

公共建築と健康都市におけるおつきあいの異常検知に関する応用 Social Interaction Behavior Pattern Detection based on FTF and SNS for Age-Friendly City

安野 貴人^{*1}
Yasuno Takato

^{*1} 株式会社オリエンタルコンサルタンツ
Oriental Consultants, Inc. #1

For sustainable facility and healthcare management at municipalities in Japan, as investment expenses and mandatory expenses are expanding, it is necessary to balance resources and expenses. Mandatory expenses such as medical expenses can not be delayed, and take precedence over investment expenses. In the future, if the expansion of mandatory expenses progresses, the investment expenses required for repairing public facilities may be insufficient. Some policies to create an Age-friendly city that can live in a healthy state at the elderly age are required. This paper propose the method to detect whether interaction behavior is in health state, monitoring face to face, that stands for FTF, communication and social network site/service that stands for SNS.

1. はじめに

人の健康や幸福感,潜在能力を高める目的に情報技術の新たなパラダイムとして **Well-being Computing** の研究が進展している[高玉 2017]. 現代人のストレスや不健康(情報過多,孤立等)を改善する情報環境や健康的ライフスタイルと健康都市の創造が求められている. 特集では,いかに健康や幸福感を計量するか(健康状態の計測),いかに解析し価値を創出するか(健康サービス創出),いかに健康促進する空間をデザインするか(健康都市づくり)の興味深い課題が取り上げられた. 本稿では,持続可能な健康都市づくりの立場から,ヘルスケアと統計学習,公共施設の配置とサービスの最適化問題との境界領域の開拓を見据え,人々のおつきあい行動パターンを計測し,健康状態に異常がないか検知する手法の提案を試みる.

地方自治体の経営のため,投資的経費と義務的経費が膨らむ中で,財源と経費の均衡を図る必要がある. 医療費等の義務的経費は先送りできず,投資的経費よりも優先する. 今後,義務的経費が膨張すれば,公共施設の改修・更新の投資に充当できない状況もありうる. 医療費の増加は国際的な潮流でもある. OECD 加盟国の保健医療支出は,2009年にGDP比12%で20年前の1.5倍に増大した. 我が国の医療費も増加基調にあり,20年前の1.7倍に増大した. 1人当たり国民医療費は,全年齢階級の平均が28万円で,70歳以上では年間60~90万円でその2.1~3.2倍を超える. 医療費の公費負担の比率は37.5%で過去最高を更新している.

高齢期に健康な状態で生活を維持できる健康都市づくりの施策が求められている. 本稿では,FTF (Face To Face) 行動と SNS (Social Network Site / Service) 交流のモニタリングにより,おつきあい行動データを取得し,不健康でないか状態を検知する手法を提案する.

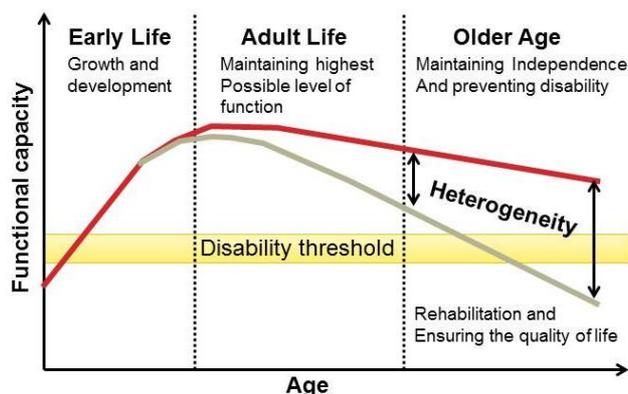


図1 ライフコース上の諸機能の能力・可能性
[引用 Kalache 1997]

1.1 ライフコースとおつきあい行動

人の生涯は,幼少期,青年期,壮年期,高齢期のステージに分かれる. そこで,どんな対人関係が生じるだろうか. まず,幼少期には,子育てを通じて,親子の間で知人関係が広がる. 青年期には,類は友を呼ぶ,同年代の友人関係が形成される. 壮年期には,結婚して居住するコミュニティと職場において,豊かな人間関係を形成する. 高齢期になると,子育てを終えて,退職を迎え,夫婦と仲間と時間が増える. このとき,自ら努力するか,コミュニティの施策によりおつきあいの場面を生成しない限り,人間関係が疎になり孤立状態に陥る恐れが

ある。高齢期には、本人の身体的な諸機能の能力と健康状態において、途方もなく大きい異質性[Newman 2012]が生じうる。壮年期まで辿ってきた生活習慣の履歴が前提となるため、本人を取り巻く生活環境にも異質性が生じる。もし、高齢期に身体的な機能が健全な状態であれば、知人とのおつきあい行動の機会を実現することができる。しかし、高齢期に身体的に不自由な状態であれば、FTF 行動のための場所が徒歩圏内や交通バリアフリーの環境条件に制限される。遠く離れた親しい友人とは、めったに会えなくなる。高齢期をできる限り健全な身体機能を保持して迎えることが FTF 行動の自由度と満足度を向上させる。個人の異質性を解消するため、デジタル媒体を通じて、だれでもどこでも容易に通信できる、デジタル画面での SNS 交流は、通話と手の操作による気軽な交流として便利である。一方、日常の暮らしのなかでリアルな FTF 行動は、ある場所への移動、身体的な運動を伴い、知人や友人等の相手との会話をはじめ、おでかけ、食事、思わぬ出来事を通じて、お互いの相互作用によって心身ともに健康な状態を保持できる[カワチ 2013] [Nyqvist 2015]。高齢期を中心に、リアルなおつきあいの FTF 行動をモニタリングして、健全な行動パターンであるか、不健全な孤立状態に陥っていないか検知する必要がある。

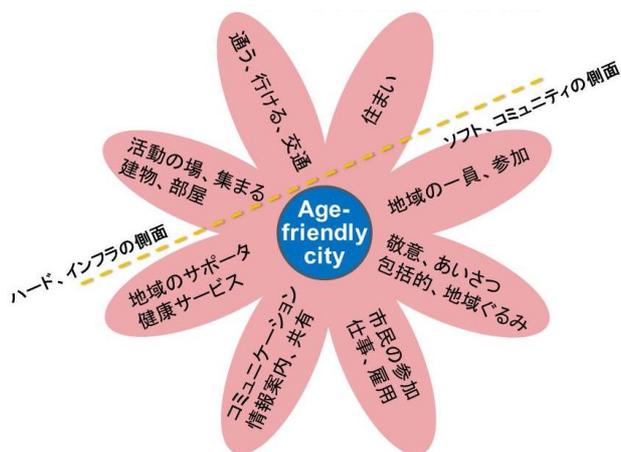


図2 健康都市が備えるべきインフラ施設と提供すべき健康サービス条件[引用 WHO 2007, 解釈一部加筆]

1.2 おつきあい行動パターンの学習プロセス

おつきあい行動パターンの異常検知に関する学習プロセスは、1) データ取得と分析準備、2) 健全と不健全の境界学習、3) テストデータの訓練という3つのステップを踏む。ステップ1) おつきあい行動のデータ取得では、SNS から抽出する場合に、匿名にしない人からの断片的な情報に限定される。二人のおつきあい自体がプライバシー保護の対象

となり、本人の住所・氏名の ID はもちろん、性別・生年月日等の属性、友人やコミュニティのリンク、学校・職場の履歴・所属を匿名にする[Zheleva 2011]。SNS では、おつきあい行動パターンの検知に必要な情報が匿名化されてしまう。通話や画面でのいいねボタン操作等のデジタルな交流は捉えられるが、リアルな FTF の相互作用を捉えるには限界がある。GPS データは、二人のパーソナルスペース (PS と呼ぶ) を半径 200m の距離圏を設定すれば、二人の位置座標データを用いて、PS に入ったかどうか検知できる。しかし、すれ違いの通過、カフェ・映画館・電車座席等における二人の同席は、他人同士であるか、知人同士であるかのおつきあい行動の属性は、追加情報を必要とする。GPS データから、1 時間以上、二人が同席して PS を長時間共有した場面を抽出できたとしても、二人が知人同士のおつきあいであるかは判明しない。このように、おつきあい行動であるか否かの申告 (ラベル) が必要となり、教師付き学習が求められる。ステップ2) 健康と不健康の境界学習において、おつきあい行動が極端に少ない人がひとりの生活時間が長く、不健康な状態に陥ることを避けるため、FTF のおつきあい行動において超えてはならない境界線を学習する。ステップ3) テストデータの訓練において、おつきあい行動を対象に新たにデータを取得し、異常検知の感度を向上する必要がある。また、郵送式のアンケートはある日付におけるクロスセクションのデータである。3~5 年に 1 回、おつきあい行動のパネルデータを蓄積して、継続学習するために郵送式でなく、Web アンケートやスマホ媒体による SNS によるデータマイニング回答方式の工夫が必要である[Barbier 2011]。

2. おつきあい行動のモデル化

2.1 おつきあい行動パターンの検知

図-3に、リアルなFTF行動の頻度とデジタルなSNS交流の頻度の状態を概念図に示す。左下は、FTF行動が過少で孤立した状態だが、SNS交流を適度に行い寂しさを紛らわしている状態にある。左上は、FTFのおつきあいが豊富で、その相手との信頼関係を通じて、SNS交流も自然に発生した理想的な状態にある。ソーシャルキャピタルが良好な状態にあると同時に、デジタルなSNS交流も適度にこなしている健全な状態と言える。右上は、FTF行動が多いことに加え、SNS交流が過剰に多く、対外的で表面的なおつきあい行動が飽和状態になり、家族との内面的な関係が疎かになる恐れがあり健全な状態とは言えない。右下は、FTF行動が

過少で孤立しがちなために、SNS交流を頻繁に利用し依存傾向にある状態で健全とは言えない。以下では、FTF行動とSNS交流を同時に分析するための結合モデルを提案する。

2.2 FTFとSNSのおつきあい行動モデル

(1) FTF 行動頻度のモデル

個人 n 人を対象とする。個人 i が行ったFTF行動の頻度ランクを J レベルに順序化する。FTFをリアルに行う可能性を表す潜在変数 r_i^* を次式のように仮定する。

$$r_i^* = \alpha' x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

ここで、 α はFTF行動パラメータである。 x_i は個人 i のFTF行動における属性を表す。例えば、学校・職場の所属、仲間の多さ、社交性の意識、自家用車の所有である。 ε_i はFTF行動の誤差項で、正規分布に従う確率変数と仮定する。個人 i のFTF頻度がランク j であることを $r_i = j$ と表す。このとき、潜在変数のとる領域を J 分割し、第 j 番目の区間を (μ_{j-1}, μ_j) と表す。ここで、 $\mu_j (j=0, 1, \dots, J)$ はFTF行動頻度の境界パラメータである。このとき、観測値が $r_i = j$ ならば、潜在変数は次のように表される。

$$\mu_{j-1} < r_i^* < \mu_j, j=1, 2, \dots, J \quad (2)$$

ただし、 $\mu_0 = -\infty, \mu_J = +\infty$ である。

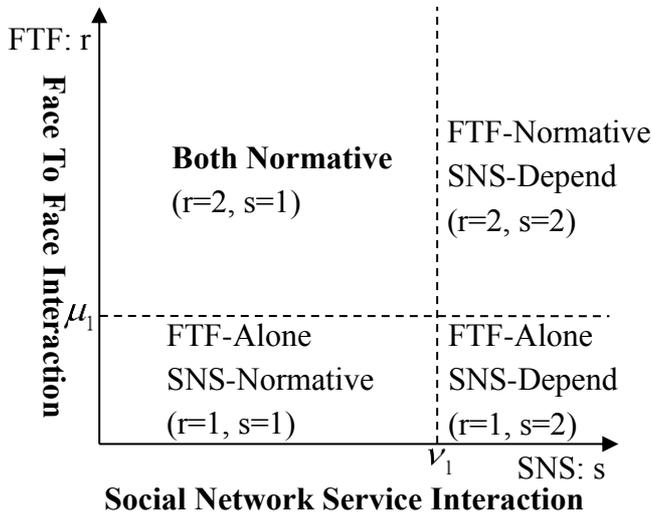


図3 FTF行動とSNS交流のおつきあい頻度（概念図）

(2) SNS 交流頻度のモデル

個人 i がSNS交流を行う頻度ランクを K レベルに順序化する。SNS交流をデジタル社会で行う可能性を表す潜在変数 s_i^* を次式のように仮定する。

$$s_i^* = \beta' z_i + \eta_i \quad (3)$$

ここで、 β はSNS交流パラメータである。 z_i は個人 i のSNS交流における属性を表す。例えば、スマホ媒体の所有、デジタル・コミュニティの参加、フォロー数、情報発信の意欲である。 η_i はSNS交流の誤差項で、正規分布に従う確率変数と仮定する。個人 i のSNS交流の頻度がランク k であることを $s_i = k$ と表す。このとき、潜在変数のとりうる領域を K 分割し、第 k 番目の区間を (v_{k-1}, v_k) と表す。ここで、 $v_k (k=0, 1, \dots, K)$ はSNS交流頻度の境界パラメータである。このとき、SNS交流頻度の観測値が $s_i = k$ ならば、潜在変数は次のように表される。

$$v_{k-1} < s_i^* < v_k, k=1, 2, \dots, K \quad (4)$$

ただし、 $v_0 = -\infty, v_K = +\infty$ である。

(3) FTFとSNS 結合頻度モデルの尤度関数

個人 i のFTF行動の頻度とSNS交流の頻度が互いに相関があると仮定し、誤差項の確率変数を次式で表す。

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ \eta_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \theta \\ \theta & 1 \end{pmatrix} \right] \quad (5)$$

相関係数 θ が正のとき、FTF行動の活発さがSNS交流も自然に増加させる。一方、相関係数 θ が負のとき、FTF行動の過小な状態がSNS交流への依存を強める。Facebookは、2004年から2009年までに急激に普及し、ユーザー登録数が4億人に達した。SNSに親しみ、スマホに使い慣れた人は、そうでない人と異なるパターンを示すであろう。以下、表記の便宜上、区間の上限・下限からの偏差を次のように表す。

$$R_U^j = \mu_j - \alpha' x_i, R_L^j = \mu_{j-1} - \alpha' x_i \quad (6)$$

$$S_U^k = v_k - \beta' z_i, S_L^k = v_{k-1} - \beta' z_i \quad (7)$$

このとき、FTF行動ランクが $r_i = j$ かつ、SNS交流ランクが $s_i = k$ となる同時確率関数は、次式に表される。

$$\begin{aligned} \Pr(r_i = j, s_i = k | x_i, z_i) \\ = \Phi_2(R_U^j, S_U^k, \theta) - \Phi_2(R_L^j, S_U^k, \theta) \\ - \Phi_2(R_U^j, S_L^k, \theta) + \Phi_2(R_L^j, S_L^k, \theta) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで、 $\Phi_2(R, S, \theta)$ は、2変数の標準正規分布に従う累積分布関数を表す。密度関数は次式となる。

$$\begin{aligned} \phi_2(u, w, \theta) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\theta^2}} \\ \times \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-\theta^2)} (u^2 - 2\theta uw + w^2) \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

ただし、式(5)の仮定から、 $\theta = \text{Cov}(u, w)$ は相関係数で

ある。 $|\theta| < 1$ である。尤度関数は、次式で表現される。

$$L = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^J \prod_{k=1}^K \Pr(r_i = j, s_i = k | x_i, z_i)^{c_{ij} d_{ik}} \quad (10)$$

ここで、 $c_{ij} = \mathbf{1}(r_i = j)$, $d_{ik} = \mathbf{1}(s_i = k)$ である。ただし、 $\mathbf{1}(q = m)$ は指数関数で、 $q = m$ のときに限り値1をとる。尤度関数(10)を最大化するFTF行動とSNS交流のおつきあい行動パラメータ α, β, θ を最尤法により推定する。このパラメータを用いて、各個人 i のおつきあい行動パターンの発生確率 $\Pr(r_i = j, s_i = k | x_i, z_i)$ の予測値を算出できて、健康な状態であるかを検知する指標として活用できる。

3. おわりに

本稿では、自治体経営における義務的経費を増幅させないため、健康都市づくりに資するおつきあい行動の FTF と SNS のモニタリングと、個人のおつきあい行動が健全であるかを検知するための統計モデルを提案した。本稿では、個人のおつきあい行動の状態に焦点を当てており、二人以上がおつきあいする環境条件は所与とした。高齢期において、本人の身体的な機能をはじめ、都市部と山間部のどちらに暮らすかの居住条件、移動できる距離圏に親類や知人が存在するかの交友条件、自家用車の安全な利用が困難となり、公共交通の利便性に起因する交通条件、幼少期から壮年期までの生活履歴を前提とした習慣条件など、個人の置かれた行動環境の異質性も多様に異なる。健康都市づくりのためには、個人のおつきあい行動パターンを検知するだけでなく、活発な FTF 行動と適度な SNS 交流を促進し、おつきあい行動の機会を豊富に提供する仕組みや集う場所が求められる。未来の健康都市では AI 汎用化により、おつきあいの相手に Pepper 君, Watson 君, Siri の進化系が加わるだろう。

さらなる開発課題として、公共の健康サービスを提供する立場から、おつきあい行動を醸成するコミュニティ拠点となる公共施設の配置問題、高齢者の多様な状態に対応する行政保健師のサービス・ステーションの配置問題が重要な課題と考える。特に、行政保健師による異質な状態の高齢者への対応や見守り行動そのものが、高齢期においてはおつきあい行動の機会とも受け取れる。平成の合併を経た地方自治体では、複数のコミュニティが都市部から山間部まで広がり分布する。健康都市づくりの施策を推進する上で、健康サービスを提供する拠点施設を最適配置し、異質な状態に置かれた高齢者へのサービスを効果的に提供することが課題となる。

参考文献

- [高玉 2017] 高玉圭樹, 村田暁紀, 上野 史, 田島友祐, 辰巳嵩豊, 原田智広: 特集 Well-being Computing: 身体的・心理的・社会的健康増進技術と睡眠からの展望, 人工知能 32 巻 1 号, 81-86, 2017.
- [Kalache 1997] Kalache, A. & Kickbush, I.: A global strategy for healthy aging, World Health, *WHO Magazine*, 50th Year (4), pp4-5, 1997.
- [Newman 2012] Newman, A. & Cauley, J.: *The Epidemiology in Aging*, Springer, 2012.
- [WHO 2007] WHO: *Age-friendly cities: A guide*. Geneva, 2007.
- [Moulaert 2016] Moulaert, T. & Garon, S.: *Age-Friendly Cities and Communities in International Comparison : Political Lessons, Scientific Avenues, and Democratic Issues*, International Perspectives on Aging 14, Springer, 2016.
- [カワチ 2013] イチロー・カワチ, 高尾総司, S.V. スブラマニアン: ソーシャルキャピタルと健康政策, 日本評論社, 2013.
- [Nyqvist 2015] Nyqvist, F. & Forsman, A.K.: *Social Capital as a Health Resource in Later Life: The Relevance of Context*, International Perspectives on Aging 11, Springer, 2015.
- [Zheleva 2011] Zheleva, E. & Getoor, L.: Privacy in Social Networks: A Survey, in: Aggarwal, C.C.(eds.): *Social Network Data Analytics*, 277-306, Springer, 2011.
- [Barbier 2011] Barbier, G. & Liu, H.: Data Mining in Social Media, in: Aggarwal, C.C.(eds.): *Social Network Data Analytics*, 327-352, Springer, 2011.
- [Kohler 1999] Kohler, H. & Rodgers, J.: “DF-Like Analysis of Binary, Ordered and Censored Variables using Probit and Tobit Approaches”, *Behavior Genetics*, 20(4), 221-232, 1999.
- [William 2010] Greene, W.H & Hensher, D.A.: *Modeling Ordered Choices*, Cambridge Univ. Press, 2010.
- [安野 2008] 安野貴人: 住宅耐震化における意識啓発と耐震診断の促進指標の提案, 安全問題研究論文集 Vol.3, 35-40, 土木学会, 2008.
- [Yasuno 2008] Yasuno, T.: Choice Analysis for Family Time and Work-life Balance in the Countryside, in: Kobayashi, K & Westin, L. et al(eds.): *Social Capital and Development Trends in Rural Areas*, Vol.3, 181-200, Marginal Areas Research Group(MARG), 2008
- [安野 2011] 安野貴人: 被災地において燃料不足を最小化する基幹施設の配置と供給サービス分担手法, スケジューリング・シンポジウム 2011 講演論文集, 49-54, スケジューリング学会, 2011.
- [Yasuno 2012] Yasuno, T.: Daily Interaction Behaviors, Urgent Support Networks Hit on Disasters, in: Kobayashi, K & Westlund, H. et al(eds.): *Social Capital and Development Trends in Rural Areas*, Vol.7, 99-120, MARG, 2012.
- [Hastie 2009] Hastie, T. & Tibshirani, R., Friedman, J.: *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction*, 2nd edition, Springer, 2009.
- [Acampora 2015] Acampora, G. & Cook, D.J. & Rashidi, P., Vasilakos, A.V.: Data Analytics for Pervasive Health, in Reddy, C.K. & Aggarwal, C.C.(eds.): *Healthcare Data Analytics*, 533-576, CRC Press, 2015.
- [Turkle 2015] Turkle, S.: *Reclaiming Conversation: The Power of Talk in a Digital Age*, Penguin books, 2015.

(2017.3.13)