

地域包括ケアシステム実現に向けた 数理的なアプローチ

—千葉県野田市・流山市との地域連携—

伊藤 真理, 高嶋 隆太

近年の高齢化の進展により、各地域における地域包括ケアシステムの構築が急務となっている。本稿では、著者らが実施している、所属大学のキャンパス所在地である千葉県野田市と、隣接している流山市との共同研究において、これらの自治体における地域包括ケアシステムの構築、運用へ数理的なアプローチを用いて貢献している研究内容について紹介する。具体的には、野田市における介護支援サービス事業と介護予防事業の分析と、流山市における流山市民の死亡実態調査と訪問介護事業の分析である。これらの成果の一部は、各市の事業計画の方向性を検討する基礎資料に盛り込まれ、政策決定の指標として活用されている。本稿では、これらの一部について紹介する。

キーワード：地域包括ケア、介護事業、地方自治体、支払意志額、コンジョイント分析、スケジューリング

1. はじめに

厚生労働省は、2025年までに地域包括ケアシステムの構築を推進している。これは、高齢者の暮らしを人生の最期まで可能な限り住み慣れた地域で維持することを目的としている。特に、本システムにより、「住まい」、「医療」、「介護」、「予防」、「生活支援」が一体的に提供できることを目指すとしている。また、高齢化の進展状況は地域差があるため、地方自治体が地域の自主性や主体性に基づき、地域の特性に応じて地域包括ケアシステムを構築することが必要であると述べている [1]。すなわち、これは、地域包括ケアシステムの構築において、地方自治体の役割はきわめて重要であることを意味している。

著者らは、大学と地域との連携として、3年前から所属大学のキャンパス所在地である千葉県野田市と、隣市である流山市と共同研究を始めている。野田市は、千葉県の北西部に位置する人口約15万人の市である。本市は、若年層の人口流失などが原因で高齢化が進行している。2012年度から2017年度までの5年間で、高齢化率は24.3%から29.7%へと増加している [2]。流山市は、野田市に隣接する人口約19万人の市である。本市は、首都圏新都市鉄道株式会社が運営するつくばエクスプレスの開通とともに開発が進み、2018年

度の転入者数は約1万2千人となり、子育て世代と高齢者の人口が増加している [3]。このように、隣接する地域であっても高齢化の状況は異なり、野田市、流山市それぞれの地域状況に合わせた地域包括ケアシステムの構築が必要であることがわかる。

本稿では、野田市における介護支援サービス事業と介護予防事業の分析と、流山市における流山市民の死亡実態調査と訪問介護事業の分析に関する研究の一部を紹介する。

2. 千葉県野田市の介護支援サービス事業における支払意志額の推定

2.1 介護支援サービス事業

厚生労働省は、介護支援サービス事業において、現行の介護サービスに加えて、市民などの新たな担い手による多様な新規の介護サービスを充実させることによって、地域で支え合う体制作りを推進している。また、本省は、地方自治体に対し、地域の実情に応じた介護サービスの提供を期待している [4]。このような状況を踏まえ、野田市は、介護サービス利用対象の市民へアンケート調査を行い、新規の介護サービス導入について自市での必要性を検証したいと考えている。新規の介護サービスを実現するためには、多くの投資が必要になることは、市の担当者の経験から自明である。野田市は、市民の声を踏まえながら、経済性の観点から、定量的に本事業の実施について考察したいと考えている。

いとう まり, たかしま りゅうた
東京理科大学理工学部経営工学科
〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

表 1 性別と年齢、生活圏域別の支払意志額 (円/年)

変数		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
全回答の平均		1,208	1,704	1,564	1,989
性別	男	1,084	1,580	1,458	1,849
	女	1,317	1,828	1,682	2,139
年齢	65-69 歳	1,052	1,724	1,640	2,261
	70-79 歳	1,346	1,710	1,468	1,721
	80 歳以上	1,531	1,607	1,679	2,203
日常生活圏域	中央・東部	1,212	2,135	2,019	2,450
	南部・福田	1,253	1,607	1,489	1,772
	北部・川間	1,137	1,409	1,187	1,766
	関宿	1,230	1,722	1,684	2,150

そこで著者らは、アンケート調査に基づき、新規の介護サービスの利用意志と、それに伴う介護保険に対する支払意志額 (Willingness to Pay: WTP) を測定する。WTP は、政策実施を考える市民がその政策に対してどの程度の金額を支払って良いかという指標である。WTP を測定することで便益を算出し、費用便益分析を実施し、定量的に本事業を評価する¹。

著者らの本事業に対する貢献は、第 7 期野田市老人福祉計画及び介護保険事業計画の基礎資料に盛り込まれている [5]。

2.2 分析方法

介護保険のような非市場価値の評価を行う手法の一つに、仮想市場評価法 (Contingent Valuation Method: CVM) がある。CVM は、ある仮想的なシナリオを回答者である市民に提示し、その WTP を尋ねることによって、シナリオの経済価値を金額として評価する手法である。本研究では CVM の質問形式として、介護サービスへの WTP に関する質問項目について、2 回金額を提示する二肢選択ダブルバウンド方式を採用する。具体的には、最初に提示額 $T1$ を示し、「支払う」と回答した者には $T1$ よりも高い金額 TU を示し、「支払わない」と回答した者には $T1$ よりも低い金額 TL を示す。本方式により WTP を推定するために、経済理論のランダム効用理論に基づいた対数線形ロジットモデルを用いる。ランダム効用理論は、満足度を示す効用は観察可能なものと不可能なものに分けられ、実際に選択されたものが最も効用が高いと仮定し、選択確率を算出する理論である。

2.3 分析結果と考察

調査対象は、野田市在住の 65 歳以上で自立生活者、要支援者、要介護度 1 と 2 の要介護認定者とした。ア

ンケートは、2017 年 8 月に市を「中央・東部」、「南部・福田」、「北部・川間」、「関宿」の 4 地域に分け、それらの地域から各 250 名をランダムに抽出し、計 1,000 名に行った。回収数は 709 であった。

ある仮想的なシナリオとして、下記のケースを調査対象者に提示し、その WTP を尋ねた。

- 1: 介護保険施設や介護サービスの維持 (現状維持)
- 2: ケース 1 に生活援助を含む
- 3: ケース 1 に保健師などによる居宅での相談や指導を含む
- 4: ケース 1 に病院などへの移動や外出の支援を含む

たとえば、ケース 2 であれば「現状のサービスに生活援助 (掃除、洗濯、買い物など) が含まれた場合、介護保険料が現状より年間で 3,000 円高くなることに、賛成しますか。」という設問である。

表 1 に、各ケースにおける性別と年齢、生活圏域別の WTP を示す。表 1 のケース 1 と比較し、ケース 2 からケース 4 は新規の介護サービスが付加された状況を表しているため、WTP が高い値を示す。特に、ケース 4 の WTP が最も高く、市内において、移動や外出支援の必要性があるものと考えられる。

近年、現行の介護サービスを維持するために、さまざまな市で介護保険料が増額されている。近隣 A 市では、年間 3,600 円の介護保険料の増額が見込まれており、野田市でも同程度の介護保険料の増額が想定されている。介護保険料の増額は、費用便益分析における費用と考えることができ、表 1 の値は便益と考えることができる。介護保険料の増額は表 1 のケース 1 を上回り、正味の便益は負の値となる。しかしながら、介護サービスは、これから迎える超高齢化社会において必要不可欠なものであり、正味の便益が負であるとしても、現行の介護サービス事業は実施されるべきであると考えられる。一方、ケース 2 からケース 4 のよう

¹ 本稿では、紙幅の制約のため、WTP の推定のみについて言及する。

な新規の介護サービスを付加する投資を行うことは、現行の介護サービスの維持よりも費用がかかる。現状維持のための介護保険料の増額と比較しても、表1のケース2からケース4は、正味の便益は負の値となる。以上より、本調査・分析から、市民はそれぞれの多様な新規の介護サービスの必要性は感じている一方、野田市がその施策を講じることは正味の便益が負となることから、現実的ではないことが示唆される。

3. 千葉県野田市の介護予防事業におけるコンジョイント分析

3.1 介護予防事業

野田市は、今後のさらなる高齢者の増加に伴い、要支援・要介護認定者数が増え、市の介護費用が増加することを懸念している。本市は、介護予防へ政策を転換し、高齢者が心身における健康を維持するとともに、介護費用の減少を試みている。具体的には、介護予防10年の計と呼ぶ、シルバーリハビリ体操、のだまめ学校、えんがわなどの六つの事業を展開している。

シルバーリハビリ体操は、高齢者の市民が指導士となり、肩こり予防や転倒予防などのリハビリ体操を他の市民に指導する事業である。市民が指導士になることで、参加者同士の交流が深まることも本事業の開催目的の一つである。のだまめ学校は、公民館などを使用して認知症予防や介護予防などの健康に関する講座を専門講師が行う事業である。えんがわは、歓談・体操・趣味活動などで市民がふれあえる憩いの場を市民が開設する事業である。開設する市民には市から3年間で最大20万円の補助金が支給される。しかしながら、これらの事業は、2017年度から展開し始めた年次の浅い取り組みであるため、事業の認知度や高齢者の参加率は低い。参加率を向上させ、より多くの高齢者の健康増進のために、高齢者がこれらの事業への参加意思を示す要因を明らかにすることは重要である。

本研究ではシルバーリハビリ体操、のだまめ学校、えんがわの三つの事業に注目し、市民へのアンケート調査に基づき、市民の選好構造を把握するコンジョイント分析を用いて、各事業に対する市民の効用を評価する。ここでの効用は、市民が各事業へ参加することによって得られる満足度と定義する。コンジョイント分析では、事業を構成する各属性およびその水準が効用へ及ぼす影響を定量的に比較・評価することが可能となる。分析結果を基に、より市民の効用の向上を図るための今後の事業展開への知見を得る。

3.2 分析方法

はじめに、効用に影響を与えると推測される要因を属性として市職員との打ち合わせから選定する。選定した三つの属性の三つの水準を組み合わせることで複数の仮想的なシナリオを作成し、市民へ提示する。市民は提示された各シナリオに対して、その好ましさに応じて6段階で評価点を付ける。たとえば、シルバーリハビリ体操では、三つの属性として移動時間、開催目的、指導士を、三つの水準として移動時間に徒歩5分未満、徒歩5分以上15分未満、徒歩15分以上、開催目的にリハビリ、健康維持、仲間作り、指導士に専門家、市民(友人や知人)、市民(自分)を考える。その際、直交表を用いて、提示するシナリオ数を絞る。次に、評価点の平均値によって表された効用を目的変数、各属性の水準によって表されたダミー変数を説明変数として回帰分析を行う。

3.3節では、部分効用値と相対重要度に注目し、結果を考察する。部分効用値は、各属性の各水準について得られた回帰係数の平均との差であり、回答者の各水準に対する効用を示す。相対重要度は、各属性内の部分効用値の範囲を全属性の部分効用値の範囲の総和で除したものであり、回答者の各属性に対する相対的な重要度を示す。

3.3 分析結果と考察

調査対象は、野田市在住の65歳以上の高齢者とした。アンケートは、2節と同様に4地域に分け、各地域から250名をランダムに抽出し、計1,000名に行った。回収数は661であった。

図1に、シルバーリハビリ体操の部分効用値と相対

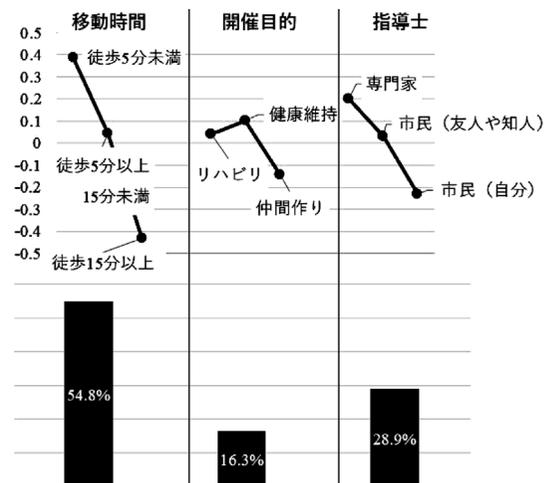


図1 シルバーリハビリ体操の部分効用値と相対重要度

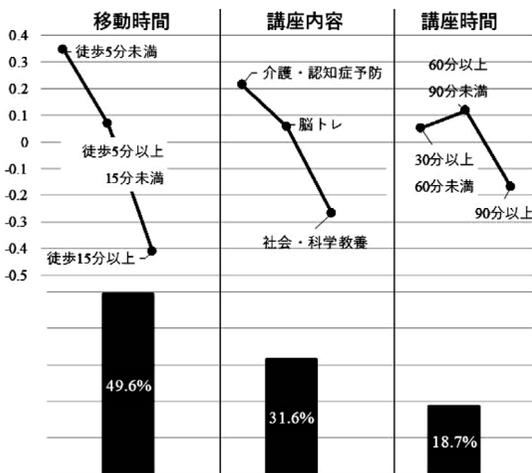


図2 のだめ学校の部分効用値と相対重要度

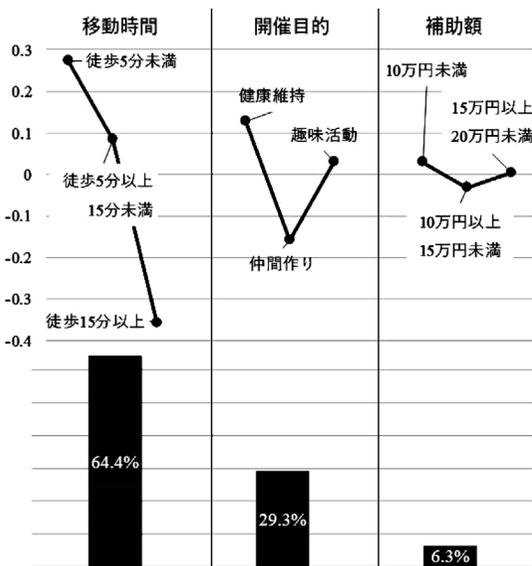


図3 えんがわの部分効用値と相対重要度

重要度を示す。図1より、本事業の狙いが外れ、市民よりも専門家が指導士になる場合に効用が高まった。本事業の開催目的の一つである仲間作りに関して、効用は低かった。図2に、のだめ学校の部分効用値と相対重要度を示す。図2より、本事業の狙いどおり、講義内容が介護・認知症予防のとき、最も効用が高かった。講義時間は、60分以上90分未満の効用が高かった。図3に、えんがわの部分効用値と相対重要度を示す。図3より、本事業の狙いが外れ、補助額の重要度は低く、補助額を多くすることによる効用の増加はほぼなかった。また、全事業とも移動時間が最も重要度が高い属性であった。

以上より、本調査・分析から、事業によっては、市が考える市民の効用と実際とで相違があることが判明した。本結果は、今後の事業の改善に役立てることができると考えられる。たとえば、えんがわで市民に補助金として支払う予定であった予算をシルバーリハビリ体操の専門家の指導士を雇う予算に充てることで市民の効用は総合的に高まると考えられる。さらに、市民が最も重要視している移動時間について、野田市の実際の地理情報を用いて、より多くの市民が参加しやすい開催場所を算出することにより、市民の効用が高まり、参加率向上に貢献することができると考えられる。

4. 千葉県流山市の訪問介護事業におけるスケジューリング

4.1 訪問介護事業

流山市では、地域包括ケアシステムの構築に向けて、2014年度から市内の医療と介護の職能団体の代表からなる流山市在宅医療介護連携会議を設置し、流山市在宅医療連携拠点事業を実施している。著者らは、本事業の基礎データとするために、2014年1月1日から2016年12月31日の3年間の厚生労働省保有の人口動態調査死亡票および松戸健康福祉センター保有の死亡小票データを用いて、流山市民の死亡実態調査を行った。著者らの本事業に対する貢献は、2019年3月18日に開催した流山市在宅医療介護連携会議資料に盛り込まれ、著者らも本会議にて分析結果を報告している。

前述の調査より、今後は市内の医療や介護機関の拡充が必要であることが明らかになった。そのため著者らは初めに訪問介護事業に着目し、訪問介護サービスの効率化を図ることにした。地域の訪問介護事業には、要支援・要介護認定者を支援する地方自治体と訪問介護員を管理する訪問介護事業所が関わっている。地方自治体は、介護の中心機関として、要支援・要介護認定者のための介護計画の作成や相談窓口である総合的な地域包括支援センターを運営している。訪問介護事業所は、訪問介護員が訪問介護サービスをいつどの利用者宅で提供するかを決定する訪問介護スケジュールを作成し、訪問介護サービスに直接関与する訪問介護員を管理している。流山市には四つの地域包括支援センターと約40の民間の訪問介護事業所がある。2018年の訪問介護員数は317名、利用者数は7,669名である。

利用者の増加と訪問介護員不足の影響を受け、少ない訪問介護員が利用者宅へ効率的に訪問する訪問介護スケジュールの作成が求められている。さらに、訪問

介護スケジュールは訪問介護員の保有介護資格の種類や労働時間、利用者の希望介護サービスやその希望時間枠など、多くの条件を満たす必要もある。そのため、訪問介護スケジュールの作成は非常に複雑である。

訪問介護事業に対する地方自治体の役割が評価される社会的背景を考慮すると、訪問介護スケジューリングでは、利用者を支援する地方自治体と訪問介護員を管理する訪問介護事業所の両者の方針を考慮することが重要であると考えられる。本研究は、訪問介護サービスに対する地方自治体と訪問介護事業所の方針の違いが訪問介護スケジュールに及ぼす影響を数値分析によって評価する。さらに、両者にとって最適なスケジュールに対するオプションがあるか、または妥協点を見つける必要があるかを分析する。地方自治体と訪問介護事業所の方針を外生的に設定できる目的関数をもつ数理計画モデルを提案する。地方自治体の方針は、利用者の待ち時間を最小限に抑え、利用者の満足度の低下を防ぐことである。一方、訪問介護事業所の方針は、各訪問介護員が1日に訪問できる利用者宅数を最大にすることである。訪問介護スケジューリング問題や数値分析の使用データは、流山市が訪問介護事業所に行ったアンケート調査と先行研究 [6-8] に基づき、設定する。

4.2 分析方法

ここでの訪問介護スケジューリング問題は、どの訪問介護員がどの訪問介護サービスをいつどの利用者宅で提供するかを決定することである。まず利用者は訪問介護サービスを受けたい希望時間枠を訪問介護事業所に伝える。訪問介護事業所はその枠に基づき、さまざまな条件を考慮しながら、1分刻みの1日の訪問介護スケジュールを作成する。訪問介護員は、訪問介護事業所に出勤し、利用者宅を数件訪問し、訪問介護事業所に立ち寄り、退勤する。訪問介護員は、介護資格によって、提供できる介護サービスが異なる。訪問介護サービスの種類には、1名の訪問介護員が提供する単一サービスと、2名の訪問介護員が提供する同時サービスと優先サービスがある。同時サービスは、2名の訪問介護員が同時に提供するサービスであり、優先サービスは、サービスに優先付けがされ、順次提供するサービスである。また訪問介護サービスの種類によってサービスの提供時間は異なる。

著者らは上記の問題を混合整数計画問題として定式化し、汎用ソルバーを用いて解く。モデルの目的関数は、利用者の合計待ち時間 W と利用者の最大待ち時間 W^{max} と訪問介護員の合計移動時間 D の和とする。訪問介護員の移動時間 D を管理することは結果的に訪

問介護員の労働時間を管理することを意味する。その各項に外生的な方針パラメータ、 $\alpha \in [0, 1]$ を付加し、最小化する。

$$\text{Minimize } (1 - \alpha)(W + W^{max}) + \alpha D$$

W, W^{max}, D は変数である。この外生的な方針パラメータ α は、地方自治体と訪問介護事業所の関係に依存する。たとえば、 $\alpha = 1$ のとき、この問題は訪問介護員の移動時間 D のみを最小化する。これは、訪問介護スケジュールが訪問介護事業所の方針によってのみ作成されることを意味する。地方自治体と訪問介護事業所の両者が十分な協体制にある場合、最良の外生的な方針パラメータ α は双方の合意の下で決定される。そのため、最適な訪問介護サービス方針は、各 α における最適解を比較した際に、分析的に最も良いスケジュールである必要はない。

本稿では、本モデルの制約式の記載を省略する。

4.3 分析結果と考察

目的関数の外生的な方針パラメータ α が訪問介護スケジュールに与える影響を分析する。図4に、異なる外生的な方針パラメータ α 下での利用者の待ち時間 $W + W^{max}$ と訪問介護員の移動時間 D を示す。図4より、 $0 \leq \alpha \leq 0.5$ のとき、利用者の待ち時間 $W + W^{max}$ が最小になる。 $0.5 \leq \alpha \leq 0.9$ のとき、移動時間 D は、 α 値が増加するにつれて緩やかに減少し、待ち時間 $W + W^{max}$ は緩やかに増加する。 $\alpha = 1$ のとき、合計待ち時間 W が急激に増加する一方、訪問介護員の移動時間 D が最小になる。これは、出勤する訪問介護員数を減らすことができたためである。以上より、地方自治体と訪問介護事業所間で妥協点が必要であることがわかった。ここでは数値分析データの記載を省略しているが、データとして入力した訪問介

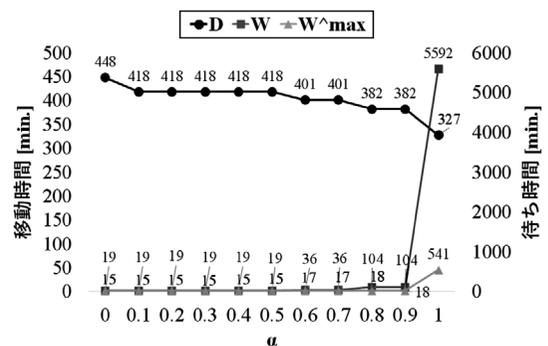


図4 外生的な方針パラメータ α 下での利用者の待ち時間 $W + W^{max}$ と訪問介護員の移動時間 D

護事業所または利用者宅間の移動時間の表と利用者の訪問介護サービスの希望時間枠、得られた訪問介護スケジュールを参照すると、利用者の希望時間枠が、訪問介護員の訪問順序と訪問介護サービスの開始時刻に大きく影響することがわかった。そのため、訪問介護事業所は利用者に余裕のある希望時間枠の設定を呼びかけることが望ましいと考えられる。

将来的に利用者数の増加に伴い、訪問介護員不足がますます深刻化すると予想される社会背景において、全訪問介護員が1日に最も多くの利用者宅を訪れると想定し、その想定下での訪問介護スケジュールに対する外生的な方針パラメータ α の影響を分析する。その結果、 α の違いにより、多少の変動はあるものの、訪問介護員の労働時間に大きな変化はなかった。これは訪問介護員が1日に訪問できる最大利用者宅数を全 α 下で訪問しているからである。また利用者の待ち時間のみを最小化した($\alpha = 0$)のとき、訪問介護サービスの希望時間枠に従わないスケジュールが作成された。これは、利用者数に対して訪問介護員数が不十分であるため、利用者の訪問介護サービスの希望時間枠を満足することができないからである。

まとめると、地方自治体と訪問介護事業所にとって、個別の視点では、最適な訪問介護サービス方針は、異なるスケジュールを選択することであるが、両者が十分な協力体制にある場合では、相互に合意した妥協スケジュールを見つけることが重要である。流山市は訪問介護事業所に訪問介護サービスを委託しているが、他市では、地方自治体が訪問介護スケジュールを部分的に決定する場合がある。この場合、外生的な方針パラメータは、地方自治体と訪問介護事業所との合意の下で導き出される。

もし地方自治体が利用者の満足度を向上させる方針で訪問介護サービスを実施したいと考えるのであれば、移動時間 D に関わる訪問介護事業所が負担する訪問介護員の交通費または人件費の一部を補助金などで賄うことが望ましいと考えられる。一方で、訪問介護員数が不十分である場合には、利用者の満足度を向上することが難しい。そのため、地方自治体は訪問介護事業所に対して、人材確保に向けての支援策を講じることが望ましいと考えられる。つまり、訪問介護スケジュールは、費用と人的資源、時間の制約の範囲内で提供されることを意味している。したがって、訪問介護政策の質は、資源配分と補助金に部分的に依存していると考えられる。

5. おわりに

本稿では、著者らと地方自治体との共同研究を紹介した。これらの成果の一部は、地域の事業計画の方向性を検討する指標として活用された。2019年度までに得られた成果のため、これらの介護事業は新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響を受けず、実施可能であった。COVID-19の拡大によって、日本をはじめ世界は、社会経済に大きな影響を受け、未曾有の危機に直面している。本稿で示したように地域包括ケアシステムにおいて、行政、事業者と地域住民、または、地域住民間のコミュニケーションは必要不可欠である。これは、「密閉空間」、「密集場所」、「密接場面」の3密を避けるCOVID-19の対応策とは、真逆の場所に位置する。今後、地域包括ケアシステムとCOVID-19の対応策の両立を目指すべく、地方自治体の適切な対応が求められることが考えられ、それらに、本稿で紹介したような数理的なアプローチが貢献できるものと考えている。地域包括ケアシステムの構築にあたって、地方自治体の役割や地域住民との関わり方は、今後ますます重要になり、その時々に対応した施策が求められることが予想される。著者らは今後も地域と連携し、オペレーションズ・リサーチなどの数理的なアプローチにより指標を提供することで、地方自治体の政策決定に対し、支援していきたいと考えている。

謝辞 本稿の各研究を進めるにあたり、野田市介護保険課、流山市介護支援課から有益な情報、助言を頂いた。この場を借りて、謝意を表する。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 地域包括ケアシステム, https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/chiiki-houkatsu/ (2020年5月26日閲覧)
- [2] 野田市, 野田市公式ホームページ, <https://www.city.noda.chiba.jp/index.html> (2020年5月26日閲覧)
- [3] 流山市, 流山市公式ホームページ人口統計, <https://www.city.nagareyama.chiba.jp/> (2020年5月26日閲覧)
- [4] 厚生労働省, 介護予防・日常生活支援総合事業ガイドライン, <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/0000088276.pdf> (2020年5月26日閲覧)
- [5] 野田市, 平成29年度第4回野田市老人福祉計画及び介護保険事業計画推進等委員会資料, https://www.city.noda.chiba.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/011/538/05_291205date.pdf (2020年5月26日閲覧)
- [6] K. Braekers, R. F. Hartl, S. N. Parragh and F. Tricoire, "A bi-objective home care scheduling problem: Analyzing the trade-off between costs and client incon-

- venience,” *European Journal of Operational Research*, **248**, pp. 428–443, 2016.
- [7] M. Cissé, S. Yaçındağ, Y. Kergosien, E. Şahin, C. Lenté and A. Matta, “OR problems related to home health care: A review of relevant routing and scheduling problems,” *Operations Research for Health Care*, **13**, pp. 1–22, 2017.
- [8] C. Fikar and P. Hirsch, “Home health care routing and scheduling: A review,” *Computers & Operations Research*, **77**, pp. 86–95, 2017.