JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	文法化の構成的モデル化 －進化言語学からの考察－
Author(s)	橋本，敬；中塚，雅也
Citation	認知言語学会論文集，7：33-43
Issue Date	2007-09
Type	Journal Article
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/7947
Rights	Copyright (C) 2007 日本認知言語学会．橋本敬，中塚雅也，認知言語学会論文集，7，2007，33-43．
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

文法化の構成的モデル化 – 進化言語学からの考察 –

橋本敬 [1]，中塚雅也 [2]
[1] 北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科
hash@jaist.ac.jp
[2] 日本電気株式会社・第二システムソフトウェア事業部
m-naka@kuc.biglobe.ne.jp

1 文法化，進化言語学，構成的アプローチ

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である文法化 (Heine, 2005) は，言語（変化）に表れる人間の認知的構造という面から認知言語学において盛んに研究がなされている．なぜなら，時代，地理的関係，語族的関係などを越えて，世界中の様々な言語で同じような文法化の変化経路が確認されており (Heine and Kuteva, 2002b)，その共通性・普遍性の背後には，人間に共通の認知傾向や動機付けの傾向が密接に関わっていると考えられるからである．

一方，大堀 (2002, p.179) が文法化の解説の冒頭で「文法を構成する要素が新たに生まれるとき，それらはどこからやって来て，どんな経過で発達するのだろうか」と述べるように，文法化という現象は，どのようにして文法的形式や構造が現れ，どのようにして言語が形作られていくのかを知る手がかりとしても興味深い．したがって，文法化は，言語の複雑化・構造化の過程を明らかにしようとする進化言語学の研究対象でもある (Heine and Kuteva, 2002a; Hurford, 2003)．例えば，内容語から機能語への変化に比べ逆の言語変化が極端に少ないという「一方向性」という特徴を文法化が持つことから，初期言語 (proto-language) は名詞や動詞には内容語のみがあり，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が考えられている (Hurford, 2003)．しかし，文法化は単純に内容語から機能語へ向かうというよりサイクリックな変化なので，初期言語が内容語のみであったという説は妥当ではないという主張もある (Newmeyer, 2003, 2006)．

我々は本研究において，文法化の背後にある人間の認知メカニズムの理解に焦点を当てながらも，言語の起源と進化という進化言語学の問いへ迫ることを目指している．ある現象に関連する認知メカニズムを明らかにするためには，具体的認知現象を分析するだけではなく，既存の知見や仮説に基づいてある程度抽象化された認知モデルを構成し，シミュレーション等を用いてその現象が起きるプロセス，メカニズム，条件などを解析する構成的アプローチ (橋本, 2002, 2006a) による検討も有効である．特に，文法化のように歴史性・一回性があり，実験を繰り返してどのような条件が文法化が起きるために効いているのか，どのような認知メカニズムが妥当であるのかを探求することがそれほど簡単ではないような現象の場合は，繰り返し可能性と分析可能性を持つ構成的手法が，観察・記述・分析に基づいた手法と相補的な役割を持つ．

この方法は，言語起源へ接近するために文法化を考察する際にも有効だと考えられる．言語起源とは，言語がない状態からある状態への生物進化を含めた変化過程であり (橋本, 2006b)，言語起源とは初期言語から現在のような言語の構造へと複雑化・構造化した文化進化を含めた変化過程である (橋本, 2006c)．これらの変化過程は，図 1 に示すように，生物進化，個体学習，文化進化が二重の円環的相互作用を成す過程である (橋本, 2006b; Hashimoto, 2006)．

コンピュータシミュレーションや数理モデルを用いた言語進化のモデル研究では，内側の円環，すなわち，個体学習と文化進化のプロセスだけが組み込まれたモデルを扱うことが多い Cangelosi and Parisi (2002)．しかし，そのようなモデルでは言語の存在を前提としており，言語起源の問いに迫ることは不可能だと思える．文法化とは内側ループの変化プロセスであり，本研究でも同様のモデル化を行い，その構築と分析を通じて，言語を用いる主体としてのエージェントの認知能力の探求を眼目としている．すなわち，ある認知能力を仮定し，文法化のような人間言語全般に見られる現象を再現で

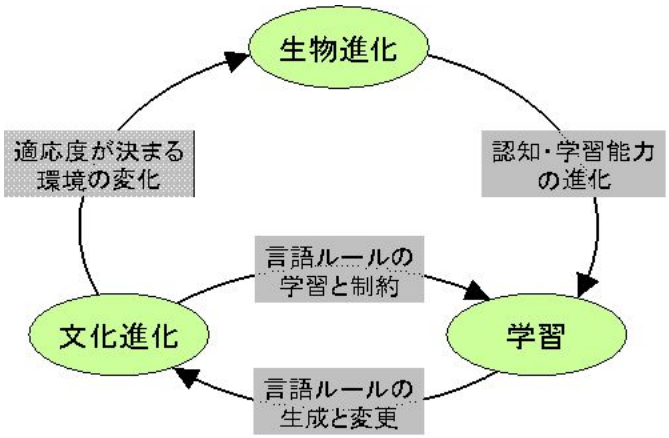

図 1　言語の起源と進化における，生物進化，個体学習，文化進化の円環的相互作用

きたならば，その認知能力は言語の起源の段階でヒトが持っていたであろう能力を推定する根拠のひとつになりえる．このような，構成的アプローチの持つ仮説演繹的な方法論的性質と，人間言語に特有で一般的な言語現象の再現の組み合わせにより，間接的ながら言語起源問題の探求へと道を拓こうと試みる．

ここで本論文の目的をまとめる．我々は，文法化の背後にある認知メカニズムの一端を明らかにし，さらに，言語の起源と進化に関する議論を行うことを目的として，一方向性を持った文法化現象が起きえる認知主体のエージェント・モデルを構成し，シミュレーションを用いた解析を行う．

2　認知能力としての再分析と類推

Hopper and Traugott (2003) は，文法化が起きるためには，再分析（reanalysis）と類推（analogy）という過程が不可欠であるとしている．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．再分析と類推は言語現象または変化事象であり，Hopper and Traugott (2003) はこれらを引き起こすような認知能力としてメタファー的推論，メトニミー的推論についての考察を進めている．一方，本研究では，再分析と類推をさらに深層のレベルから説明しようと試みるのではなく，この再分析と類推という現象を起こすことを認知能力とみなしすことで，エージェントの認知モデルを構築する．

変化現象としての再分析は，文の切れ目が変わることによる内的な構造の変化であり，聞き手が話し手の意図とは違った形で文の構造を理解することにより起きる (Hopper and Traugott, 2003)．すなわち，再分析を起こすには，表面化している言語の構造を（他から与えられるのではなく）何らかの自らの基準によって決めることのできる能力が必要である．以上のことから，再分析を認知能力として次のように定義する．

（認知能力としての）再分析　自らの基準によって文の区切りを決定し，文の構造を把握することができる能力

変化現象としての類推は，限定的に用いられていたある文法規則の適用範囲が広がることである．これを認知能力として定義すると，認知能力としての類推とは

（認知能力としての）言語的類推　文法規則をそれまで適用されていなかった形式に拡大適用できる能力

といえる．

ただし，これには前提が必要である．類推を行う際には，新たにその規則を適用すべき形式を，それまで適用していなかった形式の中から何らかの基準に従って選別しなければならない．そのためには，状況や形式からの類推によって何らかの共通点を見出す能力があり，その共通点に従って規則の適用範囲を拡大することができなければならない．この類推能力は再分析を行う際にも必要である．類推能力を用いて，文の区切り・構造を自ら決定する基準を与える．この再分析や類推の前提となる類推を上記の類推と区別して認知的類推と定義する．

認知的類推　形式間，および，状況間に類似性を見いだす能力

これに伴い，これまでの意味での類推を言語的類推と呼んで区別する．

3　エージェントのモデル

本研究では，モデルのベースとして Kirby (2002) による繰り返し学習のモデル（以下，Kirby モデル）を採用した[1]．本節では，繰り返し学習モデルの枠組み，エージェントの持つ言語知識，学習操作について順に説明する[2]．

3.1　繰り返し学習モデル

繰り返し学習モデルでは，記述状況に応じた発話を行う大人エージェントと，状況に対する発話を学習し言語知識を構築する子供エージェントの 2 種のエージェンの相互作用を考える．両エージェントに記述すべき意味（状況）が提示され，大人エージェントは自分自身

の言語知識に基づいて，その状況に対応した文を発話する．

子供エージェントは入力として「記述される意味（状況）と形式（発話）の組」を受けとり，その組を言語知識（次節で説明する発話を導出するルール）として記憶する．このモデルでは，言語獲得時にすべての状況に出会うわけではないので，未知の状況でも適切な発話が可能なように，蓄積した自分の言語知識を汎化する学習を行う．

ある程度の学習を行ったエージェントは話者となり，新たに導入される子供エージェントに対して， 自分が構築した言語知識を用いて入力を与える（図 2）．そして，古い大人エージェントは取り除かれる．通常，初期の大人エージェントの言語知識はランダムに作られ，子供エージェントは何の言語知識も持たない．また，記述すべき状況はランダムに提示される．この学習（伝達）を繰り返すことで言語知識が世代を経て変化し，構造化されていくことが，繰り返し学習モデルの特徴である．

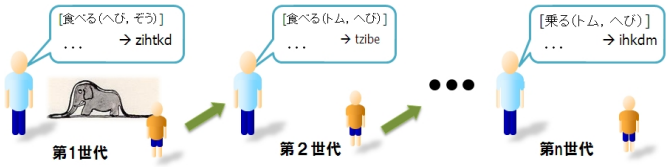

図 2　繰り返し学習モデルの概念図

3.2　言語知識

エージェントが持つ言語知識は様々なかたちを取り得るが，本稿で説明するエージェントは，Kirby (2002) と同様に，意味 （状況）と形式（発話）を対応させるルールセットを， 拡張された文脈自由文法の一種である確定節文法（definite clause grammar）の形で持つ．各ルールは式 (1) のように，左辺に条件 c がついた非終端記号 N がひとつ，右辺に非終端・終端記号列 V^* を持つ．

$$N/c \rightarrow V^* \tag{1}$$

条件 c を満たした場合に限り，このルールを左辺から右辺の導出に使うことができる．

条件 c には一階述語論理のかたち

$$[T_i]P_j(X_k, X_l) \tag{2}$$

で表された「意味＝記述対象となる状況」を対応させる．ここで，T_i は時制[3]，P_j は行動（動詞的意味[4]），X_k, X_l は対象（名詞的意味）を表す要素である．例えば，「へびがぞうを食べた」という状況は「$[past]eat(snake, elephant)$」と表すことにする．したがって，

$$S/[past]eat(snake, elephant) \rightarrow \text{zihktd} \tag{3}$$

というルールは，上記の状況を記述するのに zihktd という形式（文）を用いるという言語知識を表すことになる．別のルールセット，例えば次のようなものによっても同じ状況を表す文を導出することが可能である．

$$S/[past]eat(x, elephant) \rightarrow \text{zi } N/x \text{ d} \tag{4}$$
$$N/snake \rightarrow \text{hkt} \tag{5}$$

式 (4) のルールに現れる x のように，この文法はルールに変数を含むことができる．この例では，非終端記号 N とある意味を左辺に持つルールを代入することになる．式 (5) がこの条件に当てはまるので，N/x の部分に挿入された文をつくることができる．式 (5) のように左辺に 1 単語の意味だけを持つルールを「単語ルール」，式 (4)(5) のような変数を含んだルールセットを階層的と言うことにする．単語ルールにおいては，非終端記号は語彙のカテゴリーを表すと解釈できる．

本稿で用いるモデルでは，それぞれ 5 つの動詞的意味[5]と名詞的意味[6]，機能的意味として 3 つの時制[7]を設定する．

3.3　学習操作

子供エージェントは，大人エージェントから「記述される意味（状況）と形式（発話）の組」を受けとり，それをルールとして記憶していくと同時に，そのルールセットの記述力を高めるようにルールセットに対してある操作を施すという学習を行う．その学習操作として，chunk，merge，replace[8]の 3 つの操作が行われる．ここではこれらの学習操作の概略を示す[9]．

3.3.1　chunk

ある 2 つのルールにおいて，意味と形式のそれぞれの異なる部分が一部分だけであるなら，これら 2 つを変数を含んだ階層的なルールセットに統合する．

例：次の 2 つのルール

$$S/[past]eat(tiger, sausages) \rightarrow \text{uiktt} \tag{6}$$
$$S/[past]eat(john, sausages) \rightarrow \text{uottt} \tag{7}$$

は，左辺の意味部分において $tiger$ と $john$ だけが異なり，右辺の形式部分においては ik と ot の部分だけが異なる．このような場合，この 2 つのルールは次の 3 つのルールに置き換えられる．

$$S/[past]eat(N/x, sausages) \rightarrow \text{u } N/x \text{ tt} \tag{8}$$
$$N/tiger \rightarrow \text{ot} \tag{9}$$
$$N/john \rightarrow \text{it} \tag{10}$$

このとき，式 (8) の変数に付く非終端記号は新しいものが作られる．

3.3.2 merge

左辺の非終端記号だけが異なる 2 つのルールがあった場合，これらと同じ非終端記号を持つすべてのルールを，どちらかの非終端記号に統合する．

例：下記のルールセットにおいて，

$$N/\mathit{john} \rightarrow \mathrm{it} \tag{11}$$
$$N/\mathit{tiger} \rightarrow \mathrm{ot} \tag{12}$$
$$N/\mathit{mary} \rightarrow \mathrm{ksx} \tag{13}$$
$$C/\mathit{john} \rightarrow \mathrm{it} \tag{14}$$
$$C/\mathit{peter} \rightarrow \mathrm{aaig} \tag{15}$$

式 (11)(14) は，左辺の意味と右辺の形式は同じで，左辺の非終端記号だけが異なる．このとき，同じ非終端記号を持つ他のルール（すなわち，同じカテゴリの単語）も含めて，以下のように左辺を同じ非終端記号にする（2 つのカテゴリを統合する）．

$$N/\mathit{john} \rightarrow \mathrm{it} \tag{16}$$
$$N/\mathit{tiger} \rightarrow \mathrm{ot} \tag{17}$$
$$N/\mathit{mary} \rightarrow \mathrm{ksx} \tag{18}$$
$$N/\mathit{peter} \rightarrow \mathrm{aaig} \tag{19}$$

3.3.3 replace

あるルールの意味と形式の両方が別のルールに含まれているならば，後者を変数を含み前者を代入することができる新しいルールに置き換える．

例：ルールセット

$$N/\mathit{john} \rightarrow \mathrm{ot} \tag{20}$$
$$S/[\mathit{present}]\mathit{read}(\mathit{john}, \mathit{book}) \rightarrow \mathrm{swote} \tag{21}$$

において，式 (20) の意味 john と右辺の ot は，ともに式 (21) の一部にある．この場合，後者のルールが

$$S/[\mathit{present}]\mathit{read}(x, \mathit{book}) \rightarrow \mathrm{sw}\ N/x\ \mathrm{e} \tag{22}$$

に置き換えられる．このとき，式 (22) の変数に付く非終端記号は，もともと式 (20) に用いられたものである．

4 認知能力と学習操作の関係

2 節で定義した，再分析，認知的類推，言語的類推という認知能力と，Kirby モデルにおける 3 つの学習操作の関係を分析する．

3.3 節での各操作の定義からわかるように，各操作を行う前提として，表現されている意味（ルールの左辺）の間の類似性，および，発話された文，あるいは，自分の記憶している形式（ルールの右辺）の間の類似性を認識できなくてはならない．したがって，merge, chunk, replece の各操作において，認知的類推能力を前提として組み込んでいることになる．

chunk においては，類似した形式の中の異なっている部分を切り出して，それぞれに個別に単語を与えるという操作をしている．すなわち，状況の認識，記憶との比較，および，形式の比較という自分の認識に基づいて文（形式）の中の区切りを自分で決定していることになる．これは，再分析能力にあたる．

merge では，二つのカテゴリ中の二つの項目の意味と形式が同じであれば，両カテゴリを統合してひとつにする．統合される前には一方のカテゴリにだけ適用されていたルールがあれば，統合されたカテゴリ全体に適用できるようになる．したがって，ルールの拡大適用という言語的類推を可能にする．

replace 操作が可能であることはこのエージェントがどういう能力を持つことを意味するだろうか．もし，3.3.3 節の例で用いたルールセットを言語知識として持つエージェントが，他にカテゴリ N の単語ルールを持つならば（例えば，$N/\mathit{elephant} \rightarrow \mathrm{ir}$ など），replace 操作適用後のルールセットは

$$N/\mathit{john} \rightarrow \mathrm{ot} \tag{23}$$
$$N/\mathit{elephant} \rightarrow \mathrm{ir} \tag{24}$$
$$S/[\mathit{present}]\mathit{read}(x, \mathit{book}) \rightarrow \mathrm{sw}\ N/x\ \mathrm{e} \tag{25}$$

となる．このルールセットにおいては，もともと式 (23) と組み合わせて $[\mathit{present}]\mathit{read}(\mathit{john}, \mathit{book})$ という意味を表す文を作るためのルールであった式 (25) を，式 (24) に拡大適用することができる．すなわち，言語的類推の能力を付与したことと同じ効果を与えている．

ここで，merge と replace による言語的類推の違いを考えよう．merge で可能となる言語的類推では，一方のカテゴリに当てはめられていたルールが，カテゴリ統合により他方のカテゴリにも適用されるようになるという変化である．拡大適用が可能になるには，もともと変数をもった階層的ルールが文法中に存在していなくてはならない．一方，replace は，式 (21) のような文を構築するルールに変数を持ち込んで階層的構造にするという操作であり，直接文法ルールの拡大適用を可能にしている．この性質により，merge による言語的類推能力を施す対象を準備するという間接的な貢献よりも，replace は強力で直接的な言語的類推能力であるといえる．

chunk によっても変数を含んだルールが新たに作られて文法が階層化される．しかし，この操作では新しい非終端記号が導入される．よって，変数を含んだルールが適用されるのはここで作られた新しいカテゴリにだけなので，拡大適用は起きない．

replace 操作は式 (21) の swote という並びから ot という一部を切り出すという，再分析にあたる操作も行っている．しかし，式 (20) により replace 以前にすでに ot が *john* の意味を表すという知識は持っている．つまり，replace が起きるためには単語ルールの存在が前提とされている．そして，このような単語ルールは chunk 操作によって文の一部を切り出すことによってしか作られない．それゆえ，chunk が主に再分析能力を担っていると言うことができる．

以上の分析から，認知能力と学習操作の関係は次のようにまとめられる．

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

再分析能力　主に chunk により担われている

言語的類推能力　主に replace により担われている

5　意味変化の分析

5.1　意味変化の方向性と過程

3 節で説明したモデルのシミュレーションを行い，単語ルールの形式（右辺）がどのような意味（左辺）を表すように変化していくかを分析した．様々な意味変化が観察され，その中には内容的意味から機能的意味への変化もあった．しかし，それは他の変化，すなわち，動詞的意味や名詞的意味の同じ文法カテゴリ内の変化や，機能的意味から内容的意味へという，脱文法化に対応する意味変化などと，ほぼ同じ頻度で起きることがわかった．つまり，2 節で導入した 3 つの認知能力を表現した学習操作だけでは，意味変化が起きるが文法化の特徴のひとつである一方向性は再現されないと言える．

ある意味を表す形式が別の意味を表すようになる意味変化が起きる過程で，どのようなルール変化が起きているかを詳しく解析したところ，言語知識において同義語と多義性の存在が重要であることがわかった．まず，大人エージェントのルールセットの中に，変化元の意味を表す複数の単語ルール（例えば，式 (26)(27) のようなルール），すなわち同義語が含まれており，そのうち一方の右辺（形式）が，別のルールの右辺に含まれている（式 (28) のようなルール），すなわちこの形式が多義的になっている状態が出発点となる．

$$N_1/meaning1 \rightarrow \text{form1} \tag{26}$$
$$N_2/meaning1 \rightarrow \text{form2} \tag{27}$$
$$N_3/meaning2 \rightarrow \text{...form1...} \tag{28}$$

この言語知識が伝達される過程を考えよう．子供エージェントが式 (26) のルールを既に獲得している状態で，$meaning1$ と $meaning2$ を同時に含む状況を表現するために，大人エージェントが式 (27) と (28) を用いた文を作ると，子供は form1 はすでに $meaning1$ だとしているので，form2 を別の意味に取ることになる．このようにして，form2 が意味が変化して行くことになる．

5.2　学習操作の効果 – 言語的類推の重要性

次に，学習操作が言語変化に及ぼす影響を分析した．図 3 は，replace という言語的類推を主に担う操作を取り除いた場合の意味変化頻度を，3 つすべての操作を行う場合と比べたものである．この図からわかるとおり，言語的類推を担う操作がない場合には，意味変化がほとんど起きないことがわかった．

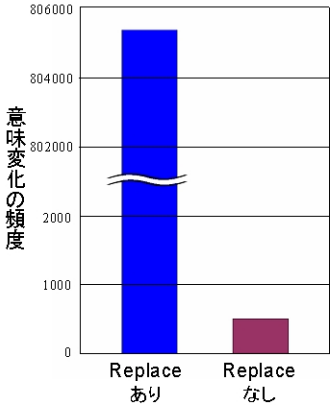

図 3　学習操作 replace のある／なしによる意味変化の頻度の違い

すでに 4 節で例を挙げて見たように，replace 操作によって，式 (25) をもともとの適用対象である式 (23) を越えて，式 (24) のような他のルールに拡大適用する道が開ける．そして，この拡大適用により，$[present]read(elephant, book)$ のような意味を表す発話が可能となる．ここで注意して欲しいのは，replace 操作適用のきっかけとなった式 (23) は，学習者がそのような状況 （「john が本を読んでいる」）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のに対し，replace という言語的類推に対応する学習操作を施すことによりできた知識を用いると，それまで経験してはいない状況（「象が本を読んでいる」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．

6 意味空間の設計の導入

意味変化に方向性が生じるには，認知主体が外界や状況を言語と結びつけて理解する際に，なんらかのバイアスが必要なのではないかと考え，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した．ここでは次の 2 つの設計を行った[10]．

借用 認知主体が，ある意味が他の特定の意味と意味領域の重なりをもつと認識する．そのため，話者は，前者の意味を表すのに後者の意味を持つ語を用いることができる．本稿では前者に *go*，後者に *walk* と *run* を設定した．

共起 認知主体が，ある意味と別の意味との間に関連性を見いだす． そのため，聴取者が前者の意味が含まれている文を受け取ったときに，後者の意味が含意されていると受け取りやすい．シミュレーションでは， エージェントが記述する状況として， 2 つの意味（本稿では *go* と *future*）が同時に現れやすいとして表現している．

6.1 意味空間設計が意味変化に及ぼす影響

この意味空間設計が，意味変化にどのように影響を及ぼすかを分析する．ここで導入した「共起」と「借用」をそれぞれ設定するかしないかで，4パターンの実験を考えることができる．その4パターンのシミュレーションを行い，意味変化がどの程度生じるかを比較したものが図 4 である．各棒グラフの上に有意性を検定した値を記した．この図からわかるとおり，どちらの意味空間設計によっても意味変化の頻度は上昇するが，特に，借用を設定した場合は，常に有意に意味変化頻度が増えていることがわかる． 共起のみでは意味空間設計なしの場合との差は 5% 有意水準では有意ではなかった．

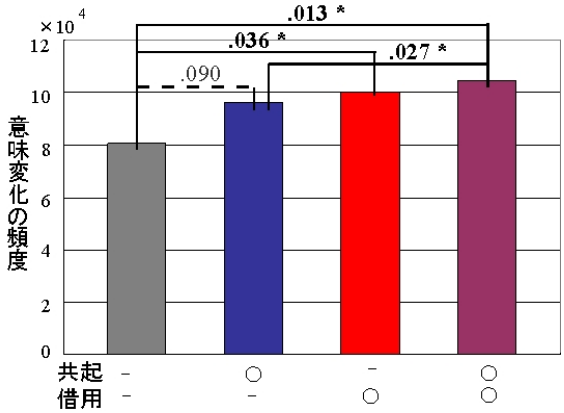

図 4 4 パターンの実験による意味変化の頻度

上の実験ではあらゆる意味変化の頻度を比べており，文法化の特徴である一方向性については分析できていない．そこで，*go* を表す単語が，3 種類の時制の意味を表すように変化した頻度を調べた（図 5）． その結果，共起を導入した実験で，*go* から *future* への意味変化が他の変化の倍以上になるように，明らかに上昇することがわかった．借用だけでは 3 つの変化の差は 5% 有意水準では有意ではなかった．

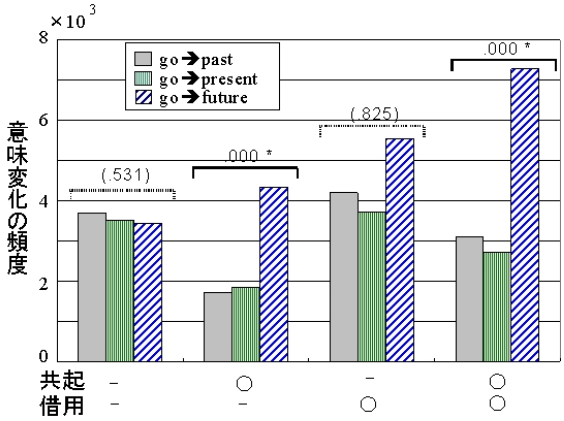

図 5 4 パターンの実験による ‘go’ から各時制への意味変化の頻度

以上より， 意味変化が起きるための認知主体の意味理解の傾向として，「変化元の内容語（*go*）が，他の意味（*walk* や *run*）と意味領域の重なりをもつ」ということ， 現象的にはある表現を行うために別の意味の単語を用いるという「借用」ができるということが有効であることがわかった． そして， その意味変化が文法化のように一方向性を持つには，「変化元の内容語が持つ意味（*go*） と変化先の機能語が持つ意味（*future*）の間に関連性を見いだす」という意味理解の傾向を持つことが重要であるという結果を得た．

6.2 意味空間設計の持つ役割

ここで設定した意味空間が，なぜ文法化，すなわち，一方向性を持った意味変化を増大させたのだろうか．

「借用」という設定では，*go* が *walk*，*run* と意味的な重なりがあると考え，*walk*，*run* を表す言語形式を *go* を表すために用いることができるとした．*run* を意味する形式を *go* の意味でも使用出来るということは，その単語形式が多義的であることに相当する．と同時に，別の意味を表す単語が *go* の意味に用いられるということは，*go* の意味を表す同義語が存在することに等しい．5.1 節で述べたように，同義語と多義性は意味変化を起こす起点となるため，本モデルにおいて多義的になった語からの意味変化を増大させたと考えられる．

ここで想定した意味空間はつぎのような意義を持つ．単語はプロトタイプカテゴリ構造を持ち，カテゴリの境界領域においては隣接カテゴリと重複がある，さらに，*go* がこれらの語の中ではもっとも広い意味領域を持つ一般的な語である．プロトタイプカテゴリ構造によって生じた同義性と多義性が存在する状況で，もっとも一般的な語として設定した *go* から意味変化が起きたことは，文法化の起点にある語はその意味領域を表す語の中でもっとも一般的であるとする説 (Bybee, 2003) と対応するだろう．

このようにして *go* を意味する（していた）形式が，*go* 以外を表すことができるようになり，別のなんらかの意味を表すようになる．文中で意味が分からないある形式がどのような意味を表すかを推論する場合，まずは，その形式が使われた文脈で対応する意味を探そうとする．そして，「共起」の設定では *go* と *future* の意味が同時に現れやすいとしているので，その形式が *future* に割り当てられる確率は上がることになる．

このようにして，本モデルでは，他の語との意味概念の重なりが広い語を起点とした意味変化が多くなり，その文脈でよく一緒に使われる意味へと変化するという文法化の特徴の一部が再現されることになる．

7 メタファー的推論・メトニミー的推論と，導入した認知能力・意味空間設計の関係

Hopper and Traugott (2003) は，再分析と類推という言語変化過程に不可欠と考えている現象を可能にする能力として，メタファー的推論とメトニミー的推論を想定している．一方，我々は，再分析，および，認知的・言語的類推自体を認知能力としてモデルを構成してきた．ここでは，それらの関係を論じよう．

Hopper and Traugott (2003) のいう類推現象を導くメタファー的推論とは，共通の類似性を根拠に，違う意味領域を表す複数のものに対してひとつの形式を用いることである．あるよく似た側面をもつ２つの異なる意味領域，すなわち類似性をもつ概念があり，その類似性は多くの人間が共通に感じるものだとする．すると，その類似性を根拠に，違う意味領域を表すものに対してひとつの形式を用いて表現し，コミュニケーションすることが可能である．そして，それは習慣の中で定着し，双方の概念を表すためにひとつの形式で表現できるようになる．これが類推現象である．

そして，本研究でエージェントに設定した言語的類推能力を用いて新たに拡大適用できる形式は，認知的類推によって見出した類似性に基づいた推論によって決定される．したがって，言語的類推は認知的類推に基づく推論によって導かれる．また，認知的類推による推論とはメタファー的な推論の一種だと考えることができる．

Hopper and Traugott (2003) のいう再分析現象を導くメトニミー的推論とは，意味概念的，あるいは時系列的に隣接した複数の意味領域の間で，意味が移動することによりある形式が新たな意味を帯びて区切られることである．

一方，我々が定義した再分析能力にある文の区切りを決定する基準は，4 節での分析からもわかるように，認知的類推によって見出した類似性に基づいて決定される．したがって，ここでの再分析は認知的類推に基づく推論によって導かれると言える．つまり，本研究で用いた再分析を実現する認知的類推に基づく推論において，再分析を適用する基準の見出し方は Hopper and Traugott (2003) のいう再分析現象を導くメトニミー的推論と異なるものである．本研究における再分析の能力は，メトニミー的な推論ではなく，メタファー的な推論によって実現される能力だといえる．

ではメトニミー的推論にあたるものが，本研究においてどこに表現されているだろうか．それは，意味空間設計のひとつとして導入した，意味の共起頻度の設定であると考えられる．これは，*go* の意味が含まれる状況は *future* の意味も含んでいることが多いという設定である．これは，認知主体がある意味（*go*）と別の意味（*future*）との間に関連性を見いだすという設定の具体化としてモデルに導入したものなので，この共起頻度は，形式ではなく意味のレベルでの共起頻度である点に注意してほしい．この共起頻度の設定は，*go* という概念と *future* という概念が隣接関係を持っていると，認知主体が理解しているということを意味する．

図 5 と 6.2 節の分析により，ある語の意味が *go* から *future* へ変化するという，特定の意味から特定の意味への文法化の増加を担っていたのは，共起という設定であることを示した．したがって，この設定が Hopper and Traugott (2003) のいうメトニミー的推論によって起こる再分析現象に近い現象が実現したと考えられる．

では，借用の設定はメタファー・メトニミー的推論とどう関連するだろうか．ある意味のための単語ルールを，別の意味を表す表現の導出にも用いるというのは，単語ルールのレベルでのルールの拡大適用であり，言語的類推の能力を前提していることになる．もともとこの設定は，*go* と *walk* との間，*go* と *run* との間に意味

領域の重なりがあるという想定をモデルに具体化したものある．意味領域の重なりとは，これらの意味概念に類似性が存在するということに他ならない．その類似性を根拠に言語的類推の能力を発揮し，ある単語ルールでしか用いることができなかった規則が別の単語ルールへ拡大適用される．したがって，借用の設定はメタファーの能力を前提にしていることになる．

これまでの議論をまとめると，本研究が認知主体に仮定した認知能力および意味空間設計と，メタファー的推論やメトニミー的推論の能力との間の関係は次のようになる．

メタファー能力によるもの　認知的類推，言語的類推，再分析，借用

メトニミー能力によるもの　共起

ただし，メタファーやメトニミーに相当する認知能力一般から，言語現象としての文法化が観察できるまでの過程について，本研究によって明らかになったわけではない．本研究は，メタファーやメトニミーに相当する認知能力から導かれるであろうと考えられる認知能力と意味空間の設計とを実装し，そこから文法化が観察できるまでの過程を構成的に検討した結果として，上記の対応関係を見出したものである．メタファーやメトニミーの能力一般から，認知主体がどうやって認知能力としての再分析や類推の能力を獲得するのか，メタファーやメトニミーの能力一般によって，認知主体がどのような意味空間を獲得していくのか（どのように意味の捉え方を構造化していくのか）については，今後明らかにされるべき課題である．

8　言語の起源と進化へ向けて

本研究では，特定の認知能力を仮定したエージェントモデルを構成し，エージェントの言語知識が相互作用を通じて変化する様相をシミュレーションを用いて解析するという構成的アプローチにより，言語変化，その中でも文法化が起きる条件を探ってきた．ここで採用した繰り返し学習モデルは，２エージェント間の相互作用ではあるが，文化と学習の相互作用ループを抽象化したものである．大人エージェントに代表させて持たせた「既存の言語」，すなわち，社会に存在する言語的ルールを，子供エージェントに代表させた社会へ新たに参入する者が習得しようとし，習得した結果が次世代の「既存言語」となる．実際の言語変化では，１世代で既存言語の構造が大きく変わることは少ないが，ここでは言語自体の大きさ（語彙数や文法規則）を小さくし，話者も少なくし，変化を加速させていると考えることができる．すなわち，言語知識の伝達（学習）という社会的な相互作用を通じて言語が変化する文化進化の過程をモデル化した枠組みである．

これは，初めに述べたように言語起源・進化の二重ループダイナミクス（図 1）の内側ループのシミュレーションである．その中で，一部の認知能力を除いたり，いくつかの認知構造を試したりという方法で，どのような認知能力・構造が，文法化や言語進化が起きるために有効かということを調べることで，人間言語が普遍的に持つ性質をもったコミュニケーションシステムの設計原理を明らかにすることを試みている．この設計原理は，人間が言語を使用する上で不可欠なものとなっている可能性が高い[11]．

そのようにして本研究で見出された，言語の起源と進化の文脈でもっとも重要だと考えられる認知能力とは，言語的類推，すなわち，獲得したある言語的なルールをそれまでの適用範囲を超えて拡大的に適用するという能力である．5.2 節で述べたように，この能力により直接の経験を越えた文の発話が可能になる．これは，「いま，ここ，わたし」に束縛されないコミュニケーションが可能であるという，人間言語が他の動物のコミュニケーションシステムと大きく異なる「超越性」という性質を可能にする．すなわち，超越性を持つ言語の起源には，言語的類推のようなルールの汎化能力を獲得することが大いに寄与した可能性を考えることができる．さらにこの能力は，経験したことがないことを想像し思考する人間の創造力に大きく関わるのではないだろうか．経験を越えた想像力・創造力は言語の獲得よりも進化的・発達的に前であったかもしれない．しかし，言語的類推のような，言語を獲得したことによって働く汎化能力により創造力が飛躍的に高まったということは十分に考えられる．

一方で，人間は言語ルールの拡大適用により言うことが可能なすべてを想像するわけでも発話するわけでもない．すなわち，実際の汎化能力の適用にはなんらかの制限が課されている．この制限要因として，社会性と感情という２つが考えられる．言語は社会において用いられるものであり，明らかに通じないと分かることを発話はしないであろうし，たとえ発話されたとしても通じなければ流通せず，観察可能な言語変化としては残り得ない．また，言語の持つ強力な汎化能力によって直接経験から解き放たれるとしても，やはり言語は身体的経験

に根ざして用いられる部分が大きい．そのような意味で，感情的に不快な内容の思考・発話が無意識に制限される，あるいは，言語的類推能力の適用領域が選択されるという可能性はある．

以上の考察から，言語的類推能力を進化的に獲得することで超越性を持った言語が出現し，その言語が文法化の過程により，社会性・感情による制約を組み込むような形で構造化・複雑化してきたという，言語の起源と進化に関する仮説を提示することができる．

このモデルで「意味」として扱われているものは，大人エージェントが記述する外部状況であり，これを子供エージェントが共有することができるとしている．この設定は本モデルの大きな欠点である[12]．5.1 節で同義性と多義性によって意味変化の過程が始まることを述べたが，意味変化としてこの過程しか存在しないことは，本モデルの意味の扱い方から来る制約である．意味変化が生じるためには，同じ形式が話者と聴取者で異なる意味を表す，あるいは，同じ意味が異なる形式で表される曖昧さが必ず必要である．同じ状況（意味）を共有させている本モデルでは，この曖昧さの源としては同義語・多義語しかあり得ないことになってしまう．

たとえ客観的に同じ状況を 2 人の話者が見ているという想定であっても，話者によってどこにどのように焦点をあてるか，その状況をどのように認知するのかということは異なり得る．むしろ，それが異なり，本質的には他者がどのように認知しているかということを知り得ないが，実効的にコミュニケーションが成立している（ように見える），あるいは，成立しなかったようだったら修正を施しながら，自分の思いを伝える，他者の思いに耳を傾けるということが，言語を用いたコミュニケーションの大事な点とも言えるだろう．そのためには，繰り返し学習モデルにおいて，客観的状況だけを意味としその主体的概念化を扱えていないところは改善しなくてはならない．主体的概念化をシミュレーション・モデルできちんと表すことは非常に難しいが，状況のどの部分に焦点をあてているかという部分であれば，まずはモデルに組み込むことは可能であろう．

また，文法化と言っても，機能的意味として時制を導入しそれをある語彙をもって表すことが初めから可能になっている．さらに，その時制的意味も，一階述語論理に付加するかたちで表示しているだけであり，時制論理のように推論に時制が関わっているわけではない．すなわち，「時制」と呼んでいるあるひとつの意味カテゴリのラベルが別の動作を表すカテゴリのラベルに変化しているに過ぎない．「文法を構成する要素が新たに生まれるとき，それらはどこからやって来て，どんな経過で発達するのだろうか」(大堀, 2002) という言語進化の問いに真に迫るためには，単に単語を並べただけでは伝わらない，機能語を用いなければ表せない状況，たとえば，「A“が”B“に”X を “する”」と「A“に”B“が”X を “した”」の違いを表す必要性が生じ，それを伝えるために表現を工夫するというプロセスがモデル化されるべきであろう[13]．

9 結論

我々は，文法化という言語変化現象が人間の言語に普遍的に見られる特徴であると考え，そのような現象が起きる認知主体のモデルを構築することで，人間言語を担う認知能力がどのようなものか，ということを考察してきた．その結果，意味変化が起きるためには，認知主体が推論に関して

- 状況や形式から類似点を見いだせる認知的類推
- それに基づき文の区切りを推論できる再分析
- 発見した新しい形式をほかの知識に対しても拡大適用できる言語的類推

という能力を持つこと，そして，

- 変化元の語が，他の多くの意味と意味領域の重なりをもつ

という意味理解の傾向を持つこと，そして，その意味変化が文法化のように一方向性を持つには，

- 変化元の語が持つ意味と変化先の語が持つ意味の間に，関連性を見いだす

という傾向を持つことが重要であるという結果を得た．

さらに，上記 3 つの認知能力のうち言語的類推能力は，言語が超越性という特徴を持つ，すなわち，経験を越えた発話を行うために，重要な役割を担う可能性があることを示した．

謝辞

本研究を進めるにあたり，宮下博幸氏，James R. Hurford 氏，山内肇氏から大きな示唆を得た．本研究は科学研究費補助金（No.17680021），および，Canon Foundation in Europe の補助を受けている．ここに謝意を表する．

注

[1]スペースの制約から本稿ではモデルを完全に記述することはできない．より詳しくは (中塚, 2006) を参照してほしい．

[2]本稿で扱うモデルでは，さらに，意味空間の構造についても設定している．それは 6 で述べる．

[3]オリジナルの Kirby モデル (Kirby, 2002) では，記述状況を構成する意味要素として動詞的意味と名詞的意味という内容語だけを考えているが，本論では，内容語から機能語への語彙変化という文法化が起きえるように，機能的意味として時制を導入している．

[4]ここでは, 直接目的語をひとつだけ取る動詞だけを想定している．

[5]$go, run, walk, like, beat$ の 5 つ．自動詞は前置詞の意味も含めたものと解釈する（例えば，go は $go\ \ to$ の意味）．

[6]$john, mary, gavin, heather, pete$ の 5 つ

[7]$past, present, future$ の 3 つ

[8]ここで replace と呼んでいる操作は (Kirby, 2002) の appendix で定義されているが，名前を与えられてはいない．

[9]これらの操作をきちんと形式的に説明することは少し複雑になるため，詳しくは (Kirby, 2002; 中塚, 2006) を参照のこと．なお後者の文献の方がより詳細で形式化された完全な記述になっている．

[10]他にも,「特定の単語の組について学習時に意味を取り違えやすい」という意味空間を設定した場合についても調べた．この場合は，一方向性は実現できないことがわかっている．

[11]それを「いつ」ヒトが手にしたかという問いには，この方法論だけで迫ることはできない．

[12]これはもともとの Kirby モデル (Kirby, 2002) をそのまま踏襲したことによる．しかし，このモデルの制約の範囲においても十分有意味な結果が示されている．たとえば，Kirby (2002) は，外界を合成的に認識する場合それが言語構造に反映されることを示し，全体的（非合成的）な言語から合成的な言語が文化進化のプロセスにより出現しえることを示している．

[13]さらに言語の起源に迫るには，そもそも，未来や過去と現在の違いを認識し表現しようとする能力自体の進化的起源を問わなくてはならない．

参考文献

Bybee, J. (2003). “Cognitive processes in grammaticalization”. In M. Thomasello, (ed), *The New Psychology of Language*, volume 2. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc., pp. 145–167.

A. Cangelosi and D. Parisi, (eds) (2002). *Simulating the Evolution of Language*. Berlin: Springer Verlag.

Hashimoto, T. (2006). “Evolutionary linguistics and evolutionary economics”. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, **3**(1) pp.27–46.

Heine, B. (2005). “Grammaticalization”. In P. Strazny, (ed), *Encyclopedia of Linguistics*, volume 1. New York, NY: Taylor & Francis Books, Inc., pp. 402–404.

Heine, B. and T. Kuteva (2002a). “On the evolution of grammatical forms”. In A. Wray, (ed), *The Transition to Language*. Oxford: Oxford University Press, pp. 376–397.

Heine, B. and T. Kuteva (2002b). *World Lexicon Of Grammaticalization*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hopper, P. J. and E. C. Traugott (2003). *Grammaticalization*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hurford, J. R. (2003). “The language mosaic and its evolution”. In M. H. Christiansen and S. Kirby, (eds), *Language Evolution*. Oxford: Oxford University Press, pp. 38–57.

Kirby, S. (2002). “Learning, bottlenecks and the evolution of recursive syntax.”. In T. Briscoe, (ed), *Linguistic Evolution through Language Acquisition*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 173–203.

Newmeyer, F. J. (2003). “What can the field of linguistics tell us about the origins of Language?”. In M. H. Christiansen and S. Kirby, (eds), *Language Evolution*. Oxford: Oxford University Press, pp. 58–76.

Newmeyer, F. J. (2006). “What can grammaticalization tell us about the origin of language?”. In A. Cangelosi, A. Smith, and K. Smith, (eds), *The Evolution of Language – Proceedings of the 6th International Conference (EVOLANG6)*, pp. 434–435, New Jersey. World Scientific.

大堀壽夫 (2002).『認知言語学』. 東京: 東京大学出版会.

中塚雅也 (2006).「再分析と類推に着目した文法化のモデル構築」. Master’s thesis, 北陸先端科学技術大学院大学.

橋本敬 (2002).「構成論的手法」杉山公造・永田晃也・下嶋篤 (編).『ナレッジサイエンス – 知を再編する 64 のキーワード』. 東京: 紀伊国屋書店, pp. 132–135.

橋本敬 (2006a).「構成的アプローチ」鈴木良次 (編).『言語科学の百科事典』. 東京: 丸善, pp. 522–523.

橋本敬 (2006b).「生物進化と言語進化」鈴木良次 (編).『言語科学の百科事典』. 東京: 丸善, pp. 518–520.

橋本敬 (2006c).「文化進化と言語進化」鈴木良次 (編).『言語科学の百科事典』. 東京: 丸善, pp. 521–522.