

MNS(ミラーニューロンシステム)の発達

MNS(ミラーニューロンシステム)については、『AI白書2017』の「1.3.3.2 ミラーニューロンシステムと社会性発達基盤」に詳しい。簡単に言えば、自身の行為の実行と他者による同一行為の観測を同一のニューロンが符号化しており、これがマカクザルのF5と呼ばれる運動前野で発見された[4]。人間も同様のシステムを有しているのではないかと、システムと称されている。

Kawaiら[5]が提唱するMNSの発達モデルによると、MNSは自他の行為を同一のニューロンで符号化するので、未熟な感覚の時期には自他が混同されるが、視覚発達を伴い自他分離が起こり、これがMNSの基盤となっているという主張である。MNSが発達したことで、相手の行動観察から、自己の運動が励起され、そのことにより相手の行動の目的が予測可能になると期待される。

利他的行動の創発

発達心理学の分野では、14か月の乳幼児が利他的行動を示すといわれている[6]。そこでは、乳幼児は社会的信号(視線や発話)や、利他的行動に対しての報酬を受けずに、自発的に実験者を助けようとする。この過程が先に示したMNSに基づく他者運動の予測と、他者起因の運動との予測誤差を引き金とした運動の生成に対応し、これが結果として利他的行動に映ると考えられ、その過程の計算モデル化が行われた[7]。モデル化においては、自己の動作の中で生じる物体の移動に対するアフォーダンスを学習した後で、他者がその予測された動作ができない状況をつくると、アフォーダンスから生じる誤差が増大し、その誤差を解消しようとして物体を移動する行為を起こし、これが結果として利他行為を創発したことになる。

(3) 最新技術動向

身体性の実現の新たなアプローチの一例として、ソフトロボットを用いたレザバーコンピューティングについて紹介する。

ソフトロボティクス

柔らかい(ソフト)材料を積極的に用いて新しい機能を発現するロボットをソフトロボットと呼ぶ。従来の剛性の高い機構や関節を有するロボットに対し、ソフトロボティクスは、柔軟な材料や3次元プリンティング技術を積極的に用いて新しい機能を発現したり、生物学的規範を参考にして動作したりする新たなロボットの研究分野として、着目されている。映画でも介護ロボットとして登場し、一般にも広く認知されるようになってきた^{※58}。

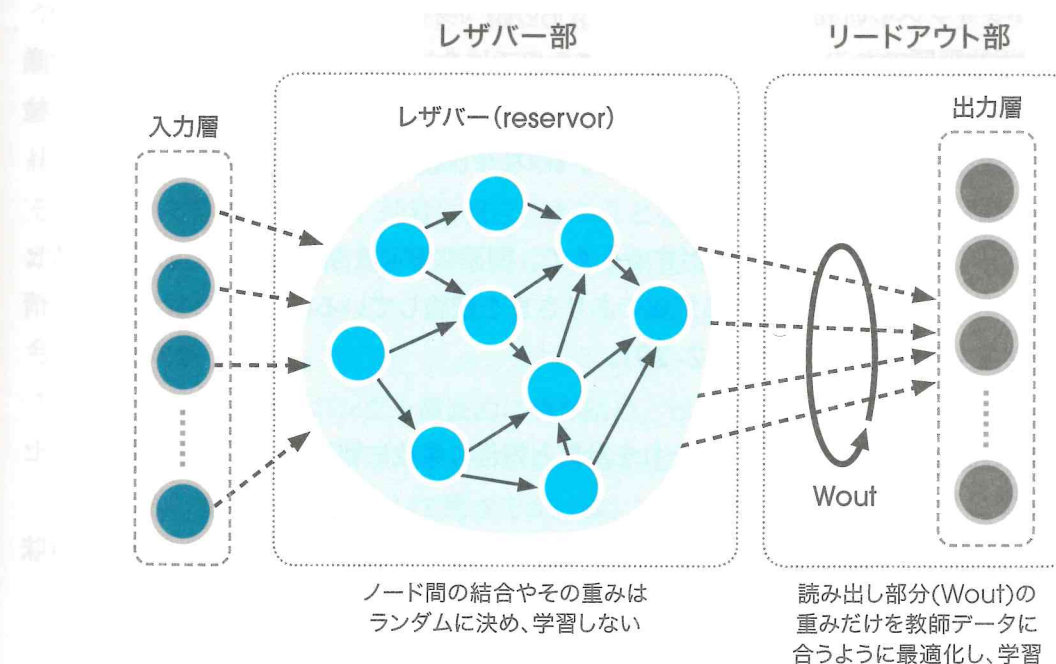
主要な研究テーマとして、柔軟材料を利用した新しいロボット機構の探索、柔らかいロボットのモデル化と制御、柔軟物体の操作、生物規範型ソフトロボットを用いた生物の振る舞いの原理解明が挙げられる。ロボットの生物が本質的に備える柔らかさの理解や、コンプライアンス(柔らかさだけでなく、なじみの観点)など、人にやさしいロボットシステムの実現に大きく寄与すると期待されている^{※59}。一方、ロボティクスの観点からは、ロボットの自由度を極端に上げ

ることになり、操作(アクチュエート)したときに示す動作(ダイナミクス)は大自由度で非線形性を伴うので、制御することが非常に難しい。このことが、既存のロボティクスの規範に対するアンチテーゼであり、新たな規範を促す要因ともなっている。

レザバーコンピューティング

レザバーコンピューティング(Reservoir Computing)は、レザバー(reservoir)と呼ばれる大自由度力学系が示す多様な時空間パターンを活用した情報処理手法の一つである(図2-2-28)。もともと再帰型ニューラルネットワーク(RNN)の学習法の一つとして考案され、脳の情報処理を理解するモデルとして研究されている^{※60}。また、物理系(例、バケツに入った水)のダイナミクスをレザバーとして活用するPhysical Reservoir Computing等、新しい情報処理の実装技術としても期待されている。レザバーコンピューティングのモデルは、レザバー部とリードアウト部で構成され、レザバー部は、RNNのように、過去の外部入力に基づいて活性化する仕組みを用いて、入力情報を非線形変換し、高次元の特徴空間に写像する。リードアウト部は、レザバーの動的状態の線形結合で出力を計算し、目標値に合うような出力を得る線形結合の最適化を行う。この方法は、レザバー部におけるネットワーク内部の結合を調節せずに後段のリードアウトの結合のみを最適化するため、学習がきわめて高速であるという特徴があり、時系列パターン認識、分類、予測などに応用されている。

■図2-2-28 レザバーコンピューティング



出典: 各種資料を基に作成

※58 映画『ベイマックス』(原題: Big Hero 6)の主人公である介護ロボット、ベイマックス。

※59 細田, "ソフトロボティクスの歴史と現状, 今後の展望" 日本ロボット学会誌, 2019年37巻1号, 2019。

※60 中嶋, "Physical Reservoir Computingの数理", 第8回横幹連合コンファレンス, 2017。