

依存型理論による日本語のテンスの分析

宇津木舞香 (指導教員：戸次大介)

1 はじめに

自然言語で記述された文の多くは時間に関する情報を含んでいる。たとえば、「犬が走った」というたった5文字から成る文も、出来事が発話時に対して過去に位置するという時間情報を含んでいる。さらに、文間や文内における時間情報を考えるには、各語彙項目がもつ時間情報のほかにも、2種類の時制解釈(相対テンス解釈・絶対テンス解釈)について考慮する必要がある。形式意味論の分野では多くの言語現象に関する分析が行われているが、時間に関する情報を含む現象を網羅するような理論は確立されていない。本研究では2つの時制解釈を含めた時間情報の記述を試みる。

2 背景

2.1 組合せ範疇文法 (CCG)

CCG[7]は語彙化文法のひとつであり、語の統語構造や意味構造の情報が記述された辞書と組合せ規則からなる。辞書に含まれる各語彙項目は以下のように音韻表示・統語範疇・意味表示の3つ組で表される

音韻表示	統語範疇	意味表示
食べる	$S \setminus NP_{ga} / NP_o$	$\lambda y. \lambda x. \lambda e. eat(e, x, y)$
走る	$S \setminus NP_{ga}$	$\lambda x. \lambda e. run(e, x)$
花子	$T / (T \setminus NP_{ga})$	$\lambda P. P(hanako)$

統語範疇の計算と意味表示の合成は組合せ規則によって同時に行われる。たとえば、「花子がりんごを食べる」は関数適用規則を適用することで図1のように計算される。

	りんごを	食べる
	$T / (T \setminus NP_o) :$ $\lambda P. P(ringo)$	$S \setminus NP_{ga} \setminus NP_o :$ $\lambda y. \lambda x. \lambda e. taberu(e, x, y)$
花子が	>	
$T / (T \setminus NP_{ga}) :$ $\lambda P. P(hanako)$	$S \setminus NP_{ga} :$ $\lambda x. \lambda e. eat(e, x, ringo)$	
<	S :	
	$\lambda e. taberu(e, hanako, ringo)$	

図1. 「花子がりんごを食べる」の導出

2.2 依存型意味論 (DTS)

DTS[1]は談話理論のひとつであり、Underspecified Dependent Type Theory (UDTT)に基づいた証明論的意味論である。UDTTは依存型理論(dependent type theory; DTT)[4]に@演算子を追加した体系である。DTTでは項に依存した型が記述可能であり、重要な型構成子として Σ 型と Π 型をもつ(表1)。表1におけるBはA型である項 x に依存している。DTSでは、 Σ 型と Π 型をそれぞれ自然言語の存在量化と全称量化に対応させている。たとえば、(1)の意味表示は(2)として与えられる。

- (1) Every man raged.
 (2) $\left(u : \left[\begin{array}{l} x:\text{entity} \\ \text{man}(x) \end{array} \right] \right) \rightarrow \text{raged}(\pi_1(u))$

*every*が全称量化として扱われ、各語彙項目の意味表示と合成されることで文全体が Π 型となる。ここで u は、型entityである項 x と、 x に依存した型 $\text{man}(x)$

からなる Σ 型をもつ。 $\text{raged}(\pi_1(u))$ の $\pi_1(u)$ は u の第一要素であるentityを指している。このように、DTSでは先行する文脈や句を考慮した意味表示を記述することが可能となる。UDTTで導入された@演算子は、聞き手にとって未知の情報を表すために用いられる。DTSでは、照応表現や前提トリガーの意味を@演算子を用いて記述することで、照応現象・前提現象の説明が可能となる。

2.3 DTSにおける時間的概念

宇津木ら[5]では、時間に関する情報を記述するために、DTSに新たな型timeと、time型を用いた時制文の意味表現を導入した。以降ではこの体系をtensed DTSと呼ぶ。time型は有理数の直積型であり、開始時刻pivotと区間長lengthの2つ組として定義する。定義1 (time型) .

$$\text{time} \stackrel{\text{def}}{=} \mathbb{Q} \times \mathbb{Q}$$

time型を導入することで、過去・非過去の情報を意味表示に記述することが可能となる。たとえば、(3)の意味表示は(4)として与えられる。

- (3) 犬が走った。

$$(4) \left[\begin{array}{l} t:\text{time} \\ u : \left[\begin{array}{l} x:\text{entity} \\ \text{dog}(x) \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{l} e:\text{run}(\pi_1(u)) \\ t = \text{dur}(e) \end{array} \right] \\ t \otimes \text{st} \\ t < \text{st} \end{array} \right]$$

ここでdurは何らかの出来事を受け取ったらその時間を返す関数であり、二項関係 $<$ は時間の前後関係を指定する。また、stは発話時(speech time)を表す。(4)では、犬が走るという出来事の時間を t とし、 t がstよりも過去に位置することを表している。

3 時間情報に関わる表現

3.1 eventuality (出来事)

eventuality[2]とは文中に現れる出来事のことであり、eventかstateのいずれかである。中村[8]によると、eventとstateにはテンスにおける振る舞いにおいて違いが存在する。この違いは非過去の場合に現れ、stateは発話時と重なることができるのに対し、eventは発話時と重なることができないという特徴をもつ。よって、eventとstateを表す述語はそれぞれ異なる意味表示となる。以下にeventを表す動態動詞「走る」とstateを表す形容詞「静かだ」の語幹の意味表示を示す。

$$(5) \text{走} \vdash S \setminus NP_{ga} : \lambda x. \lambda t. \lambda r. \left[\begin{array}{l} e:\text{run}(x) \\ \text{dur}(e) = t \end{array} \right]$$

$$(6) \text{静か} \vdash S \setminus NP_{ga} : \lambda x. \lambda t. \lambda r. \left[\begin{array}{l} s:\text{calm}(x) \\ t \sqsubseteq \text{dur}(s) \end{array} \right]$$

(5)ではevent $\text{run}(x)$ の時間を t とおいているのに対し、(6)は、動態動詞とは異なり、 t の上にstate $\text{calm}(x)$ がまたがるように存在する。

$$\begin{array}{c}
\frac{M : \mathbf{A} \quad N : \mathbf{B}[M/x]}{(M, N) : \left[\begin{array}{c} x : \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{array} \right]} \text{(\Sigma I)} \\
\frac{\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B} : \text{type} \quad \vdots \quad M : \mathbf{B}}{\lambda x. M : (x : \mathbf{A}) \rightarrow \mathbf{B}} \text{(\Pi I)}
\end{array}
\qquad
\frac{M : \left[\begin{array}{c} x : \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{array} \right]}{\pi_1(M) : \mathbf{A}} \text{(\Sigma E)} \qquad
\frac{M : \left[\begin{array}{c} x : \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{array} \right]}{\pi_2(M) : \mathbf{B}[\pi_1(M)/x]} \text{(\Sigma E)}$$

$$\frac{M : (x : \mathbf{A}) \rightarrow \mathbf{B} \quad N : \mathbf{A}}{MN : \mathbf{B}[N/x]} \text{(\Pi E)}$$

表 1: DTT における Σ 型と Π 型の導入規則と除去規則

3.2 テンス

テンスとは *eventuality* の時間を参照点に対して位置づける文法形式である。日本語では助動詞「た」と終止形活用語尾「る」がそれぞれ過去・非過去を表している。tensed DTS による意味表示を以下に示す。

$$(7) \quad \text{た} \vdash S \setminus S : \lambda P. \lambda t. \lambda r. \left[\begin{array}{c} Ptc \\ t < r \end{array} \right]$$

$$(8) \quad \text{る} \vdash S \setminus S : \lambda P. \lambda t. \lambda r. \left[\begin{array}{c} Ptc \\ \neg(t < r) \end{array} \right]$$

ここで r は参照点である。主文の場合には r に発話時 st が代入され、述語 P のもつ時間 t との関係が指定されることになる。

4 相対テンス・絶対テンス

前節では *eventuality* とテンスを表す表現の語彙項目を導入した。しかし、文間や文内の時間関係を記述するには、これらの語彙項目だけではなく、「時制解釈」について考慮する必要がある。時制解釈には、現在点を直示中心とするような「絶対テンス」と、現在点を直示中心とすることをその意味に含まないような「相対テンス」が存在する [6]。一般に、日本語では主節は発話時間を直示中心として解釈されるため、絶対テンスとなる。一方で従属節は、発話時間以外の時間を直示中心として解釈されることがある。そのため、(7)(8)における述語 P の時間 t は、発話時ではなく参照点 r との関係が記述されている。絶対テンス解釈の場合には r に発話時が代入され、相対テンスの場合には文脈上の何らかの時間が代入されることになる。

4.1 絶対テンス

絶対テンスの場合には以下の *absolute tense rule* を適用することで、参照点に発話時 st を与えらる。定義 2 (*absolute tense rule*)

$$\frac{S : P}{\bar{S} : \left[\begin{array}{c} t : \text{time} \\ Pt(st) \\ \text{Drel}(@ : \text{time}, t) \end{array} \right]} \text{(abs)}$$

ここで、 Drel は談話関係 [3] によって与えられる時間関係の制約を表す。複数の文からなる談話全体の意味を考えるには、文内だけでなく文間の時間関係を考慮する必要があり、 Drel はその役割を担っている。

4.2 相対テンス

以下は従属節が相対テンス解釈を受ける例である。従属節で導入される出来事的时间は、発話時ではなく主節が表す *event* の時間を直示中心として解釈される。

$$(9) \quad \text{太郎が帰る前に、花子が来た。}$$

「来る」は非過去形として表されているが、ここでは発話時に対して非過去なのではなく、主節の出来事的时间に対して非過去であると解釈される。主節と従属

節の 2 つの出来事間の時間関係は、各節のテンスと、従属節導入表現の組合せによって決定される。従属節導入表現「前に」の意味表示を以下に示す。

$$(10) \quad \text{前に} \vdash (T/T) \setminus S : \lambda P. \lambda Q. \lambda t. \lambda r. \left[\begin{array}{c} t' : \text{time} \\ t < t' \\ u : Pt't \\ Qtr \end{array} \right]$$

従属節 P が表す出来事の参照点に、主節 Q が表す出来事的时间 t を渡すことで、従属節が表す出来事のもつ時間が、主節が表す出来事的时间 t に対して非過去であるという意味を記述することが可能になる。よって、従属節、主節、従属節導入表現の意味表示を合成することで、(9) の意味表示は以下のようにになる。

$$(11) \quad \left[\begin{array}{c} t : \text{time} \\ \left[\begin{array}{c} t' : \text{time} \\ t < t' \\ u : \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} e : \text{go back}(tarō) \\ t' = \text{dur}(e) \end{array} \right] \\ t \odot t' \\ \neg(t' < t) \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{c} e : \text{come}(hanako) \\ t = \text{dur}(e) \\ t \odot st \\ t < st \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

5 おわりに

依存型理論を用いて、日本語の時間に関わる情報を記述することが本研究の目的である。依存型意味論に *time* 型を導入した tensed DTS を用いて、*eventuality* の区別や過去・非過去の対立を意味表示に記述することが可能となった。さらに、参照点 r を導入することで相対テンス・絶対テンスの区別を可能とし、談話関係によって与えられる文間の時間情報や、従属節を含む文の文内の時間情報の記述を試みた。

参考文献

- [1] Bekki Daisuke and Mineshima Koji. Context-Passing and Underspecification in Dependent Type Semantics, to appear in *Modern Type Theory*, Z.Luo and S.chatzikyriakidis (eds.), Springer.
- [2] Kamp Hans and Uwe Reyle. *From discourse to logic: Introduction to modeltheoretic semantics of natural language, formal logic and discourse representation theory*. No. 42. Springer Science & Business Media, 1993.
- [3] Kimi Kaneko and Daisuke Bekki. "Toward a Discourse Theory for Annotating Causal Relations in Japanese", *The 28th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computing*, 2014.
- [4] Martin-Löf, Per. *Intuitionistic Type Theory*. vol. 17. Naples: Italy: Bibliopolis, 1984.
- [5] 宇津木舞香, 戸次大介. 依存型意味論による日本語にテンス・アスペクトの分析にむけて. 第 29 回人工知能学会全国大会論文集 (CD-ROM), はこだて未来大学, 2015.
- [6] バーナード・コムリー. 『テンス』, 久保修三訳, 開拓社, 2014.
- [7] 戸次大介. 『日本語文法の形式理論 活用体系・統語構造・意味合成』, 日本語研究叢書 24. くろしお出版, 2010.
- [8] 中村ちどり. 『日本語の時間表現. Vol. 14.』 くろしお出版, 2001.