

自然言語生態学

—自然言語の、生命個体発生過程との 相即的相互形成的生成—I—

岡崎 敏雄

1. はじめに —学的背景—

生態学と異なり、個別自然科学諸学は、領域の個別化・細分化を基礎とすることによって、対象事象の精緻な把握を目指してきている。たとえば医学において外科が心臓外科、脳外科、また内科が、消化器内科、泌尿器科などに分かれて、臓器別に進められていることに象徴的である。そこには個体生命体を（生体内）生態系として捉え返し、臓器レベルのみならず細胞レベル、細胞内蛋白質分子粒子レベルに至る生命活動諸領域間の相互関係及びその総体を捉えることを学のパラダイムとすることは求められてこなかった。

これに伴い、たとえば、生命科学諸学のうち医学の枠組みに即応して展開されてきた知見も、個別・細分化に基づく精緻化追求のパラダイムに即して蓄積されてきた。このため、最先端の生命科学プロパーのスペシャリストであっても、またそうであればあるほどその知見は精度の高さの基準に基づいて生み出されてきており、スペシャリティ間の相互関係、そして個体全体の大域的動態のもとに各スペシャリティの成果が把握される展望のもとに統合されることを、学の必須部分としてきてはいない。

一方、これに対して生態学は、生命諸活動を自然生態系全体の展望のもとに置き、ことに、地球生態系のもとにある生物群集、個体レベルの諸事象として統合的に分析してきた。ただし、その生態学においてもまた、細分化・個別化による精緻化専一を本旨とする研究スタイルをも併存させていると同時に、とりわけ、個体レベルでは、個体間相互交渉に基づく関係の把握が重要部分をなし、個体生体内に広がる例えば、腸内生態系や、がん細胞のニッチに典型的な個体内細胞外生態系、細胞間生態系、また細胞レベルにおいても、細胞内生態系、細胞核内生態系を枠組みとして捉えて対象とする個体生体内生態学は、未だ端緒についたばかりである。

その場合もまた、一方で、個体生体内生態学がこれまでの生態学の知見と統合された形の展開は未形成である。他方、生体外に広がる自然生態系と、生体内の上記各レベル生態系を統一的に捉えるパラダイムは未だ形をなすに至っていない。

このような中で、21世紀に入って、ヒトゲノム解読の完了（2003年）、とそれに基づき展開されている「エピジェネティクス革命」（ギルバート・イーペル 2012）を結節点

として、個別生命諸科学をなす、遺伝学、発生生物学、細胞生物学、分子生物学、生化学、生物工学、進化生物学、内分泌かく乱研究、表現型可塑性研究を中心として、それぞれの学の成果を、それぞれの学を起点としつつも統合的に捉え返す多様な展開がなされてきた。そしてその中核をなすものとして、統合的視野のもとに進化発生生態学 ecological developmental biology の新たな生成と展開を生みだしてきた。

こうして生態学は、21世紀冒頭を境として、従来の生態学固有内容の学から、固有内容を起点としつつも、同時にそれを核として、細分化された個別自然科学のこれまでの成果を統合的に捉え返し新たなパラダイムの下に構築する枠組み Paradigmatic framework の学、即ちパラダイムフレームワークの学としての生態学として形成展開されてきたのである。

また、これに先立ち生態学は、1970年代以降、環境、生態系の保全という社会的任務に関連する人間活動諸事象を対象とする社会科学、人文科学を起点としつつ、さらに新たな次元の学として、人間社会を自然の一部としての人間生態系として捉えた上で、人間諸活動を自然諸活動の一部としてまた人間以外の自然諸事象との関連のもとにとらえかえすことを基軸とする人間生態学諸学を形成、展開してきた。即ちそれらは一方で生態学的社会学、生態学的政治学、ecology 経済学、生態学的心理学、精神生態学、生態学的哲学、文化生態学の一連の学を構築してきた。他方それらと並んで、これらの学の対象とする人間諸活動を人間的自然的諸活動即ち自然諸活動の一環として捉え返すことに対応して、第一に、人間の言語活動をもまた自然における自然言語活動の一部として捉え、第二に、自然諸活動を媒介し形成する自然言語活動の一環として、人間的自然的活動を媒介し形成する人間的言語の活動を対象とする言語生態学を創出し、展開してきた。

このような、生態学による自然、社会、人文にわたる展開は、21世紀の冒頭の上記の個別生命科学諸学の展開と相互形成するに伴い、生態学諸学それぞれを起点として、より一層明示的に、人間史を自然史の一環とし、人間を広い自然生態系を形作る自然として捉える形で構築されてきた。即ち、人間社会を明示的に人間的的自然生態系として位置づける自然史的人間史観、人間的的自然観、人間的的自然生態系観のもとに、自然と人間を統合的に捉える 普遍的自然パラダイム を形作る新たな学的展開としてなされてきた。

言語生態学はその中であって、人間言語を人間的的自然言語として捉え、人間的的自然活動を媒介し形成する人間的言語の活動を対象とする学としての20世紀型から、より明示的に21世紀冒頭を転回点として新たに 普遍的自然パラダイム の基軸をなす学として展開されてきた。即ち、言語活動事象を、自然史生成並びに自然生態系生成を媒介し、それらと相即的相互形成的に生み出される、従って自然史に一貫し自然生態系に普遍的に存在する事象として捉え返すパラダイムシフトを生成してきた。それは、宇宙進化、生命進化、人類進化に即応して、それぞれ固有の言語実体によって担われ固有の形態および機能のもとに創造される自然情報事象を統括して捉える学として、また、言語事象を、自然言語事象、人間的的自然言語事象の固有相を持ちつつも自然史に一貫し、(人間

的自然生態系を含む) 自然生態系に普遍的な存在事象として捉える言語学、言語生態学として新たに構築されてきた。具体的には、その下に一方で人間言語活動事象、他方で、自然言語、即ち物質レベルの素粒子、分子、及び 生命レベルの生命個体 (細菌、植物・動物)、これを構成し維持するゲノム、アミノ酸、蛋白質などの自然実体間の相互作用を通じて交換・伝達される自然情報によって形成される活動事象の双方が包摂され展開されてきた。

そのもとの、自然言語、及び自然言語活動事象の固有相の対象の解明は、自然言語生態学としてなされてきた。即ち、記号学における生命記号論 biosemiotics をも踏まえつつも、それとは異なり宇宙進化を含む物質進化、生命進化の両者に即応して、第一に、明示的に生命のみならず物質・生命両レベルに亘る事象を対象として、第二に、それら事象の形作る生態学的諸関係を解明する学として形成・展開されてきた。

以上を踏まえ、別の機会に論じた物質レベルの事象の解明 (岡崎 2010f; 2013a) と併行し本論は、生命レベルに焦点を当て次のような自然言語生態学の基本的捉え方に基づき、自然言語の、生命個体発生過程と相即的相互形成過程について、本号でその基本となる枠組みを、次号でその具体的な詳細について論ずる。

2. 自然言語生態学 その一：基本的捉え方

自然言語生態学的前提とする基本的捉え方は以下の通りである。

(1) 基本的捉え方 1 — 自然・言語・自然史 —

自然は、物質・生命・人間各レベルでそれを構成する諸実体による相互作用を通じて、進化し、自然史を生成する。自然実体の相互作用を媒介することによって自然の必須部分を形作るものが、実体の各レベルに応じた物質言語・生命言語・人間言語の固有形態を持って生成される言語である。即ちそれは自然の物質・生命・人間各レベルにおける進化を媒介することを通じて、自らもまた相即的相互形成的に新たな形態を創造することを通じて共進化する。このように、言語は自然存在を支え、自らもまたそのうちに生成されるものとして自然に普遍的に内在する。

これを生態系の視点から次のような「自然の本質を構成するものとしての言語」の境地から見るができる。即ち自然生態系、人間的な自然生態系はいずれも、自然言語生態系によって媒介され、これと相即的相互形成的に生成される。それに即応して自然諸活動、人間的な自然諸活動はいずれも、自然言語諸活動によって媒介され、三者が相即的相互形成的に生成される。したがって、自然生態系、人間的な自然生態系なき、自然言語生態系はなく、自然言語生態系なき自然生態系、人間的な自然生態系は存在しない。これを自然言語を中心として見れば、自然言語の存在なくして自然、人間的な自然いずれも存在することができない。一言でいえば、言語なくして自然はない。

さらに、これを自然史の視点から次のように見ることが出来る。宇宙進化を含む物質進化、生命進化、人間進化にわたる自然史、人間的な自然史はいずれも、自然言語によって媒介され、相即的相互形成的に生成される。逆に自然言語は自然史、人間的な自然史と

相即的相互形成的に生成される。したがって、自然史、人間的な自然史なき、自然言語生成史はなく、自然言語生成史なき自然史、人間的な自然史は存在しない。これを自然言語を中心として見れば、自然言語の存在なくして自然史、人間的な自然史いずれも存在しない。一言でいえば、言語史なくして自然史は存在しない。

(2) 基本的捉え方2 — 言語生態学・自然言語生態学・自然言語 —

言語生態学は、人間言語を人間的な自然言語として捉えると同時に、言語活動事象を、自然史に一貫し自然生態系に普遍的に存在するものとして捉え返す。その上で言語生態学は、言語活動事象を、宇宙を含む物質進化・生命進化・人間進化に即応しそれぞれ固有の実体・形態・機能のもとに創造される自然情報事象を統括して、自然史に一貫し（人間的な自然生態系を含む）自然生態系に普遍的な存在事象として捉える言語学である。このうち、自然言語事象に焦点を置き、物質レベル・生命レベルの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が自然言語生態学である。

同時に、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も、同時にそれを核として細分化された個別自然科学のこれまでの成果、並びに知見を統合的に捉え返し新たなパラダイムの下に構築する枠組み Paradigmatic framework の学、即ちパラダイムフレームワークの学としての生態学として形成展開される。したがってそれは、物質レベル・生命レベルの自然諸活動に関する細分化された個別自然科学によって確立されたこれまでの各領域プロパーの成果および知見を、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動態を捉える枠組み、即ち普遍的な自然パラダイムのもとに捉え返し再構築する学として形成展開される。

(3) 基本的捉え方3 — 情報・実体・自然実体間の相互作用と対話・自然言語活動 —

言語生態学において自然情報を論ずる場合、情報を捉えるに当たって、情報はそれを担う実体相互間において形成される相互作用およびそれに応じて形成される関係づくりを媒介するものとして規定される。したがって、実体およびこれら諸関係なしに自律的に形成、展開されるものとしては捉えられない。記号論 semiotics と自然言語生態学の大きな違いの一つがここにある。記号論は自然情報を記号として捉えるが、それを担う実体及びそれらの相互作用、形作られる諸関係を明示的に位置づけない。自然情報が、自然情報という固有の形態のもとに言語である所以は、それを担う実体が、実体相互間に開かれる相互作用に即応して形成される諸関係を、協働など、「自然における社会」的諸関係として形成する点で、人間実体が、人間間相互作用に即応して形成される諸関係を人間社会的諸関係として形成することと通底するものであること、そしてその上でその通底を、言語が人間のみにて特定されるものではなく、自然生態系、人間的な自然生態系両方に自然にわたり、本来普遍的に存在するがゆえの通底として捉えることによる。

言い換えれば実体抜きで情報の捉え方によっては、実体間の相互作用に基づき関係を作り出すもの、またその関係によって、人間社会を、また自然生態系を構成するもの即ち言語、として位置づけることができない。人間言語、自然言語によらず、話者、聴き

手、伝達者、受容者などの実体がそれを介して相互作用しそのもとに諸関係を構成するものであることが、言語を言語たらしめるものである。このようなものとしての言語を媒介として形作られる人間諸関係によって人間社会は、また、このようなものとしての言語を媒介として同じく形作られる自然諸関係によって自然生態系は、形作られるものとして捉えられる。

以上の基本的捉え方を踏まえた上で、それらに基づく実体、ならびにそれに関わる諸概念の捉え方を明らかにしておこう。これらはいずれも生命活動の実体ならびにそれに関わる諸概念であると同時に生命活動と相即的相互形成的になされる自然言語活動のそれぞれ実体並びにそれに関わるものである。

実体とは、例えば水の実体は水素と酸素である。生命活動、それと相即的相互形成的になされる自然言語活動に関しては、生命個体の実体は、細胞であり、細胞の実体は、細胞核、細胞核の実体は、ゲノムである。細胞を構成する蛋白質の実体はアミノ酸である。他方、より広くみれば、生命個体と、それが対面している全体的対象としての外部生態系総体はそれぞれ実体として捉えられる。このように研究対象の領域および分析視角に基づき、また分析対象の分析レベルに即して実体は規定される。また実体は互いに相互作用を通じて両者の間にそれに基づく関係を作り出す。この意味で実体は関係を担うものである。さらに、生命実体であれば自身が置かれている生態系に開かれるさまざまなレベル、領域の生態場、例えば広くは生命生態場、それを構成する発生生態場、代謝生態場、免疫生態場などを担うものでもある

ここで自然言語生態学の視点から重要な点は、第一に、実体は他の実体との相互作用を担うにあたり、**実体間の対話**を媒介とすることである。第二に、自然実体間の相互作用を基礎として形成展開される生命活動は、自然実体間の対話を媒介として生成される自然言語活動と**相即的相互形成的**に生成されることである。生態学においては、このように自然実体間の相互作用を基礎として**自然は対話するものとして規定される**（詳しくは次節参照）。即ち**自然実体間の相互作用**を通じて、**交換、伝達される自然情報**によって形成される対話の総体が**自然言語活動**であり、**自然実体はそれを通じて自然言語生態場を形成し担うものとして規定される**。

(4) 基本的捉え方4

— 生体内外生態系・生命諸活動を媒介するコミュニケーション基幹回路 —

本論の基づく生態学においては、生命個体間および群集内・群集間諸関係、さらに非生命体・生命体間諸関係の形作る、生体外に広がる生態環境を成す生体外生態系と、生体内生態環境各レベルを併せて、両者を一貫する包括的な生体内外生態系 endo-exobody ecology system として捉える。殊に、生体外生態系における環境変化に対して、生体内生態系の実体の中心をなす細胞による細胞応答を基礎として開かれる、生命諸活動を媒介するコミュニケーション基幹回路を、生体内外両生態系における諸関係を媒介して統括的に形成する自然言語活動の基幹過程として規定する（注：以下では自然言語活動のうち生命レベルを中心に論じる）。

(5) 基本的捉え方5 — 自然言語生態学・自然言語の実体、形態、機能 —

自然言語生態学においては、この基幹回路を成すものである自然言語諸活動について、生命諸活動の各レベルの、第一に、生命**実体**、例えば細胞、タンパク質分子粒子、ゲノムなど、第二に、それらが生命活動を担う媒介として形成される**コミュニケーション**、およびそれを担う**実体の形態**、第三に、それに即応する**機能**を、明示的に捉え返す。

これら各レベルの実体が相互作用することによって、生命体が組織され生命諸活動が生成される。この実体間の生命活動上の**コミュニケーション**を通じて生成され、実体間相互作用を媒介する**自然情報**が生命レベルの**自然言語**である。即ち**自然情報**、あるいは単に**情報**は、実体間相互作用を媒介するもの、したがって固有の実体によって担われるものとして生成される。言い換えれば出所を明らかとしない**情報**が自然界に充満しそれが**自然**を作り出しているのではない。実体によって担われこれらの実体間相互作用に基づく**自然諸関係**を形成しつつ、**自然諸活動**、**生命諸活動**を媒介するものとして生成されるものが**情報**である。

さらに、**実体**は次のように**形態**を担うものでもある。

形態とは、例えば水素と酸素を**実体**とする水、は温度によって**固体**、**液体**、**気体**の三つの**形態**をもつ。**形態**はそれを構成する諸**実体**によって規定される。**実体**は他の**実体**との間で相互作用することを基礎として運動することから、それによって規定される**形態**もまた**運動形態**としての側面をもつ。一般に、運動する**形態**は、一方で**形態**をになう**実体**間の相互作用を通して、他方で、**形態**の外に存在する**外的環境**との相互作用を通じて自己運動する。即ち、**形態**は、一方で**環境変化**など、**外部**からの**動因**を契機とし、他方で**内部**の**実体**の相互作用を原動力として、自己運動する。

例えば**生命**における**形態**とは、**環境**との相互作用を通じた**物質交換**即ち**同化・異化**、または**外部環境変化**や、その**刺激**に対する**生命個体**応答としてなされる**生命体内**の細胞を中心とした**実体**の相互作用に基づく**発生**、**代謝**、**免疫**、**遺伝**などの自己運動をする**生命組織体****形態**を典型とする。また、**生命組織体**を支える**細胞組織体**もまた**形態**を示すものである。即ち、**生命個体**内部に広がる**生体内生態系**において、**生体内生態環境**との相互作用を通じた**物質交換**、**同生態環境変化**、**伝播**されてくる**刺激**などに対する**細胞**応答を通じ、**細胞内**各種**蛋白質分子**からなる**粒子****実体**の相互作用に基づく（先述の**発生**、**代謝**、**免疫**、**遺伝**の）**下位過程**としての**発生**、**代謝**、**免疫**、**遺伝**、その**発現**の**制御**などの自己運動をする**組織体****形態**である。

さらに、これと相同的な**形態**として、**細胞組織体**を支える**細胞核組織体**がある。即ち、**細胞内部**に広がる**細胞内生態系**において、**細胞内生態環境**との相互作用を通じた**物質交換**、**同生態環境変化**、**伝播**されてくる**刺激**などに対する**細胞核・ゲノム・エピゲノム**応答を通じ、**細胞核内**各種**蛋白質分子**からなる**粒子****実体**の相互作用に基づく**同上**の**下位過程**としての**発生**、**代謝**、**免疫**と並び、**遺伝**、その**発現**の**制御**などの自己運動をする**組織体****形態**である。

生命活動と**相即的相互形成的**になされる**自然言語活動**の**解明**は、以上の**規定**に即応し

て、いかなる実体が、いかなる相互作用および機能に基づき、いかなる関係を、そして形態を作り出しているか、またそれらに基づきいかなる生態場を構成し、全体としてどのようなシステムが形作られているかを見て行く。その場合生命活動を構成する実体、機能、形態以下の諸規定を基礎としつつ、自然言語活動固有の側面に即した様式、特色に注目する。

例えば、自然言語コミュニケーション回路において、それをになう自然言語実体の果たす自然言語固有の様式を持つ機能に次のものがある（アルバート他 2010 に基づき自然言語生態学の視点から自然言語の特性に注目して再構成。この点は以降の reference も同じ）。

- (1) 自然言語情報はそれを担う自然実体の電氣的、化学的、また親水的か疎水的か、酵素のように特異的組み合わせか否かなどの特性によって、異なる実体間の伝達が可能な組み合わせとそうでない場合に分かれる。自然言語情報変換の機能は、異なる実体間で応答可能な種類の情報に変換することで、それを可能にするものである。
- (2) 変換に続く過程は、伝達過程である。即ち、第二の機能は発信、到達、受容の連鎖のなす伝達である。発信は情報発信細胞によってなされ、情報が、標的細胞に到達し、標的細胞上の受容体と呼ばれる蛋白質分子によって受容される。
- (3) 伝達機能を十分果たすために、増幅機能が付加されるケースもある。自然言語媒体分子の量が限定される場合には、情報の強さを拡大することで、情報効果を増幅し、少量でも伝達を可能とする。
- (4) 単一の自然言語情報を担う蛋白質分子が、異なる種類の生態場、例えば発生、成長、代謝、免疫、各生態場に影響を与える複数機能を持った因子である場合も多い。その場合には伝達過程の分岐点において、情報分岐の機能が発動される。これによって各生態場を構成する実体例えば複数の種類の標的細胞に対して、同時に情報が伝達され、複数応答によるネットワーク型応答がなされる。場合によってその結果、異なる生態場間の自然言語活動であるクロストークの機能が発動される。
- (5) 以上の機能それぞれについて、関連する別の蛋白質分子の自然実体による制御、調節の機能が発動されることも多い。これによって、一筋のコミュニケーション回路のスイッチの ON と OFF が、制御、調節され、発生、代謝、免疫、遺伝情報の発現などにおける経路選択がなされる。

以下では、自然言語生態学に基づき、次節で詳しく見る自然言語生態学の根源をなす「自然は対話するものとして規定される」点について具体的に見ることを導入部分として、自然言語の生命個体発生過程との相即的相互形成過程の基本となる枠組みについて論ずる（枠組みに基づく詳細は次号に論ずる）。

2. 自然言語生態学 その二：自然は対話する

— 自然実体間の相互作用を通じて、交換、伝達される自然情報によって形成される対話およびその総体としての自然言語活動 —

例えば生命レベルにおける自然実体間の代表的な対話には次のようなものがある。

1. 生命個体実体とそれを取り巻く生態環境実体間の相互作用に基づく対話
2. 細胞実体間の相互作用に基づく対話
3. 蛋白質実体間の相互作用に基づく対話

このような自然実体間の相互作用を通じて、これらの実体間では、個別自然科学で言われる自然情報が交換され、伝達されることによって対話が形成される。このようにして形成され、それによって物質レベル・生命レベルの自然活動を媒介するものが、自然言語活動である。即ち自然言語は、それを支える自然実体と、それらの間の相互作用、そこに交換され、伝達される自然情報によって形成される対話によって成り立つ。

この場合、生態学においては、個別自然科学で必ずしもそれに関与する物質レベル・生命レベルに亘る自然実体との関係を明示的に示すことなく取り上げられることの多い自然情報を、第一に、明示的に自然実体間の相互作用において交換され伝達されるものとして、また同時に第二に、明示的にそれら自然実体間相互作用によって形作られる物質活動・生命活動の組織化を媒介するものとして、従って、第三に、自然実体、その相互作用、そこで交換伝達される自然情報それらによって形成される対話の四者のなす総体としての自然言語活動の一翼を成すものとして捉える。

本論では、生命レベルの場合をとりあげ、前に述べた三つのケースの対話がいかなるものであるかを見る。またそれを通じて、個別自然科学で言われるのとは対照的に、生態学、なかでも自然言語生態学において原理的従って最も明示的に、これらの対話の一翼を成すものとしての情報をどのように捉えるかを、上記 1-3 のうち「2. 細胞実体間の相互作用に基づく対話」を中心に見ていく。

(1) 細胞実体間の相互作用に基づく対話 — 生命個体発生における対話の場合 —

細胞実体間の相互作用がきわめて動的に形成展開される過程が生命個体発生過程である。生命体例えば動物では、一個の卵細胞の段階から受精卵へ、これがさらに細胞分裂を経て、多くの小さな細胞に分裂する。こうして出来上がる細胞の塊が、高度に組織化された構造に至る過程が生命個体の発生（以下「発生」と略す）である。発生の過程は大きく分けると、パタン形成、形態形成、細胞分化、成長、の四つの段階に分かれる（以下スラック 2009；ウォルパートほか 2012 の情報を核として詳説。以降の文献も同様）。

パタン形成 発生の第一段階であるパタン形成とは、時間空間的に規則性を持った細胞活動が展開され、初期胚の体に、一定のパタンを持つ組織構造が生じる過程である。人間の場合であれば、60 兆個・200 種類の細胞が集まって、生命活動が展開される。これらの細胞すべてが最初是一个の卵細胞でありそれが受精して受精卵となり、細胞分裂を繰り返して心臓、肺、筋肉、神経、脳などの器官、それを構成する筋肉、神経、上皮などの組織に見られる規則的な構造を形作る 200 種類の細胞になっていく。このような

規則的な構造ができていく過程がパターン形成である。その場合最初から例えば個別の心臓の形に細胞をちょうどブロックを積み上げるようにして形作られていくのではない。当初一個であった細胞が分裂を繰り返し塊になり、特定の形や構造が一定の順序で、従って、時間的に厳格なコントロールのもとに決められた構造として高度に組織化されていくのである。

即ち発生過程のどの段階で、どの位置にある細胞がどの細胞に働きかけ、どのような順序で、どのような形を相互に連携して形作っていくか。また全体として、当初シート状をなす細胞群が別のシート状の細胞群と連携して、どのようなタイミングで立体的な構造のそれぞれの部分を形作っていくか。これらはすべて自然実体である細胞間のやりとり、対話に基づく連携行動の相互調節的な展開を通じた自然言語活動によって現実化されていくのである。

ボディープラン：頭から尾の前後軸と背中側と腹側の背腹軸の決定－胚葉分化 パターン形成は、具体的にはボディープランと呼ばれる生命体を構造化組織化していくための青写真にあたる筋道に沿って進められる。受精卵が細胞分裂を繰り返していく過程の細胞の相を胚と呼ぶ。ボディープランの展開は、この最初の時期の形態である初期胚全体に関して規定される体の軸、つまり、頭から尾の前後軸と背中側と腹側の背腹軸の決定から始められる。その形成に伴い、初期胚のそれぞれの細胞が異なる胚葉—外胚葉、中胚葉、内胚葉—に分化される。胚葉とは、一個の細胞が細胞分裂を繰り返して細胞の塊の形をした胚が、シート状を形作る細胞層に分かれたものである。胚葉の分化に続いて、各胚葉の細胞がそれぞれ異なる性質をもつようになり、皮膚、筋肉、軟骨、神経などの細胞に見られるような、分化した細胞が、組織の空間パターンに沿って配列されていく。このパターン形成の展開過程は、分化に至る細胞間、また分化した細胞相互間でそれぞれの細胞の動態をなして変化する位置情報の交換のやりとりによって厳密なタイミングを調節する対話を媒介として進められる。

形態形成：原腸胚形成を通じた立体化 発生第二段階の形態形成では、上の胚葉分化の段階で当初二次元つまり平面のシート状であったものが、三次元つまり立体化した形になっていく（上野・野地 2007）。この過程はちょうど、風船のような構造の変形過程である。風船を、それが破れないように少しずつそっと、外から一部を押し込んで真ん中に細長い穴状の空洞を作る。するとそこに生じた空間が細長くなったドーナツ状になる。中に作り出された空間のどちらかがのちに、口、逆の側が排泄口に対応することになる。このように、体全体の中に折れこむようにしてできあがって行く細長い空洞を持った胚の段階を、腸をふくむ消化器官の原型にあたる原腸胚の段階と呼ぶ。その場合原腸胚の外側が外胚葉、中が内胚葉に対応する。外胚葉と、内胚葉の間に細胞があればそれが中胚葉になる。それに加えて、外側の外胚葉の中に織り込むと、神経外胚葉になり、内側の内胚葉を中に折り込むと内臓になるのである。形態形成は、パターン形成で固有の空間パターンに沿って、それぞれの胚葉のまとまりの下に配列された細胞が、異なる動態をなして変形して行く各胚葉間の位置変化情報を交換しつつ調節する対話を媒介と

して展開される。

細胞分化：構造・機能の分化 発生の第三の過程は細胞分化である。今まで互いにそれぞれ大きな違いのなかった各細胞が個性化していく過程である。即ち血液、筋肉、皮膚の細胞あるいは免疫の細胞など、構造、機能共に互いに異なり、区別される細胞に分化していく。細胞分化もまた、細胞が孤立してではなく多様な細胞の相互作用を通じた位置情報の交換を通じてなされる。

成長：細胞増殖・細胞肥大・細胞基質の分泌成長 発生の第四の過程は、成長つまり、サイズの増大である。正確には成長は組織及び個体の容積や全体の大きさが増加することと定義される(ウォルパート2012)。細胞増殖、つまり細胞が分裂して増えていく過程、と分裂を伴わない細胞の肥大、もしくは骨の基盤部分を形作る骨基質や水分などの細胞外基質の添加などによる基質分泌成長によって起きる。動物では、基本的な体のパターンは、発生の初期、即ち体のサイズが小さい時期に決定される。個体や器官のサイズの増大、つまりどれだけ成長し、ホルモンなどに反応するかという成長プログラムも、発生初期に決定されると考えられている。個体全体の成長は、基本的な体のパターンが確立された後に始まるが、脊椎動物の神経系などの発生の場合のように、器官形成の初期過程に局所的な成長を示す場合も多くある。成長もまた、組織、器官の形状をなして配列された細胞が、成長に即して時間的・空間的に動的に変化する相互の位置情報を交換しつつ調節して進められる。

以上全体として四つの発生過程は、それぞれが独立して起きるわけではない。初期発生でパターン形成によって細胞間に違いが生まれ、それらの異なった細胞間の対話に基づくやりとりを通じた連携によって四つの発生過程が相互に調節されつつ進められてゆく。その過程では一部のタイミングの誤差が場合によって生命個体の死にまたは奇形に至る。このため、関与する細胞間の対話に基づく精緻なやりとりを通じた連携による厳密なタイミング上の調整に基づく自然言語活動によってはじめて順当な形態形成、細胞分化、成長過程が実現されていくのである。

(2) 細胞間の相互作用 — 形態形成の過程における誘導現象の場合 —

誘導 自然実体である細胞間の相互作用が、特にきわだって顕著に見られるのは、このうち、形態形成の過程である。形態形成の最初の時点で、上に述べたような風船構造の中に空間が生じたドーナツ状になっていく過程で見られるこのような二次元的なシートから、立体的で複雑な器官が形成される。その初期に、誘導と呼ばれる細胞間相互作用による現象が生じる(上野・野地同上)。誘導には一次誘導と二次誘導がある。発生初期に生じる中胚葉誘導と、神経誘導は、形態形成の根本を成し、一次誘導と呼ばれる。一次誘導に基づき、脳、皮膚、筋肉、心臓、消化管などの器官形成がなされる誘導を二次誘導または器官誘導と呼ぶ。誘導現象では、誘導する細胞と誘導される細胞がある。これらの両方の細胞間に密接な相互作用が形成され、それによって複雑な形態形成過程が生み出される。本節では、自然実体間の相互作用を通じて交換、伝達される自然情報を媒介として形成される対話およびその総体としての自然言語活動の代表例として

このような細胞間相互作用の様相を見る。以下はその一つである上皮-間充織と呼ばれるシート状をなす細胞群間の対話に基づく相互作用である。

細胞群間の対話に基づく相互作用の特徴 この場合背景として、細胞群間の対話に基づく相互作用の特徴（ウォルバートほか 2012；竹縄ほか 2009 に基づき、自然言語生態学の視点から自然言語の特性に注目して再構成。この点は以降の reference も同じ）として次のことを押さえておく必要がある。人間を含む生体を構成する蛋白質は、遺伝子即ち、DNA の情報がそれをコピーしたり伝達するもう一つの遺伝実体 RNA に転写 = コピーされ伝達されて合成される。その際、遺伝子は、どの細胞で、いつ、どの蛋白質を合成するかを決定することを通じて、細胞分裂に始まり、細胞分化、形態形成などの発生の段階のあり方を制御する。即ち活性化された遺伝子は、細胞に固有の性質を与え、蛋白質と遺伝子の間、および蛋白質と蛋白質の間、のそれぞれの相互作用に関わる細胞内ネットワークを形成する。細胞のそのような固有の特性としてもっとも重要なものが、細胞相互間におけるコミュニケーションを通じた対話によって、細胞がほかの細胞からの働きかけに応答する能力「**応答能力**」を持つことである。初期胚がどのように発生してゆくかを決定するのは、このような応答能力に基づいて展開される対話に基づく細胞間相互作用であって、どのような発生過程にあっても、遺伝子のみ、蛋白質のみの働きによってなされることは不可能である。

このように単細胞生物でなければ細胞間の対話に基づく相互作用の働きは、生命活動ひいては生命体の存続に欠くことができないのである。単細胞生物と異なり、多くの細胞が集まって形成される多細胞生物にあっては、細胞同士によって構成される「細胞社会」が円滑に形成され機能していくために、隣り合う細胞同士、または場合によって、神経組織や血管を通じた遠距離の細胞との間の、相互作用および、そのための細胞相互間の対話を必要とする。

細胞相互間の対話を担うのが蛋白質分子である。蛋白質には生命体を構成する**構成蛋白質**と DNA をはじめとする情報に関わる機能などを担う**機能性蛋白質**がある。細胞間の対話は、多くの場合、**情報発信細胞**が合成、分泌した機能性蛋白質分子が、標的細胞に存在する（情報の受け手である）受容体を構成する蛋白質と結合することによって開始される。受容体は、細胞膜、あるいはその内側にあつて細胞外生態系の細胞などさまざまな情報源からやってくる血液細胞やホルモンなどに運ばれてくる情報を受けとる。標的細胞においては、他の細胞から届けられた情報が、いくつかの細胞内機能性蛋白質分子を経由して細胞核へと伝達され、そこでさまざまな**遺伝子の発現誘導**がなされる。こうして機能性蛋白質分子に規定された細胞応答が誘起されるのである。

(3) 細胞群間の対話を通じた発生過程と自然言語の相即的相互形成的生成

— 上皮 - 間充織相互作用の場合 —

上皮 - 間充織相互作用は次のような機序で形成される（上野ほか 2005）。上皮とは多細胞生物の生命体の内外の面、例えば動物の皮膚や喉や内臓などの粘膜などを覆っている細胞層を指す。この細胞層全体を上皮組織と呼び、この組織を構成する細胞を上皮細

胞と呼ぶ。皮膚の表皮などのように外胚葉からできた上皮、腹膜の粘膜など中胚葉からできた上皮、大腸の腸膜など外胚葉からできた上皮のように、発生の由来によって種類が分かれる。他方、**間充織**とは、動物の発生過程で、上皮組織を裏打ちし、その組織内の間隙を埋める細胞集団を指す。発生の上では中胚葉からできた細胞層である。これは細胞の間隙を埋めるだけでなく、特定の因子を分泌して上皮細胞の分化を制御する。脊椎動物の場合、上皮と間充織は連携して多くの組織・器官形成に当たり、この際上皮と間充織を構成するそれぞれの細胞群間で、上で述べた因子など分泌を媒介とする細胞間の対話を通じた相互作用が不可欠である。

以下では消化管の場合を見る。消化管は、内胚葉から作られた上皮と、中胚葉から作られた間充織から形成されている。消化管は形成初期においては胃や腸などとして分化しておらず、一本のつつ状をなしている。即ち消化管を構成する部分や領域の特徴は現れず、発生の進行に伴い、喉から直腸に至る部分の各領域に分化する。しかし分化にあたっては、上皮または間充織だけでそれらの部分領域に特異的な分化は不可能である。部分領域に特異的な分化のためには、間充織の側の細胞群からの働きかけである**誘導**が不可欠であることが分かっている。

誘導：間充織の側の細胞群からの働きかけ 鶏の初期胚の分化過程にある前胃と後胃の上皮－間充織を実験によって交換すると次のような過程が展開する（上野ほか2005）。鶏の胃には胃腺のある前胃と胃腺のない後胃、これは砂嚢と呼ばれ、袋の中に入っている砂粒状のものが呑み込まれて入ってくるエサをすりつぶす部分、がある。初期胚の中でのちに前胃になる予定領域は間充織でできている。

前胃の予定領域と、後胃の予定領域を形作っている上皮を組み合わせで培養してみる。間充織と組み合わせられた上皮の培養片はしばらくすると、何と、胃腺を形成し、消化酵素であるペプシンを発現する。つまり、前胃の特性を示すようになるのである。これに対して、以上の組み合わせを逆にして、今度は後胃の予定領域の間充織と前胃の予定領域の上皮を組み合わせた場合には、胃腺も形成されず、ペプシンの発現も見られない。このことから、前胃の上皮の分化には、前胃の間充織の側からの働きかけの作用が不可欠であることが明らかになる。

情報発信主体・情報の担体・標的細胞 一**間充織の側からの働きかけ**—これを細胞レベルで見よう。即ち前胃上皮はシート状の細胞群によって構成されている。これらの細胞群に対する前胃間充織を構成するシート状の細胞群からの働きかけによって形成される細胞間相互作用が前胃の形成には不可欠である。これを詳しくみると、前胃の間充織側の細胞群が**情報発信細胞**となり、そこで合成分泌された蛋白質実体によってBMP2（bone morphogenetic protein 2 **骨形成因子2**）と呼ばれるものが発せられるのである。この蛋白質実体はほかの発生研究の当初、骨を形成するものとして同定されたものである。後になって、これが前胃間充織側の作用の担い手となり、**標的細胞**となる上皮細胞群における胃腺形成とペプシンの発現を誘導することが明らかにされたものである。

ここには、間充織の細胞群を形作る細胞という自然実体が情報発信主体となり、合成分泌するたんぱく質実体を情報の担体として、情報が発せられ、上皮組織を形作る細胞群の細胞という別の自然実体を標的細胞とした対話が媒介となって、両組織を構成する細胞群を形作る細胞間の相互作用が確立形成される様相が示されている。

誘導：上皮の側の細胞群からの働きかけ 他方、間充織の分化にも上皮側からの働きかけが不可欠であることが判明している。消化管の間充織は、上皮に接したほうから外側に向かって、結合組織・筋肉が同心円状に層を成している。結合組織は多細胞動物の体を構成するもので、組織や器官などによってそれらをつなぐ機能を果たす。繊維成分や構造を持たない基質でできている。

情報発信主体・情報の担体・標的細胞 —上皮の側の細胞群からの働きかけ— 今、まず鶏の胚の後胃の上皮と間充織を分離する。次に間充織の表と裏を裏返して、外側の間充織を上皮と再結合させる。すると、本来であれば、筋肉の層になるはずの外側の間充織は、平滑筋の分化を担う機能性蛋白質 FKBP/SMAP (FRK506-binding protein 結合蛋白質 /smooth muscle activating protein 平滑筋活性化蛋白質) を発現せず、代わりに結合組織領域に発現する BMP4 (骨形成因子 4) が発現するようになる。平滑筋は、内臓などに分布している筋肉で、骨の筋肉である骨格筋に比べて収縮・弛緩するスピードが遅く、短縮したり、伸びたりする程度が大きいものである。コラーゲンの繊維によってつなぎ合わされてできている。つまり、上のように裏返した場合には、内臓に必要な平滑筋が作られないことになるのである。

ここには、上にみた場合とは逆に上皮組織の細胞群を形作る細胞という自然実体が情報発信主体となり、合成分泌するたんぱく質実体を情報の担体として情報が発せられ、間充織を形作る細胞群の細胞という別の自然実体を標的細胞とした対話が媒介となって、両組織を構成する細胞群を形作る細胞間の相互作用が確立形成される様相が示されている。

細胞群間の対話を通じた発生過程と自然言語の相即的相互形成的生成 以上を通じて、前胃の上皮の分化には、前胃の間充織の側からの働きかけの作用が不可欠であること、細胞レベルで見ると間充織を構成するシート状の細胞群からの働きかけによって前胃の間充織側の細胞群が情報発信細胞となり、そこで合成分泌された蛋白質の実体に骨形成因子 2 が発せられ、これが前胃間充織側の作用の担い手となり、標的細胞となる上皮細胞群における胃腺形成とペプシンの発現を誘導することが示された。その上でこれによって間充織の細胞群を形作る細胞という自然実体が情報発信主体となり、合成分泌するたんぱく質実体を情報の担体として情報が発せられ、上皮組織を形作る細胞群の細胞という別の自然実体を標的細胞とした対話が媒介となって、両組織を構成する細胞群を形作る細胞間の相互作用が確立形成されることが示されている。そこには細胞群間の対話を通じた発生過程と自然言語の相即的相互形成的生成が展開されている動態が示されている。また続いて見た逆の間充織の分化にも上皮側からの働きかけが不可欠である様相から、上に見た場合とは逆に上皮組織の細胞群を形作る細胞という自然実体が情報

発信主体となり、合成分泌する蛋白質実体を情報の担体として情報が発せられ、間充織を形作る細胞群の細胞という別の自然実体を標的細胞とした対話が媒介となって、両組織を構成する細胞群を形作る細胞間の相互作用が確立形成されることが明らかにされた。ここにも同様に細胞群間の対話を通じた発生過程と自然言語の相即的相互形成的生成が示されている。

3. 結語

本論は、自然言語、及び自然言語活動事象の固有相を対象とし、記号学における生命記号論 biosemiotics をも踏まえつつも、それとは異なり、第一に、自然言語を生命のみならず物質・生命両レベルに亘る事象として明示的に捉えた。第二に、それら事象の形作る生態学的諸関係を解明する学として形成展開されてきた自然言語生態学の基本的捉え方を踏まえ、自然言語、生命個体発生過程と相即的相互形成過程についてその基本となる枠組みを示した。次号で以上に基づく自然言語の、生命個体発生過程との相即的相互形成過程のより具体的な詳細について論ずる。

参考文献

- Hornberger, N. H. (2002). Multilingual language policies and the continua of biliteracy: An ecological approach. *Language Policy*, 1, 27-51.
- Mühlhäusler, P. (2000). Language planning and language ecology. *Current Issues in Language Planning*, 1 (3), 306-367.
- Mufwene, S. (2001). *The Ecology of Language Evolution*. Cambridge : Cambridge University Press.
- 秋山徹 (2004) 『シグナル伝達がわかる』羊土社
- 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
- 上野直人ほか (2005) 『発生・再生イラストマップ』羊土社
- 上野直人ほか (2007) 『発発生生物学がわかる』羊土社
- ウォルバート、L. ほか (2012) 『ウォルバート発発生生物学』メディカル・サイエンス・インターナショナル
- 岡崎敏雄 2005 「言語生態学原論—言語生態学の理論的体系化—」『共生時代を生きる日本語教育』凡人社 503-554
- (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 1-264
- (2010a) 「言語生態学に基づく持続可能性日本語教育方法論—生存を主題とする学習のデザイナー—」『文藝言語研究 言語篇』57. 75-121 筑波大学
- (2010b) 「持続可能性教育としての日本語教育の学習のデザイナー—教室活動・シラバスデザイン・教師の役割—」『筑波大学地域研究』31. 1-24 筑波大学
- (2010c) 「持続可能性の内容重視日本語教育における意識分析に基づく学習のデザインの基礎の研究」1-157 平成 19-21 年度科学研究費補助金研究 課題番号 19652045 研究代表者岡崎敏雄
- (2010d) 「生態学的意味の生成—第三段階の生成—」『日本語と日本文学』50. 1-17 筑波大学
- (2010e) 「持続可能性教育としての日本語教育」『日本語教育入門』くろしお出版 3-17
- (2010f) 「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. 1-16 筑波大学
- (2010g) 「持続可能性日本語教育の学習のデザイナー—雇用—食糧軸のライフラインリスク像育成のための学習のテキストシラバスデザイナー—」『筑波大学地域研究』32. 136-159

- (2010h) 「言語生態学に基づく日本語教育学原論—意味の生態系育成としての言語教育—」『言語学論叢』オンライン版3 (通巻29) 1-17 筑波大学
- (2011a) 「言語生態学研究方法論」『外国語学研究』12. 101-110 大東文化大学
- (2011b) 「言語生態学に基づく海外年少者日本語教育原論」『語学教育フォーラム』第21号 5-22 大東文化大学
- (2011c) 「言語生態学に基づく中国語母語話者年少者に対する日本語教育方法論 I」『水門』第23号 1-10 勉誠出版
- (2011d) 「言語習得・保持研究の再構築と非母語話者年少者日本語教育」『日本語と日本文学』52. 13-26 筑波大学
- (2011a) 「言語生態学と日本語教育の課題—中国語母語話者への日本語教育の観点から—」『日本語学習と研究』第4期 155号 31-43
- (2012b) 「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成系構造生成過程の生態学的記述—」『筑波応用言語学研究』18. 1-14 筑波大学
- (2012c) 「生態学的意味論原論」『言語学論叢』オンライン版5 (通巻31) 1-17 筑波大学
- (2012d) 「言語生態学研究方法論 (2) —保全・育成のための研究方法—」『外国語学研究』13. 100-109 大東文化大学
- (2012e) 「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. 191-207 筑波大学
- (2012f) 「言語生態学に基づく中国語母語話者年少者に対する日本語教育方法論 II」『水門』24. 86-98 勉誠出版
- (2012g) 「言語・習得保持研究の再構築と非母語話者日本語教育 II」『日本語と日本文学』53. 13-26 筑波大学
- (2013a) 「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. 1-14 筑波大学
- (2013b) 「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. 1-20 筑波大学
- 小田珠生 (2010) 『言語少数派の子どもに対する父母と協働の持続型ケアモデルに基づく支援授業の可能性—言語生態学の視点から—』博士論文 お茶の水女子大学
- ギルバート、S・イーベル、D. (2012) 『進化発生生態学』東海大学出版会
- 佐藤真紀 (2010) 『学校環境における言語少数派の子どもの言語生態保全—「教科・母語・日本語相互育成学習モデル」の可能性—』博士論文 お茶の水女子大学
- 鈴木 (清水) 寿子 (2010) 「持続可能性教育としての共生日本語教育実習の可能性—言語生態学的内省モデルの提案—」博士論文 お茶の水女子大学
- スラック、J. (2009) 『エッセンシャル発生生物学改訂第二版』羊土社
- 竹縄忠臣ほか (2009) タンパク質科学イラストレイテッド 羊土社
- 張瓊珊 (2012) 『研究生のための持続可能性アカデミック日本語教育—言語教育専攻の大学院生らの教育実践を通して—』博士論文 お茶の水女子大学
- 野々口ちとせ (2013) 『対話における言語と機能の発達—地域日本語教室で日本人と外国人がともに学ぶこと—』博士論文 お茶の水女子大学
- 半原芳子 (2012) 『持続可能な多言語多文化共生社会を築く「共生日本語教育」の可能性』博士論文 お茶の水女子大学
- 房賢禧 (2011) 『持続可能性音声教育を目指すピア・モニタリング活動の可能性—対話を媒介とした言語生態の保全・育成を通して—』博士論文 お茶の水女子大学
- 平野美恵子 (2011) 『共生日本語教育実習における実習生間の言語共生化過程の研究』博士論文 お茶の

水女子大学

穆紅（2010）『言語少数派の子どもの継続的認知発達への保障—生態学的支援システムの構築に向けて—』

博士論文 お茶の水女子大学

楊峻（2010）『中国の大学の日本語専攻主幹科目へのグループワークの提案—言語生態の保全の観点から—』

博士論文 お茶の水女子大学