

名詞句「 NP の NP 」の意味構造

富 浦 洋 一[†] 中 村 貞 吾^{††} 日 高 達[†]

「 NP_1 の NP_2 」は二つの名詞句を「の」で結合した名詞句である。日本語文では、この形態の名詞句が頻繁に現れ、しかもその意味構造（ NP_1 と NP_2 の意味関係）は様々である。自然言語処理ではこの名詞句の意味構造を求めることが重要であるが、これまでの研究では、統語構造と意味構造の対応を十分に説明できなかった。本論文では、名詞句「 NP_1 の NP_2 」の意味構造を形式的・構成的に求めるために、名詞句が表すもの（性質、個体、他の個体との関係）に応じて統語範疇を設定し、名詞句「 NP_1 の NP_2 」の統語規則と、意味構造を表す型論理の式への翻訳規則を与える。

Semantic Structure of Japanese Noun Phrases “ NP ‘no’ NP ”

YOICHI TOMIURA,[†] TEIGO NAKAMURA^{††} and TORU HITAKA[†]

The noun phrase “ NP_1 ‘no’ NP_2 ” consists of two noun phrases NP_1 and NP_2 connected with an adnominal particle ‘no’. Noun phrases with this pattern are frequently used in Japanese sentences and their semantic structures are various. Though it is important to seek their semantic structures in natural language processing, the mapping from syntactic structures to semantic structures of these noun phrases has not been made clear. To get semantic structures of noun phrases “ NP_1 ‘no’ NP_2 ” systematically, we prepare syntactic categories according to what noun phrases express (i.e. characteristics, individuals, relations to other individuals) and then establish syntactic rules for these phrases and translation rules from the syntactic structure to the semantic structure.

1. はじめに

日本語文では、「太郎の本」や「住民の反対」のような、二つの名詞句を「の」で結合した名詞句「 NP_1 の NP_2 」が頻繁に現れる。名詞句「 NP_1 の NP_2 」が何を指示しているかを推定することは、自然言語理解における重要なテーマである。簡単のために、ここでは一階の述語論理で名詞句の意味を表すことにすると、名詞句「 NP_1 の NP_2 」に対応する論理式の一般形は、

$$NP_1(y) \wedge NP_2(x, z) \wedge R(x, y, z)$$

である。多くの場合、 R は等号（＝）で表現できる。たとえば、「長身の男」の場合は

$$\text{長身}(y) \wedge \text{男}(x) \wedge x = y$$

である。しかし、「美人の母」のように、 NP_2 が関係自体を含む名詞句の場合、

$$\text{美人}(y) \wedge \text{母}(x, z) \wedge x = y,$$

$$\text{美人}(y) \wedge \text{母}(x, z) \wedge z = y$$

と2通りあり（‘母(x, z)’は“ x は z の母である”ことを意味する）、それぞれ、“美人である母”と“美人を子に持つ母”に対応する。また、「太郎の本」のように、 R が等号以外の関係述語の場合もある（「太郎の本」の場合、“所有している”や“書いた”が考えられる）。このように「 NP_1 の NP_2 」の二つの名詞句の間の関係（ R ）は多様であるが、これまでの研究では、名詞句という唯一つの統語範疇を考えていたため、「 NP の NP 」の統語構造と意味との対応を十分に説明できなかった。

本論文では、名詞句「 NP_1 の NP_2 」の意味を型論理の式で表現し（これをその名詞句の意味構造と呼ぶ）、Montague¹⁾の形式化に従い、「 NP の NP 」の統語構造と意味構造の関係を述べる。つまり、「 NP の NP 」を統語解析し、その統語構造に応じて、意味構造に翻訳する。意味構造を表すのに型論理の式を用いる理由は、

- 各統語範疇の句の意味を十分に表現できる。
- 形式的かつ統一的な翻訳規則を与えられる。
- 明確なセマンティックを持つ形式的論理体系であるから、得られた意味構造（すなわち、統語構造）が妥当か否かを、『知識と矛盾しない』とか『 NP_2

[†] 九州大学工学部情報工学科

Department of Computer Science and Communication Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University

^{††} 九州工業大学情報工学部知能情報工学科

Department of Artificial Intelligence, Faculty of Computer Science, Kyushu Institute of Technology

と「 NP_1 の NP_2 」が知識の下で等価にならない』という論理的な基準で判定することができる(すなわち、論理推論に基づく、意味処理、文脈処理に直接利用できる)。

である。

なお、本論文では、

(a) 「言語への変換」のように、 NP_1 の末尾に格助詞(「の」は除く)を含むもの

(b) 「昨日会った人の名前」のように、 NP_1 または、 NP_2 が連体修飾文を含むもの

(c) 内包的な名詞を含むもの

等の名詞句「 NP_1 の NP_2 」は扱わない((a), (b)を扱えるように、本論文で提案する形式化を拡張することは容易と考えられる)。

2. 名詞句の分類

意味構造の違いが統語構造に現れるように、これまで単一の統語範疇で取り扱われていた名詞句を、いくつかの統語範疇に細分する。

本論文では、名詞句の意味を型論理の式を用いて表現する。そのために、まず、タイプ¹⁾を導入する。

2.1 タイプ

タイプは、Montague¹⁾で定義されているものから、内包を取り除いたものであり、以下のように帰納的に定義される。

i) e, t はタイプである。

ii) a, b がタイプならば $\langle a, b \rangle$ はタイプである。

e, t は基本タイプであり、それぞれ個体の集合、真偽値の集合に対応する。複合的なタイプは ii) によって定義され、 $\langle a, b \rangle$ は a のタイプのものから b のタイプのものへの関数の集合を表している。

$\langle e, t \rangle$ は述語論理で言う一項述語、すなわち、個体の集合のタイプであり、形容詞や一部の名詞句のように個体の性質を表す句がこのタイプの論理式に翻訳される。 $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$ は二項述語、すなわち、個体間の関係のタイプである。また、 $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ は個体の集合の集合のタイプである。 a' を a タイプの論理式、 b' を $\langle a, b \rangle$ タイプの論理式とすると、 $b'(a')$ は b タイプの論理式であり、この操作を b' に a' を代入すると言う。

本稿では、 x, y, z, y_i など e タイプの変数記号を、 P や Q で $\langle e, t \rangle$ タイプの変数記号を、 $\mathcal{P}$ や $\mathcal{P}_i$ で $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ タイプの変数記号を、それぞれ表す。

2.2 普通名詞句 (CN)

「長身の人」における「長身」や「美人の母を持つ太郎が羨ましい」における「美人」は、それぞれ、“長身である”、“美人である”という性質を表している。こ

のような名詞句の統語範疇を普通名詞句 (common noun phrase; CN) と呼ぶ。この名詞句は $\langle e, t \rangle$ のタイプの論理式に翻訳される。普通名詞句 α の翻訳 α' の引数を便宜上 α' の主引数と呼ぶ。統語的には、「ある」「その」「すべての」などの英語の冠詞に相当する連体詞(本論文では、これらを量化詞と呼ぶ)が結合する(係りうる)という特徴を持つ(「長身」のようにこの特徴を持たない普通名詞句もあるが、少なくとも、量化詞に結合する名詞句は普通名詞句であると言える)。

2.3 項句 (T)

「太郎」のような固有名詞や、量化詞と普通名詞句が結合してできる「その美人」「ある美人」「すべての美人」のような名詞句の統語範疇を項句 (term phrase; T) と呼ぶ。この名詞句は、量化詞と結合することはなく、単独で動詞の格要素や後述する関係名詞の目的語になりうる句である。

項句は $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ のタイプの論理式に翻訳される。たとえば、「太郎」が指示する個体に対応する論理記号を「太郎*」とすると、「太郎」は、「 $\lambda PP(\text{太郎}^*)$ 」なる論理式に翻訳され、“その意味は個体「太郎*」が持つ性質の集合”である。また、普通名詞「美人」が「美人*」に翻訳されるとすると、「その美人」は、

$$\lambda P[\text{美人}^*(x) \wedge P(x)]$$

に翻訳され、その意味は、“美人である個体 x が持つ性質の集合”である。ただし、 x は文脈処理により、それまでに現れている特定の個体に付値される。

固有名詞は個体を指示するのであるから、直観的には e タイプの論理式に翻訳されると考えられるが、固有名詞と、固有名詞の統語的な機能と同じ機能を持つ「ある美人」「その美人」「すべての美人」のような名詞句を統一的に扱うために、上述のように項句は $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ のタイプの論理式に翻訳されるものとする。項句 α の翻訳 α' は「 $\lambda P\beta$ 」(ただし、 β' は t タイプの論理式)なる形態の式となり、 β' 中に $P(x)$ あるいは $P(c)$ (c は e タイプの定数記号)を含む。この x あるいは c を α' の主個体記号と呼ぶ。

2.4 関係名詞句 (RN)

「兄」は、「太郎の兄」のように項句を(その目的語として)取る名詞句である。「すべての太郎の兄」と言えるので、「太郎の兄」は、“「太郎」が指示する個体の兄である”という性質を意味し、その統語範疇は普通名詞句である。このように、項句を取って普通名詞句になる名詞句の統語範疇を関係名詞句 (relational noun phrase; RN) と呼ぶ。関係名詞句は $\langle \langle \langle e, t \rangle, t \rangle, t \rangle$ のタイプの論理式に翻訳される。関係名詞句 α

の翻訳を $\alpha' (= \lambda p \lambda x \alpha'(x, p))$ とすると、 α' の第一引数 (x に対応) を α' の主引数と呼ぶ。

「兄」と異なり、「母」の場合、「すべての太郎の母」は不自然であり、したがって、「母」を、項句を取って普通名詞句になる統語範疇と考えるのは不都合のように思える。しかし、「 $[(\text{ある})\text{美人}]$ の母」である個体^{*}は一意に定まらず、「すべての $[(\text{ある})\text{美人}]$ の母」と言えるので、「母」の統語範疇も「兄」と同じく関係名詞句として扱う。また、属性を示す、「長さ」、「美しさ」、「色」など、個体に関するある種の測度を表す名詞句も関係名詞句と考えられる。

「 $\times \times$ 事故の原因」の「原因」も関係名詞句であるが、「ある原因で…」のようにそれ単独で普通名詞句として働くこともある。このように、関係名詞句は、項句を取らずにそれ単独で普通名詞句となることもあるが、これは目的語の項句が省略されているものと考えられる (3章参照)。

2.5 事象名詞句 (EN_k)

「勉強」や「考え」のようにサ変動詞の語幹の名詞や動詞が名詞に転化した名詞は、「太郎の勉強」「太郎の英語の勉強」「太郎の考え」のように、「の」と結合して動詞のように格要素を取る。しかも、「ある太郎の考え」のように量化詞に結合しうる。このように、いくつかの項句を取って普通名詞句になる名詞句の統語範疇を事象名詞句 (event noun phrase; EN) と呼ぶ。これをさらに細分して、取りうる項句の数が k である事象名詞句を EN_k で表す (ただし、 EN_0 は CN である)。 EN_k の名詞句は、 a を $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ とすると、

$$\langle a, \underbrace{\langle a, \dots, \langle a, \langle e, t \rangle \rangle \dots \rangle}_{k \text{ 個}} \rangle$$

のタイプの論理式に翻訳される。事象名詞句 α の翻訳を $\alpha' (= \lambda p_1 \lambda p_2 \dots \lambda p_k \lambda x \alpha'(x, p_1, p_2, \dots, p_k))$ とすると、 α' の第一引数 (x に対応) を α' の主引数と呼ぶ。

3. 名詞句の「 NP_1 の NP_2 」の統語構造と意味構造

本章では、普通名詞句 (CN) と項句 (T) の区別が、名詞句「 NP の NP 」の意味を考える上でも重要であり、3.1 節以降に示すように、「 NP の NP 」は、統語的、意味的に、

● 「 CN の NP 」

「 CN の」は形容詞的に働き、 NP と「 CN の NP 」の統語範疇は同じで、意味的には、 NP の翻訳の主引数の変数の値を制限 (修飾) する。

● 「 T の NP 」

「 T の」は「 T が」や「 T を」のような格要素のように働き、 NP と「 T の NP 」の統語範疇は異なり、意味的には、 NP の翻訳に T の翻訳が代入された (NP の主引数以外の一つの引数を埋めた) ものになる^{*}。

と大きく二分され、このことを、Montague¹⁾ の形式化に添って、「 NP の NP 」の統語構造と意味構造の対応を示すことで述べる。

本論文では名詞句の意味を型論理の式を用いて表現し、名詞句 α の型論理の式への翻訳を α' で表す。型論理の式中には、各名詞と密接な関係を持つ一階の述語記号や個体定数記号を含む。これを名詞 n に対応する一階の定数記号と呼び、 n^* で表し、名詞 n の翻訳 n' と区別する。たとえば、

美人^{*}(x) : 個体 x が美人であることを表す
 太郎^{*} : 「太郎」により指示される個体を表す
 兄^{*}(x, y) : 個体 x が個体 y の兄であることを表す

勉強^{*}(x, y_1, y_2) : 個体 y_1 が個体 y_2 を勉強するという事象が x であることを表す

である。関係名詞または事象名詞である n が (たとえば、「その n 」という項句で) 個体指示に用いられたときに指示する個体を表す変数が代入される n^* の引数は第一引数であるものとする。

普通名詞句、項句、関係名詞句、項句を k 個取りうる事象名詞句の統語範疇を、それぞれ、 CN , T , RN , EN_k で表す。また、 $\alpha \longrightarrow \pi \beta$ は α から最左導出 π で β が導出されることを示し、 $X \longrightarrow \pi \alpha$ なる統語構造に対応する翻訳を α_π で表す。

まず、上記の統語範疇の名詞句が単一の単語から構成される場合の統語規則と翻訳規則 (n' と n^* の関係) について述べておく。

【統語規則 S0.1】

- (a) $CN \longrightarrow n$; n は普通名詞
- (b) $T \longrightarrow n$; n は固有名詞
- (c) $RN \longrightarrow n$; n は関係名詞
- (d) $EN_k \longrightarrow n$; n は項句を k 個取りうる事象名詞 □

【翻訳規則 T0.1】

- (a) $n'_{S0.1a} = n^*$
- (b) $n'_{S0.1b} = \lambda P P(n^*)$

^{*} ただし、 NP が CN の場合、 NP と「 T の NP 」の統語範疇は同じで、 NP の翻訳に主引数以外の引数はないが、明示されていない関係まで補って NP に含めて考えるならば、この場合の NP は RN 相当のものであり、同様の議論ができる。

- (c) $n'_{s0.1c} = \lambda \mathcal{P} \lambda x [\mathcal{P}(\lambda y \ n^*(x, y))]$
 (d) $n'_{s0.1d} = \lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \cdots \lambda \mathcal{P}_k \lambda x$

$$[\mathcal{P}_1(\lambda y_1 \mathcal{P}_2(\lambda y_2 \cdots$$

$$\mathcal{P}_k(\lambda y_k \ n^*(x, y_1, y_2, \dots, y_k)) \cdots)])]$$

□

次に、 CN に「ある」「その」「すべての」のような量化詞が結合して T になる場合の統語規則と翻訳規則について述べておく。ただし、「今朝、電車で美人に会った」における「美人」は、固有名詞でも量化詞が結合した句でもないが、「会った」の格要素になっている。日本語では、多くの普通名詞句が上記の例の「美人」のように、それ単独で動詞の格要素や関係名詞の目的語になりうるが、格要素になる名詞句の統語範疇は英語と同様に T で、「今朝、電車で美人に会った」における「美人」は何らかの量化詞が省略されており、実際には T として働いていると考えられる。どの量化詞が省略されているかは、意味論的・語用論的な要請により決まるが、単一の単文のみが発話された状況では、「ある」が省略されたものとするのが妥当である*。このことも考慮して、 CN と量化詞の接続に関する統語規則および翻訳規則を以下のように与える。

【統語規則 S0.2】

- (a) $T \longrightarrow (\text{ある}) CN$
 (b) $T \longrightarrow \text{その} CN$
 (c) $T \longrightarrow \text{すべての} CN$

ただし、() は省略可能であることを示す。 □

【翻訳規則 T0.2】

$$CN \Longrightarrow_{\pi} \alpha$$

とする。

- (a) $((\text{ある}) \alpha)'_{s0.2a, \pi} = \lambda P \exists x [\alpha'_{\pi}(x) \wedge P(x)]$
 (b) $(\text{その} \alpha)'_{s0.2b, \pi} = \lambda P [\alpha'_{\pi}(x) \wedge P(x)]$
 (c) $(\text{すべての} \alpha)'_{s0.2c, \pi} = \lambda P \forall x [\alpha'_{\pi}(x) \supset P(x)]$ □

RN , EN_k 単独で、これらが取るべき T が省略されて、それぞれ、 CN , EN_{k-1} になる場合がある。これに対応する統語規則と翻訳規則を次に与える。

【統語規則 S0.3】 $CN \longrightarrow RN$ □**【翻訳規則 T0.3】**

$$RN \Longrightarrow_{\pi} \alpha$$

とする。

$$\alpha'_{s0.3, \pi} = \alpha'_{\pi}(\lambda P \exists x P(x))$$

である。 □

* 文間(「とき」や「ために」などの従位接続詞や「しかし」や「そして」などの等位接続詞で結ばれる文間も含む)にまたがる照応では、「その」が省略されることもあるが、単一の単文のみが発話された状況では、「その」が省略されることはない。本論文で扱う名詞句の意味構造も単文内での意味構造であるので、「その」の省略は扱わない。

【統語規則 S0.4】 $EN_{k-1} \longrightarrow EN_k$ □**【翻訳規則 T0.4】**

$$EN_k \Longrightarrow_{\pi} \alpha$$

とすると、

$$\alpha'_{s0.4, \pi} = \alpha'_{\pi}(\lambda P \exists x P(x))$$

である。 □

次に、 NP_1 , NP_2 が CN , T , RN , EN_k それぞれの場合について、名詞句「 NP_1 の NP_2 」の統語規則と翻訳規則について述べる。

3.1 T の RN**【統語規則 S1】** $CN \longrightarrow T$ の RN □**【翻訳規則 T1】**

$$T \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, RN \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると、

$$(\alpha \text{ の } \beta)'_{s1, \pi_1, \pi_2} = \beta'_{\pi_2}(\alpha'_{\pi_1})$$

である。 □

$$CN \Longrightarrow_{s1} T \text{ の } RN$$

$$\Longrightarrow_{s0.1b, s0.1c} \text{ 太郎 の 兄}$$

であるから、

$$(\text{太郎の兄})'_{s1, s0.1b, s0.1c}$$

$$= \text{兄}'_{s0.1c}(\text{太郎}'_{s0.1b})$$

$$= (\lambda \mathcal{P} \lambda x [\mathcal{P}(\lambda y \text{兄}^*(x, y))])(\lambda PP(\text{太郎}^*))$$

$$= \lambda x [\text{兄}^*(x, \text{太郎}^*)]$$

である。

3.2 T の EN**【統語規則 S2(i, k)】** $EN_{k-1} \longrightarrow T$ の EN_k □**【翻訳規則 T2(i, k)】**

$$T2 \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, EN_k \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると、

$$(\alpha \text{ の } \beta)'_{s2(i, k), \pi_1, \pi_2}$$

$$= \lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \cdots \lambda \mathcal{P}_{i-1} [\beta'_{\pi_2}(\mathcal{P}_1)(\mathcal{P}_2) \cdots$$

$$(\mathcal{P}_{i-1})(\alpha'_{\pi_1})]$$

である。 □

i は必ずしも β の主辞の事象名詞 n に対応する一階の定数記号 n^* の (0 から数えた) 引数の位置を意味するわけではない。直観的には、まだ代入が行われていない n^* の引数のうちの i 番目の引数に対応する。

$$EN_1 \Longrightarrow_{s2(2,2)} T \text{ の } EN_2$$

$$\Longrightarrow_{s0.1b, s0.1d} \text{ 英語 の 勉強}$$

とすると、

$$(\text{英語の勉強})'_{s2(2,2), s0.1b, s0.1d}$$

$$= \lambda \mathcal{P}_1 [\text{勉強}'_{s0.1d}(\mathcal{P}_1)(\text{英語}'_{s0.1b})]$$

である。上式を勉強* を用いて表せば、勉強 $'_{s0.1d}$ は

$$\lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \lambda x [\mathcal{P}_1(\lambda y_1 \mathcal{P}_2(\lambda y_2 \text{勉強}^*(x, y_1, y_2)))]$$

であるから、

$$\lambda \mathcal{P}_1 \lambda x [\mathcal{P}_1(\lambda y_1 \text{勉強}^*(x, y_1, \text{英語}^*))]$$

となる。

3.3 T の CN

たとえば、「太郎の車」がこの場合である。「すべての太郎の車」という表現が可能であるので、「T の RN」, 「T の EN_k 」の場合と同様に, 「T の CN」の場合もその統語範疇は CN である。 α, β の統語範疇をそれぞれ, T, CN とすると, 「 α の β 」は, α' と何らかの関係にあり, かつ, 性質 β' を持つ個体の集合を指示すると考えられる。

【統語規則 S3】 $CN \longrightarrow T$ の CN □

【翻訳規則 T3】

$$T \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, \quad CN \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると,

$$(\alpha \text{ の } \beta)_{S3, \pi_1, \pi_2} = \lambda x [\alpha'_{\pi_1} (\lambda y R(x, y)) \wedge \beta'_{\pi_2}(x)]$$

である。ただし, R は“何らかの関係”を表し, α, β ごとに, 意味処理, 文脈処理によって推定される。□

実際にこのパターンの名詞句に対する論理式を得るためには, R を推定する必要がある。この関係は, 聞き手 (あるいは読み手) にとって容易に推論できるものでなければならない。したがって, 文脈あるいは誰もが持っている語意知識 (単語の意味に関する知識) から容易に推論できるものと考えられる。

$$\begin{aligned} CN &\Longrightarrow_{S3} T \text{ の } CN \\ &\Longrightarrow_{S0.1b, S0.1a} \text{太郎の車} \end{aligned}$$

であるから,

$$\begin{aligned} (\text{太郎の車})_{S3, S0.1b, S0.1a} &= \lambda x [\text{太郎}_{S0.1b} (\lambda y R(x, y)) \wedge \text{車}_{S0.1a}(x)] \\ &= \lambda x [(\lambda PP(\text{太郎}^*)) (\lambda y R(x, y)) \wedge \text{車}^*(x)] \\ &= \lambda x [R(x, \text{太郎}^*) \wedge \text{車}^*(x)] \end{aligned}$$

である。これと語意知識

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall x [\text{生産物}^*(x) \supset \\ \quad \exists y [\text{人間}^*(y) \wedge \text{所有している}^*(y, x)], \\ \forall x [\text{車}^*(x) \supset \text{生産物}^*(x)], \text{人間}(\text{太郎}^*) \end{array} \right.$$

から, 関係 R を“所有している*”と推定すると,

$$\lambda x [\text{所有している}^*(\text{太郎}^*, x) \wedge \text{車}^*(x)]$$

となる。ただし, “所有している $^*(y_1, y_2)$ ” は“ y_1 が y_2 を所有している”ことを意味する。

3.4 CN の CN

α, β の統語範疇をともに CN であるとして, 「 α の β 」は, 両者の名詞句が指示する性質を合わせ持つ性質を指示する。たとえば, 「長身の女性」は“長身であり, かつ, 女性である”という性質を指示する。すなわち, α は, 限定用法の形容詞のように, β' の主引数に代入される個体を制限する。

【統語規則 S4】 $CN \longrightarrow CN$ の CN □

【翻訳規則 T4】

$$CN \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, \quad CN \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると,

$$(\alpha \text{ の } \beta)_{S4, \pi_1, \pi_2} = \lambda x [\alpha'_{\pi_1}(x) \wedge \beta'_{\pi_2}(x)]$$

である。 □

$$\begin{aligned} CN &\Longrightarrow_{S4} CN \text{ の } CN \\ &\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1a} \text{長身の女性} \end{aligned}$$

であるから,

$$\begin{aligned} (\text{長身の女性})_{S4, S0.1a, S0.1a} &= \lambda x [\text{長身}_{S0.1a}(x) \wedge \text{女性}_{S0.1a}(x)] \\ &= \lambda x [\text{長身}^*(x) \wedge \text{女性}^*(x)] \end{aligned}$$

である。

3.5 CN の RN

たとえば, 「大学生の兄」がこの場合である。「大学生の兄」は, 「太郎の[大学生の兄]」のように T を目的語として取りうるので RN である。この場合の CN も限定用法の形容詞のように, RN の主引数に代入される個体を制限する。

【統語規則 S5】 $RN \longrightarrow CN$ の RN □

【翻訳規則 T5】

$$CN \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, \quad RN \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると,

$$(\alpha \text{ の } \beta)_{S5, \pi_1, \pi_2} = \lambda \mathcal{P} \lambda x [\alpha'_{\pi_1}(x) \wedge \beta'_{\pi_2}(\mathcal{P})(x)]$$

である。 □

$$\begin{aligned} RN &\Longrightarrow_{S5} CN \text{ の } RN \\ &\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1c} \text{大学生の兄} \end{aligned}$$

であるから,

$$\begin{aligned} (\text{大学生の兄})_{S5, S0.1a, S0.1c} &= \lambda \mathcal{P} \lambda x [\text{大学生}_{S0.1a}(x) \wedge \text{兄}_{S0.1c}(\mathcal{P})(x)] \\ &= \lambda \mathcal{P} \lambda x [\text{大学生}^*(x) \wedge \\ &\quad (\lambda \mathcal{P} \lambda x [\mathcal{P}(\lambda y \text{兄}^*(x, y))])(\mathcal{P})(x)] \\ &= \lambda \mathcal{P} \lambda x [\text{大学生}^*(x) \wedge \mathcal{P}(\lambda y \text{兄}^*(x, y))] \end{aligned}$$

である。

3.6 CN の EN_k

たとえば, 「突然の勉強」がこの場合である。「太郎の[突然の勉強]」と, 項句を取りうるので, 「突然の勉強」は事象名詞句 (取りうる項句の数は変わらない) である。この場合の CN も限定用法の形容詞のように, EN_k の主引数に代入される個体を制限する。

【統語規則 S6(k)] $EN_k \longrightarrow CN$ の EN_k □

【翻訳規則 T6(k)]

$$CN \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, \quad EN_k \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると,

$$\begin{aligned} (\alpha \text{ の } \beta)_{S6(k), \pi_1, \pi_2} &= \lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \cdots \lambda \mathcal{P}_k \lambda x \\ &\quad [\alpha'_{\pi_1}(x) \wedge \beta'_{\pi_2}(\mathcal{P}_1)(\mathcal{P}_2) \cdots (\mathcal{P}_k)(x)] \end{aligned}$$

である。 □

$$\begin{aligned} EN_2 &\Longrightarrow_{S6(2)} CN \text{ の } EN_2 \\ &\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1d} \text{突然の勉強} \end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned} &(\text{突然の勉強})_{S6(2), S0.1a, S0.1d} \\ &= \lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \lambda x \\ &\quad [\text{突然}_{S0.1a}(x) \wedge \text{勉強}_{S0.1d}(\mathcal{P}_1)(\mathcal{P}_2)(x)] \end{aligned}$$

である。上式は、

$$\begin{aligned} &\text{勉強}_{S0.1d} \\ &= \lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \lambda x [\mathcal{P}_1(\lambda y_1 \mathcal{P}_2(\lambda y_2 \text{勉強}^*(x, y_1, y_2)))] \end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned} &\lambda \mathcal{P}_1 \lambda \mathcal{P}_2 \lambda x \\ &\quad [\text{突然}^*(x) \wedge \mathcal{P}_1(\lambda y_1 \mathcal{P}_2(\lambda y_2 \text{勉強}^*(x, y_1, y_2)))] \end{aligned}$$

となる。

3.7 CN の T

α , β の統語範疇をそれぞれ, CN , T とすると, 「 α の β 」が指示するものは β と同一で, 「 α の」は “ β' が性質 α' を満たす” ことを付加的に示している。

【統語規則 S7】 $T \longrightarrow CN \text{ の } T$ □

【翻訳規則 T7】

$$CN \Longrightarrow_{\pi_1} \alpha, \quad T \Longrightarrow_{\pi_2} \beta$$

とすると、

$$(\alpha \text{ の } \beta)_{S7, \pi_1, \pi_2} = \lambda P [\beta'_{\pi_2}(\lambda x [\alpha'_{\pi_1}(x) \wedge P(x)])]$$

である。 □

$$\begin{aligned} T &\Longrightarrow_{S7} CN \text{ の } T \\ &\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1b} \text{美人の花子} \end{aligned}$$

とすると、

$$\begin{aligned} &(\text{美人の花子})_{S7, S0.1a, S0.1b} \\ &= \lambda P [\text{花子}_{S0.1b}(\lambda x [\text{美人}_{S0.1a}(x) \wedge P(x)])] \\ &= \lambda P [(\lambda Q Q(\text{花子}^*))(\lambda x [\text{美人}^*(x) \wedge P(x)])] \\ &= \lambda P [\text{美人}^*(\text{花子}^*) \wedge P(\text{花子}^*)] \end{aligned}$$

である。

3.8 NP_i が RN または EN の場合

α の統語範疇が RN (または EN_k) と考えられる場合の「 α の β 」について考える。日本語において、係り受け関係は、係りの句の主辞が受けの句の主辞に係るという構造を取る。したがって、「 γ の「 α の β 」」において、 γ が係るのは β であり、 γ が α に係ってその項句となることはなく、 α は項句が省略されて、 CN として働くものと考えられる (次節の例「母の花子」「出迎えの人」参照)。

4. 考 察

「美人の母」には “美人である母” と “美人を子に持つ母” の二つの読みがある。前者の読みは、

$$\begin{aligned} CN &\Longrightarrow_{S0.3} RN \\ &\Longrightarrow_{S5} CN \text{ の } RN \end{aligned}$$

$$\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1c} \text{美人の母}$$

なる統語構造に対応し、その意味構造は、

$$\lambda x \exists y [\text{美人}^*(x) \wedge \text{母}^*(x, y)]$$

である。後者の読みは、

$$\begin{aligned} CN &\Longrightarrow_{S1} T \text{ の } RN \\ &\Longrightarrow_{S0.2a} CN \text{ の } RN \\ &\Longrightarrow_{S0.1a, S0.1c} \text{美人の母} \end{aligned}$$

なる統語構造に対応し、その意味構造は、

$$\lambda x \exists y [\text{美人}^*(y) \wedge \text{母}^*(x, y)]$$

である。

また、「すべての美人の母が美人とは限らない」における「すべての美人の母」は、「すべての」が「美人」に係る考えると、直観に合わない意味構造になってしまうが、この名詞句の統語構造を

$$T \Longrightarrow_{S0.2c} \text{すべての } CN$$

$$\Longrightarrow_{\pi} \text{すべての美人の母}$$

と考えると (ただし、 $\pi = S1, S0.2a, S0.1a, S0.1c$)、その意味構造は、

$$\lambda P \forall x [\exists y [\text{美人}^*(y) \wedge \text{母}^*(x, y)] \supset P(x)]$$

すなわち、

$$\lambda P \forall x \forall y [[\text{美人}^*(y) \wedge \text{母}^*(x, y)] \supset P(x)]$$

となり、直観に合う。

「太郎のすべての車」は、本論文で述べた統語規則では解析できない。しかし、一般には「すべての太郎の車」であり、「太郎のすべての車」は「すべての太郎の車」の変形と考えられる。

また、「昨日の太郎」のような例も本論文で述べた統語規則では解析できないが、固有名詞を、時間と場所の項を取って CN になる名詞句として、関係名詞のように扱うならば、この問題は解決できるが、本論文では省略する。

「母の花子」における「母」は、関係名詞であるが、3.8 節で述べたように、 RN としてではなく、 CN として「花子」と結合していると考えられる。すなわち、「母の花子」の統語構造は、

$$\begin{aligned} T &\Longrightarrow_{S7} CN \text{ の } T \\ &\Longrightarrow_{S0.3} RN \text{ の } T \\ &\Longrightarrow_{S0.1c, S0.1b} \text{母の花子} \end{aligned}$$

であり、その意味構造は、

$$\begin{aligned} &\text{母}_{S0.3, S0.1c} \\ &= \text{母}_{S0.1c}(\lambda P \exists y P(y)) \\ &= (\lambda \mathcal{P} \lambda x [\mathcal{P}(\lambda y [\text{母}^*(x, y)])])(\lambda P \exists y P(y)) \\ &= \lambda x \exists y [\text{母}^*(x, y)] \end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned} &(\text{母の花子})_{S7, S0.3, S0.1c, S0.1b} \\ &= \lambda P [\text{花子}_{S0.1b}(\lambda x [\text{母}_{S0.3, S0.1c}(x) \wedge P(x)])] \end{aligned}$$

$$= \lambda P \exists y [母^*(花子^*, y) \wedge P(花子^*)]$$

となる。

また、「出迎えの人」における「出迎え」は事象名詞であるが、これも 3.8 節で述べたように、その統語構造は、

$$\begin{aligned} CN &\Longrightarrow_{S3} T \text{ の } CN \\ &\Longrightarrow_{S0.2a} CN \text{ の } CN \\ &\Longrightarrow_{S0.4, S0.4} EN_2 \text{ の } CN \\ &\Longrightarrow_{S0.1d, S0.1a} \text{出迎え の 人} \end{aligned}$$

であり、その意味構造は、

$$\lambda x \exists z [\exists y_1 \exists y_2 \text{出迎え}^*(z, y_1, y_2) \wedge \text{人}^*(x) \wedge R(x, z)]$$

である（‘出迎え^{*}(z, y_1, y_2)’は“ y_1 が y_2 を出迎える事象が z である”ことを示す）。「出迎え」の格関係に関する語意知識、

$$\begin{aligned} &\forall x \forall y \forall z [\text{出迎え}^*(x, y, z) \supset \\ &\quad \text{主格}(y, x) \wedge \text{人間}(y) \wedge \text{目的格}(z, x) \\ &\quad \wedge \text{人間}(z)] \\ &\forall x \forall y \forall z \forall w [\text{出迎え}^*(x, y, z) \wedge \text{主格}(w, x) \supset \\ &\quad \text{出迎え}^*(x, w, z)] \\ &\forall x \forall y \forall z \forall w [\text{出迎え}^*(x, y, z) \\ &\quad \wedge \text{目的格}(w, x) \supset \text{出迎え}^*(x, y, w)] \end{aligned}$$

から、 $R(x, z)$ として、格関係

主格(x, z)；事象 z の主格の個体が x

を推定すると、

$$\lambda x \exists z [\exists y_1 \exists y_2 \text{出迎え}^*(z, y_1, y_2) \wedge \text{人}^*(x) \wedge \text{主格}(x, z)]$$

すなわち、

$$\lambda x \exists z [\exists y_2 \text{出迎え}^*(z, x, y_2) \wedge \text{人}^*(x)]$$

が得られ、我々の直観に合う。平井⁵⁾が指摘したように、「出迎えの人」の「出迎え」を「出迎える」という連体修飾文（英語の関係節に相当）の短縮形として扱うこともできるが、連体修飾文の扱いは本論文の範囲を越えるので省略する。

「緑の葉」と「葉の緑」は、名詞の順番が前後しているだけであるが、前者は、“（葉にも色々あるが、その中で）その色が緑である葉”，後者は、“（緑にも色々あるが、その中で）葉の色である緑”を意味する。「緑の葉」、「葉の緑」の翻訳は、統語構造を「CN の CN」の形態と考えると、

$$\lambda x [\text{緑}^*(x) \wedge \text{葉}^*(x)]$$

になる。ここで、‘緑^{*}’の解釈を、“緑色をした個体の集合”として考えるのではなく、“色のうちで、われわれが緑と認識する色（たとえば、これを red, green, blue の組合せで表してもいい）の集合”と考えると、上記の論理式は空集合になり、意味のある言語表現ではな

くなる。一方、「緑の葉」、「葉の緑」とも「T の CN」の形態と考えることもでき（一つ目の NP が S0.2a により、T として働く）、その場合、翻訳は、それぞれ、

$$\lambda x \exists y [\text{緑}^*(y) \wedge \text{葉}^*(x) \wedge R_1(x, y)]$$

$$\lambda x \exists y [\text{葉}^*(y) \wedge \text{緑}^*(x) \wedge R_2(x, y)]$$

となる。そして、

$$\forall x [\text{緑}(x) \supset \exists y \text{色}^*(x, y)]$$

（ただし、色^{*}(x, y) は y の色が x であることを意味する）から R_1, R_2 をうまく推定できたとすれば、

$$\lambda x \exists y [\text{緑}^*(y) \wedge \text{葉}^*(x) \wedge \text{色}^*(y, x)]$$

$$\lambda x \exists y [\text{葉}^*(y) \wedge \text{緑}^*(x) \wedge \text{色}^*(x, y)]$$

となり、我々の直観に合う。

5. 関連研究

「NP の NP」の意味構造に関して、いくつかの研究が行われている。

坂井³⁾は、Montague¹⁾の理論を日本語に適用した研究を行っており、その中で、「NP₁ の NP₂」も扱っている。彼は、この名詞句を、

$$NP_1 \text{ が所有する } NP_2$$

という言語表現の表層（上部構造）への反映であると考えた。ここで、『所有する』とは、「太郎の本」、「太郎の母」、「去年の流行」などにおける「の」で結ばれる二つの名詞句の間に成り立っている関係を一般化したものである。我々の形式化は、その枠組は坂井と同じく、Montague の理論¹⁾であるが、「NP₁ の NP₂」において、NP₁ の統語範疇が CN か T かで意味構造（NP₁ の NP₂ に対する修飾の仕方）が二分されることが、坂井の形式化と大きく異なる点である。

島津⁴⁾、平井⁵⁾では、すでに事象名詞、関係名詞の概念が述べられている。本研究とこれらの研究の大きな違いは、型論理という明確なセマンティックを持つ形式的体系により名詞句の意味構造を表現している点、および、CN と T の相違を考慮している点にある。また、島津⁴⁾では、「NP₁ の NP₂」の意味関係として約 80 の関係を挙げているが、それらは、我々の形式化では、EN の名詞が持つ格関係、RN の名詞の意味的な分類、「CN の」で形容詞的に働く CN（たとえば、「美人」）の意味的な分類、翻訳規則 T3 で導入される関係述語 R に成りうる述語の意味的な分類に相当する。R としてどのようなものがあり、個々の「T の CN」に対して、どのようにして R を推定するかは、本論文の主題から逸れるので、詳しくは述べなかったが、島津の挙げた意味関係は R の候補を考える上で参考になる。

草薙²⁾は、「日本人の妻」を例に上げて、「日本人」が特定の人物を指示している場合とそうでない場合とで

意味が異なることを指摘しているが、本論文で述べた T は、特定の個体を指示する名詞句だけではなく、量化詞が結合した名詞句も含まれる。さらに、本研究では、「 NP の NP 」の統語範疇が何になるかも考慮して、単なる「 NP の NP 」の形態の分類ではなく、統語規則として捉えている。

6. おわりに

名詞句の統語範疇を細分し、この細分された統語範疇に基づいた統語規則と、それに対応する型論理式への翻訳規則とから、名詞句「 α の β 」の意味構造を形式的・構成的に求める手法を与えた。統語構造に応じて名詞句の意味構造がどのようになるかを簡単にまとめると、次のようになる。 α が CN の場合、 α' は β' の主引数に代入されるべき値 (β が T のときは β' の主個体記号の付値) を制限する。 α が T の場合、 β が項句を取る名詞句ならば α' は β' に代入され、 β が CN ならば α および β に明示されない関係述語 (= 以外の述語) で α と β の関係が示される。この関係述語の推定には、

$$\forall x[N_2(x) \supset \exists y[N_1(y) \wedge R(x,y)]] \quad (1)$$

の形態をした語意知識、事象名詞の格関係に関する語意知識などが有効であると考えている。また、(1)の形態の知識の一部を辞書の語義文から抽出することを検討している^{6),7)}。語意知識をどのように利用して明示されない関係述語の推定を行うかの詳細は今後報告する予定である。

本論文で述べた統語規則に従って名詞句「 NP_1 の NP_2 」の統語構造を解析した場合、非常に多くの曖昧さを生じる。しかし、翻訳規則 $T3$ で導入される R の曖昧さを除くと、統語構造が決まれば一意に意味構造を求めることができる。そこで、本論文で述べた統語規則をもとに確率文法を構築し、統語構造に優先順位を付与することで、意味構造にも優先順位を付与することができる。

参 考 文 献

- 1) Montague, R.: The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English, Hintikka, J., Moravcsik, J. and Suppes, P. (eds.) *Approaches to Natural Language*, Reidel, Dordrecht, pp. 221-242 (1974).
- 2) 草薙 裕: 文法形式が担う意味, 朝倉日本語新講座 文法と意味II, pp. 1-38 (1985).
- 3) 坂井秀寿: 日本語の文法と論理, 勁草書房 (1979).

- 4) 島津 明, 内藤昭三, 野村浩郷: 日本語文意味構造の分類—名詞句構造を中心に—, 情報処理学会研究会報告, NL 47-4, pp. 25-32 (1985).
- 5) 平井 誠, 北橋忠宏: 日本語文における「の」と連体修飾の分類と解析, 情報処理学会研究会報告, NL 58-1, pp. 1-8 (1986).
- 6) 田中靖之, 富浦洋一, 日高 達: 「 N_1 の N_2 」の意味構造の推定, 電気関係学会九州支部連合大会(第46回連合大会)講演論文集, p. 773 (1993).
- 7) 富浦洋一, 日高 達: 名詞句「 NP の NP 」の意味構造について, 情報処理学会研究会報告, NL 100-4, pp. 25-32 (1994).

(平成6年5月19日受付)

(平成7年3月13日採録)



富浦 洋一 (正会員)

昭和36年生。昭和59年九州大学工学部電子工学科卒業。昭和61年同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。平成元年同大学院工学研究科電子工学専攻博士課程単位取得退学。同年九州大学工学部助手、平成7年同助教授、現在に至る。工学博士。平成3年度情報処理学会研究賞受賞。自然言語処理、計算言語学、人工知能に関する研究に従事。人工知能学会会員。



中村 貞吾 (正会員)

昭和34年生。昭和57年九州大学工学部電子工学科卒業。昭和59年同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。昭和62年同大学院工学研究科電子工学専攻博士課程単位取得退学。同年九州大学工学部助手、平成4年九州工業大学情報工学部講師、現在に至る。工学博士。自然言語処理、計算言語学、人工知能に関する研究に従事。電子情報通信学会、人工知能学会会員。



日高 達 (正会員)

昭和14年生。昭和40年九州大学工学部電子工学科卒業。昭和42年同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。昭和44年同大学院工学研究科電子工学専攻博士課程中退。同年九州大学工学部助手、昭和48年同講師、昭和55年同助教授、昭和63年同教授、現在に至る。工学博士。形式言語の方程式論、自然言語処理、手書き文字認識の研究に従事。電子情報通信学会、人工知能学会会員。