

# 新型コロナウイルス感染症の流行が与える東京都内の救急活動時間への影響

高橋 哲朗<sup>1</sup> 戸田 浩之<sup>2</sup>

近年、東京都では高齢化や人口の増加に伴い救急需要が増加傾向にある中、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行を契機に救急活動時間の延伸が顕著となっている。本研究では、COVID-19 の流行が東京都内の救急活動に及ぼした影響を明らかにすることを目的とした。特に、感染症法上の分類や対応が見直された 2023 年 5 月以降においても救急活動時間の延伸が継続していることから、COVID-19 関連の搬送事案が他の救急事案に与えた影響や、活動時間延伸の構造的要因について分析を行った。また、2019 年から 2023 年までの 5 年間における東京都内の救急搬送データを用いて、各時系列や活動時間区分について比較分析を実施した。その結果、COVID-19 関連の救急事案は非 COVID-19 事案と比較し多くの活動時間を要し、特定の活動区分において大きな影響を及ぼすが、救急活動時間全体の延伸には感染症の流行規模とは別の影響が作用している可能性が示唆された。

## 1 はじめに

### 1.1 研究の背景

2019 年 12 月に中国武漢市で報告された新型コロナウイルス感染症（Coronavirus disease 2019, 以下、COVID-19）は世界的な大流行を引き起こし、日本国内においては 2023 年 5 月 8 日に感染症法上の分類が「2 類相当」から「5 類」に変更されるまでの時点で、累計傷病者数は 3,300 万人を超え、死亡者数は 7 万人を超えた [1]。東京都内においても COVID-19 の感染は拡大し、都内で初めて陽性者が確認された 2020 年 1 月 24 日から 2023 年 5 月 8 日までに、累計 438 万人の陽性者が確認された。

COVID-19 の感染拡大は、救急需要や救急活動に影響を与えたことが報告されている。緊急事態宣言をはじめとした感染対策施策等により外出する機会が減少し、平常時と比較すると救急の呼出し件数が減少する報告 [2] [3] がある一方で、地域や時期によっては医療システムが崩壊するほどの需要の増大が報告された例 [4] もある。また、救急隊の活動時間にも影響を与え、COVID-19 のパンデミック下では平常時よりも多くの活動時間を要するという報告 [5] [6] もある。しかしながら、これらの先行研究では救急医療サービス全体の傾向を把握するにとどまり、データの制約から COVID-19 関連の搬送事案とその他の搬送事案を区別した長

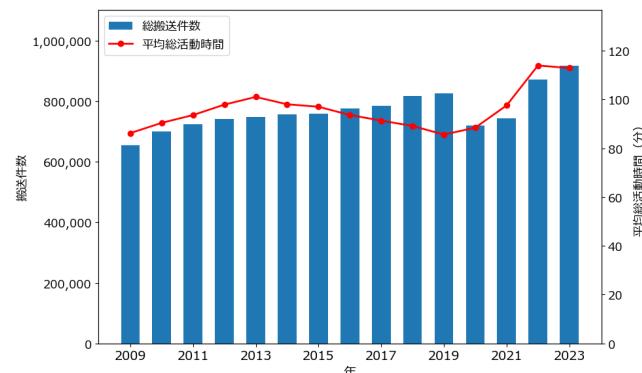


図 1 搬送件数と平均総活動時間の推移

搬送件数は COVID-19 の感染拡大時期を除き単純増加している。平均総活動時間は 2014 年以降「救急医療の東京ルール」適用による短縮傾向を示していた [11] が、2020 年以降は延伸傾向にある。

期的な影響の分析や、救急活動の各時間区分に対する影響の定量的評価は行われていない。

こうした背景のほか、近年、東京都では高齢化や人口の増加 [7] に伴い救急需要が増加傾向 [8] にある。図 1 に示すように、COVID-19 の影響を受けた 2020 年から 2021 年にかけては東京都においても年間の搬送件数が減少したが、2009 年から 2019 年にかけては増加の一途にある。このような救急搬送件数の増大は救急隊の現場到着時間や病院収容時間の延伸を招く [9] [10] ことから、救急需要と対応の実態を適切に分析し、限られた救急医療資源の効率的な活用方策を検討することが急務となっている。

### 1.2 研究の目的

本研究では、COVID-19 の流行が東京都内の救急活動に及ぼした影響を明らかにすることを目的とする。特に、COVID-19 の感染症法上の分類が 5 類に変更された 2023 年 5 月以降においても救急活動時間の延伸が継続していることに着目し、高齢化の進行や人口増加といった要因に加え、COVID-19 関連の搬送事案が他の救急事案に与えた影響や、活動時間延伸の構造的要因について分析を行う。

本研究は、感染症法の分類変更後の期間を含めて COVID-19 が救急医療に与えた影響を分析する点、および COVID-19 関連搬送事案の活動時間を独立して分析する点において、現時点で筆者が知る限り初めての試みである。

## 2 関連研究

### 2.1 救急搬送時間に関する研究

井上の研究 [9] では、救急搬送時間の増加要因を特定することに取り組んでいる。8 年分の都道府県パネルデータを用い、到着時間、収容時間、搬送人数の関係を同時方程式モデルで推定した。分析の結果、人口当たり救急搬送人数の増加が搬送時間を延長させること、医師数の増加が救急車台数の増加より搬送時間短縮に効果的であること、特に高齢者層の搬送人数増加が全体に大きな影響を与えていることが明らかになった。一方で、サンプル数が都道府県数であるため細かな地域状況を把握できていない点や、分

<sup>1</sup> 学生会員 横浜市立大学大学院データサイエンス研究科、東京消防庁

y245611c@yokohama-cu.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 横浜市立大学大学院データサイエンス研究科

toda.hir.xg@yokohama-cu.ac.jp

析方法が最小二乗法を用いた回帰分析であるにもかかわらず正規性が考慮されていない点等が課題として挙げられた。

山岡らの研究 [10] では、救急搬送時間と地域の社会経済的条件との関連性を解明することを目的とした。2011 年の全国 587 地域の消防団体の救急搬送データを用い、地理的要因、他地域への搬送率、公的病院の割合などの変数から、平均搬送時間と昼夜間の搬送時間比を重回帰分析により推定した。分析の結果、他地域への搬送率、高齢化率、交通渋滞が搬送時間と正の相関を示し、地理的要因と公的病院の割合が負の相関を示すことが明らかになった。この結果から、都市部より地方で搬送時間が長く、昼夜間の搬送時間差は都市部で大きいという地域的な課題が明らかになった。

## 2.2 COVID-19 が救急搬送件数に与えた影響に関する研究

Satty らの研究 [2] では、COVID-19 が及ぼす救急医療サービスの件数や不搬送対応への影響について分析が行われた。アメリカ・ペンシルベニア州西部の都市部、郊外、及び地方の 22 の医療機関から電子健康記録を遡及的にレビューし、2020 年 3 月 15 日から 5 月 15 日までの 2 か月間にわたる救急記録と 2016 年から 2019 年の同じ 2 か月間を、それぞれ調査期間と対象期間として比較し、傷病者的人口統計、傷病種別、通報時分、応答時間、現場対応時間、初期のバイタルサイン、精神状態の異常、初動対応の内容を用いて分析を行った。その結果、対照期間と比較し対応件数が 26.5% [95% CI 25.9%, 27.1%] 減少していることが判明した。

三橋らの研究 [3] では、COVID-19 感染拡大期（2020 年）における救急搬送人数の変化を、月別・年齢別・事故種別の観点から分析した。消防庁の救急搬送人員データを用い、2019 年と 2020 年の比較分析を実施した。分析は(1)月別、(2)年齢 5 歳ごと、(3)事故種別ごとの年齢別の 3 つの観点から行われ、特に年齢別分析では人口 10 万人当たりの救急搬送人数の変化率を指標として採用することで、年齢層による人口の多寡の影響を平準化した分析を実現している。分析の結果、2020 年の救急搬送人数は 2019 年と比較して全体的に減少し、特に 4 月は対前年比-20.5% と最大の減少を記録した。また、年齢別では 0-4 歳が-33.5% と最も大きな減少を示し、全般的に若年層ほど減少率が大きい傾向が確認された。

## 2.3 COVID-19 が救急搬送時間に与えた影響に関する研究

上田らの研究 [5] では、2019 年 3~5 月と 2020 年 3~5 月の岡山市消防局の救急搬送データを比較し、119 番通報から病院到着までの総所要時間を分析した。その結果、2020 年 4 月の総所要時間は  $33.8 \pm 11.6$  分で、2019 年 4 月 ( $32.2 \pm 10.8$  分) より有意に延長していた。また、岡山市は人口約 72 万人の都市で、2020 年 3 月 22 日から 5 月 11 日までの間に COVID-19 傷病者はわずか 16 人と、比較的影響の少ない地域であったにもかかわらず、救急搬送システムに影響が出たと結論づけられている。

Sabbaghi らの研究 [6] では、救急活動の各時間区分を COVID-19 のパンデミック前後で比較することで、時間指標の変化を分析した。イラン・ラザヴィー・ホラーサーン州における 2018 年 3 月から 2021 年 3 月までの救急搬送データを用いて現場到着時間、現場活動時間、病院収容時間、総活動時間、再出場までの時間を分析したところ、COVID-19 パンデミック期間で全ての時間指標が優位に増加した。パンデミック期間の時間増加の原因是個人防護具の着用や消毒作業などの新たな感染対策プロトコルの導入が主

表 1 COVID-19 対策における期間区分

区分	期間	特徴
プレコロナ期	2019 年 1-12 月	感染確認前の通常期
初動対応期	2020 年 1-6 月	国内初の感染確認、緊急事態宣言の発出、医療提供体制の構築（第 1 波）
感染波到来期	2020 年 7 月-2021 年 6 月	複数の感染波への対応、感染対策の試行錯誤、ワクチン接種の開始（第 2 波-第 4 波）
変異株主流期	2021 年 7 月-2022 年 6 月	デルタ株・オミクロン株による大規模流行、ワクチン接種の進展（第 5 波-第 6 波）
共生移行期	2022 年 7 月-2023 年 4 月	感染対策と社会活動の両立、インフルエンザとの同時流行（第 7 波-第 8 波）
5 類移行期	2023 年 5 月以降	一般的な感染症としての対策への移行

な要因と考えられる。

一方で、これらの救急搬送時間への影響は救急搬送システム全体としてしか観測されず、COVID-19 関連の搬送事案とその他の搬送事案を切り分けた影響の調査は行えていない。本研究では、COVID-19 関連搬送事案の活動時間を独立して分析することで、その影響を定量的に明らかにする。

## 3 研究手法

### 3.1 研究の設定と設計

本研究では、2019 年から 2023 年にかけた島しょ部を除く東京消防庁管内における救急搬送事案を分析対象とする。分析は COVID-19 関連の搬送事案とそれ以外の事案を比較し、各期間区分における活動時間区分ごとの影響を検証する。

期間区分については、各年の月次データに加え、COVID-19 の流行期と対策のステージを示した東京都の定義 [12] を参考に、本研究で定義する表 1 に示す 6 期間に分類する。

### 3.2 使用するデータ

#### 3.2.1 救急搬送データ

東京消防庁より提供された 2019 年から 2023 年にかけた 3,468,982 件の救急搬送データを用いる。本データは救急搬送の 1 事案ごとに、表 2 と表 3 に示す各時系列における時間情報をはじめとする収集項目が含まれる。この中で、「傷病名称」は発熱や腹痛、頭部打撲といった各傷病名が手入力される項目であり表記揺れがあるため、コロナ感染症、コロナ肺炎、コロナ疑いといった COVID-19 に関連する傷病名の表記を統一し、COVID-19 に関連する搬送事案（以下、COVID-19 関連搬送）とその他の傷病に関する搬送事案（以下、非 COVID-19 搬送）として分類する。

#### 3.2.2 人口データ

東京都総務局 [7] が公開する「住民基本台帳による東京都の世帯と人口」のうち、2019 年から 2023 年にかけた区市町村、年齢 3

表 2 救急活動の時系列

活動時点	内容
覚知	119 番通報の受信
指令	出場指令
出場	救急隊の出場
現着	現場到着
現発	現場出発
病着	医療機関到着
引継	傷病者の医師への引継ぎ
引揚	医療機関からの引揚げ
帰署	消防署への帰署

表 3 救急搬送データの収集項目

項目	内容
時間情報	各活動時点の年月日時分, 経過時間
移動距離	出場-現着間, 現発-病着間, 引揚-帰署間 (km)
隊情報	出場隊名
位置情報	受令場所, 出場先住所 (番地まで)
事案情報	事故種別
傷病者情報	性別, 年齢, 傷病名称, 傷病度
医療機関情報	収容先医療機関名

区別人口データを使用する。

### 3.2.3 医療施設データ

東京都保健医療局 [13] が公開する「医療施設（動態）調査・病院報告結果報告書」のうち, 2019 年から 2022 年にかけた病院数・病床数データを使用する。なお, 2023 年のデータについては本論文執筆時点で未公開であるため, 2022 年の数値を代用して分析を行うこととする。

### 3.3 分析方法

本研究では, 基礎分析, パネルデータ分析, DID (差分の差分) 分析の 3 段階で分析を実施する。

#### 3.3.1 基礎分析

救急活動時間について, 時系列的な変化と活動時間区分ごとの特徴を分析する。まず, 2019 年 1 月から 2023 年 12 月までの COVID-19 関連搬送件数と平均総活動時間 (COVID-19 関連および非 COVID-19) の月次推移を分析する。次に, 各活動時間 (出場\_現着分, 現着\_現発分, 現発\_病着分, 病着\_引継分, 引継\_引揚分, 引揚\_帰署分) について, 期間区分ごとの分布を箱ひげ図により可視化し, COVID-19 関連搬送と非 COVID-19 搬送の特徴を比較する。また, 各活動時間区分について, COVID-19 関連搬送と非 COVID-19 搬送の差を Welch の t 検定により検証し, 効果量 (Cohen's d) を算出する。これらの分析を通じて, COVID-19 関連搬送における救急活動への影響を定量的に評価する。

#### 3.3.2 パネルデータ分析

区市単位 × 月次のパネルデータを構築し, 固定効果モデル [14] [15] を用いて分析を行う。地域固定効果と時間固定効果をコントロールすることで, 観察されない地域特性や時間的な傾向をモデルに反映する。分析は被説明変数とパネルデータの期間を変更

し, 1. 総活動時間 × 全期間, 2. 各活動時間 × 全期間, 3. 総活動時間 × 各期間の 3 つの視点で実施する。また, 説明変数は以下とする。

- COVID-19 関連搬送の有無 (is\_covid) : COVID-19 関連の救急搬送事案を 1, それ以外を 0 とするダミー変数
- 時刻 : 1 時間単位で区切られた時間帯をスプライン関数で表現した連続変数
- 平日 : 平日を 1, 休日を 0 とするダミー変数
- 性別 : 傷病者が男性の場合を 1, 女性の場合を 0 とするダミー変数
- 年齢 : 傷病者の年齢 (実数)
- 高齢人口 : 各地域の 65 歳以上人口を千人単位で表した変数
- 搬送距離 : 出場から現着までの距離 (km), 現場から病院到着までの距離 (km), 引揚げから帰署までの距離 (km) をそれぞれ示す変数
- 傷病度 : 中等症, 重症, 重篤, 死亡をそれぞれ 1, それ以外を 0 とするダミー変数 (軽症をベースカテゴリとする)

なお, 高齢人口については月次単位でのデータが取得できなかつたため, [7] が提供する「住民基本台帳による世帯と人口 : 毎月」の人口総数に年ごとの高齢率を掛けた数値を月次単位の高齢人口として取り扱う。

#### 3.3.3 DID 分析

パネルデータ分析により明らかとなった COVID-19 の影響について, その影響が実際に COVID-19 による地域への負荷によるものかを検証するため, DID 分析 [16] を実施する。具体的には, COVID-19 関連搬送の多い地域と少ない地域の間で, 救急活動時間の変化に差があったかを分析することで, 救急活動時間の延伸が COVID-19 の地域負荷に起因するものかを明らかにする。

分析では, 2019 年を対照期間, 2020 年以降を処置期間とし, COVID-19 による影響の大きさを地域間で比較するため, 2020 年以降の各地域における COVID-19 関連搬送の割合を算出する。この割合の中央値を基準として, 中央値より高い地域を処置群 (COVID-19 負荷が相対的に大きい地域), 中央値以下の地域を対照群 (COVID-19 負荷が相対的に小さい地域) として分類する。この分類により, COVID-19 関連搬送の地域差が救急活動時間に与えた影響を検証することが可能となる。被説明変数には各活動時間区分を設定し, 説明変数は以下とする。

- 処置群ダミー (treated) : COVID-19 関連搬送割合が中央値より高い地域を 1, それ以外を 0 とするダミー変数
- 処置期間ダミー (post\_covid) : 2020 年以降を 1, それ以外を 0 とするダミー変数
- 処置効果 (treated\_post\_covid) : 処置群と処置期間の交互作用項
- 地域特性 : 医療供給能力 (病床数を総人口で除した値), 救急供給能力 (救急隊数を総人口で除した値), 人口密度の標準化値
- その他の制御変数 : 時間帯, 平日, 性別, 年齢, 重症度

なお, DID 分析では介入 (COVID-19 の流行) がなかった場合

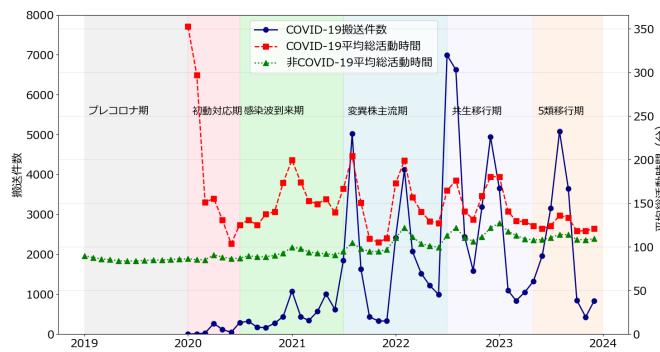


図 2 COVID-19 関連搬送件数と平均総活動時間の推移

COVID-19 の搬送件数と同期し、COVID-19 と非 COVID-19 のどちらも平均総活動時間が増減している。

の仮想的な状況を推定するため、介入前の期間において処置群と対象群の救急活動時間の推移が平行であることが重要となる（共通トレンド仮定）。そこで分析に先立ち、対照期間（2019 年）における両群の月次トレンドの比較を行い、この仮定の成立を確認する。

## 4 結果と考察

### 4.1 基礎分析

2019 年 1 月 1 日から 2023 年 12 月 31 日までの COVID-19 関連搬送件数と平均総活動時間（COVID-19 関連および非 COVID-19）の推移を図 2 に示す。都内での感染者数が一日に数十件程度であった初動対応期のはじめを除き、COVID-19 平均総活動時間は搬送件数のピークと同期しており、COVID-19 平均総活動時間と搬送件数には相関があることが示唆される。また、非 COVID-19 平均総活動時間も COVID-19 関連搬送件数と同期し延伸していることがわかる。

感染波到来期と変異株主流期においては、搬送件数に関わらず COVID-19 平均総活動時間は最大 200 分程度であったが、その後の共生移行期には最大 180 分程度、5 類移行期には最大 140 分程度に減少していることがわかる。

図 3 は、救急活動における出場から帰署までの 6 つの時間区分について、COVID-19 関連搬送と非 COVID-19 搬送それぞれの期間別分布を示したものである。各箱ひげ図において、第 1 四分位数から第 3 四分位数までを箱として示し、ひげの長さは四分位範囲の 1.5 倍までとした。可視性の観点から、これを超える外れ値については図示を省略している。

分析の結果、COVID-19 関連搬送と非 COVID-19 搬送で異なる特徴が観察された。COVID-19 関連搬送では、現着\_現発分と引継\_引揚分において特に顕著な時間延伸と分布の拡大が確認された。現着\_現発分では変異株主流期に、引継\_引揚分では感染波到来期に最大となり、その後 5 類移行期に向けて減少した。一方、出場\_現着分や現発\_病着分などの移動を主とする時間区分では、相対的に小さな変動に留まった。

非 COVID-19 搬送については、全ての時間区分においてより緩やかな変化を示した。プレコロナ期から共生移行期にかけて中

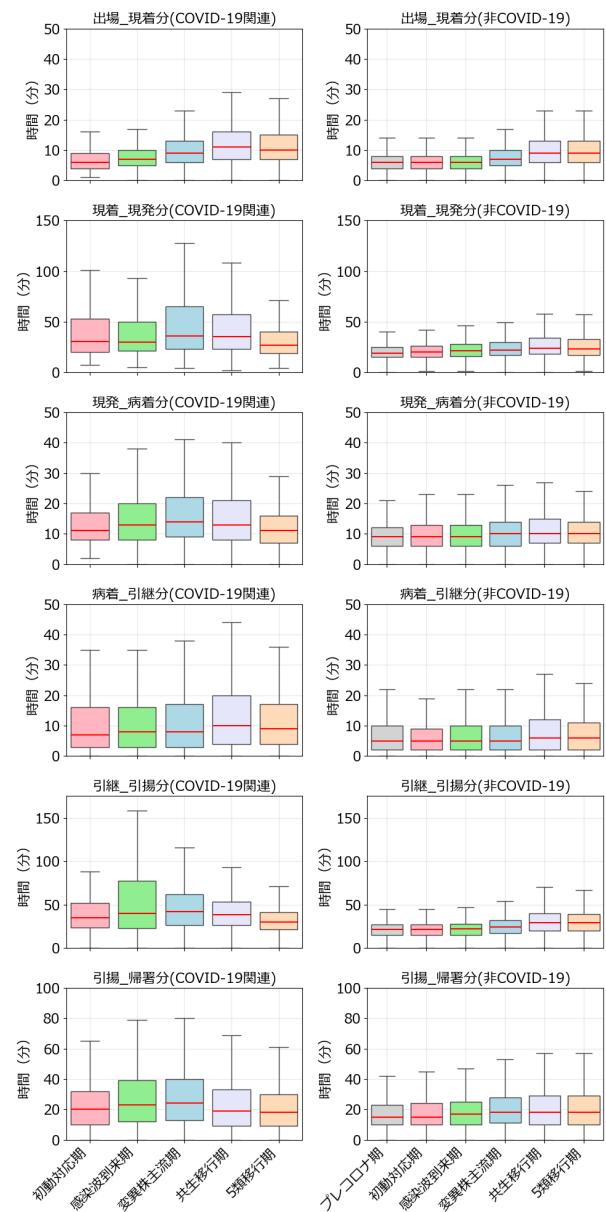


図 3 各活動時間の期間別分布

COVID-19 関連の活動時間は活動区分と期間で変化にばらつきがあり、非 COVID-19 の活動時間は緩やかな増加傾向にある。

央値は緩やかに上昇し、5 類移行期では横ばいとなった。特に、COVID-19 関連搬送で大きな変動を示した現着\_現発分と引継\_引揚分においても、非 COVID-19 搬送では比較的安定した推移を示している。

これらの結果は、COVID-19 対策における期間区分や救急活動の区分によって、活動時間への影響が異なることを示している。特に、現場活動時間（現着\_現発分）と引継後の活動時間（引継\_引揚分）において、感染対策による影響が顕著に表れたと考えられる。

表 4 包括したパネルデータ分析結果

モデル情報			
被説明変数	出場_帰署分	観測数	3,468,981
推定方法	PanelOLS	地域数	52
地域固定効果	有	期間数	60 ヶ月
時間固定効果	有	共分散推定量	Clustered
推定結果			
is_covid	34.513*** (1.174)	出場_現着 km	1.855*** (0.060)
時刻	0.576*** (0.014)	現発_病着 km	2.850*** (0.099)
平日	0.401*** (0.115)	引揚_帰署 km	3.386*** (0.081)
性別（男性）	0.380*** (0.044)	傷病度_中等症	3.143*** (0.154)
年齢	0.112*** (0.005)	傷病度_重症	8.041*** (0.430)
高齢人口（千人）	-1.315*** (0.363)	傷病度_重篤	18.672*** (0.839)
		傷病度_死亡	24.000*** (1.031)
モデル適合度			
R-squared (Within)	0.479	F 統計量	244,900
R-squared (Be- tween)	0.043	P 値	0.000
R-squared (Overall)	-0.872	F 統計量 (robust)	2,922.0
		p 値 (robust)	0.000

注：括弧内は標準誤差を示す

\*\*\*p&lt;0.01, \*\*p&lt;0.05, \*p&lt;0.1

## 4.2 パネルデータ分析

### 4.2.1 総活動時間 × 全期間

表 4 に全期間を対象としたパネルデータ分析の結果を示す。分析の結果、COVID-19 関連の救急搬送は、他の要因をコントロールした上でも、非 COVID-19 搬送と比較して平均して 34.5 分 [95% CI 32.2, 36.8] 活動時間が長いことが明らかとなった。この結果は 1% 水準で統計的に有意であり、COVID-19 関連搬送における追加的な活動要素の存在を示唆している。

搬送距離による影響については、1km 当たり出場から現着までは 1.9 分、現場から病院までは 2.9 分、引き揚げ時は 3.4 分の増加が確認された。重症度による影響は特に顕著であり、軽症と比較して中等症で 3.1 分、重症で 8.0 分、重篤で 18.7 分、死亡で 24.0 分の増加が確認された。平日や性別（男性）はそれぞれ 0.4 分の増加となり、影響力としては小さいことが確認された。

年齢からは、1 歳ごとに 0.1 分の増加と高齢になるほど活動時間が長くなる傾向を示す一方で、地域の特性として利用した高

齢人口（千人単位）の係数は -1.3 と負の値を示しており、高齢者の人口が多い地域ほど活動時間が短い傾向が確認された。これは高齢者人口と救急搬送時間に正の相関を報告している関連研究 [9] [10] とは異なる傾向であり、この違いは東京都が他の地域と比較して医療資源や救急需要への対応体制が充実しており、特に高齢者の多い地域では救急搬送の効率化が進んでいることを示唆している。

モデルの説明力を示す R-squared (Within) は 0.479 であり、利用した説明変数が活動時間の変動を適切に捉えていることを示している。なお、R-squared (Between) と R-squared (Overall) については、固定効果モデルの性質上、R-squared (Within) に比べて低い値や負の値となることがあるが、本研究の主目的である時間的変化の分析には影響しない。以降の分析結果については R-squared (Within) のみ記載する。

### 4.2.2 各活動時間区分 × 全期間

表 5 に示すとおり、COVID-19 の影響は活動区分によって大きく異なることが明らかとなった。特に現着-現発区分（14.5 分増）と引継-引揚区分（11.4 分増）で大きな影響が確認された一方、出場-現着区分（0.8 分増）や引揚-帰署区分（0.1 分増、有意でない）では影響が限定的であった。この結果は、COVID-19 による活動時間の延伸が、主に現場での傷病者対応や病院での引継後の追加的な対応に起因することを示唆している。

距離の影響は、移動が主となる活動区分と強い関連を示し、出場-現着区分（1.9 分/km）、現発-病着区分（1.9 分/km）、引揚-帰署区分（3.3 分/km）でそれぞれ増加が確認され 4.2.1 に示す結果と非常に近い結果となった。現発-病着区分のみ一つ前の活動である現着-現発区分に比較的大きな影響を与えており（1.0 分/km）、これは搬送先の決定が難航した際に、より遠い病院を選択せざるを得ない状況が反映されていると考えられる。重症度の影響は活動時間区分により異なり、現着-現発や病着-引継時に顕著な時間の減少が見られることから、軽症時よりも迅速性の高い活動をしていることが推察される一方、引継-引揚区分では重篤症例で 29.6 分、死亡症例で 36.4 分の大幅な増加が確認された。

モデルの説明力を示す Within R-squared は、移動時間が主となる区分（出場-現着 : 0.799、引揚-帰署 : 0.712）で高い値を示した一方、救急現場や病院での活動が主となる区分では低い値となった。これは、移動時間が主に距離という観察可能な要因に依存する一方で、現場活動時間は個別事案の特性や状況に大きく影響されることを反映していると考えられる。特に病着-引継区分での低い説明力（0.028）は、医療機関の受入態勢など、モデルで捉えきれない要因の影響が大きいことを示唆している。

### 4.2.3 総活動時間 × 各期間

表 6 に示すとおり、COVID-19 関連搬送の影響は期間によっても異なることが明らかとなった。影響は初動対応期（47.8 分増）および感染波到来期（49.3 分増）で最も大きく、その後変異株主流期（44.7 分増）、共生移行期（34.1 分増）、5 類移行期（13.2 分増）と段階的に縮小した。この変化は、救急隊の感染対策手順の最適化や医療機関における受入体制の整備進展を示唆している。

時間帯の影響は期間とともに変化し、時刻に関する係数は初動対応期の 0.34 から 5 類移行期の 0.92 まで単調に増加した。移動

表5 活動時間区分ごとのパネルデータ分析結果

	出場-現着	現着-現発	現発-病着	病着-引継	引継-引揚	引揚-帰署
<b>パネル A : COVID-19 と時間特性</b>						
is_covid	0.815*** (0.028)	14.485*** (0.472)	2.490*** (0.313)	5.234*** (0.216)	11.363*** (0.518)	0.125 (0.108)
時刻	0.020*** (0.002)	0.124*** (0.006)	0.011*** (0.003)	0.036*** (0.004)	0.275*** (0.009)	0.109*** (0.004)
平日	0.222*** (0.015)	-0.374*** (0.053)	0.270*** (0.025)	-0.349*** (0.034)	-0.030 (0.034)	0.663*** (0.041)
<b>パネル B : 患者属性・地域特性</b>						
年齢	0.002*** (0.000)	0.086*** (0.004)	0.007*** (0.001)	0.015*** (0.002)	-0.003** (0.001)	0.004*** (0.001)
性別（男性）	-0.023*** (0.003)	-0.174*** (0.036)	-0.009 (0.013)	-0.043*** (0.016)	0.566*** (0.024)	0.062*** (0.010)
高齢人口（千人）	-0.007 (0.019)	-0.499*** (0.154)	-0.100** (0.045)	-0.007 (0.069)	-0.595*** (0.181)	-0.106 (0.110)
<b>パネル C : 距離要因</b>						
出場_現着 km	1.864*** (0.033)	-0.201*** (0.018)	0.049*** (0.016)	0.131*** (0.015)	0.031 (0.028)	-0.020 (0.019)
現発_病着 km	0.010** (0.005)	0.972*** (0.047)	1.897*** (0.046)	0.035** (0.017)	0.221*** (0.016)	-0.284*** (0.022)
引揚_帰署 km	-0.003 (0.004)	0.143*** (0.010)	-0.046*** (0.009)	0.032*** (0.007)	-0.018 (0.011)	3.276*** (0.071)
<b>パネル D : 重症度（基準：軽症）</b>						
中等症	0.017* (0.009)	-0.686*** (0.082)	0.685*** (0.077)	-0.243*** (0.074)	2.787*** (0.055)	0.584*** (0.041)
重症	-0.100*** (0.018)	-4.925*** (0.212)	0.746*** (0.092)	-3.815*** (0.157)	14.689*** (0.328)	1.447*** (0.082)
重篤	-0.288*** (0.022)	-6.871*** (0.269)	0.060 (0.108)	-5.785*** (0.229)	29.609*** (0.634)	1.947*** (0.111)
死亡	-0.355*** (0.022)	-6.014*** (0.213)	-0.947*** (0.059)	-6.094*** (0.271)	36.378*** (0.810)	1.030*** (0.095)
<b>パネル E : モデル適合度</b>						
R-squared (Within)	0.799	0.108	0.402	0.028	0.172	0.712
観測数			3,468,981			

注：括弧内は標準誤差を示す。

\*\*\*p&lt;0.01, \*\*p&lt;0.05, \*p&lt;0.1

距離の影響は期間を通じて安定していたが、現発-病着区分の係数は共生移行期に3.7分/kmと相対的に高い値を示した。重症度の影響では、中等症は変異株主流期（4.2分増）および共生移行期（4.8分増）で増大した一方、重篤症例（17.2～19.7分増）や死亡症例（21.7～24.9分増）は期間を通じて安定していた。

モデルの説明力は変異株主流期に最も高い値（0.531）を示し、その後はやや低下した。これは、感染対策の標準化が進む一方で、COVID-19以外の個別事案の特性による変動が相対的に大きくなつたことを示唆している。

以上の結果は、COVID-19が救急活動に与える影響が、感染状況や対策の変化に応じて大きく変化してきたことを示している。特に、初期の大きな影響から段階的な縮小へと向かう過程で、重症度や地域特性による差異が生じていたことが明らかとなった。

#### 4.3 DID 分析

パネルデータ分析により確認されたCOVID-19の影響について、非COVID-19搬送時間の延伸が実際にCOVID-19による地域への負荷に起因するものかを検証するため、DID分析を実施した。

表 6 COVID-19 の期間区分ごとのパネルデータ分析結果

	初動対応期	感染波到来期	変異株主流期	共生移行期	5 類移行期
<b>パネル A : COVID-19 と時間特性</b>					
is_covid	47.843*** (4.563)	49.271*** (1.837)	44.646*** (1.636)	34.126*** (1.474)	13.200*** (0.933)
時刻	0.342*** (0.014)	0.403*** (0.015)	0.567*** (0.021)	0.869*** (0.020)	0.924*** (0.020)
平日	0.545*** (0.143)	0.703*** (0.114)	0.633*** (0.155)	-0.011 (0.197)	-0.361** (0.159)
<b>パネル B : 患者属性・地域特性</b>					
年齢	0.073*** (0.005)	0.085*** (0.005)	0.115*** (0.005)	0.187*** (0.007)	0.130*** (0.006)
性別 (男性)	0.442*** (0.072)	0.362*** (0.057)	0.504*** (0.090)	0.155 (0.119)	0.282*** (0.086)
高齢人口_千人	1.192* (0.632)	-0.703*** (0.258)	-2.005*** (0.777)	-0.324 (0.288)	-3.557*** (0.915)
<b>パネル C : 距離要因</b>					
出場_現着 km	1.871*** (0.272)	1.646*** (0.145)	1.854*** (0.089)	1.924*** (0.045)	1.636*** (0.051)
現発_病着 km	2.189*** (0.120)	2.295*** (0.097)	2.928*** (0.109)	3.705*** (0.124)	2.801*** (0.092)
引揚_帰署 km	3.381*** (0.088)	3.527*** (0.092)	3.455*** (0.086)	3.356*** (0.081)	3.551*** (0.077)
<b>パネル D : 重症度 (基準: 軽症)</b>					
中等症	2.198*** (0.161)	2.886*** (0.180)	4.152*** (0.166)	4.838*** (0.296)	2.926*** (0.163)
重症	7.749*** (0.498)	8.281*** (0.403)	9.047*** (0.513)	8.024*** (0.450)	7.930*** (0.556)
重篤	19.059*** (0.925)	19.741*** (0.798)	18.870*** (0.842)	17.194*** (1.060)	18.418*** (0.916)
死亡	24.942*** (1.291)	24.737*** (1.138)	24.145*** (1.055)	21.744*** (0.959)	24.471*** (1.105)
<b>パネル E : モデル適合度</b>					
R-squared (Within)	0.492	0.512	0.531	0.463	0.455
観測数	303,275	617,272	672,579	600,632	543,466

注: 括弧内は標準誤差を示す。

\*\*\*p&lt;0.01, \*\*p&lt;0.05, \*p&lt;0.1

まず、共通トレンド仮定の検証として、2019 年における処置群と対照群の月次トレンドを比較した結果を図 4 に示す。各時間区分において、一部の月で統計的に有意な差が確認されたが、概ね平行なトレンドが確認された。特に、パネルデータ分析で影響が大きかった現着-現発区分と引継-引揚区分については、処置前の期間で安定したトレンドが観察された。

DID 分析の結果を表 7 に示す。引揚-帰署区分を除く全ての時間区分において、処置効果は統計的に有意ではなかった。この結果は、非 COVID-19 搬送における活動時間の延伸が、必ずしも COVID-19 による地域への負荷では説明できないことを示唆している。特に、パネルデータ分析で影響が大きかった現着-現発区分 (パネルデータ分析: 14.5 分増) と引継-引揚区分 (同: 11.4 分増) において有意な処置効果が確認されなかったことは、時間延伸の要因が COVID-19 による負荷以外の要因である可能性を示している。

一方で、引揚\_帰署分における有意な正の処置効果 (+0.822 分, p<0.001) は、COVID-19 による負荷の高い地域において、感染対

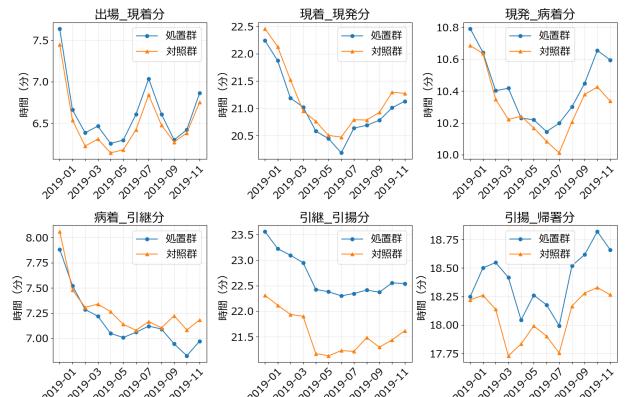


図 4 共通トレンド仮定の検証結果

一部の月で有意な差が確認されたが、概ね平行なトレンドが確認された。

策に関連する追加的な作業（より遠い病院への搬送など）が必要となった可能性を示唆している。ただし、その影響はパネルデータ分析で示された通りである。

表7 DID分析による活動時間区分ごとの処置効果の推定結果

活動時間区分	処置効果	標準誤差	95%信頼区間
出場_現着分	0.118	0.102	[-0.082, 0.318]
現着_現発分	-0.075	0.389	[-0.837, 0.687]
現発_病着分	-0.062	0.097	[-0.253, 0.129]
病着_引継分	0.135	0.195	[-0.247, 0.517]
引継_引揚分	0.376	0.480	[-0.564, 1.316]
引揚_帰署分	0.822***	0.230	[0.371, 1.273]

注1: 処置効果は交互作用項の係数(単位:分)を示す

注2: \*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

タ分析で確認された他の時間区分での影響(現着\_現発分: 14.5分増, 引継\_引揚分: 11.4分増)と比較して小さく, 救急活動全体への影響は限定的であったと考えられる。

## 5 結論

本研究では, COVID-19 の流行が東京都内の救急活動に及ぼした影響を明らかにすることを目的とし, 基礎分析, パネルデータ分析, DID分析の3つの手法を用いて調査を行った。

基礎分析からは, COVID-19 関連搬送は非 COVID-19 搬送と比較して有意な活動時間の延伸を示すことが確認された。この延伸は特に現場活動時間(現着\_現発分)と引継後の活動時間(引継\_引揚分)において顕著であり, 感染波到来期から共生移行期にかけて最大となり, 5類移行期にかけて縮小した。

パネルデータ分析では, 他の要因をコントロールした上でも, COVID-19 関連搬送は非 COVID-19 搬送と比較して平均 34.5 分 [95% CI 32.2, 36.8] の活動時間延伸が確認された。活動時間区分別の分析では, 現着-現発区分(14.5分増)と引継-引揚区分(11.4分増)で特に大きな影響が見られた。また, 期間区別の分析では, 初動対応期(47.8分増)および感染波到来期(49.3分増)で最も大きな影響が確認され, その後5類移行期(13.2分増)にかけて段階的に縮小した。

一方, DID分析により地域差を検証した結果, 引揚-帰署区分を除く全ての時間区分において, COVID-19 による地域への負荷の影響は統計的に有意ではなかった。この結果は, 活動時間の延伸が COVID-19 の地域負荷以外の要因に起因する可能性を示唆している。

これらの分析から, COVID-19 関連の救急事案は非 COVID-19 事案と比較し多くの活動時間を要するが, 救急活動時間全体の延伸には, 感染症の流行規模とは別の影響が作用している可能性が示唆された。本研究の分析結果が, 今後同様の感染症が流行した際に, 感染症の影響を受けやすい活動区分における重点的な対策や, 活動時間の延伸度合を目安とした非常用救急小隊の編成基準の検討に寄与することを期待する。

## 6 本研究の限界

救急活動は複雑かつ多様な要因の影響を受けるため, 本研究には以下のような限界がある。

第一に, データ収集上の限界として, 医療機関側の受入態勢や病床使用状況といった詳細な医療供給体制のデータが活動時間

データと紐付けられていない点が挙げられる。

第二に, 救急活動の多様さに起因する限界がある。本研究では救急活動時間を取得可能なデータに基づき6区分に分類して分析を行ったが, 実際の救急活動では, 活動内容, 傷病者の容態, 周囲の環境, 交通状況など, 数値化が困難な多くの要因が活動時間に影響を与える。本研究の結果からも, 特に救急現場での活動や病院での引継といった活動区分における複雑性が示唆されている。

第三に, 要因の複雑さに関する限界として, COVID-19 の流行が社会全体に与えた影響と救急活動への直接的な影響を分離することが困難である点が挙げられる。例えば, 医療機関の受入態勢の変化, 都民の受療行動の変化, 救急隊員の労務負荷など, 様々な要因が相互に影響し合っている。DID分析により地域差の検証を試みたものの, これらの複雑な要因の相互作用を完全に解明するには至っていない。

これらの限界は今後の研究課題として, より詳細な医療供給体制データの収集や, 分析手法の質の改善, 最新の救急データを用いた追跡調査の実施などにより, 段階的に克服していく必要がある。

## 参考文献

- 厚生労働省. 新型コロナウイルス感染症の現在の状況について. 2023.
- Timothy Satty, Sriram Ramgopal, Jonathan Elmer, Vincent N. Mosesso, and Christian Martin-Gill. Ems responses and non-transports during the covid-19 pandemic. *The American Journal of Emergency Medicine*, 42:1-8, 2021.
- 三橋 正典, 田邊 晴山, and 小川 理郎. 新型コロナウイルス感染拡大期の救急搬送人数の変化. *日本臨床救急医学会雑誌*, 26(6):721-729, 2023.
- Alaa Al Amiry and Brian J Maguire. Emergency medical services (ems) calls during covid-19: Early lessons learned for systems planning (a narrative review). *Open Access Emergency Medicine*, 13:407-414, 2021. PMID: 34522146.
- Kohei Ageta. et al. Delay in emergency medical service transportation responsiveness during the covid-19 pandemic in a minimally affected region. *Acta Med Okayama*, 74(6):513-520, 2020.
- Mohammadreza Sabbaghi, Mohammad Namazinia, and Kheizaran Miri. Time indices of pre-hospital ems missions before and during the covid-19 pandemic: a cross-sectional study in iran. *BMC Emergency Medicine*, 23(1):9, 1 2023.
- 東京都総務局統計部. 東京都の統計. 2024.
- 東京消防庁. 東京の消防白書. 2023.
- 井上 綾子. 救急搬送者数と救急搬送時間の増加をもたらす要因とその対策について. *応用地域学研究*, 11:71-85, 2006.
- 山岡 淳. 救急搬送における地域の諸条件と搬送時間の関連性. *経済社会学会年報*, 37:94-103, 2015.
- 東京消防庁. 見える化改革報告書「救急活動」. 2017.
- 東京都. 新型コロナウイルス感染症対策に係る東京都の取組. 2024.
- 東京都保健医療局総務部. 医療施設(動態)調査・病院報告結果報告書. 2024.
- 奥井亮. 固定効果と変量効果. *日本労働研究雑誌*, 657:6-9, 2015.
- 大久保 将貴. パネルデータ分析における固定効果モデルの取扱説明書. *社会科学研究*, 72(2):55-68, 2021.
- 吉村 芳弘. 差分の差分法 (difference in differences) 一介入前後のデータから効果を検証一. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, 59(11):1093-1099, 2022.