

インターネット通信販売物流における宅配便事業者の施策評価

The Evaluation of Parcel Delivery Operators' Logistics System
for Online Shopping Logistics

(要 旨)

宮武 宏輔

インターネット通信販売物流における宅配便事業者の施策評価

要旨

章構成

序章 「問題設定」

【第1部 分析の枠組】

第1章 ネット通販の発展に伴うネット通販物流の変化

第2章 宅配便事業者物流施策が交通量に与える影響

第3章 輸送ネットワークの経済と宅配便ネットワークの構造

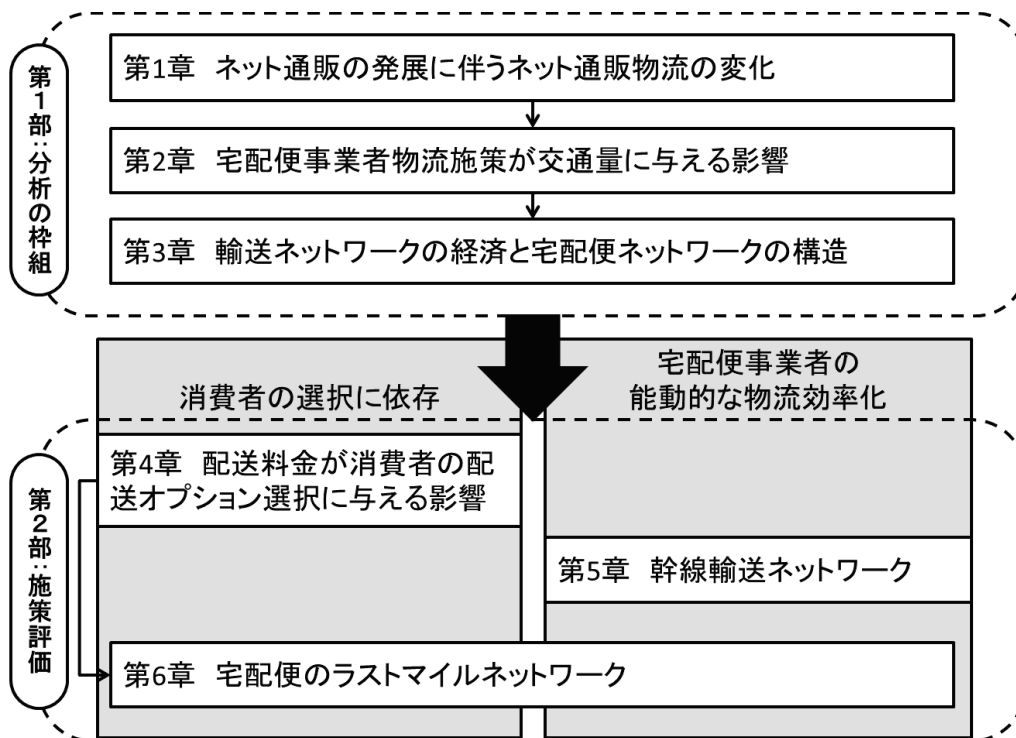
【第2部 施策評価】

第4章 配送料金が消費者の配送オプション選択に与える影響

第5章 幹線輸送ネットワーク

第6章 宅配便のラストマイルネットワーク

終章 今後の展望と課題



序章

ネット通販の発展は、消費者、ネット通通販事業者や宅配便事業者といった生産者に様々な影響を与える。またそれだけでなく、関連事業の雇用や街の活気、交通量の増減に伴う環境、交通混雑といった外部効果をもたらす。本研究では、これら様々な社会的影響の中から、消費者の買物交通、ネット通販の配送サービスとその配送を主に担う宅配便事業者の物流施策、そしてそれに伴う貨物交通に着目する。外部効果については、買物交通と貨物交通の影響に焦点を当てて分析・施策の評価を行う。

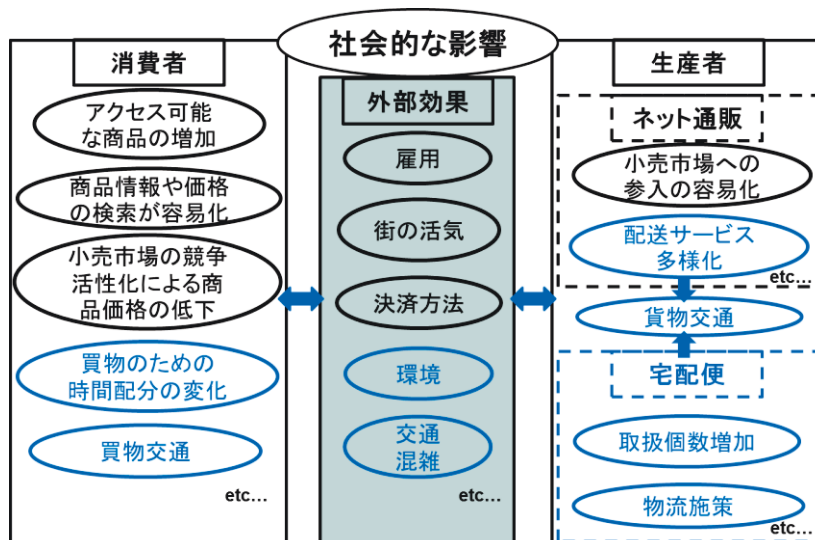


図1 本研究の研究範囲

ネット通販の発展に伴う社会的な影響を定量的に把握することは容易ではない。配送サービスにしても、消費者の様々な効用・不効用をもたらすであろう。どのような配送サービスを消費者が利用するかは、消費者個人の選好、置かれた状況、購入する商品などによっても異なる。その結果は、ネット通販の輸配送に伴う貨物交通や買物交通にも影響を与える。一方で、宅配便事業者らは、輸配送の仕組みを変更することでネット通販物流の効率化を実現している。特に輸配送の効率化は、貨物交通量の減少によって達成される場合も多く、事業者の費用削減と交通量削減による外部費用削減を同時に達成し得ることで社会的費用の削減に繋がり得る。図1の研究範囲の中でも、宅配便事業者のようなネット通販物流の生産者側の費用と環境や混雑という外部費用を合わせた社会的費用に基づいて、ネット通販物流の効率化施策を評価していく。

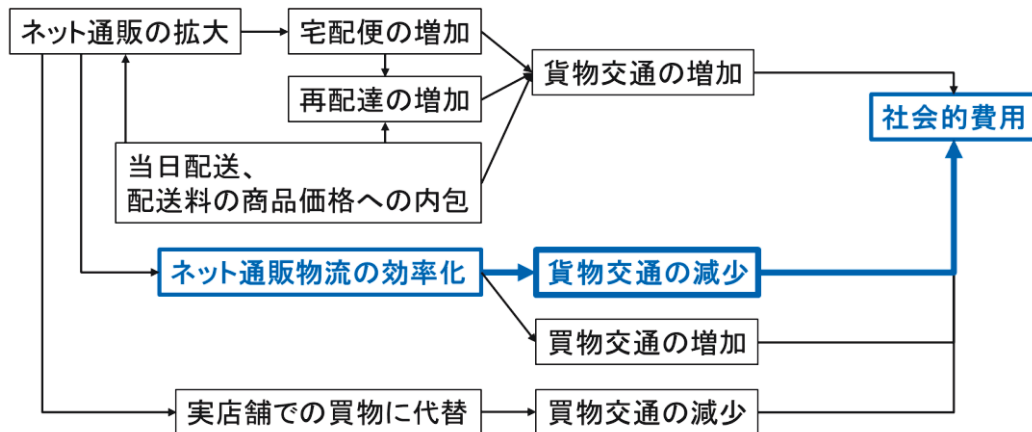


図2 評価する施策範囲

これらを踏まえて、本研究では以下の仮説を立証することを目的とする。

仮説

「インターネット通販物流において、宅配便事業者が、輸配送の効率化（トラック等の積載率向上や再配達削減）施策や、配送サービスにかかる費用を反映した料金の設定に取り組むことは、事業者の経営効率化や収益性の改善だけでなく、交通量の削減によって外部費用を含めた社会的費用を削減する。」

ネット通販は消費者の知覚リスクや費用、満足感の影響に着目し、消費者の行動を分析するマーケティング分野での研究が盛んである。ネット通販物流についても、これらの観点から、どのようなサービスが消費者の行動に影響を与えるかに注目している。ネット通販と宅配便をはじめとしたロジスティクスの関係性を分析した研究では、主としてネット通販によって増加する貨物量や配送サービスが、ロジスティクス構造に与える影響に主眼を置いている。ロジスティクスはOR（オペレーションズ・リサーチ）の手法で、シミュレーション的に消費者までの効率的な配送経路を決定してきた。またOR的な手法に限らず、近年は、ネット通販物流によって注目度が増すラストマイル（末端配送）における施策の効果や運用方法を議論する研究も散見されるようになってきた。

ネット通販・消費者・ロジスティクスの3つの研究対象は、多くの既存研究でも関係性が言及されているものの、具体的な施策で3つの対象を包括的に分析した研究は決して十分ではない。本研究では、消費者の選択行動に影響を与える配送料金とサービス、宅配便事業者の物流施策の分析・評価を行うことで、ネット通販・消費者・ロジスティクスの3つの観点で分析を行う。

第1章 ネット通販の発展に伴うネット通販物流の変化

ネット通販では、インターネット上のオンラインサイトに商品の画像を提示する。商品の実物は、ネット通販事業者等の倉庫に保管されており、注文が入るとピッキング、梱包の後に、宅配便事業者等の手で消費者の自宅または指定された受取場所まで配送される。ネット通販における物流ネットワークが他の流通業の物流と異なる点の1つは、不特定多数かつ居住地も各々異なる消費者の下までの配送である。本論文では、ネット通販物流におけるこの特徴を考慮して、ネット通販事業者の倉庫からの物流を、「ネット通販物流」として研究対象とする。

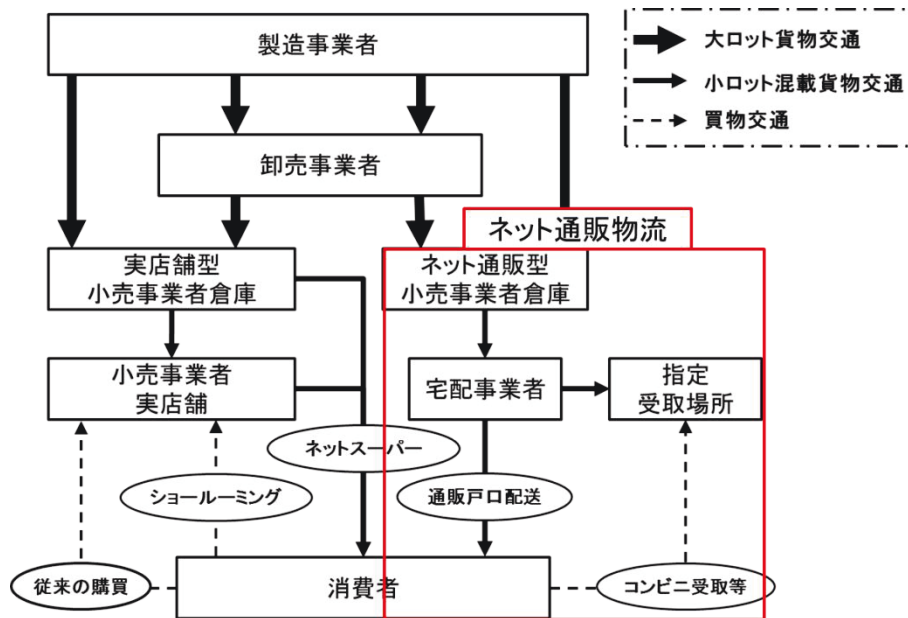


図3 ネット通販の流通形態

日本におけるネット通販物流のロジスティクスサービスプロバイダーは、主にネット通販事業者と宅配便事業者である。販売する商品を自社で直接取り扱うネット通販事業者は、商品の在庫管理・ピッキング・梱包・出荷作業といった倉庫業務を担うロジスティクスサービスプロバイダーでもある。また、輸配送の主な担い手となるのは、宅配便事業者である。

しかし近年、ネット通販物流は、消費者の様々な需要に応える形で急速に変化している。その1つである配送時間の短縮の結果、ネット通販事業者と宅配便事業者の物流システムと関係性も変化している。

ネット通販物流のシステムを構築する際、どこまでを自社で行い、どこから外部委託するかを決めなければならない。

日本のネット通販事業者は、輸配送は主に宅配便事業者に委託しながら、各社が様々なネット通販物流サービスを展開している。ネット通販事業者は、大型の物倉センターへ投資を進めてきた事業者も多く、商品の在庫管理やピッキングなどの倉庫業務に長けている。アマゾンジャパンなど自社で直接商品を管理、販売する「直販型」事業者は、特にこの傾向が強く、中小のネット通販事業者の在庫管理を代行するフルフィルメントサービスを展開している。同時に、ネット通販事業者倉庫の一層の大型化、機械化も進んでいる。さらに近年は、人口密集地を中心に、ネット通販事業者が自社で配送サービスを行うことも増えている。

ネット通販物流において、主に輸配送を担っていた宅配便事業者は、お歳暮やお中元などの贈答品文化を取り入れながら、C to C 向けの荷物を取り扱って輸配送ネットワークを発展させてきた。近年は、ネット通販が大きな発展要因となっている。一方で、生活様式や家族構成の変化もあり、ネット通販が求める配送時間短縮への対応や再配達による非効率性が課題となっている。従来は輸配送への対応が中心であるが、ネット通販の対応としては、宅配便事業者の大型仕分け拠点での在庫管理を進めている。また当日配送をより広域に展開するため、都市間の幹線輸送ネットワークの再構築が進んでいる。たとえば、ヤマトHDのゲートウェイ（GW）構想のように、大型の幹線輸送拠点の仕分け能力向上によって、従来は夜間1便を基礎とした幹線輸送に、東名阪を結ぶ多頻度輸送ネットワークを新たに取り入れている。

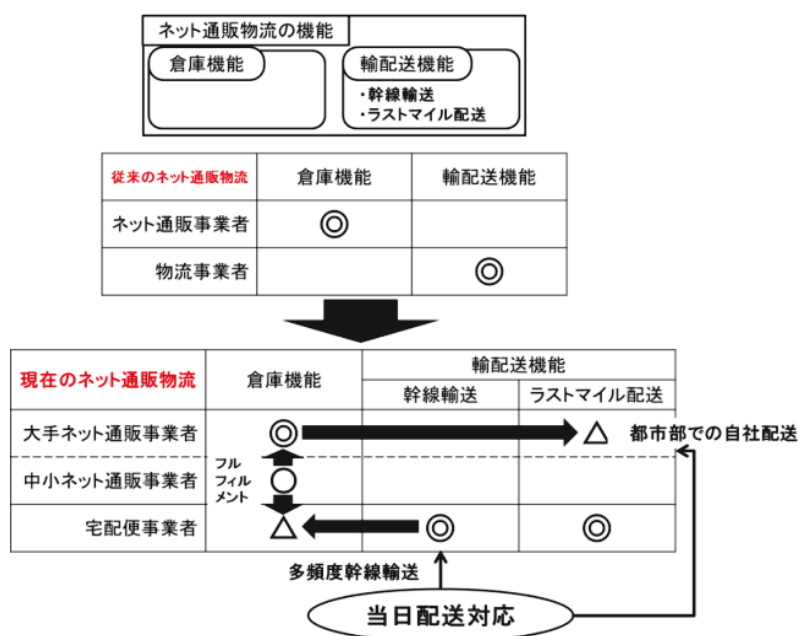


図3 ネット通販物流における構造変化

第2章 宅配便事業者物流施策が交通量に与える影響

宅配便事業者のネットワークは、まずセールスドライバー（以下、SD）が自身の担当エリアの個人や法人の荷主から荷物を集荷する。いくつかの担当エリアのSDが集荷した荷物は、1つの集配拠点に集約される。さらに、集配拠点ごとに集約された荷物は上位の幹線輸送拠点に輸送される。幹線輸送拠点には、同様にいくつかの集配拠点からの荷物が同様に輸送される。幹線輸送拠点では、各集配拠点から輸送された荷物を集約して各方面別に仕分けを行う。翌日配送を基準としたネットワークにおいては、夜まで集配拠点から輸送される荷物を集約、仕分けを行った後に、目的地別に幹線輸送を行う。目的地の幹線輸送拠点に到着した荷物は、今度は配送先の集配拠点別に仕分けられた後に輸送され、目的地の集配拠点でさらに担当となるSD別に割り振られて、各配送先まで届けられる。

さらに最近では、ネット通販の普及に伴う当日配送への需要の高まりを受けて、ヤマト運輸のような大手宅配便事業者は、都市間の当日配送にも対応できるネットワークを整備するため、幹線輸送拠点の上に、夜間だけでなく日中も含めた多頻度幹線輸送を行う大型幹線輸送拠点（ヤマトHDでの呼称はゲートウェイ。以下、GW）を東名阪の3大都市圏に配備する計画を進めている。

各宅配便事業者は、基本的には上記の集配経路で荷物を送り届けているが、拠点数や輸送経路の繋ぎ方は事業者によって差異がある。個人向けの集配ネットワークに強みを持つヤマト運輸、法人向けのサービスが事業の中核である佐川急便、郵便局というユニバーサルサービスのためのネットワークが根底にある日本郵便では、主に拠点数とそれによって生じるネットワークの稠密さに差が出る。本研究では、国内の取扱個数のシェア1位であり、個人向け配送網を活かしてネット通販物流でも存在感の大きいヤマト運輸のネットワークを参考にして、ネット通は物流の輸配送ネットワークを分析する。

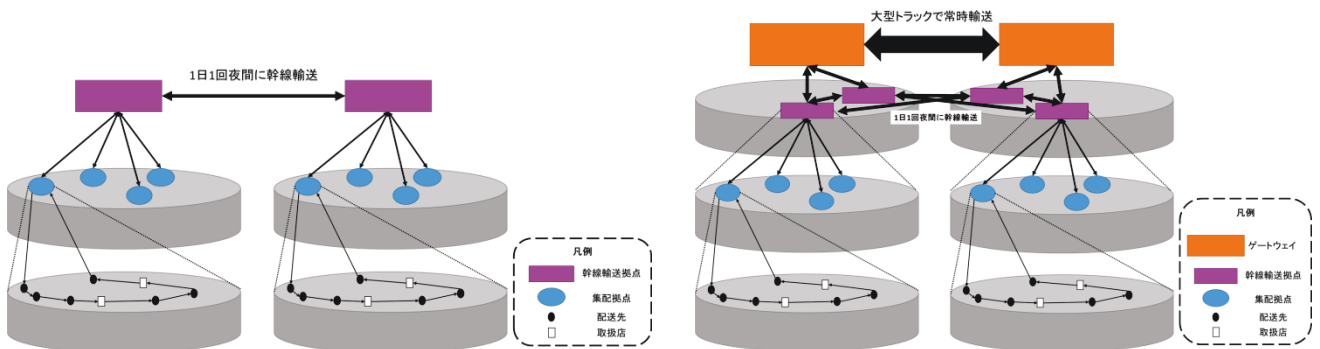


図4 (左) 翌日配送型ネットワーク (右) 当日配送型ネットワーク

貨物交通は、排ガスによる環境への負荷、騒音による周辺住民への負担、交通事故リスクの増加などの外部費用を増加させる。ネット通販物流においても、主として宅配便事業者による貨物交通が発生する。集配については、荷物の発着それぞれが決まった場所からなされるわけでないことに加え、住宅地などの細街路に入り込みやすい。また、近年問題視されている、再配達による余計な貨物交通が発生する。宅配便事業者は、社会的な影響は勿論、密集地での配送効率なども考慮して、この課題に取り組んでいる。

ネット通販事業者は、消費者の多様な需要を受けて、宅配便事業者への配送品質の向上やサービス改善を行う。宅配便事業者は、これを受けて、自社の輸送ネットワークを再編していく。そして、改善された配送サービスは、ネット通販の利便性をより高めることで、消費者の購買行動やネット通販事業者の販売戦略に影響を与える。しかし一方で、これらのサービスは貨物交通の増加を招く可能性もある。

今後もネット通販の利用はますますの増加が予測されているので、宅配便事業者はネット通販物流の効率化に迫られる。その一方で、ネット通販においては、より高度な物流サービスそのものが、消費者に訴えかけるネット通販サービスの魅力の一つとなる。4章以降では、宅配便事業者の物流施策の中でも、貨物交通量削減施策として、配送料金の明示化と配送サービスの多様化、輸送トラックの大型化（幹線輸送拠点）、集配員の集中投入による配送時間短縮の社会的費用に与える効果を検証する。

表1 ネット通販物流が交通量とネット通販需要に与える影響の整理

物流施策	貨物交通	買物交通	ネット通販の利便性
倉庫業務			
フルフィルメントサービス	±		+
物流センター・輸送拠点大型化	-		
幹線輸送			
輸送トラックの大型化	-		
ハブアンドスポークなどによる集約型ネットワーク	-		
物流センター・輸送拠点の分散	+		+
多頻度の幹線輸送(当日配送対応)	+		+
ラストマイルの集配			
台車や自転車での配送	-		
集配員の集中投入	-		
コンビニや宅配ロッカーでの指定場所受取・集荷	-	+	+
配送情報の消費者への提示 (配送の見える化)	-		+
ドローンによる配送	-		+
時間帯指定	±		+
当日配送のための専用配送ネットワーク	+		+
料金・新しい配送オプション			
配送料金明示化+配送サービスと配送料金の細分化 (遅くても良い配送への割引、1時間以内の配送や再配達への追加料金)	-		±
マクロ要因	貨物交通	買物交通	
ネット通販の利用増加	+	-	

第3章 輸送ネットワークの経済と宅配便ネットワークの構造

ネットワークを構成するのは「ノード」と、そのノード間のつなぐ「リンク」である。宅配便におけるノードとは、幹線輸送拠点や集配拠点といった物流拠点である。またリンクとは、トラック・船舶・飛行機等の輸送機材で接続される輸送経路と定義できる。日本国内の宅配便の場合、個数ベースでは、トラックによる輸送が大半を占める。輸送の費用単体はトラックの費用を考慮する必要があるが、トラックの費用はドライバーの人件費が占める割合が大きいため、費用削減には台数の削減が重要となる。物流ネットワークの生産量は、「量」だけでなく「距離」を考慮することが重要である。宅配便の場合、貨物の重量も様々なので、量を「個数」で捉え、またより費用の増減と関連した生産量として、台数と距離を合わせた「台キロ」を考慮する必要がある。

Jara-Diaz(2007)は、Caves et al.(1981)の輸送ネットワークの生産量に関する知見を取り入れて、輸送密度（リンク当りの貨物量）の増加に対して平均費用が逡減する状態を「輸送密度の経済」、ネットワークの輸送密度が一定である状態において、ネットワークサイズの拡大による輸送ネットワークの生産量の増加に対する平均費用が逡減する状態を「ネットワークサイズの経済」が働いていると定義した。

そして、宅配便ネットワークのような階層型の輸送ネットワーク構造では、ネットワークのつなぎ方そのものが、リンク自体の集約からリンク当りの輸送量を増減させて、輸送ネットワーク全体の生産性に影響を与えている。本章では、これを「輸送ネットワーク階層化の経済（ハブアンドスポークの経済）」と定義した。

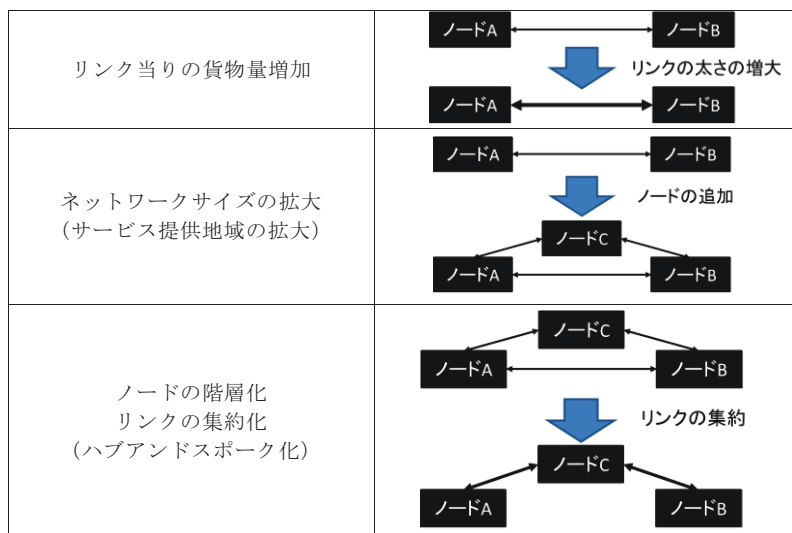


図5 リンクとノードの構成によるネットワーク構造の変化

輸送ネットワークの構造は、需要量や輸送時間の制約条件等の様々な要因を考慮して、その条件下での最適な（費用の最小化や輸送時間の最短化）ノードの配置とリンクの構成を決定する問題である。このような最適化問題は、景気変動や季節波動の影響によって増減する貨物量に対応する短期問題、大きな需要の変化（宅地開発による貨物量の増加等）に対応する中期問題、需要構造の変化（要求リードタイムの変化等）や供給側（宅配便事業者側）の技術革新が起こった場合のネットワーク再構築を扱う長期問題に区分できる。

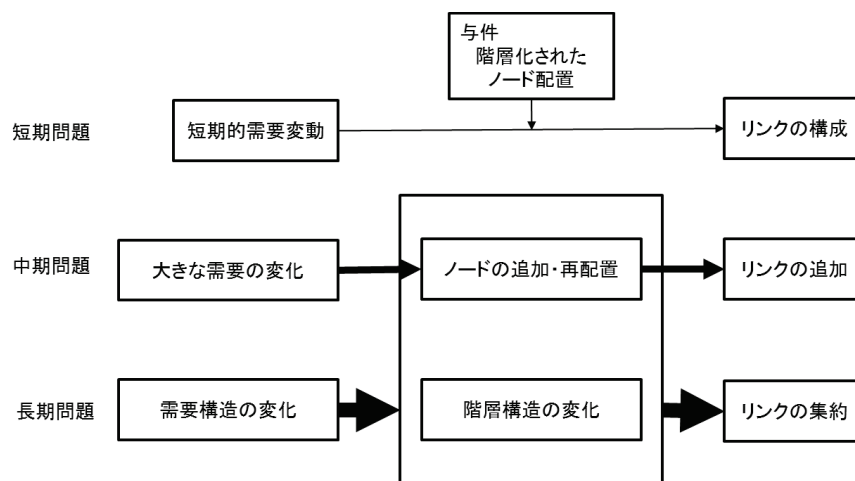


図6 輸送ネットワークの決定プロセス

輸送ネットワーク構築問題を扱った研究は、対象とするネットワークの構造と決定プロセスで分類可能である。ネットワーク形態は one-to-many・many-to-many という発着点の数（OD）で分類できる。これを踏まえ、宅配便ネットワークに置き換えた時の階層（集配、集配・幹線輸送拠点間、幹線輸送）、輸送ネットワークの決定プロセス別に、既存研究を類型化した。

表2 輸送ネットワーク構築問題の階層別類型

	ネットワーク 形態	階層			輸送ネットワーク の決定プロセス
		集配	集配・幹 線輸送 拠点間	幹 線輸 送	
徳永ほか(1995)	one-to-many	○	○		リンクの構成
Cooper(1963)	one-to-many	○	○		ノード配置 +リンクの追加
Campbell(1990)	many-to-many		○	○	ノード配置 +リンクの追加
谷口・根本(2001)	one-to-many many-to-many		○	○	ノード配置 +リンクの追加 +リンクの構成
Hall(1987)	many-to-many			○	リンクの集約

第4章 配送料金が消費者の配送オプション選択に与える影響

実店舗で商品を購入する場合と比べて、ネット通販の場合、消費者は購入した商品をただちに利用できない。それゆえに、ネット通販事業者は、宅配便事業者に配送時間の短縮を求め、遂には自らでより配送時間の短い配送サービスを提供するに至っている。

現在、国内においても、「配送料金無料」を掲げているネット通販事業者は少なくない。もちろん、実際には配送に関する費用は発生しており、この配送費用は商品価格に含まれている。このため、多くの消費者は、本来かかっているはずの配送費用を認識しづらい。そして、速達以外の配送サービスを選択する（または、不在にならずに受け取ろうとする）消費者のインセンティブを喚起できていない可能性がある。そのためにも、配送料金を商品価格に内包せずに明示化することで、希望するサービスにかかる費用に応じた消費者負担が実現できる仕組みづくりが必要となる。

アマゾン世界各国でネット通販サービスを展開しているが、配送サービスは国によって異なる。注目すべきは、アマゾンの本社があるアメリカである。書籍、衣服、電化製品、化粧品等 30 種類以上の商品を 10 程度の商品群に分類し、商品群ごとに配送料金と出荷手数料が発生し、それも配送時間で異なる料金が設定されている。

商品を購入する場合、購入する場所が実店舗、ネット通販に関わらず、消費者は商品価格以外にも、交通費などの直接的な費用や時間などに伴う費用を要する。本論文では、消費者が特定の商品を購入するまでに要する費用を「購買費用」と定義し、消費者が購買行動を決定する際の購買費用を、時間価値に基づく時間費用であると仮定して定式化し、実店舗とネット通販の場合で消費者の購買費用を単純に比較した。その結果、かなり強い仮定の下ではあるが、実店舗型では、移動時間の費用が大きく、ネット通販型の 1.5 倍の費用がかかるという結果となった。しかし、ネット通販を利用したことがない消費者も少なくない。これは、試着できない、商品が届くか不安という、ネット通販に対する不効用（費用）を定量化して考慮できていないことにある。また、消費者の購買行動そのものに対する正の効用が考慮されていないことも挙げられる。加えて、消費者の時間価値を一律に決められないというモデル上の問題もある。

そこで、時間価値に応じた「遅い」配送というサービスによって、多様な時間価値を持つ消費者の需要に応える可能性がある。現状、日本の宅配便サービス水準は、翌日配送を基準として非常に高い。それよりも早く届けるとなれば、料金を支払うことでサービスを受けられる一方で、それよりも遅いサービスに対する割引がある場合は稀である。すなわち、商品をすぐに受け取る必要がない状況の消費者にまで、一律に同様のサービス水準で提供していることになる。「遅い」配送の導入によって、急がない消費者がそのサービスを利用することは、宅配便事業者にとっても荷物量の平準化に繋がる可能性がある。そうなれば、人員の配置や設備の利用を効率化できる可能性もある。ただし、

荷物を滞留させることで、宅配便事業者らの費用負担になる可能性も考慮しなければならない。

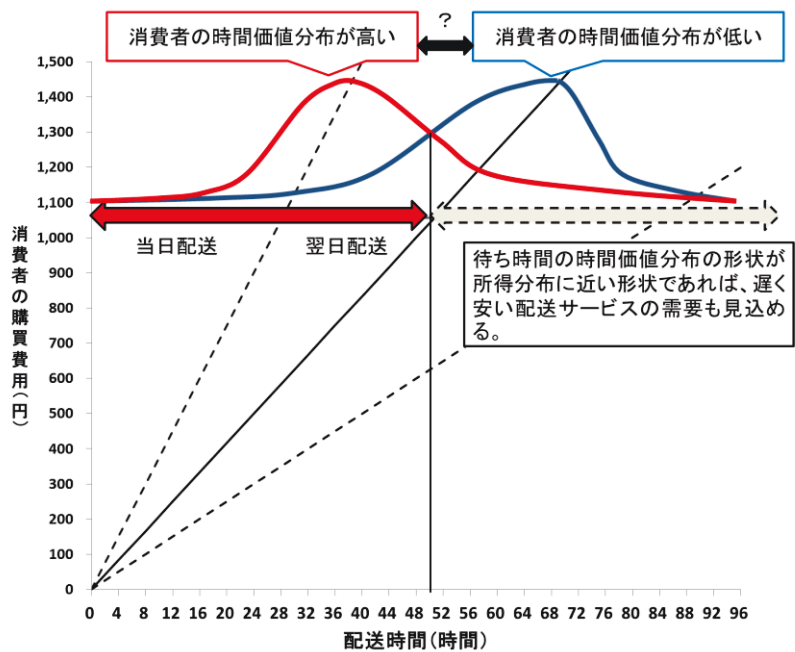


図7 配送時間の時間価値分布と「遅い」配送

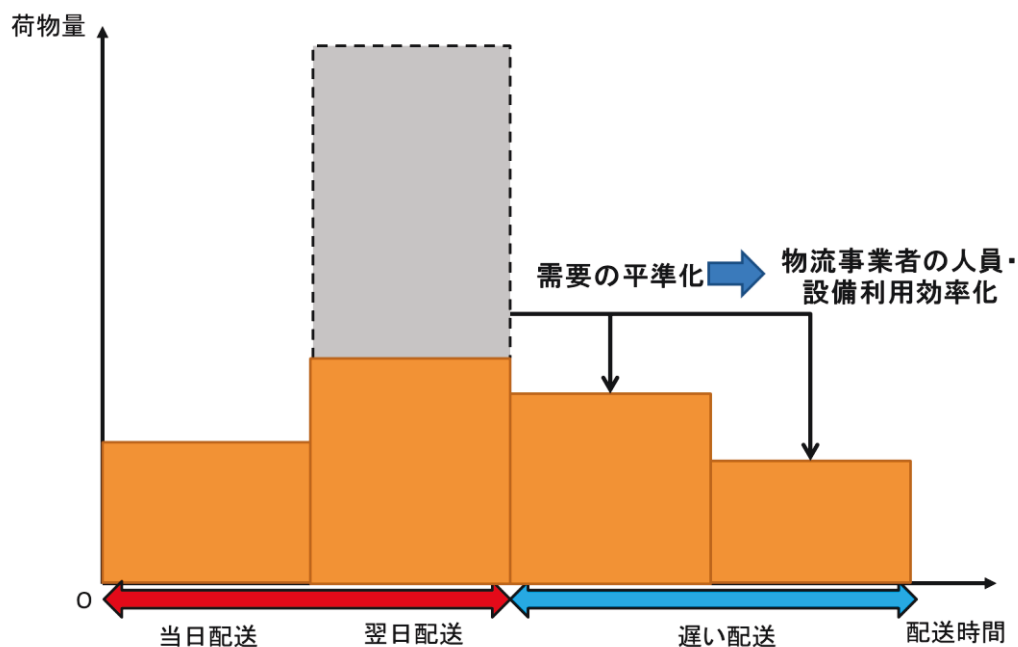


図8 「遅い」配送による配送時間ごとの荷物量の平準化

第5章 幹線輸送ネットワーク

宅配便事業者の幹線輸送ネットワークは、各幹線輸送拠点間を、1日で1便から輸送量が多い拠点間で数便の直行便で結んだ経路構成をしている。これは、各発荷主から集配拠点、各集配拠点から幹線輸送拠点での、ハブアンドスポーク型のネットワークとは対照的である。幹線輸送拠点間が個別の直行路線で結ばれている主な理由の一つが、翌日配送に代表される時間制約の厳しさである。

本章で取り扱うモデルは、各幹線輸送拠点を発着地（Origin-Destination；以下 OD とする）とする many-to-many 型の、立ち寄り型（特定の拠点をハブとして集約するのではなく、トラックが目的地までの運行ついでに、違う拠点に立ち寄って、同じ目的地の荷物を混載する）の積替えを考慮した、短期的な輸送経路（リンク構成）を決定するモデルである。全国 70 カ所の幹線輸送拠点間の平均輸送量や距離などは、ヤマト運輸より提供いただいたものを利用する。そして、幹線輸送拠点における大型トラック（セミトレーラトラック）導入の効果を評価する。

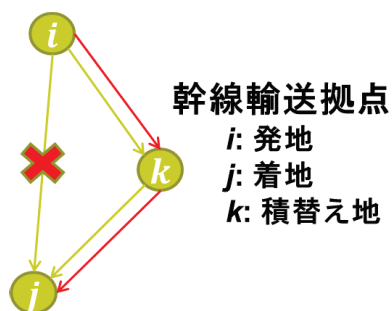


図9 「立ち寄り」の積替えによるトラックの経路変更イメージ

幹線輸送拠点間の輸送経路を決定するのは、事業者の運行費用である。事業者は運行費用が上がるような経路選択は行わないものとする。328,440 通り (=70×69×68) の積替え経路候補から、トラックの積載率、復路の考慮、翌日配送を想定した時間といった制約条件の中で、最も費用を削減する組み合わせ 1 つを実行する。それに伴い、所与の輸送量 OD を変更させて、また最も費用の削減を達成する組み合わせの積替えを OD 上で再現する。これを、費用の削減効果がなくなるまで繰り返す。

Case.0 は 10t 車を利用した積替え前の費用を、Case.1 では 10t 車で積替えを実行した場合、そして Case.2 では 10t 車に加えてセミトレーラー（15t 車）を導入して積替えを行った場合の費用を推計する。なお、セミトレーラーは 10t 車の 1.5 倍の積載容量があり、1 台キロ当りの 10t 車の費用を 1 とした時、その費用は約 1.3 倍であると仮定する（ヤマト運輸へのインタビュー調査より）。

表 3 施策ケース

	トラック種別	$L = L_{BOX} \times LB_T$	S	M
Case.0 【基準】	10t車	720 = 45 × 16	60	1.0
Case.1	10t車	720 = 45 × 16	60	1.0
Case.2	セミトレーラー	1,080 = 45 × 24	50	1.3
	10t車	720 = 45 × 16	60	1.0

表 4 施策ごとの宅配便事業者の費用削減効果

		トラック種別	台キロ	総費用 (円)	費用削減効果 (Case.0と比較)	費用削減効果 (Case.1と比較)
Case.0	10t・積替なし	10t	4,119,140	¥594,391,902		
Case.1	10t・積替あり	10t	3,823,315	¥551,704,383	¥42,687,519 7.18%	
Case.2	セミトレーラー導入	10t	2,555,998	¥445,486,135	¥148,905,767 25.05%	¥106,218,248 19.25%
	積替え有	セミトレーラー	354,079			

表 5 施策ごとの外部費用

	走行台キロ	中位推計	費用削減率 (Case.0と比較)	費用削減率 (Case.1と比較)
Case.0	4,119,140	¥543,726,480		
Case.1	3,823,315	¥504,677,606	¥39,048,874 7.18%	
Case.2	2,910,077	¥384,130,177	¥159,596,303 29.35%	¥120,547,429 23.89%

表 4 はシミュレーション実行後の Case の走行台キロ、総費用、そして総費用の削減率である。Case.2 については、走行台キロの費用とは別にセミトレーラーを全幹線輸送拠点に、幹線輸送拠点拡張費が一律に発生すると仮定している。

まず、Case.0 と 1 を比較すると、積替によって 7.18% の費用削減効果があったことが分かる。また、Case.2 では輸送量が 10t 車一台分よりも多い拠点間にセミトレーラーを導入した結果、Case.1 と比較して 19.25% の費用削減効果を示した。

トラックの大型化という施策は、台キロを削減する効果があるため、事業者の費用と外部費用両方の削減効果が発揮される。事業者の効率化（費用削減）は、往々にして外部費用を増加させる可能性があるが、物流事業者の貨物交通の台キロ削減によって、事業者の費用と外部費用を同時に削減して、社会的費用の削減効果が発揮することを本章のモデルにて確認することができた。

第6章 宅配便のラストマイルネットワーク

ネット通販の利用増による宅配便の取扱個数の増加は、受取人不在による再配達のリスクを高めている。これは、ネット通販においては個人宅に配送する荷物が多いこと、近年の共働き世帯数や単身世帯数の増加という影響も大きい。

ラストマイルネットワークにおける再配達削減のため、宅配便事業者は既にいくつかの施策に取り組んでいる。時間帯指定、コンビニや営業所等での受取場所指定がその代表である。また、自宅やマンション等の集合住宅における共用の宅配ロッカーを設置している場合、消費者が荷物の配送を認めていれば、消費者が在宅かどうかに関わらず、シンプルな配送が可能となる。

このような施策は、配送トラックの稼働距離を短縮して貨物交通の削減にも繋がる。一方で消費者にとっては、指定時間帯に自宅での待機が求められる、受取場所までの移動やそこからの荷物の運搬、宅配ロッカーの設置・維持等に必要な費用が発生してしまう。これらの施策は、消費者の選択に依存することになるが、消費者がそれらの選択を行うだけの費用減（便益）を感じない場合は、当然それらの施策は実行できない。

その中で、宅配便事業者が配送方法を工夫することで、不在による再配達や駐車場所の確保を減らそうとしている事例もある。その代表が、都心部で特に多く見られるような台車や自転車での配送である。しかし、小規模とはいえ拠点を設置するには相応の費用がかかってしまう。そこで、ヤマト運輸や佐川急便は、トラックから台車に荷物を受け渡し、そこから台車で最後の配送を行う「チーム集配」という仕組みを進めている。本章では、このチーム集配の社会的影響について分析する。

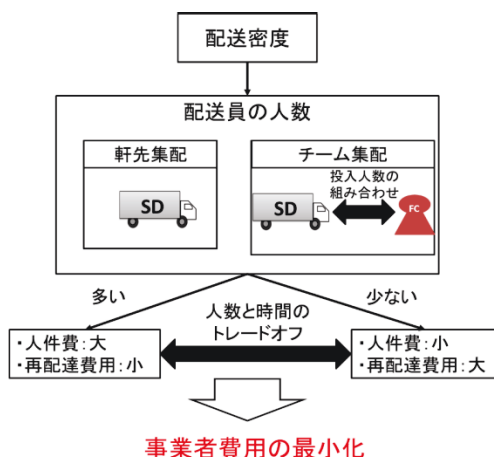


図10 チーム集配モデルの概念図

チーム集配は午前中の集中配送によって再配達削減を見込む一方で、SD（ドライバー）に加えて複数のFC（台車での配送員）を動員するため、宅配便事業者の費用の

増加を招く可能性がある。SD や FC の数は、配送件数や配送完了までの時間（時間制約）の影響を受けるため、宅配便事業者はどのような地域でチーム集配を実施すべきかを検討する必要がある。本モデルでは、不在率が高くなる前に配送員を大量投入して配送を完了するか、時間をかけてでも少数の配送員で配送を行うかという問題と、投入する配送員の SD と FC の組み合わせをどうするかという問題を、事業者費用の最小化という条件で解き、配送密度ごとにトラックのみの軒先集配とチーム集配を比較する。

一定面積当りの配送件数（配送密度）ごとに事業者の配送費用を最小化する SD と FC の組み合わせを決定し、配送密度ごとの費用を表したものが図 6.7 である。

低密度の配送地域では 1 件ごとの配送距離が長くなるため、軒先集配の方が小さい費用で配送を行うことができるが、配送密度が高くなるにつれてチーム集配の 1 件あたりの費用の方が小さくなった。今回のモデルでは、SD と FC の人件費それぞれを一定の雇用時間から算出しているため、一定の配送密度になると配送員が追加され、固定費が発生するようなグラフとなる。ただし、この結果は、SD の賃金を FC の 1.8 倍程度としたうえでの結果である。もし、前述したように、FC を確保することが困難となった場合、FC の賃金を高く設定した場合が、図 11 の破線である。この条件下では、現行のチーム集配モデルを参考にして、SD と FC に約 1.8 倍の賃金差があると仮定した場合と比べて、約 2 倍強の配送密度でチーム集配の 1 件当たりの事業者費用が軒先集配を下回った。

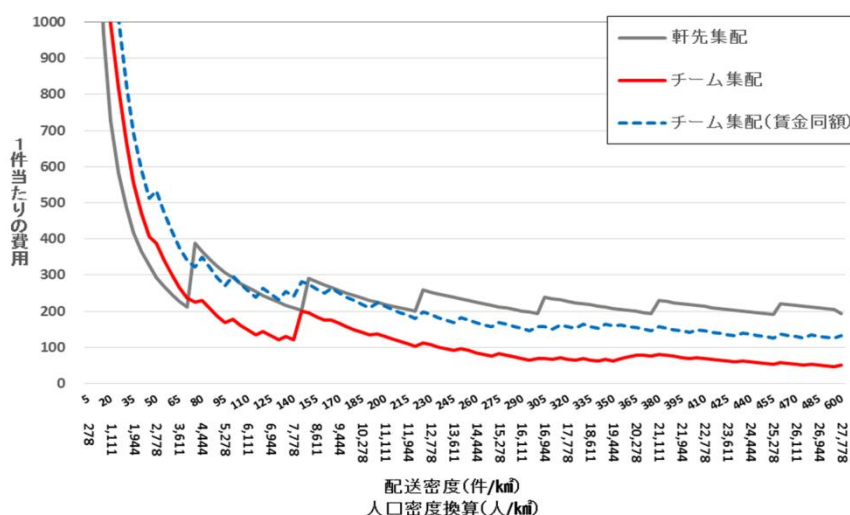


図 11 軒先集配とチーム集配の事業者費用の比較

また、人口密度と宅配便の一人当たり受取個数を基に、全国の配送密度を推計し、この結果がどの程度の地域で成り立つかを調査した。人口密度から推計した配送密度では、現在のように SD と FC の賃金格差が存在する場合は、3 次メッシュ数ベースで約 20%、人口ベースで約 85% の範囲でチーム集配の導入可能性があるという結果となった。また、賃金が同額地域でも、3 次メッシュ数ベースで約 5%、人口ベースでは約 55% の地域が

導入可能地域となることが分かった。これは、いくつかの地域さえ押さえれば、相当数の荷物をチーム集配方式で配送する効果があるということである。都市圏の中心部では、サテライトのような小型拠点を活用している場合もあるが、サテライトは小型とはいえ、拠点を借り上げる費用やスペースが必要となるが、チーム集配では集配トラックとFCさえ揃えば導入が可能となる。

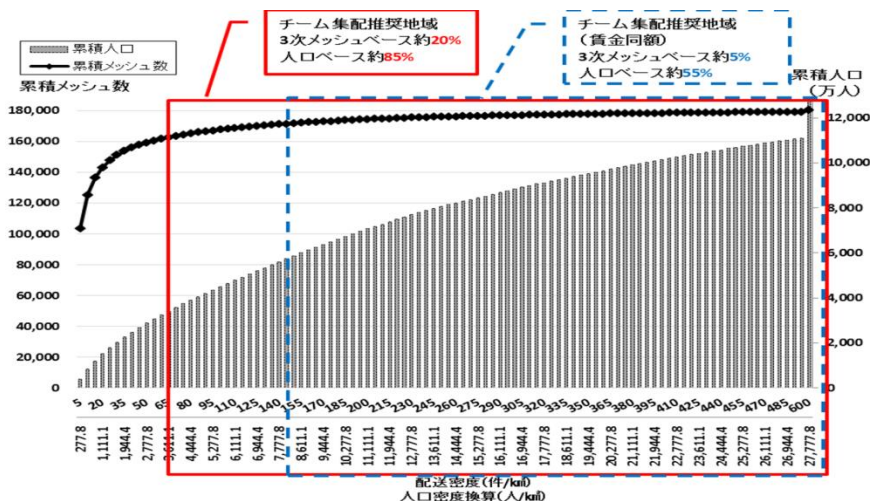


図 12 事業者費用の結果を基にしたチーム集配導入推奨地域

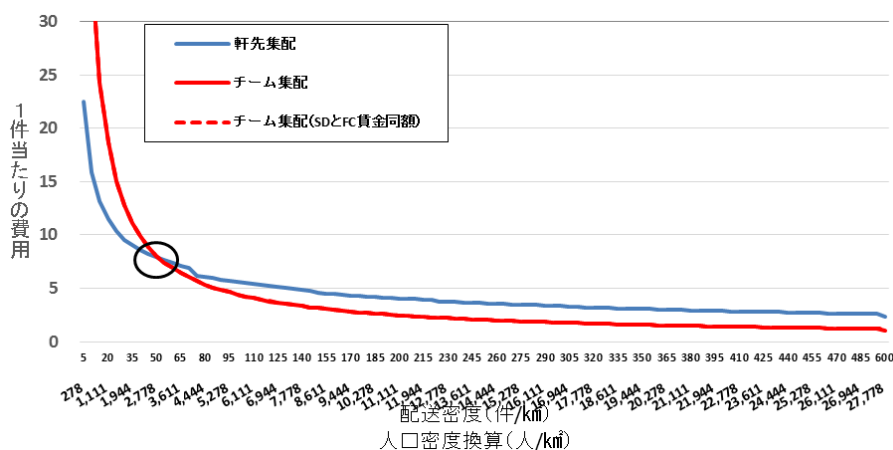


図 13 幹先集配とチーム集配の外部費用の比較

台車とトラックの組み合わせ、短時間集中配送による再配達削減による台キロ削減は、当然外部費用も削減する。幹線輸送トラックの大型化同様、事業者費用と外部費用の両方の削減施策として期待される。また、外部費用の幹先集配とチーム集配の分岐点が低いことから、宅配便事業者（または、間接的にネット通販事業者や消費者）が外部費用を負担する仕組みになれば、より広範な地域でチーム集配が有効になり得る。

終章 今後の展望と課題

本論文ではまず、宅配便事業者とネット通販事業者のネット通販物流全体における関係性の変化から、ネット通販物流の構造変化を明らかにした。そして、ロジスティクスの研究において、宅配便ビジネスを基礎としたネットワーク論の経済学的知見を導出した。また、幹線輸送においては積み替えを想定したトラックの大型化施策、ラストマイルにおいてはトラックと台車によるネットワーク構造の階層化施策の効果を評価することで、以下のように仮説を検証した。

1. 幹線輸送ネットワークとラストマイルネットワークそれぞれで、事業者の費用削減のための効率化施策が、同時に環境、騒音、事故、混雑等の外部費用も削減することで、事業者の費用と外部費用の2つから社会的費用の削減効果を示した。
2. また、定量的な評価は課題に残したが、配送料金の明示化によって、消費者が望むサービスに適切な料金を支払うことによって、消費者の需要を満たすと同時に余分な貨物交通の削減を達成できる可能性を示した。

ただし、消費者の選択（サービス需要に対する価格弾力性）の把握に課題を残し、ネット通販を利用する消費者の行動に影響を与えるような料金施策の評価は、理論の範囲での効果を提唱するに留まり、現状のデータでは貨物交通の削減にどの程度寄与するかを十分に確認することはできなかった。受取場所の指定や時間指定は、事業者サイドではコントロール不可能な部分も多く、料金等を用いて消費者を誘導可能かどうかが重要となる。そのため、今後消費者の配送に対する時間価値を定量的に捉え、配送サービスに対する需要関数の導出が課題となる。

また、経済学的な観点からの分析・評価だけでなく、複雑な料金体系などが消費者に与える煩わしさといったマーケティング的な観点での分析・評価から、消費者の効用・不効用も含めた社会的費用での分析を行う必要がある。

さらに、配送料金の「見える化」を実現するためには、行政施策としてのアプローチも検討する必要がある。フランスでは、法的に書籍の配送料金の明示化を義務付けたが、経済学的な理論的裏付けを基に、現在政府において通信分野などで協議されているような、配送料金の「見える化」を実現するための行政施策の在り方を検討していくことが、政策的提言のためにも重要であると考えられる。

また、3章で定義した「輸送ネットワーク階層化の経済（ハブアンドスポークの経済）」については、「積み替えによる輸送経路の集約」というネットワーク構成の変化の一部のみを検証したに過ぎない。現在、実際に進んでいる幹線輸送における新たなネットワークの階層化は、ヤマトHDの「ゲートウェイ構想」に見られるような、当日配送への対応という狙いを含んでいる。これは、これまでのように可能な限り費用を削減してネットワークの効率化を図る、という目標とは異なる考え方である。

本論文の今後の発展性として、多頻度幹線輸送を想定したモデルの改良が1つ、そして消費者の購買費用とラストマイルネットワークモデルを利用した買物弱者対策の施策効果が1つ、最後にIoT技術がネット通販物流のネットワーク全体に与える影響を整理し、幹線輸送ネットワークとラストマイルネットワークにどのような影響を与えるかを定量的に評価する、という施策評価を行っていこうと考えている。