ICOT Technical Memorandum: TM-0567

TM-0567

談話理解とロジック

向井国昭

July, 1988

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191～5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

談話理解とロジック

向井国昭
新世代コンピュータ技術開発機構

概要

自然言語意味論の新しい枠組みとして、状況意味論が提案され、そのメタ理論としての状況理論の基礎もいよいよ固められつつある。また一方で、発話行為論の仕様をロジックで記述する方法も順調に発展している。さらに、ロジックプログラミングにおいては、制約ロジックプログラミング図式が提唱され、応用範囲の広がりを見せている。本稿は、談話理解の隣接分野における、この二つ新しい動きについて、基本のアイデアを解説し、また談話理解システムへ向けて、アイデアの統合を展望する。統合の基盤はロジックである。[1]

1 はじめに

人間と日常会話ができるシステム、すなわち談話理解プログラム、を作ることは非常に難しい。通常の人間にとって易しいことが、なかなかプログラミングで実現できないというのは不思議なことである。実際、人工知能とは、この「あたりまえな」メカニズムの計算モデルを作ることに、ずっと取り組んできたといっても過言ではないだろう [23]。それでは、その困難は一体どこから来るのだろうか。辻井[28] と田中[28] は、記述体系および文脈モデルの欠落にある、と指摘している：

> 「自然言語の意味を記述する形式的な体系が一体どのようなものになるのか自体明らかでないことが、自然言語を著しく困難にする原因になる。」(辻井潤一)
>
> 「70 年代の人工知能の研究における意味理解、言語研究は、余りにも、その場しのぎの解決 (ad hoc) に頼り過ぎていた。」「『文脈、談話理解』の観点が欠けていた。もしかすると、1960 年代に意味の問題を回避して大きな困難に直面したのと同じことが、文脈の問題を回避したために起こる可能性がないとは言えない。」(田中穂積)

これは当然、談話理解の今後の展望とも密接につながる根本の問題であろう。では、この問題提起に対してどのような解答があるだろうか。本稿は、ロジックの立場から、その解答と結び付くと思われるいくつの有力なアイデアを紹介・解説する。すなわち、 **状況意味論・状況理論**(STASS)、**発話行為論とくに意図の理論** 、**制約ロジック・プログラミング**の三つである。この組み合わせに、ブレークスルーを期待している。この三つのうち、とくに状況意味論が、辻井・田中の問題意識と強く関係しているように見える。また、この三つは、ばらばらのものではなく、互いに他の力を引き出すような有機的な組み合わせである。その理由のポイントは、**状況意味論を、古典的なロジックの拡張と見ることができる**ことである。

まず、状況意味論は、J.Austin の発話行為論 [1] から大きな影響を受けている。つまり、状況意味論によれば、発話行為論は、意図やイベントなどの実体の間の相互作用の制約の研究、すなわち拡張された意味でのロジックに他ならない [14]。たとえば状況意味論は、「文の意味は状況の間の関係である」と

[1]本稿は、次に掲載: 人工知能学会誌、小特集：「次世代自然言語処理技術」、Vol.3, No.3, 1988 年

いうスローガンを持っている [3]。それは Austin の思想の数学的表現と見られる。つぎに、状況意味論とロジック・プログラミングは、ともに関係論的な世界観を抱いている。状況意味論によれば、世界はさまざな制約 (関係) で結ばれているオブジェクトの総体である。さらに最近の新しい動きとして、単一化機構を制約簡約機構に拡張一般化した、制約ロジック・プログラミングが提案されている。Colmerauer の Prolog-III[11] や J.Jaffar らの CLP 図式 [19] がその例である。制約を対象としている点で、状況意味論と制約ロジック・プログラミングは、共通の思想を持つ。これは、状況意味論とロジック・プログラミングの間のセマンティックギャップが小さいこと、および、親和性が高いことを示唆している、と解釈できるだろう。

すなわち、状況意味論により、発話行為論としての談話理解モデルを記述し、CLP でそのモデルをプログラミングするということ。これが、田中・辻井が提起した問題に対する、本稿の提案する解答である。

本稿の構成は、次のとおりである。第 2 節では、新しいロジックパラダイムの登場の必然性を明らかにし、次に、それらと談話理解の、今後の関わりを探る。第 3 節は、ロジックによる談話理解へのアプローチの基礎の具体例として、Cohen と Levesque の意図の理論 [12] を説明する。意図が、強固なゴール(persistent goal) の概念の上に組み立てられること。イベントの列としての行為とその表現式、および、イベントの時間列としての可能世界モデルとその上の論理式の解釈、このふたつが柱である。Harel の Dynamic Logic [17] の枠組みを用いている。第 4 節は状況意味論の基本アイデア [3] を解説する。第 5 節は状況理論 [7] を解説する。Barwise は集合論 ZFC/AFA によって状況理論のモデルを構成した。すなわち、集合論に対する相対的無矛盾性を証明した。型、命題、事態、状況など、状況理論のオブジェクトが具体的に構成される。第 6 節は、Jaffar ら [19] の制約ロジック・プログラミングのアイデアを解説する。例題は、線形等式制約であるが、制約を扱うということを明確に意識している点において状況意味論と思想が同じである。状況意味論のプログラミング言語版とみることができるかも知れない。

状況意味論以外にも、DRS 理論や、メンタルスペース理論など有力な理論が提案されている。また Grosz の意図や注意のモデルなど、談話理解に固有な紹介すべき話題はたくさんある。また、Schank 流の「記憶」や「期待」の心理モデル、あるいはニューロネットモデルの新しい可能性などもあるが、本稿では、紹介できない。談話理解の解説記事としては、かなりバランスを欠いていることをお断りしておきたい。

2 ロジックパラダイム

集合論と古典論理は、数学の記述体系として大いに成功してきた。しかし、談話理解システムのような文脈依存性を記述する枠組みとしては、不十分であった。そこで、状況の間の制約、すなわち拡張された意味でのロジックが、代わりの新しい枠組みとして提案された。それが状況意味論である。また、談話理解とロジックがどのように関わるのであろうか。

2.1 集合論と古典的ロジック

人工知能の流れにおけるロジックの役割を簡単に振り返ってみよう。そこには、単純化していえば、一階述語論理で問題の仕様の記述を宣言的に与え、それを定理証明機にかけるという一般方針が見られる。たとえば、モンキー・バナナ問題などのプランゴールがそうである [21]。McCarthy の状況計算 (situational calculus) は、そのような問題記述のためのベースになる空間を提供している。次節で解説する Cohen と Levesque の意図の理論もロジックで意図 (intention) の仕様記述を与えるものである。Prolog に代表されるロジック・プログラミングもこの流れに属している。

しかし、そこでのロジックは、古典的な集合論 [33] と述語論理 [30](とくに一階) の範囲であった。人工知能ばかりでなく、伝統的数学、自然言語のそれぞれの分野でも、古典的な集合論・述語論理の枠組

みが、規範とされていた。

まず、伝統的数学は、ZFC集合論と一階述語論理を基礎に置いてきた。推論規則は、やはり古典論理である。ここで、排中律を許す論理を仮に古典論理と呼び、そうでないのを直観論理と呼ぶ。数学に対しては、大成功であったので、この古典論理と集合論に対する信頼感は揺るぎないものになった。

自然言語の論理モデルの代表としては、Montague文法が良く知られている。その論理は、FregeのSinnを内包オブジェクトとして導入した、高階内包様相論理であり、そのモデル論は、Kripkeの可能世界意味論であった。論理はやはり古典論理であった。しかし、たとえば信念の扱いに、重大な論理的パラドックスを含んでしまった[16]。

人工知能における、知識(know)や信念(believe)の記述の枠組も、おおざっぱに言って、一階述語論理と様相論理の二つであった。そして意味論は、最小モデルと可能世界モデルである。たとえば、常識推論のための記述の枠組みとして、McCarthyが 提唱したCircumscriptionは、与えられた述語記号の外延を最小に解釈する方法である。時制論理など様相論理と可能世界意味論を組み合わせるやり方も、提案されている。推論規則はやはり古典論理である。サーベイ論文として松本[31]をあげておく。

従来の枠組みは、集合論および古典論理であった、とまとめることができよう。また、その集合論のほとんどがZFC集合論[33]であった。

2.2 制約の研究としてのロジック

さて、数学で大成功を収めた古典的枠組みがそのまま自然言語や、人工知能にも適用できるのかどうか、反省して見る必要が生じて来た。たとえば、自然言語のMontague流では、はっきりとパラドックスが生じ、自然言語処理では、上の引用のように、基礎的な困難が指摘されている。すなわち、この古典的な枠組みは自然言語や計算機言語の基礎としては、数学言語の場合には見られなかった、何かしらの欠点がある。

計算機言語では、すでに、集合論ではなく型理論が基礎であると認識されている[13, 20]。数学においてさえも、集合論から型理論へのシフトが見られる。(便宜上、Fefermanのfunction とclassの理論も型理論に含めている。) 論理はいずれも直観論理的である。この数学は構成的数学と呼ばれている。型理論という計算機の論理と構成的数学の論理が結び付くことにより、計算機によって数学を実現する道が開き始めている[13]。

そして、自然言語においては、状況意味論がまさに古典的な枠組みに対する問題提起をした。談話理解に関連させて、それを見てみよう。一般に、談話理解のプロセスは、イベント、信念、視点、意図、行為などのオブジェクトの間の複雑な制約であると考えられる。したがってそれらの仕様の記述が必要である。ところが、それらは、数や図形などの、数学的のオブジェクトとは性質が異なる。通常のように集合論(ZFC)を使おうとすると容易に集合論をはみ出してしまうのである。とくに信念など内包的なオブジェクトがそうである。したがって、またその間の制約も集合論の中では不可能になってしまう。こうして、言語の意味として重要なのは、真偽値ではなく、情報であることが認識されたのである。集合論と古典論理を枠組みとする従来のアプローチは、談話理解制約の記述の枠組みとしては、不完全であると結論される。

状況意味論は古典論理の代替えというよりは拡張である[14]。ここが重要ポイントであると思う。古典論理は文の真偽値に関する制約の研究であった。あるいは、公理によって表される制約の研究であった。状況意味論は、より広く、情報内容に関する制約の研究である。

たとえば、代表的古典論理であるGentzenのLK[30]は、論理式リストの間のある関係(entailmentと呼ばれる)

$$\Gamma \Rightarrow \Delta$$

の研究であり、一方状況意味論は状況の間の因果関係

$$S_1 \Rightarrow S_2$$

の研究である。 あとで述べるように、状況を情報の集りと見ることができるから、形式的にも、状況理論は古典論理の自然な拡張であるということが納得される。

さて、すでに基礎理論として、数学言語における集合論、計算機言語における型理論、自然言語に状況理論という図式がでてきた。ところで、あとで解説するように状況理論は集合と型の理論を含んでいる。すなわち、自然言語と計算機言語をともに含む広い枠組みを目指していると考えられる。そうすると、逆に、矛盾がでてこないかどうか心配になるが、(相対的) 無矛盾性が Barwise により示された [7](第5節)。

2.3 談話理解とロジック

談話理解とは複数の文の、あるいは複数の発話の「つながり具合」が「分かる」ことである。この「つながり具合」を、「談話構造」と呼ぶ。そうすると、談話構造と証明図との類似がでてくる。数学の議論が分かるというのは、頭の中に、証明図が構成できることだと考えられる：

$$\begin{array}{ccc} \text{数学の理解} & \Longrightarrow & \text{証明図} \\ \Updownarrow & & \Updownarrow \\ \text{談話の理解} & \Longrightarrow & \text{談話構造} \end{array}$$

ここで、証明図とは、たとえば、Gentzen の形式的体系 LK におけるものである。たとえば、下の例で談話Pが分かるというのは、「談話構造Ψ」を作ることである。談話理解能力とは、証明図を切ったり貼ったりする能力であると具体的に捉えられる。

P : AならばBである。BならばCである。Aである。ゆえにCである。

Ψ:

$$\dfrac{B \Rightarrow C \qquad \dfrac{\Rightarrow A \quad A \Rightarrow B}{\Rightarrow B}(cut)}{\Rightarrow C}(cut)$$

状況意味論の立場では、$S_1 \Rightarrow S_2$なる形の情報を談話構造に配置することになる。これらは今のところ単なる比ゆに過ぎない。しかし計算機科学において、証明図の normalization などの理論とプログラム抽出技法など、証明図の研究が格段に進んでいる [26]. 技術的なつながりは深いと思われる。

さらに言えば、従来の処理の考えは、文を重視し、それにルールを適用して構造を作りだすという形式であった。状況意味論ベースでは 状況sが主であり、文 r は s の一成分に過ぎないと見る。つまり、

$$s[r] \Rightarrow s'[r']$$

の関係を調べることである。いいかえると、コミュニケーションにおける文の役割は、重要ではあるが、制約全体の一部に過ぎないという常識を確認したものである。

2.4 型理論の応用

プログラミング言語において、型理論が、データ型の推論、プログラムの仕様記述・抽出・検証の基礎として、最近盛んに研究されているのは目をみはるばかりである [27]。Bawrise の状況理論も、型の理論を基本部分に含んでいる。型理論により、オブジェクトの型の意味がシャープにとらえられるようになってきた。一方、自然言語の分野では、 Montague 文法を除いては、型を積極的に使っていなかっ

た。しかし、動詞・名詞などの語の意味構造、フレーム、スクリプト、シソーラス、インヘリタンスなど、明らかに、型理論の議論と対応する部分が多くみられる。HPSG[25]のSUBCAT素性等も型とみることができる。数学基礎論→型理論→抽象データ型→ モジュールという連続的なつながりに、その強い関連性がでているように見える。

型理論で有効に働いている基礎概念は、多相型(Polymorphic data type) と 依存型(dependent data type)である [9]。多相型は、型にまたがる一様性をとらえた、一段高い型である。たとえば演算「+」の型は多相型の例である。+は、自然数・整数・実数・複素数・ベクトル・n次の行列など、さまざまな型における加法を抽象化したものである。依存型は、出力の値の型が入力に値に依存して決まるような関数の型である。たとえば、$f(n)$をn次の単位行列とするとき、この関数fの型は依存型である：たとえば、$f(2)$は2次行列であり、$f(3)$は3次行列である。

3 意図のモデル

談話理解の一つの切り口は、相手の意図の計算である。本節では、Cohen&Levesque [12] の意図のモデルを紹介する。通常の一階述語論理フォーマリズムで、極めて単純明快に構成されている。意図が、ロジックでどのように記述されるかの一つの具体例である。Harel[17]のダイナミック論理と似ている。単純にいえば、動的に変化する環境のもとに式を評価するシステムである。計算機言語では、プログラムあるいは式の評価は変数の値やファイルの中身すなわち環境を動的変えてしまい、式の評価がまたそれに依存する。本モデルは、それをプラン - ゴールに適用したものと考えることができよう。

ごく普通に、まず、理論のオブジェクトとその項表現を導入し、必要な関係を表す述語記号を導入し、可能世界モデルを構成し、最後に論理式とモデルの間の充足可能性を定義する。強固な目標(Persistent Goal)のモデルは、目標を達成してもプラニングを続けたり、不可能であることが分かっていてもプラニングを続けたりすることを防ぐための一つのアイデアである。意図(INTEND)はその上に定義される。現在の版では、並列のイベントは扱えていない。述語記号の解釈はすべてトータルである。また、行為の解釈のベースは可能世界モデルである。Cohen&Levesuque自身が示唆しているように、可能世界意味論を状況意味論で置き換えることはより現実的なモデルになるであろう。本稿が、この意図の理論に注目する一つの理由である。この理論により哲学的雰囲気がただよっていて、近づき難かった意図の理論が、ぐっと身近になったような気がする。

3.1 基本オブジェクト

つぎのものが基本オブジェクトである：エージェント(agent)、行為 (action), イベント (event), 時間(time), 場所 (location)。行為はイベントから構成される。行為の表現式は、行為変数、シーケンシャルな行為$(a;b)$、非決定性の選択(ab)、繰返し行為(a^*)、テスト行為$(p?)$のいずれかの形である。ここで、a, bはそれぞれ行為式、pは論理式である。時間は整数 2, -1, 0, 1, 2, ... である。

3.2 基本論理式

基本関係を、それぞれの「読み」とともに示す：

$GOAL(x,\phi)$	: ϕはx の目標世界において真である。
$BELIEVE(x,\phi)$	: ϕはxの信ずる世界において真である。
$HAPPENS(e)$	: つぎに、イベントe がおきる.
$DONE(e)$	:イベントeが今おきたばかりである。
$AGT(x,e)$	: x は イベントeのエージェントである。
$\alpha=\beta$	: 等式。

$e \le e'$：eはe'の部分である．

ここで、xはエージェント，ϕは論理式、aは行為、eとe'はイベントとする。

3.3 モデル

つぎの 8-組をモデルという：$M = (\Theta, P, E, Agt, T, B, G, \Phi)$

- Θ: 集合
- P：人の集合
- E：イベントの型 (types) の集合
- ACT: EからPへのある関数
- T：ZからEへの関数からなる集合 (Zは整数の全体集合)
- B: $T \times P \times Z \times T$の部分集合 ($\times$は直積オペレータ)
- G：$T \times P \times Z \times T$の部分集合
- Φ: 述語の解釈 (interpretation)

Tの元を可能世界とよぶ。可能世界はイベントの型の系列である：

$$\ldots, e_{-n}, \ldots, e_{-1}, e_0, e_1, \ldots, e_n, \ldots$$

Bは信念の到達可能関係 (belief accessibility relation) である。Gは目標の到達可能関係 (goal accessibility relation) である。$B(\sigma, x, n, \tau)$はエージェントxが可能世界σ の時点nにおいて可能世界τ が可能であると考えていることを表している。同様に、$G(\sigma, x, n, \tau)$はxが σのnにおいてτを (ひとつの) 目標としていることを表す。

3.4 充足条件 (satisfiability)

M をモデル、σをMの可能世界とし、nをσの時点とする。 ϕを論理式とし、vを変数に対する割り当て (assignment) とする。σの時点nでϕがvの下で真であるという関係 $M, \sigma, v, n \models \phi$、を (1) から (6) により帰納的に定義する。ここで、mは時点、aは行為、αは論理式、e_1, e_2はイベント変数を表すとする。たとえば、行為a =「入る」を三つのイベントe_1 =「ドアを開ける」、e_2 =「敷居をわたる」、e_3 =「ドアを閉める」からなる長さ 3 の列のことだとしよう。そのとき、現世界σの時点nで (HAPPENS a) が真なのは、時点 $n+1$のイベントがe_1、その次がe_2、そしてe_3と、σで実際にそうなっていることである。

(1) $M, \sigma, v, n \models P(x_1, \ldots, x_k) \Leftrightarrow \langle v(x_1), \ldots, v(x_k) \rangle \in \Phi[P, \sigma, n]$

(2) $M, \sigma, v, n \models (e_1 \le e_2) \Leftrightarrow v(e_1)$ は $v(e_2)$ の部分列

(3) $M, \sigma, v, n \models$ (HAPPENS a) $\Leftrightarrow \exists m, m \ge n,\ M, \sigma, v, n[a]m$

(4) $M, \sigma, v, n \models$ (DONE a) $\Leftrightarrow \exists m, m \le n\ M, \sigma, v, n[a]m$

(5) $M, \sigma, v, n \models$ (BEL x α) $\Leftrightarrow$ 任意のσ^*に対して、$\langle \sigma, n \rangle B[v(x)]\sigma^*$ かつ $M, \sigma^*, v, n \models \alpha$

(6) $M, \sigma, v, n \models$ (GOAL x σ) $\Leftrightarrow$ 任意のσ^*に対して、$< \sigma, n > G[v(x)]\sigma^*$ かつ $M, \sigma^*, v, n \models \alpha$

ここで $M, \sigma, v, n[a]m$は、行為aが時点nから始まり、時点mに終わるということである。詳しくは、つぎの (7) から (11) により帰納的に定義される:

(7) $M, \sigma, v, n[e]n+m \Leftrightarrow v(e) = e_1 e_2 \ldots e_m$として $\sigma(n+i) = e_i$, $1 \le i \le m$.

(8) $M, \sigma, v, n[ab]m \Leftrightarrow M, \sigma, v, n[a]m$ または $M, \sigma, v, n[b]m$.

(9) $M, \sigma, v, n[a;b]m \Leftrightarrow \exists k, n \leq k \leq m$ かつ $M, \sigma, v, n[a]k$ かつ $M, \sigma, v, k[b]m$.

(10) $M, \sigma, v, n[\alpha?]n \Leftrightarrow M, \sigma, v, n \models \alpha$.

(11) $M, \sigma, v, n[a^*]m \Leftrightarrow \exists n_1, ..., n_k, n_1 = n$ かつ $n_k = m$かつ 各$1 \leq i \leq m$について $M, \sigma, v, n_i[a]n_{i+1}$.

3.5 強固な目標

「強固な目標pを持つ」ということは、pが達成されたか、あるいは、pの達成が不可能であることが分かってしまった場合以外は、あくまでpの達成をめざす、ということである。それを (PGOAL x p) と書く。ここで、xはエージェントである。

$$
\begin{aligned}
(\text{P-GOAL } x\ p) = {} & (\text{GOAL } x\ (\text{LATER } p)) \wedge (\text{BEL } x\ \neg p) \wedge \\
& [(\text{BEFORE } ((\text{BEL } x\ p) \vee (\text{BEL } x \Diamond \neg p)) \\
& \qquad \neg\ (\text{GOAL } x\ (\text{LATER } p)\ ]
\end{aligned}
$$

ここで、つぎの定義を使っている：

$(\text{BEFORE } p\ q) \equiv \forall c\ (\text{HAPPENS } c; q?) \rightarrow \exists\ a(a \leq c)\ (\text{HAPPENS } a; p?)$

$\Diamond\alpha \equiv\ \exists x(\text{HAPPENS } x; \alpha?)$

$\Box\alpha \equiv \neg\Diamond\neg\alpha$

$(\text{LATER p}) \equiv \neg p \wedge \Diamond p$

最後に例として、２種類の意図的行為をの違いを分析を示す。計画通りに行なう意図的行為 (INTEND_1) と偶然あるいはまぐれに目標を達成してしまう意図的行為 (INTEND_2) の違いである：

$(\text{INTEND}_1\ x\ a) \equiv (\text{P-GOAL } x[\text{DONE } x\ (\text{BEL } x(\text{HAPPENS } a))?; a])$.

$$
\begin{aligned}
& (\text{INTEND}_2\ x\ p) \equiv \\
& \quad (\text{P-GOAL } x\ \exists e(\text{DONE } x[(\text{BEL } x\ \exists e'(\text{HAPPENS } x\ e'; p?))\wedge \\
& \qquad\qquad \neg(\text{GOAL } x\ \neg(\text{HAPPENS } x\ e; p?))]?; e; p?))y
\end{aligned}
$$

4 状況意味論[2,3,4,5,6,7,8,29]

4.1 状況意味論の世界モデル

事態(state of affairs) とは、たとえば

《太郎が、時t所lで、走っている》,

あるいは

《太郎が、時t所lで、走っていない》

という形の情報である。事態はその役割の重要性から、情報子(infon) とも呼ばれている [14]。現実世界Mは、事態の整合的な集りである。つまり、世界は、古今東西ありとあらゆる事実 (事態) が書かれた本である。世界Mに含まれている事態のことを事実という。一般的に、M自身はオブジェクトではない。Mは、たとえば、「見る」という関係項には立てない。あまりにも大き過ぎるのである。事態の集合のことを状況とよぶ。集合であることに注意。世界と違って、それはオブジェクトとして、関係項に立つことができる。状況sの支持 (support) する情報がすべてが「事実」のとき、すなわちsがMの部分集合のとき、sを現実状況という。事態は、信念や夢の対象のように非現実的な状況を、構成要素として含むことがある。

4.2 文の意味

文の意味は、状況の間の関係である。より正確には、イベント型の間の関係である。これは、状況意味論の初期における定義である。現在は、発話の持つ情報内容はどのようなものかという形で、より精密に、次のように定義されている。すなわち、それを記述内容 (descriptive content) と命題内容 (propositional content) に分けられる。いま、J.B. が "I am standing" と発話したとしよう。そのときこの発話は次の二つの情報内容を持つ:

記述内容：$\langle\langle$STANDING, J.B., 3:40p; 1$\rangle\rangle$

命題的内容: $s \models \langle\langle$STANDING, J.B., 3:40p; 1$\rangle\rangle$

ここでsは発話者が参照している (refer) 状況である。 さらに説明すると、まず、STA NDING という関係と、たとえば、「等しい (=)」という関係はその性格が違っていることに注意する。STANDING は記述的関係 (descriptive relation) であり J.B と 3:40p が STANDI NG という関係に立っているかどうかは事態

$$\langle\langle\text{STANDING, J.B., 3:40p;1}\rangle\rangle$$

が世界で現実にそうであるかどうかできまる。一方$2 = 1 + 1$は、世界によらず正しい。つまり「等しい」という関係 = は グローバルに決まっている関係である。状況独立な関係といってもよい。Barwise はこれらを、構造で決定される関係 (structurally determinate relation) と呼んで、とくに型 (type) の概念をそれと同一視する。「=」、「∈」は型の例である。こうした「関係」と「型」のとらえかたは、最近の状況意味論の特筆すべきアイデアの一つであろう。[2]

4.3 情報の流れ

状況意味論の主張のひとつは、 文の意味を真理値ではなく状況の間の関係と見ることである [13]。すなわち、情報の伝達機能の重視である。例を示そう:

C が、A と B からそれぞれ、次のような話しを聞いたとする:

A: 「もし x=y ならば、x=1 である。」

B: 「もし x=y ならば、y=2 である。」

そのときCは、どんな情報を掴むか? あるいは、AとBから、C にどんな情報が流れたか? この場合、Cに $\langle\langle$x=2$\rangle\rangle$ と $\langle\langle$y=1$\rangle\rangle$ という情報が流れる。なぜか? Aの発話にふさわしい状況は何かと考えてみる。すると、適当な「会話の公準」を仮定すると、Aの発話の状況には情報$\langle\langle$x=?$\rangle\rangle$と $\langle\langle$y=1$\rangle\rangle$があることが分かる。(? は unknown をあらわす。) 同じく、 Bの発話の状況には、情報$\langle\langle$x=2$\rangle\rangle$と$\langle\langle$y=?$\rangle\rangle$がある。それぞれの情報をマージすることにより、$\langle\langle$x=2$\rangle\rangle$と$\langle\langle$y=1$\rangle\rangle$を得る。一方、質料含意 (material implication) で考えると、 AとBは矛盾しているのでCは高々$\langle\langle x \neq y\rangle\rangle$を得るのみである。

4.4 意味論的パラドックス

古典述語論理のモデル論が自然言語の意味論に不十分であることが、状況意味論の背景にある。それを復習しよう。まず、「代入原理」は成り立たない。つぎの (1) と (2) における、それぞれの信念の対象は、たとえ事実性においては等価でも、一方を他方で置き換えることは、できない。なぜなら、主題 (subject matter) が異なるからである。 つまり、情報として異なるからである。

(1) Believes that Jackie is a nice dog.

[2] そして、状況依存性を基準にして、命題、型、性質、事態の基本概念を定式化している。次節参照

(2) Believes that Carson City is west of Los Angels.

同様にして、情報論的な観点からは、排中律や三段論法も一般には成立しないことが分かる。

4.5 間接分類 (indirect classification)

行為の予測や説明に、メンタルステートの間接分類 (indirect classification) というアイデアを使う。ゴキブリ退治用の殺虫剤の缶に、ゴキブリのラベルを貼って、間接分類するのと同じである。メンタルステートを、行為との関係において分類するというアイデアである。同じ型の行為をするエージェントのメンタルステートは同じラベル (un iformity) を持つ。逆に、同じラベルを持てば同じ型の行為をする。つぎの (1) の表す制約 C は、行為とメンタルステートの間の間接分類 (制約) の例になっている：
(1) A mother who believes that her baby is hungry will feed it.

$$C := \langle\langle \text{involves}, E_1, E_2; 1\rangle\rangle$$

ここで、

$$\begin{aligned}
E_1 &:= \langle\langle \text{mother}, b; 1\rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{believe}, b, E; 1\rangle\rangle \\
E_2 &:= \langle\langle \text{feeding}, b, a; 1\rangle\rangle \\
E &:= \langle\langle \text{child_of}, a, me; 1\rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{hungry}, a; 1\rangle\rangle \\
me &:= x \mid \langle\langle \text{present}, x, loc; 1\rangle\rangle (\text{「自分」を表すためのロール})
\end{aligned}$$

4.6 心の枠理論

メンタルステートを、パターンとしてのイベント型 (枠) と、そのパターンに含まれるパラメータのバインド (セッティング) の対で分類することである。これにより、たとえば、同一のオブジェクトに対する矛盾した信念をもつメンタルステートを表現できる： ピエールというある少年が、パリで (当然フランス語の中で、英語を知らずに)、 Londres (英語で London のこと) 汚い (not pretty) と信じて育ち、後年、突然 London(ロンドン) で暮らすことになった。そこがロンドン (Londres) であることも知らず、彼は、ロンドン (London) はきれい (pretty) と思った。

$$\begin{aligned}
e0 \models\ & \langle\langle \text{believe, Pierre}, \langle\langle \text{of_type, londres}, E_1\rangle\rangle, L;1\rangle\rangle \wedge \\
& \langle\langle \text{believe, Pierre}, \langle\langle \text{of_type, london}, E_2\rangle\rangle, L;1\rangle\rangle \wedge \\
& \langle\langle \text{of, londres, ロンドン}\rangle\rangle \wedge \\
& \langle\langle \text{of, london, ロンドン}\rangle\rangle
\end{aligned}$$

ここで londres と london、E_1 と E_2 はそれぞれ次の複合不定項と型である：

londres:= $x \mid \langle\langle \text{city}, x\rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{named}, x, \text{Londres}\rangle\rangle$
london:= $y \mid \langle\langle \text{city}, y\rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{named}, y, \text{London}\rangle\rangle$
$E_1 = [z \mid \langle\langle \text{pretty}, z; 1\rangle\rangle]$
$E_2 = [z \mid \langle\langle \text{pretty}, z; 0\rangle\rangle]$。

すなわち、同一のオブジェクト、ロンドンについての異なる信念を持っていることを表現している。しかし、Pierre の信念の枠の中では、londres と london は異なる不定項であるから、矛盾していない。

4.7 循環的状況

コミュニケーションのおいては、共有知識(common knowledge) が大切である。それに対するモデルには三つある。繰返し法(iterate approach)、不動点法(fixed-point approach)、環境共有法(shared environment approach) である。状況理論は、環境共有法の、自然なモデルをあたえる。次の条件を考える:

$$s0 \cup \{\langle\!\langle \text{know}, \text{太郎}, s \rangle\!\rangle, \langle\!\langle \text{know}, \text{花子}, s \rangle\!\rangle, \langle\!\langle \text{know}, \text{次郎}, s \rangle\!\rangle\} \subset s$$

$$\begin{aligned} s_0 \ = \{ \ & \langle\!\langle \text{have}, \text{太郎}, \text{クラブのエース} \rangle\!\rangle, \\ & \langle\!\langle \text{have}, \text{花子}, \text{ハートのエース} \rangle\!\rangle, \\ & \langle\!\langle \text{have}, \text{次郎}, \text{スペードのエース} \rangle\!\rangle \} \end{aligned}$$

これは、状況s で、3人が、上を向いたカードの情報を共有し、3人がsを共有しているという、sについての条件である。状況理論によれば、このような状況が存在する。そして、たとえば⟪⟪⟪⟪太郎がクラブのエースを持っている⟫ことを次郎が知っている⟫ことを花子が知っている⟫という情報もこの条件から容易に導ける。標準の well-founded な集合論ではこのような集合は存在が不可能であった。Barwise と Etchemendy[8] は、言語使用において、このような自己参照状況がありふれていると主張している。

5 状況理論のモデル

型、命題、状況、事態 (= 情報)、性質 (= 関係)、などのモデルを具体的な集合論的構造として構成する。それを紹介しよう。相互参照的に定義が構成される。「材料」の提供およびオブジェクトの「製造」は、すべて ZFC/AFA 集合論のなかで行われる。モデルの構成は三つのステップからなる [7]:

- ステップ 1: 型と命題の理論。
- ステップ 2: 型と命題による状況、事態 (= 情報子 (infon))、基本型の導入。
- ステップ 3: 情報子の整合的なあつまりとしての世界のモデル。

5.1 ZFC/AFA 集合論

型と命題の理論に、「λ- 計算」すなわち抽象化と代入 (β- 変換) を使う:

$$(\lambda\ x.p)a = p[a] \qquad (\beta\text{- 変換})$$

Barwise は、そのλ- 計算を保証するモデルを ZFC/AFA 集合論の中に構成した。因みに、通常の ZFC 集合の世界では、自分自身を含む集合を含まないので、たとえば集合方程式、 $x = \{a, x\}$、は解けない。これが解けるように集合の世界を拡げた集合論が ZFC/AFA である。先の解は、直観的には、$x = \{a, \{a, \{a, \ldots\}\}\}$である。$x$は無限に「深い」構造を持っている。実数の世界を複素数に拡げて、すべての代数方程式が解を持つようにした事情と似ている。実際、ZFC/AFA では、ある一般的なクラスの連立方程式系が、常に解をユニークに持つ。Barwise のモデルはこの性質を使っている。以下このλ- 計算を仮定する。便宜上、通常のλ- 計算の記法を代用する。

5.2 命題, 事態, 型, 性質

基本アイデアは、状況依存性を基準にすることである。

- 命題 (proposition) は状況に依存しないこと
- 性質 (property) は状況に依存すること

=や∈などは状況に独立である: $2 = 1 + 1$は状況によらない。一方、「座っている (SITTING)」とか「右にある (RIGHT-TO)」は、状況や視点に依存して決まるので型ではなく、(記述的) 性質である。

型と命題の理論の基本述語は次の二つである:

$approp\_for(\tau, a)$: aは型τの適切な割り当てである。

$of\_type(\tau, a)$: 割り当てaは型τに属す。

任意の型τは引数ロールの集合$Arg(\tau)$を持ち、その型が無制限に適用されることを防いでいる。基本の型は、アトムであり、その振舞いがこれらの2述語により規定される。特別な基本型$Approp_for$は、述語$approp_for$をシミュレーションするためのものである。また、理論の無矛盾性のためにも、重要であるが、詳細は割愛する [24]。命題は型pと割り当てaの対であり、その真偽は$pa \Leftrightarrow of_type(p, a)$で定義する。

5.3 状況理論のオブジェクト

型・命題・性質・事態・状況を定義する。

(1) 基本型: $Obj, Type, Proposition, Property, Soa, Bsoa, Sit, Assignment, Approp\_for, \models, \in, \ldots$ なる基本型として固定する。これらは、アトムである。

(2) 型: 基本型、$\lambda x.p$いずれかのこと。ここで、pはパラメトリックな命題である。

(3) 基礎命題: 形式 τa のこと。ここで、τ は型である。通常の infix 記法などの記 法は、適宜自由に用いる。次は基礎命題の例である:

$$s \models \sigma$$

$$(\lambda x.x \models \sigma)s$$

(4) 命題: 基礎命題、$\bigwedge P$、$\bigvee P$はのいずれかのこと。ここで、Pは命題の集合である。

(5) 基本事態: 形$\langle\langle r, a, i\rangle\rangle$のこと。ここで、$r$は性質、$a$は割り当て、$i \in \{0, 1\}$は極で ある。

(6) 事態: 基本事態、$\bigwedge\Sigma$、$\bigvee\Sigma$、$\exists x.\sigma$のいずれかのこと。ここでΣは事態の集合で あり、σは事態である。最後の形もλ- 抽象化を使って定義されるが詳細は略す。

(7) 原始記述的性質(primitive descriptive property): SITTING や RUNNING などの基本的性質。これらは、あらかじめ、与えられているとする。

(8) 非原始記述的性質: $\lambda x.\sigma$. 型と区別を容易にするために $[x|\sigma]$と書く。ここでσ はパラメトリックな事態とする。

(9) 記述的性質: 原始的記述的性質または非原始記述的性質のこと。

(10) 性質: 型あるいは、記述的性質のこと。

5.4 状況・世界

まず、事態に関する概念、双対・既約・素を定義する。双対はド・モルガンの法則を適用しながらすべての極を反転することである。詳しくは、事態σの双対 $\bar{\sigma}$ をつぎのように定義する：

$$
\begin{aligned}
\overline{\langle\langle r,a;i\rangle\rangle} &= \langle\langle r,a;1-i\rangle\rangle : \langle\langle \mathrm{r,a;i}\rangle\rangle\text{が既約のとき。} \\
\overline{(\bigwedge \Sigma)} &= \bigvee\{\bar{p}|p \in \Sigma\} \\
\overline{(\bigvee \Sigma)} &= \bigwedge\{\bar{p}|p \in \Sigma\} \\
\overline{[x|\sigma]} &= [x|\overline{\sigma}]
\end{aligned}
$$

ただし、Σの各要素およびσは双対を持つとする。$x.\sigma$ の形の事態の双対は定義されない。命題に対しても双対は定義されない。次に、β- 変換が適用できない基本事態を既約という。正式には、rが型か、あるいは原始性質のとき、基本事態$\langle\langle \mathrm{r,a,i}\rangle\rangle$ は、既約という。同じく、$\sigma = \langle\langle r,a,0\rangle\rangle$が双対を持たないときも既約であるという。既約でない基本事態を可約という。双対を持つ既約基本事態のことを素事態 (prime state of affairs) という。

(例) $\langle\langle [y|\exists x.\sigma],a;0\rangle\rangle$は既約であるが双対は持たない。
$\langle\langle$SITTING,J.B., 3:00p.m.; 1$\rangle\rangle$は素事態である。 $\langle\langle [y|(\exists x.\sigma)],a;1\rangle\rangle$は双対を持たないので、素事態ではない。

状況は既約な基本事態の集合である。状況と事態の間の支持関係 $\models$ が基本的である。

(1) $s \models \langle\langle r,a;i\rangle\rangle$: $\langle\langle r,a;1\rangle\rangle$が既約、$\langle\langle r,a;i\rangle\rangle \in s$のとき.

(2) $s \models \langle\langle [x|\tau],a;1\rangle\rangle$: $s \models \tau[a]$ のとき.

(3) $s \models \langle\langle [x|\tau],a;0\rangle\rangle$: $s \models \langle\langle \bar{\tau},a;1\rangle\rangle$とき.

(4) $s \models \bigwedge\Sigma$: すべての$\sigma \in \Sigma$について$s \models \sigma$であるとき.

(5) $s \models \bigvee\Sigma$: ある$\sigma \in \Sigma$について $s \models \sigma$であるとき.

(6) $s \models (\exists x.\sigma)$: 変数割り当てfが存在して、$s \models \sigma[f]$であるとき.

(例) $s = \{\langle\langle$SITTING,John, 3:00p.m.; 1$\rangle\rangle\}$とする。そのとき：
$s \models \langle\langle [x,t|\langle\langle \text{SITTING}, x, t; 0\rangle\rangle], \text{John}, 3{:}00\text{p.m.}; 0\rangle\rangle$
$\Leftrightarrow\ s \models \langle\langle [x,t|\overline{\langle\langle \text{SITTING}, x, t; 0\rangle\rangle}], \text{John}, 3{:}00\text{p.m.}; 1\rangle\rangle$
$\Leftrightarrow\ s \models \langle\langle [x,t|\langle\langle \text{SITTING}, x, t; 1\rangle\rangle], \text{John}, 3{:}00\text{p.m.}; 1\rangle\rangle$
$\Leftrightarrow\ s \models \langle\langle \text{SITTING}, x, t; 1\rangle\rangle[\text{John},3{:}00\text{p.m.}]$
$\Leftrightarrow\ s \models \langle\langle \text{SITTING, John}, 3{:}00\text{p.m.}; 1\rangle\rangle$
$\Leftrightarrow\ \mathit{true}.$

素事態のクラスMはつぎの条件 (7)(8)(9) を満たすとき、世界という：

(7) Mの元の双対はMには含まれない (整合性)

(8) τが型、$\langle\langle \tau,a;1\rangle\rangle \in M$ のとき、$of\_type(\tau,a)$

(9) τが型、$\langle\langle \tau,a;0\rangle\rangle \in M$ のとき、$of_type(\tau,a)$でない

事態の間の、同値関係も世界モデルに基づいて、例えば次のように定義できる：M のすべての状況sについて$s \models \sigma \Leftrightarrow s \models \tau$ のとき$\sigma \Leftrightarrow_l \tau$と書く。そのとき

$$\langle\langle [x|\sigma],a;1\rangle\rangle \Leftrightarrow_l \sigma[a]$$

$$\langle\!\langle [x|\sigma], a; 0\rangle\!\rangle \Leftrightarrow_{i} \overline{\sigma[a]}$$

が成り立つ。この結果はトリヴィアルではない [7,24]。

6 制約ロジックプログラミング

6.1 CLP 図式

制約ロジック・プログラミング (CLP)[19] は、Prolog に制約解決機構を組み込んだものである。通常の単一化のアルゴリズムも制約解決機構の一つなので、CLP は、Prolog の自然な拡張である。どんな制約解決機構を組み込むかは、応用領域によって決まる。 いわゆる, すべてを生成せよ、そして、テストせよ. (generate and test) アルゴリズムは、容易に、指数関数オーダの計算量になってしまう。たとえば、長さ n のリストのソートの問題を考えよう。順列を生成して、それが、ソートされているかどうかをテストするように設計すると、nの階乗のオーダになることはすぐ分かる。

このようなことから、一般に、制約$T(x)$を満たす解$x \in G$を探す問題は、$T(x) \wedge x \in G \Leftrightarrow S(x)$、となるようなより簡単な正規形式、$S(x)$、に直接変形したほうがよいことが多い。たとえば、次がそうである：$T(x) := x \in \{1,2,3,4,5,6\}$、$G := \{4,5,6,7,8,9\}$ の場合に、制約 $T(x) \wedge x \in G$ を $S(x)$ ($:= x \in \{4,5,6\}$)に簡約する。このような「制約簡約機構」が、問題領域に存在する場合、これを Prolog に組み込んでしまう。その際、それを、ホーン節すなわち Prolog で記述する必要はない。最もふさわしい機構を組み込めばよい。 Prolog の単一化の理論自身がこの意味で組み込みなのである。まとめると、次の (1) から (4) までの性質をすべて満たす制約系があれば、導出を定義できる。

(1) 正規形と呼ばれる制約のサブクラスがある。

(2) 正規形を満たす解は常に存在する。

(3) 領域の任意の元は正規形の解として表わされる。

(4) 制約を与えると、解がある場合は正規形を、さもなければ「不能」を出力する手続 きがある。そして、「簡約化手続き」は解を保存する。

例題領域として、ガウスの掃出し法を持った一次の線形方程式系の理論を組み込んだ CLP を考えよう [18]。つぎの (5-9) に例を示す:

(5) CLP プログラム.

$$p(S,T)\text{:-}S+T=8.$$

$$q(U,V)\text{:-}U-V=4.$$

$p(S,T)$は、SとTの和が 8 であるという制約をあらわす。$q(U,V)$も同様である。

(6) 質問: 上のプログラムに対して、足して 8、ひいて 4 になるような制約を満たす数の 組み合わせを質問しよう：

$$?\text{-}p(X,Y), q(X,Y).$$

(7) 答えの導出は、ゴールGと制約Cの対(G,C)の列として表される。融合 (resolution) お よび制約の

簡単化プロセスのステップを総称的に⇒であらわす：

$$(\{p(X,Y),q(X,Y)\},\{\})$$
$$\Rightarrow (\{q(X,Y)\},\{X=S,Y=T,S+T=8\})$$
(融合ステップ)
$$\Rightarrow (\{\},\{X=S,Y=T,S+T=8,X=U,Y=V,U-V=4\})$$
(融合ステップ)
$$\Rightarrow (\{\},\{X=6,Y=2,S=6,T=2,U=6,V=2\})$$
(制約簡単化ステップ)

(8) 出力: $X=6, Y=2$.

CLP の利点のひとつは、オブジェクトを間接的あるいは陰伏的(implicit) にあらわせることである。たとえば、無理数 2 の正の自乗根は有限の小数ではあらわせない: $\alpha = 1.4142...$ しかし、変数Wで無理数αを代用し、計算途中で 式$W*W$ が現われたなら、それを定数 2 で置き換えることにより、αの働きをWでまねることができる。これは、微分方程式の解を明示的に表せなくても、方程式の形から、解の定性的な性質が導き出せることがあることと同様である。たとえば、不等式$2 > 1.4*1.4$から$\alpha > 1.4$であることが演えきできる。また、制約が不足して値が定まらない場合、変数間の簡約された制約自身を、「内包的」な応答として出力することができる。 次の表は、CLP 図式に当てはまるものの一部である:

表 1. 主な CLP 言語

言語	正規化理論
Prolog	Robinson の単一化 $f(x)=f(a)$
Prolog-II [10]	無限木の単一化 $x=f(x)$
Prolog-III [11]	有理数の上の線形方程式理論
CLP(R) [18]	実数領域の上の線形方程式論
CIL [22]	木領域の上の理論
CAL [32]	多項式環の上の理論
Dincbas[15]	有限領域

6.2 CLP と状況意味論

状況意味論と CLP の共通点は、どちらもオブジェクトを陰伏的にとらえている点といえよう。談話理解能力を、陰伏的制約を簡約する能力としてとらえること。これをヒントとして、少し両者の技術的結びつきを見よう。

前節により、状況理論の中で「うまい」簡約規則があれば、それを組み込んだ CLP ができることが分かった。CLP は、状況をオジェクトとして組み込んでいるという意味で、文脈処理の基本機能を持った Prolog ということができよう。さて、そのような簡約規則があるかどうか。それは、おおきな検討課題である。前節の状況理論に従えば、まず型と命題の理論を組み込む。そのつぎに、基本関係である、$\models$, $approp(riate)\_for$, of_type, y を組み込むことになる。単純に言えばそうなる。しかし、どういう基本機能を組み込むべきか、現時点では、不明である。それは、ユーザレベルの制約記述言語の仕様とも密接に関係するだろう。また、当然、システムは膨大な数の制約の網となるであろう。制約をモジュラリティ高く記述すること、それらをバランス良く解く制約解決機構の両方が必要になるのはいうまでもない。

上の三つの基本機能は、いわゆるメタ機能と呼ばれているものである。それが組み込まれているという意味では、オブジェクトレベルとメタレベルが一体化した reflection の実現ともいえよう。このように、状況理論と CLP の組み合わせは、大きな興味ある問題である。

展望としては、談話理解ルール (制約) の獲得 (学習) モデルも持つ必要があるだろう。その学習ルールすら、獲得すべきものかも知れない。その獲得メカニズム自身もルールである、すなわち、入れ子になっている。さらに注文をつければ、システムの信頼性と保守性のために自己診断機能も必要である。また、ゲームの場合のように、相手の意図や行為をシミュレーションする機能も必要である。

これらの、機能は、実現性の他に、論理的可能性としての興味もある。状況理論は、今、きちんと形式的に記述されつつあるので、これらの可能性の本格的な検討を始めることができるようになるだろう。

7 おわりに

談話理解システムの基礎として、ロジックの新しい動きを紹介した。具体的には、状況意味論 (状況理論)(STASS) と意図の理論と制約ロジック・プログラミング (CLP) の三つをそれぞれ紹介した。

本稿で示したロジックによるアプローチが、「あいまい性の解消」「デフォルト推論」「漠然性 (vagueness)」「フレーム問題」「学習・知識獲得」など、人工知能の代表的な難問に対して対してどう関係するか。すなわち、古典的なアプローチに較べてどんな点で有利になるであろうか。残念ながら、現時点で確定的に言えることは、ほとんどない。今後の興味ある課題である。しかし、いくつかの期待はある。状況意味論は、状況に組み込まれている、いわゆる非言語的知識を積極的に利用する枠組みである。また、部分意味論という大きな特徴を持っていた。通常プランゴールの設計の場合、一つの行為 (たとえば食べる) の前提条件とその効果は、原則として、あますず記述されなければならない。これは、フレーム問題とくに、qualification 問題である。これは、しかし、見掛けの問題かあるいは、本当の困難なのか、必ずしも明らかでない。たとえば、状況意味論の部分性(partiality) は、そもそもそのような、完全無欠の制約記述を要求しない。この例の適否はともかく、状況意味論により、従来の理論の枠組みからくる見掛けの困難を排除できるという期待は高い。

さて、いままで紹介してきたロジック的アプローチは、自然言語研究者や計算機科学者にとって、とくに目新しいということではないかもしれない。たとえば、文の意味は真偽値ではなく、その状態＝環境＝状況に対する効果である、という認識は、計算機言語の意味あるいは発話行為を考えるとき、むしろ自然である。つまり、数学の分野以外の言語の意味をきちんと記述しようする場合、伝統的数学のための体系すなわち集合論と古典論理に、不自然な形で自らを合わせなければならなかった、というのが実情であろう。計算機言語の場合は、本文でも紹介したように、型の理論などに新しい記述体系を見出してきた。自然言語の場合は、状況意味論によって、はじめて古典論理の枠組みの役割と限界がはっきりと意識されたということであろう。そして、このような明確な自覚が 談話理解における、新しい発想や技術にもつながるのではないだろうか。 なお、本稿は、ICOT の談話理解プロジェクト DUALS の一環としてなされたものであるが、必ずしも、DUALS の見解を代表するものではない。

謝辞 ICOT 意味論研究懇話会のメンバ、とくに白井、橋田 (現 ICOT) 片桐各氏との議論は有益でした。同僚の杉村、木村氏に原稿を読んでコメントを頂きました。

参考文献

[1] J.L. Austin: How to Do Things with Words, New York: Oxford U.P., 1962.

[2] J. Barwise: Some Computational Aspects of Situation Semantics, in Proceedings of the 19th Annual Meeting, Association for Compuational Linguistics, 1981.

[3] J. Barwise: Situations and Attitudes, MIT Press, 1983.

[4] J. Barwise: The Situation in Logic-I: Logic, Meaning, and Information Center for the Study of Language and Information, Report No. CSLI-84-2, 1984.

[5] J. Barwise: The Situation in Logic-II: Conditionals and Conditional Information, Center for the Study of Language and Information, Report No. CSLI-85-21, Jan., 1985.

[6] J. Barwise: The Situation in Logic-III: Situations, Sets and the Axiom of Foundation Center for the Study of Language and Information, Report No. CSLI-85-26, 1985.

[7] J. Barwise: Notes on a Model of a Theory of Situations, Sets, Types and Proposition, (draft), August, 1987.

[8] J. Barwise and J. Etchemendy: The Liar: An Essay on Truth and Circular Propositions, Oxford U.P., May 1987.

[9] L. Cardelli and P. Wegner: On Understanding Types, Date Abstraction, and Polymorphism, Computing Surveys, Vol.17, No.4, 1985.

[10] A. Colmerauer: PROLOG-II - Reference Manual and Theoretical Model, Internal Reprot, Groupe Intelligence Artificiale, Univ., Aix Marseille II, 1982.

[11] P.R. Cohen and Levesque, H.: Persistence, intention and commitment, in P. Cohen, J. Morgan and M. Pollack (eds.), SDF Benchmark Series: Plans and Intentions in Communication and Discourse, Cambridge, MA: MIT Press, 1987.

[12] A. Colemerauer: Opening the Prolog III Universe, Byte, August, 1987.

[13] R.L. Constable 他: Implementing Mathematics with Nuprl Proof Development System, Prentice-Hall, 1986.

[14] K. Devlin: Logic and Informaiton. A Mathematical Perspective on Situation Theory, (first draft), 1987.

[15] M. Dincbas, H. Simonis and P. Van Hentenryck: Extending Equation Solving and Constraint Handling in Logic Programming, ECRC Internal Reoport IR-LP-2203, Feb. 1987.

[16] D. Dowty 他: Introduction to Montague Semantics, Reidel, 1981.

[17] D. Harel: First-Order Dynamic Logic, LNCS-No.68, Springer-Verlag, 1979.

[18] N. Heinze and J. Jaffar et al: The CLP Programmers Manual, Version 1.0, Monash Univ. CS Dept. Internal Memo, 1986.

[19] J. Jaffar and J-L. Lassez: Constraint Logic Programming, IBM Watson RC internal Memo, 1986.

[20] P. Martin-Loef: Intuitionistic, Type Theory,Bibliopolis, 1984.

[21] Z. Manna and R. Waldinger: How to Clear a Block: A Theory of Plans, J. of Automated Reasoning, Vol.3, No.4 December 1987.

[22] K. Mukai: A System of Logic Programming for Linguistic Analysis, ICOT-TR 1988.

[23] D.A. Norman (ed): Perspectives on Coginitive Science, Ablex, 1981.

[24] G. Plotkin: A Theory of Relations for Situations Theory, (a lecture note at CSLI transcribed by T. Fernando), 1987.

[25] C. Pollard: C.J. Pollard: Generalized Phrase Structure Grammars, Head Grammars, and Natural Language, Ph.D. Dissertation、 Department of Linguistics、 Stanford Univ., 1984.

[26]Y. Takayama: QPC: QJ-based Proof CompilerSimple Examplees and Analysis, European Symposium on Programming,88,Nancy,France,1988.

[27] 林晋：型理論文献案内, コンピュータソフトウェア,Vol.5. No.1, 岩波書店、 1988.

[28] 黒崎政男: コンピュータには何ができないか-H. L. ドレイファスの場合人 工知能学会誌、 Vol.2 No.4、 1987 (12).

[29] 向井国昭: 状況意味論解説. 状況理論のモデルを中心にして, 情報処理学会自然言語処理技術シンポジューム「自然言語処理の新たな展開をもとめて」 1988 年 1 月 21 日 (木), 22 日 (金), 1988.

[30] 松本和夫: 数理論理学. 共立出版, 昭和 46 年.

[31] 松本裕治: 知識表現論理的アプローチに焦点を当てて, 情報処理, Vol.27, No.8, 1986.

[32] 坂井公 他: CAL 制約論理プログラミングの理論と実例, 信学会研究会資料, SS87-28, 1988.

[33] 田中尚夫: 公理的集合論, 倍風館, 昭和 57 年.