

健康余命の算定方法の比較

—Sullivan法, Katz法とRogers法—

橋本 修二^{*1} 宮下 光令^{*2} 辻 一郎^{*3}

I はじめに

健康余命とは、ある健康状態で生活することが期待される平均期間を指し、それに関する指標の総称として用いられている¹⁾。健康余命を求める際、対象とする健康状態の概念規定とその個々人の測定方法とともに、算定方法が問題となる²⁾。健康余命の算定方法としては、Sullivan法、Katz法、Rogers法(多相生命表)という3つが代表的である^{3)~5)}。

健康余命の算定方法については、欧米を中心として多くの研究が報告されている^{6)~9)}。ここでは、それらの報告を参考にして、上記の3つの算定方法について、理論および適用上の相違を示す。まず、3つの算定方法の概要を示し、次いでそれらの理論上の相違を述べる。最後に、適用上の相違と統計調査に基づく利用性について、事例を挙げて考察する。以下では、対象とする健康状態を「障害なし」、その健康余命を「障

害なし平均余命」と呼ぶことにする。

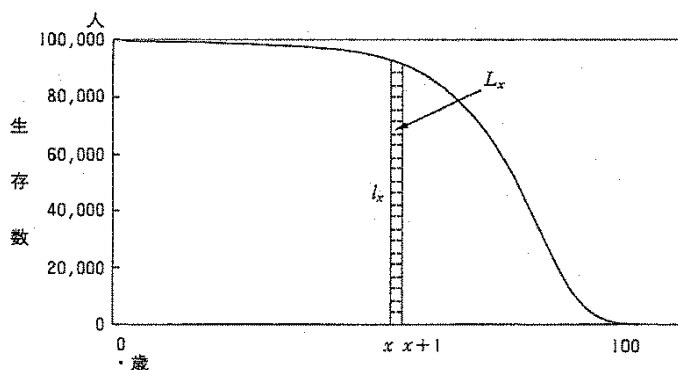
II 健康余命の算定方法の概要

(1) 基礎となる生命表

健康余命の3算定方法はいずれも生命表を基礎としているゆえ、まず、生命表を簡単に概説する¹⁰⁾¹¹⁾。生命表は世代生命表と現状生命表に大別される。世代生命表とは、個々人の寿命(出生から死亡までの期間)から平均余命などを求めるものである。現状生命表とは、ある年次の年齢別死亡率のみに基づき、「今後の年齢別死亡率が不変」という前提をおくものである。世代生命表の作成には人の寿命の最大値(100年余)に渡る期間の資料を要するが、現状生命表では1年間で可能である。それゆえ、通常作成されるのは現状生命表であり、単に生命表といえばそれを指す。健康余命の3算定方法ともに、現状生命表を基礎としている。

生命表として、たとえば、1995年の年齢別死亡率から1995年生まれの子どもの平均余命を求めることにする。 x 歳の生存数を l_x と記す。いま、1995年以降毎年、10万人が出生するとおく($l_0=100000$)。なお、10万人は計算の有効数字の関係から用いるだけで、平均余命の計算結果に影響しない。 l_1 は l_0 から0~1歳未満死亡率に従って死亡した分だけ減少し、 l_2 は l_1 から1~2歳未満死亡率に従って死亡した分だけ減少する。2歳以降も同様である。年

図1 生存数曲線



* 1 東京大学大学院医学系研究科健康科学・看護学専攻助教授

* 2 同助手

* 3 東北大学大学院医学系研究科公衆衛生学分野助教授

齢とともに生存数の減少する様子が図1のような生存数曲線に画かれる。たとえば、 l_0 から l_1 の減少には1995年生まれの40～41歳未満死亡率(すなわち、2035年の40～41歳未満死亡率)を用いるべきであるが、計算では「今後の年齢別死亡率が不変」という前提により、1995年の40～41歳死亡率で代用している。 $x \sim x+1$ 歳の生存数曲線の下を面積を定常人口 L_x という。これは人年を単位に持つ。平均余命 e_x は x 歳の人におけるその後の余命の平均値ゆえ、 x 歳以上の生存数曲線の面積を x 歳生存数で除す、すなわち、 $\Sigma L_y / l_x$ で与えられることが分かる。なお、 Σ は x 歳以上の年齢 y について和を取ることを表す(以下の Σ も同じ)。

(2) 健康余命の3算定方法

健康余命の3算定方法の概要を示す。Sullivan法では³⁾、年齢別の障害有病率 π_x および生命表の生存数と定常人口から、平均余命を以下の2つの部分に分ける。すなわち、

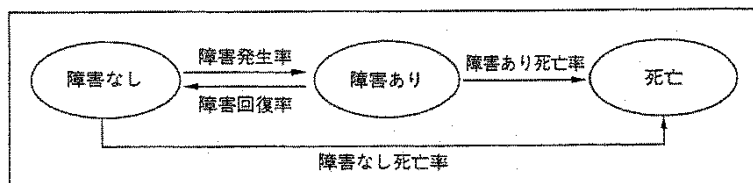
$$\Sigma L_y / l_x = \Sigma (1 - \pi_y) L_y / l_x + \Sigma \pi_y L_y / l_x$$

右辺の第1項が障害なし平均余命、第2項が障害あり平均余命である。

Katz法は⁴⁾、死亡率の代わりに障害・死亡発生率を用いた生命表であり、その場合の平均余命が障害なし平均余命になる。ここで、障害・死亡発生率とは、その年齢まで障害のなかった人が、その後、新たに障害または死亡を発生する率を指す。

Rogers法は⁵⁾、生命表が生存と死亡の2相間の移行を想定しているのに対して、障害なし、障害ありと死亡の3相間の移行を想定している。図2にその概念図を示す。年齢別の3相間の移行率、すなわち、障害発生率(障害なし→障害あり)、障害なし死亡率(障害なし→死亡)、障

図2 3相間の移行の概念図



害回復率(障害あり→障害なし)、障害あり死亡率(障害あり→死亡)を基礎資料とする。 x 歳の障害なし生存数を l^f_x 、障害あり生存数を l^d_x とおく。障害なしで10万人出生するとして($l^f_0 = 100000$, $l^d_0 = 0$)、1歳の障害なし生存数 l^f_1 は l^f_0 から障害発生率と障害なし死亡率の分だけ減じたものに、障害あり生存数 l^d_0 から障害回復率の分だけを加えて与えられる。1歳の障害あり生存数 l^d_1 は、 l^d_0 から障害回復率と障害あり死亡率の分だけ減じたものに、 l^f_0 から障害発生率の分だけ加えて与えられる。2歳以降も同様である。障害なし平均余命 e^f_x は、 x 歳以上の障害なし定常人口の和を生存数で除す、すなわち、 $\Sigma L^f_y / (l^f_x + l^d_x)$ で与えられる。

III 健康余命の算定方法の理論上の比較

障害なし平均余命といっても、Sullivan法とRogers法では「年齢 x の人における障害なしの平均生存期間」を指し、一方、Katz法では「年齢 x の障害なしの人がはじめて障害または死亡を発生するまでの平均期間」を指している。前者の概念では、対象者に障害ありの者を含み、また、障害なし期間に障害回復者におけるその後の障害なし期間を含む。後者ではいずれも含まない。障害が死亡のように不可逆的な状態であれば2つの概念は同一であるが、通常、障害として取り上げる健康状態は可逆的なものがほとんどであり、その場合、両者は一致しない。たとえば、低ADLを障害とすると、その回復率はかなり高いことから¹²⁾、2つの概念は一致しない。なお、健康余命では、通常、前者の概念を採用している²⁾。

Sullivan法で想定するモデルは、障害の有無と死亡の3相間の移行と考えられ、Rogers法と同一である。4つの移行率(障害発生率、障害なし死亡率、障害回復率、障害あり死亡率)が今後も不変という前提の下では、Rogers法は、基礎資料から直接的に障害なし平均余命を算定したものといえる。一方、Sullivan法は年齢別障害有病率と

生命表から、いわば間接的に算定したものと考えられる。すなわち、4つの移行率から算定される障害なし定常人口 L_x を、ある時点の $(1 - \text{障害有病率})$ と定常人口との積 $(1 - \pi_x) L_x$ で代用している²⁾。

障害有病率は、過去の障害発生率などの3相間の移行率に依存するものである。いま、障害発生率以外の移行率が過去から現在まで一定と仮定しよう。このとき、現在までの障害発生率も一定であれば、Sullivan法による障害なし平均余命は、Rogers法のそれと完全に一致する。現在までの障害発生率が低下していれば、現在の障害有病率は過去のより高い障害発生率を反映していることから、Sullivan法による障害なし平均余命は、現在の障害発生率に基づくRogers法のそれよりも短くなる。逆に、現在までの障害発生率が上昇していれば、Sullivan法による障害なし平均余命はRogers法のそれよりも長くなる。Sullivan法の妥当性については、最近まで議論が続いているが⁷⁾⁸⁾、肯定的に受け止められている。たとえば、図3は文献8)から引用したもので、フランスの1900～1990年の障害なし平均余命について、1945年以降、障害発生率の低下が死亡率の低下より2倍大きいとした場合のシミュレーション結果である。1945年以降の障害発生率の大きな低下に伴って、Sullivan法による障害なし平均寿命は、Rogers法のそれよりも過小となっているが、その差はそれほど大きなものではない。現実の移行率変

化の範囲内では、Sullivan法とRogers法による障害なし平均余命はそれほど大きく違わないとみることができよう。

IV 健康余命の算定方法の適用上の比較

(1) 適用に必要な基礎資料の比較

前述の通り、Sullivan法の基礎資料は年齢別障害有病率と生命表である。生命表の基礎資料となる年齢別死亡率はほとんどの国で利用できる。とくに、日本では全国のみでなく、都道府県、市町村別にも利用可能であり、また、生命表自体も作成されている¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾。したがって、多くの場合、年齢別障害有病率さえ得られれば、Sullivan法は利用できる。年齢別障害有病率は断面調査から得られるゆえ、後述の追跡調査に基づくものと比べれば入手がより容易といえる。

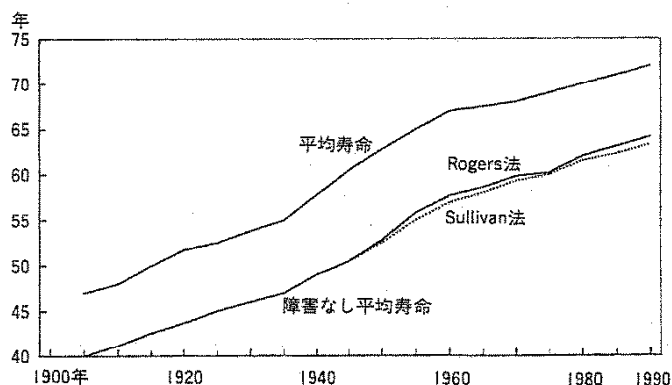
Katz法の基礎資料は障害・死亡発生率である。この基礎資料は障害なし集団の追跡調査から得られる。Rogers法の基礎資料は障害発生率、障害回復率、障害なし死亡率と障害あり死亡率である。この基礎資料は障害なし集団とともに、障害あり集団の追跡調査から得られる。なお、たとえば、65歳以上を対象集団とする追跡調査から、障害なし平均余命をRogers法で算定する場合、基礎資料として65歳の障害有病率も必要となる。

以上、適用に必要な基礎資料からみると、Sullivan法が最も利用性が高く、次いでKatz法が高く、Rogers法は最も利用性が低いといえる。

(2) 事例への適用

集団全体を追跡調査すれば、3算定方法とも適用できる。例として、宮城県W町の在宅高齢者を対象とした追跡調査を挙げる¹⁵⁾。これは、65歳以上の男1,258人と女1,822人を対象として、1994年と2年後の1996年にADLを繰り返し調査するとともに、同期間の死亡状況を把握したものである。ここでは、ADLの4項目(更衣、入浴、排泄、食事)の中で、いずれ

図3 Sullivan法とRogers法の障害なし平均余命



注 Mother CDらによる文献8)のFigure 5からのトレース

か1項目でも何らかの介助が必要という状態を「障害あり」、4項目のすべてに介助が不要な状態を「障害なし」と定める。表1に、1994年時点の障害有病率、および、1994～1996年における障害発生率、障害回復率、障害なし死亡率と障害あり死亡率を示す。障害有病率と障害発生率は年齢とともに高くなる。障害なし死亡率と障害あり死亡率も同様であるが、一部の年齢で値の逆転などの不安定さも見られる。

表1 宮城県W町の調査結果

	1994年の調査時点		1994～1996年の2年間			
	対象者数	障害者数(%)	障害発生者数	障害回復者数	障害なし死亡者数	障害あり死亡者数
男						
全年齢	1 258	182(14.5)	89[4.2]	29[9.8]	62[2.9]	56[19.0]
65～69歳	517	41(7.9)	16[2.0]	9[16.3]	13[1.6]	6[10.9]
70～74	360	45(12.5)	28[4.1]	11[15.2]	14[2.1]	8[11.1]
75～79	193	30(15.5)	17[4.4]	6[10.5]	23[6.0]	10[17.6]
80～84	116	34(29.3)	14[7.9]	1[2.1]	6[3.4]	14[30.1]
85～	72	32(44.4)	14[15.2]	2[3.1]	6[6.5]	18[28.1]
女						
全年齢	1 822	305(16.7)	157[5.2]	74[14.8]	49[1.6]	58[11.6]
65～69歳	687	41(6.0)	23[2.1]	10[18.2]	10[0.9]	5[9.1]
70～74	467	49(10.5)	36[3.8]	20[27.2]	11[1.2]	5[6.8]
75～79	300	62(20.7)	26[5.0]	17[17.9]	10[1.9]	8[9.0]
80～84	233	83(35.6)	36[11.7]	18[12.3]	3[1.0]	9[5.8]
85～	135	70(51.9)	36[26.3]	9[7.1]	15[11.0]	31[24.4]

注 障害者数の()内は%, それ以外の[]内は100人年対の率。

表2に、このデータに基づく65歳の障害なし平均余命とその標準誤差を示す。Katz法の結果と他の2方法の結果にはかなりの違いがみられるが、これは、前述したように、健康余命そのものの概念が異なることによるものである。Sullivan法とRogers法の差は男-0.65年、女0.13年であり、この差には現在までの障害発生率などの変化が影響しているのかもしれないが、詳細は不明である。障害なし平均余命の標準誤差において、3算定方法の大小関係は一般には成り立たない。ただ、Katz法は主に障害発生数と死亡数の和により規定されるのに対し、Rogers法はそれら以外に障害有病数と障害回復数の変動も含むことから、Rogers法の標準誤差がKatz法のそれよりも大きくなると考えられる。また、Sullivan法は障害有病数と死亡数に主に規定されることから、Rogers法のそれの方が変動因が多く、Rogers法の標準誤差がSullivan法のそれよりも大きくなると考えられる。計算結果も同様の傾向である。また、Sullivan法で、死亡の変動を取り除くと標準誤差がかなり小さくなっている。これは、過去数年間の死亡に基づく生命表を利用すると標準誤差がかなり改善することを示している。

以上、高齢者を対象として、低ADLを障害ありとする場合、数千人程度を追跡調査すれば、いずれの算定方法ともにある程度の精度をもって適用可能であろう。ただ、障害なし平均余命の精度を同程度とするためには、Rogers法が他

表2 宮城県W町の65歳の障害なし平均余命

(単位 年)

	男	女
Sullivan法	12.32(0.39) [0.13]	15.27(0.35) [0.16]
Katz法	11.25(0.42)	12.46(0.36)
Rogers法	12.97(0.80)	15.14(0.40)

注 ()内は標準誤差, []内は死亡の変動なしの場合の標準誤差。

の2算定方法よりも集団規模をより大きくする必要があると考えられる。

(3) 統計調査に基づく適用

最後に、3算定方法について、統計調査に基づく利用性を考察する。統計調査のほとんどは断面調査である。現在、日本では障害なし平均余命を算定できるような追跡調査は見あたらない。したがって、現在、日本の統計調査に基づいて、障害なし平均余命を算定する場合、Sullivan法を利用する以外ない。ただ、今後、Rogers法を利用可能とする統計調査の実施も検討の余地があるものと思われる。

日本の統計調査に基づいて、障害なし平均余命の算定がいくつか試みられている¹⁶⁾¹⁷⁾。例として、文献16)を紹介する。表3に基礎資料とした統計調査と障害の定義を示す。ここで、在宅だけでなく、施設入所者も対象に含めている点に注意を要する。障害の定義はADLを基礎としているが、その調査項目が統計調査間で必ずしも一致していない。現在、統計調査間で、ADL関連調査項目の統一が検討されており、その達

成が期待される。障害なし平均余命の算定方法はSullivan法であり、全国の生命表を用いている。表4に65歳の障害なし平均余命の算定結果を示す。なお、文献では都道府県別にも算定されている。65歳の障害なし平均余命は男15.11年、女18.40年であった。統計調査の規模からこの標準誤差はきわめて小さいといえる。なお、先の宮城県W町とは、障害の定義などの多くの点に違いがあることから、障害なし平均余命の値を比較することはできない。

V ま と め

健康余命の代表的な3つの算定方法について、理論と適用上の相違を示すとともに、統計調査に基づく利用性を考察した。対象とする健康状態が不可逆的なものでない限り、健康余命の概念がKatz法と他の2方法で異なる。Sullivan法とRogers法の想定モデルは同一である。Sullivan法では、障害なし定常人口を定常人口と(1-障害有病率)の積で代用しているが、その影響はそれほど大きくないと報告されている。基礎資料からみた利用性は高い順に、Sullivan法、Katz法、Rogers法であり、現在の統計調査ではSullivan法を利用する以外ない。低ADLを障害として、在宅高齢者の追跡調査に基づく3算定方法の適用事例を示すとともに、統計調査に基づくSullivan法の適用事例を紹介した。

本研究に貴重なコメントを頂きました、元国立公衆衛生院保健統計学部長の福富和夫先生に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) Last et al. ed. A Dictionary of Epidemiology, third edition. Oxford Univ. Press, 1995.
- 2) Mathers CD, Robine JM. Health expectancy indicators: a review of the work of REVES to date. In: Calculation of Health Expectancies: Harmonization, consensus achieved and future perspectives (Robine JM, et al ed.), Colloque INSERM/ John Libbey Eurotext Ltd, 1993: 1-21.
- 3) Sullivan DF. A single index of mortality and

表3 統計調査に基づく障害なし平均余命の基礎資料

統計調査	生活の場	障害ありの定義
平成7年国民生活基礎調査	在宅	洗面・歯磨き、着替え、食事、排泄、入浴歩行のいずれかに何らかの介助が必要
平成8年患者調査	医療機関	食事、排泄、移動のいずれかに何らかの介助が必要
平成7年老人保健施設調査	老人保健施設	在所
平成7年社会福祉施設調査	特別養護老人ホーム	在所

注 宮下らによる文献16)からの引用。

表4 統計調査に基づく65歳の障害なし平均余命

(単位 年)

	男	女
平均余命	16.75	21.24
障害なし平均余命	15.11	18.40

注 宮下らによる文献16)からの引用。

morbidity. HSMHA Health Rep, 1971; 86-347-354.

- 4) Katz S, et al. Active life expectancy. N Engl J Med, 1983; 309: 1218-1224.
- 5) Rogars A, Rogers RG, Belanger A. Longer life but worse health? Measurement and dynamics. Gerontologist, 1990; 30: 640-649.
- 6) Robine JM, Michel JP, Branch LG. Measurement and utilization of healthy life expectancy: conceptual issues. Bull World Health Organization, 1992; 70: 791-800.
- 7) Barendregt JJ, et al. Health expectancy: an indicator for change? J Epidemiol Community Health, 1994; 48: 482-487.
- 8) Mathers CD, Robine JM. How good is Sullivan's method for monitoring changes in population health expectancies. J Epidemiol Community Health, 1997; 51: 80-86.
- 9) Crimmins EM, et al. Changes in life expectancy and disability-free life expectancy in the United States. Population and Development Review, 1989; 15: 235-267.
- 10) 厚生省大臣官房統計情報部編. 第18回生命表. 1998.
- 11) 福富和夫. 簡略生命表作成における簡便法の偏り. 公衆衛生院報告, 1984; 33: 45-55.
- 12) 辻 一郎, 他. 高齢者における日常生活動作遂行能力の経年変化. 日本公衆衛生雑誌, 1994; 41: 415-423.
- 13) 厚生統計協会. 平成7年都道府県別生命表. 1997.
- 14) 厚生統計協会. 1995年市町村別生命表. 1998.
- 15) Sauvaget C, et al. Healthy-life expectancy according to various functional levels. submitted to Journal of American Geriatrics Society.
- 16) 宮下光令, 他. 高齢者における要介護者割合と平均自立期間-既存統計にもとづく都道府県別推計-. 厚生指標, 1999. (印刷中)
- 17) 井上俊孝, 他. 日本の1990年健康生命表-世界最長寿命の質の検討. 民族衛生, 1997; 63: 226-240.