

4D-6

タスク・オリエンティッドな対話の
意図構造とプランの関係

山本 幹雄 中川 聖一

豊橋技術科学大学

1. はじめに

1つの文を処理するシステムが文の中の構造(文法)を重要な情報源としたように、対話システム・談話理解システムを構築する場合には、対話あるいは談話の構造が重要な役割を果たす。そこで、いくつかの談話理論が提案されているが、中でもGROSZ&SIDNER(1986)によって提案された談話構造の理論はそれまでの理論を統合した理論であり注目されている。その理論中で、談話構造は3つの部分に分解される。それぞれの構造は相互関係を持ち全体で談話の構造を捕らえるが、特に INTENTIONAL STRUCTUREは談話の意図の構造をとらえる重要な役割を果たす。本報告では GROSZ&SIDNERの形式化した一般的なTASK領域の知識と INTENTIONAL STRUCTUREの関係を TASK-ORIENTEDな対話について、さらに発展させる。簡単にGROSZ&SIDNERの理論を説明してから、知識としてのプランの表現を定義し、そのプランと INTENTIONAL STRUCTUREの関係を述べる。

2. GROSZ&SIDNERの理論の概要

まずGROSZ&SIDNER(1986)の理論を簡単に説明し、次にプランとの関係について彼女らの主張を説明する。

談話構造は3つの構造から成っており、1つめは LINGUISTIC STRUCTURE (LS) である。この構造は表層的な構造で、実際に話された(書かれた)発話を基本要素として階層的なDISCOURSE SEGMENT (DS) を構成する。階層的であるということはDSが入りこみ構造をとることを意味する。2つめは ATTENTIONAL STATEである。これは談話の中で注意の焦点を定義する。この構造は話題となっている対象物、特徴、関係、さらにある与えられた点における最も重要な対話の意図を含んでおり、その後の発話の処理に重要な情報の要約となっている。

3つめの構造は INTENTIONAL STRUCTURE (IS) で、談話の意図の構造を表現する。基本的な要素は、談話全体として中心的な目的あるいは意図を表すDP (DISCOURSE PURPOSE) と、このDPを達成するためのより低いレベルの目的を表すDSP (DISCOURSE SEGMENT PURPOSE) である。それぞれのDSPはDSの中に埋め込まれている。意図の中でDPまたはDSPと成り得るものは意図の中でも特定のものだけであり、それは対話参加者全員が認識することを意図された意図だけである。さらにDPとDSPの間およびDSP同士の間はDOM (DOMINANCE) とSP (SATISFACTION-PRECEDENCE) の2種類の関係のみによって関連づけられる。意図I1とI2があったとき、I1 DOM I2はI2の充足がI1に寄与するときに成り立つ。I1 SP I2は、I1の充足がI2の充足よりも時間的にさきに生じなければ成らないときに成り立つ。DOM関係は DOMINANCE HIERARCHY とよばれる木構造を構成する。図1にLISPデバッガのHELP対話の具体的な例とLSを示し、そのISを図2に示す。対話例は2台のコンピュータを回線で接続し、キーボードで対話を行い、その履歴をとったものである。Eがエキスパートを表し、Aが初心者を表す。実際の対話は図1のものより長くなるため、本報告に影響がない範囲で短くしてある。しかしISは実際の対話と同じである。図2のI1, ..., I7はそれぞれ図1のDS1, ..., DS7に対応したDSPである。I1の表している意味は「初心者は初心者が関数関係を調べること」を意図している。」である。3, 4節でより詳しく定義される。

GROSZ&SIDNER(1986)の例ではDS2, DS3, DS4のようなDSは認められず、DS6のようなDSは認められている。しかしDS6もDS2と同じ種類のDSPを持っているDSであると考えるのが自然である。DS6を認めるならばDS2, DS3, DS4も認めるべきである。さらにDS2, DS3, DS4, DS6のようなプランの知識を得る意図はHELP対話などで中心的な役割を持っており、無視することはできない。このためHELP対話ではGROSZ&SIDNERの定式化したBELIEF CASEとACTION CASEが混ざった

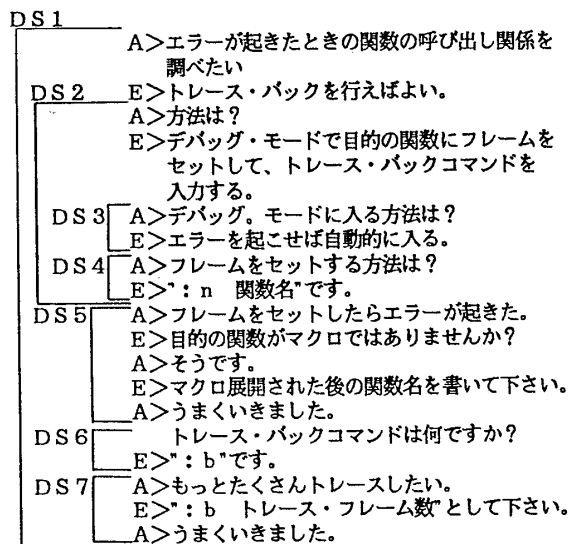


図1 LISPデバッガのHELP対話例とLS

- I1: INT (A, DO (A, SEARCH (FUNCTION-RELATION)))
- I2: INT (A, KNOW (A, PLAN (TRACE-BACK)))
- I3: INT (A, KNOW (A, PLAN (HOLD (DEBUG-MODE))))
- I4: INT (A, KNOW (A, PLAN (SET-FRAME)))
- I5: INT (A, FIX (A, PLAN (SET-FRAME)))
- I6: INT (A, KNOW (A, CGEN (TYPE (?X), TRACE-BACK, . . .)))
- I7: INT (A, FIX (A, PLAN (TRACE-BACK)))

- (1) I1 DOM I2 (4) I2 DOM I3 (7) I4 SP I5
- (2) I1 DOM I5 (5) I2 DOM I4 (8) I6 SP I7
- (3) I1 DOM I7 (6) I2 DOM I6 (9) I5 SP I7

図2 図1の対話の INTENTIONAL STRUCTURE

場合となる。本報告ではこの場合を解析する。図2の中でもう1つ注意することはI1 DOM I6という関係がないことである。I6はDS2の中で聞き忘れたことを聞く意図であると考えることができ、I2の下位レベルの意図となるためI2 DOM I6となる。これはGROSZ&SIDNERのいう"FLASHBACK"に相当する。

以上3つの構造は共に、個々の発話がどのように残りの談話に埋め込まれて行くかを決定するために対話参加者が必要とする情報を提供する。しかし、3つの構造は相互に依存しているため、どれか1つを先に構築することはできない。全体が同時に徐々に構築される。このような機構を実現するためにはそれぞれの間の関係を形式化して、制約充足問題として全体を構築しなければならない。その際、一般的なTASKの知識も1つの重要な制約として働く。本報告では一般的なTASKの知識としてのプランとISの関係形式化する。プランとISの関係に集中するため、他の知識(例えばLS)は構築されているものとして扱った。

次にISとプランの関係について述べる。ISとプランの間には深い関係があることは直感的にわかるが同じものではない。特にDOMINANCE HIERARCHYはプラン木と比較されやすいが、GROSZ&SIDNERはプラン木とは同じでも、同型でもないことを強調している。DPまたはDSPとなる意図はプランニングの失敗や、不慮の事故のための意図を含んでいる。AIで一般的なプランニングはこれを扱っていない。さらにプランは談話の意図のためには詳しくない。対話

参加者が認識することを意図されていない意図も含んでいる。プランとISの関係はTASK領域の一般的なプランの知識とISとの関係として特別に形式化されなければならない。

3. プランの定義

ISとプランの関係を形式化するために、まずプランの形式化を行う。ある人Xが行為Pのプランを持っていることを、以下の形式で表す。

$$\text{KNOW}(X, \text{PLAN}(P)) \Leftrightarrow \text{KNOW}(X, \text{PREMITIVE}(P)) \vee \\ (\text{KNOW}(X, \text{CGEN}(P, A_1 \wedge \dots \wedge A_n, P, C_1 \wedge \dots \wedge C_m)) \wedge \\ \text{KNOW}(X, \text{PLAN}(P_i))), \text{FOR } i=1, \dots, n \wedge \\ \text{KNOW}(X, \text{PLAN}(\text{HOLD}(C_i))), \text{FOR } i=1, \dots, m)$$

ここでKNOW(X, Y)はXがYを知っていることを表す。PREMITIVE(X)はXがそのまま実行できる行為であることを表す。CGEN(P, B, C)はPollack(1986)が定義したものと同じで、条件Cで行為Pを行ったとき行為BがGENERATEされるときだけ真になる。GENERATEされるとは、ある行為が別の行為を自動的に生成することである。たとえば電話をかける事は通信の手段を確保することをGENERATEする(Pollack 1986)。またCGEN(P, B, C)はヘッダーがB、前提条件がC、本体がPの階層的プランニング・オペレータとしても解釈できる。HOLD(C)はCの状態にする行為を表す。

図1の対話のエキスパートが持っているプランを図3に示す。ここでTYPE(-)は-をキーボードにタイプすることを表す。

```
KNOW(E, PLAN(TRACE-BACK))
KNOW(E, CGEN(TYPE(:B), TRACE-BACK, SET-FRAME))
KNOW(E, CGEN(TYPE(:B NUMBER), TRACE-BACK, SET-FRAME))
KNOW(E, PLAN(TYPE(:B)))
KNOW(E, PLAN(TYPE(:B NUMBER)))
KNOW(E, PREMITIVE(TYPE(:X)))
KNOW(E, PLAN(HOLD(SET-FRAME)))
KNOW(E, CGEN(TYPE(:N 関数名), HOLD(SET-FRAME),
  DEBUG-MODE ^ 関数名キマクロ))
KNOW(E, PLAN(TYPE(:N 関数名)))
KNOW(E, PLAN(HOLD(関数名キマクロ)))
KNOW(E, PREMITIVE(HOLD(関数名キマクロ)))
KNOW(E, PLAN(HOLD(DEBUG-MODE)))
KNOW(E, CGEN(OCCUR(ERROR), HOLD(DEBUG-MODE), ()))
KNOW(E, PLAN(OCCUR(ERROR)))
KNOW(E, PREMITIVE(OCCUR(ERROR)))
```

図3 図1の対話例のエキスパートのプラン

4. プランとISの関係

我々が調べたTASK-ORIENTEDな対話はキーボード対話のため視覚的なことを伝達できない。例えばGROSZ&SIDNER(1986)がとりあげた対話のように「ある道具を見せろ」などの発話は存在しない。キーボードでのTASK-ORIENTEDな対話では大きく2種類の意図の伝達がある。ある行為を行いたいという意図(下の分類の(1))と、その行為を行うためのプランを手に入れる意図(2), (3)である。プランを手に入れる意図はさらに、プランが失敗した場合より詳しいプランを手に入れる意図、他のプランを手に入れた意図(4), (5)を派生する。これらを以下に示す。

- (1) INT(X, DO(Y, P))
- (2) INT(X, KNOW(Y, PLAN(P)))
- (3) INT(X, KNOW(Y, CGEN(B, P, C)))
- (4) INT(X, FIX(Y, PLAN(P)))
- (5) INT(X, FIX(Y, CGEN(B, P, C)))

ここでINT(X, Z)はXがZが真であることを意図するとき真である。これらのDPまたはDSPからなるTASK-ORIENTEDな対話を考察すると以下のようなプランの知識とISとの関係が見いだされる。

4.1 行為の実行との関係

GROSZ&SIDNER(1986)の指摘したGENERATE関係とISの関係はおおよそ以下のように書ける(彼女らはCGENではなくGENERATE関係を用いた)。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{KNOW}(X, \text{CGEN}(P, A_1 \wedge \dots \wedge A_n, P, C)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{DO}(Y, P_i)), \text{FOR } i=1, \dots, n \Leftrightarrow \\ \text{DOM}(\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)), \text{INT}(X, \text{DO}(Y, P_i))) \text{ FOR } i=1, \dots, n$$

これは図1の例では現れない。

4.2 プランの知識を手に入れる意図との関係

プラン木の具体的なレベルでの知識を得ることは、より抽象的なレベルの知識を得ることに寄与している。これはDOM関係を生む。しかし、知識の伝達にはSP関係はないものと考えられる。図1の対話の例では、TRACE-BACKのプランを手に入れるという意図とデバッグ・モードにはいるプランを手に入れるというプランにはDOM関係はあるが、SP関係はない。さきにデバッグ・モードに入る方法をエキスパートが教えてから、全体のプランを教えるもおかしくない。このDOM関係を形式的に書くと以下ようになる。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P'))) \Leftrightarrow \\ \text{DOM}(\text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))), \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P')))) \\ \text{ただし、PLAN}(P') \text{はPLAN}(P) \text{の定義の中で再帰的に定義される下位プランを表す。}$$

この関係は図2の関係の(4), (5), (6)を捕らえる。

さらにプランを手に入れるという意図はそのプランによって実現できる行為を行いたいという意図を達成するために生じた意図である。プランを知ることはその行為を行う意図に寄与する。以下のように書ける。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))) \Leftrightarrow \\ \text{DOM}(\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)), \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))))$$

この関係は図2の(1)を捕らえる。

4.3 プランを修正する意図との関係

プランの1つの行為の実行が失敗するとそのプランによって達成される行為も失敗する。失敗したプランを修正することは、意図されたおおもとの意図を達成する事に寄与する。これはDOM関係である。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(P))) \Leftrightarrow \\ \text{DOM}(\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)), \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(P))))$$

この関係は図2の(2), (3)の関係を保つ。

手に入れたプランで行為を行い失敗した場合には、手に入れたプランが不完全であったと考えられる。プランを教える方が教えずともよいと判断した知識を教えられる方が知らなかった場合に生じるケースである。これは行為の実行に伴って起きる場合のため、行為の順序関係が関係してくる。これはSP関係になる。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{KNOW}(X, \text{CGEN}(B, P, C)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(B))) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(\text{HOLD}(C)))) \Leftrightarrow \\ \text{SP}(\text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(P))), \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(\text{HOLD}(C))))$$

この関係は図2の(9)の関係を捕らえる。

さらにプランを修正する意図は、そのプランをはじめに手に入れる意図の前に来ることがない。よって、これもSP関係になる。

$$\text{INT}(X, \text{DO}(Y, P)) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))) \wedge \\ \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(P))) \Leftrightarrow \\ \text{SP}(\text{INT}(X, \text{KNOW}(Y, \text{PLAN}(P))), \text{INT}(X, \text{FIX}(Y, \text{PLAN}(P))))$$

この関係は図2の(7), (8)の関係を捕らえる。

5. 結論

キーボードを介したTASK-ORIENTEDな対話を分析し、TASKのプランとISとの関係について述べた。このような対話ではDSPとして、プランを知りたいという意図、プランを修正したいという意図、ある行為を行うという意図が中心的な役割をはたしている。これらのDSPのDOM関係、SP関係をCGEN関係をもとに記述されたプランで規定した。分析に使用した対話は実際のキーボード対話を収集したものである。約10対話を分析したが、数がまだ少ないためさらにデータを集めて検討していく。

参考文献

- (Grosz&Sidner 1986) Grosz, B.J. and Sidner, C.L. 'Attention, intentions and the structure of discourse', Computational Linguistics, vol. 12, 175-204 (1986)
- (Pollack 1986) Pollack, M.E. 'A model of plan inference that distinguishes between the beliefs of actors and observers', Georgeff, M.P. and Lansky, A.L. eds. Reasoning about actions and plans (1986)