

# 分断しにくい繋がりを知

-郷土の歴史を学び、より良い世の中を科学的に考える！-

林 幸雄

北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) 融合科学共同専攻

2026年6月17日

# 1. ネットワークはどんな姿をしてる？

身の回りに溢れるネットワーク：電力網、通信網、物流網、ガス-水道網、企業間取引、友達や知り合いの繋がり、等々



⇒ なんだか複雑そうで良く分からない！

出典 <https://journal.ntt.co.jp/article/23462>

# 現代社会を支えるネットワークに共通するSF構造

全く異なる対象や構成要素であるにもかかわらず、現実の多くのネットワークには共通の繋がり方が存在. R.Albert, A.-L.Barabási, Rev. Med. Phys. 74(47), 2002.

## 社会的関係

知人関係, 企業間取引, 映画の共演, 論文引用, 性的関係, 言語

## インフラ技術

インターネット (ルータおよび AS レベル), WWW, 航空路線, 電力網, 電子メール送受信

## 生物系

神経回路網, 遺伝子やエネルギー代謝の反応系, 食物連鎖

# 望ましくない現実の姿 不平等で脆弱なSF構造

**不平等**：大多数は低次数だが、極少数が高次数のハブで構成される。

Scale-Free 構造の性質

**頑健性**： ランダムなノード故障には強く連結性を保持。

**脆弱性**： ハブの**集中攻撃**で**極度に分断**。

理論的裏付け：D.S.Callaway et al., Phys. Rev. Lett. 85(25), 2000. + 許容量を超えた**連鎖被害**, 及び, 足を引っ張り合う**相互依存性**



**連結性を失うと伝達や輸送などネットワークとしての本質が機能しない！**

## 2. 万有引力の法則のような 優先的選択

なぜ共通な構造が存在？ → リンク先選択に何か原理があるのでは！

- 国内航空網において新規航路を開設する際、全国各地への多くの乗り継ぎ便を持ったハブである羽田空港に乗り入れると便利で自社の利用客が増える。
- 多くの回線が接続する通信拠点に繋ぐ方が少ない経由数で何処にでも辿り着けそう。
- 貧乏人より金持ちと付き合った方が金回りが良い。

ノードを人に、リンクを経済取引から得るお金に対応付ければ、優先的選択は、"金持ちはより金持ちになる (rich get richer)" 法則に読み替え可。



<https://npi.or.jp/research/2016/06/21165115>

優先的選択は単なるネットワーク生成モデルの基本的な法則に留まらず、効率重視で都合の良い相手（強者）と繋がろうとするある種の利己原理を個々人が持てば、例え全体への影響を意図しなくても不平等な世界が生じうる！

# 優先的選択はレジリエンスの真逆

システム工学や環境生態学で 10 年以上前から注目！

**レジリエンス（復活力）**：固く頑丈でも限界に達すると脆い従来のシステムから脱却して、必ずしも全く元道りに戻る訳ではないかも知れないが、しなやかに機能を復活させることができる力 ⇒ 耐性, 冗長性, 回復性, 信頼性が重要.



優先的選択	脆弱性を増幅	↔	高レジリエンス
誰も同様に 利己主義で 結果としてハブ創出 非一様な次数分布	同質性 効率偏重 一極集中 複雑さ		多様性 重複冗長 局所分離 適正な単純さ

A.Zolli and A.M.Healy 著 (須川訳)「レジリエンス 復活力」, 2013.

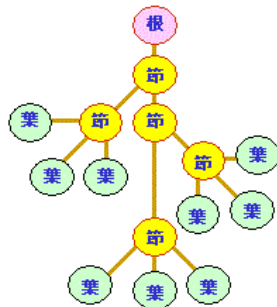
⇒ 便利さや効率を重視する利己主義を改め、元の SF の脆弱構造に戻してはいけない！

### 3. 木構造になりにくいループ強化が要

最悪攻撃は、木構造にすることだが、その標的を見つけるのは厳密には困難！

A.Braunstein et al., PNAS 113(44), 12368-12373, 2016.

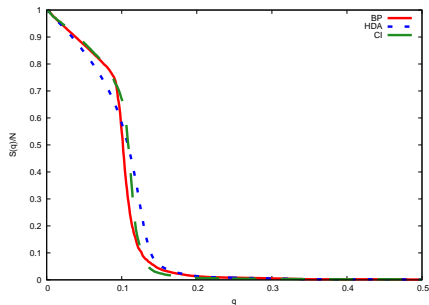
標的	基本	亜種
一様	ランダム	
中心	媒介中心性など	
ハブ	次数順	知人の免疫化
拡散の要	$Cl_I$	$Cl_p$ $Cl-TM_L$
結合の核	CoreHD 2-core	k-core
ループ	BP	BPD



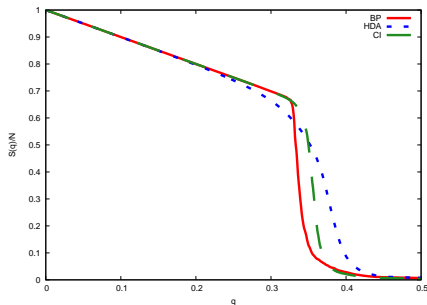
⇒ 但し、ハブ攻撃より強力な標的を近似的に見つけるループ破壊は可能。

# 破壊力のある攻撃の比較 (曲線下の面積: $R$ 値)

ネット生成後にランダム張替えして, 次数分布  $P(k)$  の影響のみ考慮.



(a)  $k^1$ -PA SF, べき乗分布

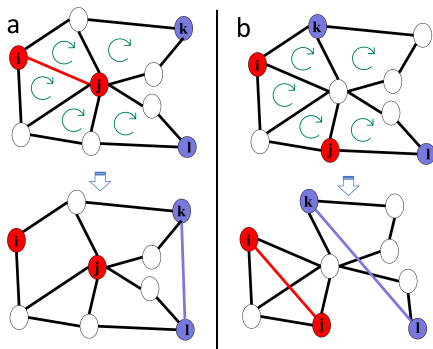


(d)  $k^{100}$ -IPA, より狭い分布

実線: HDA 攻撃 (再計算しながら局所中心の除去), 破線: BP 攻撃 (ループ破壊), 点線:  $Cl_3$  攻撃 (インフルエンサー除去).

# ループ強化から新発見, NP 困難を回避して

左 a 次数非保存のリワイヤリング, 右 b 次数保存のリワイヤリング.

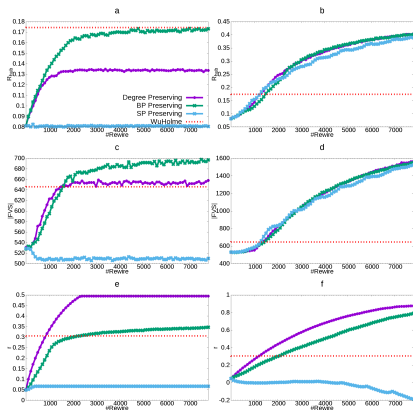


① 次数  $k_i$  や ② ループ強化に関する BP の  $q_i^0$  が最大のノード間のリンク除去, それら最小のノード間にリンク追加, あるいは ③  $\Delta ST$  が最大のリンク除去と追加を本数分だけ繰り返す.

M.Chujyo, Y.Hayashi, Applied Network Science 6(3), 2021.

# リワイヤリングによる頑健性の向上

① 次数, ②  $q_i^0$ , ③ ST 数に基づく手法を Open Flight の実データに適用.  
左 次数保存のリワイヤリング, 右 次数非保存のリワイヤリング (効果大)



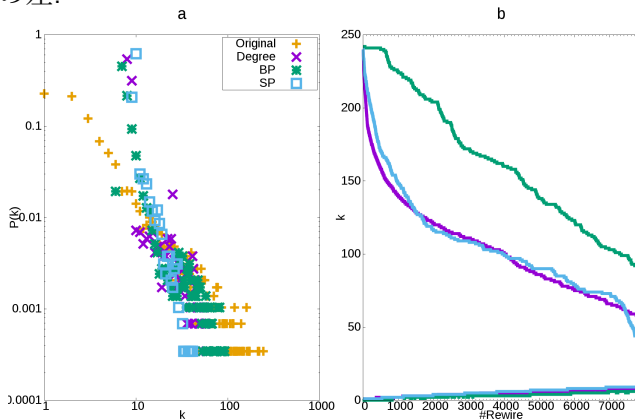
上から下に順に, 頑健性指標  $R_{HDA}$ ,  $|FVS|$ , 次数相関  $r$ .

⇒ 負相関でも高い頑健性と大きな  $|FVS|$  が存在, ループ強化がより重要!

M.Chujyo, Y.Hayashi, Applied Network Science 6(3), 2021.

# 頑健性を向上させるのは共通して 平等化

左図 a 非保存の次数分布の比較, 右図 b 張替え本数に対する上線  $k_{min}$  と下線  $k_{max}$  の差.



負相関の場合を含めて, リワイヤリングで  $P(k)$  の幅が狭まるのが共通!

M.Chujyo, Y.Hayashi, Applied Network Science 6(3), 2021.

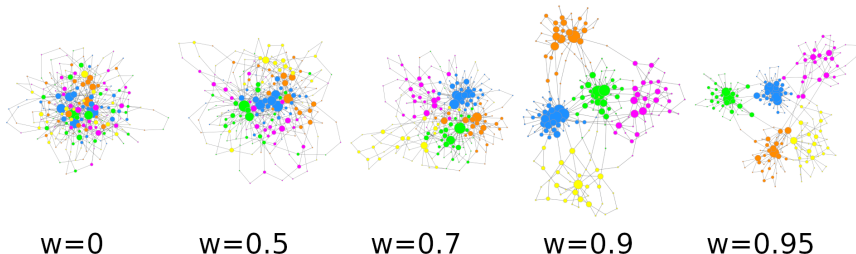
# あらゆる繋がり方で、排他的な強すぎる内輪の団結はNG!

一方、地域や同業種など様々なモジュール（コミュニティ）が実際に存在。

強い紐帯 (bonding): モジュール内を繋ぐ

弱い紐帯 (bridging): モジュール間を繋ぐ ⇒ 強さ (M.Granovetter 1973)

SF N=200



Q.Nguyen et al., Applied Network Science 6(82), 2021. S.Shai et al., Phy. Rev. E 92(062895), 2015. Y.Hayashi, and T.Ogawa, Scientific Reports 15(33129), 2025.



まちがわかる ひとつをつなぐ

石川 ISHIKAWA Plus プラス+

# ガチガチより

## 災害に強いネットワーク

### ゆるさが大事

北陸先端科学技術大学院大 (能美市) の林幸雄教授 (ネットワーク科学) らは、一部「ネイチャー」を出版するネットワーク科学) だけで強固に閉結するよりも、すべてが緩やかにつながっている方が災害などへの耐性がある、とのネットワークの法則を科学的に解明した。細胞や技術インフラ、自然界、人間社会などあらゆる現象に当てはまるという。研究内容はオンライン学術雑誌「サイエンティフィック

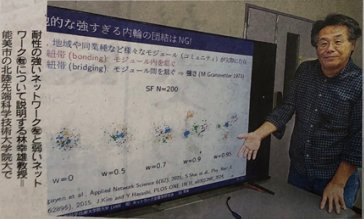
リポート」に9月に掲載された。同誌は英科学学術誌「ネイチャー」を出版するネットワーク科学) だけで強固に閉結するよりも、すべてが緩やかにつながっている方が災害などへの耐性がある、とのネットワークの法則を科学的に解明した。細胞や技術インフラ、自然界、人間社会などあらゆる現象に当てはまるという。研究内容はオンライン学術雑誌「サイエンティフィック

林教授らは、一部の拠点にすぎない。この法則は、国際紛争や環境問題など現代社会で起きている現象を説明できている。東京一極集中は科学的にも脆弱で、サイバー攻撃に強いと指摘する。林教授は「昨今は効率重視で都会に人も金もインフラも集中しがちだが、便利さを求める価値観からの脱却が必要」と訴えている。(松村裕子)

#### 先端大教授ら解明

#### 「過度な結束 全体の弱点」

この法則は、国際紛争や環境問題など現代社会で起きている現象を説明できている。東京一極集中は科学的にも脆弱で、サイバー攻撃に強いと指摘する。林教授は「昨今は効率重視で都会に人も金もインフラも集中しがちだが、便利さを求める価値観からの脱却が必要」と訴えている。(松村裕子)



「過度な結束 全体の弱点」  
 脆弱な強いネットワークを築き、強いネットワークに強いついては説明する林幸雄教授  
 能美市の北陸先端科学技術大学院大で

## 4. 前半のまとめ -最新科学から言えること-

- 現実の多くのネットワークに共通する **Scale-Free 構造**は非常に**不平等**で、利己主義に基づいて構築され効率的だが**攻撃に極端に脆い**.
- 一方、攻撃に対する結合の**頑健性の向上**には、**ループ強化**が本質。ループ強化に基づく、リワイヤリング（自己修復を含む）やリンク追加において、より**平等な次数分布の幅が狭い程**、頑健性が高くなる。
- **完全平等な次数分布の幅が最小 0 のランダムレギュラーグラフ**は、**攻撃耐性が最適**。但し、不平等から平等のいかなる場合でも、排他的な**内輪の団結が強すぎるのは避けるべき！**  
⇒ 地方や弱者を切り捨てないよう、人口密度で生じ得るノード配置を改める**分散化**も必要。

通信効率を落とさず（不便にならずに）、頑健性をより強固にするには、利己的な強者への結合（不平等）から相互扶助的な弱者への結合（平等）に移行すべき !!

## 5. 分断されている社会経済も同じ不平等な構図

震災で暴露された広域システムの本性：世の中も同様な構図で分断化

中央（都市, 強国, 富裕者） 経済発展が主, 大手に還流	周辺（地方, 弱国, 貧困者） 便利さや目先の利益で受入 （従属化・下位化で搾取される）
一部のハブ 結果的に強者にリンク集中  例：巨大ハブ化やモジュール化が進行, 日本で中枢都市圏の法制化	多くの他ノード 個々の効率性でハブに繋がる （全体の連結性をハブに依存）

中央による巨大システム形成が、地方をも取り込んで行き、それらが巨大かつ複雑すぎて、**どうすることもできない人々の周辺化・モノ化が進み、主体性を喪失して依存。**

一方で、地方の下請けは**切り捨て可能**で、長期的な失敗リスクは落し付け。

山下祐介, 「東北発の震災論」, 2013. 「『都市の正義』が地方を壊す」, 2018. 新藤宗幸, 「新自由主義にゆがむ公共政策」, 2020.

# 工業社会に適した利己的な経済至上主義が元凶

現状は際限なき成長を追求する資本主義社会：  
個人主義に基づく利己的な「地位財」を私有財産として強欲に追求。  
競争して、もっと多く、容易に搾取・略奪するやりたい放題の仕組み。

これまでの <b>中央集中型</b> 政府縮小-市場拡大	これからは <b>分散型</b> 市場抑制-社会拡大
<b>分断</b> され、 <b>奪い合う</b> <b>生産の場</b> を重視 <b>効率的</b> な資源の収奪・消費・廃棄 <b>量</b> の経済・幸福 (極一部の強者のみ優遇)	<b>自助共助</b> で、 <b>分かち合う</b> <b>生活の場</b> を重視 <b>適応力</b> への変革、公共の利益 <b>質</b> の経済・幸福 (弱者を助ける)

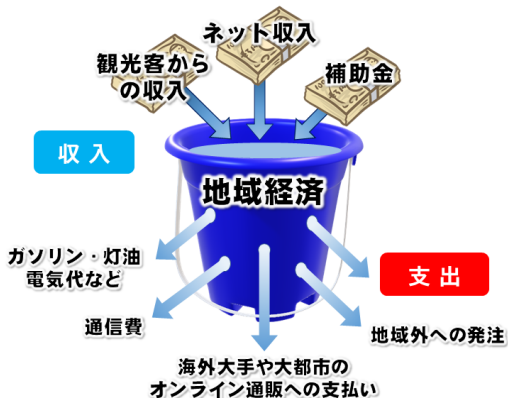
⇒ 脱成長としてスケールダウン・スローダウンしながら、全体のパイを縮小し、より多く共有し、より公正に分配して再生産力を重視すべき。

G.Kallis et al(上原/保科 訳), 「なぜ、脱成長なのか」, 2021. J.Hickel(野中 訳), 「資本主義の次に来る世界」, 2023. 井手英策, 「欲望の経済を終わらせる」, 2020. 佐藤仁, 「争わない社会」, 2023. J.R.Rinfkin(柴田 訳), 「レジリエンスの時代」, 2023.

このまま搾取を喰い止めないと...

## 『漏れバケツの理論』

いくら稼いでも、お金が貯まらない！？



<https://n-gif10ken.com/topic.html>

藤山浩, 「図解でわかる 田園回帰 1% 戦略「循環型経済」をつくる」, 2018.

## 6. そもそも世の中は相互扶助の共和制だった

生き物にとって、弱肉強食による個体の欲望よりも種の繁栄が重要で、環境に応じて多様化しながら繁栄していく「形質の分岐」を是とする、闘争なき進化 -百年以上前の研究より-

P.Kropotkin(大杉 訳), 「〈新装〉増補補修版 相互扶助論」, 2017.

中世以前の共同体：自律と協同は表裏一体で、共同集団の有機的な結合体

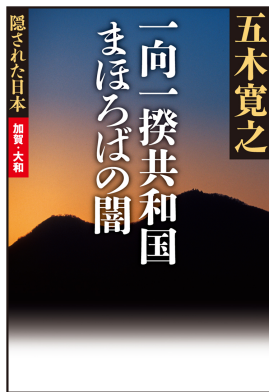
「一人は万人のため、万人は一人のために」

例：百姓ノ持チタル国（河北郡，石川郡，能美郡，江沼郡）

- ▶ 本願寺の加賀四寺
- ▶ 吉崎御坊
- ▶ 富樫
- ▶ 鳥越城跡（山内衆）
- ▶ 史跡一覧
- ▶ 長島古戦場
- ▶ 石山合戦

自律分散の共有物だったが...

網野善彦，「日本の歴史をよみなおす（全）」，2005.



ちくま文庫

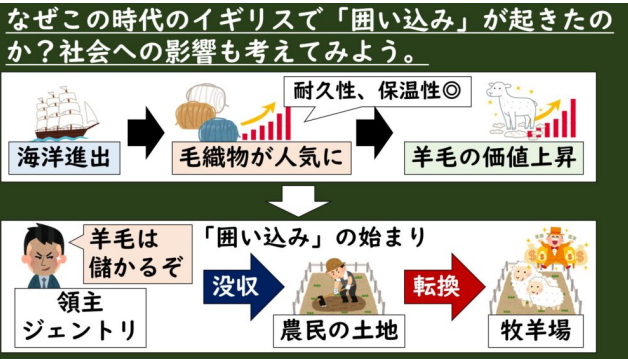
# 15-16世紀と17-18世紀の英国での囲い込みで...

近代国家成立後：農地略奪や植民地支配で**共同体が破壊され私利私欲の追求が正当化**

「各自は自己のため、国家は万人のため」

+ '80年代以降に提唱された**新自由主義**「自由を束縛する悪しき平等」

⇒ **自己責任化され、格差がますます増大！**



<https://gusyakensekaishitankyu.com/?p=36751>

# 誇るべき日本の助け合い社会：結・講・座から組合へ

- 大原幽学の先祖株組合は耕地を出資して利益を無制限に積み立てる。
- **信用金庫**：報徳五常講「無利子貸付」「年賦返済」「お礼金」...  
東海や関東を中心に全国 100 の**報徳社** → 銀行や JA に。  
2016 年にユネスコが協同組合の思想と実践を無形文化遺産に登録！

⇒ 1844 年の英国ロジテール先駆者協同組合より早く作られた！

高橋均「競争か連帯か -協同組合と労働組合の歴史と可能性-」, 2020. 島羽田継之, 「なぜ信用金庫は生き残るのか」, 2022.

二宮尊徳は飢饉に立ち向かい、**徳**：  
能力を活かして、**報**：社会に役立  
てるとして、『至誠』『勤労』『分  
度』『推譲』を地域復興の改革の柱  
とした。

⇒ **近代実業家**：渋沢，安田，豊田，松  
下らがこれを学び企業成長させた。



<https://www.odawara-kankou.com/topics/article/ninokin.html>

富田高慶「超訳 報徳記 -代表的「日本人」の生き方に学ぶ-」, 2017.

## 7. 民主主義と不可分な第3の選択：社会的連帯経済

多数の経済的弱者が互いに手を取り、力を合わせて市場経済を養う  
連帯経済（再配分の社会思想や法）＋ 社会的経済（互酬的な協同組合）

- イタリア：ボローニャに協同組合は約 8,000, 経済の 45% を支える牛乳生産のグラナローロ, 印刷広告物のキッチン・コープ 等.
- デンマーク：風力発電協同組合のピドゥ, 食肉加工のデニッシュクラウン, 乳加工のアルラ・フーズ → 欧州の国々に広がる.
- ニュージーランド：乳製品のフォンテラ, キウイ ZESPRI.
- スイス：小売日用品のミグロ & CO・OP（食品市場占有率 40% 以上）.

他にも、米サンキストのオレンジ農家, スペインのサッカーチーム（フェライン）, 仏・和蘭・独の銀行, イタリアの CO・OP イペル 等で共益性が高い食や生活用品, 及び, エネルギーや文化・福祉・医療・教育を守る.

H.Kim(中野訳, 藤井解説), 「地域に根ざしてみんなの力で起業する」, 2018. 藤井敦史, 「地域で社会のつながりをつくり直す」, 2022.

日本の JA や生協も優良, ただ食料自給率は実質 10% 以下で危機的！

鈴木宣弘, 「世界で最初に飢えるのは日本」, 2022.

# 自律分散のつながりの経済に向けて

自律分散する連帯共同体（出資・経営・労働を兼ねるワーカーズコープ）

：中世以前の社会に戻る訳でなく、国家に基づく共産主義でもない。

⇒ 守るべき公共性が高い業種を見直しながら（地域の）雇用を創出して、コミュニティ内外における皆の win-win を優先。 ▶例 X 大企業誘致

- 身の丈に合った生活やコミュニティでの暮らしを広める。
- 非営利創出で、働く人と使う人のニーズとウェルビーイングが主眼。
- （データを含めた）共有と協力を前提にコミュニティ主導で生産。
- 資源やエネルギーの消費を抑え、ローカルに多くを循環。

すでに、RIPESS 憲章やフェアトレードなど欧州や中南米の社会的連帯経済に関連した、共同菜園、地域支援型農業、共有住宅、米 NY 州の地域イントラネット:Red Hook WiFi, アフリカのオフグリッド電力、メキシコ先住民コミュニティ通信などが芽生えている！

G.Kallis et al(上原/保科 訳), 「なぜ、脱成長なのか」, 2021.

R.Srinivasan(大屋 監訳/田村 訳), 「シリコンバレーを越えて 下」, 2021.

廣田裕之, 「社会的連帯経済入門」, 2016.

## 8. まとめ 望ましい方向への共通項と施策案

共通項: 従属化されない主体性と**連携のプラットフォーム**を取り戻す!

今後重要な考え方	対応する概念	これまでの志向
人として生活する基本的人権 シェアリング 上記を支えるインフラ 助け合いに基づく社会 環境や文化を守る現状維持	コスモポリタニズム アクセス コモンズ (再公営化) 社会的連帯経済 脱成長	私的な財産権 物の所有 儲けの手段 企業競争 GDPで測る成長

古賀啓太, 「コスモポリタニズムの挑戦」, 2014. 國領二郎, 「サイバー文明論」, 2022.  
N.Schneider(月谷 訳), 「ネクスト・シェア」, 2022. Y.Varoufakis, 「テクノ封建制」,  
2025.

ネットワークとしての**施策案: 分散配備に平等化・均一化と規制強化**

- 集中を避けて分散化・多様化  
人口密度を反映させない設備配備も (詳細を隠蔽して分布で評価可)
- 弱者に繋げ, 偶然の機会も重視 (利便性より耐性具備)
- 密すぎる連携を避け, 異質とも協調 (脱自己中心)

⇒ これらで結果的に効率を落とさない方法もあることを科学的に理解!

[A]

人類の長い歴史の中では、強者優遇の競争原理はつい最近の考え方で、経世済民（世を治め民を救う）が主流でした。

一向宗など、多数の遍歴民が望んだ浄土（社会）は何だったのでしょうか？、またそれは皆さんも望むものでしょうか？何故そう思うのでしょうか？

[B]

古くからアジアに根付く助け合いを、記録に基づく仕法で具現化して道徳と経済を一体化させた「報徳」、日本の近代実業家はそこから何を学んだのでしょうか？、今現代の考え方と特にどこが違うのでしょうか？