

性風俗情報サイトの分析による性接触ネットワークの可視化
 Visualization of sexual contact networks
 by analyzing a nationwide commercial-sex review website

伊東 啓[†]
Hiromu Ito

重田 桂子[‡]
Keiko Shigeta

山本 太郎[†]
Taro Yamamoto

守田 智[†]
Satoru Morita

1. はじめに

ここ 20 年間、人々の社会的な繋がりである社会ネットワークの研究はデータサイエンスとして著しく発展した [1,2]。映画に出演した俳優の共演関係や、研究者間の共著関係などのコラボレーションネットワークの研究に始まり、近年は Facebook や Twitter などのソーシャル・ネットワーク・サービス (SNS) の大規模データを用いたオンライン上の友人関係が研究されている [3-5]。これらの研究は、社会がどのように構築されているかを理解するための重要な手掛かりとなる。

ここでは性接触の社会ネットワークに関するこれまでの研究について紹介する。そして、ソープランドに関するオンラインレビュー投稿を収集し、我が国における全国規模の性接触ネットワークを可視化して分析した結果を報告する [6]。

2. 性接触ネットワーク研究のこれまで

「誰と誰が性接触をおこなったか」という性接触は、ヒト社会における最も基本的な繋がりである。それは性接触という行為がヒトを含めた生き物にとって、子孫を残す上で避けられない直接的な接触だからだ。性接触関係からなるネットワークが持つ構造特性を把握することができれば、ヒト社会を構成するメカニズムの解明に繋がり、性感染症の効果的な拡散防止戦略にも応用できるだろう。

しかし、「誰と誰が性接触をおこなったか」という性接触ネットワークの学術データは非常に少ない。なぜなら既存の研究手法では技術面やプライバシーの観点から個人の性接触の情報を正確かつ大規模に収集することが極めて困難であり、我が国においても現実の性接触ネットワークを提示した研究は存在しない。

2.1 臨床・感染経路 (1990 年代～)

性接触ネットワークの研究は、性感染症の感染経路を突き止めようとする試みから始まった。1990 年代後半に米国では、臨床の現場から性感染症 (梅毒・淋病・クラミジア・HIV/AIDS) の感染経路を追跡することで感染者を中心に約 100 人で構成される性接触ネットワークのデータが収集されている [10-12]。

2.2 スケールフリー性の発見 (2000 年代～)

2001 年には感染者だけでなく広く一般市民に対して、その人が性的接触を持った異性のパートナーの数 (ネットワーク科学の分野では次数 k と呼ぶ) を面談から調査する研究がスウェーデンで行われた [13]。これは性接触した相手の詳細を明らかにすることなく、「これまでの人生で何人

の異性と性接触したか」という人数の情報を聞き出している。このような調査はイギリス・ジンバブエ・ブルキナファソでも実施され、いずれの国でも次数 k の分布 (次数分布) が、冪 (べき) 分布 $P(k) \propto k^{-\alpha}$ に従うという性質があると報告されている [13-15]。この性質はスケールフリーとも呼ばれるもので、多くの人々の性接触は少人数 (数人以下) に留まるものの、一部には極めて多人数の相手と性接触している人が存在することを意味する。スケールフリーの特徴を持つネットワーク上で感染症の伝播が生じる場合には、感染率が非常に低い場合でも流行が起こることが理論モデルによって分かっており、性接触ネットワークにスケールフリー性があるかどうかは公衆衛生において重要な問題となっている [16,17]。ただし、米国やスウェーデンに関しては、負の二項分布でフィットしたほうがよいという見解も存在するが、性接触人数の不均一性が性感染症の拡散に大きく関わっていることには相違ない [18,19]。日本における Web 調査でも性接触のネットワークにスケールフリー性が存在することが示された [20]。

2.3 インターネットと性産業 (2010 年代～)

人々がスマートフォンを携帯し、いつでもインターネット上の情報にアクセスできるようになることで、昔は入手が困難であった性産業に関する情報も容易に手に入るようになった。さらに性産業の顧客は、情報を受け取るだけでなく、性産業の利用について情報を発信することもできるようになっている。そのなかで近年、顧客がハンドルネームを用いてセックスワーカーから受けたサービス等についての口コミ・レビューを投稿できるサイトが発展してきた。これらの口コミ・レビューサイトにおいて、顧客 A がセックスワーカー B についてのレビューを投稿した場合、A と B の間に性接触があったとみなせる。このような考えのもと性接触ネットワークを分析する研究がブラジルとイギリスで行われた [21-22]。

3. 目的

日本国内 (日本人同士) の性接触ネットワークを明らかにするのは難しい。一方、性産業に従事する女性と男性顧客の間の性接触に関する情報は、一般の性接触に比べればオープンになっている部分もある。性産業における性接触の情報も直接的に観測または聴取するのは難しいが、間接的な方法として上述のような口コミ・レビューを使って性接触の情報を収集することができる。

そこで本研究では、全国の性風俗店に関する情報を掲載している国内最大規模のウェブサイトが持つ口コミ・レビュー機能に着目した。同サイトに投稿された口コミ・レビューを Web スクレイピングによって網羅的に収集することで、性産業における性接触ネットワークを抽出し、可視化した上で分析する。

[†] 長崎大学 Nagasaki University

[‡] 静岡大学 Shizuoka University

4. 方法

4.1 調査対象 (ソーブランド)

本研究は、国内最大規模の性風俗情報サイト上で公開されているロコミ・レビュー投稿のうち、ソーブランドの業態に関するものだけを調査対象とした。ソーブランドとは、浴場業の施設として個室を設け、当該個室において異性の客に接触する役務を提供する営業で、法的には店舗型性風俗特殊営業一号営業として区分される。本研究がソーブランドのみを調査対象とした理由は、店舗の数と場所が警察庁の公表データから明らかになっているからである。

店舗数が明確なことから、ソーブランド全体のうちどれだけの割合を本研究がカバーしているのかも数値で評価することができる。なお調査対象の情報サイトは、登録されている全ソーブランド 1,185 件のうち 784 件 (約 66%) の情報を掲載していた (図 1)。

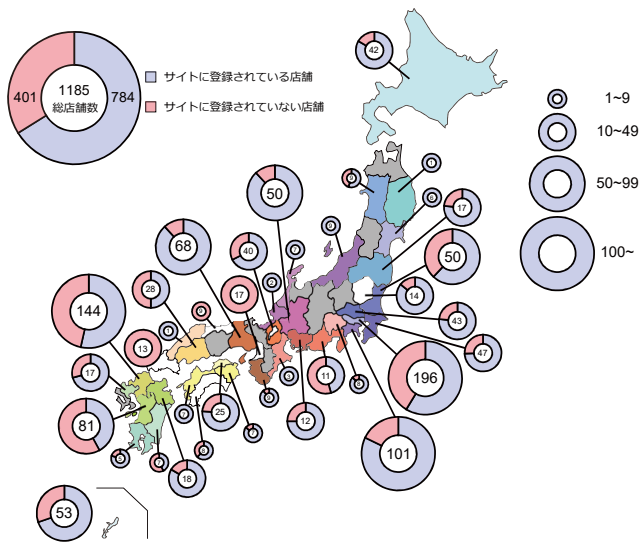


図 1. 各都道府県におけるソーブランドの店舗数

また、登録店舗の所在地が明らかなので、男性顧客が都道府県を跨いで移動する様子も可視化できる。具体的には、顧客 A が「X 県にある店舗に所属するセックスワーカー B」と、「Y 県にある店舗に所属するセックスワーカー C」に対してロコミ・レビューを投稿した場合、男性顧客 A は X 県と Y 県の間を空間的に移動したことが分かる。また、男性顧客が都道府県間を移動していない場合であっても、同じ都道府県内の別の店舗でサービスを利用しているかが分かる。これによりネットワークの特性として都道府県の効果と店舗の効果进行分析することができる。

ただし、図 1 の灰色で表示されている 9 県 (青森県、山形県、群馬県、富山県、長野県、奈良県、京都府、岡山県、長崎県) は条例によりソーブランドが存在しない。白色で表示される 4 県ではレビューのデータを取得できなかった。

4.2 データ収集

本研究では 2021 年 4 月に各レビューにおける (1) レビューを投稿した顧客のハンドルネーム、(2) セックスワーカーの源氏名、(3) 店舗名、(4) 店舗の所在地 (都道府県) を Web スクレイピングによって収集した。これら

は全て 18 歳以上であれば誰でも閲覧可能な情報である。得られたデータから性接触ネットワークを可視化して、男性顧客と女性セックスワーカー間の性接触による二部ネットワークを構築し、ネットワーク分析を行った。ここではロコミ・レビューの内容は収集していない。

4.3 ネットワーク分析

4.3.1 二部グラフ

二部グラフとはノードを 2 つのグループに分けて各グループ内のノードがリンクしないようにできるネットワークのことである。本研究の場合は、得られたネットワークを男性顧客のグループと女性セックスワーカーのグループに分けることができ、男性同士や女性同士の繋がりがない二部グラフである (図 2 左)。二部グラフの平均経路長 (詳細は 5.3.1) とクラスタリング係数 (詳細は 5.3.2)、次数相関 (詳細は 5.2) を計算することで、現実のネットワークが持つ特性を検証する。

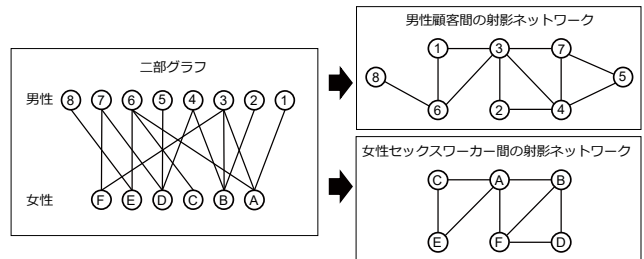


図 2. 二部グラフと射影ネットワークの関係

4.3.2 再配線した人工ネットワークとの比較

店舗や都道府県という枠組みがネットワーク特性に与える影響を分析する。ここでは、得られた現実のネットワーク (Real) と、再配線した 3 つの人工ネットワークの平均経路長やクラスタリング係数を比較することで店舗と都道府県の効果を検証する (図 3)。ここで生成する人工ネットワークは、ノードとリンクの数はそのままに、完全にランダムに再配線するネットワーク (Type I) と、都道府県を跨いではいけないが違う店舗の異なる女性には再配線できる (Type II)、そして同じ店舗内の異なる女性に再配線する (Type III) である。これら 3 つの人工ネットワークを 100 個生成して平均経路長やクラスタリング係数を計測し、現実のネットワークが持つそれと比較する。

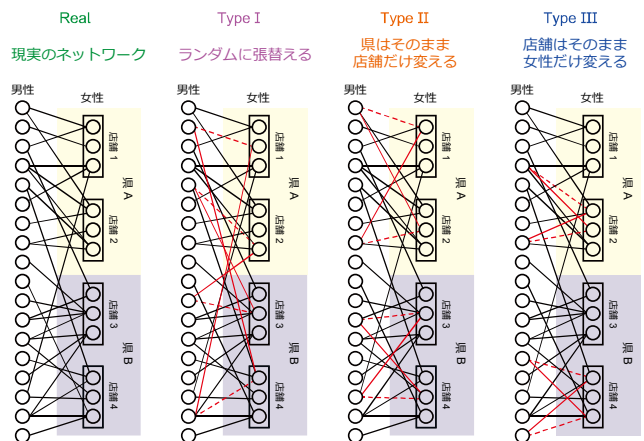


図 3. 再配線した 3 つの人工ネットワーク

4.3.3 射影ネットワーク

本研究で扱う二部グラフは、男性顧客同士の射影ネットワークと、女性セックスワーカー間の射影ネットワークに変換することができる(図2右)。これにより、本人たちも知らず知らずのうちに繋がっている「同じ女性を介した男性同士」と「同じ男性を介した女性同士」の繋がりが持つ次数相関を計測することが出来る。

5. 結果

男性顧客約5.5万人と女性セックスワーカー1.7万人の間を、約8.9万件のロコミ・レビューが繋ぐ性接触ネットワークが得られた(図4)。これにより、世界でも類をみない巨大な性接触ネットワークを抽出し分析することが可能になった。

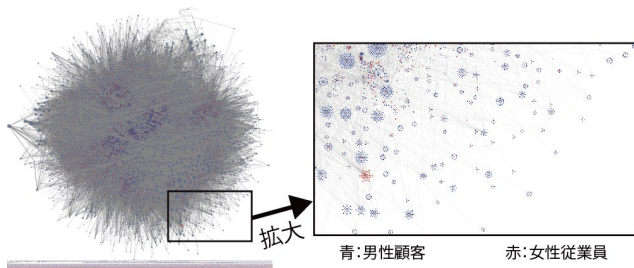


図4. ロコミ・レビューから構築した性接触ネットワーク

得られたネットワークのうち、最も大きい連結成分である巨大連結成分(GCC: giant connected component)のサイズは62,917であった。つまりレビューを書いた全ての男性顧客(55,824人)と、レビューを受けた全ての女性セックスワーカー(17,341人)のうちの86.0%(62,917人)がこの巨大連結成分に含まれる。これは実際の商業的な性的接触のごく一部ではあるが、巨大連結成分のサイズだけでも、本研究が提示したネットワークは性接触に関する研究の中でも世界最大のものである(表1)。

表1. 本研究と先行研究の基本データ一覧

基本データ			
	日本[6]	ブラジル[21]	イギリス[22]
店舗数(行政登録)	1,185	N/A	N/A
店舗数(サイト登録)	784	N/A	N/A
セックスワーカーの数(サイト登録)	38,964	N/A	N/A
レビューを受けたセックスワーカーの数	17,341	6,624	3,870
レビューを投稿した男性顧客の数	55,824	10,106	2,607
収集したレビューの総数(重複有)	121,988	50,185	N/A
使用したレビューの総数(重複無)	89,543	40,895	6,426
巨大連結成分(GCC)のサイズ	62,917 (86.0%)	15,810 (94.5%)	3807 (59%)
二番目に大きいコンポーネントのサイズ	18	N/A	125
平均経路長(in GCC)	9.87	5.78	9
直径(in GCC)	33	17	29
クラスタリング係数	0.028	N/A	0.12

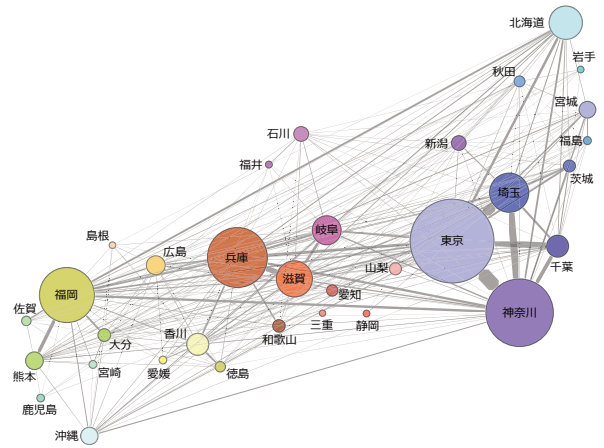


図5. 都道府県間のネットワーク

図5のように地域間(都道府県間)の関係性も可視化できる。これは、都道府県間の男性顧客の移動をリンクで示したもので、2つの都道府県の女性セックスワーカーにロコミ・レビューを書いた男性顧客の人数が多いほど太く表示している。ノードの大きさは都道府県ごとに投稿されたロコミ・レビューの数を表現している。

5.1 スケールフリー性

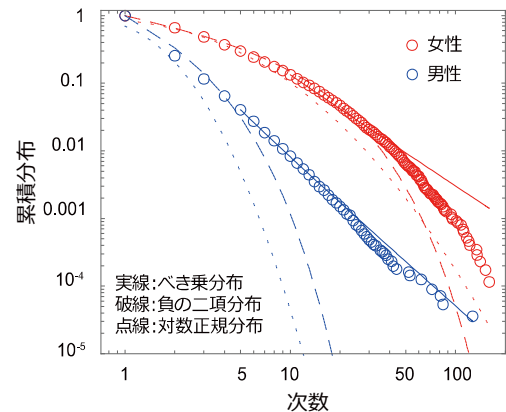


図6. 次数分布

男性顧客と女性セックスワーカーの次数分布を描画した(図6)。次数分布が冪分布にフィットすることから、得られたネットワークがスケールフリーの特性を持つことが分かる。ここで次数分布のべき指数は男性顧客が3.16($k_{min}=5$)、女性セックスワーカーが2.61($k_{min}=10$)であった。スケールフリー性の存在は、多くの顧客からレビューを受けた一部の女性セックスワーカーと、多くのセックスワーカーに対してレビューを投稿した男性顧客がネットワーク上のハブになっていることを意味する。

5.2 次数相関

あるノードの次数と、そのノードが隣接するノードの次数の間の相関を次数相関と呼ぶ。本研究では次数相関を「ある人の接触人数と、その人が接触した人の接触人数がどのような相関を持つかの指標」と言い換えることが出来る。接触人数の多い人ほど接触人数の多い人と繋がっている

る場合に正で、接触人数の多い人ほど接触人数の少ない人と繋がっている場合に負になる。

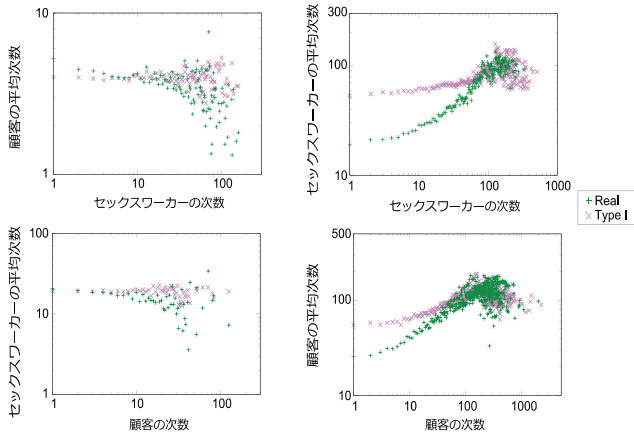


図 7. 度数相関

男性顧客と女性セックスワーカーの間には負の度数相関 (-0.181) があった。つまり、多くの男性からレビューを受けている人気のあるセックスワーカーはあまりレビューを投稿しない多くの顧客と接続する傾向があり、同時に多くの女性にレビューを残す顧客は人気のないセックスワーカーと接続する傾向がある。このような負の度数相関はブラジルとイギリスの研究 [21-22] でも観察されている。

一方、射影ネットワークから得られた男性顧客間の度数相関 (0.150) と女性セックスワーカー間の度数相関 (0.524) は正だった。これは、女性セックスワーカーは多くのレビューを受けた者同士が同じ男性顧客を介して繋がる傾向があり、男性顧客も多くのレビューを投稿した者同士が同じ女性セックスワーカーを介して繋がる傾向があることを示している。

5.3 スモールワールド性

平均経路長が短く、クラスタリング係数が大きいネットワークの性質をスモールワールド性と呼ぶ[23]。スモールワールド性は、文字通り「世間が狭い」ことを意味するネットワークの特性である。有名なミルグラム実験ではファーストネームで呼び合える知り合いだけを經由してネブラスカからボストンまで手紙を届けることに成功し、手紙が届くために必要な中間者数を 5.2 人と算出した[24]。ここから「地球上のどの二人を選んでも、その二人は 6 人程度の知人を介して繋がっている」ことを表して「6 次の隔たり」とも呼ばれるようになった。

5.3.1 平均経路長

巨大連結成分の平均経路長は 9.87 だった。ネットワークの“距離”とは、任意の 2 つのノード間を繋いでいるリンクの数である。たとえば 2 つのノード同士が直接繋がっていれば距離は 1 であるし、途中に 1 つのノードを介して繋がっていれば距離は 2 である。その上で平均経路長は、すべてのノードのペア間の最短距離の総和をペアの総数で割った値である。よって平均距離が 9.87 というのは、図 4 で提示したネットワークの中からランダムに 2 人を選んだとき、平均 9.87 人を介してつながることを意味する。仮に国内のどこかで性感染症が発生した場合、平均 9.87 人を介して全国に拡散し得ることを意味する。

5.3.2 クラスタリング係数

二部グラフのクラスタリング係数は 0.028 であった。クラスタリング係数は、ネットワークの集まり具合の指標である。例えば交友関係のネットワークでは、「A と友達 B と C がいたとき、B と C も友達同士だった」とき、ABC で三角形の交友関係ネットワークを作ることが出来るため、この三角形の数からクラスタリング係数が計算される。一方、二部グラフでは三角形はできないため、四角形の数から計算される[25]。本研究の場合、一人の男性顧客と繋がる複数の女性セックスワーカーが別の一人の男性顧客と繋がる時、または一人の女性セックスワーカーと繋がる複数の男性顧客が別の一人の女性セックスワーカーと繋がる時、クラスタリング係数が高くなる。

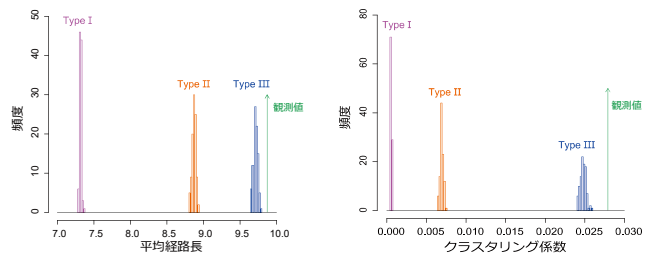


図 8. 再配線した人工ネットワークと観測値の比較

異なる再配線ルールの下で 3 つの人工ネットワークをそれぞれ 100 個生成し、それぞれの平均経路長とクラスタリング係数の頻度を観測値と比較した (図 3、図 8)。平均経路長は完全にランダムに再配線する Type I では約 7.3 程度に大きく縮んだ、同じ店舗内の異なる女性にのみ再配線可能な Type III ではほとんど縮小しなかった。これは Type III が Type I や Type II に比べて、観測したネットワークの特性を維持していることを示している。またクラスタリング係数は、Type I ではほぼ 0 に低下するが、Type III では約 0.025 までしか減少しなかった。これは男性顧客には同じ都道府県内・同じ店舗内の複数の女性従業員を訪問する傾向があることを示唆する。

得られたソーブランドのロコミ・レビューネットワークは、平均経路長が短くクラスタリング係数が大きいスモールワールドの特性を持つ。

5.4 ネットワークの堅牢度と脆弱性

最後に、度数の大きいノードから除去していったときのネットワークの縮小を検証する。

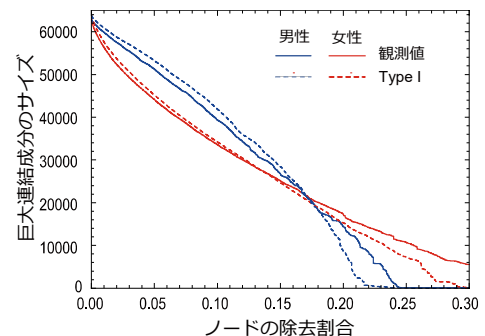


図 9. ノード除去による巨大連結成分の縮小

巨大連結成分のサイズは、多くの顧客からレビューを受けている女性セックスワーカーが削除されると急激に縮小する。しかし多くのセックスワーカーに対してレビューを投稿している男性顧客を削除してもその縮小は緩やかであった (図 9)。

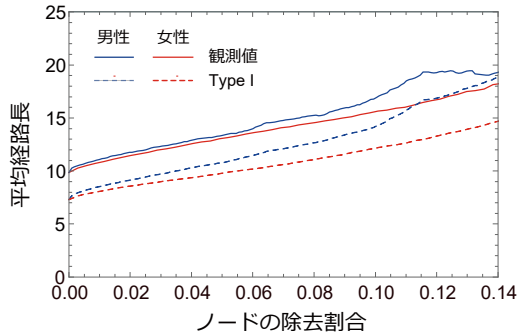


図 10. ノード除去による平均経路長の増加

平均経路長は、多くの顧客からレビューを受けている女性セックスワーカーを除去してもその増加は緩やかだが、多くのセックスワーカーに対してレビューを投稿している男性顧客を削除すると大きく増加する (図 10)。

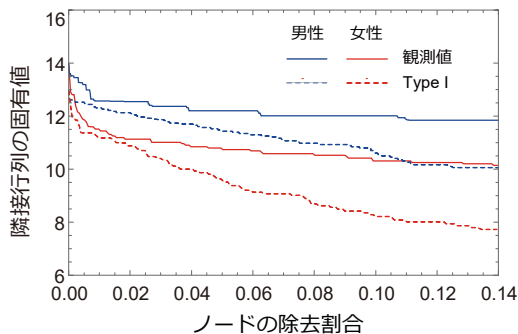


図 11. ノード除去による隣接行列の固有値の低下

隣接行列の固有値は、単純な流行モデルを考慮した際の性感染症の広がりやすさを示す。隣接行列の固有値は、多くの顧客からレビューを受けている女性セックスワーカーを除去すると急速に低下する (図 11)。

したがって、仮に性感染症の蔓延を考慮するのであれば、女性に関しては多くの顧客からレビューを受けているセックスワーカーに対して、男性に関しては広く利用者に対して性感染症対策を展開する必要があると示唆される。

6. 議論

得られたネットワークは特徴的な性質としてスケールフリーとスモールワールドの特性を持つと同時に、地域や店舗に依存して高いクラスタリング係数が見出された。つまり男性顧客は同じ店舗内の複数の女性セックスワーカーを訪問する傾向があり、店舗や都道府県の影響を強く受けていた。複数の県や店舗を跨いでサービスを利用する男性顧客が、離れた地域や店舗を橋渡しすることで弱い紐帯 (weak ties) [26]として機能し、日本中のソープランドの性接触ネットワークを緩やかに繋いで文字通り“世間を狭く”していた。

6.1 調査の限界

本研究が用いたデータは、実際の商業的な性的接触のごく一部に過ぎない。まず日本国内における性サービスのうち、ソープランドはその一部分である。さらに性サービスを利用した顧客のすべてが口コミを投稿するわけではないし、すでに退店した女性セックスワーカーもデータには含まれていない。またハンドルネームと源氏名によって匿名化されているため、個人識別も完全ではない。例えば男性顧客は複数の携帯電話番号を紐付けして複数のアカウントを持つことが可能だし、女性セックスワーカーは複数の店舗で働いていれば仮に同一人物だとしても異なる従業員として扱われる点に注意が必要である。後者のケースは少ないと考えられるが、それがどのくらいの割合かは不明である。

6.2 性産業以外の性接触ネットワークとの関連

この研究から、性産業以外の広く一般の性接触ネットワークを論じる際には注意が必要である。一般的な性接触の場合は、婚姻関係などで生活空間を共有した同じ相手に関して高頻度で性接触が行われる場合が多いと考えられる。一方、性風俗で行われる性的接触では、生活をともにしたり子孫を残したりすることを想定しない「一時的な関係」であるといえる。本研究で抽出したデータの中には、同じ顧客が同じ女性セックスワーカーに対して何度もレビューを投稿する場合もあったが、そのような事例は例外的とみなしてネットワーク分析ではリンクの重みを考慮しなかった。したがって、この研究で扱った性接触ネットワークは一時的な関係性のみに着目したものであるといえる。

6.3 性感染症と公衆衛生

伝統的な公衆衛生の領域では、男女を問わずセックスワーカーを性感染症のハイリスク群とみなし、セックスワーカーに対して調査や対策を重点的に行ってきた。しかし近年の公衆衛生学では、性感染症の拡散を防ぐためには特定の場所で働くセックスワーカーだけでなく、遠い距離を移動して複数の店舗やセックスワーカーを渡り歩く顧客の性的活動を併せて考える必要性が主張されている [27]。しかし、面談など従来の疫学的手法ではセックスワーカーへの調査までが限界で、その先に存在する顧客の性的活動を把握することができない。故にこの問題をいかに解決するかは現在も大きな課題となっている。

このような時流の中で展開された本研究は、男性顧客の移動の情報を収集することに成功しており、女性セックスワーカーと男性顧客のネットワーク上の役割の違いを明らかにした点も疫学・公衆衛生学上意義深い成果となった。また本研究は性行動に関するこれまでの調査範囲の限界を劇的に拡張するものであり、我が国の疫学研究に一石を投じるだろう。

最後に、本研究は性感染症と性産業の間のいかなる関係性も示していない点を明記しておきたい。つまり本研究は、ソープランドやその他の性風俗産業が性感染症の温床だと主張するものではない。事実、1999-2001年の調査から、ソープランドにおける性感染症発生率は極めて低いという研究結果が報告されている [28]。

7. おわりに

本研究は、これまでベールに包まれていた性接触ネットワークの実態を一部ではあるが明らかにし、性接触に関する研究の中でも最大規模のネットワークデータを用いた分析を行った。全国規模の社会ネットワークの一例として今後の研究に活用されるだけでなく、将来的には異性間で広がる性感染症の蔓延対策など公衆衛生の分野において重要な知見を与える。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 21H01575、21K03387、19H05731、19KK0262、18K03453、17H04731、全国共同利用・共同研究拠点「熱帯医学研究拠点」2022-Seeds-02 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Yang S, Keller FB, Zheng L. "Social network analysis: Methods and examples" SAGE Publications Inc., (2017).
- [2] Barabási A-L. "Network science" Cambridge University Press, (2016).
- [3] Newman MEJ. "The structure of scientific collaboration networks" *Proc Natl Acad Sci USA*, 98: 404–409 (2001).
- [4] Watts DJ, Strogatz SH. "Collective dynamics of 'small-world' networks" *Nature*, 393: 440–442 (1998).
- [5] Wilson RE, Gosling SD, Graham LT. "A review of Facebook research in the social sciences" *Perspect Psychol Sci*, 7: 203–220 (2012).
- [6] Ito H, Shigeta T, Yamamoto T, Morita S. "Exploring sexual contact networks by analyzing a nationwide commercial-sex review website" *PLoS ONE*, 17(11): e0276981 (2022).
- [7] Ito H, Yamamoto T, Morita S. "Demography of sexually transmitted infections with vertical transmission" *Appl Math Comput*, 348: 363–370 (2019).
- [8] Ito H, Yamamoto T, Morita S. "The type-reproduction number of sexually transmitted infections through heterosexual and vertical transmission" *Sci Rep*, 9: 17408 (2019).
- [9] Ito H, Yamamoto T, Morita S. "The effect of men who have sex with men (MSM) on the spread of sexually transmitted infections" *Theor Biol Med Model*, 18: 18 (2021).
- [10] Rothenberg RB, Sterk C, Toomey KE, Potterat JJ, Johnson D, Schrader M, Hatch S. "Using social network and ethnographic tools to evaluate syphilis transmission" *Sex Transm Infect*, 25: 154–160 (1998).
- [11] Potterat JJ, Muth SQ, Rothenberg RB, Zimmerman-Rogers H, Green DL, Taylor JE, Bonney MS, White HA. "Sexual network structure as an indicator of epidemic phase" *Sex Transm Infect*, 78: i152–i158 (2002).
- [12] Potterat JJ, Philips-Plummer L, Muth SQ, Rothenberg RB, Woodhouse DE, Maldonado-Long TS, Zimmerman HP, Muth JB. "Risk network structure in the early epidemic phase of HIV transmission in Colorado Springs" *Sex Transm Infect*, 78: i159–i163 (2002).
- [13] Liljeros F, Edling C, Amaral L, Eugene Stanley H, Åberg Y. "The web of human sexual contacts" *Nature*, 411: 907–908 (2001).
- [14] Schneeberger A, Mercer CH, Gregson SA, Ferguson NM, Nyamukapa CA, Anderson RM, Johnson AM, Garnett GP. "Scale-free networks and sexually transmitted diseases: a description of observed patterns of sexual contacts in Britain and Zimbabwe" *Sex Transm Dis*, 31: 380–387 (2004).
- [15] Latora V, Nyamba A, Sempore J, Sylvestre B, Diane S, Sylvere B, Musumeci S. "Network of sexual contacts and sexually transmitted HIV infection in Burkina Faso" *J Med Virol*, 78: 724–729 (2006).
- [16] Pastor-Satorras R, Vespignani A. "Epidemic dynamics and endemic states in complex networks" *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, 63: 066117 (2001).
- [17] Pastor-Satorras R, Castellano C, Van Mieghem P, Vespignani A. "Epidemic processes in complex networks" *Rev Mod Phys*, 87: 925–979 (2015).
- [18] Handcock MS, Jones JH. "Likelihood-based inference for stochastic models of sexual network formation" *Theor Popul Biol*, 65: 413–422 (2004).
- [19] Hamilton DT, Handcock MS, Morris M. "Degree distributions in sexual networks: a framework for evaluating evidence" *Sex Transm Dis*, 35: 30–40 (2008).
- [20] Ito H, Tamura K, Wada T, Yamamoto T, Morita S. "Is the network of heterosexual contact in Japan scale free?" *PLoS ONE*, 14: e0221520 (2019).
- [21] Rocha LEC, Liljeros F, Holme P. "Information dynamics shape the sexual networks of Internet-mediated prostitution" *Proc Natl Acad Sci USA*, 107: 5706–5711 (2010).
- [22] Giommoni L, Berlusconi G, Melendez-Torres GJ. "Characterising the structure of the largest online commercial sex network in the UK: Observational study with implications for STI prevention" *Cult Health Sex*, 23: 1608–1625 (2021).
- [23] Watts DJ, Strogatz SH. "Collective dynamics of 'small-world' networks" *Nature*, 393: 440–442 (1998).
- [24] Milgram S. "The Small World Problem" *Psychology Today*, 2: 60–67 (1967).
- [25] Robins G, Alexander M. "Small worlds among interlocking directors: network structure and distance in bipartite graphs" *Comput Math Organ Theor*, 10: 69–94 (2004).
- [26] Granovetter MS. "The strength of weak ties" *Amer J Sociol*, 78: 1360–1380 (1973).
- [27] Spice W. "Management of sex workers and other high-risk groups" *Occup Med*, 57: 322–328 (2007).
- [28] Miyazaki M, Une H, Babazono A, Kato M, Takagi S, Chimura H. "Sexually transmitted diseases in Japanese female commercial sex workers working in massage parlors with cell baths" *J Infect Chemother*, 9: 248–253 (2003).