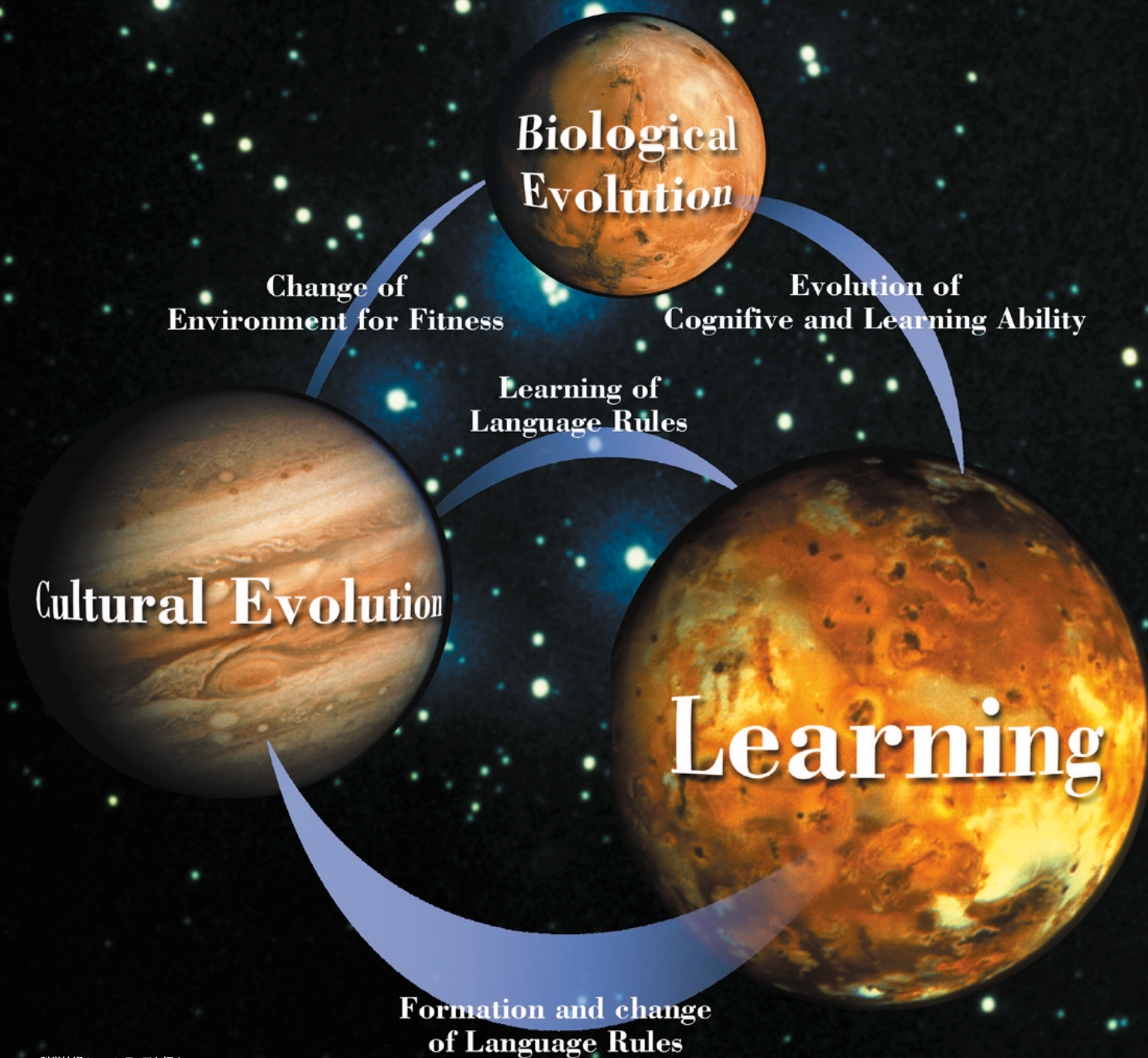


構成論的手法による言語進化の研究



北陸先端科学技術大学院大学

知識科学研究科 橋本 研究室 ● ● ●

構成論的手法による言語進化の研究。

還元論的な認識を超えた

新たなアプローチで言語の進化を追い、
複雑系の視点で知識科学を考える。



School of
Knowledge Science
Hashimoto
Laboratory

進化言語学の旗手として

従来の科学では、あるシステムを理解しようとする場合には、部分に分けて性質を見るというアプローチがとられていた。しかし、たとえば人間を細胞に分けて観察したところで人間の振る舞いを理解できるだろうか。このように従来の科学の手法では解けない複雑な問題を扱う新しい学問が複雑系である。複雑系が対象とする分野は物理、生物、認知、社会システムなど多岐にわたるが、橋本敬助教授が主なテーマとしているのは言語の起源と進化である。

言語の起源と進化には、生物的進化・学習・文化進化の三つのダイナミクスが絡み合っている。言語のないところからあるところへの変化、つまり言語の起源とはどんな変化なのか。あるいは文法や構造が複雑になっていく言語の進化のプロセスはどのようなものなのか。橋本助教授は構成論的手法によりその理解に挑んでいる。

構成論的な アプローチとは

従来の科学が観察し、記述し、分析するのに対して、構成論的手法は対象を作って動かすという逆方向からのアプローチである。研究室では、簡単な発話の能力を備えたエージェントが相互作用しながら発達する様子をコンピュータ上でモデル化し、シミュレーションを行っている。

ここでは理解したい複雑な対象を作るのではなく、起源となるタネを用意し、そこに

学習や進化などの変化のプロセスを組み込むことで最終的に複雑なシステムを作る。こうした手法では現在の状態だけでなく進化・変化のパスを含めた観察が可能である。またシミュレーションでは条件を変えるとどうなるのかという実験を行うことができる。

構成論的手法ではある種の主体を持ったエージェントの世界を作り、それを客観的に観察することができる。このことから橋本助教授は、これまで科学で扱えなかった主体性の問題へのアプローチが可能になるのではと期待している。まさに知識創造をテーマに掲げるJAIST知識科学研究科にふさわしい新しいチャレンジだといえよう。





言語のルールダイナミクス

数十年・数百年かけて、あるいは数秒で。さまざまなタイムスケールで言語は常に変化している。そこにはルールに基づいた言語がルールを破り、新しいルールを生むという「ルールダイナミクス」というものが存在する。私たちは、たとえその使い方が辞書に載っていないくとも、詩やメタファーなど初めて聞いた表現の意味をおおよそ理解することができる。それは、私たちはことばの意味をその場その場で作り出しているからだ。また人間の言語は豊かなカテゴリー構造を有しており、カテゴリー間の境界はファジーで曖昧な状態になっている。そのため私たちは新しいことばが入ってきた場合にもすんなりと受け入れることができる。

これは安定性と適応可能性の両立、そして共有性と個別性の両立という言語システムの大きな特徴に拠るものである。研究室で行っているシミュレーションでは、こうした言語システムの特徴が表れたコミュニケーションシステムができあがっていく様子が観察されているという。言語のダイナミクスが少しずつ明らかにされているのだ。さらに研究の次の段階として、言語進化にインスパイアされた計算アルゴリズムというアイデアも助教授の頭の中にある。



複雑さってなんだろう

言語の進化に限らず、複雑さとは一体なんだろう。橋本助教授は“部分やレベル(ミクロとマクロ)”“オペレータとオペランド(作用するものと作用されるもの)”“観測者と観測対象”という、三つの分離不可能性が複雑さの輪郭をなしているという。そしてそこには規則自体が変化するというルールダイナミクスが潜んでいる。

研究室のメンバーは方法や考え方を共有しながらも、生物進化や認知、経済、数学的な問題など、それぞれに関心の高いテーマに取り組んでいる。個別の対象を見つめているが複雑さの本質へと向かう方向は同じである。

研究室では専門分野以外の人とのインタラクションを大切に考えている。詩人を招

いてセミナーを開催するなど、ことばをキーワードとして科学の範疇を超えたユニークな活動も目立つ。

物理出身の橋本助教授であるが、現在は物理を研究の対象としているわけではない。しかし、物事の本質を問う自然科学的な姿勢は変わらない。

「世界はダイナミックなもの。そのダイナミクスを理解したいという知的好奇心が、研究のモチベーションとしてあります」。



Research Interests

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

助教授 **橋本 敬**

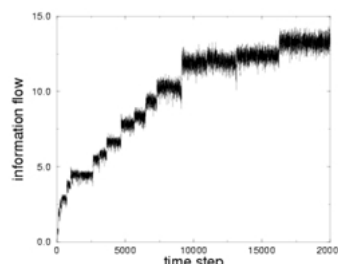
Associate Professor Takashi Hashimoto

橋本研究室 知識科学棟II TEL:0761-51-1756 FAX:0761-51-1149
http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/hashimoto/
E-mail hash@jaist.ac.jp

主 な 研 究 テ ー マ

1) 言語の起源と進化のシミュレーション

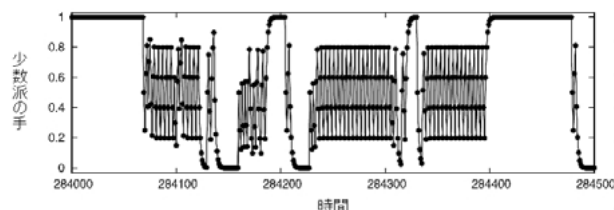
言語の起源と進化の問題を解明するために、様々なモデルを用いた研究を行っている。例えば、形式文法システムを用いた文法の進化と共有化、プロトタイプカテゴリ構造を持った語彙の発達、名詞や動詞といった内容語が接続詞や助動詞といった機能語に変化する「文法化」過程を考慮した語彙と文法の複雑化などを、マルチエージェントシステムによりモデル化し、シミュレーションを用いて解析している。



形式文法システムの進化に見られる断続平衡的ダイナミクス。文法の記述能力の進化プロセスと集団での文法の共有化プロセスが相互作用し、システム内を流れる情報量が階段状の発展を見せる。

2) 社会や市場のダイナミクスを表す マルチエージェントシステム

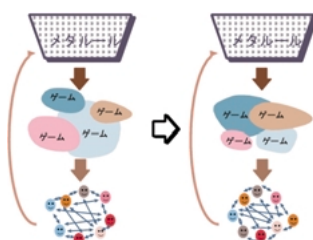
社会に見られるダイナミクスを表す色々なマルチエージェントシステムを構築している。例えば、内部ダイナミクスを持つ認知主体であるエージェントがゲームの相互作用を行うモデルでは、右図のような遍歴ダイナミクスという興味深い現象が見られる。これは、社会状態を表す変数が、固定点や周期といった様々な秩序的運動状態の間を次々に移り変わっていくダイナミクスで、社会構造の変化と解釈することができる。このシステムの解析から、社会構造の生成・維持・変化に、個人と社会全体の循環的な相互依存関係である「ミクロマクロ・ループ」が重要であることが示唆された。



内部ダイナミクスを持つエージェントのゲームに見られる遍歴ダイナミクス。固定点や周期といった秩序的ダイナミクスをエージェント社会の秩序の表れと見ると、これは社会構造のダイナミクスと考えられる。

3) 制度の形成・変化を理解するための ルール生態系の数理モデル化

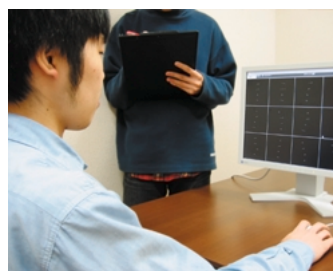
社会には、政治や経済の体制、色々な組織、習慣や慣習など、様々な制度（あるいは「ルール」）がある。制度は、その下での人々の行動を通して相互作用しながら変化していく。これは、多数の生物が相互作用しながら進化する生態系のようなシステムである。社会を「制度の生態系」と捉える見方で社会を理解するために、ルール生態系の数理モデルを研究している。モデルは、人々の行動、ルール、ルールの評価を規定するメタルールという3階層のダイナミクスを微分方程式系で表している。



ルール生態系モデル。ルールを重み付きのゲームで、個人の行動をゲーム戦略で表す。個人は複数のゲームをプレイし重み付きの利得を得る。ゲームの結果に応じ、ゲームと戦略の分布が変化していく。メタルールは不変。

4) 運動における生物性の知覚

人は無生物に対しても生物らしさを感じる。私たちは、人がどのような性質に対して生物らしさ（これを生物性という）を感じるかを明らかにするため、単純な運動をする対象を生物らしく感じるように作っていくという実験を行っている。実験には、対話型進化計算という、人の感性を取り入れることができる進化計算の手法を応用している。この実験の解析より、人は単純な運動の中に人間の運動の性質を投影して擬人化することにより生物らしさを感じている可能性が見出された。



生物性の知覚実験の様子。複数の運動パターンから被験者が生物らしいと思うものを選び、それをもとに新たなパターン群を作成する。この生物進化を模倣した過程を繰り返し、被験者が生物らしい運動パターンを作る。

使用装置 PCクラスタ (Pentium4 3.2GHz 12ノード)

キーワード 複雑系、人工生命、構成論的アプローチ、言語の起源と進化、ルールダイナミクス

Faculty Profile



北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 助教授 橋本 敬

Associate Professor Takashi Hashimoto

<学位>

神戸大学理学士 (1990), 神戸大学理学修士 (1992), 東京大学博士 (学術) (1996)

<職歴>

理化学研究所基礎科学特別研究員 (1996)

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 助教授 (1999-)

橋本研究室 知識科学棟II TEL:0761-51-1756 FAX:0761-51-1149
http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/hashimoto/ E-mail hash@jaist.ac.jp

専門

複雑系, 人工生命, 進化言語学

主な研究課題

構成論的手法による言語の起源と進化の研究

- ・語間関係網発達モデルによる、カテゴリー構造の進化
- ・文法化のシミュレーションモデルの作成
- ・カオス力学系による記号形成
- ・模倣能力と文化の共進化を通じた知能進化プロセスのシミュレーション

ミクロマクロ・ループを考慮した社会のダイナミクスに関する研究

- ・ルール生態系のダイナミクスによる制度の形成・変化の研究
- ・力学系ゲームを用いた金融市場におけるトレンド形成の研究
- ・人工市場シミュレータによる金融市場制度の設計に関する研究
- ・内部ダイナミクスを持つ主体モデルを用いた動的社会シミュレーション

本研究室では、複雑系の研究を中心に行っている。複雑系とは、対象とするシステムを、静的なものとして見るのではなく、新しい構造、秩序、ルールが生み出され、変化していくものとして捉えようという学問である。特に、我々が興味を持っているのは「ルールダイナミクス」という現象である。それは、あるシステムの振る舞いを決めていたり記述したりするルール自体が、そのシステムの作動とともに変化していくという動的現象である。このルールダイナミクスの観点から、言語、認知、社会について、主に構成論的手法を用いた研究を行っている。

最近の主な研究は、言語の起源と進化、および、社会のダイナミクスである。前者では、人間の言語が創発し変化していく過程を、生物進化、学習、文化進化が相互作用する共進化プロセスとして捉え、どのような認知能力が言語が創発するのに必要でいかに進化したのか、創発した言語はどのように社会の中で変化していくのか、それに伴う認知的ダイナミクスはどのようなものかを研究している。後者の研究では、社会制度がいかに形成され維持あるいは変化していくのかを考えている。ここで制度とは、社会において定着し一貫的に見られる行動や思考の習慣である。言語と制度はともに人間活動における一種のルールのようなものとして働き、人間の活動とともに変化して行くものである。よって、ルールダイナミクスの考え方が重要になる。

主な著書・論文・講演発表

- ・ Rule ecology dynamics for studying dynamical and interactional nature of social institutions, Takashi Hashimoto and Makoto Nishibe, The proceedings of 10th international symposium on artificial life and robotics, (2005)
- ・ Dynamic Social Simulation with Multi-Agents having Internal Dynamics, Takashi Sato and Takashi Hashimoto, To appear in: New Frontiers in Artificial Intelligence: Joint Proceeding of the 17th and 18th Annual Conferences of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Springer (2005)
- ・ 言語のダイナミクスとゲーム, 橋本敬, 数理科学, 12月号, (2004)
- ・ 言語進化とはどのような問題か? 構成論的な立場から, 橋本敬, 第18回 日本人工知能学会予稿集(C-ROM), (2004)
- ・ 動的言語観に基づく記号生成の構成論的モデル化, 橋本敬, 第16回 自立分散システム・シンポジウム予稿集, pp.125-130
- ・ 言語動力学におけるクレオール創発, 中村誠, 橋本敬, 東条敏, 認知科学, 11(3), 2004, 282-298
- ・ The effect of fitness in the emergence of creole, Makoto Nakamura, Takashi Hashimoto, Satoshi Tojo and Kenny Smith, Proceedings of Evolution of Language: Fifth International Conference, (2004)
- ・ Creole Viewed from Population Dynamics, Makoto Nakamura, Takashi Hashimoto and Satoshi Tojo, Proceeding of Language Evolution and Computation Workshop/Course, (2003)
- ・ Meta-Evolutionary Game Dynamics for Mathematical Modelling of Rules Dynamics, Takashi Hashimoto and Yuya Kumagai, In: Advances in Artificial Life, W. Banzhaf, et al. (Eds.) (Springer), pp. 107-117, (2003)
- ・ Common Owning, Transmission and Development of Knowledge, Susumu Egashira and Takashi Hashimoto, Nonlinear Dynamics, Psychology,

and Life Sciences, 6(2), 173-183, (2002)

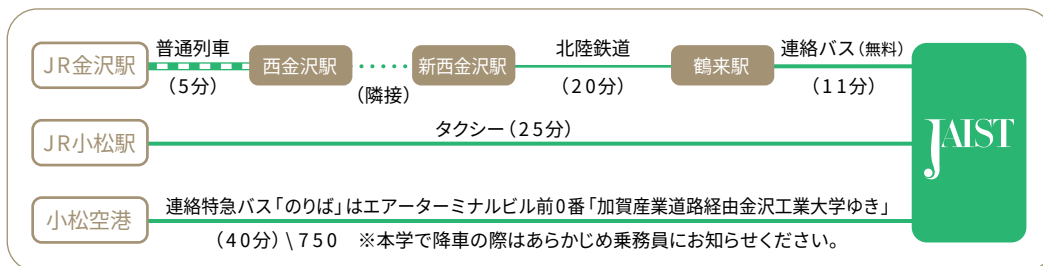
- ・ Formation of social norms in communicating agents with cognitive frameworks, Takashi Hashimoto and Susumu Egashira, Journal of Systems Science and Complexity, 14(1), 54-74, (2001)
- ・ The Formation of Common Norms on the Assumption of 'Fundamentally' Imperfect Information, Susumu Egashira and Takashi Hashimoto, Social Order in Multiagent Systems, Rosaria Conte & Chris Dellarocas (eds.), Kluwer, 2000
- ・ 言語のダイナミクスへの構成論モデル, 橋本敬, 計測自動制御学会 第20回 システム工学部会「人工生命の新しい潮流」資料集, (2000)
- ・ Modeling Categorization Dynamics through Conversation by Constructive Approach, Takashi Hashimoto, in Advances in Artificial Life, D. Floreano, J-D Nicoud, & F. Mondada (eds.), Springer, Berlin, 730-734, (1999)
- ・ 動的言語観に基づいた単語間関係のダイナミクス, 橋本敬, 認知科学, 6(1), 55-65, (1999)
- ・ Dynamics of Internal and Global Structure through Linguistic Interactions, Takashi Hashimoto, in Multi-agent systems and Agent-Based Simulation, Sichman, Conte & Gilbert (eds.), Springer, Berlin, 124-139, (1998)
- ・ Usage-based Structuralization of Relationships between Words, Takashi Hashimoto, in Fourth European Conference on Artificial Life, Phil Husbands & Inman Harvey (Eds.), MIT Press, Cambridge, MA, 483-492, (1997)
- ・ 言語の使い方をもとした単語間の関係性の発展, 橋本敬, 物性研究, 68(5), 727-736, (1997)
- ・ コードの進化, 橋本敬, 物性研究, 68(1), 4-17, (1997)
- ・ Development of Syntactic and Semantic Structure in Artificial Agents, Takashi Hashimoto, in Joint Conference of Information Sciences, Vol. 3, Rough Set & Computer Science, Paul P. Wang (Ed.) Duke University, Durham, 238-241, (1996)
- ・ Emergence of Net-grammar in Communicating Agents, Takashi Hashimoto & Takashi Ikegami, BioSystems, 38, 1-14, (1996)
- ・ Evolution of Symbolic Grammar Systems, Takashi Hashimoto & Takashi Ikegami, in Advances in Artificial Life, F. Mor n et al. (eds.), Springer, Berlin, 812-823, (1995)
- ・ Communication Network of Symbolic Grammar Systems, Takashi Hashimoto & Takashi Ikegami, in Proceedings of the International Conference on Dynamical Systems and Chaos, Y. Aizawa et al. (eds.), World Scientific, Singapore, vol. 2, 595-598, (1995)

国際貢献・国内貢献等

- ・ 日本物理学会, 会員 (1991-) ・ 日本認知科学会, 会員 (1994-)
- ・ 日本数理生物学会, 会員 (1994-) ・ 日本進化学会, 会員 (2004 -)
- ・ International Society of Artificial Life (国際人工生命学会), 会員 (2003-)
- ・ First International Workshop of Emergence and Evolution of Linguistic Communication, Co-chair (2004)
- ・ Second International Workshop of Emergence and Evolution of Linguistic Communication, プログラム委員 (2005)
- ・ European Conference on Artificial Life, プログラム委員, 6回(2001)~8回(2005)
- ・ Language Evolution and Computation Research Unit, Theoretical and Applied Linguistics, University of Edinburgh, 客員研究員(2001.9-2002.8)
- ・ SONY, Computer Science Lab. - Paris, 客員研究員(1998)
- ・ 第18回日本人工知能学会全国大会, 招待講演 (AILクチャ) (2004)
- ・ The 5-th International Symposium, The Graduate University for Advanced Studies, Strategies for Complex Systems -- Constructive and Descriptive Approaches -- 招待講演 (1999)
- ・ 特定非営利活動(NPO)法人 こえとことばとこころの部屋 幹事 (2004-)

共同研究等希望テーマ

- ・ 複雑系・構成論的手法 ・ 人工生命 ・ 人工社会シミュレーション
- ・ 言語進化に着想を得た計算アルゴリズム



JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1 TEL:0761-51-1111 (代表)

<http://www.jaist.ac.jp/index-jp.html>

産学連携に関するお問い合わせ

先端科学技術研究調査センター

TEL 0761-51-1070 FAX 0761-51-1944

E-mail ricenter@jaist.ac.jp HPアドレス <http://www.jaist.ac.jp/ricenter/index.html>

学術協力課 連携推進室 産学連携係

TEL 0761-51-1906 FAX 0761-51-1919 E-mail renkei@jaist.ac.jp

橋本研究室

TEL:0761-51-1756 FAX:0761-51-1149

<http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/hashimoto/> E-mail hash@jaist.ac.jp