
自律分散協調システム論 ADC Systems

国立研究開発法人 情報通信研究機構
慶應義塾大学名誉教授
徳田英幸

© H.Tokuda 2018

授業計画-2019 Spring

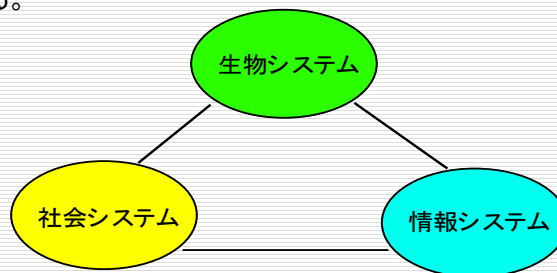
目標

- 社会、組織や情報環境において、分散された自律系主体とした新しいシステム構築が進んできている。
- 本講義では、このような自律分散システムが、個々の構成要素の自律性と、それらの要素間での協調を基に全体として、機能、性能、信頼性を向上していくシステムの概念、技術、方法、そして、その意味について学習する。

© H.Tokuda 2018

自律分散協調システムとは？

- ❑ システム内にシステム全体を制御／統治するスーパーバイザは存在しない。
- ❑ 各サブシステムは、自律、分散した構成要素からなる。
- ❑ 全体のシステムの機能は、サブシステム間の協調作業によって遂行される。



© H.Tokuda 2018

What is an Autonomous Distributed Cooperative System (ADC System) ?

- ❑ No supervisor which can control/manage the entire system
システム内にシステム全体を制御／統治するスーパーバイザは存在しない。
- ❑ The system consists of autonomous, distributed and cooperative subsystems
各サブシステムは、自律、分散した構成要素からなる。
- ❑ The system functions are realized by cooperations among subsystems
全体のシステムの機能は、サブシステム間の協調作業によって遂行される。

© H.Tokuda 2018

DARPA Urban Challenge

～ 事例1 ～

Urban Challenge 2007/11/3

Robot Watch

記事検索

検索

最新ニュース

【2009/04/17】

■ 第15回総合福祉
展「バリアフリー
2009」レポート
～ロボットスーツ
「HAL」や本田技
研工業の歩行アシ
ストも体験できる
【19:46】

■ 「第12回 ロボッ
トグランプリ」レ
ポート【大道芸コ
ンテスト編】
～自由な発想でつ
くられた、楽しい

Urban Challenge現地レポート

米国の無人口ロボット車レース-優勝はカーネギー・メロン大学

～完全自律制御車はここまで来た！

米国防総省高等研究計画局(DARPA)の主催による、完全自動制御の無人口ロボット車レース「Urban Challenge(アーバン・チャレンジ)」の決勝が11月3日、カリフォルニア州ピクタービルの軍事基地跡で開催された。11台のロボット車が模擬市街地の中で、定められたチェック・ポイントを順番通りにできるだけ早く回るレースで、このうち規定の6時間以内に完走できたのは4台。カーネギー・メロン大学のロボット車「Boss(ボス)」が優勝し、賞金の200万ドルを獲得した。複数のロボット車が同時に街中を走るのは世界初めてで、互いにどのように振る舞うのが最大の見ものだったこのレース。現地からその様子をレポートする。



優勝したカーネギー・メロン大学のロボット車「Boss」のゴールの瞬間

11月3日の米国西海岸時間の午前7時半。アーバン・チャレンジの開会式が始まった。米国防省傘下の研究機関であるDARPAのトニー・テザー局長は次のように語った。「今日のレースでいったい何が起きるのか、全く予想がつかない」。

DARPA Urban Challenge (1)



© H.Tokuda 2018

DARPA Urban Challenge (2007)

□ [Stanford Team](#)



© H.Tokuda 2018

DARPA Urban Challenge (2007)

□ CMU Test

Boss NQE Test, Sunday, Oct. 28 - Darpa Urban Challenge



© H.Tokuda 2018

Nissan Pro Pilot Test Drive (D2D in 2017)



© H.Tokuda 2018

Autonomous Car as ADS

- オープン環境におけるADS
 - 環境における自律走行
- ADSの検証と誤動作
 - 自動走行車プログラムのテスト、検証
 - 自動走行車のバグ、誤作動の検知
- ADSの学習機能
 - 自動走行車の学習
- 人間との協調作業（制御の移譲 (Control Transfer)）
 - Car to Human, Human to Car
- ADSIによる最適化
 - Mobility as a Service (MaaS)/ Autonomous Car as a Service (ACaaS)

© H.Tokuda 2018

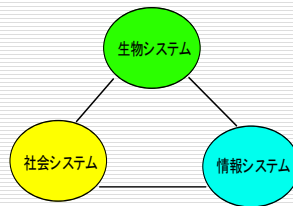
基本的な概念

- 自律性
 - 個の確立
 - 主体的行動
- 分散性
 - 多数の個
 - 空間的・ネット的に分散
- 協調性
 - 個と個の協調プロトコル
 - 協調により全体の機能を維持・形成する
 - 構成論的手法 vs. 自己組織論的手法
- システムとしての評価
 - 評価の軸
 - 良いシステム vs. 悪いシステム

© H.Tokuda 2018

いろいろな系のシステム

- 生物系システム
 - 本能・習性・利己的・環境対応
- 工学系システム
 - 合目的的・人工的・科学技術対応
- 社会学系システム
 - 営利的・人間的・社会対応



© H.Tokuda 2018

社会学系システムにおける自律分散協調

- サービス改善: 行政システム・情報システム
- 企業の活性化: 組織改革・地域産業
- 市場の開拓: 流通機構・経済ブロック
- 人間性増幅: アメニティ・作業環境改善・多様性
- 社会問題解決: 一極集中化回避・地域分散・大都市

© H.Tokuda 2018

生物系システムにおける自律分散協調

- ☐ 本能＝種の保存・適応度の改善
- ☐ 数の効果
- ☐ 希釈効果
- ☐ 混乱効果
- ☐ 構造効果
- ☐ 役割分担
- ☐ 互惠利他行動
- ☐ 代替効果
- ☐ 免疫効果
- ☐ 情報提供
- ☐ 集団意思決定
- ☐ バランス効果

© H.Tokuda 2018

自律分散協調システムの目的

- 機能拡大
- コスト性能比の改善
- 分散処理による効率・サービスの改善
- オンラインリアルタイム処理の実現
- 局所化による通信量の低減
- 構成要素のmモジュール化
- 拡張性の保証
- 集団組織の効率化
- 信頼性・耐故障性の改善
- 状況・環境変化への適応
- 生存可能性の増大

© H.Tokuda 2018

自律分散協調システムの目的

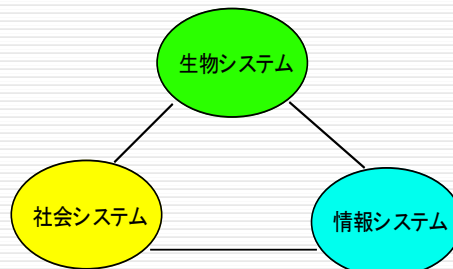
Goals of ADC Systems

- 機能拡大 Functional Extension
- コスト性能比の改善 Performance per cost improvements
- 分散処理による効率・サービスの改善 Efficiency and Quality of Service
- オンラインリアルタイム処理の実現
- 局所化による通信量の低減
- 構成要素のmモジュール化
- 拡張性の保証
- 集団組織の効率化
- 信頼性・耐故障性の改善 Reliability and Fault Tolerance
- 状況・環境変化への適応 Adaptability
- 生存可能性の増大

© H.Tokuda 2018

情報システムにおける自律分散協調論

- 情報システムにおける自律分散協調論
- 自律分散協調コンピューティング
- 工学的なシステムだけでなく、他の分野の自律分散協調システムシステムのデザイン、解析、評価に応用する。



© H.Tokuda 2018

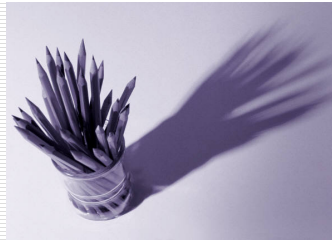
情報システムにおける自律分散協調

□ 自律分散協調システムの性質

- 自律性、分散性、協調性
- 自己組織化能力
- 創発のメカニズム

□ 自律分散協調プロトコル

- アドホックネットワークプロトコル
- 自律ロボット/ネットワークロボット
- p2pアプリケーション
- ソフトウェアエージェント
- Webサービス



© H.Tokuda 2018

情報システムにおける自律分散協調 (ADCS in Information Systems)

□ 情報システムにおける自律分散協調モデル

- 集中型モデル vs. 自律分散協調型モデル
- Centralized vs. Decentralized Model, ADC Model

□ 自律分散協調コンピューティングのパラダイム (Computing Paradigm)

- 分散コンピューティング Dist. Computing
- クライアントとサーバモデル Client/Service
- 並行オブジェクト指向モデル Concurrent Objects
- 分散エージェント/マルチエージェント Multi-Agent

□ 自律分散協調アルゴリズム ADC Alg.

- 分散アルゴリズム Dist. Alg.
- 遺伝アルゴリズム Genetic Alg.
- ニューラルコンピューティング Neural Comp.

□ ネットワークアーキテクチャ Architecture

- アドホックネットワーク Ad hoc networks
- センサーネットワーク Sensor networks



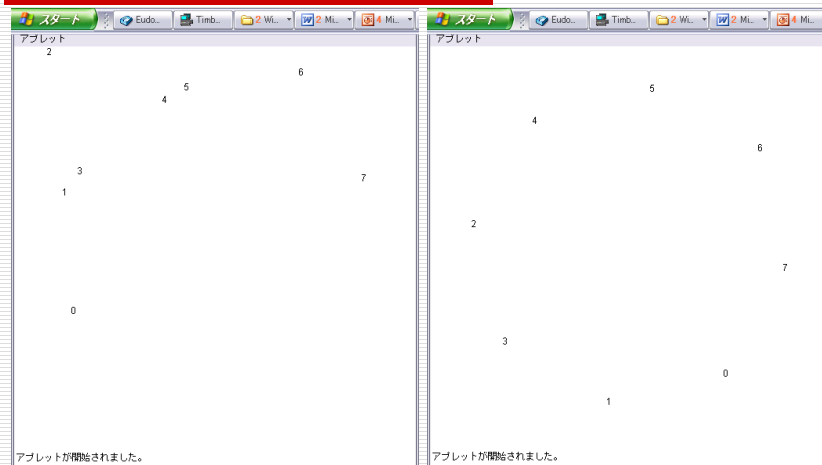
© H.Tokuda 2018

自律分散協調システムを構築するには？

基礎的な(システムの)枠組み
ドメインスペシフィックな知識
ドメインインディペンデントな知識

Network Robotの整列問題
～ 事例1 ～

NR整列問題

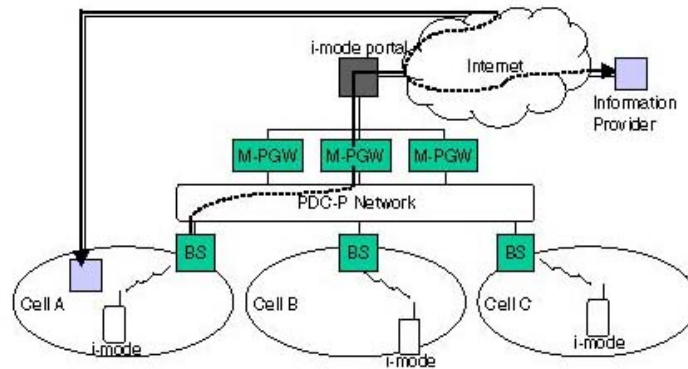


© H.Tokuda 2018

NTT-Docomo i-mode Gateway

～ 事例2 ～

Centralized i-mode portal



© H.Tokuda 2018

集中型の問題点

- 単一故障
 - 危機管理上の問題
 - 顧客からのクレーム増
- スケーラビリティ
 - 5,000万以上のclientに対応
- 応答性の低下
- 負荷分散の欠如

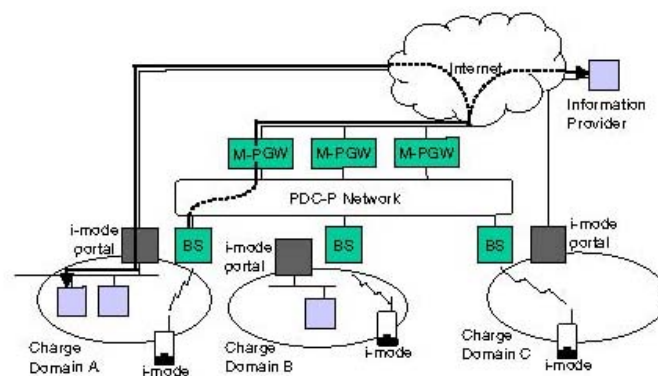
© H.Tokuda 2018

集中型のメリット

- ビジネスの独占
 - ビジネスモデルの創出
 - 回線使用料の独占
- セキュリティの向上
 - 専用回線の利用
- アカウンティングの容易性

© H.Tokuda 2018

Distributed i-mode Portal



© H.Tokuda 2018

分散型のメリット

- 新しいビジネスの導入
 - ビジネスモデルの創出
 - 回線使用料の徴収モデル
 - 個人から法人へ
- スケーラビリティの向上
 - i-mode portalの構造
- 応答性・ユーザビリティの向上
- 多機能端末
 - Universal controller型が可能

© H.Tokuda 2018

分散型の問題点

- アカウンティング問題
 - 回線使用料の徴収へのオーバヘッド
- 新しいドコモボックスの開発
- セキュリティの確保
- 多機能端末
 - 端末コストの増大

© H.Tokuda 2018