

文法化の認知モデル構築を通じた言語進化の検討

橋本 敬

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科

概要 言語の起源と進化の研究において、文法の複雑化・構造化を担う可能性がある文法化(grammaticalization)という現象が注目されている。文法化とは、動詞や名詞といった内容を表す語が、助動詞や代名詞のような文法的機能を帯びるようになる意味変化である。この現象は多くの言語で同型のものが見つかっており、人間の認知構造が反映した言語(変化)現象と考えられる。本研究では、言語使用者の言語学習過程に着目した文法化が生じるプロセスのモデルを構築する。このモデルの構築と解析により、文法化を含む意味変化が起きるためには、新たに発見した言語的ルールを拡大適用する能力(言語的類推能力)が重要であることを示す。また、内容語から機能語への一方向性を持つ意味変化が起きるためには、メタファー的推論とメニミー的推論の組み合わせが重要であることを示唆する。最後に、文法化を実現する言語能力に関する考察を通じて、言語の起源と進化に関する仮説的シナリオを提示する。

1. 序論：文法化・言語進化・言語起源

言語に含まれる語彙は大きく2種類に分けられる。ひとつは名詞、動詞、形容詞など、単語がなんらかの内容を表すもので「内容語」と言われる。もう一方は、前置詞、助詞、助動詞など、文法的な役割をになうもので「機能語」と言われる。言語は様々な形で変化するが、特に単語の意味変化の中で内容語が機能的性質を帯びるようになる、あるいは、機能的な語がさらに機能的に変化していく現象がよく観察される。これが「文法化(grammaticalization)」と呼ばれるものである[1]。

例として英語の *back* という単語の意味変化を見てみよう。この語はもともと「人間の背中」を意味していた。これが、「いすの背もたれ」という背中と接触するもののある部分、そして、本などの「背側・裏側」という人以外のものに拡張された。つづいて、「ことの真相」というようにものからも離れ、さらに、「～のうしろに」という空間的關係、「以前」という時間的關係を表すように副詞的用法が現れた。また、*feedback*, *kickback* という単語の一部に使われる接尾辞へと変化して来ている。

この例のように、文法化の過程においては、身体の部位や体に関する経験といった具体的な意味から、空間、時間といった抽象的な概念へと変化し、さらに抽象化して文法的機能を表すようになる。この変化はほとんどの場合、具体から抽象、そして、内容から機能という単一の方向へ進む。この一方向性が文法化の特徴のひとつである。文法化のもうひとつの特徴として、普遍性が指摘されている。様々な言語における文法化現象を収集してみると、同じような変化が見つかるのである[2]。同じような一方向的变化が多くの言語で普遍的に観察されるということは、人間の認知構造の普遍性を示唆するものである。

また、文法化は言語進化の観点からも興味を持たれている[3,4,5]。言語進化とは、歴史言語学で扱うような短期的な言語の変化ではなく、人類が初期に用いていたと想像されている単純な言語から、どのような複雑化・構造化の過程を経て現在のような言語に至ったかという問題を考える。文法化が一方向的であるということ、そして、変化が普遍的であるということから、初期言語(proto-language) は名詞や動詞といった内容語のみを持っており、文法化の過程を経て複雑化してきたのではないかという仮説を考えることができる[4]。

さらに、具体から抽象へという一方向的な言語変化をもたらす普遍的な認知構造がどのようなものかを考えることは、言語の起源についても知見をもたらすことになる。なぜなら、言語起源の問題とは、ヒトの言語使用能力に関する生物進化の過程を解明することであり、進化によって形づくられるべき構造がどのようなもので、それがいかにして言語と言語変化に普遍的に見られる現象を実現するかを問うことになるからである。どのような構造や条件によって言語の一般的性質が実現できるかという点については、モデルを構成して様々な条件下で動かすことにより、ある種の変化が生じる条件や、現実には観察されている以外の状態を見出すという構成的アプローチが効果を発揮するだろう[6]。

言語の起源と進化のダイナミクスは図 1 のダブルループ・ダイナミクスで表される[7]。言語を習得し使用する学習能力が生物進化で形成され、その学習能力を持つ個体が集団を形成することで文化的形質が生じる。ここで文化的形質とは、生物的には遺伝しないが世代を経て伝達される集団の思考や行動の様式である。そのような文化的形質のひとつとして言語的ルールがあると考えると、個体はこの言語ルールを学習しそのルールに制約されながら言語を使用することになる。一方で、個体らが言語を用いることで言語ルールが生成・変化する。このように、あるルールがそのルールの使用・実行によって変化していくというルールダイナミクスが言語の変化の特徴と考えられるだろう。さらに、集団で形成された言語ルールのような文化的形質は生物進化に影響を与える。ある集団における言語ルールはその集団中の個体にとっては適応すべき環境である。しかしこの環境は集団によって形成されたものである。このように、生物が環境を形成しそれが生物の適応度に影響を与えるという、一般にニッチ構築と呼ばれるプロセス[8]により、文化進化から生物進化への影響が生じ、大きなループが形成される。このダブルループ・ダイナミクスでは、生物進化、個体学習、文化進化という、時空間スケールが異なる適応的变化が相互作用している。

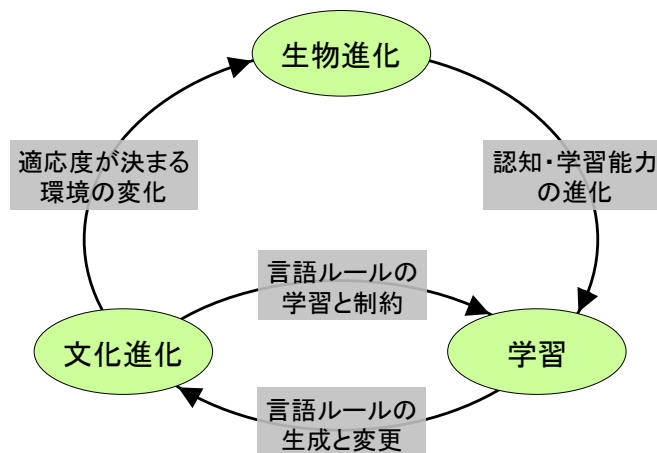


図 1 言語の起源と進化のダブルループ・ダイナミクス

本稿では、このダブルループのうち小さい方のループである学習と文化進化の相互作用の結果として一方向的意味変化を実現する言語主体のモデルを構成し、それが実現できる条件とそのメカニズムを解析することを通じて、言語の起源と進化について考察する。

2. 文法化の構成的モデル化¹

Hopper and Traugott[11] は文法化が起きるには再分析と類推という過程を経るとしてい

¹ ここではモデルと結果の概略のみ記す。詳細は[9,10]を参照してほしい。

る。再分析とは形式の表面上には表れない文の構造的な変化であり、類推とは文法的ルールをそのルールが適用されていなかった形式に拡大適用することである。我々はこれらを言語使用者の認知能力と捉え、エージェントは次の3つの能力を持つとした。

- 再分析能力 文の区切りを文脈や既存知識に基づいて推論する能力
- 認知的類推能力 形式間、および、状況間に類似性を見いだす能力
- 言語的類推能力 言語ルールを自分の知識内で拡大適用する能力

Hopper and Traugott[11] のいう類推と再分析を実現するには、その前提として類似性の認識が必要であると考え、認知的類推を加えた三つの能力を導入する。

エージェント間の相互作用はKirby[12] による繰り返し学習(ILM)の枠組みを採用する。ILMでは通常、話者と学習者の2種類のエージェントを想定する。話者は言語知識を持ち、学習者はコミュニケーションを通じて話者の言語知識を習得しようとする。話者と学習者がある状況を見ているとする。話者はこの状況を記述する文を自分の言語知識に基づいて発話する。学習者はその状況と発話に対応させて言語知識として記憶する。そして、すでに記憶している言語知識を汎化してより記述力を高めるような学習を行う。ある程度の学習を行った子供エージェントは次世代の話者となり、新たに導入される学習者に対して、自分が構築した言語知識を用いて入力を与える。この学習を繰り返すことで言語知識が世代を経て伝達・変化、すなわち、文化進化していくことが、ILMの特徴である。

話者・学習者が持つ言語知識を、意味(状況)と形式(発話)を対応させる

「カテゴリ/意味→形式」

のかたちをした、一種の文脈自由文法のルールの集合で表す。状況全体の意味は、〈動詞(主体, 対象)〉、あるいは、時制を考慮するときには[時制]動詞(主体, 対象)という一階述語のかたちで表示する。たとえば、

$N/\text{john} \rightarrow \text{ot}$ (1)

というルールは、「〈john〉というカテゴリNに属する意味は「ot」という形式で表される」という言語知識を表す²。また、

$S/\text{read}(x, \text{book}) \rightarrow \text{sw } N/x \text{ e}$ (2)

のように、ルール中に変数 x を含むことができる。この例では、カテゴリNに含まれる意味を x に代入することができる。したがって、上記の(1)(2)のルールにより〈read(john, book)〉という意味(状況)に対し、「swote」という文を発話することになる。なおSは状況全体を表すカテゴリ記号とする。

学習者の汎化学習のプロセスでは、**chunk**, **merge**, **replace** という3つの操作を用いる。これはKirby[12] で用いているものと同じである。これらの各操作と上記のエージェントの能力との関係として以下の対応があることが分かっている[6]。

- 再分析能力 主に**chunk** により担われている
- 認知的類推能力 **chunk**, **merge**, **replace** の3操作すべてで前提とされている
- 言語的類推能力 主に**replace** により担われている、

さらに、認知主体の意味理解の傾向を反映させる意味空間の設計を導入する。ここではつぎの2つの設計を行った³。

- 語用論的拡張 意味M1を表すのに、M2, M3の意味を持つ形式F2, F3を用いること

² 本稿では、意味を〈・〉で、形式を「・」で表すことにする。

³ この意味空間の設計を導入せず **chunk**, **merge**, **replace** だけでも後に述べる意味変化は生じるが、一方向性が見られないことがわかっている。

ができる

- 共起 意味M1は意味M2とともに現れやすい

3. シミュレーション結果

ここでは、次の設定のシミュレーション結果について述べる。

- 意味：5つの動詞的意味, 5つの名詞的意味, <past>, <present>, <future>の3つの時制を表す機能的意味
- 語用論的拡張：<run>と<walk>を表す形式を<go>を表すために用いることができる
- 共起：<go>と<future>が高い確率でひとつの状況に現れる
- 発話数：1世代での発話数は50
- 初期状態：初期には発話者・学習者ともに言語知識をもたない

chunk, merge, replace の三つの学習操作の一部を外して意味変化の頻度をカウントした。ここで意味変化とは、ある世代 T1 である意味 M を表していた形式 F が、後の世代 T2(>T1) で、別の意味 M' (≠ M) を表すようになる、あるいは、M' を表す形式の一部として使われる場合としている。図 2 に示すように、replace を外した場合にほとんど意味変化が起きなくなることがわかった。

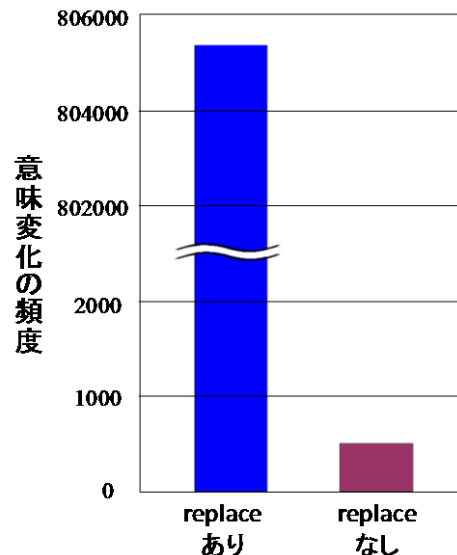


図 2 replace 操作がある場合とない場合での意味変化の頻度の違い

意味空間の設計である「語用論的拡張」「共起」をそれぞれ導入する／しない場合という四つの条件で、意味変化がどの程度起きるかを見たものが図 3 である。グラフの下に示した○×が、それぞれの導入条件を表す。この図から分かるように、語用論的拡張を設定した場合は、どちらも設定しない場合に比べて有意に意味変化が増えている。一方、共起のみでは意味変化が増大するものの、その差は有意ではない。同じ4つの条件で、共起に設定している一方の意味である<go>から、機能的意味である時制(<past>, <present>, <future>)にどの程度意味変化しているかを図 4 に示す。どちらも設定しない場合は意味変化はほぼランダムなプロセスで、どこからどこへの変化もほぼ同じ頻度で生じる。ここでも、<go>から3つの自制的意味への変化は同じくらいの頻度である。しかし、図 4 から明らかのように、共起を設定している場合には、<go>から<future>への変化が他の変化に比べて2倍ほどの頻度となる。まとめると、

語用論的拡張は意味変化を増やし、共起はある意味の間での意味変化を増やす、すなわち、一方向性をもたらすと言うことができる。

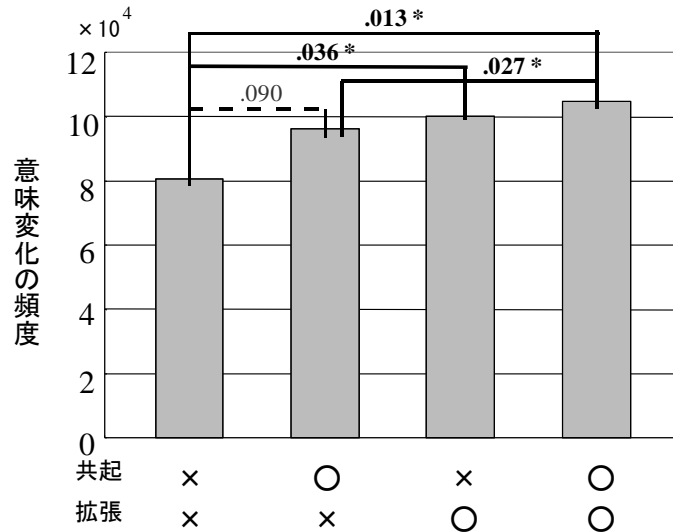


図 3 共起, 拡張を設定する場合・しない場合の意味変化の頻度. 棒グラフの上の数値は線で結んだ各組の間の差の有意性検定の結果である. 点線で結んだところは優位ではない.

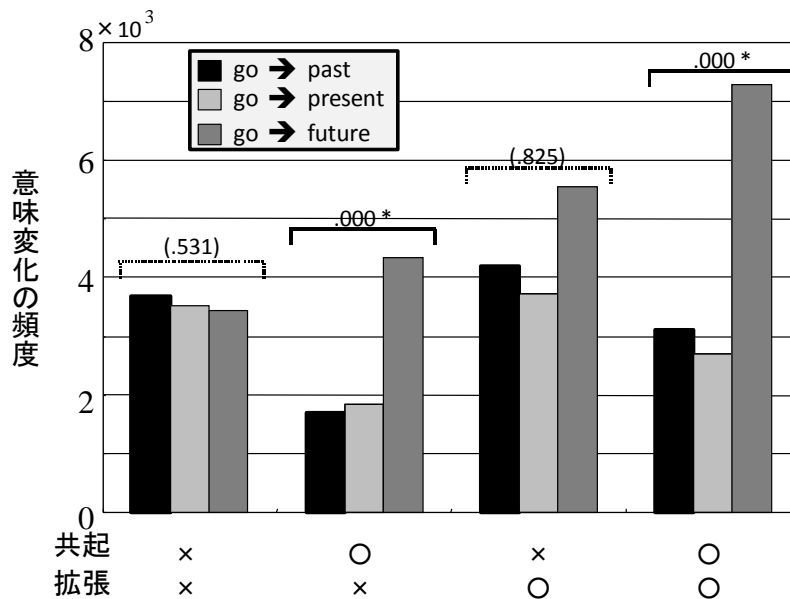


図 4 共起, 拡張を設定する場合・しない場合の<go>から3つの時制的意味への意味変化の頻度. 棒グラフの上の数値は線で結んだ各3つ組の間の差の有意性検定の結果である. 点線で示した組は優位ではない.

4. 考察：超越性，メタファー的推論，メトニミー的推論

replace操作がないと意味変化がほとんど起きないということの意味を考えるために、ここでreplaceという操作について説明する。この操作は次のように定義される。

replace あるルールに含まれる意味と形式が、それぞれ別ルールに含まれるなら、後者のルールを、変数を持ち前者のルールを代入できる新しいルールに置き換える

たとえば、あるエージェントが

$$N/\text{john} \rightarrow \text{ot} \quad (3)$$

$$S/\text{read}(\text{john}, \text{book}) \rightarrow \text{swote} \quad (4)$$

という二つのルールを持つ場合、両ルールの左辺(意味)に「john」が、右辺(形式)に「ot」が含まれているので、replace 操作ができる条件がなりたつ。replaceを行うと、(4)のルールが

$$S/\text{read}(x, \text{book}) \rightarrow \text{sw } N/x \text{ e} \quad (5)$$

という変数 x を持つルールに置き換えられる。

もしこのエージェントが、カテゴリNの中に他にルールを持っているならば(たとえば $N/\text{elephant} \rightarrow \text{ir}$ など)、replace 操作後のルールセットにより、 $\langle \text{read}(\text{elephant}, \text{book}) \rangle$ に対応する発話を生成するようルール(5)を適用できる。ここで注意して欲しいのは、ルール(4)は、そのような状況(「johnが本を読む」)を見て「swote」という発話を聞くという経験を通じて得た知識であるが、replace 操作を施すことによって得た新たなルールを拡大して適用することで、それまで経験してはいない状況(「象が本を読む」など)に対する文を発話できるようになるという点である。

この、直接の経験を越えた文を生成できるという性質は、「いま、ここ、わたし」から離れたことに言及できるという言語の「超越性」と対応すると考えられる。replace操作は言語的類推能力を担っているということを述べた。獲得した言語ルールを他に拡大して適用するという言語的類推能力は、言語変化を生じさせるために重要であることがシミュレーション結果から分かる。そしてここでの考察から示唆されるように、その重要性は超越性をもたらす学習操作を担っているためであると解釈することができる。超越性は人間の言語に特徴的な性質である。言語が常に変化し、多様化し、まさに多様であるのは、この超越性、そしてそれを実現する言語的類推能力を人間が持っているからかもしれない。

語用論的拡張は、ある意味 M1 を表すのに、他の意味 M2, M3 にそれぞれ対応する形式 F2, F3 を用いることができるという設定である。たとえば、本稿で述べたシミュレーションでは、 $\langle \text{go} \rangle$ を表すのに $\langle \text{walk} \rangle$ $\langle \text{run} \rangle$ に対応する形式を用いることができるという設定にしている。M1 を表すために F2 を用いるということは、話者にとって F2 は M1, M2 を表す多義性を持つことになる。F3 も同様に、M1, M3 を表す多義的な語である。ここでは、多義語がなんら関係のない複数の意味を表すというより、話者が M1 と M2、および、M1 と M3 の間になんらかの関連性を見出すから、それぞれに同じ形式 F2, F3 を拡張して用いると解釈する。すなわち、F2 の表す意味領域は M1 と M2 を含み、F3 の意味領域は M1 と M3 を含み、M1 はこの意味領域の重なり部分であると、言語使用者が認識する。意味カテゴリで考えるならば、M2 と M3 は M1 を通じてある関連した意味を持っており、M1 は両者の意味の中心領域を表すことになる。語用論的拡張の関係を設定するということは、エージェントがこのような意味のカテゴリ的(範列的)関連性を認識するようにしたことと相当する。

ルールの観点で説明すると、 $M2 \rightarrow F2$ という単語型のルールを持つエージェントが、M1 と M2 の類似性を認識し、M1 を表現するために $M2 \rightarrow F2$ というルールを拡大適用していると思えることもできる。つまり、エージェントは認知的類推と言語的類推の能力を発揮している。このような意味の類似性に基づいて記号関係を拡張する過程はメタファー的推論である。語用論的拡張によって意味変化が増えるということは、類似性に基づいた多義性を利用したメタファー的推論を行うことが意味変化を促すという現象だと理解できる。

共起は、エージェントが記述する状況のなかで特定の2つの意味 M1, M2 がいっしょに現れる頻度が高いという設定である。たとえば、〈ある女の子〉に関する状況は〈赤ずきん〉とともに現れやすい、あるいは、〈日本の政治〉はいつも〈永田町〉で行われるというようなものである。このようなことがあると、〈この女の子〉を「赤ずきんちゃん」と呼んだり、〈日本の政界〉を「永田町」で表す表現が使われることになる。すなわち、ある対象を常に一緒に現れるモノ・コトの名前で言い表すメトニミー的表現が可能になる。これは、〈ある女の子〉と〈赤ずきん〉の間の隣接性(共起)や、〈日本の政界〉と〈永田町〉の間の隣接性(空間的近接)に基づいたメトニミー的推論により、記号関係の拡張を行っていることになる。本稿では、〈go〉に関する状況は〈future〉の場合が多いという共起設定を行った。具体的には、〈[未来]行く(主体, 対象)〉の頻度が、〈[現在]行く(主体, 対象)〉や〈[過去]行く(主体, 対象)〉などの他の状況が現れる頻度よりも高いということである。

ここで共起関係を設定した〈go〉と〈future〉は連辞的關係(syntagmatic relation)と言われ、一つの文中で使われる直列的・隣接的關係である。一方、〈現在〉〈過去〉〈未来〉のように、複数の文中やある決まった形で意味表示を行ったときに同じ位置に来る意味は範列的關係(paradigmatic relation)と呼ばれる。メトニミーは、連辞關係に基づいた推論である⁴。共起の設定は、エージェントが連辞的關係にある意味のなかで、ある特定の2つの意味に強い関連を認識するように設定したことに相当する。

以上の考察から、一方向的变化が起きるメカニズムを次のようにまとめることができる。語用論的拡張がもたらすメタファー的推論により、〈go〉〈walk〉〈run〉という範列的關係にある意味の中心(ここでは〈go〉)を表していた形式が意味変化を起こす。そして、共起がもたらすメトニミー的推論を通じて、その意味(〈go〉)と連辞的關係にある意味(〈future〉)へと変化していくという一方向的变化が生じる。

言語は、音(空気の振動の時間変調)や文字(光の反射・透過パターン)の空間変調といった物理的に感知可能な信号を単語という単位にまとめ、それを文という1次元に並べて伝達するという手段で、意味という物理的に感知不可能なものを伝え合うシステムと考えることができる。本稿で述べたモデルでは、信号を文字列というエージェントが感知できるもので表し、意味を外界の状況を表す文字列という、これも物理的に感知可能なもので表している。本来は、その外界の状況をエージェントが「いかに」理解したか、という主体的で外からは物理的には感知できないものであるべきである。意味を文字列で表すにせよ、その文字列はあるエージェントの内部にあるだけで、別のエージェントからは見えない(研究者からは見えても)という設定であれば、まだ意味の主観性を少しは取り入れることができるが、ここではその意味を表す文字列は外界の状況の記述として共有可能なものになっている。このような設定では、話者と学習者(聴取者)の間で意味理解の不一致がおきにくい。同じ信号(形式)に対して話者と聴取者が異なる意味を見出すからこそ意味変化が起きるが、現モデルでは意味変化が起きにくいということになる。外的状況の記述としての「意味」が共有されている設定で話者と聴取者の意味理解の不一致が起きるとしたら、多義語や同義語が使われて各語が状況のなかのどの部分を表すかが分からない時でしかない。本稿で導入した語用論的拡張は、上で説明したように多義性と同義性を作り出す効果があり、この意味理解の不一致を作り出すしかけを担っていると考えられる。

文法化に見られる一方向性は、内容的意味から機能的意味へというものであるが、これは具体から抽象へという方向性と対応していることを述べた。一方、本稿のモデルでは、意味も形式も実際は文字列で表されており、その書き換えと対応の組み替えで意味変化を起こすという実装になっている。すなわち、「意味」といっても単なる対応関係にすぎない。したがって、

⁴ メタファーは範列的關係に基づいた推論である。

その「意味」に具体性・抽象性の違いがあるわけではない。つまり、〈future〉や〈past〉の意味といっても、〈future〉や〈past〉というラベルが付けられているだけで、実際にエージェントが未来に起きるであろう事象、過去に起きた事象と認識して推論しているわけではない。したがって、内容語が機能語に変化するという文法化を、ましてや、具体から抽象への方向性を持った意味変化を本当に表現できているわけではなく、書き換え規則の左辺と右辺の対応関係において、ある一方向的变化が起きる条件の一端を明らかにしたにすぎない。しかし、「物理的に感知可能な信号要素を1次元に並べて伝達することで、感知不可能ななにかを伝え合うシステム」において、この「なにか」を文字列で近似したモデルにおいて、信号と「なにか」の対応関係に一方向的变化が起きる十分条件を見出しその条件の意味を考察するという、構成的研究にはなっている。「機能的意味」や「抽象的意味」を構成的な研究でとらえて行くには、現在のモデルのような単なる記号列間の対応関係としての「意味」ではなく、メッセージに対する相手の反応という語用論的な意味、外界をいかに内部化するかという主観的意味理解の様相を取り入れる必要がある。

5. 結語：文法化から言語の起源・進化へ

本稿では、内容語が機能的意味を帯びようになる文法化という意味変化のモデル化をおこなった。ここでは、

- **再分析能力** 文の区切りを文脈や既存知識に基づいて推論する能力
- **認知的類推能力** 形式間、および、状況間に類似性を見いだす能力
- **言語的類推能力** 言語ルールを自分の知識内で拡大適用する能力

という認知能力が意味変化をもたらすが、その中でも言語的類推能力が重要であり、この能力が超越性をなう可能性があることを述べた。一方、文法化の特徴である内容から機能への一方向的意味変化にはこれら3つの能力だけではなく、

- **語用論的拡張** ある意味を表すのに、他の意味を表す形式を流用できる
- **共起** あるふたつの意味がひとつの状況の中でともに現れやすい

という設定が必要であることを見出した。この設定を認知的な能力という観点から考察すると、

- 範列的關係の認識とルール拡大適用という**メタファー的推論能力**によって記号關係の拡張を起こし、
- 連辭的關係の認識という**メトニミー的推論能力**により拡張した關係をある特定の意味に収束させる

という解釈ができる。

本研究では、このような人間の言語に普遍的に見られる言語変化の重要な現象を実現するモデルの構築を通じて、言語の進化、および、言語の起源に関して議論することを目的としていた。本稿での一方向的意味変化をもたらす認知能力に関する考察から、言語の起源と進化に関してなんらかの仮説を提示するなら、次のようなシナリオを考えることができる。「ある程度記号關係(外界と内部の対応關係)を扱える生物が言語的類推能力を獲得することで超越性の実現し、初期言語と言語を扱う能力が成立する(言語の起源)。そして、文法的には単純であった初期言語が再分析・言語的類推・メタファー的・メトニミー的推論能力による文法化を通じて複雑化・多様化していった(言語の進化)。」しかし、この仮説的シナリオは証明も反証も可能な形にはなっていない。実際にこのプロセスが起きたことを構成的研究で証明することは原理的に不可能であるが、このプロセスが起きえるということを証明する糸口を見出すよう、より精緻化する研究を進めなくてはならない。

謝辞

本研究は北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の博士前期課程学生であった中塚雅也氏との共同研究をベースにしている。また、本研究は科学研究費補助金(No.17680021)の補助を受けている。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] Heine, B.: Grammaticalization. P. Strazny (ed.) *Encyclopedia of Linguistics*. volume 1. pp.402-404, Taylor & Francis Books, Inc., 2005
- [2] Heine, B. & Kuteva, T.: *World Lexicon of Grammaticalization*. Cambridge University Press, 2002
- [3] Heine, B. & Kuteva, T.: On the evolution of grammatical forms. A. Wray (ed.) *The transition to language*. pp.376-397, Oxford University Press, 2002
- [4] Hurford, J. R.: The language mosaic and its evolution. M. H. Christiansen & S. Kirby (eds.) *Language evolution*. pp.38-57, Oxford University Press, 2003
- [5] Newmeyer, F. J.: What can grammaticalization tell us about the origin of language? A. Cangelosi, A. Smith & K. Smith (eds.) *The evolution of language*. pp.434-435, World Scientific, 2006
- [6] Hashimoto, T. & Nakatsuka, M.: Reconsidering Kirby's compositionality model - towards modelling grammaticalization. A. Cangelosi, A. Smith & K. Smith (eds.) *The evolution of language*. pp.415-416, World Scientific, 2006
- [7] 橋本敬: 言語進化とはどういう問題か, 第 18 回日本人工知能学会論文集(CD-ROM), 2003
- [8] Odling-Smee, F. J., Laland, K. N. & Feldman, M. W.: *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*, Princeton University Press, 2003
- [9] 中塚雅也: 再分析と類推に着目した文法化のモデル構築, 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科平成 17 年度修士論文, 2006
- [10] 橋本敬, 中塚雅也: 文法化の構成的モデル化- 進化言語学からの考察, 日本認知言語学会論文集第7巻, 33-43, 2007
- [11] Hopper, P. J. & Traugott, E. C.: *Grammaticalization*. Cambridge University Press, 2003
- [12] Kirby, S.: Learning bottlenecks and the evolution of recursive syntax. T. Briscoe (ed.) *Linguistic evolution through language acquisition*. pp.173-203, Cambridge University Press, 2002