

非負値行列分解による農村集落「つながり」因子の抽出

An Investigation of Factors of Social Contacts in Rural Area Using Non-Negative Matrix Factorization

小森 政嗣[†] 桑原 生弥[†] 大岸 敬[†] 飯田 梨乃[‡] 箕浦 有希久[§] 内田 由紀子[‡]

[†]大阪電気通信大学 情報通信工学部 〒572-8530 大阪府寝屋川市初町 18-8

[‡]京都大学 こころの未来研究センター 〒606-8501 京都市左京区吉田下阿達町 46

[§]同志社大学 赤ちゃん学研究センター 〒619-0225 木津川市木津川台 4 丁目 1-1

E-mail: [†] komori@osakac.ac.jp, [‡] uchida.yukiko.6m@kyoto-u.ac.jp

We investigated the social contact between the residents in a village of Kyotango city in the northern area of Kyoto prefecture. Seventy-six residents aged 20 and older participated in the survey from December 1, 2017 to January 10, 2018. The participants were instructed to carry a portable small Android device every day. The portable device automatically detects other devices through Bluetooth communication and uploads the records of the detections. We performed a non-negative matrix factorization (NMF) on social contact histories in 2850 pairs of individuals, and extracted four factors. In order to interpret each factor of social contact occurrences, the temporal patterns of each factor (up to the third factor) were examined. Moreover, we divided the social network of the participants into three sub-networks based on the factor loading matrix of NMF.

1. はじめに

過疎化・高齢化が進む農村地域において、持続可能な地域を形成していくためには、多様な住民が互いに連携し地域を守り育てる互助の社会的風土を形成していくことが必要となる。農村における集団内部または集団間の協力関係を可能にする社会的なネットワークの実態を明らかにすることは、互助を可能にする社会的なネットワークの性質やその形成過程の解明に寄与すると考えられる。

我々のプロジェクト「集合的幸福の概念構築と多世代共創の効果検証」では、個人レベルと地域レベルを組み合わせた「集合的幸福」の概念を新たに構築し、それを測定するツールの構築を目指している。これまで京都府京丹後市のある地区を対象に住民の幸福度やソーシャル・キャピタルの調査を行ってきた。その結果から両者には密接な関係があることが示唆されている。そこで、本研究では、京都府京丹後市のある地域の住民を対象に住民の社会的接触の継続的調査を行い、この時系列的な調査データから複数のネットワークが抽出可能か検討する。

一般的に、小規模な集団における社会関係の調査は一度もしくは少数回のアンケートやインタビューにより行われるのが一般的であった(例えば[1])。一方で、農業に基盤を置く集落の社会的なサイクルが1年周期であることを考慮すると、集落の社会ネットワークを十分に把握するためには、少なくとも1年間にわたり継続的に社会的関係の変化を捕捉し続ける必要がある。

しかしながらアンケートのような手法ではこのような継続的な記録を行うことは難しい。

近年、情報技術を活用することで継続的に社会ネットワークを調査する試みが行われるようになってきた。代表的なものは、**Sociometric Badge** を用いた研究である[2,3]。ここでは、**Bluetooth** による無線通信により企業内の社会的接触などが継続的に調査されている。また日本でも、無線を搭載した社員証[4]や、スマートフォンを用いた社会ネットワーク調査が行われている[5]。このように情報技術を用いることで、継続的な調査が可能となる。本研究ではポータブル **Android** 端末を調査参加者に常に携帯させることで、**Bluetooth** 通信でのすれちがい検知機能により、住民同士の社会的接触を長期間にわたり測定し、この分析を行った。

ある地域における社会的な関係を考えた時、その構成員は実際には複数の社会的な集団に属している。その地域の長期間の調査で得られる社会ネットワークは、この複数の社会的な集団におけるネットワークが重ね合わされたものになると考えられる(図1)。継続的に計測された社会的接触データをもとに、異なる複数の社会的な集団を抽出することができれば、集落の社会的関係の全体像を明らかにできると考えられる。

本研究では継続的に記録された社会的な接触のデータをもとに複数の社会的なネットワークを抽出することを試みた。集落の構成員がある特定の社会的な集団に属している場合、その集団に属する構成員の間では社会的接触が特定の時間帯や時期に起こりやすいと

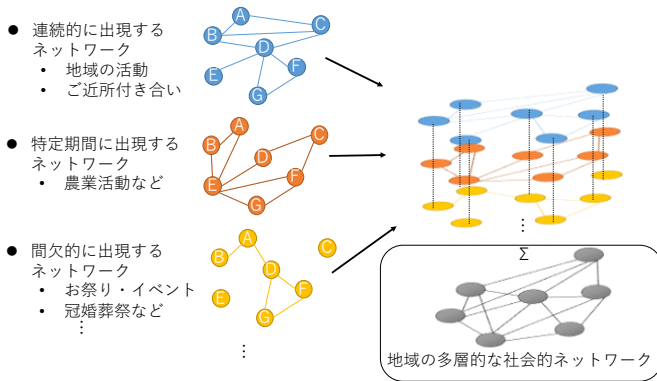


図1 集落の多層的な社会的ネットワークの模式図

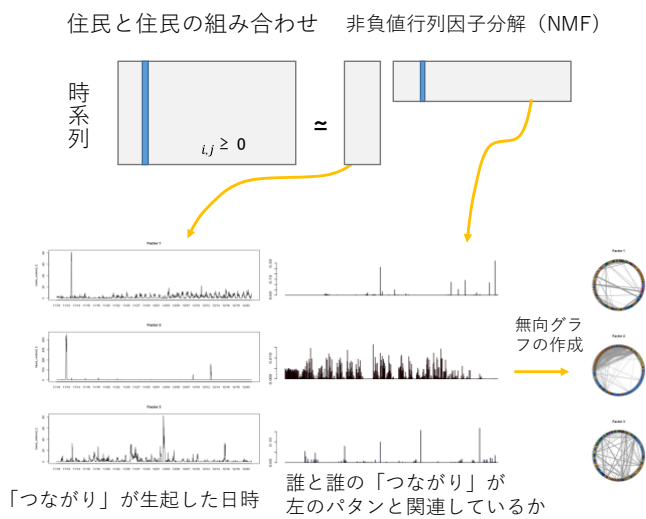


図2 本研究の分析手法の概略

想定できる．つまり社会的な接触が同じ時間帯に生起する（すなわち共起する）ペアは，同一の社会的な集団に属していると考えることができる．したがって，社会的な接触がどのような時間パターンで共起するかを調べることで，社会ネットワークをいくつかのネットワークに分離することができると考えられる．本研究では調査参加者同士の社会的接触の時系列データ行列を分解することで，「つながり」因子の抽出を試みる．社会的接触データは全て非負値であるため，本研究では非負値行列因子分解（Non-negative Matrix Factorization; NMF）を適用した．抽出された各因子はそれぞれが異なる社会的ネットワークに対応し，各ネットワークが生起する時刻をあらわす行列，およびそれぞれのネットワークにおける住民同士につながりの強さを表す行列に分解される（図2）．



図3 調査に使用した携帯端末（BL-01: BIGLOBE; 41.0mm×47.0mm×15.6mm）

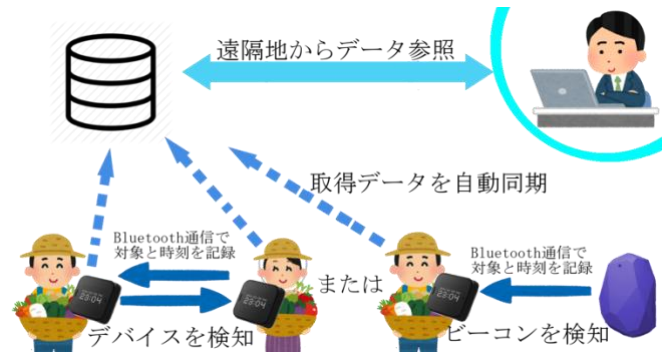


図4 調査システムの概要

2. 方法

2.1. 調査参加者

同一の集落に居住する90名に携帯型デバイスを研究者もしくは調査協力者が配布した．そのうち，実際に携帯していたことが確認された76名を分析対象とした．

2.2. 調査期間

調査は2017年11月1日に開始したが，集落内に十分な数のデバイスが行き渡るまで1ヶ月を要したため，調査期間は2017年12月1日から2018年1月10日までとした．

2.3. 手続き

調査参加者にBluetooth通信でのすれちがい検知機能を搭載した小型Android端末(BL-01: BIGLOBE; 図3)を配布し，日中の社会的接触が生じた時刻を5分間隔で計測した．この端末には，近くにあるBluetooth機器のMACアドレスと時刻を記録する機能，および5分間隔でBluetoothアンテナをリフレッシュする機能を有するアプリケーションを搭載している（図4）．また，3G回線を通じて記録したデータをオンラインストレージにアップロードするアプリケーションも搭載した．調査参加者には，日中このデバイスを常に携帯するように，また，帰宅時には毎日充電するように指示した．

3. 結果

解析期間中にある調査参加者のデバイスが他の調査参加者が所持するデバイスを検知した回数は 9.94 回/日であった．本研究ではの検知数を社会的接触の指標とした．

全ての調査参加者の組み合わせについて，5 分毎の社会的接触回数をもとに，30 分ごとの社会的接触回数から社会的接触量を求めた（48 エポック/ 日）．これを $I \times J$ の社会的接触行列 Y とする．この行列 Y を社会的接触の時間パターンを表す $I \times K$ の基底行列 H と調査参加者の組み合わせに対応する $K \times J$ の係数行列 U の積に分解することで，社会的ネットワークのサブネットワークを抽出する．ここで社会的接触行列 Y は全て非負値であり，また社会的接触の時間パターンを表す H ，調査参加者間の組み合わせのつながりの強さを表す U も全て非負値であることから，本研究では非負値行列分解 (NMF: non-negative matrix factorization) を用いた．本研究では，目的関数がユークリッド距離規準の NMF を行った．

$$Y \cong HU$$

$$H, U = \arg_{H,U} \min D(Y|HU), \text{subject to } H_{i,k}, U_{k,j} \geq 0$$

因子数 K は，コーフェン相関係数および残差平方和を参考に $K=4$ とした．この際の，基底行列 H をもとに求めた社会的接触の生起日時を因子ごとに示す（図 5）．

第 1 因子は，12 月 24 日に強く現れる因子であることがわかる．第 2 因子は 12 月 2 日および 12 月 9 日に強く現れている．12 月 9 日は地域の小学校で大縄大会が行われていた日であり，このことから第 2 因子は小学校を介した地域活動と関係している可能性がある．第 3 因子は日常的に日中現れる社会的接触と関連しており，特に 12 月 28 日，1 月 5 日に強く現れていることがわかる．第 4 因子は 1 月 7 日に強く現れている．

次に係数行列 U をもとに社会的ネットワークを無向グラフで表現した（図 6）．また，図 6 では，各因子と関連する社会的接触のデータをもとに，各因子について貪欲法によるネットワーククラスタリングを行っている．第 2 因子は，相対的に多くの住民が関係している社会的ネットワークと関連していることがわかる．このことは，第 2 因子が地域の小学校を介した活動である可能性を支持している．また，第 3 因子は関係する住民が少なく，日常的に現れている因子であることから，極めて身近な者同士のネットワークであることが示唆される．

4. おわりに

本研究では，ある集落に居住する住民同士の社会的接

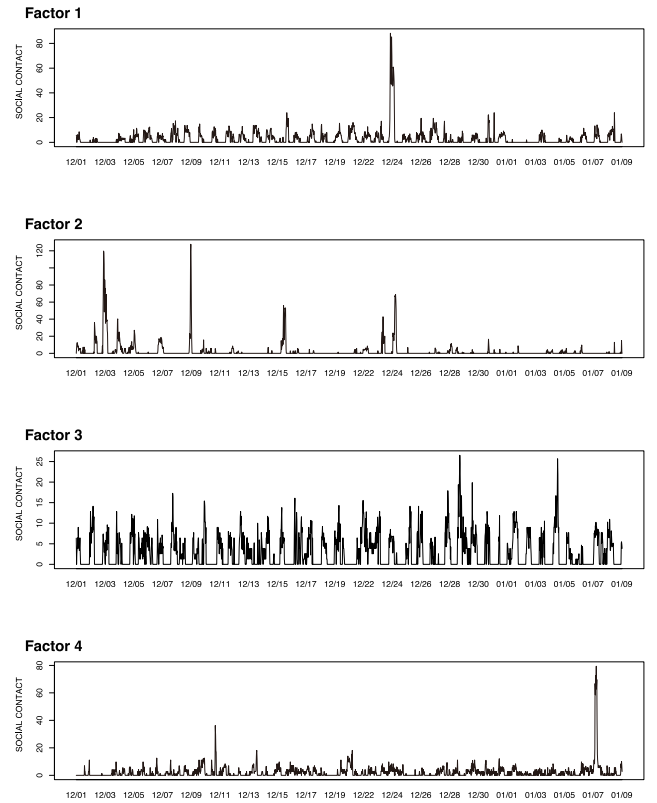


図 5 各因子に対応する社会的接触時系列生起パターン

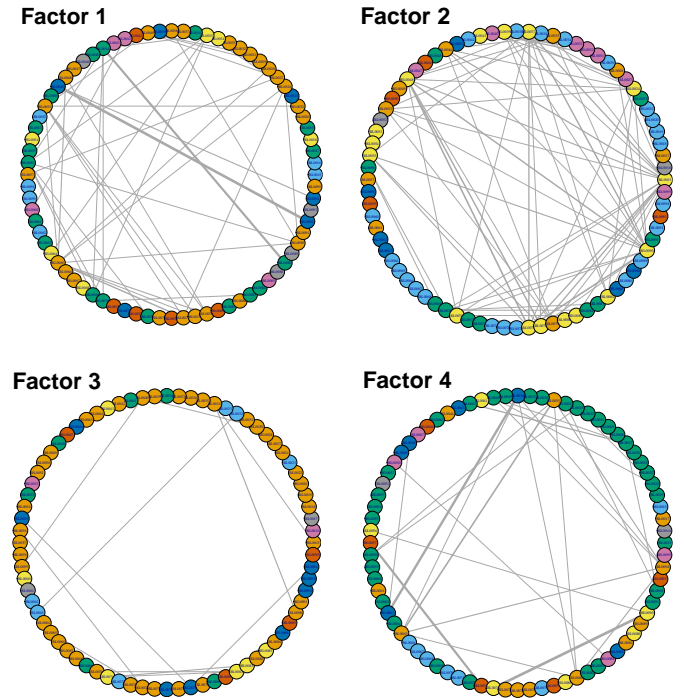


図 6 各因子に対応する社会的ネットワーク

触を Bluetooth すれちがい通信を行う携帯型デバイスにより長期間にわたり計測した。この住民同士の社会的接触の代表的な時系列パターンおよびそれらと対応する成員の組み合わせを、社会的接触行列に対して非負値行列因子分解 (NMF) を適用することで抽出することを試みた。その結果、さまざまな時間的パターンとともに現れる複数の社会的ネットワークを見出すことができた。またこれらのネットワークと対応する構成員を明らかにすることができた。この結果は、複雑な社会的関係が重畳した社会集団のネットワークを複数のサブネットワークに分解できることを示している。このことから、本手法は複雑な社会集団内の関係を探索的に検討することができる手法であると言える。

本手法と一般的なネットワーク分析の指標（例えば中心性）を組み合わせることで、複数の社会的ネットワークが重なり合った複雑な社会集団における個人の多面的な社会性を検討することが可能となるだろう。

今後は、調査期間をより期間に延長し、継続的に社会的接触の調査を行うことを予定している。これにより農業と関連した社会的関係の因子や、祭りなどの地域行事と関連した社会的関係の因子などを分離することが可能になり、集落内の社会的な関係の多様性を明らかにすることができると考えられる

謝 辞

本研究は、JST-RISTEX 研究開発プロジェクト「地域の幸福の多面的側面の測定と持続可能な多世代共創社会に向けての実践的フィードバック」(研究代表: 内田由紀子) の一環として行われた。記して謝意を示す。

文 献

- [1] Zachary, W. W. (1977). An information flow model for conflict and fission in small groups. *Journal of anthropological research*, 452-473.
- [2] Wu, L., Waber, B. N., Aral, S., Brynjolfsson, E., & Pentland, A. (2008). Mining face-to-face interaction networks using sociometric badges: Predicting productivity in an it configuration task. *Available at SSRN 1130251*.
- [3] Pentland, A. (2012). The new science of building great teams. *Harvard Business Review*, 90(4), 60-69.
- [4] 森脇紀彦, 佐藤信夫, 脇坂義博, 辻聡美, 大久保教夫, & 矢野和男. (2007). 組織活動可視化システム「ビジネス顕微鏡」. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 107(241), 31-36.
- [5] 小林哲郎・Jeffrey Boase・曾根原登 (2011). スマートフォンを利用した携帯コミュニケーションログの解析. 日本社会心理学会第 52 回大会. 名古屋大学