

3 件法に対する Bayesian Up-down 法

岡本安晴

日本女子大学人間社会学部

Up-down (Staircase)法では 2 選択強制選択法 (強い/弱い) によって弁別閾が求められている。弁別閾を求める実験方法として 3 選択肢法 (強い/等しい・わからない/弱い) もあるが、これは恒常法などで用いられている。Up-down 法は恒常法の効率を上げる方法として考えられたものであるが 2 選択肢法を用いているので、3 選択肢法に対するものを試みた。3 選択肢法に適用するアルゴリズムとして Kontsevich と Christopher (1999) のベイズ的適応的方法を用いた。ベイズ的方法を用いているが、パラメタの分布は主観的確率と考える必要はない (cf. Gilks et al., 1996, Pp. 2-3)。

(1) 式によってデータ D とパラメタ θ の同時分布がモデル化されていると考える。

$$P(D, \theta) = P(D|\theta)P(\theta) \quad (1)$$

いま、パラメタ μ と σ および c の分布の第 t 試行における事前確率を $p_t(\lambda)$ で表す。

ただし、 $\lambda = (\mu, \sigma, c)$ とおいている。 μ は PSE, σ は弁別閾、 c は「同じ」あるいは「わからない」判断の基準値である。このとき、以下の手順の繰り返しにより実験を行う。

ステップ1. 第 t 試行において、比較刺激値が x のときの反応 r の生起する確率 $p_t(r|x)$

を式 $p_t(r|x) = \sum_{\lambda} p(r|\lambda, x)p_t(\lambda)$ で求める。ここで、

$$r = \begin{cases} 1 & \text{比較刺激の方が強いという反応のとき} \\ 0 & \text{同じ強さという反応のとき} \\ -1 & \text{標準刺激の方が強いという反応のとき} \end{cases}$$

$$p(r|\lambda, x) = \begin{cases} \Phi((x - \mu - \nu)/\sigma) & r = 1 \text{ のとき} \\ \Phi((x - \mu + \nu)/\sigma) - \Phi((x - \mu - \nu)/\sigma) & r = 0 \text{ のとき} \\ 1 - \Phi((x - \mu + \nu)/\sigma) & r = -1 \text{ のとき} \end{cases} \quad (2)$$

である。 $\Phi(z)$ は累積確率分布である。

ステップ2. 反応 r が与えられたときの $\lambda = (\mu, \sigma, c)$ の事後確率分布 $p_t(\lambda|x, r)$ を式

$p_t(\lambda|x,r) = \{p_t(\lambda)p(r|\lambda,x)\} / \left\{ \sum_{\lambda} p_t(\lambda)p(r|\lambda,x) \right\}$ によって求める。

ステップ 3. 事後確率分布 $p_t(\lambda|x,r)$ のエントロピー $H_t(x,r)$ を求める。ここで、

$$H_t(x,r) = -\sum_{\lambda} p_t(\lambda|x,r) \log(p_t(\lambda|x,r)) \text{ である。}$$

ステップ 4. 比較刺激値 x に対するエントロピーを反応 r に関する期待値 $E[H_t(x)]$ をと

ることにより求める。ここで、 $E[H_t(x)] = \sum_r p_t(r|x) H_t(x,r)$ である。

ステップ 5. 第 $t+1$ 試行において提示する比較刺激値 x_{t+1} を期待エントロピー $E[H_t(x)]$

を最小にするものとして求める。ここで、 $x_{t+1} = \arg \min_x E[H_t(x)]$ である。

ステップ 6. 比較刺激値 x_{t+1} に対する反応 r_{t+1} を求める。

ステップ 7. 得られた反応 r_{t+1} に対する事後確率 $p_{t+1}(\lambda)$ を式 $p_{t+1}(\lambda) = p_t(\lambda|x_{t+1}, r_{t+1})$ で定める。

ステップ 8. 試行数が設定数に達していないときは $t+1$ の値を次の t の値としてステップ 1 に戻る。試行数が設定回数に達したときは最後の試行で得られた事後確率 $p_{t+1}(\lambda)$ からパラメタ λ の推定を行う。提示刺激値の周期性による予測可能性を隠蔽するために 2 系列の Up-down 法を用いているときは、事後確率は 2 系列のデータを一緒にしたものに対して求め直し、 λ の平均値をその求め直した事後確率によって算出する。

3 選択肢に対する式 (2) を用いたモデルによって弁別力 (閾値、 σ の関数) と判断の基準値 c とがうまく区別されることは、恒常法の場合のシミュレーションによって確かめられている (岡本、1995)。

引用・参考文献

Kontsevich, L. L. & Christopher, W. T. (1999) Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision Research*, 39, 2729 – 2737.

岡本安晴 (1995) 全系列法データの最尤法による分析について：シミュレーションによる検討。金沢大学文学部論集・行動科学科篇、第 15 号、25–30。