自然言語処理　150－11
(2002.　7.　15)

型付き動的論理による日本語の量化・照応の分析

戸次 大介†

†科学技術振興事業団さきがけ研究21「情報と知」領域／
東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻
〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
E-mail: †becky@is.s.u-tokyo.ac.jp

あらまし　型付き動的論理(TDL)[2]は、動的述語論理[8]と複数形論理[5]の両方の利点を備えた論理言語である。本論文では、TDL を日本語の形式意味論に応用し、量化子の分配／累積読み、照応詞の変項束縛／E タイプ読みなどの分析における、他の意味論への優位性を示す。

キーワード　形式意味論 動的論理 量化 照応

Analysis of Quantification and Anaphora in Japanese by Typed Dynamic Logic

Daisuke BEKKI†

†PRESTO, Japan Science and Technology Corporation (JST) /
Graduate School of Information Science and Technology,
The University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033 Japan
E-mail: †becky@is.s.u-tokyo.ac.jp

Abstract This paper argues that Typed Dynamic Logic (TDL)[2], an unified theory of Dynamic Predicate Logic [8] and Plural Logic [5], is a robust logical language in that it is highly applicable to the problems of quantification/anaphora in Japanese without any additional assumptions.

Keyword Formal Semantics, Dynamic Logic, Quantification, Anaphora

1. 背景

1.1. 量化・照応の問題

Montague[11][12]に始まる形式意味論が、自然言語の文法、すなわち文と真理条件の関係を、論理言語による理論で定式化しようという試みであるとするならば、古典的論理言語で大いに成果をあげた量化・変項のメカニズムを、自然言語の量化・照応の現象一般に応用しようと考えたのは必然的な流れであった。

しかし八十年代に入ると、古典的論理言語と自然言語の量化・照応現象の間に次々と相違点が指摘された。形式意味論では各現象に対して、論理言語の拡張あるいは再構築を行って説明可能な対象を広げてきたが、量化・照応の現象全体に対して、統一的な説明理論を確立することは難しく思われた。

たとえば量化については、一般化量化子の存在が示唆され[13]、量化を二つの集合間の関係として定義する論理言語が提案された[1]。文(1)において "Two forwards" と "three goals" を一般化量化子として分析すると(2)の真理条件が与えられるが、これは一般に量化子の「分配読み(distributive reading)」と呼ばれる。

(1) Two forwards shot three goals.

(2) $|\{x: F(x) \& |\{y: G(y) \& S(x,y)\}|=3\}|=2$

しかし、文(1)には量化子の「累積読み(cumulative reading)」と呼ばれる(3)のような真理条件も存在することが指摘された[14][15]。どのような理論の元で、同じ文(1)に対し(2)と(3)の両方の真理条件を予測できるかは難問であった。

(3) $|\{x: |\{y: G(y) \& S(x,y)\}|\neq 0\}|=2$
$\& |\{y: |\{x: F(x) \& S(x,y)\}|\neq 0\}|=3$

他方、照応に関しては、同一指示と束縛変項照応は、代名詞の

意味を述語論理の定項と変項に対応させて分析することができる。たとえば(4)の文において、"his" が特定の人物を指している解釈は(5)、"Every boy" によって束縛されている解釈は(6)のように表示される。

(4) Every boy loves his father.

(5) $\forall x[B(x)][\forall y[F(y) \& of(y,a)][L(x,y)]]$

(6) $\forall x[B(x)][\forall y[F(y) \& of(y,x)][L(x,y)]]$

しかし、Evans によってEタイプ照応[6][7]の存在が指摘されるに至り、やはり述語論理の記述能力の限界が示された。Eタイプ照応と呼ばれるのは、(7)(8)に見られるような量化詞と代名詞の間の照応関係である。

(7) <u>A man</u> walks in the park. <u>He</u> whistles. ([8]:pp.41)

(8) <u>Few congressmen</u> admire Kennedy.
<u>They</u> are all junior. ([7]:pp.339)

通常、英語の "A man"、"few congressmen" のような名詞句は一般化量化子に相当するとされ、指示物を持たない。しかし上の例では、それらと照応関係にある代名詞は何かを指示しているように見える。Evans は「Eタイプ代名詞はその先行詞を含む節を『充足する』ものの集合を指す」("E-type pronoun denotes a set whose member *satisfies* the antecedent-containing clause.")[7]と述べている。例えば、(7)において"He"は直前の文を真にするような人物であるところの「公園に歩いてきた男性」を指し、(8)において"They"は「ケネディを賞賛する議員たち」を指す。

Eタイプ照応の解釈を形式的に記述する際の難しさは、主に次の三点による。

1. 代名詞が、一般化量化子によって導入された集合を指示している。
2. Eタイプ代名詞が複数形である場合は、複数名詞句を項に持つ述語の真理条件を決定する必要がある。
3. 古典的論理言語は文単位の意味論であるのに対し、Eタイプ照応では文の境界を越えて照応関係が成り立っている。

これに対し、八十年代に登場する一連の談話理論(Discourse Theory)は、上記の 3.の問題に着目した理論であるといえる。特に談話表示理論(Discourse Representation Theory: DRT)[9]では、複数名詞句に対応する項を導入することで、(8)のようなEタイプ照応をも説明することに成功している。

しかし、DRT では(9)のように、先行する量化子が、他の量化子の作用域内にある場合は、事実を説明できないことが指摘されている[2][3]。

(9) Few farmers [beat <u>more than two donkeys</u>] at the farm.
<u>Those donkeys</u> have no luck.([3]:pp.39)

1.2. 動的述語論理(DPL)から型付き動的論理(TDL)へ

これらの事実は、Eタイプ照応が、量化・照応の双方が高度に絡み合った現象であり、談話理論と複数論理の単純なつなぎ合わせでは捉えきれないことを示唆している。

そのような状況のなかで、九十年代に入ると動的述語論理(Dynamic Predicate Logic: DPL)[8]が提案された。DPL は古典的論理言語が論理式を割り当て関数(assignment function)の元で解釈するのに対して、論理式を割り当て関数の集合の元で解釈する論理とみなすことができる。一方で、van den Berg の提案した複数形論理(Plural Logic)[5]は、それまでの複数形を扱う論理が変数を集合に割り当てていたのに対して、割り当て関数自体は変数を単数のオブジェクトに割り当てるが、割り当て関数の集合からオブジェクトの集合を取り出す操作を考えることで、複数形名詞句を扱えるようにするというアイディアを含んでいた。

したがって「割り当て関数の集合」という概念の中に、動的論理の性質すなわち文境界を越えた照応を可能にする記述力と、複数形論理の性質すなわちオブジェクトの集合を扱う記述力の両方が包含されていたことになる。

このような考え方から、型付き動的論理(Typed Dynamic Logic: TDL)[2]が提案された。TDL では、命題を割り当て関数の集合から、割り当て関数の集合への写像として定義している。述語は割り当て関数集合の要素に対するフィルターとして振る舞い、量化はフィルター後の割り当て関数集合からオブジェクトの集合を取り出し、その濃度に対するテストを行う。このように、量化が作用域内の命題の評価後にテストとして行われることから、TDL の量化は遅延量化(Delayed Quantification)と呼ばれている。以下に TDL の概要を示す。

(10) TDL の命題 (Rough idea: to be revised)

For any G: Context
ϕ,ψ: Prop
x: Index
R: Truth/Entity/.../Entity
' : Prop/Index/.../Index/R

$G(R'(x_1,...,x_n)) = \{g\in G|R(g(x_1),...,g(x_n))\}$
$G(\varphi\wedge\psi) = (G\varphi)\psi$
$G(\neg\varphi) = \text{if } G\varphi = \emptyset \text{ then } G \text{ else } \emptyset$
$G(\Delta x\varphi) = \cup_{d\in Entity}(\{g\in G \ |g(x)=d\}\varphi)$
φ:Prop is satisfiable under G $\Leftrightarrow G\varphi \neq \emptyset$

このセッティングによって、TDL では割り当て関数のオーダーを一つ上げるだけで複数形とEタイプ照応の両方を統合的に解決することができる。そしてTDLを用いた英語の文法によって、Eタイプ照応と累積読みの問題が同時に解決することが既に示されている[2]。

1.3. 本論文の目的

本論文では、この TDL による量化・照応の分析が、日本語の統語論について最小限の仮定をおけば、そのまま日本語文法に応用できるということ、すなわち TDL の頑健性を示す。

日本語にも、英語で問題とされている量化・照応の複雑な現象が多く見られる。たとえば(7)(8)に対応するEタイプ照応は日本語にもみられる。

(11) 一人の男が店に駆け込んできた。その男はけがをしているようだった。
(12) ほとんどの学生がパーティに出席した。そいつらが酔っぱらっていたので、他の出席者は嫌な思いをした。

しかし、これまで日本語を対象とした形式意味論研究は非常に少なく、日本語の量化・照応に関する分析は、[17]を除けばこれまでにほとんどなされていない。

以下では、2節で TDL 言語を定義し、3節では遅延量化について解説し、4節ではTDL言語に基づく文法理論TCGによる日本語文法を導入する。そして5節で、Eタイプ照応の問題がいかに解決されるかを見ることにする。

2. 型付き動的論理(TDL)の定義

以下、TDL 言語の定義を行っていく。

2.1. 領域

定義 1 (領域)

領域は以下のように再帰的に定義される。

D_{Index}, D_{Entity}, D_{Truth} = {TRUE, FALSE}, $D_{Integer}$ = {0,1,2,...} は領域である。

D_σ と D_τ が 領域なら、$D_{\sigma\to\tau} = D_\tau^{D_\sigma}$ は、D_σ から D_τへの集合論的関数の領域である。なお、'→'は右結合であるので$\sigma_1\to\sigma_2\to...\to\sigma_n$のように$(\sigma_1\to(\sigma_2\to(...\to\sigma_n)))$を簡略化して示す。

ここでは、定義 1に枚挙されている領域を基本領域と呼び、その他を複合領域と呼ぶ。通常型付きλ計算においては任意の集合を基本領域と見なすが、TDL では上で定義した四つの領域のみを基本領域とする。

2.2. TDL の統語論

定義 2 (記号)

TDL における記号は以下の部分からなる。

Type: 型の集合
Con(σ):各σ∈Type について、σ型の定項
Var(σ): 各σ∈Type について、σ型の変項
=: 等号
補助記号: ⋋, ⋌, ⟨period⟩, ⟨colon⟩, ⟨left bracket⟩, ⟨right bracket⟩, ⟨slash⟩, ⟨back slash⟩

Type は Entity, Index, Truth のように、最初の文字だけを大文字で、残りを小文字で表記する。定項は a, b, c, x, y, z のように小文字で、変項は A, B, C, X, Y, Z のように大文字で表記する。.

定義 3 (型)

Type は以下のように再帰的に定義する。

Entity, Index, Truth, Integer∈Type.
$\sigma, \tau\in Type \Rightarrow \sigma/\tau, \tau\backslash\sigma\in Type$

定義 4 (λ項)

type σのλ項の集合(Λ_σと表記)は以下のように再帰的に定義される。

(i)	$c\in Con(\sigma)$	$\Rightarrow c\in\Lambda_\sigma$
(ii)	$\xi\in Var(\sigma)$	$\Rightarrow \xi\in\Lambda_\sigma$
(iii)	$X\in\Lambda_{\sigma/\tau}, Y\in\Lambda_\tau$	$\Rightarrow (X\ Y)\in\Lambda_\sigma$
(iv)	$X\in\Lambda_\tau, Y\in\Lambda_{\tau\backslash\sigma}$	$\Rightarrow (X\ Y)\in\Lambda_\sigma$
(v)	$\xi\in Var(\sigma), X\in\Lambda_\tau$	$\Rightarrow$ (⋋ξ.X) $\in\Lambda_{\tau/\sigma}$
(vi)	$\xi\in Var(\sigma), X\in\Lambda_\tau$	$\Rightarrow$ (⋌ξ.X) $\in\Lambda_{\sigma\backslash\tau}$
(vii)	$X\in\Lambda_\sigma, Y\in\Lambda_\sigma$	$\Rightarrow (X=Y)\in\Lambda_{Truth}$
(viii)	$\xi\in Var(Entity), X\in\Lambda_{Truth}$	$\Rightarrow (\#\xi.X)\in\Lambda_{Integer}$

以下、$X\in\Lambda_\sigma$を$X:\sigma$のように表記する。

2.3. TDL の意味論

TDL の解釈は、モデル M と可算列 s の二つ組⟨M,s⟩であり、Λ_σ

からD_σへの写像である。モデル M は領域 $D=\cup_\sigma D_\sigma$と関数 F の二つ組$\langle D,F\rangle$であり、F は Con(σ)からD_σへの写像である。可算列 s は Var(σ)から D_σへの写像で、s[ξ:=α]は s(ξ)=αであるという点においてのみ s と異なる可算列であるとする。Λ_σの⟨M,s⟩の元での解釈は$[[\Lambda_\sigma]]_{M,s}$と書く。

定義 5 (解釈)

$[[c{:}\sigma]]_{M,s} = F(c)\in D_\sigma$

$[[\xi{:}\sigma]]_{M,s} = s(\xi)\in D_\sigma$

$[[(X{:}\sigma/\tau \quad Y{:}\tau)]]_{M,s} = [[X]]_{M,s}([[Y]]_{M,s}) \in D_\sigma$

$[[(X{:}\sigma \quad Y{:}\sigma\backslash\tau)]]_{M,s} = [[Y]]_{M,s}([[X]]_{M,s}) \in D_\tau$

$([[\lambda\xi{:}\sigma.X]]_{M,s})(\alpha) = [[X]]_{M,s[\xi:=\alpha]}$ where $\alpha\in D_\sigma$

$[[\#\xi{:}\sigma.X]]_{M,s} = |\{d\in D_\sigma | [[X]]_{M,s[\xi:=d]}=\mathrm{TRUE}\}| \in D_{Integer}$

$[[X = Y]]_{M,s} =$ TRUE if $[[X]]_{M,s} = [[Y]]_{M,s}$
FALSE otherwise

2.4. TDL の命題

Prop 型のλ項は、TDL において特別な役割、つまり古典論理における命題の役割を果たしている。TDL の命題は真偽値を表しているのではなく、前章で述べたように、割り当て関数の集合から、割り当て関数の集合への写像を表している。

定義 6 (命題の定義に必要な三つの複合型)

Assignment $\equiv_{def}$ Entity/Index

Context $\equiv_{def}$ Truth/Assignment

Prop $\equiv_{def}$ Context\Context

定義 7 (初期文脈と空文脈)

all $\equiv_{def}$ λA:Assignment.[T]

∅ $\equiv_{def}$ λA:Assignment.[⊥]

定義 8 (命題の充足可能性)

For any φ:Prop, and G: Context,

φ is satisfiable in G ≡ Gφ≠∅

φ is satisfiable ≡ (all)φ≠∅

次の定義が、TDL における命題すなわち Prop 型のλ項の定義である。

定義 9 (TDL の命題: formal definition)

For any G : Context
R : Truth/Entity/.../Entity
$X, X_1,...,X_n$: Index
φ, ψ : Prop

$R'(X_1,...,X_n)$	$= \lambda G\lambda A.[G(A)\&R(A(X_1),...,A(X_n))]$
$\begin{bmatrix}\phi\\ \phi\end{bmatrix}$	$= \varphi\wedge\psi \quad = \lambda G.(G\varphi)\psi$
$\neg\varphi$	$= \lambda G.\ \lambda A.[G(A)\&\sim\exists B.[(G\varphi)\ B]]$
$\Delta X[\varphi]$	$= \lambda G\lambda A.\exists D.[((\lambda B.[G(B)\ \&B(X)=D])\varphi)A]$

定義 10 (Type definitions of symbols)

' :(Truth/Entity/…/Entity)\(Prop/Index/…/Index)

∧ :Prop\Prop/Prop

¬ :Prop/Prop

Δ :Prop/Prop/Index

= :Integer\Prop/Integer

∧については、結合則が得られる。証明は[2]で示されている。

定理 1 (∧の結合則)

For any φ, ψ, χ:Prop,

$\varphi\wedge(\psi\wedge\chi) = (\varphi\wedge\psi)\wedge\chi$

3. 遅延量化

TDL の遅延量化は、Cardinality Test と呼ばれる命題を用いて行われる。以下、遅延量化の概念を、順を追って定義する。

定義 11 (集合の濃度)

For any G:Context, and X:Index,

$|G|X = \#D.\exists A.[G(A)\&A(X)=D]$:Integer

定義 12 (Unary Cardinality Tests)

For any N :Integer, and X :Index,

$N+(X) = \lambda G.\ \lambda A.[G(A)\&|G|X>N]$:Prop

$N(X) = \lambda G.\ \lambda A.[G(A)\&|G|X = N]$:Prop

$N-(X) = \lambda G.\ \lambda A.[G(A)\&|G|X<N]$:Prop

定義 13 (Binary Cardinality Tests)

For any X, Y :Index,

every(X,Y) =

$\lambda G\lambda A.[G(A)\&(|G|Y = |G|X)\&|G|Y>0]$:Prop

most(X,Y) =

$\lambda G\lambda A.[G(A)\&(|G|Y>|G|X-|G|Y)\&|G|Y>0]$:Prop

more_than_half(X,Y) =

$\lambda G\lambda A.[G(A)\&(|G|Y\geq|G|X-|G|Y)\&|G|Y>0]$:Prop

less_than_half(X,Y) =

$\lambda G\lambda A.[G(A)\&(|G|Y\leq|G|X-|G|Y)\&|G|Y>0]$:Prop a_few(X,Y) =

$\lambda G.\lambda A.[G(A)\&(|G|Y<|G|X-|G|Y)\&|G|Y>0]$:Prop

数量化子や一般化量化子によって通常(13)(14)のように書かれる命題は、TDL では(15)(16)のように書かれる。

(13) $2(x)[P(x)]$

(14) $Most(x)[P(x)][Q(x)]$

(15) $\begin{bmatrix} P(X) \\ 2^{+}(X) \end{bmatrix}$

(16) $\begin{bmatrix} \Delta X \begin{bmatrix} P(X) \\ X \trianglerighteq X' \\ Q(X') \end{bmatrix} \\ most(X,X') \end{bmatrix}$

ただし、ここで用いている$\trianglerighteq$は指標(Index 型のλ項)のコピーである。これにより、X'は一般化量化子 most の母集団を指す指標となる。コピーにおいては以下の定義の性質により、二つの指標間の独立性が保たれる。

定義 14 (指標のコピー)

For any X, Y:Index,

$X \trianglerighteq Y = \lambda G.\lambda A.[G(A)\&\exists B.[G(B)\&B(X)=A(Y)]]$:Prop

存在量化については、動的論理としての以下のような性質が証明されている[2]。

定理 2

$0+(X) = \lambda G.[G]$

定理 3

EXIST X $[\varphi] = \varphi$

定理 4

For any X:Index, φ,ψ:Prop,

EXIST X $[\varphi]\wedge\psi$ = EXIST X $[\varphi\wedge\psi] = \varphi\wedge\psi$

4. TDL に基づく範疇文法(TDL-based Categorial Grammar: TCG)と日本語

TCG は TDL の型に基づく範疇文法である。TDL のλ項は全て型付きであるため、統語表示から意味表示への翻訳といった操作を特に仮定することなく、そのまま範疇文法が記述できるのが利点である。

ここでは、TCG による日本語文法は[4]を用いる。文法の詳細を議論することは避け、問題となったEタイプ照応の例文のうち、最も複雑な(12)を分析するのに必要な語彙項目を提示するに留める。しかし、文法は十分に構成的なものであるので、(11)を含む単純な例についての分析がどのようになるかは自明であると思われる。

まず、(12)を(17)として再掲した上で、この文に現れる語について、語彙項目を定義する。

(17) ほとんどの学生がパーティに出席した。そいつらが酔っぱらっていた(ので他の出席者は嫌な思いをした)。

(18) 普通名詞

$$\begin{array}{c} \text{"学生"} \\ \hline N \equiv Prop/Pred/Index \\ \lambda X.\lambda P.\begin{bmatrix} \mathit{student}(X) \\ P(X) \end{bmatrix} \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{"パーティ"} \\ \hline N \equiv Prop/Pred/Index \\ \lambda X.\lambda P.\begin{bmatrix} \mathit{party}(X) \\ P(X) \end{bmatrix} \end{array}$$

(19) 動詞

$$\begin{array}{c} \text{"出席し"} \\ \hline V \equiv Prop/Pred/Index \\ \lambda E.\lambda P.\begin{bmatrix} \mathit{attending}(E) \\ P(E) \end{bmatrix} \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{"酔っぱらっ"} \\ \hline V \equiv Prop/Pred/Index \\ \lambda E.\lambda P.\begin{bmatrix} \mathit{drunk}(E) \\ P(E) \end{bmatrix} \end{array}$$

(20) 左から係る量化表現

$$\begin{array}{c} \text{"ほとんどの"} \\ \hline D/N \equiv V/V/Rel/N \\ \lambda N.\lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\begin{bmatrix} \Delta x_1 \left[N(x_1,\lambda X.\left[V(\varepsilon,\lambda E.\begin{bmatrix} x_1 \trianglerighteq x_0 \\ \theta(E,X) \\ P(E) \end{bmatrix}) \right]) \right] \\ \mathit{most}(x_0,x_1) \end{bmatrix} \end{array}$$

(21) 名詞接尾辞

$$\begin{array}{c} \emptyset \\ \hline D\backslash N \\ \lambda N.\lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[N(x_2,\lambda X.\left[V(\varepsilon,\lambda E.\begin{bmatrix} \theta(E,X) \\ P(E) \end{bmatrix}) \right]) \right] \end{array}$$

名詞接尾辞は音形を持たない場合は単数にも複数にも解釈できる。複数にしか解釈できない「達」等は以下のような語彙項目を持つ。

$$\begin{array}{c} \text{"達"} \\ \hline D\backslash N \equiv V/V/Rel\backslash N \\ \lambda N.\lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\begin{bmatrix} N(x_1,\lambda X.\left[V(\varepsilon,\lambda E.\begin{bmatrix} \theta(E,X) \\ P(E) \end{bmatrix}) \right]) \\ 2^{+}(x_1) \end{bmatrix} \end{array}$$

(22) 格助詞

$$\begin{array}{c}\text{"が"}\\ \hline \mathrm{Rel}\\ \lambda E.\lambda X.[\mathit{agent}(E,X)]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\text{"に"}\\ \hline \mathrm{Rel}\\ \lambda E.\lambda X.[\mathit{to}(E,X)]\end{array}$$

(23) 時制を表す助動詞

$$\begin{array}{c}\text{"た"}\\ \hline \mathrm{Prop}\backslash \mathrm{V}\\ \lambda V.[V(e_1,\lambda E.[\mathit{past}(E)])]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\text{"ていた"}\\ \hline \mathrm{Prop}\backslash \mathrm{V}\\ \lambda V.\left[V(e_1,\lambda E.\left[\begin{array}{l}\mathit{prog}(E)\\ \mathit{past}(E)\end{array}\right])\right]\end{array}$$

(24) 指示詞(ソ系列)

$$\begin{array}{c}\text{"そいつら"}\\ \hline \mathrm{D}\equiv \mathrm{V/V/Rel}\\ \lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\xi \trianglerighteq x_1\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}\theta(E,x_1)\\ P(E)\end{array}\right])\\ \mathit{every}(\xi,x_1)\end{array}\right]\end{array}$$

但しξは束縛された指標(bound index)である[2]。

(25) "ほとんどの学生が"

$$\begin{array}{c}\text{"ほとんどの"}\\ \hline \mathrm{D/N}\equiv \mathrm{V/V/Rel/N}\\ \lambda N.\lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\Delta x_1\left[N(x_1,\lambda X.\left[V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}X\trianglerighteq x_0\\ \theta(E,X)\\ P(E)\end{array}\right])\right])\right]\\ \mathit{most}(x_0,x_1)\end{array}\right]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\text{"学生"}\\ \hline \mathrm{N}\equiv \mathrm{Prop/Pred/Index}\\ \lambda X.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\mathit{student}(X)\\ P(X)\end{array}\right]\end{array}$$

$$\begin{array}{c}\mathrm{D}\equiv \mathrm{V/V/Rel}\\ \lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\Delta x_1\left[\begin{array}{l}\mathit{student}(x_1)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}x_1\trianglerighteq x_0\\ \theta(E,x_1)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]\\ \mathit{most}(x_0,x_1)\end{array}\right]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\text{"が"}\\ \hline \mathrm{Rel}\\ \lambda E.\lambda X.[\mathit{agent}(E,X)]\end{array}$$

$$\begin{array}{c}\mathrm{V/V}\\ \lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\Delta x_1\left[\begin{array}{l}\mathit{student}(x_1)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}x_1\trianglerighteq x_0\\ \mathit{agent}(E,x_1)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]\\ \mathit{most}(x_0,x_1)\end{array}\right]\end{array}$$

(26) "パーティに"

$$\begin{array}{c}\text{"パーティ"}\\ \hline \mathrm{N}\equiv \mathrm{Prop/Pred/Index}\\ \lambda X.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\mathit{party}(X)\\ P(X)\end{array}\right]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\varnothing\\ \hline \mathrm{D}\backslash \mathrm{N}\\ \lambda N.\lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[N(x_2,\lambda X.\left[V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}\theta(E,X)\\ P(E)\end{array}\right])\right])\right]\end{array}$$

$$\begin{array}{c}\mathrm{D}\equiv \mathrm{V/V/Rel}\\ \lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\mathit{party}(x_2)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}\theta(E,x_2)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]\end{array}\qquad\begin{array}{c}\text{"に"}\\ \hline \mathrm{Rel}\\ \lambda E.\lambda X.[\mathit{to}(E,X)]\end{array}$$

$$\begin{array}{c}\mathrm{V/V}\\ \lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l}\mathit{party}(x_2)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l}\mathit{to}(E,x_2)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]\end{array}$$

(27) “ほとんどの学生がパーティに出席した”

"パーティに"

$$\mathbf{V/V}\qquad \lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} party(x_2)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l} to(E,x_2)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]$$

"出席し"

$$\mathbf{V\equiv Prop/Pred/Index}\qquad \lambda E.\lambda P.\left[\begin{array}{l} attending(E)\\ P(E)\end{array}\right]$$

$$\mathbf{V}\qquad \lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} party(x_2)\\ attending(\varepsilon)\\ to(\varepsilon,x_2)\\ P(\varepsilon)\end{array}\right]$$

"ほとんどの学生が"

$$\mathbf{V/V}\qquad \lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} \Delta x_1\left[\begin{array}{l} student(x_1)\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l} x_1 \trianglerighteq x_0\\ agent(E,x_1)\\ P(E)\end{array}\right])\end{array}\right]\\ most(x_0,x_1)\end{array}\right]$$

$$\mathbf{V}\qquad \lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} \Delta x_1\left[\begin{array}{l} student(x_1)\\ party(x_2)\\ attending(\varepsilon)\\ to(\varepsilon,x_2)\\ x_1 \trianglerighteq x_0\\ agent(\varepsilon,x_1)\\ P(\varepsilon)\end{array}\right]\\ most(x_0,x_1)\end{array}\right]$$

"た"

$$\mathbf{Prop\backslash V}\qquad \lambda V.[V(e_1,\lambda E.past(E))]$$

$$\mathbf{Prop}\qquad \left[\begin{array}{l} \Delta x_1\left[\begin{array}{l} student(x_1)\\ party(x_2)\\ attending(e_1)\\ to(e_1,x_2)\\ x_1 \trianglerighteq x_0\\ agent(e_1,x_1)\\ past(e_1)\end{array}\right]\\ most(x_0,x_1)\end{array}\right]$$

(28) “そいつらが”酔っぱらっていた

"そいつら"

$$\mathbf{D\equiv V/V/Rel}\qquad \lambda\theta.\lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} x_1 \trianglerighteq x_3\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l} \theta(E,x_3)\\ P(E)\end{array}\right])\\ every(x_1,x_3)\end{array}\right]$$

"が"

$$\mathbf{Rel}\qquad \lambda E.\lambda X.[agent(E,X)]$$

$$\mathbf{V/V}\qquad \lambda V.\lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} x_1 \trianglerighteq x_3\\ V(\varepsilon,\lambda E.\left[\begin{array}{l} agent(E,x_3)\\ P(E)\end{array}\right])\\ every(x_1,x_3)\end{array}\right]$$

"酔っぱらっ"

$$\mathbf{V\equiv Prop/Pred/Index}\qquad \lambda E.\lambda P.\left[\begin{array}{l} drunk(E)\\ P(E)\end{array}\right]$$

$$\mathbf{V}\qquad \lambda\varepsilon.\lambda P.\left[\begin{array}{l} x_1 \trianglerighteq x_3\\ drunk(\varepsilon)\\ agent(\varepsilon,x_3)\\ P(\varepsilon)\\ every(x_1,x_3)\end{array}\right]$$

"ていた"

$$\mathbf{Prop\backslash V}\qquad \lambda V.\left[V(e_2,\lambda E.\left[\begin{array}{l} prog(E)\\ past(E)\end{array}\right])\right]$$

$$\mathbf{Prop}\qquad \left[\begin{array}{l} x_1 \trianglerighteq x_3\\ drunk(e_2)\\ agent(e_2,x_3)\\ prog(e_2)\\ past(e_2)\\ every(x_1,x_3)\end{array}\right]$$

5. Eタイプ照応の解決

以上の導出より、(17)全体としては、(29)のような意味表示が得られる。

(29)

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1 \overset{\text{Prop}}{\begin{bmatrix} student(x_1) \\ party(x_2) \\ attending(e_1) \\ to(e_1,x_2) \\ x_1 \trianglerighteq x_0 \\ agent(e_1,x_1) \\ past(e_1) \end{bmatrix}} \\ most(x_0,x_1) \end{bmatrix} \wedge \overset{\text{Prop}}{\begin{bmatrix} x_1 \trianglerighteq x_3 \\ drunk(e_2) \\ agent(e_2,x_3) \\ prog(e_2) \\ past(e_2) \\ every(x_1,x_3) \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} \Delta x_1 \overset{\text{Prop}}{\begin{bmatrix} student(x_1) \\ party(x_2) \\ attending(e_1) \\ to(e_1,x_2) \\ x_1 \trianglerighteq x_0 \\ agent(e_1,x_1) \\ past(e_1) \end{bmatrix}} \\ most(x_0,x_1) \\ x_1 \trianglerighteq x_3 \\ drunk(e_2) \\ agent(e_2,x_3) \\ prog(e_2) \\ past(e_2) \\ every(x_1,x_3) \end{bmatrix}$$

ここで x_0 x_1 x_2 x_3 e_1 e_2 はそれぞれ、学生全体、パーティに出席した学生、パーティ、パーティに出席した学生のうち酔っぱらっていた学生、出席であるようなイベント、酔っぱらうイベント、である。

遅延量化による一般化量化子の定義により、学生全体とパーティに出席した学生を比較し、後者が前者の「ほとんど」であるという真理条件が正しく記述されている。また、(24)にみられるように、照応的な表現の中に全称量化が含まれるのがTDLの特徴であるが、その結果パーティに出席した学生と、パーティに出席した学生のうち酔っぱらっていた学生を比較し、後者と前者が集合として等しいという真理条件が正しく記述されている。

このように、TDLとTCGにより日本語においてもEタイプ照応の真理条件の導出が可能になる。

6. 結論

本論文では、型付き動的論理(TDL)に基づく範疇文法であるTCGによって、部分的にではあるが、日本語の主要な範疇について辞書項目を提示した。それによって、これまで試みが少なかった日本語の compositional semantics を構築することができることを示した。またTDLが英語を対象に示してきた、他の理論に対する優位性(累積読みやEタイプ照応を含む、量化と照応の統一理論)をそのまま日本語の分析に取り入れることが可能であることも示した。

また、遊離数量詞や裸名詞といった日本語特有の量化現象について、今回提案している理論を用いてうまく記述できることが既に分かっている。紙面の都合で触れることができなかったので、次の機会に譲ることにしたい。

文献

[1] J. Barwise, and R. Cooper, Generalized Quantifiers and Natural Language, in Linguistics and Philosophy 4, pp.159-219, 1981.

[2] D. Bekki, Typed Dynamic Logic for Compositional Grammar, Doctoral Dissertation, The University of Tokyo, 2000.

[3] D. Bekki, Typed Dynamic Logic for E-type Link, Proc. Third International Conference on Discourse Anaphora and Anaphor Resolution (DAARC2000), pp.39-48, November 2000.

[4] D. Bekki, TDL-based Categorial Grammar for Japanese, ms. The University of Tokyo, 2002.

[5] M. H. van den Berg, A Dynamic Logic for Plurals, in Proceeding of the Seventh Amsterdam Colloquium, eds. M. Stokhof and L. Torenvliet, ITLI(ILLC), Amsterdam, 1990.

[6] G. Evans, Pronouns, Quantifiers and Relative Clauses, in Canadian Journal of Philosophy 7, pp.467-536, 1977.

[7] G. Evans, Pronouns, in Linguistic Inquiry 11, pp.337-362, 1980.

[8] J. Groenendijk, and M. Stokhof, Dynamic Predicate Logic, in Linguistics and Philosophy 14, pp.39-100, 1991.

[9] H. Kamp, and U. Reyle, From Discourse to Logic, Kluwer Academic Publishers, 1993.

[10] M. Krifka, Parametrized Sum Individuals For Plural Anaphora, in Linguistics and Philosophy 19, pp.555-598, 1996.

[11] R. Montague, Pragmatics and intensional logic, Synthese 22, pp. 68-94, 1970; reprinted in Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague, pp.119-147, 1974.

[12] R. Montague, The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English, in Approaches to Natural Language, eds. J. Hintikka, J. Moravcsic, and P. Suppes, pp.221-242, Dordrecht, Reidel, 1974.

[13] A. Mostowski, On a Generalization of Quantifiers, in Fund, Math 44, pp.12-36, 1957.

[14] R.J.H. Scha, A formal treatment of some aspect of quantification in English (Abstract), in Preprints of the 7th International Conference on Computational Linguistics, Bergen, Norway, 1978.

[15] R.J.H. Scha, Distributive, Collective and Cumulative Quantification, in J. Groenendijk et al. part 2, pp.483-517, reprinted in Scha (1984).

[16] R.J.H. Scha, Distributive, Collective and Cumulative Quantification, in Truth, Interpretation and Information (GRASS 2), eds. J. Groenendijk et al., pp.131-158, Foris, Dordrecht, 1984.

[17] 飯田隆, "日本語形式意味論の試み——名詞句の意味論——", 平成 9-11 年度科学研究費補助金[基盤研究(B)(2)]研究成果報告書, 「日本語と論理学」, 研究課題番号: 09410002, 2000 年.