

21世紀COEプログラム
「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」
ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築



大阪大学
大学院情報科学研究科



村田正幸

最終成果報告会
平成19年3月1日



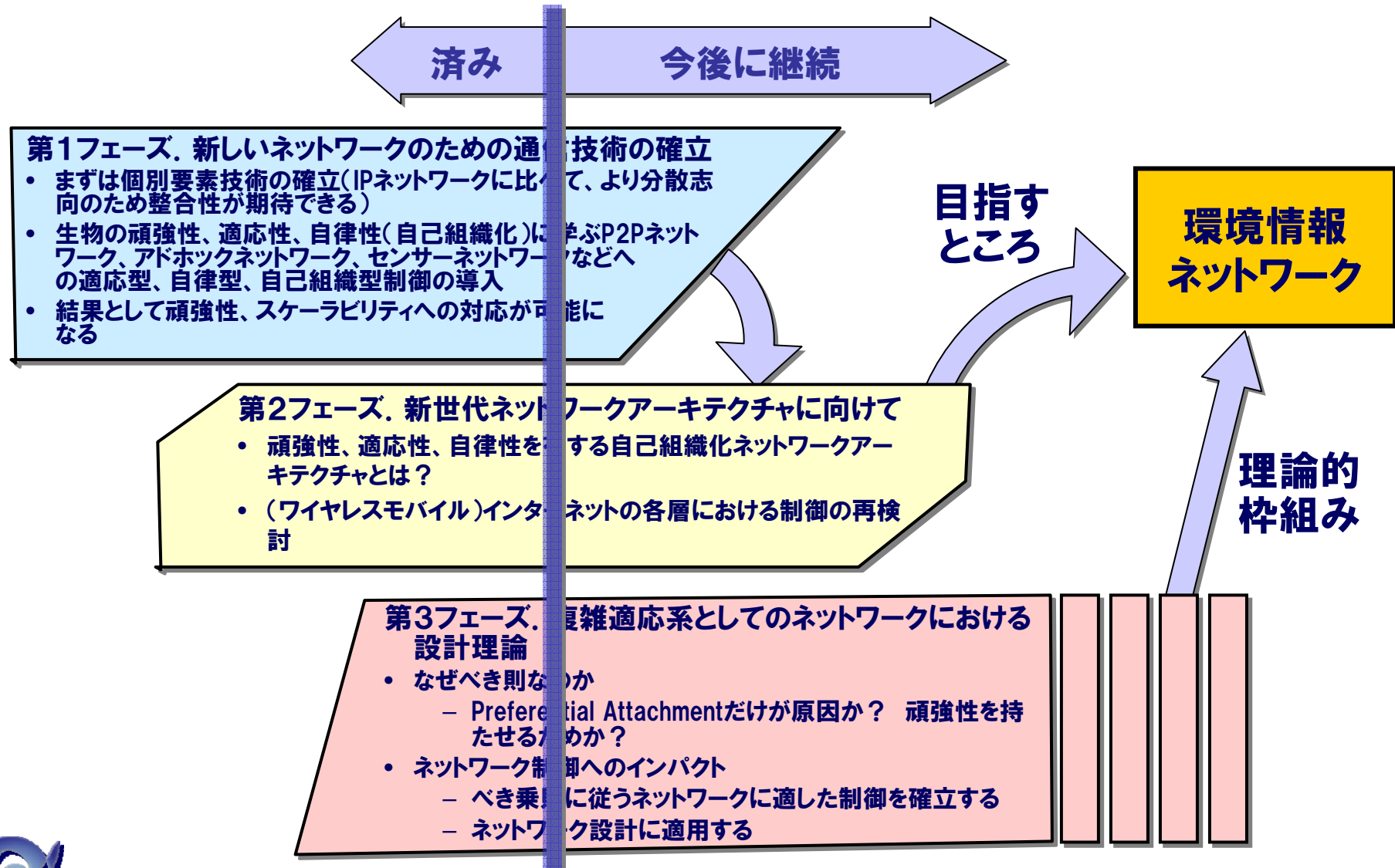
Advanced Network Architecture Research



内 容

• 全体計画	3
• 第1フェーズ：生物に学ぶ自己組織化ネットワーク	4
– センサー／アドホック／オーバーレイネットワークへの適用例【一部デモ】	5
– なぜ生物に学ぶのか：ロバスト性（環境適応性）、スケーラビリティ	8
– 得られた知見：環境変動に対する適応性	9
– 今後の課題：ランダム性を利用したネットワーク制御	12
– 現在進行中の研究テーマ	13
• 反応拡散方程式に基づく情報収集機構【デモ】	13
• 安心安全な家庭環境のための緊急情報伝達機構【デモ】	16
• 第2フェーズ：新世代ネットワークアーキテクチャに向けて	18
– 情報ネットワークの現状	19
– われわれのアプローチ	20
– 研究成果：TCP Symbiosis（生態学に基づく共生型輻輳制御）【デモ】	23
– 研究成果：生物の代謝反応に基づくオーバーレイネットワーク共生環境	26
– われわれが目指すネットワークアーキテクチャ	31
• 第3フェーズ：複雑適応系としてのネットワークアーキテクチャ構築のための設計理論	32
– べき則の持つ意味	33
– 研究成果：インターネットのトポロジー構造の解明	34
– 今後の課題：べき則ネットワークの多重化構造	36
• 活動成果（学術誌、国際会議論文発表以外）	37

次世代ネットワークアーキテクチャ構築のための3段階の取り組み



第1フェーズ

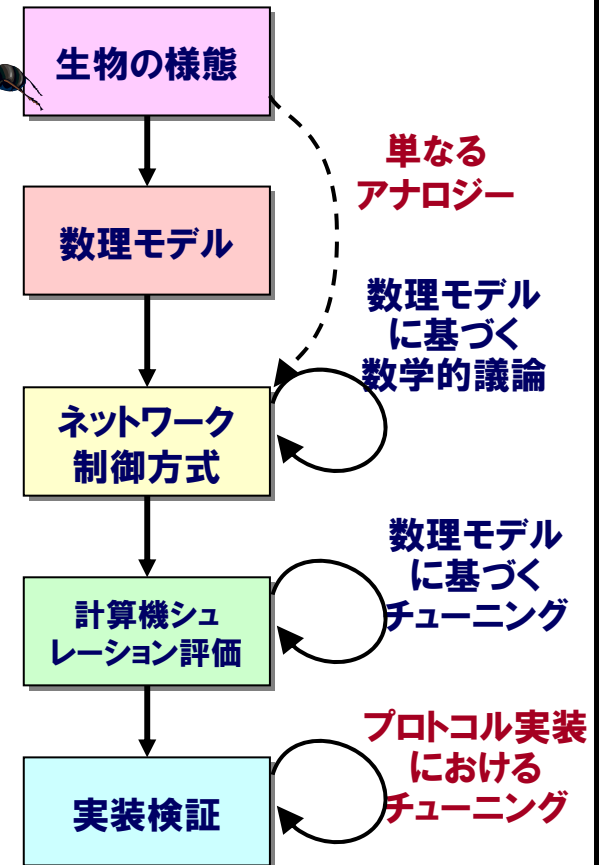
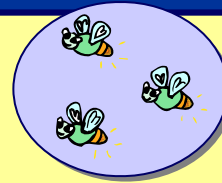
**生物に学ぶ新しいネットワークのため
の通信技術の確立：
自己組織化情報ネットワーク**



生物に学ぶ自己組織化情報ネットワーク制御

要素技術の確立

- 自己組織型センサーデータ収集プロトコル
 - Pulse-Coupled Oscillator
- センサーネットワークのクラスタリング手法
 - 蟻の敵味方判別 (colonial closure) モデル
- P2Pネットワークの資源発見機構とキャッシング機構
 - 蟻などに観測される集団形成モデル (Labor division and task allocation)
 - Stigmergyのストリーミングメディアへの適用
- モバイルアドホックネットワークにおける経路制御
 - Ant Routingのモバイルネットワーク経路制御への適用
- オーバーレイネットワークにおけるマルチパス制御
 - アトラクター選択原理
- モバイルエージェントの並行情報検索のためのEnhanced フラツディング制御
 - 閉空間内における微生物の増殖・死滅モデル
- パスの排反性を提供する同時並行処理型マルチパス設定アルゴリズム
 - 樹木やカビの同時成長過程



生物に学ぶロバストな自己組織型ネットワーク制御

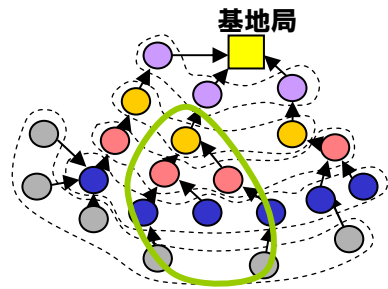
スケーラビリティ、環境変動に対する適応性、ロバスト性



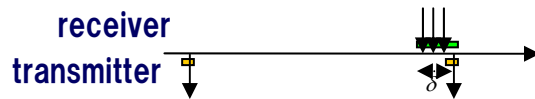
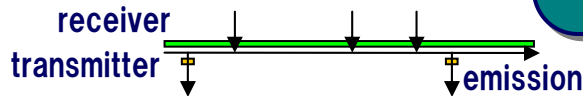
同期型センサ情報収集機構

同期型センサ情報収集機構

ランダムに配置されたセンサからの周期的な情報収集
周縁のセンサノードから順にセンサ情報を発信
発信タイミングをあわせる(同期)ことで省電力効果



自己組織型制御による
拡張性、耐故障性、適応性
の確保



実システムへの適用

通信環境変動・障害の多い屋内におけるセンサ情報収集

- 電力供給のある親機
- 小型・電池駆動の子機

通信状態の変化に適応し、より安定した通信路を構築、センサ情報の良好な収集を実現

生物界における自己組織的な同期

蛍やコオロギにみられる同期現象



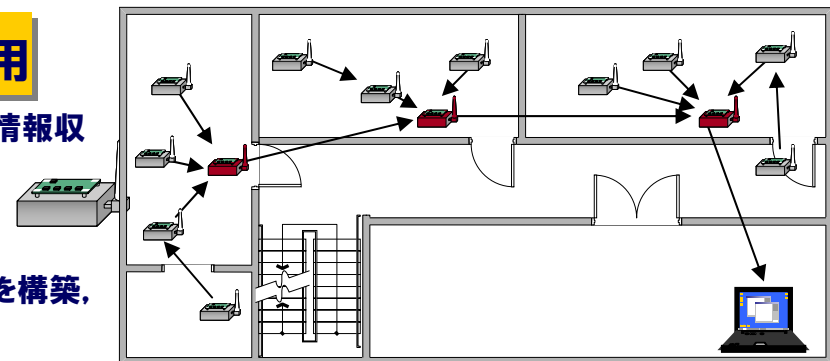
パルス結合振動子モデル

振動子集合 $O = \{O_1, \dots, O_N\}$
位相状態関数

$$x_i = f_i(\phi_i), f_i: [0,1] \rightarrow [0,1], i = 1, \dots, N$$

$$= \frac{1}{b} \ln[1 + (e^b - 1)\phi_i]$$

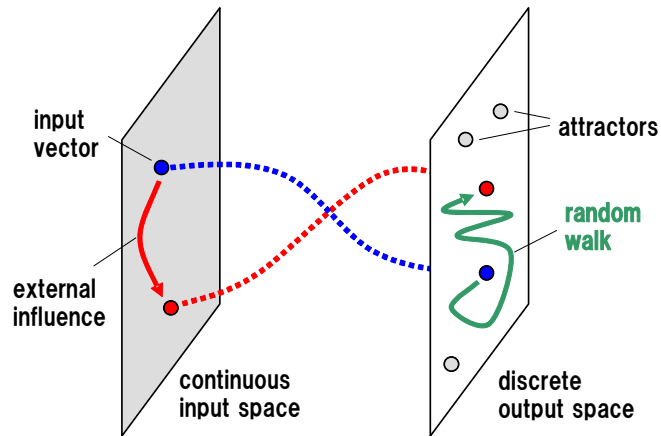
刺激 $x_i(t) = 1 \Rightarrow x_j(t^+) = \min(1, x_j(t) + \varepsilon_i(\phi_j))$



アトラクター選択モデルにもとづくマルチパスルーティング

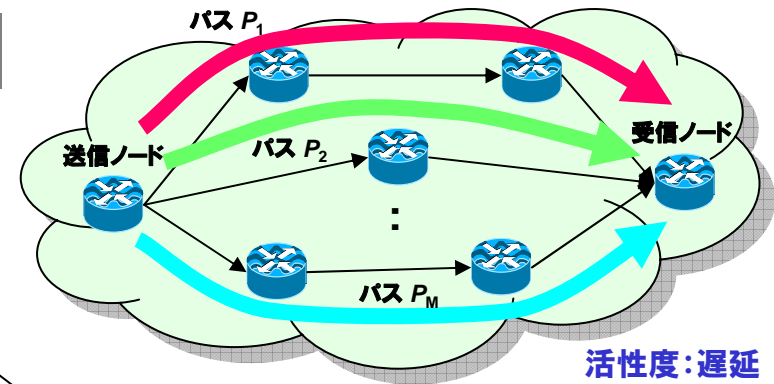
ARAS (adaptive response by attractor selection)

アトラクター選択によるNO RULEな環境適応



$$\frac{d}{dt} \vec{x} = \vec{f}(\vec{x}) \times activity + \vec{\eta}$$

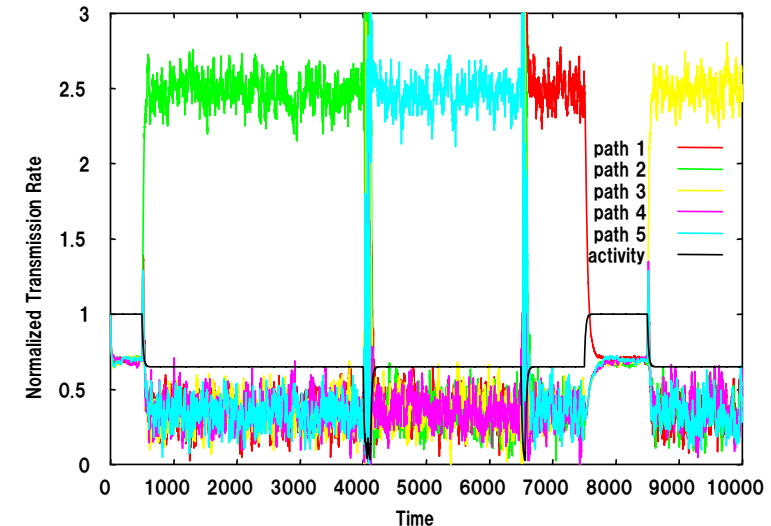
K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata,
“Biologically inspired self-adaptive multi-path
routing in overlay networks,” *Communication of
the ACM*, special issue on “Self-Managed
Systems and Services”, 2006.



転送レート

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{syn(act)}{1 + m_{max}^2 - m_i^2} - deg(act)m_i + \eta_i$$

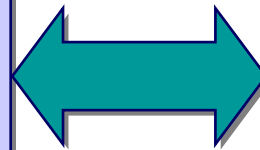
ノイズ項



アトラクター選択モデルにもとづくマルチパスルーティングの場合

ルーティングの重要な点

- ・新しい経路ができたときに、いかにそれを発見するか
- ・経路上に故障が発生したときに、いかにそこを回避するか
- ・負荷などの環境変化があったときに、いかにそれに対応するか
 - ・ただし、一時的な変動に過度に対応したくない
- ・変動と誤差をいかに見分けるか



アトラクター選択に基づくマルチパスルーティング

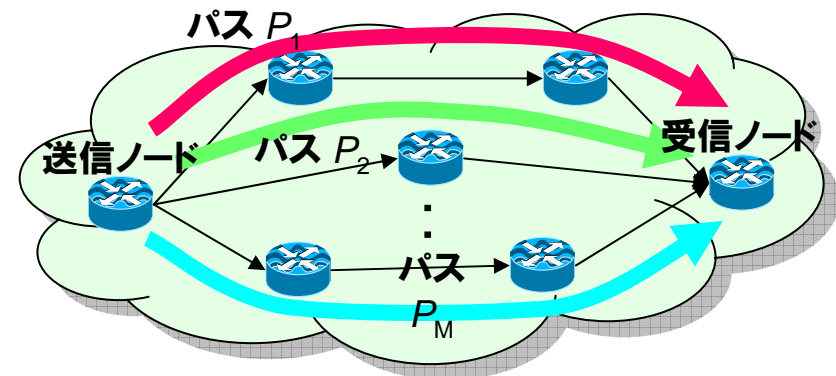
常に揺らいでいる通信状況を環境情報として取り込む

送信ノードが独自の判断で複数の候補から現時点で最適なパスを選択する

局所解に陥らないために確率的経路選択をする「ノイズ」を付加する

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{\text{syn}(\text{act})}{1 + m_{\max}^2 - m_i^2} - \text{deg}(\text{act})m_i + \eta_i$$

従来の効率(スループット)を追い求める
研究開発手法からの脱却



生物に学ぶ自己組織型ネットワーク制御

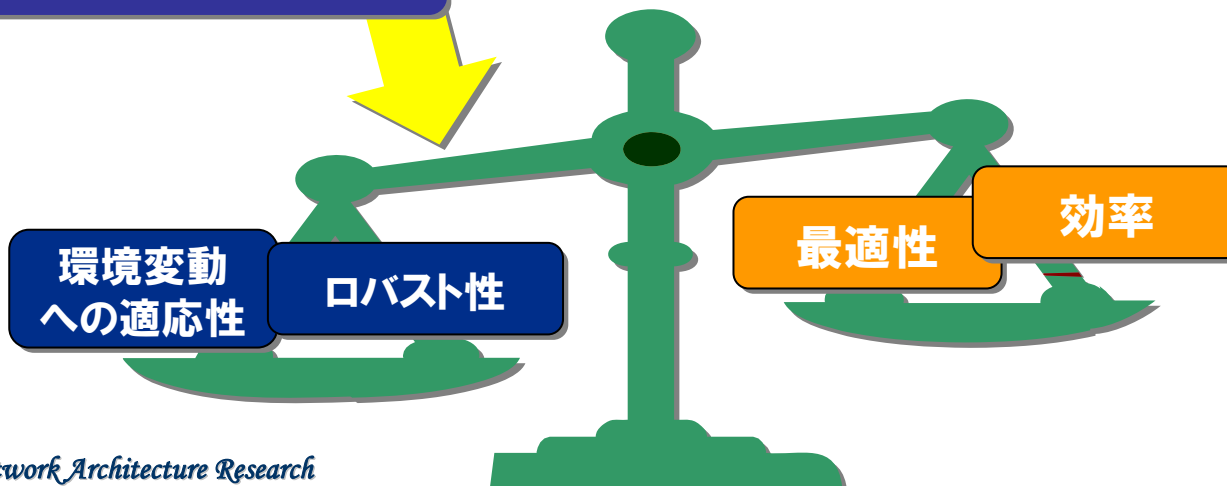
対象システムの特徴

- ・大規模かつ複雑
- ・環境が変動する
 - 他ユーザの利用状況
 - 自身の利用状況
 - 資源自身の変動
 - 統計情報の変動

従来手法

- ・状況を予測し、個別最適解を準備
 - 集中型制御による最適化
 - 状態空間の爆発
- ・発見的解法
 - GA (Genetic Algorithm)法、NN法
 - SA (Simulated Annealing)法
 - 局所最適解からの脱出に確率を用いる
 - 環境変動に対して？

生物に学ぶ制御



生物に学ぶ自己組織化ネットワーク —得られた知見—

自己組織型制御の重要性

- 基本構造はフォワード制御とフィードバック制御による安定化
もともとネットワーク制御では必須
- ランダム性の導入による適応的な新しい解の発見、特に時間的変動のあるシステムに対してロバスト性を確保するのに必須要素
経験的に採用されていたが、その妥当性が検証された
- エンティティ間の局所通信による行動の決定
環境を介した間接的なインタラクションによって、全体の制御を実現する(Stigmergy)

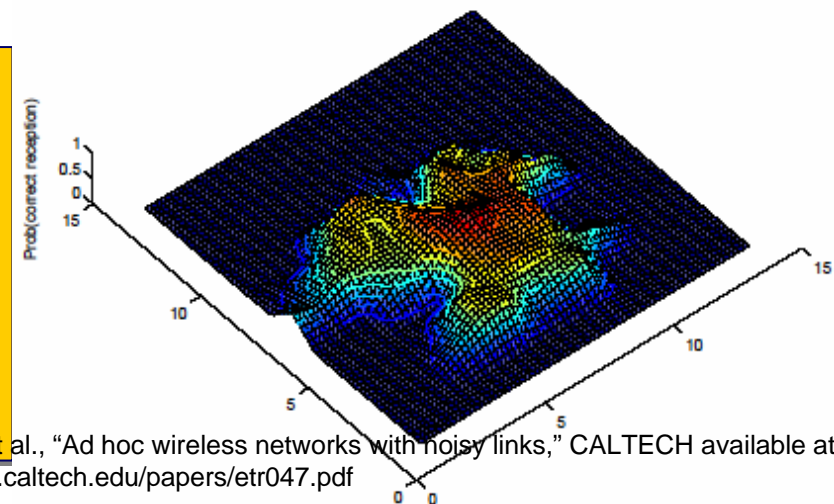
適応型かつ自己組織型制御による拡張性、移動性、多様性への対処可能性

• センサーネットワーク

- 環境変動が激しく、数学モデルによる予測が不可能
 - 受信強度は距離の2乗に反比例？
 - フェージング、マルチパスの数学モデル？
 - ビット誤りはギルバートモデル？
 - 時間的な変動が激しい
- ノード数、適切なクラスター数、それらの位置などあらかじめ知ることができないため、自律的に発見する必要がある

• オーバーレイネットワーク

- P2P、オーバーレイルーティングなど



Lorna Booth et al., "Ad hoc wireless networks with noisy links," CALTECH available at www.paradise.caltech.edu/papers/etr047.pdf



生物に学ぶ自己組織化ネットワーク — 問題点 —

定常状態では、安定するまでに時間を要する

- 分散型を突き詰めた形であり、当然
 - 従来の技術は集中型制御、分散型集中制御であり、それらに比較すれば
 - 速くするためには、メッセージ交換が必要→耐故障性、スケーラビリティの問題

生物の絶対時間と異なり、制御のための人工的時間なので加速化も可能

従来の評価手法では制御の「良さ」を示せない

- 主として定常状態に着目するため
 - 現実の世界で、定常状態にあるシステムが存在するか？
 - 最適に作りこんだシステム・方式との比較評価では、もともと良さを示すのは困難

評価手法の研究開発

ランダム性をどのように入れればよいのか

- なぜランダム性か？
 - 経験則として広く用いられてきている
 - ランダム≠適当

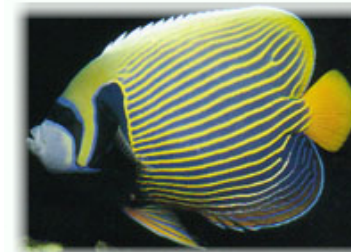
$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{\text{syn}(\text{act})}{1 + m_{\max}^2 - m_i^2} - \text{deg}(\text{act})m_i + \eta_i$$

適応性に対するランダム性の明確化



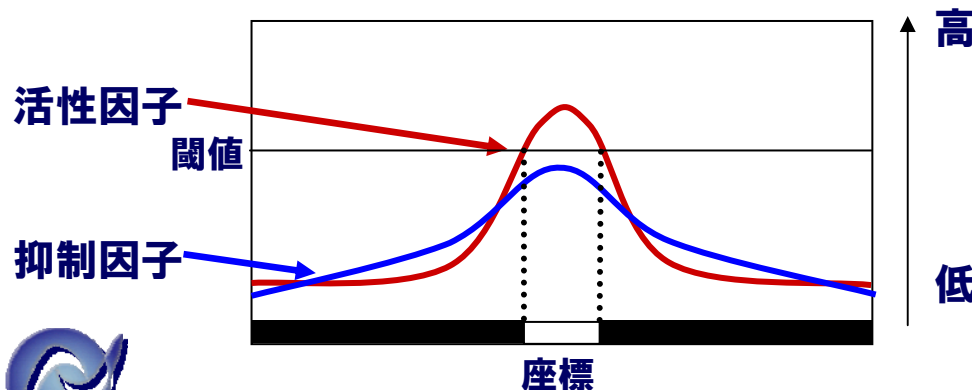
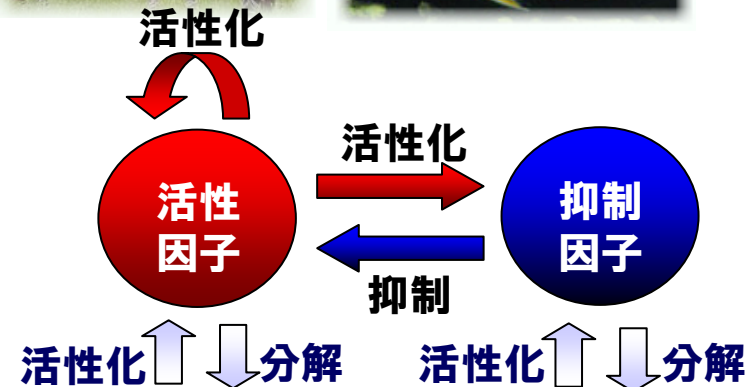
反応拡散モデルに基づく情報伝達機構

- 細胞内における活性化 / 抑制反応と、隣接細胞への活性 / 抑制因子の拡散によるパターン形成



活性化因子	$\frac{\partial u}{\partial t} = F(u, v) + D_u \nabla^2 u$
抑制因子	$\frac{\partial v}{\partial t} = G(u, v) + D_v \nabla^2 v$
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 反応項 拡散項 </div>

反応拡散方程式



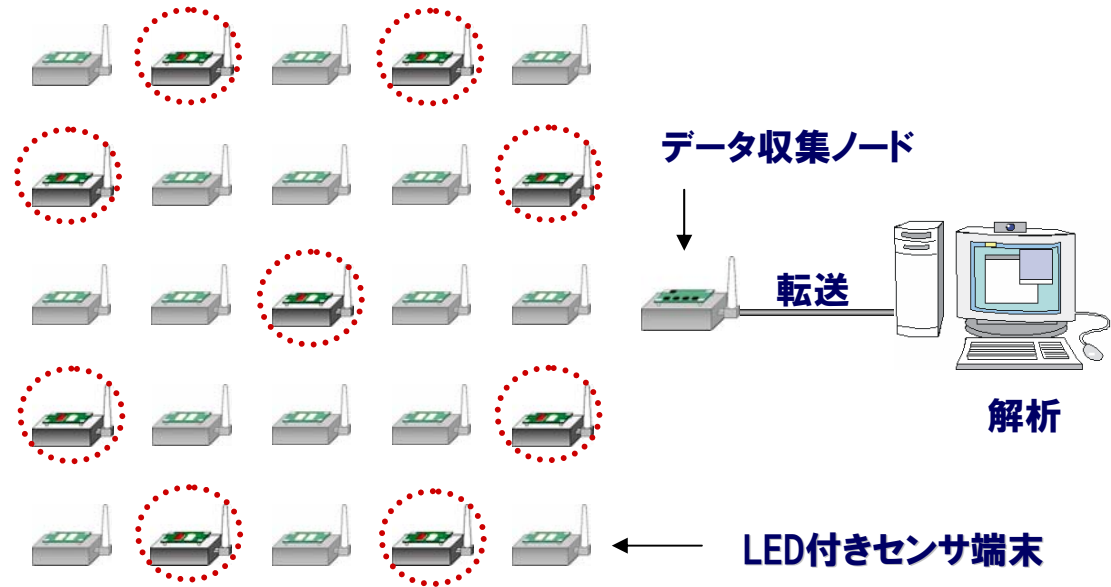
ある場所の**活性化因子濃度が高くなった時**

- 自己活性化により活性化因子濃度が上昇
- 活性化因子により抑制因子濃度も上昇
- 抑制因子が周囲に早く拡散**
- 抑制因子が周囲の**活性化因子増加を抑制**
- 部分的に活性化因子濃度が高い分布



実機実験イメージ

無線通信による反応・拡散
LEDによるパターン表示



- 1 隣接ノードと通信して因子濃度情報を交換
- 2 因子濃度を反応拡散方程式に基づき計算
- 3 活性因子濃度の値に応じてLEDを点灯



デモ映像

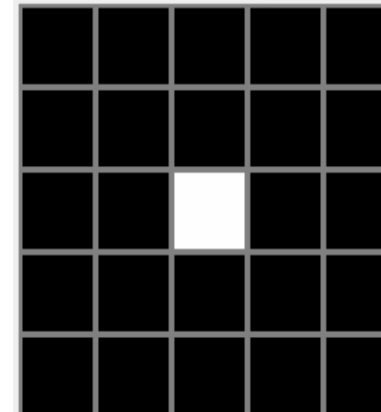
実機



LED(赤)点灯：活性因子濃度が閾値より大きいノード
LED(赤)消灯：活性因子濃度が閾値より小さいノード
LED(緑)：情報を送信しているノード

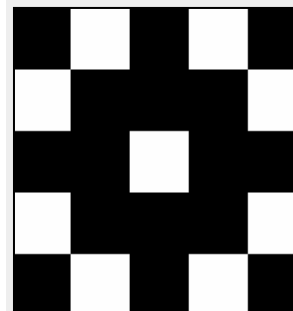
シミュレーション

0ステップ



白：活性因子濃度が閾値より大きいノード
黒：活性因子濃度が閾値より小さいノード

最終パターン



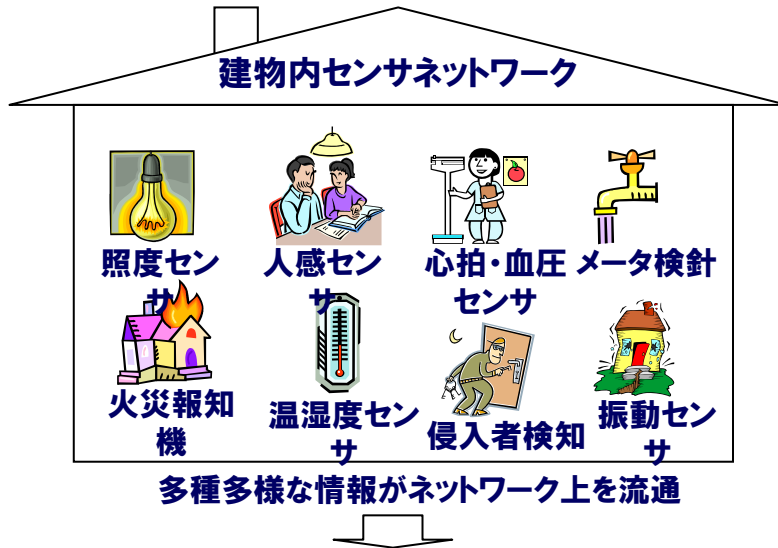
センサネットワークによる確実・迅速な緊急情報伝達

センサネットワーク

センサ・CPU・無線を搭載したセンサノードを多数配置し、相互に通信することにより、環境情報を収集

安全・安心な社会の実現

背景

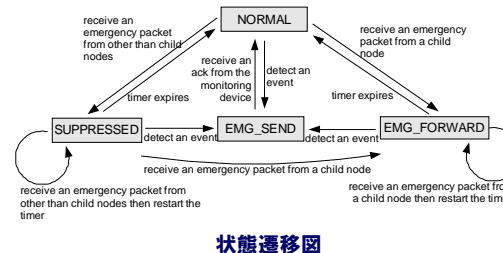
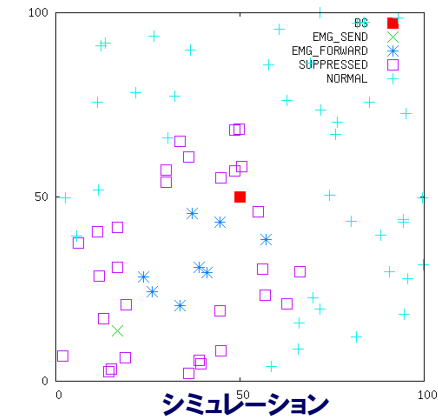
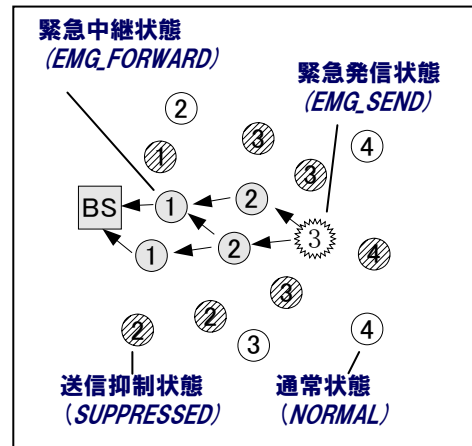


無線通信では電波の衝突により情報が失われる

重要な情報の迅速・確実な伝達のためには
情報を重要度・緊急度によって差別化し、その優先度に応じて伝達をおこなうQoS制御の必要性

提案手法 (assured corridor メカニズム)

- 緊急情報の伝達経路の周囲ノードの送信を抑制
- 緊急情報の伝達経路上のノードのスリープを抑制



各ノードが自律的に優先経路を確立

低遅延かつ確実な緊急情報の伝達



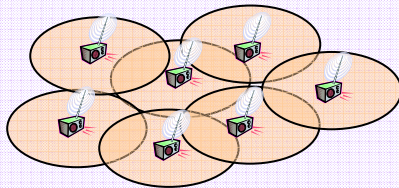
緊急情報伝達のための要素技術

異常時に備えた通常時制御と異常情報伝達のための異常時制御

通常時運用

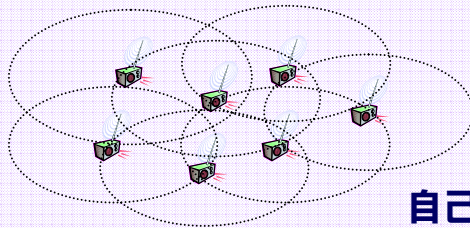
異常を確実に検知するための
カバレッジ制御技術

- 冗長なセンサのスリープ制御



異常を確実に伝達するための
コネクティビティ制御技術

- 送信電力制御



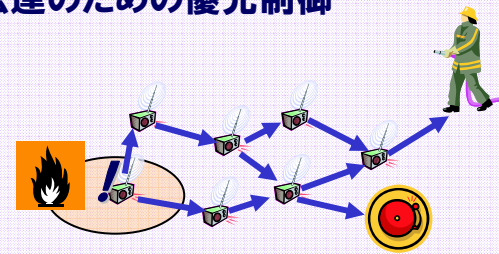
自己組織型制御技術

異常検知

異常時運用

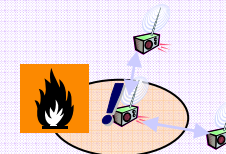
異常を確実にかつ迅速に伝達するための
通信制御技術

- 迅速な伝達のための優先制御



異常を確実に検出するための
情報処理・伝達技術

- ノードのインテリジェント化



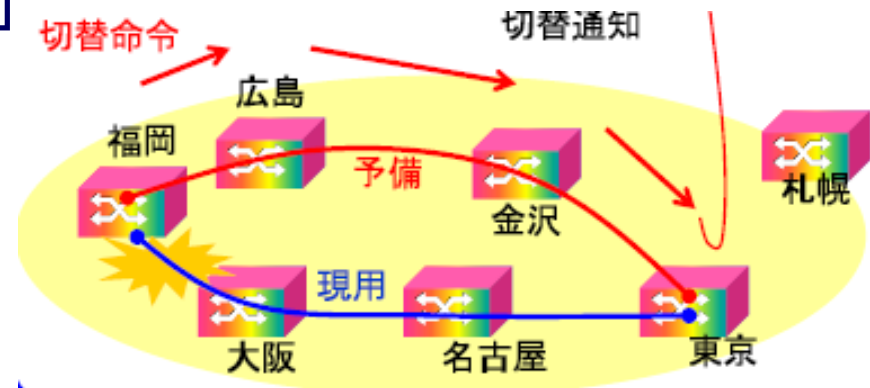
第2フェーズ

新世代ネットワークアーキテクチャ の確立に向けて

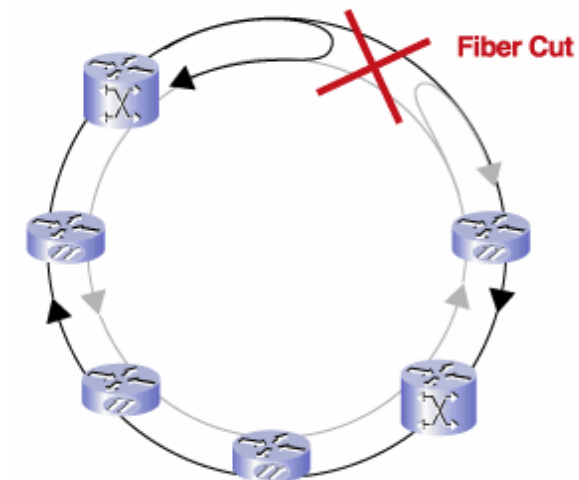


これまでの情報ネットワーク

- これまでの目的:故障のない「完全な」システム
 - ハードウェア:バックアップの確保
 - 故障の予測と個別対策の準備
 - 単独故障前提
 - ソフトウェア:バグはありえない
 - 「外乱」への対策
 - 現在の通信状態を把握し、そこから雑音(測定誤差)をいかに取り除くか
 - コストパフォーマンスの最適化設計
 - 個々の構成要素を解析し、それを積み上げることによって全体の振る舞いを予測する:ボトムアップ手法
- システムの大規模化、複雑化、高度化
 - 同時複数故障、面故障、連鎖故障
 - 常時変動する環境
 - 計画に基づくシステム構築の困難さ(If Then Else型)

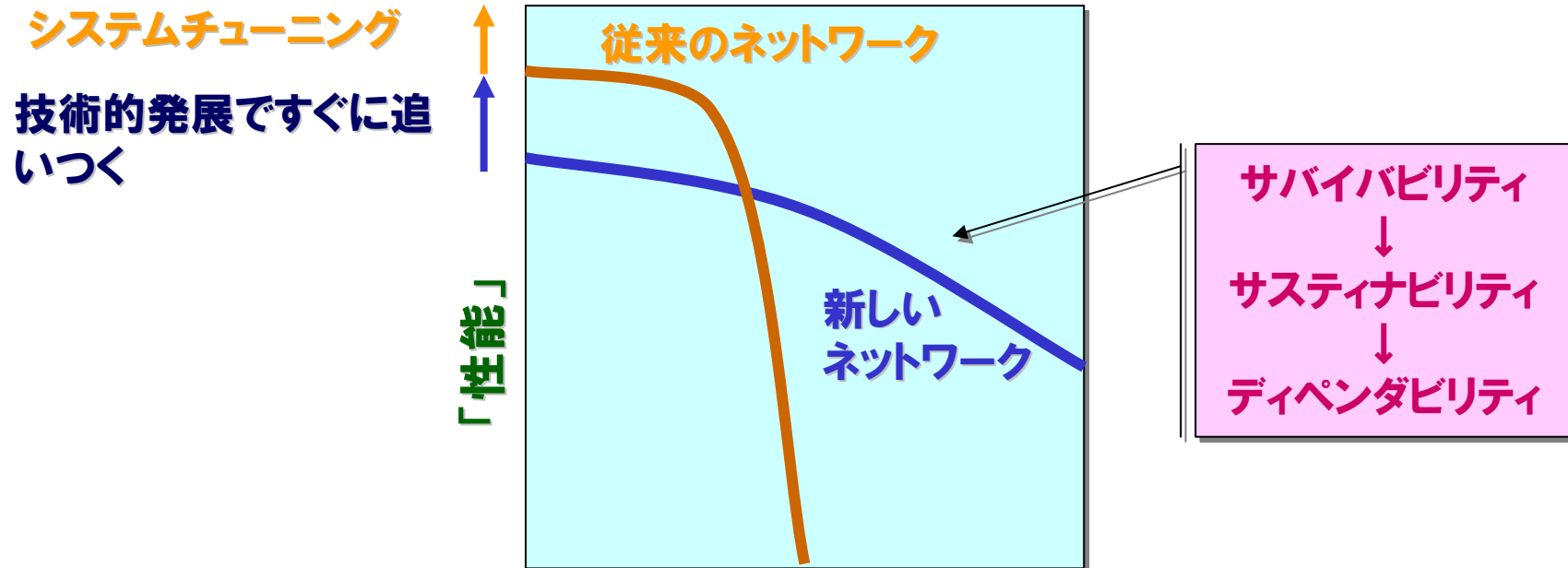


http://www.mpls.jp/2005/presentations/051122_04.pdf



新しいアプローチの必要性

- 柔軟性、自律性を有するエンティティの集合体としての情報システム
 - ダイナミックでディペンダブルなシステムの構築

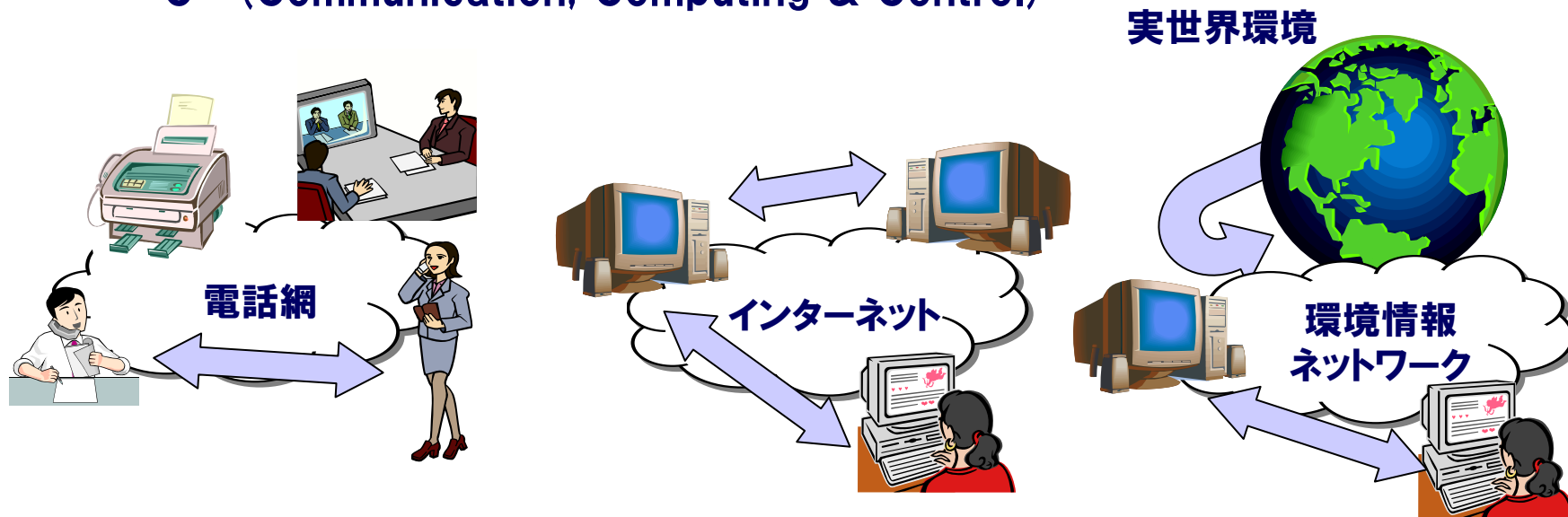


同時故障数、故障の重大度、環境の変動度、

- われわれのアプローチ
 - 自己組織化情報ネットワークアーキテクチャの構築

環境情報ネットワークの構築

- ネットワークの機能要件
 - 環境情報の取得と環境の制御
- C³ (Communication, Computing & Control)



「環境」

変動する通信環境: ノイズ(ランダム性)を積極的に利用

環境変動: 故障やDDoS攻撃などを含む

実世界環境情報: ノイズ除去

ノイズを利用したデータ処理

研究の方向性

自己組織化ネットワーク: トップダウン手法

- ・個々の構成要素をシンプルにし、全体システムの振る舞いを論じ、それを個々の構成要素の設計にフィードバック
- ・Stigmergy、自律分散制御、群知能(Collective Intelligence)、複雑適応系

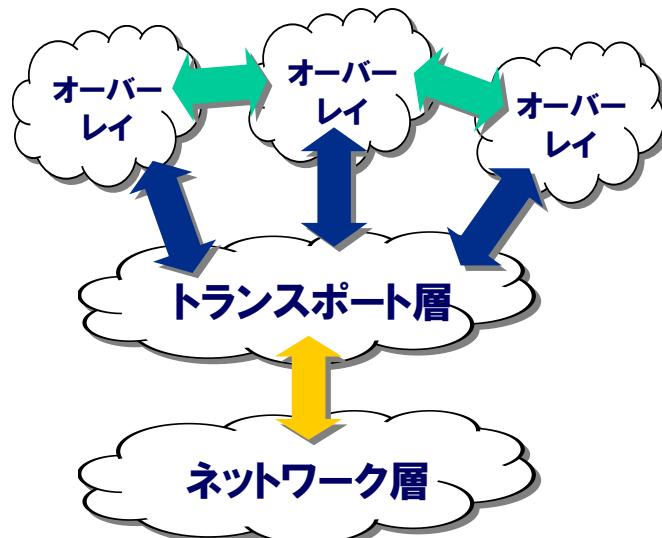
*-tiesの研究

Availability, Scalability, Flexibility, Mobility...
指標、評価手法

将来のネットワーク
アーキテクチャ

耐故障性に優れた安全
なネットワーク

自己組織化ネッ
トワーク



新世代アーキテクチャの確立に向けた課題

- ・各階層プロトコルの見直し(縦のインタラクション)
 - ・オーバーレイネットワークと物理ネットワーク(IP)のインタラクション
- ・オーバーレイネットワークのありかた(横のインタラクション)

生態学に基づく共生モデルを適用した TCP Symbiosis

- ロトカ・ヴォルテラ競争モデル(共生モデル)

- 互いに競争関係にある2種以上の生物の個体数変化を表す
- ロジスティック増殖モデルを拡張したもの

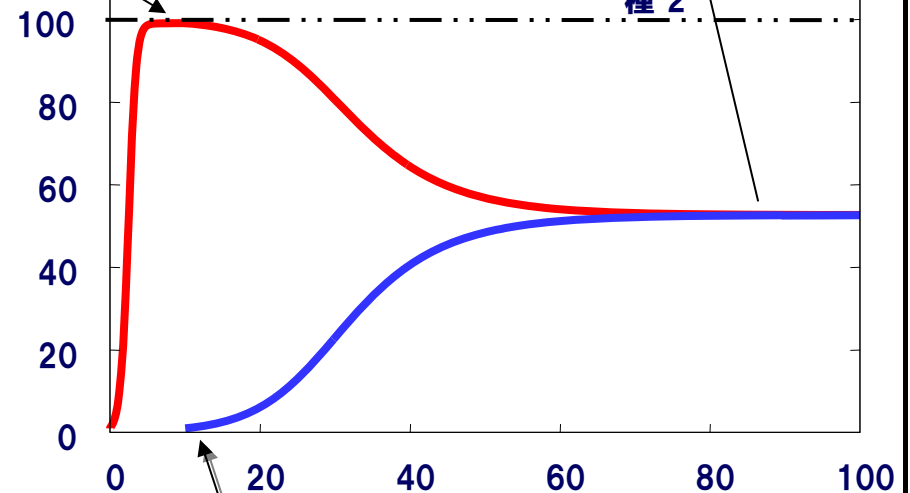
$$\frac{d}{dt} N_1(t) = \varepsilon \left(1 - \frac{N_1(t) + \gamma \cdot N_2(t)}{K} \right) N_1(t)$$

$$\frac{d}{dt} N_2(t) = \varepsilon \left(1 - \frac{N_2(t) + \gamma \cdot N_1(t)}{K} \right) N_2(t)$$

N : 個体数
 K : 環境容量
 e : 種内の自然増加率
 g : 種間競争による増加率の低下

環境容量

生物の個体数



個体数は公平に収束する

種 1
種 2

新たな生物が
この環境に現れる

TCP Symbiosis の輻輳制御

- TCP のデータ転送速度の制御へ変換
 - 個体数 → データ転送速度
 - 環境容量 → 物理帯域
 - 自分以外の生物の個体数
→ 自分以外のコネクションの使用帯域
(物理帯域 - 利用可能帯域) として推測する
- ウィンドウサイズ制御式
 - 帯域情報を利用したウィンドウサイズ制御
アルゴリズム
 - インライン計測によって帯域情報を取得
 - 数理生態学における数学モデルを利用した
ウィンドウサイズ制御を使用

$$w_i(t) = \frac{w_i(0) \cdot e^{\varepsilon \cdot t \left\{ 1 - \gamma \left(1 - \frac{A_i}{K} \right) \right\}} \{K - \gamma(K - A_i)\} \tau_i}{w_i(0) \cdot \left(e^{\varepsilon \cdot t \left\{ 1 - \gamma \left(1 - \frac{A_i}{K} \right) \right\}} - 1 \right) + \{K - \gamma(K - A_i)\} \tau_i}$$

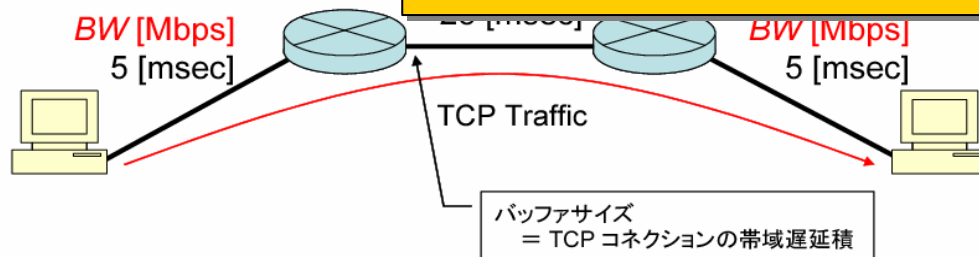
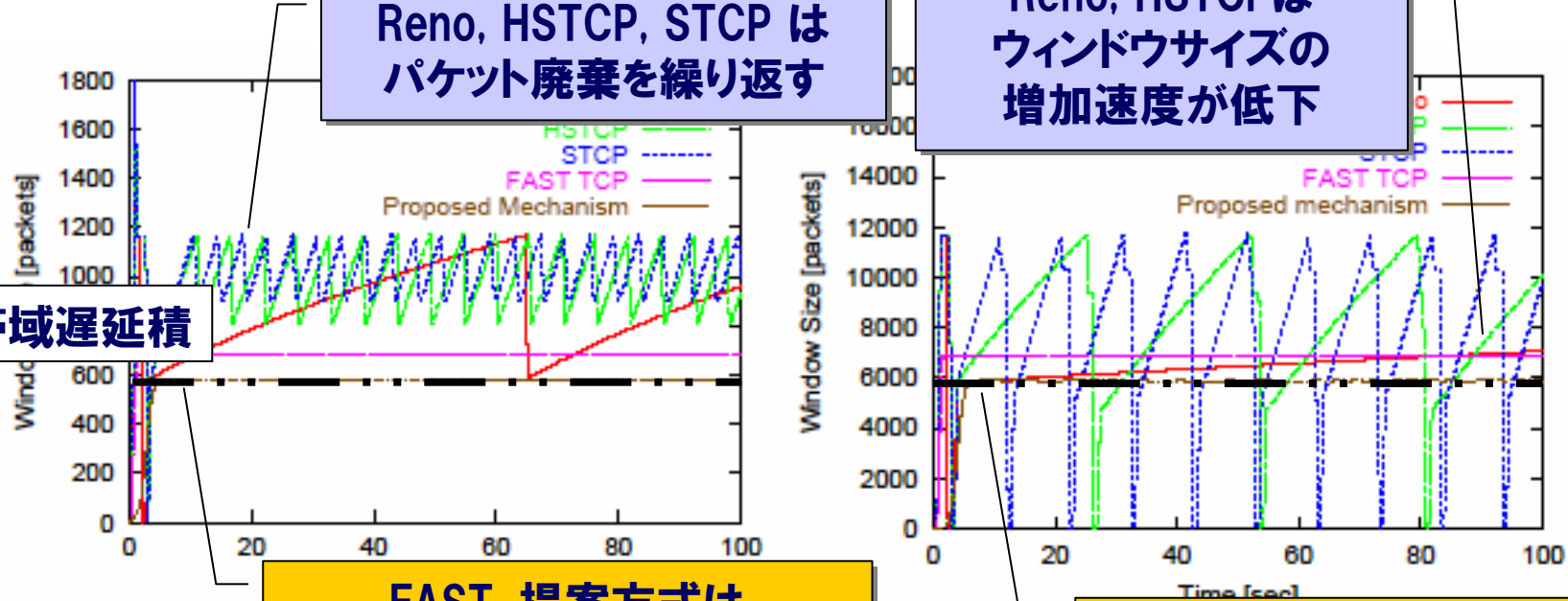
W : ウィンドウサイズ
 K : 物理帯域
 A : 利用可能帯域
 τ : RTT の最小値
 ε : 増加率
 γ : 競合による
 増加率の低下

- Go Hasegawa & Masayuki Murata, Workshop on interdisciplinary systems approach in performance evaluation and design of computer & communication systems, Pisa Italy, October 2006

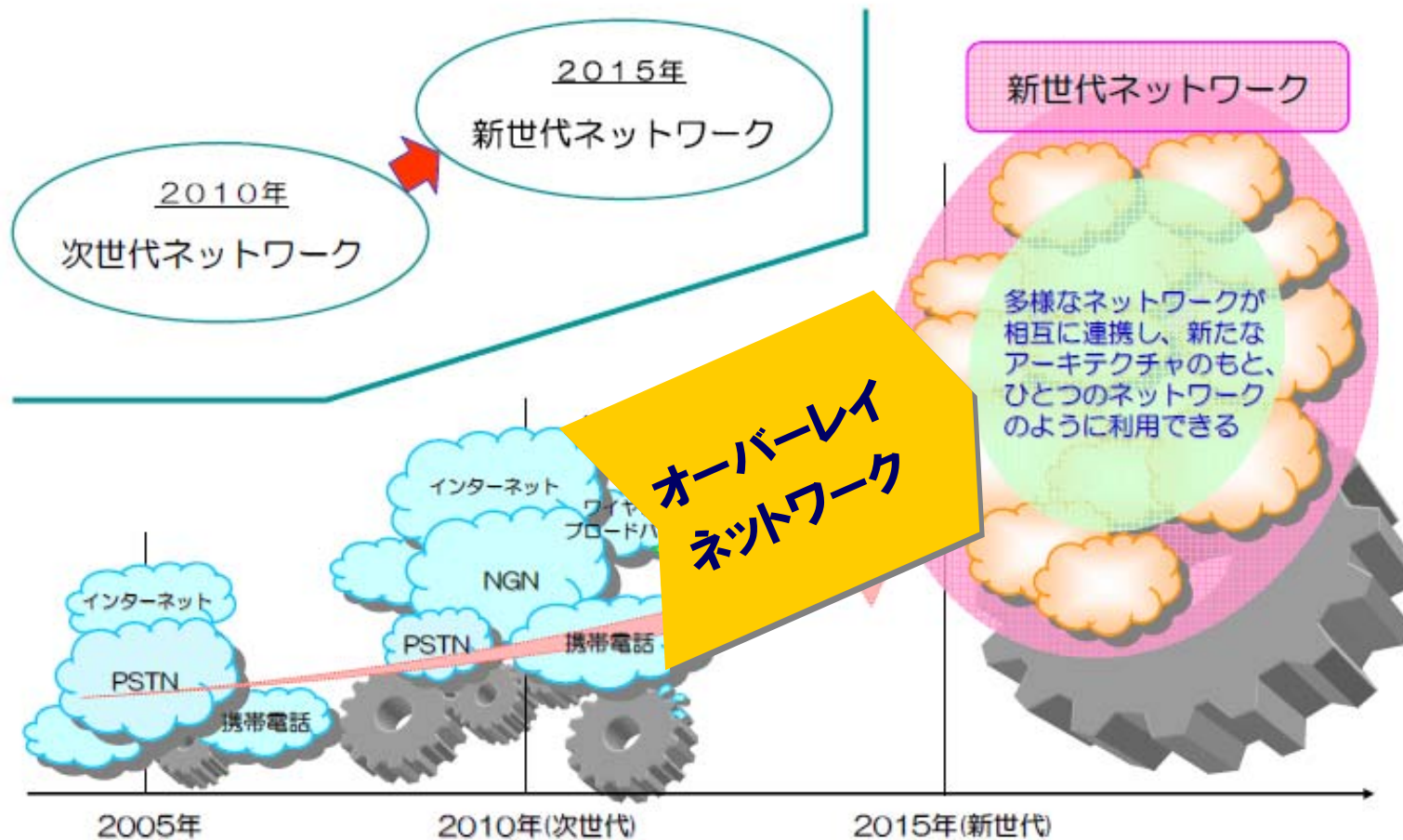


結果:ウィンドウサイズの変化

- 帯域 BW は 100, 1000 [Mbps]



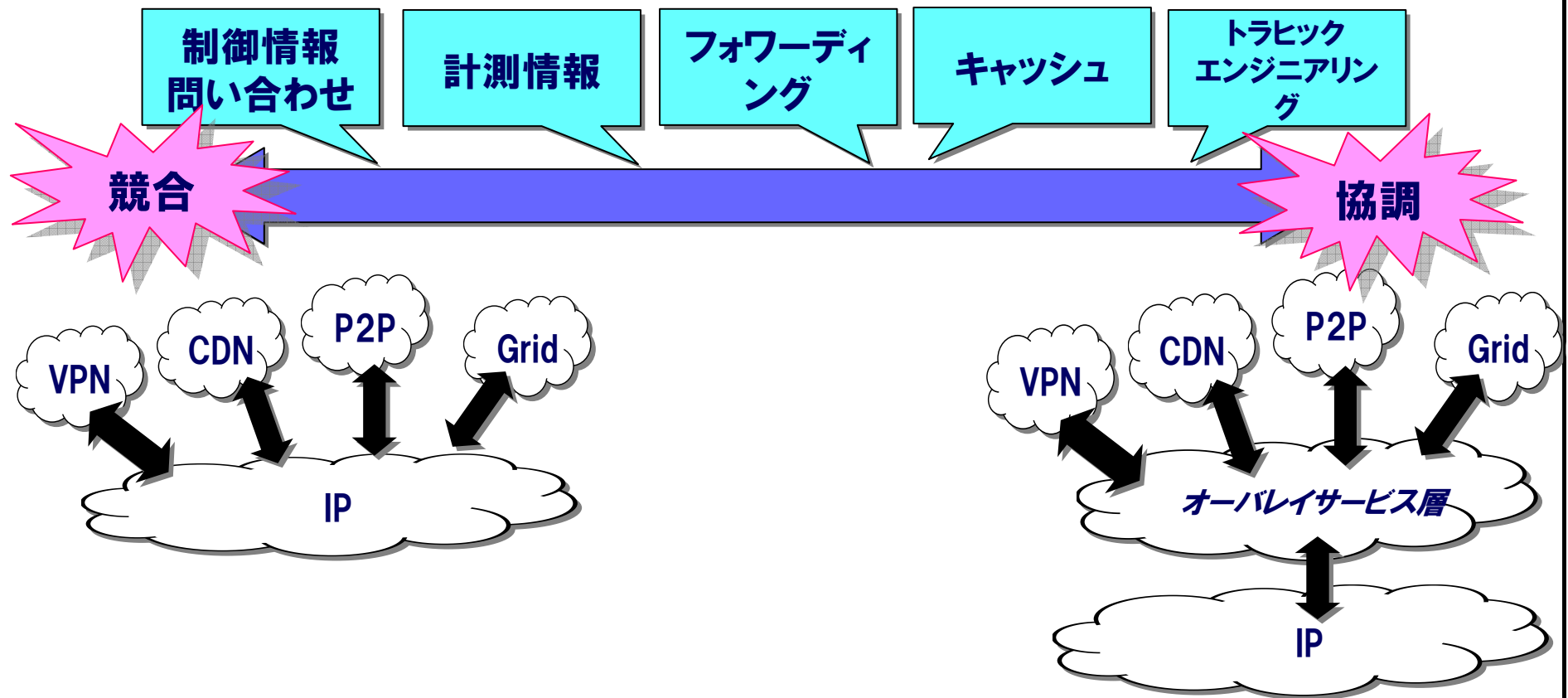
次世代ネットワークアーキテクチャ？



- 総務省次世代ネットワークアーキテクチャ研究会資料より抜粋

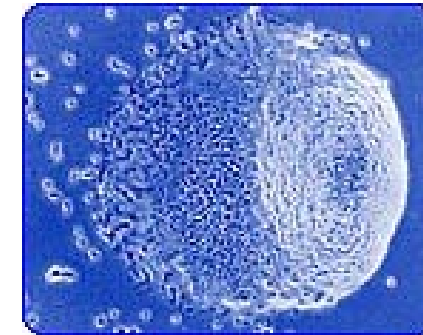
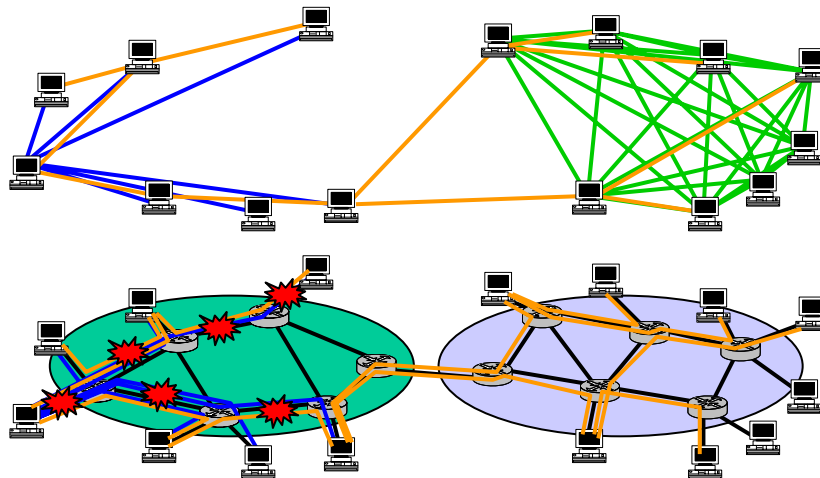
オーバーレイネットワーク同士の相互作用？

・ 協調か競合か



オーバレイネットワーク共生環境の解明

- **オーバレイネットワーク**
 - 物理網(IPネットワーク)上に仮想的に構築された論理網
 - 環境(物理網)を介して相互に影響を与えあう

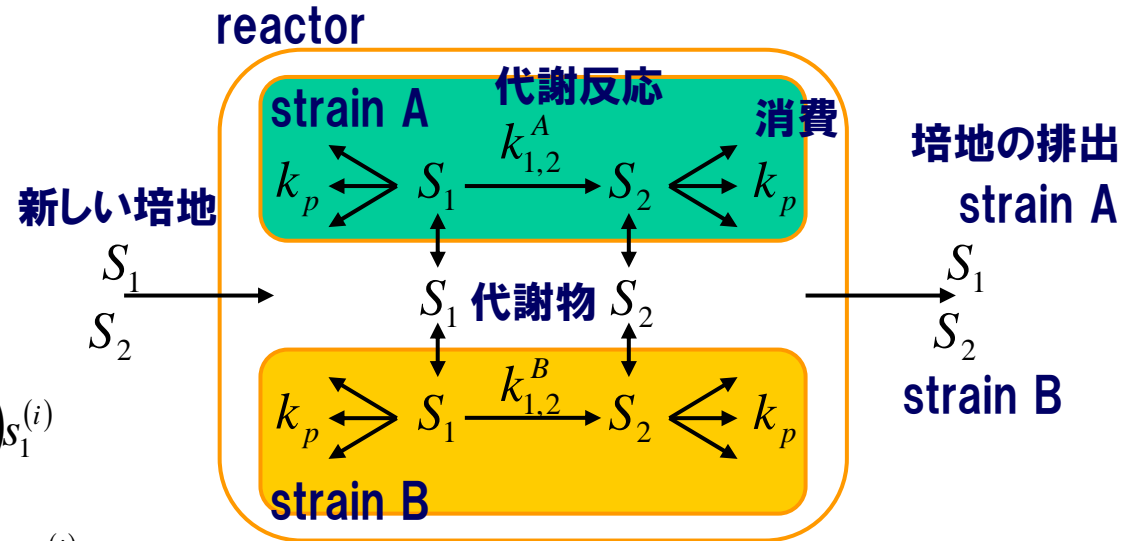


Symbiotic colony composed of E. coli and Dictyostelium.

- **生物システムにおける共生のメカニズムにもとづいて、物理網資源を共有・競合するオーバレイネットワークの共生の仕組み、条件を明らかにする**

共生モデル

- 培地(環境)を介して細胞間で代謝物をやりとり



細胞内の代謝物濃度変化

$$\frac{ds_1^{(i)}}{dt} = \frac{P}{V} (s_1^{(R)} - s_1^{(i)}) - (k_{1,2}^{(i)} + k_p) s_1^{(i)}$$

$$\frac{ds_2^{(i)}}{dt} = \frac{P}{V} (s_2^{(R)} - s_2^{(i)}) + k_{1,2}^{(i)} s_1^{(i)} - k_p s_2^{(i)}$$

反応器内の代謝物濃度変化

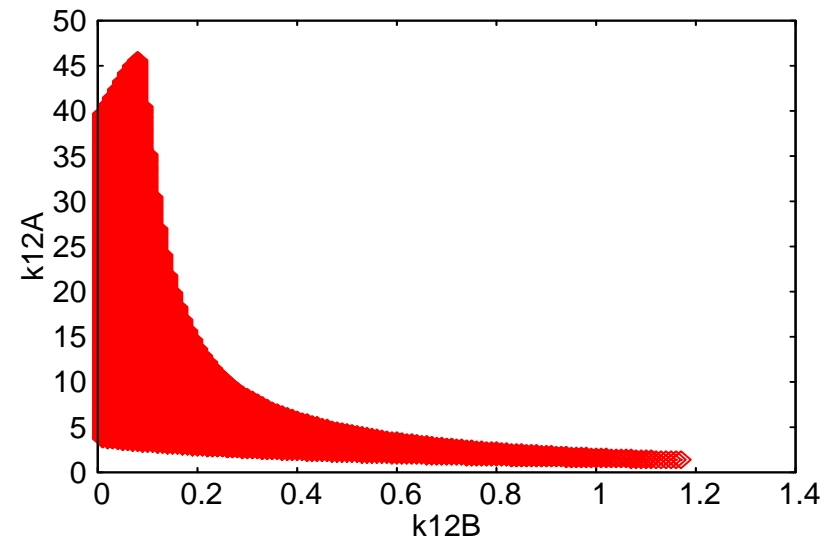
$$\frac{ds_1^{(R)}}{dt} = D(s_1^{(0)} - s_1^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_1^{(i)} - s_1^{(R)})$$

$$\frac{ds_2^{(R)}}{dt} = D(s_2^{(0)} - s_2^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_2^{(i)} - s_2^{(R)})$$

反応器内の細胞数変化

$$\frac{dX^{(i)}}{dt} = \alpha s_1^{(i)} s_2^{(i)} X^{(i)} - DX^{(i)}$$

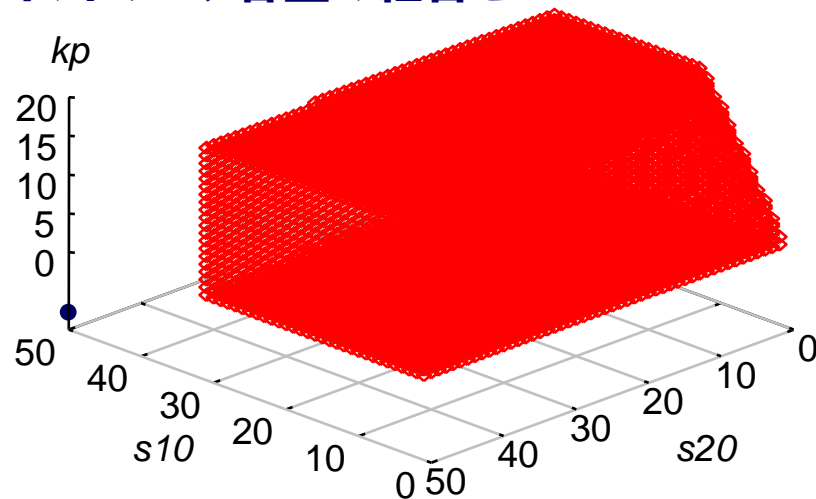
共生の発現する代謝速度の組合せ



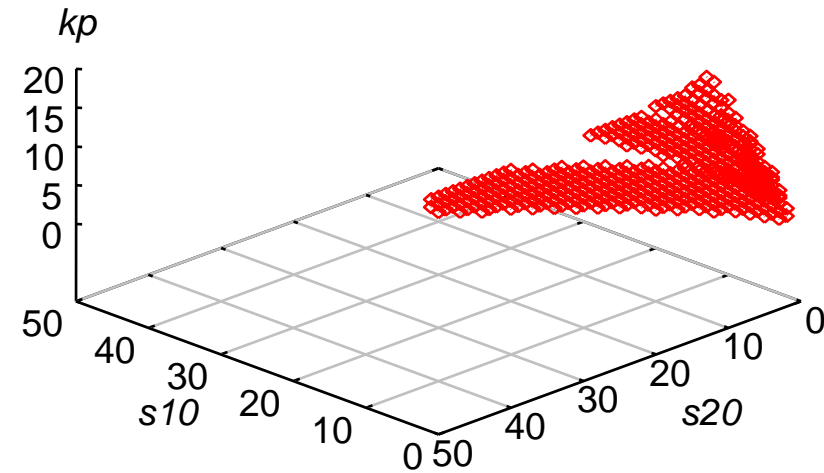
オーバレイネットワークの共生

- 異なるサービスを提供するオーバレイネットワークの共生
 - よりよいサービスを提供するネットワークはより多くの網資源を使用
 - より多くのユーザを受け入れたネットワークはより成長

共生の発現するユーザ参加・離脱率、
ネットワーク容量の組合せ



共生によってはじめてオーバレイネットワークが
存在できる領域



- 競合するサービスが共存するための設計指針を示す

われわれが目指すネットワークアーキテクチャ

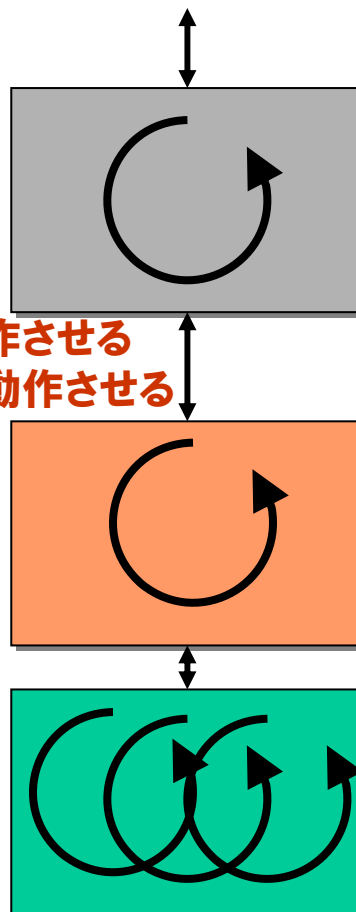
・環境に適応する複雑適応系としての 情報ネットワークアーキテクチャ

エマージェント型制御

- ・上位層の活性度が下位層を適応的に動作させる
- ・下位層の状態変化が上位層を適応的に動作させる

自己組織型制御

- ・エンティティ間の局所通信による制御
- ・フィードフォワードによる最適解への収束
- ・フィードバック制御による安定化
- ・ランダム性の導入による適応性



なぜ複雑適応系か

- ・集中的な制御を完全に排除する
- ・自律的なエンティティの集合
- ・それぞれのエンティティは単純な制御しか行わない
- ・エンティティ間の通信は単純なもの、かつ近いもの同士しか通信しない
- ・これらの結果得られる創発性は、環境の変化や予期しない事態にも高度に適応性を持つ

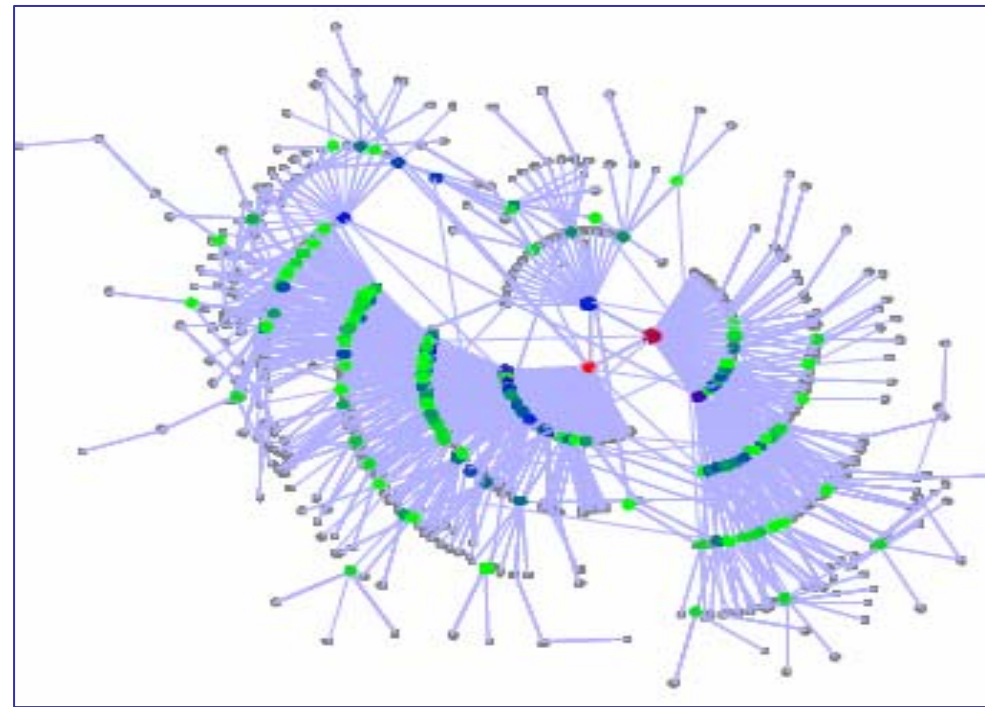
第3フェーズ

複雑適応系としての ネットワークアーキテクチャ構築のための 設計理論

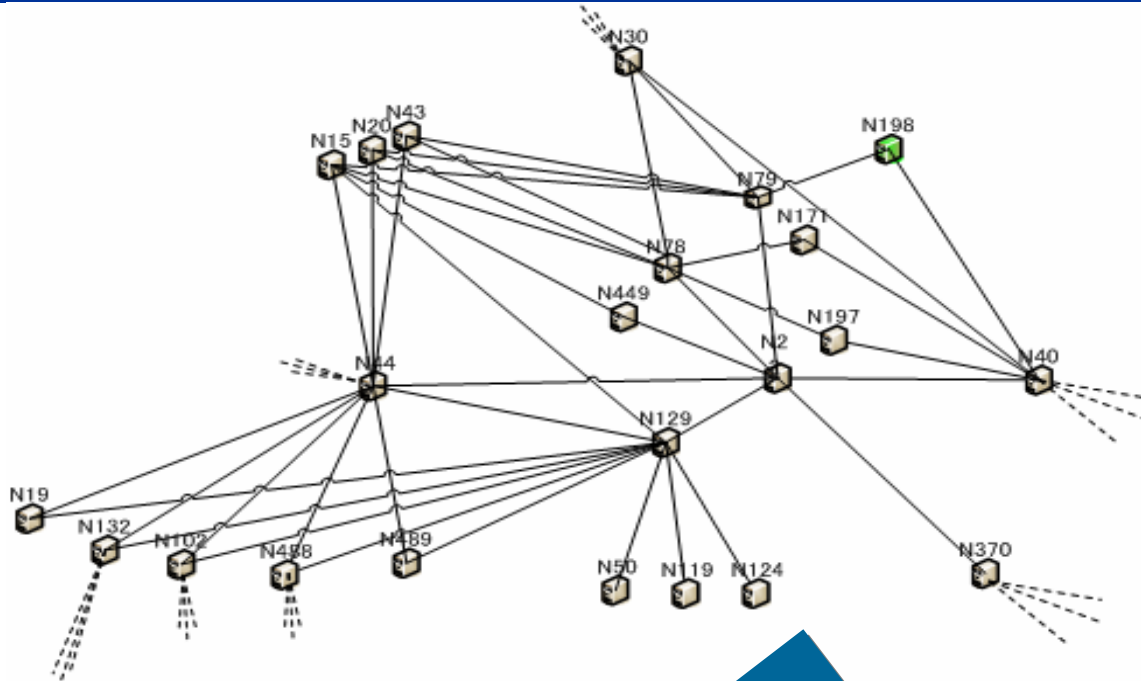


べき則ネットワーク

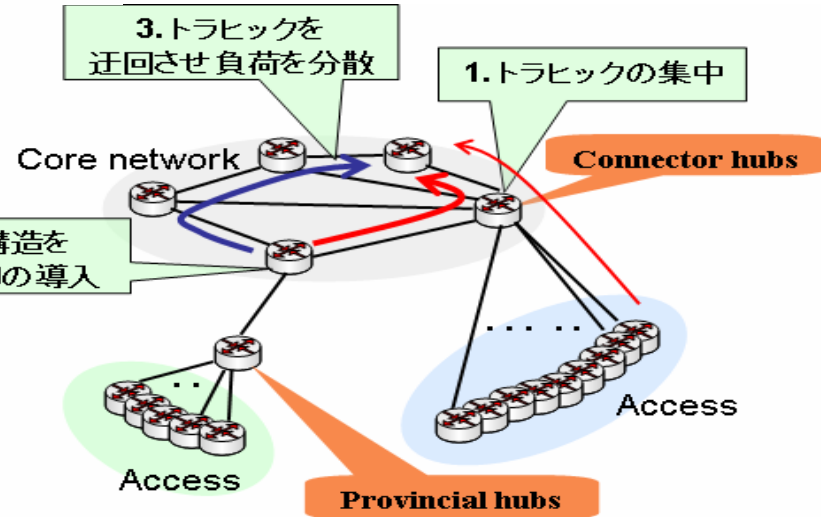
- **べき乗則 (Power-Law Network, Scale-Free Network)**
 - リンクの接続数が k になる確率; $k^{-\alpha}$
- **トポロジーに関するもの**
 - 遺伝子代謝ネットワーク、神経回路網、送電網、知人関係、論文引用関係、WWWのリンク数、P2P接続関係、インターネットのルータ接続関係など
- **特徴**
 - (ランダムネットワークと比べて)
ランダム故障には強いが、
アタックには弱い
 - “Robust, yet fragile”
 - ハブノードの存在により、
経路長が小さい
- **なぜべき則か？**
 - 自己組織化
 - Dynamical evolution
 - Many interacting units



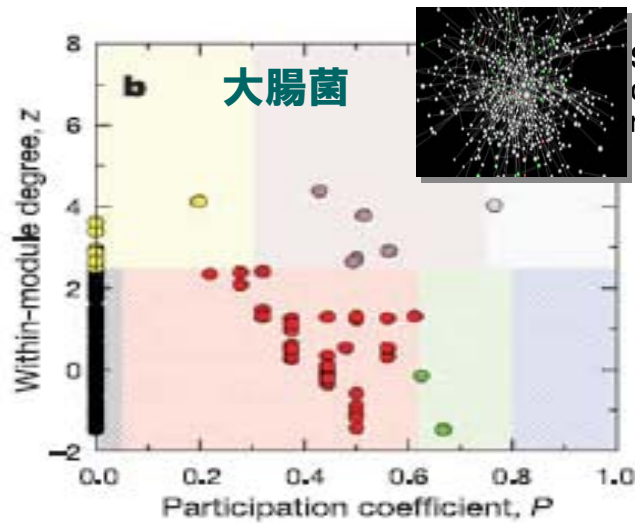
Sprintの例



べき則特性によるネットワーク制御へのImplication

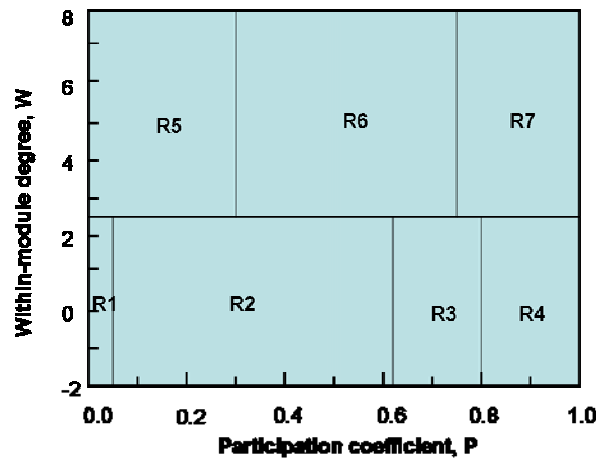
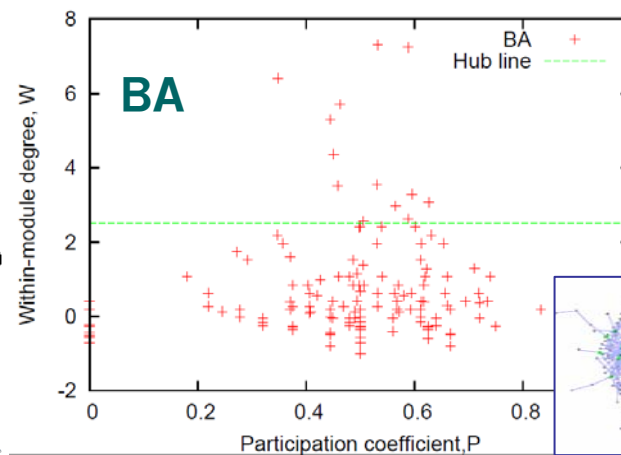
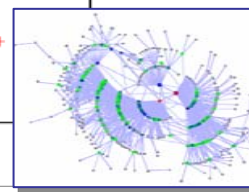
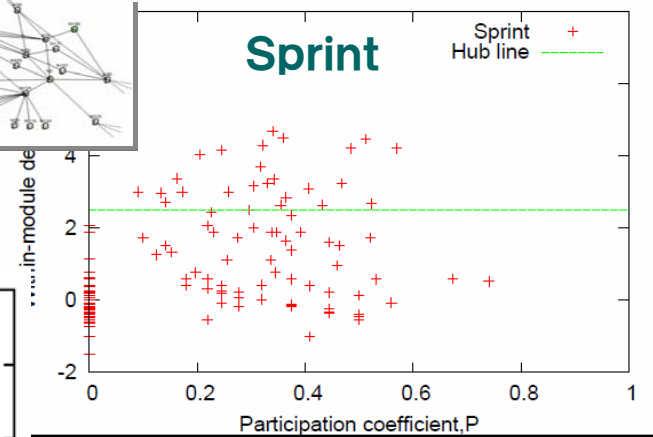
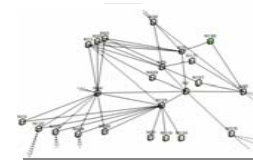
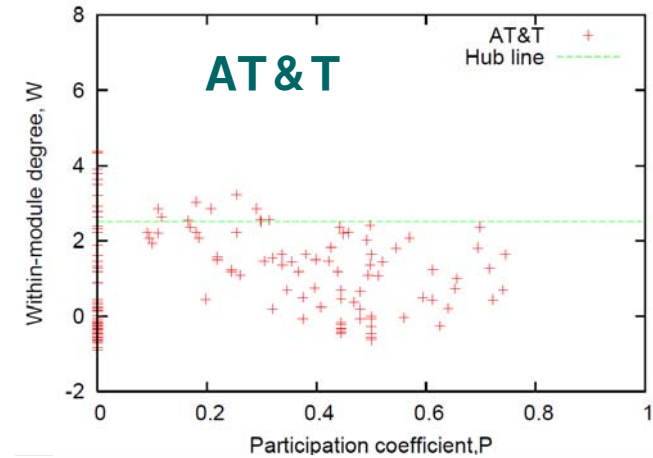


生物と情報ネットワークの関係：ノードの役割



SRC: Guimera R, Luis LAN, "Functional cartography of complex metabolic networks," Nature, Vol. 433, No. 7028. (24 February 2005), pp. 895-900.

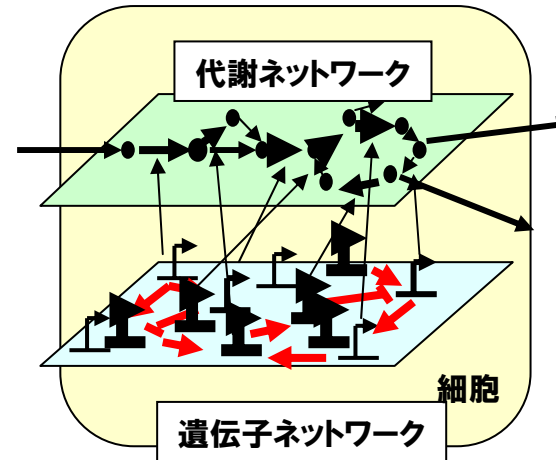
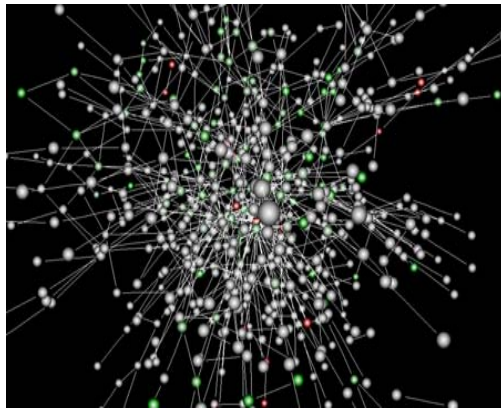
実ネットワークシステムはBAモデルとはまったく異なる構造を成す。生物システムとも特性は異なる。少なくともべき則だけでは表現できない



- R1: Ultra peripheral
- R2: Peripheral
- R3: Non-hub connectors
- R4: Kinless nonhub
- R5: Provincial hubs
- R6: Connector hubs
- R7: Kinless hubs



生物と情報ネットワークに見る共通の性質



階層構造を成し、それぞれの階層でべき則を有する

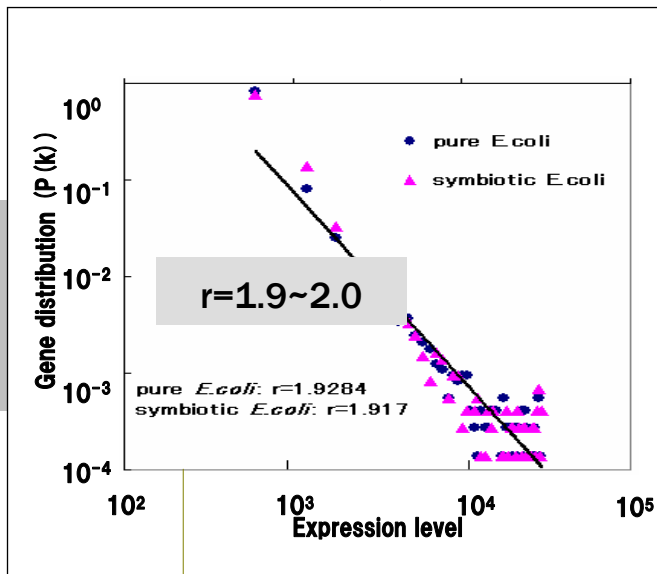
▶ 大腸菌の遺伝子の発現の分布

多階層をなす細胞のネットワーク

$$P(k) \propto k^{-r}$$

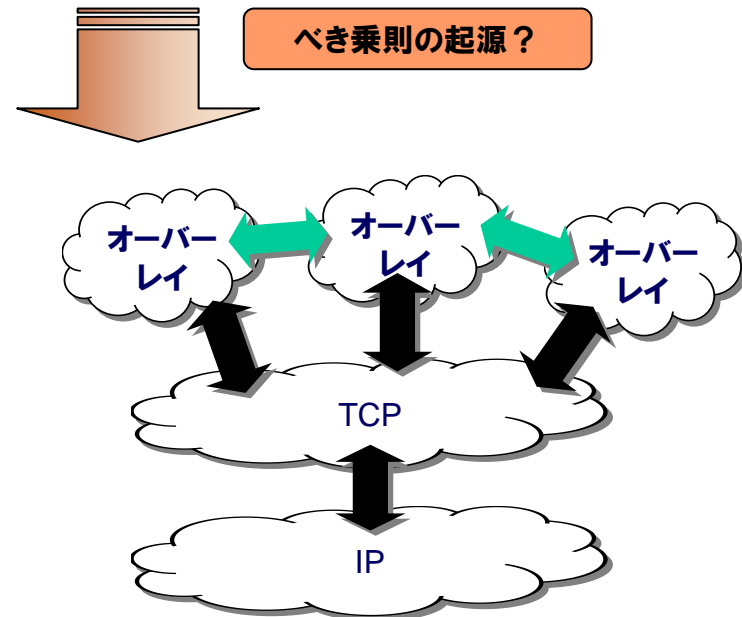
(べき乗則)

四方ら、Proc. Natl. Acad. Sci., USA, Vol. 100, No. 24, pp. 14086-14090 (Nov. 2003).



横軸: 代謝反応の流れの大きさ [分子数/時間]

べき乗則の起源?



学術貢献（学術雑誌、国際会議等論文発表を除く）

- 招待講演：国外／国際学会7件、国内学会13件、パネルチェア2件
 - Masayuki Murata, “Biologically inspired communication network control,” *SELF-STAR: International Workshop on Self-* Properties in Complex Information Systems*, (Forli), May 31–June 2, 2004. 他
- 招待論文・解説4件
 - 若宮直紀, 村田正幸, “生物に着想を得た情報ネットワーク制御,” 電子情報通信学会和文論文誌 (解説論文), Vol. J89-B, No. 3, pp. 316–323, March 2006. 他
- 著書1件
 - Kenji Leibnitz, Naoki Wakamiya, and Masayuki Murata, “Biologically Inspired Networking,” Book chapter in *Cognitive Networks: Towards Self-Aware Networks*, Q.H. Mahmoud (Ed.), Wiley, 2007.
- 特集号編集委員3件
 - Masayuki Murata, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Guest-editor of Special Issue on “Bio-inspired networking,” 2008. 他
- 特許2件
 - 村田正幸, 若宮直紀, 無線センサネットワークおよびその情報伝達方法, 特願2006-010129, 平成18年1月18日 他
- ソフトウェア公開
 - ImTCP (インライン計測機能付TCP): 97件のダウンロード(2005/12/17~)
 - ICIM (ImTCPのギガビットネットワーク対応版): 39件(2006/5/11~)
 - The Hong Kong Polytechnic University (香港理工大学) の講義「Internet Infrastructure and Protocols」の課題に採用されている



新しい学術分野の形成に対する貢献

- **国際会議への参画11件**
 - TPC (Co-) Chair
 - *The First International Workshop on Biologically Inspired Approaches to Advanced Information Technology (Bio-ADIT 2004)*
 - *The First IEEE International Conference on Bio-Inspired Models of Network, Information and Computing Systems (BIONETICS 2006)*
 - *The Second IEEE International Conference on Bio-Inspired Models of Network, Information and Computing Systems (BIONETICS 2007)*
 - TPC Member
 - *First IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO 2007)*
 - *The Second International Workshop on Self-adaptability and Self-management of Context-aware Systems (SELF 2007)*
- **国内研究会2件**
 - 若宮直紀, 電子情報通信学会「ブレインコミュニケーション」時限研究専門委員会委員, 2006年7月発足.
 - 村田正幸, 電子情報通信学会「複雑性による自己成長・修復ネットワーク」時限研究専門委員会委員, 2006年12月発足

アウトリーチ活動

- **展示11件**
 - “低機能端末向け高効率情報伝達アルゴリズム～Bio-Inspired Flooding～,” ユビキタスネットワークシンポジウム (UNS2006) (幕張メッセ, 千葉, 2006年10月3-7日).
 - “センサネットワークにおけるセンサ情報収集機構,” イノベーション・ジャパン (東京国際フォーラム, 東京, 2004年9月28日-9月30日). 他
- **記事紹介1件**
 - 若宮 直紀, “生物の振る舞いをヒントにシステムを構築,” 日経BPムック「変革する大学シリーズ」大阪大学基礎工学部2007-2008年版, 日経BP企画, pp. 96-99, コロナ社, December 2006.