

討論セッション ネットワーク科学の今後

パネラ: 小野 直亮 (阪大 バイオ情報工学),
小島 一浩 (産総研 知能システム), 友知 政樹 (沖縄国際大),
藤原 義久 (NiCT/ATR)

司会: 林 幸雄 (北陸先端大)

1. Future Network Science ?

- ネットワーク科学の今後に関する 5つの質問
- 各パネラの意見
経済物理, 数理社会学, 情報工学, バイオなど
- 米国科学アカデミーの提言
- 会場を交えての活発な討論

2. Questions

各自の立場や交差する領域の観点などから、

Q1: あなたの現在の研究分野と **主な研究対象**は？

などを議論する！

2. Questions

各自の立場や交差する領域の観点などから、

Q1: あなたの現在の研究分野と **主な研究対象**は？

Q2: これまでネットワーク科学が与えた、特に **意義ある結果**

などを議論する！

2. Questions

各自の立場や交差する領域の観点などから、

Q1: あなたの現在の研究分野と **主な研究対象**は？

Q2: これまでネットワーク科学が与えた、特に **意義ある結果**

Q3: ネットワーク科学の今後を考えたとき、さらに **何に取り組むべき**か

などを議論する！

2. Questions

各自の立場や交差する領域の観点などから、

Q1: あなたの現在の研究分野と **主な研究対象**は？

Q2: これまでネットワーク科学が与えた、特に **意義ある結果**

Q3: ネットワーク科学の今後を考えたとき、さらに **何に取り組むべき**か

Q4: 何が **本質的に重要**で、その根拠や理由は？

などを議論する！

2. Questions

各自の立場や交差する領域の観点などから、

Q1: あなたの現在の研究分野と **主な研究対象**は？

Q2: これまでネットワーク科学が与えた、特に **意義ある結果**

Q3: ネットワーク科学の今後を考えたとき、さらに **何に取り組むべき**か

Q4: 何が **本質的に重要**で、その根拠や理由は？

Q5: そのために、**今から何をする**のが良さそうか

などを議論する！

3-1. Fujiwara's Comments

経済物理, ネットワーク科学とそれらの応用

A1. 興味: 経済における成長とゆらぎ, 経済ネットワーク, 人的ネットワーク

⇒ 社会分析, モデリング, コミュニティ分析, SNS, 理論物理, グラフ数学

A2. 意義: 特に,

- 大規模ネットに対するコミュニティ解析
- 一般化ランダムネットワーク
- 裾野の長い次数分布の存在からのさまざまな帰結

Fujiwara's Comments (Cont.1)

A3. 課題: さらに取り組むべきは

- 関係性の背後にあるノード属性などの深耕
- 動的な関係性の理解のための道具
- 多元的な関係性の理解のための道具

A4. 本質: 根拠や理由

- トポロジーだけで議論できる範囲は限定
属性やテキスト情報等を考慮

Fujiwara's Comments (Cont.2)

A4. 本質: 根拠や理由

- 静的なネットワーク描像はスナップショットに過ぎないので, その動的な様相を捉える
- 関係性は通常単元的なものではなく, その形成に多元的な原因が寄与している

A5. 提言: 今から何をするのが良さそうか

動的, 多元的なネットワークの解析と, 関係性形成原理へのさまざまな角度からの理解

3-2. Tomochi's Comments

数理社会学, 進化経済学

A1. 興味: 社会ネットワーク, ネットワーク上でのゲーム, 普及現象, 情報通信インフラ整備政策 (非都市部における **BB** 整備)
⇒ ネットワーク成長原理, スモールワールド, スケールフリー, 感染メカニズム, 社会ネットワーク分析, 経済ネット分析, 人的ネットワーク中心性, クチコミ情報流通など, モデリング, コミュニティ分析, 頑健性

Tomochi's Comments (Cont.)

A2. 意義: 特に,

- さまざまなネットワーク指標の開発と, それにもとづく実データの静学的分析
- さまざまな静学的および動学的ネットワークモデルの提示

A3. 課題: さらに取り組むべきは
大規模社会ネットワークのデータ収集と解析

A4. 本質: データ収集法

A5. 提言: 大規模社会ネットワークのデータ収集プロジェクトの立ち上げ

3-3. Kojima's Comments

情報工学

A1. 興味: 情報検索, Overlay Networks
(Peer-to-Peer), 自律分散制御

⇒ 通信技術, 自己組織化, 頑健性

A2. 意義: 個別の結果というよりも, DNA からインターネットに至るまで, そのスケールや構成要素によらず, 構造をネットワークという数学的抽象化と数学的操作により取り扱おうとする試み自体が大胆かつ重要であり, また魅力的である

Kojima's Comments (Cont.1)

A3. 課題: さらに取り組むべきは

- マクロ構造を表現する統計量を探るのとあわせて, ミクロ構造を表現する統計量を探る
- 個別対象の機能と, ミクロ-マクロ構造の関係
- ネットワーク上におけるダイナミクス, 例えば, 伝播・拡散現象
- ネットワークのダイナミクス, 例えば, ネットワーク生成や崩壊

それらを含むダイナミクス: 社会ネットワークやP2Pのような, ノード同士がコミュニケーションしながら構造を変えるもの

Kojima's Comments (Cont.2)

- A4. 本質:** 現在の研究は、構造とネットワーク生成アルゴリズムに関する研究が主流. これに対し、個別ネットワークで実現される機能のアルゴリズムを入れ込むことが重要. Milgram の Small World 実験, Kleinberg の Navigation 問題等. 現実のネットワークの構造をモデル化しているのか?, メッセージ転送を実験・評価することによって初めて評価ができる (Small World 事実問題と Small World 認識問題の違い) .
- A5. 提言:** 機能を考えない抽象的な構造の探求と整理 (既存路線) と, より個別ネットワークの機能に着目した研究を進め, 交流を図っていく

3-4. Ono's Comments

バイオインフォマティクス

A1. 興味: 遺伝子発現解析, メタボローム解析情報
検索

⇒ モデリング, 自己組織化, 生物系

A2. 意義: 大規模ネットワークの可視化, 及び構造
解析

A3. 課題: ネットワークの構造の変化が, そのシステムにどのような影響を与えるか, 逆に, システムの環境の変化がネットワークの構造のどのような変化としてあらわれて来るか, を理解する科学的な方法論を確立すること

Ono's Comments (Cont.1)

A3. 課題: 根拠や理由

ネットワーク全体を平均した一つの統計量では情報が少なすぎで, 個々のノードの特徴を羅列したのでは構造そのものの比較が困難. クラスターやコミュニティといった概念をより一般的に, 与えられたネットワークの構造をある程度粗視化した形で評価し, 異なるネット間の構造の違いを客観的, 定量的に比較することが可能な指標を提案していく必要がある

Ono's Comments (Cont.2)

A4. 本質: ネットワークの発展やそのダイナミクスを解析する研究では、現時点では単に可視化したネットワークを見て、主観的にその特徴を記述/評価しているものがほとんどであるため、どのノードの周辺のトポロジーがどの程度変化したのか、特定の外的な要因と相関があると有意に言えるのか否か、等の問いに対して数理的、統計的に答えられるものが少ない。

グラフのトポロジーから数理的に計算できる適当な量を単に提案するだけではなく、ネットワークの持っている機能、その構造の持つ役割を十二分に反映できる切り口が必要

Ono's Comments (Cont.3)

A5. 提言: 二つの異なる時点, あるいは対象の異なる二つのネットワークの**構造の差異を定量的に比較できる指標**の提案

代謝系や通信網で, 条件の異なる様々な環境における構造の差異とパフォーマンスの変化との関係性を調べることで, システム全体のもつ機能の変化を最もよく反映する構造指標を理解
その指標を大規模ネットワークのさまざまな部分構造の比較に適用し, トポロジーの異なる個々のクラスターの機能の比較に利用

4-1. Findings by National Academies

- Because network science is at an early stage of its development, **a broad portfolio** of basic and applied research is expected to create greater value than a more focused portfolio.
- The design, testing, and deployment of the overlapping and interacting physical, information, cognitive, and social networks envisioned for network-centric operations concepts are currently beyond the Army's capability. They require **a concerted national effort** to be achieved in a timely and affordable fashion.

4-2. Recommendations

- The Army should make a modest investment of **at least \$ 10 million per year** to support a diverse portfolio of basic network research, and is clearly different from existing investments by other federal agencies like NSF, DOE, and NIH.
- The Army should found a basic research program **to explore the interaction between information networks and the social networks** that utilize them.

4-3. Major Research Challenges

Special Conclusion

1. Dynamics, spacial location, and propagation
2. Modeling and analysis of very large nets,
Tools
3. Design and synthesis of nets to obtain
desired properties.
4. Increasing the level of rigor and math. basis
5. Abstracting common concepts across fields
6. Better experiments and measurements
7. Robustness and security of nets