

# 結核接触者健診における社会ネットワーク分析の活用

<sup>1,3</sup>泉 清彦    <sup>1</sup>河津 里沙    <sup>4</sup>三宅 慧    <sup>4</sup>渡部 ゆう  
<sup>2</sup>村瀬 良朗    <sup>1</sup>内村 和広    <sup>1,3</sup>大角 晃弘

**要旨：**〔目的〕社会ネットワーク分析（SNA）手法を用いて初発結核患者と接触者との接触時間が結核感染を示しうるかを検討し、情報の視覚化を試みるとともに、SNAの活用方法を検討した。〔対象と方法〕日本語学校での結核集団感染において、初発結核患者および接触者について疫学・臨床情報、および初発結核患者の主な活動場所の接触者による利用時間を収集した。SNAソフトにより接触者ごとに初発結核患者との接触時間を算出し結核感染状況との関係性を検討し、ソシオグラムを用いて図示した。〔結果〕SNAにより初発結核患者（1名）と接触者（41名）との関係性を定量的に分析した。結核と診断された接触者では中央値にして12.5倍、LTBI患者では11.5倍、非感染者と比べて初発結核患者との接触時間が長く、接触の度合いと感染・発病の関係性が見られた。また、ソシオグラムにより初発結核患者の利用場所、接触時間、感染状況に関する情報を整理できた。〔考察〕SNAの活用方法として、次の点が考えられた。①接触時間の情報は、IGRA検査等の使用量が限られている場合に優先的対象者の選定に利用する、②IGRA判定保留者への対応についての補足的情報が得られる、③感染が拡大した場所を推定し、健診対象者の拡大を検討するための情報として用いる、④情報を視覚化し関係者間のコミュニケーションのツールとして活用する。

**キーワード：**社会ネットワーク分析、結核接触者健診、結核集団感染

## 背 景

結核患者発生時の対応として感染経路および感染場所の特定は、結核積極的疫学調査における中心的事項である。保健所は、結核菌の伝播経路解明のために結核患者への疫学調査を実施し、他者との接触状況や日常行動に関する情報を得ている<sup>1)</sup>。これにより、結核患者と接触した者のうち、結核菌感染が疑われる者を選定し、結核患者との接触状況に関する情報を収集するとともに、結核菌感染および結核発病の有無を確認している。

一方で、結核患者の接触者健診を実施するうえでの課題も散見される。例えば、結核患者との接触状況の評価として、直接個人同士の関係性を聴取することが困難な場合があり、必ずしも十分に接触状況を把握できないことがある<sup>2)</sup>。また、接触者健診の実施内容は保健所職員の経験や技量に大きく依存しており、接触者健診対象者

の選定基準や収集する情報内容は一様ではない<sup>3)</sup>。今後、結核低蔓延化を迎えるわが国において、結核接触者健診の経験が、保健所関係職員内で蓄積されにくい状況になることが予想され、保健所職員の経験のみに依存しない手法の開発が求められる。

近年、結核患者の疫学調査において、対象者間の関係性を定量化・視覚化する手法である“社会ネットワーク分析（SNA: Social Network Analysis）”が結核菌伝播の解明において注目されている<sup>4)</sup>。SNAの結核研究への応用例としては、過去に発生した結核集団感染者に対する後ろ向き疫学調査<sup>5)6)</sup>や、接触者健診を強化・効率化するツールの一つとしてその有用性が検討<sup>7)8)</sup>されている。特に、後者に関しては、SNAによって算出された結核患者と接触者との関係性が結核感染を示しうるということが知られている。この関係性の定量化の一つの手法に、各対象者が利用していた場所および滞在時間を分析すること

<sup>1</sup>公益財団法人結核予防会結核研究所臨床疫学部、<sup>2</sup>同抗酸菌部、<sup>3</sup>長崎大学大学院医歯薬学総合研究科、<sup>4</sup>新宿区保健所保健予防課

連絡先：泉 清彦，公益財団法人結核予防会結核研究所，〒204-8533 東京都清瀬市松山3-1-24

(E-mail: kizumi@jata.or.jp)

(Received 26 Aug. 2016/Accepted 18 Oct. 2016)

で、対象者同士の複数の場所を介した接触状況および接触時間を推定するものがある。Fig. 1 (I) は、個人同士の関係性を模式的に表し、従来の接触者健診情報で特定できる関係性を示している。丸は人を、四角は場所を表す。AとB、BとCは関係性が確認されているが、AとCは関係性が無いか、個人同士の関係を聴取できないことで関係性が特定できないことを示している。一方(II)は、各対象者の場所Pの利用の有無によって対象者間の関係性を定義しており、SNAの方法を応用した例を示している。A、B、Cのいずれも場所Pを利用しており、(I)では確認できなかったAとCの関係性を特定できると同時に、場所の利用時間により対象者同士の接触時間を推定することができる。視覚化に関しては、関係性を視覚化したソシオグラム（ネットワーク図）により、関係性の直感的な把握が可能である。

欧米においてSNAの結核接触者健診への活用が検討されるなか、わが国では「接触者健診の手引き」<sup>1)</sup>により、SNAの応用可能性が示されてはいるものの、その具体的な方法に関する研究は限定的である。したがって、わが国での結核接触者健診におけるSNAの有用性を実地の情報を用いて検証し、利点、課題などを整理し検討することが求められる。

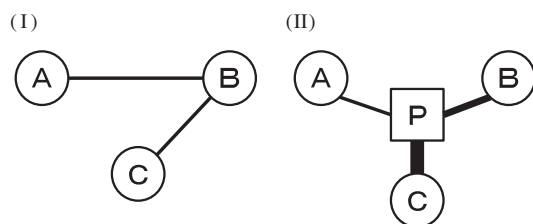
## 目 的

SNA手法を用いて算出された初発結核患者と接触者との接触時間が結核感染状況を示しうるかを検討するとともに、SNAによる接触者健診における情報の視覚化を試みた。これらを通じて接触者健診におけるSNAの活用方法を検討した。

## 方 法

### 対象者と情報

平成2X年に都内日本語学校で発生した結核集団感染事例で、初発結核患者について、当該保健所が調査した性別・年齢・国籍・臨床情報、および学校内外の主な活



**Fig. 1** Example of sociogram in the social network analysis. (I) relationship between individuals, (II) relationship between individuals via a place P

Circles indicate individuals, square indicates the place P, and width of ties is proportional to time which individuals spend in the place P.

動場所に関する情報を収集した。接触者健診対象者（接触者）について、保健所が通常実施している疫学調査および臨床診断により得られた情報、また入手可能な者についてはVariable Numbers of Tandem Repeats (VNTR)法による結核菌遺伝子型別情報を収集した。具体的には、基本情報として性別・年齢・国籍、臨床情報として胸部X線検査結果、インターフェロン $\gamma$ 遊離試験 (IGRA) 結果等に基づく活動性結核と潜在性結核感染症 (LTBI) の診断結果を収集した。本研究においては、接触者をその感染の有無によって、“非結核感染者”、活動性結核患者（結核患者）とLTBI患者とを含む“結核感染者”の2つに分類した。さらに、保健所と共同で開発した質問紙を用いて、初発結核患者の主な活動場所の接触者による利用の有無と利用時間の情報を収集した。対象者にはあらかじめ、保健所職員により口頭および各国言語のパンフレットを用いて結核に関する基本的な知識と接触者健診の内容と重要性について説明し、接触者健診への協力の動機付けを行った。調査は日本語学校において初発結核患者登録の約1カ月後に実施した。質問紙は自筆式だが、適宜日本語学校の教員が質問の意味などを説明し、可能なかぎり正確な情報を収集した。

### 解析方法

SNAソフトを用いて接触者ごとに初発結核患者との接触時間を求め結核感染状況との関係性を検討した。具体的には、各対象者が利用していた場所について滞在時間で重み付けした関係行列を作成することで、対象者同士の接触状況および接触時間を推定した。さらに、SNAソフトにより、接触時間および接触場所と感染状況をソシオグラムで図示した。統計解析は、カテゴリカル変数についてはカイ二乗検定およびフィッシャー正確確率検定、連続変数についてはStudent t-testとWilcoxon-Mann-Whitney testを実施し、有意水準を5%以下とした。SNAにはCytoscape (<http://www.cytoscape.org>)、統計解析にはStata (Ver.10, StataCorp, TX, USA)を用いた。本調査は、感染症法12条に基づく行政調査の一環であり、研究に必要な情報の収集については特別なインフォームドコンセントを必要としなかった。その上で、倫理上の妥当性を確保するために、本研究計画は結核研究所の倫理審査委員会により承認を受けた（承認番号：RIT/IRB 27-9）。

## 結 果

### 初発結核患者と接触者

初発結核患者は、18歳の中国籍男性で平成2X年X月に本邦に入国し、同月より日本語学校に在籍していた。その2カ月後に結核と診断され、肺結核（学会分類bII3）、喀痰塗抹陽性（2+）、すべての抗結核薬に対して感受性であった。

この初発結核患者に対して、保健所が選定した接触者健診対象者は合計45名であったが、そのうち4名は帰国等の理由から健診を実施できなかったため、接触者健診を実施した41名を本研究の対象者とした。そのうちの4名は、初発結核患者と同居していた濃厚接触者、残りの37名は、初発結核患者が在籍していた日本語学校の教員および生徒であった。日本語学校の接触者37名のうち、第1同心円として通常授業のクラスメイト(13名)と通常授業の担任講師(3名)、特に親しかった友人(1名)の計17名、第2同心円として選択授業のクラスメイト(18名)、選択授業の担任講師(2名)の計20名を対象とした。接触者健診受診者の平均年齢は24.7歳、

19名(46.3%)が男性、また主要な国籍は中国30名(73.2%)、次いで日本5名(12.2%)、韓国2名(4.9%)、台湾2名(4.9%)であった(Table 1)。接触者健診の結果、結核感染者は15名、うち5名が結核患者、10名がLTBI患者であった、残りの26名が非結核感染者であった。第1同心円(Close contacts)において有意に多くの感染者(14名、全感染者のうち93.3%)が発見されていた( $p < 0.01$ )。初発結核患者との接触時間と感染状況

初発結核患者が主に利用していた場所は、日本語学校教室A(Class room A)、教室B(Class room B)、教室C(Class room C)、男子トイレ(WC)、寮共有スペース(Dormitory)、寮寝室(Bed room)、学校外(Outside of school)

**Table 1** Characteristics of contacts by infection status

Characteristics of contacts	Contacts			Total n=41
	Non-infected contacts n=26	Infected contacts [TB, LTBI] n=15 [5, 10]	p-value	
Age (mean)	24.8	24.3	0.88 <sup>1</sup>	24.7
Sex				
Male	12 (46.2%)	7 [3, 4] (46.7%)	0.97 <sup>2</sup>	19 (46.3%)
Female	14 (53.8%)	8 [2, 6] (53.3%)		22 (53.7%)
Nationality				
China	19 (73.1%)	11 [3, 8] (73.3%)	0.77 <sup>3</sup>	30 (73.2%)
Japan	4 (15.4%)	1 [0, 1] (6.7%)		5 (12.2%)
Korea	1 (3.8%)	1 [1, 0] (6.7%)		2 (4.9%)
Taiwan	1 (3.8%)	1 [1, 0] (6.7%)		2 (4.9%)
Vietnam	0 (0.0%)	1 [0, 1] (6.7%)		1 (2.4%)
USA	1 (3.8%)	0 [0, 0] (0.0%)		1 (2.4%)
Contact investigation				
Close contacts	7 (26.9%)	14 [5, 9] (93.3%)	<0.013	21 (51.2%)
Casual contacts	19 (73.1%)	1 [0, 1] (6.7%)		20 (48.8%)

<sup>1</sup>Student t-test, <sup>2</sup>Chi-square test, <sup>3</sup>Fisher's exact test  
TB: tuberculosis, LTBI: latent tuberculosis infection

**Table 2** Infection statuses of contacts by places which they shared with the index case

Place		Contacts			Total n=41
		Non-infected contacts n=26	Infected contacts [TB, LTBI] n=15	p-value	
Class room A	Yes	7 (38.9%)	11 [3, 8] (61.1%)	0.01	18 (100%)
	No	19 (82.6%)	4 [2, 2] (17.4%)		23 (100%)
WC	Yes	8 (80.0%)	2 [1, 1] (20.0%)	0.75	10 (100%)
	No	18 (58.1%)	13 [4, 9] (41.9%)		31 (100%)
Class room B	Yes	19 (82.6%)	4 [1, 3] (17.4%)	0.01	23 (100%)
	No	7 (38.9%)	11 [4, 7] (61.1%)		18 (100%)
Class room C	Yes	2 (100%)	0 [0, 0] (0.0%)	0.52	2 (100%)
	No	24 (61.5%)	15 [5, 10] (38.5%)		39 (100%)
Dormitory	Yes	0 (0.0%)	4 [2, 2] (100%)	0.01	4 (100%)
	No	26 (70.3%)	11 [3, 8] (29.7%)		37 (100%)
Bed room	Yes	0 (0.0%)	1 [1, 0] (100%)	0.37	1 (100%)
	No	26 (65.0%)	14 [4, 10] (35.0%)		40 (100%)
Outside of school	Yes	1 (100%)	0 [0, 0] (0.0%)	1.00	1 (100%)
	No	25 (62.5%)	15 [5, 10] (37.5%)		40 (100%)

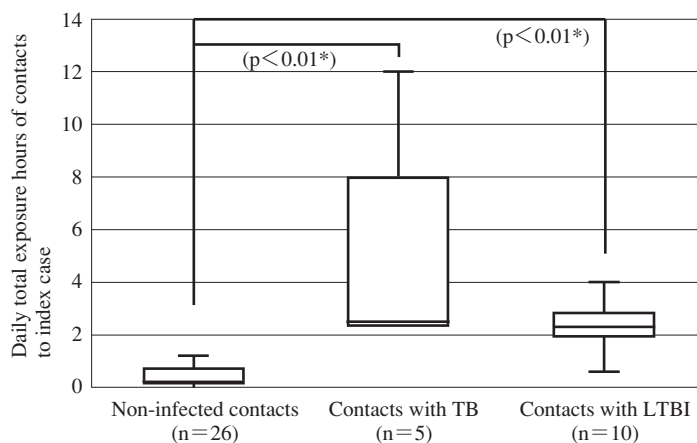
\*All statistical test was conducted by Fisher's exact test  
WC: water closet (toilet)

の計7カ所であった。学校外に関しては、特に親しい特定の友人と会っていた場所を便宜的に用いた (Table 2)。各場所を利用して接触者における感染率を高い順に示すと、寮寝室 (100%), 寮共有スペース (100%), 教室A (61.1%), 男子トイレ (20.0%), 教室B (17.4%), 教室C (0%), 学校外 (0%) であった。初発結核患者との接触時間が長時間 (1日4~12時間接触) であった寮同居者4名のうち、2名 (50.0%) が結核患者、2名 (50.0%) がLTBI患者であった。また、学校にて初発結核患者と同クラス (1日0.6~2.3時間接触) 22名のうち、3名 (13.6%) がTB患者、8名 (36.4%) がLTBI患者であった。SNAにより算出した初発結核患者との1日の接触時間の中央値は、非感染者で0.2時間、感染者で2.3時間、特に

結核患者で2.5時間、LTBI患者で2.3時間であり、接触時間と感染状況に有意な関連が見られた (Fig. 2)。また、本事例において結核菌遺伝子型別検査が実施可能であったのは、初発結核患者および初発結核患者と同居していた1名から得られた結核菌のみであり、その菌株型は一致していた。

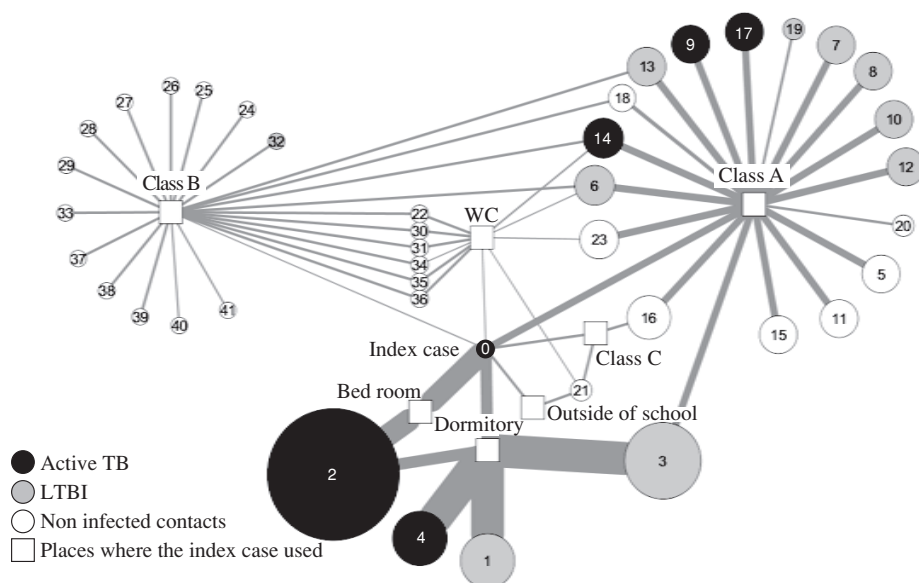
#### ソシオグラム

初発結核患者、接触者および場所の関係性をソシオグラムに示す (Fig. 3)。活動性結核を黒丸、LTBI患者を灰色丸、非感染者を白丸、場所を四角で示した。丸の大きさは初発結核患者との接触時間の長さ按比例し、各印内の数字は接触者番号を表す。人 (丸) と場所 (四角) を結ぶ線は、各人がその場所を利用したことを示し、線の



**Fig. 2** Comparison of exposure hours to index case between non-infected and infected contacts

\*Comparisons of median of exposure hours were conducted by Wilcoxon-Mann-Whitney test.



**Fig. 3** Sociogram of contact investigation network

Size of circles is proportional to the daily total exposure hours to index case, and width of ties is proportional to time which contacts spend in each place.

太さはその場所の利用時間の長さと同比例している。結核と診断された接触者2番は、寮寝室および寮共有スペースを利用し、初発結核患者(0番)との接触時間も長時間であった。また、接触者1, 3, 4番も寮共有スペースを利用しており、活動性結核1名、LTBI患者2名と、全員が結核菌に感染していた。教室Aは初発結核患者が寮に次いで利用時間の多かった場所であり、同教室を利用していた18名中、3名(16.7%)が活動性結核患者、8名(44.4%)がLTBI患者であった。感染者であった接触者6, 14番は教室A以外に初発結核患者が使用していたトイレおよび教室Bも利用しており、感染の機会が多かったと推察される。一方で、教室Bのみを利用していた接触者からはLTBI患者が1名(32番)発生しているだけであった。

## 考 察

### 接触者健診におけるSNAの活用方法

SNAにより、場所を介した初発結核患者と接触者との関係性を定量的に分析し、感染者において初発結核患者との接触時間が有意に長いことが示された。さらに、初発患者との接触時間は、非感染者と比べて、結核と診断された接触者では中央値にして12.5倍、LTBI患者では11.5倍長く、接触の度合いと感染・発病の関係性が見られた。また、ソシオグラムにより初発結核患者の利用場所、接触時間、感染状況に関する情報を整理分析することが可能であった。寮を共有する接触者は最も接触時間が長く感染率も高かった、次いで教室Aで感染率が高く、感染が拡大したことが示された。複数の場所で初発結核患者との接点が見られた接触者も確認され、それぞれの接触場所での滞在時間を見ることで感染に関連する場所の重要性が浮き彫りとなった。

SNAの接触者健診における活用方法としては、第一に接触時間に基づき接触者健診の優先的対象者を選定することが考えられた。しかし、現状の接触者健診の実施体制としては、既に健診の対象となった接触者に対して問診を行うのが常となっており、問診結果を踏まえて接触時間を算出し、ツ反やIGRA検査対象となるかを判断する手順とはなっていない。この現状を踏まえたSNAの活用方法としては、次の4点が考えられた。接触時間に関する情報は、①IGRA検査等を使用できる対象者数が限られているような状況において、検査の優先的対象者を選定する際の情報となる、②IGRA判定保留者への対応を決めるための補足的な情報として利用する、③感染が拡大した場所を推定できることから、健診対象者の拡大を検討するための情報の一つとして用いる。また、情報の視覚化に関しては、④関係者とのコミュニケーションのツールとして活用する。

### 結核接触者健診に適したSNA手法

接触者健診におけるSNA研究は、本研究のように接触時間を計算するのではなく、主に中心性とと呼ばれるネットワーク指標値を各対象者(初発結核患者および接触者)に対して算出し、その指標値が結核菌感染を示しうることを報告してきた。Andreら<sup>9)</sup>や、われわれの研究グループ<sup>7)</sup>は、代表的な指標値である、次数中心性(他者との関係性の多さ)や媒介中心性(他者同士の関係性を媒介する程度)等を用いて、指標値が優先的対応の必要な接触者を示しうるかを検討した。中心性の算出には、すべての対象者についてそれぞれの関係性を示すネットワーク(Whole network, 総当たりネットワーク)を構築する必要がある。Whole networkは中心性指標値により、対象者間の詳細な関係性に関する情報を提供しうるが、すべての対象者同士の関係性に関する情報を収集する必要があり、簡易性と迅速性が求められる接触者健診などの実地疫学調査にそのまま適用するのは困難と考えられる。今回われわれは、接触者健診における、より適切なネットワークとして、初発結核患者を中心として、各接触者の初発結核患者のみに対する関係性を示すネットワーク(Egocentric network, 特定の対象者とその他複数の対象者のみのネットワーク)を用いた。Egocentric networkでは、中心性を算出しない代わりに、複数の場所における各接触者と初発結核患者との総接触時間を算出することが可能であり、感染状況とも一致していた。これにより、Egocentric networkは接触者健診における優先接触者選定においてより適切なネットワークであると考えられた。

### 接触者健診におけるSNAの利点

今回、接触者健診におけるSNAの利点を見ることができた。例えば、接触者への聞き取りの際に、個人同士の人間関係を聴取する必要がなく、共通して利用していた場所の利用時間という客観的な数値によってその関係性を表すことが可能であった。これは、個人同士の関係性を聴取することが困難な場合でも、優先接触者選定にとっての有用な情報を収集可能であることを示している。また、場所の設定に関してもSNAは柔軟である。今回、学校外は親しい友人と過ごしていた場所として、具体的な場所ではなく、人間関係を仮想的な場所として定義し、分析に組み込むことが可能であった。これまでも、交友関係を通じた感染<sup>10)11)</sup>や交通機関を通じた感染<sup>12)</sup>などが報告されていることから活動場所を疑似的に場所として設定することの意義はあると思われる。

質問紙に正確に回答してもらおう努力は必要であるが、既定の質問事項にそって情報を収集するだけで、場所の利用時間という客観的な数値によってその関係性を定義することが可能であった。このことから、必ずしも、接

触者健診を実施する保健所職員の経験のみによらずに、系統的に接触者の評価が可能であり、今後、結核低蔓延を迎えるわが国において、突発的な集団発生に対応するツールとなることが期待できる。

ソシオグラムに関しては、初発結核患者、接触者、共通して利用していた場所、および接触時間を一度に図示することが可能であり、情報を効率的に整理し、関係者とのコミュニケーション手段としても活用が期待される。また、本事例ではカジュアルコンタクトによる感染の可能性を積極的に解析することはできないが、ソシオグラムにより接触時間は短い初発結核患者と接点となった場所、本事例ではトイレ等、の存在を確認することが可能である。

#### SNA利用における課題

SNAの利用に関して情報収集、情報分析、実施における課題を整理する。

情報収集に関する課題としては、正確で網羅的な情報を初発結核患者および接触者から集めることが重要である<sup>7)</sup>。そのためには、場所の利用有無や利用時間の聞き方を簡素化し、均一的に情報収集する工夫が必要である。初発結核患者や二次結核患者、接触者などが複数の保健所にまたがる場合には、関係保健所間の連携が課題となる<sup>13)</sup>。本事例においても初発結核患者が登録された保健所と集団感染が発生した場所を管轄する保健所は別であり、接触者健診を実施するために初発結核患者の行動内容についての情報共有が円滑に行われることが重要であった。

分析上の課題としては、どの程度以上の接触時間の者を優先接触者とするかは個別の事例ごとに異なり、接触時間に一般的な閾値を設定することはできないことが挙げられる。接触者健診の手引きにおいても、優先接触者を選定するための感染曝露期間に関するカットオフ値は設定されておらず、「実務的には、現場における経験から期間を設定すべきであり、健診結果をもとにして繰り返し再検討すべきである<sup>1)</sup>」<sup>1)</sup>とされており、SNAの結果は事例ごとに柔軟に解釈する必要がある。

本研究では接触状況に関して接触者本人からより詳細かつ系統的な情報を得る一つの手法を提案するために、主に曝露時間によって優先接触者を選定している。一方で、集団感染に共通する発生要件について、患者要因として排菌陽性者・診断の遅れ、接触者要因として未感染者・長時間の接触、環境要因として過密・換気不全、などが指摘されている<sup>14)</sup>。これらのうち、接触者における感染を示唆する要因としては、接触の度合いや、曝露環境の要素が示されている<sup>15)</sup><sup>16)</sup>。実際には、このように接触状況や環境要因を加味して総合的に接触者健診対象者の選定を実施することになる。

実施上の課題としては、SNAソフトの導入および、情報の分析を実施する担当者を養成する必要がある。導入する負担を顧みると、SNAの効果が発揮されるのは、家族内などの小規模感染ではなく、比較的接触者が多数となる事例において、質問紙を用いて網羅的に接触者を評価し、優先接触者を機械的に選定する際に利用価値が高いと考えられる。その際、接触者健診実施時のどの時点でSNA分析結果を利用することができるか、より効果的に優先接触者選定に活用できるのか検討が必要である。今回は、学校という対象者が程度固定化されている集団内での事例であった、集団感染事例においては不特定多数利用施設<sup>17)</sup>のように対象者が流動的な集団である場合も想定され、SNAの利点が十分に発揮されるか検証が必要である。

#### ま と め

接触者との接点となったと考えられる場所・利用時間に関する情報を網羅的に収集しネットワークを描くことで、結核接触者健診におけるSNAの有用性および活用事例を示すことができた。一方で、実際の接触者健診にSNAを導入する際の課題も整理することができた。今後、様々な条件においてSNAの活用の可能性を探り、実用的なツールとして活用されることが望まれる。

#### 謝 辞

本研究は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)「新興・再興感染症に対する革新的医薬品等開発推進研究事業 地域における結核対策に関する研究」(課題番号:16fk0108301h0003)」の支援を得た。ご協力いただいた保健所職員の方々に深謝いたします。

著者のCOI (conflicts of interest) 開示: 本論文発表内容に関して特になし。

#### 文 献

- 1) 阿彦忠之:「感染症法に基づく結核の接触者健診の手引き」, 改訂第5版. 2014. [http://www.jata.or.jp/rit/rj/2014\\_3sessyokusya1.pdf](http://www.jata.or.jp/rit/rj/2014_3sessyokusya1.pdf)
- 2) Asghar RJ, Patlan DE, Miner MC, et al.: Limited utility of name-based tuberculosis contact investigations among persons using illicit drugs: results of an outbreak investigation. *J Urban Heal.* 2009 ; 86 : 776-780. doi : 10.1007/s11524-009-9378-z.
- 3) Bryant KE, Allen MG, Fortenberry ER, et al.: Association Between Staff Experience and Effective Tuberculosis Contact Tracing in North Carolina, 2008-2009. *N C Med J.* 2016 ; 77 : 37-44. doi : 10.18043/ncm.77.1.37. Association.
- 4) Cook VJ, Shah L, Gardy J, et al.: Recommendations on

modern contact investigation methods. Int J Tuberc Lung Dis. 2011 ; 16 : 297-305.

- 5) Gardy JL, Johnston JC, Ho Sui SJ, et al.: Whole-genome sequencing and social-network analysis of a tuberculosis outbreak. N Engl J Med. 2011 ; 364 : 730-739. doi : 10.1056/NEJMoa1003176.
- 6) Fitzpatrick LK, Hardacker J, Heirendt W, et al.: A preventable outbreak of tuberculosis investigated through an intricate social network. Clin Infect Dis. 2001 ; 33 : 1801-1806. doi : 10.1086/323671.
- 7) Kawatsu L, Izumi K, Uchimura K, et al.: Can social network analysis assist in the prioritisation of contacts in a tuberculosis contact investigation? Int J Tuberc Lung Dis. 2015 ; 19 : 1293-1299. doi : 10.5588/ijtld.15.0378.
- 8) Cook VJ, Sun SJ, Tapia J, et al.: Transmission network analysis in tuberculosis contact investigations. J Infect Dis. 2007 ; 196 : 1517-1527. doi : 10.1086/523109.
- 9) Andre M, Ijaz. K, Tillinghast JD, et al.: Transmission Network Analysis in Tuberculosis Contact Investigations. Am J Public Health. 2007 ; 97 : 470-477. doi : 10.1086/523109.

- 10) 佐々木結花, 山岸文雄, 水谷文雄, 他: 中高年者を中心に生じた多剤耐性結核菌による集団感染事例. 結核. 1999 ; 74 : 549-553. doi : 10.1017/CBO9781107415324.004.
- 11) 佐々木結花, 山岸文雄, 八木毅典, 他: 若年者の交遊関係を中心に感染が拡大した肺結核集団感染の1事例. 結核. 1999 ; 74 : 849-854.
- 12) 八木毅典, 佐々木結花, 山岸文雄, 他: 企業の通勤バス内での結核小規模感染事例の検討. 結核. 1999 ; 74 : 507-511.
- 13) 成田友代, 永田容子, 上間和子: 中年年齢層を中心とした事業所における集団感染. 結核. 1999 ; 74 : 863-868.
- 14) Raffalli J, Sepkowitz K, Armstrong D: Community-based outbreaks of tuberculosis. Arch Intern Med. 1996 ; 156 : 1053-1060.
- 15) 渡瀬博俊: 学習塾における結核健診事例による感染リスクの評価. 結核. 2005 ; 80 : 461-467.
- 16) 豊田 誠: 中学校結核集団感染の環境要因に関する検討. 結核. 2003 ; 78 : 733-738.
- 17) 木下節子, 大森正子, 塚本和秀, 他: 駅周辺の不特定多数利用施設を中心とした結核感染—都市結核問題の観点より. 結核. 2007 ; 82 : 749-757.

補遺: 問診票 (表面)

問 診 票		no.
(事業所名/学校名: _____)		
フリガナ		
氏 名	男・女	生年月日 大・昭・平 年 月 日 ( )才
自宅住所	市・区・町	自宅電話
結核患者との接触はどこで?	勤務先・学校 家族・その他 (いずれかに○)	会社名・学校名など具体的に ( ) 日中連絡先 (携帯など)
結核患者との接触はいつから?	年・月・日前から	接触頻度はどのくらい? 月・週・日に 回 時間くらい
結核患者の咳に気づきましたか? 気づいたのはいつから? ( ) 1カ月・週・日前から / 気づかなかった / 患者が咳が聞こえていない		
最近胸部レントゲン検査を受けたのはいつですか? 平成 年 月 日 / 医療機関名 ( ) / 結果は異常なし ( )		
(既往歴) 今までに肺結核やその他の結核または肺疾患で治療したことがありますか? 無・有 ( )		
(家族歴) 両親、兄弟、その他の同居の家族の中での結核または肺疾患はありませんか? 無・有 ( )		
(ツベルクリン反応最終判定) 陽性・陰性・不明 (時期: 乳児・小1・小2・中1・中2 その他 S-H 年頃)		
(BCG最終接種) 無・有 (接種時期: 乳児・小1・小2・中1・その他 S-H 年頃)・不明		
年 月 日	No.	Q F T 指示
①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)	 ●異常なし ●有所見問題なし ●結核疑い ○経過観察 ○要精密 ●その他要精密	年 月 日 ①直後終了 ②2か月後終了 ③3か月後で検査 ④要精密 紹介先→ 一診・I ⑤その他
※結核疑いの経過観察・要精密＝結核発病のおそれがあると診断した者		
保健指導 年 月 日		
( ) 有症状発症の説明 ( ) 定期健診の受診のすすめ(有症状者必須) ( ) QFT結果の連絡先・連絡方法確認 ( ) 次回健診の説明		
QFT実施しない場合の胸部レントゲン結果通知 即日 後日 希望なし		
半年後 年 月 日	1年後 年 月 日	1年半後 年 月 日
2年後 年 月 日		
①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)	①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)	①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)
①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)	①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)	①せき 無・有 ( ) ②たん 無・有 ( ) ③血痰 無・有 ( ) ④咳れやすい 無・有 ( ) ⑤その他 無・有 ( ) ⑥タバコ 吸う/吸わない (本/日)
(結果通知—即日・後日・なし) (結果通知—即日・後日・なし) (結果通知—即日・後日・なし) (結果通知—即日・後日・なし)		
保健指導		
初発患者情報		
登録年月日 年 月 日		
病型		
ガフキー		
感染性時期 年 月 日		

問診票 (裏面)

積極的疫学調査				
下記の場所を利用したことがありますか?				
①	A地点	4階 教室 4-7	ある・なし	週に 回 時間くらい
②	B地点	4階 喫煙室	ある・なし	週に 回 時間くらい
③	C地点	4階 トイレ	ある・なし	日に 回 時間くらい
④	D地点	3階 教室 3-4	ある・なし	週に 回 時間くらい
⑤	E地点	3階 トイレ	ある・なし	日に 回 時間くらい
⑥	F地点	2階 リフレッシュルーム	ある・なし	週に 回 時間くらい
⑦	G地点	2階 図書室	ある・なし	週に 回 時間くらい
⑧	H地点	2階 トイレ	ある・なし	日に 回 時間くらい
⑨	I地点	1階 PCスペース周辺	ある・なし	週に 回 時間くらい
患者との接触場所と頻度についてお教えてください。				
①				週に 回 時間くらい
②				週に 回 時間くらい
③				週に 回 時間くらい
④				週に 回 時間くらい
⑤				週に 回 時間くらい

## Original Article

THE POTENTIAL ROLE OF SOCIAL NETWORK ANALYSIS  
IN TUBERCULOSIS CONTACT INVESTIGATION

<sup>1,3</sup>Kiyohiko IZUMI, <sup>1</sup>Lisa KAWATSU, <sup>4</sup>Satoshi MIYAKE, <sup>4</sup>Yu WATANABE,  
<sup>2</sup>Yoshiro MURASE, <sup>1</sup>Kazuhiro UCHIMURA, and <sup>1,3</sup>Akihiro OHKADO

**Abstract** [Aim] To explore the possible role of social network analysis (SNA) in identifying infected contacts and visualizing data in a tuberculosis (TB) contact investigation.

[Method] We analyzed TB contact investigation data from an outbreak in a Japanese language school in Tokyo, Japan, in 20XX. Information on places which the index case and his contacts commonly shared was collected in line with the data collected routinely in contact investigation. Average hours of exposure to the index case were calculated for each contact by using SNA software, and the relationship to the index case via commonly shared places was visualized as a sociogram. Statistical analysis was performed to compare the exposure hours and TB infection statuses between those infected, including active TB and latent TB infection (LTBI), and non-infected contacts.

[Result] The data on the index TB case and 41 contacts, of whom 5 and 10 were diagnosed with active TB and LTBI, were analyzed. Contacts with active TB and LTBI had 12.5 and 11.5 times longer median hours of exposure, which were significantly longer compared to non-infected contacts. The sociogram summarized the network of index TB case, contacts characterized by exposure hours and infection statuses, and

the places shared by the index case and the contacts.

[Discussion] SNA analysis was considered to be useful in prioritizing contacts in a TB contact investigation, in assisting interpretation of indeterminate Interferon-Gamma release assay test results, in estimating places where transmission occurred, and visualizing data accrued in TB contact investigations.

**Key words** : Social-network analysis, Tuberculosis contact investigation, Tuberculosis outbreak

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Clinical Research, <sup>2</sup>Department of Mycobacterium Reference and Research, Research Institute of Tuberculosis, Japan Anti-tuberculosis Association (RIT/JATA); <sup>3</sup>Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University; <sup>4</sup>Shinjuku City Public Health Center

Correspondence to: Kiyohiko Izumi, Research Institute of Tuberculosis, Japan Anti-Tuberculosis Association, 3-1-24, Matsuyama, Kiyose-shi, Tokyo 204-8533 Japan.  
(E-mail: kizumi@jata.or.jp)