

ニューラルテスト理論を用いた選抜

橋本 貴充, 荘島 宏二郎

(独立行政法人大学入試センター)

1 目的

日本におけるテストの主要な利用方法の1つに、選抜試験がある。ニューラルテスト理論 (Shojima, 2008) では、順序関係のある複数の潜在ランクを仮定し、それぞれの潜在ランクにそれぞれの受験者が所属する確率を推定することができる。ある特定の潜在ランクに所属する確率だけが低い受験者もいれば、複数の潜在ランクに所属する確率が分かれてしまう受験者もいる。では、ニューラルテスト理論における、最も高い潜在ランクに所属する確率を、選抜に利用することはできないだろうか。本報告では、ニューラルテスト理論を選抜に利用する方法を2とおり提案するとともに、その推定値がどの程度安定するのかを調べる。

2 方法

2.1 データ

受験者 i の項目 j への正誤を、

$$\begin{aligned}\theta_i &\sim N(0, 1^2) \\ \log_e \alpha_j &\sim N(0, 0.5^2) \\ \beta_j &\sim N(0, 2^2) \\ u_{ij} &\sim U(0, 1)\end{aligned}$$

から発生させた乱数 $\theta_i, \alpha_j, \beta_j, u_{ij}$ を用いて、

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } u_{ij} < \frac{1}{1 + \exp\{-1.701\alpha_j(\theta_i - \beta_j)\}} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

として人工データを作成した。25 項目のテストを用いて 800 人の受験者から 200 人を選抜する状況を想定して、 $1 \leq i \leq 800, 1 \leq j \leq 25$ とした。

表 1: 潜在ランク数が 4 つのときの 2 回の潜在ランク分布

		2 回目の 潜在ランク				
		1	2	3	4	計
1 回目の 潜在ランク	1	177	0	0	0	177
	2	0	256	0	0	256
	3	0	0	207	0	207
	4	0	0	0	160	160
計		177	256	207	160	800

2.2 分析

まず、倍率が 4 倍であるため、潜在ランクの数を 4 としてニューラルテスト理論による分析を行い、潜在ランクが 4 の受験者を合格とすることとした。このとき、定員を超える人数が潜在ランク 4 とされた場合、ランク・メンバーシップ・プロファイルにおけるランク 4 に属する確率が高い順に合格とすることとした。

次に、潜在ランクの数を倍率より多い 5 としてニューラルテスト理論による分析を行い、潜在ランクが 5 の受験者を合格とすることとした。このとき、定員を下回ることが予想されるため、潜在ランクが 4 の受験者の中で、ランク・メンバーシップ・プロファイルにおけるランク 5 に属する確率が高い順に合格することとした。

これらの推定値が安定するかどうかを確かめるために、分析を 2 回行い、推定値の相関係数を計算した。

3 結果

3.1 潜在ランク数を 4 つとした場合

潜在ランク数を 4 つとして 2 回推定を行ったところ、1 回目と 2 回目で全員の潜在ランク推定値が一致した（表 1）。

ランク・メンバーシップ・プロファイルの、ランク 4 に所属する確率について、2 回の推定値の間で Kendall の順位相関係数を計算したところ、0.9997 となった。ランク 4 に属すると推定された 160 人に限定して計算すると 0.9998 であった。

ランク 3 に所属する確率の Kendall の順位相関係数は、全員で計算すると 0.9986、ランク 4 に属すると推定された 160 人だけで計算すると 0.9998 であった。

したがって、ランク 4 に所属する確率が高いと推定された受験者の中での順序関係は、ランク 4 に所属する確率でも、ランク 3 に所属する確率でも、完全に一致はしないものの安定していると言える。

表 2: 潜在ランク数が 5 つのときの 2 回の潜在ランク分布

		2 回目の 潜在ランク					
		1	2	3	4	5	計
1 回目の 潜在ランク	1	149	1	0	0	0	150
	2	0	155	1	0	0	156
	3	0	0	198	0	0	198
	4	0	0	0	145	0	145
	5	0	0	0	0	151	151
計		149	156	199	145	151	800

表 3: 潜在ランク数が 4 および 5 の場合の潜在ランク分布

		潜在ランク数 5 の場合 (1 回目の推定値)					
		1	2	3	4	5	計
潜在ランク数 4 の場合	1	150	27	0	0	0	177
	2	0	129	127	0	0	256
	3	0	0	71	136	0	207
	4	0	0	0	9	151	160
計		150	156	198	145	151	800

3.2 潜在ランク数を 5 つとした場合

潜在ランク数を 5 つとして 2 回推定を行ったところ、800 人中 798 人の潜在ランクが 2 回の推定で一致した (表 2)。

ランク・メンバーシップ・プロファイルの、ランク 5 に所属する確率について、2 回の推定値の間で Kendall の順位相関係数を計算したところ、0.9994 となった。上から 2 番目である、ランク 4 に属すると推定された 145 人に限定して計算すると 0.9967 であった。したがって、ランク 4 に所属する確率が高いと推定された受験者の中での順序関係は、ランク 5 に所属する確率で測定した場合、完全に一致はしないものの、安定していると言える。

潜在ランク数が 4 つの場合と比較すると、潜在ランク数が 5 つのときに潜在ランク 5 に属すると推定された受験者は全員、潜在ランク数が 4 つのときに潜在ランク 4 に属すると推定された (表 3)。

潜在ランクの数を 4 としたときのランク 4 に所属する確率と、潜在ランクの数を 5 としたときのランク 5 に所属する確率の間で、Kendall の順位相関係数を計算すると、0.9829 から 0.9832 までの値となった (表 4)。したがって、潜在ランクの数を 4 としても 5 としても、それぞれの最高ランクに所属する確率の順序関係が入れ替わることは少ないと言える。

表 4: 最高潜在ランクへの所属確率どうしの相関関係

		潜在ランク数 5	
		1 回目	2 回目
潜在ランク数 4	1 回目	0.9831	0.9832
	2 回目	0.9829	0.9830

4 考察

本報告では、ニューラルテスト理論を選抜に利用する方法を 2 とおり提案した。まず、潜在ランクの数を倍率と同じとし、最高の潜在ランクに所属する確率の高い順に合格させるものとして、潜在ランクの数が 4 つの場合に潜在ランク 4 に所属する確率の、2 回の推定における一致度を調べた。2 回の推定で順序関係はほぼ一致していた。しかし、順序関係が逆転する可能性が皆無でない以上、分析を複数回行うなどのことを行い、合否の境界線上にある受験者の合否判定は慎重にすべきである。

次に、潜在ランクの数を倍率より多くし、2 番目に高い潜在ランクに所属すると推定された受験者を「補欠」として扱い、その中から、最高の潜在ランクに所属する確率の高い順に合格させるものとして、潜在ランクの数が 5 つの場合についても、潜在ランク 5 に所属する確率の一致度を調べた。その結果、2 回の推定で順序関係はほぼ一致していた。しかし、こちらも順序関係が逆転する可能性が皆無ではない。したがって、「補欠」の受験者の合否判定には、テストだけに頼らず、様々な指標を組み合わせる行うことが奨められる。

潜在ランクの数を 4 から 5 に増やしたときに、潜在ランクが 5 とされた受験者は、潜在ランクの数が 4 のときでも全員が潜在ランク 4 とされていた。したがって、潜在ランク数を増やしたときに最高ランクに所属するとされた受験者は、合格者として扱って問題ないと考えられる。

今回のデータは単純なモデルから発生させた人工データ 1 種類であるため、どのようなデータであってもこのことが言えるのかどうか、今後検討が必要である。

引用文献

- Shojima, K. (2008). Neural test theory: A latent rank theory for analyzing test data. 大学入試センター研究開発部リサーチノート RN08-01.