階層分析法 (AHP) の計算原理に基づいて算出する⁶⁾。

定量的な指標項目の値 (指標値) は、輸送 OD に応じて算出できるが、定性的な指標項目の値 (スコア) は、出荷地域における荷主の利用意識調査により取得する。

また、貨物輸送においては、地域別貨物品類別によって評価の差異が存在する⁷⁾ ため、モデルの計算に関し

(4) 駅の影響度の計算機能と地図への表示機能

貨物駅が周辺地域における市区町村の貨物輸送に対してどの程度の影響を及ぼすかという駅の影響度を、構築した解析モデルにより計算し、その結果を地図上に表示する機能が備えられる。

以上より、分析対象貨物駅の影響範囲（駅勢圏）を定量的かつ視覚的に把握することができると考えられる。

4.2 ケーススタディ

4.2.1 分析対象貨物駅の現状

分析対象貨物駅（以下、A 駅とする）の所在地においては、地域間の年間貨物発送量が5億トン以上あるが、鉄道輸送の実績は、約3.4百万トンしかなく、同地域の貨物輸送量に占める鉄道の割合がわずか0.675%あった。この状況により、同地域においては適切な施策があれば、鉄道輸送を改善する可能性があると考えられる。

同駅は、専用貨物線に設置される貨物駅であり、地域中心都市の中心部に位置し、所在地の中央卸売市場や国道バイパス道路および高速道路インターチェンジそして港湾が近隣に存在し、貨物輸送の視点からみると、有利な立地であるといえる。

また、同駅の作業施設としては、フォークリフトとトップリフターなどの荷役施設が配置されているため、12ft、20ft、30ftの鉄道コンテナ貨物と、24トンまでの海上コンテナ貨物を取り扱うことができる。

貨物列車の状況については、通過列車50本、到着列車23本、発送列車22本があるが、同地域の発送貨物が利用可能な貨物列車は、上り方面に15本（うち、始発列車：13本、同駅で貨物取扱い作業を行う通過列車：2本）、下り方面に10本（うち、始発列車：9本、同駅で貨物取扱い作業を行う通過列車：1本）ある。

そして、A 駅を中心とする周辺地域の50km圏にカバーされる市区町村は41箇所ある。

4.2.2 指標項目の評価重み

本研究では、A 駅の所在地における荷主の物流担当者に対する WEB アンケート調査で取得した意識判断データを用いて、A 駅を中心とする周辺地域における品類別の貨物輸送に対する各指標項目の評価重みを算出した。その結果、全品類に対する各指標項目の評価重みは、「輸送費用」に0.175、「輸送時間」に0.133、「二酸化炭素 (CO₂) 排出量」に0.037、「物流労働力の確保」に0.046、「エネルギー消費量」に0.047、「輸送ネットワークの利用しやすさ」に0.028、「輸送事業者とのつながり」に0.025、「輸送体系のわかりやすさ」に0.022、「輸送ロットの適合」に0.084、「輸送品質」に0.126、「輸送故障時の対応」に0.112、「輸送情報の提供」に0.096、「貨物駅やターミナルなどの施設への接近性」に0.071となった⁷⁾。

4.2.3 指標項目の値（指標値）

貨物輸送における定量的な指標項目の値（指標値）は、貨物輸送の GIS により輸送 OD ごとに算出することができるが、定性的な指標項目の値（スコア）は、荷主の意識判断でスコアづけしてもらうことにより定量化する。そのため、2016年2月に実施した WEB アンケート調査で得られた荷主の意識判断データより A 駅の所在地域の貨物輸送に対する品類別に定性的な指標項目のスコア平均値を採用する。全品類を対象とした結果例を、表1に示す。

同地域の貨物輸送においては、「物流労働力の確保」、「輸送ネットワークの利用しやすさ」、「輸送体系のわかりやすさ」、「輸送品質」に対しては、鉄道輸送のスコアが高いが、「輸送事業者とのつながり」、「輸送ロットの適合」、「輸送故障時の対応」、「輸送情報の提供」に対しては、トラック輸送の方が高いことがわかった。

以上の手法より、A 駅を中心とする貨物輸送の評価値は、それぞれの輸送 OD に応じて算出することが可能となる。

表1 定性的な指標項目の値（スコア）(例)

定性的な指標項目	鉄道輸送のスコア	トラック輸送のスコア
物流労働力の確保	6.786	6.500
輸送ネットワークの利用しやすさ	6.929	6.700
輸送事業者とのつながり	6.286	6.500
輸送体系のわかりやすさ	6.643	6.500
輸送ロットへの適合	6.214	6.600
輸送品質	6.476	6.333
輸送障害時の対応	5.786	6.300
輸送情報	5.857	6.600

4.2.4 計算結果の考察

前述した計算条件に基づいた分析対象 A 駅の駅勢圏を定量的に解析した結果の一例を図5に示す。これは、A 駅を中心とする周辺地域（50km 圏）における41市区町村の貨物輸送に及ぼす A 駅の影響度を地図上に表示したものである。

図5に示したように、近隣の市区町村である4102区と4103区に対してはA 駅の影響度が0.6～0.8あり、比較的高く、4101区には0.485、4104区は0.315を有することで、A 駅からの一定の影響があるが、A 駅から離れた市区町村に対しては同駅の影響度が0.0～0.2となり、A 駅からの影響が弱いことがわかった。

一方、多くの市区町村に対してはA 駅の影響度が0.02以下となったため、鉄道輸送を活性化するには、鉄道輸送計画（貨物列車ダイヤの設定など）や周辺地域の接近性などが、貨物輸送ニーズに応じて改善する工夫が必要であると考えられる。

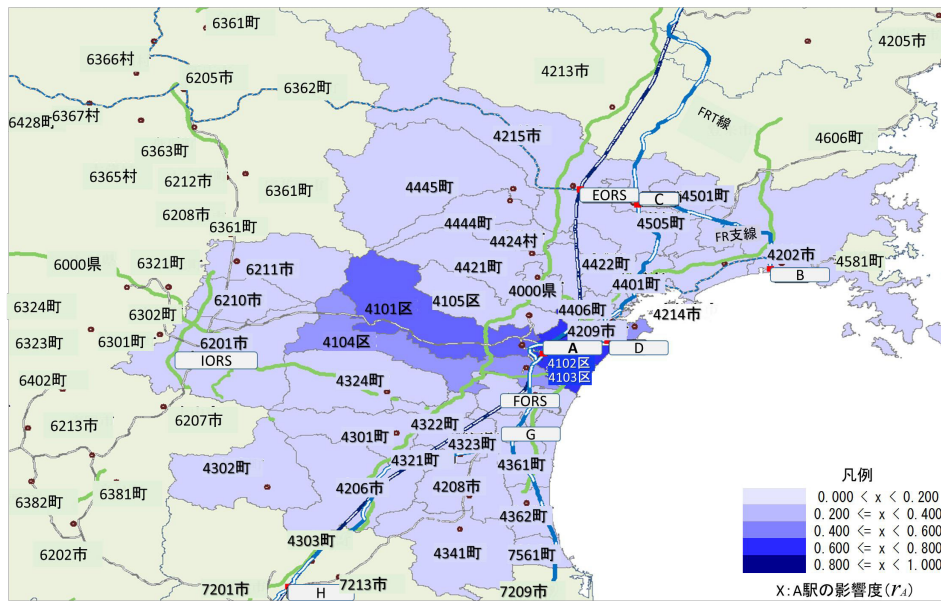


図5 貨物駅の駅勢圏の定量化・可視化(例)

5. まとめ

本稿は、貨物駅の利用意識考察⁹⁾や駅勢圏分析¹⁰⁾などに続くものであり、貨物駅の影響範囲について、「駅を利用すると期待される需要の勢力範囲」と定義し、駅勢圏の概念を活用して貨物版の駅勢圏を定量的に解析する手法について述べた。具体的な成果は以下のとおりである。

- 1) 貨物駅を中心とする貨物輸送に対する、関連データの収集・分析と利用意識調査を行うことにより、貨物駅の駅勢圏の影響要因を体系化し、そのデータベースを整備した。
- 2) ハフ商圏分析モデルを適用することにより、貨物駅の駅勢圏を定量的に解析するモデルを構築し、周辺地域の貨物輸送に対する駅の影響度の計算を可能とした。
- 3) 貨物駅の駅勢圏を推定する地理情報システムの開発により、駅の影響度を計算し、その結果を地図上に表示することができ、貨物駅の駅勢圏を定量化・可視化することが可能となった。
- 4) ケーススタディとして、分析対象のA駅を中心とする周辺地域50km圏の貨物輸送に対して、同駅が各市区町村に与える影響の度合い(影響度)を算出し、同駅の駅勢圏を定量的に把握できることを確認した。

本稿で述べた手法は、貨物輸送における鉄道輸送の活性化を支援するための有効な分析ツールとして活用できると考えている。今後は、貨物駅の駅勢圏に関する研究開発をさらに深度化していきたい。

文献

- 1) David L. Huff: Defining and Estimating a Trading Area, *Journal of Marketing*, Vol.28, No.3, pp.34-38, 1964.
- 2) 板倉勇: 大型店出店影響度の読み方—通産ハフモデルの手引き—, 中央経済社, 1988
- 3) 三浦英俊: 交通インフラ整備が地域来訪者数増減に与える影響分析—旅行者の移動にハフモデルを仮定して—, 都市計画別冊, 都市計画論文集(39), pp.673-678, 2004
- 4) 吉田創, 加藤司: 大都市圏近郊都市における買い物行動の実態分析—「パーソントリップ調査」を活用した滋賀県草津市住民の買い物行動を事例として, *経営研究*, 第66巻, 第2号(通巻334), pp.51-75, 2015
- 5) 武藤雅威, 奥田大樹: 鉄道競合地域における定量的な駅勢圏設定手法, *鉄道総研報告*, Vol.27, No.2, pp.5-10, 2013
- 6) 属国権: 鉄道貨物輸送の経済性・効率性評価手法の開発, *鉄道総研報告*, Vol.30, No.1, pp.41-46, 2016
- 7) 属国権: 地域および貨物品類の特徴に応じた貨物輸送評価モデルの構築, *鉄道総研報告*, Vol.31, No.10, pp.23-28, 2017
- 8) エコシップ・モーダルシフト事業実行委員会: www.ecoship.jp/kaijo_yusou/modalship-02.pdf, (参照日: 2017年5月24日)
- 9) 属国権: WEBアンケート調査に基づいた貨物駅の利用意識状況に関する一考察, *土木学会第72回年次学術講演会*, IV-091, pp.181-182, 2017
- 10) 属国権: 貨物駅勢圏の分析手法に関する研究, *土木学会第73回年次学術講演会*, IV-168, pp.335-336, 2018