

宅配ドライバーの集配作業時間の分析

吉田 孝志, 村上 久治

宅配ドライバーの作業時間は集配車両の運転時間、集配先での集配作業時間、その他の時間に大別することができる。これらの中で最も管理が難しいのが集配先での集配作業時間である。ヤマト運輸では、調査員を宅配ドライバーに同行させて作業時間を計測し、宅配ドライバーの作業時間の内訳、集配1回あたりの集配作業時間の分布などについてデータを収集し、分析を行った。さらに、集配作業時間を精度良く予測する方法として、集配作業を配達、集荷などの作業内容に基づいて分類する予測モデルとすることが有効であることを確認した。本稿ではこれらの結果を紹介する。

キーワード：宅配便、サービス、作業時間、予測モデル

1. はじめに

筆者らが所属するヤマト運輸株式会社は「宅急便」と呼ばれる小口貨物宅配サービスを中心として事業を展開している。宅配サービス事業において近年求められるのがサービスの実務を担う宅配ドライバーの作業時間の正確な予測である。

トラック運送業は他産業と比べて長時間労働の傾向が強いとされる [1]。宅配ドライバーの場合は中元シーズン・歳暮シーズンなどの繁忙期に労働時間がどうしても長くなる傾向がある。物流分野で女性や若者などの多様な人材が活躍できるようになるためには、長時間労働抑制などのドライバーの負担を軽減するための方策を講じていく必要がある。そのために宅配ドライバーの作業時間を予測して適切な労務管理を行うことが重要な課題となっている。

宅配ドライバーの作業時間は、(a) 集配車両を運転する時間、(b) 集配先で荷物の集配（集荷および配達）を行う時間、(c) その他の作業時間、に大別される。後述するとおり、これらのうち最も比率が大きいのが (b) の時間である。したがって作業時間の正確な予測のためには (b) の時間の内容や性質について把握することが不可欠となる。

宅配サービス事業への OR 理論の適用例としては、配送ルートの計画作成に巡回セールスマン問題の解法を適用した事例 [2]、幹線部分の輸送ネットワークの最適化の事例 [3]、集配拠点などの施設配置の最適化の事

例 [4] などがある。特に配送ルート計画については多数の研究事例があり、研究成果を応用した配送計画システムもさまざまなものが発表されている。しかしながら、宅配ドライバーの作業時間、特に集配先で集荷や配達を行っている間の作業時間について分析した事例はほとんど見当たらない。そこで本稿では、宅配ドライバーの集配作業時間の分析に関するヤマト運輸における事例について取り上げる。

2. 宅配ドライバーの業務

2.1 業務の概要

ヤマト運輸は 2019 年現在、日本国内に約 4,000 カ所の集配拠点を保有している。各集配拠点にはおおむね数名から十数名の宅配ドライバー（「SD（セールスドライバー）」と呼称している。以下では「SD」と記載）が所属しており、各自が担当する区域内における宅急便の荷物の集配、代金回収、法人顧客に対する新サービスの提案営業などの総合的な役割を担っている。

集配拠点には、宅急便の荷物がヤマト運輸の幹線輸送ネットワークを經由して配達日当日の早朝に輸送される。なお発送元と配達先との地理的關係によっては集配拠点への到着がほかの時間帯になる場合もある。集配拠点から SD が出発するタイミングは午前、午後、夕刻の 1 日 3 回である。各集配先を訪問する順序や集配車両の運行ルートはヤマト運輸が保有する集配計画システムによって立案される。

SD は集配計画に基づいて荷物を集配車両に積載して集配拠点を出発する。集配先近隣の駐車可能位置まで運転したら、そこに駐車して荷物を台車に積み替え、集配先を訪問して荷物を顧客に引き渡す。その際に顧客から荷物の発送の依頼を受けた場合や、予約があった場合等には、料金を収受して集荷し、集配車両に積

よしだ たかし, むらかみ ひさはる
ヤマト運輸株式会社
〒104-0061 東京都中央区銀座5-15-8 時事通信ビル11階
yoshida.takashi@kuronekoyamato.co.jp
593108@kuronekoyamato.co.jp

み込む。したがってSDは、(a) 集配車両の運転、(b) 集配先での荷物の集配、(a) 集配車両の運転、(b) 集配先での荷物の集配、という形で(a)と(b)の作業を繰り返していく。これらとは別に(c) 集配拠点内などでの荷物の積み降ろしや事務処理などの作業が発生する場合もある。(a)の作業時間は集配車両の運行ルートを計画できる集配計画システムを用いて算出することが可能であり、(c)の作業時間は集配拠点長の裁量による管理や従業員間での相互支援が可能である。一方で(b)の作業時間はSDが顧客と実際に接し、ビジネス価値を生み出す最も重要な時間であるが、通常はSDの単独行動となるため管理者の目が届きにくく、車載機器のようなデバイスによる作業時間計測も困難であるため、最も管理が難しい時間でもある。

近年ではインターネット通信販売の利用拡大に伴って配達のみを行う単純な業務の比率が増大している。そのため地域特性に応じてアンカーキャスト(AC)とフィールドキャスト(FC)というSDを補助する配達専門の従業員を配置している場合もある。ACは配達に特化したドライバーであり、FCはSDとチームを組んで配達を行う従業員である。チーム集配を行う場合は、あらかじめ計画した時刻に「バス停」と呼称している待ち合わせ地点に集合し、SDのリーダーシップのもとで業務を分担する。FCは集配車両から荷物を降ろし、主に台車や自転車を使って荷物を配達する[5]。

2.2 集配作業の性質

宅急便の集配作業はSDの作業の中でもサービス業としての性質が強い。サービス業には「無形性」「消滅性」「同時性」「異質性」といった特性があるとされる。荷物の集配という行為自体には物理的な形はなく(無形性)、保管できない(消滅性)、荷物を集配するには宅配ボックスなどを活用する場合を除いてSDと顧客とは同じ時間・空間を共有せねばならず(同時性)、その際の作業手順は状況によって多様である(異質性)。集配作業の異質性の一例として携行端末での情報入力のタイミングがある。ヤマト運輸では携行端末を用いて集配の進捗を管理しており、正確な管理の必要上、社内規定ではSDは顧客対応が完了し次第速やかに集配の完了を示す情報を入力することとしている。しかし、状況によってはその場に留まって情報入力を行うことがSD自身の作業を非効率にしたり、顧客に迷惑をかけたりする場合がある。このためタイミングを変えて情報入力が必要なことも多いが、どのようなタイミングで入力されるかはその場の状況やSD個人

の判断によってさまざまというのが実情である。

作業時間分析は製造業におけるインダストリアル・エンジニアリング(IE)の手法として広く用いられてきた。典型的な活用方法は、製造現場における作業者の身体的な動作を詳しく記録するとともに、ストップウォッチなどを用いて作業時間を計測し、個人差や環境を考慮して標準作業時間を決定し、生産性の低い作業の洗い出しや作業手順の見直しの判断基準とするというものである[6]。しかしながらサービス業は製造業とは異なる特性を有しているため、作業の標準化・マニュアル化を基本的な指向とする製造業におけるIEのノウハウをそのまま適用することは難しい[7]。サービス業としての性質を強くもつ集配作業の場合も同様と考えられる。

サービス業を高コンテキスト・サービスと低コンテキスト・サービスとに分類し、高コンテキスト・サービスの分析には参与観察・エスノメソドロジーといった定性的な社会調査法の応用が有効であるとする視点もある[8]。しかし宅急便の集配作業はサービス提供者と顧客との間で「慮り」「見立て」「擦り合わせ」といった密接かつ暗黙的なコミュニケーションが行われる高コンテキスト・サービスであるとは考えにくく、分析手法は定性的なアプローチよりも定量的なアプローチの方が適していると考えられる。

3. 作業時間調査

3.1 調査の概要

前節で述べたようなSDの作業の性質を考慮すると、まずはSDがどこでどのような内容の作業をどの程度の時間行っているかを定量的に記録することが重要と考えられる。そこでヤマト運輸では、SDの作業内容および作業時間を把握するための調査を以下の要領により実施した。

調査時期：2018年4月から9月(断続的)

調査場所：関東地方所在の集配拠点数カ所

調査対象：SDの集配拠点外での作業時間。ACおよびFCは対象外

調査者：ヤマト運輸の社員に調査方法についてのレクチャーを行い、調査者とした。

調査方法：調査者がSDに同行して作業内容を観察し、作業区分ごとの作業時間をストップウォッチで計測した。

調査件数：1回の集配を1件としてカウントし、約4,500件

調査の単位として、SDが駐車可能位置で集配車両

を降車し、集配を行い、集配車両に戻って集荷した荷物を積み込むまでを1回の集配と定義した。ただし状況によっては集配先から次の集配先に移動する際に集配車両には戻らず、徒歩で直接移動する場合があるため、その場合は集荷もしくは配達を終えて集配先から退去する時点を各回の集配の区切りとした。

調査場所の集配拠点は市街地、住宅地、農村地域などから偏りが生じないように複数を選択した。調査対象としたSDも新人からベテランまでさまざまであった。調査当日の天候もさまざまであったが、業務遂行に支障が生じるような自然災害や事件事故などの発生はなかった。

3.2 作業区分

作業時間を集計するための区分は下記のとおりとした。

- a. **運転時間**：集配車両を運転する正味の時間と、駐車中の集配車両を再発進させる前に周囲の安全を確認する時間とを合わせた作業時間である。社内規定では安全確保のために安全確認に十分な時間をかけることとしているため、この時間は累計では無視できない長さとなる。
- b. **集配作業時間**：集配先で顧客と接して荷物の集配を行う時間と、この前後に必然的に付随する荷物の積み下ろし、運搬、情報入力などの時間とを合わせた作業時間である。
- c. **付随作業時間**：運転と集配作業のどちらにも該当しない作業の時間である。

今回の調査では集配拠点外での作業時間を調査対象としており、この大半は運転時間または集配作業時間に該当するが、バス停でのFCとの待ち合わせなど付随作業時間に分類すべき時間も含んでいる。このような時間については集計からは除外した。

集配作業については、作業が行われた場所を基準としてさらに詳細な作業区分を下記のとおり設定した。

- b1. **運転席内作業**：集配車両の運転席で行われる作業である。携行端末への情報入力、集配先の確認、伝票の整理、運転準備動作などが行われる。
- b2. **荷室作業**：集配車両の荷室で行われる作業である。積載された荷物の中から配達する荷物を探す作業、集荷した荷物の積み込み、荷室内での荷物の整理などが該当する。
- b3. **徒歩移動作業**：集配車両の駐車場所から集配先の敷地まで徒歩で移動する作業である。集配計画や安全管理との関係で、駐車場所が集配先から離れた位置となり、長い距離を徒歩で移動す

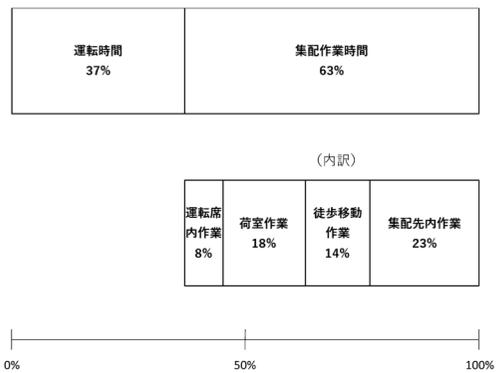


図1 SDの作業時間の調査結果

ることになる場合もある。

- b4. **集配先内作業**：集配先の敷地内における作業である。配達する荷物を顧客に引き渡して受領確認をもらう作業、集荷する荷物を受領する作業、建物内での徒歩移動、携行端末への情報入力、顧客とのコミュニケーションなどが含まれる。

3.3 調査結果

図1に調査結果の概要を示す。上段は集配拠点外でのSDの作業時間の中での運転時間と集配作業時間との比率である。調査結果は運転時間が37%、集配作業時間が63%であった。この結果から、たとえばSDが集配を終えて集配拠点に戻ってくる時刻を正確に予測しようとするのであれば、集配車両の運行ルートを計画できる集配計画システムを用いて推定できる部分は全体の4割であり、残りの6割についてはほかの何らかの方法で推定する必要があるため、この部分についてのデータの収集と分析に重点的に取り組む必要があることが示された。さらに、集配先間の距離が比較的近い都市部においては、運転時間の比率はより小さく、集配作業時間の比率はより大きくなると予想される。

下段は集配作業時間をさらに詳細に区分した結果である。集配作業時間(合計63%)の内訳は、運転席内作業が8%、荷室作業が18%、徒歩移動作業が14%、集配先内作業が23%であった。これらの作業区分のうちSDが顧客と実際に接するのは集配先内作業のみであり、その時間が集配作業時間の中の4割に過ぎないことから、精度の高い作業時間予測とは別に、オペレーション設計を見直し、顧客と接する時間を拡大させていく施策もあわせて行っていくべきことを示唆する結果となった。

図2は集配1回当たりの作業時間の分布を示すヒストグラムである。ただし縦軸は対数軸、横軸は実数軸としている。図から示唆されるように、集配1回当た

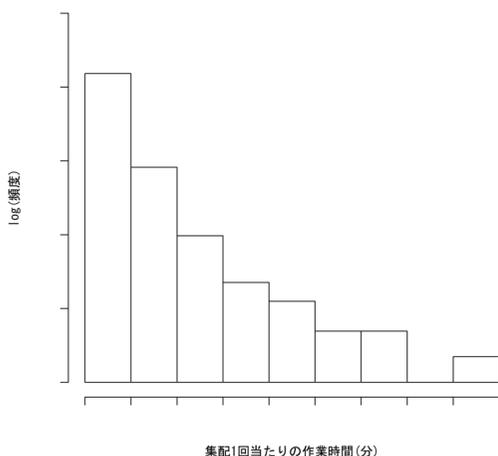


図2 集配1回当たりの作業時間の分布

りの作業時間の分布は正規分布と比較すると裾が厚い分布となった。

4. 集配作業時間の予測モデル

4.1 集配作業時間のモデル構築

調査結果に基づき、集配作業時間の予測モデル構築について検討した。

1回の集配が完了するまでの作業時間は状況に応じてさまざまである。たとえば投函型の商品を投函する場合や、玄関先に居合わせた顧客に荷物を手渡す場合など、数秒から数十秒で完了する場合もある。一方で、顧客側のやむを得ない事情によって時間が伸びてしまう場合や、たくさんの荷物の集荷を依頼された場合など、完了までに数十分を要する場合もある。

図2に示した集配1回当たりの作業時間を t とし、その確率分布について検討すると、まず縦軸を対数軸、横軸を実数軸としたときに t の確率密度は直線的となる。また t の期待値と標準偏差を集計すると近い値が得られた。これらの結果から t の分布が指数分布 $\text{Exp}(\lambda)$ に従うことが予想される。 $\text{Exp}(\lambda)$ の確率密度関数は次式であり、期待値と標準偏差はともに λ と等しくなる。

$$f(t|\lambda) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t > 0 \quad (1)$$

指数分布は、コールセンターにおける1回の電話が完了するまでの時間の分布のモデル[9]や、携帯電話基地局における1回の接続の継続時間の分布のモデル[10]として利用されている。集配1回当たりの作業時間が指数分布に従うことは、指数分布の無記憶性により、作業開始後のある時点において当該作業が完了する確率が常に等しいことを意味している。また、1回の集配の完了までに長い時間を要するケースの出現頻

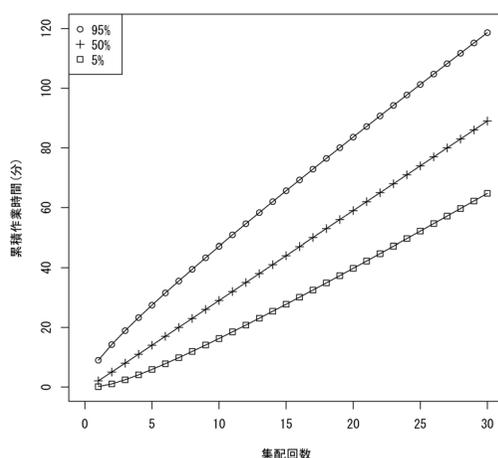


図3 n 回の集配の作業時間の予測区間

度が正規分布の場合などと比較すると高く、そのようなケースがたまたま出現するか否かによって、SDの作業時間が大きく左右されることを意味している。

集配1回当たりの作業時間が $\text{Exp}(\lambda)$ に従うならば、 n 回の集配の作業時間は指数分布の線形結合であるガンマ分布 $\text{Gam}(n, \lambda)$ によりモデル化される。 $\text{Gam}(n, \lambda)$ の確率密度関数は次式である。

$$f(t|n, \lambda) = \frac{\lambda^n}{\Gamma(n)} t^{n-1} e^{-\lambda t}, \quad t > 0 \quad (2)$$

ここで $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数である。 $\text{Gam}(n, \lambda)$ において n が整数の場合を特にアーラン分布ともいう。

n 回の集配の作業時間が $\text{Gam}(n, \lambda)$ に従うものとし、 λ の値を3.0分とする。この場合に5%、50%、95%の確率で、運転時間および付随作業時間を含まない正味の集配作業が完了するまでの時間、すなわち、

$$\int_0^T f(t|n) dt = F(T|n) \quad (3)$$

の値が0.05、0.50、0.95となる T は、 n の値に応じて図3に示される値になると予測される。

4.2 集配作業を種類に分けたモデル

調査において収集した集配作業時間の実績データをSDごとに集計して n 回の集配作業時間の累積値を求め、上記の予測区間と比較すると、図4に示される結果となる。多くのSDの累積集配作業時間は予測区間の範囲内に収まるが、一部に累積集配作業時間が予測よりも長くなるSDも存在する。そのような結果となった理由を詳しく確認すると、集荷に時間を要しているケースが多かった。

1回の集配では、(1)集配先において配達のみを行う

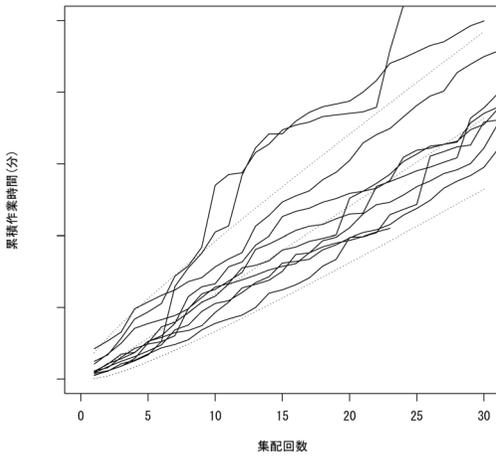


図4 集配作業時間の予測区間と実績値との比較

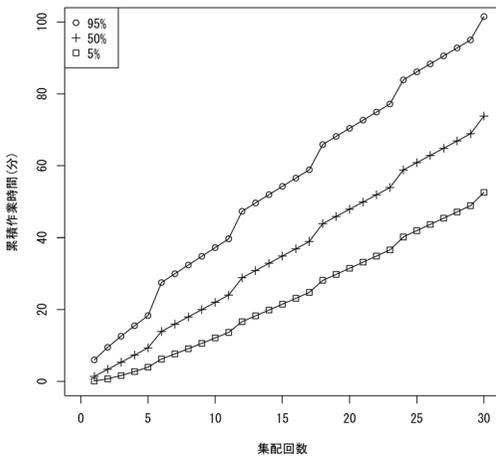


図5 配達と集荷とに区分し、5回の配達と1回の集荷を繰り返すとした場合の集配作業時間の予測区間

ケースと、(2) 集荷のみ、もしくは集荷と配達の間方を行うケースとがある。集荷の場合は配達とは異なり、荷物のサイズと重量を計測して宅配料金を算定し、料金を収受し、荷物に送り状を貼付などの手順が発生する。さらに法人顧客の場合は料金交渉や提案営業のようなコミュニケーションが付随することもあり、完了までに長い時間がかかる場合もある。したがって、集配作業を「配達」と「集荷（配達と集荷の間方を行う場合を含む）」の2種類に分類することで、より精度の高い作業時間予測が可能になると予想される。このような考え方にに基づき、集配1回当たりの作業時間のデータを「配達」と「集荷」の2群に分割したところ、群間で代表値に有意差があることを確認した。また、それぞれの群の分布は指数分布に従うことが観察された。

配達1回当たりの作業時間が $\text{Exp}(\lambda_1)$ に、集荷1回当たりの作業時間が $\text{Exp}(\lambda_2)$ に従うとき、 n_1 回の配達と n_2 回の集荷を合わせた作業時間は2個のガンマ分布 $\text{Gam}(n_1, \lambda_1)$ と $\text{Gam}(n_2, \lambda_2)$ の線形結合によりモデル化される。任意の M 個のガンマ分布 $\text{Gam}(n_m, \lambda_m)$ ($m = 1, \dots, M$) の線形結合は次式により表される [11]。

$$f(t|n, \lambda) = \prod_{m=1}^M \left(\frac{\lambda_m}{\lambda_0} \right)^{n_m} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\delta_k t^{h_k-1} \lambda_0^{h_k} e^{-\lambda_0 t}}{\Gamma(h_k)} U(t) \quad (4)$$

ここで $U(\cdot)$ は $x \geq 0$ のとき 1、 $x < 0$ のとき 0 を返す単位ステップ関数であり、 $h_k = \sum_{m=1}^M n_m + k$ 、 $\lambda_0 = \max_m(\lambda_m)$ である。また係数 δ_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) は次式により得られる。

$$\begin{cases} \delta_0 = 1 \\ \delta_{k+1} = \frac{1}{k+1} \sum_{i=1}^{k+1} \left[\sum_{j=1}^M n_j \left(1 - \frac{\lambda_j}{\lambda_0} \right)^i \right] \delta_{k+1-i} \end{cases} \quad (5)$$

λ_1 を 2.0 分、 λ_2 を 5.0 分とし、配達を 5 回、集荷を 1 回、配達を 5 回、集荷を 1 回というように繰り返すとした場合、5%、50%、95%の確率で集配作業が完了するまでの時間は図5に示される値になると予測される。このように集配作業を特徴をもった種類に区分することによって求めた作業時間の予測区間は、そのような処理を行わない場合と比較してより実績データに近いものになることを確認している。

5. まとめ

宅配サービス事業ではドライバーの負担軽減の必要から作業時間の正確な予測が求められている。この目的のためにヤマト運輸では、調査員を宅配ドライバーに同行させて作業時間をストップウォッチなどを用いて計測し、このデータを用いて作業時間の予測モデルを構築している。調査結果から、集配車両を運転している時間よりも集配先で荷物の集配を行う時間のほうが長く、集配作業時間についてのデータの収集と分析に重点的に取り組む必要があることが示された。また、集配1回当たりの作業時間の分布は裾が厚い分布であったため、宅配ドライバーの作業時間は1回の集配の完了までに長い時間を要するケースが出現するか否かによって大きく左右されることが予想される。モデルの予測精度を向上させる方法としては、集配作業を配達、集荷などの作業内容に基づいて分類するモデルとする

ことを検討しており、調査結果を用いた評価においてこの方法が有効であることを確認している。現在はこのような予測モデルの有効性や、予測精度向上のために追加で把握すべき情報の有無などについて実地検証を行っている。

参考文献

- [1] 「総合物流施策大綱（2017年度～2020年度）」, 2017.
- [2] 藤杰, 山本学, 寺野隆雄, “宅配便ドライバーの動的ルートスケジューリング,” 計測自動制御学会第5回社会システム部会研究会, pp. 77-84, 2014.
- [3] 黒瀬雄太, 寺野隆雄, “実データに基づく宅配便物流の地域集約方式による効率化の研究,” 人工知能学会ビジネス・インフォマティクス研究会第4回研究会, 2015.
- [4] 徳永幸之, 岡田龍二, 須田熙, “宅配輸送におけるセンター配置及び輸送経路決定モデル,” 土木計画学研究・論文集, **12**, pp. 519-525, 1995.
- [5] 宮武宏輔, 根本敏則, 林克彦, “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, **59**, pp. 205-212, 2016.
- [6] 原政治, 『新現場 QC 読本 12 現場の IE (IV) 時間分析』, 日科技連出版社, 1990.
- [7] 山口淳, “サービス業への適用に向けた IE 手法の比較検討,” 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, 2016 年秋季全国研究発表大会, 2016.
- [8] 小林潔司, “日本型クリエイティブ・サービスの理論分析とグローバル展開に向けた適用研究,” サービスロジー, **2**(2), pp. 16-23, 2015.
- [9] L. Brown, N. Gans, A. Mandelbaum, A. Sakov, H. Shen, S. Zeltyn and L. Zhao, “Statistical analysis of a telephone call center: A queueing-science perspective,” *Journal of the American Statistical Association*, **100**(469), pp. 36-50, 2005.
- [10] M.-S. Alouini, A. Abdi and M. Kaveh, “Sum of gamma variates and performance of wireless communication systems over Nakagami-fading channels,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, **50**, pp. 1471-1480, 2001.
- [11] P. G. Moschopoulos, “The distribution of the sum of independent gamma random variables,” *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, **37**, pp. 541-544, 1985.