

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

宮武 宏輔

【目次】

序章 問題設定

第1節 研究の問題意識と目的	1
第2節 本研究の位置づけ	4
第3節 本論文の構成	7

第1部 分析の枠組み

第1章 ネット通販の発展に伴うネット通販物流の変化	10
第1節 ネット通販物流の定義と担い手	11
第1項 本論文におけるネット通販物流	11
第2項 ネット通販物流の担い手	12
第2節 ネット通販事業者によるネット通販物流	12
第1項 ネット通販の定義	12
第2項 ネット通販の発展要因と配送サービスの役割	13
第3項 日本におけるネット通販市場の特徴	14
第4項 ネット通販事業者のネット通販物流における取組	17
第3節 宅配便事業者によるネット通販物流	22
第1項 宅配便の定義	22
第2項 宅配便ネットワークの発展プロセス	23
第3項 日本の宅配便市場	23
第4項 宅配便事業者のネット通販物流における取組	29
第4節 ネット通販物流の構造変化	32
第1項 当日配送ネットワーク整備の課題	32
第2項 ネット通販物流の外部調達	32
第3項 ネット通販物流の機能と担い手の変化	33
第2章 宅配便事業者物流施策が交通量に与える影響	35
第1節 貨物交通と買物交通	36
第1項 貨物交通	36
第2項 買物交通	36
第3項 貨物交通と買物交通の社会的影響とネット通販	37
第2節 実店舗型流通とネット通販型流通における貨物交通と買物交通	39
第3節 宅配便事業者の輸配送ネットワーク構造	40
第1項 ネット通販の発展と交通量の変化	40
第2項 宅配便事業者のネットワーク構造	42
第4節 ネット通販物流施策の交通量への影響	45
第1項 倉庫業務	45
第2項 幹線輸送	45

第3項	ラストマイルの集配	46
第4項	物流施策がネット通販と交通量に与える影響	46
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	48
第1節	輸送における費用と生産量	50
第1項	宅配便ネットワークにおける費用	50
第2項	宅配便ネットワークにおける生産量	51
第2節	宅配便ネットワークにおける規模の経済	51
第1項	輸送密度の経済	53
第2項	ネットワークサイズの経済	54
第3項	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）	55
第3節	ネットワーク形態の変化とネットワーク最適化問題の関係	56
第1項	輸送ネットワーク構築の計画	56
第2項	多層化した宅配便ネットワーク	57
第3項	宅配便ネットワーク構築問題へのアプローチ	58
第4節	ネットワーク最適化問題の類型化	58
第5節	ネット通販の発展と宅配便ネットワークの階層構造の変化	60
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	62
第1節	消費者がネット通販を選択する要因と配送料金	64
第1項	消費者の需要に応えるネット通販サービス	64
第2項	時間価値に応じた配送サービスと消費者負担	65
第2節	ネット通販の配送サービスと料金の現状	66
第1項	日本	66
第2項	ドイツ	67
第3項	フランス	67
第4項	アメリカ	68
第3節	実店舗型とネット通販型における消費者の購買費用の比較	70
第1項	購買費用の定義と購買費用の比較条件の整理	70
第2項	各費用の算出	71
第3項	考慮していない費用と便益	72
第4節	宅配便サービスと消費者の購買費用	73
第1項	「配送料無料」が「まとめた配送」を阻害する可能性	73
第2項	消費者の時間価値と「遅い」配送	75
第5章	幹線輸送ネットワーク	78
第1節	本論文における幹線輸送ネットワークモデル	79
第2節	総費用の定義	79

第3節 費用削減効果	81
第4節 制約条件	82
第1項 満載トラックの直行	82
第2項 ターミナル間の相互の運行トラック台数	83
第3項 時間制約	84
第5節 モデルの計算フロー	85
第1項 フローチャート	85
第2項 単位当り費用の決定	87
第3項 セミトレーラー導入にあたっての幹線輸送拠点拡張費用	88
第6節 施策の概要と結果	88
第1項 宅配便事業者の費用	89
第2項 外部費用	91
第3項 モデルの改善に向けて	92
第6章 宅配便のラストマイルネットワーク	94
第1節 ラストマイルネットワークにおける現状と対応策	95
第1項 ラストマイルネットワークにおける現状と課題	95
第2項 施策の整理	95
第2節 消費者の選択に依存する施策	97
第1項 時間帯指定	97
第2項 受取場所指定（公共施設や商業施設の宅配ロッカー）	98
第3項 自宅用宅配ロッカー	100
第3節 消費者の選択に依存しない施策（チーム集配）	100
第1項 概要	100
第2項 効果	102
第3項 モデルによる検証	103
第4項 結果	110
第5項 外部費用	112
第6項 モデルの改善に向けて	114
終章 今後の展望と課題	115
第1節 各章のまとめ	115
第2節 本論文の今後の展開可能性	117
第1項 多頻度小口化する企業間物流と当日配送のための幹線輸送網	117
第2項 社会インフラとしてのネット通販—買物弱者の救済—	118
第3項 ネット通販物流のIoTを活用した効率化	119

【図表索引】

図 0.1	本研究の研究範囲	2
図 0.2	評価を行う施策の範囲	3
図 0.3	本研究の問題設定	6
図 0.4	本研究の本論文の構成	8
図 1.1	ネット通販の流通形態と本研究における「ネット通販物流」	11
図 1.2	日本におけるネット通販販売額と小売販売額に占めるネット通販の比率	14
図 1.3	各国の小売市場に占めるネット通販市場の割合	15
図 1.4	宅配便（トラック）の取扱個数の推移	26
図 1.5	宅配便の輸送モード分担（個数ベース）	27
図 1.6	クロスブルソータのイメージ図	31
図 1.7	ネット通販物流における構造変化	34
図 2.1	宅配便の階層型ネットワーク	43
図 2.2	GWを組み入れた宅配便ネットワーク	44
図 2.3	ネット通販物流と宅配便ネットワークの位置づけ	44
図 3.1	本研究で定義するネットワーク構造の変化	53
図 3.2	ハブアンドスポーク型ネットワークによるリンクの集約	55
図 3.3	輸送ネットワークの決定プロセス	56
図 4.1	ネット通販を利用する主な理由	64
図 4.2	購入時の配送料金と出荷手数料の適用例（Standard Shipping 選択時）	69
図 4.3	「配送料金無料」が消費者に配送料金を過剰に支払わせている	75
図 4.4	配送時間の時間価値と「遅い」配送の可能性	77
図 4.5	「遅い」配送による配送時間ごとの荷物量の平準化	77
図 5.1	積替えによる輸送量の OD 表変化例	81
図 5.2	満載トラック条件	83
図 5.3	復路トラック条件	84
図 5.4	モデルのフローチャート	86
図 5.5	ロールボックスパレット	88
図 5.6	幹線輸送拠点ごとの積替個数	90
図 6.1	配送方法の変化による配送効率化施策	88
図 6.2	都内の「はこぼす」と操作端末	99
図 6.3	DHL 社の Packstation	99
図 6.4	（左）1 都 3 県の PUDO 配置、（右）東京メトロ南行徳駅の PUDO	100
図 6.5	軒先集配とチーム集配	101
図 6.6	チーム集配モデルの概念図	105

図 6.7	軒先集配とチーム集配の事業者費用の比較	111
図 6.8	3 次メッシュ数と人口ベースのチーム集配導入可能地域	112
図 6.9	軒先集配とチーム集配の外部費用の比較	113

表 1.1	主な事業者が提供する「宅配便」サービス	23
表 2.1	ネット通販による交通増加要因・減少要因	41
表 2.2	宅配便の物流施策と交通量への影響	47
表 3.1	輸送ネットワーク構築問題の階層別類型	59
表 4.1	アマゾンジャパンの配送サービス	66
表 4.2	アマゾンドイツの配送サービス	67
表 4.3	アマゾンフランスの配送サービス	68
表 4.4	アマゾンドットコム of 配送料金と出荷手数料	69
表 4.5	消費者の購買費用の比較	72
表 5.1	積載容量と積替え作業の効率度	87
表 5.2	Case 毎の条件	89
表 5.3	施策ごとの宅配便事業者の費用削減効果	90
表 5.4	兒山・岸本(2001)による大型トラックの台キロ当り外部費用	92
表 5.5	施策ごとの外部費用	92
表 6.1	主要宅配便サービスの指定可能時間帯 (2105 年 12 月現在)	97
表 6.2	チーム集配の効果	103
表 6.3	各条件の整理	110
表 6.4	兒山・岸本(2001)による小型トラックの台キロ当り外部費用	114

謝辞

2011 年 4 月に一橋大学大学院商学研究科に入学してから既に 6 年が経過しようとしています。筆者が、本論文を執筆できたことは、ひとえに指導教官である根本敏則先生のご指導のおかげです。2008 年の学部ゼミ時代から考えれば、根本先生にご指導いただいた年数はほぼ 9 年にもなります。

2010 年に一橋大学商学部商学科を卒業し、一度は民間の金融機関に就職したものの僅か半年で退職した筆者の研究室への「出戻り」を根本先生は認めてくださいました。そしてそれ以降、研究への取り組み方、事象の捉え方、分析・政策的評価の手法にいたるまで、多くのご指導をいただきましたまたゼミをはじめ、研究会、国内外の学会等、多くの研究発表の機会を与えていただきました。それらが全て、私の研究の視野を広げ、そして多いに刺激となりました。改めてここで、そのことについて深く感謝いたします。根本先生には数多くのご迷惑をおかけしてきましたが、博士論文の提出についても、昨年度提出ができなかったために、根本先生が一橋大学で教鞭をふるわれる最終年度での提出となりましたことについては、謝辞の場で述べるのも奇妙ですが、お詫び申し上げます。

研究という面だけでなく、教育者としての取り組み方と姿勢についても、根本先生からは多くのことを教わりました。ゼミを中心として、先生の教育の場にご一緒させていただいた数多の経験は、今後の私の教育者としての人生の大きな財産であると思っています。

また、同じく一橋大学大学院商学研究科の山内弘隆先生にも、大変貴重なご指導をいただいたこと深く感謝致します。山内先生には休日問わずゼミを開催していただき、典型的な経済学的アプローチからはやや外れた筆者の分析手法について、度々広い視野でのご指導をいただきました。

博士論文に限らず、根本研究室の方々には様々な面で助けていただきました。研究室の先輩であり、博士論文での執筆に度々相談に乗って頂いた味水佑毅氏、中拂諭氏にも心より御礼申し上げます。また、後輩にあたる楊絮氏、丸山貴之氏にも、頼りない先輩を支えていただきました。そして、根本研究室にて様々な面で、ご相談や宮武の雑談のご相手をしてくださった和泉恵子氏にも、この場を借りて御礼申し上げます。

商学研究科事務室の方々にも、思い返せば助けられてばかりでございました。特に、長谷部道子氏には事務処理全般でお助けいただいただけでなく、数多くのご相談にも乗っていただきました。

日本交通政策研究会における研究チームの方々には、研究会や実地調査の度に的確なご意見を頂き、感謝の念に堪えません。現在勤務する流通経済大学での上司に当たりま

す林克彦先生には、特に博士論文の執筆状況などでご心配もおかけしてしまいました。研究会の先生方のご助言に加え、本論文執筆にあたり、貴重なデータや示唆を提供してくださった株式会社ヤマトホールディングスの皆様にも深く感謝を致します。

そして、論文執筆中においても支えて頂いた大学院根本ゼミ及び山内ゼミの皆様、学部ゼミ、友人にもこの場を借りて御礼申し上げます。

また、精神的な支えという意味では、鈴木佳菜子氏の存在も非常に大きかったです。度重なる私の愚痴は煩わしかったでしょうが、聞き役を務めていただいたうえに、時に私以上に冷静に状況を見たうえで、かけていただいた激励(?)、深く感謝いたします。

最後に、就職した会社を退職し、大学院に進むことを認めていただいた、父・宮武茂典、母・礼子、妹・茉由、家のアイドル・ハナの家族に改めて感謝の念を申し上げます。実家から通うことができるという恵まれた環境がなければ、ここまで進むこともできませんでした。どのような感謝の言葉が良いのか、ここに至っても適切な言葉は浮かびませんが、長年経済的にも精神的にも支えていただき、誠にありがとうございました。今後、研究者として、教育者として精進し、そして一人の人間として、頼れる存在となるよう、ここに誓います。

2017年2月

宮武 宏輔

序章 問題設定

第1節 研究の問題意識と目的

インターネット通信販売（以下、ネット通販）は、既に多くの消費者にとって欠かせないサービスの一つとなっている。それまで、都心部などの一部の地域のみでしか購入できなかった商品を、日本中または世界中で購入できるようになった。これにより、消費者の居住地による買物可能な商品の種類の格差は、以前に比べて小さくなっている。

宅配便というサービスは、ネット通販物流を支える大きな役割を担っている。宅配便は、消費者をはじめとした小口の荷主から、比較的小さいサイズの荷物を集め、それを複数の送り先に配送するサービスである。日本でも、お中元やお歳暮といった贈答品の配送は、宅配便サービス初期の成長の原動力となった。かねてより、カタログやテレビの通販の配送において宅配便は利用されてきたが、インターネットの普及に伴って、消費者の購買に占めるネット通販の割合が増加する近年、宅配便は一層社会的なインフラとして一層注目されるようになっている。

一方で、消費者（この場合は、ネット通販における購入者）の自宅までの配送や再配達が標準サービスである日本の宅配便において、不在による再配達の増加は、現在の宅配便サービスの維持を困難にする可能性がある。政府も、2015年には「宅配の再配達の削減に向けた受取方法の多様化の促進等に関する検討会」を発足し、再配達によって余計に配送を行わなければならないことによる、宅配便事業者の損失や排出ガスの増加分の試算を発表している。この他にも、宅配便のトラックによる「貨物交通」が増加することで、道路の混雑を招く可能性、細街路を中心に事故のリスクを高める可能性も懸念されている。

ただし、ネット通販の利用が増加することで、単純に消費者の消費が増加するわけではない。これまで、自動車で買物に出かけていた消費者の何割かが、アパレルなどの商品の購入をネット通販に切り替えれば、その分だけ消費者の「買物交通」を削減することになる。

消費者が自身、またはその家族や友人の商品だけを運ぶ買物交通と違い、宅配便は複数の消費者の商品を混載する。すなわち、単純に比較すれば、ネット通販の普及は貨物交通量を増加させるが、買物交通量を減少させる。総交通量の観点では、混載を行う貨物交通量の増加分は、買物交通の減少分よりも少なくなる可能性がある。すなわち、ネット通販は、総交通量の削減に貢献するという見方もある。

ただし、ネット通販の普及によって単純に増加する消費量（従来まで眠っていた需要が掘り起こされる）、届け先不在による再配達で増加する追加的な貨物交通、日本の都

心部のように、自動車ではなく公共交通が使用されている地域で増加する貨物交通量、といった要因も影響し得るということに留意する必要がある。

さらには、ネット通販のサービスが高度化するのに伴い、より速く、より便利な配送サービスが求められるようになってきている点も重要である。大手ネット通販事業者は、実店舗のように購入してすぐ入手できる、という利便性を再現するために、当日配送や購入後数時間以内の配送というサービスを打ち出すようになってきている。

このように、ネット通販の発展は、消費者、ネット通販売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。

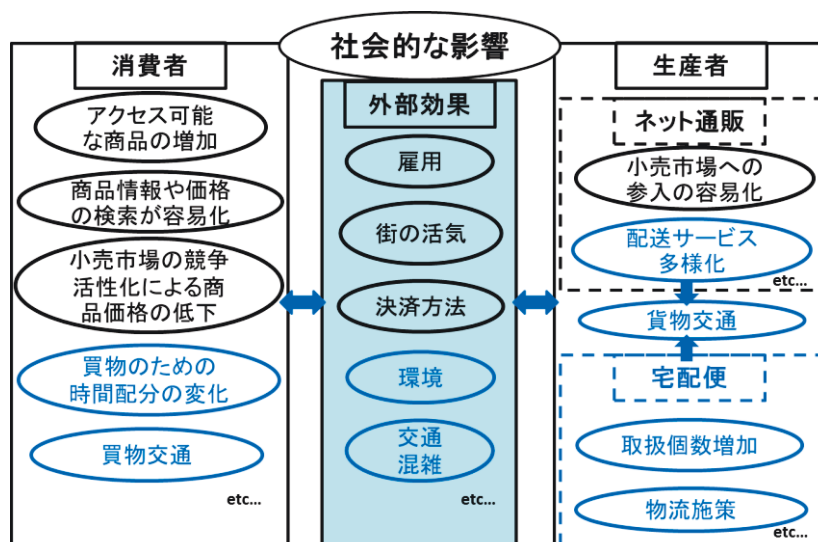


図0.1 本研究の研究範囲

ただし、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。

そしてその結果は、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ため、社会的費用の削減も期待されている。

本研究では、ネット通販における物流サービスとそれを支えるネットワークを俯瞰的に分析しつつ、本論文の後半の章では、図 0.1 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の評価を行っていく（図 0.2）。

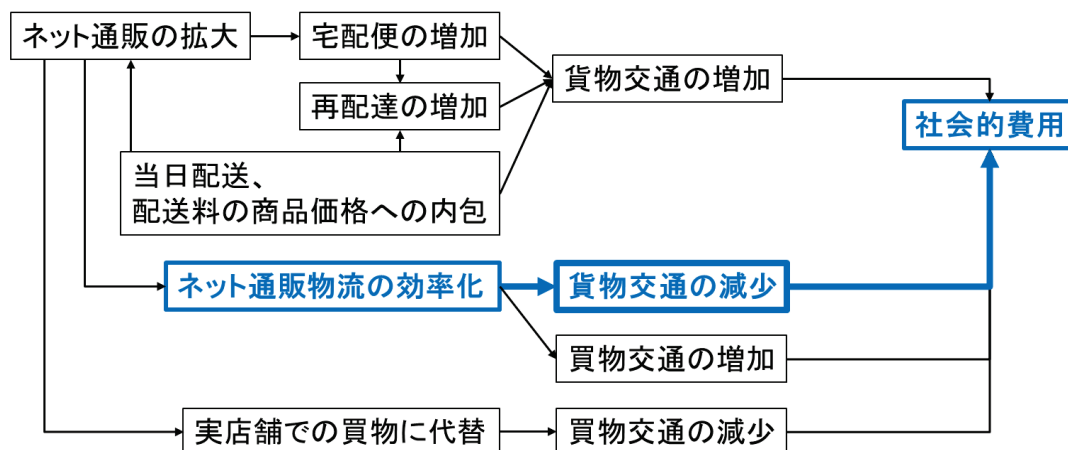


図 0.2 評価を行う施策の範囲

以上を踏まえて、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、宅配便事業者の輸配送効率化（トラック等の積載率向上や再配達削減）施策が、事業者の経営効率化や収益性の改善だけでなく、交通量の削減をはじめとした様々な面で社会的費用を削減するメカニズムを明らかにする。」

第2節 本研究の位置づけ

近年、ネット通販市場は世界的に拡大している。2015 年における世界のネット通販市場は約 1 兆 6,710 億ドルであり、世界の小売売上全体の約 7.4%に相当すると試算しており、そのけん引役は中国や日本といった東アジア地域であるとしている（eMarketer, 2015）。日本においては、経済産業省が、ネット通販の市場規模は 2015 年には 13.8 兆円（前年比 7.6 増）にまで増加し、小売に占める割合は 4.75%と推計している（経済産業省, 2016）。

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、主にマーケティングの分野において、消費者や既存の小売事業者等の市場全体に与える影響等を中心に進められていた。たとえば、インターネットに接続する情報端末が消費者の知覚リスクに与える影響や商品の探索行動に与える影響を分析した研究が挙げられる（青木, 2005、中村・矢野, 2014）。また、ネット通販の発展による消費者の買物行動の変化について、様々な尺度から研究した研究も見られる。たとえば、Edwards *et al.*(2009)は従来型の店舗への買物行動やネット通販での買物について、環境の視点から分析を行っている。富永ら(2015)では、そのようなネット通販による消費者の行動変化が、実際の都市の賑わいに与える影響に着目しつつ、オンライン上での広告や通販サイトの実店舗への来訪効果を分析している。ネット通販の配送サービスも、消費者が感じるネット通販サービス全体の魅力に影響を与える。Feng *et al.*(2007)は配送サービスの品質が、消費者のネット通販事業者選択に与える影響についてアンケートを基に分析しており、また Lewis(2006)はネット通販事業者側から見た、ネット通販の売上向上のために有効なサービスの検証を行った結果、マーケティング戦略としての配送料金戦略の有効性を検証している。

ロジスティクスと消費者の関係性を扱った研究は、伝統的には輸配送の経路決定や拠点配置を解くために、様々な制約条件下での効率化（配送時間の最小化やオペレーションの費用最小化）問題を扱ったオペレーションズリサーチ（OR）の分野で進められてきた。消費者を配送先と考えて適切な配送エリアの区分を分析した Cooper(1963)や、トラックによる複数の配送先の輸送経路決定を扱った Daganzo(1985)は、OR における先駆的な手法を扱った研究としても評価されている。さらには家田ら(1993)のように、より具体的な地域を想定し、輸送経路の条件や利用可能な輸送機材から再現性の高い輸送ネットワーク構築を提案する研究も多い。近年では、ネット通販によってラストマイルにおける配送の効率化が必要とされており、藤ら(2014)のような不在情報をリアルタイムに反映した輸送経路決定問題を扱った研究も現れている。また、舒・増田(2016)では消費者と物流事業者の情報共有を伴うサービスの提案が行われ、Iwan *et al.*(2015)では、公共施設へのロッカーの配置について、消費者の利用可能性だけでなく、公共施設への設置という市民全体の合意形成にも着目しており、OR のような輸送ネットワークの効率

性だけでなく、ロジスティクスと消費者の関係について、情報ビジネスや社会的インフラと捉えた研究も見られるようになってきている。

ネット通販市場の成長は、小口貨物配送の需要を増加させている。しかしその一方で、消費者までの稠密な配送が求められるネット通販物流によって、物流事業者の負担が増大しているという指摘も見受けられる (Hesse, 2002)。現に、日本においても佐川急便が配送における負担の大きさからアマゾンの配送から撤退し (日本経済新聞 2013 年 8 月 19 日)、国土交通省 (2015) は、ラストマイルでの再配達による宅配便事業者への負担や余分な CO₂ 排出といった悪影響が生じることに言及し、国からもその対策の重要性が唱えられる事態となっている。Anderson *et al.* (2003) はネット通販の発展に伴う、既存の流通形態とロジスティクスへ影響について分析を行い、また Lim & Shiode (2011) は韓国におけるネット通販の発展に対応したロジスティクス構造についての研究を行っている。さらに、このようなネット通販に対応したロジスティクスが交通に与える影響についても言及されるようになってきた (根本, 2014)。

このように、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 つの視点は、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。

また、宅配便ネットワークにおける施策の社会的な影響をまとめた研究や、工学的モデルを用いて費用や配送時間から、ネットワークそのものの効率性を評価した分析は見受けられるものの、具体的な施策についての社会的影響まで分析、考察した研究は決して十分ではない。一方で、経済学的・マーケティング的にネット通販やその物流を扱った研究では、拠点の配置や輸送経路などのネットワーク構成まで考慮した研究は少ない。

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 つの観点から問題を設定する。そして、ネット通販とその物流に関係する事業者の関係性を明らかにしたうえで、日本のネット通販の物流で主要な役割を担う宅配便事業者の施策の社会的な影響を、事業者の費用と外部費用の推計から分析する。工学的なシミュレーションなどを基にした物流ネットワークの分析手法と、経済学的に社会的影響に着目するという、ネット通販の物流に関する文理融合的な研究である。

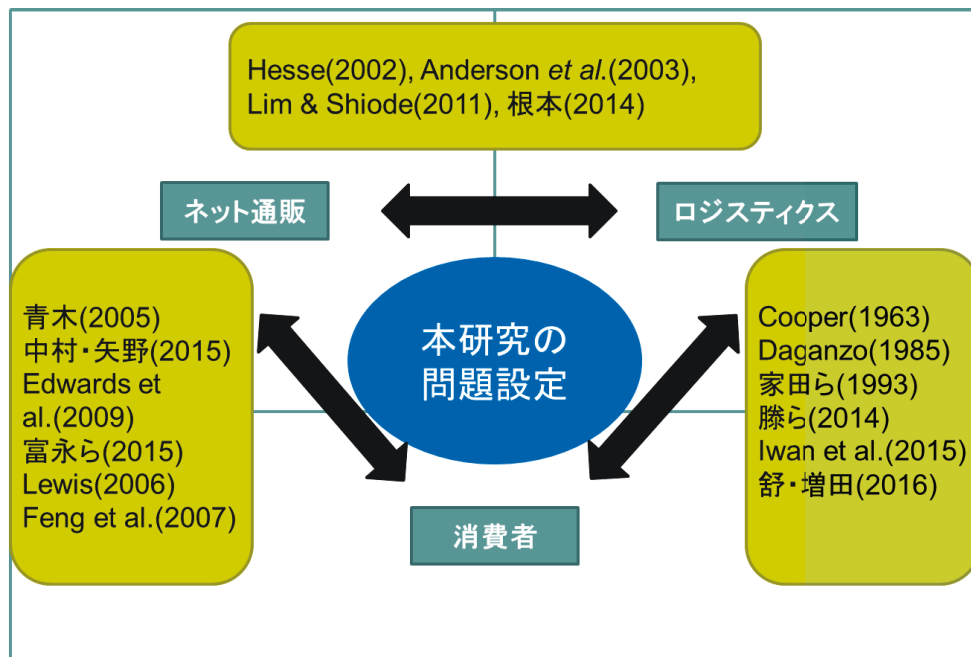


図 0.3 本研究の問題設定

第3節 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

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

序章では、本研究の問題意識と目的、位置付け、研究の対象と構成について整理する。

第1章では、分析の枠組を提示するために、まず本研究の分析対象であるネット通販物流に携わるネット通販事業者と宅配便事業者の物流施策の現状と、ネット通販物流における両者の関係性の変化を考察する。第2章では、ネット通販物流の輸配送を担う宅配便事業者のネットワークに着目し、宅配便事業者の物流施策が貨物交通と買物交通に与える影響について確認し、第2部における施策評価で考慮すべき社会的な影響について整理する。第3章では、宅配便の輸配送ネットワークの構築と輸送における規模の経済の理論の関係を考察したうえで、宅配便のネットワークを経済学的な合理性に照らして分析する。

第2部においては、宅配便事業者の具体的な物流施策に関する分析と評価を行う。第4章では、今日いくつかの大手ネット通販事業者で導入されている「配送料金無料」が、実際には配送料金を商品価格に内包している点に着目して、配送料金の明示化(外出し)施策に関する妥当性について検証する。第5章では、宅配便の幹線輸送ネットワークに焦点を当て、第3章にて考察した輸送における経済理論を基に、シミュレーションを用いて積替えや輸送機材の大型化といった施策の効果を検証する。第6章では、ラストマイル(配送)部分のネットワークにおけるいくつかの施策が、宅配便事業者やネット通販事業者の財とサービスの提供側、消費者側、そして社会全体に及ぼし得る影響を考察する。そのうえで、宅配便事業者が能動的に実行可能な「チーム集配」(トラックと台車の組合せ集配)については、配送密度(一定面積当りの配送件数)を変数として、その効果と有効な範囲に関する分析を行う。

最後に終章では、第1～6章までの議論や結果をまとめたうえで、今後の展望とそれ

を踏まえた本研究における将来的課題を整理する。以上をまとめたものが下記のフローチャートとなる。

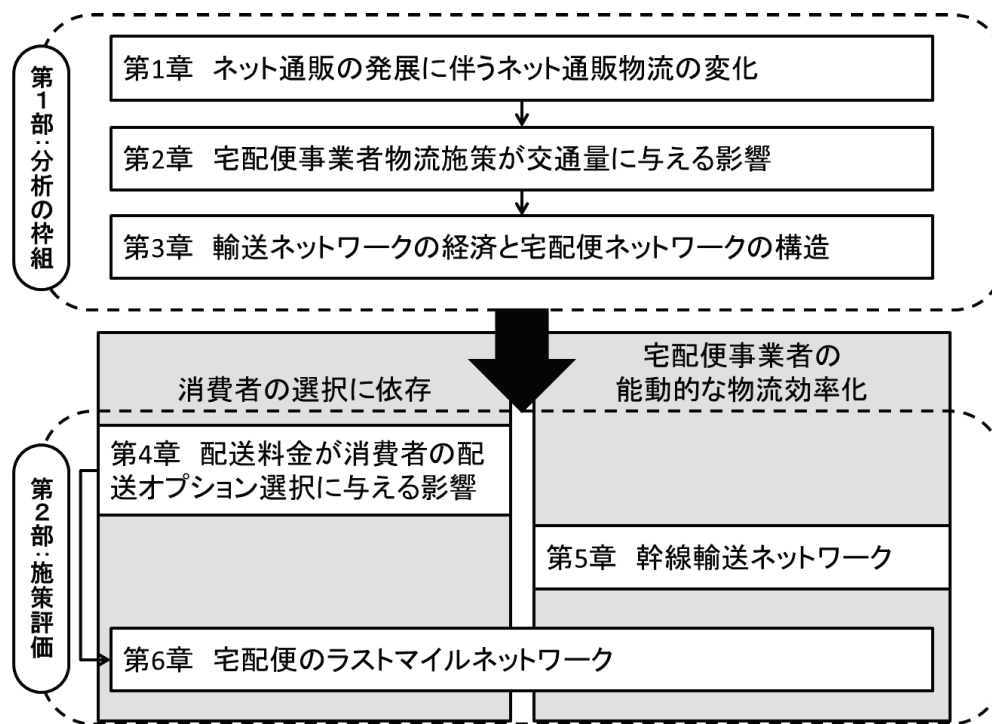


図 0.4 本論文の構成

第 1 部 分析の枠組み

第1章 ネット通販の発展に伴うネット通販物流の変化

ネット通販というサービスは、現代社会に必要な不可欠な生活インフラとなりつつある。そして直接実店舗にまで消費者が赴く必要がないネット通販サービスにとって、注文を受けた商品を如何に迅速かつ的確に消費者の下まで配送するかは、実店舗にとっての店舗立地と同じように重要な課題である。

大手を中心にネット通販事業者は、消費者が利用しやすい価格設定、インターネット上のショッピングサイトのデザイン、多様な決済サービスを整備するとともに、取扱商品の多様化、それに伴う在庫管理の効率化、注文を受けてから発送するまでの迅速化という倉庫業務を中心とした物流サービスの水準を向上させてきた。

一方で、消費者の下までの輸配送については、日本においては伝統的に宅配便事業者がその主要な役割を担っていた。これは、日本において宅配便というサービスが、お中元やお歳暮のような贈答品の文化から広く社会に浸透していったことも背景としてある。宅配便ビジネス側から見れば、2000年代以降は、国民的なサービスの一つに発展したネット通販が、宅配便サービスの更なる発展の牽引役となっていると言えるであろう。

ただし近年は、ネット通販事業者が倉庫業務を担い、宅配便事業者が輸配送業務を担うという補完的な関係だけではなく、ネット通販物流における両者の競合のような形も見られるようになってきている。そして、そのような関係性となった背景には、消費者がネット通販に求める更なる利便性へ応えようとする各事業者の姿勢や中小ネット通販事業者の物流サービス外注という動きが深く関わっていると考えられる。

本章では、ネット通販物流における宅配便事業者とネット通販事業者との関係性を整理するために、まず本論文全体で扱うネット通販物流の対象を定義する。そして次に、ネット通販物流におけるネット通販事業者と宅配便事業者の役割を整理するため、両者が取り組んできた物流ネットワークやサービスの現状を明らかにする。そのうえで、近年の消費者需要の変化に対応した、ネット通販物流の動向を併せて分析することで、次章における、ネット通販物流に関わるプレーヤーの関係性と貨物・買物交通量への影響の分析のための整理を行う。

第1節ではまず、ネット通販物流の定義とその担い手について確認していく。第2節と第3節では、それぞれ日本におけるネット通販事業者と宅配便事業者のネット通販物流施策について整理をする。そして第4節では、ネット通販物流の機能面に着目し、ネット通販物流の自製と外部調達の変遷について分析を行う。

第1節 ネット通販物流の定義と担い手

第1項 本論文におけるネット通販物流

本論文におけるネット通販物流の対象を明確化するために、まず本項でネット通販サービスの流れを整理していく。

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。決済については、実店舗と異なり直接現金の受け渡しができないため、クレジットカードや銀行振り込み、事前に購入したポイントサービスやデポジットカードでの支払、または配送の際に商品と引き換えに代金の決済を行うサービスを利用することも可能である。

すなわち物流に限れば、ネット通販事業者が各卸売事業者や製造事業者（卸売事業者や製造事業者自身がネット通販事業者となる場合もある）から購入した商品の輸送、倉庫での在庫管理・ピッキング・梱包・出荷作業といった倉庫業務、倉庫から消費者の自宅や指定場所までの輸配送業務に大別することができる。

ネット通販における物流ネットワークの特徴の一つは、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。ネット通販の物流ネットワークにおけるロジスティクスサービスプロバイダーらは、配送先の密度や分散、求められる配送時間などを考慮してネットワークを構築している。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 1.1）。

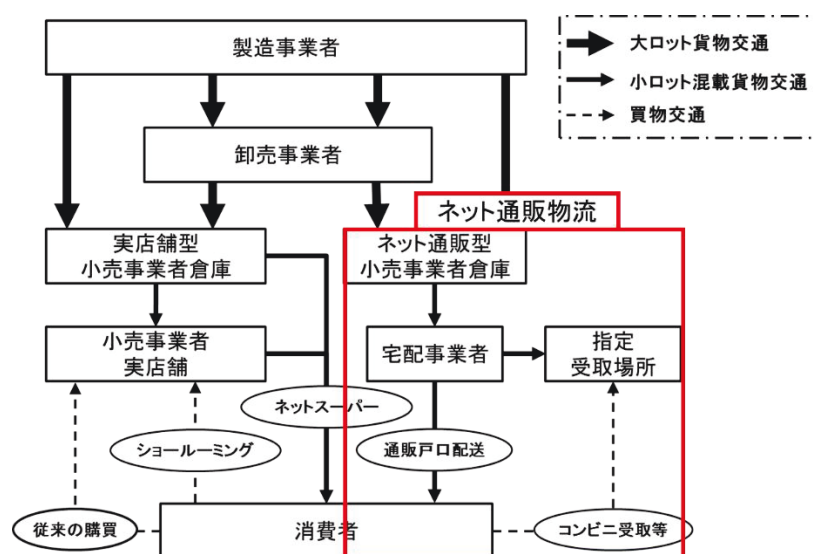


図 1.1 ネット通販の流通形態と本研究における「ネット通販物流」

第2項 ネット通販物流の担い手

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¹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。日本の宅配便事業者は、お中元やお歳暮といった贈答品文化の影響もあり、消費者の自宅までのラストマイル部分の配送網を構築してきた。日本のネット通販は、この発達した宅配便事業者によるラストマイルネットワークを活用することで発展してきた。

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。その一つが配送時間の短縮である。ネット通販の特徴として、消費者が商品を購入してから受け取るまでの時間差が挙げられる。この配送時間は、ネット通販における消費者の不効用となりうるので、ネット通販事業者各社は配送時間短縮のサービスを推進してきた。ネット通販でも、速達サービスをかねてより存在したが、さらに速い配送の需要を満たすために、注文当日の配送サービス（当日配送）、そして当日配送の中でも、注文から2時間、さらには1時間以内の配送サービスまで提供されるようになっていく。

以降では、ネット通販物流に携わるロジスティクスサービスプロバイダーの、物流ネットワークの発展過程について整理していく。

第2節 ネット通販事業者によるネット通販物流

第1項 ネット通販の定義

「ネット通販」という言葉で指すものは、その販売する財やサービスから、販売する対象まで多岐にわたる。ネット通販というサービスについて整理する際に、まず「電子商取引（Electronic transaction）」という言葉の定義を考える必要がある。

OECD（Organization for Economic Co-operation and Development：経済協力開発機構）は、広義の電子商取引（EC）について次のように定義している。「電子的取引とは、企業、家計、個人、政府、その他の公的・私的組織間を問わず、コンピュータを媒体としたネットワーク上で行われる財またはサービスの販売または購入である。財・サービスは、ネットワーク経由で注文が行われるが、財・サービスの決済や最終的な配送については、オンライン、オフラインのいずれでも構わない。」

¹ ネット通販事業者の中には、自社でショッピングサイトの運営や在庫管理を行う事業者の他に、自社では直接商品を扱わず、インターネット上のショッピングモールサイトの運営を中心に行うネット通販事業者も存在する。詳細は後述する。

これは、インターネットの普及以前において、主に企業間での商取引の内、コンピュータを使用したオンライン取引全般を含むものを指す。我々がネット通販と聞いてイメージするような、いわゆる「インターネットを介した買物」については、OECDにおいて、狭義の EC として「物・サービスの売却あるいは購入であり、企業、世帯、個人、政府、その他公的あるいは私的機関の間で、インターネット上で行われるもの。物・サービスの注文はインターネット上で行われるが、支払い及び配送はオンラインで行われてもオフラインで行われても構わない」²と定義されている。

この狭義の EC は、さらに取引者によって、B to C（企業から消費者）、B to B（企業間）、C to C（消費者間）等に区分される。本論文では、主に企業から消費者向けの B to C-EC をネット通販と呼称し、とくに物の配送を伴うサービスを主要な対象とする。ただし、情報等の入手可能性からサービスを含めて B to C-EC すべてをネット通販と呼んでいる場合もある。また、一部のネット通販では、取引者の区分を特定することが困難であるため、B to C-EC に C to C を含む場合もある³。

第2項 ネット通販の発展要因と配送サービスの役割

ネット通販市場は、日本のみならず世界的にも急成長を続けている。eMarketer(2016a)によると、2015年の世界のネット通販の総売り上げは約1兆5,480億ドルであり、同年の小売市場の約7.4%に及ぶ。同レポートでは、2016年においても約1兆9,150億ドルで、小売総売り上げの約8.7%を占めるという推計が示されており、ネット通販の存在感はますます大きいものとなっている。その最大の要因は、消費者がネット通販の利便性を高く評価し、利用を拡大していることにある。

たとえば、商品の比較が容易になる点である。消費者はわざわざ店舗まで買い物に出かけることなく、多くのネットショップを比較したうえでいつでも商品を購入できる。価格比較サイトを利用すれば、もっとも安いネットショップを簡単に探すこともできる。

また、近年の情報端末の発展もネット通販の発展を後押ししている。店舗まで行かなくても、自宅のパソコンで注文することがネット通販発展の基礎となっていたが、近年ではスマートフォンやタブレット端末によって、通勤時などの外出先も含め、より気軽にネット通販のショッピングサイトにアクセスできるようになった。

さらには、書籍、CD、DVDやBlu-ray、アパレル製品、アクセサリ、雑貨、飲料等の定番商品だけでなく、食品、特に生鮮品まで購入可能なネットスーパーも登場するなど、より広範な商品がネット通販を通して購入できるようになっていることも、ネット

² 日本語訳は経済産業省（2016）より引用。

³ 中国では、代表的な C to C ネット通販サイトである「淘宝（タオバオ）」には、実際には日系を含む多くの企業が商品を出品しているため、厳密に C to C（消費者間）と B to C の区別が困難である。日本においても、多くのオークションサイトでは、個人だけでなく、小さな服飾店（いわゆる「スモールビー（b）」）も商品を出品している等、B to C と C to C を、ネット通販のサイト等から完全に区別することは極めて難しい。

通販の成長の要因になっていると考えられる。

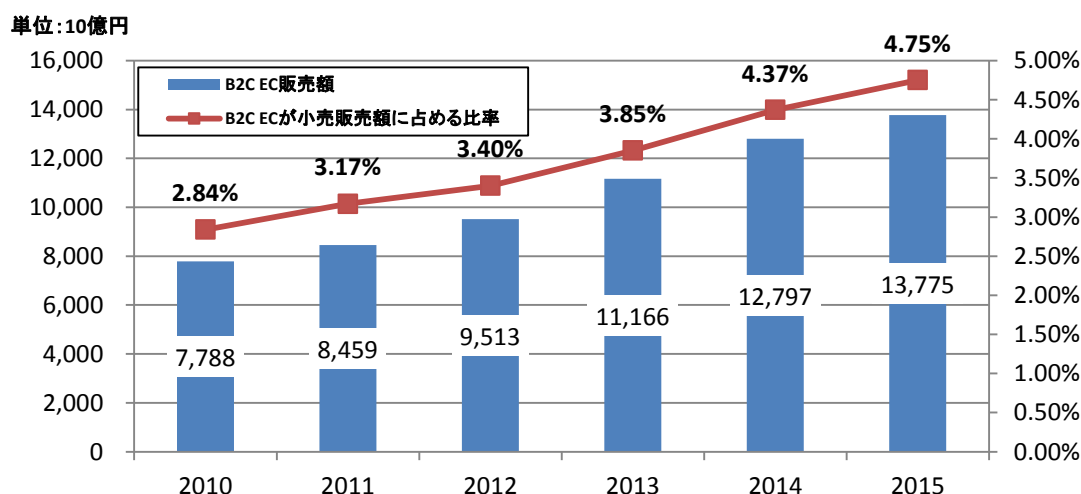
そして、ネット通販サービスにおいて、もう一つ重要な差異化要因となるものとして配送サービスが挙げられる。日本や欧米の大都市では、注文当日の配送サービス（当日配送）が広がっている。配送先も、自宅だけでなく職場やコンビニ、宅配ロッカー等を選択できるようになってきた。

これらの配送サービスに対する配送料金（送料）も、消費者に与える影響は大きい。日本の大手ネット通販サイトの中には、「配送料金無料」、または一定の購入金額以上で配送料金を無料とするサービスを核とする事業者も少なくない。当然ながら、実際には配送費用がかかっており、正確にはネット通販事業者が送料込み価格で消費者に販売していることになる。したがって、ネット通販事業者にとっては、配送費用を料金として消費者から徴収しづらい状況にあり、配送費用の低減が大きな課題となっている。

第3項 日本におけるネット通販市場の特徴

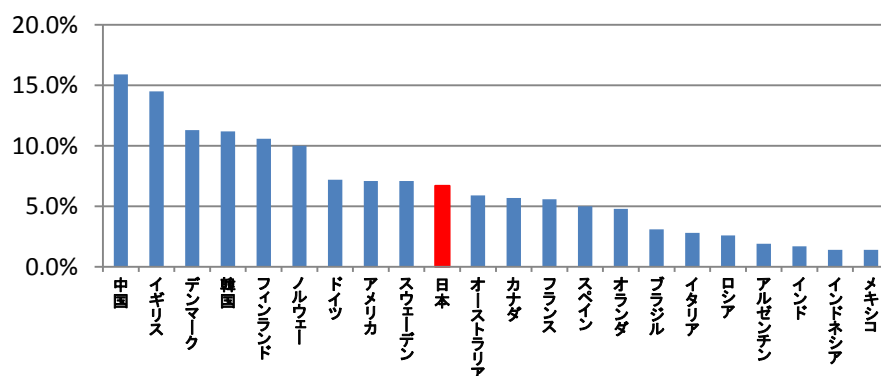
（1）日本のネット通販市場

経済産業省（2016）は、2015年の日本のB to C-EC市場規模（情報サービス含む）を13兆7,746億円と推計している。このうち物販系に限定したネット通販販売額は7兆2,398億円である。対応する小売市場と比較すると、ネット通販のシェアは4.75%となり、前年と比べ6.4%ポイント拡大した。世界の潮流と同様、日本においてもネット通販に対する消費者の人气が高まっており、そのシェアは毎年拡大を続けている（図1.2）。しかし、中国、韓国などの東アジアの国やアメリカやイギリスと比べその市場シェアは低く、今後拡大が予想されている（図1.3）。



出所：経済産業省（2016）

図1.2 日本におけるネット通販販売額と小売販売額に占めるネット通販の比率



出所：eMarketer（2016b）

図 1.3 各国の小売市場に占めるネット通販市場の割合⁴

（２）日本のネット通販事業者

ネット通販ビジネスと言っても、事業者によってそのビジネスモデルは様々である。そしてビジネスモデルの差異ゆえに、同じネット通販事業者であっても、単純に売上高で比較するだけで、どの事業者がリーディングカンパニーであるか判断することは適当でない場合がある。たとえば、自社で仕入れた商品を販売する事業者にとっては、売上高を見ることで、その事業者のネット通販ビジネスの盛況具合が読み取れるかもしれない。また、インターネット上のショッピングモール運営に注力し、主たる収入がそのモールに出店する事業者からの出店料、販売手数料、広告収入などである事業者の場合、その事業者が運営するネット通販サービスの実態を把握するには、モールを運営する事業者の売上高だけでなく、出店している事業者の売上高の総額（以下、流通総額）を見る必要がある。

ただし、日本におけるネット通販市場の現状と発展経緯を振り返ると、日本のネット通販市場は、2000 年に進出したアマゾンジャパンと楽天が切り開いてきたと言えるであろう。日本におけるネット通販サービスのけん引役となった両社であるが、その事業形態には差異がある。

①アマゾンジャパン

アマゾンジャパンは、自社で商品を仕入れて直接販売するという「直販型」のビジネスモデルである。アマゾンジャパンの収入源は、自社で取り扱う商品の売り上げが主になる。ただし、2015 年のアマゾンジャパンの流通総額は、約 1 兆 5,000 億円と推計されている（日本流通産業新聞 2016 年 2 月 8 日）が、これは「マーケットプレイス」と呼ばれる、アマゾンジャパンが直接の販売者ではなく、他のネット通販事業者にアマゾンジャパンのショッピングサイトの売り場を提供するサービスの売上高を含む。直販型のアマゾンジャパンでも、ショッピングサイトの提供をビジネスにでき、また自社の物流

⁴ 各国の統計データの範囲の都合上、旅行関連やチケットを除くサービス業は含む。

センターの稼働効率を向上させるこのようなフルフィルメントサービスを拡充している。

②楽天

楽天は自社で担うのは主として「楽天モール」という様々なネット通販事業者が出店するためのショッピングサイトの運営を主業務とする「モール型」のネット通販事業者である⁵。そのため、楽天はネット通販事業者のモールサイトへの出店料や売上高にかかる手数料が収入源となる。楽天モールに出店する約 44,000 店のネット通販事業者の売上高や自社で販売するサービスも含めた、楽天の流通総額は約 2 兆 6,748 億円である。アマゾンジャパンと比較すると、楽天の流通総額の方が大きくなるものの、それぞれの売上高を比較すると、アマゾンジャパンが約 82 億 6,400 万ドル（2015 年の平均為替レートを 121 円とした場合、日本円で約 1 兆円）なのに対し、楽天は約 7,136 億円である（それぞれ両社の年次報告書と IR 情報より）。

③ヤフージャパン・アスクル（ロハコ）

また近年、この他にも様々なビジネスモデルで躍進するネット通販事業者が登場している。1999 年よりオークションサイトのヤフオクと B to C のヤフーショッピングを運営していたヤフージャパンは、2013 年に出店料と売上手数料を無料化し、広告収入で稼ぐビジネスモデルに転換した。その結果、出店者数が約 2 万店から約 13 万店に急増し、取扱商品も 1 億アイテムを超えた。2015 年度の消費者向けネット通販サービスの流通総額は約 1 兆 3,890 億円（ヤフージャパン IR 情報より）である。この内、ヤフーショッピング分は約 5,223 億円で、オークション関連が 8,667 億円とオークションの占める割合が大きい⁶。

近年、このヤフージャパンと提携を強めているのが、アスクルである。アスクルは従来、オフィス向けの B to B 型ネット通販ビジネスを中心に運営していたが、2012 年にヤフージャパンと提携し、ヤフーショッピングに B to C 向けネット通販サービスの「ロハコ」として出店した。ロハコは主に、ティッシュ、水、加工食料品などの日用品を取り扱う。ロハコ内にはさらに、「ロハコモール」という名称で、無印良品や成城石井などの商品を集めた専用コーナーを開設しているが、実際にはアスクルが直接仕入れを行う直販型のサービスである。ただし、定款を変更してロハコで現在扱っている商品群とは重ならない商品を中心に、モール型の準備を進めているとのことである（通販新聞 2016 年 7 月 8 日）。2016 年 5 月期（2015 年 5 月から 1 年間）の売上高は B to B 事業を含めると 3,113 億円でありロハコ単体では 328 億円と、アマゾンジャパンに比べると規模も小さいが、前年度比 64.7%増と成長は著しく、また後述する発展した配送サービスによって注目を集めている。

⁵ 「楽天ブックス」のように、一部楽天が自社で在庫を管理するサービスも存在する。

⁶ ヤフージャパンに限った話ではないが、ネット通販ビジネスのオークションサイトには、一般的にイメージされやすい C to C だけでなく、ネット通販事業者が出品する場合も多い。また、ネット通販事業者の規模も大手から個人経営まで様々である。

④クリックアンドモルタル

小売市場で急速にシェアを拡大するネット通販に対して、実店舗で商う伝統的な小売店のなかにも、自らネット通販に取り組むものが増えている。実店舗のみの小売業者をブリックアンドモルタルと呼び、ネット通販を併用する小売業者をクリックアンドモルタルと呼んでいる。

このように、実店舗とネット通販のサービスを融合し、様々な販売方法や受け取り方を消費者に提供する「オムニチャネル戦略」によって、多くの小売事業者がネット通販市場に参入している。

家電量販店のヨドバシカメラが運営する「ヨドバシドットコム」である。ヨドバシカメラは、店頭で販売する家電などもヨドバシドットコムに誘導する取組みを進めている。これは、ネット通販において消費者が実物を店舗で確認してから、その場では買わずに後からネット通販で購入するという「ショールーミング」という行動を自発的に促す形である。また、店頭で取り扱う家電以外の書籍や食料品などの商品も展開することで、実店舗のブランド力を活かしながら独自の直販型ネット通販サービスを展開し、2015年度には売上高が1,000億円を超えると予想されている（産経ニュース 2015年7月7日）。

また、スーパー、コンビニ、百貨店、専門店等多数の業態を運営するセブン&アイHDでは、「オムニセブン」という、HDのグループ会社の商品を取り扱う、グループ単位での直販型のネット通販サービスを展開している。「セブンネットショッピング」や「そごう・西武」、「ニッセン」などの全グループ企業のネット通販の売上高を合計すると約1,419億円に達する。またセブン&アイも、外部企業との連携を強めてオムニセブンで購入可能な商品数の拡充を目指している（2016年度セブン&アイIR情報より）。

第4項 ネット通販事業者のネット通販物流における取組

（1）倉庫業務

ネット通販事業者の物流拠点の、保管や荷役の効率を高めるため、巨大化する傾向にある⁷。大量の商品を短時間で積み卸すため、このような物流拠点には多数のトラックが同時発着できるベイが設けられている。また内部には、ピッキング、梱包、仕分け、積み降ろしを正確に素早く行うため、WMS（倉庫管理システム）が導入され、商品のロケーションや在庫が正確に管理されている。箱単位での入出庫、保管、仕分け等の作業は、箱に貼付されたバーコードやRFID（無線タグ）を利用して自動化が進められている。一方で、注文についてはピース（個品）単位がほとんどを占め、さらに商品のサイズがバラバラなため、多くの場合ピッキング作業を人手で行わざるをえない⁸。デジ

⁷ アマゾンの場合、北米の物流センターの平均延床面積は74,000 m²、その他世界では54,000 m²に及ぶ。

⁸ アマゾンは、物流センターの自動化を進めるため、2012年にロボットメーカーのキバシステ

タルピッキングシステム (DPS)を導入することにより、作業者がハンディ端末で商品に表示されたバーコードを読み取って生活かつ迅速に作業を行うなど工夫されている。作業者の動線が短くなるようにピッキング順を端末に表示するなど、システムによっては様々な機能が付加されている。

ネット通販事業者が物流システムを構築する際、物流拠点の立地は重要な検討課題である。配送サービスを向上させるためには、消費者の近くに物流センターを設けてすぐに発送する必要がある。しかし、地価が高い大都市圏に物流センターを整備するには膨大な投資が必要となる。このトレードオフに対して、多くのネット通販事業者はサービスレベルを優先し、人口集中地域の近郊で大規模な物流センターを利用しようとしている⁹。

ネット通販事業者の中には、それほどの物流センターに投資することが難しい事業者もいる。そのような事業者は、大手ネット通販事業者のショッピングサイトや物流センターを利用するフルフィルメントサービス¹⁰を活用する場合がある。ネット通販事業者の場合、販促力が高いショッピングサイトそのものが、ブランド力に劣る中小のネット通販事業者などにとっては魅力的な提供サービスとなる。ただし、既にモール型というビジネスモデルが、ネット通販では一つの代表的な形態となっていたことを考えると、そこにプラスアルファが求められる。アマゾンジャパンは、国内で抜群のブランド力に加え、自社で在庫を管理するゆえに全国に展開したFCを活用することで、楽天などの他のネット通販事業者に比べて、フルフィルメントサービスで優位に立ちやすい状況であったと言えるであろう。

①アマゾンジャパン

アマゾンジャパンは、自社で商品を取り扱い、日本全国の消費者向けに可能な限り短時間で配送を行う物流ネットワークを構築するため、日本の各地に自社のフルフィルメントセンターと呼ばれる倉庫（以下FC）を展開した。2017年1月現在では、全国10カ所（市川、八千代、川越、川島、小田原、多治見、堺、大東、鳥栖）にFCを設置し

ムズを買収した。キバシステムズは、注文商品が入ったラックを自動的に作業員のもとに運搬するロボットを開発している。作業者は移動することなく、ロボットが運搬してきたラックから注文商品をピッキングすればよくなる。アマゾンは、世界10カ所の物流センターで15,000台のロボットを導入しており、作業負荷の軽減や作業効率の改善が図られている。

⁹ 税制が在庫拠点の立地に影響を与える場合もある。アメリカでは、かつてネット通販事業者に対し各州政府が異なる州売上税の徴収基準を採用していたため、アマゾンは徴税義務がない州に物流センターを整備してきた。アマゾンや他のネット通販事業者は、実店舗型小売店と比べ売上税分だけ有利となり、販売を急増させることができた。しかし、既存小売店からの批判や州政府間の徴税協力によって、州売上税の徴税基準の統一化が進んだ。2012年にアマゾンはそれまでの方針を転換し、主要都市近郊に大規模物流センターを整備することにより翌日配送や当日配送の範囲を広げ、一部地域では食料品の取り扱いを拡大した。2017年1月現在までにアメリカ国内に大小様々な在庫拠点や仕分け設備を整備し、物流ネットワークを築いている。

¹⁰ フルフィルメントサービス自体は、ネット通販事業者に限らず、様々な業種の事業者が既に提供している。たとえば、電話での顧客対応に長けた事業者であれば、返品やクレーム処理に関して、ネット通販事業者から業務委託を受けるというフルフィルメントサービスとなる。

ている（MWPVL,2016）。従来アマゾンジャパンは直販が中心であったが、前述したマーケットプレイスを、単にアマゾンジャパンのショッピングサイトを他のネット通販事業者提供するだけでなく、このFCを活用した在庫管理や受注管理、出荷作業といった倉庫業務をも他のネット通販事業者提供する「フルフィルメントバイアマゾン（FBA）」というサービスも展開している。

②楽天

一方でモール型のネット通販事業者である楽天は、基本的に出店する各ネット通販事業者が在庫管理や受注管理を行う。また配送も出店者の管理に任せていたため、同じモールに出店しているショップでも配送時間や料金が異なっていた。それゆえに、消費者が楽天に出店する複数のショップから購入した場合にも、バラバラに配送されていた。このような配送サービス体制を改善するため、物流子会社である楽天物流を2010年に設立し、全国8拠点を整備する計画であった。しかし2014年以降、楽天は楽天物流を吸収合併し、8拠点構想も東西2拠点到集約化する動きを見せている。自社だけで物流体制を整備するよりも宅配便事業者のネットワークを活用した方が効率的という考え方である（日経コンピュータ2014年3月10日）。

③ヤフージャパン・アスクル（ロハコ）

ヤフージャパンも基本的に出店するネット通販事業者が各自で在庫の管理などを行う。ただし、業務用事務用品の通販事業を行うアスクルと提携しているロハコについては、アスクルの物流拠点に在庫管理や出荷を委託する形態である。アスクルの物流拠点は江東区青海、入間、横浜、仙台、名古屋、大阪、福岡の7カ所に加えて、アスクルロジスト（2016年5月にバイゼックスより社名変更）が中心に管理する江東区新木場、板橋区の物流ネットワークを構築している。また2016年6月には、入間の拠点到て高精度な画像認識システムを持つピッキングロボットを導入した。

④クリックアンドモルタル

実店舗を持つネット通販事業者は、実店舗そのものを在庫拠点の一つとして活用することが多い。また、自社店舗用の物流センターをネット通販向けに利用する場合もある。

ヨドバシカメラはさらに、自社の店舗や既存の物流センター自体の機能を増強することで、ネット通販に对应した物流機能の強化に努めている。川崎市の自社倉庫を2017年に延床面積25万 km^2 まで拡張する予定である。拡張が完了すれば、現在の国内最大級であるアマゾンジャパンの小田原FC（20万 km^2 ）を上回ることになる。

（2）輸配送業務

日本に限らず、ネット通販事業者の輸配送業務は宅配便事業者や郵便事業者に委託されることが多い。日本の場合は、ネット通販の普及以前から、宅配便事業者の配送ネットワークが稠密に形成されていたこともあり、多くのネット通販事業者が配送に関しては宅配便事業者に委託する形態を採用していた。

ただし、全国展開、十分な配送スピード、細やかな時間指定、配送可能な商品の種類の多さ（冷蔵・冷凍など）、今日のネット通販サービス水準を満たす宅配便事業者は多くはない。日本の場合、ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便の大手3社が大半を担っている。

しかし、ネット通販に対する消費者の需要を満たすには、混載輸送サービスである宅配便サービスだけでは不十分になりつつある。一部のネット通販事業者では既に、自社専用の配送ネットワークを構築することで、より速く、また正確でリアルタイムな配送状況を消費者に提供するサービスを展開している。

①アマゾンジャパン

アマゾンジャパンは、地域や配送スピードなどによる使い分けを行っているが、基本的にはヤマト運輸と日本郵便のネットワークを活用している。佐川急便に関しては、2013年に運賃と求められる配送品質のトレードオフを考慮して、一部を除いてアマゾンジャパンの配送から撤退した（日本経済新聞2013年8月19日）。配送料金は書籍などについては、「無料¹¹」と提示している。それ以外の商品も、かつては基本的にアマゾンジャパンのFCからの配送は、追加で配送料金をとっていなかったが、2016年4月以降は1つの配送先につき2,000円以上の購入で配送料金を「無料」、または「プライム会員」という年会費（2016年12月現在、3,900円／年）を納めることで、注文ごとに配送料金がかからないサービスも存在する。

2015年より開始した「プライムナウ」というアマゾンジャパンのサービスは、専用のスマートフォン向けアプリを使って注文することで、注文から1～2時間以内に消費者まで商品を届けるものである。プライムナウの配送は、宅配便事業者ではなくアマゾンジャパンが自ら配送サービス¹²まで提供する。アマゾンジャパンはこのサービス開始に伴って、東京と大阪の住宅地に、新たに配送拠点を設置した。この拠点は、従来までのネット通販の大型物流拠点とは異なり、売れ筋商品などを中心に扱った比較的小型の拠点である。2016年11月現在、首都圏では世田谷区、豊島区、江東区、横浜市、大阪の淀川区の5ヵ所である。そのため、時間的な制約もあり、サービス提供範囲はこれらの拠点を中心とした地域に限られる。また、アプリでリアルタイムに配送員の所在地が確認できる。なお、配送料金は1時間以内であれば1配送につき890円、2時間以内であれば「無料」と掲げられている。

②楽天

楽天では基本的にモールに出店する各ネット通販事業者によって委託する宅配便事業者が異なる。楽天モール内の異なる店舗で商品をそれぞれ購入した場合は、それぞれ

¹¹ 実際には配送費用がかかっているため、配送料金は商品価格に内包されているという表現が正確である（詳しくは4章にて言及する）。ただし日本においては、書籍の価格は再販価格維持制度によって全国一律なので、書籍は配送料金を他の商品の価格に転嫁していると言える。

¹² アマゾンジャパンが管理するが、アマゾンジャパン以外の荷物とは混載せずに、実際の配送を物流事業者に委託する場合も、ここでは自社配送と定義する。

別の配送で消費者の下まで発送される。また、配送料金も店舗ごとに異なる。アマゾンジャパンと同様、楽天も都内中心部に最短 20 分（平均 60 分）での自社配送サービス「楽びん」を提供している。アマゾンジャパンとの違いは、在庫を基本的に配送車に積んで移動し、注文があれば欠品がない限りそのまま配送先まで配送する点にある。このため、配送時間についてはプライムナウよりも速くなる可能性はある。2016 年 12 月現在、提供エリアは渋谷区、目黒区、世田谷区、港区、新宿区、品川区の中の一部に限られている。また、プライムナウ同様、消費者への位置情報はアプリで確認できる。配送料金は 390 円からとなっているが、2,500 円以上購入した場合は「無料」となる。

③ヤフージャパン・アスクル（ロハコ）

ヤフージャパンについてもモールに出店するネット通販事業者の、配送委託先や配送料金の設定は各事業者で異なる。ロハコについては、アスクルと提携し、消費者向けに日用品を最短で当日配送を 2012 年から開始した。在庫管理や出荷をアスクルが担っていたため迅速な出荷が可能であり、配送自体はヤマト運輸に委託していた。2016 年には、ロハコでも「ハッピー・オン・タイム」という、アスクルの物流子会社を使った自社配送サービスを始めた。アマゾンジャパンや楽天と異なり、注文から即時に配送するというサービスではなく、消費者が注文時に指定した配送時間枠の中から、配送日前日までにさらに細かい 30 分単位での時間帯枠を提示して配送する。このため、消費者が配送を待つために拘束される時間は宅配便の 2～3 時間の時間指定枠に比べて短くなる。うえ、宅配便事業者では指定できなかった午前 6～8 時や、20 時～22 時も指定可能となっている。提供エリアは、2016 年 12 月現在では、東京都（江東区、千代田区、中央区、港区、世田谷区）と大阪府大阪市（北区、福島区、此花区）である。また、配送予定時間の 1 時間前からは、専用アプリで配送員の現在位置も確認できる。配送料金とは別に、このサービスを利用する場合は、事前に指定する時間枠が 1 時間の場合は 350 円（ただし、1 回の購入金額が 3,000 円以上であれば無料）、2 時間ならば無料となる。

④クリックアンドモルタル

ヨドバシドットコムやオムニセブンのように、実店舗を持つネット通販事業者は、自社の既存の店舗をネットワークとして活用した配送サービスを展開している。

ヨドバシドットコムは、配送事業者を消費者が選択することが可能であり、ヤマト運輸と日本郵便を指定する場合は、350 円の追加料金が発生する（配送する事業者を指定しない場合は「無料」）。ヨドバシドットコムの特徴としては、物流事業者に委託しない完全な自社配送も挙げられる。実店舗を持つネット通販事業者は、注文品の店舗受取サービスを提供するケースが多いが、ヨドバシドットコムは実店舗も在庫拠点の一つとし、さらに大型の物流拠点だけでなく都内 10 カ所に小型の配送拠点を設けることで、東京 23 区と武蔵野、三鷹、調布、狛江の一部地域で注文から 2.5 時間以内で自社配送を行う「ヨドバシエクストリーム」というサービスを提供している。ヨドバシエクストリームを選択した場合、配送料金は追加的に発生しない。ただし、郵便受けに投函可能な商品

に限られるため、対象となる商品は約 43 万点と、ヨドバシドットコム全体で取り扱う商品の 10%弱である。

オムニセブンは、グループ企業であるセブンイレブンの全国約 1 万 8,000 店の店頭で商品を受け取ることが可能である。店頭での受取りを消費者が選択した場合、宅配便事業者などに委託せずに配送を行うことができる。これは、ラストマイルの配送を消費者に負担させることにもなるが、セブンイレブンの店舗数が多いため比較的帰宅時に寄りやすいこと、また消費者が時間を気にせずに受け取ることが可能であるというメリットもある。また、書籍については、セブンイレブン店舗まで、注文された書籍をトーハンの物流網に便乗して輸送することで、物流費用を引き下げる工夫も行っている。

第 3 節 宅配便事業者によるネット通販物流

第 1 項 宅配便の定義

一般的に「宅配便」というサービスは、複数の小口荷主から小サイズの荷物の配送を請け負う混載輸送サービスである。

『ロジスティクス用語辞典』（日通総合研究所(2007)）によると、「企業や一般消費者のニーズに応じて、1 口 1 個 30kg 以内の少量貨物を全国翌日配達（一部翌々日）、をキャッチフレーズに地域別の重量の個建て運賃で配送する輸送サービス。一般貨物自動車運送事業者が営む特別貨物積合わせ運送の一形態で、各サービスはそれぞれ固有の名称を持ち、郵便小包、航空混載貨物をも巻き込んで巨大な市場を形成している。」(p.102)と定義されている。

この「特別貨物積合わせ運送¹³」とは、貨物自動車運送事業法の第 2 条 6 項において以下のように定義されているが、「宅配便」というサービスに関する法的な規定は存在しない。

一般的に「宅配便」と認識されている小口荷物の配送サービスそのものを定義した法令はないが、国土交通省が毎年公表している『宅配便等取扱個数の調査及び集計方法』においては、当該調査が集計の対象とする「宅配便」サービスを次のように規定している。「本調査における「宅配便」とは、一般貨物自動車運送事業の特別積合せ貨物運送又はこれに準ずる貨物の運送及び利用運送事業の鉄道貨物運送、内航海運、貨物自

¹³「この法律において「特別積合せ貨物運送」とは、一般貨物自動車運送事業として行う運送のうち、営業所その他の事業場（以下この項、第四条第二項及び第六条第四号において単に「事業場」という。）において集貨された貨物の仕分を行い、集貨された貨物を積み合わせて他の事業場に運送し、当該他の事業場において運送された貨物の配達に必要な仕分を行うものであって、これらの事業場の間における当該積合せ貨物の運送を定期的に行うものをいう。」（貨物自動車運送事業法 第二条六項より）

動車運送、航空貨物運送のいずれか又はこれらを組み合わせて利用する運送であって、重量 30kg 以下の一口一個の貨物を特別な名称を付して運送するものをいう¹⁴」（成 27 年度 宅配便等取扱個数の調査及び集計方法より）。

日本においては、取扱個数を基にした市場調査では、このような範囲を対象にしている一方、前述のように荷物の重量やサイズに関する法的な規定は存在しない。

いわゆる宅配便と称されるサービスの大きさや重量の制限は、それを提供する各社によって異なる。下表は、国内の各事業者の取り扱う宅配便のブランドと大きさ、重量、責任限度額をまとめたものである。なお、責任限度額は有料のオプション等を付与しない場合の金額である。

表 1.1 主な事業者が提供する「宅配便」サービス

サービス名	提供事業者	重量	サイズ	責任限度額
宅急便	ヤマト運輸株式会社	25kg 以内	160cm 以内	30 万円以内
飛脚宅配便	佐川急便株式会社	30kg 以内	160cm 以内	30 万円以内
ゆうパック	日本郵便株式会社	30kg 以内	170cm 以内	30 万円以内
カンガルーミニ便	西濃運輸株式会社	20kg 以内	130cm 以内	30 万円以内
フクツー宅配便 パーセルワン(法人のみ)	福山通運株式会社	30kg 以内	170cm 以内 160cm 以内	30 万円以内

出所：各社 HP を参考に筆者作成

以降、本論文における「宅配便」とは、特別に定義しない限り、この国土交通省による「宅配便等取扱個数の調査及び集計方法」の集計対象に準ずる小口貨物配送サービスを指すものとする。

第 2 項 宅配便ネットワークの発展プロセス

（1）宅配便サービスの黎明期

宅配便というサービスが日本に定着し出したのは、1970 年代以降の大和運輸（現在のヤマトホールディングス・ヤマト運輸株式会社）が展開した「宅急便」の成立以降である。それ以前の類似サービスとしては、まず 1927 年、当時の鉄道省と運送業者によって、特別小口扱（宅扱）が挙げられる。これは、基本的に 50 斤（約 30kg）以内の荷物を、発送駅の一定範囲内の戸口から荷物を集荷し、鉄道で輸送した後、到着駅の一定範囲内の戸口まで荷物を配送するサービスであった¹⁵。運賃の割には、戸口までの集配

¹⁴ この定義で示されるように、宅配便の集計では、C to C に限らず、B to C、B to B、C to B の全てを含んでいる。

¹⁵ 新聞記事文庫「国民新聞 1927.1.22“特別小口扱貨物取扱二月一日より開始”」

を担う運送事業者の負担が大きく、1942年にはサービスが終了するが、現在のように日本国内どこでも配送することが当然であるようなサービスでは無かったものの、現在の宅配便サービスの原形とも言えるだろう。

その後、今日の宅配便が誕生するまでは、国内の小口貨物は、国鉄による鉄道小荷物（チッキ）のように、駅で発送を依頼して到着先の駅にて荷物を受け取るか、郵政省（現・日本郵政株式会社）の一般小包郵便物（現・ゆうパック）のように、郵便局に発送を依頼して届け先の軒先で受け取るという形態がとられていた。前者は、軒先までの配送は不可能であったが、比較的大きいサイズ（30kg 以内）の貨物の輸送が可能であった。一方で一般小包郵便物は、軒先まで配送が行われるものの、荷物は当初 6kg 以内という制限が存在した。

このように初期の宅配便ビジネスについては、幹線輸送を鉄道に依存し、各家庭の戸口までの配送というラストマイル部分の提供範囲は限定的であった。この頃には、そもそも各家庭の戸口である「宅」まで「配」送する「宅配」という概念も希薄で、あくまで鉄道貨物輸送サービスに可能な範囲で付随したサービスであったことがうかがえる。

（2）競争の激化と革新的な消費者サービス

現在の日本における宅配便サービスの基礎は、1973年に三八五貨物自動車運送株式会社（現・三八五流通株式会社）の「グリーン宅配便」、1976年の大和運輸による「宅急便」によって成立した。

1976年以降、特にヤマト運輸は業界のパイオニアとして、順調に取扱個数を伸ばして来た。同社の提供する「宅急便」は、電話一本で家庭まで集荷を行い、従来の小口荷物配送サービスに比べて迅速な配送、分かりやすい料金体系等によって、消費者に受け入れられていった。

消費者に宅配便というサービスが浸透していくにつれ、多くのトラック運送事業者が宅配便市場に参入し、各社はヤマト運輸のクロネコにならってペリカンやカンガルー等を広告塔としていたため、この競争は「動物戦争」と呼ばれることもあった。

この競争の中で、80年代以降は新商品として「スキー宅急便」、「ゴルフ宅急便」、「クルール宅急便」等の消費者の利便性向上を図る新サービスが次々に導入された。また、カタログをはじめとした通販と宅配便の親和性から、「コレクトサービス」（代金引換）のような決済サービスも拡充していった。

（3）ネットワークの拡大と B to B 需要の取り込み

このような競争の中で、コンビニ、酒屋や米屋等の小規模商店を集配の窓口とする「取扱店」を増やすことで、自社の営業所以外もネットワークの一部として取り込むようになった。窓口が増加することでネットワークは稠密化し、持ち込みの場合の消費者のアクセス性を向上させることに繋がった。

当初は関東地域内で開始されたヤマト運輸の「宅急便」は、サービス提供地域を全国に拡大していくことになった。このようなネットワークサイズの拡大のためには、旧道路運送法の下では旧運輸省（現・国土交通省）が発行する免許が必要であったが、既存の地場の運送事業者の反対等によって、なかなか免許が下りないということが多かった。その中で、同社は荷主や消費者の支持を得て免許を取得する、または同法の対象外の軽トラックを利用するなどして、全国規模のネットワークに拡大していった。1990年には物流二法（貨物運送取扱事業法、貨物自動車運送事業法）が施行されたことで、参入規制が許可制に緩和され、1991年にヤマト運輸は全国自社輸送網を形成した¹⁶。

宅配便は当初、C to C を主に対象としていたが、徐々に企業から発生する小型貨物の取込みにも注力されるようになった。企業物流の多頻度小口化という輸送需要の変化も相まって、宅配便の B to B 輸送も徐々に増加していった。こうして、企業物流にも宅配便が利用されるようになり、1998年には企業間の小口輸送を扱っていた佐川急便株式会社が「飛脚宅配便」のサービスを開始した。佐川急便の参入以降、その取扱個数は急速に増加し、2015年現在、「宅急便」と共に宅配便市場の牽引役を担っている。

このような宅配便サービスの発展の中で、郵政省郵便事業、日本郵政公社で扱われてきた「ゆうパック」は、2007年の郵政民営化によって宅配便の取扱個数調査の対象となった。ゆうパックは、2010年に日本通運株式会社の「ペリカン便」と統合した。

（４）通販需要の取込み

B to B と共に、近年宅配便の取扱個数の増加には、ネット通販をはじめとした通販の配送需要の取込みの影響が大きい。しかし、C to C の配送に比べて運賃が低いと言われる B to B、B to C の配送の割合が増加することは、宅配便事業者の採算性を圧迫し得る。特に通販のように個人宅向けの配送がメインとなる場合、不在による再配達も多くなりやすくなる。その結果、集配トラックの走行距離も増加し、集配員の配送に要する時間が増加する等、配送の非効率を招く可能性もある。

このような背景から、2014年度にはヤマト運輸、佐川急便が運賃を引き上げて増加するネット通販で購入された商品の配送に対応しようとした。このこともあり、2014年度の宅配便全体の取扱個数は減少した。ただし、図 1.2 で示したように、日本国内の小売販売額に占めるネット通販の比率は海外と比べて低いことから、今後もネット通販を中心として通販配送の需要は高まっていくことが予想される。

¹⁶ 1997年に小笠原諸島へ拡大したことで、離島を含む全国ネットワークが完成した。

第3項 日本の宅配便市場

(1) 市場概況

宅配便の取扱個数は、一般消費者の輸送需要の取込み、全国規模のネットワークの拡大、クール便をはじめとした新商品の導入、B to B またはネット通販をはじめとした B to C 荷物の輸送需要を取り込むことで増加している。

図 1.4 は、運輸省（現在の国土交通省）によって宅配便の集計が始まった 1981 年度から 2015 年度までの宅配便の取扱個数の推移である。2014 年には、大手事業者の運賃値上げによって取扱個数は減少したが、2015 年度もネット通販の配送増加を受け、ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便の大手 3 社の取扱個数は増加した。現在の大手 3 社が揃って統計を取られるようになってから、大手 3 社の寡占状況はますます進展していることがうかがえる。日本における宅配便の輸送は、個数ベースでその 99% がトラックに依存している（図 1.5 参照）。

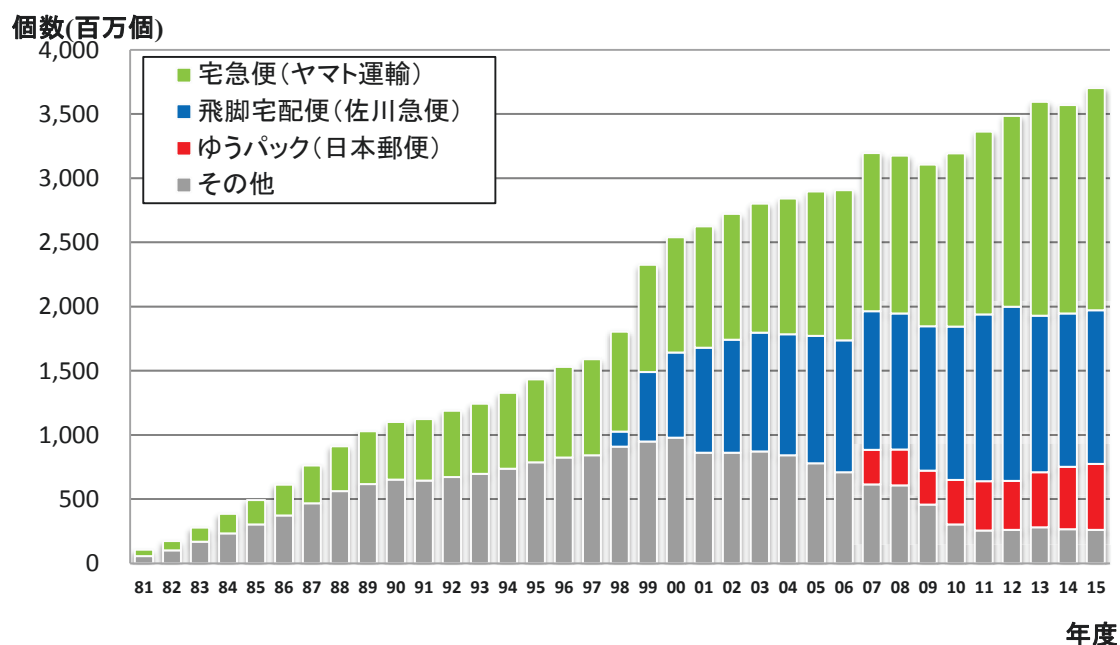


図 1.4 宅配便（トラック）の取扱個数の推移

出所：運輸省、国土交通省各年度データ、林・根本(2015)

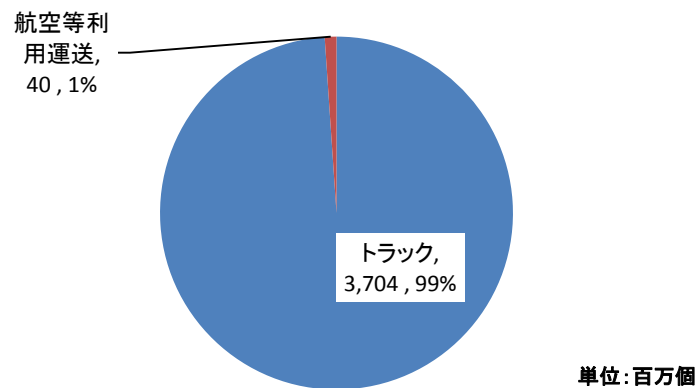


図 1.5 宅配便の輸送モード分担（個数ベース）

出所：国土交通省 (2016)

（２）大手３社のネットワークの特徴

①ヤマト HD

消費者向けの宅配便サービスを基本にネットワークを構築してきたヤマト運輸は、消費者との接点を重視して極めて高密度の集配体制を整備している。全国にヤマト運輸の集配拠点（ヤマト運輸の呼称ではセンター）は 2015 年度で全国に 6,064 店、提携コンビニなどを中心に約 24 万店もの取扱店がある。取扱店や家庭・事業所から集配する小型トラックが約 3 万 2,000 台、軽自動車 4,500 台ある。さらに最近では、都市内ではリヤカー付き電動アシスト自転車、都心部や地下街などでは台車等を活用している。

幹線輸送拠点（ヤマト運輸の呼称ではベースまたは主管支店）は、全国に 71 拠点ある（羽田クロノゲート、ゲートウェイを含む）。中型トラックは 644 台、大型トラックは 1,223 台保有している。幹線輸送拠点と集配拠点間や集配に利用するトラックはヤマトグループが所有するものが多いが、長距離幹線輸送では、ヤマトグループの車両だけでなく柔軟に備車を利用している。また幹線輸送では、全国 26 区間で鉄道コンテナ輸送も利用しており、その輸送量は年間 498,500 トン（2012 年度）に及ぶ。

ヤマト運輸では、仮に発送元と配送先が同じ集配拠点の管内であったとしても、一度幹線輸送拠点までは荷物を輸送する。複数回の積替えが必要となるゆえに、トラックに積載する際にはロールパレットボックス（以下、ボックス）と呼ばれるカゴ車を積替え機材として利用する。ボックスはキャスターが付いているため、平積みと違って積替えの効率は格段に上がり、また四方をフレームに囲まれているため荷物を保護する機能もある。ただし、平積みと比べるとトラックに積み込むことができる荷物の量が少なくなるため、積載効率は下がってしまう。

②SG HD

佐川急便は B to B から事業を始めたこともあり、事業所向けの営業部隊でもある SD による集荷に重点を置いたネットワークが特徴となっている。このため、ヤマト運輸の

ネットワークとも形態は大きく異なっている。最大の違いは、集配拠点と幹線輸送拠点の数と拠点間の輸送ネットワークの構成である。佐川急便の集配拠点（佐川急便の呼称で営業所）は、2014 年現在で全国に約 381 ヲ所であり、その立地は顧客基盤である企業集積地の近くにあることが多い。集配拠点自体の規模は大きく、大規模な集配拠点で方面別のトラックが満載になる場合には、幹線輸送拠点を經由せずに目的地である集配拠点まで直行便を運行している。それ以外の荷物は、大型幹線輸送拠点であるハブセンターで、自動仕分け機によって営業所別に荷物を仕分けて長距離トラックに積み込まれる。この大型幹線輸送拠点も、ヤマト運輸のように都道府県単位で置くのではなく、埼玉県久喜市、東京都江東区、愛知県小牧市、兵庫県加西市、福岡県京都郡の計 5 ヲ所に設置されている。消費者の発送を受け付ける取扱店についてみると、佐川急便は主要コンビニと提携しておらず、取扱店数が少ない。このため、消費者が佐川急便で荷物を送る場合には、集荷を依頼するケースが多くなる。

保有車両数は軽車両を含め 24,470 台であり、取扱量と比べると少ない。SD は集荷を重視して配置されており、配送については SD だけではなく軽貨物運送事業者などを利用するケースが多いという点もヤマト運輸とは異なる。また、集配拠点の数や立地ゆえに、配送先までの距離が長くなる場合は、中型以上のトラックである程度の地点まで輸送して、そこから軽車両に積み替えることで、輸配送費用を抑える取り組みも行っている。さらに、佐川急便でも B to C の荷物が 3 割程度を占めるまで急増しており、これまでの配送体制では十分に対応できなくなっているため、主婦を中心とした宅配メイトを組織して配達を委託している（荒木, 2014）。幹線輸送については自社トラックも利用しているが、ヤマト運輸同様に傭車も多い。また、東京・大阪間では、佐川急便専用の「スーパーレールカーゴ」による鉄道輸送も行っている¹⁷。

③日本郵便

2007 年、郵政公社民営化により、日本郵政株式会社を持株会社とする郵便事業株式会社が発足し、郵便事業のうち、小包郵便物については民間事業者との公正な競争条件の確保のため、ユニバーサルサービス義務を課さないこととした。これによって、郵便事業会社は、従来の小包郵便物を貨物自動車運送事業法によるゆうパック・ゆうメールとして事業を行うことになった。2008 年以降、ゆうパックと日本通運のペリカン便が段階的に統合し、2010 年には郵便事業会社がペリカン便を結果的に吸収する形となった。しかし、統合がお中元の繁忙期と重なったため、34 万個余りのゆうパックが半日から 2 日程度遅延する等のトラブルが発生した。2012 年、政権交代により郵政民営化の見直しが行なわれ、郵便事業会社と郵便局会社が統合され日本郵便株式会社となった。

¹⁷ 動力分散式の高速度列車で、16 両編成、31 フィートコンテナ（10 トントラックと同等の積載量）28 本搭載可能。毎日上下各 1 本運行。国土交通省「環境負荷の小さい物流体系の構築を目指す実証実験」によれば、モーダルシフトによる年間 CO₂削減量 14,146 トン、削減率 81.4%。

郵便のネットワークは、ユニバーサルサービスである信書の収集、輸送、配達を全国に提供できるように構築されてきた。大量の郵便物を取り扱う必要があるため、全国に 24,511 局の郵便局が配置されており¹⁸、このほかにローソンやミニストップなどのコンビニが取扱店となっている。集配業務は、小回りのきく自動二輪車(原付含む)87,533 台を中心に軽自動車 28,807 台、小型トラック 2,552 台が利用されている。ゆうパックの集配は、自動車が主に利用されているが、コストが安い自動二輪車も利用されている。

郵便局や取扱店に集荷されたゆうパックは、方面別に仕分けを行う幹線輸送拠点である地域区分局に運ばれる。仕分けられたゆうパックは、目的地の地域区分局まで日本郵便輸送などの委託トラック輸送会社が幹線輸送を担う。到着した地域区分局でさらに郵便局別に仕分けられて配送される。幹線輸送拠点である地域区分局は 70 ヲ所存在する。このように、集配拠点の密度こそ異なるものの、消費者向けの配送が多い日本郵便の宅配郵便ネットワークは、佐川急便よりもヤマト運輸に近い形態となっている。

第 4 項 宅配便事業者のネット通販物流における取組

(1) 倉庫業務

如何に止めることなく荷物を運ぶかに注力してきた日本の宅配便サービスにおいて、ネット通販の在庫を管理するための施設は、大手ネット通販事業者に比べると弱い。しかし近年、元より B to B の物流に長けた佐川急便だけでなく、宅配便事業者は輸配送にとどまらず、通販に必要な機能を一括して提供する 3PL (サードパーティロジスティクス) サービスへの取組を強化している。

たとえばヤマト HD でも、通販向けソリューションサービスとして、2015 年から「YES! (Yamato EcSolutions)」を開始している。YES! は、複数のネット通販モールに出店するネット通販事業者の受注管理、ラベルや納品書作成といった出荷手続、現金による代金引換、宅急便の利用などが基本サービスとなっている。その他の決済手段、在庫保管、ピッキング・梱包、大型商品配送などはオプションとして利用可能である。

これは、ヤマト HD などの宅配便事業者が自社の幹線輸送拠点を拡大し、設備の増強を行うことで、近年可能となっている。既にいくつかの幹線輸送拠点では、ネット通販事業者の商品をオートピッキングファクトリ (自動ピッキング倉庫)¹⁹などに保管して

¹⁸ 独占分野となる一般信書と宅配便事業者との競争分野となるゆうパックを同時に行うことにより、両分野の共通費用を節約することができる(範囲の経済)。公正取引委員会(2006)は、共通費用を適切に割り振ってイコルフットィングを確保すべきと指摘している。

¹⁹ 自動倉庫に保管できる荷物の大きさに制約や、常時在庫を保管しておく必要がある。そこで、ヤマト HD は、デジタル・ピッキング・システム(DPS)とフリーラック(ロールボックス)を組み合わせたフリー・ラック・オート・ピッキング・システム(FRAPS)を開発した。通販事業者が商品をロールボックスに収納して、これをそのままヤマト運輸の幹線輸送拠点に輸送して DPS にセットする。デジタル表示に従って、作業員が正確にピッキングして梱包する。梱包された商品は、宅配便のネットワークで配送される。FRAPS を利用すれば、荷主企業は最小限の在庫をフリーラックに用意してヤマト運輸に委託すればよくなる。

いる。宅配便事業者の倉庫業務は、自社の宅配便ネットワークに迅速に載せることが可能であり、配送までのスピードはネット通販物流においても優位となる。

（２）輸配送業務

ネット通販市場は今後も増加が予想され、ラストマイルを担う宅配便取扱個数も急増が見込まれる。宅配便各社は、ネット通販市場の取り込みを戦略の柱に置いている。各社が重点的に取り組む施策の一つとして、大都市間の当日配送エリアの拡充が挙げられる。しかし、日本におけるこれまでの宅配便ネットワークの幹線輸送は、基本的に夜間１日１便（輸送量が多い拠点間で数便）で構成されている。当日配送を大都市間で実現するためには、幹線輸送拠点を当日配送に対応させる必要がある。

ヤマト HD は、３大都市圏にゲートウェイ（GW）と呼ばれる大型幹線輸送拠点を整備することで、大都市圏の当日配送ネットワークを構築しようとしている。2013 年に厚木 GW、2016 年には中部 GW が竣工し、関西でも 2017 年度中に完成予定である。これまでは翌日配送を前提に、幹線輸送拠点間の輸送を１日１回夜間に行っていたのに対し、GW 間・GW とその管内の幹線輸送拠点間の輸送を 24 時間止めずに行うことにより、当日配送を可能にする。さらに、貨物を集約することで輸送量が増加する GW 間では、セミトレーラーなどの大型車両を用いることにより輸送効率を向上させる。

従来の幹線輸送拠点では、一つの仕分け機を使い、夕方からは出発貨物の方面別の仕分けを行い、その後に段取り替えを施し早朝には到着貨物の営業所別の仕分けを行っている。ところが、貨物量が急増するにつれ、幹線輸送拠点で混雑が生じ作業効率が低下するようになってきた。GW には、クロスベルトソータと呼ばれる最新鋭仕分け機を双方向に設置し、大量の出発貨物、到着貨物を 24 時間同時に仕分けられるようにしている。この装置は、ベルトコンベア上で荷物が載るセル（トレイ）に装着されたベルトにより、荷物を仕分ける仕組みになっており、一般的なチルト式やダンバー方式と比べて荷物に対する衝撃が小さい。

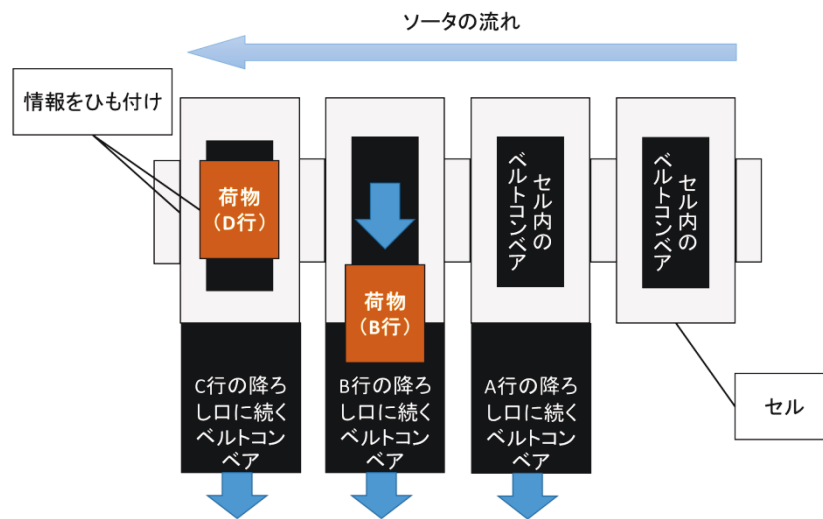


図 1.6 クロスブルソータのイメージ図

宅配便事業者にとって、当日配送ネットワーク整備の最大の課題は、大型物流拠点等への設備投資である。日経ビジネス（2013）によれば、ヤマトHDの東名阪のGWには各200億円、国際輸送拠点にも活用されている羽田クロノゲートウェイには1,400億円が投資され、総投資額は2,000億円を超えるという。当日配送の実現とコスト削減を同時に達成することを狙っている。

また、日本郵便も「メガ物流局」という大型幹線輸送拠点を設置し、ネットワークの再構築を進めている。郵便局の集配ネットワークの密度は高く、ゆうパックの集配でも効果的である。しかし、地域区分局が鉄道駅付近や都心部に立地し手狭なため、ゆうパックの仕分け作業や高速道路の利用などでは不利となっている。このため日本郵便は、ゆうパックに適した物流ネットワークの再編を進めている。2018年度までに約1,800億円を投資し、全国に20カ所のメガ物流局を新設する。メガ物流局は、高速道路インターチェンジ付近に整備され、最新式の自動仕分け装置を設置することにより処理時間を短縮する。メガ物流局の整備により、現在東京、大阪の一部に限定されている当日配達サービス区域を拡大する。2017年3月には、4カ所目となる東北最大の郵便局が岩手に開局予定である。

サービス向上によってネット通販を中心に宅配便取扱量が増えれば、昼間の施設稼働率が高まる。従来の翌日配送を前提とするC to CやB to Bでは夜間の施設稼働率が高いため、施設稼働率を平準化できコスト削減が可能になる。ネット通販事業者との、運賃交渉を通じて需要の平準化を図ることもできるかもしれない。さらに、ネット通販の在庫をGWやその周辺に保管するようにすれば、集荷時間がかからないため、当日配送可能なエリアを拡大することができる。その意味でも、大型の幹線輸送拠点は、宅配便事業者の倉庫業務におけるビジネスチャンス拡大にも繋がり得る。ヤマトHDでは既

に、ヤマトロジスティクスを中心に GW 内で通販事業者向けの付加価値サービスの提供拡大を進めている。

第4節 ネット通販物流の構造変化

第1項 当日配送ネットワーク整備の課題

大手ネット通販事業者は当日配送や通常配送無料をサービス戦略の一つとして、顧客を抱え込もうとしてきた。しかし、当日配送を実現するためにはネット通販・宅配便事業者の役割分担の如何にかかわらず、相応の初期投資と維持費用が必要となる。したがって、当日配送などのサービス水準に応じて費用を負担しなければ、高度な配送サービスを継続することはできない。今後、必然的に全国の消費者・ネット通販事業者・宅配便事業者は、それぞれが費用対効果を見極める中で、無理なく続けられる取引関係を模索していく必要があるだろう。

重要となるのが、正確な原価計算に基づく契約交渉である。宅配便事業では、各荷物の伝票単位で管理が行なわれており、これを原価計算に利用することができる。荷物を自動採寸・検量し、輸配送・作業などの工程ごとに活動原価を設定することにより、サービス水準などに応じた原価を計算できる。

これは、消費者の選択を通じて配送効率化を促進することにも通じる。この点で、価格に含めている配送料金を外に出し、消費者に配送方法を選択させることが有効である。消費者が当日配送を望んでいない商品を、費用をかけて当日配送を提供するのは無駄である。また、取扱店受け取りにしたら配送料を割引く、指定をした配達時間帯に不在であった場合、自動的に取扱店受け取りにするといった工夫も考えられる。ネット通販注文時に、配送サービス別に発生する CO₂ 排出量を標示して、消費者の選択に委ねることも効果があるかもしれない。このように、消費者が受け取り方次第で、配送料金や他のインセンティブを付与するような仕組みが、ネット通販物流の利用にも影響を与える可能性がある。

第2項 ネット通販物流の外部調達

ここまでで、ネット通販と宅配便のサービスを提供する各事業者の、今日までのネット通販物流における取り組みを整理してきた。以降では、これまでの各事業者の施策を参考にしつつ、ネット通販物流の機能面の特徴から、ネット通販物流の外部調達について再整理を行う。

ネット通販事業者が物流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。大手ネット通販事業者は、物流センター機能については自社管理志向が強い。それは、物流センター機能が物流システムの中核的部分

を成し、その立地と効率的な運営が配送サービスを決定するからである。土地、建物、設備に多額の固定投資が必要となるため規模の経済性が働きやすく、荷物の取扱量が多いほど荷物一個当たりにかかる取扱費用が安くなる。ネット通販事業者は、物流センターの取扱量拡大や関連事業収入増大を目的として、他社の物流業務をフルフィルメントサービスとして受注するものもある。アマゾンが世界各地で提供する FBA もその一つである。楽天も、同様のサービスを提供しているが、自社で直接取り扱う商品が少ない楽天の場合、既存の物流センターが少ないため、アマゾンジャパンほどは、シナジー効果が発揮しづらい状態である。このようなサービスを利用すれば、自ら物流システムや受発注システムに投資しなくても、ネット通販を始めることができる。また受発注処理や発送作業に煩わされることなく、マーケティングやマーチャンダイジングに集中することもできる。

物流事業者も同様に、フルフィルメントサービスの開発には力を入れている。宅配便事業者、稠密な配送ネットワークを持つゆえに、ネット通販に対応した物流センターを結び付けたサービスを展開していることで、フルフィルメントサービスにおける優位性を展開している。物流センター業務の管理運営を専門とする物流企業もまた、ネット通販に対応したサービスを開発している。そのなかには、3PL としてネット通販に関するすべての物流業務をプラットフォームとして提供するものもある。ある程度規模の大きなネット通販事業者のなかには、競争関係にある大手ネット通販企業のフルフィルメントサービスを利用するより、第3者である物流事業者のサービスを利用するものも多い。

第3項 ネット通販物流の機能と担い手の変化

これまでに見てきたように、日本においては宅配便というサービスが先行して社会に浸透していたこともあり、ネット通販物流の輸配送においては宅配便事業者が担ってきた。諸外国におけるネット通販物流では、宅配便の発展よりも前にネット通販が発展し、宅配便サービスがネット通販に牽引される形で発展する例もある。日本の場合、お中元やお歳暮のような百貨店の贈答品の文化も手伝って、翌日・翌々日の配送を基準として、クール便や細やかな時間指定が可能な高度な宅配便サービスの土壌が存在した。そのため、ネット通販物流における在庫管理や出荷作業等の倉庫業務を除いた、幹線輸送やラストマイルの配送業務は宅配便事業者が担ってきた。

倉庫業務については、ネット通販事業者が自社で行うことが一般的であった。しかし、ネット通販市場が成熟し、Amazon のような大手ネット通販事業者が力を持ってくると、大手のネット通販事業者は自社のオンラインサイトの販売力、受発注処理、在庫管理のノウハウを他のネット通販事業者に提供するフルフィルメントサービスを始めるようになった。この結果、自社で全ての受発注を管理するよりも、大手の販売網や在庫管理に委託した方が効率的であると判断した中小ネット通販事業者は、このフルフィルメントサービスを利用するようになる。

宅配便事業者による輸配送、ネット通販事業者による倉庫業務と、両者は棲み分ける形でネット通販物流を形成していたが、宅配便事業者による倉庫業務、ネット通販事業者によるラストマイルの配送業務への進出という動きも見られるようになっている。

たとえば、ヤマト HD が幹線輸送拠点で製造事業者や中小のネット通販事業者の商品在庫の管理と出荷作業を行う取組が挙げられる。大手ネット通販事業者のようなオンラインサイトでの販売力こそ持たないものの、宅配便の幹線輸送拠点から直接注文した消費者の自宅まで配送が可能であるため、物流のスピード面では優位性が発揮可能である。

一方、アマゾンなどの大手ネット通販事業者は、都心部等の一部地域限定で、宅配便事業者を利用しないで自社配送を行う取組を始めている。これは、注文から1～2時間という短時間で配送を行うサービスの提供のために実施された取組である。大手ネット通販事業者には、宅配便事業者程の輸配送を低コストで行う仕組みやノウハウには欠けているが、配送の面から考えれば人口密度の高い、いわゆる「おいしい地域」のみでサービスを提供する、ヨドバシのように自社の実店舗を在庫拠点の一つとして利用する、スマートフォンなどを利用して配送員の現在位置を「見える化」するサービスなどによって、従来の宅配便サービスでは満たすことができなかった消費者の需要に応えている。

ネット通販物流におけるネット通販事業者と宅配便事業者の取組は、両者の物流面での関係性に影響を与えており、橋本（2015）（根本・林（2015）第2章）では、ネット通販物流における、このような宅配便事業者とネット通販事業者の補完関係と競争関係の混在について言及している。本論文では、この関係性について物流機能面と事業者の取組に焦点を当て、さらに図 1.7 のような形で整理を行った。ただし、上述した通り、両者のネット通販物流における新たな取組は未だ限定的であり、実際には倉庫業務の大半はネット通販事業者が、輸配送業務の大半は宅配便事業者が行っている状況である。

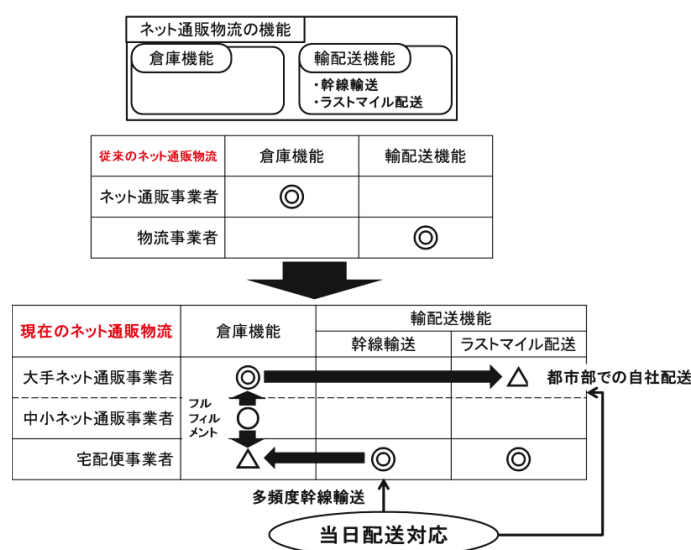


図 1.7 ネット通販物流における構造変化

第2章 宅配便事業者物流施策が交通量に与える影響

ネット通販の成長によって、従来までの購買形態だけでは掘り起こされなかった消費者の新たな需要が喚起された。一方で、従来は実店舗で購入してきた商品を、ネット通販経由で購入するようになった消費者も存在すると考えられる。これは、商品へのアクセス性向上、商品情報の検索が容易になったこと、実店舗で販売される商品の価格と比較した時のネット通販の商品の価格優位性、ネット通販で購入可能な商品ジャンルの拡大などの理由によるものと考えられる。

実店舗での販売を主とする従来型の流通形態に対し、ネット通販型の新たな流通形態では、小売事業者までの物流形態と小売事業者から消費者が商品を購入するまでの経路が異なる。小売事業者までの物流の出発点を製造事業者であると仮定すれば、従来の実店舗型流通形態でも、ネット通販型の流通形態であっても、製造事業者→卸売事業者→小売事業者までの大ロットの貨物輸送（太い物流）が行われている（事業者や商品の種類によっては、介在する卸売事業者の数が違う、または卸売事業者を介さない場合もある）。また、消費者が商品を購入する最終ネットワークに着目すれば、消費者が実店舗まで買い物に行くことで、徒歩、自動車、公共交通機関等による「買物交通」が発生する。また、ネット通販の場合は、宅配便やネット通販事業者による「貨物交通」が発生する。

ネット通販の成長は、宅配便の取扱個数を増加させ、宅配便による小ロットの混載貨物交通（細い物流）を増加させる。しかし、実店舗での買い物がネット通販での買い物に置き換わることで、宅配便の貨物交通は増加するものの、消費者の買物交通は減少すると考えられる。ただし、どの程度それぞれの交通が増減するかは、買物における自動車の利用頻度等によっても左右される。

本章では、第1節にて貨物交通と買物交通の定義と交通量が社会に与える影響を確認する。そして第2節では、実店舗型の流通形態とネット通販型の流通形態について、貨物交通と買物交通に着目して整理する。第3節では、ネット通販物流において、特に貨物交通に影響を与える宅配便事業者のネットワーク構造について確認する。最後に第4節では、それらを踏まえて、宅配便事業者の各施策における貨物交通と買物交通、そしてネット通販自体の発展に寄与するかを検証する。

第1節 貨物交通と買物交通

第1項 貨物交通

宅配便をはじめとした物流ビジネスが活況を呈すると、当然ながらその分だけ貨物量が増加する。宅配便に限らず、日本の物流ネットワークはトラックへの依存度が極めて高い。これは、国土面積の問題、鉄道の旅客需要が非常に高いゆえに貨物鉄道の運行便が限られる、といった理由によるものである。これを踏まえて本論文では、特別に言及がない場合「貨物交通」をトラックによる自動車道路の往来と定義する。

貨物交通は、排出ガス、道路の混雑、騒音、事故リスクにも影響を与える。特にトラックは、自動車と比べるとサイズは大きい、自動車に比べると1台が社会に与える影響は大きい。また、貨物の積み降ろしなどによって、トラックは一時的な駐停車が多いことも、道路混雑に与える影響が大きい所以である。ただし、1台当りで見れば交通などへの影響が大きい貨物交通も、一度に大量の貨物を輸送することで、経済全体を支えているということを考慮しなければならない。遠方の野菜を個々人で自動車にて取りに行くようなことに仮になれば、それこそ貨物交通以上の交通が発生してしまう。

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。幹線輸送または幹線輸送拠点から集配拠点までの横持ち輸送については、トラックのサイズが比較的大きいものになる反面、定まったルートをとることが多い。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、配送の際には、一時的とはいえ配送先付近の路上に配送車を停車する必要がある。加えて、配送においては、近年国としても問題視されている、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。具体的には、都心での台車や都市部での自転車を使った配送などが挙げられる。また、コンビニや宅配ロッカーでの受け取りも、再配達を防ぐ意味でも、住宅地などへの侵入を減らす意味でも効果的である。

第2項 買物交通

消費者が買物のために実店舗まで移動する際には、何らかの交通手段（徒歩を含む）を利用する必要がある。東名阪の三大都市圏中心部などでは公共交通網が非常に発達していることもあり、多くの消費者が徒歩、または鉄道やバスのような公共交通網を買物のために利用する。ただし、そのような都市圏であっても、少し中心部から離れると、自動車が消費者にとっての買物の足になりやすい。国土交通省の「平成22年度全国都市交通特性調査」によると、全国の私事²⁰の自動車の交通分担率は平日で54.3%、休日

²⁰ 全国都市交通特性調査には、買物のみに目的を限定した項目がないため、通勤・通学・業務以外の買物などの目的と定義した「私事」の項目を本研究では買物目的と仮定する。

になると 66.5%に達する。三大都市圏の中心都市²¹では平日 25.2%、休日 40.5%だが、中心部から 30～40km 未満離れた周辺都市²²では平日 41.0%、休日 54.8%、それ以上離れた最大都市圏の周辺都市²³では平日 62.8%、休日 73.3%にも達する。福岡市などの規模が大きい地方中枢都市圏の中心都市でも、平日の私事での自動車による交通分担率が 49.7%にも及ぶため、世界的に見ても公共交通への依存度が比較的高い日本でも、自動車での買物交通の割合が大きいことが分かる。

道路混雑の観点からすると、消費者の自動車の利用が高まるほど、当然道路の混雑も発生しやすくなる。自動車の代わりに鉄道であれば自動車の台数分だけ、バスであれば減少した自動車から増発したバスの分だけ、社会全体における道路の交通量は減少することになる。全国都市交通特性調査によると、元々自動車の分担率が高い休日の私事目的は横ばいであるものの、平日の私事目的での移動における自動車の割合が増加している。自動車への依存度が高い高齢者の増加による影響も考えられ、人口減少時代に入った日本でも当面は買物交通の道路混雑による影響は考慮すべき課題である。

第 3 項 貨物交通と買物交通の社会的な影響とネット通販

(1) 交通量の削減による社会的な影響

貨物交通も買物交通も、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、混雑による貨物運送事業者や一般消費者などの道路利用者の到着遅延など様々な社会への負の外部効果を与え得る。このような負の外部効果を、本研究では「外部費用」と定義する。

また、交通量の削減は、輸配送を行う宅配便事業者や消費者にとっても、時間や移動のための費用（燃料費や運賃など）の削減にも繋がる。もし、移動を取りやめて、買物で得られる売り上げ（効用）が変化しないならば、削減した費用の分だけ利益（便益）が増加することになる。

本研究では、以降でネット通販物流の輸配送を主に担う宅配便事業者の施策を検証していくため、ここで特に貨物交通に焦点を当てて、貨物交通の削減効果を整理する。

宅配便事業者にとって、配送する荷物の量が同じであれば、如何に効率的に配送を完了するかが重要となる。ここで言う「効率的」を費用の削減であると仮定すれば、輸配送においては再配達などの無駄なトラックの走行を減らした配送と考えることができる。すなわち、宅配便事業者にとっては、貨物交通量の削減が効率的な配送を実現する鍵になる。

²¹ 全国都市交通特性調査の調査対象都市は、さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市。

²² 全国都市交通特性調査の調査対象都市は、取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、豊中市、奈良市。

²³ 全国都市交通特性調査の調査対象都市は、青梅市、小田原市、岐阜市、豊橋市、春日井市、津島市、東海市、四日市市、亀山市、近江八幡市、宇治市、泉佐野市、明石市。

貨物交通量を削減することは、生産者である宅配便事業者の費用削減と交通量減少による外部費用の削減を同時に達成し得る。生産者側の利潤増加は、しばしば外部費用の増大を招くこともあるが、交通量という観点で言えば、生産者側の費用削減が、外部費用の減少にも繋がる可能性がある。また、宅配便事業者をはじめとした物流事業者にとって、慢性的なドライバー不足も、大型トラックの導入推進による物流効率化（走行トラック台数の削減）などの推進剤となっている。

ただし、物流の効率化が消費者の費用を増大させる可能性は考慮しなければならない。たとえば、かつてのように、駅まで消費者が荷物を受け取ることを進めれば、貨物交通は大幅に削減される。しかし、自家用車で駅まで荷物を取りに来るという消費者の交通（引き取りのための買物交通）が増加すれば、総交通量はかえって増加する。また、消費者の手間を増やすという意味で、消費者の不効用（費用）の増加を招くであろう。さらには、この結果、ネット通販の配送サービスが不便になることで、ネット通販事業者の収入にも影響を与えうる。

このように、どのような範囲までの社会的な影響を考慮するかによって、宅配便事業者が行う物流施策の効果も異なることが予想される。

（２）ネット通販と貨物交通・買物交通の関係性

ネット通販の利用が増加することで、幹線輸送ネットワーク、ラストマイルネットワークともに走行するトラックは増加する。特に、サイズが小さい集配トラックの台数は増加しやすい。加えて、ネット通販の普及とともに社会問題となっている再配達も、貨物交通の増加要因である。国土交通省の「宅配の再配達の削減に向けた受取方法の多様化の促進等に関する検討会」の調査によると、約 19.1%の荷物が受荷主の不在によって再配達となり、その結果配送車の走行距離が約 25%増加してしまっている。再配達は配送を行う事業者の負担となることは勿論だが、貨物交通量を増加させ、環境負荷の増大や混雑を助長することで、社会的費用を大きくする。

このため、宅配便のような小口配送はしばしば、交通量増大をもたらすとして非難されている。ただし、ネット通販の発展が単純に社会的費用を増加させるかと言うわけではない。従来は実店舗まで自動車で行っていた消費者が、買物をネット通販に転換した場合、買物交通は減少することになる。ネット通販によって、これまで埋もれていた需要が喚起された場合も当然あるため、従来は実店舗で買物をしていた消費者が、そのままその消費をネット通販に転換した、というほど事態は単純ではないだろう。しかし、日本政策投資銀行（2013）によると、実店舗での売上高は今後ますます減少する中で、ネット通販市場が引き続き拡大すると推計されている。同報告書でも言及されているが、仮に小売市場規模が頭打ちで推移した場合、マクロ視点では、ネット通販の売上高増加分だけ実店舗の売上減少する試算となる。自動車による買物交通の分担率が低い三大都市圏中心部では、自動車の買物交通の減少は地方部に比べて小さいこと、都心

部と地方部でのネット通販への依存度の今後の推移なども影響を与えるゆえに、ネット通販の交通に対する影響を明らかにするには、貨物交通と消費者の買物交通を合計した交通量（台キロ）を慎重に考察する必要がある。

第2節 実店舗型流通とネット通販型流通における貨物交通と買物交通

ネット通販、そしてネット通販物流の施策が交通量に与える影響を整理するために、まず従来までの実店舗型の流通形態とネット通販型の流通形態を本節にて整理する。

従来の実店舗型の場合、商品は製造業者から卸売事業者、小売事業者までは、物流事業者が大型のトラックにて大ロットで輸送する。一方でネット通販の場合、ネット通販事業者の倉庫以降は、宅配便事業者などによって消費者の下まで商品が配送されるため、貨物は小ロットになる。したがって、実店舗型の場合、ネット通販型に比べてより効率的に輸送できる。一方で、商品を購入するために、消費者の自動車、公共交通機関、または徒歩による実店舗までの買物交通が発生することになる。

このように、実店舗型では大ロットで比較的効率的な輸送が、流通に関連する事業者間でなされるが、消費者の買物交通がそれぞれ発生する。それに対し、ネット通販型では、小ロットで非効率的な配送による小ロットの混載貨物交通が発生するものの、自宅の軒先まで配送する場合は、消費者による交通は発生しない。宅配便の小ロットの配送は、事業者間の大ロットの輸送よりは台キロを増加させる非効率的な輸送かもしれない。しかしそれ以上に、消費者個人（もしくは数名単位など）が自動車で移動する場合の買物交通の方が、同量の商品の購入が行われるのであれば、複数の消費者の購入商品を輸送する貨物交通の方が交通量は少なくなる。

また、近年のネット通販サービスの発展によって、小売事業者の販売形態と消費者の購買行動は多様に変化している。たとえば、実店舗型とネット通販型双方の特色を持ったネットスーパーがあげられる。これまでネット通販で主に購入されていたのは、衣類や家電製品などの「買回り品」、水や米などの重量の大きい「日用品」²⁴であった。ネットスーパーの登場は、ネット通販の領域を生鮮食料品にまで広げている。ネットスーパーの商品の配送は、小売事業者の倉庫から行われる場合もあるが、実店舗の店頭在庫を活用し、最寄り店舗から商品をピックアップして、消費者へと配送される場合も多い。ネットスーパー以外にも、実店舗とネット通販サイトの両方を持つ事業者は少なくない。

一方で、ネット通販で購入する場合でも、消費者の自宅からの買物交通が発生する場合がある。たとえば、実店舗やコンビニなどの指定受取場所で、ネット通販で購入した商品を受け取ることができるサービスを利用する場合である。今日、独身世帯や共働き世帯の増加によって日中の受取りが困難ということもあり、このサービスを利用する消

²⁴ 森田(2014)では、これらの商品をネット通販で購入されやすい商品として「在宅品」と呼称している。

費者も少なくない。

また、家電製品などの購買においてしばしばみられる行動として、家電量販店などの実店舗で商品の下見を行ってから、価格が安いネット通販サイトで購入するというショールーミングがあげられる。さらに最近では、消費者のこのような行動を利用して、最低限の在庫で商品のディスプレイや試着を行うためだけの店舗を展開する事業者も登場している（再掲：図 1.1）。

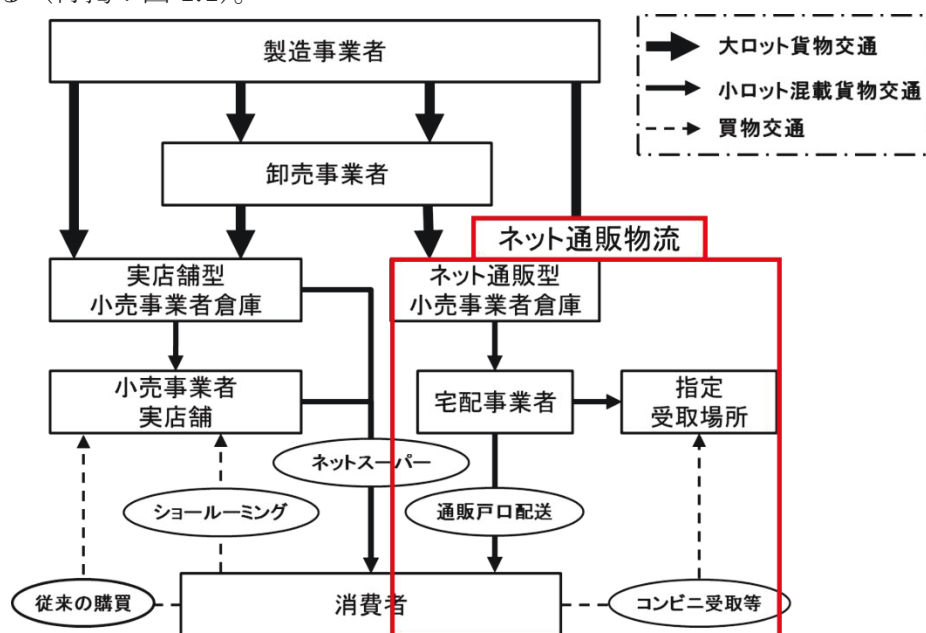


図 1.1 ネット通販の流通形態と本研究における「ネット通販物流」（再掲）

第 3 節 宅配便事業者の輸配送ネットワーク構造

第 1 項 ネット通販の発展と交通量の変化

ネット通販事業者は、消費者の多様な商品を安く、速く受け取りたい、という需要を受けて、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、消費者またはネット通販事業者を経由して、ネット通販の配送サービスに関する要求を受け、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。特に近年は、即日配送をはじめとした様々な配送オプションが展開されており、ネット通販であっても商品をすぐに受け取ることができるようになってきている。

このように消費者の購買行動が変化することで、宅配便事業者の貨物交通や消費者の買物交通もまた変化する。ネット通販の増加によって、宅配便事業者の貨物交通が増加すれば、道路混雑や細街路への集配トラックの侵入頻度などに影響を及ぼすことで、環境への負荷、騒音、混雑、事故リスクなどの社会的な費用の増減を引き起こす。

ネット通販の発展と交通量の変化を定量的に捉えることは難しい。ネット通販によって単純に増加する需要、既存の実店舗での購買がネット通販に置き変わる分の需要、ネット通販物流におけるサービス向上のための施策と効率化のための施策の効果、輸送や仕分け機材・情報通信技術の発達など、様々な要因が複雑に絡み合っているためである。

そこで、林・根本（2015）では、いくつかの既存研究を基にして、ネット通販による買物交通と貨物交通の考慮すべき様々な関連要因を指摘している（表 2.1）。また、Edwards et.al (2009)のように、いくつかの仮定した購買行動における典型的なトリップチェーン（人や荷物の出発地から目的地までの移動の繋がり）を試算すると、旅客と貨物の総交通量が減少すると試算している研究もある。

本研究では、これらの既存研究を参考にしつつ、宅配便事業者の物流施策の効果を確認するため、以降では宅配便事業者のネットワーク構造を確認した後、宅配便事業者がネット通販物流に対応するために進める施策のいくつかを整理し、第2部で分析する施策の位置づけを明らかにしていく。

表 2.1 ネット通販による交通増加要因・減少要因

		交通量増加要因	交通量減少要因
配 送 先	家庭	・トンキロ、台キロ貨物交通量増	・買物目的の台キロ自動車交通量減 ・同一ネット通販への多品目発注、同時配送なら台キロ貨物交通量減
	指 定 受 取 場 所（宅配 ロッカー、 コンビニ、 実 店 舗 な ど）	・（商品がかさばる場合）通勤 手段の公共交通から自動車へ の変更に伴う台キロ旅客交通 量増 ・指定場所が通勤途中になけれ ば若干の台キロ旅客交通量増	・多くの消費者による同一場所の指 定によりトンキロ、台キロ貨物交通 量減 ・時間指定緩和による混載促進によ り台キロ貨物交通量減
配 送 方 法	ネ ッ ト 通 販 専 用 倉 庫 利 用	・専用倉庫の広域配送対応によ り倉庫発の台キロ貨物交通量 増	・取扱量増加により倉庫―地域配送 拠点間の混載が促進され台キロ貨 物交通量減
	宅 配 事 業 者 利 用	・時間指定など配送サービス高 度化に伴う台キロ貨物交通量 増	・既存宅配貨物との混載、最適配送 （ミルクラン配送など）により台キ ロ貨物交通量減
通 販 比 較 購 買	国 内 ネ ッ ト 通 販	・価格競争激化、配送料無料化 による遠隔地ネット通販から の購買によるトンキロ貨物交 通量増	・寡占化に伴う混載促進により台キ ロ貨物交通量減
	海 外 ネ ッ ト 通 販	・購買機会増、販売機会増の便 益はあるが、トンキロ国際貨物 交通量増	・買物目的国際旅客交通量減

出典：林・根本（2015）

第2項 宅配便事業者のネットワーク構造

(1) 翌日配送を支える宅配便の物流ネットワーク

現在、日本国内の宅配便は、事業者によって多少範囲は異なるものの、約 500～600km 圏内で標準的なサービスとして翌日配送を実現している。大半の日本国内のネット通販事業者が、ネット通販物流に宅配便を活用しているのも、日本における宅配便の配送スピードの恩恵を受けている。宅配便の翌日配達サービスは、高度な輸送システムと情報システムから成り立っている。

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、目的地別に大型のトラック²⁵で幹線輸送を行う。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。なお、集配先は事業所や個人宅が中心であるが、コンビニなどの取扱店を集配の窓口としている場合もある。

また情報システムは、輸配送や仕分けなどの作業効率化や貨物追跡等で必要不可欠である。SD やターミナル作業員は、集荷、積替、配送などの作業毎にハンディ端末で荷物のバーコードを読み取り、貨物のステータス情報を管理している。この情報は、発荷主や受荷主にも追跡情報として提供されることもある。さらに、ネット通販などの場合、荷主となるネット通販事業者と消費者との受発注処理や運賃料金決済等の処理でも情報システムが活用されている。

このように、宅配便の物流ネットワークは、幹線輸送拠点を中心とした階層型のハブアンドスポークネットワークが日本全国にいくつか構成され、それぞれのハブアンドスポークネットワークが幹線輸送拠点を通して繋がっているという構造である（図 2.1）。そして、このような階層型のネットワークによって集約される荷物の情報を管理し、荷物の位置情報などの把握を行っている。

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

²⁵ 結ぶ地域間や国内の幹線輸送拠点の数によってトラックのサイズは異なるが、幹線輸送の場合は 10t 積載トラックが一般的であり、稀により大型のセミトレーラーが使用される。また、幹線輸送拠点から集配拠点はそれよりも小型のトラックを使い、集配拠点はさらに小型のトラックや集配用の軽自動車などが使用されることもある。たとえば、ヤマト運輸では、幹線輸送拠点から集配拠点は 4t 積載トラック、集配拠点以降は 2t 積載トラックが主に使用されている。

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、ネット通販物流の輸配送ネットワークを分析する。

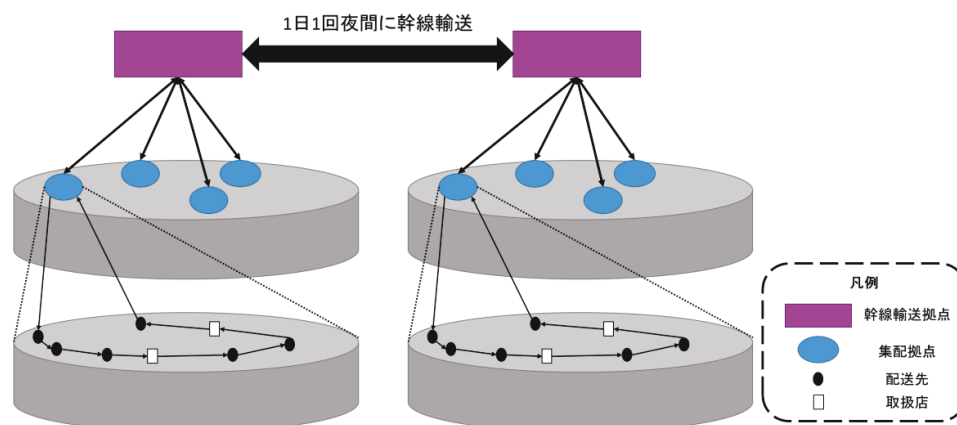


図 2.1 宅配便の階層型ネットワーク

（2）当日配送を支える宅配便の物流ネットワーク

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（GW）を東名阪の3大都市圏に配備する計画を進めている。

集約を目的とした従来の幹線輸送ネットワークとは異なり、GW間の多頻度輸送では、荷物が幹線輸送拠点に滞留する時間を減らすことで、都市間の輸送時間の短縮を狙っている。ただし一方で、それによって追加的な貨物交通が増加する可能性もある。

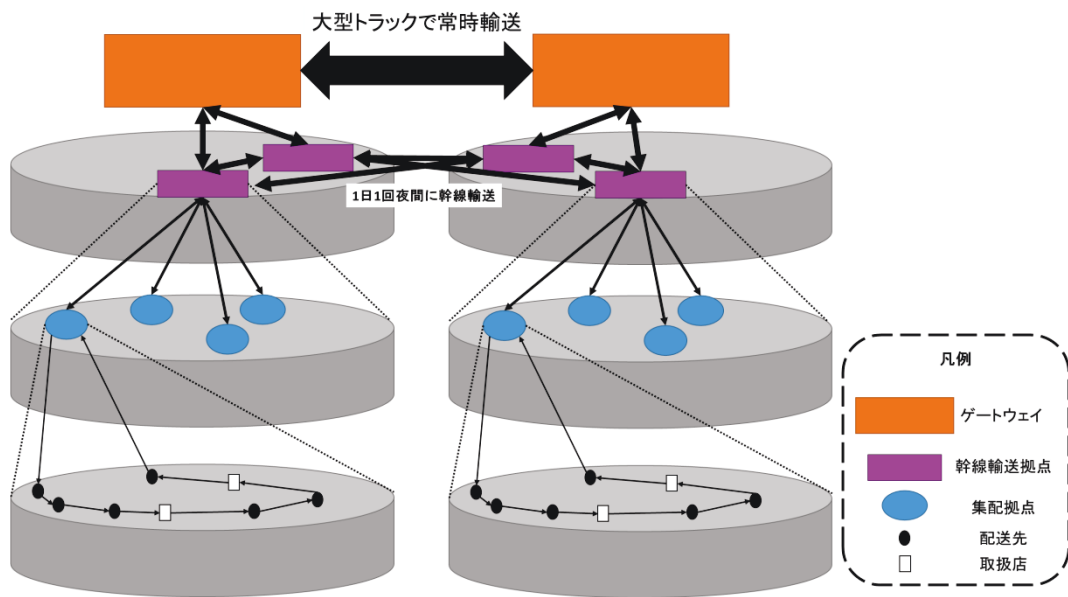


図 2.2 GWを組み入れた宅配便ネットワーク

（３）ネット通販物流における宅配便ネットワークの位置づけの整理

ヤマトHDは、ネット通販の発展、またB to B貨物の増加も目論んで、都市間の短時間配送ネットワークを構築している。ただし、現状は東海エリアのGWは完成して日が浅く、また大阪には完成していない。そのため、今日の当日配送を含むネット通販の配送の大半は、翌日配送ネットワークによって行われており、当日配送は都市圏内での提供にとどまっている。本研究でも、この現状を前提として、ネット通販物流と宅配便ネットワークの関係を定義する（図2.3）。

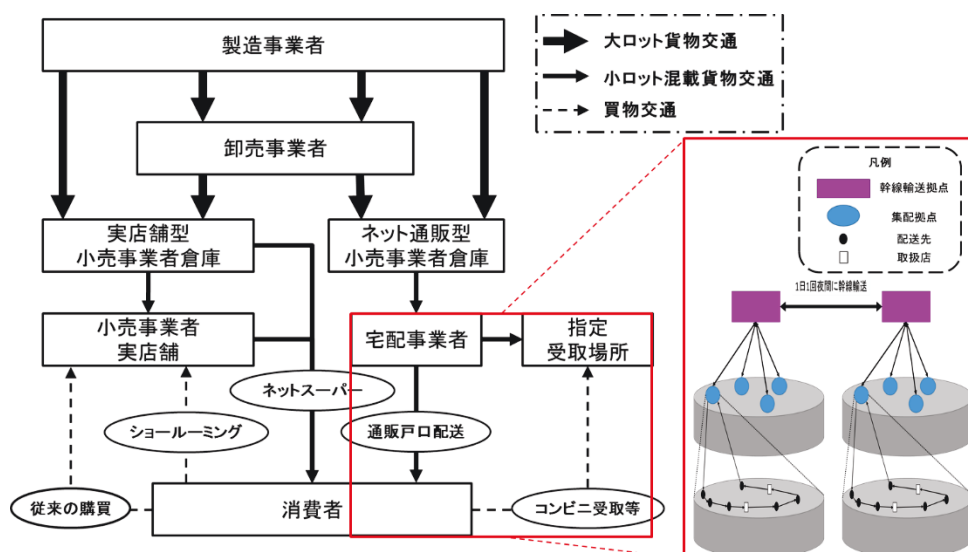


図 2.3 ネット通販物流と宅配便ネットワークの位置づけ

第4節 宅配便事業者の物流施策の交通量への影響

ネット通販の発展自体は、貨物交通の増加を招く一方で買物交通を削減する可能性がある。買物交通の減少は、当該地域がどれだけ元々自動車に依存した買物様式であったかにも依存する。日本の都心部のように、比較的徒歩や自転車での買物や公共交通機関の利用が多い地域では、貨物交通の増加が買物交通の減少を上回る可能性もある。しかし、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、いずれにしても、ネット通販物流の効率化は必要となる。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。そのため、物流を効率化させながら、さらに消費者のネット通販の利用を促進するような物流施策もあると考えられる。一方で、そのような物流サービスの中には、物流の効率化ではなく、貨物交通を増加させるものもある。ここで、ネット通販における、宅配便事業者による代表的な物流施策が、貨物交通や買物交通、またネット通販自体の発展に繋がるものなのかを整理し、表 2.2 にまとめる。

第1項 倉庫業務

様々なネット通販事業者の在庫管理などを請け負うフルフィルメントサービスは、在庫管理を担うフルフィルメント用の倉庫からの発送に伴う貨物交通を集約できる。宅配便事業者の幹線輸送拠点に商品在庫があれば、ネット通販事業者と宅配便事業者の拠点間の貨物交通が削減される。一方で、各中小のネット通販事業者からフルフィルメント用倉庫までさらに配送が必要となるため、新たな貨物交通が発生してしまう。

また、フルフィルメント用倉庫の運用に伴う、物流センターや輸送拠点の拡大も必要である。大型化するほど、より大型のトラックのような輸送機材を投入できるゆえに、幹線輸送拠点への納入、発送ともに貨物交通の集約の余地ができるであろう。また、商品管理の一元化は消費者にとって、注文時にどこから商品が配送されるか、配送料金がいくらなのかといったことに都度煩わされる必要がなくなる。さらに、商品の発送までの時間短縮という分かりやすいメリットも享受できることで、ネット通販サービスそのものの発展にも寄与すると考えられる。

第2項 幹線輸送

幹線輸送においては、トラックの大型化による輸送効率化や、ハブアンドスポークネットワーク構築による荷物の集約化が、貨物交通の削減施策となる。ただし、当日配送などの配送時間短縮が求められるネット通販サービスにおいて、在庫分散や多頻度輸送によって、輸送距離の短縮と荷物の滞留時間短縮が進められている。荷物の滞留時間は、現状で輸送できるにも関わらず幹線輸送拠点間の運行便が夜しかないため滞留してい

る荷物を輸送する分には、単純に貨物交通が増加するわけでないかもしれない（夜に輸送する分を日中に輸送するだけであるため）。ただし、それを上回る便数を運行させる場合は、当然貨物交通の増加を招く。同時に、当日配送はネット通販の利便性を高めるものである。

これらの施策の内、国土交通省が主体となって進めている物流生産性革命における、大型トラックの導入を参考に、本研究では第5章にて、トラックの大型化の効果を検証する。

第3項 ラストマイルの集配

ネット通販物流において、最も貨物交通の増減に直結しやすいのがラストマイルでの集配である。台車や自転車での集配は、最も分かりやすく集配の貨物交通を減らす物流施策である。宅配便事業者の中には、台車の単体運用だけでなく、トラックである程度の所まで輸送した後、台車を利用する集配員に最後の集配を任せることで、短時間に集中的に配送を行う施策を実行している事業者もある。また、コンビニや宅配ロッカーでの受取サービスも、集配の集約化や不在による再配達をなくすため、集配トラックの貨物交通の削減に資する。ただし、指定受取場所までに消費者が移動することで若干の買物交通が発生する可能性はある。そして、このように受け取り方（配送方法）のオプションが増加することで、消費者はネット通販が一層利用しやすくなる。他にも、アマゾンジャパンやアスクルが提供するような配送員の位置情報の提供も、宅配便事業者が行った場合でも、消費者の配送時の在宅を促して、再配達を防ぐことで貨物交通の削減効果があるであろう。さらに、まだ実験段階であるが、ドローンでの配送とともに、再配達の削減をなし得る物流施策である。

時間帯指定も不在による再配達の防止で貨物交通の削減効果はあるが、逆に時間指定に伴う配送ルートへの制約や積載率の悪化から貨物交通を増加させる可能性もある。宅配便事業者やネット通販事業者が、当日配送用の配送ネットワークを構築する例を第1章にて確認したが、当然当日配送分だけ別に貨物交通が発生してしまう。ラストマイルの集配施策は、現状では消費者の選択肢を増やすため、ネット通販の魅力度向上に資するものが多いのも特徴である。

これらの施策の中でも、本研究においては、第6章にて台車とトラックの集配員を集中投入する施策についての検証を行う。

第4項 配送料金と配送オプションの選択肢拡充の影響

消費者が配送オプションを選択するうえで、配送料金の消費者への提示方法は重要である。現状日本では、消費者が不在で受け取れない場合でも、再配達は原則無料で行われている。消費者も再配達となれば、それだけ受け取るまでの時間がかかることになり、また再配達依頼の手続きを行う必要もあるため、好んで不在であるわけではないだろう

が、現状のままでは料金的には消費者が1度目の配送で受け取るメリットが薄い。また、指定場所での受取についても同様である。消費者に在宅や指定受取場所までの移動のような不効用（費用）を課すサービスは、通常の配送と料金差をつけることで、貨物交通削減効果がある配送オプションに消費者を誘導し得る。逆に、再配達で自宅の軒先まで配送する場合は、追加料金を徴収するという施策も考えられる。割引であれば、ネット通販の利用性向上に資するであろうが、追加料金となれば恐らく消費者はネガティブな反応をすることが予想される。また、時間価値が低い消費者向けの遅い配送も、特に宅配便の貨物交通削減に有効である可能性がある。現状の宅配便ネットワークでは、滞留時間を長くすることでかえって費用が増加する可能性が高いが、幹線輸送の多頻度化など、トラックの運行便増加に対応するためには、様々な需要の荷物との混載が、輸送効率維持に必要となり得る。ヤマトHDはGW構想の中で、B to B 貨物の取込みで、貨物需要の平準化を画策しているが、その一助として遅い配送を提供できれば、消費者の選択肢を増加できるであろう。

配送料金の明示化と配送オプションの拡充は、トラックの大型化や集配員の集中投入に比べると、単純な交通量の増減は推計しづらい。しかし、消費者が望む配送オプションに応じた配送料金の在り方を検証することは、今後のネット通販物流において重要であると考えられる。第4章では、この視点から、消費者の配送オプションを決定する行動モデルについて分析する。

表 2.2 宅配便の物流施策と交通量への影響

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

経済や技術の発展によって、より多くの貨物をより多くの地域に輸送する必要が生まれた。このため、今日のあらゆる物流サービスの輸送ネットワークはより複雑なものとなっている。

物流事業者は、その貨物量・輸送距離、要求される輸送頻度・リードタイム、利用可能な輸送機材・交通インフラ等を考慮に入れ、最適（ネットワーク構築のための費用の最小化、輸送時間の最短化等）と考えるネットワークを構築する。

中でも宅配便ネットワークは、小口の荷主の貨物を取り扱うという性質上、多くの発着地を持つ輸送ネットワークである。しかし、全ての発着地を個別の路線で結んでしまえば、膨大な数の輸送経路（リンク）が必要となるため、相応のトラックやドライバーを確保しなければならず、費用も大きくなる。

そこで、宅配便事業者のような小口貨物混載輸送事業者は、ある程度の荷物を集約拠点でまとめてから、別の地域の集約拠点にまで輸送することで、リンクを集約してトラック等の輸送モードの積載率を向上させた「太い物流」の実現を図っている。リンクという輸送経路に対して、本論文においてはこのような拠点を「ノード」と定義する。

多くの宅配便事業者の輸送ネットワークでは、小規模の範囲を担当するノードと、それらの小規模地域を束ねた大規模な範囲を担当するノードを設置し、複数の階層を持つネットワークを構築している。

宅配便サービスの普及に従って、配送先となる顧客と荷物の取扱個数の増加が進み、宅配便ネットワークも拡大を続けてきた。さらに、ネット通販の発展によって個人宅向け荷物が増加し、当日配送に代表される配送時間短縮、再配達や時間帯指定サービスの拡充による輸送頻度向上が求められるようになり、宅配便ネットワークの構造はますます複雑化している。

ネット通販物流において、ネット通販事業者は消費者への新たな配送サービス提供のために、一部地域で自社配送を進めているが、現状では実際にネット通販物流の輸配送は、その大半を宅配便事業者が担っている。第5、6章でのシミュレーションを利用した施策評価では、基本的に宅配便事業者が輸配送を担っている現状を想定する。そのシミュレーションの準備として、本章では主に輸送に着目して、輸送ネットワークの効率性を経済学的に定義し、輸送ネットワークの構造との関連性を明らかにする。そして、今日の宅配便ネットワークが、輸送ネットワークにおける経済性をどのように活かして成立したかを考察する。

第1節では輸送ネットワークの費用と生産量を定義し、第2節では「輸送密度の経済」と「ネットワークサイズの経済」について確認し、宅配便ネットワーク構築に深く影響

する「輸送ネットワーク階層化（ハブアンドスポークの経済）」の定義を明らかにした。第3節では輸送ネットワークの構築プロセスを整理しながら、宅配便ネットワークの構造を分析した。また、第4節においては既存研究におけるネットワーク構築問題への取組を類型化し、第5節にて今後のネット通販物流における宅配便ネットワークを規定する要因について考察した。

第1節 輸送における費用と生産量

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。

固定設備費が大きい宅配便事業者をはじめとした輸送事業者にとって、生産量当りの費用（平均費用）を小さくすることは重要である。平均費用が逓減すれば、規模の経済が確認できるということになるが、「輸送における規模の経済」について議論するためには、その費用と生産量の定義を整理する必要がある。

輸送業では製造業と異なり、「量」だけでなく「距離」という要素が費用と生産量に影響を与える。そのため、費用と生産量は輸送ネットワークの構造の影響を受けやすい。この輸送ネットワークも、荷主または荷受人の要求するリードタイム（時間制約）によって、その構造が変化する。特に宅配便のように、時間制約が厳しい輸送サービスの場合、その傾向はより顕著であると言える。

本節では、まずリードタイムが一定であるとの仮定を置いたうえで、宅配便ネットワークの費用と生産量を貨物量と輸送距離によって定義し、費用と生産量の関係を整理する。そして、宅配便ネットワークの構造が、費用と生産量にどのような影響を与えるのかを考察する。

第1項 宅配便ネットワークにおける費用

輸送ネットワークのどこに費用が発生するか、という観点で考えた時、宅配便ネットワークを構成する費用は、ノードにおいて発生する費用とリンクにおいて発生する費用とに大別できる。

ノードの費用とは、仕分け施設の建設費・仕分け設備導入費・人件費等であり、リンクの費用とはトラックをはじめとした輸送機材の購入費・ドライバーの人件費・燃料費・設備の維持費等²⁶である。

ノードの費用は、貨物量に応じて増加する。しかし、施設の許容量の範囲内であれば、建設費や賃貸費等の追加的な金額が大きい費用は発生しない。このように、施設の費用等は多少の貨物量の変化には影響されないため、既存の許容量の範囲内で貨物量を増やすことで、設備の稼働率を向上させる（規模の経済を働かせる）ことは重要となる。

これはリンクの場合も同様である。トラックの運送原価の内6割超はドライバーや間接部門の人件費や一般管理費であり（国土交通省・全日本トラック協会, 2011）、また、ドライバーの人件費や燃料費・車両の整備費等は、輸送距離とそれに応じた輸送時間の

²⁶ 日本国内の宅配便ネットワークの場合、特に都道府県間の幹線輸送部分においては、これらの費用は他のトラック事業者へ委託するための備車費となることも多い。

影響も大きい。このようなことから、貨物量の増加に対する費用面での影響は、輸送距離や時間と比べるとあまり大きくないと考えられる²⁷。

このとき、追加的な貨物量が積載容量の範囲内であれば、貨物量の増加に伴い発生する追加的費用は料金収入の増加と比較して小さく、費用対効果が良い輸送が可能となると考えられる。

第2項 宅配便ネットワークにおける生産量

輸送ネットワークにおける生産量の定義は多くの研究で議論されてきた。その中で最も基本的なものが「貨物量」である。

しかし、貨物量だけを生産量と考えると、100 トンを 100 キロメートル輸送する場合も、100 トンを 1,000 キロメートル輸送する場合も、生産量が同じということになる。この時、生産量と費用の関係を考察しようとしても、輸送距離は要する時間や燃料に影響を与えるため、単なる貨物量だけでは生産量と費用の関係性を捉えることができない。

そのため輸送ビジネスにおける生産量については、「トンキロ」等の貨物量と輸送距離を掛け合わせた単位が用いられることが多い。なお、宅配便ネットワークの場合、貨物量を個数単位で集計しているため、「個キロ」が貨物量と輸送距離を考慮した生産量となる。

ただし、宅配便ビジネスは小口混載貨物輸送であるため、個別の荷物の輸送距離の同定は困難である。そのため、日本における消費者物流（宅配便）の調査においても、国内では個数、海外向けでは個数と重量のように、貨物量単位での集計となっている。このため、集計的なデータにおいて生産量と費用の関係性を捉えることも困難である。

また、ハブアンドスポーク型のネットワークのように、輸送事業者が荷物の集約を図るために、敢えて「寄り道」をするようなネットワークが主流になるにつれて、顧客が輸送を依頼する距離と実際に輸送事業者が輸送する距離に乖離が生まれる。この時、顧客がサービスとして依頼する貨物量と輸送距離である「有償トン（個）キロ」は運賃の基準となる一方で、実際の費用は事業者が輸送する距離と貨物量からなる「トン（個）キロ」に依る。

この時の費用を、より正確に計測するには、ハブアンドスポーク型ネットワークによる荷物の集約を評価する、即ちそれによって向上する輸送効率（トラックの平均積載率と走行台キロの削減）を評価する必要がある。

第2節 宅配便ネットワークにおける規模の経済

前節で触れたように、宅配便ネットワークにおける費用と生産量は、貨物量と輸送距

²⁷ ただし、輸送重量に対しての燃料費の増加が大きい場合は、この限りではない。

離によって決定される。そして、この貨物量と輸送距離を決定する要因はいくつか存在する。

宅配便ビジネスの発展に寄与してきた要因としては、日本の経済発展やネット通販の普及による既に展開した地域内の貨物需要の増加と、サービス地域の拡大によって新たに開通した地域間の需要を取り組むことによる貨物需要の増加が挙げられる。国内の宅配便ネットワークの全国展開後は、需要の増加要因で貨物量（取扱個数）の増加を捉えることもできるが、発展期では2つの要因が同時に働いていることになる。

宅配便ネットワークにおけるノード、リンク、その構造の変化について、まず定義しておく。宅配便ネットワークにおいては、物流拠点、輸送機材、仕分け・集配員といった、一定の輸送能力や保管・仕分け能力を有する設備や人員が必要となる。貨物量や輸送距離、または要求されるリードタイム等に応じて、これらの設備や人員を投入する必要がある。会計的には、このような投入に対して発生する費用は全て固定費として扱われる。しかし、それぞれの導入に必要な費用を比較したとき、ノード（特に大規模な幹線輸送拠点）の設置費用は特に大きい。

Caves et al.(1981)は、貨物量の増加を、「ネットワークサイズ」を固定した状態と拡大する状態とに分類して定義したが、本研究においては、この「ネットワークサイズ」を「ノード数またはリンクの構成」と定義する。また、リンクの構成とはノードの結び方であり、貨物量の増加によって同じノード間を走行するトラックが増加した場合、リンクの構成は変化せず、リンクが太くなると定義する。図 3.1 は、このような概念を整理したものである。

本節では、宅配便ネットワークで観察される「輸送における規模の経済」を整理するために、まず Caves et al.(1981)の分類に従って「輸送密度の経済」と「ネットワークサイズの経済」について整理する。そのうえで、宅配便ネットワークの構造が、費用と産出量にどのような影響を与えるのかを、より深く考察するために、ハブアンドスポークのような輸送ネットワークの構造において働く「輸送ネットワーク階層化の経済」を定義する。

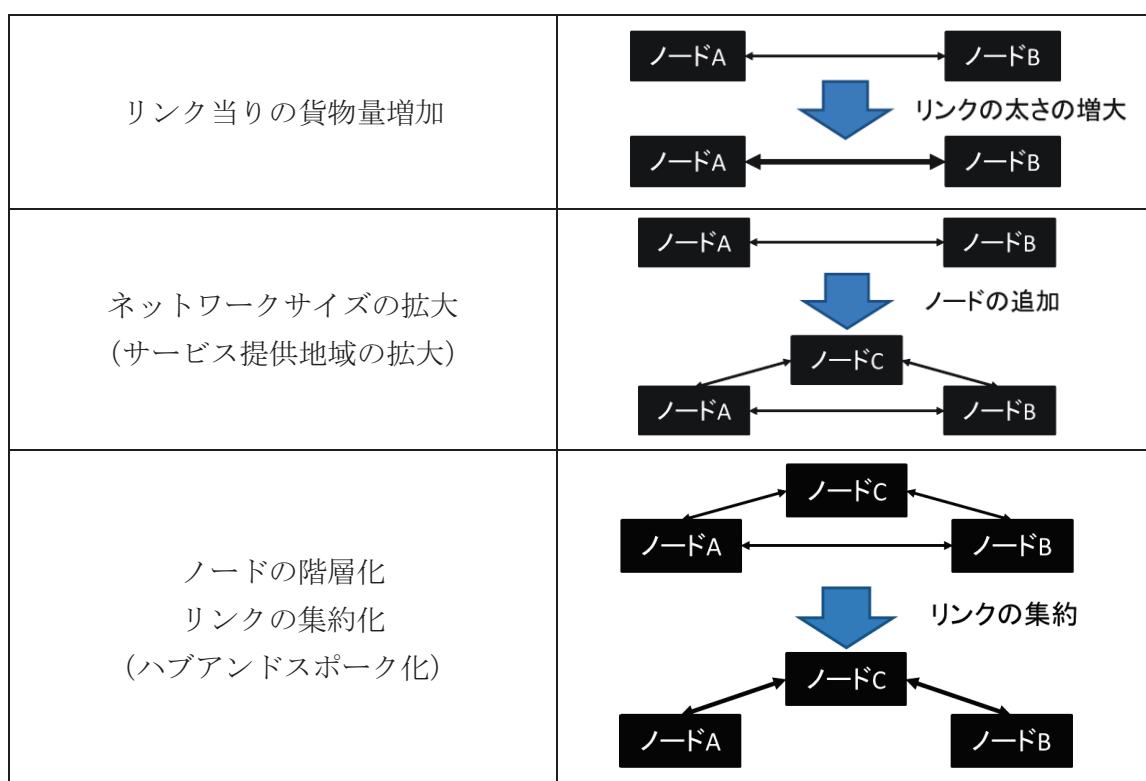


図 3.1 本研究で定義するネットワーク構造の変化

第 1 項 輸送密度の経済

宅配便の貨物量は、経済発展や人口増加等の要因により増加する。Caves et al.(1981)では、リンク当りの貨物量を「輸送密度」とし、固定されたノードとリンクの構成を持つネットワークでの輸送密度（宅配便では個数）の高まりに対する生産量（宅配便では個キロ）の増加を、「密度に関する収穫（RTD; return to density）」と定義した。

このとき、輸送ネットワークにおける生産量の増加が費用の増加に比べ大きくなれば、即ち輸送ネットワークにおける平均費用が逡減すれば、輸送における「規模の経済」を確認することができる。

Jara-Diaz(2007)は、このように輸送密度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」が働いていると定義した。

輸送密度の高まりは、ノードにおける設備の稼働率は向上させ、また、リンクにおいても、輸送密度が高まることは設備の稼働率（トラックの積載率）向上に繋がる。

ただし、ノードの設備に比べて許容量（トラックの場合は積載量）が小さいトラックは、輸送密度の高まりに応じて増減できるが、どの積載容量のトラックをどの程度増やすべきかについて留意する必要がある。

たとえば、1,000 個の荷物を 100km 輸送する場合を考える。もし積載容量 500 個のトラックを利用するのであれば、トラックは少なくとも 2 台必要となる。一方、積載容量 1,000 個のトラックが利用できるのであれば、トラックの台数は 1 台で済むことにな

る。この時、同じ 10 万個 km の生産量であっても、トラックの台数が異なるため費用は異なる。前述のように、トラックにおいては、運行費用に占めるドライバーの人件費の割合が大きく、積載容量を倍増しても費用は 2 倍にならない。

このように、同じ輸送密度であったとしても、どの様な積載容量のトラックで輸送するかは、輸送ネットワークにおける効率性を考慮するうえで重要となる。

第 2 項 ネットワークサイズの経済

宅配便の貨物量は、経済発展などの外生的要因以外に、事業者自身がネットワークサイズ（サービス提供地域）を拡大することで、新たな輸送需要を発掘して取り込むことによっても増加する²⁸。

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を、Caves et al.(1981)では「規模（サイズ）に関する収穫（RTS; return to size）」と定義した。

このとき、新設ノードとリンクにおける費用の増加割合に対して、生産量の増加割合が大きいならば、平均費用は逡減する。Jara-Diaz(2007)では、このような状態を「ネットワークサイズの経済」が働いている、と定義した。

ただし、宅配便ネットワークにおいては、ノードとリンクの新設費用が大きく、サイズ拡大のためのノードの新設時にはリンクの輸送を担うトラックの調達（備車を含む）も必要となるため、追加的な費用が大きくなりやすい。さらに、ネットワークサイズの経済が働く状況においては、輸送密度を一定と仮定したが、実際には人口の地域差が存在する。

一般的に、宅配事業者は人口集中地域からネットワークを展開するため、ネットワークサイズを拡大するにつれて、徐々に人口が少ない地方部に展開することになり、新設リンクの輸送密度も低下していく。このような理由により、輸送ネットワークにおいては、一般にネットワークサイズの経済は働きづらいと指摘されている（山内・竹内, 2002）。

第 3 項 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）

ネットワークサイズの拡大は宅配便事業者の意思によって行うことができる。ただ、ネットワークサイズを拡大するとき、ノードやリンクの稼働率の低下から、生産量の増加以上に費用が増加する可能性がある。そこで、今日の手配便事業者らは、特定のノードに貨物を集約することで、輸送密度の向上とネットワークサイズの拡大を同時に実現してきた。

輸送時間短縮を重視するのであれば、各発着地（OD; origin and destination）を直

²⁸本章では、ネットワークサイズを拠点数とし、ネットワークサイズの拡大とは、拠点数の増加によって新たな地域に宅配便サービスが提供される状態を仮定する。

行させる状態の方が優位であるが、各発着地間の貨物量が少ない場合、積荷スペースに空きが生じたままトラックを走らせることになる。

図 3.2 のように、東西 4 ヶ所ずつのノード（一般ノード）間を全て直行便で結ぶと、計 56 本のリンク（双方向矢印で 2 本のリンクを表す）が必要となる。しかし、東西それぞれ 1 ヶ所をハブノードとして、全ての荷物を 1 度ハブノードに集約させることで、リンクを 14 本に集約することができる。

ハブアンドスポーク型のネットワークでは、積替え自体の手間が増えるだけでなく、荷物自体の総輸送距離が増大することで、輸送時間が増加する。そのため、ハブアンドスポーク型ネットワークは、費用の増加を招く可能性もある。しかし、直行便では各ノード間の貨物量が少ない（小ロット）ため細いリンクであったが、ハブでの集約によって一般ノード・ハブノード間（中ロット）、ハブノード間の貨物量が増加し（大ロット）、より太いリンクが形成できる。これによって、荷物自体の総輸送距離が増加しても、トラックの総走行台数と距離（台キロ）が削減されることで、ネットワーク全体の費用を削減することが可能となる。とりわけ、貨物量が多くなるハブ間の長距離輸送において、他のリンクよりも大型のトラックを走行させることにより、この費用削減効果を大きくできる。

図 3.2 のリンク集約後のネットワークでは、ハブ間とハブ・他ノード間という 2 つの階層で構築されている。この階層化は、ネットワークの構成を変化させることで、輸送密度の経済を働かせようとするものである。ここでは、この階層化による輸送密度の経済の実現を「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）」と定義する。日本国内をはじめとした多くの宅配便事業者は、複数のハブアンドスポーク型ネットワークを階層的に展開することで、宅配便サービスを提供している（詳細は次節）。

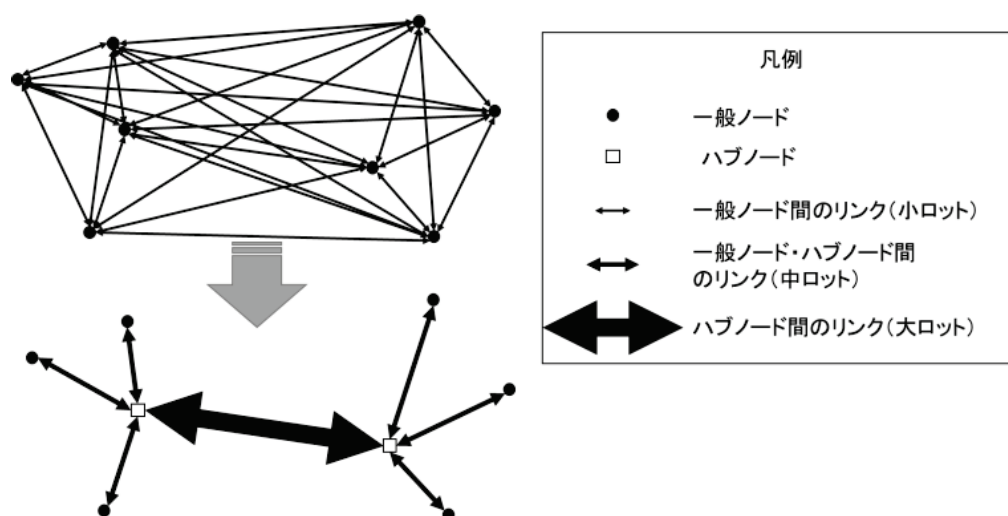


図 3.2 ハブアンドスポーク型ネットワークによるリンクの集約

第3節 ネットワーク形態の変化とネットワーク最適化問題の関係

第1項 輸送ネットワーク構築の計画

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、短期問題、中期問題、長期問題に区分できる（図 3.3）。

宅配便ネットワークを初めて構築する場合には、地域の人口や世帯の分布から、どの地域間の荷物をどの程度輸送する必要があるかを予測し、ノードの設置候補地の地価・賃料、交通インフラ等を考慮して、ノードの配置とリンクの構成を決定する。

各 OD 間の貨物量は、景気変動や季節波動の影響によって増減する。このような場合、ノード配置はそのまま、運行トラック数の増減や輸送経路の変更といったリンクの再構成による対応を行う。短期的な輸送ネットワーク構築の問題では、現実のノード配置をはじめとする様々な制約条件を前提に解を求めることになる。

中期的な問題とは、リンクの再構成だけでは対応できない大きな需要の変化（宅地開発による貨物量の増加等）が生じるケースである。この時、宅配便事業者は、ノードの新設や再配置、それに伴うリンクの再構成を考慮する必要がある。

そして、ノードの新設やリンクの再構成でも対応できないほどの大規模な需要の変化（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、図 3.1 のようなネットワーク階層構造の見直しを行う可能性がある。たとえば、昨今のヤマト HD のゲートウェイ構想や日本郵政グループのメガ物流局のように、ネット通販の当日配送サービスの要求によって階層の新設を試みる例もある。幹線輸送は、従来は夜間の運行便だけであったが、日中の運行便も導入し、多頻度輸送を実現することで、貨物の待ち時間を減らすことを目指している。

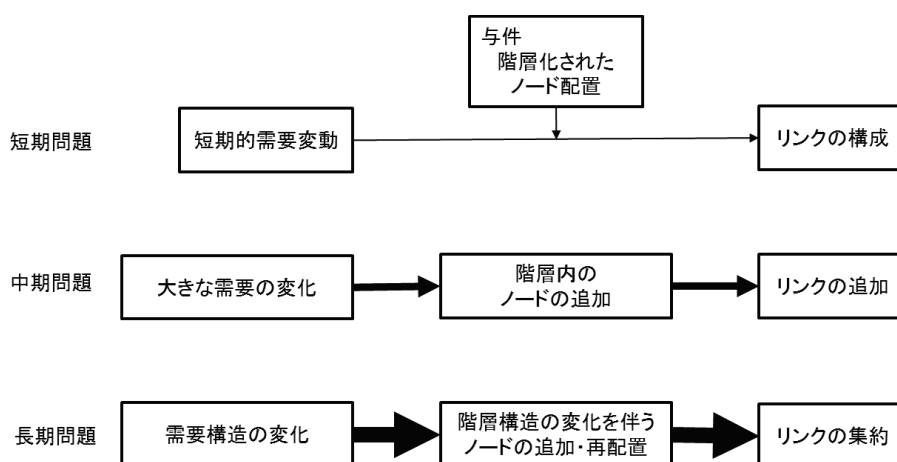


図 3.3 輸送ネットワークの決定プロセス

第2項 多層化した宅配便ネットワーク

宅配便ネットワークでは、小口の貨物の集荷・配送を行うために、複数の拠点設備を設置し、ネットワークの多層化を図っている。このように、輸送ビジネスにおいては、リンクの構成を考えることは極めて重要である。

根本ほか（2012）によると、宅配サービスにおける輸送ネットワークは、「輸送に関連した機能が有機的に結合されたもの」であり、またその機能を①集荷・配送、②幹線輸送、③トラックターミナルの仕分け作業、④情報システムに分類している。ここでは、実輸送のネットワーク自体に着目するため、①～③の物流機能に焦点を当てる。

宅配事業者は、階層化されたネットワークの各ノードとリンクにこのような物流機能を与えている。図 1.5 で示すように、日本国内の宅配事業者においては、各顧客から集荷した荷物は、宅配事業者の集配拠点へと輸送され、集配拠点でさらに他の集配エリアの荷物と集約されてから、幹線輸送拠点に輸送される。幹線輸送拠点に輸送された荷物は、各幹線輸送拠点方面別に仕分けられ、夜間まで集約された後に方面別に輸送される。着地の幹線輸送拠点に到着した荷物は、再度幹線輸送拠点にて、その幹線輸送拠点の管内の集配拠点別向けに仕分けられる。そして集配拠点に輸送された荷物は、さらに集配拠点に属するドライバーが担当する配送エリアごとに仕分けた後に、各顧客や指定受け取り場所にまで配送されていく。

さらに、ヤマト HD や日本郵政グループでは、当日配送に対応した宅配便ネットワークの構築のために、既存の幹線輸送拠点とは別に、より仕分け能力の高い大型幹線輸送拠点を整備している（図 1.6 参照）。これは、ネット通販の普及によって、消費者の宅配便に対する需要が変化した（より速い配送を求める需要が現われた）ことによる、新たな宅配便ネットワークの階層の構築と考えられる。

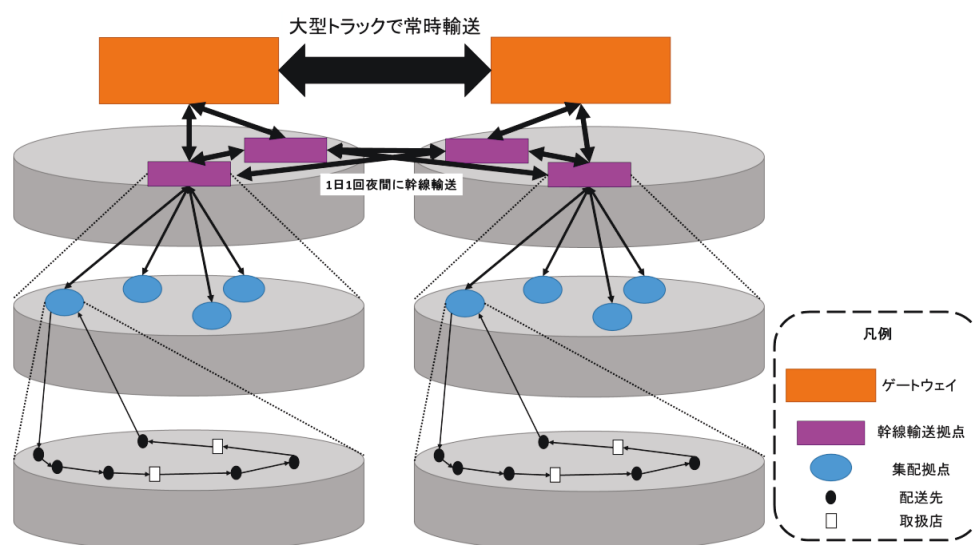


図 2.2 GWを組み入れた宅配便ネットワーク（再掲）

第3項 宅配便ネットワーク構築問題へのアプローチ

宅配便ネットワークの費用は、どの程度のトラックをどのリンクに何台投入するかが費用に影響する。したがって、輸送ネットワーク最適化問題においては、貨物量と距離の集計的なデータではなく、それぞれの OD の貨物量と輸送距離を基にして、費用や時間の変化をシミュレーションするという工学的なアプローチが取られてきた。

さらに最適化問題は、1つのノードからの配送を考慮するのか（one-to-many 型ネットワーク）、複数のノード間で相互に輸送ルートが存在するのか（many-to-many 型ネットワーク）に区分できる。多くのノードとリンクを想定する方が問題は複雑となる。そのため、複数の OD 間の輸送ルートを同時に考慮する場合、最適解を発見することが困難となる。このような場合、輸送ネットワーク問題は線形計画法で最適解を求めることが不可能となり、遺伝的アルゴリズムのように一定のルールを与えたうえでの探索的な手段によって、局所解を検討する必要がある。

図 2.1 や図 2.2 でも見られるように、宅配便ネットワークは個別集配先・集配拠点間、集配拠点・幹線輸送拠点間という階層間の one-to-many 型ネットワークと、幹線輸送拠点間を結ぶ階層内の many-to-many 型ネットワークの組み合わせによって構成されている。

第4節 ネットワーク最適化問題の類型化

本節では、輸送ネットワーク構築問題を、one-to-many・many-to-many というネットワーク形態、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分類する（表 3.1）。

固定されたノードにおけるリンクの再構成を考慮する短期問題としては、徳永ら(1995)が挙げられる。徳永ら(1995)は、日本の都道府県内の宅配便ネットワーク（集配拠点・幹線輸送拠点間）を想定し、リンクの構成を変化させることで、輸送費用と積替え費用の合計を最小化するモデルを構築している。そして、平均データから算出した仮想の流動量等を用いたシミュレーションから、集配拠点間の貨物量が少ない地域における集配拠点間の積替えでも、費用削減効果があることを提示している。

ノードの配置を考慮する中期問題を扱う研究では、ネットワークの階層性も考慮したものが多い。

Cooper(1963)は、複数のノード配置を求めるために、物流拠点が担当する地域を配分した先駆的研究であり、宅配便ネットワーク構築の初期段階を扱った研究である。また、ノードの新設を考慮することで、新たなリンクの追加の影響を分析した研究である。

また、より複雑となる many-to-many 型の幹線輸送ネットワークに関わる問題としては、幹線輸送の規模の経済を考慮し、幹線輸送拠点の配置とその間のリンク構成につ

いて議論した Campbell(1990)が挙げられる。

さらに谷口・根本(2001)では、集配拠点・幹線輸送拠点間のネットワークと幹線輸送拠点間の2階層について考慮し、幹線輸送拠点の最適配置、幹線輸送拠点の規模、幹線輸送拠点間のリンク構成について検討している。

幹線輸送ネットワークを扱った研究として Hall(1987)が挙げられる。同研究では、many-to-many 型のネットワークにおいて、貨物量の変化に応じて積替え拠点を經由するかどうかの選択問題を扱い、リンクの集約によって適切な幹線輸送拠点の選択を分析している。

上記の中期問題を扱った研究においても、輸送ネットワークの階層を考慮している、または追加するノード（新しい階層）の位置や数を仮定していることが一般的である。ただし、それらの多くは、輸送ネットワークの階層数、上位または下位の階層のどちらかのノード数や配置等を与件としており、輸送ネットワークの適切な階層数を分析した研究は限られている（上記の前提条件を基に、単純化したモデルでの検討を試みた研究としては、家田(1997)があげられる）。それは、階層構造の変化が、ノード数をはじめとした多くの条件にも影響を与えるため、ノード数や配置等の条件を固定しなければ、問題が複雑になりすぎるためである。

表 3.1 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	
徳永ら(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5節 ネット通販の発展と宅配便ネットワークの階層構造の変化

宅配便ネットワークの構造は、ネットワークサイズの拡大に対して、採算が取れる輸送密度を実現できるように発展していった。そして、輸送密度を維持しながら、複数の小口荷主の荷物をより効率的に配送ネットワークを実現するためには、集配拠点と幹線輸送拠点から成る階層構造を構築する必要があった。

特に、ネット通販の発展は、貨物量だけでなく、当日配送などの時間制約の変化という要因によって、宅配便ネットワークの階層的構造にも変化を与えている。ヤマトHDや日本郵政グループは、仕分け能力の向上と従来のような夜間に出発する幹線輸送便の運行を日中にまで拡大するために、幹線輸送ネットワークの階層をさらに追加しようとしている。また、佐川急便のクロスドッキングによる配送も、ラストマイルネットワークにおける階層構造の変化と見ることができる。さらに。ラストマイルネットワークでは、比較的不在が少ない午前中の配送に、ドライバーと台車での配送を組み合わせることで、一時的に配送の人手をかける取組が、ヤマト運輸や佐川急便で行われている（この取組については6章で詳しく扱う）。

宅配便ネットワークの構造に影響を与える要因は、地域や時代によって大きく異なる。本章で紹介した既存研究は、貨物量と輸送距離、費用に焦点を当てた研究に焦点を当ててきたが、ネット通販の普及によって時間の制約条件、運行便のスケジュール（輸送頻度）も大きく変化している。宅配便をはじめとした輸送ネットワーク構築問題における想定条件や制約条件も、それに合わせて設定していく必要がある。

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

自前で商品の在庫を持つ大手ネット通販事業者の中には「配送料金無料」をサービスの一つの核に据えている事業者も少なくない。しかし実際には、ネット通販事業者は宅配便事業者に運賃を支払っているはずである。すなわち、ネット通販事業者は、実際に発生する配送費用を商品の価格に内包している。このような配送料金の内包化は、消費者の配送に対する費用的な意識を薄め、消費者のネット通販における商品の買い方や配送オプションの選択に影響を与え得る。

このような、ネット通販事業者の配送料金に関する施策も手伝って、ネット通販の利用は世界的に普及し、それに伴って宅配便の取扱個数も増加している。しかし、C to C と比べて運賃が低いネット通販などの企業発送の荷物の増加は宅配便事業者の生産性を圧迫し得る。

ネット通販事業者と宅配便事業者の運賃やサービス水上の交渉の中で、佐川急便は大手ネット通販事業者であるアマゾンジャパンの商品の配送を取りやめた。また、ヤマト運輸や佐川急便は運賃を値上げする動きである。日本郵便の低運賃戦略もあって短期的には値上げの流れは停滞状態であるものの、宅配便事業者も既存の配送ネットワークを維持するために、収益性を考慮しだしている。一方でネット通販事業者が、採算性の高い地域を中心に自社配送に乗り出していることも、宅配便事業者の今後の戦略に影響を与え得る。

また、ネット通販によって個人宅向けの宅配便が増加することで、不在による荷物の再配達が問題となっている。国土交通省の2014年12月に実施された宅配便大手3社に対するサンプル調査によると、約20%の荷物が再配達されているという。2章でも述べたように、このような再配達は、宅配便事業者にとっての負担となるだけでなく、混雑や排ガスによって社会的費用を増大させる可能性がある（国土交通省, 2015）。

日本の宅配便のサービス水準（配送スピード、時間帯指定、再配達）は、アメリカや中国ほどは広くない国土面積を考慮しても世界的には高水準である。しかし、ネット通販市場のさらなる成長が予想される中、現在の配送スピードと品質を保証する配送ネットワークを維持するためには、各消費者が望むサービス水準に対して、配送料金を支払う仕組みと、消費者にサービスに応じた費用を負担させる仕組みが必要となる。

以上を踏まえて、本章ではまず、第1節にて消費者がネット通販を利用する理由と配送サービスの役割について整理する。第2節では、アマゾンを対象として各国における配送サービスと料金設定を比較し、理想的な配送料金設定を模索するうえでの参考にする。第3節では、時間価値の概念を取り入れて、消費者が買物に要する購買費用を実店

舗とネット通販で比較し、第4節ではその推計を基に、配送料金の明示化と配送サービスの費用に応じた料金設定の重要性について考察する。

第1節 消費者がネット通販を選択する要因と配送料金

第1項 消費者の需要に応えるネット通販サービス

ネット通販が急成長する要因として、従来型の小売業と比べネット通販の販売費用が低く、それによって安い商品価格で商品を提供している点が指摘されている。ネット通販では、賃料が高い駅前の店舗や多くの駐車場を要する大型店舗は不必要である。実店舗に販売員を配置する必要もなくなった。一方で、消費者まで商品を配送する、オンラインショップを運営するなど費用が必要となるが、それでも賃料や人件費の差の方が大きいであろう。

また需要面では、ネット通販に対する慣れ（消費者の抵抗感の弱まり）、オンライン決済サービスの拡充、配送サービスの向上によって、消費者がネット通販を利用しやすくなったことが、ネット通販市場の拡大に作用していると考えられる。その要因は、総務省（2012）でも示されている。同調査によると、インターネットを使って商品を購入する主な理由の上位二つは、店舗の営業時間を気にせず買物できるから、店舗までの移動時間・交通費がかからないから（図4.1）。このことが示すように、消費者の時間価値が増大する昨今²⁹、時間価値の高い消費者の需要を満たすには、配送時間はきわめて重要な要素である。

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。その意味において、消費者は配送時間を費用と認識している可能性がある。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。

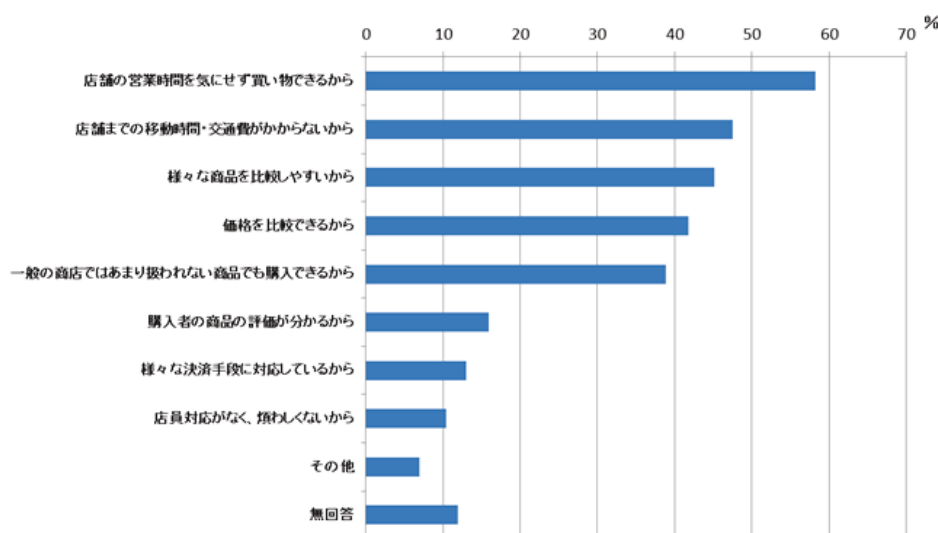


図4.1 ネット通販を利用する主な理由

出所：総務省(2012)

²⁹ 経済同友会(2009)。

第2項 時間価値に応じた配送サービスと消費者負担

かねてより交通経済学の分野では、交通は目的地での活動という「本源的需要」のための「派生的需要」とであるとみなされてきた。そのため、ドライブのように移動そのものを楽しむような場合以外は、移動の時間は費用と考えることが一般的である。

この時間価値をネット通販に置き換えて考える。買物自体の時間に関しては、消費者にとっての本源的需要であるならば、その時間は正の効用を持つという考え方に基づいて費用とはみなさない。しかし、これは買物に時間を使うことそのものが目的の場合である。そのため、買物による時間も短縮したい消費者にとっては、ネット通販のように商品の検索や比較が容易な買物の方法は魅力的に感じる可能性がある。買物時間については、消費者の買物への選好によって（正の）効用となるか費用となるかは異なるであろう。また、同じ消費者であっても、購入する商品、一緒に行動する人間、消費者の時間的余裕などに影響されて効用となるか費用となるかは異なるはずである。

上記のように、買物時間自体については、その時間を費用と見るか否かの判断が難しい。ただし配送時間については、受け取ることができる時間の問題がなければ、消費者が配送時間を好んで長くすることは直感的にも想定しづらい。その点を考慮して、以降では、商品の配送時間³⁰を移動時間と同様の派生的需要であるとみなし、費用として扱う。配送時間が費用であるならば、ネット通販の消費者は、自らの時間価値を考慮して、追加料金を支払うことで配送時間を短縮する選択を行うかもしれない。

しかしながら、これまでの章でもしばしば言及したように、配送時間の短縮に対して追加料金を払うというサービスは一般的である一方で、日本においては指定場所での受取と自宅の軒先での受取、1回目の配送での受取と再配達での受取に料金的な差異があることはほとんどない。

ここで問題となるのが、「配送料金無料」と銘打つサービスである。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状況にある。そして、それが結果として、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。

再配達を削減するためには、各事業者の配送までの効率性のような創意工夫だけではなく、消費者自身が荷物を1度目の配送で受け取るようにするインセンティブが必要であることは、国土交通省(2015)において議論されている。そのためにも、配送料金を商

³⁰ 移動時間はその時間において、他の経済活動に充てられないという仮定の下、賃金率などを基に計算するが、消費者は注文してから商品の配送が完了されるまでの時間全てを拘束されるわけではない。ここでの配送時間は「注文した商品をすぐに利用できない」という不効用に近いものとなる。ただし、時間帯指定をした場合、その時間帯は自宅に待機しなければならない、ということであれば、消費者の他の経済活動を阻害する。このことより、配送時間の中にも費用となる時間は2種類あることになる点には注意が必要である。

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。

第2節 ネット通販の配送サービスと料金の現状

日本におけるネット通販の配送サービスの現状を整理するためには、海外のネット通販の配送サービスとの比較を行うことも有用であろう。

ここでは、世界各国でネット通販事業を展開するアマゾン为例にして、各国のネット通販の配送サービスの現状を整理する。ただし、アマゾンでは年会費を支払うことで当日配送等のサービスが無料となる「プライム」会員も存在するが、以下で紹介するサービスの料金は基本的に当該サービスを1回利用する場合の料金である、ということを留意しておく。

第1項 日本

日本では、2016年4月より、それまでアマゾンの倉庫から発送される商品に関しては無料と提示されていた配送料金（実質的に商品価格に内包されている）が、配送1回あたり350円に改訂された。ただし、2,000円以上購入した場合は、配送料金が徴収されない設定であり、また書籍については引き続き「無料」のままである。

また、「日時指定」サービスと2種類の速達サービス（「お急ぎ便」・「当日お急ぎ便」³¹⁾）が設定されており、日時指定は360円／配送、お急ぎ便は360円／配送、当日お急ぎ便は514円／配送となる（日本の宅配便事業者は、通常配送であってもほとんどの地域で出荷から2日以内に配送を行うことができる。そのため、一部の地域を除いては通常配送とお急ぎ便の差異はほとんどない）。

表 4.1 アマゾンジャパンの配送サービス

配送サービス		配送日数	配送料金	
			非会員	Prime
通常	書籍以外	発送後1～2日	350円／配送	無料
	書籍		無料	
日時指定		—	360円／配送 (当日514円／配送)	無料
お急ぎ便		注文から3日以内	360円／配送	無料
当日お急ぎ便		注文日	514円／配送	無料

*2016年4月より2,000円以上購入の場合は無料。未満であれば350円。

出所：アマゾンジャパンのヘルプページを基に筆者作成

³¹⁾ ショッピングカートに入れる際に、居住地によってどちらになるか指定される。

第2項 ドイツ

ドイツでは通常配送で出荷から1～2営業日と日本と同程度の配送スピードを標準的サービスとして提供している。

また、配送料金に関しても、配送料金が「無料」と提示されているのは書籍のみであり、それ以外の商品は、通常配送で€3/配送（€29以上購入した場合は配送料金が無料）となる仕組みであり、日本円換算の単価こそ、日本よりも高いものの基本的な料金設定は似通っている。また、当日配送の配送料金は€7.99/配送（2016年以降、それまでの€6から値上げ）となる。これに加えて、朝や夕方に時間帯を絞った当日配送サービスがある。これについては、プライム会員であっても注文商品ごとに配送料金が発生するが、非プライム会員とは料金設定が異なる。

表 4.2 アマゾンドイツの配送サービス

配送サービス		配送日数	配送料金	
			非会員	Prime
通常	書籍以外	発送後1～2営業日	€3/配送 (€29以上購入で無料)	無料
	書籍		無料	
プレミアム		発送日	€7.99/配送	無料
2日間速達		発送後2営業日	€7.99/配送	無料
朝速達		発送後12時間以内	€13.99/配送	€5/商品
夕速達		発送後18～21時間以内	€13.99/配送	€5/商品 (€20以上で無料)

出所：アマゾンドイツのヘルプページを基に筆者作成

第3項 フランス

フランスでは、2014年6月に、ネット通販事業者が書籍の配送料金無料を禁止する法案を上院で可決した³²。この結果、アマゾンは書籍のフランスにおける配送料金を€0.01に設定している。またそれ以外の商品に関しては、通常配送は発送後3～5営業日で€2.99/配送（€25以上購入で無料）となる。速達サービスは、1日配送（規定時間内の注文であれば、注文翌日の配送）、速達・優先（提供地域や商品群で選択可能なオプションが異なる）があり、配送料金はいずれも書籍や音楽、DVDなどのメディア系商品ならば1商品当り€7.99、それ以外であれば1配送当り€9.99である。本やドイツと比べても配送日数が長く、配送料金は高く設定されている。

³² 日本経済新聞「仏、書籍販売で「反アマゾン法」 配送無料の禁止法案可決」、2014年6月28日

当日配送にあたる「夜配送」は、パリ・リヨン・マルセイユ限定のサービスであり、当日の日曜を除く夜の 19～22 時に配送が行われ、メディア系商品であれば 1 商品当り €9.99、それ以外であれば 1 配送当り €12.99 の配送料金が発生する。また、プライム会員であっても、€25 未満の注文であれば 1 配送当り €4.99 の配送料金が必要となる。

表 4.3 アマゾンフランスの配送サービス

配送サービス		配送日数	配送料金	
			非会員	Prime
通常	書籍以外	発送後3～5営業日	€2.99／配送 (€25以上購入で無料)	無料
	書籍		€0.01／配送	
1日速達	下記以外	注文翌日	€9.99／配送	無料
	メディア (書籍、音楽など)		€7.99／商品	
速達	下記以外	発送後2～5営業日	€9.99／配送	無料
	メディア (書籍、音楽など)		€7.99／商品	
優先	下記以外	発送後2～3営業日	€9.99／配送	無料
	書籍・CD等		€7.99／商品	
夜配送 パリ・リヨン・ マルセイユ・ エクス＝アン ＝プロヴァン ス限定	下記以外	発送日 (日曜除く19時～22時)	€12.99／配送	€4.99／配 送 (€25以上の 注文で無料)
	書籍・CD等		€9.99／商品	

出所：アマゾンフランスのヘルプページを基に筆者作成

第4項 アメリカ

アマゾンが本社を置くアメリカでは、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て、商品群ごとに配送料金と出荷手数料の合計を徴収している。また、通常（3～5 日）、Two-day、One-day の 3 種類の配送サービスが選択可能であり、それぞれの配送サービスごとに、上記の 30 種類以上の商品を区分する商品群は変化する（たとえば、化粧品が通常では一番安い配送料金と出荷手数料の商品群であっても、One-day では 2 番目の安さの商品群になる）。

出荷手数料は購入した商品の数だけかかり、配送料金は購入した商品の中で最も大きい金額が適用される。表 4.4 は、2013 年 4 月の時点でアマゾンドットコム ホームページに掲載されていたもので、現在は公開されている様子はないが、2015 年 9 月現在で、実際にアメリカのマサチューセッツ州の市街地を配送先として、Standard Shipping にてアパレル商品と書籍の注文金額を確認したところ、配送料金と出荷手数料は表 4.4 に対応した。この他にもいくつかの配送オプションと商品において、同様に確認したところ、表 4.4 の分類で料金が適応されたことから、2015 年 9 月現在でも、同じ料金設定がされていると考えられる。

アマゾンという企業単位の比較ではあるが、欧州やアメリカと比べて、日本のネット通販では、スピーディな配送サービスを「無料」という形で提供している。それは宅配便事業者が標準的な配送スピードが速いことに加え、配送料金無料というネット通販における文化が日本で浸透してしまっていることを示唆している。

表 4.4 アマゾンドットコム of 配送料金と出荷手数料

Standard Shipping			Two-Day Shipping			One-Day Shipping		
Product Category	Per Shipment	Per Item	Product Category	Per Shipment	Per Item	Product Category	Per Shipment	Per Item
Apparel, Beauty, Shoes	\$3.99	\$1.49	Apparel, Loose Stones, Jewelry, Shoes, Software, Watches	\$7.99	\$1.99	Apparel, Jewelry, Watches, Shoes	\$13.99	\$4.99
Loose Stones, Jewelry, Video Games & Accessories, VHS Videos	\$3.99	\$0.99	Beauty	\$6.99	\$1.99	Beauty, Books, Loose Stones, Software, VHS videos	\$14.99	\$4.99
Software, Watches	\$3.49	\$0.99	Luggage	\$7.99	\$0.59/lb	Luggage	\$13.99	\$0.99/lb
Luggage	\$4.99	\$1.49	Video Games & Accessories	\$5.99	\$1.99	Cassettes, DVDs, Music CDs, Vinyl	\$9.99	\$3.99
Books	\$3.00	\$0.99	Video Game Consoles	\$12.49	\$1.99	Video Games & Accessories	\$8.99	\$1.99
Kindle	\$3.99	\$2.99	Books, VHS videos	\$10.99	\$1.99	Video Game Consoles	\$13.49	\$4.99
Cassettes, DVDs, Music CDs, Vinyl	\$1.99	\$0.99	Kindle and Kindle Accessories	\$10.99	\$2.99	Toys	\$18.99	\$1.99/lb
Video Game Consoles	\$6.99	\$0.99	Cassettes, DVDs, Music CDs, Vinyl	\$6.99	\$1.99	Kindle	\$16.99	\$3.99
Toys	\$3.99	\$0.85/lb	Automotive, Baby, Cell Phones & Accessories, Computers, Electronics, Furniture, Grocery, Home & Garden, Industrial & Scientific, Kitchen & Housewares, Outdoor Living, Pet Supplies, Sports, Tools & Hardware	\$9.99	\$0.99/lb	Automotive, Baby, Cell Phones & Accessories, Computers, Furniture, Grocery, Health & Personal Care, Home & Garden, Industrial & Scientific, Kitchen & Housewares, Outdoor Living, Pet Supplies, Sports, Tools & Hardware	\$17.99	\$1.99/lb
Computers	\$7.99	\$0.65/lb	Health & Personal Care, Office Products, Tools & Hardware	\$9.99	\$0.99/lb	Office Products, Electronics	\$16.99	\$1.99/lb
Baby, Cell Phones & Accessories, Electronics, Furniture, Grocery, Health & Personal Care, Home & Garden, Industrial & Scientific, Kitchen & Housewares, Outdoor Living, Sports, Tools & Hardware	\$4.99	\$0.75/lb						
Pet Supplies, Office Products, Automotive	\$4.99	\$0.59/lb						

出所：アマゾンドットコムのヘルプページより（2013 年 4 月時。現在は非公開）

Review your order

By placing your order, you agree to Amazon.com's privacy notice and conditions of use.

Gift cards & promotional codes

Enter Code Apply

Place your order

Order Summary

Items (2)

Shipping & handling: \$6.47

Total before tax: \$48.07

Estimated tax to be collected: \$1.42

Order total: \$49.49

How are shipped

Shipping & handling
=高い方の配送料金 + 商品ごとの手数料
=\$3.99+\$1.49+\$0.99
=\$6.47

Estimated delivery: Sept. 14, 2015

FREE Two-Day Shipping on this Order: Kosuke Miyatake, you can save \$6.47 on this order by selecting "FREE Two-Day Shipping with a free trial of Amazon Prime" below.

Sign up for a free trial

FREE Two-Day Shipping (4-5 business days)

Choose a delivery option:

FREE Two-Day Shipping with a free trial of Amazon Prime — get it Thursday, Sept. 10

FREE Shipping (5-6 business days)

Standard Shipping (4-5 business days)

Two-Day Shipping — get it Thursday, Sept. 10

One-Day Shipping — get it tomorrow, Sept. 9

Choose a shipping preference:

Group my items into as few shipments as possible

I want my items faster. Ship items as they become available (at additional cost)

Lean Supply Chain and Logistics Management by Paul Myerson \$22.75

Amazon Prime eligible Jon now

Quantity: 1 Change

Standard Shipping

Product Category	Per Shipment	Per Item
Apparel, Beauty, Shoes	\$3.99	\$1.49
Loose Stones, Jewelry, Video Games & Accessories, VHS Videos	\$3.99	\$0.99
Software, Watches	\$3.49	\$0.99
Luggage	\$4.99	\$1.49
Books	\$3.00	\$0.99
Kindle	\$3.99	\$2.99
Cassettes, DVDs, Music CDs, Vinyl	\$1.99	\$0.99
Video Game Consoles	\$6.99	\$0.99
Toys	\$3.99	\$0.85/lb
Computers	\$7.99	\$0.65/lb
Baby, Cell Phones & Accessories, Electronics, Furniture, Grocery, Health & Personal Care, Home & Garden, Industrial & Scientific, Kitchen & Housewares, Outdoor Living, Sports, Tools & Hardware	\$4.99	\$0.75/lb
Pet Supplies, Office Products, Automotive	\$4.99	\$0.59/lb

図 4.2 購入時の配送料金と出荷手数料の適用例（Standard Shipping 選択時）

出所：アマゾンドットコムより

第3節 実店舗型とネット通販型における消費者の購買費用の比較

第1項 購買費用の定義と購買費用の比較条件の整理

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手に入れるまでに要する費用を「購買費用」と定義する。

購買費用は、たとえば実店舗までの電車賃やガソリン代等の交通費、商品を持ち帰るまでの移動時間が考えられる。またネット通販の場合、商品の決済に要する費用（振込手数料等）や商品の配送料金、そして商品が届くまでの時間も考慮するものとする。

各国のアマゾンの配送サービスにおける比較から、日本では標準的な配送スピードが速いにも関わらず、他国に比べて配送サービスに対する消費者の負担を求めない傾向にあることが確認できた。

ここで、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定義して定式化し、いくつかの仮定を置いて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する。

まず、消費者の購買行動に要する費用を比較するため、消費者の購買行動に関して以下の仮定を置く。

- A) 実店舗での購入の場合は店舗までの移動時間と移動に伴い発生する費用（燃料費や鉄道運賃等）を、ネット通販での購入の場合は商品が届くまでの時間を、消費者は購買費用として認識する。
- B) 消費者は買物に回避的でない（買物そのものを楽しむことができる）として、実店舗、ネット通販での購買ともに、買物そのものの時間（商品の探索時間）自体は「本源的需要」とみなし、費用とはみなさない。
- C) 実店舗・ネット通販両方の場合において、消費者が同種・同質・同価格の商品を1個購入する。
- D) 消費者の交通手段は自家用車を想定し、運転手（消費者）以外の同乗者は存在しない。
- E) 実店舗での購入の場合、消費者は店舗まで移動した時は必ず商品を購入し、ショールーミングのような行動は行わない。
- F) ネット通販での購入の場合、商品は消費者の自宅まで配送され、コンビニエンスストア等での受け取りサービスは利用しない。また、日本国内の配送基準を参考に、2日以内に商品が配送されると仮定する。
- G) ネット通販における配送料金は無料と提示されている（配送料金は商品価格に内包されている）。

以上の仮定を置いたうえで、実店舗、ネット通販における消費者の購買費用を次のように設定する。

$$\text{購買費用（実店舗）} = C_B^F + C_B^T \quad (4.1)$$

$$\text{購買費用（ネット通販）} = C_O^T \quad (4.2)$$

- ・ C_B^F ：自動車の燃料費用
- ・ C_B^T ：店舗までの移動時間費用
- ・ C_O^T ：商品の配送待ち時間費用

第2項 各費用の算出

（1）自動車の燃料費用

国土交通省による「平成22年度全国都市交通特性調査」の休日における自動車の1トリップあたりの平均所要時間の全国平均（29.9分≒0.50時間）を用いて、平均速度を時速30km、燃料単価（レギュラーガソリン）を130円／1、実走行燃費を10km／1と想定した。

$$C_B^F = 130 \times 30 \div 10 \times 0.50 = 194 \text{ 円／個} \quad (4.3)$$

（2）店舗までの移動時間費用

買い物目的の移動の時間費用は、移動のモード、移動者の収入や状況などによって変化するが、ここでは時間費用の原単位として利用される、非業務目的の自家用車ドライバーの時間あたり機会費用である28.87円／分³³という推計結果を引用する。移動時間は、休日における自動車の1トリップあたりの平均所要時間（29.9分）を採用すると、買い物のための自家用車による消費者の移動時間は次のように求めることができる。

$$C_B^T = 28.87 \times 29.9 = 863 \text{ 円／個} \quad (4.4)$$

（3）商品の配送待ち時間費用

ネット通販型の購買は、購入手続きをしてから実際にその商品を利用するまでの時間差が生じてしまう。そのため消費者は、商品が配送されるまでは商品を利用できない。移動時間費用では、その時間を無駄な時間（節約可能な時間）と捉えて、移動者の機会費用として推計するが、商品の待ち時間では、消費者はその時間を自由に活用できる。そして、商品の待ち時間費用は、その消費者の性格や状況などによっても大きく変化するため、消費者の商品待ち時間に対する費用の算定は非常に困難である。

本モデルでは、2015年2月現在のアマゾンが提供する配送サービス（日本では「当日お急ぎ便」、米国では「Two-Day Shipping」等）の価格を参考に設定し、待ち時間の費用を1日あたり500円と仮定する。また、消費者はネット通販での注文が集中する夜の24時に注文し、商品は36時間後の正午12時に到着すると想定する。

³³平成20年11月25日開催の「道路事業の評価手法に関する検討委員会」における参考資料「時間価値原単位および走行経費原単位（平成20年価格）の算出方法」より。正確には、28.87円／人・分であるが、仮定より自家用車はドライバーのみが乗っている状況であるため、28.87円／分と表記する。

$$C_0^T = 500 \div 24 \times 36 = 750 \text{ 円/個} \quad (4.5)$$

(4) 結果

以上の推計結果をまとめたものが表 4.5 である。

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。

表 4.5 消費者の購買費用の比較

	実店舗		ネット通販	
費目 (円／個)	自家用車燃料費用	194	商品の待ち時間費用	750
	移動時間費用	863		
合計費用 (円／個)	1,057		750	

第 3 項 考慮していない費用と便益

以上の推計結果に従えば、ネット通販型の方が購買費用を抑えられるということになる。しかし実際には、ネット通販を利用したことがない消費者も少なくない。総務省の「インターネットを利用した支出の状況」の推計によると、2013 年度のネット通販によって商品やサービスを購入した割合は、日本の 2 人以上の世帯のうちの約 24.3%³⁴である。ネット通販の主要な利用者である単身世帯が反映されてはいないものの、別の統計では 2012 年度で 15 歳以上の国民の約 36.5%³⁵がネット通販を利用しているということであり、市場は拡大しているものの、国内の多くの消費者はいまだにネット通販を利用していない状況にある。

これは第一に、ネット通販の特性に対して消費者が感じる不効用（費用）を定量化して考慮できていないことにある。商品を試用（試着）できない（直接手に取って確認できない）、対面できないネット通販事業者への不信感、オンライン決済のセキュリティが信用できない、といった費用の定量化は困難なため、表 4.5 では考慮されていない。しかし、これらの障壁もまた、消費者の購買行動を決める購買費用として考える必要がある。近年のオンライン決済サービス・宅配サービスの改善によって、これらの障壁は徐々に低くなってきているが、消費者のネット通販に対する熟練度、買物行動に対する効用の大きさ、購入する商品の種類なども、実店舗とネット通販の選択行動の決定要因となる。

³⁴総務省(2014)「家計消費状況調査年報(平成 25 年)」、インターネットを利用して商品・サービスを購入した世帯の二人以上の世帯全体に占める割合の推移(二人以上の世帯)より。

³⁵総務省(2012)「平成 23 年版情報通信白書」、インターネットショッピングの利用状況の推移より。

第二に、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が要因としてあげられる。買物というレジャーの時間が減ってしまうことの不効用もまた、定量化することは容易ではない。ただし、今日のネット通販の普及には、レジャーとならない買物、または買物の選好度が低い消費者などの、その買物に時間をかける価値を感じない消費者から、ネット通販の利用を進めていったと考えることができるであろう。

そして第三に、商品の購入個数が1個と500円/日という配送待ち時間の単位時間価値の仮定の設定である。今回の推計では、アマゾンの配送サービスの価格を基にして、商品の待ち時間に対して消費者が感じる費用を500円と設定した。しかし、前述のように、商品の配送時間短縮に対する支払意思額（時間価値）は、消費者自身の選好や置かれた状況によっても異なる。そのため、1時間あたりの商品の待ち時間費用が大きい消費者にとっては、当日配送の効果は一層大きいものとなるが、1時間あたりの商品の待ち時間費用が小さい消費者は、現状よりも遅い配送でもネット通販を利用するかもしれない。

以降では、宅配便事業者の配送に影響を与え得る要因に着目し、感度分析によって、第三の要因である仮定条件の緩和を考慮するため、いくつかの仮定条件を変数として、消費者の購買費用に関する感度分析を行い、配送料金の商品価格への内包が消費者の購買行動に与える影響について考察する。

第4節 宅配便サービスと消費者の購買費用

第1項 「配送料無料」が「まとめでの配送」を阻害する可能性

前節のモデルでは、単純化して比較するため、ネット通販の配送料金は「無料」（商品価格に内包）し、また1度に購入する商品数は1つであると仮定した。しかし、実際の買物においては、「ついでに」というように複数の買物を同時に行うことが多い。

実店舗での買物について、この行動のメカニズムを前述のモデルに当てはめて考える。消費者は購入した商品の個数に関わらず、自動車の燃料費や移動時間が発生する。そのため、1度の買物で複数の商品を購入する方が、商品1個当りの購買費用は小さくなる。消費者の買物のための移動のメカニズムを考えるうえでは、順序を入れ替えた方が分かりやすいかもしれない。すなわち、消費者は1度の買物で得られる効用と移動による購買費用を天秤にかけて、買物に行くかを決定すると考えられる。今回のモデルでは、消費者の買物自体への選好や購入する商品、状況によって大きく異なる効用は考慮していないので、消費者は自身が必要な商品を、可能な限り購買費用を抑えて購入すると考えられる（ただし、不必要な商品まで購入して1個当りの購買費用を下げるという行動はしないものと仮定）。これは、「せっかくここまで来たから」という消費者の心理を反映したものでもある。

一方で、ネット通販の場合を考える。ネット通販においても、1度に購入する個数を増やせば、その商品が異なる場所から発送されないのであれば、まとめ買いが可能である。ただし、同一ネット通販事業者からの商品の発送であっても、在庫の有無や場所によって商品の配送に時間差が生じる場合がある。アマゾンのように商品の配送をまとめるか否かの選択ができる場合もあるが、消費者の側には受取回数が減らせること以外でのインセンティブは存在しない。なぜならば、配送料金を商品価格に内包している状況では、商品を個別に配送しようが、まとめようが、配送料金の面では差がないためである。すなわち、消費者が配送料金を負担しない状況では、消費者がわざわざ配送をまとめるメリットが小さいのである。

このように、配送料金が商品価格に含まれる状況は、ネット通販の購買費用を歪めている可能性がある。国内のネット通販事業者で「配送料金無料」を掲げている事業者は多い。しかし実際には、配送費用は発生しており、商品の価格に内包されている。

配送料金を下げることが、消費者獲得に大きな効果を与えることは、Lewis (2006)をはじめとして、定量的、または実践的な見地から提唱されている。このことから、配送料金が消費者の煩わしさの原因となっており、配送料金を商品価格に内包した、単純で分かりやすい料金体系の方が、マーケティング戦略的には効果的であることがうかがえる。

ただし、その結果、消費者は自身の買物が社会的に与える影響を考慮する術がない。消費者は、何らかの不効用（費用）を感じることで、結果として際限のない移動を控える。たとえば実店舗へ商品を購入に行く場合、消費者は自身が移動する費用を考慮して購買行動を決定する。そのため、移動の費用に対して、買物によって得られる便益が見合わなければ、消費者は購買行動を実行しない。また、「せっかくここまで来たのだから」、という心理から、店舗までの移動の費用を考慮して、複数の商品を1度に購入することで、商品1個あたりの費用を下げようとするかもしれない。

ネット通販の場合、配送料金がこの移動費用にあたる。そのため、消費者に対して配送料金を無料と提示することは、「せっかく配達を依頼するのだから」という心理を削ぐことになりうる。即ち、1個購入しても複数個同時に購入しても、増加するのは商品の価格のみであるならば、消費者が支払う金額は変わらない。そしてその結果、膨大な貨物交通が発生し、社会的費用を増大させてしまう。

また、消費者も配送料金が商品価格に内包していることで、余計な費用を負担している可能性がある。実店舗型の購買費用は、購入個数が増加するほど1個あたりの費用は低下するが、配送料金が商品価格に内包されている場合、ネット通販型の購買費用は個数が増加しても1個あたりの購買費用は変化しない。これは、配送料金が商品価格に内包されている状態では、複数の商品を購入した際にはそれぞれの商品に配送料金が発生していることを意味する（図4.3）。

もし、配送費用を反映した配送料金が提示されれば、配送時間と配送料金を考慮したうえで、購入した商品をまとめて配送してほしい、という消費者も出てくるはずである。そうなれば、現状は購入個数分の配送が発生しているが、配送がまとめられることによって宅配便の貨物交通も削減される。これは、都市内の道路混雑を緩和するだけでなく、環境負荷や住宅道路等での事故リスクの軽減にもつながる可能性がある。

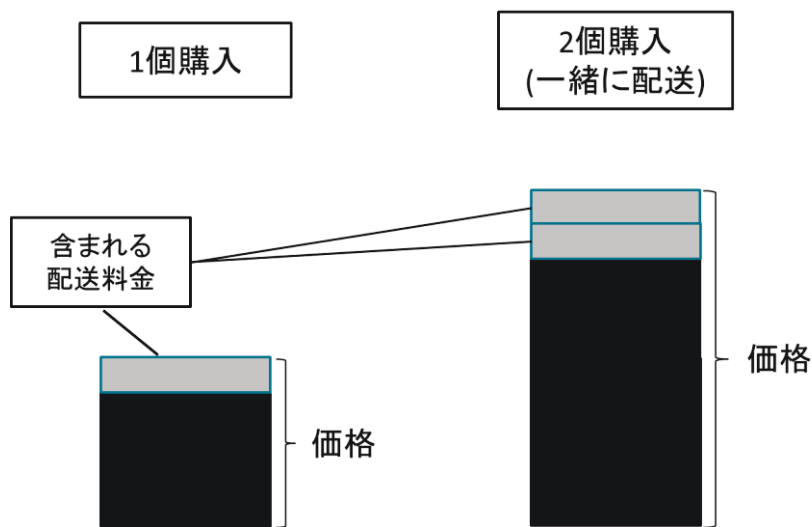


図 4.3 「配送料金無料」が消費者に配送料金を過剰に支払わせている

第2項 消費者の時間価値と「遅い」配送

消費者は、個人の選好、置かれた状況、購入する商品などによって様々な時間価値を持つ。消費者の時間価値は、多くの場合、消費者の所得分布などを基に仮定される。ただし、消費者の正確な時間価値分布が分からないにしても、ある程度は、消費者が注文する際の時間価値に応じたサービスを選択できる方が望ましいであろう。

図 4.4 は、表 4.5 の推計から、配送時間を変数とした際のネット通販における購買費用の変化を表しており、配送時間が約 50 時間より短ければ、消費者はネット通販の方が購買費用を低く感じるということになる。

現在、日本では大半の地域間で翌日・翌々日配送を標準的なサービスとして提供している。これは、前述の各国のアマゾンの比較で見たように、国土面積を考慮しても、世界的に見ても非常に短い配送時間であると言える。標準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、標準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。すなわち、時間価値（1 時間あたりの商品の待ち時間費用）が小さい消費者にとっては、過剰サービスとなってい

る可能性がある。もし宅配便事業者が、(割引も考慮した)「遅い」配送に対応した料金を設定すれば、このような消費者の需要を満たすことができる。

「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(図 4.5)。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。

しかし、宅配便事業者のフルフィルメントサービスが拡充すれば、この費用増加を抑えられる可能性もある。たとえば、ネット通販で複数商品を購入して商品の発送がバラバラになる場合、遅い商品の配送を待つことで、配送にかかる費用の削減によって保管の費用の増加を相殺することができる可能性がある。しかしそのためには、宅配便事業者がネット通販事業者の注文状況を把握する必要がある。

最近では、ヤマト運輸をはじめとした大手宅配便事業者らが、中小ネット通販事業者³⁶や楽天³⁷と在庫管理や受注管理を連携する体制を構築している。現状では、当日配送を支援することを主な目的としているが、コンビニ受取などのラストマイルネットワークにおける配送効率化ということも連携の目的の一つと置いている。特に楽天のような複数の異なる店舗が展開するモール型のネット通販事業者との連携によって、宅配便事業者側がこれまでは同一の購入者であっても異なる店舗からの発送であるために、バラバラの配送として処理していた配送を、宅配便事業者も連携することで一元管理できる可能性も出てきている。

³⁶ 日本経済新聞「ヤマト、中小ネット通販の即日配送支援 受注から一貫」、2015/5/28

³⁷ 日本経済新聞「楽天・ヤマト 通販で連携」、2015 年 7 月 7 日

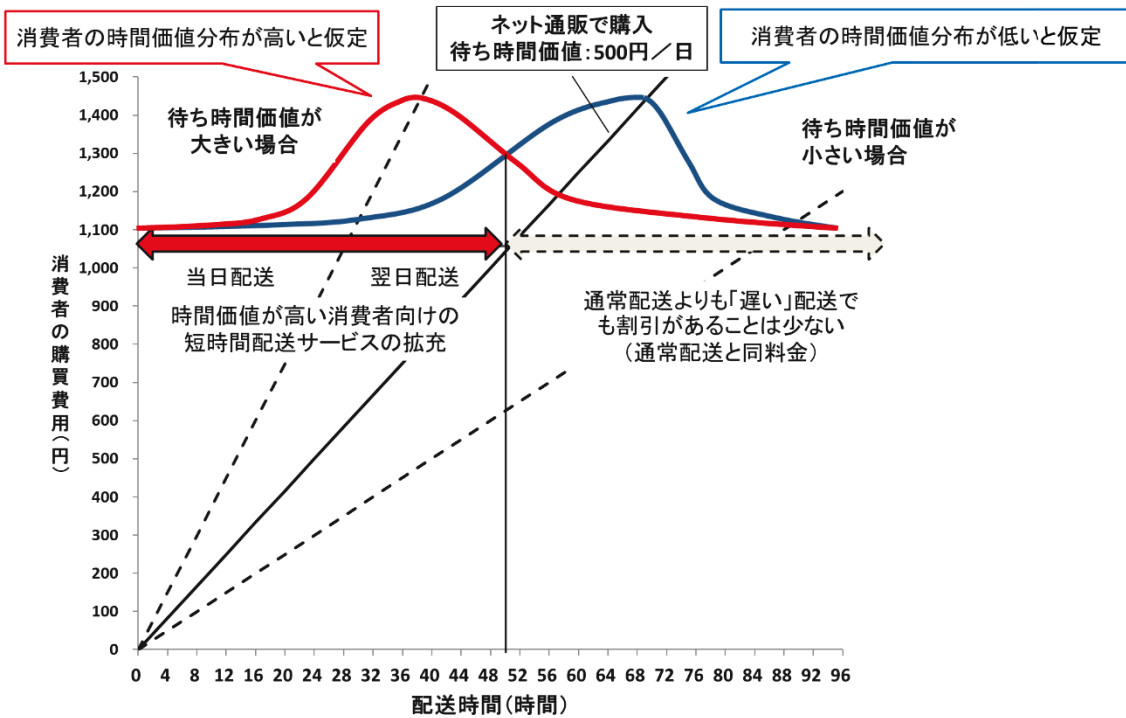


図 4.4 配送時間の時間価値と「遅い」配送の可能性

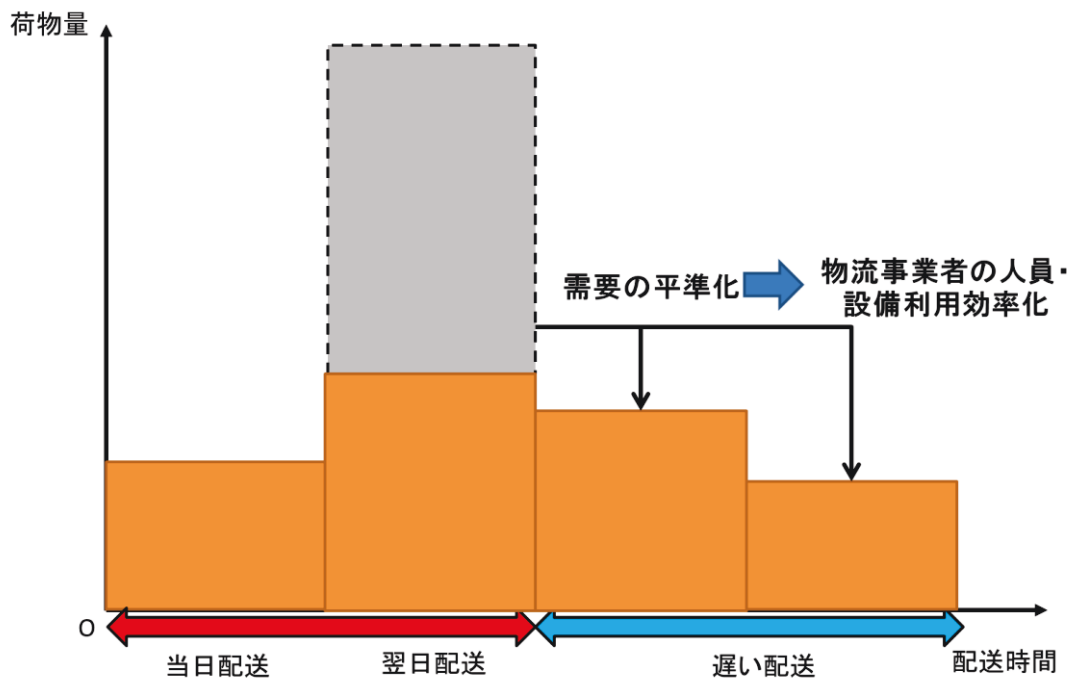


図 4.5 「遅い」配送による配送時間ごとの荷物量の平準化

第5章 幹線輸送ネットワーク

ヤマト運輸や日本郵便のような個人荷主を主要な顧客対象とした宅配便事業者の幹線輸送ネットワークは、都道府県単位の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。

このような事業者の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。幹線輸送拠点が管轄する地域の集配拠点から集荷された荷物を幹線輸送拠点にて各方面別に仕分けて、翌日までに輸送を行うには、さらに上位のハブ拠点で荷物を集約している時間がない。そのため多くの幹線輸送拠点では、夜間から深夜に出発できるように方面別のトラックを仕立てる必要がある。輸送トラックの積載率向上施策としては、積載スペースに余裕のあるトラックが、他の幹線輸送拠点から出る同じ目的地の荷物を道すがら回収して運ぶ「立ち寄り」形式の積替えが実施されているだけである。またこの立ち寄りも、拠点間の輸送量が日々変動することから、現場の判断で適宜行われている程度である。

しかし、当日配送のように、より時間制約が厳しい荷物の輸送を行う必要が生じてきていることで、この幹線輸送ネットワークの構造にも変化が生じている。当日配送荷物は、従来の夜間発の路線では間に合わないため、より早い時間に荷物を幹線輸送ネットワークに載せる必要がある。ヤマト運輸のGW構想はその代表例である。

ただし、これまでの章でも言及したように、多頻度幹線輸送は輸送効率を低下させる可能性がある。宅配便事業者は、これを防ぐために、日本ではこれまで限定的にしか利用されていなかった大型トラックの活用を検討している。

本章では、以上のような背景を踏まえて、ヤマト運輸の提供データから、日本国内において沖縄を除く70の幹線輸送拠点間（データを提供いただいた2012年当時）の輸送量を用いて、輸送トラックの大型化が宅配便の幹線輸送ネットワークに与える効果を検証する。

第1節、第2節では幹線輸送ネットワークのシミュレーションモデルに関する前提条件の整理と目的関数である総費用の定義づけを行う。第3節と第4節では、積替による費用削減のモデルにおける再現方法とトラックの運行、積替え、輸送時間の制約条件を示す。第5節では、モデルのシミュレーションにおける流れの整理や各費目の単位当たり費用を提示し、第6節ではトラック大型化による、宅配便事業者の費用を含む社会的費用の推計結果を検証する。

第1節 本論文における幹線輸送ネットワークモデル

宅配便の幹線輸送ネットワークは、各事業者で異なる。全国に約 70 カ所の幹線輸送拠点を持つヤマト運輸では、基本的に全ての幹線輸送拠点間でリンクを形成する many-to-many 型のネットワークである。GW についても、現状ではさらなる荷物の集約拠点というよりは、都市間の当日配送ネットワーク構築のための大型幹線輸送拠点である。

ただし、全てのトラックが、発地となる幹線輸送拠点から着地の幹線輸送拠点までをただ直線的に目指すわけではない。時間的、またはトラックの積載量に余裕がある場合、目的地となる幹線輸送拠点に向かう途中に、他の幹線輸送拠点に立ち寄り、同じ目的地の荷物を積んで行くことで積載率を高める取組も行われている。

これは、荷物を複数の拠点から 1 つの拠点に集める集約型の積替えとは異なる。ヤマト運輸では、そのままの意味で「立ち寄り」と呼ばれている。ただし、この立ち寄りは荷物量を予測してシステム的に行われているわけではない。多くの場合、幹線輸送拠点の責任者（ベース長）同士の連絡によって、経験則的に立ち寄りを行うべきか否か、立ち寄るとすればどの幹線輸送拠点かを決定している。

本モデルにおいても、この立ち寄りを行うことを前提として、宅配便ネットワークの幹線輸送モデルを構築する。ただし、ベース長の経験則的な戦略を定量的に把握することは困難なので、あくまで幹線輸送に関わる費用を基準として、立ち寄りを行うべきかを決定する。また、本章の主目的であるセミトレーラー導入によるトラックの大型化施策の評価の際にも、同様に立ち寄りは行うものと想定する。

すなわち、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。

第2節 総費用の定義

本モデルでは、幹線輸送拠点の配置は固定としたうえで、幹線輸送拠点間の輸送量を所与とする。そして、時間制約等の制約条件の下での幹線輸送の積替えを検討するという、短期の輸送経路決定問題を扱う。そのため、今回は既存幹線輸送拠点の維持に要する費用は考慮しない。想定するネットワークの輸送量と幹線輸送拠点の配置は、実際のヤマト運輸のデータを基にする。

初期状態でのネットワークの費用は、幹線輸送拠点間の輸送費用となる。ここで、総数 n の幹線輸送拠点 i, j 間の運行トラック台数を N_{ij} 、距離を D_{ij} とし、台キロ当りの輸送費用を c と定義すると、宅配便の幹線輸送ネットワークの費用は式(5.1)のように表すこ

とが出来る。

$$\sum_i^n \sum_j^n N_{ij} D_{ij} c \quad (5.1)$$

- ・ N_{ij} : 幹線輸送拠点*i,j*間の運行トラック台数
- ・ D_{ij} : 幹線輸送拠点*i,j*間の距離
- ・ c : 台キロ当りの輸送費用 (円/台キロ)

また、積替えを行う幹線輸送拠点を*k*とし、発 (*i*)・着 (*j*)・積替え (*k*) の幹線輸送拠点の組合せの積替え費用を A_{ijk} とする。これを(1)式に加えたものを、本モデルでは幹線輸送ネットワークの総費用 Z とし、式(5.2)のように定義する。

$$Z = \sum_i^n \sum_j^n N_{ij} D_{ij} c + \sum_i^n \sum_j^n \sum_k^n A_{ijk} \quad (5.2)$$

- ・ A_{ijk} : 幹線輸送拠点*i,j*間の荷物を*k*で積替えた際の積替え費用

トラック運行台数 N_{ij} は幹線輸送拠点*i,j*間の輸送量 V_{ij} と運行に用いるトラックの積載容量 L によって決定する。 N_{ij} は整数なので、輸送量 V_{ij} を積載容量 L で割った値の小数点以下を切り上げる。そこで、Excel の $ROUNDUP$ 関数を用いて、式(5.3)のように表現する。

$$N_{ij} = ROUNDUP\left(\frac{V_{ij}}{L}, 0\right) \quad (5.3)$$

- ・ V_{ij} : *i,j*間の輸送量 (個)
- ・ L : トラックの積載容量 (個)

積替え費用 A_{ijk} は、(5.4)式のように、輸送量 V_{ij} 、積替え作業の非効率度 E 、荷物 1 個当りの費用 tc を掛け合わせたものとする。積替え作業の非効率度 E は、荷物を 1 個ずつ手作業で積み下ろした場合を 1 とし、積替え機材の導入によって作業効率が上がることで小さくなる指数と定義する。

$$A_{ijk} = V_{ij} \times E \times tc \quad (5.4)$$

- ・ E : 積替え作業の非効率度 ($0 \leq E \leq 1$)
- ・ tc : 荷物 1 個当りの積替え費用 (円/個)

第3節 費用削減効果

式(5.3)でも示されるように、トラック運行台数 N_{ij} は輸送量 V_{ij} の影響を受ける。輸送量 V_{ij} は所与であるが、積替えが発生した場合は輸送量 V_{ij} が増減し、OD表そのものが変化する。

図5.1は、幹線輸送拠点AからBへの荷物がCで積替えられる状況での、輸送量 V_{ij} とトラック運行台数 N_{ij} で変化を示している。この例では、積替えによってA,B間のトラック台数 N_{AB} は0になったが、 N_{AC} と N_{CB} は増加した。この時、総台キロが減少すれば総費用も削減されるが、各OD間の輸送距離によっては、総費用が増加する可能性もある。

流動量のOD表					流動量のOD表			
	A	B	C			A	B	C
A		8(1)	15(1)		A		0(0)	23(2)
B	7(1)		18(2)		B	7(1)		18(2)
C	12(1)	9(1)			C	12(1)	17(2)	
※1 括弧内はトラック台数 ※2 積載容量 $L = 16$					※1 括弧内はトラック台数 ※2 積載容量 $L = 16$			

図5.1 積替えによる輸送量のOD表変化例

本モデルにおいては、積替えを行う幹線輸送拠点の組合せの選定→積替えの実行→OD表上の輸送量 V_{ij} の操作という一連の手順を繰り返していくことでネットワークの再編を行っていく。

ここで、積替えを行う幹線輸送拠点の組合せを決定する基準となる、積替えによる費用削減効果 R_{ijk} を定義する。削減効果 R_{ijk} は、幹線輸送拠点 i, j, k 間において直行便のみで構成された時の費用 DC_{ijk} から、積替えによってネットワークが再編された後の費用 TC_{ijk} を差し引いたものである。

幹線輸送拠点 i, j, k 間の直通輸送費用 DC_{ijk} は、それぞれの幹線輸送拠点間距離とトラック運行台数に、台キロ当りの輸送費用とトラックの大きさに応じたモード係数 M (10t車を1とし、運行費用が大きくなるほど値も大きくなる係数)を掛け合わせたものと定義する。また積替え後の費用 TC_{ijk} は、積替え後の運行トラック台数 N' を用いて輸送費用を計算し、積替え費用 A_{ijk} を加えたものと定義する。

$$R_{ijk} = DC_{ijk} - TC_{ijk} \quad (5.5)$$

$$DC_{ijk} = (N_{ij} \times D_{ij} + N_{ik} \times D_{ik} + N_{jk} \times D_{jk}) \times c \times M \quad (5.6)$$

$$TC_{ijk} = (N'_{ik} \times D_{ik} + N'_{kj} \times D_{kj}) \times c \times M + A_{ijk} \quad (5.7)$$

- ・ R_{ijk} : i, j, k の組合せでの費用削減効果
- ・ DC_{ijk} : i, j, k 間の直通経路での費用
- ・ TC_{ijk} : i, j 間の荷物を k で積替えた場合の費用
- ・ N_{ij} : i, j 間の運行トラック台数
- ・ N'_{ik} : i, j 間と i, k 間の荷物を混載した時の i, k 間運行トラック台数
- ・ D_{ij} : i, j 間の距離(km)
- ・ c : 台キロ当りの輸送費用 (円/台キロ)
- ・ M : モード係数 (10t車を1とする)
- ・ A_{ijk} : V_{ij} を幹線輸送拠点 k で積替えた際の積替え費用

積替え後の運行トラック台数 N' は以下のように決定する。幹線輸送拠点 i, j 間のトラック運行台数 N_{ij} は、幹線輸送拠点間輸送量 V_{ij} と運行トラックの積載容量 L で決定される。そのため、 i, j 間と i, k 間の荷物を混載した時の i, k 間運行トラック台数 N'_{ik} は式 (5.3') で表される。この時、 $V_{ij} + V_{ik}$ が積載容量 L を上回れば、 N'_{ik} は N_{ik} より大きくなり (台数が増加し)、積載容量 L 以下であれば運行トラックの積載率を高めることになる。

$$N'_{ik} = \text{ROUNDUP}\left(\frac{V_{ij} + V_{ik}}{L}, 0\right) \quad (5.3')$$

- ・ V_{ij} : i, j 間の輸送量
- ・ L : トラックの積載容量 (個)

第4節 制約条件

今回のモデルにおいては、満載トラックの直行、復路トラックの費用の代替のための幹線輸送拠点間の相互の運行トラック台数、翌日配送を想定した時間、という3つの制約条件を課す。

第1項 満載トラックの直行

本モデルでは、幹線輸送拠点 i, j 間のトラック台数 N_{ij} は、輸送量 V_{ij} をトラックの積載容量 L で割ったものと定義している。そのため、幹線輸送拠点 i, j 間において、1台のトラックに満載になる以上の輸送量が存在する場合、1台は積載スペースに空きがある可能性はあるが、他のトラックは満載 (積載率が100%) となる。この時、満載のトラックは他の幹線輸送拠点に迂回せず、発着幹線輸送拠点間を直行することとする。

たとえば、図 5.2 のように、青森→福島間で 2 台のトラックを運行し、宮城で積替える場合を考える。この時、1 台目が満載、2 台目の積載率が 50%であるならば、満載のトラックは青森から福島に直行する。一方で、積載率 50%のトラックには、青森 - 福島間の荷物に加えて、青森 - 宮城間と宮城 - 福島間それぞれのトラックを満載にしないだけの荷物が積まれる。

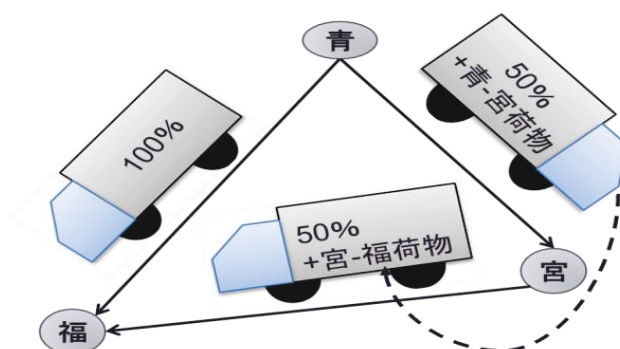


図 5.2 満載トラック条件

第 2 項 幹線輸送拠点間の相互の運行トラック台数

発地から着地まで運行したトラックは、元の幹線輸送拠点に戻る必要がある。この復路トラックの輸送費用を考慮する必要があるが、本モデルでは片道のトラックの移動だけを反映しているため、次のような仮定を置いて復路トラックの輸送費用に代替する。

着地に到着したトラックが発地に戻る際に、翌日の着地から発地への荷物を積んで帰ることを仮定し、発着幹線輸送拠点間のトラックの台数は式(5.8)のように帰り荷を想定して等しくなるようにする（増加したトラック台数は $N(\text{sym})$ と表現する）。

たとえば、青森→福島のトラックが 2 台、福島→青森のトラックが 1 台であるならば、福島→青森は福島幹線輸送拠点に戻る際に翌日分の青森→福島分の荷物を積む必要があるので 1 台ではなく 2 台必要となる（図 5.3）。この発着間におけるトラックのバランスは、積替えによってトラックの台数が変化した場合でも同様に起こる。

$$\begin{aligned}
&N_{ij} > N_{ji} \text{の時} & N(sym)_{ji} &= N_{ji} + (N_{ij} - N_{ji}) \\
&N_{ij} \leq N_{ji} \text{の時} & N(sym)_{ij} &= N_{ij} + (N_{ji} - N_{ij})
\end{aligned} \tag{5.8}$$

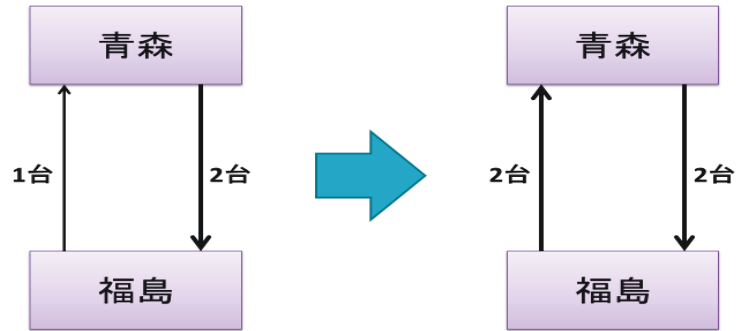


図 5.3 復路トラック条件

第 3 項 時間制約

輸送時間の制約は、宅配便ビジネスにおける翌日配送を想定して設定する。実際の国内の宅配サービスにおいては、発地からの距離によって、翌日配送・翌々日配送とサービスレベルが分かれるが、本モデルにおいては国内全てを翌日配送圏内と仮定して、積替えの可否を判断する。但し直行便に関しては、翌日配送外となっても費用が 0 になってしまうことにはならないように設定する。

ここで、幹線輸送拠点 i, j, k の輸送と積替えの時間の合計を t_{ijk} とする。 t_{ijk} が定めた条件を上回れば、その区間では積替えを考慮しない。今回のモデルでは、上限時間 T を 12 時間とする。輸送と積替えの合計時間 t_{ijk} は、トラックの平均時速 S ・幹線輸送拠点間距離 D_{ij} 、荷物 1 個当りの平均積替え時間 W （今回は $1/60$ 時間と仮定）・輸送量 V_{ij} ・積替え作業の非効率度 E によって決定する。この関係式については、式(5.9)に示す。

$$t_{ijk} = \frac{D_{ij}}{S} + E \times V_{ij} \times W + \frac{D_{jk}}{S} + E \times V_{jk} \times W \leq 12 = T \tag{5.9}$$

- ・ t_{ijk} : 組合せ i, j, k の時の時間
- ・ S : トラックの平均時速
- ・ W : 荷物 1 個当りの平均積替え時間

第5節 モデルの計算フロー

第1項 フローチャート

次に、発・着・積替えを行う幹線輸送拠点の組合せ i, j, k の選定や積替えの実行といったモデル全体の流れを整理する。

モデルの基本的な流れは、以下のようになる。

- ①任意の幹線輸送拠点 i, j, k における費用削減効果 R_{ijk} の計測を幹線輸送拠点総数 n における全組み合わせで行う。
- ②全ての R_{ijk} の中から最大の値となる $MAX R_{ijk}$ を決定する。
- ③ $MAX R_{ijk}$ を達成する幹線輸送拠点 i, j, k の組み合わせの積替えを輸送量の OD 表上で実行する。
- ④以上の操作を、 $MAX R_{ijk}$ が正となる限り繰り返す。

①～④によって、輸送経路の再編と費用の総削減効果を計測する。ただし、 R_{ijk} の算定においては、満載トラックの直行や復路トラック、時間の制約条件を加味したうえで計測する。図 5.4 は、①～④の流れをフローチャートにまとめたものである。なお、 R_{ijk} の計測手順は図 5.4 下部にて別途示している。

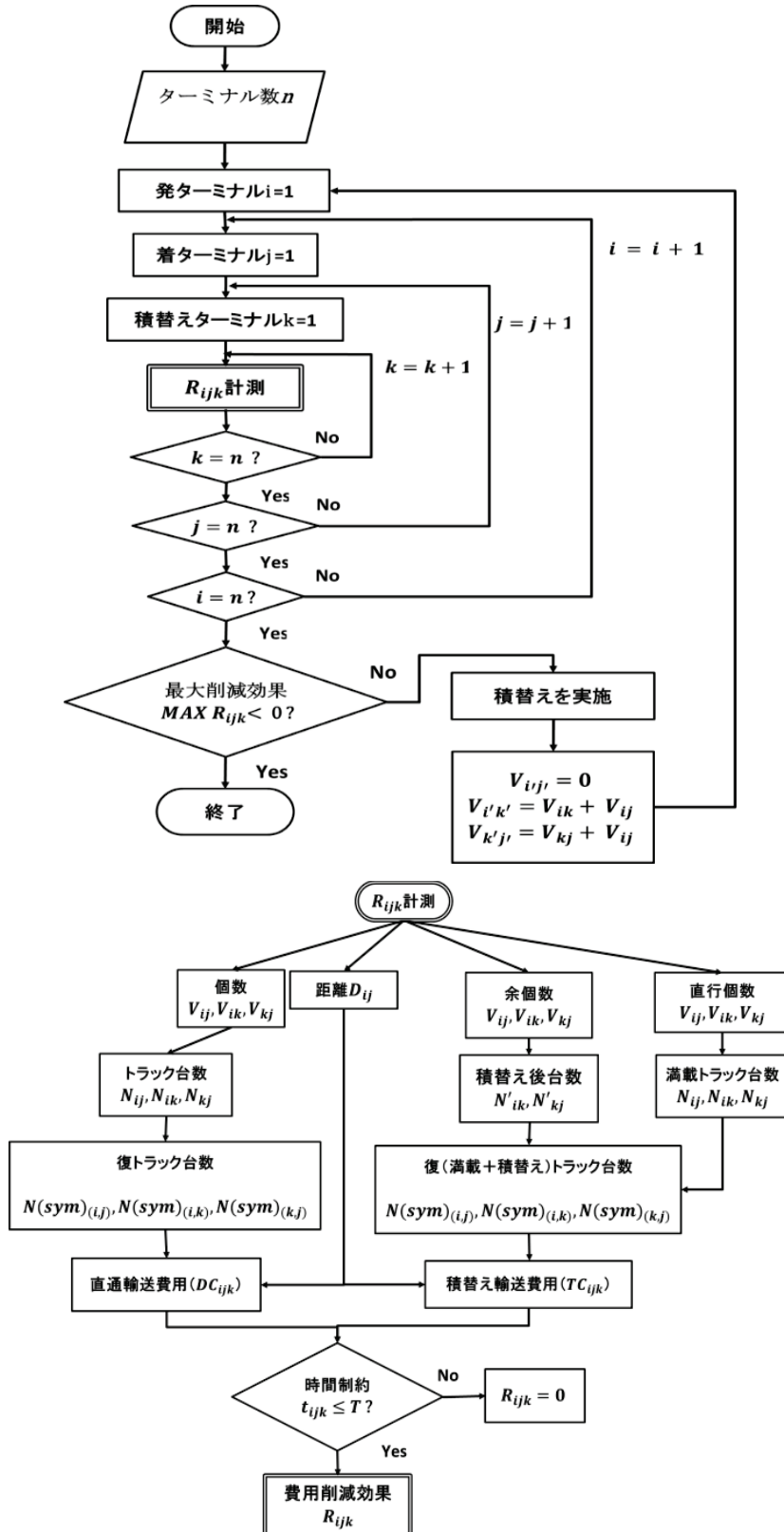


図 5.4 モデルのフローチャート

第2項 単位当り費用の決定

台キロ当りの輸送費用 c に関しては、今回は国土交通省自動車局貨物課と全日本トラック協会による「トラック運送事業の運賃・原価に関する調査報告書」の車種別運送原価を用いて、基準とする 10t 車の場合は 144.3 円／台キロとした。

今回検討する大型輸送機材（セミトレーラー）の台キロ当り輸送費用の数値データは得られなかったが、ヤマト運輸への聞き取り調査から、セミトレーラーは 10t 車の輸送費用の約 1.3 倍ということが明らかになったため、10t 車の台キロ当り費用にモード係数 $M = 1.3$ を乗じて算出する。

荷物 1 個当りの積替え費用は、「平成 23 年版トラック運送業賃金実態」の荷扱い手の平均給与と荷物 1 個当りの平均時間（今回は $\frac{1}{60}$ 時間と仮定）から 17.8 円／個と仮定する。ただし、本モデルでは、積替えを想定するための条件として、積替え機材であるロールボックスパレット（以下、BOX）の導入を仮定する。BOX とは、荷物をまとめてキャスター付のパレットに詰め込むことで、積替え作業の効率化を図る機材である（図 5.5）。BOX 積み時の積み替えの費用は、宅配事業者への聞き取り調査によると、トラックの運行費用に比べると相対的にかなり小さいということであった。そこで、積替え作業の非効率度 E は、バラ積みして 1 個ずつ手作業で積み下ろす時は 1 と仮定したが、単純化のために、BOX 積みの場合は積替え作業の非効率度 E を 0 と仮定する。すなわち、積替えの費用は、幹線輸送拠点 k に立ち寄るための輸送費用のみを想定する。

BOX1 本当りの積載個数、トラック 1 台当りの積載 BOX 数、積替え作業の効率度を表 5.1 にまとめる。10t トラックの積載容量 L は、宅配事業者への聞き取り調査により、BOX の容量 L^{BOX} は 45 個、トラックに積み込める BOX 数 LB^T は 16 本と判明したので、積載容量 L は 720 個となる。

表 5.1 積載容量と積替え作業の効率度

	L		E
	(L^{BOX})	(LB^T)	
BOX	720 個		0
	45 個	16 本	



図 5.5 ロールボックスパレット

出典：ヤマトボックスチャーター株式会社 HP より

第 3 項 セミトレーラー導入にあたっての幹線輸送拠点拡張費用

セミトレーラーの利用は幹線輸送拠点におけるバースの拡張やインフラの整備、通行可能な経路の見直しが必要となる。しかし、それらの影響を個別幹線輸送拠点の規模に照らして試算することは困難なので、今回は一律 20 億円が拡張に必要な費用と仮定する。これを物流施設の法定耐用年数である 38 年で減価償却費の定額方式で計算し、更に 360 日間で日割りした結果、1 日 1 幹線輸送拠点に付 146,199 円となった。これに幹線輸送拠点数だけ掛け合わせた金額を、設備投資の短期的な費用と仮定して総費用に加える。

第 6 節 施策の概要と結果

本モデルでは、各施策における成果を評価するための基準を **Case.0** として設定し、**Case** 毎に全輸送量と積替え輸送量から計測した積替え荷率、基準との比較と積替え実行前後の比較から費用の削減効果と削減台数を提示する。

ここで、**Case.0** はトラックを 10t 車とし、全ての幹線輸送拠点が直行便で結ばれている（幹線輸送拠点での積替えを行わない）時の費用である。

Case.1 は、10t 車を使用して、図 5.4 のフローで実際に積替えのシミュレーションを行った結果となる。

また **Case.2** では、一部の OD 間でセミトレーラーを導入する。今回のモデルでは、全ての地域を翌日配送と仮定し、1 日の短期的なトラックの動きを想定している。そのため、本来は翌々日区間となる東北地域・九州地域間のような 2 日間かけての積替えが考慮されず、そのような区間は逆に直通経路で運行すると仮定している。そこで、荷量が

少なく、積替えが許されない OD 間のトラックまで大型化されることで過剰な費用の増加を招くことを防ぐため、セミトレーラーの導入は以下の条件を満たした場合のみ適用されるものとする。

- ①時間制約を課しても積替えの可能性がある OD 間。
- ②時間制約を課すと積替えが不可能な OD 間の内、10t 車が 2 台以上必要な輸送量がある OD 間。

また、輸送で増大する費用とトラック大型化による平均時速の減少も考慮することで、セミトレーラーへの大型化をモデルにて想定する。

表 5.2 は Case 毎のトラックの種類と積替えの条件、トラックの大きさで規定される積載容量 L 、平均時速 S 、モード係数 M をまとめたものとなる。

表 5.2 Case 毎の条件

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

第 1 項 宅配便事業者の費用

表 5.3 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。Case.0 との比較では 25.05%であるので、セミトレーラーも導入しての積替え効果は 5.8%と、Case.1 よりも低下した。図 5.6 は立ち寄って積替えられた荷物の、幹線輸送拠点ごとの個数を表しているが、これを見ると積替え個数自体は概ね Case.2 で増加している。立ち寄りによる他の発地の荷物との混載は、本来長距離輸送の方が効果的であるが、今回のモデルでは全国一律翌日配送という時間制約の都合上、立ち寄りは基本的に短距離の輸送で行われやすかったために、台キロ当りの費用が大きいセミトレーラーの積替え効果が下がってしまったことがうかがえる。この点を解決するには、時間制約を 2 種類に分けることが今後必要となる。

表 5.3 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 積替え有	10t セミトレーラー	2,555,998 354,079	¥445,486,135	¥148,905,767 25.05%	¥106,218,248 19.25%

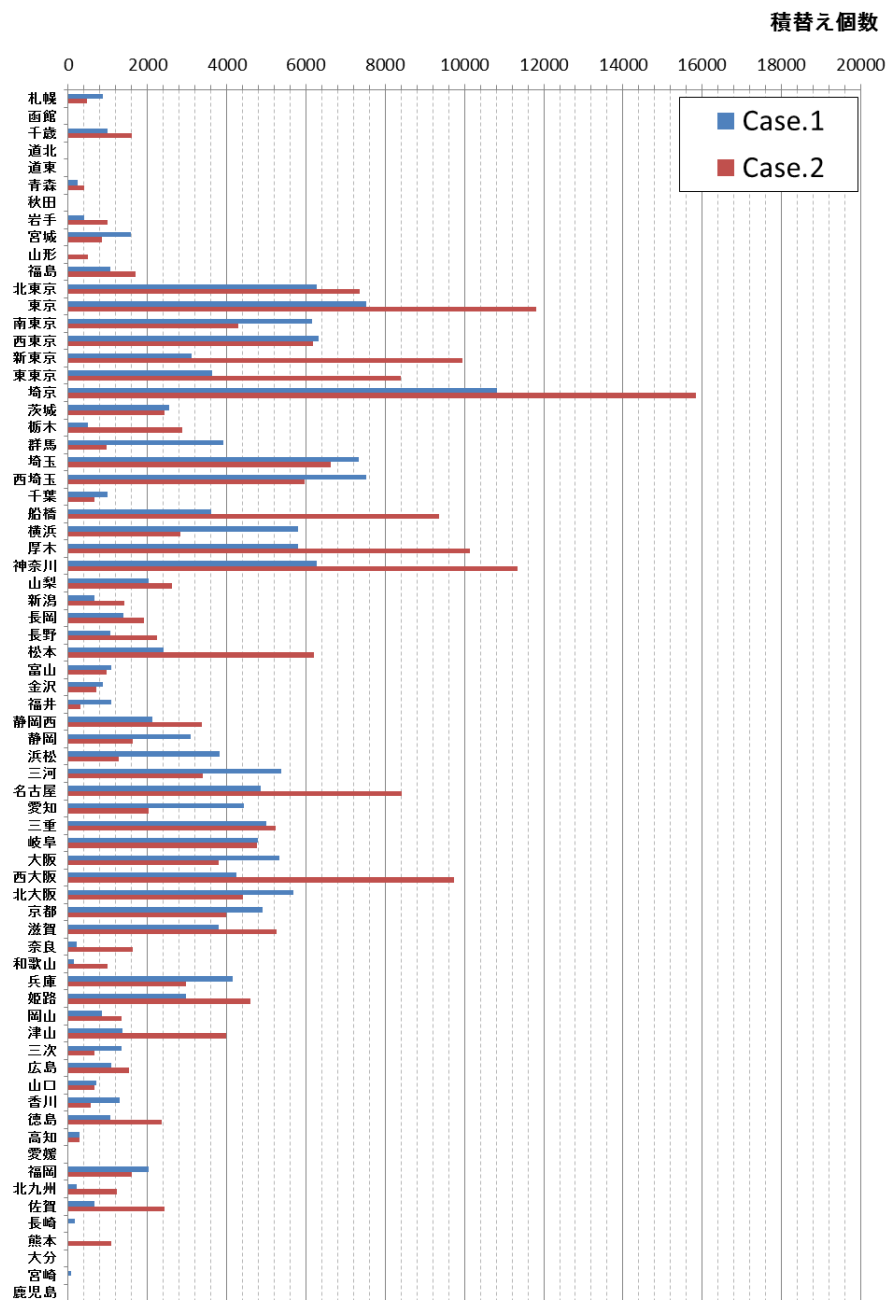


図 5.6 幹線輸送拠点ごとの積替個数

第2項 外部費用

今回のモデルでは、宅配事業者は自社の輸送ネットワークにかかる費用を削減することを第一にすると仮定し、輸送台キロの削減による排出ガス削減や混雑の外部費用の削減効果はシミュレーションにおいては考慮しなかった。

しかし、結果的に生じた輸送台キロの削減によって、CO₂排出量がどの程度削減されたかを検証することは、宅配便事業者に限らず物流事業者の施策を政策的にも後押しするうえで有用であると考えられる。

排ガス、騒音、事故リスク、混雑などの社会的影響の推計は様々な研究で行われているが、推計の元となるデータや前提条件の違いからばらつきも大きい。今回は、これらの要因の、日本における自動車交通（貨物交通を含む）の外部費用を定量的に明らかにした兒山・岸本(2001)の推計結果を利用して、本モデルの施策の社会的費用削減効果を検証する。

兒山・岸本(2001)では、大気汚染、気候変動、騒音、事故、道路インフラ費用の過少負担³⁸、混雑を外部費用として、乗用車、バス、大型トラック、小型トラック³⁹と分類して推計している。このため、今回のように10t車とセミトレーラーでは分類上、どちらも大型トラックと区分される。

また、大気汚染、気候変動、騒音、混雑については、推計の基となったデータのばらつきや、前提条件の差異を考慮して、高位推計、中位推計、低位推計に分類している。本論文で最も着目している混雑については、道路利用者の時間価値を賃金率の100%とする場合を高位、50%を中位、20%を低位としている。

表5.4からも分かるように、気候変動の外部費用については、気候変動による死亡リスクを加味したデータまで用いるかによって、高位推計の値が跳ね上がったため、ここでは各要因の中位推計を用いて外部費用を導出した。

宅配便事業者の費用削減効果と同様に台キロで推計しているため、削減率はほぼ同程度（Case.2はセミトレーラーと10t車の区別がなくなったことで削減率が上昇）だが、環境負荷の台キロ当りの費用が、国土交通省の報告書などで使用される、排出ガスの貨幣価値換算金額よりも大きいこともあり、金額ベースで、セミトレーラー導入による外部費用の削減効果が宅配便事業者の費用削減効果を上回る結果となった。

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。

³⁸ 兒山・岸本(2001)では、道路投資額から、自動車利用者が負担する自動車関係諸税と高速道路料金収入の総額を差し引いたものと定義。

³⁹ 運輸省(1999)「運輸経済統計要覧平成10年版」における、貨物自動車の普通車と特殊用途車を大型トラック、貨物自動車の小型車と営業用軽自動車を小型トラックとして分類している。

表 5.4 児山・岸本(2001)による大型トラックの台キロ当り外部費用

台キロ当り推計値(円/台キロ)												
大気汚染			気候変動			騒音			事故	インフラ過小負担	混雑	
低位推計	中位推計	高位推計	低位推計	中位推計	高位推計	低位推計	中位推計	高位推計			低位推計	高位推計
35.7	59.1	83.7	0.19	7.8	62.5	13.5	35.6	52.1	7.9	7.0	5.8	29.2

表 5.5 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%

第3項 モデルの改善に向けて

今回の結果では、幹線輸送のトラックを大型化による、宅配便事業者の費用削減効果と外部費用を合わせた社会的費用の削減効果を定量的に推計した。

しかし一方で、セミトレーラーの導入には、現在の日本国内の法令や交通インフラでは制限もあり、多くの宅配事業者も限定的な運用にとどまっている。政府も大型トラックの推進を進めているが、高速道路のインターチェンジに近い幹線輸送拠点と言っても、セミトレーラーが日本の道路を走行するには不自由も多い。

また、モデル自体に関しても、いくつかの改善を行う必要がある。

1つ目は、前述したように、翌日配送と翌々日配送の区別である。現状では、1日の動きのみを想定しており、本来最も積替えが行われる翌々日配送区間の積替えをモデルに反映できていない。その点を改善できれば、九州と東北以北の地域間のような長距離の輸送機材大型化によって、さらなる費用削減効果を期待できる。

2つ目は、集約拠点（ハブ拠点）を想定したモデルへの改良である。現状では、3つの拠点間の積替えによる荷物の集約を想定はしているが、より多くの拠点から輸送される荷物を1つの拠点（ハブ）で集約して、目的地となる拠点や他のハブ拠点へ輸送するというオペレーションが再現されていない。この問題を解決するには、トラックの運行スケジュールをモデルに導入する必要がある。実際の運行トラックは、路線毎に発車時間が定められている。運行スケジュールに沿った時間制約を課し、時間内に積替えが可能な荷物を集約することは、トラックの積載率に大きな影響を与える。これは、実際のオペレーションに近い時間制約条件を課して、モデルの再現性を高めるという意味でも

有用であると考えられる。

そして3つ目は、トラックの運行費用に、ドライバーの勤務時間を考慮することである。厚生労働省によると、拘束時間や休息期間の規定、更には連続運転時間を4時間としてその後に最低30分の休憩を要する等の条件が取り決められている。このように規定された労働時間を超過するならば、休憩の時間を考慮する、また場合によっては新たなドライバーを用意する必要がある。

第6章 宅配便のラストマイルネットワーク

ネット通販宅配便のラストマイルネットワークは、宅配便ネットワークにおいて最も非効率的になりやすい。なぜならば、ネット通販では個人宅向けの配送が多く、また近年の単身または共働き世帯が増加によって、平日の日中の受渡しが難しくなる状況が進んでいる。不在の場合は再配達を行う必要があるが、再配達は宅配便事業者にとっては余分な費用の増加に繋がる。また、余分な貨物交通の増加は社会的な悪影響（混雑の助長、温室効果ガスの排出増、細街路等での事故リスクの増大）が懸念される。

2015年6月より、国も「宅配の再配達の削減に向けた受取方法の多様化の促進等に関する検討会」（以下、検討会）を設置する等、ネット通販時代の宅配便の再配達に本格的に取り組む姿勢を示している。

ラストマイルネットワークでは、幹線輸送ネットワーク以上に、消費者の配送オプションの選択行動が、直接的に配送経路や効率性に反映されやすい。そのため、効率的な配送経路を事業者が決めたとしても、不在による再配達の依頼があるため、物流の効率化が難しい。

そこで、ネット通販物流・ネット通販事業者、宅配便事業者らは、自らの物流効率化施策とともに、消費者を意識した様々な配送サービスを展開している。ここまででも見てきた、時間帯指定、指定場所受取、自宅の宅配ロッカー設置などもその一例である。ただし、これらの施策は、受け取りのために消費者の時間を拘束する、消費者に荷物受け取りのための移動を強いる、宅配ロッカーのための設置費用といったように、消費者に不効用や直接的な費用を課す。また、これらの配送オプションを消費者が選択しなければ、施策の効果はない。

そのような中で、宅配便事業者を中心として、トラックと台車を組み合わせた配送が行われている。これは、消費者の選択に依存することなく、宅配便事業者が能動的に実行できる施策である。そしてこの施策には、単にトラックの走行距離を減らすことで、トラックの貨物交通を減らすだけでなく、在宅率が比較的高い時間帯に多くの配送員を投入可能なため、再配達を削減するという利点がある。ただし、台車で配送は、トラックに比べると配送可能な範囲が狭いため、配送先が密集した地域での導入が望まれる。

第1節では、ネット通販物流のラストマイルネットワークにおける現状の問題を整理し、施策を分類する。第2節では、類型化した施策におけるネット通販物流に携わる各事業者の具体的な施策を確認する。第3節では、ラストマイルネットワークの施策の中でも、消費者の選択に依存できる、宅配便事業者の「チーム集配」の評価を行うため、事業者の費用の最小化とその結果生じる外部費用の削減効果から、どのような地域でチーム集配が有効かを明らかにした。

第1節 ラストマイルネットワークにおける現状と対応策

第1項 ラストマイルネットワークにおける現状と課題

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。

国土交通省による大手宅配便事業者3社へのサンプル調査によると、都市部での再達比率は約2割にもおよぶという（地方部は約16%）。

ドライバー不足が懸案事項となる昨今、再配達の増加は宅配便事業者の既存ドライバーへの負担を増加させる。また、再配達による余分な貨物交通が一層の交通混雑を招くことも懸念される。

多くの宅配便事業者もこのような状況に対して、宅配便のラストマイルネットワークにおいて、さまざまな施策を打ち出している。たとえば、荷物の指定場所（コンビニエンスストア等）への配送や時間帯指定配送などのサービスである。しかし、米や水といった重量が大きい商品や大型の商品までネット通販で購入することが可能となった現在、それらの商品においては各購入者の軒先までの配送が望まれる場合が多い。

第2項 施策の整理

ラストマイルネットワークにおける再配達の削減のため、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。特にラストマイルネットワークにおいては細街路にまでトラックが侵入するため、事故のリスクが高く、また停車した場合は他の車両の通行を妨害しやすい。このため、貨物交通の削減による混雑緩和や環境負荷の軽減に加えて、これらのリスクの軽減効果も大きいと考えられる。宅配便事業者にとっても、再配達削減は費用の減少や同様のリスクを回避することができる。

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。

このような施策は、1度目の配送で受け取れた場合の配送料金の割引制度（または、ポイント付与）によって、消費者に再配達減少による費用の減少を享受させることで、より効果を上げると考えられる。

一方で、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停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。ただし、トラックに比べると配送可能な距離に制限があるため、小規模でも集配拠点を設置する必要がある。大手宅配便事業者はオフィス街のビルや住宅地のマンションの一階部分などに、台車や自転車での集配のための拠点（サテライトセンター）の設置している。

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。特にそれがオフィス街や住宅密集地ならばなおさらである。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。台車で配送可能な範囲はトラックに比べると狭いため、当然ながらトラック以上の人手が必要となる。ともすれば人件費の増加を招くが、大手宅配便事業者は比較的在宅率の高い午前中の短時間に配送員を集中投入することで、費用の増加を最小限に抑えつつ不在による再配達の削減と環境や道路交通への社会的影響の抑制を試みている。

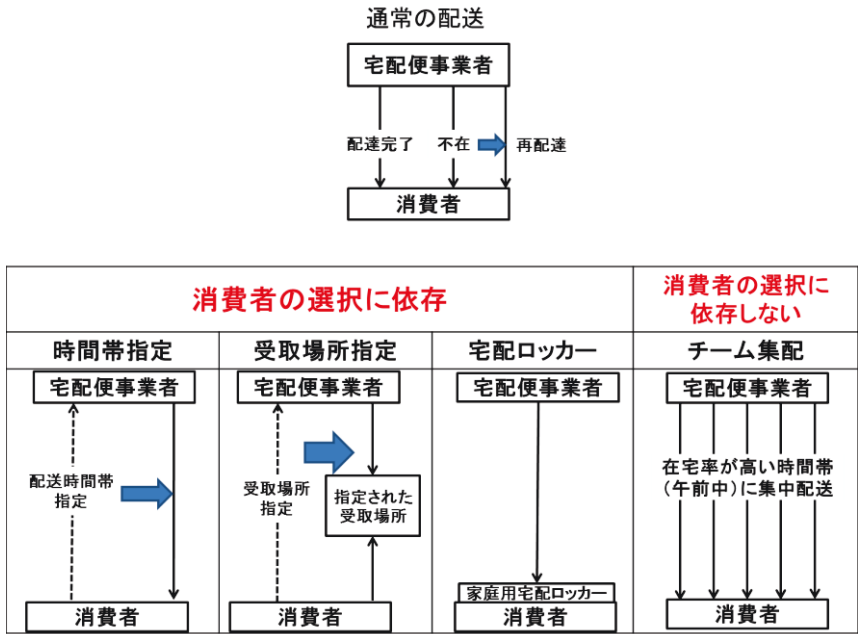


図 6.1 配送方法の変化による配送効率化施策

5 章で見たトラックの大型化施策とは異なり、時間帯指定、受取場所指定、宅配ロッカーについては、消費者がその配送方法を選択するか否かが重要となる。仮に、効率的な配送を行えるとしても、消費者がそれらの施策を選択しない限りは、配送サービスを提供する事業者が勝手に荷物をコンビニに配送するわけにはいかない。この消費者の選択については、4 章でも論じたように、配送料金（またはポイント）などである程度誘

導することは可能であると考えられる。ただし、消費者の各配送サービスに対する支払意思額の程度が鍵を握ることとなる。本論文では、ネット通販事業者と宅配便事業者の物流施策に主眼を置いて、分析を進めていたため、4章のような理論的な言及と各事業者の施策の定性的評価にとどめ、消費者の行動を定量的に把握したうえでの、消費者行動モデルを織り込んだ物流改善施策の提案は今後の研究課題とする。

以上より、消費者の選択に依存する3つの施策については、具体的に各事業者の取組を見ながら定性的に考察を行う。そして本論文では、5章と同様、消費者の需要変動に対応した施策ではあるものの、直接的に消費者の選択の影響を受けない施策として、チーム集配についてその仕組みをモデル化し、どのような地域ではチーム集配が導入し得るか、そして施策の社会的影響の大きさを分析し、施策の評価を行う。

第2節 消費者の選択に依存する施策

第1項 時間帯指定

事前に配送時間帯を指定することができるサービスが、国内の大手宅配便事業者によって展開されている。ネット通販の場合は、商品の購入時に消費者が希望時間帯を選択し、ネット通販事業者が宅配便事業者にその時間帯を伝達する。

現在、指定可能な時間帯は、各宅配便事業者や届け先によっても異なるが、2015年1月現在、国内の宅配便の大手3事業者（ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便）は、午前中と12時から21時までを2～3時間ごとに区分した計6～7つの時間帯を設定している。

表 6.1 主要宅配便サービスの指定可能時間帯（2015年12月現在）

宅急便	午前中	12～14時	14～16時	16～18時	18～20時	20～21時	
飛脚宅配便	午前中	12～14時	14～16時	16～18時	18～20時	19～21時	18～21時
ゆうパック	午前中	12～14時	14～16時	16～18時	18～20時	20～21時	

時間帯指定を行うことで、不在による再配達の減少も期待される。宅配便事業者にとっても、配送ルートに多少の制限はかかるものの、再配達による費用削減効果が期待される。一方で消費者にとっては、再配達依頼を行う手間の削減や1度目の配送でより早く荷物を受け取ることができるという利点がある反面、指定した2～3時間の間は在宅する必要がある。

時間帯指定を行った場合であっても、全体の個数の17%ほどが再配達になっているという調査結果（国土交通省(2015)）からも、単純に1回の配送で受け取ることができる、という便益が消費者にとって十分でないことがうかがえる。

現状の時間帯指定は、消費者の時間的拘束を求めるのに対し、再配達依頼の手間の削減等といった便益が不十分である可能性がある。国土交通省が 2015 年 8 月から 10 月に実施したアンケート調査によると、1,304 人の回答者の内、約 50%が割引またはポイント付与があれば「1 度目の配送で荷物を受け取る」と回答した。これは、実際の効果ではなく、アンケートでの回答結果であるが、時間帯指定に伴う割引（ポイント付与）が、アンケート通りにはならないであろうが、一定の効果を生む可能性もある。

また、宅配便事業者の 2～3 時間の指定可能な時間帯が、消費者の需要と合っていないという指摘もある⁴⁰。アスクルの自社配送による、30 分刻みの時間帯指定や配送員の位置情報提供は、消費者が拘束される時間を最小限にする。第 4 章にて、配送の待ち時間に言及したが、注文してから配送が完了するまでの時間の内、指定した時間だけはどうしても消費者を拘束することになる。指定時間帯の最初の時間に配送が行われれば実質の待ち時間は少なく済むが、消費者の予定には指定時間帯分だけの影響を与えてしまう。

ネット通販に比べると多数の配送先を回らなければならない宅配便事業者が、単純にアマゾンやアスクルの後追いはできないかもしれないが、時間帯指定サービスの消費者の利用を増やすとすれば、消費者が待つ可能性がある時間を削減する、または消費者に配送の情報を「見える化」することが必要となる。

第 2 項 受取場所指定（公共施設や商業施設の宅配ロッカー）

宅配便サービスが始まるまでは、顧客が郵便局や鉄道駅などの拠点に荷物を持ち込んだり受け取ったりすることが一般的であった。宅配便は、名称どおり荷物を個人宅まで配達する便利なサービスとして消費者に受け入れられた。最近では、ネット通販の成長による通販荷物の増加、共働き家庭の増加によって、土日や平日夜間、あるいは仕事帰りに好きなタイミングで荷物を受け取りたいという需要が高まっている。

このような要望に応えるように、宅配便事業者は指定場所での受取りサービスを展開している。たとえば国内においては、主要な通販事業者ではコンビニエンスストアでの受取りサービスを展開しており、実店舗とネット通販の両方を展開する小売事業者では、ネット通販で購入した商品を店頭で受け取ることができるシステムも導入している。

また、国内の大手ネット通販事業者の楽天と日本郵便が提携し、2015 年 4 月から楽天で購入した商品を都内の主要 25 カ所の郵便局に設置した宅配ポスト「はこぼす」で受け取ることができるサービスを試験的に開始した⁴¹。

⁴⁰たとえば、舒・増田(2016)は、この点に着目して、宅配便事業者の配送トラックの、地点ごとの到着時間データを消費者に開示する施策を検討している。

⁴¹受け取れる商品は、縦 58 cm・横 40 cm・高さ 37 cm以内。また、冷蔵・冷凍・生もの、注文から配達まで一週間以上かかる商品（予約品、取り寄せ品を含む）、代金引換や着払いが必要な商品はサービスの対象外。また、全ての楽天に出店する店舗の商品を受け取ることができるわけではなく、2015 年 4 月現在では約 300 店舗の商品でのみ利用可能。

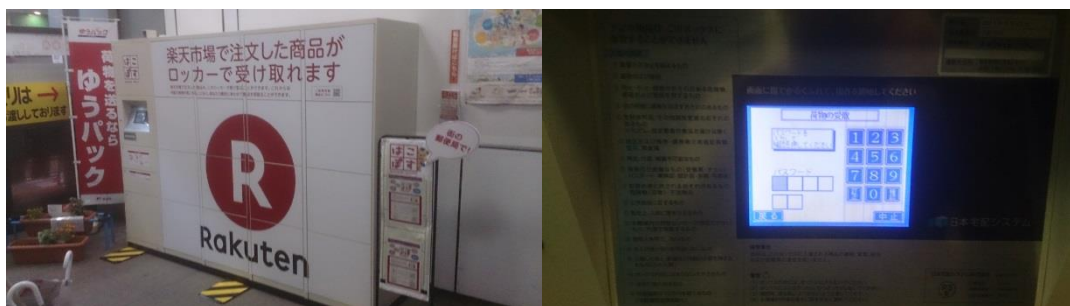


図 6.2 都内の「はこぽす」と操作端末

出所：世田谷郵便局にて筆者撮影

海外では、日本以上に宅配ポストの導入が盛んである。たとえばドイツにおいては DHL 社（ドイツポスト）が主要駅に「Packstation」という名前の宅配ポストを設置している（図 6.3）。2014 年現在、ドイツ国内の 1,600 の都市で 2,650 基の Packstation が設置されており、ドイツ国民の約 90% が 10 分以内にアクセスが可能である⁴²。Packstation を通して登録者は荷物の受取りだけでなく、出荷も行うことができる。



図 6.3 DHL 社の Packstation

出典：DHL 社ホームページ

またヤマト運輸は、ネオポスト社と合併して一部の地域で PUDO（Pick Up Drop Off）ステーションと呼ばれる宅配ロッカーを設置している。これは前述の楽天と日本郵便のシステムとは異なり、ヤマト運輸以外の事業者の荷物も受け取ることができる「オープン型」の宅配ロッカーである。2016 年 12 月現在、全国で都内や大阪を中心に 111 か所に設置されており、2022 年までに約 5,000 か所の設置を目指している。

⁴² <http://postandparcel.info/61068/uncategorized/dhl-to-expand-packstation-network-inside-and-outside-of-germany/>



図 6.4 (左) 1 都 3 県の PUDO 配置、(右) 東京メトロ南行徳駅の PUDO

出典：Pack City Japan HP より

第 3 項 自宅用宅配ロッカー

コンビニや実店舗をはじめとした指定受取場所での受渡しは宅配便業者の配送を効率的にする。しかし、個人宅への配送というサービスの核を完全に手放すことは、既存の大手宅配便事業者の強みを手放すことにもなりかねない。

先の 2 つの事例は、郵便局や駅などの公共施設に宅配ロッカーを設置する事例であるが、近年は共用スペースに宅配ロッカーを設置する分譲・賃貸マンションも増加している。一方で、マンション用の宅配ロッカーには設置費用だけでなく、管理・修繕費用も必要となる。この管理・修繕費用が大きくなると、マンション単位での宅配ロッカーの維持も困難となる。また、共同住宅の場合、住民間で宅配ロッカーの利用頻度に差が生じやすく、維持費がかさむほど、住民間での公平性に歪みが生じる可能性もある。

究極的には、軒先までの配送が行われて且つ不在時にも再配達とならない宅配ロッカーが各家庭に普及することで、再配達の問題はある程度は解決することも期待されているが、現状では戸建て・集合住宅共に配備は不十分である。

第 3 節 消費者の選択に依存しない施策（チーム集配）

第 1 項 概要

再配達削減のためには、消費者（受取人）の選択に委ねる施策だけでは十分ではない。ネット通販によって増加する荷物に対して、現在宅配便事業者をはじめとした多くの物流事業者を悩ませているのは、ドライバー不足の問題の深刻化である。宅配便のラストマイルネットワークにおいても、集配車のドライバー（SD）の不足は数年前から懸念されていた。

SD が集配車を顧客の軒先に停車して集荷・配送してきた。ルートは集配状況によりドライバーが決定し、順番に荷物を集配する。このような集配方式を「軒先集配」と呼ぶ。軒先集配では、荷物の増減に比例して集配車とドライバーの数が必要となり、また都市部等での駐停車場所の確保や住宅地等での交通安全対策、配送数増加による CO₂ 排出量の増加も懸念されている。そして、最も懸念されているのが、ルートの最初と最後に配送完了の時間差が大きくなる点である。

在宅率の高い午前中に配送を完了できれば不在による再配達を減らすことが可能となる。日本の大手宅配便事業者らは主要駅・商業施設・密集住宅地を中心に、小規模集配拠点であるサテライトセンターの設置を行ってきた。配送面積当りの配送件数（配送密度）が高ければ、配送者よりも台車・自転車での配送の方が、小回りが効くため効率が良い。しかし、小規模とはいえ集配拠点の設置には、費用と時間がかかる。また住宅地によっては、拠点を設けること自体が法令上難しい場合もある。

そこで近年ヤマト運輸や佐川急便が取り組んでいるのが、集配トラックを運転する SD と台車や自転車で荷物を集配する「フィールドキャスト（以下 FC）」を組み合わせた「チーム集配」⁴³である。

チーム集配は、ゾーン別に設けられた荷物受渡所に集配トラックが停車し、FC に荷物を受け渡し、ゾーン内を台車や電動自転車で FC が集配する（図 6.5）。基本的に FC は午前中の在宅時の高い時間帯にパートとして雇用している。パートなので、荷物の多い時期に人数を増減できるメリットもある。

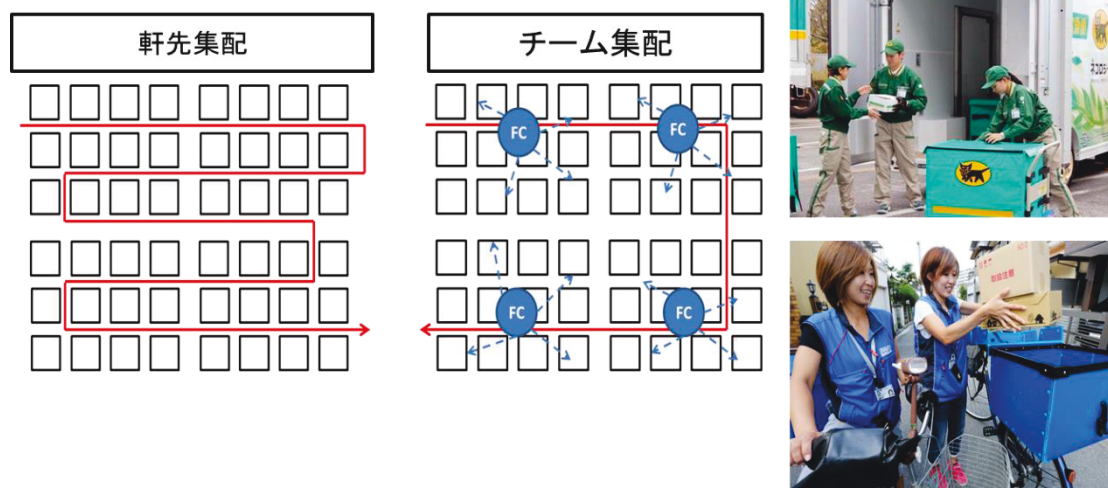


図 6.5 軒先集配とチーム集配

出所：ヤマト運輸、佐川急便 HP

⁴³ 「軒先集配」、「チーム集配」という名称はヤマト運輸の標記に従う。集配業務では、ネット通販を始め B to C 荷物の急増によって配送のウェイトが高まっており、とくにチーム集配では圧倒的に配送の比率が高い。しかし、集荷と配送は不可分の関係にあり、用語として集配が定着している。このため、以下では配送のみでも用語として集配を用いている場合がある。

第2項 効果

ヤマト運輸への現地での聞き取り調査（2015年8月26日）、同社の公開資料、既存研究等を参考にして、チーム集配がもたらす社会的影響を確認していく。

（1）在宅率が高い時間帯の配送で配送費用を削減

軒先集配では、少ないSDで多くの配送先を回るため、ルート最初と最後で配送完了の時間差が大きくなる。そのため、主婦がパートに出る前の午前中の時間帯に配送を完了することが難しい。

比較的在宅率が高い午前中の時間帯に複数のFCを動員することで、この時間帯を小さくすることである。午前中に配送を完了させることができれば、不在による再配達削減につながる可能性がある。

（2）ドライバー不足への対処

チーム集配では、基本的にSDは各荷物受渡所まで配送して各FCに担当する荷物を引き渡せばよい。このため、軒先集配に比べてSDの負担は小さくなる。

ネット通販の荷物の配送がますます増加すると予測される一方で、宅配便をはじめとした物流事業者ではトラックドライバーの確保に頭を悩まされており、チーム集配はSDの配送への負担を軽減して、セールス（集荷営業）等の収益性が高い事業に注力する余裕を生む効果も期待されている。

（3）需要の変動に合わせたマンパワー

これまで、宅配便ネットワークでは荷物需要の長期的な増加に合わせて、新たな拠点の設置やそれに伴う集配員の配備を行ってきた。お中元の時期や年末等のイベントに応じた季節変動に対しては、幹線輸送拠点や集配拠点での仕分け業務を担う短期労働者の確保は行っていたものの、免許が必要なSDを増員することは困難であった。チーム集配の導入によって、トラックの運転を伴わない集配員を導入することができるようになると、短期的な需要変動に応じて、ラストマイルネットワークを再編することも容易になることが期待される。

ただし、雇用人数が増加することで、事業者にとってはかえって費用が増加する可能性もあるため、どのような地域がチーム集配に適しているかを検討する必要がある。また、現状でも、都心部や一部の地域では、近郊のFCを確保することが難しくなっている現状がある。今後、さらに多くのFCが必要となる一方で、人口減少によってFCそのものの確保も難しくなるということも留意しておく必要がある。

（4）環境・事故リスク・道路混雑の軽減

軒先集配では、細街路まで集配トラックが侵入し、またトラックのルートが固定され

ていないため、トラックの走行距離や停車・発信回数も増加する。チーム集配の導入によって、集配トラックはFCへの荷物受渡所までの走行で十分となり、集配トラックの走行ルート固定と走行距離の削減、細街路への進入減少を見込むことができる。この結果、環境負荷の軽減（排出ガスの削減）や住宅地域等での交通事故の危険性を削減することも期待される。

また、集配トラックが配送のために道路脇で停車することが少なくなることに加え、チーム集配が再配達削減を促す効果が発揮されれば、宅配便の余分な貨物交通の削減につながることもなり、道路の混雑緩和効果も期待されるであろう。

（５）短時間・近郊勤務型の労働形態の導入

現状、FCの主な担い手は、日中子どもが幼稚園や学校に通う主婦が多いという。通勤時間が少なく、且つ午前中の短時間で完了する勤務形態が新たに生まれることは、配送に追われていたSDの負担軽減と同時に、近場で短時間だけ働きたい、という主婦等の需要を満たすことにもつながり得る。

表 6.2 チーム集配の効果

対象	正の効果 (費用削減、便益向上)	負の効果 (費用増加、便益低下)
事業者	①在宅率が高い時間帯の配送で配送費用を削減。 ②配送需要に応じた配送員。 →ドライバー不足の解消。 →拠点を要せずネットワークの階層を構築。	①雇用人数増加による費用増加。 ②必要数のFC確保。
消費者	①再配達削減による再配達手続きの手間の減少。	
環境、安全	①配送車の走行距離減によるガス排出量削減。 ②住宅地進入減少による交通事故リスクの軽減。	
その他(労働)	①短時間勤務、職住近郊の雇用を創出(主婦を中心に需要)。	

第3項 モデルによる検証

前述のように、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に加えて複数のFCを動員するため、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るべきかを検討する必要がある。

（１）モデルの概要

台車での配送範囲はトラックと比べると狭いため、チーム集配が成立するか否かは、どの程度配送先が密集地しているかが重要となる。本モデルでは、1km²のエリア内の配

送先の数（配送件数）を配送密度と定義し、配送密度に応じて投入すべき SD と FC の人数を決定する。SD と FC には、移動や積み下ろしの時間をそれぞれ仮定することで、単体での配送能力を規定する。このため、配送密度が与えられれば、SD と FC の人数が決定する。

細かい人件費などの単位費用は後述するが、本モデルでは SD と FC を投入するごとに、実際の配送時間に関わらず、一定金額の人件費が発生する。ただし、SD と FC はそれぞれ決まった時間しか働くことができないと仮定するため、1 分でも規定の労働時間を過ぎれば新たな SD か FC を投入する必要がある。

また、実配送時間は SD か FC を投入するか否かだけではなく、再配達費用に影響を与えるようにモデルを設定する。ヤマト運輸への聞き取り調査によると、不在率は午前に低く、昼に近づくにつれ高くなるという傾向がある。この傾向を反映するため、モデルでは時間帯ごとの不在率を仮定する（時間帯が遅くなるほど高くなる）。そのため、実配送時間が短いほど再配達費用は小さくなる。

すなわち、SD と FC の人数を少なくして実配送時間を長くするか、SD と FC を大量投入することで実配送時間を短縮して再配達費用を削減するか、という人件費と再配達費用のトレードオフを考慮するモデルである。

軒先集配では投入する SD の人数だけを考慮すればよいが、チーム集配の場合は SD と FC の人数の組み合わせを考慮することも重要となる。SD は、「移動が速いが、積み下ろしの時間がかかり、燃料費がかかる」のに対し、FC は「移動が遅いが、積み下ろしの時間はかからず、人件費以外はかからない」と仮定する。

以上のように、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、Solver によって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。図 6.6 は、上記のモデルの仕組みを示した

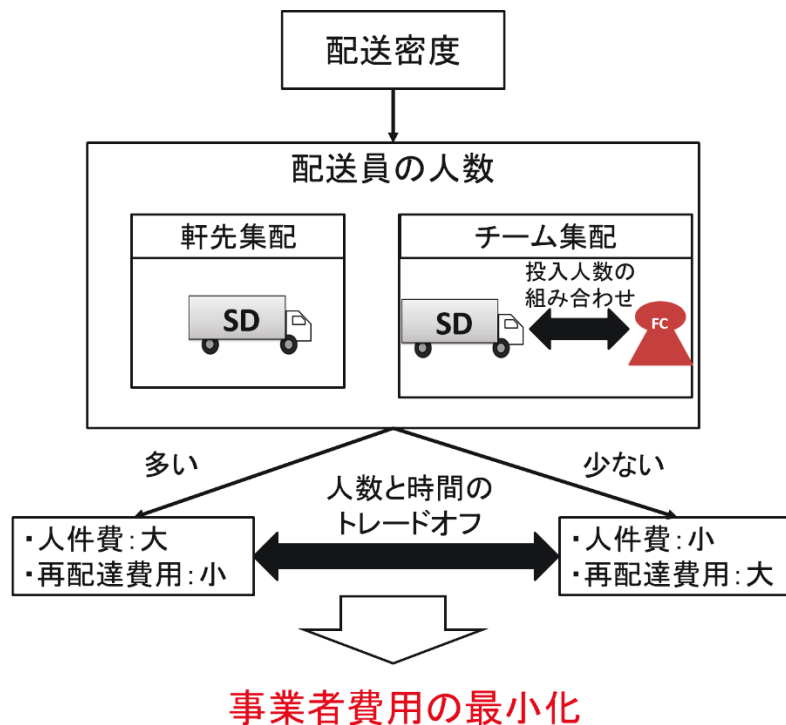


図 6.6 チーム集配モデルの概念図

(2) 事業者費用の定義

本モデルにおいては、配送密度を変数として、配送密度に応じて必要となる配送員数（SD と FC の人数）と、それに伴う人件費、集配トラックの燃料費、再配達にかかる費用を基に、各配送方式の配送オペレーションに要する事業者費用を求める。宅配便事業者は、配送密度にしたがって、この事業者費用の最小化を目指すと仮定する。

$$\min. OC = LC + f \quad (6.1)$$

- ・ OC : 事業者費用（配送費用）[円]
- ・ LC : 配送員の人件費 [円]
- ・ f : 集配トラックの燃料費 [円]

(3) 配送員の人件費（ LC ）

配送員の人件費については、配送に要する人数、時間当たり単価、雇用時間を基に算定する。SD や FC の人数は、変数である配送件数に応じて追加的に投入する必要があるが、時間当たり単価と雇用時間は固定値（今回は 8 時間）として推計する。即ち、現在の SD や FC の配送能力の限界まで変数である配送件数が増加した時、SD や FC を追加的に投入する。ここで言う配送能力の限界とは、SD や FC が規定の雇用時間内に配送を終えることが可能かで判断する（式 6.3 参照）。

ただし、その際に新たな SD または FC に発生する人件費は固定費であり、実際の配

送時間に依らず一定であると仮定する。そのため本モデルでは、人件費の計算の基となる SD や FC の雇用時間 T_{SD} 、 T_{FC} と、SD や FC の実際の配送時間 t_{SD} 、 t_{FC} を区別する。このため、今回は積載容量の制約条件を課していないが、時間制約によって 1 人（または 1 台）当りの配送個数が制限されるため、モデル上非現実的な数量が 1 人（または 1 台）に集中しない。

チーム集配の場合は、実際のヤマト運輸のオペレーションを参考に、SD は FC までの配送を行い、各配送先への配送は FC が行くと想定する。そのため、チーム集配の場合は、SD と FC 双方の人件費が必要となる。

また、チーム集配の導入メリットの一つは、午前中の配送業務に人員を集中することで、不足がちなドライバーの配送にかかる負担を軽減することである。本モデルにおいては、ドライバーへの負荷の軽減を評価するために、チーム集配によって SD の配送にかかる時間が短縮した効果を推計する。即ち、軒先集配における SD の実際の総配送時間（ $n_{N,SD} \times t_{N,SD}$ ）からチーム集配における実際の総配送時間（ $n_{T,SD} \times t_{T,SD}$ ）を差し引き、時間当りの給与を掛け合わせるで、FC を投入する代わりに SD が得ることのできる負担の軽減を評価する。

以上に従って、軒先集配、チーム集配それぞれの費用は次のように定義する。

$$LC_N = n_{N,SD} \times W_{SD} \times T_{SD} \quad (6.2)$$

$$s.t. \quad t_{N,SD} = \frac{(v + v') \times dt_{SD}}{n_{N,SD}} + \frac{(D + D')}{n_{N,SD} \times S_{SD}} \leq T_{SD} = 8 \quad (6.3)$$

$$LC_T = n_{T,SD} \times W_{SD} \times T_{SD} + n_{T,FC} \times W_{FC} \times T_{FC} - W_{SD} \times (n_{N,SD} \times t_{N,SD} - n_{T,SD} \times t_{T,SD}) \quad (6.4)$$

$$s.t. \quad t_{T,FC} = \frac{(v + v') \times dt_{FC}}{n_{T,FC}} + \frac{(D + D')}{n_{T,FC} \times S_{FC}} + t_{SD \rightarrow FC} + \frac{d_{SD \rightarrow FC}}{S_{SD}} \leq T_{FC} = 3 \quad (6.5)$$

- v : 総配送件数
- v' : 再配達配送件数
- $n_{i,j}$: 集配方式（軒先またはチーム）が i の時の、集配員種別（SD または FC） j の人数
（SD の場合はトラック台数と同義）
- $t_{i,j}$: 集配方式（軒先またはチーム）が i の時の、集配員種別（SD または FC） j の実配送時間 [時間]
- W_j : 集配員種別（SD または FC） j のの時間あたり給与 [円/(時・人)]（定数）
- $T_{i,j}$: 集配方式（軒先またはチーム）が i の時の、集配員種別（SD または FC） j の雇用時間 [時間]（定数）
- D : 総配送距離 [台・km]
- D' : 再配達配送距離 [台・km]
- dt_{SD} : SD の 1 件当りの配送先への受け渡し時間 [時間/件]
- dt_{FC} : FC の 1 件当りの配送先への受け渡し時間 [時間/件]
- S_{SD} : 配送トラックの走行速度 [km/時]
- S_{FC} : FC の歩行速度 [km/時]
- $d_{SD \rightarrow FC}$: 各 SD から FC までの配送距離 [台・km]
- $t_{SD \rightarrow FC}$: SD の配送トラックから FC までの荷物積み下ろし時間 [時]

（４）集配トラックの燃料費（ f ）

軒先集配とチーム集配いずれの場合も、配送トラックの燃料費は、配送トラックの総走行距離、燃費、燃料単価を考慮して決定する。

$$f = \frac{D \times f_p}{f_e} \quad (6.6)$$

- D : 総配送距離 [台・km]
- f_p : 燃料価格単価 [円/L]
- f_e : 配送トラックの燃費 [km/L]

（５）配送距離（ D ）

今回のモデルでは、配送先はエリア内に均一に分布し、配送エリアの面積は固定と仮定する。総配送距離は配送件数に依存すると考えられるが、配送地域の面積が一定であ

れば、配送件数が増加するにつれて配送先間の距離は短くなることが考えられる。この時、配送件数の増加につれて総配送距離の増加割合は逓減していく。

しかし、配送件数と配送距離を明示した既存研究を見つけることはできなかった。そこで、地域の面積と人口から、その地域に設置すべき道路延長を導く理論である国土係数理論を援用して、総面積から総配送距離を定義する。

国土係数理論は、道路需要が人口と物資の移動量に比例すると仮定し、その地域に必要な道路延長は人口と面積の積の平方根に比例すべき、と定義している。これは、エリア内の需要（道路では人口、配送ルートでは配送件数）と均一に分布した需要を発着点と捉えて、その間の経路を考慮する、という点も近い。ただし、基本的な考え方から国土係数理論を援用し、面積と需要（代替変数としての人口や配送件数）の平方根の積であると仮定しても、どの程度比例するか（式 6.8 の α の値の大きさ）を規定するのに十分なデータはない。今回の推計では α を 1 と仮定して分析を行うが、配送密度と配送距離の関係については、今後データを収集して算定することで精緻化していく予定である。

$$D = \alpha \sqrt{v \times S} \quad (6.7)$$

- ・ v : 総配送件数 [件]
- ・ S : 配送エリアの面積 [km²]
- ・ α : 係数 (>0) ※今回は 1 と仮定。

(6) 再配達件数 (v') と再配達距離 (D')

不在の場合、宅配便事業者は再配達のための費用を負うことになる。

実際の再配達は、配送先からの時間指定やその他の配送時の途中で配送員が判断する形で行われるため、再配達の費用を明確に定義することが難しい。また、1 回の再配達（初回を合わせれば 2 回目の配送）でも、不在の場合も存在するため、再配達の回数を定義する必要がある。

ここでは、再配達はそのためだけに配送を行い、2 回目の配送（1 度の再配達）で配送が完了すると仮定する（国土交通省(2015)によると、1 度の再配達で約 95%が配達完了）。

宅配便事業者への聞き取り調査によると、不在率は時間帯によって異なり、午前中の早い時間ほど低く、午後以降は大きくなるという。そこで、午前 9～10 時、10～11 時、11～12 時、12 時以降の 4 つの時間帯に分けて、それぞれの不在率を 7%、10%、13%、30%に設定する（表 6.3 参照）。そして、時間帯ごとの配送件数を実配送時間で割り振って計算し、それぞれの時間帯別の不在率を掛け合わせることで、全体の再配達件数を計算する。

たとえば、配送件数が 15 件で、実配送時間が 1.5 時間ならば、9～10 時の実配送時間 t_{9-10} は 1 時間で 10 件の配送（不在率 7%）、10～11 時の実配送時間 t_{10-11} は 0.5 時間で 5 件の配送（不在率 10%）なので、不在件数は $10 \times 0.07 + 5 \times 0.1$ で 1.2 件となる。不在の

件数が小数となることは現実的でないかもしれないが、計算の単純化のために、ここでは平均データとしてそのまま不在件数として計算に用いる。そして求めた不在になった件数から、再配達距離を計算する。また、不在率は事業所向けの場合はほぼ 0% となると考えられるが、チーム集配が住宅地向けの施策である⁴⁴ことを考慮して、ここでは事業所への配送は考慮しない。

また、再配達の配送方法については、軒先集配、チーム集配共に SD が配送するものとする。これは、チーム集配の不在時に、FC が持ち帰った荷物を SD が午後便とともに再配達するというオペレーションを参考にしている。

$$v' = \frac{t_z}{\sum t_z} \times AR_z \quad (6.8)$$

$$D' = \alpha \sqrt{v' \times S} \quad (6.9)$$

- ・ t_z : 時間帯ごとの実配送時間
- ・ AR_z : 時間帯ごとの不在率
- ・ v' : 総再配達件数 [件]

(7) 条件設定

今回は配送エリア面積を 1 km² と仮定する。またチーム集配の場合のトラックの集配経路は、本来は配送エリアの道路状況や荷物受渡所の位置に依存するが、モデルの単純化のため、今回は配送エリアの 1 km 四方に地域の主要道路が存在し、荷物受渡所も地域の主要道路上に存在すると仮定して、1 km×4 で 4km と設定する。

不在率は、時間が進むごとに上昇するというインタビュー調査を基に設定したが、具体的な時間帯別のデータは得られなかった。そこで、今回は国土交通省 (2015) における全体の不在率 20% を基準に、表 6.3 のように午後の時間帯に近づくほど不在率が上昇すると仮定したが、今後具体的なデータが得られた際に精緻化していきたい。

配送トラックと台車それぞれの荷物の積み下ろしの差異を考慮して、SD の配送先への荷物の受け渡し時間を 5 分、FC の場合を 3 分と設定した。配送トラックから各 FC への荷物の受け渡し時間は、2015 年 8 月 26 日 (水) に国立市にて実施したヤマト運輸のチーム集配に関する現地調査を基に 10 分とした。

さらに、配送トラックの速度は、軒先集配の場合は細い道を走行することを考慮して 15km/時とする。チーム集配の場合は FC の移動速度を 3km/時、配送トラックは主要道路の走行のみを考慮して 25km/時と仮定する。

時間当りの給与については、地域差はあるものの、宅配便事業者への聞き取り調査から、配送員の人件費は時間換算で SD : FC = 1.8 : 1 程度であることが明らかになった。

⁴⁴ <http://business.nikkeibp.co.jp/article/opinion/20150225/277970/>

そこで、SD の時間当たり賃金を 1,800 円、FC を 1,000 円と仮定して人件費を推計する。

実走行燃費は営業用小型車の走行燃費が 10km 程度と見積り、その半分程度と、燃料単価は 120 円/L の税引き後価格であると仮定した。他の SD と FC に関連する項目は、インタビュー調査を基に表 6.3 のように仮定した。

表 6.3 各条件の整理

配送エリア面積 [S]		1 km ² [仮定]		
SD→FCの配送距離 [$d_{SD \rightarrow FC}$]		4 km [仮定]		
不在率 [AR]	9～10時	7% [国土交通省(2015)とインタビューから仮定]		
	10～11時	10% [国土交通省(2015)とインタビューから仮定]		
	11～12時	13% [国土交通省(2015)とインタビューから仮定]		
	12時～	30% [国土交通省(2015)とインタビューから仮定]		
		SD	FC	
移動速度 (軒先集配)		15 km/時	3 km/時	[インタビューから仮定]
移動速度 (チーム集配)		25km/時		
雇用時間 (配送時間制約)		8 時間		
配送先 1 軒当りの対応時間		5 分		
荷物の受け渡し時間 (SD→FC)		10分		
実走行燃費		5 km/L	—	[仮定]
燃料単価		60円/L	—	
時間当たり賃金		1,800円/時	1,000円/時	[インタビューから仮定]

第 4 項 結果

配送件数を変数とし、表 6.3 の定数を用いて式 6.1 の最小化を試みた。その結果を示したものが図 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。

但し、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 の賃金を高く設定する必要がある可能性もある。

そこで、図 6.7 の破線は SD と FC の賃金を同額にした場合における、軒先集配とチーム集配の 1 件当りの配送費用を表している。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 件当りの事業者費用が軒先集配のそれを下回った。

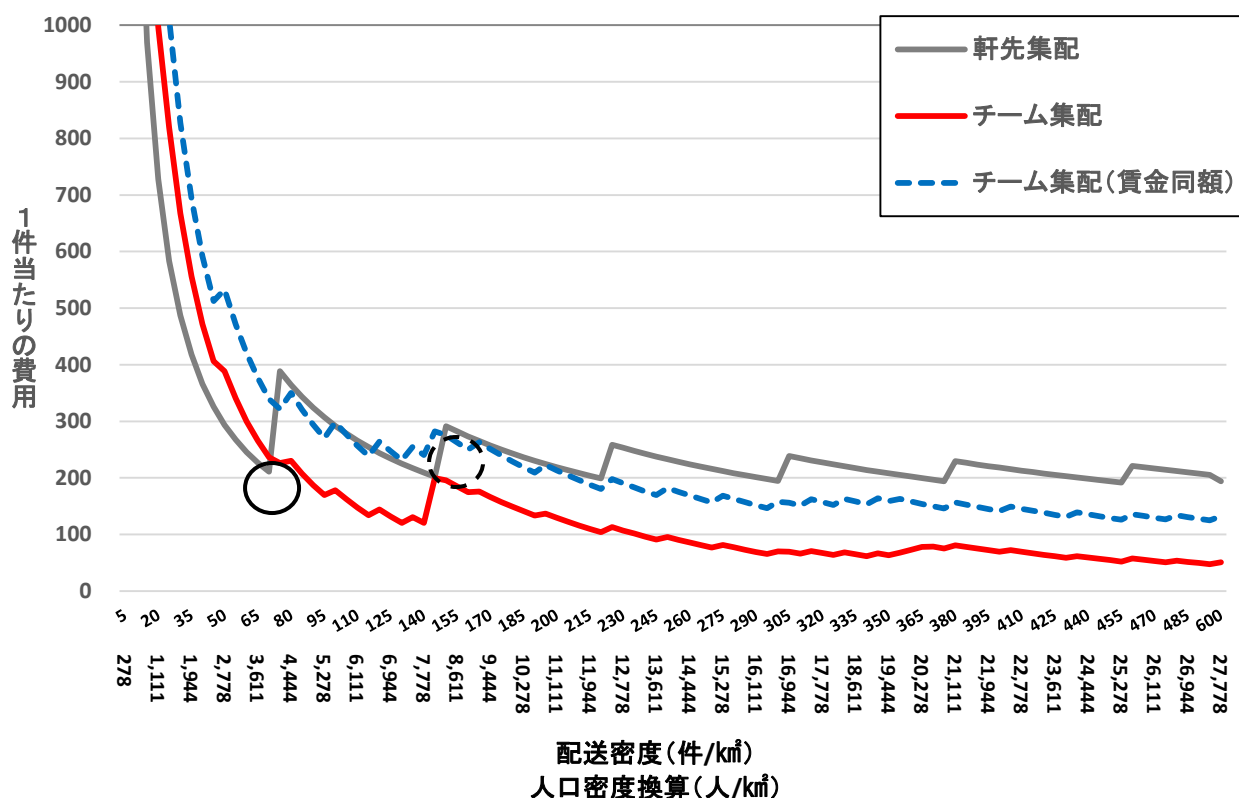


図 6.7 軒先集配とチーム集配の事業者費用の比較

また、図 6.8 は人口密度と宅配便の一人当たり受取個数を基に、都内の配送密度を推計したものである。ヤマト運輸（今回参考にしたチーム集配を実施している事業者）の年間の宅急便取扱個数は約 16 億個である。これを国民一人当たり 1 日の配送個数に換算すると約 0.036 個となる。1 件の配送で届ける荷物の個数を 1 個と仮定し、全国の 3 次メッシュ⁴⁵（日本全国を 1km 四方に区切った区分）の人口（人口密度）から配送密度を推計する（家族宛の荷物が 1 回の配送で同時に届くこともあるかもしれないが、稀であると考えため）。

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。3 次メッシュは、自治体区分とは異なり、人口が少ない地域であっても 1km 四方で分割しているため、人口ベースでは十分な地域をカバーするという結果となっても、メッシュ数で言えば限られた地域でのみ展開ができることを表している。これは換言すれば、数

⁴⁵ 3 次メッシュは緯度経度で日本全国を区分しているため、離島であってもメッシュデータとして収集が行われる。日本では離島や山岳地帯が多いこともあり、人口が 0 人の 3 次メッシュも相当数存在する。ここでは、現実的に、人間が居住する地域を対象として配送施策を検討するため、人口が 0 人のメッシュは分析から除外している。

少ない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、今回の分析で、地方都市の限られた地域であってもチーム集配が導入し得ることが明らかになった。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。

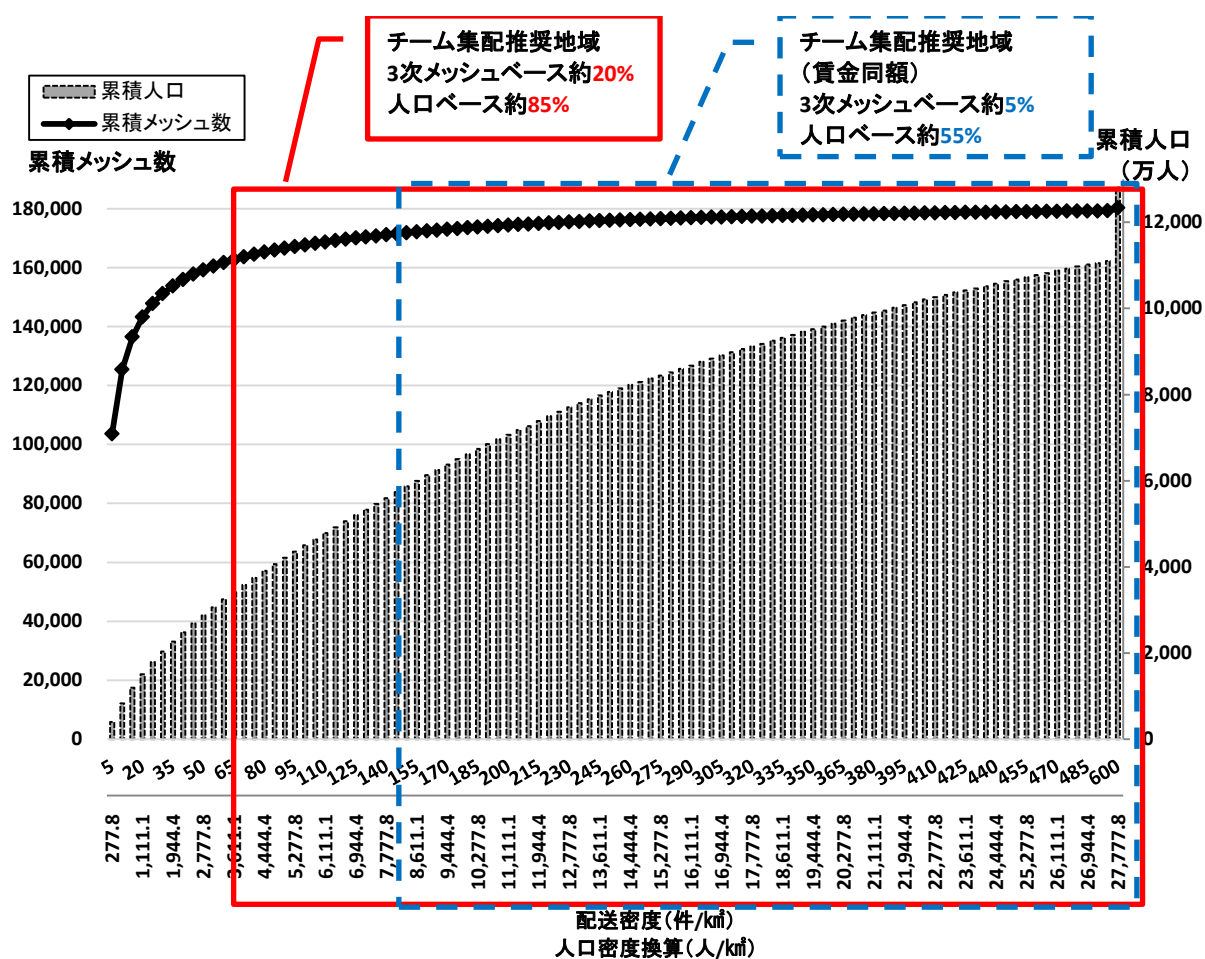


図 6.8 3次メッシュ数と人口ベースのチーム集配導入可能地域

第5項 外部費用

幹線輸送ネットワークモデルと同様、ラストマイルネットワークにおいても兒山・岸本(2001)の推計値を基に外部費用を算出する。今回は、配送用のトラックを想定しているため、同研究における小型トラックのデータを利用する(表 6.4)。ただし、今回も気候変動の高位推計の大きさを考慮して、全て中位推計を利用する。

表 6.4 児山・岸本(2001)による小型トラックの台キロ当り外部費用

単位:円/台キロ														
大気汚染			気候変動			騒音			事故	インフラ費用の 過少負担	混雑			
低位推計	中尉推計	高位推計	低位推計	中尉推計	高位推計	低位推計	中尉推計	高位推計			低位推計	中尉推計	高位推計	
8.3	13.8	19.6	0.08	3.1	25	1.3	3.6	5.2	4.9	7.0	2.9	7.3	14.6	

$$EC_{N or T} = \sum_{k=1}^n \{e_k \times (D + D')\} \quad (6.10)$$

・ e_k : 外部費用要因 k の台キロ当り費用 [円/台キロ]

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。台キロ当り外部費用の単価を、総配送距離と再配達配送距離に掛け合わせて、外部費用の合計を推計する。事業者費用と比較すると図 6.9 のようになる。このとき、外部費用の軒先集配とチーム集配の分岐点は、事業者費用に比べて若干低くなった。なお、SD と FC の賃金を同額と仮定した場合の外部費用については、SD の数が同じで、また再配達を含めた配送距離も大きな差異がなかったため、賃金格差がある場合とほぼ変わらない結果となった。

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、外部費用の軒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。

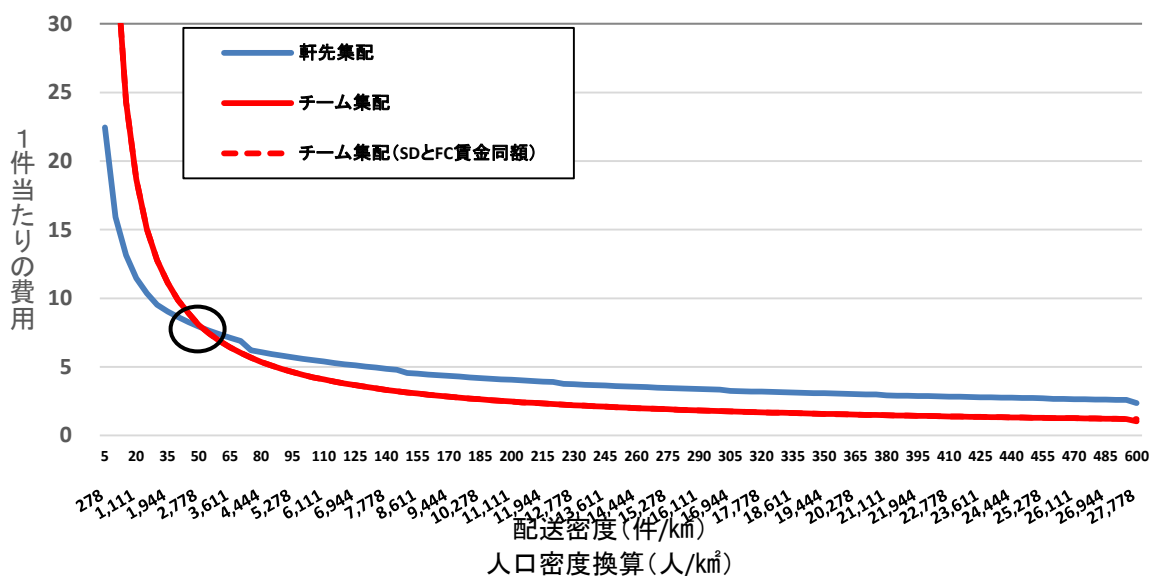


図 6.9 軒先集配とチーム集配の外部費用の比較

第6項 モデルの改善に向けて

本モデルでは、チーム集配の宅配便のラストマイルネットワークにおける影響について検証するため、事業者の費用と外部費用から、軒先集配とチーム集配の比較を行った。その結果、配送密度が高い地域では、ある程度のFCを投入しても、費用面でチーム集配が有利になることを確認することができた。また、SDとFCの賃金を同額とした場合でも、人口密度が高いエリアであれば、事業者費用の面でもチーム集配が優位であることを定量的に示すことができた。そして、チーム集配の外部費用における効果も定量的に確認することができた。

しかし、今回のモデルではチーム集配の実際の導入エリアについての情報が不足していたこともあり、仮定の強い検証となった。幹線輸送ネットワークと異なり、ラストマイルネットワークでは、集配のルートを規定することが難しい。今後、チーム集配で配送される荷物の量やその結果削減されるトラックの走行距離のデータを得られれば、より現実的な社会的費用の削減効果が検証できる可能性がある。

また、今回のモデルでは、FCの導入が宅配便ネットワークや労働形態に与えた影響までは評価できていない。

チーム集配は、一時的な受渡し場所という固定的でない新たなノードの設置を可能にし、これまで固定的なノード（拠点）とその間のリンクで構成されてきた宅配便ネットワークにおける革新をもたらした。これは、ラストマイルネットワークにおける新しい階層を構築したと言える。本モデルは、今後のネット通販物流において、このようなラストマイルネットワーク階層化問題を考えていくうえでのひな形となると考える。

また、子供が学校に行っている間の短時間だけ働きたいといった労働条件に対するタイマー側の需要と、在宅率が高い時間帯にだけ配送の人手をかけたいたいといった宅配便事業者の需要をマッチングさせたという見方もできるであろう。

宅配便ネットワークの社会インフラとしての役割が一層大きくなるなか、このような点についても社会的影響の評価を行うことが重要になってくるように思われる。

終章 今後の展望と課題

第1節 各章のまとめ

第1章においては、ネット通販物流について、ネット通販事業者と宅配便事業者の物流施策を整理することで、日本における、現在に至るまでのネット通販ビジネスと宅配便ビジネスの関係性を明らかにした。特に、消費者のネット通販に対する意識の変化に伴う、近年増加するネット通販事業者の自社配送サービスの動きなどから、ネット通販事業者と宅配便事業者が、ネット通販物流において、これまでの補完的な関係から競争的な関係へと変化していることを明らかにした。

第2章においては、既存研究の整理と第1章での関係性の整理を基に、ネット通販の発展や、ネット通販事業者と宅配便事業者の物流施策が、貨物交通と買物交通にどのような影響を与えるかを明らかにした。様々な要因や物流施策による貨物交通の増減と買物交通の増減の全てを、定量的に評価することは難しいが、各施策の因果関係を把握しておくことは、第5章以降での分析の前段階の整理として必要であった。

第3章においては、宅配便のネットワークを構築するうえで考慮すべき経済理論の整理を行った。具体的には、Jara-Díaz (2007)を基に、輸送ネットワークにおける輸送量と距離から成る生産量と費用の関係から「輸送密度の経済」と「ネットワークサイズの経済」という2種類の規模の経済効果という考え方をまず整理した。そのうえで、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、輸送ネットワーク全体の生産性に影響を与えているという「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）」という考え方の定義づけを行った。

第4章においては、アマゾン为例に、ネット通販事業者の配送サービスと料金の現状を確認しながら、消費者が享受するサービスに応じた配送料金を負担する必要性を提唱した。そのために、交通経済学における時間価値理論を基に、配送料金の社会的外部性と配送料金の明示化料金設定の効果について議論した。そのうえで、交通経済学的な意義に基づいて、時間価値の異なる消費者を想定し、配送サービスの費用に応じた料金設定を提示し、消費者がそれぞれの選好に応じたサービスを選択することが、社会的費用の減少にもつながる可能性について言及した。

第5章においては、宅配便の幹線輸送ネットワークにおける宅配便事業者の実際のデータを用いて、積替えとトラック大型化という施策の効果をシミュレーションで検証、評価を行った。第3章にて整理した輸送の経済の効果を確認するとともに、政府や事業者が取り組む、トラック大型化による幹線輸送の効率性改善を宅配便事業者の視点から分析した。また、宅配便の幹線輸送のように複数のODを持つ輸送ネットワークの効率化シミュレーションの手法を提示した。

第6章においては、不在による再配達が起こりやすいネット通販物流のラストマイルネットワークに着目して、まず配送効率化施策の整理と類型化を行った。その中でも、宅配便事業者が能動的に行うことができる施策として、「チーム集配」というトラックと台車を組み合わせた手法について、の社会的な影響を明らかにしながら、配送密度（一定面積当りの配送件数）を変数として分析、評価を行った。そして、チーム集配が正社員であるSDとパート中心のFCの賃金格差だけで成立しているわけではない、というシステムとしての有効性を確認した。また、本モデルが、ラストマイルネットワークモデルの階層化を扱った基礎的なモデルとなる可能性を示唆した。

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。

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。また、配送料金を通じて消費者が配送サービスを合理的な判断で選択できる料金体系の構築の必要性についても、経済学的な視点から整理したが、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ってくる。

第 2 節 本論文の今後の展開可能性

最後に、本章の第 1 節の最後で挙げた課題に加えて、ネット通販物流において現在も進んでいる様々な施策について、本論文でどのようにアプローチが可能かを考察する。

第 1 項 多頻度小口化する企業間物流と当日配送のための幹線輸送網

ネット通販需要への対応を契機に高度化が進む宅配便ネットワークは経済社会の重要なインフラとなりつつあり、全国の消費者の生活を支える生活インフラとして期待されている。同様に多頻度小口化する B to B 物流においても宅配便は重要な輸送手段となっている。

本来 B to B 物流で力を発揮する佐川急便だけでなく、ヤマト運輸や日本郵便も新しい需要を取り込むために、B to B 物流の強化に乗り出している。ヤマト運輸の GW 構想のような、大型幹線輸送拠点間での多頻度輸送を維持し、発展させていくためには、B to B 荷物の取り込みが重要となる。2016 年に竣工した中部 GW によって、既にヤマト HD は修理用パーツなどの輸送を想定した、B to B 向けの当日配送サービスの提供に着手している⁴⁶。

本論文の 5 章で分析した幹線輸送ネットワークモデルでは、立ち寄り型の積替え方式の評価を行ったが、トラックの運行スケジュールを考慮しながら、GW 間の多頻度幹線

⁴⁶ 日本経済新聞「ヤマト HD、東名間で当日配達 愛知に拠点 まず企業向け」、2016 年 9 月 8 日

輸送を再現したモデルに改善することで、このような B to B 物流が宅配便ネットワークに与える影響を明らかにできると考える。

第2項 社会インフラとしてのネット通販—買物弱者の救済—

人口減少・少子高齢化を受け、地域の商店の撤退や公共交通のインフラ維持の限界から、食料品など日常の買い物が困難な状況に置かれている消費者、いわゆる買物弱者が問題となっている。

その中で、ネットスーパーを含むネット通販サービスが、この問題の解決策になるのではないかと、という期待も上がっている。しばしば、ネット通販によって街のにぎわいが失われるのではないかと、という懸念も耳にするが、少なくとも実店舗での流通が維持できなくなりつつある地域にとっては、ネット通販が消費者の商品選択の幅と買い物を通じた地域のにぎわいの両方を確保する可能性があると考えられる。

しかし、これらの買物弱者の中には、高齢者などのネット通販に対する抵抗感が強い消費者も少なくない。これらの消費者の、ネット通販の利用を阻害する要因としては、「ネットにアクセスできない」、「オンライン決済のセキュリティが信用できない」なども挙げられる。これらを解消するための施策として、指定場所の買物サポーターが代行して注文を入力する、商品受け取り時に現金で決済できるようにしておく、などが考えられている。

このような、買物弱者のネット通販利用の要因を分析するうえで、商品価格以外の「購買費用」という概念は有用であると考えられる。ただし、本論文内でも言及したように、これらの要因を定量的に分析することは容易ではない。費用や効用として、数値で反映できていない要因を考慮するには費用分析に加えて、消費者の購買行動の分析が必要である⁴⁷。

指定場所の買物サポーターが代行して注文を入力するという施策を最初に紹介したが、ネット通販における消費者のショールーミングを利用して、特定の場所で商品サンプルを展示し、そこからネット通販で商品を注文する試みは既に一部地域で始まっている。買物の楽しみの一つは小売店舗で気の合った友達と品定めすることであろう。買物サポーターの助けを借りて注文を出し、公民館で仲間と試着しながら買い物を楽しむことができれば、地域のコミュニティや住民同士のコミュニケーションも確保できるのではないだろうか。

このような、ネット通販事業者や宅配便事業者が買物弱者対策に取り組む社会的効用を評価することも必要である。本論文においても、宅配便サービスの社会的な意義を提唱しているが、基本的には宅配便事業者の費用を基準とした分析が多かった。これは、

⁴⁷ たとえば、中村・矢野（2014）は、商品購入に際して消費者が感じる知覚リスクを商品に関するリスクと取引状況に関するリスクに分類し、リスク回避型とベネフィット追求型の2つの消費者タイプがあることを指摘している。

ネット通販物流サービスについて、ビジネスとしての持続性を重視した所以であるが、買物弱者対策という公共性を重視した施策については、ネット通販自体とネット通販物流の社会的役割を重視した視点で、本論文の分析・評価手法を適用することもできると考える。

さらに、買物弱者の多い町村や限界集落などの過疎地への配送において、宅配便事業者の運営費用を抑える施策として、バスなどの公共交通、自家用有償旅客交通を担っている NPO と連携して、旅客と貨物の輸送を同時に行う貨客混載が注目されている。また、個別配送に関しては物流事業者を含めた利害関係者が協議し当該地域に合った仕組みを構築していくことも有効であろう。このような施策のシミュレーション分析について、ラストマイルネットワークでの本論文のモデルを基礎とした、異なる輸送機関の積替えを考慮したモデルが援用できる可能性はある。

第3項 ネット通販物流の IoT を活用した効率化

家電などをインターネットに繋げる、いわゆる「IoT (Internet of Things : モノのインターネット)」が、近年注目されている。IoT を活用した家電の増加は、企業の物流にも影響を与える。流通の末端である消費者の在庫情報が、常に共有されれば、上流の企業にとっては、生産の計画が立てやすく、無駄な在庫の削減が行える。

これは、近年日用品の取り扱いを拡大しているネット通販サービスにも関連が深い。現在、アマゾンジャパンや楽天などの大手ネット通販事業者は、住宅密集地である都心部を中心に、消費者に近い位置に在庫を置く（楽天は移動型在庫も活用している）ことで、短時間の配送サービスを展開している。しかし、都心部の地価や賃料は高いため、郊外のような大型の物流センターを設置することは、当然ながら難しい。したがって、在庫量が少ない規模の物流センターでの運用が主となる。在庫量が少ないゆえに、在庫する商品の種類や商品ごとの在庫量の見極めが重要であるが、IoT によって消費者の自宅の備蓄情報が共有されれば、商品の注文量の予測精度も向上することが期待される。

高い精度の消費者情報の共有は、ネット通販物流のネットワーク構造を大きく変える可能性がある。消費者に近いところでの在庫量を縮小できれば、ネット通販事業者の小規模物流センターを、より多く都心部に展開できるかもしれない。

また、宅配便事業者にとっても、消費者の在宅時間帯の傾向をより容易に得ることができる可能性がある。データの匿名性の問題から、個別の消費者の在宅情報までを IoT で得るとするのは現実的でないかもしれないが、宅配便事業者が日々の集配活動で得ているミクロ単位の情報と IoT によるセミマクロ単位（市区町村、またはある程度の町丁目単位）の情報を合わせることで、より正確な在宅率に基づくラストマイルネットワークの効率化施策を実施できるであろう。

ネット通販の IoT 活用の最たる例の一つは、なくなりそうな商品を自動で注文するサービスである。IoT 対応の洗濯機に洗剤を貯蔵する場所を設け、洗剤の残量情報に基づ

いて自動注文する仕組みや、ブラザー工業とアスクルの提携で、インクが不足するとプリンターが自動でインクを注文する、法人向けサービスは既に展開されている。ただし、配送の効率化のためには、消費者に注文したことを伝える、または宅配ロッカーでの受取が必要であろう。

衣服や書籍などの買回り品と比較すると、日用品は趣味性が比較的低く、消費者にとっては買物自体に感じる楽しみ（効用）は低い可能性がある。このような商品については、実店舗までの移動どころか、パソコンやスマートフォンでネット通販サイトにアクセスして注文することを煩わしく感じる消費者もいるだろう。IoTを活用とした自動注文は、本論文でも扱った消費者の時間費用や発注費用の面から分析することもできると考える。

付録

別表1 Case.1 シミュレーション経過

	発着		積替え		発着		積替え		発着		積替え
1	秋田	金沢	新潟	51	秋田	埼玉	岩手	101	新東京	兵庫	埼玉
2	岩手	山梨	西埼玉	52	福島	三河	神奈川	102	新東京	大阪	浜松
3	浜松	愛媛	徳島	53	群馬	西大阪	滋賀	103	函館	山形	岩手
4	金沢	高知	徳島	54	埼玉	大阪	埼玉	104	東東京	大阪	横浜
5	徳島	大分	北九州	55	広島	宮崎	山口	105	岩手	千葉	宮城
6	長野	津山	松本	56	静岡	岡山	愛知	106	新潟	滋賀	福井
7	茨城	兵庫	浜松	57	千葉	西大阪	東東京	107	愛媛	佐賀	北九州
8	札幌	宮城	千歳	58	富山	香川	岐阜	108	三河	愛媛	滋賀
9	南東京	和歌山	浜松	59	新潟	浜松	東京	109	東京	兵庫	愛知
10	群馬	奈良	京都	60	山梨	徳島	三河	110	群馬	兵庫	北大阪
11	愛媛	熊本	山口	61	西埼玉	西大阪	名古屋	111	岩手	西東京	東東京
12	埼玉	和歌山	静岡	62	南東京	奈良	神奈川	112	茨城	滋賀	埼玉
13	東東京	和歌山	三重	63	新東京	奈良	愛知	113	長野	和歌山	京都
14	栃木	京都	三重	64	東東京	奈良	静岡	114	南東京	西大阪	新東京
15	奈良	北九州	西大阪	65	船橋	福井	埼玉	115	岩手	神奈川	埼玉
16	北東京	姫路	静岡西	66	岡山	長崎	広島	116	長野	姫路	三河
17	徳島	佐賀	広島	67	栃木	福井	富山	117	千葉	京都	岐阜
18	西大阪	福岡	兵庫	68	山形	静岡西	茨城	118	横浜	姫路	兵庫
19	新東京	姫路	神奈川	69	埼玉	西大阪	南東京	119	津山	大分	岡山
20	長岡	奈良	福井	70	船橋	兵庫	滋賀	120	神奈川	大阪	山梨
21	西東京	和歌山	三河	71	船橋	大阪	西東京	121	西東京	西大阪	岐阜
22	三次	鹿児島	広島	72	静岡	津山	浜松	122	新東京	北大阪	厚木
23	函館	福島	青森	73	東京	奈良	大阪	123	姫路	福岡	北九州
24	埼玉	奈良	北東京	74	山形	松本	西埼玉	124	岩手	船橋	茨城
25	山形	金沢	福島	75	秋田	長岡	福島	125	埼玉	北大阪	浜松
26	東京	姫路	静岡	76	厚木	和歌山	山梨	126	松本	津山	滋賀
27	長野	徳島	三重	77	西埼玉	北大阪	東東京	127	長岡	京都	愛知
28	横浜	和歌山	静岡西	78	茨城	京都	神奈川	128	埼玉	京都	横浜
29	山梨	岡山	姫路	79	浜松	三次	三重	129	香川	大分	三次
30	津山	長崎	北九州	80	静岡西	香川	大阪	130	津山	佐賀	山口
31	岩手	長野	長岡	81	福井	広島	津山	131	富山	岡山	大阪
32	茨城	北大阪	東京	82	宮城	静岡西	厚木	132	福井	三次	姫路
33	金沢	三次	西大阪	83	岐阜	愛媛	三重	133	西東京	北大阪	横浜
34	千葉	奈良	船橋	84	船橋	西大阪	横浜	134	大阪	北九州	兵庫
35	姫路	大分	山口	85	宮城	松本	埼玉	135	新東京	金沢	埼玉
36	香川	長崎	山口	86	南東京	福井	長野	136	滋賀	山口	三次
37	宮城	金沢	富山	87	新東京	福井	東京	137	長岡	浜松	北東京
38	松本	香川	三重	88	徳島	福岡	香川	138	金沢	香川	滋賀
39	千葉	福井	愛知	89	愛知	愛媛	名古屋	139	厚木	金沢	愛知
40	群馬	大阪	愛知	90	道東	青森	千歳	140	岐阜	高知	兵庫
41	山梨	津山	静岡西	91	山形	富山	長岡	141	三河	広島	北大阪
42	津山	熊本	三次	92	和歌山	山口	西大阪	142	山形	山梨	宮城
43	福井	愛媛	西大阪	93	北東京	兵庫	新東京	143	愛知	高知	滋賀
44	浜松	高知	香川	94	北東京	大阪	北大阪	144	松本	徳島	名古屋
45	栃木	滋賀	新東京	95	静岡	徳島	兵庫	145	北東京	西大阪	東京
46	秋田	群馬	宮城	96	東東京	福井	北東京	146	富山	津山	三重
47	千葉	大阪	静岡	97	道北	青森	札幌	147	奈良	山口	徳島
48	名古屋	山口	三重	98	船橋	北大阪	京都	148	静岡西	岡山	京都
49	姫路	佐賀	福岡	99	福井	高知	大阪	149	高知	北九州	広島
50	香川	熊本	岡山	100	南東京	大阪	西大阪	150	船橋	金沢	東京

	発着		積替え		発着		積替え		発着		積替え
151	埼玉	兵庫	神奈川	201	山形	千葉	北東京	251	長野	京都	大阪
152	宮城	山梨	船橋	202	和歌山	広島	滋賀	252	山梨	新潟	西東京
153	横浜	富山	北東京	203	富山	姫路	北大阪	253	富山	西大阪	北大阪
154	三河	高知	名古屋	204	西東京	京都	兵庫	254	山梨	滋賀	浜松
155	栃木	岐阜	茨城	205	長岡	静岡西	神奈川	255	長岡	静岡	西埼玉
156	厚木	兵庫	三重	206	福井	静岡	松本	256	福井	静岡西	三河
157	栃木	金沢	北東京	207	千葉	三重	西東京	257	北東京	愛知	埼京
158	金沢	静岡	静岡西	208	山梨	金沢	三重	258	静岡	滋賀	横浜
159	静岡西	津山	愛知	209	埼玉	岐阜	東東京	259	茨城	新潟	西東京
160	長野	奈良	金沢	210	茨城	愛知	南東京	260	宮城	東京	千葉
161	北東京	京都	厚木	211	埼玉	三重	静岡西	261	宮城	西埼玉	新潟
162	徳島	北九州	三次	212	和歌山	高知	北大阪	262	岐阜	徳島	大阪
163	富山	徳島	滋賀	213	新潟	静岡	埼玉	263	西東京	名古屋	厚木
164	岡山	佐賀	三次	214	奈良	愛媛	津山	264	三河	津山	三重
165	長岡	滋賀	三重	215	津山	北九州	香川	265	東東京	新潟	南東京
166	岐阜	三次	三河	216	山口	高知	岡山	266	松本	姫路	大阪
167	宮城	静岡	西東京	217	横浜	岐阜	東京	267	神奈川	愛知	浜松
168	富山	静岡	群馬	218	浜松	徳島	姫路	268	三次	愛媛	高知
169	新潟	静岡西	福島	219	大分	宮崎	佐賀	269	愛媛	大分	広島
170	浜松	香川	三河	220	神奈川	岐阜	西埼玉	270	茨城	浜松	厚木
171	静岡西	徳島	岐阜	221	南東京	岐阜	埼京	271	群馬	三河	埼玉
172	山形	長野	埼京	222	茨城	大阪	三河	272	北九州	鹿児島	宮崎
173	名古屋	高知	京都	223	群馬	岐阜	北東京	273	長野	三重	西埼玉
174	群馬	福井	山梨	224	東京	岐阜	厚木	274	和歌山	香川	兵庫
175	南東京	滋賀	横浜	225	宮城	南東京	西東京	275	愛知	広島	西大阪
176	山梨	奈良	松本	226	富山	奈良	三河	276	福井	和歌山	岐阜
177	新潟	三河	愛知	227	福井	岡山	徳島	277	三次	佐賀	長崎
178	東京	京都	神奈川	228	山形	東京	南東京	278	長野	三河	厚木
179	厚木	富山	埼玉	229	和歌山	三次	奈良	279	名古屋	徳島	津山
180	栃木	愛知	埼玉	230	西埼玉	岐阜	愛知	280	福島	横浜	茨城
181	東京	富山	静岡西	231	船橋	名古屋	神奈川	281	西大阪	三次	京都
182	東東京	富山	新東京	232	長野	滋賀	静岡西	282	千葉	浜松	西埼玉
183	金沢	津山	岐阜	233	埼京	三重	西東京	283	金沢	奈良	北大阪
184	和歌山	愛媛	香川	234	宮城	東東京	神奈川	284	金沢	浜松	福井
185	北東京	奈良	滋賀	235	埼京	岐阜	東東京	285	広島	徳島	京都
186	三重	高知	姫路	236	静岡西	奈良	兵庫	286	浜松	西大阪	岡山
187	名古屋	三次	大阪	237	金沢	和歌山	姫路	287	千葉	長岡	南東京
188	松本	和歌山	大阪	238	千葉	新潟	栃木	288	滋賀	愛媛	姫路
189	山梨	兵庫	名古屋	239	奈良	高知	姫路	289	愛知	姫路	三重
190	長岡	三河	金沢	240	長野	浜松	横浜	290	福島	南東京	群馬
191	福井	香川	名古屋	241	山梨	富山	長野	291	静岡西	北大阪	浜松
192	栃木	三河	埼京	242	横浜	奈良	三重	292	千葉	松本	横浜
193	金沢	徳島	和歌山	243	山形	静岡	北東京	293	和歌山	津山	北大阪
194	岡山	福岡	山口	244	北東京	名古屋	南東京	294	福島	船橋	東東京
195	山形	厚木	神奈川	245	神奈川	三重	群馬	295	埼玉	松本	東京
196	南東京	富山	船橋	246	東京	北大阪	滋賀	296	船橋	松本	厚木
197	茨城	名古屋	長野	247	埼京	名古屋	横浜	297	北大阪	香川	姫路
198	富山	和歌山	名古屋	248	東東京	名古屋	浜松	298	群馬	新潟	松本
199	金沢	静岡西	松本	249	千葉	三河	新東京	299	埼京	長野	千葉
200	山梨	北大阪	岐阜	250	西埼玉	京都	三河	300	神奈川	松本	横浜

	発着		積替え		発着		積替え
301	茨城	富山	松本	351	埼玉	横浜	東京
302	東京	長野	西東京	352	横浜	船橋	東京
303	長崎	鹿児島	福岡	353	京都	和歌山	大阪
304	三河	大阪	三重	354	埼京	神奈川	北東京
305	東東京	西大阪	三河	355	東東京	西埼玉	埼京
306	栃木	静岡西	群馬	356	滋賀	広島	京都
307	京都	津山	西大阪	357	栃木	西埼玉	埼玉
308	福島	富山	西埼玉	358	埼玉	長岡	西埼玉
309	新東京	静岡西	千葉	359	三河	岐阜	名古屋
310	愛知	三次	北大阪	360	長岡	名古屋	岐阜
311	福島	西埼玉	群馬	361	長岡	岐阜	松本
312	東京	松本	西東京	362	松本	浜松	岐阜
313	広島	大分	福岡	363	南東京	横浜	新東京
314	函館	道北	千歳	364	東京	千葉	南東京
315	山梨	長岡	南東京	365	船橋	三河	新東京
316	大阪	高知	津山	366	福島	西東京	西埼玉
317	大阪	津山	姫路	367	北東京	船橋	東京
318	函館	道東	札幌	368	茨城	船橋	東東京
319	栃木	山梨	西東京	369	茨城	神奈川	東東京
320	北東京	静岡西	神奈川	370	西東京	三重	静岡西
321	南東京	山梨	東京	371	西東京	静岡西	静岡
322	滋賀	姫路	京都	372	西東京	愛知	浜松
323	船橋	長野	静岡	373	群馬	浜松	西東京
324	栃木	静岡	船橋	374	西埼玉	船橋	南東京
325	茨城	松本	厚木	375	群馬	静岡	厚木
326	船橋	長岡	群馬	376	京都	徳島	西大阪
327	三重	徳島	大阪	377	南東京	栃木	東京
328	埼京	山梨	東京	378	南東京	厚木	神奈川
329	群馬	神奈川	東東京	379	南東京	兵庫	三河
330	新東京	静岡	西埼玉	380	埼京	松本	西東京
331	群馬	厚木	西埼玉	381	西埼玉	松本	西東京
332	西東京	茨城	厚木	382	南東京	群馬	埼京
333	長崎	大分	福岡	383	茨城	長野	埼京
334	和歌山	姫路	西大阪	384	茨城	群馬	埼京
335	福井	西大阪	三重	385	東京	新潟	埼京
336	三重	香川	西大阪	386	船橋	新潟	埼京
337	群馬	千葉	埼玉	387	埼京	新潟	長岡
338	西東京	千葉	埼玉	388	埼京	長岡	群馬
339	東京	長岡	西埼玉	389	南東京	西埼玉	埼京
340	静岡西	滋賀	浜松				
341	浜松	大阪	滋賀				
342	浜松	滋賀	名古屋				
343	浜松	奈良	名古屋				
344	名古屋	奈良	北大阪				
345	兵庫	北大阪	大阪				
346	東京	静岡	厚木				
347	滋賀	北大阪	京都				
348	西東京	横浜	南東京				
349	北東京	新潟	西埼玉				
350	南東京	西埼玉	埼京				

別表2 Case.2 シミュレーション経過

	発着		積替え		発着		積替え		発着		積替え
1	秋田	岐阜	新潟	51	厚木	香川	愛知	101	静岡西	高知	大阪
2	和歌山	佐賀	西大阪	52	埼玉	徳島	埼玉	102	栃木	大阪	新東京
3	山梨	高知	徳島	53	福島	滋賀	西埼玉	103	宮城	福井	長岡
4	静岡	広島	兵庫	54	北東京	岡山	山梨	104	金沢	愛媛	大阪
5	西東京	香川	浜松	55	兵庫	熊本	津山	105	横浜	徳島	姫路
6	秋田	山梨	宮城	56	新東京	岡山	東京	106	西大阪	佐賀	香川
7	函館	栃木	福島	57	京都	大分	兵庫	107	姫路	長崎	岡山
8	山形	岐阜	福島	58	新潟	和歌山	富山	108	新潟	奈良	松本
9	群馬	岡山	松本	59	高知	長崎	広島	109	群馬	和歌山	滋賀
10	茨城	徳島	三河	60	松本	高知	西大阪	110	岐阜	山口	滋賀
11	横浜	香川	三河	61	新潟	姫路	長野	111	山梨	香川	三重
12	三河	北九州	姫路	62	船橋	徳島	浜松	112	厚木	岡山	北大阪
13	滋賀	大分	北九州	63	北東京	津山	三重	113	富山	三次	滋賀
14	香川	鹿児島	広島	64	京都	佐賀	大阪	114	和歌山	北九州	京都
15	宮城	愛知	三河	65	富山	広島	北大阪	115	姫路	熊本	三次
16	松本	愛媛	三重	66	南東京	津山	神奈川	116	愛知	山口	大阪
17	神奈川	香川	静岡	67	青森	茨城	福島	117	千葉	和歌山	愛知
18	静岡	高知	岡山	68	青森	長岡	新潟	118	群馬	姫路	大阪
19	長岡	岡山	富山	69	札幌	山形	千歳	119	西埼玉	和歌山	東京
20	群馬	津山	名古屋	70	新東京	津山	埼玉	120	山形	浜松	神奈川
21	埼玉	岡山	北東京	71	東東京	津山	大阪	121	栃木	北大阪	東東京
22	滋賀	佐賀	姫路	72	北大阪	大分	津山	122	道東	岩手	札幌
23	山梨	三次	京都	73	岩手	静岡西	船橋	123	長岡	和歌山	松本
24	奈良	大分	大阪	74	栃木	奈良	西東京	124	秋田	千葉	船橋
25	秋田	静岡	福島	75	高知	熊本	佐賀	125	埼玉	和歌山	船橋
26	栃木	和歌山	北東京	76	三重	北九州	大阪	126	厚木	津山	浜松
27	千葉	津山	東東京	77	徳島	長崎	北九州	127	福島	三重	埼玉
28	青森	北東京	宮城	78	東京	津山	三河	128	三河	山口	名古屋
29	浜松	山口	広島	79	岩手	松本	埼玉	129	西埼玉	姫路	浜松
30	西埼玉	津山	京都	80	福井	山口	北大阪	130	長岡	姫路	岐阜
31	長岡	津山	西大阪	81	西東京	津山	松本	131	静岡西	三次	愛知
32	栃木	姫路	群馬	82	北大阪	佐賀	三次	132	茨城	奈良	滋賀
33	山形	三河	埼玉	83	長野	香川	名古屋	133	三次	宮崎	広島
34	奈良	佐賀	岡山	84	茨城	和歌山	南東京	134	埼玉	姫路	山梨
35	埼玉	津山	厚木	85	富山	高知	名古屋	135	新潟	兵庫	滋賀
36	岩手	金沢	福島	86	静岡西	広島	三河	136	金沢	広島	奈良
37	富山	愛媛	西大阪	87	横浜	津山	愛知	137	岩手	山梨	新東京
38	岡山	鹿児島	熊本	88	北東京	徳島	東東京	138	秋田	南東京	東東京
39	群馬	徳島	京都	89	滋賀	福岡	広島	139	高知	大分	福岡
40	名古屋	北九州	広島	90	徳島	熊本	山口	140	浜松	愛媛	岡山
41	兵庫	長崎	三次	91	南東京	徳島	北大阪	141	長野	岡山	福井
42	千葉	徳島	新東京	92	山形	福井	金沢	142	厚木	徳島	滋賀
43	船橋	津山	静岡	93	新東京	徳島	三重	143	金沢	高知	三重
44	秋田	長野	岩手	94	茨城	姫路	西大阪	144	福島	名古屋	西東京
45	松本	広島	岐阜	95	東東京	徳島	神奈川	145	愛媛	長崎	福岡
46	和歌山	福岡	大阪	96	岩手	富山	宮城	146	高知	佐賀	愛媛
47	西埼玉	徳島	兵庫	97	松本	三次	名古屋	147	青森	栃木	山形
48	長岡	徳島	金沢	98	東京	徳島	静岡	148	滋賀	北九州	岡山
49	静岡	三次	西大阪	99	秋田	厚木	群馬	149	岩手	静岡	北東京
50	静岡西	愛媛	浜松	100	西東京	徳島	厚木	150	徳島	大分	岡山

	発着		積替え		発着		積替え		発着		積替え
151	茨城	福井	埼玉	201	北東京	奈良	長野	251	岩手	西東京	長岡
152	長野	津山	金沢	202	新潟	浜松	埼京	252	松本	岡山	静岡西
153	茨城	大阪	神奈川	203	山梨	徳島	奈良	253	長野	和歌山	静岡西
154	名古屋	山口	奈良	204	千歳	秋田	青森	254	南東京	西大阪	西東京
155	群馬	奈良	埼京	205	西埼玉	西大阪	東東京	255	新東京	西大阪	岐阜
156	愛媛	熊本	香川	206	東東京	奈良	静岡西	256	福島	福井	群馬
157	新東京	和歌山	静岡	207	船橋	福井	山梨	257	東京	西大阪	北東京
158	埼京	和歌山	横浜	208	栃木	福井	富山	258	長野	姫路	松本
159	東東京	和歌山	西東京	209	山形	静岡西	宮城	259	神奈川	金沢	松本
160	栃木	京都	南東京	210	埼玉	西大阪	静岡西	260	千葉	京都	西東京
161	奈良	北九州	津山	211	船橋	兵庫	厚木	261	北東京	北大阪	埼京
162	徳島	佐賀	広島	212	船橋	大阪	西大阪	262	宮城	金沢	富山
163	千葉	奈良	京都	213	静岡	津山	滋賀	263	新東京	北大阪	横浜
164	南東京	姫路	奈良	214	山形	松本	新東京	264	横浜	西大阪	厚木
165	東東京	姫路	名古屋	215	高知	福岡	北九州	265	埼玉	京都	長野
166	西埼玉	奈良	北大阪	216	秋田	長岡	山形	266	香川	大分	岡山
167	長岡	奈良	愛知	217	長岡	北大阪	三重	267	富山	岡山	三河
168	西東京	和歌山	山梨	218	浜松	三次	三重	268	福井	三次	三河
169	三次	鹿児島	山口	219	静岡西	香川	北大阪	269	南東京	金沢	滋賀
170	山形	金沢	新潟	220	福井	広島	三重	270	滋賀	山口	三重
171	長野	徳島	富山	221	宮城	静岡西	栃木	271	長岡	浜松	福島
172	津山	長崎	香川	222	横浜	奈良	兵庫	272	金沢	香川	和歌山
173	岩手	長野	栃木	223	岐阜	愛媛	徳島	273	厚木	金沢	栃木
174	茨城	北大阪	京都	224	宮城	松本	東東京	274	名古屋	愛媛	滋賀
175	金沢	三次	岐阜	225	茨城	金沢	群馬	275	岐阜	高知	奈良
176	神奈川	和歌山	名古屋	226	南東京	福井	横浜	276	山形	山梨	東東京
177	姫路	大分	山口	227	岩手	横浜	東京	277	新潟	三重	静岡西
178	香川	長崎	山口	228	横浜	金沢	埼玉	278	愛知	高知	京都
179	松本	香川	京都	229	徳島	福岡	津山	279	船橋	京都	神奈川
180	千葉	福井	名古屋	230	愛媛	大分	三次	280	神奈川	北大阪	滋賀
181	群馬	兵庫	北東京	231	愛知	愛媛	兵庫	281	岩手	東東京	群馬
182	群馬	大阪	横浜	232	道東	青森	函館	282	高知	北九州	三次
183	山梨	津山	岐阜	233	山形	富山	群馬	283	茨城	富山	西東京
184	京都	福岡	西大阪	234	和歌山	山口	岡山	284	西埼玉	福井	埼京
185	福井	愛媛	奈良	235	北東京	大阪	南東京	285	宮城	山梨	長野
186	浜松	高知	愛知	236	北東京	福井	松本	286	横浜	富山	福島
187	栃木	滋賀	福井	237	静岡	徳島	松本	287	三河	高知	滋賀
188	千葉	兵庫	北東京	238	東東京	福井	京都	288	千葉	富山	西埼玉
189	千葉	大阪	埼京	239	道北	青森	札幌	289	西東京	福井	新潟
190	姫路	佐賀	津山	240	船橋	北大阪	東京	290	栃木	岐阜	東京
191	兵庫	福岡	岡山	241	南東京	兵庫	新東京	291	岡山	大分	広島
192	福島	三河	長野	242	福井	高知	岐阜	292	群馬	滋賀	山梨
193	長岡	兵庫	長野	243	新東京	兵庫	東東京	293	新潟	三河	南東京
194	長岡	大阪	滋賀	244	埼京	兵庫	神奈川	294	金沢	静岡	北大阪
195	埼玉	大阪	西東京	245	函館	山形	岩手	295	新潟	名古屋	静岡
196	広島	宮崎	熊本	246	埼京	大阪	名古屋	296	徳島	北九州	香川
197	静岡	岡山	三重	247	愛媛	佐賀	山口	297	西東京	姫路	静岡
198	千歳	福島	宮城	248	三河	愛媛	和歌山	298	山形	愛知	静岡
199	千葉	西大阪	北大阪	249	東京	兵庫	松本	299	富山	徳島	岐阜
200	富山	香川	兵庫	250	西東京	兵庫	静岡西	300	埼京	京都	滋賀

301	神奈川	津山	静岡西	351	津山	北九州	佐賀	401	福井	岡山	津山
302	岩手	厚木	新東京	352	松本	奈良	富山	402	静岡西	滋賀	名古屋
303	三重	愛媛	姫路	353	浜松	徳島	名古屋	403	浜松	大阪	名古屋
304	岐阜	三次	香川	354	厚木	富山	東東京	404	福井	浜松	兵庫
305	宮城	静岡	埼玉	355	大分	宮崎	長崎	405	東東京	長岡	埼玉
306	横浜	姫路	北大阪	356	香川	熊本	北九州	406	長野	静岡西	茨城
307	愛知	三次	徳島	357	群馬	岐阜	静岡西	407	横浜	長野	神奈川
308	富山	静岡	山梨	358	北東京	岐阜	茨城	408	奈良	高知	香川
309	新潟	静岡西	山梨	359	宮城	新東京	茨城	409	南東京	長野	東京
310	横浜	京都	静岡西	360	青森	新潟	岩手	410	新東京	長野	埼玉
311	静岡西	徳島	福井	361	長岡	岐阜	船橋	411	三河	姫路	金沢
312	山形	長野	東京	362	和歌山	三次	津山	412	山梨	岐阜	浜松
313	三河	三次	奈良	363	長野	滋賀	浜松	413	北東京	浜松	新東京
314	神奈川	京都	厚木	364	西埼玉	愛知	新東京	414	函館	道東	道北
315	長野	大阪	静岡	365	滋賀	高知	香川	415	富山	三重	愛知
316	群馬	福井	静岡	366	新東京	岐阜	神奈川	416	金沢	和歌山	兵庫
317	南東京	富山	静岡西	367	南東京	三重	東京	417	名古屋	津山	岐阜
318	山梨	奈良	浜松	368	山形	新東京	北東京	418	長野	名古屋	岐阜
319	栃木	愛知	茨城	369	大分	鹿児島	佐賀	419	三河	徳島	岐阜
320	金沢	岡山	名古屋	370	東東京	京都	静岡	420	宮城	浜松	東京
321	長野	西大阪	三重	371	宮城	千葉	南東京	421	宮城	東京	埼京
322	福島	金沢	埼京	372	福井	徳島	和歌山	422	福島	西埼玉	船橋
323	和歌山	愛媛	津山	373	船橋	新潟	埼京	423	和歌山	香川	徳島
324	三重	高知	和歌山	374	金沢	浜松	京都	424	神奈川	松本	東京
325	松本	和歌山	浜松	375	山形	埼玉	東京	425	三河	和歌山	三重
326	山口	宮崎	北九州	376	群馬	富山	浜松	426	奈良	徳島	西大阪
327	道北	岩手	千歳	377	南東京	愛知	松本	427	奈良	愛媛	徳島
328	山梨	兵庫	三河	378	大阪	広島	北大阪	428	南東京	和歌山	岐阜
329	静岡	奈良	和歌山	379	船橋	名古屋	愛知	429	南東京	岐阜	埼玉
330	長岡	三河	静岡	380	茨城	愛知	東東京	430	山口	長崎	佐賀
331	福井	香川	姫路	381	名古屋	高知	京都	431	三次	愛媛	津山
332	長岡	名古屋	山梨	382	山形	長岡	埼京	432	栃木	松本	山梨
333	山梨	西大阪	愛知	383	東東京	新潟	横浜	433	名古屋	徳島	西大阪
334	山形	横浜	神奈川	384	北東京	京都	三河	434	福井	静岡西	東京
335	富山	和歌山	姫路	385	新東京	大阪	三河	435	栃木	横浜	長岡
336	金沢	静岡西	西埼玉	386	厚木	新潟	西埼玉	436	長野	北大阪	愛知
337	群馬	三重	船橋	387	和歌山	高知	北大阪	437	長野	三重	愛知
338	山梨	北大阪	松本	388	茨城	長岡	横浜	438	茨城	群馬	西東京
339	福島	静岡西	千葉	389	広島	佐賀	福岡	439	群馬	千葉	長野
340	宮城	厚木	東京	390	神奈川	富山	山梨	440	栃木	西埼玉	埼玉
341	宮城	横浜	船橋	391	千葉	新潟	神奈川	441	岡山	高知	津山
342	長岡	静岡西	北東京	392	山梨	長岡	東京	442	奈良	徳島	西大阪
343	兵庫	山口	高知	393	東東京	三河	船橋	443	南東京	山梨	新東京
344	名古屋	三次	三重	394	神奈川	長岡	新東京	444	新東京	松本	茨城
345	山梨	金沢	千葉	395	福島	厚木	千葉	445	岐阜	岡山	大阪
346	山形	静岡	厚木	396	松本	西大阪	滋賀	446	岐阜	徳島	大阪
347	山形	西東京	埼京	397	山梨	三重	茨城	447	東京	静岡西	埼京
348	静岡西	和歌山	厚木	398	福島	千葉	神奈川	448	名古屋	奈良	京都
349	静岡西	姫路	兵庫	399	広島	高知	姫路	449	和歌山	兵庫	大阪
350	山形	船橋	南東京	400	佐賀	宮崎	長崎	450	福島	横浜	山梨

	発着		積替え		発着		積替え
451	横浜	山梨	厚木	501	西東京	船橋	東京
452	松本	京都	三河	502	大阪	姫路	西大阪
453	松本	浜松	三河	503	新東京	千葉	船橋
454	船橋	静岡	東東京	504	茨城	船橋	新東京
455	三次	熊本	福岡	505	群馬	埼玉	西埼玉
456	栃木	三重	埼京	506	群馬	三河	西埼玉
457	西東京	横浜	船橋	507	栃木	三河	西埼玉
458	栃木	千葉	埼玉	508	栃木	西埼玉	埼玉
459	浜松	和歌山	北大阪	509	埼玉	長野	西埼玉
460	浜松	北大阪	三河	510	浜松	兵庫	三河
461	横浜	西埼玉	東京	511	北東京	西埼玉	埼京
462	西大阪	和歌山	滋賀	512	金沢	徳島	西大阪
463	茨城	厚木	東京	513	金沢	兵庫	西大阪
464	宮城	西東京	西埼玉	514	東京	福井	愛知
465	宮城	埼玉	西埼玉	515	埼京	船橋	北東京
466	東東京	厚木	東京	516	南東京	埼京	北東京
467	奈良	広島	西大阪	517	東東京	横浜	南東京
468	兵庫	広島	西大阪	518	茨城	長野	埼京
469	和歌山	津山	広島	519	東東京	富山	埼京
470	神奈川	山梨	西東京	520	東京	新潟	埼京
471	西埼玉	山梨	西東京	521	埼京	愛知	東京
472	栃木	厚木	茨城	522	群馬	神奈川	埼京
473	埼京	神奈川	北東京	523	埼京	千葉	神奈川
474	南東京	千葉	東東京	524	埼京	群馬	東東京
475	新東京	厚木	西東京				
476	三次	山口	福岡				
477	山口	熊本	福岡				
478	長崎	熊本	福岡				
479	千葉	神奈川	東京				
480	東京	埼京	東東京				
481	大阪	京都	西大阪				
482	福島	埼京	松本				
483	埼京	松本	西東京				
484	三河	名古屋	三重				
485	西東京	北大阪	三河				
486	西東京	三河	船橋				
487	三重	愛知	名古屋				
488	愛知	北大阪	名古屋				
489	西東京	西大阪	三河				
490	東京	船橋	東東京				
491	埼玉	松本	南東京				
492	三重	北大阪	京都				
493	愛知	京都	三重				
494	厚木	長野	西埼玉				
495	西埼玉	浜松	厚木				
496	群馬	静岡西	西東京				
497	新東京	栃木	東東京				
498	大阪	兵庫	西大阪				
499	北東京	千葉	船橋				
500	東京	神奈川	南東京				

参考文献

- Amazon.com(2015)"ANNUAL REPORT PURSUANT TO SECTION 13 OR 15(d) OF THE SECURITIES EXCHANGE ACT OF 1934",
<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1018724/000101872416000172/amzn-20151231x10k.htm> (最終アクセス : 2016/12/10)
- Anderson, W.P., Chatterjee, L., Lakshmanan, T.R.(2003)"E-commerce, Transportation and Economic Geography", *Growth and Change*, Vol.34, No.4, pp.415-432
- Campbell.J.F(1990)"Freight Consolidation and Routing with Transportation Economies of Scale", *Transportation Research*, Vol.24B, No.5.pp.345-361
- Cooper, L(1963)"Location-allocation problems", *Operations Research*, Vol.11, No.3, pp.331-343
- Civic Consulting (2011)"Consumer market study on the functioning of e-commerce and Internet marketing and selling techniques in the retail of goods"
- Daganzo,C.F(1985)"Supplying a Single Location From Heterogeneous Sources", *Transportation Research*, Vol.19B, No.5, pp.409-419
- Daganzo,C.F(1988)"A COMPARISON OF IN-VEHICLE AND OUT-OF-VEHICLE FREIGHT CONSOLIDATION STRATEGIES", *Transportation Research*, Vol.21B, No.3, pp.173-180
- Edwards, J.B., A.C. McKinnon and S.L. Cullinane(2009) Carbon Auditing the 'Last Mile':
Modelling the Environmental Impacts of Conventional and Online Non-food Shopping
- eMarketer (2016a)"Worldwide Retail Ecommerce Sales Will Reach \$1.915 Trillion This Year",
<https://www.emarketer.com/Article/Worldwide-Retail-Ecommerce-Sales-Will-Reach-1915-Trillion-This-Year/1014369> (最終アクセス : 2016/11/30)
- eMarketer(2016b)"Worldwide Retail Ecommerce Sales: eMarketers Updated Estimates and Forecast Through 2019"
http://www.emarketer.com/public_media/docs/eMarketer_eTailWest2016_Worldwide_ECommerce_Report.pdf (最終アクセス : 2016/12/10)
- Feng, Y., Zheng, B., Tan, J.(2007)"Exploratory study of logistics service quality scale based on online shopping malls", *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, Vol.8, No.6 pp.926-931
- Hall, R.W. (1987)"Direct Versus Terminal Freight Routing on a Network With Concave Costs", *Transportation Research*, Vol.21B, No.5. pp.287-298

- Hesse, M. (2002) "Logistics real estate markets indicators of structural change, linking land use and freight transport", *Resources, conservation and recycling*, Vol.36, No.3, pp.211-240
- Iwan, S., Kijewska, K., Lemke, J.(2015) "ANALYSIS OF PARCEL LOCKERS' EFFICIENCY AS THE LAST MILE DELIVERY SOLUTION – THE RESULTS OF THE RESEARCH IN POLAND", The 9th International Conference on City Logistics Proceedings, pp. 763-774
- Jara-Díaz(2007)"Transport Economic Theory", ELSEVIER (臼井、關、庭田監訳『輸送の経済理論』、勁草書房、2009 年)
- Lewis, M.(2006) "The effect of shipping fees on customer acquisition, customer retention", and purchase quantities, *Journal of Retailing* 82, pp.13-23, 2006
- Lim, H. & Shiode, N.(2011) "The impact of online shopping demand on physical distribution networks: a simulation approach" , Vol. 41, Iss.8, pp.732-749
- MWPVL International, "Amazon Global Fulfillment Center Network",
http://www.mwpvl.com/html/amazon_com.html (最終アクセス : 2017/1/2)
- Miyatake K., Nemoto T.,(2013) "Efficient network design of a parcel delivery service", *13th The World Conference on Transport Research Proceedings*, No.1334
- Miyatake K., Nemoto T., Nakaharai S., Hayashi K.(2016) "Reduction in Consumers' Purchasing Cost by Online Shopping" , *Transportation Research Procedia*, Volume 12, pp.656-666
- OECD HP, <http://www.oecd.org/development/electroniccommerce.htm> (最終アクセス : 2016 年 11 月 5 日)
- US Census Bureau (2014) Latest Quarterly E-Commerce Report, available from:
<http://www.census.gov/retail/index.html#ecommerce>
- Visser, J., T. Nemoto and M. Browne (2013) Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: Review. Proceedings of the Eighth International Conference on City Logistics, pp.14-31
- Weltevreden J.W.J. en O. Rotem-Mindali (2008) Mobility effects of b2c and c2c e-commerce: A literature review and assessment (RPB/OTB): Den Haag/Delft.
- 秋葉淳一、渡辺重光(2016)『IoT時代のロジスティクス戦略』、幻冬舎
- 青木均(2005)「インターネット通販と消費者の知覚リスク」、地域分析、第44巻第1号、pp.69-82
- 荒木正人、安藤誠悟 (2014)「通販市場の拡大を支えるヤマトホールディングスの取組」『物流問題研究』、No.61、pp.2-5
- 家田仁、佐野可寸志、小林伸司(1993)「積合せトラック物流における都市内集配活動のモデル化とその推定」『土木計画学研究論文集』 No.11、pp. 215-222

- 家田仁(1997)「Hub-Spokes/Pint-to-Point や集約型／直行型輸送など階層的輸送システムの均質無限平面上における定式化と解法」、土木計画学研究・論文集、No.14、pp.773-782
- 会計検査院 (2012)『郵便事業の経営状況についての報告書 (要旨)』
- 柿尾正之 (2014)「通信販売業界の動向」『DM REPORT』No.4
- 加藤浩徳編著(2013)『交通の時間価値の理論と実際』、技報堂出版
- 貨物自動車運送事業法 (平成元年十二月十九日法律第八十三号) (最終改正：平成二六年六月一三日法律第六九号)
- 経済産業省「電子商取引実態調査 平成 10 年度版－平成 27 年度版」(平成 10－平成 16 年度「電子商取引に関する実態・市場規模調査」、平成 17-18 年度「電子商取引に関する市場調査」、平成 19-27 年度「我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備 (電子商取引に関する市場調査) 報告書」)
- 経済産業研究所、「BBL 議事録『クロネコヤマトの満足創造経営 (スピーカー：木川 眞 (ヤマトホールディングス株式会社代表取締役会長))』」、2015 年 4 月 23 日、<http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/15042301.html> (最終アクセス：2015/12/30)
- 公正取引委員会 (2006)『郵政民営化関連法律の施行に伴う郵便事業と競争政策上の問題点について』
- 厚生労働省労働基準局「トラック運転者の労働時間等の改善基準のポイント」
- 国税庁「主な減価償却資産の耐用年数」(2013/01/09 最終アクセス)
<https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/30930/faq/30975/faq_32957.php>
- 国土交通省「宅配便等取扱個数の調査及び集計方法」(平成 13 年度版－平成 27 年度版)
- 国土交通省(2006)「時間価値原単位および走行経費原単位 (平成 20 年価格) の算出方法」
- 国土交通省、全日本トラック協会(2011)「トラック運送事業の運賃・減価に関する調査報告書」
- 国土交通省(2012)「平成 22 年度全国都市交通特性調査」
- 国土交通省(2015)「宅配の再配達削減に向けた受取方法の多様化の促進等に関する検討会報告書」
- 兒山真也、岸本充生(2001)「日本における自動車交通の外部費用の概算」、運輸政策研究、Vol.4、No.2、pp.19-30
- 斎藤参郎、山越興介、梶井昌邦、中嶋貴昭(2003)「都心における買物客の時間価値の計測とその応用—福岡都心 100 円バス導入による交通分担率の変化の事前・事後予測への適用—」、地域学研究 Vol.33、No.3、pp.269-286
- 齊藤実(1991)『宅配便：現代輸送のイのベーター』成山堂
- 齊藤実(2002)『宅配便の秘密 (神奈川大学入門テキストシリーズ)』御茶の水書房
- 齊藤実(2016)『物流ビジネス最前線～ネット通販、宅配便、ラストマイルの攻防～』、

光文社新書

産経ニュース「ヨドバシ・ドット・コムが王者アマゾンに猛追 年商1000億円へ 驚異の成長力のヒミツは?」、2015年7月7日、

<http://www.sankei.com/smp/premium/news/150707/prm1507070002-s.html> (最終アクセス: 2016/12/5)

舒陽、増田悦夫(2016)「宅配便の配達時間帯におけるミスマッチ軽減策について、第33回日本物流学会全国大会研究報告集、pp.165-168

新聞記事文庫「国民新聞 1927.1.22“特別小口扱貨物取扱二月一日より開始”」

http://www.lib.kobe-u.ac.jp/das/ContentViewServlet?METAID=00101930&TYPE=HTML_FILE&POS=1&LANG=JA (最終アクセス: 2016/5/10)

全日本トラック協会(2011)「平成23年版トラック運送業賃金実態」

総務省(旧総務庁)「情報通信白書」(昭和51年度版ー昭和62年度版、平成23年度)

総務省(2012)「平成23年度社会生活基本調査」

総務省(2012)「平成23年度通信利用動向調査」

総務省(2014)「家計消費状況調査年報(平成25年)」

総務省、富士通総合研究所(2005)「ネットワークと国民生活に関する調査報告書」

谷口栄一、根本敏則(2001)『シティロジスティクス 効率的で環境にやさしい年物流計画論』森北出版株式会社

通販新聞「アスクルがアマゾンを追随!「ロハコ」が出店者も募る「直販+マーケットプレイス」へ移行」、2016年7月8日、<https://netshop.impress.co.jp/node/3182> (最終アクセス: 2016年8月2日)

通販新聞「アスクルの「ロハコ」 配送時間、30分単位で通知」、2016年6月30日、<http://www.tsuhanshinbun.com/archive/2016/06/post-2559.html> (最終アクセス: 2016/9/30)

デロイトトーマツ(2011)「米国カリフォルニア州売上税・使用税の動向とアマゾン税」

藤本、山本学、寺野隆雄(2014)「宅配便ドライバの動的ルートスケジューリング」、第5回社会システム部会研究会、pp. 77-84

徳永幸之、岡田龍二、須田熙(1995)「宅配輸送におけるセンター配置及び輸送ルート決定モデル」、土木計画学研究・論文集 No.12、pp519-526

富永透見、星野奈月、谷口守(2015)「都市の賑わいを生むO2O効果発現可能性の検討ー店舗・施設によるサイバー空間上の広報に着目してー」、都市計画論文集 Vol.50、No.3

内閣府(2008)「長期経済統計」

内閣府(2011)「平成23年度国民経済計算確報」

内閣府(2011)『ICT インフラの進展が国民のライフスタイルや社会環境等に及ぼした影響と相互関係に関する調査研究』

中村雅章・矢野健一郎（2014）「消費者の個人属性が服のネットショッピングとリスク削減行動に及ぼす影響の考察」中京ビジネスレビュー、第10巻、pp.133-164

日経BPニュース「アマゾン、「Dash Button」を英国、ドイツなどで開始」、2016年9月2日、<http://www.nikkei.com/article/DGXMZO06746900R00C16A9000000/>（最終アクセス：2016/9/30）

日経エレクトロニクス「パナソニック「家電のない家」 物流高度化の未来」、2016年1月6日、<http://www.nikkei.com/article/DGXMZO09692410Y6A111C1000000/>（最終アクセス：2016/1/6）

日経コンピュータ「楽天は物流投資に消極的になったのか、拠点“半減”が意味するもの」、2014年3月10日、
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20140217/537150/>（最終アクセス2016/5/10）

日経ビジネス、「物流大激変」、2013年9月16日

日経ビジネスオンライン「あなたの在宅時に宅配便が届くワケ ヤマト「チーム集配」の超効率配送」、2015年2月26日、
<http://business.nikkeibp.co.jp/article/opinion/20150225/277970/>（最終アクセス日：2016/1/2）

日通総合研究所編(2007)『ロジスティクス用語辞典』、日経文庫

日本通信販売協会（2013）「配送満足度調査」『JADMA ニュース』第334号

日本通信販売協会（JADMA）（2014）『通信販売企業実態調査』

日本郵政グループ（2014）『ディスクロージャー誌』

日本経済新聞「急成長アマゾンに背を向けた佐川男子の勝算」、2013年8月19日、
http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2502Z_V20C13A7000000/（最終アクセス：2015年6月1日）

日本経済新聞「日本郵便、メガ物流局20カ所新設 宅配便を集中処理」、2014年4月13日、http://www.nikkei.com/article/DGXNASDF0600I_S4A410C1MM8000/（最終アクセス：2016/1/6）

日本経済新聞「仏、書籍販売で「反アマゾン法」 配送無料の禁止法案可決」、2014年6月28日、http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2800O_Y4A620C1000000/（最終アクセス：2015/11/20）

日本経済新聞「ヤマト、中小ネット通販の即日配送支援 受注から一貫」、2015年5月28日、http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ27I4Z_X20C15A5MM8000/（最終アクセス：2016/7/1）

日本経済新聞「自動化へ飽くなき挑戦「オムニセブン」の中核拠点」、2016年6月13日、<http://www.nikkei.com/article/DGXMZO03406690Z00C16A6000000/>（最終アクセス：2016/6/14）

日本経済新聞「ヤマトHD、東名間で当日配達 愛知に拠点 まず企業向け」、2016年9月8日、http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ08HY9_Y6A900C1TJC000/ (最終アクセス: 2016/9/30)

日本経済新聞「ヨドバシの通販、2時間半で23区無料配送」、2016年9月15日、<http://www.nikkei.com/article/DGXLZO07261940U6A910C1TI1000/> (最終アクセス: 2016/9/30)

日本経済新聞「今を読み解く「進化する物流システム ネット通販成長支える」(一橋大学教授 根本敏則)」、2016年12月11日、<http://www.nikkei.com/article/DGKKZO10523590Q6A211C1MY5000/>、(最終アクセス: 2016/12/30)

日本政策投資銀行(2013)「E コマース市場の拡大と物流業への影響～大規模物流施設受容動向の考察～」

日本流通産業新聞「アマゾン／15年日本売上が約1兆円／流通総額は1.5兆円と推定」、2016年2月8日、<http://www.bci.co.jp/nichiryu/article/1358> (最終アクセス: 2016/1/2)

日刊工業新聞「アスクル、物流大改革へ。アマゾン・楽天に対抗し「マーケットプレイス」も」、2016年7月16日、<http://newswitch.jp/p/5386> (最終アクセス: 2016/1/2)

日本郵便(旧郵政公社)「郵政統計年報」(平成元年度版－平成17年度版)

根本敏則(2013)「宅配便によるネット通販の即日配送」『運輸と経済』4月号、pp.59-62

根本敏則(2014)「ネット通販の交通への影響」、運輸と経済第74巻2号、pp.160-162

根本敏則、橋本雅隆、石原伸志、林克彦、齊藤実、高野茂幸、佐々木啓介、小坂隆弘、大島尚人、傳喆、中拂諭、宮武宏輔(2012)「宅配便ビジネスにおけるネットワーク構築方法に関する研究」、公益社団法人日本交通政策研究会

根本敏則、橋本雅隆、石原伸志、林克彦、齊藤実、高野茂幸、佐々木啓介、小坂隆弘、大島尚人、黄景賢、中拂諭、宮武宏輔(2013)「宅配ビジネスにおける輸送ネットワーク構築に関する研究」、公益社団法人日本交通政策研究会

林克彦(2012)「日本の“宅配便”発展のわけ」『宣伝会議』No.846

林克彦(2013)「ネット通販に対応した物流ネットワーク」『交通工学』3月

林克彦、根本敏則、橋本雅隆、石原伸志、齊藤実、高野茂幸、佐々木啓介、大島尚人、澤野宏、中拂諭、宮武宏輔、楊絮(2014)「通信販売に対応した宅配便ネットワーク再構築に関する研究」、日交研シリーズ A-603、公益社団法人日本交通政策研究会

林克彦、根本敏則、橋本雅隆、石原伸志、齊藤実、高野茂幸、佐々木啓介、大島尚人、小原宏朗、中拂諭、宮武宏輔、楊絮(2015)「通信販売に対応した宅配便ネットワークの再構築と配達効率改善に関する研究」、日交研シリーズ A-637、公益社団法人日本交通政策研究会

林克彦、根本敏則、橋本雅隆、石原伸志、齊藤実、高野茂幸、佐々木啓介、坪谷永美、

- 宮武宏輔(2016)「企業間 (BtoB) 小口貨物輸送需要に対応した宅配便ネットワークの構築に関する研究」、日交研シリーズ A-673、公益社団法人日本交通政策研究会
- 林克彦、根本敏則編著(2015)『ネット通販時代の宅配便』成山堂書店
- 三浦英俊(2012)「日米英の道路の長さを比較する ―国土係数理論覚え書き―」『アカデミア南山大学紀要数理情報編』第12巻
- 宮武宏輔(2013)「宅配便ビジネスの幹線輸送モデル」、日本物流学会誌 No.21、pp.215-222
- 宮武宏輔、根本敏則、林克彦(2016)「配送料金の明示化が消費者の購買行動に与え得る影響に関する一考察」、日本物流学会誌 No.24、pp.105-112
- 宮武宏輔、根本敏則、林克彦(2016)「宅配便ネットワークにおける「チーム集配」導入のための配送密度条件」、交通学研究第59号、pp.205-212
- 森田富士夫 (2014)『ネット通販と当日配送―BtoC-EC が日本の物流を変える』、白桃書房
- 山内弘隆、竹内健蔵(2002)『交通経済学』、有斐閣アルマ
- 山上高之(2007)「宅配便の役割と都市内配送事情について」、『道路』No.799
- ヤマト運輸(1991)『ヤマト運輸 70 年史：1919-1990』
- 鷺巣力(2006)『宅配便 130 年戦争』新潮社
- Pack City Japan HP、<http://packcity.co.jp/> (最終アクセス：2016/12/25)
- SG HD 決算報告、http://www.sagawa-exp.co.jp/company/financial_results.html (最終アクセス 2016/12/29)
- アマゾンジャパン HP、<https://www.amazon.co.jp/> (最終アクセス 2016/12/29)
- アマゾンドイツ HP、<https://www.amazon.de/> (最終アクセス 2016/12/29)
- アマゾンドットコム HP、<https://www.amazon.com/> (最終アクセス 2016/12/29)
- アマゾンフランス HP、<https://www.amazon.fr/> (最終アクセス 2016/12/29)
- アスクル HP IR 情報、<http://www.askul.co.jp/kaisya/ir/> (最終アクセス 2016/12/29)
- アスクルロジスト HP、<http://www.askullogist.co.jp/index.html> (最終アクセス 2016/12/29)
- 佐川急便 HP、<http://www.sagawa-exp.co.jp/> (最終アクセス 2016/12/29)
- 西濃運輸 HP、<http://www.seino.co.jp/> (最終アクセス日：2016/7/24)
- セブン&アイ HD IR 情報、<http://www.7andi.com/ir/library/> (最終アクセス 2016/12/29)
- 日本通信販売協会 (JADMA) HP、<http://www.jadma.org/data/index.html> (最終アクセス日：2016/7/24)
- 日本郵便 HP、<http://www.post.japanpost.jp/top.html> (最終アクセス日：2016/12/24)
- 福山通運 HP、<http://corp.fukutsu.co.jp/> (最終アクセス日：2015/7/24)
- 三八五流通 HP、<http://www.miyago.co.jp/ryutu/index.html> (最終アクセス日：2015/7/24)
- ヤフージャパン HP IR 情報、<http://ir.yahoo.co.jp/> (最終アクセス 2016/12/29)

ヤマト HD 決算・財務情報、<http://www.yamato-hd.co.jp/investors/financials/index.html>（最終アクセス 2016/12/29）

ヤマト運輸 HP、<http://www.kuronekoyamato.co.jp/>（最終アクセス 2016/12/29）

ヤマトボックスチャーター株式会社 HP、<http://www.yamatobc.com/>（最終アクセス日：2016/7/24）

ヨドバシドットコム HP、<http://www.yodobashi.com/index.html>（最終アクセス 2016/12/29）

楽天 HP、<http://corp.rakuten.co.jp/>（最終アクセス 2016/1/4）

ロハコ HP、<http://lohaco.jp/>（最終アクセス 2016/1/4）