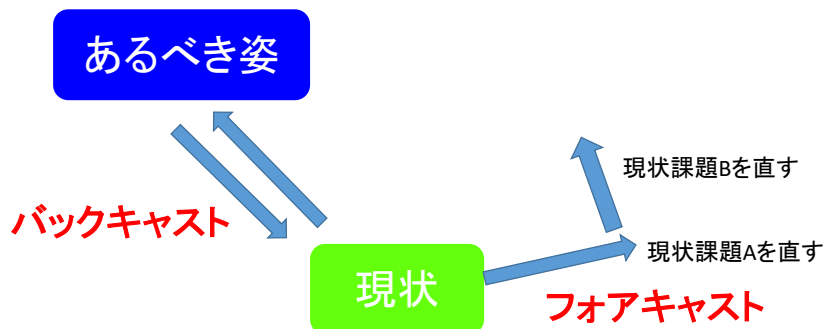


IoT都市とポリモルフィック思想

東京大学 先端科学技術研究センター
西成活裕

何かを変えるときは事前に
「目的」と「期間」を定めなければならない

フォアキャストとバックキャスト



あるべき姿のヒント

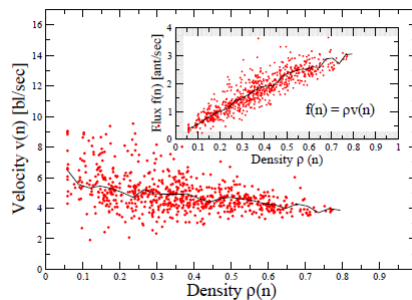
都市全体の「生物化」

IoT都市 = 社会の至る処に神経が通う

自律分散、創発、協働、多様性、準最適
ロバスト、サステナビリティ、レジリエンス

ポリモルフィックはこれらを含む

生物からのヒント 「アリは渋滞しない」



自然界での観察(インド西部にて)

自然観察では、速度は密度によらずほぼ一定になっている
渋滞高密度は観測されない

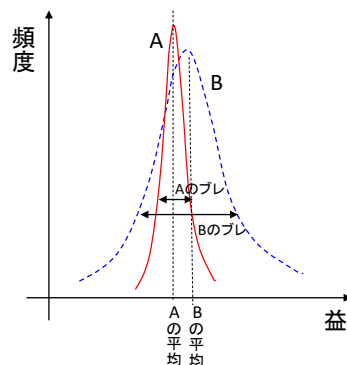
“Traffic-like collective movement of ants on trails: absence of jammed phase” Phys.Rev.Lett.(2009)

ポリモルフィック・ネットワーキングの4特性

- 1) 自律的で適応的な全体調和を目指すネットワーキング
- 2) 環境変動下での耐ゆらぎ性・高ロバスト性 = 多目的で**準最適**
- 3) 低維持コストとメンテナンスフリー
- 4) 創発現象
全体最適と個別最適のバランス
トップダウン(中央集権)とボトムアップ(分散制御)のバランス

準最適とは何か？

平均でやや負けても、分散がより小さいAを狙え！



「逆説の法則」(新潮選書)西成活裕著 2017年5月出版予定

無為自然と「水」=ポリモルフィック思想

老子の説く「無為自然」

思い込みを捨て、行動や思考が自然に湧き出るままに任せるという境地に到達しなさい。

自然(じねん) = 自ら然(しか)る、つまり人間の作為のない「そのまま」の在り方のこと。人間は自然を超えた存在ではなく自然の一部である。

「上善は水の如し」

最上の善は水のようなものである。水は、

- ・万物に利益を与える
- ・柔らかく形を変えて争わない
- ・時には強い力を発揮する
- ・誰もが嫌だと思ふ低い所に落ち着く

社会のあるべき姿の議論へ向けて

- これから広がるもの = 自然なボトムアップ技術 これが全体を動かす
ブロックチェーン、シェアリングエコノミー、ポートフォリオワーカー
公共財を民間でつくる時代(交通物流、エネルギー)
- 資源の有限性の問題を解決 = 偏在の解消、競争の解消
道路交通、エネルギー、食糧・水
地産地消と分散型中規模工場

以上を達成するためのデータのオープン化と法整備が急務
競うところと共有するところを区別、Win-Win関係

ボトムアップ的電力分散システム

「スモール・イズ・プロフィッタブル」 エイモリー・ロビンズ

戦前までの日本の電力 約8割が分散設置された水力発電
規模の経済＝大きな発電ほどkw当たりの投資は小さい？

しかし70年代にはすでに大規模化が止まる。実は熱効率は頭打ち。

分散型電力供給を目指すべき＝送電コストと損失の低減

規模の非経済＝大きなトップダウン的電力の問題点

需要と供給のアンバランスが問題(微調整できず、柔軟性に乏しい)

対テロ災害に対して弱い、環境負荷大、建設時間長い

古くなると、運転可能率が一気に低下し不安定性が増加

個と全体のジレンマ

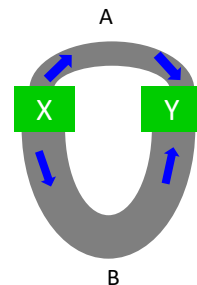
トップダウンとボトムアップのバランス重要

経路選択問題

XからYに行くのに2通りのルート

○ルートA: 時間は車の数に比例

○ルートB: 時間は常に10分



問: 10台の車がXからYへ行くときのルート選択は？

①利用者均衡配分 A: 10台、B: 0台 (ボトムアップ)

利用者に任せると、みなAを選択する

②システム最適化配分 A: 5台、B: 5台 (トップダウン)

これが全員の所要時間の総和を最小にする

①の場合、所要時間の総和は100分、②の場合は75分
つまり、ボトムアップでは、社会全体で損をする！

全体最適と利他行動

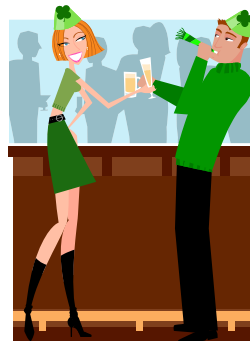
バーに飲みに行きたい！

個人の選択肢

1) 家にいる 2) バーに行く

バーの状態

1) 空いている 2) 混んでいる



問題点

バーの収容人数は有限なので皆が行くと混雑

ゲームの利得表

利己行動

	バーは空いている	バーは混雑している
バーに行く	1p 次も必ず バーに行く	0p 次なるべく 家にいる
家にいる	0p 次なるべく バーに行く	1p 次も必ず 家にいる

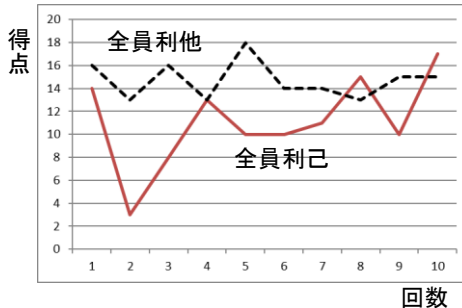
利他行動

	バーは空いている	バーは混雑している
バーに行く	1p 次は必ず 家にいる	0p 次なるべく 家にいる
家にいる	0p 次なるべく バーに行く	1p 次は必ず バーに行く

なるべく=4回に3回程度

ゲーム実験結果

全部で33人、バーの定員16人の場合



利己は大きく上下に振動
利他は安定

平均的には圧倒的に利他が有利

平均	利他合計	147
	利己合計	111

利他行動が全体最適をもたらしている！

最後に 今最も重要な研究課題は何か？

ボトムアップをトップダウンで設計する方法

• ルールが自律的に決まるシステムの設計

ホッケ柱を創発できるか？

トップダウンで初めからすべて盛り込む設計は限界

開いた系での制御(トップダウンは閉じた系)

課題例

信号機の最適設計へ応用できないか？

事故の影響範囲を自動的にローカライズするネットワークング

AIの自動判断と、それにブレーキをかけるAI

• 「夜警国家」的な中心(トップダウン)との融合

自然に利他性・全体最適を誘発するしくみ

IoT都市のあるべき姿

社会課題が自然に解消される
自分も幸せ、社会も幸せ

社会の神経系を活用した
ボトムアップとトップダウンの動的な自動balancing

ポリモルフィック・ネットワーキング技術