

長浜バイオ大学における高校生を対象とした先進的体験学習講座：

コネクトームによる人工知能ロボットの設計と製作

長浜バイオ大学 コンピュータ・バイオサイエンス学科 教授

和田 健之介

1. 今年度の体験学習テーマ

今、最もホットな技術パラダイムの一つに、『コネクトーム』と呼ばれる研究分野がある。この研究が目標としていることは、生物が持つ神経回路の地図全体をまるごと解析し、その中で行われている超並列分散情報処理のメカニズムを、自律型制御ロボットの実装技術として確立すること、そして、人間と同じような情報処理のプロセスを持つ **Blue Brain** と呼ばれるスーパーコンピュータの実現を目指すことであり、このための基礎開発が、今世界各地で、急速かつ精力的に進められている。

詳しくは、以下の記事を参照されたい。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B3%E3%83%8D%E3%82%AF%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%A0>

https://ja.wikipedia.org/wiki/Blue_Brain

<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/mag/15/320925/091100006/?rt=nocnt>

<http://www-06.ibm.com/jp/press/2014/08/0801.html>

https://www.festo.com/cms/en_corp/14252.htm

このように述べてしまうと、こういった最先端の技術は、一般人や学生たちにとっては、もはや近未来的というよりも、SFの世界のように聞こえてしまうが、実際は全く違う。

今年度の12月中旬頃の土曜日もしくは日曜日に実施予定の、高校生向けの体験学習のテーマは、超最先端の『コネクトーム』のパラダイムに基づいた**進化型バイオリド**の実験を、高校生向けにやらかそう、というのである。

なぜ、このような暴挙が可能なのか、以下に順を追って少し詳しく解説していく。

2. 長浜バイオ大学以外では世界のどこでも学べない『進化型バイオリド』の研究開発

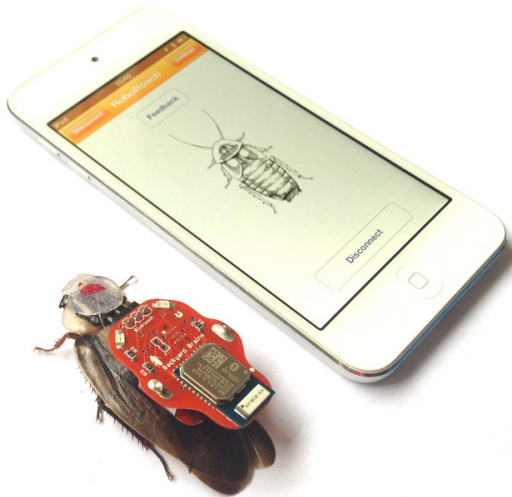
長浜バイオ大学は、他大学にはない非常に面白い組織構造になっており、ウェット系の生物科学や遺伝子科学と、スーパーコンピュータを駆使した生物情報学の研究者の両方が共存している。

このため、生物が数十億年の年月を生き抜いて獲得してきた神秘の環境適応メカニズムを、

コネクトームなどの新しいパラダイムにより、人工的な神経回路網を搭載した進化型ロボットや、複数のバイオリイド達のコミュニケーションから創出される『集合知』などの解析実験が可能である。

実際、昨年度には、最初の試みとして、**マダガスカル・オオゴキブリ**という7～10cmほどもある巨大ゴキブリに外科的手術を施して、触覚神経に超小型の Bluetooth 通信回路を取り付けることで、ゴキブリをラジコン自動車のように iPhone 上に表示された仮想ゴキブリの絵をスワイプするだけで、生きたゴキブリの進行方向を無線コントロールするための実験を行った。

つまり、昆虫の**BMI(ブレイン・マシン・インターフェース)**の実験である。



<https://backyardbrains.com/products/roborroach>

驚いていただきたいのは、この実験を最初から最後まで実施したのは、私ではなく本学の学生である。それも大学院生ではなく、3年生の4名によって全ての実験が行われ、見事、実験を成功させた。この実験の一部始終はビデオに収めてあるので、ゴキブリが苦手であれば、以下のビデオをご覧ください。

<https://youtu.be/Tj2fUsm-OLY>

ちなみに、外科手術を施したマダガスカル・オオゴキブリは、1年以上経過した今でも、我が家でフルーツや高品質プロテインゼリーを食べながら無事に生きている。

ただの能書きや理想論を語るだけでなく、本当にどのようなことが、そして、どのようなスタイルで、長浜バイオ大学で学問を究められるのか、実際の体験学習を通して、身をもって感じ取っていただきたい。

この体験学習にお集まりいただいた高校生諸君には、世界のどの大学でもまだ実施していない『コネクトーム』のパラダイムに従った進化型の人工知能ロボットの開発と、集合知が創発する瞬間を垣間見るためのシステム設計の基本技術を身につけていただく。

まったくのプログラミング初心者でも、問題なくステップ・バイ・ステップ形式で、

軽快に進められる学習コースを体験することで、我々が提供する世界でも類を見ないほどの革新的なバイオ・ロボティクスの教育システムを十分に御理解していただけることを強く確信している。

3. 体験学習で使用する『進化型バイオロイド』の教材は、現在、着々と完成に向けて開発中！

今回の体験学習に必要なバイオロイドの試作品は、現在、数種類がテストされており、間もなく最終仕様が決まる。それと同時に、イギリス、アメリカ、ドイツ、中国の各国より、体験学習に必要なロボット部品の輸入を開始し、高校1年生でも十分内容を理解できる丁寧なテキストの作成を目標にして、体験学習の実施日直前まで、しぶとく改訂を続けていき、学習コンテンツの品質向上を追求する。

こういったブットンダ企画を実施する場合に、私のようなスパコンとロボットのオタクの大学教授が、高校生ならば理解できるはずだ、と勝手に思い込んで、教材やテキストを作成してしまうと、間違いなく空回りして大失敗に終わる。

今回は、驚くなかれ、高校生の体験学習用の機材の試作、テキスト作成を精力的に行っているのは、やはり、本学の学生である。さきほどの巨大ゴキブリの実験と同様に、大学院生ではないし、私のゼミに属する4年生ですらない！

中心になって動いているのは、2年生の男子と女子の学生2名、そして、特にソフトウェア開発で大活躍しているのは、なんと1年生の男子学生であり、夏休みをほとんど返上し、ときには徹夜の作業も厭わずに、教材作成に励んでいる。

大学生ならば、夏休みは大いに遊び、バイトで稼ぐための絶好の期間であるはずだが、彼らは高校生諸君が、脳内にドーパミンを大放ししながら体験学習ができるために、最大限の努力を惜しみなく続けている。

4. 世界中で今一番ホットな技術テーマは？ ～ これからの日本が生きる道 ～

日本は前世紀までに、日本人独自のきめ細かな工夫と勤勉さを最大限に生かしきることによって、世界が認める技術立国となった。しかし、ここ10年ほどは、技術者の流出や技術情報のグローバル化の波に飲み込まれ、中国や韓国などのアジア圏のローコストな製品群に圧倒され続けた結果、見る影もなくなるほど、技術者のレベルや製造拠点などのインフラが加速度的に劣化してきている。

とは言っても、資源のない我が国が選ぶべき道は、考えるまでもない。少なくとも数十年は他国の先を行き、他国が模倣できないほど最先端の科学技術を創出し続ける必要がある。

その技術シーズをベースとして、極めて短期間で品質の高い製品に仕上げ、世界市場に矢継ぎ早に誰もが欲しがると画期的な製品群をリリースしていく以外に、日本が世界の中で先進国として居続けることは不可能だと断言できる。

こういった厳しい状況の中で、今一番注目をあびている技術分野が、**ビッグデータ解析**と**人工知能**、そして**ロボット産業**である。

5. グーグルが月面で開催する自律走行型ロボットのレースの賞金総額は、なんと30億円！

2016年末には、グーグルが**賞金総額30億円**を投じて、**月面での自律走行型ロボットの短距離レース**、『**Google Lunar XPRIZE**』が開催される予定である。手に汗握る自律走行型ロボット達の激しいデッドヒートの様子が、月面からハイビジョン映像で全世界に生中継されることになる。

レース当日は、人類が今まで経験したことのない規模の莫大な情報ストリームが世界各国のネットワークを限界まで酷使することは必須であり、グーグルの研究スタッフは、この類まれなイベントを詳細に解析することで、グーグルが創業以来夢に見てきた、地球規模の大規模ネットワークをコントロールするための、次世代のネットワーク制御技術確立するだろう。この、月面レースが、近未来におけるグーグルの惑星間規模の巨大ネットワークシステム確立の記念すべき第一歩となることは間違いない。

大変興味深いことに、このレースは政府や国の研究機関が関係したチームは、基本的に対象とはしておらず、個人ベースの技術者たちを対象としている。

このため、柔軟性と迅速性に欠ける大きな組織からは、到底生まれようもない、独自の発想と斬新な技術が、このレースの優勝者からもたらされることが大いに期待されている。

現時点で生き残っている各国の16チームのうち、中間審査で5位以内に入り、6千万円もの賞金を獲得したのが、我が国の小さなベンチャー企業であったことが、今後の日本の『ロボット技術立国』としての未来像を暗示してくれているようで、暗いニュースばかりが続く日本に活力を与えてくれる朗報であった。

6. さまざまな分野で活躍しはじめた人工知能 ～ 近未来SFの世界が現実に ～

現在、経済の市場予測や医療診断の分野において、各分野の一流の専門家の判断や予測をはるかに超える人工知能エンジンである『**ワトソン**』が、IBMの精力的な研究により、着々と進化を続け、実際のビジネスとしても成功を収めつつある。

自律走行型ロボットや、次世代のAI技術、量子コンピュータなどの様々な先端技術が有機的に融合することにより、人類がかつて経験したことがないほどの爆発的な速度で進歩を続けていく。そして、多くの未来学者によって予測されているように、遅くとも今世紀の中ごろまでには、『**シンギュラリティ(技術的特異点)**』と呼ぶ臨界状態を超え、技術が技術自身を加速度的に進化させることが可能となる新時代に突入するだろう。

この未来像に対する価値基準は、それぞれの研究者によって様々ではあるが、テクノロジーの暴走を単に危惧するだけの安易な発想しかできない未来学者などは、私にとっては笑止千万である。

今の時点では、GPSによる位置情報や体温・心拍数などの生体情報をリアルタイムでモニタリングしつつ、ネットワークに常時接続できるオモチャのような滑稽な商品がリリースされているだけだが、我々の体内の細胞の異常を外部からではなく、内部から常時観測可能な**ナノデバイス**の実現性が高まってきている。

また、今の最先端の神経科学では、事故や戦争などで手足を欠損した身障者に対して、頭蓋骨に電極を埋め込み、脳内の神経素子との人工的シナプスを確立することで、義手や義足などを『**ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)**』と呼ばれる、埋め込み型の計算機による適応制御によって、短時間で快適に制御することが可能になってきている。

残念ながら、現時点ではリスクの高い外科手術が必須であり、接続ポイントもごく少数に限られているため、一般の健常者にとっては、気軽に利用可能な技術などではなく、メリットはゼロと言っていい。

しかし、このBMIも、**ナノ・バイオテクノロジー**を応用した技術革新が進み、体内に注入したナノマシンが、自ら特定の領域の神経細胞との接続を確立し、超高速通信デバイスを自己組織化することができれば、数分の内科的処置を受けるだけで、施術後数日で大規模なネットワーク情報を、意思の力だけで自由に操ることが可能となる。

もちろん、人類が体験したことのない膨大な情報に常に曝されることにより、精神的限界を超えた場合には、中枢神経系に大きなダメージを受けてしまう人も少なからず現れるだろうが、2，3世代の後には、社会的な淘汰圧により、適応度の高い新人類に生まれ変わることは想像に難くない。

7. 人工知能が人類にとってかわるのか、それとも共存共栄の道は残されているのか？

ときおり見かける思考力の弱い未来学者の警鐘らしきものには、必ずと言っていいほど、人工知能 vs 人類、といった古臭いSFのような構図がベースとなっている。しかし、既にお気づきのように、**ナノ・バイオテクノロジーを活用した侵襲性ゼロのBMI**のテクノロジーを新たに獲得した人類は、リアルタイムで地球規模のネットワークにアクセスすることで、非常に臨場感の高い遠隔通信を行うことができるだけでなく、いたるところに設置された高精細監視カメラによる防犯活動といった日々の生活に役立てたり、そして、リビングに横たわったままの状態、言語の壁を超えた本当の意味でのグローバル・ビジネスを展開したりすることが可能となる。

外国語を数年もかけて学習しても、現場では大して役立たない現在の語学教育などは、**リアルタイム多言語変換システム**によって、単なる趣味の領域になるだろうし、知識の獲得に大半の労力を費やさねばならない学習科目などは軒並み意味を失うだろう。

現時点では、入学試験や資格試験の最中にモバイル機器などで情報収集を行うことは禁じ手であ

り、犯罪行為ですらあるが、脳と大規模ネットワークとの常時接続が確立された時代では、『そんな理不尽で意味不明な罰則があっただなんて…』と、ただ啞然とされるだけであろうし、『黒歴史』の1エピソードに過ぎなくなる。

膨大な情報を独自の基準でフィルタリングし、そのビッグデータの中に潜む情報構造を、いかに効率よくマイニングできるか、といったことで個人の能力が問われる時代になる。

一方で、地球規模で緊密に結ばれた計算機システムの総体からしてみれば、世界中の人間から送信されてくる体内からの各種のセンサー情報や行動記録、会話情報やメールなど、膨大な次元数のヒュージデータを解析することで、計算機の中で極めて予測精度の高い『**全人類を含む地球規模のヴァーチャルモデル**』を構築することができる。この未来予測モデルを使うことで、人類と人工知能とが共に歩むべき道が垣間見えてくるのではないだろうか。

つまり、近未来を支配するのは、人類か人工知能（A I）か、といった単純な対抗図式ではなく、全人類の知能と、ネットワーク上の大規模な計算リソースをフル活用した『強いA I』とが、シームレスに融合した新たな『**地球規模の集合知**』の創生により、『**知能のオートポイエーシス(自己創出)**』とも呼べる技術革新の新時代に突入することが予想できる。

しかし、冷静に現状を分析してみると、現時点の最先端技術をもってしても、時々刻々とダイナミックに変化する環境の中で、A I ロボットが膨大な数のセンサー群から送られてくる毎秒テラバイト級の入力ストリームをリアルタイムで情報処理して、その処理結果を直ちに運動システムの制御に生かすためには、途方もないほどのメモリ搭載容量と、現時点では考えられないほどの高速のC P U群が必須となる。

日本最大のスパコンは現時点では、神戸ポートアイランドにある『**京**』であるが、クラスター全体としてのスペックは凄まじくても、1 ノードに搭載されたC P Uコアの性能やメモリ容量は、その辺の家電量販店で販売しているゲーム用P Cと大差ない。

驚くことに、**1ノード**の搭載メモリは、僅か**16ギガバイト**しかなく、私が普段使っている野蛮人仕様のノートP Cの半分の容量、という悲惨な有様である。

膨大なノードが通信によって結ばれているアーキテクチャなので、気象予測などのように、領域分割が可能な課題に対しては、並列計算によって高速に計算できるが、『**強いA I**』のシミュレーションを行うときには、各素子が緊密に連結しあっているため、情報処理システムを各ノードに分担させて並列計算させても、ノード間にまたがった通信が頻繁に発生するため、いくら光インターコネクションの技術を導入しても、全く持って歯が立たない。

このような領域の計算には、どうしても、1 ジョブから途方もない容量のメモリがアクセスできる『**大規模共有メモリシステム**』のアーキテクチャを持ったスパコンが必須となる。

長浜バイオ大学は、1年生のときから利用可能なスパコンとして、昨年度、384コア、1テラバイトのメモリを搭載した **SGI UV2000** を導入した。この機種こそ、現時点で地球最強

の大規模共有メモリシステムのスパコンであり、最大で64テラバイトまでのメモリが搭載可能であり、プログラムに工夫さえ凝らせば、1ジョブからほぼ全メモリを利用することが可能となる。

64テラバイトをフルに実装した **SGI UV2000** の存在を SGI 本社に調査依頼してみたところ、大変驚いたことに、『**持ち出し厳禁!**』と書かれたその書類には、欧米や中国の軍関係の研究機関や Google の研究施設などではなく、唯一、日本の大学共同利用機関法人である**統計数理研究所**に納品されていることが記載されていた。しかも、あり得ないことに、その資料には『**2台 納品済み**』との信じがたいコメントが記されていた。矢も楯もたまず、統数研に連絡を取り、本学の名誉教授の池村淑道教授といっしょに、超大規模ゲノム語辞書の作成のために、利用申請をお願いしたところ、とても自由が利くユーザー権限での利用が認められた。

しかし、この世界最大の大規模共有メモリシステムを持ってしても、『強いAI』を実現するための計算機実験には、メモリがまだまだ不足してしまう。
ここに、今の我々では**到底越えられない程の大きな技術の壁**が立ちはだかっているようにも思える。

しかし、視野を広くとってみると、我々の身近な昆虫や動物は、今述べたロボットに搭載されたセンサー類などを遥かに超える数のセンサーを触覚や体表上、そして体内にも装備しており、日夜生死をかけて最適な行動戦略を取ることで、餌を捕食したり、逆に捕食者から逃れたりしている。

ここまでお読みいただければ、既にお分かりのはずであるが、『**生き物達が生き残るためのアルゴリズム**』を、一度抽象化し、さらに昇華させることで、『**機械の進化アルゴリズム**』が実装された究極のロボットには、**設計図を元に材料から部品を自動生成し、部品どうしは自己組織化によって自動的に組み立てられ、組立完了後には、絶えず変動する環境に自動適応し、自らの部品の劣化に応じて制御パラメータを最適化し、かつ劣化した部品を自動再生**できる機能などが備わる。

特に、深宇宙などの資源開発には、どの機能が一つ欠けても、あっという間にプラントが停止してしまうことは、誰にとっても明らかである。

これだけでも驚くべき能力であるが、さらに、設計図を自ら書き換えことにより、より高いレベルの環境適応性能やタスク達成度を実現する設計図を創造していく。そして、各ロボットが獲得した個別の経験と知識を、**瞬時に効率よく集団全体で共有**していくことで、初期プラントをデザインした設計者がいない無人環境であっても、性能と効率改善の無限ループが着々と進行する。

この脅威のメカニズムこそ、われわれ人間を含む生物が日々行っている『**生きていくための知恵**』であり、これなしでは瞬時に淘汰されてしまう。

しかし、生物が持っている、このような『**したたか**』で、かつ、『**しなやか**』な**環境適応メカニズム**に学んで、この制御機構を自動車やロボットなどの制御アルゴリズムとして活用するパラダイムは、何も今に始まったものではない。

古くは『**サイバネティクス**』などがあり、これらの思想を具体的な制御システムに応用展開することで、新しい産業を切り開いてきた。

自動クルージングシステムを搭載した自動車や、介護ロボット、血液内の体内修復用ナノロボなど、日常生活のいたるところに、**様々なスケールで多様な形態の進化型の環境適応ロボット**が普及していこう。そして、我々は**人工知能による意思決定支援サービス**を24時間受けながら、効率が極限まで高められた生活を送ることができるだろう。

このような人々の生活が、果たして、本当に幸せなのかどうかは、個人個人の価値観によって、大きく判断の分かれるところではある。ただ、間違いなく言えることは、こういった未来は、思った以上に早く到来する。

8. バイオテクノロジー + コンピューターサイエンス + ロボット工学 が有機的に融合した未来のスーパーハイテクを誰よりもいち早くマスターせよ！

今の若者たちが、さらなる未来を切り開くための研究者集団の真ただ中で活躍したい、と願うのであれば、数十年間も狭い学問領域にこもってきたオーソドックスな機械工学や情報工学しか学べない他大学ではなく、いい意味で、『**なんてもアリ**』の我が**長浜バイオ大学**で、日々、ワクワクしっぱなしで新時代を切り開くための新しい学問の領域を学んでいただきたい。

最先端の技術を学び、身に付けることは、そのスキルがそのまま、社会でも抜きん出て役にたっていくことに他ならない。

我が国が『**ロボット技術立国**』として世界のリードを取るために、これからは大企業や国の研究所だけでなく、町の中小企業にいたるまで、設備投資のために多くの資金が投入されていく。高度な人工知能を搭載したロボットの活用現場は、工場の自動化や、人間の雇用が難しい放射能除染作業、危険な土木作業、災害救助現場など、誰もが思いつくフィールドだけでなく、教育産業や介護産業、自動車や飛行機などの完全自動運転システム、海上自衛のための自動巡回システム、ペットケア産業など、幅広い分野に活躍の場が展開されていき、市場規模は飛躍的に高まっていく。

当然ながら、この事業を推進していくために、若くて斬新な発想を持った若手研究員や、ロボット開発者の社会的ニーズが飛躍的に高まっていく。このため各企業が、ロボット工学を学んだ優秀な学生たちを我先にリクルートすることは当然である。

さらに先を見据えて、世界的にもまだ前例がない『**進化型バイオロイド**』のコンセプトに基づいた革新的技術を習得し、ロボットの設計図自体が、ロボットの現場の経験に基づいて、環境適応的かつ自動的に進化していく『**機械進化**』のアルゴリズムを搭載したシステムの開発スキルを身に着けることができれば、新時代のロボット設計者としての価値は計り知れない。

現時点で、このような近未来技術を身に着けたければ、眠たい講義などより、先端的な遺伝子科学の実験実習に最重点を置いたカリキュラムが充実し、情報科学を主軸した**コンピュータ・バイオサイエンス学科**を有している、我が長浜バイオ大学以外に学ぶ場は存在しない。

とは言っても、実際にどのような学問なのか、そして、本学に進学しても実際にそのようなスキルが身に付き社会で活躍できるのか、このような先端的技術を学ぶための非常に高価な設備が本当に長浜バイオ大学に設置されているのか、もし備わっていたとしても、国立研究機関で全国の研究者が数百人規模で共同利用しているような規模の**超絶系のスパコン**を、教授たちの研究専用設備としてではなく、新入生のころから好きなだけプログラムし放題などという、**前代未聞の利用形態**が本当に可能なのか、といったことを疑問や不安に思うのは当然なことなので、その疑問をすべて解消するためにも、今回企画させていただいた体験学習にご参加いただき、ご自分の目でご確認いただけたらと、切に願う次第である。

今年度の体験学習講座は、初回ということもあり、恐らく、8名程度の受け入れが限界ではないかと思われる。また、滋賀県長浜市までの交通費は、自己負担となってしまうが、それでも最先端の進化型バイオロイドの体験学習が是非やりたい、という意欲溢れる高校生諸君は、是非、下記の私のメールアドレスまでメールして欲しい。

その際に、必ず、氏名とヨミガナ、の他に、所属する高校名と学年を記載し、選抜する際の参考資料となるように、熱いメッセージも添えていただきたい。

長浜バイオ大学

コンピュータバイオサイエンス学科 教授

滋賀医科大学

分子神経科学研究センター 客員教授

2000年度：経済産業省・IPA

未踏ソフトウェア創造事業： 天才プログラマー認定

2001年度：経済産業省・IPA

未踏ソフトウェア創造事業： スーパークリエイター認定

E-mail :

k_wada@nagahama-i-bio.ac.jp

TEL :

0749-64-8103 (教員室直通電話のため、実習やゼミで不在の可能性があります)

和田 健之介
