

生命表とライフサイクル・モデル

花田 恭

1. 人間のライフサイクルの視点

人間のライフサイクルも確率過程で言えば出生死滅過程なのであるが、人間は男女や年齢によってその生物学的および社会的活動の内容は大きく異なり、出生、婚姻、子の出生、離婚および死亡の各段階により、その段階を通過した場合としない場合の場合分けにより詳細に分析する必要がある。この意味で、人間を集団でとらえるライフサイクルという用語よりも、最近ではライフコースという、より個別の視点にある用語の方が多用されるようになってきている。

また、個人としてのライフサイクル以上に、家族（ないし世帯）のライフサイクルに関心もたれていて、ファミリー・ライフサイクル（ライフコース）は近年非常に発展してきた分野である。

ライフサイクルのモデルは2つに分けると、分析的モデルとシミュレーション・モデルに分類される。ここでは、分析的モデルの代表であり、人口集団の死亡の分析の基本的手法である生命表とそのライフサイクルに関する応用に話題をとどめ、用語もライフサイクルを用いることとする。

2. 生命表の定義

生命表はある人口集団についての死亡秩序を、各種の関数すなわち「死亡率」、「生存数」、「死亡数」、「定常人口」、「平均余命」および「死力」等で表わしたものである。いま、一定の人数 l_0 が一度に出生したとして、その後は死亡によって減少し、ちょうど x 歳になったとき生存している人数を生存数 l_x とする。これを例示したのが図1である。生命表の各種の関数は l_x により次のように定義される。

$$\text{死亡数} : d_x = l_x - l_{x+1}$$

$$\text{死亡率} : q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

はなだ きょう 厚生省 人口問題研究所

〒100 千代田区霞が関1-2-2

1988年10月号

$$\text{定常人口} : L_x = \int_x^{x+1} l_t dt$$

$$\text{生存延年数} : T_x = \sum_{t=x}^{\infty} L_t$$

$$\text{平均余命} : e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

$$\text{死力} : \mu_x = -\frac{1}{l_x} \frac{dl_x}{dx}$$

死亡数 d_x は x 歳と $x+1$ 歳の間に死亡する人数であり、死亡率 q_x は x 歳に達した者が $x+1$ 歳に達しないで死亡する確率である。また、常時 l_0 人が出生し一定の死亡秩序すなわち一定の q_x で減少していった場合に、この仮想的集団の人口は定常状態になるが、このときの x 歳台の人口が定常人口 L_x である。生存延年数 T_x は x 歳以上の定常人口であり、単に定常人口と呼ばれることもある。 x 歳の平均余命 e_x は、 x 歳の生存者 l_x 人について、 x 歳以降の生存年数を平均したものであり、ちょうど x 歳の者があと平均して何年生きられるかを意味する。さらに、死力 μ_x は最少時間の死亡率の極限を表わす。

3. 生命表の作成

生命表を作成するには、特定の人口集団について、その集団の死亡の観測値から死亡率 q_x を求め、これから生存数 l_x を算出し、さらに他の関数を順次算出していけばよいのである。

人口集団について、同一年に出生した集団のその後の毎年の死亡を観測していき、その観測値から作成した生命表をコーホート（世代）生命表と呼んでいる。機械の部品の耐久性の試験で、同一の生産ロットからサンプルを抽出し、部品が故障するまでの時間を観測して生命表を作成すれば、コーホート生命表となる。ところが、人口の場合は出生から全員が死亡するまでの観測するとなると100年近くを必要とすることになるので、わが国の全国人口のコーホート生命表で、年齢が0歳から90歳（90歳以上一括）までそろっているのは、1891年生まれのコーホートから、1896年生まれのコーホートの6世代し

かない[1].

がん等の特定疾患の治療後の平均生存年数の評価のため生命表を作成することがあるが、これは治療開始時を出生時と見なして作成した一種のコホート生命表と言えよう。

一般に人口の場合は、一定期間における各歳の死亡の観測を基に、各歳の死亡率を算出して作成する場合がほとんどである。このような生命表をコホート生命表と区別する場合は、期間生命表と呼ぶ。コホート生命表での平均余命は実測値と言えるが、期間生命表の平均余命は、当該期間の死亡秩序が将来も一定とするという

仮定のもとで、当該期間に x 歳の者の生存年数の期待値であると解釈される。

期間生命表の作成の技術的課題は、観測される死亡率を死亡(確)率 q_x に変換する点にある。現実の人口集団で観測されるのは、分母人口では同一年齢の生存数 l_x ではなく、当該期間中央における x 歳台の人口 P_x である。また、分子となる死亡数 D_x は、必ずしも分母人口 P_x から発生したものではない。

たとえば、期間中央では、 $x-1$ 歳であった者が、期間内に x 歳になって死亡した場合には、分子の死亡数には数えられるが、分母の人口には数えられていないからである。

中央死亡率 m_x は、

表 1 平均寿命と寿命中位数の推移

年次	男		女	
	平均寿命	寿命中位数	平均寿命	寿命中位数
明治24~31年	42.8 年	50.6 歳	44.3 年	51.3 歳
明治40~大正2年	44.25	53.26	44.73	51.99
大正15~昭和5年	44.82	54.19	46.54	55.63
昭和22年	50.06	59.28	53.96	64.45
昭和30年	63.60	69.79	67.75	74.19
昭和40年	67.74	72.00	72.92	77.04
昭和50年	71.73	75.31	76.89	80.17
昭和55年	73.35	76.69	78.76	81.75
昭和60年	74.78	78.06	80.48	83.38
昭和61年	75.23	78.52	80.93	83.85

出所：参考文献 [2]

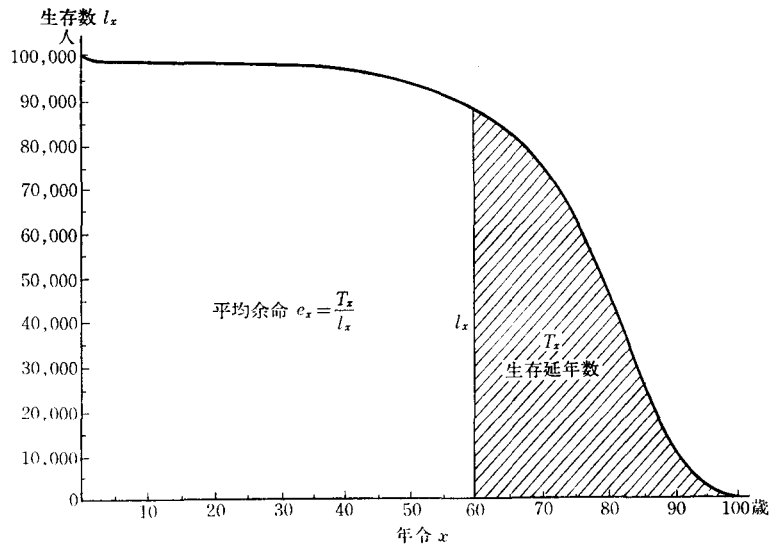


図 1 生存数曲線 (昭和61年生命表, 男) (出所：参考文献 [2])

$$m_x = \frac{D_x}{P_x}$$

で得られる観測値であるが、これから確率である死亡率 q_x を近似するのに種々の技法がある。期間生命表の方法論の研究の大部分をこの技法の研究が占めていたと言っても過言ではない。実用的で最も簡単な近似のみを紹介すると、年央人口 P_x が x 歳の中央における生存数 $l_{x+1/2}$ に等しいとし、さらに、 x 歳から $x+1/2$ 歳までの死亡数は、 x 歳台の死亡数 d_x の半分とする。すると、

$$P_x = l_x - \frac{d_x}{2}$$

となる。ここで、 $D_x = d_x$ とし、 P_x および l_x に m_x および q_x を使った式を代入すれば、

$$\frac{d_x}{m_x} = \frac{d_x}{q_x} - \frac{d_x}{2}$$

となる。これを q_x について解いて、

$$q_x = \frac{m_x}{1 + \frac{m_x}{2}}$$

を得る。この近似式は、乳幼児や高齢の部分を除けば、現在でも通常に用いられているものである。

4. 平均寿命と寿命中位数の推移

人間のライフサイクルを生命表から計測する指標として、0歳の平均余命すなわち平均寿命と生存年数が中位の者の年齢である寿命中位数をとりあげてみる。寿命中位数は生存数 l_x が l_0 のちょうど半分となる年齢である。

表1はわが国の平均寿命と寿命中位数の年次推移を表わしたものである[2]。男女ともに平均寿命の伸長はいちじるしく、今日は世界のトップ・レベルにある。また、妊産婦死亡の激減により、生物学的に強靱と言われる女の伸びが男の伸びを上回っている。寿命中位数も男女ともにいちじるしく伸びてきているが、過去において大きかった平均寿命との差は小さくなってきている。

人間の死亡率は乳幼児期において高く、その後低下し10歳前後で最低となり、以後徐々に上昇していき、成人病による死亡が増加する50歳頃から上昇の速度が急速になる。乳幼児特に1歳未満の乳児においては、感染症、先天異常、出産前後（周産期）に発生する病態による死亡が多く、これらは機器における初期故障に相当するとも言えよう。母子栄養の向上や産科の病院の充実等により、これらの乳児死亡は急速に減少し、過去における平均寿命の伸長への寄与が大きかった。

最近では、図1の生存数曲線のように、乳幼児の死亡はわずかとなり、かなりの年齢まではほぼ水平にある。これが、平均寿命と寿命中位数の差が縮小してきた理由である。最近も平均寿命は伸び続けているが、中年における脳血管疾患による死亡の減少の寄与が大きい。このため、寿命のばらつきは小さくなってきており、日本人のライフサイクルは長くなるとともに、ばらつきが小さくなってきていることが特徴である。

5. 配偶関係別生命表

生命表では、対象とした人口集団のとり方により、地域別生命表、人種別生命表等のさまざまなものが作成されている。配偶関係別生命表では、人口を未婚者、有配偶者、死別者および離別者に分けて生命表を作成している。作成方法は、通常生命表の死亡率のかわりに配偶関係別死亡率を使用していること、20歳未満の配偶関係別死亡率は精度に問題があるので20歳を起点にしていることの2点の他は、通常生命表とまったく同様である[3]。

計算結果は表2のとおりであり、有配偶において最も平均余命は長く、20歳においては未婚との差は男女ともに10年程度にもなっている。また、死別より離婚が、離婚より未婚が短い傾向であるが、未婚でいると余命が短くなるというよりも、病弱等で余命の短い者が未婚者に多く含まれるためであろう。また、男では有配偶と死別および離別との差が大きいが、女ではその差が小さいの

表2 配偶関係別平均余命

年齢	男				女			
	未婚	有配偶	死別	離別	未婚	有配偶	死別	離別
20歳	46.88	56.97	51.23	45.15	53.33	62.60	60.09	58.70
40歳	28.06	37.52	33.40	28.22	34.18	42.96	41.41	39.85
60歳	13.34	19.87	17.94	15.53	16.86	24.35	23.21	22.27
80歳	4.15	6.81	6.21	5.79	4.37	8.86	8.11	7.92

出所：参考文献[3]

が注目される。

6. 結婚の生命表

通常生命表では、生存数が減少していく要因は死亡のみであるが、複数の要因を設定する生命表がある。死因別生命表は、死亡を死因別に分解したものであり、特定死因で死亡する確率や特定死因を除去した場合の平均余命の伸び等が算出されている。労働力生命表は労働力が死亡と引退の2つの要因により減少し、加入により増加する様子を定常状態で表わすものである。また、年金保険で多重脱退残存表と呼ばれている生命表は、生存数に相当する加入者数が、死亡（遺族年金受給）、障害（障害年金受給）、退職（老齢年金受給）により減少していく様子を表わすものである。

ここでは、結婚した初婚の夫婦が死亡と離婚によって減少していく様子を表わす「結婚の生命表」についてみてみる[4]。

婚姻は夫妻のどちらかの死亡または離婚により解消する。表3は結婚の生命表の例であり、1982年の夫妻の死亡確率と離婚確率にもとづき、夫が28歳、妻が25歳で結婚した初婚の夫妻の1,000組が、結婚の年数の経過により減少していく様子を表わしたものである。結婚の生命表では要因別解消数、結婚の余命等が算出される。

この結婚の生命表から、離婚確率と死亡確率が一定ならば、夫妻でいる年数は平均37.79年、50年目の金婚式を迎える夫妻は30.6%約であることがわかる。また、離婚で解消される確率は18%、夫の死亡によるものは57%、妻の死亡によるものは25%となっている。また、25歳の女の平均余命はこの当時約56年であったので、平均結婚年数の差の約18年が死離別または再婚の期間になると考えられる。

7. 結婚の多相生命表

これまでの生命表は、生存と死亡という2つの状態の

移動を扱っているが、生存をいくつかの状態に分け状態間の移動を可能とするモデルにより作成する生命表を多相生命表という。結婚の多相生命表[5]においては、図2のように、男女別に（以下、女子のみを考える）、未婚、有配偶、死別、離別および死亡の5つの状態を設定し、0歳で出生した未婚の者が、死亡により減少し、また、初婚により有配偶になるというように、死亡、初婚、再婚、死別、離別により状態が遷移していくのを追跡する。ここで、 N^s は未婚者数、 D^d は死亡数、 ${}^s\mu^d$ は未婚者の死力のように各記号はその状態にある者の数と発生力を表わしている。これらの状態間の遷移確率を人口動態統計の死亡、婚姻、離婚の統計表から推計すれば、各状態の年齢 x 歳での生存数、状態間の移動数、各状態での定常人口等が算出でき、結婚の多相生命表が配偶関係別に作成される。

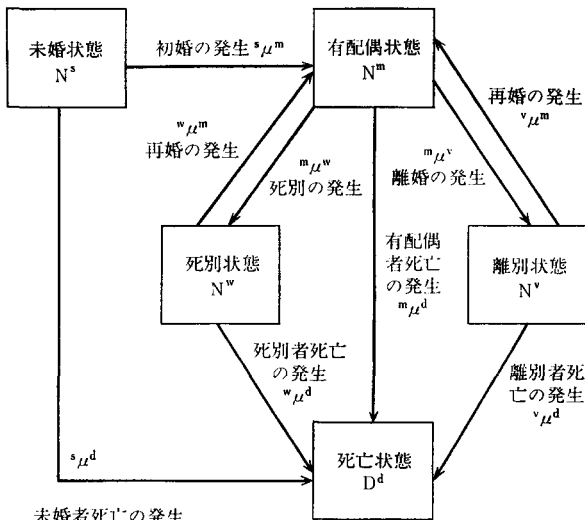


図2 結婚の多相生命表の状態間の遷移
出所：参考文献[5]

表3 平均初婚年齢同士夫婦（夫の年齢28歳，妻の年齢25歳）の結婚の生命表（1982年）

結婚年数	結婚解消の要因別確率 (0/00)			結婚残存数 1000組	要因別解消数				結婚の余命 (年)
	離婚確率	夫の死亡	妻の死亡		総数	離婚	夫死亡	妻死亡	
0年	16.9	0.9	0.4	1000	18	17	1	0	37.79
1	16.0	0.9	0.4	982	17	16	1	0	37.48
2	14.6	0.9	0.4	965	15	14	1	0	37.13
3	13.0	1.0	0.5	949	14	12	1	0	36.72
4	11.6	1.0	0.5	936	12	11	1	0	36.26
5	9.9	1.0	0.5	923	11	9	1	0	35.73
6	9.8	1.1	0.6	913	10	9	1	1	35.14
7	9.4	1.2	0.6	902	10	9	1	1	34.54
8	8.7	1.3	0.6	892	9	8	1	1	33.92
9	8.4	1.5	0.7	883	9	8	1	1	33.28
10	8.3	1.6	0.7	874	9	7	1	1	32.63
11	7.9	1.8	0.8	864	9	7	2	1	31.97
12	7.2	2.0	0.9	855	9	6	2	1	31.30
13	6.7	2.1	0.9	847	8	6	2	1	30.62
14	6.3	2.3	1.0	839	8	5	2	1	29.91
15~19	24.1	16.1	6.2	831	38	20	13	5	29.20
20~29	20.2	64.9	24.9	792	84	15	50	19	25.48
30~39	3.0	142.9	57.8	708	138	2	98	38	17.90
40~49	0.2	360.8	160.6	570	264	0	189	75	10.89
50	—	—	—	306	306	0	203	103	5.56
合計	18.1%	57.1%	24.8%	...	1000	181	571	248	...

出所：参考文献[4]

表4 多相生命表にもとづく女子の結婚に関する指標

結婚指標	昭和40年	昭和55年
平均寿命	73.38	78.77
出生時の結婚確率	0.92300	0.90023
出生時の離婚確率	0.09275	0.13377
出生時の死別確率	0.59443	0.42450
生涯における未婚期間の割合	36.07%	38.12%
生涯における結婚期間の割合	47.49	52.22
生涯における寡婦期間の割合	13.59	5.83
平均初婚年齢	24.69	25.67
平均離婚年齢	36.19	34.75
平均寡婦年齢	63.76	75.69
平均結婚期間	36.04	42.44
平均未婚期間	26.47	30.03
平均死別者（寡婦）期間	16.78	10.81
平均離別者（離婚）期間	22.54	22.55
結婚が離別によって終わる確率	0.09592	0.13800
結婚が死別によって終わる確率	0.61472	0.43793
結婚が死亡によって終わる確率	0.28936	0.42406

出所：参考文献[6]

表4はこのように作成した多相生命表から、各種の結婚に関する指標を算出したものである[5]。これから、昭和55年では15年前に比較して離婚が増えていること、結婚しない者がやや増えていること、死亡水準の低下により平均寡婦年齢が上昇するとともに、寡婦になった者についての平均寡婦期間が短くなってきていること等、結婚についての各段階を通過した者についてのさまざまな指標を知ることができる。したがって、多相生命表はライフサイクルの生命表分析において大変有効な方法であることがわかる。

8. おわりに

ライフサイクルを分析するのについて、婚姻に関係するものを中心に各種の生命表の技法と概要をみてきた。人間のライフサイクルにおいては、寿命の長さだけでなく人生の各段階においてどのような状態にあるのかを分析するのが大切であり、多相生命表はそれらの状態を統一的に把握することが可能であるので、ライフサイクルの研究には欠かせないものとなっている。多相生命表では、子供を生んだ数によって状態を分ける出生の生命表、健康の良否を状態とする健康の生命表、就労、失業等による労働の生命表等その応用が広く試みられている。これらの各種の多相生命表により、人間のライフサイクルの内容は具体的に観察が可能となろう。

参 考 文 献

- [1] 小林和正・南條善治, 日本の世代生命表, 日本大学人口研究所, 昭和63年
- [2] 厚生省統計情報部, 第16回生命表, 昭和61年. および昭和61年簡易生命表, 昭和62年
- [3] 石川晃, 昭和60年配偶関係別生命表, 人口問題研究, 第185号, 厚生省人口問題研究所, 昭和63年
- [4] 伊藤達也, 結婚に関する生命表, 統計, 日本統計協会, 1988年2月号
- [5] 高橋重郷, 日本の配偶関係別多相生命表, 人口問題研究に投稿中

▶パーソナルコンピュータ用線形計画法パッケージ◀

パーソナルLP

実用的な例題を多数収録し、入門者向けに線形計画法をわかりやすく解説!!

開発: 平本 蔵(株)電力計算センター

機種: PC-9801

定価: 80000円

概要: 線形計画法パッケージ。問題入力、単体表の操作、図解法、サポート機能など。(マニュアル添付。)

解説書: パソコンパッケージによる

例解 線形計画法(定価1800円)

問合せ先: 日本電気ソフトウェア(株)

営業部 ☎ 03(444)3211

■好評発売中

ビジネスマンのための「ファジィ」読本

菅野道夫著/B6/880円

ハイテク社会/高度情報化社会のキーワード「ファジィ」とは何か? そして、ファジィはテクノロジーのみならずビジネス・フロントをどう変革するのか? 「時代」を生きるビジネスマン必読の書。

新時代のコンピュータ総合誌

定価880円

Computer Today

9月号特集/好評発売中

ニューロコンピュータ

——第6世代コンピュータへの道——

別冊 プログラム移植 定価1380円

月刊誌

数理科学

10月号特集/好評発売中/定価930円

物質設計の誘惑

——固体物理の新しい世界——

別冊 ファジィ理論への道 定価2000円

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル

☎03(256)1091 振替 東京7-2387