

VII. 日常的な人口動態登録システムにおけるコード分類の妥当性

A. 検視

死因を帰するためのゴールデンスタンダードは、必要に応じて組織学標本、培養を用いた経験豊富な病理学者による検視である。

検視は比較的頻繁に実施されておらず、多くの途上国では実施率が下がり続けている。

B. 医学的な証拠書類

患者の病歴に関する知識を持つ医師によって死因を帰することは、人口集団レベルにおいては依然として最良の方法である。医師によるコード分類と検視により断定された死因を比較した各種の研究では、5%から75%まで広範囲にわたる診断エラーが示されている。

これらの診断エラー比率は、検視によらない死因特定の困難さを誇張しすぎていると言える。(ICDチャプターが変更されるような)重要なエラーのみを検討した場合、診断エラー率は通常5~10%未満である。

診断エラー、感度、特異性などを測定することは、必ずしもコード分類の質を測る最も適切な方法とは言えない。偽陽性結果によって偽陰性結果が清算されることもあるので、報告される死因別死亡率の偏向は減少していくのである。

Brittonは、個々の死因については変更があるものの、各死因に帰された死亡報告数は検視でも変わらないことを発見した。

C. 医学的な証拠書類の質のばらつき

訓練や関心の度合い、地域ごとの診断様式の違いなどにより、医師間で死亡証明の正確さに差が生じることがある。

歴史的にも死因特定方法の流行は、フランスで過去に生じた心筋炎事例のような影響を及ぼすことがあった。

専門医師の委員会によるコード分類に対して、医学証明書は死因データソースとして使用されてきた。旧ソ連で実施された3研究は、結果に何通りかの種類があることを示している。

これらの研究から、特に心血管、呼吸器系、消化器疾患の死因で、診断およびコード分類のエラー率が高いことが示された。全体的な診断、コード分類エラー率は、10.7%から28.5%であった。ところが、各死因による死亡率の過大評価、過小評価パーセンテージははるかに低かった。例えば、心血管疾患による実際の死亡率は96.9%~102.3%で

あった。

D. 非専門的な報告とコード分類、および口頭による検視

スリランカ、タイ、マレーシアなどの人口動態登録システムの日常的業務では、医学的証明のない死亡や、文書係によって死亡診断書に記録された死因の一部が、素人の個人によってコード分類される。

このようなタイプの死因情報の質を検証した研究はあまりないが、質は低いと考えられる。死因データの質を表す一般的指標として、医学的に証明された死亡の比率を上げることができる。

多くの国々で、医学的な死亡診断書や死亡サンプルが利用できない。訓練を受けた個人が世帯調査を実施して、死亡前の症状や事象を確認する。このような死因確認処置は口頭検視法と呼ばれており、別のセッションで考察する。

VIII. 死因データの補正

A. 不明確コードおよび詳細不明の傷害による死亡の標準調整

1) XVIII. 兆候、症状、および不明確病態

BTL および 3 桁データでは、このチャプター全体が具体的な死因に割り当てられる。我々は Preston の分析に基づいて、成人ではこれらの死亡のほとんどが誤証明された Group II タイプの死亡であると仮定する。我々は GBD 研究を実施し、Chapter XVIII に該当する 5 歳を超える死亡を、他のすべての Group II 死因に比例的に割り当てた。

5 歳未満の子供では、Group I 全体にこれらの死亡を比例的に割り当てる方法を選択した。このアプローチは、小児における Chapter XVIII 死亡のほとんどが、誤認定された感染症、または周産期に起こる病状によるものだという仮定に基づいている。どのグループに Chapter XVIII の死亡を割り当てるかの選択は、利用できる全情報に基づいて地域的になされるべきである。

2) 不要傷害コード (injury garbage code)

ICD では、コード Y10~Y34 は「意図不明の事象」と定義される外的要因を表す。このようなコードが大部分の傷害を表すことがあるので、方針達成のためにこれらの死亡を特定の外的要因に帰する必要がある。

GBD 研究では、これらの死亡を他の特定の外的死因すべてに比例的に割り当てた。NBD 研究では地域的情報を利用できることがあり、これらの情報は、より対象を絞った方法

で残りの傷害グループに死亡を割り当てる際の手引きとなる。例えば警察記録から詳細な情報が入手できる場合は、それを利用した死亡の再割り当てが可能になる。

B. 心血管疾患の認証実施における差異分析

メキシコなどの国々では、長期にわたって見ると心血管疾患の認証実施に明らかな推移が見られる。従来、詳細不明の CVD 死因に割り当てられていた死亡が、次第に虚血性心疾患へ割り当てられてきている。

心血管系死亡の 2 大原因は卒中と虚血性心疾患である。虚血性心疾患による卒中を除いた心血管系死亡の比率は、非常に変化しやすい。

4 つのコード群は、誤認定された虚血性心疾患を含んでいる可能性が高く、虚血性心疾患に割り当てられた心血管系死亡(卒中を除く)の比率にばらつきがあることにある程度の説明がつく。心不全(ICD-9 code 428, ICD-10 code I50)、心律動異常(ICD-9 codes 427.1, 427.4, 427.5; ICD-10 codes I47.1, I49.0 and I46)、アテローム動脈硬化(ICD-9 440.9; ICD-10 code I70.9)、不明瞭な記述と心不全の合併症(ICD-9 codes 429.0, 429.1, 429.2, and 429.9; ICD-10 codes I51.4, I51.4, I51.5 and I51.9)。

以下の図は、日本などいくつかの国で、非常に高い比率の死亡がこれらの役に立たないコードに割り当てられていることを示す。不要な 4 つの心血管疾患コードに割り当てられた死亡比率と、虚血性心疾患に割り当てられた比率との間には、強い逆相関関係がある。

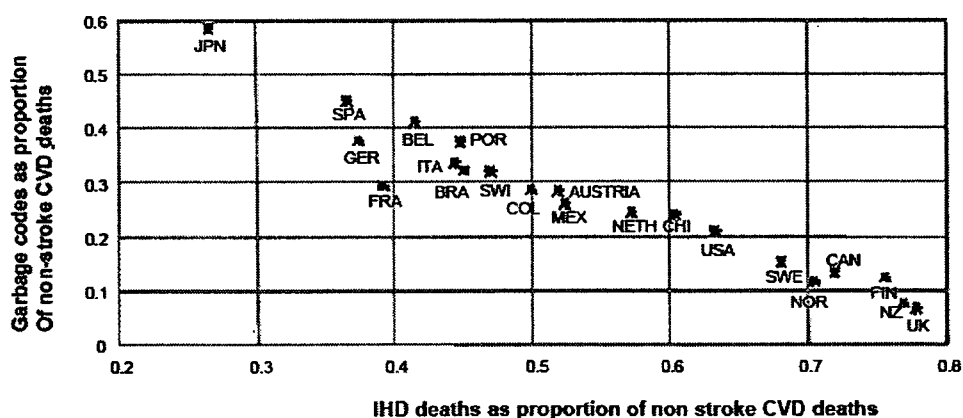


図 卒中以外の CVD 死亡比率としての不要コードと卒中以外の CVD 死亡比率としての IHD 死亡との関係

Basic Demography

Session

1.3

I. はじめに

公衆衛生における定量的科学

- ・疫学
- ・生物統計学
- ・人口統計学
- ・医療経済学

Demography の Demos は「人々」、graphos は「書き表す」こと。すなわち人口集団を研究する科学である。

人口集団で重要なことは何か。

- ・人口集団の規模、年齢と性別構造、分布(静的構成要素)
- ・人口増加、繁殖力、死亡率、人口移動(動的構成要素)(人口動態とも呼ばれる)

A. 人口統計学/疫学インターフェイス

疫学とは、ある人口集団における病気やけがの原因や分布の研究である。

- ・分析疫学: ケースコントロール研究、疾患原因のコホート研究など
- ・臨床疫学: 疫学的方法を診断、予後、治療に関する問題へ応用
- ・記述疫学: 年齢別、性別、死因別による死亡の記述/評価/予測。より広範な疾患/傷害発生、異なる人口サブグループにおける死亡(小児、15-24歳の男性など)の記述。

人口統計学

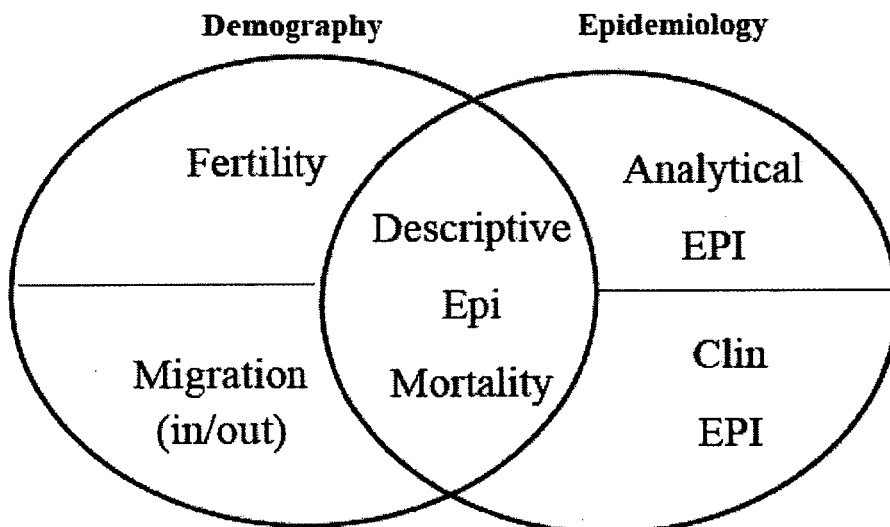
疫学

繁殖力

人口移動(入/出)

記述疫学死亡率

分析疫学
 臨床疫学
 死亡率(人口統計学)
 記述疫学



Mortality (Demography) ≡ Descriptive Epidemiology

B. 人口統計学の歴史

人口統計学はJohn Graunt (1620-74)によって始められた。1962年に発行されたGrauntによる「ロンドン教区の死亡率統計に関する観察 (Observations on the Bills of Mortality of London Parishes)」(90 ページ)は、人口統計学研究の基盤となった。

教区は出生と死亡を記録して、疫病その他の疾患の発生を特定し検疫区域を設定するようになった。Grauntは(死亡原因、各年齢まで生存する割合、保健および環境、性別のバランス、家族規模、年齢構造、雇用など)これらのデータにさらに大きな可能性を見出した。

II. 基本概念

A. 人口変化の要素(動的概念)

- ・繁殖力 fertility (F) = 出生数(人口への新参入)
- ・死亡率 mortality (M) = 死亡数(人口の「流出」)

- ・移動: immigration 移住 (IM) (流入人口)
- ・外部へ移住 (OM) out-migration (流出人口)

いかなる時も総人口サイズ P_t は、

$$P_t = P_0 + F - M + IM - OM \quad \text{となる。}$$

P_0 は初期人口数である。

この式は人口統計学で基本平衡方程式と呼ばれており、経時的な測定によって人口集団の成長率 growth rate (R) が表される。

$$R = P_t - P_0/t$$

t は年数を示す。

B. 人口集団のサイズと構造 (静的概念)

- ・総人口サイズ (人数): P
- ・人口の年齢/性別分布: 人口統計の全プロセス (F、M、IM、OM) は年齢に大きく依存するので (性別にはそれほど依存しない) 非常に重要である。死亡のリスクは年齢とともに指数関数的に上昇する。
- ・人口の地理的分布: 都市部の人口と地方の人口のパーセンテージ。行政区にわたる分布。
- ・教育、雇用、民族などその他の特性による分布

C. 人口増加

以下のような測定方法がある。

- ・算術的方法: 一定の人口増分を測定する。
- ・地理的方法: 一定間隔の人口増加を測定する。
- ・指数関数的方法: 継続的な人口増加を測定する。

ここでの要約統計量は r、人口増加率となる。

t 年前の人口集団サイズを P_0 として現在 (t 年後) の人口サイズを P_t とすると、

- ・絶対人口変化 = $P_t - P_0$ (正または負となる)

- ・算術的年間人口増加 (AAPG) = $P_t - P_0/t$ 、および AAPG 率、
 $r = \text{AAPG}/P_0$
- ・地理的年間人口増加率
- ・指数関数的人口増加率

特別なケース:

人口が 2 倍に増加する時 (人口倍増時)

このようなケースでは、 $t = \ln 2/r$ となる。

例: $r = 0.02944$ (1 年あたり 2.9%) の場合は、

$n = 0.6931/0.0294 = 23.5$ 年となる。

D. 年齢/性別構成

・基本概念: すべての人口測定法で年齢/性別構成を考慮する必要がある。人口集団により非常に大きな差異が生じることがある。

例: アフリカでは総人口の約 40~45% が 15 歳未満なのに対して、オーストラリアやヨーロッパでは約 20% である。

またオーストラリアでは 65 歳以上の人口が 15% であり、アフリカでは 5% である。

・分析のための年齢グループは通常、0 歳、1~4 歳、5~9 歳、10~14 歳・・・80~84 歳、85 歳以上に分けられる。

・人口統計での厳密な年齢の概念では、誕生日を迎えていることが条件となる。例えば誕生してから 10 年と 11 ヶ月 3 週間 6 日経過した子供は、正確にはまだ 10 歳とされる。

・人口ピラミッドによって人口集団の年齢/性別分布をグラフで表す場合の慣習は、

1. 5 歳ごとの年齢グループを用いて、通常は 0 歳ではなく 0~4 歳を最初のグループとする。

2. 男性を左側、女性を右側に描く。

優れた視覚的効果によって、年齢別/性別人口構成の特異性を即座に識別できる。

E. 年齢/性別構成の要約統計量

・人口性別比: 男性数/女性数 $\times 100$

・依存率: $P_{0-14} + P_{65+}/P_{15-64} \times 100$

・65 歳以上は「高齢者」の通常定義である (国連は 60 歳以上の定義を採用)。

・0~4 歳は小児の通常定義である。

・0~14 歳は子供の通常定義である。

・小児 (子供) の依存率: $P_{0-14}/P_{15-64} \times 100$

- ・高齢者の依存率: $P_{65+}/P_{15-64} \times 100$
- ・人口集団の平均/中央値年齢

F. 人口集団変化の測定

・(出生、死亡など)絶対的人口変化を属する集団の測定に関連付ける必要がある(リスク人口)。

例: 1年当たり 500,000 件の出生は中国とオーストラリアで同じ意味を持つか。

・測定の主目的は比較である。

例: 経時的な同一集団の比較、同時点(または異なる時点)での異なる集団の比較など。

・原則的な比較方法は(粗率、標準および年齢別比率、生存確率など)比率である。

・粗出生率: $B/P \times 1000$ 。B は出生数を表す。

・粗死亡率: $D/P \times 1000$ 。D は死亡数を表す。

- 出生や死亡が発生する期間を定義しておく必要があり、通常は1暦年が用いられる。

- P は「リスク人口」の測定値であり、通常は年央人口を用いる。

- さまざまな年齢や性別で異なるリスクを区別していないので「粗率」と呼ばれる(例: 男性は出産しない)。

・ Age-Specific Rate = No. of events (e.g. deaths in specified age group)/Mid-year population of age group $\times 1000$

(年齢別比率 = 事象数(特定の年齢グループ内の死亡)/年齢グループの年央人口 $\times 1000$)

年齢別比率は、通常はその年齢グループ内の人口 1,000 人または 100,000 人当たりで表される。

例: 2003 年にオーストラリアで 2,517 名の男性が 25~29 歳で死亡したとすると、25~29 歳の男性の年央(6月30日)人口は 277,615 人となり、次の式が成り立つ。

ASDR (age-specific death rate at ages 25-29) = $2,517/277,615 \times 1000 = 9.06$ deaths per 1,000 population aged 25-29

(25~29 歳での年齢別死亡率 = $2,517/277,615 \times 1000 = 1,000$ 人当たりの 25~29 歳)

の死亡数 9.06)

・比率は、ある集団で事象(死亡、特定死因による死亡、出生など)が発生する頻度の測定値であり、人口統計上の事象のリスクと同一ではない。

例えば、年の開始時(1月1日)に300,000人の50歳の男性が生存しており、その内の2,500人が12月31日までに50歳で死亡したとする。

この場合、その年に50歳で死亡するリスクは次の式で表される。

$$2,500/300,000 = 0.00833 \text{ または } 0.83\%$$

比率を人口統計上のリスクと区別することが重要である。比率(利用できるデータ)からリスク(求めたいデータ)を計算する方法については別の章で解説する。

年齢別リスクの概念のいくつかは、繁殖力や人口移動の研究にも適用できる。

例: $\text{births (live) to women aged 20-24 in a given year} / \text{mid-year population of women aged 20-24}$

(20～24歳の女性による任意の1年間の(生存)出産数/20～24歳の女性の年央人口)

これはリスクではなく比率であることに留意する。

疾患/傷害別ごとの年齢別死亡率にも同様の概念が当てはまる。

III. 人口統計データのソース

A. 人口動態登録:

住民登録システムによってすべての出生、死亡を記録するのは費用がかかり、登録の完全性の問題も生じる。

例えば、オーストラリアでは100%の(あるいはそれに近い)死亡が登録されているが、タイでは80%、ジンバブエでは50%のみである。

(中国、インドなど)国によっては(人口の1～10%を用いる)サンプル登録システムを採用している。サンプルが適切に集団を代表しておりデータが完全であれば、ほぼ完全な人口動態登録となり得る。

B. 国勢調査:

調査日における年齢、性別、居住地ごとの生存人口に関するデータ。通常は5年か10年(最も一般的)に1度、10年の真ん中の年あるいは「0」の付く年に実施される。例: 1990年、2000年(オーストラリアでは1991年、1996年、2001年の5年ごと)

国勢調査は年央人口比率、社会サービス、教育ニーズなどの人口統計/推定に幅広く用いられ、費用はかかるが極めて重要である。

(スカンジナビア諸国など)国によっては、Continuous Population Registers を実行している。すべての事象は連動しているので、いつでも年齢別、性別の人口構造予測が得られるが費用はさらにかかる。

C. 人口調査

- ・以上の方法がいずれも不可能な場合には、人口集団のサンプル調査に基づいて出生、死亡に関するデータを収集することができる。
- ・世帯における過去12~24ヵ月の出生/死亡に関して直接質問することもできるが、
 - 想起バイアスが大きいデータが多く、
 - めったに使用されない。人口統計学者は、これまでに誕生した子供/生存している子供、あるいは兄弟の生存状況についての間接的な質問から年齢別死亡率を推定する方法を開発した。(人口移動を考慮に入れないなど)仮定を必要とする部分もあるが、良好に機能している。
- ・繁殖性 fertility に関しても完全な出産歴を質問する。

IV. 人口転換 Demographic transition

- ・人口成長のモデルである。
- ・低成長/高(爆発的)成長/低成長の3局面からなる。転換以前、転換期、転換以後という呼び方もできる。
- ・人口増加と年齢別、性別人口構造の両方を表す。

A. 高齢化の要因

- ・低出生率
若年層コホートの小規模化
高齢者率の最も重要な決定因子
- ・低死亡率

高年齢まで生きる人の増加
高齢者数の最も重要な決定因子

B. 年齢構成の変化

- ・ 転換前: 高出生率、高死亡率、三角形の人口年齢分布
- ・ 転換期: 出生率と(特に)死亡率の下降、人口年齢分布は三角形から長方形へ移行
- ・ 転換後: 安定した低出生率と低死亡率、長方形の人口年齢分布

C. 死亡転換 = 疫学的転換 Epidemiologic transition

- ・ 1971年に Omran によって最初に形式化された。
- ・ 死亡率レベルと死因の間に強い関連が認められる。
- ・ 転換以前と転換期は、主に伝染病(GBD Group I)による(特に小児における)高い死亡率を特徴とする。
- ・ 転換以後は低死亡率を特徴とし、高年齢に至らずに死亡することは極めてまれで、伝染病以外による死亡が大半である。
- ・ 傷害転換においてもほぼ一定の死亡割合が見られるが、死因構成は変化する。

D. 健康転換 Health transition = 障害の増加 Rise of disability

- ・ 転換以降の社会では高齢者人口の割合が高く(20%)なる。
- ・ 年齢とともに障害の可能性が増加。
- ・ この結果、高死亡率/(低?)障害率から低死亡率/(高?)障害率へ移行。
- ・ 不確実性の増大
- ・ 疫学的理論の基礎(疾病率の圧縮など)

The Life Table

Session

1.4

I. はじめに

生命表を用いれば死亡率を最も完全に説明できる。基本生命表は行のセットで構成されており、行セットの多くはあとから行が見つかった場合に再生できる。

生命表は人口統計や公衆衛生で多くの役割を果たす。生命表から得られる基本要約統計量は、人口集団に対する出生時平均余命であり、集団内の死亡状況を示す指標概要として便利に利用できる。

II. 生命表

生命表には2種類の基本形態がある。

1. コホート生命表
2. 期間生命表

コホート(または世代)生命表は、特定の個人グループにおける最初のメンバーの出生から最後のメンバーの死亡までという、実際の死亡経験を記録する。このようなデータは入手しにくいので、コホート(または世代)生命表への実際的関心は限られている。

期間(または現状)生命表は、合成コホートの実績を用いて任意の1年あるいは数年間に取得した死亡状況から構成されている。

したがって、1年間に任意の集団が経験する死亡と生存を横断的に捉えることができ、より有用な死亡率分析ツールとなる。

2つ目の違いは、完全生命表と簡易生命表の差である。完全生命表は、0歳、1歳、2歳、3歳・・・99歳、100歳以上という各年齢における死亡と人口に関するデータで構成されている。簡易生命表は、隣接する年齢で死亡率は同様であるという仮定に基づいており、年齢グループによって算出した死亡率を使用している。最も一般的な年齢グルー

ブ分けは0歳、1~4歳、5~9歳・・・95~99歳、100歳以上であるが、(10歳ごとの年齢グループなど)その他の年齢カテゴリーも可能である。

1996年度のフランス人男性の簡易期間生命表を以下に示す。この表を用いてセクションII(Section II)に概説した算出法を解説する。

表1. フランス人男性の簡易生命表(1996年)

x	N	${}_xP_x$	${}_x D_x$	${}_x M_x$	a	${}_x q_x$	${}_x p_x$	l_x	${}_x d_x$	${}_x L_x$	T_x	e_x
0	1	369300	2022	0.005	0.1	0.005	0.995	100,000	545	99,510	7,471,253	74.71
1	4	1462700	467	0.000	0.4	0.001	0.999	99,455	127	397,516	7,371,743	74.12
5	5	1755600	306	0.000	0.5	0.001	0.999	99,328	87	496,425	6,974,227	70.21
10	5	1974200	394	0.000	0.5	0.001	0.999	99,242	99	495,961	6,477,802	65.27
15	5	1997800	1315	0.001	0.5	0.003	0.997	99,143	326	494,899	5,981,841	60.34
20	5	2041900	2377	0.001	0.5	0.006	0.994	98,817	574	492,651	5,486,942	55.53
25	5	2155700	2824	0.001	0.5	0.007	0.993	98,243	641	489,614	4,994,291	50.84
30	5	2193000	3659	0.002	0.5	0.008	0.992	97,602	811	485,983	4,504,677	46.15
35	5	2150700	4764	0.002	0.5	0.011	0.989	96,791	1,066	481,291	4,018,693	41.52
40	5	2114300	6906	0.003	0.5	0.016	0.984	95,725	1,551	474,749	3,537,403	36.95
45	5	2167100	9944	0.005	0.5	0.023	0.977	94,174	2,136	465,532	3,062,654	32.52
50	5	1608000	10873	0.007	0.5	0.033	0.967	92,038	3,060	452,541	2,597,122	28.22
55	5	1341000	13304	0.010	0.5	0.048	0.952	88,978	4,307	434,124	2,144,581	24.10
60	5	1362300	20756	0.015	0.5	0.073	0.927	84,671	6,214	407,823	1,710,456	20.20
65	5	1266000	28937	0.023	0.5	0.108	0.892	78,458	8,482	371,084	1,302,634	16.60
70	5	1056300	36075	0.034	0.5	0.157	0.843	69,976	11,009	322,356	931,549	13.31
75	5	651300	33265	0.051	0.5	0.226	0.774	58,967	13,353	261,450	609,193	10.33
80	5	409100	37544	0.092	0.5	0.373	0.627	45,613	17,024	185,505	347,743	7.62
85+	5	346500	61059	0.176		1	0.000	28,589	28,589	162,238	162,238	5.67

III. 生命表の算出方法

A. q_x

q_x は、正確な年齢 x と $x+1$ の間に死亡する可能性と定義される。

数式では次のように表す。

$q_x = \text{Deaths during the year to persons aged } x \text{ at the start of the year } (D_x) / \text{Population aged } x \text{ at the start of the year } (N_x)$

すなわち、 $q_x = \text{年の開始時に } x \text{ 歳である人がその年に死亡する数 } (D_x) / \text{その年の開始時に } x \text{ 歳である人数 } (N_x)$

一般的に人口集計数は通常、年の開始時よりも年央人口に関係するため、 q_x は直接に計算できない。以下のように定義される年齢別の死亡率 M_x から推定される。

$M_x = \text{Deaths during the year to persons aged } x (D_x) / \text{Population aged } x \text{ at mid-year}$

(P_x)

すなわち、M_x = その年の間に x 歳である人が死亡する数(D_x)/年央時に x 歳である人数
(P_x)

q_xを取得するには、次のように M_xの値を少し修正する必要がある。

$$q_x = \frac{D_x}{N_x}$$

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

$$N_x = P_x + 0.5D_x$$

$$\therefore q_x = \frac{D_x}{P_x + 0.5D_x} = \frac{D_x/P_x}{D_x/P_x + 0.5(D_x/P_x)} = \frac{M_x}{1 + 0.5M_x}$$

方程式 $N_x = P_x + 0.5D_x$ は、その年に死んだ人が平均で、「1/当該年」(a_xで表される)だけ生きたと仮定している。

この例では a_x = 0.5 となる。すなわち亡くなった人は平均すると、その年に半年間生きたことになる。この仮定は、極端に若い年齢と高年齢を除けば、どの年齢に対しても非常に正確である。非常に若い年齢での死亡は、その年の初めに集中する傾向がある。したがって、先程の方程式は次のように一般化できる。

$$q_x = M_x / (1 + (1 - a_x) M_x)$$

a₀、a₁・・・がとる値は死亡率レベルによって国ごとに異なる。

死亡率の非常に高い国では、他の全年齢でも a₀ = 0.3、a₁ = 0.4 および 0.5 となる。死亡率の低い国では通常 a₀ = 0.1 の値が用いられる。これは幼児死亡率が低く、幼児死亡の主因が周産期死亡であるため比較的短期間しか生きていないからである。

a₀を除けば原則的に選択される a_xの値は重要ではない。実際のデータ [q₀ = D₀/当該年における出生数]を用いれば、より正確な q₀(従来の幼児死亡率)の予測値が取得できる。これによって上述の式を用いて q₀を予測する必要がなくなる。

最後の(上限設定がない)年齢区間には特別な注意を払う必要がある。最後の年齢区間の開始時に生存している人は必ず最終的に亡くなるので、q_xは常に 1.0 に等しくなる。

M_x 値を q_x 値に修正する他のアプローチには、Reed-Merrell 法と Greville 法 (Shyrock と Siegel, 1976 年)がある。ただしこれらの方法は、前述の方法と比べて格段に容易で

優れているとは言えない。

簡易生命表

簡易生命表は、完全生命表や単年の生命表よりもはるかに一般的である。通常0歳から開始し、1~4歳、5~9歳、10~14歳・・・85歳以上という5年ごとの年齢区間に分けられる。

単年の生命表と同様の方法で構成されるが、 q_x を計算する代わりに ${}_nq_x$ を求める。 n は開始時ではなく区間の長さを表す。

$${}_nq_x = \frac{n \cdot {}_nM_x}{1 + n \cdot (1 - {}_na_x) \cdot {}_nM_x}$$

生命表の表記では、 ${}_nq_x$ は年齢 x と $x+n$ 間に死亡する可能性を表す。

通常 ${}_na_x$ は、亡くなった人が生きた区間の比率と定義される。したがって、 $n = 5$ と ${}_na_x = 0.5$ の場合は、その区間で死んだ人はそれぞれ $0.5 \cdot 5 = 2.5$ 年ずつ寄与していることになる。通常は、死亡率の低い国では ${}_1a_0 = 0.1$ を用いて、死亡率の高い国では 0.3 を用いる。 ${}_1a_1$ に対してはすべて 0.4 を用いる。

B. ${}_nP_x$

${}_nP_x$ は正確な年齢 x と $x+n$ の間に生存している可能性と定義される。

$$\begin{aligned} {}_nP_x &= 1 - {}_nq_x \\ \therefore {}_nP_x + {}_nq_x &= 1 \end{aligned}$$

C. l_x

l_x は生命表において最も有用な行の1つであり、死亡率予測メソッドに広く利用される。 l_x は年齢 x 歳の時点において生存している人の数である。

これまでに解説した生命表の他の関数とは異なり、この関数は年齢区間ではなく厳密な年齢に言及している。最初の値 l_0 は、基数またはルートと呼ばれる任意の数字であ

り、通常は1、1,000、100,000などの概数である。定義により次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} {}_n p_x &= \frac{l_{x+n}}{l_x} \\ {}_n d_x &= l_x - l_{x+n} \\ &= l_x \cdot q_x \end{aligned}$$

${}_n d_x$ は生命表の人口のうち、正確な年齢 x と $x+n$ の間に死亡した数を表す。

l_x は、基礎となる現状生命表と同じ死亡率パターンを架空の出生者がたどると仮定した場合の、初回の1,000または100,000人の架空出生数から得た架空の生存者数である。

l_x は、実際の集団にいる x から $x+n$ 歳の個人の実際数とは関連がない。

l_x の値は、元々の基数と関連付けた場合にのみ意味を持つ。

(上限を定めていない)最後の区間では、死亡する人数は開始時の生存数と同じである。

$$d_{x+} = l_x$$

D. ${}_n L_x$

簡易生命表では、特定の期間を通じて生存した各人が n 年ずつ寄与している (n は区間の長さ)。

任意の区間内で亡くなった各人は、 ${}_n a_x n$ 年に相当する区間分の一ずつ寄与している。

${}_n L_x$ 関数は、正確な年齢 x 歳から $x+n$ 歳の間生存した合計人年数(そのあと死亡した者と生存している者両方で構成)と定義される。

この定義により次の式が成り立つ。

$${}_nL_x = n(l_{x+n} + {}_n a_x \cdot d_x)$$

By definition

$$l_{x+n} = l_x - {}_n d_x$$

$$\therefore l_x - l_{x+n} = {}_n d_x$$

$$\begin{aligned} {}_nL_x &= n(l_{x+n} + {}_n a_x \cdot (l_x - l_{x+n})) \\ &= n(l_{x+n} (1 - {}_n a_x) + {}_n a_x l_x) \end{aligned}$$

For ${}_n a_x = 0.5$,

$$\begin{aligned} {}_nL_x &= n(l_{x+n} (1 - 0.5) + 0.5 l_x) \\ &= n(0.5 l_{x+n} + 0.5 l_x) \\ &= \frac{n(l_{x+n} + l_x)}{2} \end{aligned}$$

言い換えれば ${}_nL_x$ 関数は、単純に l_x と l_{x+n} を平均して、間隔幅 n で乗算することによって求められる。

したがって、この方法は計算目的で使用するには非常に使いやすい公式である。

ただしこの方法による単純化は、 L_0 と ${}_4L_1$ のケースには適用できない。これらの年齢では ${}_n a_x$ が 0.5 に等しくないからである。この2つのケースでは次の公式を用いる。

$$L_0 = l_1 + 0.1 d_0$$

For $a_0 = 0.1$

$${}_4L_1 = 4l_5 + 4(0.4 \cdot {}_4d_1)$$

For ${}_4a_1 = 0.4$

上限を定めていない区間では長さを定義できないので、生存区間の開始時に各個人があと何年(平均して)生存するかについての仮定が必要になる。

通常は、生命表の死亡数(${}_n d_x$)と観測された年齢別死亡率(${}_n m_x$)を含む次の公式によって、精度の高い近似値が得られる。

X から $x+n$ 区間内の生命表上の死亡数/X から $x+n$ 間に生存した人年

すなわち $d_{85+} = l_{85}$ (最終的には全員が死亡するので)

$${}_nM_x = \frac{{}_n d_x}{{}_n L_x} = \frac{\text{Life table deaths in the interval } x \text{ to } x+n}{\text{Person - years lived between } x \text{ and } x+n}$$

$$\therefore {}_n L_x = \frac{{}_n d_x}{{}_n M_x}$$

$$\therefore L_{85+} = \frac{d_{85+}}{M_{85+}} = \frac{l_{85}}{M_{85+}}$$

i.e., $d_{85+} = l_{85}$ since everyone eventually dies.

E. T_x

T_x は、 x 歳以降に生存した合計人年数を表す。 ${}_n L_x$ 関数を下(最上年齢区間)から上に累積することによって求められる。

記号では以下のように表す。

年齢が x の場合は

$$T_x = T_{x+n} + {}_n L_x$$

$x = 80$ とすると

$$T_{80} = T_{85} + {}_5 L_{80}$$

最終年齢区分 w の場合は

$$T_w = L_w$$

$w = 85$ とすると

$$T_{85} = L_{85}$$

T_x は年齢区間ではなく厳密な年齢 x 歳を指していることに注意する。

F. e_x

e_x は、 x 歳の人に残された(平均)余命数と定義される。したがって、 l_x 人が x 歳で生存している場合、余命の合計年数は T_x によって表される。平均すると、 l_x 人のそれぞれはあと約 T_x/l_x 年生きることになり、次の式で表される。

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

通常、新生児の平均余命年数は出生時余命と呼ばれ、次の比率で表される。

$$e_0 = \frac{T_0}{l_0}$$

生命表の解釈

静的な人口(人年)解釈: この解釈では、同時に生まれたと仮定する 1,000 人または 100,000 人の新生児コホートが、最後の 1 人まで少しずつ死亡していく。全員がまったく同じ誕生日なので、 l_x 行は任意の年齢 x 歳における生存人数を表す。 ${}_nL_x$ は生存した人年数となる。

静止(または動的)人口解釈: 同時出生の代わりに、このアプローチでは $l_0=1,000$ 人または 100,000 人の新生児が、毎年一定の割合で誕生すると仮定する。この仮定を用いると、 l_x 行と ${}_nL_x$ 行は少し異なる意味を持つ。 l_x 行は、その年の間に x 回目の誕生日を迎える人数を表す。 ${}_nL_x$ は単に x 歳から $x+n$ 歳の人口数を表す。そのため、 ${}_nL_x$ 行によって説明される人口は静止人口と呼ばれる。一定の年齢構造と規模(= T_0)を持ち、毎年 l_0 人の新生児が誕生し、まったく同数の人が亡くなる。一般的には、ほとんどのモデルがこれら 2 つの極端なモデルの中間に位置する。すなわち、基準は完全に経験的でも理論的でもない。

IV. モデル生命表

途上国では、年齢別死亡率に関する情報が取得できないことがある。これを解決する方法として、隣接国など同様の人口集団の生命表を用いることがよくある。

このアプローチを一般化するには、広範な記録データに基づいてモデル生命表のセットを作成することである。

この演習では、健康損失施策として DALY で「規範的生存目標」の設定に用いられたモデル生命表 1 セットのみを提示する。

Coale と Demeny による地域(東西南北)モデル生命表(1966 年)

Coale と Demeny による地域ごとのモデル生命表は最初 1966 年に出版された。これらは実際の人口集団を基にした性別による 192 の生命表セットから導き出されている。

このセットは、1900年以前のものが39、第二次世界大戦後のものが69と、多くの時代の生命表を含んでおり、ほとんどが西洋諸国の生命表である。ヨーロッパ、北米、オーストラリア、ニュージーランドで合計176表を構成している。イスラエルから3つ、日本から6つ、台湾から3つ、南アフリカの白人人口から4つとなっている。選択された192の生命表のすべては、登録データから導き出されている。

これらは、表の回帰方程式からの偏差パターンを基準にして、比較的同質のグループに分割された。この4パターンは北、南、東、西と呼ばれた。各セット内で、男性の全体死亡率レベルの測定を基準にしてモデル表が回帰式から算出された。女性の死亡率は、両性の「e10」を連結する方程式を用いて男性の死亡率から計算された。Coale-Demenyの生命表は、途上国に存在する死亡率パターンを網羅していない場合がある。

「東」モデルは主にオーストリア、ドイツ、北部および中央イタリア、チェコスロバキア、ポーランドからのデータである。これらのパターンは基準と比べて幼児と高齢者の死亡率が高い。

「北」モデルにはアイスランド、ノルウェー、スウェーデンが含まれ、比較的低い幼児死亡率、高い児童死亡率、50歳を超える高年者の低い死亡率を特徴とする。

「南」モデルはスペイン、ポルトガル、南イタリアの生命表を基準としている。死亡率パターンは、5歳未満の高死亡率、40～60歳の低死亡率、65歳以上の高死亡率を特徴とする。

「西」モデルは他の地域のセットでは用いられていない剰余表に基づいている。これらのパターンは、利用可能な生命表すべてを統合して得られる基準パターンから体系的に逸脱していない。

このモデルは最大数で非常に幅広いケースから導き出されているので、最も一般的な死亡率パターンを表していると考えられる。

DALYの規範的生存目標は、女性の「West Level 25」を男性に、「26 model life tables」を女性にそれぞれ使用している。これは、ほぼ90年代初期の平均余命に基づいて、女性用にモデル化した比較的独断的な判断である。CoaleとDemenyによる男性用生命表では、男性に適しているとして選択された2.5年という小さい出生時平均余命の差異に近いものが存在しなかった。そのため、男性の規範的生存目標を設定するために女性の「West Level 25」モデル生命表を用いることになった。