Subjunctive Markers in Intensional Logic

谷口雅弥
JAIST 東条研究室

September 10, 2019

モンタギュー意味論

モンタギュー意味論

モンタギュー意味論は1973年にリチャード・モンタギューが "The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English" (PTQ) で提唱した自然言語の意味を論理式によって与える理論である。

- 組み合わせ範疇文法 (CCG)
- 内包論理 (IL)

組み合わせ範疇文法

組み合わせ範疇文法とはマーク・スティードマンが形式化した文法理論である。構文型 (Syntactic type) によって型が付けられたラムダ式を文の構成要素に割り当て、その計算によって文を構成する文法理論である。

(syntactic types)

likes $:= (NP\backslash S)/NP : likes'$

(application rules)

$X/Y : f \quad Y : a \xRightarrow{>} X : fa$

$Y : a \quad X\backslash Y : f \xRightarrow{<} X : fa$

(coordination rule)

$X : f \quad CONJ : b \quad X : g$

$\xRightarrow{<\&>} X : \lambda \ldots b(f \ldots)(g \ldots)$

(composition rules)

$X/Y : f \quad Y/Z : g$

$\xRightarrow{>B} X/Z : \lambda x[f(gx)]$

$X\backslash Y : f \quad Y\backslash Z : g$

$\xRightarrow{<B} X\backslash Z : \lambda x[f(gx)]$

(subject type-raising rules)

$NP : a \xRightarrow{>T} T/(T\backslash NP) : \lambda f[fa]$

$NP : a \xRightarrow{<T} T\backslash(T/NP) : \lambda f[fa]$

Example

"Mary likes musicals." は次のように解析される。

$$\cfrac{NP : mary' \qquad \cfrac{(NP\backslash S)/NP : likes' \qquad NP : musicals'}{NP\backslash S : likes' musicals'}>}{S : mary' likes' musicals'}<$$

定数項 $c_0, c_1, c_2, \ldots$

変数項 $x_0, x_1, x_2, \ldots$

述語 $P_0, P_1, P_3, \ldots$

二項関係 $=$

二項演算子 $\neg, \wedge, \vee, \implies, \iff$

量化子 $\forall, \exists$

様相演算子 $\Box, \Diamond, \mathbf{P}, \mathbf{F}$

括弧 $(\cdot), [\cdot]$

内包・外延演算子 ${}^\vee, {}^\wedge$

ラムダ項 $\lambda x[\ldots]$

x を変数項、$t_0, t_1, \ldots$ を定数項または変数項とし、$f_1, f_2, \ldots$ を式とする。このとき、

$P(t_0, t_1, \ldots, t_n)$ と $t_0 = t_1$ は式である。

$\neg f_0$ と、$f_0 \wedge f_1$、$f_0 \vee f_1$、$f_0 \implies f_1$、$f_0 \iff f_1$ も式である。

$\forall x f_0$ と $\exists x f_0$ も式である。

$\Box x f_0$ と、$\Diamond x f_0$、$\mathbf{P} x f_0$、$\mathbf{F} x f_0$ も式である。

${}^\vee t_0$ と、${}^\wedge t_0$、$\lambda x[f_0]$ も式である。

それぞれの式に対する意味は様相論理の体系 (S5) などが採用される。

“ぼくはりんごがすき。” という文を考えたとき、

外延 一般にりんごがすき ($^{\vee\wedge}$*apple*)

内包 特定のりんごがすき ($^{\wedge}$*apple*)

ここでは特に記号がついてないない場合は外延であるとする。

“Every man loves a woman” を内包論理に翻訳すると

$$\exists x[woman' = x \land \forall y[man' = y \implies loves'(y, x)]]$$

世界中の男性を魅了する女性がいる、もしくは

$$\forall y[man' = y \implies \exists x[woman' = x \land loves'(Y, X)]]$$

どんな男性も愛する女性がいる、と解釈できる。

研究背景

接続法

自然言語の動詞には様々な性質が付随する。モンタギュー文法はこれらの現象に対応するために拡張が度々行われている。

- 態 (voice) *e.g.*、能動態、受動態など
- 相 (aspect) *e.g.*、完了相、継続相など
- 法 (mood) *e.g.*、直説法、接続法など
- 時制 (tense) *e.g.*、過去時制、現在時制など

なお、なかには時代によって失われつつある性質もある。

接続法

ヨーロッパ諸語などの文法で、動詞の法の一。ある事柄を述べるのに事実としてではなく、予想・願望・仮定など話し手の心の中で考えられたこととして述べる法。古代ギリシャ語・ラテン語・フランス語・ドイツ語などにみられる。

研究背景
接続法

接続法過去は反実仮想な表現を取り扱うために用いられる。

If I were a bird, I would fly to you.

接続法現在 (subjunctive present) による仮定の表現は、現代の英語から消えつつある表現だが法律文などでは現在でも見受けられる。

If any person be found guilty, he have the right of appeal.

接続法ではなく直説法をつかう場合つぎのようになる。

If any person is found guilty, he have the right of appeal.

しかし、これは直説法を使う場合前半と後半の時制が一致してしまうため、次のような文も許してしまう。

If any person is found guilty, he is not found guilty.

モンタギュー意味論の拡張

接続法

モンタギュー文法で接続法過去を考えるために、直説法と同様に処理すると以下のようになる。

$$\llbracket \text{If I were a bird, I would fly to you} \rrbracket$$
$$= \mathbf{P}[\mathit{be}(I', \mathit{bird}')] \implies \mathbf{F}[\mathit{flyto}'(I', \mathit{you}')]$$

しかし、この翻訳では直説法との区別がなく前述の問題が発生するため、Wehmeier ら Subjunctive markers による解決が提案されている。

$$\llbracket \text{If I were a bird, I would fly to you} \rrbracket$$
$$= \mathbf{P}[\mathit{be}^s(I', \mathit{bird}')] \implies \mathbf{F}[\mathit{flyto}'(I', \mathit{you}')]$$

これは述語に対して直説法と接続法を区別するというだけの単純な解決方法のように見える。

モンタギュー意味論の限定継続による拡張

接続法

しかし実際には時相論理的に読み替えることもできる。

$$\llbracket \text{If I were a bird, I would fly to you} \rrbracket$$
$$= \mathbf{P}[be(I', bird') \implies \mathbf{F}[flyto'(I', you')]]$$

そこで次の接続法にたして限定継続のオペレータを考える。

$$A\ be_{/subj-past}\ B := \text{shift}_k(\mathbf{P}k(be(A, B)))$$
$$S := \text{reset}(S)$$

$$\llbracket \text{If I were a bird, I would fly to you} \rrbracket$$
$$= \text{reset}(\text{shift}_k(\mathbf{P}[k(be(I', bird'))]) \implies \mathbf{F}[flyto'(I', you')])$$
$$= \mathbf{P}[be(I', bird') \implies \mathbf{F}[flyto'(I', you')]]$$

なお継続を用いたモンタギュー意味論の拡張は Barker らの *Continuized CCG*、叢らの限定継続を用いたフォーカス分析などが知られている。

まとめ

この Subjunctive Marker を限定継続として読み替えることで、

- reset/shift は計算過程に表れるが最終的な式では、これらが消えるため内包論理自体は拡張していない
- 文脈自由文法で収まらないような自然言語の文でも、構文木の親子関係による制限をある程度回避することができる

ロバ文: Every farmer who owns a donkey beats it.

自然言語のうち伝統的に修辞法とよばれていたものは、式への変換をしたときに実態とは大きくことなるものになるときがある。

- 倒置法
- 反復法 など

言語の分析として統計的なものも強力であるが、論理式の形式を借りることで言語の曖昧さや言語間の差異を緻密に表現することができるようになる。

参考文献

Steedman, Mark. The syntactic process. Vol. 24. Cambridge, MA: MIT press, 2000.

Montague, Richard. "The proper treatment of quantification in ordinary English." Approaches to natural language. Springer, Dordrecht, 1973. 221-242.

Barker, Chris. "Continuations in natural language." CW 4 (2004): 1-11.

叢悠悠, 浅井健一, and 戸次大介. " 限定継続を用いた only のフォーカスの分析と実装に向けて." 研究報告自然言語処理 (NL) 2013.19 (2013): 1-6.