

鳥取大学大学院 学生会員 ○田中 凜

鳥取大学大学院 正会員 谷本圭志

鳥取大学大学院 正会員 土屋 哲

1. はじめに

高齢化が進む我が国では、高齢社会に適応した社会づくりが求められている。とりわけ、買い物や移動などの生活に必要な基礎的な機能の確保は重要な課題であり、その解決に向けた政策や事業の展開が今後ますます必要となる。その際、個々の対応策が高齢者の生活機能にどれだけ貢献するかを定量的に計測することができれば、政策や事業の設計・選定が容易になると考えられる。そこで本研究では、項目反応理論を用いて高齢者の活動能力に着目して生活機能を計測する手法を検討する。

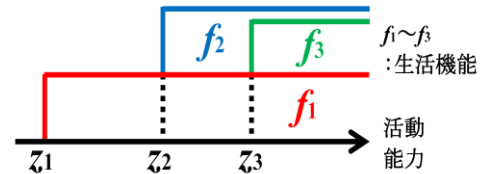


図1 生活機能と活動能力の関係

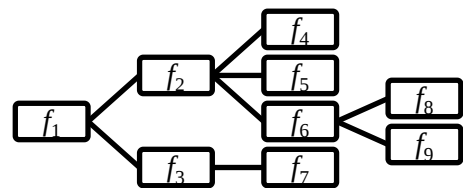


図2 階層関係を表すツリーの例

2. 基本的な考え方

本研究では生活機能を数値として定量化するための準拠値として活動能力に着目する。活動能力は、その数値を直接的に観測できるものではなく、概念的な潜在因子である。ただし、活動能力が高い（低い）と多くの（少ない）生活機能が確保される関係があるため、活動能力の高低は、どの生活機能が確保されているかによって間接的に推測できる。例えば、図1に示すように、活動能力が z_1 より小さいと、どの生活機能も確保されないが、 z_1 よりも大きいと少なくとも生活機能 f_1 が確保される。このことから逆に、生活機能 f_1 は確保されているが f_2 は確保されていない場合、その人の活動能力はおおよそ $z_1 \sim z_2$ となる。この関係に基づくと、何らかの生活機能が付加的に確保された場合の活動能力の増加分を測ることにより、生活機能を計測することができる。しかしながら、生活機能には「ある生活機能はそれよりも下位の生活機能が確保されないと確保できない」といった階層性がある場合が想定される。本研究では生活機能に階層性がある場合を対象に、その計測手法の開発を試みる。

3. 生活機能の計測手法

図2は生活機能の階層関係を表すツリーである。グラフはツリー構造であり、グラフのノードは生活機能、リンクは階層関係を表している。リンクの左側のノードは右側のノードに比べて基礎的であり、左側のノード

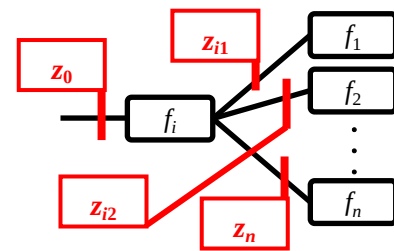


図3 ツリーと境界値の関係

ド（生活機能）が確保されなければ右側のノード（生活機能）は確保されないことを表している。以下では直近の左側のノードを「親ノード」、右側のノードを「子ノード」と呼ぶ。

図3に記すように各リンクには活動能力の境界値 z_{ij} が付与されている。これは活動能力が z_{ij} よりも大きいとき生活機能 j が確保されることを意味している。

すると、ロジスティックモデルのもとで任意のノード i の尤度 L_i は次式で表される。

(1) 末端ノード

(i) ノード i が確保されている場合 ($f_i=1$)

$$L_i = 1 - \frac{1}{1 + e^{-z_{p(i)i} + \alpha\theta}} \quad (1)$$

(ii) ノード i が確保されていない場合 ($f_i=0$)

$$L_i=1 \quad (2)$$

ここに、 $p(i)$ は生活機能 i の親ノード、 θ は活動能力、 α はパラメータである。なお、(ii)の場合については厳密には尤度が 1 というのではなく、最尤推定法によって尤度を最大化する際に影響を及ぼさないことを表す技術的な取り扱いを意味する。このことは、以下に取り上げる末端ノード以外についても同様である。(i)と(ii)をまとめると、末端ノードの尤度は次式で表される。

$$L_i = 1 - f_i \frac{1}{1 + e^{-z_{p(i)} + \alpha\theta}} \quad (3)$$

(2) 末端ノード以外のノード

(i) ノード i が確保されている場合 ($f_i=1$)

(i-1) 全ての子ノードが確保されている場合

この場合は次式で表される。ただし、 Q_i はノード i の子ノードの集合である。

$$\prod_{j \in Q_i} f_j = 1 \quad (4)$$

このときの尤度は次式で表される。

$$L_i=1 \quad (5)$$

(i-2) 少なくとも 1 つの子ノードが確保されていない場合

(i-1)と同様、この場合は次式で表すことができる。

$$\prod_{j \in Q_i} f_j = 0 \quad (6)$$

(4)～(6)式をまとめると尤度は次式で表される。

$$L_i = \sum_{j \in Q_i} (1 - f_j) \frac{e^{-z_j}}{\sum_{j \in Q_i} (1 - f_j) e^{-z_j}} \frac{e^{z_j}}{e^{z_j} + \sum_{k \in Q_i} f_k e^{z_k}} \left(\frac{1}{1 + e^{-z_j + \alpha\theta}} - \frac{1}{1 + e^{-z_{p(i)} + \alpha\theta}} \right) \quad (7)$$

なお、(7)式に含まれる(8)式は確保されていない i の子ノードのうち、 j が最も小さな値をとる確率を表している。一方、(9)式はその j が i の確保されているノードよりも大きい確率を表している。(8)、(9)式により、活動能力 $\alpha\theta$ がある特定の範囲にあることを表現している。

$$\frac{e^{-z_j}}{\sum_{j \in Q_i} (1 - f_j) e^{-z_j}} \quad (8)$$

$$\frac{e^{z_j}}{e^{z_j} + \sum_{k \in Q_i} f_k e^{z_k}} \quad (9)$$

(ii) ノード i が確保されていない場合 ($f_i=0$)

$$L_i = \begin{cases} 1 & (i \geq 2) \\ \frac{1}{1 + e^{-z_{01} + \alpha\theta}} & (i = 1) \end{cases} \quad (10)$$

ただし、 $i=1$ の生活機能は最上位の生活機能（図 2 の生活機能 f_1 ）である。(i)と(ii)をまとめると、末端ノード以外のノードの尤度は次式で表される。ただし、次式の L_i は(7)式で示す尤度である。

$$L_i = \begin{cases} f_i \left[\prod_{j \in Q_i} f_j + (1 - \prod_{j \in Q_i} f_j) \right] + (1 - f_i) & (i \geq 2) \\ f_i \left[\prod_{j \in Q_i} f_j + (1 - \prod_{j \in Q_i} f_j) \right] + (1 - f_i) \frac{1}{1 + e^{-z_{01} + \alpha\theta}} & (i = 1) \end{cases} \quad (11)$$

活動能力 θ が標準正規分布 ϕ に従うとすると、生活機能の確保状況 $F=(f_1, f_2, \dots, f_n)$ に対応する尤度関数は次式のように表される。

$$L = \prod_{i=1}^N \int_{-\infty}^{\infty} \phi(\theta) \prod_{j=1}^n L_j d\theta \quad (12)$$

パラメータ α を最尤推定法で求め、ベイズ推定により任意の F に関する活動能力を求めることができる。その上で、ある特定の生活機能 f を F に付加的に確保した F' の活動能力と F のその差として、生活機能 f を計測することができる。

4. おわりに

詳しい数値例は講演時に譲る。