

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650117

研究課題名(和文) 仮想現実システムを用いた認知的時間と空間の多様性に関する理論構築

研究課題名(英文) Theoretical Studies on Cognitive Space and Time Diversity through Virtual and Artificial Systems

研究代表者

池上 高志 (Ikegami, Takashi)

東京大学・総合文化研究科・教授

研究者番号：10211715

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：共同研究者である廣瀬通孝・岡瑞起、両氏と協力して、日本人工知能学会での5回のオーガナイズドセッションを開催し、「マッシブデータフロー」という、人と環境と人工システムが作り出す「大きな情報の流れがつくるパターン」としての「システムの生命性」について大きく議論をすすめることができた。またそれを示す実験として、池上と岡は、「生きているようなセンサーユニットのネットワーク」を製作・解析し、廣瀬らはスマートフォンやネットを利用し「人の意思決定を無意識に変容させていくシステム」を設計した。これらの成果の一部が、2012年(および2015年予定)に人工知能学会誌から特集号として発表された。

研究成果の概要(英文)：I have developed this project with the co-workers, Michitaka Hirose and Mizuki Oka to propose a series of workshop named "Massive Data Flow" in Japan AI society (JSAI) conference and discussed "systems's vitality" as an organized pattern of large information flow between man, environment and artificial systems. As its concrete experiments, Ikegami and Oka designed and analyzed a life-like network of sensor-units. Hirose designed, by using smart phones and the internet, a system that modifies human decision making by controlling unconsciousness. A part of these results was published in 2012 (and will be published in 2015) from the journal of JSAI as as special issue.

研究分野：複雑系の科学

キーワード：マッシブデータフロー ビッグデータ サイバネティクス ウェブ 人工生命 人工知能

1. 研究開始当初の背景

人工生命の研究分野では、おもに物理学、生物学、およびコンピュータサイエンスから自己複製や進化、適応、知覚、学習、運動などについて「生命現象」に関する知見を深めてきた。

たとえば、池上(研究代表者)は、20年あまりの研究の中で、さまざまな進化システムの提案、生態系の安定性と弱いカオスの関係、相互学習するシステムが作り出す協調関係と複雑さなどを研究してきた。

しかし、どんな基礎研究も新しい応用の道を開く時期が来る。人工生命もまた例外ではない。2008年の人工生命国際会議の基調講演(“Artificial Life is Dead”, Artificial Life XI (Winchester, UK 2008))では、人工生命を現実空間に出すことを主張した。当時は、ロボットや化学実験、メディアアートの形をとりつつ、現実空間に持ち込んだ場合の頑強さや、現実空間の自律運動という観点を模索してきた。

国際的状況においては、LifeLogに代表されるBigDataということへの注目、およびHintonの提唱する階層型神経回路網の技術的革新(deep Learning)が、同時並行的に進行していった。それまでは人工生命の応用と言えば、ロボットの動作や行動パターンの生成などに限定されており、そのアウトプットも産業としてより玩具(ソニーのAIBOなど)等が主なものであった。しかし、人工生命の面白さは、もっとあらゆるところで応用される技術にある。例えば自律ロボットの原理を用いた掃除機(ルンバ)は、生命の性質を応用した技術の出発点である。このルンバは、アメリカ合衆国のiRobotが創ったもので、初期人工生命研究の旗手であるMITのRodney Brooksがもともと考案したものである。

しかし、そうした初期の人工生命の研究を応用した技術とは決定的に違う要素が2011

年にはある。それは、CPUが速く、ウェブが進化し、大容量のメモリが安く手に入るようになったことだ。その結果、初期のロボット群のように、低自由度のセンサーとモーターが駆動する「ノイズとしての自律性」ではなく、マッシュで大自由度のデータフローが扱えるようになった。これらを基礎として、空間的にも時間的にもスケールの違う現象を射程とした、新しい人工生命応用技術に手が届くようになった。

2. 研究の目的

このプロジェクトは、池上、廣瀬、岡の共同チームからなる。池上は、バックグラウンドを理論物理(カオスや統計力学)としているため、以上の目的を果たすには、コンピュータ科学者やエンジニア(特にウェブの科学やヒューマン・マシーン・インターフェイス関係の)の協力が必要である。

そこで拡張(AR)/仮想現実(VR)の分野で知られる廣瀬と協力して、人間の認知に働きかける手法あるいは新しいモデルについて、探求し、岡瑞起(現・筑波大学システム情報・助教)と協力して、インターネット・ウェブを自律システムとして解析し、そこに見られる生命ライクな振る舞いを、人工生命モデルを屋外につくることで実装・実験することを目的とした。

特にシステムの自律的なダイナミクスを人間に反映させるフィードバック手法として、直接的な情報提示手法でなく、人間の無意識の作用を利用して、自律システムが間接的に人間に働きかけるプロセスを念頭においているところがユニークな点である。

3. 研究の方法

池上・岡は、大学院生の丸山典宏の協力のもと、多数のセンサーユニットがネットワークをつくるシステムを自作した。このシステムは、センサーネットワークが取ってくる過剰なデータ群を変換して、超指向性スピーカーを用いて人工のサウンドスケープを生成し、それを現実空間のサウンドスケープにインストールするものである。センサーネットは環境データを自律的に取り込み、2014年のUCLAにおい

ては 40 個の超指向性スピーカーを介して人工のサウンドスケープを生成した。

より具体的には、距離センサーと光センサーからなる 8 台のセンサーユニットをワイヤレスに繋いでネットワークをつくり、ユニット同士でデータを送り合う。センサーユニットは、屋外のいろいろな場所、たとえば樹の上や机の上などいろいろな場所に置かれている。センサーが受けとったデータ群は、人

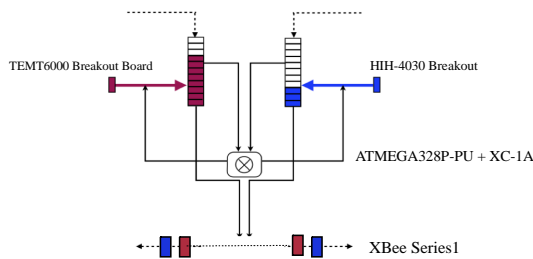


図 1 : センサーユニットの概略図。2つのセンサー（IR センサーと ambient センサー）の inputs をバッファーに書き込み、その量をもとに取り込むサンプリングレートを制御し、バッファーに書き込まれたデータを、XBee(無線 module)で、ほかのユニットに転送する。

工の化学反応モデル (Grey Scott をベースにしたもの) によって「データの化学反応」をひき起こし、その反応状態に応じて、センサーのサンプリング・レート (単位時間あたりにどのくらいデータを取り込むかの割合) が変更される。図 1 にセンサーユニットの概略図 2 に実際に構築されたセンサーユニットの写真をおく。

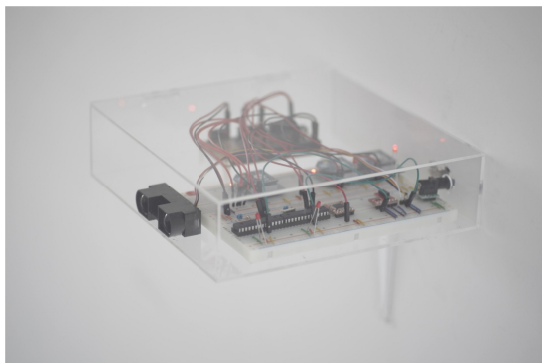


図 2 センサーユニットの実際。

この研究成果を公共の場で公開し、センサー

ネットワークのつくる時間と空間の「雰囲気」を感じてもらうために、変調するサンプリング・レートを、サウンドとして出力した。具体的には、用意したサウンドファイルからレートに応じて、サウンドファイルを混ぜていくというやり方をとった。こうすることで、センサーネットワークの状態に応じて、その場の雰囲気の変化として体感できる。

また距離センサーと光センサーを通じて、展示した場に (たとえばサウンドに惹かれて) 人が集まってくると、センサーが反応して状態を変えていく。つまり、人もこのセンサーネットワークの反応要因の一部となっている。このように構築することで、この挑戦的萌芽を通じてうまれたコンセプト「Cybernetic Loop」(サイバネティック・ループ) に行き着いた。

サイバネティック・ループとは実験における人とシステムをひとつの因果のループに組み込むということで、廣瀬らのデバイスを利用した認知実験はすべて Cybernetic Loop 的である。たとえば、未来日記 (これまでの個人のデータから今度の仕事の「スケジュールの大変さ」を予測して、仕事の目安をつけてくれる。あるいは自分の食事をネットにアップし、その評価を見ている人が付けてくれるのだが、そのデータを加工してフィードバックさせることで、健康的な食事への志向性を増加させるという効果が実証されている。このような個人データを用いて、その個人の行動決定を意識・無意識に制御しようというのが、Cybernetic Loop のコンセプトとなる。

4 . 研究成果

この科研費のメインな成果は 2 つあると考えている。I) 自律的なセンサーネットワークを開発して、その挙動の解析と論文化した。II) 廣瀬、岡らとの日本人工知能学会全国大会でのオーガナイズドセッションを開催した。

I) に関しては、2012 年の 12 月にシンガポールの Asia SIGGRAPH2012 の Art Gallery に採択されて発表をおこなった。またそのシステムを解析した結果を、2013

年にやはりシンガポールで行われた IEEE の国際会議で発表した。さらに、このシステムを拡張した発表をアメリカの UCLA で行い、学生に講義をした。

II)に関しては、2011 年に行った人工知能学会全国大会で、多くの招待講演者を集めて行ったオーガナイズドセッション「マッシュデータフロー：人と環境と人工システムが作り出す複雑さ」を、2011 年から継続して 2015 年まで 5 回開催した。

この科研費で培われた重要なコンセプトは、マッシュデータフロー(MDF)である。これは、BigData との差異を明白にし、MDF において重要なのは、巨大なデータフロー自身が作り出す(人が媒介する)自己組織的な構造の持つ「生命らしさ」である。というメッセージを世に提案できた、と考えている。このコンセプトは position paper として、フランスの学会で 2014 年に発表し、また人工知能学会では特集号(2012 年、2015 年)を組むことが出来た。先の Cybernetic Loop の概念的な発展を将来問題としつつ、MDF をひとつの概念として整備・提案できたのは大きな成果である。2013 年におけるヨーロッパ人工生命国際会議 2013 でのイタリアにおける MDF ワークショップの開催、および、2014 年のアメリカでの WebSci 会議における MDF ワークショップの開催、さらには人工知能学会における公式研究会 [http:// sigwebsci.tumblr.com/](http://sigwebsci.tumblr.com/) “Web Science 研究会”は、その具体的な成果だと考えている。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

1. 池上高志, 岡瑞起, 橋本康弘: 生命現象としてのウェブシステム, 人工知能学会論文誌(出版予定), 2015.(査読有)

2. 竹内俊貴, 田村洋人, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝, ライフログとスケジュールに基づいた未来予測提示によるタスク管理手法
情報処理学会論文誌, Vol. 55 No. 11 ,pp. 2441-2450, Nov. 2014.(査読有)
3. Mizuki Oka, Hirotake Abe, Takashi Ikegami : Dynamic Homeostasis in Packet Switching Networks, Adaptive Behavior, pp.1-14, 2014.(査読有)
4. Mizuki Oka, Yasuhiro Hashimoto, Takashi Ikegami : Self-organization on social media: endo-exo bursts and baseline fluctuations, PLOS ONE, 9(10): e109293. 2014.(査読有)
5. Mizuki Oka and Takashi Ikegami: Exploring Default Mode and Information Flow on the Web. PLOS ONE, 8(4): e60398, 2013.(査読有)

〔学会発表〕(計 25 件)

1. 池上高志, 岡瑞起, MDF の示す生命性について, 2015 度人工知能学会全国大会(第 29 回), May 30 - June 2, 2015. はこだて未来大学(北海道・函館市)
2. 岡瑞起, 池上高志, Modeling Temporal Dynamics on Social Media, 2015 年度人工知能学会全国大会(第 29 回), May 30 - June 2, 2015. はこだて未来大学 北海道・函館市)
3. 寺下翔太, 竹内俊貴, 谷川智洋, 鳴海拓志, 廣瀬通孝. 未来予測を用いたタスク管理における予測提示手法の検討. 情報処理学会 第 77 回全国大会, 2015 年 3 月 17-19 日. 京都大学(京都府・京都市)
4. Yuki Ban, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose, Improving Work Productivity by Controlling the Time Rate Displayed by the Virtual Clock, Augmented Human 2015, 2015 年 3 月 9-11 日. Singapore(シンガポール)
5. 櫻井翔, 伴祐樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝 時計メタファを利用した時間表示速度制御による時間感覚変容手法の基礎検討, 日本バーチャルリアリティ学会第 19 回大会, 2014 年 9 月 17-19 日. 名古屋大学(愛知県・名古屋市)
6. Toshiki Takeuchi, Tatsuya Fujii, Kyohei Ogawa, Takuji Narumi, Tomohiro, Tanikawa and Michitaka Hirose, Using Social Media to Change Eating Habits without Conscious Effort, CEA2014, 2014 年 9 月 14 日. Seattle(アメリカ)
7. Naoto Nakazato, Toshiki Takeuchi, Kyohei Suwa,

- Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose, Influencing Driver Behavior through Future Expressway Traffic Predictions, ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 2014, 2014年9月13-17日. Seattle (アメリカ)
8. Seth Bullock, Mizuki Oka, and Takashi Ikegami, Massive Data Flow: Understanding the Complex Dynamics of the Web, Workshop at the ACM Web Science Conference 2014 (WebSci14), USA, June 23-26, 2014. Bloomington(USA)
 9. 岡瑞起, 池上高志, 橋本康弘, Self-organization in Social Media, 2014年度人工知能学会全国大会(第28回), May 12-15, 2014. ひめぎんホール。(愛媛県・松山市)
 10. 竹内俊貴, 中里直人, 諏訪恭平, 谷川智洋, 廣瀬通孝, 高速道路における運転行動の未来予測提示によるドライバの行動誘発, 2014年度人工知能学会全国大会(第28回), 2014年5月12-15日. ひめぎんホール(愛媛県・松山市)
 11. 廣瀬通孝, 谷川智洋, 鳴海拓志, 竹内俊貴, サイバ ネットワークシミュレーション: 社会システムを最適化するための行動誘発技術, 2014年度人工知能学会全国大会(第28回), 2014年5月12-15日. ひめぎんホール(愛媛県・松山市)
 12. Takashi Ikegami, Mizuki Oka: Massive Data Flows: Self-organization of energy, material, and information flows. 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2014. March 6-8, 2014. Loire valley(France)
 13. 藤井達也, 竹内俊貴, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝, 個人の嗜好を反映した食習慣改善ソーシャルメディア, 第13回香り・味と生体情報研究会, 2014年3月10日. 山梨大学(山梨県・甲府市)
 14. 藤井達也, 竹内俊貴, 小川恭平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝, 食事への他者評価付加による食生活改善手法の基礎検討, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2013年9月18-20日. グランフロント大阪(大阪府・大阪市)
 15. Toshiki Takeuchi, Kyohei Suwa, Hiroto Tamura, Takuji Narumi, Tomohiro, Tanikawa and Michitaka Hirose, A Task-Management System using Future Prediction Based on Personal, Lifelogs and Plans, Ubicomp 2013, 2013年9月8-12日. Zurich(スイス)
 16. Takashi Ikegami, A Design for Living Technology: Experiments with the Mind Time Machine. Artificial Life 2013, September 2-6, 2013. Taormina(Italy)
 17. Takashi Ikegami, Mizuki Oka, Norman Packard, Mark Bedau, and Rolf Pfeifer, Artificial Life in Massive Data Flow, Workshop at the 12th European Conference on Artificial Life (ECAL 2013), September 2-6, 2013. Taormina(Italy)
 18. Norihiro Maruyama, Mizuki Oka, Takashi Ikegami: Creating Space-Time Affordances via an Autonomous Sensor Network, The 2013 IEEE Symposium on Artificial Life. April 16-19, 2013 Singapore(Singapore)
 19. 廣瀬通孝, 谷川智洋, 鳴海拓志, 小川恭平, ソーシャルメディアと食生活改善, 2013年度人工知能学会全国大会(第27回), 2013年6月4-7日. 招待講演. 富山国際会議場(富山県・富山市)
 20. Takashi Ikegami, Mizuki Oka, Norihiro Maruyama, Akihiko Matsumoto, and Yu Watanabe, Sensing the Sound Web, Art Gallery at the 5th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia, November 28-December 1, 2012. Singapore(Singapore)
 21. 廣瀬通孝, ライフログから未来日記へ, 2012年度人工知能学会全国大会(第26回), 2012年6月12-15日. 山口教育会館(山口県・山口市)
 22. 岡瑞起, 池上高志: 人と環境にみる高次元のデータフローの生成と解析~マッシュデータフロー時代の理論とは?~, 2012年度人工知能学会全国大会(第26回), June 12-15, 2012. 山口教育会館(山口県・山口市)
 23. 岡瑞起, 池上高志: Information Cascades in Twitter, 2013年度人工知能学会全国大会(第27回) マッシュデータフロー~人と環境と人工システムが作り出す複雑さ~, June 4-7, 2013. 富山国際会議場(富山県・富山市)
 24. 池上高志, 岡瑞起: 人と環境にみる高次元のデータフローの生成と解析, 2011年度人工知能学会全国大会(第25回), June 1-3, 2011. 岩手県民情報交流センター.(岩手県・盛岡市)
- [図書](計 0 件)
- [産業財産権]

出願状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池上高志 (IKEGAMI, Takashi)
東京大学・大学院総合文化研究科・教授
研究者番号： 10211715

(2) 研究分担者

廣瀬通孝 (HIROSE, Michitaka)
東京大学・情報理工学(系)研究科・教授
研究者番号： 40156716

岡瑞起 (OKA, Mizuki)
筑波大学・システム情報工学研究科(系)・
助教
研究者番号： 10512105