



原著

要介護認定者の5年生存率上昇後の人口構造に関する 確率シミュレーション・モデルを用いた検討

鈴木真^{1*}, 本多伸行², 木村大介³

¹ 佛教大学 保健医療技術学部 作業療法学科

² 関西福祉科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 作業療法学専攻

³ 名古屋女子大学 医療科学部 作業療法学科

要旨

本研究では、介護保険分野における要介護認定者の健康寿命の延伸という観点から5年生存率を上昇させるための要介護度の推移について、確率シミュレーション・モデルを用いて検討した。方法は、まず先行研究を参考に仮想の1万人分の5年間の要介護度の確率的に作成した基準群とするデータセットを作成した。これに対し、各年の死亡率を調整し5年後の生存率が基準群よりも1%上昇するデータセットを同様の方法で作成し、これを処理群とした。以上の仮想のデータセットの作成を、不確実性による外れ値によってデータに不安定性が生ずる危険性を排除するためにそれぞれ100回行い、その記述統計の結果を用いて基準群と処理群を比較検討した。その結果、各要介護度において5年生存率を1%向上させるためには5年後に各要介護度における人口を最大で約2.1%増加させる必要性が示唆された。高齢になっても安全かつ安心して生活できる社会保障制度の構築に寄与できるように、今後は年齢や性別などの予後変数を用いた予測モデルを開発し、実証検証を含めた外的妥当性について評価する必要があると考える。外的妥当性が担保されれば、具体的な介護サービスが要介護者に与える影響やその費用対効果など様々な研究に応用することができ、より良い高齢者の生活の獲得や社会保障費の抑制にも繋げることができると考える。

はじめに

世界的な高齢化による人口構造の変化と平均寿命の延伸から、健康寿命が注目されている。健康寿命とは、継続的に医療や介護に依存せず、自立した生活を送れる生存期間のことを意味し¹⁾、2000年に世界保健機関(World Health Organization: WHO)が提唱している。一方、日本では「健康日本21(第二次)」²⁾として、国民の健康づくり運動を促すことで、健康寿命の推進を試みている。また、高齢者の生活を支える社会保障制度である介護保険領域においても「地域包括ケアシステム」を構築し、社会保障を意味する公助に頼らずに可能な限り住み慣れた地域生活で生活を送れるようなシステムを目指

し、健康寿命延伸に寄与している³⁾。これらは、たとえ介護が必要な状態であっても、いかにその状態を軽減させ、より健康な生活が送れるかという健康寿命の延伸が重要な課題であることを意味している。

このような健康寿命を脅かす要介護状態となる要因としては認知症や脳卒中、骨折⁴⁾などがあり、さらに要介護状態の予後には様々な要因が関係している⁵⁻⁹⁾。こうした予後を予測するための医学的な指標のひとつに、5年生存率が用いられる。5年生存率とは、悪性腫瘍の予後予測に対して用いられており、ある疾患に対する予後を予測する指標とされている。しかし、この5年生存率は悪性腫瘍だけに用いられるものだけではなく、慢性閉

受付日 2023年4月17日

採択日 2023年12月28日

*責任著者

鈴木真

佛教大学 保健医療技術学部
作業療法学科

E-mail:

m-suzuki@bukkyo-u.ac.jp

キーワード

5年生存率

確率シミュレーション

健康寿命

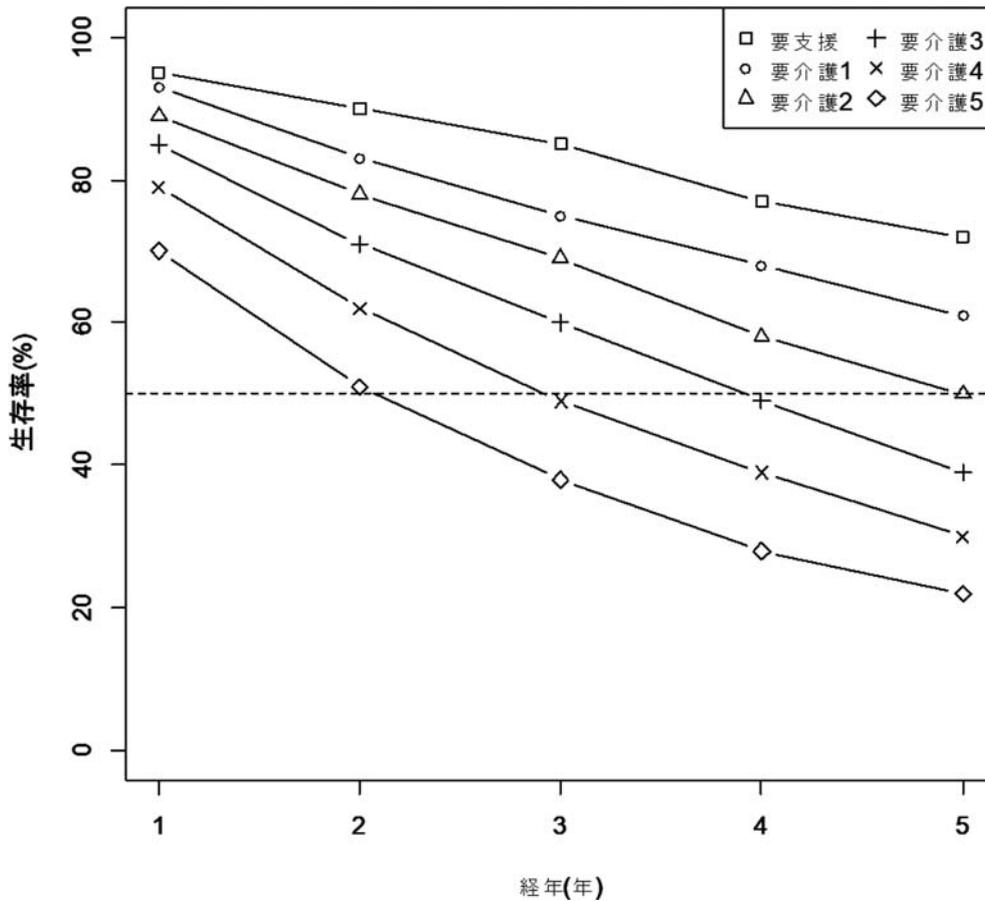


図1. 要介護度別経年生存率

※長田¹²⁾を参考に筆者作成

表1. 各介護度における2年後に変化する要介護度等とその割合

	2年後						死亡
	要支援	要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5	
要支援	32.4%	34.8%	8.4%	2.9%	1.7%	1.1%	8.8%
要介護1	5.9%	39.8%	18.5%	8.4%	5.5%	2.4%	14.8%
要介護2	5.0%	11.6%	31.8%	17.9%	10.2%	4.1%	20.4%
要介護3	0.3%	2.6%	9.8%	27.8%	22.9%	10.3%	23.9%
要介護4	0.1%	0.7%	1.4%	7.1%	29.9%	25.6%	32.7%
要介護5	0.0%	0.1%	0.2%	0.8%	5.2%	50.2%	41.4%

※熊澤¹³⁾を参考に筆者作成

塞性肺疾患 (COPD)¹⁰⁾や糖尿病¹¹⁾などの予後予測にも用いられるなど、近年では広く用いられている。実際に、長田ら¹²⁾は某自治体の一時点における各要介護度における生存率を経年的に調査し、要介護度別の生存率で最も差が大きくなるのは5年後であったと報告している。また、要支援の5年生存率が72.3%に対し、要介護5では22.2%と、約50%の差があり、生存率50%

に達するまでの期間は、要介護5が観察開始後約2年、要介護4が約3年、要介護3が約4年、要介護2が約5年と、要介護5から2まではほぼ1年間の等間隔であったことを明らかにしている (図1)。さらに、熊澤¹³⁾は1万人レベルの各要介護度の変化率について縦断的に調査し、各要介護度の2年後の要介護度の推移を明らかにし、要介護度が増すに従って2年後の死亡率は増加する

ことを報告している (表 1)。

日本の人口構造の変化やそれに伴う社会保障制度の変遷をみると、要介護者がいかにその要介護度を軽減させた状態で平均寿命を延伸させるかを検討する必要がある。しかし、日本の少子高齢化の現状を考慮すると¹⁴⁾、限りある社会保障資源を効率的に分配していく必要がある。そのためには、たとえ介護が必要な状態になっても可能な限り公助に頼ることなく日々の生活を送らなければならない。つまり、要介護度を改善させながら平均寿命を延伸させることが重要であり、これは健康寿命の延伸にも直結することといえる。実際に、内閣府¹⁵⁾によると 2010 年と 2019 年の平均寿命と健康寿命を比較し、どちらも延伸しているが健康寿命の延伸は平均寿命の延伸を上回っていることを報告している。ただし、ここで用いられている健康寿命は「日常生活に制限のない期間」と定義されているため、要介護認定者は定義上除外されてしまう。要介護認定者が要介護状態から脱することが健康寿命を延伸させるためには最も望ましいもの実際には容易ではないため、重要なことは要介護状態にあってもいかに自立度を向上させ要介護状態をより低くするかということになる。これは、今後も平均寿命の延伸が予想されている日本¹⁶⁾にとっては重要な課題であるといえる。

これらを検討するために必要なこととして、まず要介護度を改善させながら生存率を上昇させる指標を明らかにすることである。しかし、介護保険分野においてこれらの指標となるものについて議論している報告は見当たらない。ただし、これらを検証するためにはビッグデータを用いたうえで、さらに様々なバイアスを排除した分析が必要となり、研究目的によっては多くの時間や費用、さらには十分な倫理的配慮も必要となり、そのハードルは極めて高いといえる。このような場合、コンピュータ上で仮定の標本を作成し分析していくシミュレーション・モデルが有用となる。シミュレーション・モデルは、現実的な方法でシステムの変動を捉えることができることに加え、既存の複雑性を忠実に表現しながら、希望通りの精度で結果を出すことができるという特徴がある¹⁷⁾。仮定の標本を確率的に作成することで不確実性を再現することが可能となり、より現実に即した標本を作成することができる¹⁸⁾とされており、確率シミュレーション・モデルは医療経済学領域などでも用いることができる¹⁹⁾。

以上より、本研究では先行研究を基盤に各要介護度で予後予測の指標として用いられる 5 年生存率を上昇させるためには健康寿命の延伸という観点から要介護度がどのような推移をとることが望ましいかについて、確率シ

ミュレーション・モデルを構築して仮定の標本から検討していく。本研究の意義は、仮定データを用いて健康寿命の延伸と生存率の上昇について検討することで、介護サービスが要介護度に及ぼす効果の検証や介護保険制度による費用対効果の検証などの基礎研究となり、ウェルビーイングな社会を達成するために必要な社会保障制度の構築と運営に寄与することができることである。

方法

本研究では、要介護認定者の生存率、死亡や要介護非該当を含めた要介護度の経年推移について報告した長田ら¹²⁾や熊澤¹³⁾を参考に確率シミュレーション・モデルを構築し、検討した。ただし、これらの先行研究では死亡とは別に自立度の向上によって要介護状態からの卒業を意味する修了について十分に言及されていなかったため、別に推移確率を設定する必要がある。まず、確率シミュレーション・モデルの計算に必要な各要介護度が死亡や修了、さらには更新によって要介護度が変化する確率を設定した。長田ら¹²⁾の研究による要介護認定者の経年生存率は累積生存率であるため、これを参考に 5 年間における各要介護度における単年毎の経年別死亡率を以下の通り算出した。1 年目の死亡率は 100% から 1 年目の累積生存率を減ずることで求めることができる。2 年目以降については、求めたい年の前年の累積生存率から求めたい年の累積生存率を減ずることで単年毎の死亡率を算出した。この死亡率を 5 年間の経過の中で起こる各年毎の死亡率としての条件設定とする。次に 5 年間で死亡しなかった、つまり生存者がどのような要介護度を 5 年間で推移するかについての条件設定である。5 年間という期間で加齢による変化を考慮すれば、1 年後と 5 年後の死亡率は同等ではないことも考慮する必要がある。そのため、100% から先に導出した経年別死亡率を減じた結果から、みずほ情報総研株式会社²⁰⁾の 1 回目と 2 回目の要介護度の推移をもとに、各要介護度における 1 回目の総数から 2 回目の各要介護度へ移行した割合を算出し、これを生存者がどのような要介護度を 5 年間で推移するかの推移確率とした (表 2)。なお、参考とする先行研究では要支援者については現行の要支援 1 と要支援 2 という 2 段階ではなく、平成 18 年 3 月以前の介護保険制度である旧制度の 1 段階であるため、本研究では要介護認定者のみを対象とした。

シミュレーション方法^{21, 22)}は以下の通りである。まず、1 人の仮定要介護者の要介護度を設定し、毎年要介護度の更新があると仮定した。初期に設定された要介護度から表 2 の確率に従って更新後の確率が付与される。なお、更新によって決定される要介護度は更新直前の要

表 2. 各介護における推移確率

		変化後要介護度							
		修了	要支援1	要支援2	要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5
変化前 要介護度	要支援1	0.6%	63.6%	13.2%	12.0%	4.5%	2.3%	2.4%	1.3%
	要支援2	0.3%	12.3%	51.4%	18.9%	7.4%	4.2%	3.8%	1.8%
	要介護1	0.1%	5.5%	8.0%	50.3%	17.0%	9.5%	6.1%	3.5%
	要介護2	0.0%	3.8%	6.1%	15.1%	33.7%	22.2%	11.6%	7.5%
	要介護3	0.1%	2.4%	4.8%	11.9%	11.6%	34.3%	23.2%	11.6%
	要介護4	0.1%	1.7%	3.5%	10.3%	9.7%	11.5%	43.1%	20.2%
	要介護5	0.0%	0.8%	1.4%	3.9%	4.5%	6.4%	14.7%	68.4%

※介護度の推移確率は100% から表1の死亡確率を減じたものの上に上記各確率の積を使用

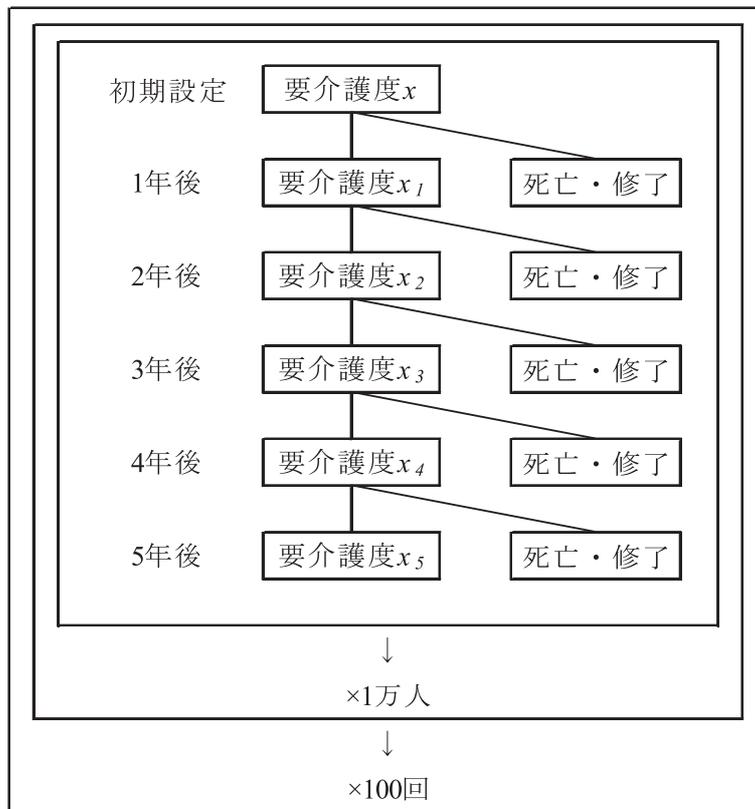


図 2. 本研究におけるシミュレーションによるデータセット作成フロチャート

介護度のみに影響を受ける。この方法を繰り返し、5年後までの要介護度を付与した。死亡や修了となった場合はその状態を残りの期間に割り振られ続けた。5年間分の計算が終了すると、次の仮定要介護者の計算を開始した。これを1万人分繰り返し仮定の要介護者のデータセットを作成した(図2)。以上の方法で作成した各要介護度におけるデータセットを基準群とした。これに対し、令和4年度版高齢社会白書¹⁴⁾による高齢者の推移と将来推計の公開データより、2025年から2030年にかけての65歳以上人口の増加率が約1%であったことを参考に各年の死亡率を調整し5年後の生存率が基準群よりも1%上昇するデータセットを同様の方法で作成した。

これを処理群とした。この基準群と処理群を比較し、5年生存率を上昇させるために理想的な各要介護度の推移について検討した。

ただし、1回のシミュレーションで作成されたデータセットでは、不確実性による外れ値によってデータに不安定性が生じる可能性が否定できず、その結果を用いて比較検討するには妥当性の担保が十分ではない。そのため、両群各要介護度において上記のシミュレーションをそれぞれ100回行い、その記述統計の結果を用いて比較検討することとした。コンピュータはHP社 Desktop M01, CPUはRyzen 5 3400Gを使用し、モデルの作成からシミュレーションの計算についてはR(4.2.3)を用い

た。フリーソフトである R では種々のパッケージをインストールすることで、それに応じた分析が可能となり²³⁾、利便性と応用性の高い統計ソフトといえる。R は開発者チームによって基本パッケージが開発・保守され、世界中の研究者等によって開発されたパッケージ群から構成されている²⁴⁾。本研究で用いたパッケージは ggplot2, reshape2, gridExtra である。

なお、本研究は先行研究の公表データに基づくものであり、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」の適用対象外である。

結果

シミュレーションに用いるために算出した経年別死亡率は表 3 の通りである。シミュレーション結果の記述統計とボックスプロットを表 4 と図 3 に示す。各要介護度における基準群と処理群の 5 年後における要介護度を比較すると、要介護 1 では平均値が 0.8% から 1.7%、中央値で 0.4% から 2.0% 生存数が増加していた。同様に、要介護 2 では平均値が 0.6% から 1.7%、中央値が 0.2% から 1.4%、要介護 3 では平均値が 0.2% から 2.0%、中央値が 0.1% から 2.2%、要介護 4 では平均値が 0.0% から 2.1%、中央値が -0.2% から 2.6%、要介護 5 では平均値が -1.4% から 1.7%、中央値が -1.3% から 2.0% の生存者数の変化がみられた。

各要介護度の基準群と処理群の中央値における差において、最も生存者数の増加が多い要介護度は、要介護 1 では要介護 1、要介護 2 では要介護 5、要介護 3 では要介護 4、要介護 4 では要支援 1 と要介護 5、要介護 5 では要介護 5 であった。なお、各要介護度において修了者数の差は 0 から 1 名であった。一連のシミュレーションの計算に要した時間は 15 分 12 秒であった。

考察

本研究では介護保険分野における要介護認定者の健康寿命の延伸という観点から 5 年生存率を上

表 3. 経年別死亡率

	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
要介護1	7.0%	11.0%	10.0%	10.0%	10.0%
要介護2	12.0%	11.0%	13.0%	16.0%	14.0%
要介護3	16.0%	17.0%	16.0%	18.0%	20.0%
要介護4	21.0%	22.0%	21.0%	21.0%	24.0%
要介護5	30.0%	28.0%	26.0%	27.0%	22.0%

表 4. 各字要介護度における 5 年後変化の記述統計

	基準群					処理群												
	要支援1	要支援2	要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5	修了	死亡	要支援1	要支援2	要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5	修了	死亡
要介護1	610	664	1,198	798	790	915	1,016	52	3,956	616	670	1,214	811	797	924	1,022	53	3,892
要介護2	430	486	902	632	655	805	974	42	5,073	435	491	912	636	659	819	982	42	5,023
要介護3	415	474	886	615	639	789	955	39	5,041	421	478	890	619	640	801	957	36	4,991
要介護4	430	490	903	630	655	804	974	42	5,070	434	491	911	634	657	815	987	42	5,024
要介護5	446	498	919	647	676	821	989	46	5,094	452	505	934	649	678	819	1,007	46	5,050
要介護1	302	356	679	484	504	653	836	34	6,152	306	360	680	486	513	666	843	33	6,112
要介護2	293	345	661	467	492	636	818	30	6,122	293	350	666	469	498	649	826	30	6,079
要介護3	303	357	678	484	503	653	836	34	6,146	306	362	678	485	512	667	841	34	6,113
要介護4	313	366	692	499	519	671	854	38	6,183	317	370	694	500	525	686	868	38	6,133
要介護5	211	256	491	359	381	515	699	27	7,062	215	259	500	359	388	519	708	27	7,029
要介護1	201	244	478	348	367	501	682	24	7,029	207	245	485	345	377	505	693	23	6,997
要介護2	211	257	490	360	383	514	700	27	7,067	216	256	500	359	388	519	706	27	7,024
要介護3	220	265	502	369	394	526	714	29	7,093	223	266	515	373	399	531	726	30	7,057
要介護4	122	154	315	237	265	390	638	9	7,870	123	152	318	241	269	392	648	9	7,849
要介護5	116	148	303	225	256	377	621	7	7,840	115	144	304	231	258	376	628	6	7,818
要介護1	123	154	314	236	266	391	637	9	7,870	122	152	317	239	268	392	650	8	7,849
要介護2	130	162	327	246	272	401	654	11	7,900	130	162	329	250	276	405	667	11	7,880

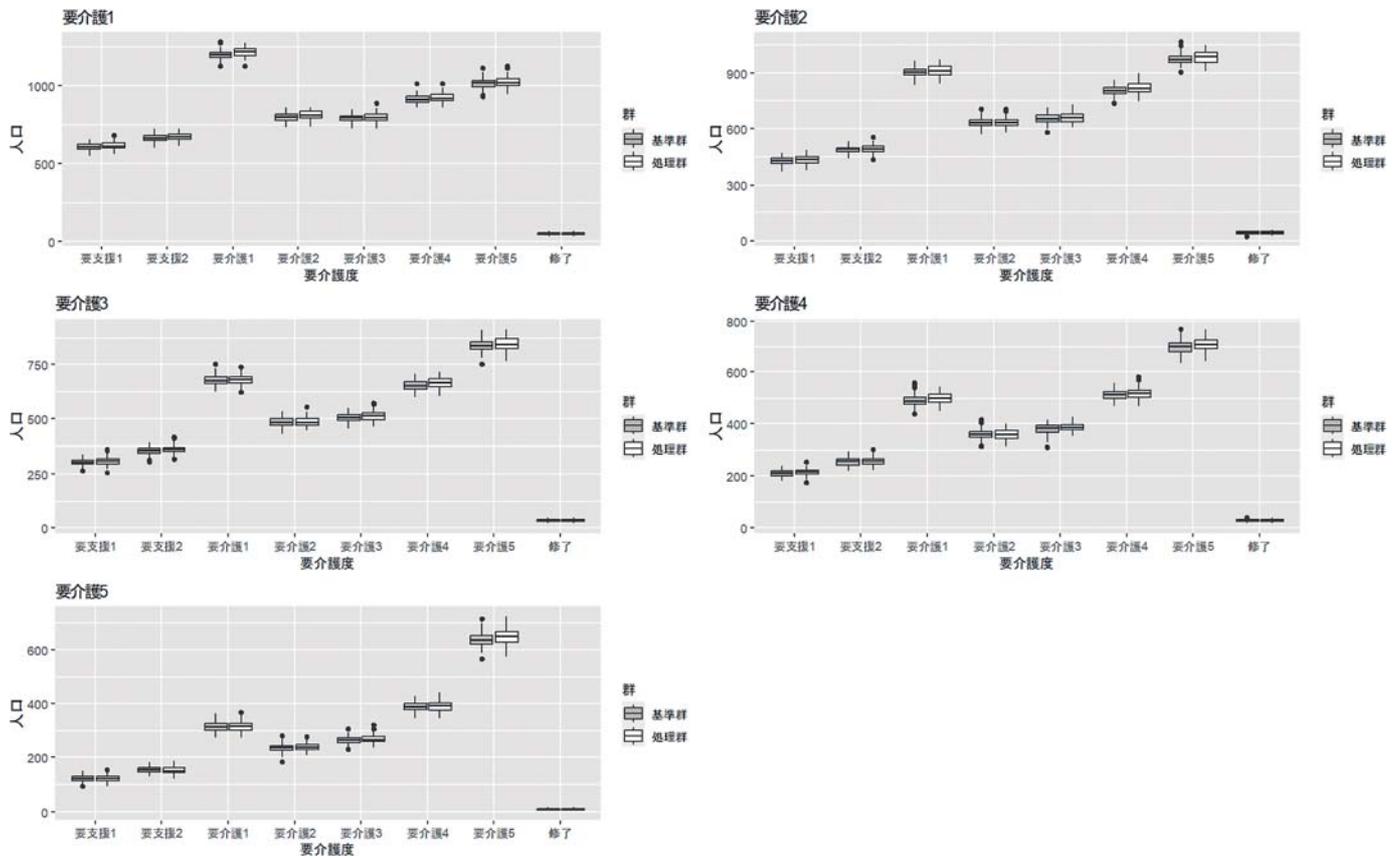


図 3. 各介護度における 5 年後変化のボックスプロット

昇させるための要介護度の推移について、確率シミュレーション・モデルを用いて検討した。その結果、各要介護度において 5 年生存率を 1% 向上させるためには 5 年後に各要介護度における人口を平均値で約 0.0% から 2.1% 程度増加させる必要性が示唆された。生存率を 1% 上昇させることと死亡率を 1% 低下させることは同意である。各要介護度において 5 年間の要介護度の推移は一樣ではない。そのため、単純に各要介護度の生存者数を増加させることで生存率を上昇させようとすることは現実的ではないといえる。実際にシミュレーションによる結果では、各要介護度で様々な特徴がみられた。具体的には、要介護 1 では基準群と処理群の中央値で最も差が大きかったのは要介護 1 であり、次に差が大きかったのが要介護 2 であった。これらのことから、要介護 1 では要介護度を維持する、もしくは加齢による変化を最小減に留めることで 5 年後でも要介護 2 であることが 5 年生存率上昇に大きな影響を及ぼすことが考えられる。これは要介護 3 でも同様のことがいえると考えられる。ただし、要介護 5 も基準群と処理群における中央値の差で最も大きかったのは要介護 5 であったものの、他の要介護度への移行は少なく、要介護 5 であれば医療的ケアによる生存者数を維持することで 5 年生存率は上昇するが、

健康寿命の延伸という観点からみればさらなる検討の余地はある。さらに、要介護 2 では要介護 5 が最も基準群と処理群における中央値の差が大きく、次いで要介護 4 という結果であった。これについても単純に医療的ケアの上昇によって生存率が上昇することを意味しているといえる。これについても健康寿命の延伸という観点からみれば、要介護 2 より低い要介護度へ移行した生存者数が増加することが望ましいといえるため、特に要介護 2 についてはいかに要介護度を維持もしくは低下させるための方策についてのさらなる検討が必要になると考える。一方で、今回の結果では要介護 4 では基準群と処理群の中央値における差において最も生存者数が多い要介護度は要支援 1 と要介護 5 であった。これは実臨床場面の観点からみると、例えば生命予後が良好な骨折で手術をした場合、自宅生活を送るためには介護が必要な状態と判断されれば介護保険が申請され、一時的に高い要介護度が認定される場合がある。しかし、その後疾患や心身状態の回復によって徐々に要介護度が下がっていったという場面などが考えられる。つまり、要介護 4 では要介護認定を受けた時点の要因を細かく分析することで大幅に要介護度を低下させられる可能性があることが考えられる。これらの点については、様々な条件設定下でシ



ミュレーションをすることで、どうなることが単に平均寿命の延伸だけではなく、健康寿命の延伸という課題への解決へ寄与できるかについても今後検討していく必要があるといえる。

健康寿命を延伸させ生存率を上昇させるためには要介護認定から自立を意味する修了することが最も理想的である。しかし、例えば要介護5の認定を受けている要介護者が修了することは容易ではない。本研究におけるシミュレーションでも、各要介護度において基準群と処理群において修了の人数には大きな差がみられなかった。このことについては、明らかな疾病等のエピソードが無くとも5年という期間で一般的な「老い」による心身機能面の低下を考慮すれば妥当な結果とも考えられる。つまり、要介護者の健康寿命の延伸を達成するためには、要介護認定からの修了だけではなく、要介護度をいかに悪化させないかという視点に立つことも重要であると考えられる。高齢者の介護予防に関する様々な報告はあるが²⁵⁾、運動機能を前後比較するものが多く、直接的に介護サービスの介入による要介護度の変化を長期的に追跡した報告は少ない。その為、今後は具体的な介護サービスが要介護度の経年変化に与える影響等の分析が必要になると考えられる。これらのことを明らかにすることにより、その効果による健康寿命の変化や介護保険制度における費用対効果などの研究に繋げることができるようになり、本研究の結果はそれらの研究で導き出された結果との比較をするための対象とすることができることや、効果検証のための指標のひとつとして貢献できると考える。また、大塚・谷口²⁶⁾は公的に発表されている日本国民の統計データをもとに健康寿命と要介護者数の将来推計を行っているものの、健康寿命は平均寿命ほどの延伸はみられないと報告している。このことから、健康寿命延伸を達成するためにも、本研究のような指標となるものを検討していくことは今後の健康寿命延伸の施策にも繋げることができると考える。ただし、健康寿命の値についてはその定義や計算方法によって異なることがあり、健康寿命と平均寿命の両方が伸びても、健康寿命の割合が減る可能性があるため、健康寿命の延伸だけを目標とすることは、意図した目標を達成できない可能性があるという指摘もある²⁷⁾。そのため、健康寿命に関わる要因を検証し、それがどのように影響を及ぼしているのかといった詳細な分析が今後必要になってくると考えられる。

確率シミュレーション・モデルは先行研究による結果を用いて数理的に確率モデルを構築し、仮想のデータセットを作成することが可能である。シミュレーション・モデルは不確実性のある複雑なシステムを扱うのに最も

適したアプローチの一つとされ²⁸⁾、シミュレーションでは実システムを詳細に表現することができ、実システムそのものを使った実験よりも、実験条件の制御性を高く保つことができるという利点がある²⁹⁾。また、倫理的観点からみると、ヒトを対象としたデータを取得していないため安全性が極めて高い。特に本研究のように、多くの標本が高齢者を対象とし、さらには縦断的な研究の場合は死亡によって標本から除外されてしまう危険性が高く、研究デザインの立案においても相当な配慮を必要とする。一方で、確率シミュレーション・モデルには結果が真の値と乖離するという危険性も抱えている。その点について本研究では、シミュレーションを100回繰り返すことによって配慮はしたものの、一定の限界ともいえる。シミュレーションによって予測モデルを構築することのメリットは、実データによる検証を実施する際に、その比較対象とすることができることである。さらに、生存率の変化を用いた研究は、新薬の効果やある疾患に対しては治療の有用性を証明する指標として既に数多くの研究で用いられている。これを巨視的にみれば国の指針や政策による効果を検証することや新しい施策のための根拠資料になることも可能と考える。今後は、さらに年齢や性別などの予後変数を用いた予測モデルを開発し、実証検証を含めた外的妥当性について評価する必要があると考える。外的妥当性が担保されれば、具体的な介護サービスが要介護者に与える影響やその費用対効果など様々な研究に応用することができ、より良い高齢者の生活の獲得や社会保障費の抑制にも繋げることができる。また、本研究で用いた確率シミュレーション・モデルは長田ら¹²⁾の報告による要介護度別における経年生存率を基盤にしている。そのため、本研究における生存率も長田ら¹²⁾が報告した曲線状の経年生存率に近似した曲線を辿ることとなる。本研究の結果は生存者数については増加した一方で、修了者数に大きな差はなく、社会保障資源を効率的に分配するという観点からみるとその目的を十分に達成するものとはいいい難いところも限界の一つである。しかし、本研究でも用いた生存率の1%上昇という数値は、日本の政府から公表された人口の将来推計を参考にしていることから、かなり高い確率で近い将来日本で現実にかかることといえる。本研究の結果と上記の限界を踏まえて、高齢になっても安全かつ安心して生活できる社会保障制度の構築に寄与できるように、更に検討する必要がある。

結論

本研究では確率シミュレーション・モデルを構築し、各要介護度で5年後の生存率が1%上昇するために必要



な仮想的な5年後の死亡や要介護認定修了を含む要介護度の変化について検討した。その結果、各要介護度における5年後に生存率が1%上昇するための推移についての指標が示唆された。しかし、単に平均寿命の延伸だけではなく、健康寿命の延伸という立場からは今回のシミュレーション結果だけでは不十分であり、シミュレーションにおける詳細な条件設定なども含めて健康寿命の延伸のために更なる検討が必要である。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

参考文献

- 1) 下方浩史, 安藤富士子: フレイル・サルコペニアの長期縦断疫学研究. 体力科学 66(2): 133-142, 2017.
- 2) 厚生労働省: 健康日本21 (第二次). https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21.html (閲覧日: 2022年7月5日)
- 3) 厚生労働省: 地域包括ケアシステム. https://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/chiiki-houkatsu/dl/link1-4.pdf (閲覧日: 2022年7月5日)
- 4) 厚生労働省: 2019年国民生活基礎調査の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/index.html> (閲覧日: 2022年7月5日)
- 5) 葛谷雅文, 長谷川潤, 榎裕美・他: 在宅療養要介護高齢者の介護環境ならびに生命予後, 入院, 介護施設入所リスクの性差. 日本老年医学会雑誌 47(5): 461-467, 2010.
- 6) 井上直子: 都市郊外在宅高齢者における3年後の要介護度経年変化と関連要因及び累積生存率. 社会医学研究 30(1): 1-12, 2012.
- 7) 國分恵子, 堀口美奈子, 森亨: 認知症患者の生命予後: 日本の一地域の介護保険認定者における観察. 日本公衆衛生雑誌 67(5): 319-326, 2020.
- 8) 大坪尚典, 須田烈史, 太田由利・他: 後期高齢患者の生命予後に影響する要因. 日本老年医学会雑誌 58(3): 424-435, 2021.
- 9) 佐原久美子, 福井誠, 坂本治美・他: 後期高齢者の口腔状態と要介護状態または死亡発生との関連性. 口腔衛生学会雑誌 72(2): 106-114, 2022.
- 10) 三嶋理晃: COPDの予後. 日本内科学会雑誌 104(6): 1115-1121, 2015.
- 11) 栗田征一郎, 金森岳広, 石倉和秀・他: 糖尿病足病変で入院加療した患者の実態と生命予後に影響する因子の解明. 糖尿病 61(1): 1-8, 2018.
- 12) 長田斎, 原田洋一, 畦元智恵子・他: 要介護度の経年変化-同一集団における要介護度分布の9年間の変化-. 厚生指標 58(2): 37-43, 2011.
- 13) 熊澤幸子: 高齢者の要介護度の経年変化についての研究. 文化創造学科紀要 877: 18-24, 2013.
- 14) 内閣府: 令和4年版高齢社会白書. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/04pdf_index.html (閲覧日: 2022年7月20日)
- 15) 内閣府: 令和4年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況 令和5年度高齢社会対策 (令和5年版高齢社会白書). [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/gian_hokoku/20230620koreigaiyo.pdf/\\$File/20230620koreigaiyo.pdf](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/gian_hokoku/20230620koreigaiyo.pdf/$File/20230620koreigaiyo.pdf) (閲覧日: 2023年9月11日)
- 16) Chica M, Juan A, Cordon O, et al.: Why Simheuristics? Benefits, Limitations, and Best Practices When Combining Metaheuristics with Simulation. *tistics and Operations Research Transactions*, 44(2): 311-334, 2020.
- 17) 内閣府: 令和5年版高齢社会白書. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/zenbun/05pdf_index.html (閲覧日: 2023年9月11日)
- 18) 荒西利彦, 池田俊也: 医療経済評価における確率感度分析の手法とその利用状況の調査. 薬剤疫学 19(2): 91-99, 2014.
- 19) 福田敬, 白岩健, 池田俊也・他: 医療経済評価研究における分析手法に関するガイドライン. 保健医療科学 62(6): 625-640, 2013.
- 20) みずほ情報総研株式会社: 要介護認定等データ及び介護レセプトデータを用いた要介護度変化の予測モデルにかかる実現可能性等の調査. https://www.mizuho-rt.co.jp/case/research/pdf/mhlw_kaigo2019_03.pdf (閲覧日: 2023年12月21日)
- 21) Keuffel E, Stevens M, Gunnarsson C, et al.: A Monte Carlo simulation estimating US hospital cost reductions associated with hypotension control in septic ICU patients. *Journal of Medical Economics* 22: 383-389, 2019.
- 22) Briggs A, Mooney C, Wonderling D: Constructing confidence intervals for cost-effectiveness ratios: an evaluation of parametric and non-parametric techniques using Monte Carlo simulation. *Statistics in Medicine* 18: 3245-3262, 1999.



- 23) 鈴木真：R パッケージ support.CEs と mlogit を利用した選択型コンジョイント分析. 経済研究 67: 27-43, 2022.
- 24) 荒木孝治：フリーソフトウェアのソーシャルライフ-データ解析環境 R の拡張パッケージ-. 関西大学商学論集 51(6)：1-12, 2007.
- 25) 鶴川重和, 玉腰暁子, 坂元あい：介護予防の二次予防事業対象者への介入プログラムに関する文献レビュー. 日本公衆衛生雑誌 62(1)：3-19, 2015.
- 26) 大塚忠義, 谷口豊：健康寿命および要介護者数の将来推計. 生活経済学研究 49: 91-111, 2019.
- 27) Saito Y, Jean-Marie Robine, Eileen M. Crimmins: The methods and materials of health expectancy. Statistical Journal of the IAOS 30: 209-223, 2014.
- 28) Borshchev A, Filippov A: From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society, 2004.
- 29) Spall J C: Introduction to Stochastic Search and Optimization. Wiley, New York, 2003.



Original article

Indicators of Healthy Life Expectancy Extension and 5-year Survival Rate Increase for People Certified for Long-Term Care Need — A Stochastic Simulation Model —

Makoto Suzuki^{1*}, Nobuyuki Honda², Daisuke Kimura³

¹ Department of Occupational Therapy, Faculty of Health Sciences, Bukkyo University

² Division of Occupational Therapy, Department of Rehabilitation Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences

³ Department of Occupational Therapy, Faculty of Medical Sciences, Nagoya Women's University

ABSTRACT

This study employs a stochastic simulation model to examine the level of care adjustments required to increase the 5-year survival rate, with the aim of extending the healthy life expectancy of individuals certified as requiring long-term care under long-term care insurance. To achieve this, we began by creating a hypothetical dataset comprising of 10,000 individuals, serving as a reference group for probabilistic 5-year care needs. Additionally, a data set was generated in which the survival rate after five years was 1% higher than that of the normal group after adjusting for mortality in each year, and this was designated as the treatment group. To eliminate the risk of data instability and mitigate uncertainty-related outliers, we generated the hypothetical data sets 100 times each and compared the results using descriptive statistics between the reference and treatment groups. The results suggest that, in order to improve the 5-year survival rate by 1% in each level of care, the population within each level of care needs to increase by a maximum of approximately 2.1% after five years. To contribute to the establishment of a social security system that enables safe and secure living for the elderly, it is necessary to develop a prediction model using prognostic variables such as age and gender, and to evaluate its external validity, including empirical validation. Once its external validity is confirmed, the model can be applied to various studies, such as assessing the impact of specific long-term care services on individuals requiring care and their cost-effectiveness. Furthermore, we believe that this research will lead to better living conditions for seniors and the curbing of social security costs.

Key words: 5-year survival rate, stochastic simulation, healthy life expectancy