

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23650067

研究課題名(和文) 脳内神経修飾物質濃度場によって認識概念を自律形成する知能機械

研究課題名(英文) Intelligence machine that autonomous form recognition concept by neuromodulators concentration field in the brain

研究代表者

市川 保正 (Ichikawa, Yasumasa)

東京大学・情報理工学(系)研究科・助教

研究者番号：40134473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：人の五感から得られた情報は脳の中で繰り返し再生されて情報の骨子を取り出される。新しい外部情報が入ったとき既に記憶されている骨子が誘起される。この研究では、内部的に繰り返し再生してすこしずつ変更を加えてゆくところをモデル化して実際のロボットに載せる方法の一部を明らかにした。また、皮膚が温度を感じる方法を模倣して、温感センサを開発し、特許申請した。また、内容を国際学会(MEMS2014)と日本電気学会(2013.8)で発表した。さらに、センサの詳細は、英文ジャーナル Sensors and Actuatorsに投稿した。これは現時点で査読中である。

研究成果の概要(英文)：Human senses get the environment information. The skeleton is extracted and stored by repeated reproduction of the information. The stored skeletons induced when a new external information contains the same pattern. In this study, the mechanism of the skeleton extract system was modeling and some of the methods of implementing this model to the robot were revealed. Also, the temperature sensor like the skin are developed and were patented. In addition, it presented the contents at the International Society (MEMS2014) and NEC Society (2013.8). In addition, it was posted to "Sensors and Actuators". This is being peer-reviewed at the moment.

研究分野：知能情報学

 キーワード：人工知能 神経修飾物質 ニューラルネットワーク セルオートマトン 五感センサ 前知能 認識主
 体 機械学習

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景 コンピュータの発達、情報処理という視点から人工的な知能の構築さえも可能かと思われた。しかしながら、この半世紀あまりの努力にもかかわらず人や生物が行っている自律的な情報処理には手が届いていない。また、一方において、近年の脳科学の進展は脳の神経活動への知識を増大させ、特に、ニューロンの生化学的な機能に関しては飛躍的に解明が進んでいる。しかしそれは細胞個々の機能や、知能活動の部位の提示に過ぎず、知能の発現原理には言及できていない。このような現状のもとに、ニューラルネットワーク学習と身体性をキーワードにした人工知能と、それを搭載した知能機械の研究は活発に為されている。

(2) 研究の動機 以上のような背景の中で、本研究は知能そのものではなく、知能に至る以前の「認識」の自律生成構造を明らかにすることを目的として始まった。これは、申請者が行った皮膚感覚センサ群の情報処理に関する研究(挑戦萌芽研究)から派生したもので、その理論的な一部の成果は「プリミティブな知能とその構成法」としてロボット学会(2009)で発表した。

2. 研究の目的

近年の脳科学によって、脳内神経修飾物質とニューロンの活動の関係が明らかにされてきている。本研究では、この修飾物質をニューロンの発火確率を制御する興奮物質と抑制物質の濃度場としてモデル化し、空間的に結節したニューロン群をアナログ場が覆っているモデルを導入する。各結節点は外界情報によって発火非発火が決定されるが、その時の閾値が、アナログ場の物質濃度によって決まるとするモデルである。また、神経修飾物質はニューロンの発火時に場に放出され濃度分布を変化させるが、発火時間と各物質の緩和時間に差を設けることにより、次の発火時に前の発火の影響が場の状態として残るようにする。濃度分布からそれを生成する

二次的なニューロン群を抽出し、これを生成子と呼ぶ。場と生成子の繰り返し生成によって、場と生成子が特定のパターンに収束することが期待される。

この収束場は、初期の発火ニューロン群ではなく、内部的に記憶された別のニューロン群(収束した生成子)によって随意に生成可能になる。収束した場は外部情報が生成する濃度場を模しており、内部的に構成可能な外部情報(認識場)として捉えることができるので、記憶した生成子をもって「認識」と見なそうというのが、本研究の着想であり、その構成的理論モデルを構築して実機に搭載可能な方法を調べるのが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究は、知能発現の構造を明らかにするために記録や論理に至る以前に形成されるべき、外界刺激源に対する「認識」を自律的に生成させる理論モデルを構築し、それを人工知能として実装する方法を明らかにする。

(1) モデルの有する機能

外部刺激源からの一連の時系列感覚情報を神経修飾物質の場の状態変化として蓄え、蓄えられた状態を内部的に誘起する生成子を生成する。分泌物質は、興奮性と抑制性によりニューロンの発火確率を制御し、場を変化させる。生成子による内部誘起場は生成を繰り返すことによって外部情報を抽象化する。

(2) 解決すべき問題

生成子に対応するニューロン群をどのように抽出するか。

濃度分布の比較をどのように行うか

生成子と濃度分布のイタレーションによって、パターンが収束する条件はなにか

一連の時系列データに対応するパターンとは何か

(3) 方法

初期のモデルとして、セルオートマトン

モデル(CA)を導入し、生成子を CA のルールとして抽出する(図参照)。生成子抽出計算実験により手法を確立する。

濃度場と相互作用する生成子モデルを構築する。モデルの基本構成として、各ニューロンは空間的に結節したセルオートマトンとし、外部刺激による学習発火情報は隣接するニューロンだけに送るとする。また、アナログ拡散場は、ニューロンの発火に伴って点放出された興奮物質と抑制物質の平面的な拡散場として CA を覆っている。発火閾値はニューロン近傍の興奮と抑制物質濃度の和によって決まるとする。この濃度場モデルを生成子抽出 CA の内部状態(図1)として適用すると濃度場と生成子の相互作用が可能になり、生成子と場の状態生成のイタレーションモデルが構築できる。これを高速コンピュータ上でシミュレートして、モデルの妥当性を検討する。

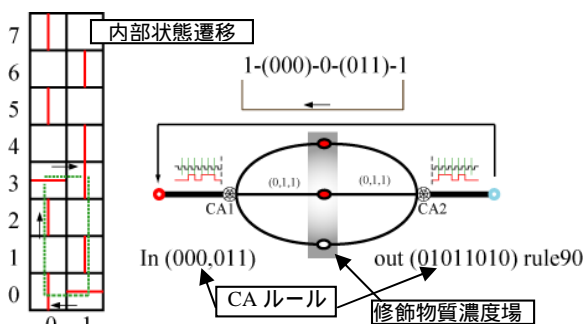


図1 内部状態を持つセルオートマトン
入力 CA1 と出力 CA2 によって構成、図中のルールでは内部状態は周期的変化に収斂(左図)

図1

脳内神経修飾物質場としてアナログ回路を製作し、ニューロンを模したデジタル回路とインターフェイスして発火パターンによって変化する濃度場を構成する。

温感センサ、フォトダイオードを感覚器官として持ち、処理系の意図に従ってアクティブに環境情報を取得する身体性を付与した簡易ロボットを製作しロボットへの実装法を検討する。

4. 研究成果

(1)【理論的研究】 研究の進展に伴い、自律的な知能発現の根源的な問題に至って

その解決にほとんどの時間を割いた。一つは、機械あるいは機構が信号を認識して情報として捉える認識主体になり得るかという問題。もう一つは、行動や知能活動の動機の生成の問題である。この問題を解決するために外因性刺激と内因性刺激にわけて考えた。外因性刺激を情報とするには内分情報パーツが必要であり、外部刺激に対応して各パーツが誘起される機構を検討し図2に示したニューロンモデルを得た。しかし、分泌物質との相互作用による抽象化の問題は、まだ多くの未成熟な部分があり、実際の機構とするにはさらにもう一段の研究が必要であることもわかってきた。研究は、まだ実際に構成するうえで不十分な点もあるが、発表可能な部分は本報告書の時点で取りまとめ中である。

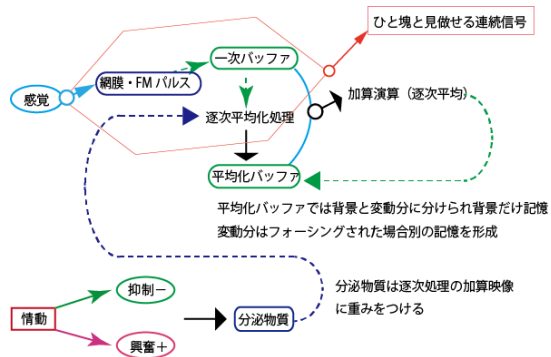


図2

(2)【実機構成研究から派生した研究成果】

身体感覚として温容感を利用することを目的に、皮膚の温容感を模したセンサを研究開発した。このセンサはセンサ表面に接した薄膜の熱物性を計測できることから、薄膜の保水量に対する簡便な計測などに応用できることから塗布物質の上から保水量を計測するシステムに発展した。これは、周期加熱応答の位相差から熱物性を計測する方法の発明に至り、特許申請した。これらの成果は、平成25年度日本電気学会およびMEMS2014において発表した。また、温容センサの詳細は、英文ジャーナル、Sensors and Actuators に投稿し現在査読中である。

(3)【位置づけと今後の展望】

本研究は、従来の人工知能研究と異なり、知能の自律的な発現機構を実現しようとするもので、実現すれば従来の知能機械の概念を一新することが期待される。現時点では、理論的研究においては認識主体と動機という本質的な概念の発見に留まっておりその点のモデル化が不十分であり、また、研究期間の関係から実機に対する実装の検討にまでは至っていない。しかし、温容感覚器官としてのセンサを開発したことにより視覚と皮膚感覚をもつロボットへのモデルの実装の可能性が見えたことと、外因性刺激から神経修飾物質濃度場と内因性刺激の生成という点のモデル化は進展しており、今後、認識主体との関係づけがなされれば知能発現機構の実現が期待される。

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 件)

[学会発表](計 2 件)

鈴木崇大, 市川安孝(保正), 高畑智之, 松本潔, 下山勲, 「熱位相遅れを用いた薄膜物質の厚さの非破壊計測」, 日本電気学会平成25年度E部門総合研究会(MSS-13-008), 東京・蒲田, 8-9 August, 2013

Takahiro Suzuki, Yasumasa Ichikawa, Tomoyuki Takahata, Kiyoshi Matsumoto, Isao Shimoyama, “Calorimetric device for non-destructive measurement of the thermal diffusivity dependency by phase delay” MEMS 2014. San Francisco, USA, 26-30 Jan. 2014

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計 1 件)

名称：計測センサ、及び計測装置
発明者：下山勲，松本潔，市川保正，大山敦史
権利者：国立大学法人東京大学
種類：特開
番号：特願 2012_124185
出願年月日：平成 24 年 5 月 31 日
国内外の別： 国内

取得状況(計 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

市川 保正 (ICHIKAWA, Yasumasa)

東京大学・情報理工学研究所・助教

研究者番号：40134473

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：