

# 社会ネットワーク分析の手法と 結核対策への活用について

結核研究所 臨床疫学部

# 社会ネットワーク分析とは (Social Network Analysis: SNA)

- 「社会ネットワーク」とは社会における個人・企業・国などあらゆる社会単位（actor）として捉え、アクター相互の関係性を表した構造体。  
例：所内の職員同士の人間関係、企業間の取引関係、アジア諸国の貿易関係など
- 「社会ネットワーク分析」とはアクターの集合としての社会構造を「・・・数学的に分析することで、アクターの関わるイベント（社会的出来事）の生起を説明しようとする研究」。  
（金光、2003）

# 社会ネットワーク研究の応用事例

<http://csspcat8.ses.usp.ac.jp/lab/ideken/sotsuron/f-05mochizuki-soturon.html> より一部抜粋

カテゴリー	研究用途
ビジネス	企業グループ経営の効率化
	事業の成果と組織構造の関係性の解明
	非効率的な部門の特定
バーチャル	顧客のコミュニティ構造解明
	掲示板やチャットユーザーの類型化とグループ分け
日常生活	情報共有のためのアクセス制御環境の開発
	ボランティアネットワークの効率的な組織化の方法
その他	市民ネットワークの強化
	感染症伝染シュミレーション
	ファッショントレンドにおけるメディア戦略

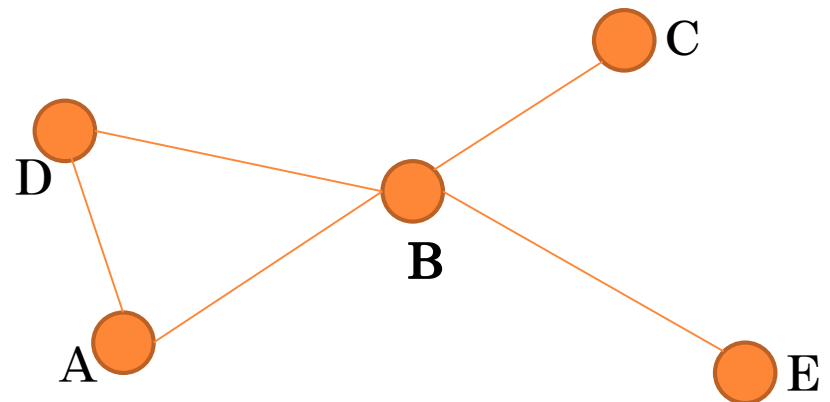
# 社会ネットワーク分析の 概要（基本概念と用語等）

# ネットワークの表現： 社会関係行列 & グラフ

- 1行目、1列目にアクター（p）を並べる。
- $p_i$ と $p_j$ に関係がある場合は1、ない場合は0を入力する。
- 対角成分には0を入力する。

**無向グラフ**：関係性を「pに会ったことがある」  
 $p_i$ から $p_j$ への関係 =  $p_j$ から $p_i$ への関係

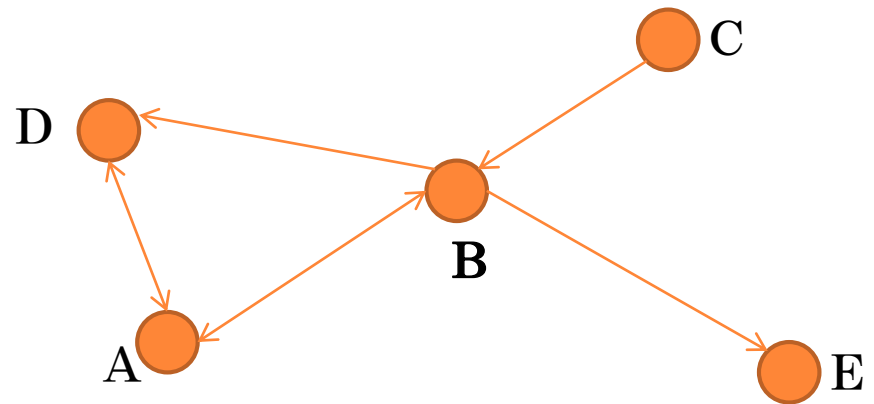
	A	B	C	D	E
A	0	1	0	1	0
B	1	0	1	1	1
C	0	1	0	0	0
D	1	1	0	0	0
E	0	1	0	0	0



# ネットワークの表現： 社会関係行列 & グラフ (2)

**有向グラフ**：関係性を「p知っている」  
 $p_i$ から $p_j$ への関係  $\neq$   $p_j$ から $p_i$ への関係

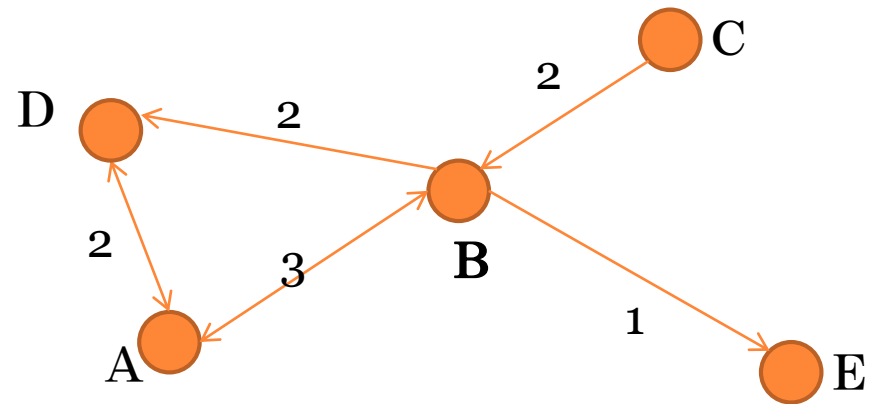
	A	B	C	D	E
A	0	1	0	1	0
B	1	0	0	1	1
C	0	1	0	0	0
D	1	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0



# ネットワークの表現： 社会関係行列 & グラフ (3)

重み付きグラフ：関係性を「pとの電話回数」  
「pへの信頼度の3段階評価」など

	A	B	C	D	E
A	0	3	0	2	0
B	3	0	2	2	1
C	0	2	0	0	0
D	2	2	0	0	0
E	0	1	0	0	0



# ネットワークと各パーツの名称

グラフ(graph)

点 (vertex (欧州), node. point (米) )

線 (line, tie)

辺 (edge)- 無向グラフ

弧 (arc)- 有向グラフ

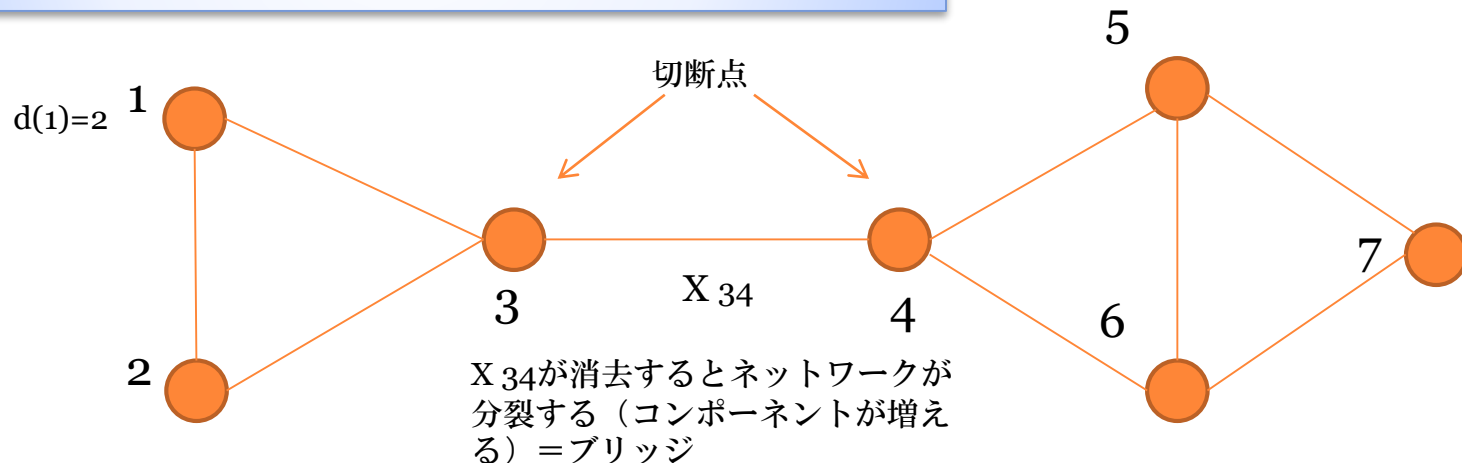
多重線(multiple lines)

点の総数 =  $g$   $g=7$

次数(degree) = 点 $i$ に繋がっている線の数 =  $d(i)$

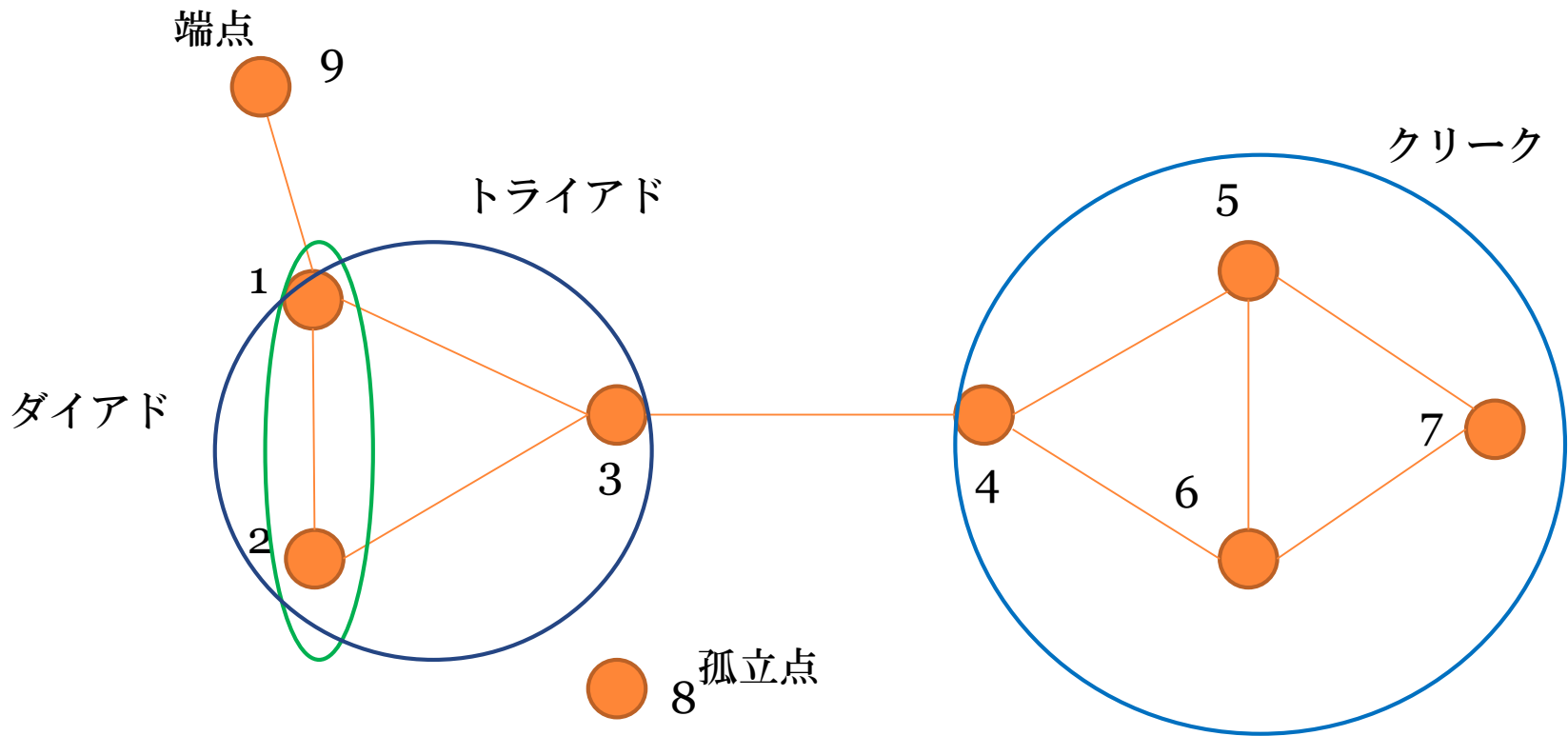
$d(1)=2, d(4)=3$

点 $i$ と点 $j$ を結ぶ線 =  $x_{ij}$





# ネットワークと各パーツの名称(2)



# 各点の指標

- **次数中心性（=次数） degree centrality**  
線が集まるほど中心性が高い（知名度、人気、情報発信力等）
- **近接中心性 closeness centrality**  
他の点との距離が近いほど中心性が高い（影響の受けやすさ等）
- **媒介中心性 betweenness centrality**  
その点を通る経路が多いほど中心性が高い（情報や資源の流れに関与する度合い等）
- **REACH score**  
ある点から2辺あるいは弧以内で到達できる点の数

# ネットワークの指標

- ネットワークの密度 ( $\Delta$ ) 密度が高い→小規模で同質性が高い、信頼感や目的を共有しやすいが、新しい情報や資源の獲得に不向き。
- 平均次数
- ネットワークの直径 (ネットワークの果て)
- 平均距離 (ネットワークのまとまり)
- 次数集中度 (次数の分散/最大の分散)
- 近接性集中度 (近接性の分散/最大の近接性)
- 媒介性集中度 (媒介性の分散/最大の媒介性)
- クラスタ係数 (ネットワーク全体の拘束度)

# 結核対策への応用

# 結核対策におけるSNAの事例

- 通常の接触者健診では認識できなかった潜在的な感染経路を探知することでLTBI対象の接触者を把握。
- McKenzie et al (2007) アメリカ、オクラホマ州
- Cook et al (2007) アメリカ（カリフォルニア、ジョージア）、カナダ（バンクーバー）
- McElroy et al (2003) アメリカ、カンザス州
  
- 後ろ向き調査、初発患者の特定（+分子疫学）
- Gardy et al (2011) カナダ、ブリティッシュコロンビア
- Fitzpatrick et al (2001) アメリカ（インディアナ）

# McKenzie et al (2007)

- 2001年～集団感染。
- 2002年3月～CDCが調査を開始。
- 通常のcontact investigationによる情報を更に分析。
  - 接触者との面接
  - 接触者の情報分析（名前、年齢、性別、人種、HIV、初発患者との関係性（濃度、強度）、TSTの結果、症状、胸部X線検査の結果）
  - 初発患者の接触者の詳細なカテゴリー化
- InFlowを用いてリーチ値、次数中心性、媒介中心性を算出。

# McKenzie et al (2007)

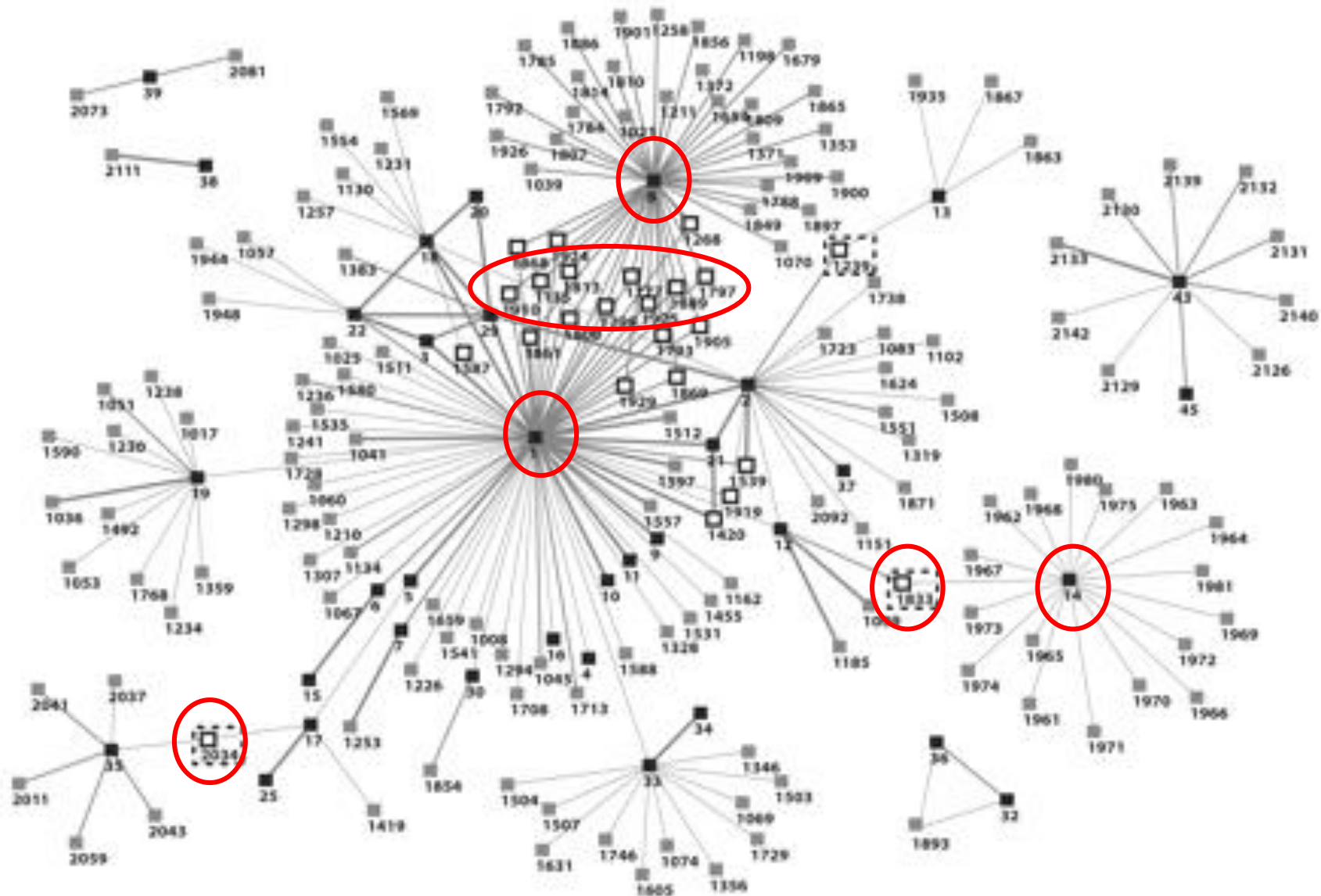
- 2001年 7月 初発患者（男性、23歳）が肺結核と診断。2000年11月頃より咳症状あり。
- 1996年から2001年に5回服役しており、3地域において家族・友人らと共同生活、2病院にて肺炎・気管支炎で受診（計4回）、飲酒店にてアルバイト（3週間）。
- 感染期間と思われる2000 11月~2001 7月：接触者294人中、251人が評価された。うち19人が2次結核患者。
- 2001 8月~2002 12月: 更に37人の2次結核患者。
- 初発患者+34人の2次結核患者の接触者は1039人、うち大半は初発患者の直接の接触者だったが、200人ほどが未評価。200人~の優先度を決定するために、初発患者を含む結核患者35人及び未評価の200人の接触者の分析。
- SNAの結果、優先接触者は21人。うち14人が評価され、4人がLTBIと診断。SNAによって優先接触者と判断された接触者は非優先接触者（non-prioritized contacts）と比較してLTBIが診断される率が高かった（OR=7.8; 95%CI 1.6-36.6）。

# McKenzie et al (2007) より一部抜粋

	Reach		Degree		Betweenness	
Score rank	node	score	node	score	node	score
1	1	0.830	1	0.385	1	0.849
2	1135	0.538	8	0.253	8	0.289
3	1268	0.538	14	0.110	12	0.208
4	1777	0.538	33	0.099	2	0.187
5	1793	0.538	19	0.071	14	0.179
6	1797	0.538	18	0.066	1833	0.179
7	1799	0.538	22	0.060	33	0.128
8	1800	0.538	29	0.038	19	0.118
9	1813	0.538	35	0.038	5	0.104
10	1861	0.538	12	0.033	17	0.095
11	1868	0.538	13	0.027	2034	0.064
12...	1869	0.538	17	0.022	18	0.062



# McKenzie et al (2007)より一部抜粋



# SNAを導入することの利点

- 分子疫学的な手法による解析の結果を待たずに、SNAは接触者検診によって得られた情報を解析し、関係性を定量化することで、迅速に感染の拡大予防に繋げることができる。
- 各点やダイアド、トライアドの特徴を数値化し、比較することで優先接触者の特定だけでなく、情報提供者やフォローアップにおける優先者を特定することができる。

# 社会ネットワーク分析ソフト & デモストレーション

# 社会ネットワーク解析用ソフトウェア (windows用)

<http://d.hatena.ne.jp/lmura/20071025>

	特徴	日本語 マニュアル	単価
StOCNET	いくつかの別個のソフトを含んでいて、進んだ統計モデルを使用している。 確率論的モデルに基づいている。 本格的。	無し	無料
UCINET	世界的に普及、日本でも有名。 機能が多い。 User-friendly。	有り	30日間無料、その後¥25,600~
Pajek	世界的に普及、日本でも有名。 データ入力にノート機能を使うなど独特。	有り	無料
InFlow	トレーニングあり。 User-friendly。	無し	?



# UCINET

The image shows the UCINET Spreadsheet application window. The title bar reads "UCINET Spreadsheet - untitled". The menu bar includes "File", "Edit", "Transform", "Fill", "Labels", "Options", and "Help". The toolbar contains icons for file operations (New, Open, Save, Print, View) and editing (Cut, Copy, Paste), along with buttons for "Fill", "+.0", "-.0", and "Ren".

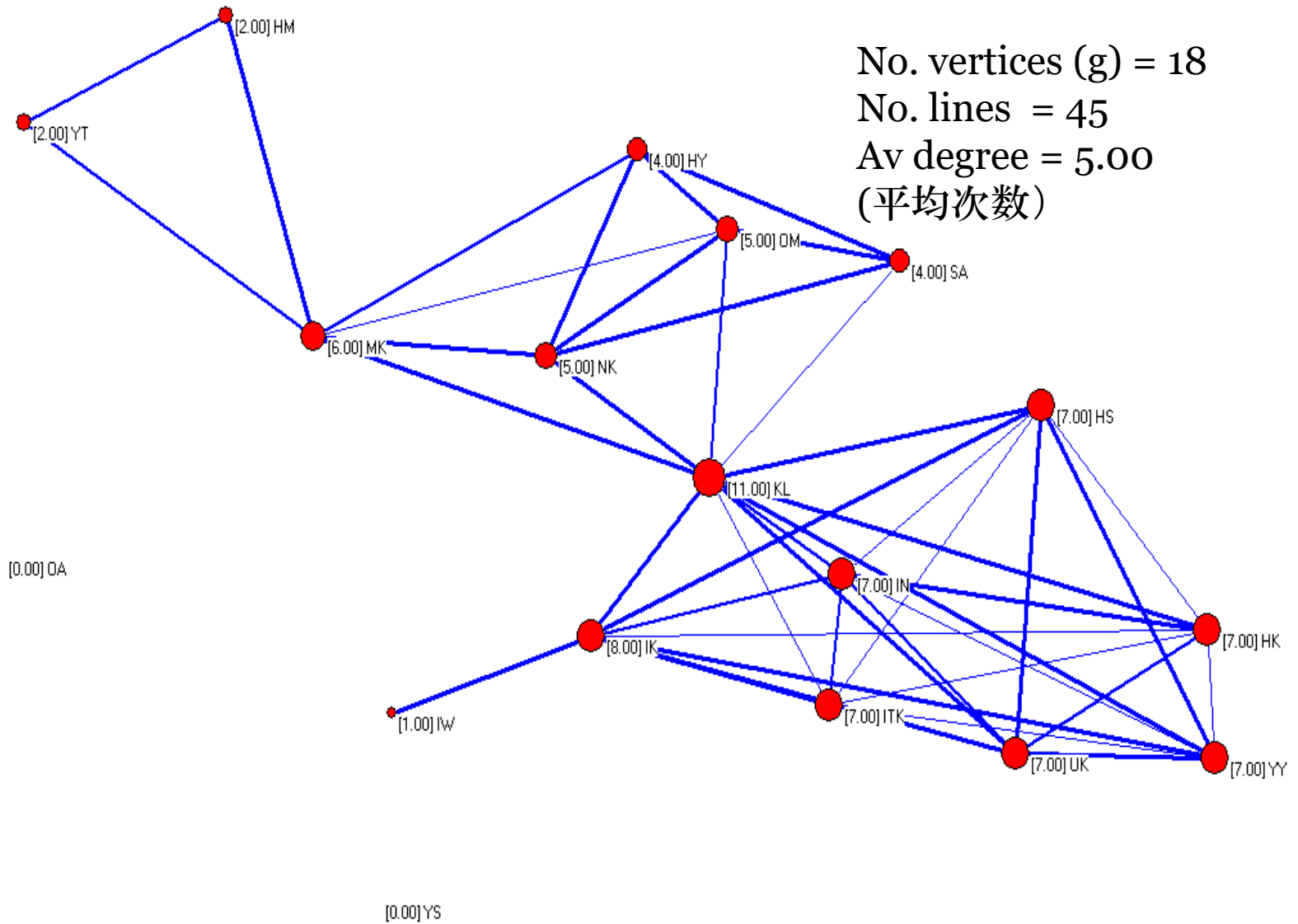
The main area is a 30x30 grid. The top-left cell is highlighted in blue. A vertical scrollbar is on the right side of the grid, and a horizontal scrollbar is at the bottom left.

On the right side, there are three control panels:

- Current cell:** Row: 0, Col: 0
- Dimensions:** Rows: 30, Cols: 30
- Mode:**  Normal,  Symmetric

At the bottom left, a status bar shows "Page 1".

# Pajek



各点の指標：誰が最も中心性が高いか・・・？

Rank	Vertex 点	Degree Centrality 次数中心性	Vertex 点	Degree Centrality weighted
1	KL	11	KL	27
2	IK	8	IK	21
3	UK	7	UK	17
4	HK	7	NK	15
5	ITK	7	YY	15
6	HS	7	HS	15
7	YY	7	MK	14
8	IN	7	IN	13
9...	MK	6	HK	12



各点の指標：誰が最も中心性が高いか・・・？

Rank	Vertex 点	Bet. Centrality 媒介中心性	Vertex 点	Closeness Centrality (近接中心性)
1	KL	0.42	KL	0.70
2	MK	0.21	MK	0.53
3	IK	0.10	IK	0.53
4	NK	0.02	NK	0.51
5	OM	0.02	UK	0.51
7	SA	0.01	ITK	0.51
8	UK	0.00	YY	0.51
9...	IN	0.00	NK	0.51

# 社会ネットワーク分析と 地理情報システムの 結核研究への応用の可能性



# 先行研究

## HIV予防対策におけるSNAとGISの統合

### ● セミナー

Ian Holloway (2013), USA  
“Integrating Venue-Based  
Social Network Analysis and  
Geographic Information System  
Analysis to Guide Targeted HIV  
Prevention”

(こちらについて内容を補いつつ紹介  
する)

### ● 論文

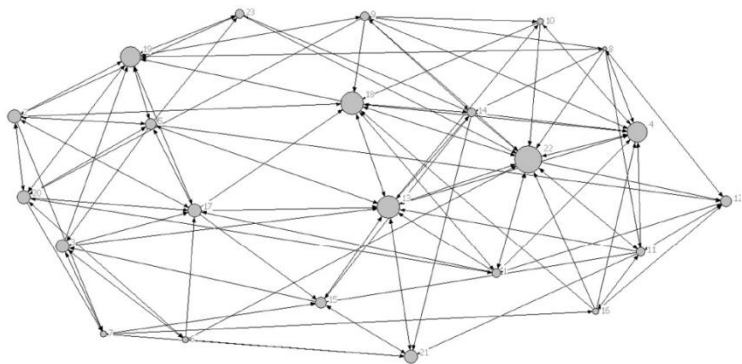
Ian Holloway (2014), USA  
“Venue-Based Network  
Analysis to Inform HIV  
Prevention Efforts Among  
Young Gay, Bisexual, and Other  
Men Who Have Sex With Me,  
Society for Prevention  
Research”

(GISについては述べられていない)

# 2つのネットワーク

## Sociometric Networks

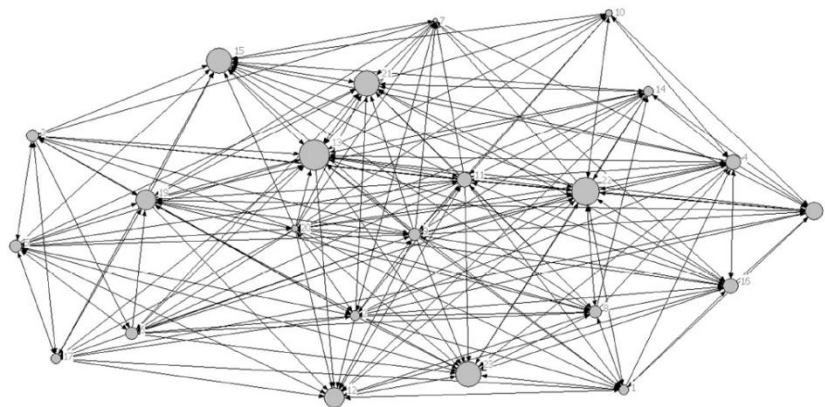
個人の関係による、  
つながり。



Name Generator (例)  
過去1ヶ月に大学内で会話をした  
友人の名前を挙げてください。

## Affiliation Networks

組織への所属を共有することによる、  
個人同士のつながり。



Name Generator (例)  
履修しているクラスの名前を  
挙げてください。

# Theory of Duality of Persons and Groups

By determining which social contexts are shared, two networks can be created

- People connected by shared social space
- Social spaces connected by people who cross those social spaces

Source: Brieger, 1974; Goffman, 1971

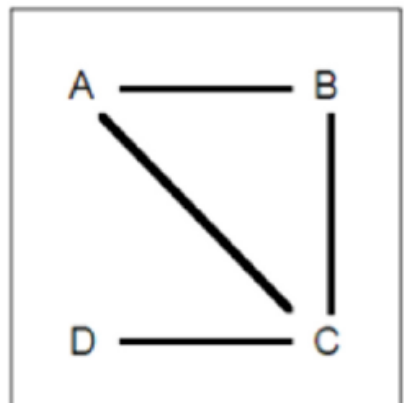
# Venue-Based Networks

参加者にBarの  
名前を挙げてもらう

Person	AKBAR	BILLY'S	CLUBLA	DELITE
PID1	1	0	1	0
PID2	0	0	1	0
PID3	1	1	0	0
PID4	0	0	0	1
PID5	0	1	1	0
PID6	1	0	0	0
PID7	0	0	1	1
PID8	1	1	0	0



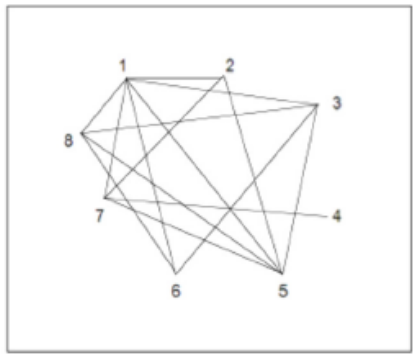
Bar	AKBAR	BILLY'S	CLUBLA	DELITE
AKBAR	0	1	1	0
BILLY'S	1	0	1	0
CLUBLA	1	1	0	1
DELITE	0	0	1	0



Venue-based (Affiliation) Networks



Person	PID1	PID2	PID3	PID4	PID5	PID6	PID7	PID8
PID1	0	1	1	0	1	1	1	1
PID2	1	0	0	0	1	0	1	0
PID3	1	0	0	0	1	1	0	1
PID4	0	0	0	0	0	0	1	0
PID5	1	1	1	0	0	0	1	1
PID6	1	0	1	0	0	0	0	1
PID7	1	1	0	1	1	0	0	0
PID8	1	0	1	0	1	1	0	0



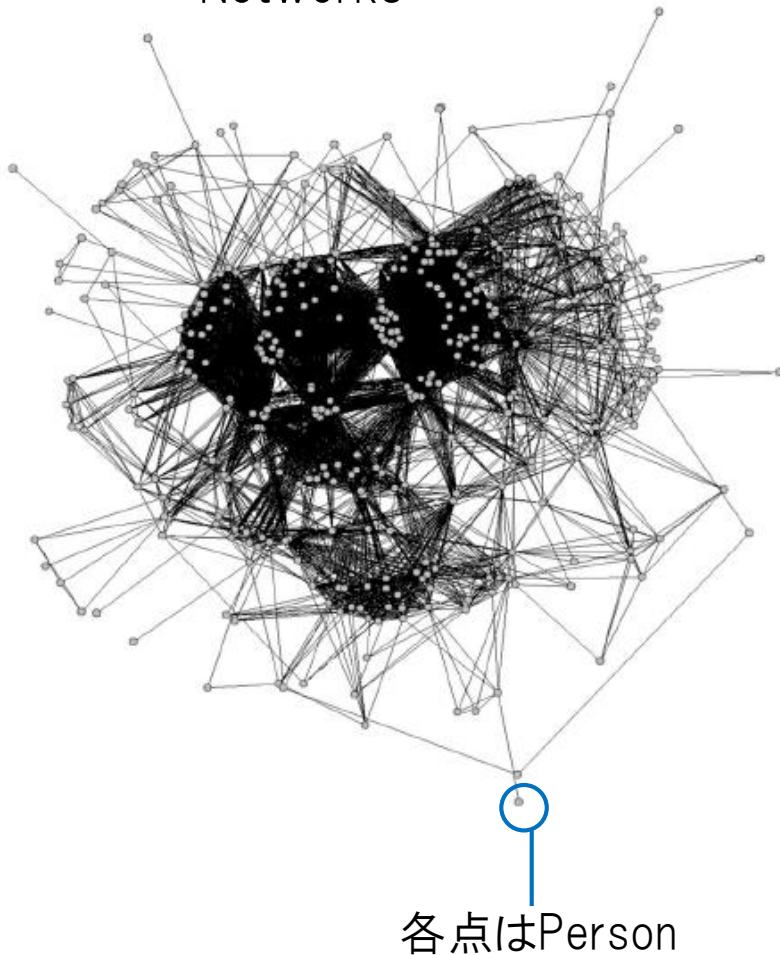
Person-based (Sociometric) Networks

個人を介した  
Barのつながり

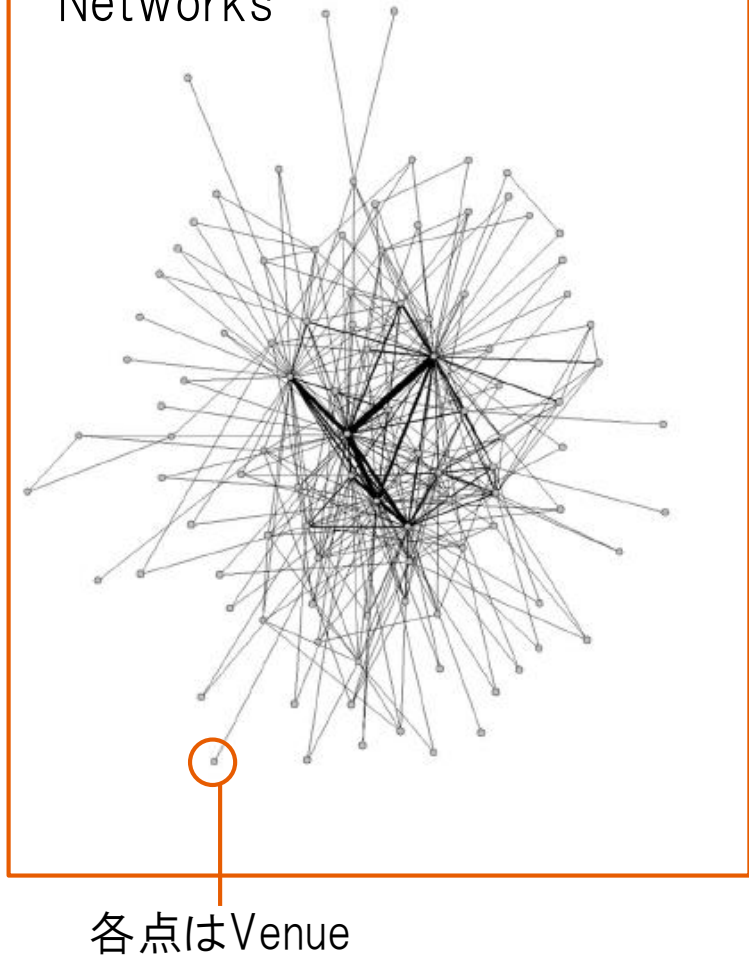
Barを介した  
個人のつながり

# Person and Venue Networks

Person (Sociometric)  
Networks

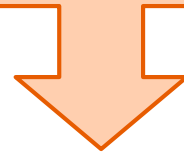


Venue-based (Affiliation)  
Networks



# Venue-based networks

- 各場所(Venue)は、個人の選出によるものなので、個人に帰属する変数の集積値を分析に利用出来る。
- 各場所(Venue)は、立地・面積・距離などの地理的特性を持っている。



地理情報システムへの適応



# 先行研究の目的

YMSM (Young Men Who Have Sex with Men) が集まりパートナーを探す場所 (Venue) を検討し、HIV 予防的介入をすべき場所を特定する。

## GISを用いて、SNAから得た場所(Venue)の

- 情報の地図上での視覚化
- 平均距離、重心の算出
- 地理的集積性の検討
- 背景(バックグラウンド)情報との比較・検討

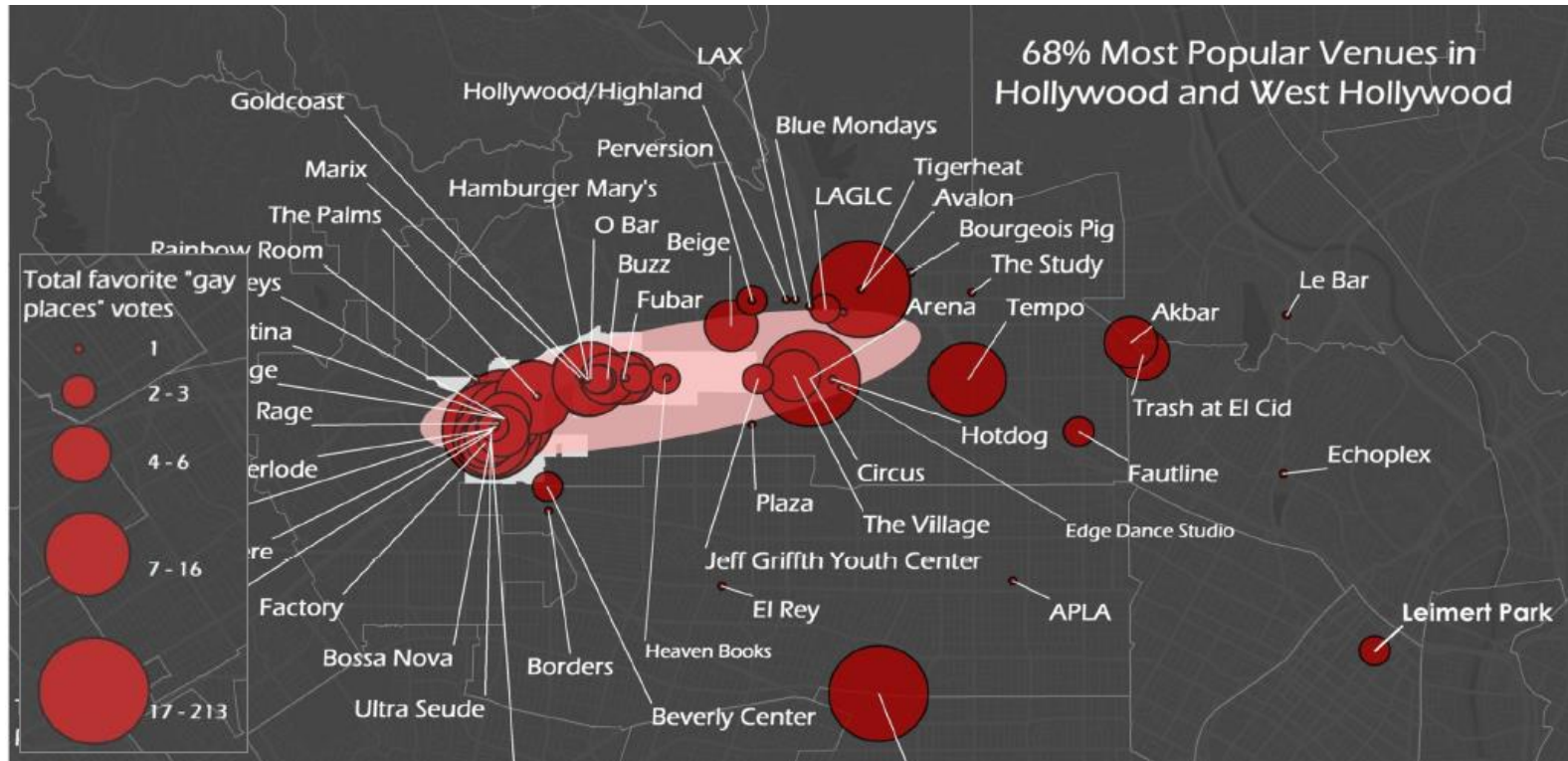


図) Ian Holloway (2013), "Integrating Venue-Based Social Network Analysis and Geographic Information System Analysis to Guide Targeted HIV Prevention"

## 先行研究における結果

- ほぼ全ての被験者(99%)が、1つ以上の場所(Venue)に出入りしていた。
- 多くの被験者(87%)は、最も中心性の高い6つの場所(Venue)によって繋がっていた。
- 上位6つの場所(Venue)は、お互いに4.37マイル(約7km)以内に立地していた。
- これらは、ロサンジェルスで最もHIV罹患率の高い地域内に立地していた。  
(住民100,000対5,155)

# 結核対策への応用 SNA及びSNA+GIS

課題:

- 目的は何か～接触者検診への導入？過去の集団発生の分析？
- 調査表の作成、「関係性」の定義と重みづけ

+GISの可能性:

- 場所(Venue)の特性及び定義
  - 居住地、職場、学校、医療機関、レストラン、居酒屋など
- 場所(Venue)を選出した個人の特性の検討
- 場所(Venue)の空間的分布の特性
  - 集積性、平均距離など
- 背景情報との比較・検討
  - 罹患率など