

原 著

公共交通としての電動カート運行停止と高齢者の要支援・要介護リスクとの関連：運行前後・運行停止後の3時点比較による縦断研究

コバヤシ シュウヘイ*² 井手 カズシゲ*³ ワタナベ リョウ タ*³ フクサダ マサ キ*³
 小林 周平*² 一茂*³ 渡邊 良太*³ 福定 正城*³
 ハナザト マサミチ*³ サイトウ マサシゲ*^{3,4} コンドウ カツノリ*³
 花里 真道*³ 齊藤 雅茂*^{3,4} 近藤 克則*³

目的 グリーンスローモビリティ（以下、電動カート）は利用者の外出や社会的行動を促進し、要支援・要介護リスクの低減が期待されている。電動カートの運行が停止した場合、利用者の外出や社会的なつながりが減少し、要支援・要介護リスクが高まると予想される。そこで、本研究では電動カートの運行停止により利用者の要支援・要介護リスクが高くなるのかを検証した。

方法 本研究は電動カート運行前、運行中・停止直後、運行停止4か月後の3時点の縦断研究である。運行前、運行中・停止直後調査では、実証実験に伴う自記式郵送調査票を送付した。その後、実証事業の終了により電動カートが4か月間運行停止し、河内長野市が実施した運行停止調査データを二次利用した。対象は河内長野市に居住し、3回の調査に回答した65歳以上の高齢者のうち、運行中・停止直後調査で電動カートを月1回以上利用していた78人である。目的変数は3年以内の要支援・要介護認定の発生を予測する要支援・要介護リスク評価尺度点数（以下、リスク点数、高得点ほど高リスク）である。説明変数は3時点の調査時期（運行前、運行中・停止直後、運行停止）とした。調整変数は運行前の性、教育歴、婚姻状況、就労状況、独居、経済的困窮感である。線形混合効果モデルで非標準化係数 B 、95% 信頼区間、 P 値を算出した。追加分析では電動カートの利用頻度が高いほど運行停止の影響を受ける可能性を考慮し、利用頻度別（週1回以上、月1～3回）で層別に分析した。

結果 運行前、運行中・停止直後、運行停止調査のリスク点数の平均点は、電動カート利用頻度が週1回以上の者（ $n = 31$, 39.7%）は運行中・停止直後で最も低く（20.0点）、運行停止で最も高いV字型であった（21.8点）。運行中・停止直後を基準とした調査時期の B （95% 信頼区間、 P 値）は、運行前で0.01（-0.78-0.81, $P = 0.975$ ）、運行停止で0.49（-0.31-1.28, $P = 0.231$ ）だった。週1回以上の者では運行前で0.71（-0.75-2.17, $P = 0.341$ ）、運行停止で1.77（0.31-3.24, $P = 0.017$ ）、月1～3回の者では有意な関連はなかった。

結論 電動カートの運行停止により週1回以上の利用者の要介護リスクが高くなっていた。電動カートの持続的な運行は高齢者の介護予防に重要な手段となり得る。

Key words : グリーンスローモビリティ, 移動支援, Age Friendly City, 要支援・要介護リスク, 社会的なつながり, 身体活動

日本公衆衛生雑誌 2025; 72(9): 596-605. doi:10.11236/jph.24-139

I 緒 言

超高齢社会において地域における移動は公衆衛生上の喫緊の課題である。高齢になると歩行、活動量、高次生活機能が低下することや^{1,2)}、外出頻度の低さや閉じこもりが、将来の要介護状態につながる^{3,4)}。地域における移動は、高齢者が安心して日常生活を続けるために重要な要素である。

* 千葉大学予防医学センター
²* 千葉大学大学院医学薬学府
³* 日本福祉大学健康社会研究センター
⁴* 日本福祉大学社会福祉学部
 責任著者連絡先：〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町
 1-33工学系総合研究棟 I104
 千葉大学予防医学センター 小林周平
 E-mail: kbsh@chiba-u.jp

交通の整備は多様な健康指標と関連し、世界保健機関が提唱する高齢者にやさしいまち（Age-Friendly cities）のコア指標の1つにも“交通”が掲げられている⁵⁾。公共交通の整備により、高齢者の日常的な公共交通の利用が促進され、身体活動量の増加⁶⁾、抑うつや孤独感の減少⁷⁾、社会参加を促進することが報告されている⁸⁾。このことから高齢者が利用しやすい公共交通の整備により、身体的、精神的、社会的な健康の促進が期待できる。

近年、公共交通の衰退が進み、高齢者の要介護リスクが高まる可能性がある。国土交通省の調査では、2008年度から2022年度にかけて一般バス路線は約2万km、鉄道は約589km・17路線が廃止された⁹⁾。先行研究では、コミュニティバス路線廃止による介護費用の増加額は、自治体あたり1年間で約100万～700万と試算されている¹⁰⁾。従って、地域の交通を維持できなければ、地域住民の要介護リスクが高まり、社会保障費増額につながる可能性がある。

このような社会情勢の中、国土交通省は、地域の移動支援策として時速20km未満で公道を運行可能な低速移動サービス「グリーンスローモビリティ」（以下、電動カート）の導入を推進している¹¹⁾。電動カートは高齢者の移動支援に留まらず、利用者の生活と社会的なつながりを豊かにするまちづくりの新たな公共交通として注目されている¹²⁾。電動カートは、乗合タクシーやコミュニティバスがサービスを提供しづらいニュータウンや中山間地域で住宅地と最寄りの生活拠点をつなぐラストワンマイルの公共交通として重要な役割をもつ^{11,13)}。電動カート利用者は非利用者と比較して、外出、社会的行動、ポジティブ感情などの増加を示したことから、将来の要介護リスクを予防する可能性がある^{14,15)}。これらの研究は、電動カート運行前後の調査で電動カート非利用者と利用者で各指標を比較するデザインであった^{14,15)}。しかし、このデザインでは活動性が高く要介護リスクが低い者ほど、電動カートを利用している影響までは排除しきれない。それに対し、電動カート利用に介護予防効果がある場合、運行停止後に追跡調査を実施できれば、利用していた高齢者の要介護リスク悪化を検証できる可能性がある。

そこで、本研究では運行前、運行中・停止直後、運行停止の3時点における利用者の要支援・要介護リスクの変化を検証することを目的とした。本研究により、電動カートの運行停止が地域高齢者の要介護リスク増加につながる可能性を示す根拠資料を提示できる。

Ⅱ 研究方法

1. 研究デザイン

電動カート運行前後および運行停止4か月後の3時点と比較する自然実験デザインの縦断研究である。運行前、運行中・停止直後調査では、電動カート実証事業である「電動カート導入による高齢者のQOL向上・介護予防・社会保障費抑制効果の評価等に関する研究」の調査データを使用した。実証事業では、電動カート導入による高齢者の介護予防効果、社会保障費抑制効果の検証を目的に、千葉大学および日本福祉大学が研究計画の設計および効果評価に関与した。運行停止調査は河内長野市が実施した「2023年電動カート運行再開のための高齢者ニーズアンケート」のデータを二次利用した。運行停止調査は河内長野市が電動カート利用者のニーズを把握する目的で実施したものである。3回の調査のうち初回の運行前調査は2022年7月～8月、2回目の運行中・停止直後調査は2023年7月20日～8月21日、3回目の運行停止調査は2023年11月～12月に実施した。河内長野市での実証事業が2023年7月22日に終了したため、電動カートの運行停止により、当該地域に住む者はすべて利用停止となった。

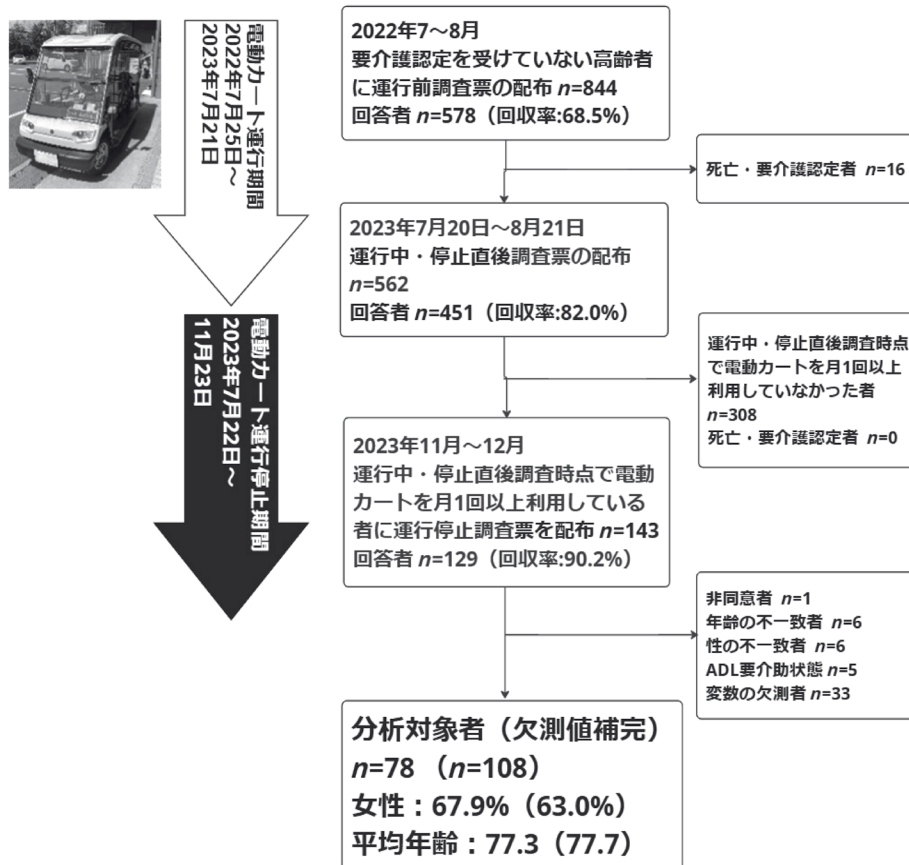
2. 調査エリアと分析対象者

大阪府河内長野市の大師町、日東町（2019年度時点で人口7,977人、高齢化率45.2%）で調査した¹⁶⁾。同地区は、地理的条件として丘陵部に住宅街があるため、最寄り駅やスーパーマーケットへ移動する際、急な坂道や階段を利用する必要があり、高齢者にとって移動しづらい環境が存在する。そのため、河内長野市は地域づくりの目標として「安全・安心で快適なまちづくり」を掲げ、主な取り組みに「移動支援」を挙げている¹⁶⁾。図1は分析対象者を選択するフローチャートである。運行前調査では、日常生活動作が自立し要支援・要介護認定を受けていない高齢者を対象に調査票を送付した。運行停止調査では運行中・停止直後調査時点で電動カートを月1回以上利用している143人に限定して調査し、129人（回収率90.2%）から回答を得た。月1回以上の利用者の定義は「2022年7月～現在までに電動カートをどのくらいの頻度で利用しましたか」と運行中・停止直後調査で尋ねて、「週4回、週2～3回、週1回、月1～3回、年に数回、利用していない」から「年に数回、利用していない」と回答した者を除く高齢者とした。分析対象者は78人である。

3. 電動カートと運用状況

実証事業調査で導入された電動カートはヤマハ発動機株式会社製のAR-07である。なお、グリーンス

図1 分析対象者選定のフローチャート



ローモビリティには、カート型やバス型などがあるが、本研究ではカート型を用いた。定員7人、ドライバーは地域のタクシー会社に委託した。運行ルートは、大師町に隣接するショッピングセンターを発着所として定時定ルートで住宅街を周回した。1周には30分ほどを要し、運行日時は週4日の9:30～12:00、13:00～16:00で、1日約20便だった。ルート上であれば高齢者は挙手や声掛けでどこでも乗降でき、料金は無料だった。1日の平均利用者数は約70人、1便あたり約3.5人が乗車していた¹⁷⁾。

4. 目的変数

目的変数は電動カート運行前、運行中・停止直後、運行停止の3時点の要支援・要介護リスク評価尺度点数（以下、リスク点数）とした¹⁸⁾。リスク点数は、表1の介護予防・日常生活圏域ニーズ調査の必須項目10問および性・年齢を合わせた計12項目から構成される。各調査時期のリスク点数を構成する際は、すべて運行前の年齢を使用することで、追跡調査による加齢の影響を除くこととした。高得点ほど3年以内の要支援要介護認定の発生が高くなり、カットオフポイントは16/17点で感度と特異度はともに73.3%と報告されている¹⁹⁾。

5. 説明変数

説明変数は3時点の調査時期である運行前、運行中・停止直後、運行停止とし、運行中・停止直後を参照群とした。

6. 調整変数

電動カート利用と主観的な変化との関連を検証した先行研究を参考に、運行前調査の性、教育歴（9年未満、10年以上）、婚姻状態（未婚、婚姻あり）、独居（独居、独居以外）、就労状況（あり、なし）、経済的困窮感（ゆとりなし、ふつう以上）を用いた¹⁴⁾。年齢は、リスク点数の構成に含まれており、高い相関があるため除外した。

7. 分析方法

運行前調査で回答を得た対象者の基本属性を電動カートの利用頻度別に記述した。次に、3時点の調査時期別でリスク点数の平均点とその構成項目の割合を記述した。最後に、電動カート運行前と運行中・停止直後および運行中・停止直後と運行停止で要介護リスクが高くなるかを示すために線形混合効果モデルで非標準化係数 B 、95% 信頼区間、 P 値を算出した。2つの追加分析では、電動カートの利用頻度が高いほど運行停止の影響を受ける可能性を考慮し、利用頻度別（週1回以上、月1～3回）で層

表1 調査時期別の要支援・要介護リスク点数の平均点と構成項目

		調査時期		
		運行前	運行中・停止直後	運行停止
要支援・要介護リスク点数, 平均 (SD)				
	全体	18.6 (8.1)	18.6 (7.8)	19.1 (8.8)
	週1回以上	20.7 (7.6)	20.0 (7.9)	21.8 (9.2)
	月1～3回	17.3 (8.2)	17.7 (7.7)	17.3 (8.1)
バスや電車を使って一人で外出をしていない, <i>n</i> (%)				
	全体	3 (3.8%)	5 (6.4%)	6 (7.7%)
	週1回以上	1 (3.2%)	1 (3.2%)	4 (12.9%)
	月1～3回	2 (4.3%)	4 (8.5%)	2 (4.3%)
自分で食品・日用品の買い物をしていない, <i>n</i> (%)				
	全体	7 (9.0%)	6 (7.7%)	8 (10.3%)
	週1回以上	3 (9.7%)	2 (6.5%)	5 (16.1%)
	月1～3回	4 (8.5%)	4 (8.5%)	3 (6.4%)
自分で預貯金の出し入れをしていない, <i>n</i> (%)				
	全体	4 (5.1%)	4 (5.1%)	7 (9.0%)
	週1回以上	3 (9.7%)	3 (9.7%)	5 (16.1%)
	月1～3回	1 (2.1%)	1 (2.1%)	2 (4.3%)
階段を手すりや壁をつたわずに昇っていない, <i>n</i> (%)				
	全体	29 (37.2%)	44 (56.4%)	42 (53.8%)
	週1回以上	16 (51.6%)	19 (61.3%)	18 (58.1%)
	月1～3回	13 (27.7%)	25 (53.2%)	24 (51.1%)
椅子に座った状態から何も捕まらずに立ち上がっていない, <i>n</i> (%)				
	全体	15 (19.2%)	19 (24.4%)	21 (26.9%)
	週1回以上	7 (22.6%)	10 (32.3%)	13 (41.9%)
	月1～3回	8 (17.0%)	9 (19.1%)	8 (17.0%)
15分以上続けて歩いていない, <i>n</i> (%)				
	全体	8 (10.3%)	10 (12.8%)	8 (10.3%)
	週1回以上	5 (16.1%)	5 (16.1%)	6 (19.4%)
	月1～3回	3 (6.4%)	5 (10.6%)	2 (4.3%)
この4か月間で転倒歴あり, <i>n</i> (%)				
	全体	15 (19.2%)	12 (15.4%)	7 (9.0%)
	週1回以上	5 (16.1%)	6 (19.4%)	4 (12.9%)
	月1～3回	10 (21.3%)	6 (12.8%)	3 (6.4%)
転倒への不安あり, <i>n</i> (%)				
	全体	43 (55.1%)	46 (59.0%)	41 (52.6%)
	週1回以上	21 (67.7%)	21 (67.7%)	18 (58.1%)
	月1～3回	22 (46.8%)	25 (53.2%)	23 (48.9%)
BMI 18.5未満, <i>n</i> (%)				
	全体	7 (9.0%)	11 (14.1%)	8 (10.3%)
	週1回以上	2 (6.5%)	3 (9.7%)	1 (3.2%)
	月1～3回	5 (10.6%)	8 (17.0%)	7 (14.9%)
約4か月前と比べて外出の回数は減っている, <i>n</i> (%)				
	全体	29 (37.2%)	6 (7.7%)	25 (32.1%)
	週1回以上	14 (45.2%)	1 (3.2%)	17 (54.8%)
	月1～3回	15 (31.9%)	5 (10.6%)	8 (17.0%)

Abbreviations: SD, standard deviation

各調査時期のリスク点数の構成には運行前の年齢を使用することで追跡調査による加齢の影響を除いた
要支援・要介護リスク点数の下位項目は該当者の人数と割合のみを記載した

表2 運行前の電動カート利用頻度別の基本属性

		全体	電動カート利用頻度	
			週 1 回以上	月 1～3 回
		<i>n</i> = 78 (100.0%)	<i>n</i> = 31 (39.7%)	<i>n</i> = 47 (60.3%)
性				
	男性	25 (32.1%)	7 (22.6%)	18 (38.3%)
	女性	53 (67.9%)	24 (77.4%)	29 (61.7%)
年齢, 平均 (SD)		77.3 (5.6)	78.4 (5.0)	76.7 (5.9)
教育歴				
	9 年未満	3 (3.8%)	1 (3.2%)	2 (4.3%)
	10年以上	75 (96.2%)	30 (96.8%)	45 (95.7%)
婚姻状態				
	未婚	20 (25.6%)	9 (29.0%)	11 (23.4%)
	婚姻あり	58 (74.4%)	22 (71.0%)	36 (76.6%)
独居				
	独居	13 (16.7%)	7 (22.6%)	6 (12.8%)
	独居以外	65 (83.3%)	24 (77.4%)	41 (87.2%)
就労状況				
	あり	7 (8.9%)	3 (9.7%)	4 (8.3%)
	なし	72 (91.1%)	28 (90.3%)	44 (91.7%)
経済的困窮感				
	ゆとりなし	8 (10.3%)	3 (9.7%)	5 (10.6%)
	ふつう以上	70 (89.7%)	28 (90.3%)	42 (89.4%)

Abbreviations: SD, standard deviation

別分析を実施した。次に、欠測値を補完したデータで同様の分析を実施した。分析対象のうち使用する全変数で選択肢の「その他」と回答した教育歴の1人、婚姻状況の2人および無回答者を欠測として補完した²⁰⁾。統計ソフトはSTATA MP 18および欠測値補完にはR version 4.2.3でmissRanger packageを使用した。missRangerはランダムフォレストを使って欠測データを補完する手法で、観測されたデータを用いて各変数の欠測値を推定する^{21,22)}。

8. 倫理的配慮

本研究は千葉大学倫理審査委員会の承認を得て実施した（初回承認日：2021年8月24日、運行停止調査データの二次利用のために修正した倫理審査承認日：2024年7月5日、承認番号：M10065）。運行前および運行中・停止直後調査の対象者に対して、研究参加前に紙面で説明と研究の同意を得た。運行停止調査は対象者に向けて、研究目的・内容と個人情報の取り扱い、同意撤回方法を記載した説明文書を千葉大学予防医学センターのホームページに掲示し、オプトアウトの機会を設けた。

Ⅲ 研究結果

電動カート利用頻度別で運行前調査より回答を得

た対象者の基本属性を示した（表2）。利用頻度が週1回以上の者は31人（39.7%）、月1〜3回の者は47人（60.3%）だった。月1〜3回の者と比べて、週1回以上の者で平均年齢は高かった。

表1に運行前、運行中・停止直後、運行停止の3時点のリスク点数の平均点と構成項目を示した。全体のリスク点数の平均点は運行中・停止直後で18.6点であり、運行停止で19.1点と最も高かった。利用頻度別では、週1回の者で運行中・停止直後が20.0点と最も低く、運行停止で21.8点と最も高かった。月1〜3回の者では、運行前および運行停止で17.3点と最も低く、運行中・停止直後で17.7点と最も高かった。リスク点数の構成項目では、全体に着目した場合に「バスや電車を使って一人で外出をしていない」、「自分で食品・日用品の買い物をしていない」、「自分で預貯金の出し入れをしていない」、「椅子に座った状態から何もつかまらずに立ち上がっていない」、「約4か月前と比べて外出の回数は減っている」と回答した者が運行中・停止直後と比較して、運行停止で増えた。

表3に運行中・停止直後調査を参照群とした調査時期とリスク点数との関連を示した。全体では運行前で0.01（−0.78–0.81, *P* = 0.975）、運行停止で0.49

表 3 運行中・停止直後を基準とした調査時期別リスク点数（線形混合効果モデル）

	全体（ <i>n</i> = 78）				1 年間の電動カート利用頻度							
					週 1 回以上（ <i>n</i> = 31）				月 1～3 回（ <i>n</i> = 47）			
	<i>B</i>	95%CI		<i>P</i>	<i>B</i>	95%CI		<i>P</i>	<i>B</i>	95%CI		<i>P</i>
運行前	0.01	−0.78	0.81	0.975	0.71	−0.75	2.17	0.341	−0.45	−1.31	0.42	0.311
運行中・停止直後	Ref.				Ref.				Ref.			
運行停止	0.49	−0.31	1.28	0.231	1.77	0.31	3.24	0.017	−0.36	−1.23	0.50	0.412

目的変数：要支援・要介護リスク評価尺度点数

説明変数：運行前，運行停止，参照群：運行中・停止直後

全体：目的変数＋説明変数＋性＋教育歴＋婚姻状況＋独居＋就労状況＋経済的困窮感

Abbreviations: CI, Confidence interval; Ref, Reference; *B*, 非標準化係数

（−0.31–1.28，*P* = 0.231）と有意な関連はなかった。電動カートの利用頻度が週 1 回以上の者では，運行前で 0.71（−0.75–2.17，*P* = 0.341），運行停止で 1.77（0.31–3.24，*P* = 0.017）と V 字型で運行停止後に有意にリスク点数は高かった。月 1～3 回の者では，運行前で −0.45（−1.31–0.42，*P* = 0.311），運行停止で −0.36（−1.23–0.50，*P* = 0.412）と有意な関連はなかった。

欠測値補完後の対象者 108 人では運行前で 0.21（−0.47–0.90，*P* = 0.544），運行停止で 0.57（−0.11–1.26，*P* = 0.102）だった。週 1 回以上の者 50 人では運行前で 0.56（−0.58–1.70，*P* = 0.336），運行停止で 1.40（0.26–2.54，*P* = 0.016）であり，主分析と類似した。月 1～3 回の者では有意な関連はなかった。

Ⅳ 考 察

電動カート運行前，運行中・停止直後，運行停止の 3 時点のリスク点数の変化の結果，全体では有意なリスク点数の変化はなかったが，運行前と運行中・停止直後の間よりも運行中・停止直後と運行停止の間の方でリスク点数の平均点は高かった。電動カートの利用頻度別の分析の結果，月 1～3 回の利用者では，全体と同様にリスク点数の有意な変化はなかったが，週 1 回以上の利用者では，運行中・停止直後を基準に運行停止でリスク点数が有意に高くなっていた。

電動カート運行中・停止直後を基準に運行停止でリスク点数が高かった要因として，身体活動および他者との交流機会の低下が考えられる。電動カートの運行停止は日常的に電動カートを利用していた高齢者の買い物や外出機会の喪失による身体活動の低下を引き起こし要介護リスクにつながる可能性がある。高齢者の外出目的では日用品の買い物，通院などがある²³⁾。表 1 より「外出の回数は減っている」と回答した者は運行中・停止直後の 7.7% に対して

運行停止では 32.1% に増加した。これは 1 年間という長期間に週 1 回以上も利用していた地域の公共交通がなくなることは高齢者の外出頻度が減少したことを示唆している。地域の公共交通の運賃値上げやサービス減少により住民の身体活動低下すること²⁴⁾，外出頻度減少と要介護リスクが高くなるという報告がある¹⁰⁾。本研究においても，電動カートが高齢者と地域のショッピングセンターなど外出目的地をつなぐラストワンマイルの移動支援の役割を果たし，運行停止によって買い物や外出機会を喪失することで身体活動が低下し，要介護リスクにつながる可能性が考えられる。次に，電動カートの運行停止が高齢者和其他者との交流や地域組織活動への参加を障害した可能性がある。公共交通は，地理的に離れた地域に住む人との社会的なつながりを形成し²⁵⁾，社会参加の促進や社会的孤立の軽減に寄与することが示唆されている^{7,26)}。電動カートは低速で運行し，運行音も静かで車内外が仕切られていない開放的なデザインのため車内外の人とコミュニケーションが取りやすいとられている¹³⁾。電動カートを利用する高齢者では，家族以外の人と話す機会や地域活動に参加するという社会的行動が高いことと関連する¹⁴⁾。他者との交流機会や社会参加はその後の要介護リスクが低いことと関連するため^{27,28)}，電動カートの運行停止によって社会的なつながりが維持できなくなったことで要支援・要介護リスクが高くなったと考えられる。

本研究の成果は地域の公共交通の廃止が高齢者の要介護リスクにつながるという先行研究と類似した¹⁰⁾。先行研究と公共交通の種類は異なるものの，実際の調査データから公共交通が停止した地域に居住する高齢者と要支援・要介護リスクが高いことを検証した。また，高齢者の加齢変化には 4 つのパターンがあると報告されている²⁹⁾。潜在クラス群によるトラジェクトリー解析で地域在住高齢者の生活機能を評価した Tokyo Metropolitan Institute of Ger-

ontology - Index of Competence (TMIG-IC) が加齢により4つのパターンを示し、変化する時期は異なるものの、一貫して生活機能は低下した。本研究の目的変数であるリスク点数には TMIG-IC で評価する項目の一部（バスや電車を使って一人で外出できるかなど）が含まれている。そのため、加齢に伴い電動カートの利用が週1回以上の高齢者でもリスク点数は線形に上昇することが予測される。しかし、調査時期別のリスク点数の平均点は週1回以上の者で運行中・停止直後に最も低く、その後の運行停止で最も高くなるというV字型のパターンだった。このことから、時間経過による加齢の影響ではなく、電動カートの運行によって有意ではなかったもののリスク点数は低下し、運行停止後にリスク点数が高くなったことから、時間経過による加齢の影響ではなく、運行中の週1回以上の利用で抑制されていた要介護リスクが運行停止により高くなった可能性が考えられる。

本研究の強みは2点ある。1点目は、電動カートの運行前、運行中・停止直後、運行停止の3時点データを構築できたことで週1回以上利用している者において運行停止が運行中・停止直後と比べて地域在住高齢者の要介護リスクが高いことを明らかにした。また、倫理上あるいは利用者の同意を得られない運行停止という外性ショックを利用した自然実験であり、比較対照群はいないものの貴重なデータを用いた研究である。2点目は、外出時に地域の公共交通である電動カートを週1回以上の頻度で利用する高齢者にとって電動カートの停止が要介護リスクを高めるという公共交通と健康の公平性に課題があることを提起した。公共交通が健康など他部門へのクロスセクター効果を評価することで、公共交通を維持する根拠とすることを述べている¹⁰⁾。今後の公共交通政策では、経済的採算性だけでなく、利用者の介護予防や健康増進の効果を評価基準に含めることで、公共交通の維持・発展が求められる。地域の公共交通の停止が避けられない場合、代替交通手段の確保や Mobility as a Service による利便性向上策を検討する必要がある³⁰⁾。

本研究の限界は3点ある。まず、分析対象者は3回の調査にすべて回答した高齢者であり、研究期間中に健康状態の悪化で調査に回答できない高齢者の結果を反映できていないもしくは調査に関心のある高齢者であることからもともとの健康指標が高く結果を過小評価する選択バイアスの可能性がある。次に、調査エリアは河内長野市大師町、日東町のみであり、他地域でも同様の成果が得られるかは未検証である。最後に、電動カートの先行研究では利用者

と非利用者の2群間比較だったが^{14,15)}、本研究の研究デザインは電動カートを利用した同一集団における3時点の縦断研究であり、非利用者は分析対象ではない。非利用者が分析対象にできなかった理由として、運行停止調査は、河内長野市がこれまでの電動カート利用者のみを対象に、運行再開にあたってのニーズを調査する目的で行ったデータを二次利用したためである。電動カートの運行停止と利用者の要支援・要介護リスクが高いことの因果に迫るには、同じ地区に住む電動カート利用者と非利用者を追跡し2群間比較による検証が望ましい。一方、本研究は、電動カートを利用した同一集団を3時点調査した縦断研究である。同一集団の2時点の前後比較研究は説明変数以外の第3の要素で目的変数が変化した可能性を否定できない³¹⁾。ただし、本研究は3時点の調査をしているため非利用者との比較はできていないが、時間的变化から説明変数である電動カートの関連を推測できる³¹⁾。電動カート運行停止後でV字型にリスク点数の平均点が上昇したことを確認しているが、非利用者との比較ができていない点は最大の限界である。

V 結 語

電動カートが運行停止することで、その後に高齢者の要支援・要介護リスクが高くなっていた。これにより、電動カートの持続的な運行が高齢者の介護予防に重要な手段となり得ることを示唆した。

本 研 究 は、JSPS 科 研 費 (23H00060, 22K17409, 23K19765)、ヤマハ発動機株式会社からの支援を受けた。ヤマハ発動機株式会社と千葉大学予防医学センターとの共同研究契約「電動カート導入による高齢者の QOL 向上・介護予防・社会保障費抑制効果の評価等に関する研究」に基づき、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JPMJP1831) ならびにヤマハ発動機株式会社の研究助成を受けて実施した。日本福祉大学は千葉大学とヤマハ発動機株式会社の共同研究契約に基づき、千葉大学と研究委託契約を締結している。記して深謝します。本研究へ参加、協力いただきました河内長野市の調査参加者のみなさまに厚く御礼申し上げます。共著者の近藤克則は、ヤマハ発動機株式会社から研究費の提供を受けたことを COI として開示します。また、共著者の斉藤雅茂および渡邊良太は、千葉大学から研究費の提供を受けたことを COI として開示します。

（ 受付 2024.12.21 ）
（ 採用 2025. 4. 8 ）
（ J-STAGE 早期公開 2025. 6. 9 ）

文 献

- 1) 杉浦美穂, 長崎 浩, 古名丈人, 他. 地域高齢者の歩行能力—4年間の縦断変化—. 体力科学 1998; 47: 443–452.
- 2) 阿部 勉, 橋立博幸, 島田裕之, 他. 地域在住高齢者における活動量と身体機能・IADLとの関連性. 理学療法科学 2009; 24: 721–726.
- 3) 渡辺美鈴, 渡辺丈眞, 松浦尊磨, 他. 自立生活の在宅高齢者の閉じこもりによる要介護の発生状況について. 日本老年医学会雑誌 2005; 42: 99–105.
- 4) 平井 寛, 近藤克則, 尾島俊之, 他. 地域在住高齢者の要介護認定のリスク要因の検討 AGES プロジェクト3年間の追跡研究. 日本公衆衛生雑誌 2009; 56: 501–512.
- 5) World Health Organization National programmes for age-friendly cities and communities: a guide. Geneva: World Health Organization. 2023. <https://iris.who.int/handle/10665/366634> (2024年12月3日アクセス可能).
- 6) Lavery AA, Webb E, Vámos EP, et al. Associations of increases in public transport use with physical activity and adiposity in older adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2018; 15: 31.
- 7) Reinhard E, Courtin E, van Lenthe FJ, et al. Public transport policy, social engagement and mental health in older age: a quasi-experimental evaluation of free bus passes in England. *J Epidemiol Community Health* 2018; 72: 361–368.
- 8) Latham-Mintus K, Manierre M, Miller K. Staying connected: alternative transportation use, neighborhoods, and social participation among older Americans. *Gerontologist* 2022; 62: 75–88.
- 9) 国土交通省総合政策局交通政策課. 地域公共交通政策について. 2024. https://www8.cao.go.jp/kourei/taikou-kentoukai/k_6/pdf/s2-1.pdf (2024年11月28日アクセス可能).
- 10) 平井 寛. 地域公共交通サービスの維持と高齢者の健康. 自治総研通巻 2019; 486: 24–43.
- 11) 国土交通省総合政策局環境政策課. グリーンスローモビリティの導入と活用のための手引き. 2021. <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/content/001405966.pdf> (2024年12月3日アクセス可能).
- 12) 平野里奈, 土井健司, 葉 健人, 他. グリーンスローモビリティの社会的価値の分析. 国際交通安全学会誌 2022; 46: 231–240.
- 13) 国土交通省総合政策局環境政策課. 地域特性に応じた電動低速モビリティの活用検討調査業務報告書. 2020. <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/content/001362002.pdf> (2024年12月3日アクセス可能).
- 14) 田村元樹, 井手一茂, 花里真道, 他. 地域在住高齢者におけるグリーンスローモビリティ導入による外出, 社会的行動, ポジティブ感情を感じる機会の主観的变化—前後データを用いた研究—. 老年社会科学 2023; 45: 225–238.
- 15) 渡邊良太, 斉藤雅茂, 宮國康弘, 他. ニュータウンにおけるグリーンスローモビリティの試行導入: 7週間の実証試験. 日本公衆衛生雑誌 2024; 71: 624–636.
- 16) 河内長野市. 河内長野市第5次総合計画後期基本計画及び河内長野市第2期まち・ひと・しごと創生総合戦略. 2021. <https://www.city.kawachinagano.lg.jp/uploaded/attachment/24700.pdf> (2024年9月27日アクセス可能).
- 17) 河内長野市. 日東町・大師町における電動カート利用による健康維持の効果検証. 2024. <https://www.city.kawachinagano.lg.jp/soshiki/30/99165.html> (2024年9月27日アクセス可能).
- 18) 辻 大士, 高木大資, 近藤尚己, 他. 基本チェックリストと健診データを用いた縦断研究に基づく要支援・要介護リスク評価尺度の開発. 日本公衆衛生雑誌 2017; 64: 246–257.
- 19) Tsuji T, Kondo K, Kondo N, et al. Development of a risk assessment scale predicting incident functional disability among older people: Japan Gerontological Evaluation Study. *Geriatr Gerontol Int* 2018; 18: 1433–1438.
- 20) 小林周平, 陳 昱儒, 井手一茂, 他. 高齢者における近隣の生鮮食料品店の有無の変化と歩行時間の変化: JAGES2016–2019縦断研究. 日本公衆衛生雑誌 2023; 70: 235–242.
- 21) Stekhoven DJ, Bühlmann P. MissForest—non-parametric missing value imputation for mixed-type data. *Bioinformatics* 2012; 28: 112–118.
- 22) Mayer M. Fast imputation of missing values. 2024. <https://cran.r-project.org/web/packages/missRanger/missRanger.pdf> (2024年9月27日アクセス可能).
- 23) 国土交通省. 全国都市交通特性調査. 2015. <https://www.mlit.go.jp/common/001176318.pdf> (2024年9月27日アクセス可能).
- 24) James P, Ito K, Buonocore JJ, et al. A health impact assessment of proposed public transportation service cuts and fare increases in Boston, Massachusetts (U.S.A.). *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11: 8010–8024.
- 25) Bailey M, Farrell P, Kuchler T, et al. Social connectedness in urban areas. *J Urban Econ* 2020; 118: 103264.

- 26) Boniface S, Scantlebury R, Watkins SJ, et al. Health implications of transport: evidence of effects of transport on social interactions. *J Transp Health* 2015; 2: 441–446.
- 27) 東馬場要, 井手一茂, 渡邊良太, 他. 高齢者の社会参加の種類・数と要介護認定発生の関連: JAGES2013–2016縦断研究. *総合リハビリテーション* 2021; 49: 897–904.
- 28) 斉藤雅茂, 近藤克則, 尾島俊之, 他. 健康指標との関連からみた高齢者の社会的孤立基準の検討 10年間のAGESコホートより. *日本公衆衛生雑誌* 2015; 62: 95–105.
- 29) Taniguchi Y, Kitamura A, Nofuji Y, et al. Association of trajectories of higher-level functional capacity with mortality and medical and long-term care costs among community-dwelling older Japanese. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2019; 74: 211–218.
- 30) 国土交通省総合政策局モビリティサービス推進課. MaaS入門ガイドブック～MaaSを導入したい自治体・事業者の皆様へ～. 2022. <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001573197.pdf> (2024年12月3日アクセス可能).
- 31) Evans VA, Axelrod S, Kazdin, AE (2011). *Single-Case Research Designs, Second Edition*. *Child Fam Behav Ther* 2012; 34: 76–79.
-

The association between public transportation electric-powered cart stoppage and the risk of incident functional disability in older people: A longitudinal study comparing three waves of data (pre-operation, post-operation, and post-stoppage)

Shuhei KOBAYASHI^{*,2*}, Kazushige IDE^{*}, Ryota WATANABE^{*,3*}, Masaki FUKUSADA^{3*},
Masamichi HANAZATO^{*}, Masashige SAITO^{3*,4*} and Katsunori KONDO^{*}

Key words : green-slow mobility, mobility support, age-friendly city, risk of functional disability, social connections, physical activity

Objective Green-slow mobility (electric-powered carts), with travel speeds below 20 km/h on public roads, is expected to promote outings and social participation, potentially reducing the risk of functional disabilities. When electric-powered cart operations stop in a community, outings and social connections may decrease, thereby increasing the risk of functional disability. This study investigated whether the risk of functional disability increased among users after electric-powered cart operation ended.

Methods This longitudinal study employed a natural experimental design and analyzed three waves of data: before electric-powered carts were introduced, during operation/immediately after operation stopped, and sometime later (post-stoppage). For each wave, data were gathered through a self-administered survey. After operation stopped, secondary analyses were conducted. Electric-powered carts remained out of service for four months following the demonstration project's conclusion. Participants included 78 adults over age 65 residing in Nitto, Taishi, and Kawachinagano. They completed all three surveys and reported using electric-powered carts at least once monthly during operation. The primary outcome variable was the risk assessment scale, which predicts the likelihood of requiring long-term care within three years (range: 0–48, with higher scores indicating a greater risk). The primary explanatory variables were survey waves (preoperative, during the operation/immediately after operations stopped, and post-stoppage). Covariates included baseline characteristics, such as sex, education, marital status, employment, economic hardship, and living alone. A linear mixed-effects model was used to analyze the data, reporting coefficients (*B*), 95% confidence intervals (CI), and *P* values. Additional analyses stratified the participants by cart usage frequency (at least once weekly vs. 1–3 times monthly).

Result Among people who used carts at least once weekly ($n = 31$, 39.7%), the mean risk scores were the lowest during operation/immediately after operation stopped (20.0) and the highest post-stoppage (21.8). The coefficient of the association between survey timing and risk scores was 0.01 (−0.78–0.81, $P = 0.975$) during operation/immediately after operation stopped, and 0.49 (−0.31–1.28, $P = 0.231$) after post-stoppage. For people using carts at least once/week, the association was 0.71 (−0.75–2.17, $P = 0.341$) pre- and 1.77 (0.31–3.24, $P = 0.017$) post-stoppage. No significant associations were found for those using carts 1–3 times monthly.

Conclusion Stopping electric-powered cart operations may increase the risk of long-term care, particularly for [at least] once weekly users. Sustained cart usage is vital for healthy aging among older adults.

* Center for Preventive Medical Sciences, Chiba University

^{2*} Graduate School of Medical and Pharmaceutical Sciences, Chiba University

^{3*} Center for Well-being Society, Nihon Fukushi University

^{4*} Faculty of Social Welfare, Nihon Fukushi University