

自然言語生態学

—エピジェネティクスに至る

自然言語生態系基幹コミュニケーション回路の同定 II—

岡崎 敏雄

キーワード：言語生態学、自然言語生態学、自然言語、普遍的自然パラダイム、
自然言語生態系基幹コミュニケーション回路

1. はじめに

本論は、前号に続き、エピジェネティクスと呼ばれる過程に至る自然言語活動が、いかなる形で恒常性維持を遺伝情報の発現レベルで媒介、実現しているか、またその過程を通じて生命個体内外生態系の枠組みを貫く自然言語生態系を形成しているかについて辿る。その中で、自然言語活動の形作るコミュニケーション回路、および自然言語活動を担う自然言語実体、また各実体の遂行する自然言語機能を同定する。

エピジェネティクスは、親子を通じて保存される遺伝情報を次の世代に伝えるDNAの配列に変化を起こすことなく、また細胞分裂を経過してもそのまま伝達される遺伝子機能の変化の仕組みである¹。自然生態系と、それを構成する生命体の生体内生態系の両生態系をつなぎ、さらに生体内生態系を構成する細胞外生態環境と細胞、細胞間にわたり、その上で細胞内生態系、細胞核内生態系に至ってDNA情報の発現・その制御による「遺伝子機能の変化」に及ぶ、エピジェネティクスに至る自然言語活動の形作るコミュニケーション回路は、自然言語生態系の基幹部分をなす基幹コミュニケーション回路である。本論はこの回路の前半部分を辿り、回路の同部分の構成、それを担う自然言語実体、各実体の遂行する自然言語機能を明らかにするものである。

前号で述べたように、分子生物学、医学、生物学など生命科学を含め自然科学諸研究は細分化されて進められている。典型的には、医学において内科、外科、小児科、泌尿器科諸学、など、生物学において、遺伝学、発生学、代謝学、免疫学など、そして分子生物学もこれらの区域分けに対応して形成、展開されている。この結果、これらに基づいて得られた細分化された知見は各区域別に整理されている。このため生命個体全体のパースペクティブ、まして、生体外の生態系との関係のパースペクティブのもとに生命個体生命活動のそれぞれおよび全体を、すなわち生命個体内外生態系にわたる生命諸活動を統合的にと

¹ 正確には、その仕組みを研究する学問をも指す。「エピジェネティクスは「DNAの配列に変化を起こさず、かつ細胞分裂を経て伝達される遺伝子機能の変化やその仕組み」または「それらを探求する学問」と定義されています。」(佐々木 2008: 17)

らえる学的追求は、未だわずかに緒に着いたばかりである。これに対して、自然諸活動と自然言語諸活動との間の相即的相互形成的事象を解明する学としての自然言語生態学は、言語生態学固有内容を起点としつつ、同時にそれを核として、これまでの細分化された個別自然科学の成果、並びに知見を統合的に捉え返し新たな**普遍的自然パラダイム**の下に構築する学、すなわち**パラダイムフレームワークの学Paradigmatic framework**としての生態学として形成展開される。

これに基づき本論は、第一に、生体内の区分それぞれにおける生命活動を生命個体内生態系におけるそれとしてとらえ返し、さらに第二に、これを生体外の生態系とのかかわりと合わせて総合的に捉え返すいわゆる生体内外生態系生態学の視点のもとに、上記のように細分化された諸領域における知見を統合的に再構築する。すなわち上記知見およびその対象とする生命活動のうち、細胞相互間、蛋白質分子相互間をはじめとする自然実体間の相互作用に基づくコミュニケーションおよびその媒介をなす自然情報の諸相、ならびにそれらと生命活動との間の相即的相互形成的作諸相に焦点を当て、これを生体内外の生態系を形作る自然言語活動として体系化し構築する。すなわちそれ自体としては自然言語の相として分析されとらえ返されてはいない細分化された自然科学のもとに得られた知見のうち、上に述べたような相互作用、コミュニケーション、自然情報、ならびにそれらと生命活動との間の相即的相互形成に関わる部分に焦点を当て、それらを生態学的に再構成し、生命個体内外生態系の枠組みを貫く自然言語生態系およびその諸相としてとらえ返し同定していくことを目指すものである。

2. エピジェネティクスと、エピジェネティクスを媒介しその過程で相即相互形成的に形成される自然言語活動

一その1 ジェネティクスとエピジェネティクス

エピジェネティクスに至る自然言語活動をなす自然情報の流れ 自然言語活動をなす自然情報の流れの上では、エピジェネティクスに至る過程は次のような過程である。

生体内外の変化に応じて細胞が応答するいわゆる細胞応答の一環として、対応する細胞、たとえば内分泌細胞、が自然言語実体となって自然情報を発信する。これが起点となって**細胞間**の自然言語活動が開始される。内分泌細胞が発信細胞の場合、ホルモンが自然言語実体をなす情報担体となる。そのホルモンがリガンドとしてもうひとつの自然言語実体である標的細胞に到達し、細胞膜に存在する自然言語実体である受容体に結合する。この到着が起点となって**細胞内**の自然言語活動が開始される。リガンドとは、細胞膜にある自然情報を受容する受容体に結合しこれを活性化する液状分子をさす。リガンドにはほかに細胞増殖因子や、免疫をつかさどる液状分子サイトカインなどがある。細胞膜に存在する受容体は、特定の種類のリガンドだけを対象として結合する、つまり「特異的に結合する」構造をした蛋白質分子である。リガンドが結合すると、受容体は活性化されて、リガンドの刺激を細胞内の自然言語実体である蛋白質分子を中心とする因子群の形作るシグナル伝

達系に向かって伝達可能な形に変換して伝達、場合によって増幅し、さらに変換、伝達する。こうして、多様な自然言語実体の担う自然言語諸機能—変換、伝達、増幅などが遂行される。細胞質内では、蛋白質分子を中心とする自然言語実体によって担われる自然情報シグナル伝達系をなす自然言語活動が始動し、それが、細胞質内にある細胞核にも達する。ここでも多様な自然言語実体の担う自然言語諸機能—変換、伝達、増幅などが遂行される。

細胞核では、到達した自然言語による情報シグナルによって、細胞核内の標的となる自然言語実体である遺伝子群の発現が制御、コントロールされる。この制御の段階が、転写のうちの制御段階である。転写とは、特定のDNA領域が鋳型となりその形にかみ合う形のRNAを合成することによって、DNA情報が写し取られる過程である。この転写に当たり、転写過程を制御する自然言語実体である転写制御因子によって、転写制御とは別の転写そのものを担う因子、別の自然言語実体である転写因子が活性化、または不活性化されることによって、転写が調節される。その際、転写制御を可能にする染色体構造の調節過程をなすのが、DNAの化学修飾²、ヒストン蛋白質修飾、さらに両者の組み合わせによる自然言語機能—変換、伝達を遂行する、エピジェネティクスというステップである。

恒常性の維持機構で見た枠組みに沿った自然言語のコミュニケーション回路におけるエピジェネティクスに至る大枠の経路まず、エピジェネティクスに至る以上の過程における自然言語活動の大枠の経路を、さきに前稿の恒常性の維持機構で見た枠組みに沿った自然言語のコミュニケーション回路分析に即して、またコミュニケーションの担い手となる自然言語実体、およびその果たす自然言語機能とともに押さえておこう。

生命体外生態系—生命体内生態系間コミュニケーション回路前号で見た生命体の体温の恒常性の維持のコミュニケーション回路（前号を参照のこと）とは異なる。すなわち、

1. 生命体外生態系—生命体内生態系間コミュニケーション回路

生命体外環境情報が生命体内に伝達される

[自然言語実体] マクロレベル：生命体外生態系全体および生命個体

[自然言語機能] 伝達

の部分までは共通である。これに対し体温以外のケースを含めて考えると、前号で述べた [自然言語実体] ミクロレベル：大気を構成する気体分子（温度上昇による分子運動速度の上昇）、個体の皮膚細胞を構成する水分子蛋白質分子（の運動速度の上昇）にあたる部分は、「細胞の外から、ホルモンなどのリガンドが到達する」に至る直接的な生命体外、生命体内生態系間で発生した契機、たとえばウイルス、細菌感染や、個体の運動、それに伴う筋肉の収縮、カルシウムシグナルの発信などによってさまざまな自然言語実体となる。**細胞外生態環境—細胞間コミュニケーション回路・細胞間コミュニケーション回路**次に以下が続く。

2. 細胞外生態環境—細胞間コミュニケーション回路

生命個体内生態系にひろがる細胞外環境（途中の神経系、または免疫系、内分泌

² 修飾とは、ここでは化学構造、蛋白質構造などの構造変化をさす。

系等) 経由で内分泌器官に伝播された情報が内分泌細胞に到達する

[自然言語実体] 神経系諸実体、免疫系諸実体、または内分泌系諸実体、内分泌器官、内分泌細胞

[自然言語機能] 伝達

3. 細胞間コミュニケーション回路

内分泌細胞から標的細胞に内分泌液=ホルモンが、リガンドとして到達する細胞膜に存在する受容体に結合する

[自然言語実体] 内分泌細胞、内分泌液=ホルモン分子、標的細胞；受容体

[自然言語機能] 受容

細胞内生態系コミュニケーション回路：細胞膜—細胞核回路・細胞核内生態系コミュニケーション回路：細胞核内回路ここで、前号の体温恒常性維持の例で見たのとは異なり、あらたに、細胞膜の中にひろがる細胞内生態系における自然言語のコミュニケーション回路、次いで細胞核内生態系におけるコミュニケーション回路が開かれる(前号を併せて参照)。

4. 細胞内生態系コミュニケーション回路：細胞膜—細胞核回路

細胞質内情報シグナル伝達系をなす自然言語活動が始動

細胞質内にある細胞核に達する

[自然言語実体] 細胞質内情報シグナル伝達を担う諸実体、および細胞核

[自然言語機能] 伝達

5. 細胞核内生態系コミュニケーション回路：細胞核内回路

細胞核内回路においては、細胞核に到達した自然言語による情報シグナルによって、先に見たように細胞核内の標的となる自然言語実体である遺伝子群の発現が制御、コントロールされる。このようにして、細胞核に到達した自然言語による情報が引き金となって、次のステージの自然言語活動が、DNA を自然言語実体とする新たなステージの自然言語情報過程の展開、すなわち遺伝情報のコミュニケーションおよびそのコントロールの過程が開かれてゆくのである。それが、生命個体の親子世代間という垂直の関係で伝達され遺伝子に蓄積されている自然言語情報である遺伝情報がその個体の中で発動されてゆくための垂直的自然言語情報伝達の三ステップ (a.DNA情報の半分保存、複製、b.DNA情報、遺伝コード鑄型1方向性転写、c.メッセンジャーRNA翻訳=蛋白質合成、翻訳によるシグナル変換) である。

そのもとでここにきていよいよ、**転写**が調節され、このような転写制御を可能にする染色体構造の調節を規定する自然言語実体である因子群間の相互作用、コミュニケーションに基づくDNAの化学修飾および、ヒストン蛋白質修飾、さらに両者の組み合わせを通じた自然言語機能—変換、伝達を遂行する、エピジェネティクスの過程が進められる。

エピジェネティクスの過程—その1 前提となるジェネティクスの過程エピジェネティクスは次に見るジェネティクスが前提となる。

ジェネティクス、とは次の自然言語活動の過程として捉えることができる。DNAは自然言語情報である遺伝情報を保持する高分子によって構成される自然言語実体である。親子を通じて保存された遺伝情報を次の世代に伝えるものである。この世代間自然言語情報伝達、即ち生命体における垂直的自然言語情報伝達、はより詳しく言うと転写・翻訳の二段階の前に複製がある次の三つのステップを辿る³。

(1) DNA情報の半分だけを保存して、複製する、(2) DNA情報、即ち、遺伝コードを鋳型とした一方方向性の転写、およびこれを仲介する伝達RNA、つまり、DNA情報を伝えるメッセンジャーRNAを生産、(3) メッセンジャーRNAの翻訳による蛋白質を合成する

エピジェネティクスは、このジェネティクス即ち、ゲノムに記録されている自然言語情報であるDNA情報が発現するステップ、を現実⁴に効果を発現する段階に導く後半の過程を制御する機構である。生命個体の体を構成し同時に自然言語活動を担う自然言語実体でもある蛋白質⁴の構造を決める設計図(ゲノム上のDNA情報)が、現実⁴に発現して蛋白質を形成するまでの基本的ステップ(1. 転写—ゲノム情報のコピーと、2. 翻訳—コピーされたものを蛋白質合成に変換する過程)である。ポイントは、生殖を契機とする生命個体の世代間の情報伝達という生命活動を担う生命活動実体であると同時に、自然言語実体でもあるDNA⁵すなわち遺伝子の持つ自然言語情報である遺伝情報の発現を調節し、遺伝子情報として当初書き込まれている機能を変更する枠組みである。エピジェネティクスは最近になって生物学・医学において定着した概念である。またあらゆる生物において共有される機構である。遺伝の法則であるメンデルの法則に従わないように見える生命事象を説明する枠組みであり、環境条件を導入して、遺伝子の機能を変更する機構である。

エピジェネティクスの過程—その2 エピジェネティクスを含む細胞核内生態系コミュニケーション回路：A.垂直的情報伝達の三ステップ

これ以降エピジェネティクスを含む細胞核内生態系の自然言語のコミュニケーション回路のうちまずA.垂直的自然言語情報伝達の三ステップを自然言語実体、およびそれによって担われる自然言語機能とともに押さえながら見ておこう。

5. 細胞核内生態系コミュニケーション回路：細胞核内回路

細胞核到達の自然言語情報シグナルによる、細胞核内標的遺伝子群発現の制御、コントロール：

A.垂直的自然言語情報伝達の三ステップ

a.DNA情報の半分保存、複製

³ (1) 半保存的複製によるDNAの自己伝播、(2) 遺伝コード(DNA)を鋳型とした5'から3'方向への一方方向性の転写と、中間的なメッセンジャーRNA(mRNA)の産生、(3) mRNAの翻訳によって、DNAの5'から3'と同じ方向で、アミノ基からカルボキシル基へ直鎖状にアミノ酸をつなげたポリペプチド鎖を産生する(アリス・ジェニューワイン2010:29)。

⁴ このように「生命個体の体を構成し同時に自然言語活動を担う自然言語実体でもある」というごとく「一個の実体が二つの役割を担うあり方」を一個二重の関係と呼ぶ。生命過程は、生命活動の担い手が同時に他方自然言語活動の担い手として一個二重の関係のもとに形成され存在している。

⁵ 「生殖を契機とする生命個体の世代間の情報伝達という生命活動を担う生命活動実体であると同時に、自然言語実体でもあるDNA」は、これも一個二重の関係である。

[自然言語実体] DNA

[自然言語機能] 複製伝達

b. DNA情報、遺伝コード鋳型 1 方向性転写、仲介する伝達RNA = DNA情報のメッセンジャーRNA生産

[自然言語実体] DNA、伝達RNAほか (詳細は下記)

[自然言語機能] 転写伝達

c. メッセンジャーRNA翻訳 = 蛋白質合成

[自然言語実体] 伝達RNA、蛋白質

[自然言語機能] 翻訳によるシグナル変換

B. [Aの第二ステップ b. 転写]の下位ステップ

エピジェネティクスの過程—その3 エピジェネティクスを含む細胞核内生態系コミュニケーション回路 : B. 垂直的情報伝達の三ステップのうち第二ステップ b. の転写部分

次に、B. 垂直的自然言語情報伝達の三ステップのうち第二ステップ b. のなかの転写部分の下位ステップに注目して見て行こう。

先に見たように、ジェネティクスに対してエピジェネティクスを捉え返すと、エピジェネティクスとは要するに、自然言語情報であるDNA情報に基づく、自然言語実体であるDNA すなわち遺伝子の発現を調節する機構である。その場合、DNAの塩基の配列自体には変化を与えず、DNAにつけた修飾によってなされた変化の内容によって示される自然言語情報を、DNAの複製と細胞分裂を終えた後も次の生命活動実体であると同時に、自然言語実体でもある細胞へ引き継ぐ、という機構である⁶。ベースとなるのは、同様に生命活動実体であると同時に自然言語実体でもある蛋白質の合成にむけた、(生命体の体を構成する蛋白質の構造を決めるゲノム上のDNA情報が) 現実に発現して蛋白質を形成するまでの基本的ステップ (1. 転写—自然言語情報であるゲノム = 遺伝子情報のコピーと、2. 翻訳—コピーされたものを蛋白質合成に変換する過程) である。さらにそのうちエピジェネティクスの焦点となるのが1. 転写の部分である。

転写の基軸となる生命活動実体かつ自然言語実体は上述のごとく、第一に、DNA、第二に、伝達RNAである。当初単一だった受精卵という細胞が、神経細胞、心臓細胞、血液細胞など固有の細胞に細胞分化すること、またそれらの細胞によって形作られる神経組織、心臓組織、また、それら組織に基づく器官をなして生命体としての発生過程を辿る各段階で、遺伝子が順調に機能するか、否かを基本部分で決定づけるのが転写である。

転写は遺伝子つまりDNAからメッセンジャーRNAを合成する反応である。生命活動実体であると同時に、自然言語実体でもある遺伝子によって担われる自然言語情報である遺伝子情報を発現するかどうかを調節するためには最も重要な部分である⁷。転写は、遺伝子の先頭部分に当たる転写開始点から遺伝子情報であるDNA配列をコピーし、その鋳型にか

⁶ 脚注1参照

⁷ 佐々木 (2008 : 19)

み合わせてメッセンジャーRNAが合成される。転写開始点には、転写が開始されるのに必要な配列、これを基本転写因子群結合のための配列と呼ぶ、がある⁸。この配列の内容が自然言語情報をなしている。

転写を担う一連の生命活動かつ自然言語実体のうち基軸実体である DNA、伝達 RNA に続く実体は、RNA ポリメラーゼ、即ち、RNA の合成酵素、を中核とする蛋白質複合体である⁹。これは、転写開始点の遺伝子 DNA 配列をコピーすることによって、メッセンジャーRNA 合成を媒介する（生命活動かつ）自然言語実体である。転写開始ポイント周辺は、RNA ポリメラーゼにより転写が開始されるための塩基配列が存在する。転写が開始されるための塩基配列もまた自然言語情報をなしている。この配列に、転写を担う第二の（生命活動かつ）自然言語実体である転写因子のうち、基本転写因子が結合する。転写因子は転写が開始されるための塩基配列の示す自然言語情報を読みとって結合するのである。この結合によって、すべての遺伝子の転写が開始される。一連の蛋白質群により構成される基本転写因子は、RNA 合成酵素を転写開始ポイントに誘導する機能を持つ遺伝情報発現を媒介する¹⁰重要な自然言語実体である。このように、DNA、伝達 RNA、RNA ポリメラーゼ（RNA の合成酵素）を中核とする蛋白質複合体という生命活動かつ自然言語実体間の相互作用を通じて、転写開始ポイント周辺にある、RNA ポリメラーゼにより転写が開始されるための塩基配列が自然情報担体となって、この配列に、（生命活動かつ）自然言語実体である基本転写因子が結合するというコミュニケーション過程が形成され、これが（生命活動かつ）自然言語実体 RNA 合成酵素を転写開始ポイントに誘導するという次の相互作用を実現し、生命活動かつ自然言語活動である遺伝子の転写の開始が現実のものとして実現されてゆくのである。

基軸実体に引き続き転写を担う第二の生命活動かつ自然言語実体は、第一の基本転写因子に対して、特異的転写因子と呼ばれる。細胞を形作る特定の組織においてのみ機能する組織特異的転写因子、受精卵から細胞分裂を経て、胚さらに、神経、心臓、消化などの器官などに至る発生のそれぞれの段階に特異的に機能する発生段階特異的転写因子、個体外、細胞外環境変化に応答するに当たって機能する、環境応答特異的転写因子などの種類がある¹¹。単一であった受精卵の細胞が、神経細胞、心臓細胞などに細胞分化して、多種類の細胞に変化するときに、それらの特徴を発動させるための遺伝子群の発現、非発現、即ちオン、オフを決定するのが、これら特異組織的転写因子あるいは、発生段階特異的転写因子、環境応答特異的転写因子などである¹²。これら特異的転写因子がDNAのうち標的塩基配列に結合すると、この塩基配列もまた自然言語情報をなし、これを読み取った基本転写因子群および、第三の転写実体を成すRNAポリメラーゼ複合体が集合し転写を開始する度

⁸ 佐々木 (2008 : 19)

⁹ 佐々木 (2008 : 20)

¹⁰ 佐々木 (2008 : 20)

¹¹ 佐々木 (2008 : 21)

¹² 佐々木 (2008 : 21)

合いが亢進される¹³。転写誘導終了後、不必要な遺伝子転写は、細胞の異常増殖、ひいてはがんの発生を引き起こす可能性を持ち、またそれに至る以前にも生命体の過剰負担につながるため停止し、原状が回復される。この転写停止、原状回復過程もまたオンからオフへの移行を遂行する自然言語実体の因子群間の相互作用に基づく自然言語情報過程を経て実現される。

このように、一方で環境変化に応じて、あるいは、細胞外からのホルモンなどのリガンドの到着に応じて、さらに発生の各段階において近傍の細胞との間で当該細胞による相互の間の位置、発生のタイミングの時間などに関する自然言語情報交換が、また他方その上でそれらの自然言語情報を発動させるための遺伝子群の発現、非発現、即ちオン、オフの決定が、生命活動かつ自然言語実体である特異組織的転写因子、発生段階特異的転写因子、環境応答特異的転写因子間の相互作用を通じたコミュニケーションによってなされ、受精卵から細胞分裂を経て、胚さらに、神経、心臓、消化などの器官などを形作る多種類の細胞に変化し、器官形成が展開進行してゆくことが現実のものとして実現されてゆくのである。

ここで注目すべき点は、受精卵、細胞分裂、多種類の細胞への変化、器官形成の展開進行の一コマ一コマが進むそのつど、刻々と細胞間の位置関係がダイナミックに変わり、それに応じて当該細胞による相互の間の位置、相互の動きのタイミングの時間に関する自然情報が生成され、その情報が次の変化、形成の展開進行の一コマを誘導、形成してゆくという点である。これが**生命活動と自然言語活動の相即的相互形成的過程**である。

以上を踏まえ、細胞核内生態系コミュニケーション回路：細胞核内回路のうち、細胞核到達の自然言語情報シグナルによる、細胞核内標的遺伝子群発現の制御、コントロール：
A. 垂直的自然言語情報伝達のステップaに続くB.[Aの第二ステップ b.転写]の下位ステップについて、上記した自然言語活動の詳しい構造を押さえておこう。

B.[Aの第二ステップ b.転写]の下位ステップ

a. 転写

遺伝子先頭部分の転写開始点から遺伝子情報DNA配列のコピー
転写開始点の基本転写因子群結合配列によるDNA転写開始点にRNA合成酵素ポリメラーゼ引き寄せ

[自然言語実体] DNA、基本転写因子、RNAポリメラーゼ

[自然言語機能] 転写による伝達

b. 遺伝子群の発現、非発現、即ちオン、オフの決定

[自然言語実体] 特異組織的転写因子および、発生段階特異的転写因子、
環境応答特異的転写因子など

[自然言語機能] 制御・促進・抑制

c. 特異的転写因子がDNAのうち標的塩基配列に結合、基本転写因子群および、

¹³ 佐々木 (2008 : 22)

RNAポリメラーゼ複合体が集合、転写を開始する度合いの亢進

[自然言語実体] 特異組織的転写因子あるいは、発生段階特異的転写因子、
環境応答特異的転写因子など、基本転写因子群、RNAポリ
メラーゼ複合体

[自然言語機能] 制御、調節、増幅

d.伝達RNA=DNA情報のメッセンジャーRNA生産

[自然言語実体] 特異組織的転写因子あるいは、発生段階特異的転写因子、
環境応答特異的転写因子など、RNAポリメラーゼ複合体、
伝達RNA

[自然言語機能] 伝達

3. エピジェネティクスの概念と、エピジェネティクスを媒介しその過程で相 即的に形成される自然言語活動

ーその2 DNA情報に次ぐ第二の暗号ヒストンコードー

以上の節を通して自然言語活動の形作る自然言語生態系の基幹部分をなす基幹コミュニ
ケーション回路を見てきた。以下では、この基幹回路の最終部分をなす、転写制御をめぐ
るエピジェネティクスの各形態を媒介して実現し、同時に、相即的に形成される自然言語
活動の過程を明らかにする。

この過程を可能にする鍵は、DNA情報に次ぐ第二の暗号¹⁴ともいえるヒストンコードと
呼ばれる自然情報に基づく機序である。これは自然言語の主軸であるDNA情報を引き継ぎ
両者で枢軸を形作る自然言語活動の過程である。

2003年に、ヒトゲノム解読が完了しその全貌が明らかにされた。それを契機として、20
世紀までの遺伝学のパラダイムを一変させる一連の発見が相次いだ。遺伝子は、後天的に
変更される（これが先に見た「修飾される」である）ことが明らかとなった。この修飾が
エピジェネティクスである。もはや遺伝情報は、DNAのみによって左右されるいわば、DNA
の専管条項のものではない。遺伝情報は、DNA情報を起点としつつ、次のような機序によ
って維持伝達されるものであることが明らかとなった¹⁵。

第一に、DNAのメチル化による。第二に、ヒストンの修飾（メチル化、アセチル化、リ
ン酸化、ユビキチン化、SUMO化など）による。

このような変化は、第一に、DNA修飾を行う酵素によって印をつけるマーキングと呼ば
れる過程と、第二に、印をつけられた遺伝子の領域に対する固有の組み合わせ、つまり「特
異的」な、たんぱく質の結合の過程、第三に、タンパク質複合体を導入することによって

¹⁴ 酒井ほか（2011：2224）

¹⁵ 酒井ほか（2011：2224）

クロマチン¹⁶を形成する過程、を通して形成される¹⁷。

ヒストンとは、細胞の中にあるDNAが、八つの分子できているヒストン蛋白質と呼ばれるたんぱく質に、ちょうどこの丸い頭のまわりに鉢巻をしたような形で、二重三重に巻きついているものである。このようにして出来上がっている構造をヌクレオ、NUCLEOー「核の」、ソーム、SOME「生命の基礎となる粒子」、ヌクレオソームつまり、染色質（クロマチンと呼ぶ）の基本単位構造、と呼ぶ。ヌクレオソームはゲノムDNAの上を移動する。ヒトゲノムの上には、1000万ほどこの構造が存在している。ヒストンには、テール「尾」と呼ばれるたんぱく質の複合体であるペプチドの鎖が突き出ており、これが「修飾」、つまり構造変換、を受ける¹⁸。

このヒストンのタンパク質修飾の組み合わせをヒストンコード（ヒストンの暗号）と呼び、遺伝暗号である。ヒストンコードは、自然言語情報であるDNA情報に次ぐ第二の遺伝暗号と呼ばれる自然言語情報である。これがエピゲノム制御の機構の基盤を成す。こうしてタンパク質複合体を導入して行なわれるクロマチンの変化が、先に述べた心筋細胞など、人間の場合に200種類の異なった機能の細胞形成を可能にしている¹⁹。

エピジェネティクスによる遺伝子発現の制御の結果は、先に触れたようにある特定の種類になった新たな細胞、例えば心筋細胞、神経細胞が分裂をしても、制御以前の細胞に戻ることなく、その種類の心筋細胞、神経細胞として次々と分裂を繰り返してゆくことである。即ち、エピジェネティクスによる遺伝子発現の制御の記憶は、細胞分裂を超えて残され、一つの個体の細胞の記憶システムを形作っている。これをエピジェネティック・メモリーと呼ぶ²⁰。

例えば、最近の研究ではヒトの場合、母親の胎内にいる間胎児が置かれた環境が、その子供の後における生涯の健康状態に及ぶ影響を与え、それが病気を引き起こすとされる。特に胎児・乳児の時期に置かれた栄養環境で受けたストレスが、子供が成長した後にかかる病気の発生頻度に影響が及ぶのである。よく引かれる例では、第二次大戦中に、オランダにあって、港を封鎖されたためオランダ人の多くが飢餓に陥り、この時期に妊娠した母親から生まれた子供には成長後、生活習慣病が高い頻度で発症している。胎児段階で細胞が飢餓という環境からの刺激にエピジェネティクスの機序を通じて応答した記憶がその細胞の分裂後も次々と継承され、そのもとに成長した個体の体質を変えてしまったのである。胎児での環境が肥満体質を形成したのである。これはピジェネティック・メモリーによるものである²¹。獲得形質は遺伝しない、とされてきた遺伝学の根本が覆されたのである。こ

¹⁶ クロマチンとは、細胞分裂と分裂の間である間期と呼ばれる時期のもとにある細胞核内において、染色体が凝縮状態から抜け出した状態でヌクレオソーム（下記参照）がDNAの一部分を介して数珠状に連なった繊維が、らせん構造を形成して存在しているものである。

¹⁷ 酒井ほか（2011：2224）

¹⁸ 酒井ほか（2011：2224）

¹⁹ 酒井ほか（2011：2224）

²⁰ 中尾（2011：2055）

²¹ 中尾（2011：2055）

れも、20世紀までの遺伝学のパラダイムを一変させる発見の一つであった。

4. エピジェネティクスの機序

—その1 DNAのメチル化の場合—

エピジェネティクスには、DNA自体の化学修飾と、DNA情報に基づいて合成される蛋白質の化学修飾の二つのタイプがある²²。DNA自体の化学修飾の代表例が、第一のタイプDNAメチル化である。DNAメチル化はDNA転写開始点をマークとすると同時に転写抑制機能を持つ。

DNAの中にシトシンと呼ばれる塩基がある。これはDNA情報を構成する四つの塩基のうちの一つである。メチル化によって、シトシンにメチル基と呼ばれる炭素1個と水素3個 CH_3 からなる構成単位が転移される。この結果、シトシンは、5-メチルシトシンという化合物に変換される。この変換を媒介する自然言語実体がDNAメチル化酵素である。（生命活動実体か）自然言語実体であるDNAは、二本の鎖構造をしている。二つの自然言語実体DNAとDNAメチル化酵素が、後者が触媒となる形の相互作用を通じてDNAの二本の鎖に組み込まれているシトシンと組み合わせの単位配列がメチル化されると、メチル化した単位配列が自然言語情報担体となり、DNAが複製される際、一本の鎖のものだけにメチル化情報が伝達され、その一本の鎖のものだけがメチル化される。DNAの複製に当たっては、二本の鎖のDNAが、一本ずつの鎖に分けられ、それぞれを鋳型として二本の鎖が再生される。同時にヒトでは、メチル化されていない状態の側の鎖がメチル化される自然言語実体である別の酵素を持つ。この酵素は情報担体である。この酵素によって、個々の細胞が、DNA複製の過程の後に、メチル化状態という自然情報が次の細胞に安定的に伝達される。これによってエピジェネティクスにおけるメモリーに媒介されたメチル化という自然情報の同一種類細胞間伝達が確保されるのである²³。

DNAメチル化は、転写を抑制する機能を持つ²⁴。DNA情報の転写を発動させる自然言語実体である転写因子の種類によっては、対象とする塩基配列に、5-メチルシトシンが認識されるケースで、DNAに結合しない。メチル化された配列に結合する別の自然言語実体である転写抑制因子がこれに結合することによって、転写因子およびRNAポリメラーゼがDNAに結合する際の物理的障害となって阻害することを通じて転写を抑制する。こうしてDNAのメチル化という、三つの自然言語実体DNAとDNAメチル化酵素、転写抑制因子三者間の相互作用によって形成される自然言語活動を通じて、DNAに蓄積されている自然言語情報のうち一部が物理的障害による阻害を通じた抑制という情報制御機序が形成されるのである。

²² 佐々木 (2008 : 63)

²³ 佐々木 (2008 : 25-28)

²⁴ 佐々木 (2008 : 28)

5. エピジェネティクスの機序

ーその2 ヒストン蛋白質の修飾ー

DNAの遺伝情報発現の制御は、DNAを直接メチル化するなどの修飾（つまり構造変換）をする方法のほかのタイプもある。ヒストン蛋白質の修飾である²⁵。ヒストン蛋白質もエピジェネティクスの生命活動実体かつ自然言語実体を成す。ヒストン蛋白質が化学的な修飾を受けると、その修飾が自然情報としてもう一つの生命活動実体かつ自然言語実体であるクロマチン、つまり染色質（細胞核の中にゲノムDNAが多種類の蛋白質と共に形成している複合体）、に伝達され、クロマチンの転写、制御、調節がなされる。

ヒストンは、クロマチンの構成要素であり、膨大な長さのDNAを細胞核の中に収める単位を形作る。ヒストン4種類が、2セット、合計8個の集合体（これを8量体と呼ぶ）がボールの形をなしそのボールにDNAの糸が2回、先に触れたように鉢巻きのように巻きついている。ちょうどヒストンのボールを糸でつないだビーズが並んだ形をしている²⁶。

ヒストン蛋白質の修飾の一つが、アセチル化である。アセチル化とは、アセチル基(CH₃CO-)を導入する反応を指す。（生命活動実体かつ）自然言語実体ヒストン蛋白質の含むリジン、（アミノ酸の1種であり、アセチル化、メチル化、ヒドロキシル化されやすい）がアセチル化されることで、自然言語実体ヒストン蛋白質からアセチル化されたという自然情報がもうひとつの自然言語実体DNAに伝達され、ヒストンと（生命活動実体かつ）DNAが相互作用によって、相互に固く結ばれている状態から、転写がしやすい状態に移行する。特にヒストン蛋白質のテール（つまり、尾）に当たる、飛び出している部分にアセチル化を受けやすいリジンが多く存在する²⁷。

この結果ヒストンのうちアセチル化されている領域は活発に転写が進行する。一方これに対して脱アセチル化領域は、転写が抑制されている。こうして、ヒストンが、どのような修飾状態にあるかの違いが自然情報として形成、伝達されることによって、転写のスイッチオンとオフが決定されるのである。このようにして、（生命活動実体かつ）自然言語実体ヒストンと（生命活動実体かつ）自然言語実体DNAの相互作用に基いて生成される自然情報を媒介として、転写のスイッチオンとオフの決定という生命活動の枢要部分が遂行されてゆくのである。

またその場合、細胞のなかにいずれもエピジェネティクスに関わる自然言語実体であるヒストンアセチル化酵素と、脱アセチル化酵素が多種類存在しており、ヒストンアセチル化酵素が同じく自然言語実体である転写因子と複合し、アセチル化の修飾状態に変化したことが自然情報として形成、伝達されることによって転写開始を促進する。他方、脱アセチル化酵素は、逆にメチル化されたDNA領域を脱アセチル化することによって、脱アセチル化の修飾状態に変化したことが自然情報として形成、伝達されることによって転写抑制

²⁵ 佐々木 (2008 : 63)

²⁶ 佐々木 (2008 : 62)

²⁷ 佐々木 (2008 : 63)

状態が強化される²⁸。

他方、ヒストン蛋白質の化学修飾にもメチル化がある。エピジェネティクスに関わる自然言語実体であるヒストン蛋白質4種類（H2A、H2B、H3、H4）のうちH3の4番目のリジンのメチル化は、転写を促進し、9番目と27番目のリジンのメチル化は、転写を抑制する²⁹。

このようにして、DNAと、エピジェネティクス因子、言い換えれば、いずれも自然言語実体ゲノムとエピジェネティクス因子の協働による転写調節によって、遺伝情報の発現をめぐるコミュニケーションのオンとオフをコントロールする自然言語活動が生成される。

以上の二節にわたって、第一に、DNAのメチル化による修飾、また第二に、ヒストンの修飾（アセチル化、メチル化）を見た。これを通じて、生命体の自然言語活動による基幹コミュニケーション回路の前半部分の終盤にあたる転写制御をめぐるエピジェネティクスの各形態を媒介して実現し、同時に、相即的に形成される自然言語活動の過程を次のような回路を構成するものとして、それを担う自然言語実体、自然言語機能を明らかにするとともに見た。

C.化学修飾＝エピジェネティクス

a.DNAのメチル化：DNA転写抑制

[自然言語実体] DNAメチル化酵素

[自然言語機能] 制御・抑制

b.ヒストンアセチル化：クロマチン転写活性化＝促進・転写オン

[自然言語実体] ヒストン蛋白質、ヒストンアセチル化酵素

[自然言語機能] 制御・促進

c.ヒストン脱アセチル化：クロマチン転写不活性化＝抑制・転写オフ

[自然言語実体] ヒストン蛋白質、ヒストン脱アセチル化酵素

[自然言語機能] 制御・抑制

d.ヒストン蛋白質4種類（H2A、H2B、H3、H4）のうちH3の4番目のリジンのメチル化：クロマチン転写活性化＝促進・転写オン

[自然言語実体] ヒストン蛋白質のうちH3、ヒストンメチル化酵素

[自然言語機能] 制御・促進

e.9番目と27番目のリジンのメチル化：クロマチン転写不活性化＝抑制・転写オフ

[自然言語実体] ヒストン蛋白質のうちH3、ヒストンメチル化酵素

[自然言語機能] 制御・抑制

6. 結語

本論は、前稿と併せて、エピジェネティクスめぐる自然言語活動を取り上げた。その上

²⁸ 佐々木（2008：64）

²⁹ 佐々木（2008：65）

で、それが、いかなる形で環境変化に対する細胞応答の多様な制御システムを形成するか、またそれを通じて、生命の根幹をなす恒常性維持を遺伝情報の発現レベルで媒介して実現するか、さらにその実現を通じて生命体における自然言語生態系を形成しているかを見た。そしてこれを通じて、エピジェネティクスに至る自然言語活動の形作る自然言語生態系の基幹部分をなす基幹コミュニケーション回路の前半部分を担う自然言語実体とともに、各自然言語実体の遂行する自然言語機能を見た。

今後、上記の基幹コミュニケーション回路を基礎として、同回路の細胞核を折り返し点とする後半部分を形作る1. 代謝系、発生系、生体防御系の領域、2. 内分泌系、神経系、免疫系の領域、3. 血管活動系、細胞活動系、蛋白質活動系などの生命活動領域、の三領域にわたる回路分析、4. それらの下位ジャンルに広がる回路分析、5. それらを媒介とする、自然言語活動に基づくコミュニケーションの形態、自然言語実体、自然言語機能にわたる統合的分析が課題となる。

【参考文献】

- アリス、D・ジェニューワイン、T. (2010) 『エピジェネティクス』 培風館
- アルバーツ、B・ブレイ、D.他(2010) 『エッセンシャル細胞生物学 原書第2版』 南江堂
- 岡崎敏雄 (2009) 『言語生態学と言語教育—人間の存在を支えるものとしての言語』 凡人社、pp.1-264.
- (2010) 「言語生態学の相互一体的学としての人間生態学の構築—人間生態系前史としての自然生態系史の生態学的記述—」 『筑波応用言語学研究』 17, pp.1-16, 筑波大学
- (2012a) 「言語生態学の相互一体学としての人間生態学の構築—自然生態系と自然言語生態系の二系系系構造生成過程の生態学的記述—」 『筑波応用言語学研究』 18, pp.1-14.筑波大学
- (2012b) 「自然言語生態学—生命秩序形成系としての物質系における自然生態系と自然言語の生成構造と過程—」 『筑波応用言語学研究』 19, pp.1-14, 筑波大学
- (2012c) 「言語生態学に基づく日本語教育—自然生態学的リテラシーの育成—」 『筑波大学地域研究』 33, pp.191-207, 筑波大学
- (2012d) 「生態学的意味論原論」 『言語学論叢』 オンライン版5 (通巻31), pp.1-17.
- (2013a) 「自然言語生態学—エピジェネティクスに至る自然言語生態系基幹コミュニケーション回路の同定I—」 『筑波応用言語学研究』 20, pp.1-14, 筑波大学
- (2013b) 「自然言語生態学—自然言語コミュニケーションの方法と実体—」 『言語学論叢』 オンライン版6 (通巻32), pp.1-17, 筑波大学
- (2013c) 「自然言語生態学—自然言語の、生命過程発生過程との相即的相互生成的過程 I—」 『日本語と日本文学』 56, pp.13-28, 筑波大学
- (2013d) 「生態学的意味論—主体的意味論としての生態学的意味論—」 『日本語と日本文

学』55, pp.1-21, 筑波大学

酒井寿郎ほか (2011) 「エピゲノム制御と生活習慣病」『実験医学』vol.29,no.14, pp.2223-2230.

佐々木裕之 (2008) 『エピジェネティクス入門』岩波書店

竹内純 (2012) 「エピジェネティクスで組織可塑性を理解する」『実験医学』vol.30,no.18,
pp.2896-2901.

中尾光善 (2011) 「エピジェネティック遺伝」『実験医学』vol.29,no.14, pp.2204-2210.