

Rにおける潜在ランク理論の推定プログラム

○木村哲夫*, 登藤直弥**, 荘島宏二郎***

*新潟青陵大学福祉心理学部, **国立情報学研究所, **大学入試センター

1. はじめに

本研究において潜在ランク理論 (latent rank theory: 以降 LRT と略す) は Shojima (2007) で発表されたニューラルテスト理論 (neural test theory, NTT) のことである。これまでに、LRT に基づいてテストデータを分析するプログラムは、Exametrika (荘島, 2008-) をはじめ複数公開されているが、いずれも Windows 環境で動作するものである。本研究の目的は、R 環境下で LRT の推定プログラム (以下 R-LRT と略す) を開発し公開することである。

2. LRT について

LRT ではテストの結果を連続した細かい値で評価するのではなく、5~10 程度の少数の離散的なランクで段階評価する。LRT が仮定する潜在変数の尺度水準は順序尺度で、順序性を持った離散変数である。LRT は自己組織化マップ (self-organizing map, SOM) または生成トポグラフィックマッピング (generative topographic mapping, GTM) のメカニズムを利用して項目応答分析を行うノンパラメトリック・テスト理論である。

LRT において項目の特性は、項目参照プロファイル (item reference profile, IRP) で表される。IRP は、その項目を受験した場合の各潜在ランクの受験者の正答確率をまとめたもので、グラフ化することで項目の特性を把握しやすい。これは項目反応理論の項目特性曲線と似ているところが多い。LRT において、受験者の能力は、受験者の潜在ランクを順序尺度上に推定

すると同時に、受験者が各ランクに所属する確率を集めたランクメンバーシッププロファイル (rank membership profile, RMP) として多義的に表現される。(荘島, 2010)

3. R-LRT の概要について

R 環境下で、IRP や RMP など、LRT における項目の特性や受験者の能力を示す値を求めするために、次の 3 つのプログラムを開発した。

- (1) RRMbySOM : SOM により IRP を推定するためのプログラム
 - (2) RRMbyGTM : GTM により IRP を推定するためのプログラム
 - (3) RMPest : (1) または (2) で推定した IRP から RMP 等を推定するためのプログラム
- (1) と (2) は、データ行列 U (行が受験者、列が項目) をもとに、ランク数 Q を指定して、IRP を項目数分集積したランク参照マトリクス (Rank Reference Matrix, RRM) を推定するものである。(3) はデータ行列 U と (1) または (2) で推定した RRM から RMP 等を推定するものである。これらは、いずれも R 環境下での関数として定義されている。

4. R-LRT の各関数について

(1) RRMbySOM の使い方

上記 U , Q のほかに次の 2 つの引数を指定することで RRM の推定が行われる。

method: 勝者ランクの選択方法 (LS: 最小二乗距離, ML: 最尤距離, MAP: 最大事後距離, の中から一つを選択)

SOAC: IRP に対して強順序配置条件を課す

か否か (課す: TRUE, 課さない: FALSE, から一つを選択)

たとえば, 250 人の受験者の 50 問からなるテストに対する回答データを U とする. これをランク数 5 の潜在ランクモデルで分析し RRM を得るためには, R Console 上に次のようにと打ち込むと, SOM (最小二乗距離法による勝者ランクの選択) により, IRP に対して強順序配置条件を課さずに RRM の推定が行われ, V の中に RRM の推定値が代入される.

```
> V <- RRMbySOM(U = U, Q = 5,
method = "LS", SOAC = FALSE)
```

(2) RRMbyGTM の使い方

上記 U, Q のほかに次の 2 つの引数を指定することで RRM の推定が行われる.

C : 収束判定基準 (デフォルトでは 0.0001)

SOAC : IRP に単調増加制約を課す否か (課す: TRUE, 課さない: FALSE, から一つを選択)

たとえば, 1000 人の受験者の 50 問からなるテストに対する回答データを U とする. これをランク数 10 の潜在ランクモデルで分析し RRM を得るためには, R Console 上に次のようにと打ち込むと, GTM による RRM の推定が行われ, V の中に RRM の推定値が代入される.

```
> V <- RRMbyGTM(U = U, Q=10,
C = 0.0001, SOAC = FALSE)
```

(3) RMPest の使い方

上記 U と V (RRM の推定値) の 2 つの引数を指定することで, RMP 等の推定が行われる. たとえば, 回答データ U と先ほど推定した RRM を使用して受験者 1000 人分の RMP 等を推定するためには, R Console 上に次のようにと打ち込めばよい.

```
> F <- RMPest(U = U, V = V)
```

すると, ①RMP, ②潜在ランク分布(latent

rank distribution, LRD), ③ランク・メンバーシップ分布(rank membership distribution, RMD), ④非重み付き観測率プロファイル(unweighted observation ratio profile, UORP), ⑤重み付き観測率プロファイル(weighted observation ratio profile, WORP)の 5 要素がリストオブジェクトとして F の中に代入される. たとえば, RMP だけを小数点以下第 3 位まで出力するには, R Console 上に次のようにと打ち込めばよい.

```
> round(head(F[[1]]), 3)
```

5. R-LRT の検証と今後

R-LRT の推定結果を Exametrika と比較したところ, RRMbySOM だけ微細に異なることが判明した. これは推定値の算出方法や乱数のシードを同一にしても, プログラムの実行環境が異なると乱数の発生方法が異なるためである. 実用上問題ない微細な相違だが, 今後改善を検討したい.

R-LRT は現在, <https://app.box.com/R-LRT> において公開している. LRT に基づく CAT(木村・永岡, 2012)など, 他のオープンソースと組み合わせる LRT を応用する可能性が広まることを期待する.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25370736 の助成を受けたものです.

参考文献

- Shojima, K. (2007). Neural test theory. *The International Meeting of the Psychometric Society 2007*, Tokyo, 160.
- 荘島宏二郎 (2010). ニューラルテスト理論—学力を段階評価するための潜在ランク理論—, 植野真臣・荘島宏二郎, 学習評価の新潮流, pp.83-111, 朝倉書店.
- 木村哲夫・永岡慶三 (2012). 潜在ランク理論に基づくコンピュータアダプティブテスト—アルゴリズムの提案と検証—. 日本テスト学会誌, 8, 69-84.

E-mail : kimura@n-seiryo.ac.jp