

OS-03

自律・創発・汎用 AI アーキテクチャ

Architecture for Autonomous Emergent General Artificial Intelligence

栗原 聡
Satoshi Kurihara
慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University
satoshi@keio.jp

川村 秀憲
Hidenori Kawamura
北海道大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
kawamura@complex.ist.hokudai.ac.jp

津田 一郎
Ichiro Tsuda
中部大学創発学術院
Chubu University Academy of Emerging Sciences, Chubu University
tsuda@isc.chubu.ac.jp

大倉 和博
Kazuhiro Ohkura
広島大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Hiroshima University
kohkura@hiroshima-u.ac.jp

Keywords: autonomy, emergent intelligence, artificial general intelligence (AGI), creativity of human.

1. はじめに

現在の AI プームの主役である深層学習を中心とする機械学習技術の進展は目覚ましい。しかし、データによる学習を前提とする AI システムでは、動的環境への柔軟な対応が依然として難しいという状況に変わりはない。今後、人の生活圏にどんどん進出する AI が人との共生関係を構築するには、その場の状況に応じた臨機応変な対応ができることが必要不可欠となる。これを可能とするために AI に求められるのが自律性である。また、その場の状況に臨機応変に対応するという事は、その場でのボトムアップな対応を意味しており、これを可能とする枠組みとして期待されるのが創発的手法である。そして、有限とならざるを得ない学習による知識と、その場での臨機応変な対応を可能とする技術を統合することで、いわゆる汎用 AI が実現されると考えている。

本稿は、次のステップとして注目されつつある人と共生する AI の実現に向けた動きにおいて、「学習」と同程度、もしくはそれ以上に重要となるであろう、「次世代 AI を実現させるための自律性・創発性・汎用性」をテーマとして、今年度の当学会全国大会のオーガナイズドセッションとして企画された「OS-3：自律・創発・汎用 AI アーキテクチャ」での、一般発表とパネル討論を振り返り、当該研究分野について改めて考察するものである（図 1）。今年度が 3 回目の企画・開催となり、以下の趣旨にてセッションを企画、論文の募集を行った*1。

今後の少子高齢化社会においては、AI を労働力として積極的に導入することが急務である。その場合、人と AI とのインタラクションが発生するが、人が AI に対して違和感や驚異を感じる事があってはならない。人が AI に対して親近感や安心感を感じ、人間どうしにおける間合いや気配りといった一体感を人と AI との間でも構築できることが極めて重要となる。このように、AI が人と共生するためには、現在のツール型 AI では必要とされない「高い汎用性と自律性」が極めて重要な要素となり、目的指向に基づいた人や環境の状態に対するセンシングと能動的な人や環境へのインタラクション能力を創出する必要がある。そして、そのような知能アーキテクチャには環境に対する高い適応性と汎用性が求められ、まだ黎明期にある創発型のアーキテクチャなどの開発にも重点を置く必要がある。本 OS では、今後において重要性が高まる自律型 AI を実現するための知能アー



図 1 オンラインセッション風景

*1 <https://www.ai-gakkai.or.jp/jsai2020/os#os-3>

キテクチャ, 認知アーキテクチャ, 行動選択アルゴリズム, 自律エージェントアーキテクチャ, 創発メカニズムなどに関する研究発表を募集し, 人と共生する日本型AIを実現するための中核となる自律性に関する研究コミュニティの活性化を目指す。

2. 一般発表から

本セッションは8件の一般発表と全体討論で構成した。ありがたいことに一般発表での応募総数は8件を大きく超える件数となり, オーガナイザの判断にて8件を選出させていただいた。いずれも興味深い内容であったが, 特に印象深かったいくつかの発表についてコメントする。

●脳機能モデルによる訓練の段階を考慮したマインドフルネス時の感情制御メカニズムの説明 [中村 20]

この研究では, マインドフルネスという現在の自己の内受容感覚, 外受容感覚への注意とその意識化を特定の訓練をすることで達成し, その結果として脳のストレス耐性を低減させる方法に着目している。脳の機能領域に対してある種の領域活性度の数理モデルを脳構造に立脚したネットワーク構造で結合することで, いかにしてマインドフルネス制御が可能かシミュレーションベースで調べている。脳のネットワーク構造と各領域機能の関係がまだ明確になっていない段階なので, このアプローチによって内受容感覚と外部情報に関する脳内処理を効率的に可能にする自律的脳型エージェントが可能かどうか即断は許されないが, 自律性に関して一つの研究の方向性を示唆していると思われる。マインドフルネスには当然のことながら記憶が関係している。マインドフルネスと反対のマインドワンダリングも記憶に基づいた認知過程である。脳の記憶構造は複雑で, 多層になっていることが知られているがその実体はいまだに不明な点が多い。

●混合分布を用いた発話音声からの相対位置概念の学習 [相良 20]

この研究では, ロボット環境下において発話される相対的な位置の概念を表す単語を学習する手法について提案があった。事前知識なしに混合分布を用いた学習を通して相対位置を表す発話を学習することが可能となったとしている。

●ストーリー記憶の並列分散的組織化 [秋元 20]

本論は, 記憶をストーリー構築と位置付け, 記憶システムを構成するシステム構築に関する内容である。ストーリーから概念がいかにして現れるかなど大変示唆に富む結果が得られている。システムは記号処理的に構成されているが, 構成ユニットの活性度ネットワークを使用してそのダイナミクスからストーリー記憶を構築しようとする方向性は興味深い。問題点としては意味論の構成だと思われる。すべてのAI研究に使えることだが, 意味論構成がしっかりなされればそ

こに意義概念が生まれ価値概念が生まれることで動機付けが生成される。そうすれば, 機械に自律性が生まれるかもしれない。

●ブロックチェーンによる自律AIのための遺伝的アルゴリズムの検討 [南里 20]

本論では, ブロックチェーン上のノードで仮想通貨を得る仕組みを通して遺伝的アルゴリズムを実行・管理することによって, 中央管理者がいない状況下でも自律的に遺伝的アルゴリズムを実行するための手法について提案されている。実験を通して, テスト的環境下ではあるがその有効性も確認されており, 今後の展開が楽しみなところである。

●因果効果による不確実環境下における能動的行動選択の効率化 [増井 20]

この研究では, 能動的推論と因果性効果を用いて, 不確実な環境の中での意思決定を実現する手法を開発している。フリストンの自由エネルギー原理を基盤にして予測を導入することでシステムを駆動している。因果性は必ずしも予測だけで規定されない。なぜなら, 因果性は必ずしも事象が起こる時間順序そのものではないからである。現在知られているどのよう量も因果性を正確には定義していないので, 再度因果性とは何かについて突っ込んだ議論がなされると自律性の議論も深まるのではないだろうか。

●マルチエージェント信号機自律分散制御法の提案 [藤森 20]

本研究のテーマは, ITS 研究分野における交通信号機の自律制御システムの構築である。雪国の冬は排雪車で道路が通常の状態ではなくなる。この状況で排雪を効率良く行いながら交通渋滞を起こさないように信号機を自律制御できると素晴らしい。この状況は二つの異なる拘束条件下での最適化問題だと思われるが, これを自律的に解けるアルゴリズムは何だろうか。どの程度の拘束条件までなら自律制御が可能かは興味ある問題だと思われる。

3. 全体討論を振り返る

全体討論においては, そもそも自律性とは何か, ということから議論が開始された。AIブームの折, よく引き合いに出されるのが, 『知能』の定義である。さまざまな見方ができることから, これを人工的に実現する, という意味の人工知能(AI)に対する見方も多様化してしまうのも致し方ないところであろう。実は『自律性』という言葉もよくよく見るに定義が難しい。「エージェント (Agent)」という言葉があるが, 「自律エージェント」と書かれることもある。エージェントは, そもそもが自律的に動作するソフトウェアもしくはハードウェアというのがAI研究分野における定義であるが, なぜ自律をあえて先頭に付けるのであろうか? そもそも自律性と

はどういう意味なのか？ 自動掃除機のルンバは、普通の掃除機のように人が操作することなく、自走しつつ掃除をするわけで、見た目には自律性があるように見える。AIBO も同様であろう。AIBO に至っては人の顔を認識し、人とインタラクションを行い、実に多様な振舞いを人の操作なく行うことができる。人によっては AIBO は意識をもっていると感じるかもしれない。では、AIBO は自律性をもっているといえるのであろうか？

3-1 自律と自動の違い

自律と類似する言葉として「自動」がある。自動洗濯機という表現はあるが、自律洗濯機という言い回しは聞いたことがない。自動運転はあるが自律運転はない。見た目には自動〇〇と自律〇〇の区別は困難であろう。では、自律と自動において決定的な違いは何なのか？ それはその家電なりシステムが「目的 (GOAL)」をもち、目的達成のための行動選択をしているかどうか、であろう。自動〇〇の場合、目的はそれを製造した人のほうにあり、その目的を達成するための振舞いについてののみがその自動〇〇に実装されている。これに対して、自律〇〇は、目的自体もその自律〇〇に搭載され、与えられた目的を達成するために、その状況に応じた行動選択もその自律〇〇自体が判断する必要がある。

無論、自律性をもつシステムの代表は生物であるが、自律性においてもかなりの幅がある。昆虫の場合、生きるという目的を達成する（維持し続ける）ために、外界からの入力情報に対して、あらかじめもち合わせている行動系列のうち、どの系列を発動させるのかのルールに従って行動選択をしているだけであろう（ルール自体も生まれながらにもっている）。よって、触覚などのセンサからの入力情報に対する行動ルールに基づく振舞いであることから、極めて自動に近い自律性をもつ生物であると見ることができる。

これに対して、人の場合であっても目的は「生きること」であることは昆虫と同じである。我々は普段の日常生活において何か行動する際、生きるために〇〇をする、という意識をいだくようなことはなく、空腹だから食べる行動を発動させたり、怒られるのがイヤだから宿題をするのであり、人と会うために移動するのである。しかし、元を正せばすべては生きるためであり、生きるという目的を達成するために、状況に応じて適切と思われる行動を選択し続けているシステムという意味では昆虫も人も同じであろう。

違いは、外界からの情報に対して発動する振舞いの種類が圧倒的に多いことと、外界からの情報に対してどの振舞いを発動させるのかの関係も極めて複雑であるところにある。外界に対する反応の仕方が巧妙になればなるほど環境への適応度が高まり生存確率が増す。

昆虫はあらかじめ生得的な行動ルールに基づく反応しかできないが、我々は教えられることによる学習や、自

ら経験することでの学習を通して、蓄えた経験・知識を活用することで、反応の仕方自体を動的に変更するだけでなく、振舞いのバリエーション自体も動的に増やすことができる。目的達成のため、いろいろな振舞いを試したり、新たな振舞いを獲得したりできる能力をもつシステムこそが自律性がある、と呼べるのではないだろうか。

この考え方に基づけば、ルンバや AIBO はいかにも意志をもっているように見えるが、自動機械であり、おおよざざに見れば昆虫もこれに含まれるものの、学習する動物などは自律性をもつシステムということになる。

3-2 メタプランニング

数ある人工知能技術において、現在の環境状態を、与えられた目的状態に変換するための行動の手順を求める技術がプランニングである。定番の古典的プランニング法といえば STRIPS [Fikes 71] であろう。Rodney Allen Brooks の提案した Subsumption Architecture [Brooks 87] もプランニング技術の一つだし、リアクティブプランニングやリアルタイムプランニング、マルチエージェントプランニングなど、プランニング研究の歴史は深い。ただし、これらは、総じて、ある目的が与えられたとき、それを達成する最適な振舞い系列を求めるための技術である。これに対して、自律性のあるシステムにとって必要となるのは、与えられる目的自体が、「生きる」といった抽象的なものであり、これをメタ目的と呼ぶことにする。すると、自律性のあるシステムは、振舞い系列を求める段階の前に、メタ目的を達成するために、その場の状況において、そもそも、具体的な振舞いを発動するための目的としてどの目的が適切かを決定するプロセスが必要となり、これがメタプランニングである。

簡単な例として、自律性をもつ家庭見守りロボットを想像してみる。バッテリー残容量が減ったので充電ポイントに移動するための移動プランを生成する場合の「充電ポイントへの最短移動導出」が従来のプランニングにおける目的であり、このような具体的な目的のことを「実目的」と呼ぶことにする。一方、ロボットに与えられた目的が「家の見守り」といった抽象的なメタ目的であるとする、家の安全の維持という目的を達成するため、安全を脅かす状況が発生する度、それを除去する実目的を設定する必要がある。しかし、脅威を排除するための目的以外にも、そもそもロボットは駆動し続ける必要があることから、充電するという実目的を選択する必要も発生する。その際、残存バッテリー量と、脅威を排除するために要する時間や使用するエネルギーを考慮しての判断が要求されるであろうし、充電を選択した場合であっても、その直後に排除すべき脅威が検知された場合、目的を動的に変更する必要も発生するであろう。

無論、ロボットが選択可能な実目的は現実的には有限であるから、状況に応じた実目的の選択の仕方を事前に開発者が設定することは可能であるものの、ロボットの

身体性が複雑になればそれだけ選択可能な実目的数も増加し、事前の設定はいずれは破綻する。また、そもそも開発者が、今後ロボットが遭遇するすべての状況を予測して設定することは実環境にて動作するロボットなどでは不可能であろう。よって、自律的に動作するシステムにおいては、経験し、学習することを通して、メタ目的をより効率的に達成するための実目的選択能力が必須であり、それがメタプランニングである。

3-3 人との共生に向けて

自動機械に代わり、自律機械がもつ能力としての、外界からの情報に臨機応変な対応能力であるが、これこそが、今後、AIが我々人間社会に浸透するための必要不可欠な能力になる。全体討論では、AIと人との共生という観点からも議論が展開された。

メタプランニングはロボットの行動といった身体的な動作に限るものではなく、対話システムにも当てはまる。Siriなどの対話人工知能やチャットボットなどの開発が加速しているが、残念ながら人どうしのような生きた会話とはならない。対話人工知能が利用できる語彙力や知識量はすでに個人のレベルを大きく上回っている。それにもかかわらず、人どうしのような生きた会話や、場の空気を読んだやり取りができない理由は何なのであろうか？ それは、当然ではあるが、人工知能が人と会話する状況において、その場の雰囲気やそのときの社会状況、そして、会話相手の現在の状況といった背景を知らないで会話しようとするからである。

身近な例で考えてみる。現在の対話システムに「喉が渴いた」と話しかければ、直近のコンビニエンスストアや自販機の場所が回答として返ってくるであろう。しかし、人どうしの場合、「今は我慢して！」などと返答する場合もある。この発言は喉の渴きを潤すための返答ではない。理由は、直近の自販機には水以外の高カロリーなジュースしかなく、相手の糖分取り過ぎによる健康への悪影響を防ぐための発言だったのである。これは相手の体型や好み、健康状態、そのときの季節や気温などを把握していない限りそのような返答はできない。つまり、「相手の健康を気遣った」、別の解釈をすれば「相手の幸福度を向上させたい」というメタ目的を達成するために「今は我慢して」という発言をしたのである。相手への気遣い以外にも、「その場の雰囲気を維持したい」とか「自らの欲望を達成したい」など、我々はさまざまな目的をその場その場の状況で自分なりの価値判断にて選択し相手との会話や振舞いを行っている。しかし、現在の対話システムには、このような目的指向性がなく、単に与えられた質問に解答するのみであることから、そもそも人どうしのような会話の成立が困難なのである。これは膨大な語彙を使い回す学習ができていれば実現されるようなものではない。

まさに、この問題に対して、共著者の川村らにて取り組んでいる「AI一茶くん^{*2}」プロジェクトが引き合い

に出された。膨大な俳句データを学習することで、人も納得するレベルの俳句の生成が可能になりつつあるが、研究を進めれば進めるほどに俳句の難しさと深さを実感するという。例えば、俳句では季語が重要な役割を果たすが、それは単に季節感を表すような単純なものではなく、たかだか数文字でありながら裏には膨大な暗黙知が隠れている。季語はラベルに過ぎないのである。つまり、ある季語の意味するところを理解し合える俳人どうしと、表面的な理解しかできない一般人どうしでは、同じ字面であっても伝わる内容の奥深さが大きく異なるのである。つまりは、表面的な字面情報のみを学習するだけでは真に俳句の意味を捉えることはできず、季語の背景にある膨大な知識を人だけでなく、AIのほうも共有できている必要がある。

JST(科学技術振興機構)においては、CREST「人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開^{*3}」が、そして、さきがけ「IoTが拓く未来^{*4}」が実施中であり、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)においても「人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業^{*5}」が今年度立ち上がるなど、人との共生や、共生するための実環境からの情報収集という意味でのIoTに関する大型研究プロジェクトへの期待が高まっている。

これらの動きも、現在のデータありきのAIから、自ら能動的に動作するAIの実現に向けた展開と見ることができる。では、AIが人と共生するために、人も含めた十分な環境データを取り込むことができるようになったとして、どのようにインタラクションすればよいのであろうか？ 無論、何かしらの最適性に従った動きを生成する必要がある。ここで、共著者の栗原らにて取り組んだTEZUKA 2020^{*6}での話題が引き合いに出された。

3-4 人にとっての最適とは？

手塚治虫没後30年の節目に、AIによる人の創造力のサポートにより人とAIとの共生による手塚治虫の新作と思える作品を生み出すプロジェクトがTEZUKA 2020である。シナリオとキャラクターの生成という二つの課題に取り組む過程で、特にシナリオ生成において興味深い出来事があった。新作のためのシナリオ生成においては、AIはシナリオの骨格であるプロットの生成を行い、シナリオライターがプロットから着想を得てシナリオを完成させた。シナリオを生み出す作業においては、いかにして、その種となる面白くて斬新なプロットを生み出すことができるかが課題であった。

*2 <https://www.s-ail.org/works/aihaiku/>

*3 https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah29-4.html

*4 https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/research_area/ongoing/bunya2019-5.html

*5 https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100176.html

*6 <https://tezuka2020.kioxia.com/ja-jp/>

興味深い出来事とは、栗原らが開発中の AI システムである ASBS [栗原 20] を利用していくつかのプロットを生成し、プロジェクト全体会議で披露した際の次のような展開である。ASBS により生成されるプロットは、首尾一貫した完成度が高い読み物になっているものもあれば、ちぐはぐ感、よく言えば奇抜なものまでさまざまである。彼らとしては、完成度の高いプロットが選抜されると思っていたのであるが、一貫性があり整合性があるようなプロット、特に SF ジャンルに多かったのだが、総じて単調なストーリーであるという評価を受けてしまった。つまり、人が思いつかないような奇抜な設定のほうが、人の想像力を触発したのである。新作「ばいどん」の元となったプロットは、物語設定として、「哲学者・役者・ギリシャ・日比谷」などという、バラバラなものであったが、逆にこれこそが手塚治虫らしい発想の仕方であり、結果的に「ホームレスで AI」という主人公の設定に至ったのである。プロジェクト統括の手塚 眞氏によれば、このような発想の仕方こそ手塚治虫らしく、落語の三題噺と似ているとのことであった。

人と AI との共生において、AI の担当としては効率化やむだの削減というのがわかりやすいが、効率化自体が何かを生み出すことはなく、人ならではの創造力のサポートができてこそ、新たな価値を生み出すための AI の活用となり、これこそが次世代 AI の役割であろう。深層学習の登場により飛躍的にその能力を高めつつある AI ではあるが、まだまだやるべきことは多い。

4. ま と め

今や、流暢な自然言語を生成する GPT-3 など、膨大な次元での学習や膨大なデータと膨大な計算リソースによるモデル獲得が実現され、その生成レベルは目を見張るものがある。そして、もはやこのようなモデルを生成できる研究拠点も、OpenAI など潤沢なリソースをもつ研究開発拠点に限定されつつある。人と異なる方法、つまりは膨大なデータからの学習が可能な AI が、人と異なる方法であっても人のような、そして人を超える知能を獲得する日がよいよ間近になってきたということかもしれないが、そのような AI が人と共生できるのかと聞かれば、そうではないであろうと答えない。俳句や漫画など、特に人の感性に関わる文化において発展してきた日本ならではの、人と共生する AI 実現に向けた研究は、欧米の力任せのアプローチとは明らかに異なる路線であり、AI において日本は米中に大きくリードされているという指摘もあるが、日本ならではの AI 研究を突き進めばよいのであり、その一つの鍵が自律性にある。本 OS も今回で 3 回目の開催となったことから、来年度は新たなテーマにて企画することを考えているが、引き続き自律や創発といったキーワードが中心となるであろうし、多くの一般発表の応募による活発な発表と、パネ

ル討論による深い議論を行いたいと思う。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [秋元 20] 秋元泰介: ストーリー記憶の並列分散的組織化 (2M4-OS-3a-03), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)
- [Brooks 87] Brooks, R. A.: Planning is just a way of avoiding figuring out what to do next, Technical Report, MIT Artificial Intelligence Laboratory (1987)
- [Fikes 71] Fikes, R. and Nilsson, N.: STRIPS: A new approach to the application of theorem proving to problem solving, *Artificial Intelligence*, Vol. 2, pp. 189-208 (1971)
- [藤森 20] 藤森 立, 大野啓介, 神崎陽平, 栗原聡: マルチエージェント信号機自律分散制御法の提案 (2M5-OS-3b-03), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)
- [栗原 20] 栗原 聡, 川野陽慈: いかにして『ばいどん』のシナリオは生まれたのか?, *人工知能*, Vol. 35, No. 3, pp. 402-409 (2020)
- [増井 20] 増井哲史, 宮澤和貴, 堀井隆斗, 長井隆行: 因果効果による不確実環境下における能動的行動選択の効率化 (2M5-OS-3b-01), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)
- [中村 20] 中村遙佳, 田和辻可昌, 松居辰則: 脳機能モデルによる訓練の段階を考慮したマインドフルネス時の感情制御メカニズムの説明 (2M4-OS-3a-01), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)
- [南里 20] 南里敢太, 森山裕鷹, 中山功一: ブロックチェーンによる自律 AI のための遺伝的アルゴリズムの検討 (2M4-OS-3a-04), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)
- [相良 20] 相良陸成, 田口 亮: 混合分布を用いた発話音声からの相対位置概念の学習 (2M4-OS-3a-02), 2020 年度人工知能学会全国大会 (第 34 回), pp. 1-4 (2020)

著 者 紹 介



栗原 聡 (正会員)

慶應義塾大学大学院理工学研究科博士課程修了。博士 (工学)。NTT 基礎研究所, 大阪大学産業科学研究所, 同大学院情報科学研究科, 電気通信大学大学院情報理工学研究科などを経て, 2018 年から慶應義塾大学理工学部教授。電気通信大学に国立大学では初となる人工知能先端研究センター (初代センター長) を設立。本学会理事・編集委員長などを歴任。人工知能, 複雑ネットワーク科学, 自律分散システムなどの研究に従事。著書『AI 兵器と未来社会 キラーロボットの正体』(朝日新書, 2019) など多数。



川村 秀憲 (正会員)

2000 年北海道大学大学院工学研究科システム情報工学専攻博士後期課程修了。博士 (工学)。同年, 北海道大学助手。2006 年同准教授, 2016 年同教授となり現在に至る。人工知能, マルチエージェントシステム, 観光情報学の研究に従事。



津田 一郎 (正会員)

1982 年京都大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。日本学術振興会奨励研究員, ERATO 研究員, 九州工業大学情報工学部助教授, 北海道大学理学研究科教授, 北海道大学数学連携研究センター長などを経て 2017 年より中部大学創発学術院教授, 北海道大学名誉教授, 第 23・24 期日本学術会議連携会員 (数学分科会), 複雑科学, 応用数学 (カオス力学系), 計算論的神経科学。



大倉 和博 (正会員)

1990 年北海道大学大学院工学研究科修士課程修了。同年, (株) 富士通研究所研究員, 1993 年神戸大学工学部助手, 2000 年神戸大学工学部助教授, 2006 年広島大学大学院工学研究科教授。博士 (工学)。計算知能・自律システム・創発システム・スワームシステムなどの研究に従事。