

# 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—

岡崎 敏雄

### 要 旨

本論は、自然言語概念を出発点とし、一方で記号学における生命記号論の成果を踏まえつつ、他方で、自然史全体における自然言語活動を対象に、従って、生命活動と共に物質活動レベルにおける自然言語事象を対象とする自然言語生態学に基づく分析と考察を進めるものである。

具体的には、これらの自然言語によるコミュニケーション活動に関して自然言語生態学の問う生態学的問い

1. いかなる方法で、
2. いかなる自然言語活動の実体(細胞、蛋白質分子など)の間で、
3. いかなるコミュニケーション回路やステップを辿ってコミュニケーションがなされ、
4. いかなる機能が遂行されるか

のうち本論では方法と実体に焦点を当てて論じる。

### キーワード

言語生態学 自然言語生態学 自然言語 自然言語コミュニケーション

#### 1 はじめに 一生態学の基礎となる自然観・人間観と自然言語生態学一

生態学は生態系を解明する学である。その場合、生態系として、人間生態系を全体としての自然生態系の一部をなす人間的な自然生態系として捉える。その上で、一般に言う自然と人間両者全体の形作る生態系を対象として明らかにする。

これに伴い、人間活動を人間的な自然の活動として把握する。従って、それを自然に普遍的な活動のありようの相の一形態として捉え返す。その典型が言語活動である。

以上を前提として、生態学では、言語活動を、自然に普遍的に存在する自然実体間の相互応答、コミュニケーション、相互作用、情報伝達言語活動として捉える。このうち人間即ち人間的な自然実体間の言語活動を、人間的な自然の言語活動、即ち人間言語活動として、自然言語活動の一部を形作るものとして捉える。

都市型文明の進展に伴い、人間活動が自然から乖離を進めている。その人間は自然とのつながりを切り離される形で、体感され、捉えられるようになっていく。生態学はその中

で、自然科学諸学が個別化、細分化していくのとは逆のベクトルで、人間およびその諸活動を、自然の一部をなすものとして、また、他の自然生態系部分と動的な相互作用のネットワークを形作るものとして捉える。

生態学は、このような「自然観」「人間的自然観」を基礎とし、自然科学諸学および、その知見をもその基礎の上に統合しつつ形成展開してきている。

同時に、それは、人間諸活動を解明する社会諸科学を、そのような人間観・人間諸活動観のもとに、人間的自然により担われる人間的な自然諸活動を明らかにするものとしていく基礎として位置づけられ形成展開されてきている。精神生態学、言語生態学、ecology 経済学、生態学的哲学、生態学的心理学がこれらを構成する。

これらの生態学的動向は、人間を自然から乖離した存在から、自然とのつながりの中に人間的な自然として生きる存在に再び組織化し、人間諸活動を自然諸活動として実現していく基礎をなすものである。

その人間諸活動の中核をなすものとして人間の言語活動も自然の言語活動総体を捉えつつその一翼をなすものとしてとらえ返されていく。言語生態学は、総合生態学、即ち、自然生態系における生物相互並びに、物質と、生物の間の関係の学である自然生態学、および社会、即ち人間的な自然の生態系つまり人間生態系における諸関係を対象とする人間生態学を統合する学の一翼をなす学として形成されているものである。したがって自然と人間両者を対象とする学の一環であることから具体的には、人間言語及び、自然言語を対象とする。すなわち、自然言語つまり、物質情報、生命情報を含む、自然史に一貫して存在する言語を包摂する事象を対象とした学として、展開されてきた(Haugen1972,1985; Mühlhäusler1995,1998,2000; Hornberger2000,2002; Muffwene2001; 岡崎 1995 から 2012 f までの一連の本論末参考文献)。

一般に、言語とは、人間固有のものに限られた存在ではなく、自然に普遍的に存在し、人間言語に対して、自然言語が存在する。これに対応して、言語学は、人間の用いる人間言語を対象とする学に限られたものではない。1970年代、生命科学において、自律的に構成されてゆく生命の過程であるいわゆるオートポイエシスの概念の形成に伴い(マトゥラーナ・ヴァレラ 2007)、生命体、生命活動の組織化が、自然固有の言語、自然言語を媒介としてなされるという自然言語の概念が、確立された。これに呼応して、記号学 semiotics における生命記号論 biosemiotics(Sebeok; Hoffmeyer)をも統合しつつ言語学においても言語生態学を中心として、言語は、人間と自然、より広くいえば、人間的な自然と自然一般に共通する普遍的な存在として捉えられるようになった。

言語生態学においては、自然実体間の相互応答、コミュニケーション、相互作用、情報伝達を言語活動として明示的に捉え返す作業は、自然言語生態学として構築される。それは、人間の「人間的な自然観」、人間諸活動が自然史を一貫し、自然生態系一環として存在している自然活動をなすものであるという「人間諸活動の自然活動観」を学的に具現化する過程をなすものとして、したがって人間言語活動を自然言語活動の一環をなすものと

して把握する前提となる学的過程として構築される。

本論では、以上を踏まえ、自然言語概念を出発点とし、一方で記号学における生命記号論の成果を踏まえつつ、他方で、自然史全体における自然言語活動を対象に、従って、生命活動と共に物質活動レベルにおける自然言語事象を対象とする自然言語生態学に基づく分析と考察を進める。

## 2 自然言語概念

上に述べたごとく、言語は人間固有の存在ではなく、自然史上を通して自然に普遍的に存在し、人間言語に対して、自然言語が存在する。人間と自然の一体性が認識され、両者に関わる事象を統括的に捉える生態学の基礎が確立された1970年代にこれは明示的に定立された。生命科学において、自律的に構成されてゆく生命の過程であるいわゆるオートポイエーシスの概念の形成に伴い(マトゥラーナ・ヴァレラ 2007)、自然言語の概念が確立された。それは以下のようなものである(2007 pp.200-208)。

言語的行動は方向づけの行動である。方向づけの行動は、方向づけられるものの認知領域のうちで方向づけられるものを相互作用へと向かわせる。しかしその結果もたらされる相互作用は、方向づけの相互作用そのもののあり方とは独立である。一方の有機体は、他方の有機体を、相互作用によって特定される任意のモードの行為によって、他方の認知領域のいずれかの部分に方向づけることができる。だがそれは方向付けられるものの認知領域が遺伝的に決定されず、相互作用によって特定される範囲においてである。二つの有機体の相互作用領域がある程度対比可能な場合にだけ、合理的な方向付け相互作用は可能である。そのことによって二つの有機体は、形式的だが一定の対話的第二次記述のシステムを発展させることができ、双方に適切な相互作用の協働的クラスに互いを方向付けることができる。

自然言語の進化論的な起源を理解するためには、適応によって選択されてきた自然言語を可能にする基本的な生物学的機能を認識することが必要である。従来、言語は情報伝達のための指示的な象徴的システムだと理解されてきたため、こうした理解は不可能であった。事実、仮に言語の生物学的機能が指示的なものだとすれば、情報伝達の象徴的システムが発達するためには、進化論的な起源において指示機能があらかじめ存在していることが必要になる。だがむしろ説明されねばならないのは、指示機能そのものの進化論的な起源である。逆にもし言語が指示的ではなく、内包的であり、言語の機能が独立した実体を指示することではなく、認知領域内での方向付けを行うことであるなら、学習された方向付けの相互作用は、明らかに非言語的な起源をもつ機能を具現しているのである。さらにこの機能は、それが再帰的に応用される際の選択圧のもとで、進化を通じて有機体の間に協働的な合意的相互作用システムを開始させることができる。これこそ自然言語である。個々の方向付け相互

作用は、他の学習された行為と同様、行動の原因である相互作用を、あるタイプから別の体系と置き換えることによって生じる。相互作用の起源は、神経システムの学習能力の機能という点で見れば、これらの機能が再帰的に応用された結果生じる複合的な協働的相互作用システムとは、まったく独立している。こうした方向付けの相互作用は人間以外の動物にも広く見られ、ことに霊長類では明瞭である。個体の聴覚的、知覚的行動が相手の認知領域内で、相手の個体をどのように方向付けているかは容易に理解できる。またイルカは、聴覚による豊かで効果的な協働的相互作用システムを発達させているようである。これらと軌を一にするように学習された方向付けの相互作用は、有機体の相互作用領域を再帰的に独自に拡大することのできる行動のモード、例えば社会生活や道具の製作、使用とカップリングして、方向付け行動の進化の選択的基礎を与えてきたに違いない。この方向付け行動がヒト科では今日の言語につながっている。中略

日常の語法で情報伝達について語っても、もっともらしく聞こえるのは、話し手側が暗に聞き手との同一性を仮定し、同じ認知領域を持って行って(実際そうではない)「誤解」が生じれば驚くという事態によっている。こうしたアプローチは強固なものである。というのも送り手と受け手の同一性が、陰に陽に仮定され、伝達中に妨げられることがなければ、メッセージは必然的に受容に際して発信時と同じ集合状態を選択するような場面で、コミュニケーション・システムが作られているからである。しかし、これは自然言語には当てはまらない。

対話者は、言語的相互作用が成立する結果として、自分の認知領域のどこで方向付けを与えるかを選択しなければならない。選択のメカニズムは、どのニューロンのプロセスでも、状態依存的なのだから、選択(新たなニューロンの活動状態)の生じてくる活動状態は、可能な選択の範囲を制限しており、この活動状態が方向付けられるものの準拠の背景となっている。中略 (以下は pp.207-208)

有機体の方向付け行動は、自分自身の状態と再帰的に相互作用しうる神経システムを持ち、相互作用の第二次記述と再帰的に相互作用することによって、認知領域を拡大する。その結果以下の3点が明らかになる。(a)自然言語は、相互作用の第二次記述によって有機体そのものが変容されるような新たな相互作用領域として登場してきた。その際、第二次記述は、神経システムの活動状態に具体化し、神経システムの進化は、観察と自己意識領域での相互作用に従う。(b)自然言語は必然的に発生的である。というのも自然言語は、システムの作動の結果に対して、同じ作動(神経生理学的プロセス)を再帰的に応用することによって生じているからである。(c)合意領域での方向付け相互作用の新たな連鎖(新たな文)は、対話者には必然的に理解可能である。連鎖のそれぞれの構成素は、合意領域の1要素として、明確な方向付け機能を持ち、合意領域を規定することに寄与するからである。

ここでは以下が指摘されている。

第1に、自然を構成する2つの有機体は、形式的ではあっても一定の対話的第二次記述のシステムを發展させることができ、双方に適切な相互作用の協働的クラスに互いを方向付けることができる。

第2に、このようなシステムを基礎とした自然言語の進化論的な起源を理解するためには、適応によって選択されてきた自然言語を可能にする基本的な生物学的機能を認識することが必要である。

第3に、言語の生物学的機能というものが存在する。

第4に、自然言語というものは次のように規定される。即ち言語が指示的ではなく、内包的であり、言語の機能が独立した実体を指示することではなく、認知領域内での方向付けを行うことであるなら、学習された方向付けの相互作用は、明らかに非言語的な起源をもつ機能を具現しているのである。さらにこの機能は、それが再帰的に応用される際の選択圧のもとで、進化を通じて有機体の間に協働的な合意的相互作用システムを開始させることができる。これこそ自然言語である。

第5に、方向付けの相互作用は人間以外の動物にも広く見られ、ことに霊長類では明瞭である。個体の聴覚的、知覚的行動が相手の認知領域内で、相手の個体をどのように方向付けているかは容易に理解できる。またイルカは、聴覚による豊かで効果的な協働的相互作用システムを発達させている。

第6に、人間言語においては、「話し手側が暗に聞き手との同一性を仮定し、同じ認知領域を持って行って(実際そうではない)「誤解」が生じれば驚くという事態によっている。こうしたアプローチは強固なものである。というのも送り手と受け手の同一性が、陰に陽に仮定され、伝達中に妨げられることがなければ、メッセージは必然的に受容に際して発信時と同じ集合状態を選択するような場面で、コミュニケーション・システムが作られている」とされるのに対照的に「これは自然言語には当てはまらない」として、次のような特性をもつものとして規定されている。即ち、それは「対話者は、言語的相互作用が成立する結果として、自分の認知領域のどこで方向付けを与えるかを選択しなければならない。選択のメカニズムは、どのニューロンのプロセスでも、状態依存的なのだから、選択(新たなニューロンの活動状態)の生じてくる活動状態は、可能な選択の範囲を制限しており、この活動状態が方向付けられるものの準拠の背景となっている」ものであるとされる。

以上を踏まえて第7に、自然言語概念は次のようなものとして定立化されている。

(a)自然言語は、相互作用の第二次記述によって有機体そのものが変容されるような新たな相互作用領域として登場してきた。その際、第二次記述は、神経システムの活動状態に具体化し、神経システムの進化は、観察と自己意識領域での相互作用に従う。

(b)自然言語は必然的に発生的である。というのも自然言語は、システムの作動の結果に対して、同じ作動(神経生理学的プロセス)を再帰的に応用することによって生じているから

である。

(c)合意領域での方向付け相互作用の新たな連鎖(新たな文)は、対話者には必然的に理解可能である。連鎖のそれぞれの構成素は、合意領域の1要素として、明確な方向付け機能を持ち、合意領域を規定することに寄与するからである。

本論は、以上の自然言語概念を出発点とし、一方で記号学における生命記号論の成果を踏まえつつ、他方で、自然史全体における自然言語活動を対象とし、従って、生命活動と共に物質活動レベルにおける自然言語事象を対象とする自然言語生態学に基づく分析と考察を進める。

### 3 生命活動における自然言語活動

#### 3.1 生命体内生態系における自然言語活動

生命体は生命体外生態系環境から多様な情報を体内で受け取る。それらに対応して、生命体の中に広がる生命体内生態系の各レベルの応答が生成される。それらの応答は、細胞およびそれを形作る高分子化合物である蛋白質からなる粒子の間のコミュニケーションを通じた情報伝達によってなされる。

生命体を構成する細胞もまた、生命体内生態系を形作る環境に対応して、細胞応答を行っている。単細胞生物同士および多細胞生物の場合個体内細胞同士の形成する社会生活を営む中で、生命体はいずれも細胞相互に連絡しあうことが不可欠である。これらが生命体の中に広がる生命体内生態系における自然言語活動である。

細胞相互間コミュニケーションによる情報伝達に当たって、生命体を構成する個々の細胞は、細胞外からの情報に応答して行動する。特定の情報に対しては、それに対応する受容体が存在する。対応する受容体がない場合、情報が仮に存在していたとしても、その細胞には感知されない。情報を発する多数の情報伝達分子は細胞の外の液に浮遊したり、細胞の外側にある柵状構造に挿入され、また他の細胞に結合する状態で存在する。細胞はこれらの多様な存在形態の情報伝達分子を選択的に受容し応答する。

応答した細胞の振る舞いは多様である。1対1に対応した特定の受容体に特定の情報伝達分子が結合すると、その受容体から取りつがれた情報伝達は、仲介物質分子を担体として伝達される。これによって、細胞内空間の広い範囲に、様々な挙動を生み出し、機能、運動、形態、エネルギー代謝、遺伝子の制御などの挙動が変容する(アルバーツ他2010)。

#### 3.2 自然言語に関する生態学的問い

これらの自然言語によるコミュニケーション活動に関して自然言語生態学の問う生態学的問いは、以下のものになる。

1. いかなる方法で、
2. いかなる自然言語活動の実体(細胞、蛋白質分子など)の間で、
3. いかなるコミュニケーション回路やステップを辿ってコミュニケーションがなされ、
4. いかなる機能が遂行されるか

このうち本論では方法と実体に焦点を当てる。

### 3.3 いかなる方法で自然言語によるコミュニケーション活動がなされるか

自然言語によるコミュニケーション活動がなされるに当たり、細胞内の粒子実体間コミュニケーションの場合は、一方の粒子の実体を成す蛋白質の分子が他方の粒子の蛋白質分子の構造変化を引き起こすことを媒介とする。相手の蛋白質の構造が変化することによって活性化したり、変化なしには結合できない組み合わせが結合可能な組み合わせに変化するからである。このような構造変化の方法として以下のものがある(服部 2010; アルバーツ他 2010)。

1. 蛋白質のリン酸化
2. GT 蛋白質の場合、結合している GDP を GTP にする、または、逆の変化
3. 低分子のセカンドメッセンジャーの結合
4. 相手蛋白質分子の切断

第 1 の蛋白質のリン酸化が最も広く行われる次のような方法である(アルバーツ他 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)。

上に述べたように自然言語によるコミュニケーション活動がなされるに当たり、細胞内の粒子実体間コミュニケーションの場合は、一方の粒子の実体を成す蛋白質の分子が他方の粒子の蛋白質分子の構造変化を引き起こすことを媒介とする。蛋白質分子の構造変化の 1 つの方法が、蛋白質の分子にリン酸基という一群の分子を付け加えるリン酸化である。このリン酸化に触媒、つまり自身は化学変化をおこさずに相手の化学反応を促進する媒体として携わるのが、(蛋白質)リン酸化酵素「キナーゼ」である。

キナーゼとしては、アミノ酸の 1 種類で細胞内の情報伝達に重要な役割を果たすチロシンのリン酸化を行うチロシンキナーゼが代表的なものである。これは、細胞分裂を促す機能を持つ細胞増殖因子の受容体を成すキナーゼである。受容体とは、多くは細胞膜にあって細胞外からの情報を受け取る部分のある蛋白質分子実体である。またこれと並んで種類の多いキナーゼが、MAP キナーゼ(後述)の一群である。リン酸化した蛋白質は、伝達機能を果たした後にはオフの状態に戻り、オンの状態が続き恒常的な機能が継続するような例えば、細胞の異常増殖のような癌を引き起こすことにつながる状態を起こさないようにされる。オフの状態にする因子が、ホスファターゼ(ホスファは「リン酸」アーゼは「酵素」の意味)と呼ばれる酵素である。

チロシンキナーゼは、このように蛋白質のチロシン残基をリン酸化して構造変化を促進する酵素である。細胞の増殖・分化、免疫応答、神経機能の維持を媒介する。受容体型チロシンキナーゼと、非受容体型チロシンキナーゼの 2 つのタイプがある。受容体型チロシンキナーゼは細胞外から細胞膜にある受容体に刺激情報が到達すると、これを変換し、それに続いて細胞内情報伝達系の活性化を促し、また制御する。

チロシン残基の残基とは、有機化合物が重なり合っできる重合状態の化合物の最小単

位を指す。蛋白質を構成するアミノ酸が組み合わさる結合であるポリペプチド結合において、アミノ酸はアミノ酸残基、DNA 中にあるヌクレオチドはヌクレオチド残基と呼ばれる。したがって重合状態にある残基は、遊離している状態の化合物とは区別される。蛋白質を構成するアミノ酸の数は、残基の数で表される。蛋白質を構成するアミノ酸残基には、セリン残基、スレオニン残基、チロシン残基の 3 つがあり、それぞれが、キナーゼによってリン酸化を受ける。細胞は、細胞機能の維持の目的で蛋白質をリン酸化し、場合によって、逆反応である脱リン酸化を交互に行う。チロシンキナーゼは、チロシン残基のアミノ酸だけを選択的にリン酸化する。またチロシンキナーゼは、単細胞生物には存在しない酵素で、免疫応答や神経作用、細胞の増殖分化などの高度な生命活動に携わる(服部 2010)。

自然言語によるコミュニケーション活動における情報伝達相手の蛋白質の構造変化の第 2 の方法は、G 蛋白質によるものである(服部 2010; アルバーツ他 2010)。

G 蛋白質とは、GDP、GTP と結合できる蛋白質の総称である。G 蛋白質の G とはグアノシン *guanosine* というアミノ酸の 1 種の頭文字である。より詳しくは次のように多様な生命活動にかかわっている蛋白質である。この蛋白質は、細胞外情報を細胞内情報に変換するという機能を持つ。それと共に細胞の増殖、形態変化、細胞運動、細胞内物質輸送の機能を持つ蛋白質分子でもある。G 蛋白質は、グアノシン 5' 三リン酸(GTP つまり *guanosine-tri-phosphate*)と特異的に結合し、結合した GTP をグアノシン 5' 二リン酸(GDP つまり *guanosine-di-phosphate*)に加水分解する。酵素 GTP アーゼによって活性化される蛋白質ファミリーを GTP 結合蛋白質と呼んでおり(生化学辞典第 3 版東京化学同人)、このうち、ホルモンや神経伝達物質など細胞外情報物質が結合する細胞膜上の受容体とカップルをなし、細胞内への情報伝達・増幅因子として機能するファミリーを G 蛋白質と呼ぶ。G 蛋白質による相手の蛋白質の構造変化のシステムは、さまざま情報伝達系で展開されるもので、最も早くから研究が進んでいる情報伝達システムである。GTP を結合した活性化型と、GDP を結合した不活性化型に分かれる。両者を通過する形で情報がその先に伝達される。最初に細胞外から到達した情報を受け取った受容体からの情報が、GDP 結合型を GTP 結合型に変換する。すると、GTP 結合蛋白質が、構造変化を経て、対応する標的分子に結合することで、情報伝達がなされる(秋山 2004)。

細胞が、環境変化に的確かつ、素早く応答して対応するにあたって最初の役割を果たすのが細胞外情報を受け取る受容体である。この受容体から、伝達される情報を細胞内情報に変換するのが G 蛋白質である。たとえば、眼を通して、外のものを見たり読んだりするにあたって網膜の細胞に存在する G 蛋白質は、光情報を受け取った受容体に手渡す情報を伝達する媒介を果たす。光によって網膜上の受容細胞に存在する蛋白質であるロドプシンが活性化される。活性化されたロドプシンが G 蛋白質の一つであるトランスデュシンを活性化する。これによって、細胞膜を挟む電位の差によって、電気刺激情報が発生し、視神経が興奮して、ものが見え字が読めることになる(秋山 2004)。

もう 1 つの例として、スポーツの白熱した試合に興奮してドキドキするのは、やはり G



蛋白質の情報伝達によるものである。心臓の筋肉を構成する細胞膜の上にあるノルアドレナリン(アドレナリンとは別のホルモンで、交感神経の伝達物質である)受容体を受け取った神経伝達物質による神経の興奮によって G 蛋白質が活性化される。細胞の中にある情報伝達の担体である(細胞外からのホルモンなど第一次情報伝達担体であるファーストメッセンジャーに対して)セカンドメッセンジャーにあたる環状 AMP(cAMP: cyclic adenosine-mono-phosphate アデノシン 1 リン酸)が凝集し高濃度となって、心臓の筋肉を収縮し、心拍を増やすのである(秋山同上)。

このように、G 蛋白質は、光、におい、味、痛みなどの刺激、神経伝達物質、ホルモン、免疫に関わるサイトカインなど細胞膜の上にある受容体に結合し、受容体を活性化する物質、総称してリガンドと呼ばれる因子が視覚、嗅覚、味覚、痛覚、に関わる受容体を経由して送られる情報を中継して細胞内情報伝達をつかさどる。このほかにも細胞増殖・分化、細胞骨格の形成、細胞内物質輸送を仲介する。また G 蛋白質のうち、別グループのもので分子量の低い低分子量 G 蛋白質(下記参照)は遺伝子発現、細胞周期の進行を制御する重要機能を持つ。

この蛋白質は結合している GDP を GTP に変化させる、または、逆の変化をさせることによって情報伝達を仲介する。情報が形成されていない状態にあっては GDP が結合しており、不活性の状態に置かれている。細胞外から情報が到達することを契機として GDP が分離され、GTP に置き換えられ、互いに働きかけることのなかった相手因子に働きかけることで、その先に、情報が送り出される。

より詳しく言うと(服部 2010)、GTP 結合蛋白質は固有の活性化因子を持ち、結合している GDP を外し、GTP に置き換える因子である。G 蛋白質は 3 つのサブユニットから構成されるタイプ(三量体 G 蛋白質)と、上に触れた低分子量のタイプ(低分子量 G 蛋白質)に分かれる。三量体 G 蛋白質は、細胞膜を 7 回貫通する形を成している 7 回膜貫通型受容体からの働きかけで活性化される。7 回膜貫通型受容体の 1 つの例は先のスポーツ観戦で興奮した例のように、生命体に刺激やストレスが加えられると、それに対応して分泌されるアドレナリンの受容体である。情報伝達する前の状態のもとで存在している三量体 G 蛋白質は 3 つのサブユニットの 1 つ  $\alpha$  サブユニットに GDP が結合ししており、同時に、 $\beta\gamma$  サブユニット両者の結合したものと複合体をなしている。情報が到達すると、その情報伝達蛋白質分子を結合した受容体の働きかけによって、 $\alpha$  の結合した GDP が GTP に変えられる。そして同時に、 $\beta\gamma$  を 2 つに分ける。 $\alpha$  と、 $\beta\gamma$  が、それぞれ目標とする因子に働きかけることで、次に送られる形の情報が発信される。その情報の発信後は、GTP アーゼ活性促進因子によって、 $\alpha$  は GDP 結合型に戻され、外からの情報が到達する以前の状態に戻る。到達以前の状態に戻すことは過剰な情報が次々と送られることで、異常な細胞増殖などを引き起こさないようにするための重要なスイッチオフのステップである。

自然言語によるコミュニケーション活動における情報伝達相手の蛋白質の構造変化の第 3 の方法が、低分子のセカンドメッセンジャーによる酵素活性制御によるものである(服部

同上)。セカンドメッセンジャーとは、細胞外からやってくるホルモンなどのリガンドなどの自然情報を運ぶファーストメッセンジャーが細胞膜上の受容体に結合することによって引き渡す情報を細胞内に伝達する蛋白質分子粒子の自然言語実体である。セカンドメッセンジャーと結合することにより酵素は蛋白質構造が変化するため活性状態が変化する。セカンドメッセンジャーによって、多くの種類のキナーゼが活性化される。たとえば細胞死「アポトーシス」を誘導することで知られる PI3 キナーゼによって作られるホスファチジルイノシトール-3,4,5-トリスリン酸は、情報伝達を行う因子に結合してこれを活性化する。

もう 1 つの例が上で触れた環状 AMP である。これが最初に発見されたセカンドメッセンジャーである。心臓の筋肉細胞膜上ノルアドレナリン受容体が受け取った神経伝達物質による神経の興奮によって G 蛋白質が活性化され、アルファサブユニットが残りの 2 つのサブユニットから分離し、それが細胞膜を移動してアデニル酸シクラーゼと呼ばれる酵素と結合しこれを活性化させる。この酵素が生命体のエネルギー発生のもとになるアデノシン三リン酸 ATP から環状 AMP を合成する触媒となる。これが細胞質の中を拡散して細胞の中にある情報伝達の担体であるセカンドメッセンジャー環状 AMP として機能し、これが心臓の筋肉の細胞の中で、特定の蛋白質分子群をリン酸化させる酵素蛋白質キナーゼと結合し(レーヴン他 2009)、心臓の筋肉を収縮し、心拍を増やす。

第 4 の方法は、情報伝達をする相手側の蛋白質を切断することによって活性化するものである(服部同上)。この典型例がノッチ Notch と呼ばれる因子である。卵細胞が受精して、細胞分割を繰り返し、それまで、いずれも同じ形、機能を持った細胞だったものが、特定の機能の細胞に分化する。その 1 つである神経細胞の細胞分化を抑制するのが Notch 因子である。Notch 因子が変異してしまうと、抑制がきかなくなり神経細胞の細胞分化が抑制できず、すべて神経細胞に分化してしまう。Notch は細胞の中に入って切断され、Notch 全体の中の細胞内の領域部分が、核の中に移行する。核内に移行した後、遺伝情報の転写を担う因子として機能する。それによってその細胞が、神経細胞になってしまうことを抑制するのである。

### 3.4 いかなるステップを辿って伝達がなされるか

上でいくつかの例にみられるように、細胞の外からやってくる情報によって、細胞内に存在する蛋白質は活性化されて(また場合によっては活性化していたものが不活性化されて)、その細胞の振る舞いをそれ以前とは変わったものとする。体系的に捉え返すと細胞内情報は次のような流れのステップをたどって伝達される(秋山 2004)。

1. 細胞外の情報分子の到着
2. 受容体蛋白質に結合する。
3. 細胞内の情報伝達蛋白質の伝達回路を活性化させる
4. 標的となる蛋白質構造を変化させる。
5. 標的蛋白質の持つ機能の発動やその調節、例えば遺伝子調節因子の蛋白質を変化させる。

細胞外で生産されたホルモンなどの分泌物質が情報を伝達するファーストメッセンジャーにあたる実体として到着すると、多くの場合細胞の上に埋め込まれた受容体が構成する蛋白質分子に結合する。受容体蛋白質は、それに特異的に、つまり多く存在する受容体のうち特定のその受容体にだけ働く情報であれば活性化される。こうして、受容体の蛋白質分子が情報を受け取ると共に、それに対応した新たな細胞内に向かう情報を生産することを通じて情報変換に携わる。これを出発点として、細胞内の核の内部に至る情報変換過程が開始される。

その変換過程では、細胞内の情報蛋白質分子が次々に次の蛋白質分子を活性化あるいは不活性化することを通じて、情報がそれらの分子間で受け渡される。

最終段階では、そこに存在する標的となる、例えばエネルギーを生産したり消費したりする代謝のための酵素蛋白質、遺伝子を調節する因子となる蛋白質が活性化され、それに応じて核の中でそれぞれ代謝、遺伝子発現の調節がなされる。こうして、細胞の外から与えられたストレスや、環境変化に対応して細胞応答が完成される。これを大きい構図で捉え返せば、外部生態系から、生命個体に対して与えられた刺激やストレスが個体内の情報伝達系を経由するコミュニケーション過程を経て最終的には、個別の細胞によって応答するという自然言語回路が形成されるのである。

これらのステップを通じて、次のような機能が発動される(アルバーツ 2010)。

1. 情報の変換を通じて、情報が伝達され、また、応答可能にする。
2. 情報のリレーを通じて、情報を受け取った地点から応答発生地点に転送する。
3. 場合によって、情報の強度レベルを上げることによって、わずかの数の細胞外の情報分子によるだけで十分な細胞内応答が起こせるようにする。
4. 1個の情報が一方では代謝系、他方では遺伝の発現系、さらに細胞増殖など1対1ではなく、別々の変化を及ぼす形で情報が配分されることがある。情報をになう因子がいわゆる使い回しによって多様な機能を果たすのである。具体的には、情報伝達経路のいくつかのポイントで情報が分岐される。こうすることによって情報は別々の細胞内のゴールに向かって転送される。したがって細胞外から与えられた情報が単一であっても、細胞内では分岐して網の目状に回路を形成し、それぞれのゴールで細胞応答が引き起こされる。
5. 上のステップそれぞれにおいて、当初の細胞外情報以外の別の情報担体因子による影響を受けることができるようになっている。こうして、情報の影響を細胞外の諸条件、あるいはそれに対応した細胞内の諸条件に対応させて蛋白質分子群を発動させることができるのである。

### 3.5 自然言語活動実体の機能—細胞内情報伝達の開始点としての受容体の機能—

ここまでの例でいくつか見たように、自然言語活動実体のうち、細胞外からの情報が細胞に到着して細胞内への情報伝達を始める実体は受容体である。受容体の機能は、その細胞内情報の種類によって異なる。4個のタイプの受容体がある(アルバーツ他 2010)。

第 1 の型の受容体は G 蛋白質結合型受容体である。先に取り上げた(ホルモンや神経伝達物質など細胞外情報物質が結合する細胞膜上の受容体とカップルをなし、細胞内への情報伝達・増幅因子として機能するファミリー)G 蛋白質を対象とする酵素 GTP アーゼによって活性化される蛋白質ファミリーのうち GTP 結合蛋白質に特異的な G 蛋白質結合型受容体の場合、その名の通り GTP 結合蛋白質を活性化する。情報伝達に際しては、そこで放出される GTP 結合蛋白質のサブユニットである  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  各サブユニットが移動し伝達の媒介となる。

第 2 の受容体は酵素結合型受容体である。この受容体は、活性化されて酵素の機能を果たし、細胞内の別の酵素と連携する。これらの酵素が活性化されると細胞質の中に放出されるサイズの小さい分子をはじめとする情報が形成される。ファーストメッセンジャーとしてリガンドとよばれる細胞の外から情報分子が到着すると、これに対して、細胞膜の上に分散して存在する受容体の多数がその情報分子に対して活動する。従って、酵素結合型には多数の種類受容体がある。

第 3 の型の受容体はイオンチャンネル結合型受容体である。細胞膜には、水に溶けやすい小分子が通れるようなチャンネルつまり、回路を作ることを果たすチャンネル蛋白質が存在し、細胞外からくる特定のイオンのいずれかだけを通させるチャンネルが開いたり閉じたりする。そこで細胞膜の電位変化が引き起こされ、この変化が神経により行われる刺激伝達の引き金となり、イオンチャンネル結合型受容体は、電気化学的な情報伝達のシステムを形成する媒介を成す。

第 4 の受容体のタイプは、核直接経路酵素結合型受容体である。これは細胞膜に存在する遺伝子調節のための蛋白質を活性化し、途中の情報伝達系なしに、直接核に向って進む情報伝達経路を形成する。従って遺伝子の転写がより速いスピードで行なわれる。

以上を細胞内情報伝達としてなされる自然言語活動の経路と関連付けて少し詳しく見ていこう。

第 1 の型の **G 蛋白質結合型受容体**は、全受容体のうち最大多数を占める。人間の場合 100 種類を超える。ホルモン、局所仲介物質、神経伝達物質などの形でやってくる細胞外からのリガンドと呼ばれる情報分子に対する細胞応答を担う。この受容体に結合する情報分子は多様であるが受容体は類似の構造を持っている。G 蛋白質結合型受容体は細胞膜を 7 回貫通する 7 回膜貫通型蛋白質の受容体である。

G タンパク結合型受容体を媒介とする情報の伝達は、次のステップをとる(アルバーツ他 2010)。情報伝達が始まる以前は、受容体タンパクと G タンパクは離れており、どちらも活性化されていない。

1. 細胞の外から情報分子が到着する
2. G タンパク結合型受容体に結合する
3. 受容体蛋白質の構造変化が起こる
4. 細胞膜を 7 回貫通して、細胞膜の内側部分である細胞質側の G 蛋白質が活性化される
- =5. G 蛋白質の  $\alpha$  サブユニットである **GDP(グアノシン 5' ニリン酸**

guanosine-di-phosphate)が **GTP(グアノシン 5' 三リン酸 guanosine-tri-phosphate)**分子と交換されることを通じて、G 蛋白質が活性化される

6. G 蛋白質が  $\alpha$  サブユニットと  $\beta$ 、 $\gamma$  サブユニットが複合した複合体に分かれる(両者ともに活性化されている)
7. 活性化された両者のサブユニットが細胞膜にあるゴールとなる標的タンパクに作用し情報が伝達される
8. 細胞外の情報分子が受容体に結合している間は、受容体は活性状態におかれ、G タンパク分子を活性化し続ける。その間、2 個のサブユニットは細胞膜につながれた状態におかれる
9. 分子スイッチが働くことでスイッチ・オフになって終了

このように、この情報伝達のステップは、次のような分子スイッチが働くことでスイッチ・オフになって終了する。最初は結合していた GDP が GTP に交換されて活性化した状態から、今度は逆に GTP が加水分解によって GDP に変換されることで、蛋白質がスイッチ・オフになる。このスイッチ・オフが円滑に終了しないと、細胞の異常増殖による癌化や、細胞外からノロウイルスが到着して、その毒素が  $\alpha$  サブユニットを変化させ結合している GTP を加水分解できない形にしてしまうことで、変化した  $\alpha$  サブユニットが活性化状態のままとなりシグナルを送り続けるため、腸の細胞が、水を長時間に過剰に排出し続けて下痢、脱水症状を引き起こすような事態が発生する(アルバーツ 2010)。

G 蛋白質のサブユニットの標的となる酵素蛋白質は、細胞膜に結合している酵素である。代表的なものがアデニル酸環化酵素であり、これは、細胞内情報分子をつくる。これが、先に述べた環状 AMP(**cAMP** アデノシンーリン酸)である。前述のように、これは G 蛋白質が、酵素を活性化して作り出される細胞内情報分子セカンドメッセンジャーである。cAMP は細胞の中に存在する生命体のエネルギー源となる ATP から合成されるものである。cAMP の影響を受けるシグナル伝達経路は、細胞膜や核にある蛋白質に作用し、cAMP が水溶性であるため、情報を細胞全体に伝達する。こうして、生命個体内外から細胞にやってくる刺激やストレスに基づく情報に対して、到着した細胞の G タンパク結合型受容体を出発点とする情報伝達システムを通じて、心臓や筋肉、脂肪、副腎などの標的組織に働きかけ、それにかかわる細胞応答が実現される。

第 2 の種類の受容体である**酵素結合型受容体**は、やはり細胞膜貫通蛋白質である(アルバーツ 2010)。ただし G 蛋白質結合型受容体と異なり、G 蛋白質とは結合せず、受容体の細胞外ドメインと呼ばれる、情報伝達分子であるリガンドが結合する領域は、酵素として活動するか、他の酵素蛋白質と複合して活動する。またこの受容体は細胞増殖、細胞分化、細胞の生存および成長を制御する細胞外からの情報蛋白質に応答する蛋白質で構成されている。さらに、受容体自体で、細胞骨格を変化させ、細胞糸、細胞形態変化を制御する。この受容体のうち最も多い種類は、細胞質側領域で特定蛋白質の一部をリン酸化する、上で述べた酵素チロシンキナーゼとして機能するものである。

酵素結合型受容体のうちチロシンキナーゼキナーゼとして機能するものの場合、情報伝達は次のような経路を辿る(アルバーツ 2010)。

1. 受容体の細胞外領域に、外部から到達した情報分子が結合する。
2. 細胞内領域の酵素を活性化する。
3. 酵素結合型受容体蛋白質の細胞膜貫通領域に存在する 2 個の受容体分子が細胞の中で合体し、容量が 2 倍になるため 2 量体と呼ばれる分子となる。
4. その 2 量体分子の細胞内の部分が接触すると受容体のキナーゼとしての機能が活性化される。
5. こうして合体化した 2 つの受容体分子が相互にリン酸化する。
6. リン酸化された受容体の尾の部分に、細胞内の情報伝達複合体が形成される。
7. リン酸化されたチロシンが結合部分を構成し、多くの種類の細胞内情報蛋白質が、1 つずつ連続して結合される。
8. これらの結合した 10 種類から 20 種類の蛋白質が活性化する。

この後、情報が細胞内の核に到達する伝達経路は、次のようなステップを辿る。

1. 活性化した受容体チロシンキナーゼが結合する細胞内情報蛋白質の中に、アダプターとして機能するアダプター蛋白質がある。これが受容体とそれ以外の蛋白質を結合し、情報伝達複合体を形成する。
2. 情報伝達複合体が別の蛋白質を情報伝達の目的で結合し活性化する。
3. アダプターによって結合して形成された情報伝達複合体の中核をなす Ras 蛋白質(これは場合によってがんを発現させる蛋白質である)がリン酸化の連鎖反応を誘導する。
4. その過程で連鎖を成す蛋白質キナーゼ(リン酸化酵素のこと)が次々とリン酸化を進め活性化される。
5. これが MAP キナーゼカスケード、(カスケードとは階段状に流れる緩やかな滝という意味である。情報は、段階的に緩やかに流れている様子をこう呼んでいる。)と呼ばれる情報伝達経路を形成する。
6. この情報伝達経路の最終点で、遺伝子制御蛋白質がリン酸化される。これによって遺伝子の代謝調節機能を変化させることによって遺伝子発現パターンを変化させる。
7. 細胞増殖、細胞存続、細胞分化が誘導される。

第 3 の受容体のタイプは、**イオンチャンネル結合型受容体**である(アルバーツ 2010)。他の受容体タイプに比較して、情報伝達のスピードが圧倒的に速いものである。これは伝達システムがきわめて単純な構造であることによる。神経細胞が情報を受け取り、運び、引き渡す役割を果たす。神経細胞即ちニューロンは、別の神経細胞から情報が細胞表面の特定の場所に伝えられると刺激される。すると、情報が細胞のその部分の細胞膜の電位を変化させる。細胞膜には、水に溶けやすい小分子が通れるようなチャンネル(回路)を作るチャンネル蛋白質が存在する。このチャンネル蛋白質は、細胞外からやってくる水溶性の小分子が細胞を自動的に出入りできるように調節している。ナトリウム、カリウム、カルシ

ウム、塩素など、イオン化した小分子だけが通過できるような選択性のイオンチャンネルが多い。

チャンネル蛋白質は、細胞の外側から神経伝達物質のパルスとして送られてきた情報を変換して、標的細胞の細胞膜を挟んだ電位変化を、電気化学的な情報にする。イオンチャンネル結合型受容体に神経伝達物質が結合すると受容体の構造が変化して、ナトリウムなど上の特定のイオンのいずれかだけを通過させるチャンネルが開いたり閉じたりする。これらのイオンが、電気化学的勾配つまり傾きの力によって細胞を出入りする。こうして細胞膜の電位変化によって引き起こされた変化が、神経により行われる刺激伝達の引き金となる。

また上述のイオンのうち、カルシウムの変化は、蛋白質の活性化に大きく影響するため、カルシウムのチャンネルの開閉は、細胞内外の情報伝達にとって特に重要である。このように、イオンチャンネル結合型受容体は、電気化学的な情報伝達のシステムを形成する媒介を成す。

第4の受容体のタイプは、**核直接経路酵素結合型受容体**である(アルバーツ同上)。この受容体は、細胞外からの情報を受け取り細胞膜に存在する遺伝子調節のための蛋白質を活性化するとすぐに、途中の情報伝達系なしに、直接核に向って情報を送る。従って遺伝子の転写がより速いスピードで行なわれる。細菌やウイルスに対する感染に対抗して分泌される免疫を担う蛋白質分子であるサイトカインが結合する受容体がこの受容体型の代表的なものである。

細菌やウイルスに対する感染に対抗するためにスピードがなによりも要求される。サイトカインは、特にウイルスの感染に対して抵抗するための蛋白質合成に対応する遺伝子発現をスピードアップするもので、これに対応する受容体がサイトカイン受容体である。サイトカイン受容体の情報伝達は次のステップに従って行なわれる(アルバーツ同上)。

1. サイトカインが受容体に結合すると、チロシンキナーゼが活性化する。
2. 活性化したチロシンキナーゼが、細胞質内の遺伝子調節蛋白質をリン酸化して活性化する。
3. 遺伝子調節蛋白質が核に移行する。
4. 標的遺伝子の転写が促進される。

サイトカインの受容体も遺伝子調節蛋白質のリン酸化をオフにすることで、サイトカインシグナルがオフになる。

#### 4. 結語

本論は、自然言語概念を出発点とし、一方で記号学における生命記号論の成果を踏まえつつ、他方で、自然史全体における自然言語活動を対象とし、従って、生命活動と共に物質活動レベルにおける自然言語事象を対象とする自然言語生態学に基づく分析と考察を進めた。

具体的には、これらの自然言語によるコミュニケーション活動に関して自然言語生態学の問う生態学的問い

1. いかなる方法で、
2. いかなる自然言語活動の実体(細胞、蛋白質分子など)の間で、
3. いかなるコミュニケーション回路やステップを辿ってコミュニケーションがなされ、
4. いかなる機能が遂行されるか

のうち本論では方法と実体に焦点を当てて論じた。

### 参考文献

- 秋山徹 (2004) 『シグナル伝達がわかる』 羊土社.
- 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 (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』 503-554, 凡人社.
- 岡崎敏雄 (2005b) 「言語生態学に基づく言語政策研究—言語の生体・機能・福祉と言語政策—」 『筑波応用言語学研究』 12: 1-4, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2006a) 「言語生態学における心理・社会的両生態領域間の相互交渉的關係—『巨視的モデル』の生態学的位置づけ—」 『筑波大学地域研究』 26: 15-26, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2006b) 「言語における心理・社会的両生態領域間の相互交渉的關係—『巨視的モデル』の生態学的評価—」 『筑波大学地域研究』 27: 17-33, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2006c) 「外国人年少者日本語教育の基礎としての言語政策研究—スウェーデン言語政策の言語生態学の動態分析」 城生佰太郎博士還暦記念論文集委員会編『実験音声学と一般言語学』 538-547, 東京堂出版.
- 岡崎敏雄 (2006d) 「言語生態学の基底次元をなす学としての言語福祉学の展開—言語・言語話者の福祉の政策の要としての言語政策の分析—」 『筑波応用言語学研究』 13: 1-12, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2007a) 「持続可能性を追求する日本語教育—その基礎としての言語教育における生態学的アプローチ」 『筑波大学地域研究』 28: 67-76, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2007b) 「地域社会の国際化に果たす大学の役割—グローバルな視点とローカルな視点—」 『留学生センターシンポジウム 2006 地域社会の国際化に果たす大学の役割 報告書』 5: 7-16, 茨城大学・宇都宮大学留学生センター.
- 岡崎敏雄 (2007c) 「情報生態学原論」 『筑波応用言語学研究』 14: 1-14, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2007d) 『外国人年少者の心理・社会的要因が日本語学習言語の習得に及ぼす影響の研究』 平成16-18年度科学研究費補助金研究基礎研究(C)課題番号16520312.
- 岡崎敏雄 (2008a) 「持続可能性教育とその要としての言語教育のためのカリキュラム論—アクロス・カリキュラムのデザイン—」 『文藝言語研究 言語篇』 53: 17-32, 筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2008b) 「言語習得・認知科学研究成果の生態学的展開に基づく日本語教育方法論」 『筑



- 波大学地域研究』29: 129-141,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2008c)「グローバル化の下で変動する世界における言語生態学の課題—持続可能性言語教育原論—」『筑波応用言語学研究』15: 1-14,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2008d)「言語教育の生態学的アプローチ言語生態学に基づく言語生態系の育成: 中国語母語話者の場合—」『日本語研究』363-371,精華大学出版社.
- 岡崎敏雄 (2009a)『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—』1-264, 凡人社.
- 岡崎敏雄 (2009b)「持続可能性教育としての日本語教育—課題の克服とその具体的形態—」『筑波大学地域研究』31: 1-16,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2009c)「持続可能性教育としての日本語教育のデザイン—生態学的リテラシーの育成—」『文藝言語研究 言語篇』54: 1-16,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2009d)「生態場における生態学的意味の生成—第一、第二段階の生成—」『筑波応用言語学研究』16: 1-14,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2009e)「持続可能性教育としての日本語教育の学習のデザイン—類個の育成—」『文藝言語研究 言語篇』56: 73-92,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2009f)「人間生態学としての言語生態学に基づく持続可能性言語教育の理論と実践」『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』1-235 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
- 岡崎敏雄 (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ン—」『文藝言語研究 言語篇』57: 75-121,筑波大学.
- 岡崎敏雄 (2010b)「持続可能性教育としての日本語教育の学習のデザイン—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.
- 岡崎敏雄 (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
- 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.
- 岡崎敏雄 (2010e)「持続可能性教育としての日本語教育」『日本語教育入門』3-17,くろしお出版.
- 岡崎敏雄 (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.
- 岡崎敏雄 (2010g)「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.
- 岡崎敏雄 (2011a)「持続可能性日本語教育の学習のデザイン—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ン—」『筑波大学地域研究』32: 137-156,筑波大学.

- 岡崎敏雄 (2011b) 「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.
- 岡崎敏雄 (2011c) 「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』21: 5-22,大東文化大学.
- 岡崎敏雄 (2011d) 「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』23: 1-10,勉誠出版.
- 岡崎敏雄 (2011e) 「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.
- 岡崎敏雄 (2011f) 「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.
- 岡崎敏雄 (2012a) 「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 中国語言研究中心
- 岡崎敏雄 (2012b) 「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.
- 岡崎敏雄 (2012c) 「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.
- 岡崎敏雄 (2012d) 「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.
- 岡崎敏雄 (2012e) 「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.
- 岡崎敏雄 (2012f) 「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.
- 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.
- 加藤茂明ほか (2011) 「恒常性維持とエピゲノム応答」『実験医学』vol.29,no.14: 2211-2216. 羊土社
- ギルバート, S.・イーペル, D. (2012) 『生態進化生態学』東海大学出版会.
- 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: 2223-2230 羊土社
- 佐々木裕之 (2008) 『エピジェネティクス入門』岩波書店.
- 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.
- 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: 2896-2901. 羊土社
- 張瑜珊 (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一』博士論文,お茶の水女子大学.
- 中尾光善 (2011) 「エビジェネティック遺伝」『実験医学』 vol.29,no.14: 2204-2210. 羊土社
- ニコリス,G.・プリゴジン,I. (1997)『複雑生の探究』安孫子誠也・北原和夫訳,みすず書房.
- 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.
- 服部成介 (2010)『シグナル伝達入門改訂版』羊土社.
- 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.
- 房賢嬉 (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.
- マトゥラーナ, H.・ヴァレラ, F. (2007)『オートポイエーシス—生命システムとは何か—』国文社.
- 穆紅 (2010)『言語少数派の子どもの継続的認知発達の保障—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.
- レーヴン, P.・ジョンソン, G.他 (2009)『生物学』培風館.
- Haugen, E (1972) *The ecology of language*. Stanford, California: Stanford University Press.
- Haugen, E (1974) The ecology of language. In: Anwar Dil (ed.), *The ecology of languages*: 325-339. Stanford: Stanford University Press.
- Haugen, E (1985) The language of imperialism: Unity or pluralism. In Wolfson, N. and J. Manes (eds.), *Language of inequality*. 3-17. Amsterdam: Mouton.
- Hornberger, N. H (2002) Multilingual language policies and the continua of biliteracy: An ecological approach. *Language Policy* 1: 27-51.
- Hornberger, N. H. and E. Skilton-Sylvester (2000) Revisiting the continua of biliteracy: International and critical perspectives. *Language and Education: An International Journal* 14(2): 96-122.
- Kaplan, R. and R. Baldauf (1998) The language planning situation in ... . *Journal of Multilingual and Multicultural Development* vol. 19, No. 586.
- Lidicoat, A. J. and R. Baldauf (2008) *Language Planning and Policy*. Clevedon UK: Multilingual Matters Ltd.
- 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.
- Nettle, D (1999) *Linguistic Diversity*. Oxford: Oxford University Press.

Ricento, T (2000) Historical and theoretical perspectives in language policy and planning. *Journal of Sociolinguistics* 4(2): 196-213

Ricento, T (2006) *An Introduction to Language Policy*. Oxford: Blackwell Publishing.

(岡崎敏雄 筑波大学名誉教授)

Linguistic ecology of natural language:  
natural language communication from extra cellular  
environment till DNA information realization control site

OKAZAKI Toshio

This paper presents an analysis of phases of linguistic ecology of natural language communication from extra cellular environment till DNA information realization control site. Especially, it clarifies the process where natural language activities and bioactivities intertwine with each other.