

# 社会ネットワークの可視化

脇田建 東京工業大学・JST CREST

---

2012.12.3, 第18回ビジュアリゼーションカンファレンス

# 自己紹介

---

- ❖ 脇田建

- ❖ 東京工業大学 大学院情報理工学研究科  
数理・計算科学専攻 准教授

- ❖ JST CREST: (通称: Graph CREST, 藤澤克樹@中央大リーダー)  
ポストペタスケールシステムにおける超大規模グラフ最適化基盤

- ❖ 社会ネットワーク解析、コンパイラ、分散並列技術

# 本日のお話し

---

- ❖ 社会ネットワーク
- ❖ 社会ネットワークの可視化
- ❖ 大規模社会ネットワークの可視化
- ❖ 超大規模社会ネットワークの可視化

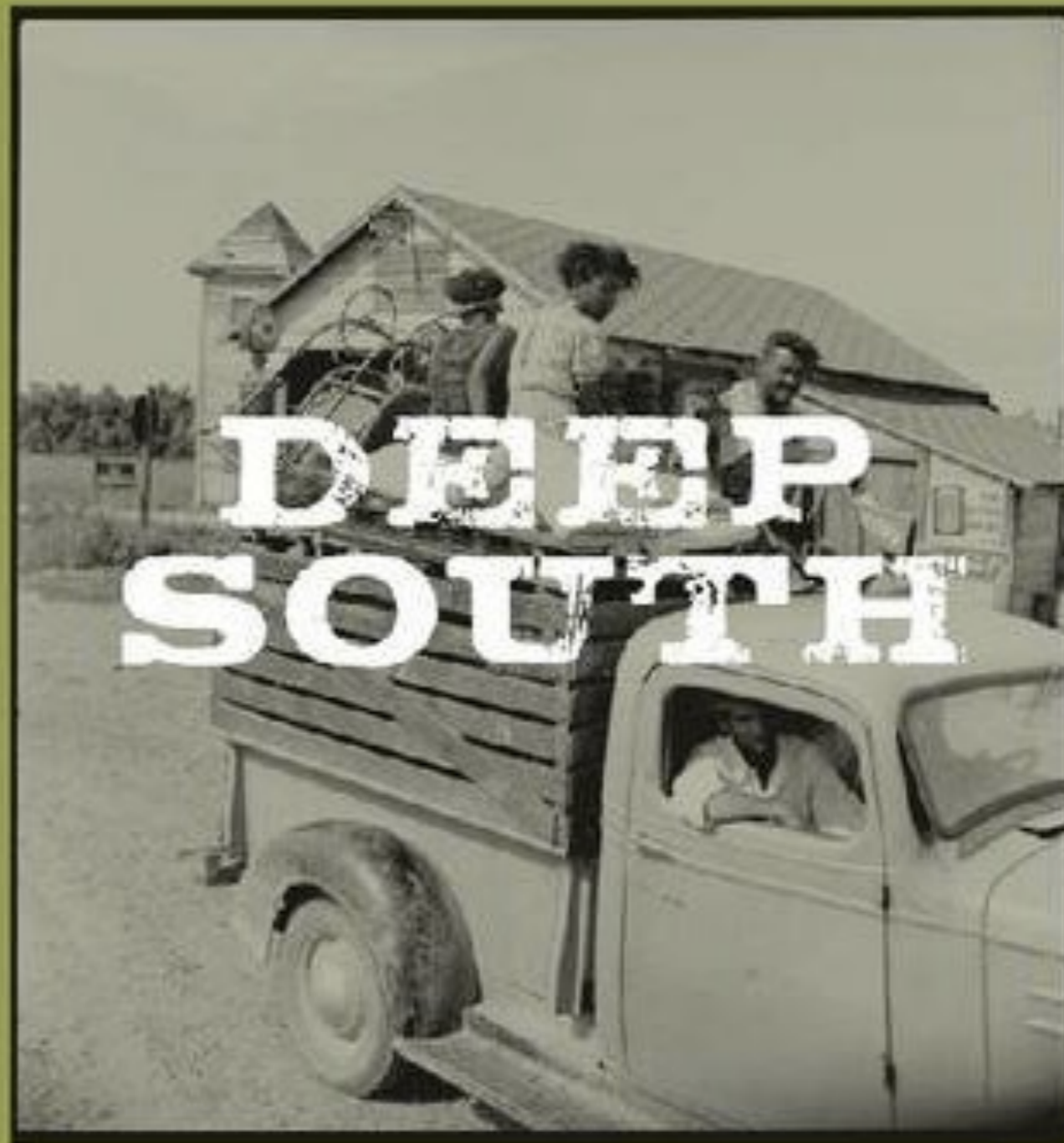
# 社会ネットワーク

---

# Deep South

---

- ❖ A. Davis (1941)
- ❖ 14 Events × 18 Women
- ❖ 社会ネットワーク解析のさきがけ



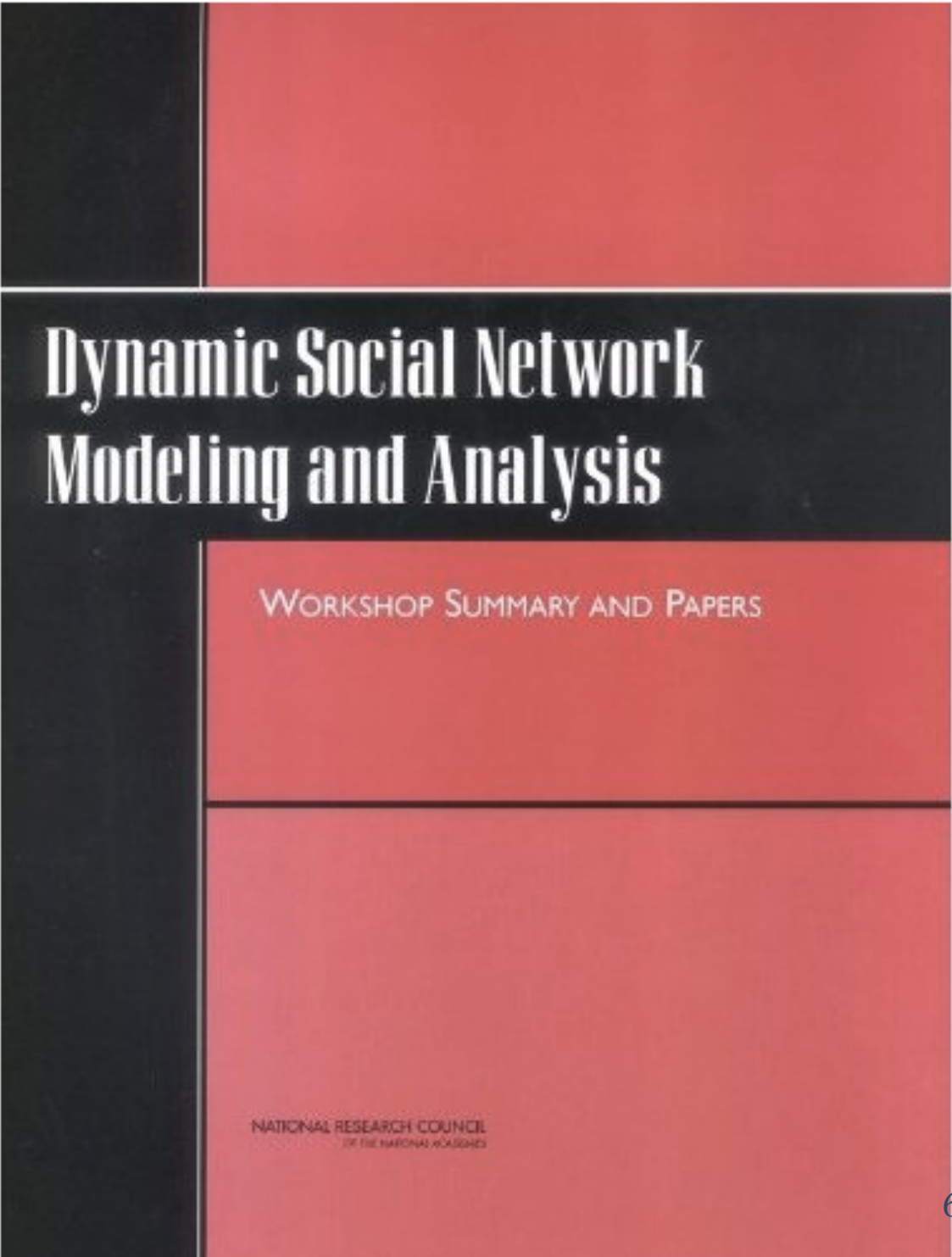
A Social Anthropological Study  
of Caste and Class

Allison Davis, Burleigh B. Gardner,  
and Mary R. Gardner

New Introduction by Jennifer Jensen Wallach

# Deep Southデータのメタ解析

- \* [DGG41], [HOM50], [P&C72], [BGR74], [BBA75], [BCH78], [DOR79], [BCH91], [FRE92], [E&B93], [FR193], [FR293], FW193, [FW293], [BE97], [S&F99], [ROB00], [OSB00], [NEW01], ...



## Dynamic Social Network Modeling and Analysis

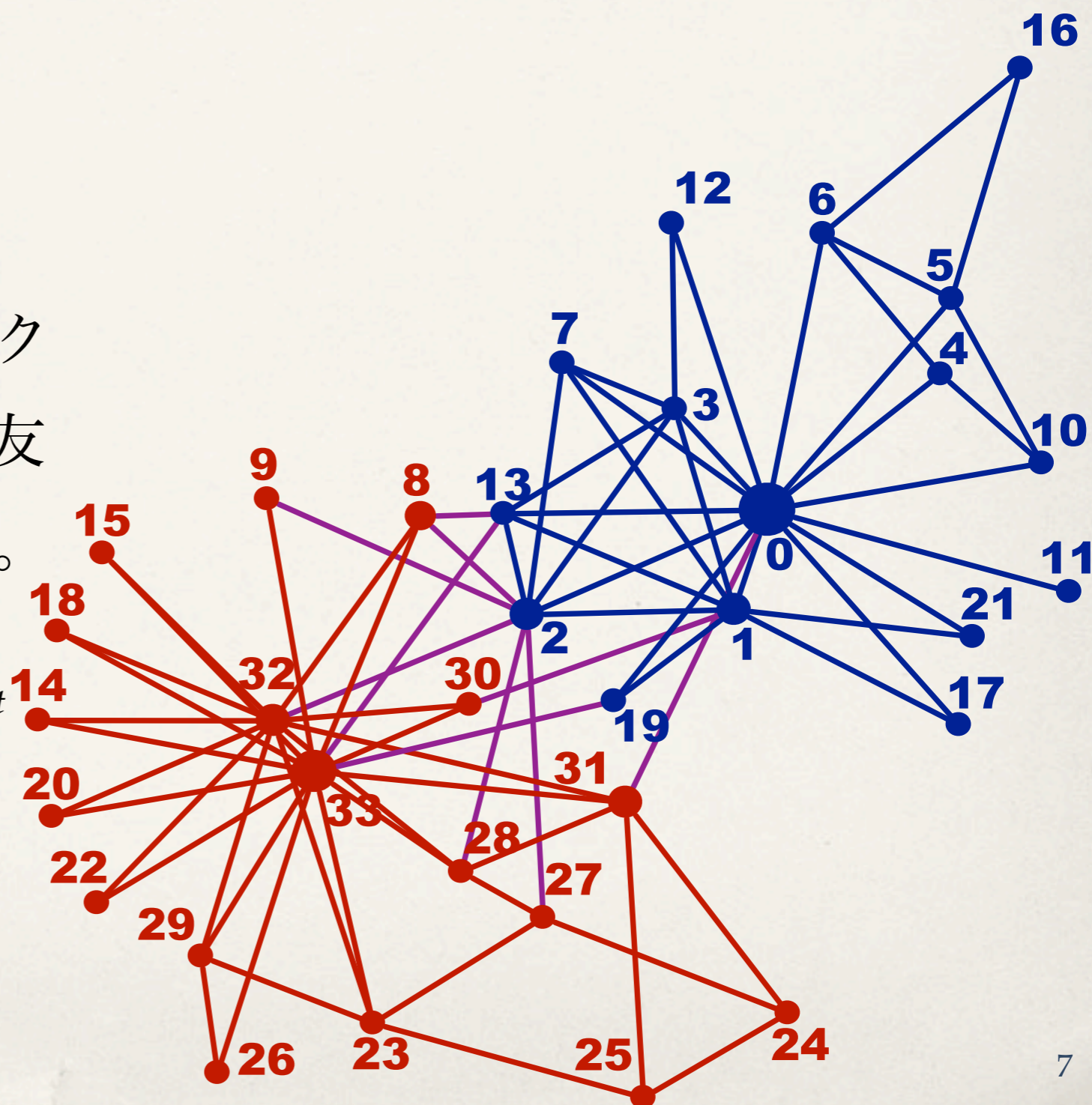
WORKSHOP SUMMARY AND PAPERS

NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
OF THE NATIONAL ACADEMIES

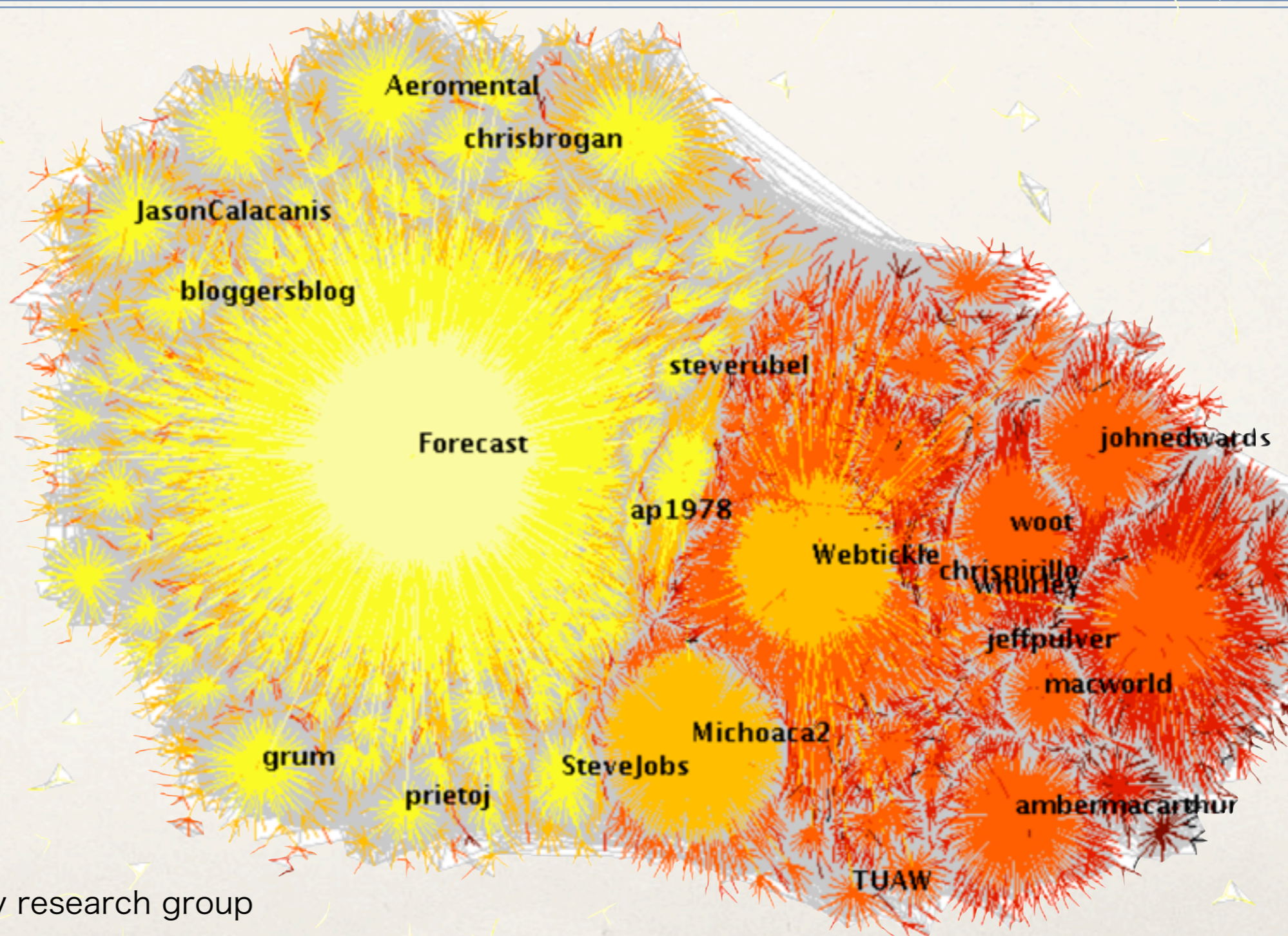
# Karate Club

- \* 1970年代、某米国大学の空手クラブが分裂した。メンバーの友人関係を調査した人類学調査。

*W. W. Zachary, An information flow model for conflict and fission in small groups, J. Anthropological Research 33, 452-473 (1977).*



# Twitter Follower/Followee

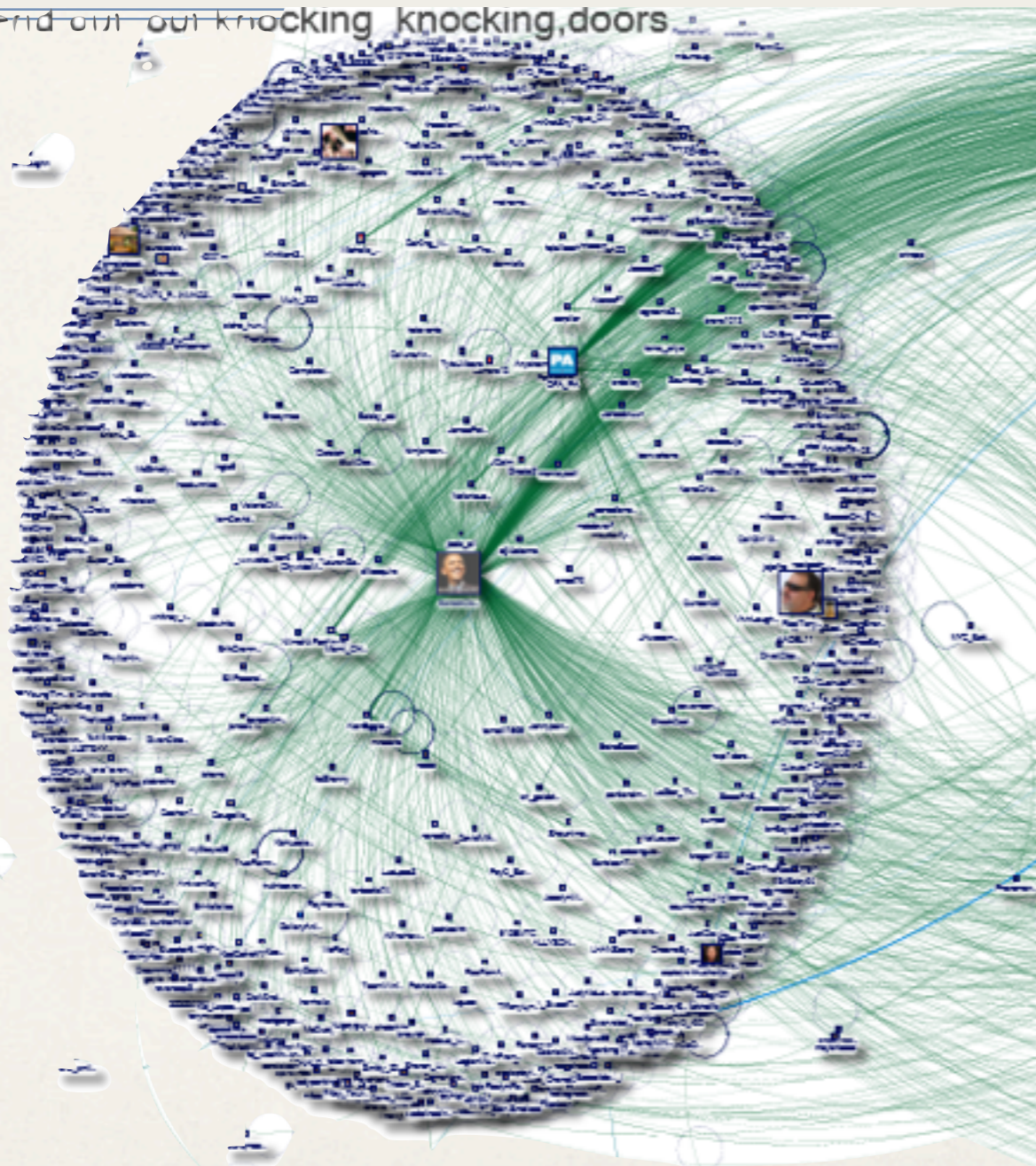




# Follows & Replies-to on Twitter: “forward2012” in tweets (sep. 9-10, 2012)

weekend out out knocking knocking, doors

needs,new new,congress congress vote.0  
vote2012,winning btrswet.america



forward2012 vo vote2012  
winning obama2012 p2  
shout tcot vote-obama -  
rt,thenewdeal let's,win  
win,let's let's,vote  
vote,overwhelming  
overwhelming,numbers  
numbers,secure  
secure,mandated  
mandated,rejection  
rejection,gop

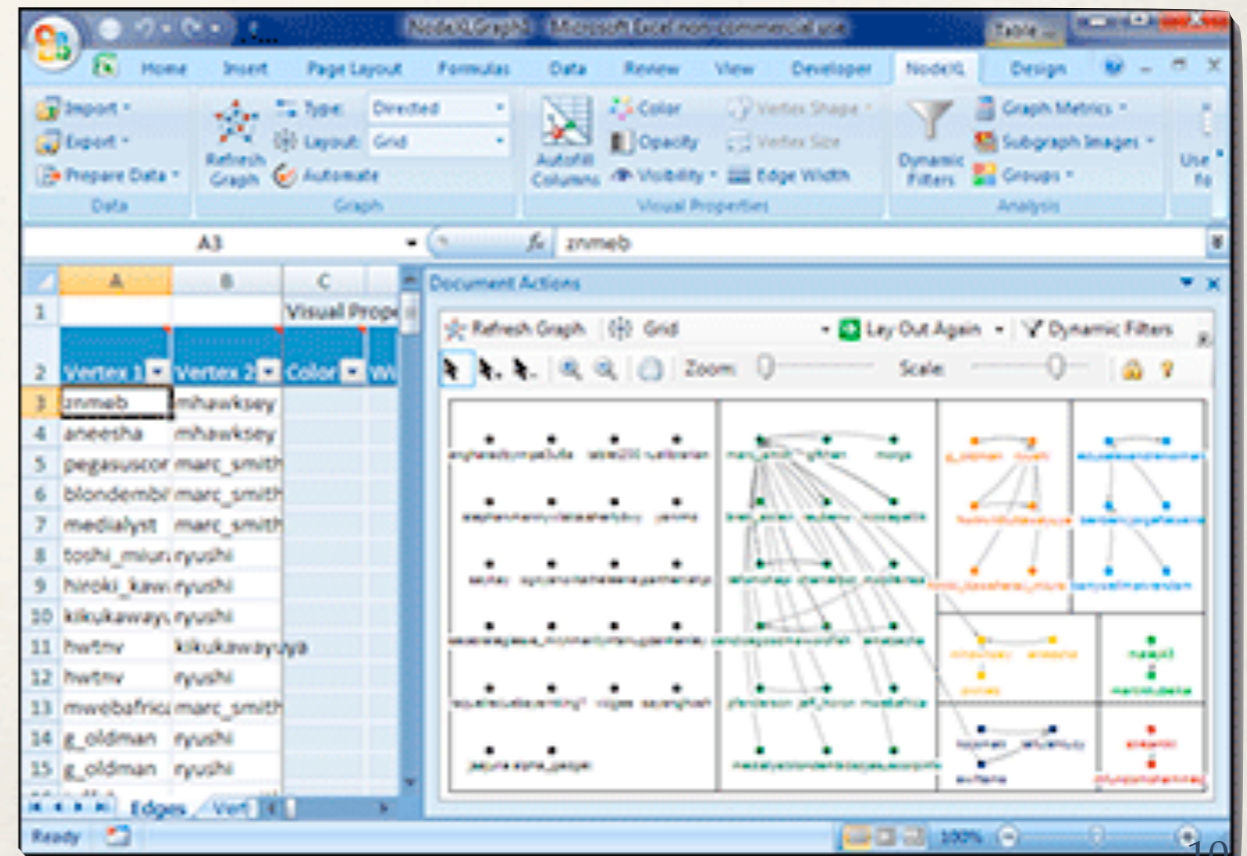
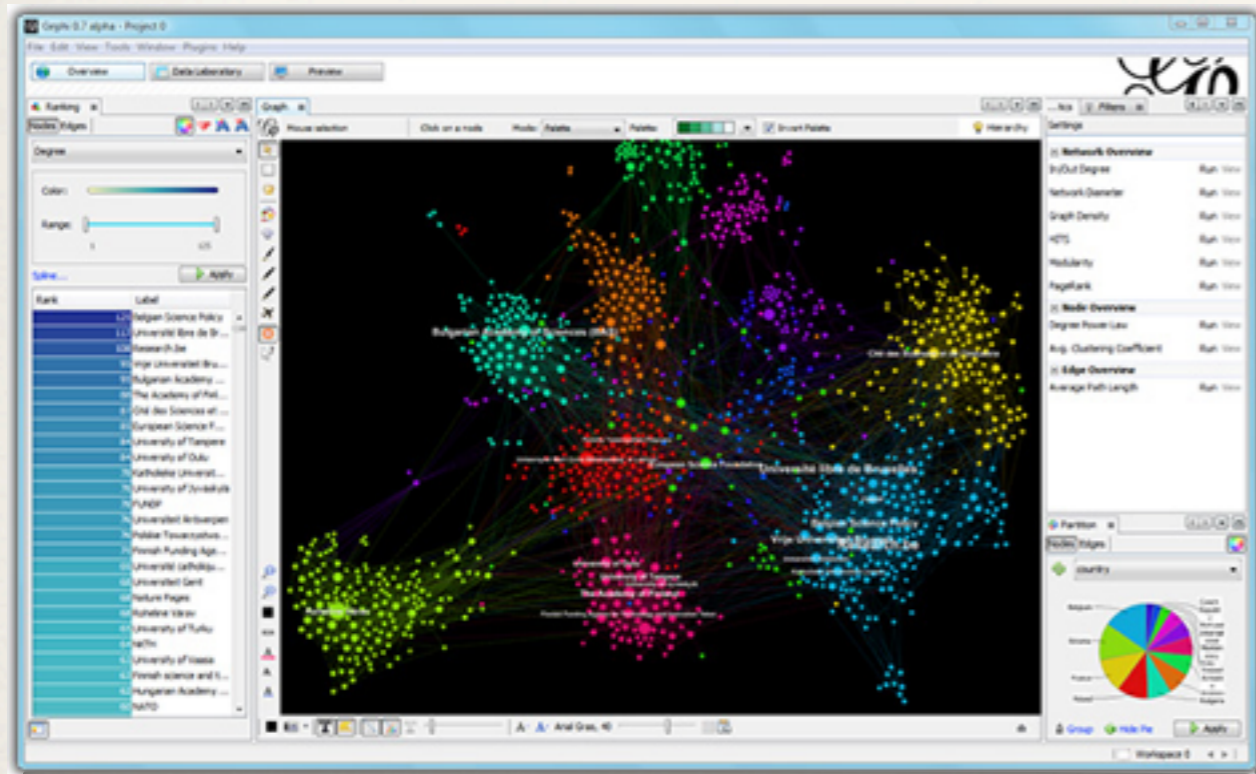
forward2012 tcot  
romneyhardships p?  
tlot romneyryan2012  
obama2012 dnc2012  
obama forward -  
rt,nycguy2012  
nycguy2012,housing  
housing,crisis  
crisis,started...

forward2012 tcot  
dnc2012 p2  
obama2012 obama  
dnc mc fo megaupload  
-gt,gt rt.barackobama  
rt.chrisrockoz...

forwar...	for...	fo...	d...	t...
obam...	-...	vo...		
firedu...	vot...	ob...	vo...	f...

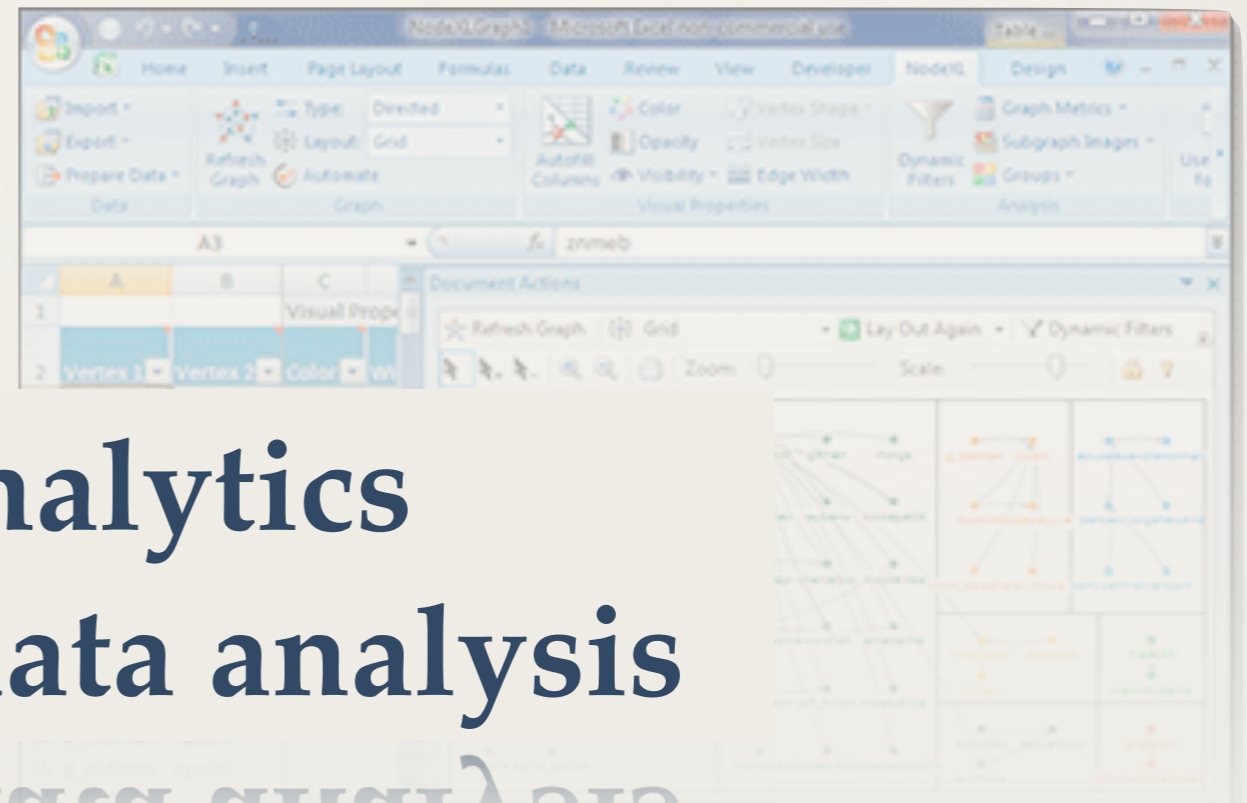
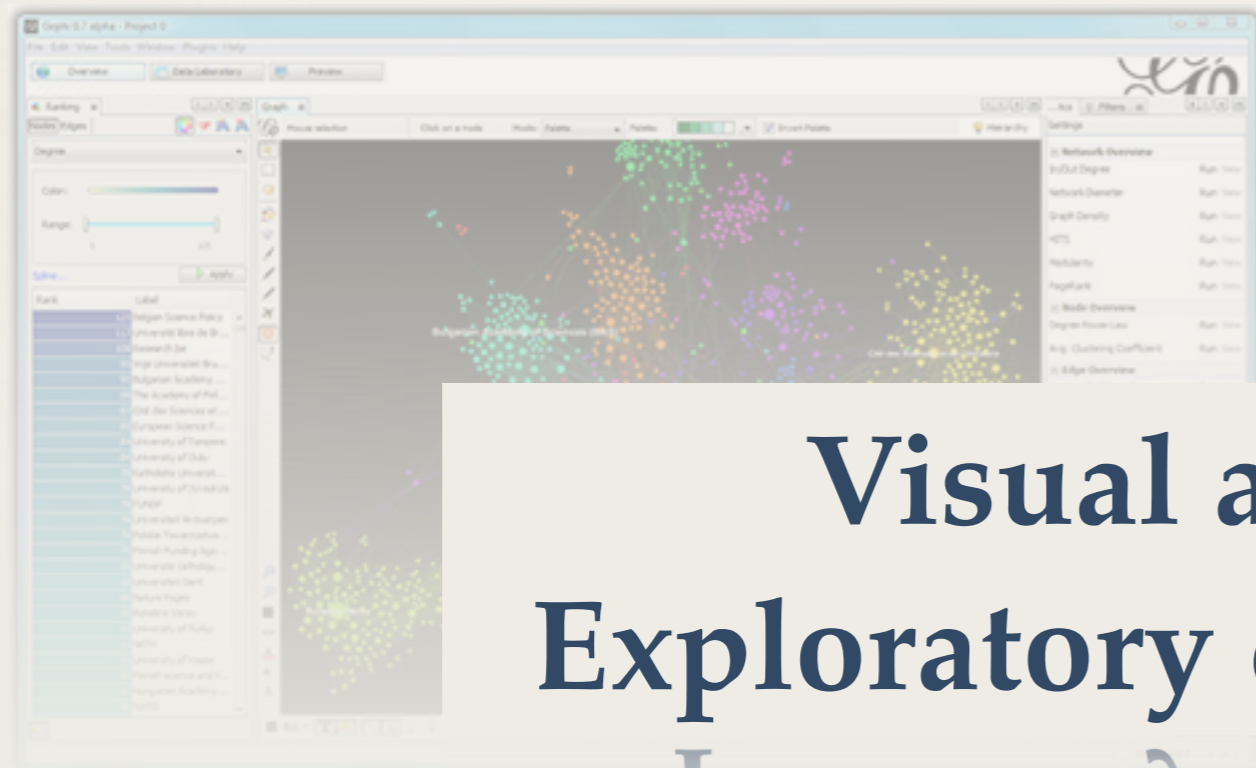
# 社会ネットワーク可視化ソフト

- ❖ Gephi
- ❖ フリーソフト
- ❖ [gephi.org](http://gephi.org)
- ❖ NodeXL
- ❖ MS Excel のプラグイン
- ❖ [www.nodexlgraphgallery.org/](http://www.nodexlgraphgallery.org/)



# 社会ネットワーク可視化ソフト

- ❖ Gephi
- ❖ フリーソフト
- ❖ [gephi.org](http://gephi.org)
- ❖ NodeXL
- ❖ MS Excel のプラグイン
- ❖ [www.nodexlgraphgallery.org/](http://www.nodexlgraphgallery.org/)



**Visual analytics**  
**Exploratory data analysis**

EXPLORATORY DATA ANALYSIS

# 社会ネットワークの可視化

---

伝統的グラフ描画

# 社会ネットワーク

❖ 頂点と辺

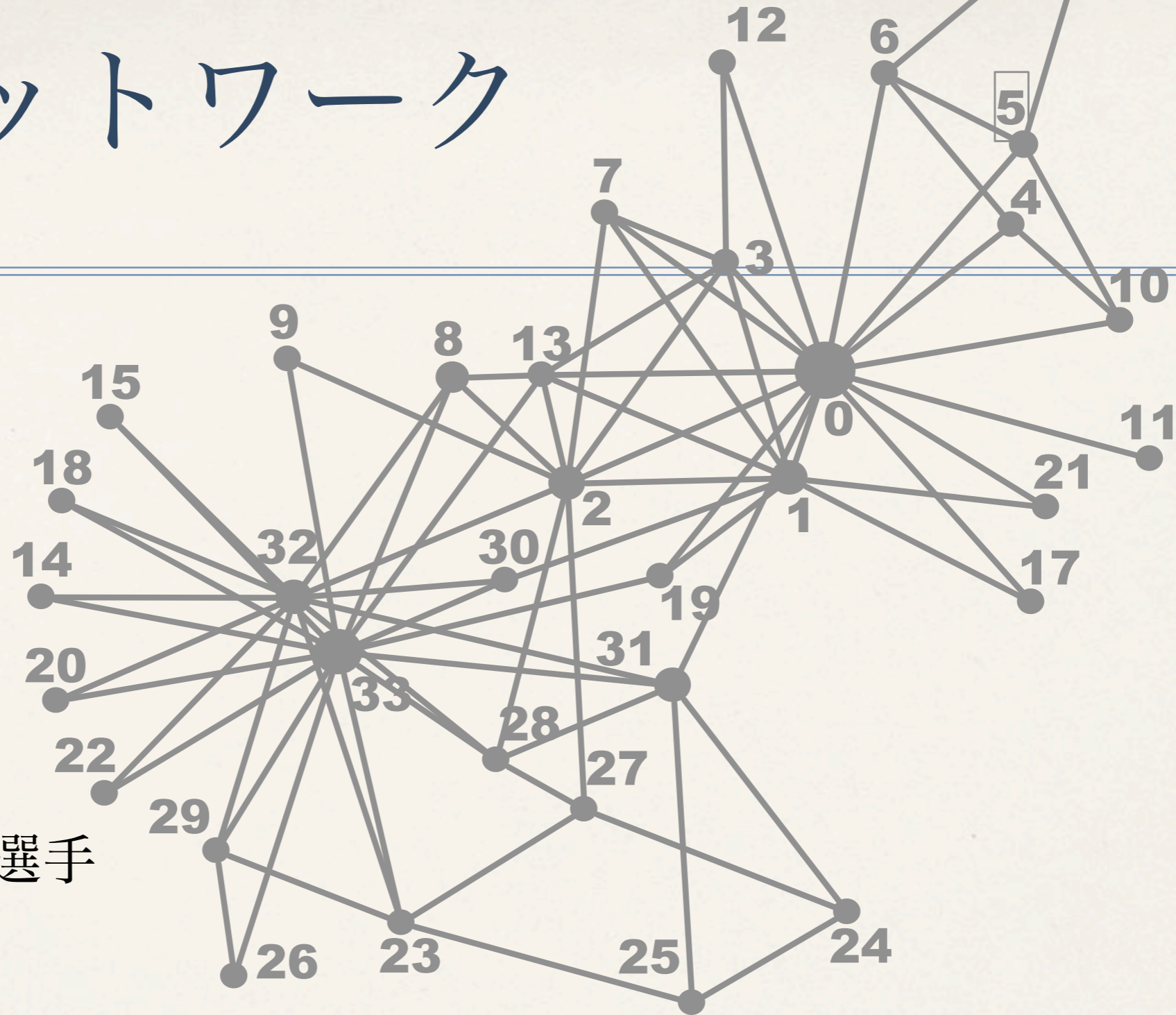
❖  $G = (V, E)$

❖ 頂点集合  $V$ :

空手の場合、選手

❖ 辺集合  $E$ :

空手の場合、選手間の友人関係



# 社会ネットワークデータ

\* 0: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

\* 1: 0, 2, 3, 7, ...

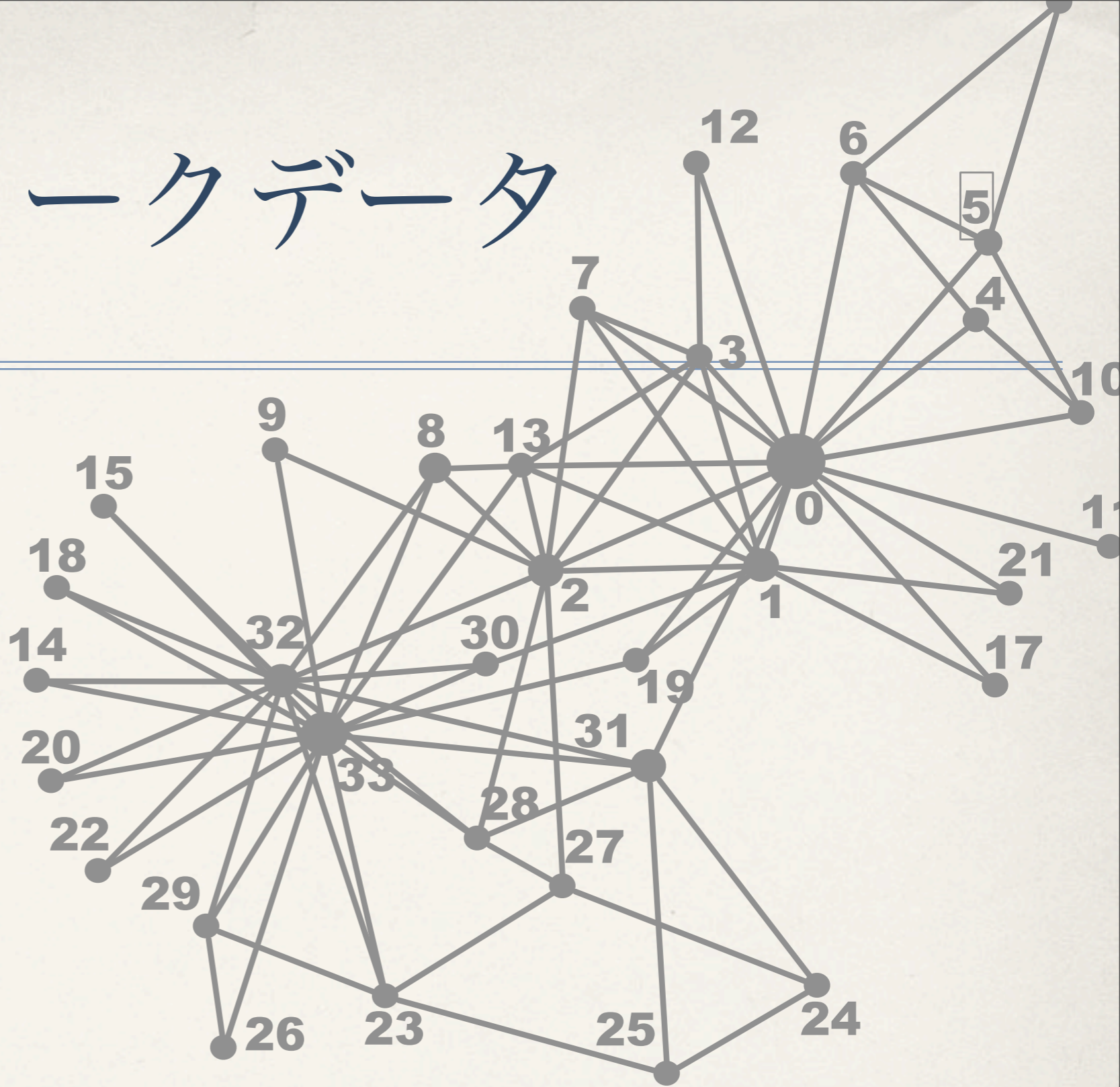
\* 2: 0, 1, 3, 7, 8, 9, ...

\* 3: 0, 1, 2, 7, ...

\* 4: 0, 6, ...

\* 5: 0, 6, ...

\* 6: 0, 4, 5, ...



# 社会ネットワークデータの可視化

\* 0: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

\* 1: 0, 2, 3, 7, ...

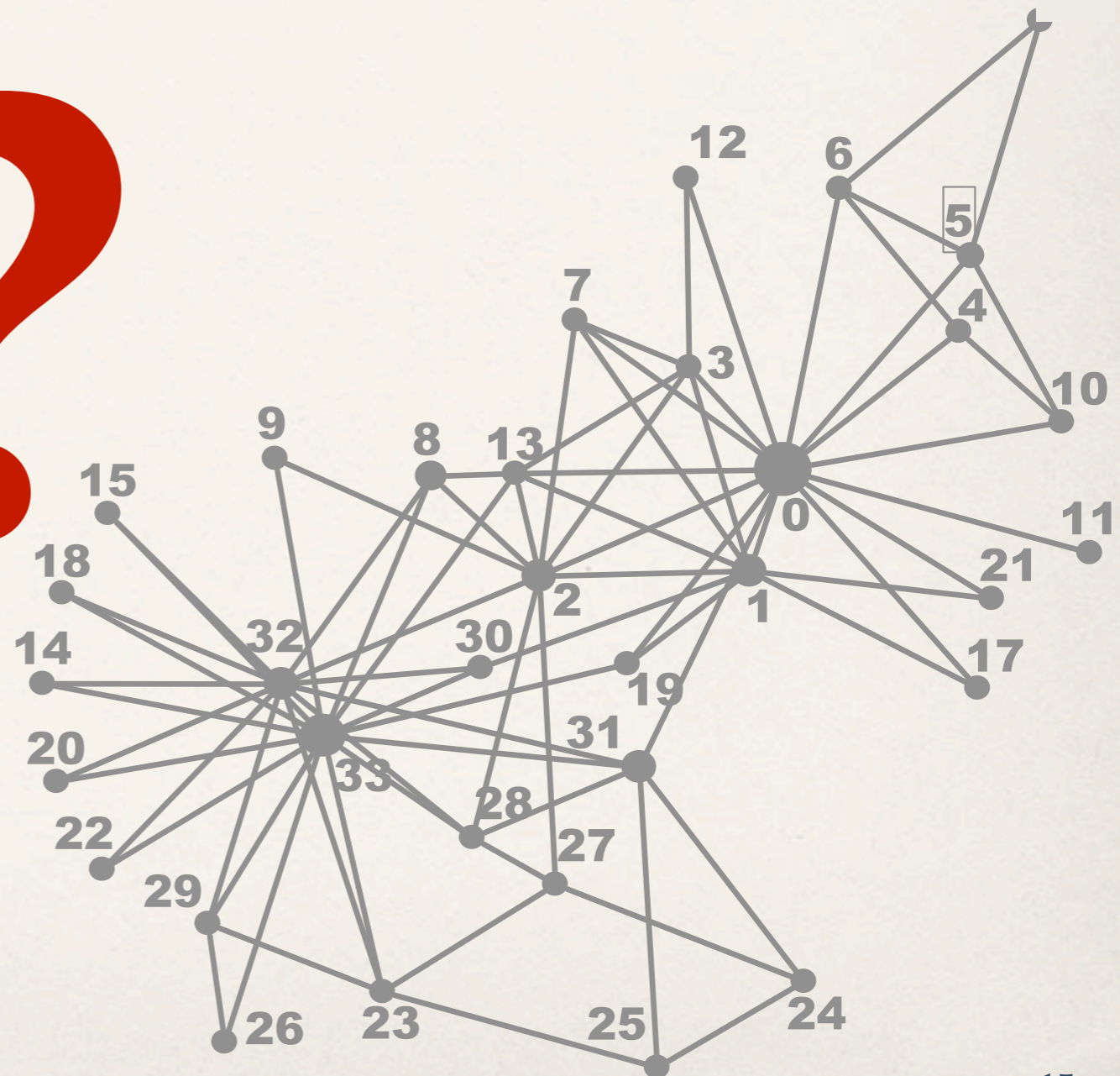
\* 2: 0, 1, 3, 7, 8, 9, ...

\* 3: 0, 1, 2, 7, ...

\* 4: 0, 6, ...

\* 5: 0, 6, ...

\* 6: 0, 4, 5, ...



# 社会ネットワークの可視化

---



# ~~社会ネットワークの可視化~~

---

## グラフのレイアウト

# グラフィックアウトに求められる要件

- ❖ ゲシュタルト心理学：プレグナンツの視覚法則

- ❖ 近接しているもの同士はグループとして知覚される

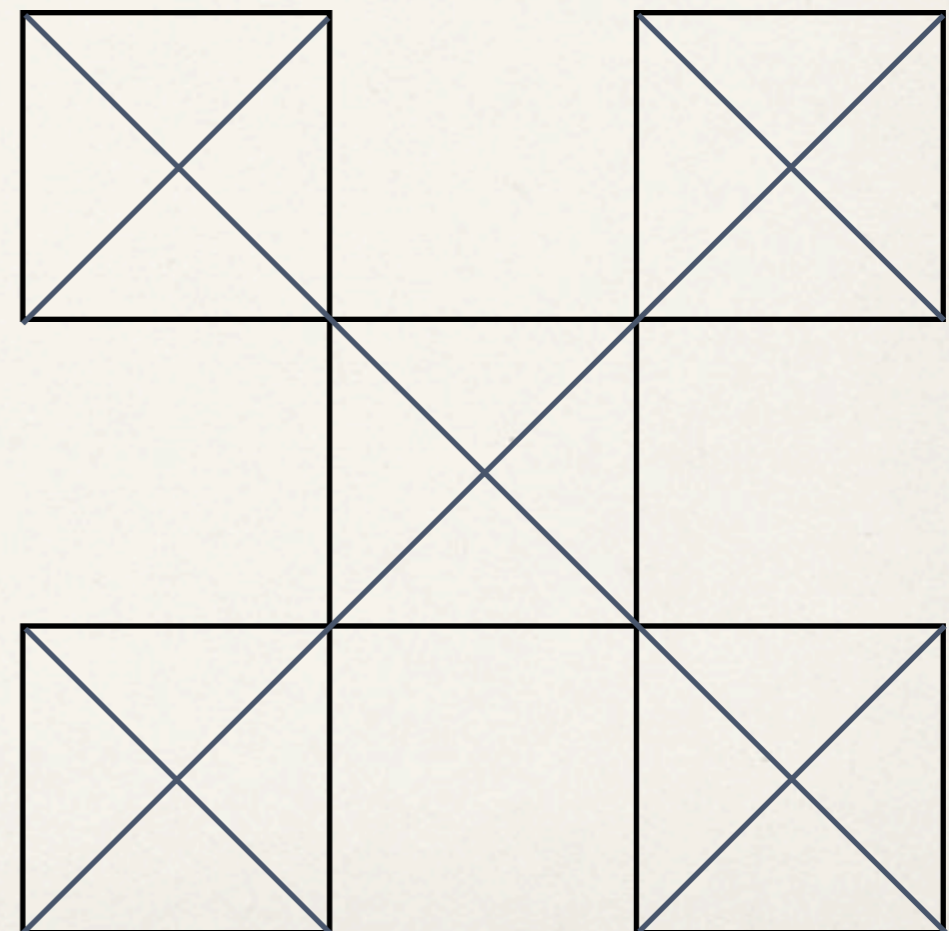
- ❖ 頂点の類似性  $\leftrightarrow$  近接性

- ❖ 伝統的な読み易さの指標

- ❖ 辺が交差しないこと、辺の長さが揃うこと

- ❖ グラフの対称性を表現できること

- ❖ 頂点が平均的に分散すること、遠隔頂点が隣接しないこと



# レイアウトアルゴリズムの類型

---

- ❖ 力学モデル

- ❖ バネモデル: [Eades 1984], [FR 1991]

- ❖ エネルギー最小化法: [KK 1989], [DH 1996]

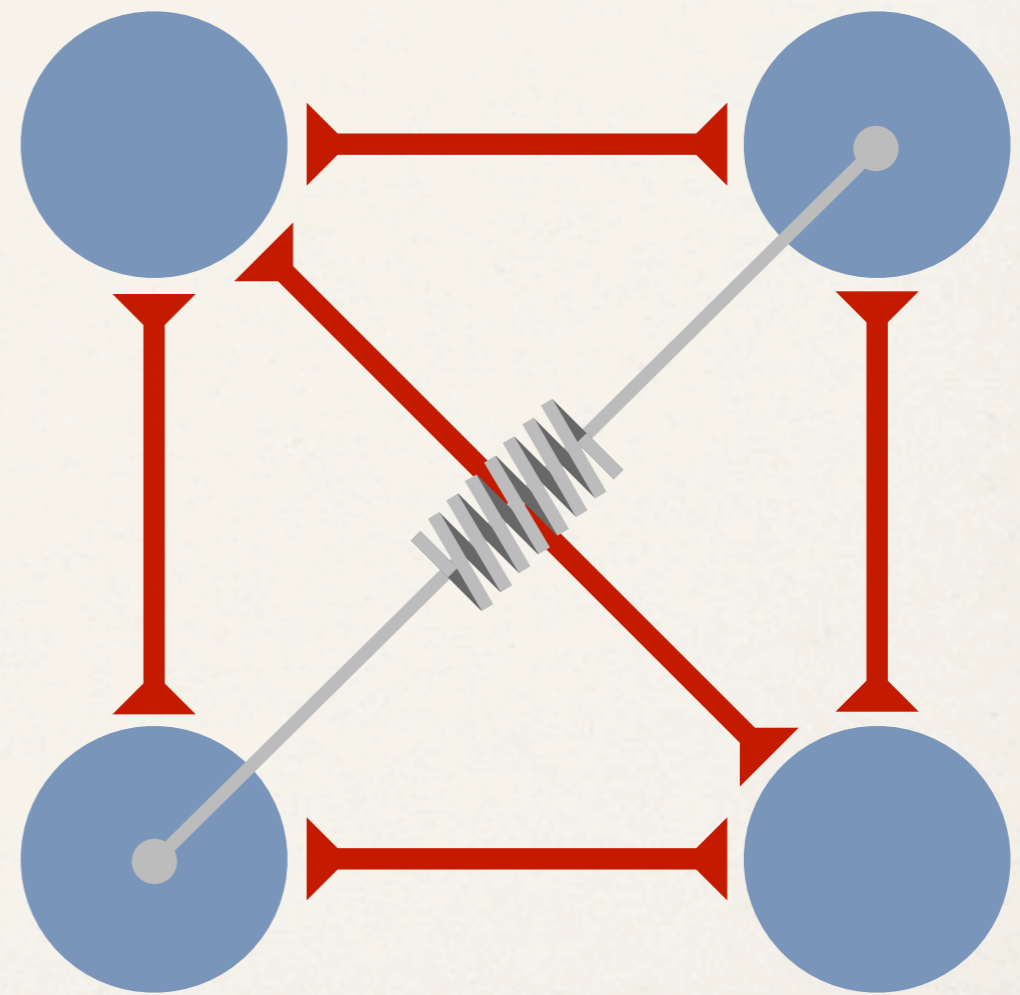
- ❖ 次元削減

- ❖ Distance scaling: [TKS 1980]

- ❖ 古典的多次元尺度法 (MDS): [BP 2007]

# Eadesのバネモデル (1984)

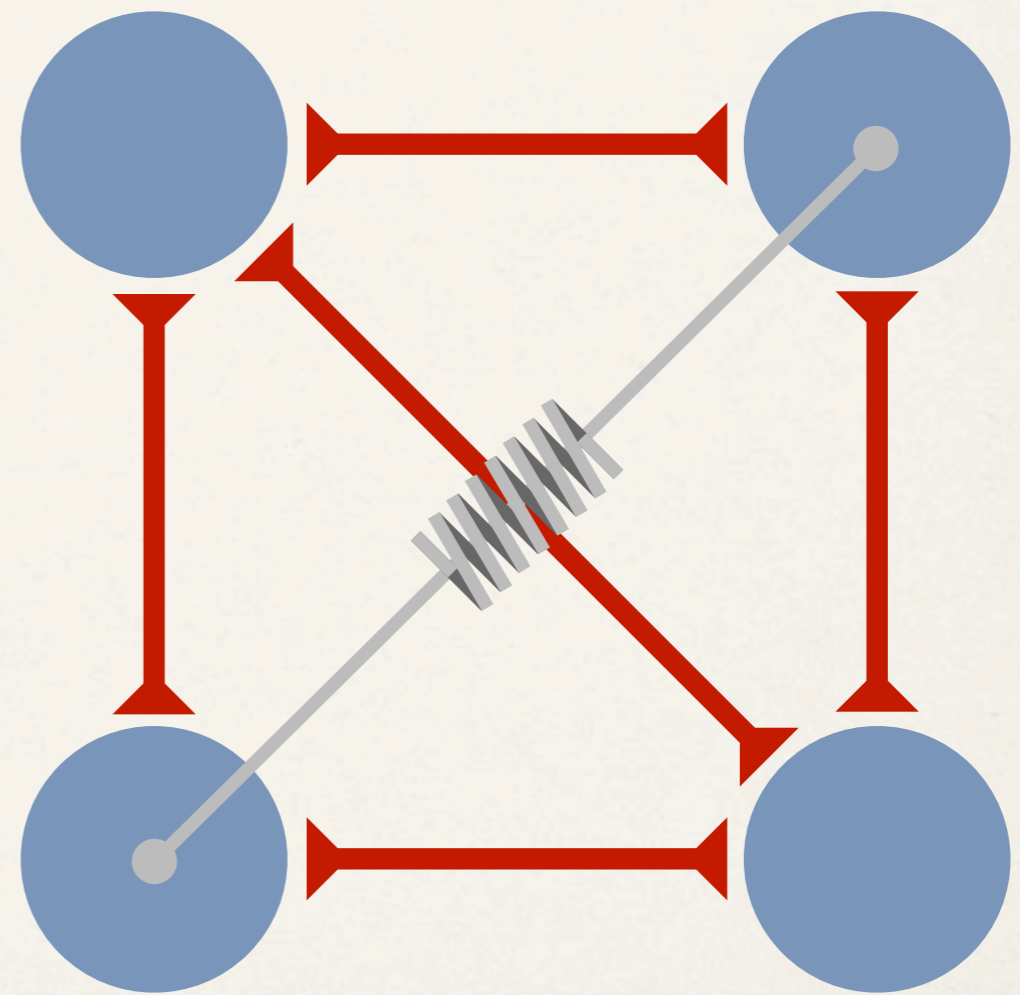
- \*  $G = (V, E)$
- \*  $V$  をいい加減に配置
- \*  $\forall e = (v_1, v_2)$  in  $V \times V$ .  
if  $e$  in  $E$ : バネ  
else: 斥力
- \* repeat M:  
   $\forall v$  in  $V$ :  
    合力の分だけ移動



P. Eades: *A heuristic for graph drawing.*  
*Congressus Numerantium* (42), 1984.

# Eadesのバネモデル (1984)

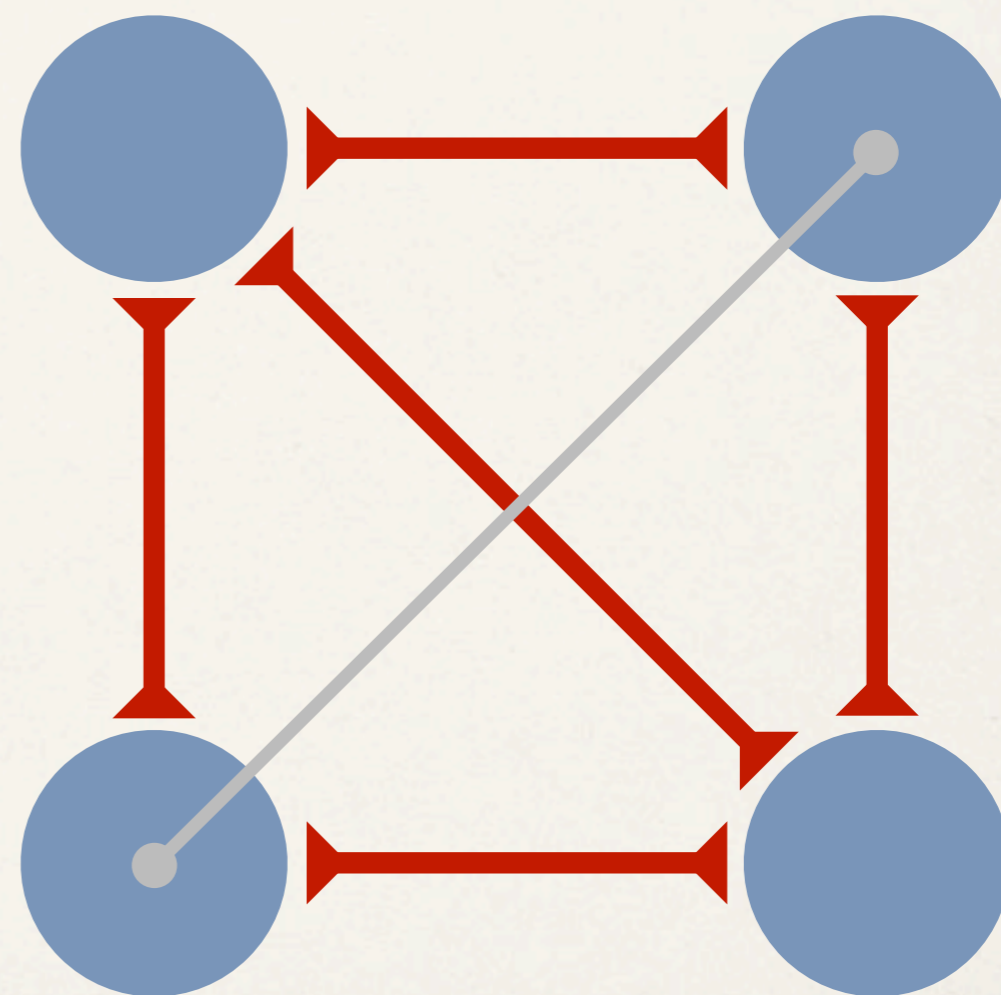
- \*  $G = (V, E)$
- \*  $V$  をいい加減に配置
- \*  $\forall e = (v_1, v_2) \text{ in } V \times V.$   
if  $e \text{ in } E$ : バネ  $c_1 \log(d/L)$   
else: 斥力  $-c_2/d^2$
- \* repeat M:  
   $\forall v \text{ in } V$ :  
    合力の分だけ移動



# Fruchterman & Reingold (1991)

---

- \*  $G = (V, E)$
- \*  $V$  をいい加減に配置
- \*  $\forall e = (v_1, v_2) \text{ in } V \times V.$   
if  $e \text{ in } E$ : 引力  $d^2/k$   
else: 斥力  $-k^2/d$
- \* repeat M:  
   $\forall v \text{ in } V$ :  
    合力の分だけ移動



T. M. Fruchterman & E. M. Reingold: *Graph drawing by force-directed placement*.  
*Software Pract. Expre.* (21), 1991.

# Kamada & Kawai (1989)

---

- \* グラフのレイアウトはグラフ論的距離を実現するべきだ
- \* グラフ論的距離（全対最短路） vs 地理的距離（ユークリッド距離）

- \* 
$$Energy = \sum_{(v_1, v_2) \in E} (|p_i - p_j| - l_{ij})^2$$

- \* Compute  $(p_1, p_2, \dots)$  that minimize Energy

- \* Newton-Raphson法で求解

T. Kamada & S. Kawai: *An algorithm for drawing general undirected graphs.*  
*Inform Process Lett.* (31), 1989.

# Torgerson-Kruskal-Seery (1980)

---

- ❖ 多次元尺度構成法 (MDS)

- ❖ 距離行列とユークリッド距離の差を最小化するために、与えられた距離行列にヤング・ハウスホルダー変換を施す手法。

- ❖  $MDS(D) \Rightarrow (p_1, p_2, \dots)$ :  $p_i$  が高次元ユークリッド空間における座標

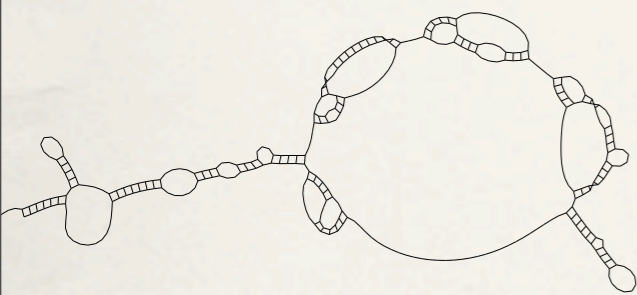
- ❖  $P \cdot p_i = q_i$ : 高次元座標  $p_i$  を2次元空間に射影した  $q_i$  を描画

J. B. Kruscal & J. B. Seery: *Designing network diagrams.*  
*in proc. conf. Social graphics, 1980.*



# Hosobe (2012): 力学モデルの最適化基盤

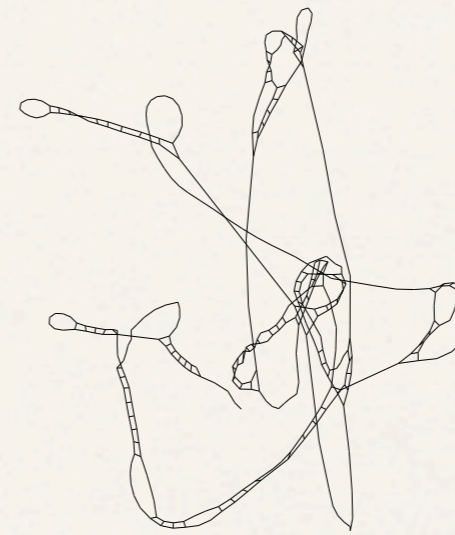
- ❖ 既存の力学モデル (Eades, Kamada-Kawai, Fruchterman-Reingold) についてポテンシャルに関する最適化問題とした統一的な枠組みと L-BFGS法を用いた求解法。



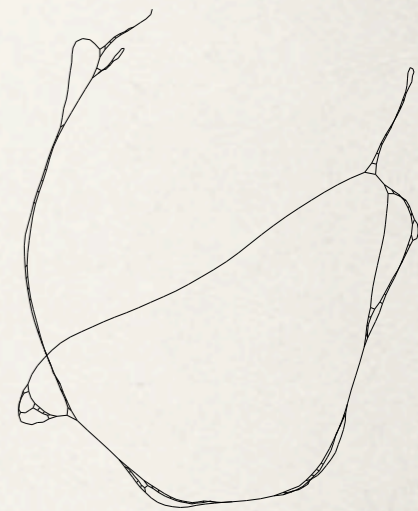
(a) L-BFGS/KK



(b) L-BFGS/HC



(c) L-BFGS/Eades



(d) L-BFGS/FR

H. Hosobe: *Numerical optimization-based graph drawing revisited*, *PacificVis*, 2012, IEEE.

# 大規模社会ネットワークの可視化

---

グラフ描画の問題が見えてきた

# 大規模ネットワーク可視化の課題

---

- ❖ 計算量

- ❖ KK, MDS:  $O(|V|^2)$

- ❖ 全対最短距離:  $O(|V|^3)$

- ❖ ピクセル数  $\ll$  頂点数

- ❖ 毛玉

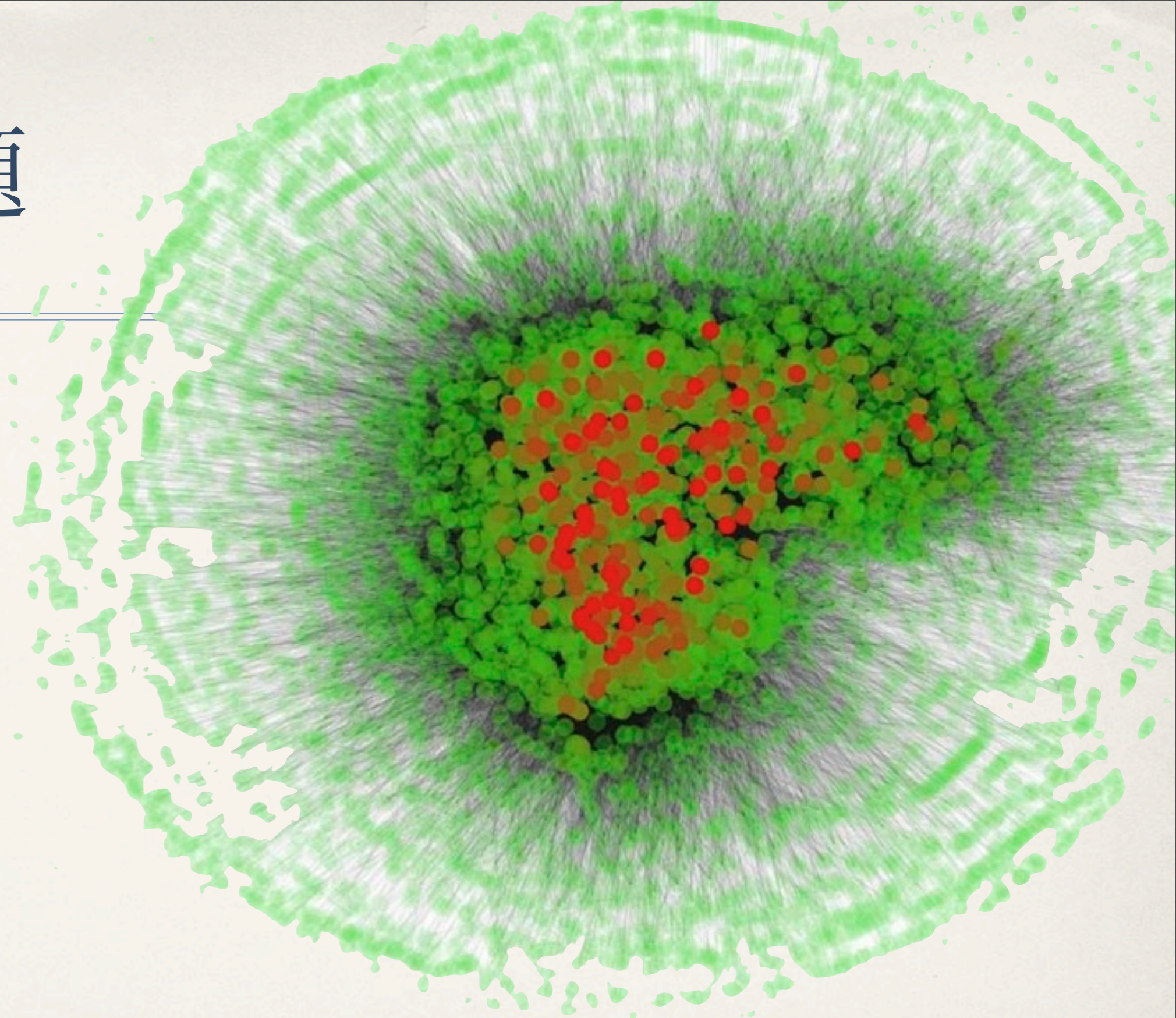
# 社会ネットワークの可視化：毛玉

---



# 毛玉問題

---



# 毛玉の背景

---

- ❖ 社会ネットワークの直径は6
- ❖ グラフ論的距離  $< 6$
- ❖ 理想的なグラフ配置は直径6の超球への詰め込み？！
- ❖ コミュニティ構造は？

## スモールワールド・ネットワーク

世界を知るための新科学的思考法

ダンカン・ワッツ 著  
辻 竜平 / 友知政樹 訳

SIX  
DEGREES  
The Science of  
a Connected Age

# アプローチ

---

- \* Barnes-Hut 近似: N体問題で利用される高速化手法

J. Barnes & P. Hut: A hierarchical  $O(N \log N)$  force-calculation algorithm, *Nature* (324), 1986.  $O(N^2)$   
→  $O(N \log N)$

- \* Loack's LinLog: グラフレイアウト指標のうち辺の長さの条件を緩和

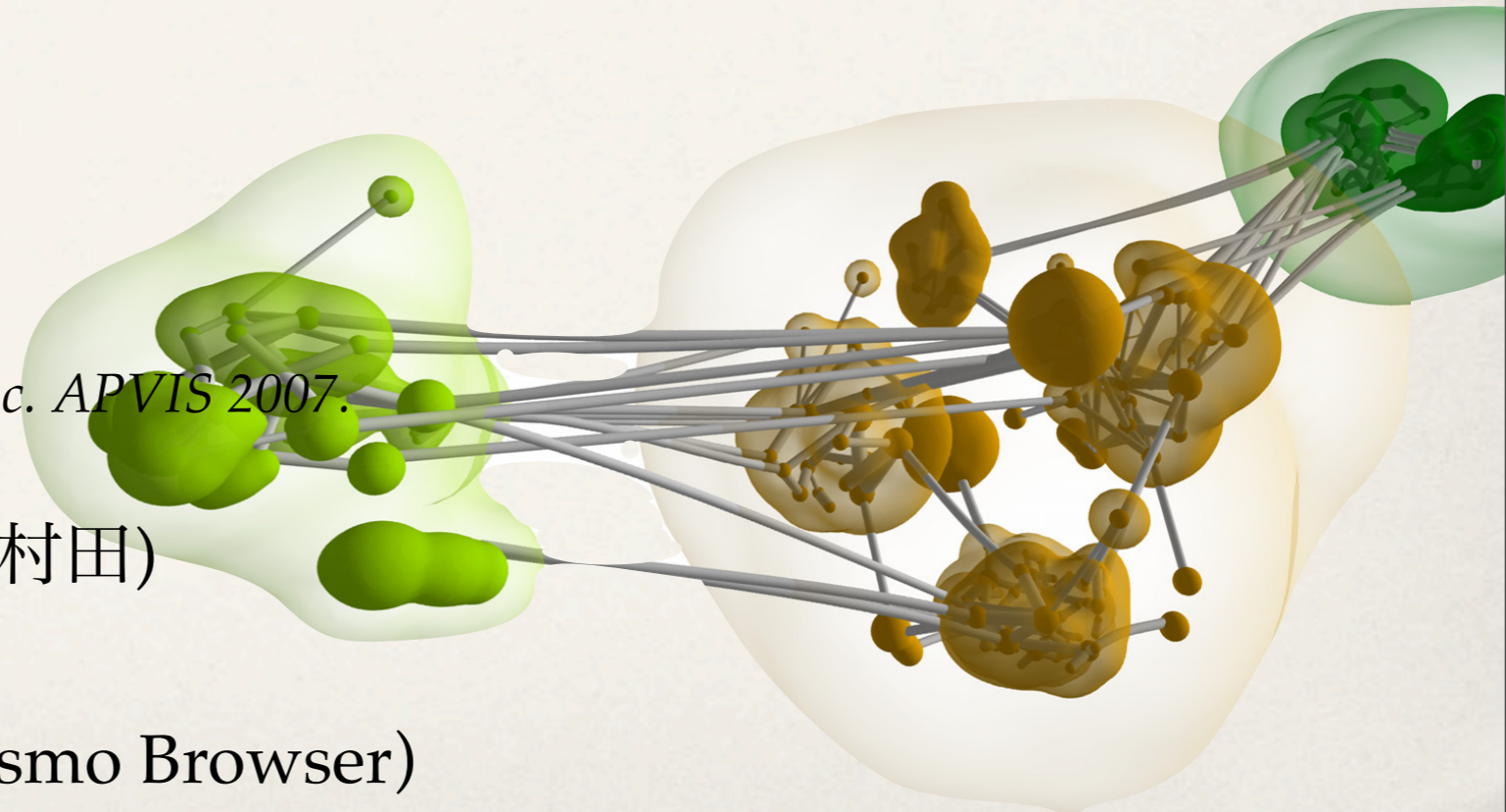
A. Noack: *An energy model for visual graph clustering*, in *proc. GD03*, 2004.

- \* Clustered Graph & LoD

M. Balzer & O. Deussen: *Level-of-Detail visualization of clustered graph layout*, in *proc. APVIS 2007*.

- \* ネットワーク構造の反映 (杉原, 村田)

- \* 階層化クラスタリング (Social Cosmo Browser)



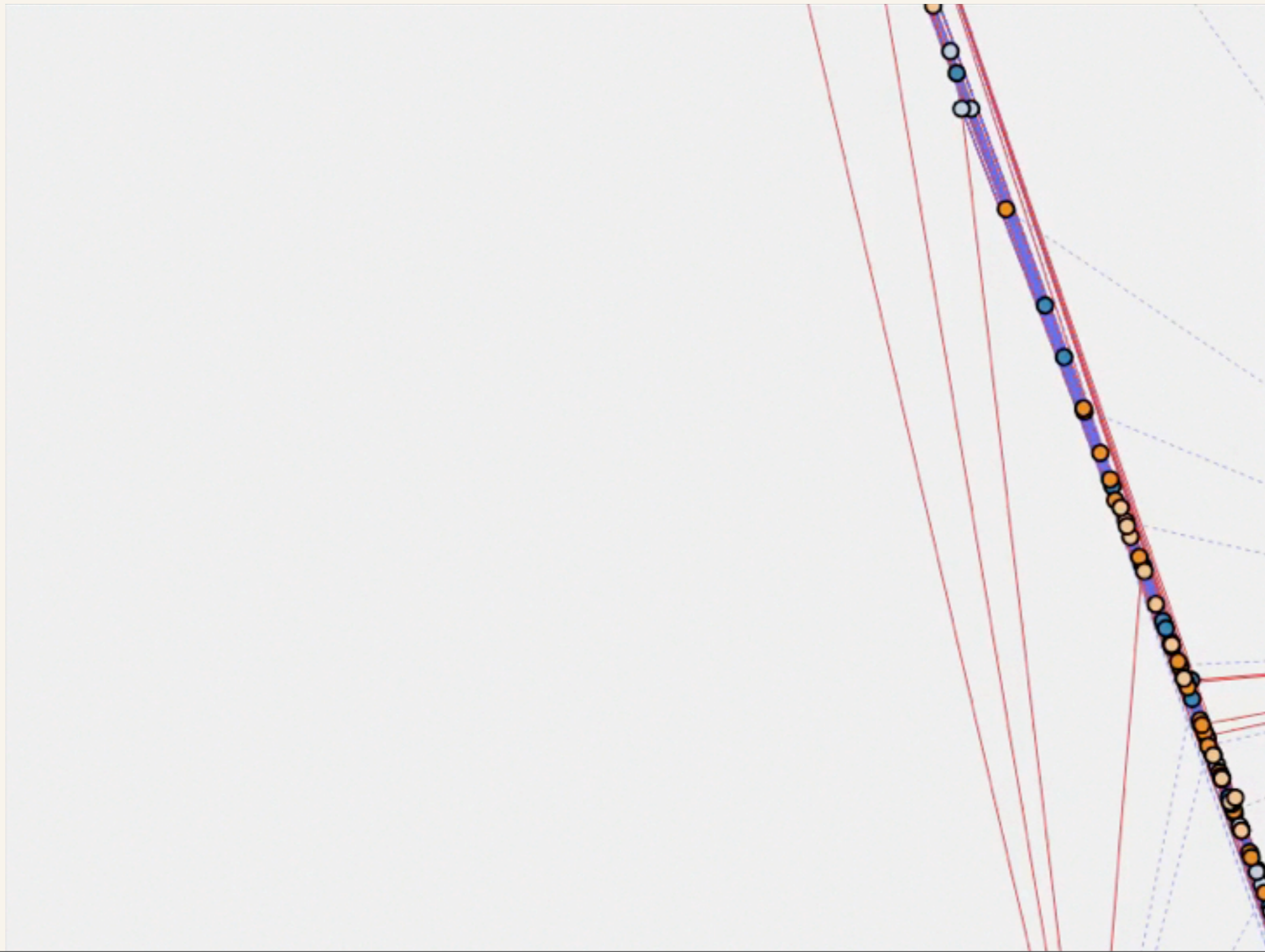
# 構造をもったネットワークの可視化

---

- ❖ 杉原, 村田: Signedネットワークに拡張した力学モデルのデモ (D3.js / Google Chrome)
  - ❖ Signed: 好き / 嫌い関係・賛成 / 反対関係
  - ❖ 通常の力学モデル
  - ❖ Signedネットワークに応じて引力 / 斥力を設定した力学モデル



# Signedネットワークの素朴な可視化



# 構造をもったネットワークの可視化



# Social Cosmo Browser

---

- ❖ 大規模階層化社会ネットワーククラスタリング技術との組み合わせ

*K. Wakita & T. Tsurumi: Finding community structure in mega-scale social networking service, in proc. IADIS WWW/Internet, 2007.*

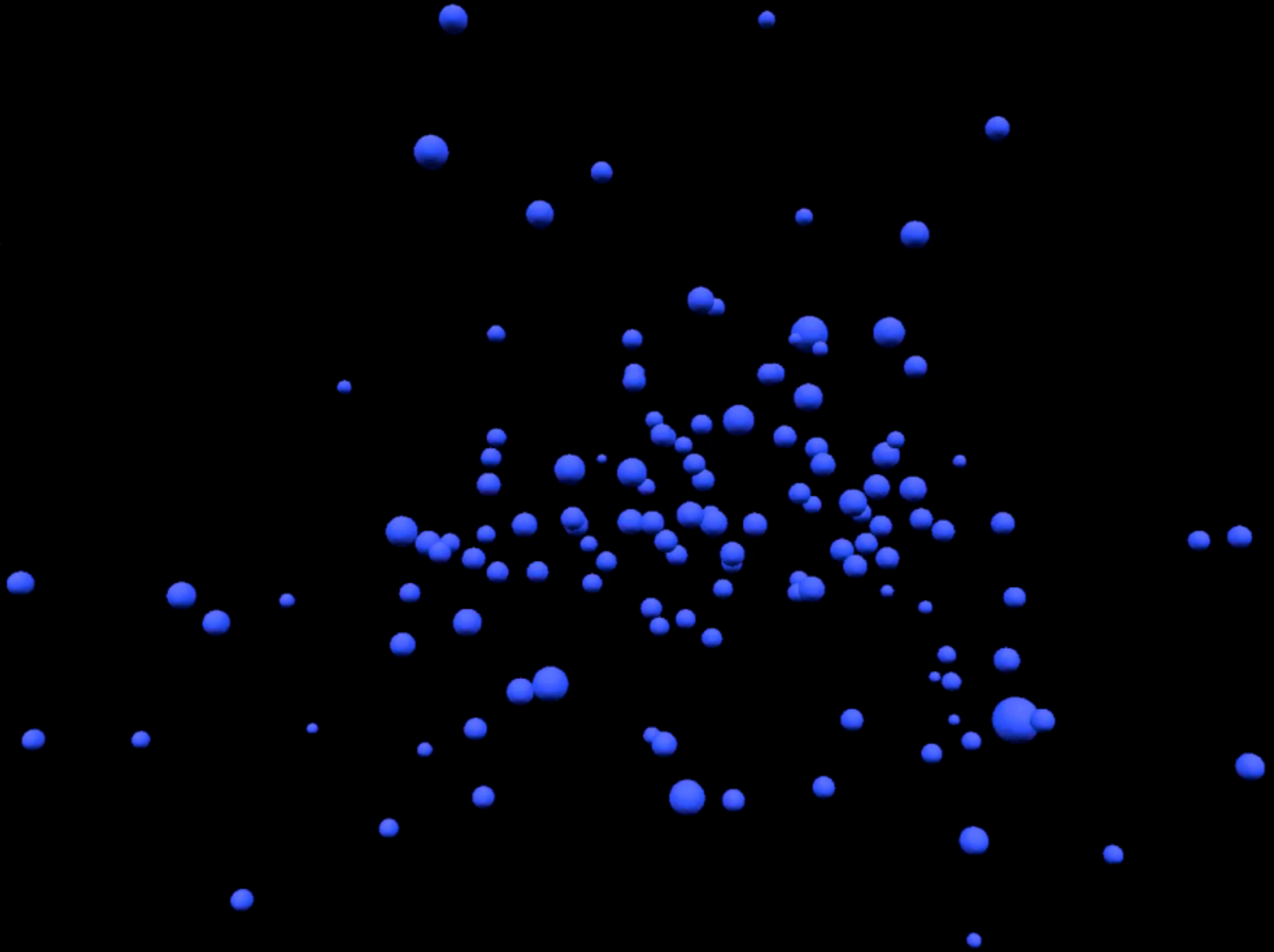
- ❖ モジュール性指標を用いたクラスタ間関係性指標

- ❖ MDSを用いた階層化グラフの3D可視化

- ❖ LoD可視化

越田港, 細部博史, 脇田建: 大規模社会ネットワークの階層的視覚化手法の提案,  
コンピュータソフトウェア 28(2), 2011.

7

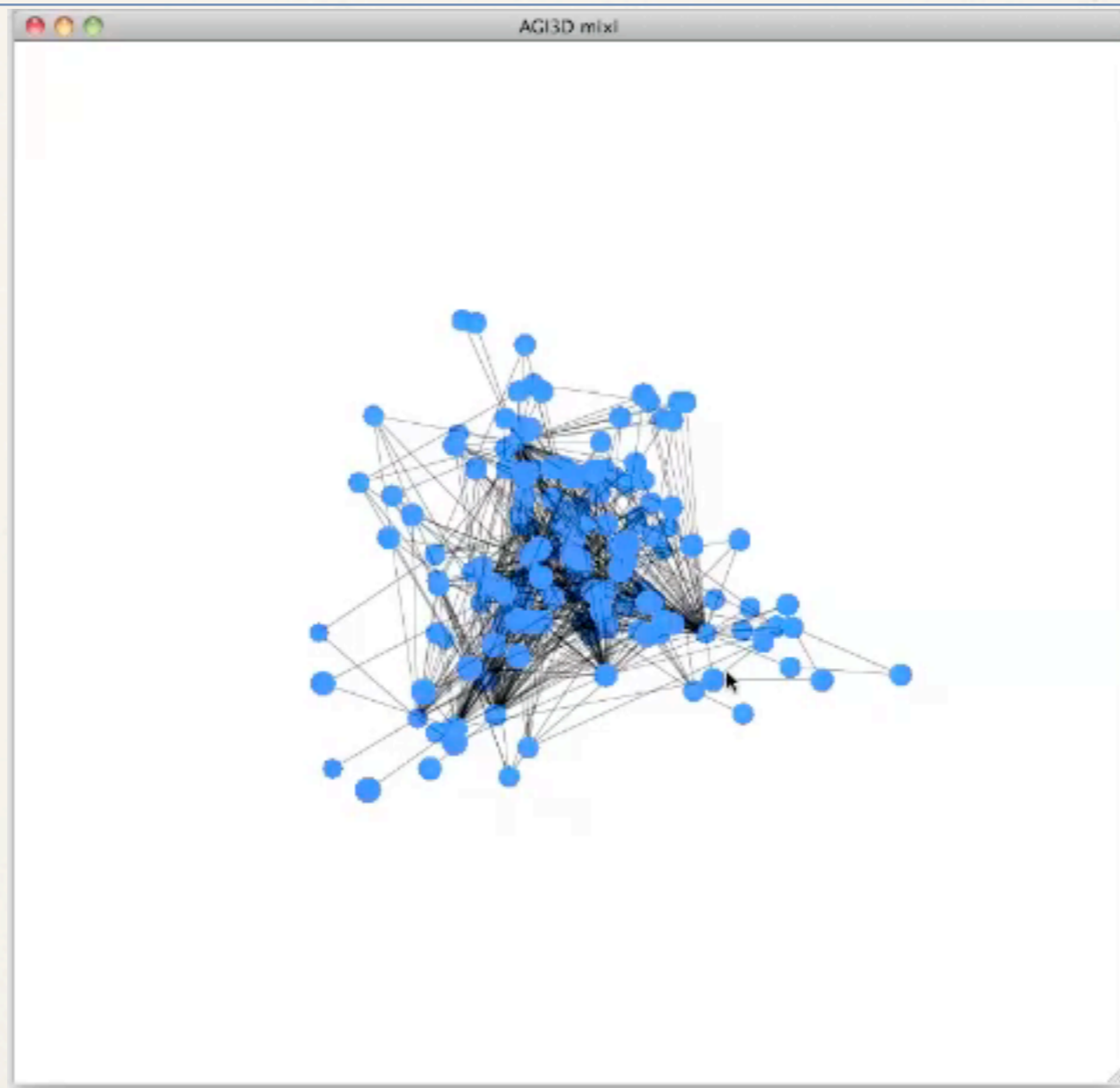


# Social Cosmo Browser

---

- ❖ オフラインバッチ処理
  - ❖ クラスタリング (4min. for 88万頂点, 622万辺, 3,350クラスタ)
  - ❖ クラスタ間関係性分析
  - ❖ クラスタサブグラフへのMDSの並列適用 → 高次元ユークリッド空間から3次元空間へ射影 (TKS法)
- ❖ インタラクティブ処理
  - ❖ LoD
  - ❖ メモリバッファ管理
  - ❖ キャッシュ管理

# AGI3D: 高次元グラフ配置向けUI



*H. Hosobe: An extended high-dimensional method for interactive graph drawing, in proc. APVIS 2005.*

高見, 細部, 脇田: 射影に基づく対話的三次元グラフ可視化手法, 2012-HCI-164(6), 2012.

# 超大規模ネットワークの可視化

---

Graph CREST

ポストペタスケールシステムにおける

超大規模グラフ最適化基盤

藤澤@中央, 鈴木@東工大&IBM, 佐藤@東工大, 脇田

# 次期 Social Cosmo Browser

---

- ❖ High Performance *Gephi*を目指す
- ❖ 超大規模グラフの可視化&操作技術の提供
  - ❖ 数億頂点, 数百億辺, 属性つき社会ネットワーク
- ❖ 主要課題
  - ❖ 並列グラフクラスタリング
  - ❖ 並列グラフィックレイアウト
  - ❖ 大規模グラフの操作UI: LoD & 毛玉ほぐし



# 次期版 Social Cosmo Browser

## 大規模グラフィインタラクション層

AGI3D高速化/GPGPU

多次元グラフ射影

データ通信/キャッシュ

レイアウトDB

## 大規模グラフ処理層

高速グラフ配置

全対最短路

並列クラスタリング

中心性解析

グラフライブラリ

グラフデータ収集

# Desktop Social Cosmo Browser

## お客様へのおすすめ商品

お客様へのおすすめ商品です。おすすめ商品をすべて見る

ページ: 1 / 44



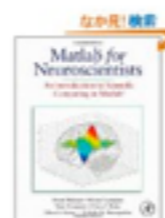
これなら分かる最適化数学—基礎から... (単行本) 金谷 健一  
★★★★★ (2) ¥ 3,045  
おすすめ商品を修正



カレチ(4) (モーニングKC) (コミック) 池田 邦彦  
★★★★★ (1) ¥ 570  
おすすめ商品を修正



Think Stats... (単行本 (ソフトカバー)) Allen B. D...  
¥ 2,100  
おすすめ商品を修正



MATLAB for... (ハードカバー) Pascal Wal...  
¥ 6,924  
おすすめ商品を修正

## 国内・あなたにおすすめの宿泊施設

お客さまの宿泊傾向などに基づいて、あなたにおすすめの宿泊施設をセレクトしています！



### 魚彩和みの宿 三水ホテル

誕生寺と鯛の浦入口に佇む温泉宿。海が見える半露天風呂とテラス付き客室の三水別邸がオープン！



### 中川温泉 信玄館

武田信玄の隠し湯でお馴染みの中川温泉 部屋食と3種類の貸切風呂 お客様の声温泉部門県内第1位！！



### 鴨川グランドホテル

オーシャンフロントのリゾートホテルです。露天風呂やレストラン、ロビーなどから海をご覧いただけます。

## 「旅行」に関連した広告 ①

[旅行に行くなら"じゃらん" - jalan.net](http://www.jalan.net)

[www.jalan.net/](http://www.jalan.net/)

会員登録でさらにお得！割引にも使える「じゃらん」

263人がこのページを +1 しました

土曜日空室カレンダー 駅前・駅近のホテル

2012紅葉特集 お得な直前プラン

[【H.I.S.】格安海外ツアー - his-j.com](http://www.his-j.com)

[www.his-j.com/](http://www.his-j.com/)燃油代込み格安ツアー

《クリスマスキャンペーン開催》お得な商品は早

23,565人がH.I.S. (エイチ・アイ・エス) を +1

年末年始特集2012-2013 - 海外ツアー新着情報を



# まとめ

---

- ❖ 小規模社会ネットワーク可視化: グラフレイアウト
- ❖ 大規模社会ネットワーク可視化
  - ❖ 各種高速化技法, ネットワーク構造分析, データ圧縮, UI
- ❖ 超大規模社会ネットワーク可視化
  - ❖ HPC, 分散並列アルゴリズム, データ構造, 通信最適化, UI