

# 人間の学びと成長、Well being を支える 3つの「脳の原理」

仁木和久 (慶應義塾大学社会研究科訪問研究員)

人間は、家庭で、学校で、さらには社会や職場で、常に社会・文化の影響を受けながら、新しい知識やスキルを身につけ、生涯にわたり学び成長し続けます。乳児の脳は、機能的に未熟ですが、人間固有の「行為 (= 意図と意欲をもった行動)」を支える脳システム (EB: Enactive Brain; 積極的な脳) の解剖学的基本構造 (図1) をもって生まれます。乳児は、母親からの愛情に溢れた「安心・安全」環境の中で、母親との繋がりをまず形成し、情動システムを発達させながら社会・文化の中で生きる「行為者」としてスタートします。それが、乳児の最初の仕事であり、学び始めのようです。感覚・運動、視覚、聴覚の脳神経システムも活動する状態で生まれますが、環境に適応して機能するのに3ヶ月必要なようです。その後、大脳の認知システムを急速に発達させますが、驚きはその先に続きます。視覚・聴覚システムの発達の中で、聴覚と視覚の知覚システムが機能し始めると直ぐに「ミラーニューロン」が現れ、その直後に言語 (口語) 獲得が始まります。

本論では、乳児が生後1年の間に急速に発達を遂げ、生物的存在という枠組みを越え、社会的行為者へと成長を続ける過程を、3つの「脳の原理」の視点を通して、積極的な脳 EB の機能的発達として理解することにより、人間の学びと成長について皆様と一緒に考えてみたいと思います。

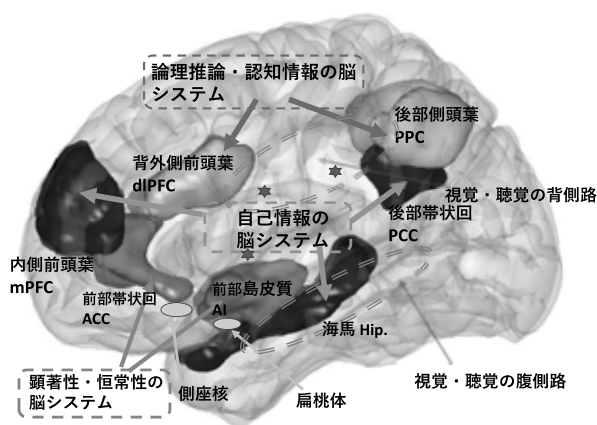


図1: 積極的な脳システムEnactive Brainの構成図

## 積極的な脳を支える3つの「脳の原理」

行為者が、なぜ、主体的・能動的に行動することができるのでしょうか？ この答えは、乳児の動作や発達から読みとれるように、積極的、能動的に自己から環境対象に働きかける脳の仕組みを持つからです。実際、脳は外部信号への受動的反応システムではなく、固有の機能をもち自律活動をする脳システムによりブロック構成 (「脳の原理①」) されています。さらに、大脳皮質の神経コラムは、環境に対する「内部モデル」を構築し環境対象を知覚し、能動的に働きかける「予測器」を形成 (「脳の原理②」) します。この「内部モデル」を構築し予測する機能が、人間を生物学的存在から社会的・文化的存在へと飛躍させ、言語獲得や社会環境ニッチの形成に参与し、人間の社会的行為を発達させる原動力になります。

最後の「脳の原理③」は、恒常性です。人間は学び成長し、常に変化していますが、そのダイナミックスの中で、常に、恒常性を保つ調和の力が働いています。社会的環境を構築して社会的行為者としてその環境の中で生きる人間は、積極的な脳 EB の中に「社会的な恒常性」を保つ脳の仕組みを作り出します。

## 「学びと成長」を支える 積極的な脳 Enactive Brain

主観的・能動的な学びの諸特性と諸現象を、脳科学的エビデンスに基づいて説明する科研費研究で開発した、人間の行為 (= 意欲と意図をもった行動) を支える脳システム Enactive Brain (EB; 積極的な脳) を図1に示します。「脳の原理①」に従い3つの脳システムと、行為で主要な役割を担う「視覚・聴覚の2つの認知感覚神経路」で構成されます。

「自己情報の脳システム」は、記憶と自己 Self を担う脳システムで、記憶の中核「海馬」と、自己 (Self) を形成する「後部帯状回 (PCC)」、社会的情動や社会価値、社会的情緒スキルに関わる「内側前頭葉 (mPFC)」で構成されます。相互に強く結合し、外部の刺激が無い状態でも活発に活動するデフォルト・モード・ネットという Small World を構成します。

「論理推論・認知情報の脳システム」は、「外背側前頭葉 (dlPFC)」と「後部頭頂葉 (PPC)」とで構成され、作業記憶 (WM) や論理推論を担い、伝統的に教育で重視されてきました。しかし、認知課題を与えこの脳システムを活動させると、前述の「自己情報の脳システム」が抑制されることが知られています。この抑制現象は、教育では教師の一方的な直接教授において、生徒の主体性を奪うことで起こります。生徒は、表層的な知識を学びますが、知識やスキルを強固に身につけることができません。しかし、最近、この相互抑制関係は絶対的でなく、2つの脳システムが協調的に働く状況が存在することがわかりました。

この2つの脳システムの間を調整する脳システムが「顕著性・恒常性の脳システム」であり、図1に示したように、「前部島皮質 (AI)」と「前部帯状回 (ACC)」、意欲の中核「側坐核」、感情の中核「扁桃体」等で構成されます。主体的・能動的な学びでは、意欲と意図をもち、前向き (ポジティブな) 感情や情動を持つことが重要になります。そのような状況で、前部帯状回が、外背側前頭葉と海馬との中継ハブとして働きます。また、前部島皮質は、ここで示した2つの脳システムに加え身体感覚、自律神経の情報も使い、「身体と心の恒常性」を保つ機能を実現します。

## 神経コラムで形成される内部モデルと予測器

予測し・行動し、予測エラーがあれば内部モデルを更新し、知覚や行為の機能を新たに獲得したり、機能拡張ができる「予測器」が、皮質コラムで形成されます。この能力をもつことにより、複雑で多様な環境での適応的行為を発達させたり、人工物を利用した行為拡張を実現できます。さらに、情動感覚や社会的情動システムの形成に寄与することで、社会的行為を支える積極的な脳 EB の進化・発達が起こることを以下に紹介します。

### (1) 3つのミラーニューロン・システムと言語獲得

自分の行為で活動する脳神経細胞が、他者の行為の観察によっても働く「ミラーニューロン」の発見は、他者の行為意図を知る能力を神経素子が持つという衝撃をもたらしました。ミラーニューロンが言語野から見つかったことにより、ミラーニューロン言語起源説まで真剣に議論されましたが、言語の統語機能など高次の機能をミラーニューロンだけでは説明できない状態です。しかし、他者の行為を神経素子が理解 (無意識推論・予測) できるという事実は、社会的共鳴に始まる社会的協調活動を支える脳システムを考える上で非常に重要です。

我々は積極的な脳 EB の提案において、内部モデルを形成・利用する予測器の形成能力自体をモデルの重要な構成要素として取り入れました。即ち、Friston らの「脳の原理②」の研究成果を、我々は、積極的な脳 EB の視覚・聴覚の背側路に当てはめ、前部頭頂葉下部で音声知覚予測器、運動前野での音声発話予測器が形成されることを提案しました (図1, 図2の★印の位置)。積極的な脳 EB では、ミラーニューロンを、内部モデルの形成により作り出された予測器の一種として扱い、さらに、ミラーニューロンの厳密な定義から外れる多くのミラー型予測器が産出され、社会的共鳴や感情・情動の共有に役立ち、人間の社会的行為を支えていると提案します。

乳児は発達の8ヶ月で予測器を作り始め、10ヶ月でミラーニューロンが働き始めます。しかも、このミラーニューロンが形成される3つの場所が、言語野、音声発生運動前野、音声知覚の前部頭頂葉下部という言語関連野です。ミラーニューロンが働き始めた直後、生後1年で言語 (口語、外語) の獲得が始まるのは、マザーリング環境で母親の音声を知覚し、発話を模倣する中で、母親と乳児自身の両者の音声発話・知覚を一致させるように内部モデルが形成される為であると提案します。3つのミラーニューロンが共鳴して働き、社会的共鳴を起こしながら意図伝達する脳の仕組みとして、言語 (口語、外語) は積極的な脳 EB の中に人間の行為を支える仕組みとして生まれたと提案します。

### (2) 2種類の予測器による2つの「自己の脳」

大脳の後部と前頭部での予測器の形成原理が、「脳の原理②」によると、やや異なっています。この相違を反映して、図2上部に示すように、脳の後部では、

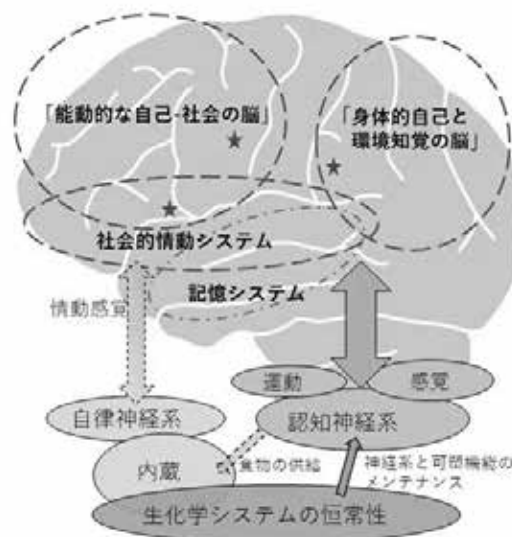


図2: 積極的な脳が生み出す2つの「自己の脳」

PCCと隣接頭頂葉領域で「身体的自己と環境知覚の脳」機能が形成され、脳の前頭部で「能動的な自己—社会の脳」機能が形成されます。

「身体的自己と環境知覚の脳」の予測器では、感覚—運動情報を総合した内部モデルにより『知覚』予測器が形成され、環境と環境対象を「知覚」し、自己身体座標での対象への操作感覚が生み出されます。PCCでの感覚・運動・身体をベースとした「自己」表現が、認知システムの「知覚」予測機能により拡張され複雑で多様な環境での行為を高度化します。

自己身体を使った知覚予測器では、例えば、義足を使った運動により、義足が身体の一部となった知覚が生まれ、その知覚の中での身体動作が可能になります。人間が人工物・道具を使って自由に行為することができるのは、この「予測器」の存在にあります。さらに、この知覚予測機能の獲得により、内部モデルを使い予測したり、シミュレーションする能力を獲得したことにより、見ただけで何ができるかを感じるアフォーダンス感覚やイメージを操作しての予測ができるようになります。ここで示した予測器の機能は、状況に合わせた行動や行為を生成する行為スキーマ機能の重要な構成要素となることも提起します。

一方、前頭葉での「能動的な自己—社会の脳」は、環境対象の知覚にエラーが多い状況で重要になります。そのような状況で、過去の経験や概念で構成した内部モデルを用い能動的に予測し、対象に能動的に働きかける「能動的推論・予測」をします。例えば、「知覚」型予測エラーが多い状態で、能動的推論・予測器が、接近し観察したり、触ったりする能動的な行動を起動することで、「身体的自己の脳」での知覚に基づく予測を可能にします。

### (3) 社会的情動システムによる社会的ニッチの形成

「能動的な自己—社会の脳」が最初に行わねばならないのは、行為者として他者と繋がり、協調的に活動し生活するという「自己—社会」関係の基盤として社会的環境ニッチの構築です。

心臓の拍動が社会的情動に強く反映し、呼吸や体温、胃腸の状態などが人間の「気分（＝情動感覚）」を生み出します。この仕組みは、どのように生み出されたのでしょうか。人間の脳は、内蔵からの自律神経の感覚領野を持たない為、「恒常性・顕著性の脳システム」の前部島皮質の予測器が、自律神経情報を使った内部モデルを構成し「情動感覚」を生み出し、さらに、社会的・文化的に共有された情動概念を用いて、前頭葉下部に社会的情動システムを生み出します（図2参照）。同じ社会・文化の中で活動する行為者が同じ情動概念と社会的情動を共有することにより、社会・文化に適応した習慣的な行動パターンを形成・共有し、

相手の情動的状态を予測することで協調的行為を容易に行えます。この状況が、社会的文化的に形成された社会環境ニッチであり、積極的な脳EBがその脳の仕組みを提供しています。その最初の営みが、母親と乳児のつながりであり、授乳の時の、心拍や呼吸の気配の中で、情動感覚を生成するミラー型予測器を形成することにより実現されます。

社会の中で協調的行為ができる仕組みを積極的な脳EBに探ると、「能動的な自己—社会の脳」の中核をなす内側前頭葉（mPFC）にたどり着きます。mPFC腹側部は、社会的情動システムに属し、社会的価値や社会的習慣、社会情緒スキルを担います。乳児でも数ヶ月で機能し始め、最初に母親との社会環境ニッチを形成した乳児が社会的行為者へ旅立ちの準備を始めます。多くの社会的文化的なスキルや習慣を乳児が学び身につけ始めます。しかし、本格的な社会的認知行為やスキルをmPFCを担うには、dlPFCや海馬との連携したmPFC背側部やmPFC前部の発達を待つ必要があります。

## 生涯にわたる「学びと成長」と Well Being

乳児の言語獲得や社会的情動システムの構築という飛躍の1年間の先には、4歳で海馬が6歳で外背側前頭葉が機能し始め、社会・文化環境で本領を発揮する「能動的な自己—社会の脳」構築の物語が本格的に始まります。言語（文語）の習得や創造性の発達も起こります。生涯にわたる人間行為者の学びと成長を支える積極的な脳EBの脳の仕組みの中にその秘密の鍵があるはずですが、謎解きはこれからです。しかし、「脳の原理③」から確実に言える重要なことがあります。「学びと成長」の前提に「安心・安全」が必要なこと、さらに、生涯にわたり学び・成長する人間にとって「Well being：身体的、精神的、社会的に満たされた状態」が前提としても実現目標としても重要であることです。

本研究は、JSPS 科研費 JP20K20337 の助成を受け実施しました。

〈参考文献〉今回の話題を、さらに深く理解したい方へ

- 1) アクティブ・ラーニングの脳科学、仁木和久、「主体的学び」5号、2017.
- 2) 学びの行為を支える脳を知り、学びと教え、教育を考える、仁木和久等、「主体的学び」8号、2021.
- 3) 予測する脳、ヤホブ・ホーヴィ、勤草書房、2021
- 4) 情動はこうしてつくられる、リサ・フェルドマン・バレット、紀伊国屋書店、2019