

マッチド・ペア推定量と C-統計量

A matched-pair method for estimating overall C for survival prediction models

東京大学大学院 医学系研究科
健康科学・看護学専攻 生物統計学分野
篠崎 智大

背景：イベント予測モデルあるいは予測スコアの C-統計量は、「イベント発症者と非発症者を正しく弁別する特性」すなわち判別力 (discrimination) を測る指標として知られている (他の指標は昨年度の抄読会資料を参照)。イベントまでの時間の長短を判別する C-統計量 (overall C の推定量) も広く知られているが、打ち切り存在下で重み付き推定やリサンプリング手法を要するなど (Uno et al., 2012)、パッケージはあるものの専用のプログラミングが必要でやや面倒である。

方法：本稿ではまず、イベント有無に対する C-統計量が、標本のマッチド・ペアから成るデータのある種の「オッズ比」の (条件付き) 最尤推定量を使って書き直せることを示す。C-統計量の計算は一般的なロジスティックモデルの当てはめパッケージに組み込まれているので、この書き換え自体が実用上で役に立つわけではないのだが、イベントまでの時間に対する C-統計量も、同じようにマッチド・ペアから成るデータにおけるある種の「ハザード比」の (部分尤度の) 最尤推定量を使って書き直すことができる。この関係性を利用すれば、イベントまでの時間に対する C-統計量を Cox モデル当てはめのパッケージから直接計算でき、さらに Cox モデルの重み付き推定を行えば打ち切り存在下でも一致推定量を得ることができる。ロバスト分散を用いた信頼区間によれば、標本をリサンプリングせずに区間推定を行うこともできる。

結果：シミュレーションデータで点推定・区間推定の結果を確認する。

考察：もともとはマッチド・ペアから成るコホート研究データ (Mansournia et al., 2013; Sjölander and Greenland, 2013) の解析方法を考えていて、上記の特殊な推定量について C-統計量との対応に気づいたという経緯であるが、本稿では C-統計量の計算方法として応用すると使いやすいのではないかという視点でまとめ直した。Gönen and Heller (2005) は、ハザード比を用いて overall C を表現した点で近い議論だが、本稿のノンパラメトリック推定とは枠組みを異にする点に注意して欲しい。推定に際しては標本内の全てのペアをとるようにデータセットを加工するので、サイズ n の標本からはサイズ $n(n-1)/2$ のデータセットを作成しなければならず、 n の二乗のオーダーで増えるファイル容量を要するのが大標本ではいやな問題である。

文献

Gönen M, Heller G. Concordance probability and discriminatory power in proportional hazards regression. *Biometrika*. 2005;92:965–970.

Mansournia MA, Hernán MA, Greenland S. Matched designs and causal diagrams. *Int J Epidemiol*. 2013;42:860–869. 4.

Sjölander A, Greenland S. Ignoring the matching variables in cohort studies: when is it valid and why? *Stat Med*. 2013;32:4696–4708.

Uno H, Cai T, Pencina MJ, D'Agostino RB, Wei LJ. On the C-statistics for evaluating overall adequacy of risk prediction procedures with censored survival data. *Stat Med*. 2011;30:1105–1117.