

Chiang の方法による生命表

- 機能

競合危険のある場合の生命表を求める。

1. 全死因をまとめたときの生命表の他、死因別粗生存率、死因別純生存率、死因別偏粗生存率を求める。
2. 生存率グラフを描画する。

- 関連プログラム

死因が1種類の場合は Kaplan-Meier 法、積極限法によっても生命表解析が行えるが、Chiang の方法は打ち切りの定義が特殊である。

- 解析理論

1. 全死因をひとまとめにした生命表

最初に、全ての死因（脱落も一種の死因と考える）をひとまとめにして生命表を作成する。

Chiang の方法による生命表の作成では、打ち切り例の定義が若干特殊である。今、1989年12月31日が研究終了日で、生命表を作成するときの区間を1年単位とした場合を考える。例えば1989年1月2日以降に観察対象となったケースは、まるまる1年間の観察はできない（死亡リスクに曝露される期間は1年未満）。このようなケースは0～1年の区間において、打ち切り例とされる（研究終了時に生存しているかそれ以前に死亡しているかによって、更に2分類される）。これに対して、研究終了より1年以上前すなわち、1989年1月1日以前に観察対象となったケースは、まるまる1年間の観察ができる（死亡リスクに曝露される期間は1年以上）。このようなケースは0～1年の区間では、非打ち切り例とされる（観察開始から1年目に生存しているかそれ以前に死亡しているかによって、更に2分類される）。

別の説明のしかたでは、観察対象になってからの経過時間が t_i 以上 t_{i+1} 未満の区間において、その区間の最後で生存しているかそれ以前に死亡しているかで、2分類されるが、さらに、それぞれのケースが（研究終了時 $-t_i$ ）以後に観察対象となった場合は打ち切り例、それ以前に観察対象となった場合は非打ち切り例というように、2分類される。

区間 i の開始時点での対象数を N_i 、非打ち切り生存例を S_i 、非打ち切り死亡例を δ_i 、打ち切り生存例を W_i 、打ち切り死亡例を ϵ_i 、 $m_i = S_i + \delta_i$ 、 $n_i = W_i + \epsilon_i$ としたとき、区間 i の終了時点（区間 $i+1$ の開始時点）での生存率 p_i および累積生存率 P_i は (1)、(3) 式で定義される。

$$p_i = \left[\frac{-\epsilon_i / 2 + \sqrt{\epsilon_i^2 / 4 + 4(N_i - n_i / 2)(S_i + W_i / 2)}}{2(N_i - n_i / 2)} \right]^2 \quad (1)$$

$$q_i = 1 - p_i \quad (2)$$

$$P_i = p_1 p_2 \cdots p_i \quad (3)$$

2. 競合危険要因の考え方

死因が c 種類に分類されているとき、各区間で、 $\delta_i = \delta_{i1} + \delta_{i2} + \cdots + \delta_{ic}$ 、 $\epsilon_i = \epsilon_{i1} + \epsilon_{i2} + \cdots + \epsilon_{ic}$ 、 $D_i = \delta_i + \epsilon_i$ 、 $D_{ik} = \delta_{ik} + \epsilon_{ik}$ ($k = 1, 2, \dots, c$) とする。なお、脱落（追跡不能）も一種の死亡原因と考えて分析することもできる（Cutler-Ederer 法や Kaplan-Meier 法では脱落例は生存例と解釈して分析される）。生命表は以下の3種類の死亡率（生存率）を用いて定義される。

粗死亡率 (crude probability of death) は、他の死亡リスクが存在しているもとでの死亡リスク k による死亡率であり、(4) 式で定義される。

$$Q_{ik} = \frac{D_{ik}}{D_i} q_i \quad (4)$$

純死亡率 (net probability of death) は、死亡リスク k のみが作用したときの死亡率 q_{ik} と、死亡リスク k 以外の全死亡リスクが作用したときの死亡率 $q_{i\cdot k}$ であり、(5)、(6) 式で定義される。

$$q_{ik} = 1 - p_i^{D_{ik}/D_i} \quad (5)$$

$$q_{i-k} = 1 - p_i^{(D_i - D_{ik})/D_i} \quad (6)$$

偏粗死亡率 (partial crude probability of death) は、ある特定の死亡リスク (群) 以外の存在のもとで、ある一つの死亡リスクが作用したときの死亡率である。(7), (8) 式のように定義される。例えば、死亡リスクが a, b, k, x, y の 5 種類であったとき、(8) 式は、死亡リスク x, y 以外のリスク (すなわち a, b, k) の存在下での、死亡リスク k による死亡率を表す。

$$Q_{ik-x} = \frac{D_{ik}}{D_i - D_{ix}} \left[1 - p_i^{(D_i - D_{ix})/D_i} \right] \quad (7)$$

ただし ($k \neq x$)

$$Q_{ik-xy} = \frac{D_{ik}}{D_i - D_{ix} - D_{iy}} \left[1 - p_i^{(D_i - D_{ix} - D_{iy})/D_i} \right] \quad (8)$$

ただし ($k \neq x \neq y$)

● 参考文献

- 1) Chiang, C. L.: A stochastic study of the life table and its applications. III. The follow-up study with the consideration of competing risks. *Biometrics*, **17**, 57-78, 1961.