

談話表示理論と依存型意味論における上書き問題

築有紀子 (指導教員: 戸次大介)

1 はじめに

自然言語の意味論においては“言語表現の意味はその構造と構成要素の意味によって決まる”という構成性 (Compositionality) の原理が広く仮定されている。構成性の原理によると、全ての語に対して意味表示が与えられていれば、全ての文の意味は計算可能である。

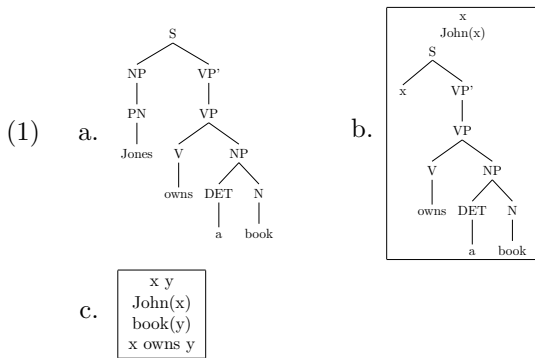
本研究の目的は、構成性の観点から談話表示理論 (Discourse Representation Theory; Kamp (1981), 以下 DRT) と依存型意味論 (Dependent Type Semantics; Bekki and Mineshima (2017), 以下 DTS) を比較することである。Kamp (1981) および Kamp and Reyle (1993) で提案された DRT は構成性を満たさないことが知られている。その後、構成性を持つように DRT を拡張する様々な提案がなされたが、それらの提案において元の DRT では起こりえなかった上書き問題 (overwrite problem) が生じてしまうことが Zeevat (1989) で指摘されている。照応現象の扱いにおいて誤った予測を導いてしまう上書き問題は、意味論において避けなければならない問題である。

本研究では、van Eijck and Kamp (1997) の Relational DRS による拡張、Muskens (1996) の Compositional DRT に着目し、DRT を拡張したこれらの理論において上書き問題が根本的には解消されていないことを明らかにする。また、構成性を持つ DTS ではこの問題は起こらないことを示す。

2 談話表示理論と依存型意味論

2.1 談話表示理論

DRT は Kamp (1981) によって提唱された意味論である。DRT は Discourse Representation Structure (以下 DRS) と呼ばれる意味表示を持ち、構文木に対しトップダウンに DRS 構成規則を適用して DRS を得る。例えば、構文木 (1a) に DRS 構成規則を一つ適用したものが (1b) となる。

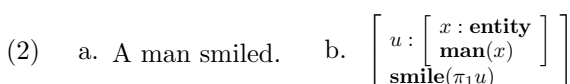


このように構文木に規則を適用していくことで DRS を得る。(1b) から最終的に得られる DRS は (1c) である。DRS は変数である談話指示子 (discourse referent) の集合 U と条件 (DRS condition) の集合 $Cond$ のペア $(U, Cond)$ として定義される。(1c) の場合は $U = \{x, y\}$ であり、 $Cond = \{John(x), book(y), x \text{ owns } y\}$ である。

この DRT のことを以降 Classical DRT と呼ぶ。拡張された DRT では、従来のようにトップダウンに構文木を解体する手法を取っていないものが主流である。

2.2 依存型意味論

DTS (Bekki and Mineshima (2017)) は、依存型理論 (Martin-Löf (1984)) に基づいた意味論である。DTS による文の意味表示は辞書で与えられた語彙項目から構文木に沿って合成される。文 (2a) の意味表示は (2) のように与えられる。

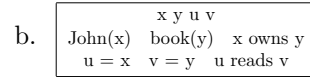


$\pi_1 u$ は u の第一要素である entity 型の x に対応する。詳細は Martin-Löf (1984), Bekki and Mineshima (2017) を参照されたい。

3 構成性

Classical DRT は DRS を更新する形で談話の解釈を行う。これは、DRS は談話に対して与えられるものであり、各文に与えられるものではないことを意味している。例えば 2 文 (3a) が与えられたとき、DRS は (3b) となる。

(3) a. John owns a book. He reads it.



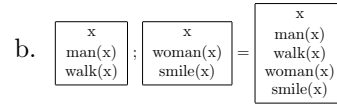
(3b) は一文目と二文目の DRS を結合したのではなく、(3a) 全体から作られたものである。これは、表現の意味は表現の部分ごとの意味を計算して得られるとする構成性の原理に反する。よって、Classical DRT は構成性を持たないと言われている。

拡張された DRT は一文ごとに DRS を構築しそれらを結合することで新たな DRS を生成する。Zeevat (1989) の理論における DRS の結合規則は (4) である。DRS $K_1 = \{U_1, Cond_1\}$, $K_2 = \{U_2, Cond_2\}$ とおく。

(4) $K_1 ; K_2 = \{U_1 \cup U_2, Cond_1 \cup Cond_2\}$

しかし、(4) の定義通りに DRS を結合していくと、結合する DRS に同一の談話指示子が存在する場合、談話指示子の参照が上書きされてしまう。具体的には (5a) の例が存在する。

(5) a. A man walked. A woman smiled.



(5b) を見ると、man の性質を持つ x と woman の性質を持つ x は別個体だったはずだが、結合することで同一の個体として扱われてしまったことがわかる。

4 各理論における上書き問題

4.1 Compositional DRT

構成性を満たすよう拡張された DRT として、Muskens (1996) の Compositional DRT (以下, CDRT) が挙げられる。(6a) の DRS は (6b) である。

(6) a. A man adores a woman.

b. $[u_1, u_2 \mid man\ u_1, woman\ u_2, u_1\ adores\ u_2]$

DRS K_1, K_2 は (7) の定義通りに結合する。

(7) U_2 に含まれる談話指示子が $Cond_1$ に含まれる条件中に存在しない場合のみ

$K_1 ; K_2 = [U_1 \cup U_2 \mid Cond_1 \cup Cond_2]$

(6b) の談話指示子は u_1, u_2 で、Classical DRT とは異なり定項として扱われる。CDRT の変数、定項の型と名前は (8) のように定義されている。

型	名前	変数	定項
(8) s	States	i, j, k, h	—
e	Entities	x_1, x_2, \dots	—
π	Registers	v	$u_1, u_2, \dots, Mary, \dots$

また、(8) の他に s 型の変数と π 型の定項を引数に取り個体を返す v という関数が定義されている。(6a) の談話指示子 u_1 は $\lambda i.v(i)(u_1)$ の略記である。

CDRT では定義 (7) より同一の談話指示子を持つ DRS は結合しないため、(5b) の問題は発生しない。しかしこれは根本的な解決ではないことを (9) の例から見ていく。

文 (9a) は (9b) のような意味表示を持つ。(9b) はどちらも u_3 という同一の談話指示子を持つため、結合されずに解釈される。文 (9a) には語の上下に添字が振られているが、上付きの添字は等しい番号を持つ談話指示子を導入するため、下付きの添字はその談話指示子を導入した語を先行詞に指定するために振られている。

- (9) a. John¹ and Mary² own a³ donkey.
 b. [$u_3 \mid \text{donkey}(u_3), \text{john owns } u_3$]
 ; [$u_3 \mid \text{donkey}(u_3), \text{mary owns } u_3$]

この談話のあとに、John のロバについての以下のような文が続くことを考える。

- (10) a. The₃ donkey which John₁ owns eats an⁴ apple.
 b. [$u_4 \mid \text{john owns } u_3, \text{apple}(u_4), u_3 \text{ eats } u_4$]

(9b) の DRS は結合されないため、これらが解釈されたあとに u_3 が指すものは Mary のロバになる。これでは (10b) において John のロバを指すことができない。CDRT では談話指示子が定項なので代入が行えないため、(9b) の後半部の DRS に含まれる u_3 を異なる変数で置き換えることもできない。

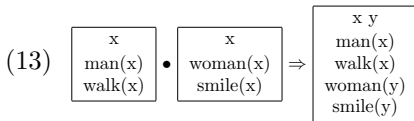
4.2 Relational DRS による拡張

van Eijck and Kamp (1997) は Relational DRS(以下 RDRS) を導入することで Classical DRT を拡張した。ここでは文から構築するものは RDRS と呼び、DRS と区別する。(11a) の RDRS は (11b) である。談話指示子は Classical DRT と同様に変数として扱う。

- (11) a. A man adores a woman.
 b. ($u_1 \bullet u_2 \bullet \text{man}(u_1) \bullet \text{woman}(u_2) \bullet \text{adores}(u_1, u_2)$)

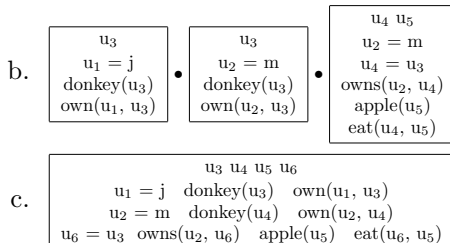
RDRS を “ \bullet ” という結合演算子でつなぎ、定義に沿って結合演算子を全て簡約したものを DRS と定義する。RDRS 同士を結合し簡約する規則のうち上書き問題に関連する規則は以下の二つである。RDRS を R , 談話指示子を v, w と置く。これらの規則によって、(5a) は以下のように解消される。演算子 ; は (7) と同様の意味を持つ。また R における x に y を代入した結果を $[y/x]R$ と表す。

- (12) a. $((R \bullet v) \bullet R') \Rightarrow ((R; v); R')$ ($v \notin R$)
 $((R; w); [w/v]R')$ ($v \in R, w \notin R'$)
 b. $(R \bullet (R_1; R_2)) \Rightarrow ((R \bullet R_1) \bullet R_2)$



しかしここでも CDRT と同様の問題が発生する。(14a) は (14b) のような意味表示を持ち、簡約すると (14c) のような DRS になる。(12) より、(14b) を簡約する際には代入が二回行われる。結果として (14c) では $\text{eat}(u_6, u_5)$ となるが、これは John のロバが林檎を食べたという意味である。これでは the donkey が Mary のロバを指す読みは導出されない。

- (14) a. John¹ and Mary² own a³ donkey.
 The₃ donkey which Mary² owns eats an⁵ apple.



4.3 DTS

$$(15) \left[\begin{array}{l} u: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{man}(x) \end{array} \right] \\ \text{walk}(\pi_1 u) \end{array} \right]; \left[\begin{array}{l} v: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{woman}(x) \end{array} \right] \\ \text{smile}(\pi_1 v) \end{array} \right] \\ = p: \left[\begin{array}{l} w: \left[\begin{array}{l} u: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{man}(x) \end{array} \right] \\ \text{walk}(\pi_1 u) \end{array} \right] \\ v: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{woman}(x) \end{array} \right] \\ \text{smile}(\pi_1 v) \end{array} \right] \end{array} \right]$$

DTS では (5a) のケースは (15) のように処理される。(15) では $\text{man}(x)$, $\text{woman}(x)$ のように同様の変数 x が使われているが、man に対応する表記は $\pi_1 \pi_1 \pi_1 p$, woman に対応する表記は $\pi_1 \pi_1 \pi_2 p$ となる。よって (5a) の分析は問題がないことがわかる。

$$(16) \left[\begin{array}{l} q: \left[\begin{array}{l} p: \left[\begin{array}{l} u: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{donkey}(x) \end{array} \right] \\ \text{own}(j, \pi_1 u) \end{array} \right] \\ v: \left[\begin{array}{l} y: \text{entity} \\ \text{donkey}(y) \end{array} \right] \\ \text{own}(m, \pi_1 v) \end{array} \right] \\ w: \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{apple}(x) \end{array} \right] \\ \text{eat}(\pi_1 @ \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{donkey}(x) \end{array} \right], \pi_1 w) \end{array} \right] \end{array} \right]$$

また、文 (14a) の意味表示は (16) となる。(16) 中の @ は、指定された型を持つ未指定項で、その型に合致する具体的な項によって置き換えられる。ここでは @ が持つ型は (17a) で、項 $(\pi_1 \pi_1 \pi_2 q, (\pi_2 \pi_1 \pi_2 q, \pi_2 \pi_2 q))$ がこの型を持つため置き換えることができる。よって $\pi_1 @$ は $\pi_1 \pi_1 \pi_2 q$ となり、 $\text{eat}(\pi_1 \pi_1 \pi_2 q, \pi_1 w)$ 全体を見ると Mary のロバが林檎を食べたという意味表示になる。一方、“The donkey which John owns eats an apple” という文が続く場合は @ の持つ型が (17b) となり、置き換わる項が $(\pi_1 \pi_1 \pi_1 q, (\pi_2 \pi_1 \pi_1 q, \pi_2 \pi_1 q))$ になる。よって John のロバが林檎を食べたという意味表示が得られる。

DTS において、項は型の導出経路に対応している。したがって、異なる型を持つ John のロバと Mary のロバは異なる項を持つので、これらを区別することができる。また、@ は項を型によって識別するため、両方の場合に対応することが可能である。よって DTS では上書き問題は生じえないことがわかる。

$$(17) \text{ a. } \pi_1 @ \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{donkey}(x) \\ \text{own}(m, x) \end{array} \right] \quad \text{b. } \pi_1 @ \left[\begin{array}{l} x: \text{entity} \\ \text{donkey}(x) \\ \text{own}(j, x) \end{array} \right]$$

5 結論

本稿では、構成性を持つとされる RDRS による拡張、CDRT、DTS において、上書き問題の処理を比較した。RDRS による拡張と CDRT では “John and Mary own a donkey.” のような文が与えられた際に、John のロバについて言及した場合、Mary のロバについて言及した場合のどちらも許容する意味表示を出すことが出来ない。よって、これらの理論が取った構成的アプローチは正しくないと言える。一方 DTS では先行詞の違いが導出経路の違いに対応しているため、変数名が等しい場合も区別することができる。よって、上書き問題は起こらないと言える。

参考文献

- Hans. Kamp. A theory of truth and semantic representation. In *Formal Methods in the Study of Language*. Mathematical Centre Tract 135, 1981.
- Daisuke Bekki and Koji Mineshima. Context-passing and underspecification in Dependent Type Semantics. In *Modern Perspectives in Type Theoretical Semantics*, page 33. Springer, 2017.
- Hans Kamp and Uwe Reyle. *From Discourse to Logic: Introduction to Model-theoretic Semantics of Natural Language, Formal Logic and Discourse Representation Theory*. Springer, 1993.
- Jan van Eijck and Hans Kamp. Representing discourse in context. In Johan van Benthem and Alice ter Meulen, editors, *Handbook of Logic and Language*. MIT Press, 1997.
- Reinhard Muskens. Combining Montague semantics and discourse representation. *Linguistics and Philosophy*, 19:143–186, 1996.
- Per Martin-Löf. Intuitionistic type theory. *Naples: Bibliopolis*, 76, 1984.
- Henk Zeevat. A compositional approach to discourse representation theory. *Linguistics and Philosophy*, 12:95–131, 1989.