

自律的エージェントの組織的活動と会話

沼岡 千里 所 真理雄¹
(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所

Abstract

本論文では、開放型システムにおいてアプリケーションを開発するための基礎となる状況内会話モデル (Situating Conversation Model) について記述する。さらに状況内会話モデルに基づいて、グループとか階層的組織といったものが、状況依存エージェント間の会話を通じて、いかにして形成され、いかにして組織的知識が獲得されるかということを議論する。ここで、状況依存エージェントはさまざまな組織に同時に属することができる。状況内会話モデルは、そのようなエージェントが、会話の相手が属する組織や状況に応じて、信念や行動を選択するための枠組を与える。

Organization of Autonomous Agents and Their Conversation

Chisato Numaoka and Mario Tokoro²
tel: +81-3-3448-4380 fax: +81-3-3448-4273
e-mail: chisato@csl.sony.co.jp

Sony Computer Science Laboratory Inc.
3-14-13 Higashigotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141, JAPAN

Abstract

In this paper we describe Situating Conversation Model which is a foundation for developing applications in an Open System. On the basis of Situating Conversation Model, we discuss how an organization such as a group or a hierarchical society can be formed and how organizational knowledge (e.g. a contract) can be acquired through conversation among situated agents. A situated agent can be involved in various organizations simultaneously. Situating Conversation Model provides a framework that such agent can choose their belief and actions to suit according to the organization to which a companion of conversation belongs and to the situation in which a companion is involved.

¹ 兼慶応義塾大学理工学部

² also with Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223, JAPAN

1 はじめに

開放型システムは常に状況変化にさらされている。また、Carl Hewitt や Peter de Jong によって指摘されたように [Hewitt and Jong 84] 大域的な対象といったものは存在しない。人間の社会組織は、まさにこの開放型システムの典型的な例である。オフィス、市場といった組織において活動するものは常に状況に依存して振舞うことが要求される。仮に彼らが組織において活動するための完全な計画というものが存在し、かつ彼らの働く環境が、組織における活動者のいかなる行為もその計画に対して影響を与えない、ということを保証するのであれば、彼らは状況変化というものにそれほど敏感である必要性はない。残念ながら、開放型システムにおいて完全な計画を期待するのは非常に困難である。なぜなら、あらかじめ予期できないような因子というものが開放システムにはあまりに多く存在しているからである。これらはシステムデザイン(あるいは組織構成)の変更であるかも知れないし、外乱によるものかもしれない。

状況に依存した行動が必要とされるような例は、動的に形成されていく組織に参加するという行為の中に見受けられる。もし属している組織が異なるなら、組織に応じて従うべき規則あるいは政策といったものが異なるであろう。動的に形成されるような組織にこれから所属しようとするものが、必ずしも組織に固有の規則を前もって知っているわけではないので、彼らは組織に所属するに当たって、組織自身から直接情報を得なければならない。また組織はそのような規則が存在するならば、新しく組織に加わることを希望する者が、組織の目的のために協調的に行動するために、またできるために、そのような規則を教えなければならないし、構成員はその規則に従いながら、組織の目的のために貢献できる仕事を行わなければならない。目的意識(上の例の場合は、組織に参加して活動すること)を持って情報を積極的に得たり与えたりすることは、状況に応じて柔軟に行動を変えていくことを可能にする重要な要素である。

本論文における我々の関心は、主に自律的で、適応性に富んだエージェントをモデル化し、そのモデルに基づいて、エージェント間の会話が組織構成や組織活動に対して果たす役割を論じることにある。動的組織形成における会話の有効性については、これまであまり議論されてこなかった問題である。本論文ではこのような観点から、著者の一人が提案する状況内会話モデル (Situating Conversation Model) に基づいて、会

話を通じた組織構成及び組織活動の問題について議論する。本論文の構成は以下の通りである。まず第2章で状況内会話モデルを簡単に説明する。第3章で、組織の分類を行なった後、第4章から第6章までで、第3章で分類される三つの組織形態についてより詳しく議論する。最後に第7章で結論を述べる。

2 状況内会話モデル (Situating Conversation Model)

状況内会話モデルは、自律的で、適応性があり、かつ協調的に行動できるエージェントをモデル化することを目的として提案された [Numaoka and Tokoro 90, Numaoka 90]。ここでは以下の議論において必要とされる範囲で状況内会話モデルの本質的な部分について記述する。状況内会話モデルの特徴は以下のように要約される。

- 制約されているが柔軟に再構成可能な機能を持つ状況依存エージェント、
- エージェントに依存し、状況によって支持された信念空間³の集合としての信念モデル、及び
- 原始会話行為 (INFORM、QUERY、及び REQUEST) に基づく会話。

以下では、これらの内あとの2つについて簡単な説明を与える。

2.1 エージェントに対して相対的な信念のモデル

全てのエージェントの行動計画は、エージェントの信念に基づいて作られ、全ての物理的行為はこの計画に従って行なわれる。例えば、エージェント A がお腹がすいていると信じたとしよう。するとそれは何かを食べるための計画を作る。もし A が台所のテーブルの上にお菓子があったと信じるならば、A は台所にいったお菓子を掴み、それからそれを食べるという計画を作るかも知れない。しかしながら、A がその計画を実行に移した後、状況は変わってしまうかも知れない。A は台所までの通路上で大きなステーキを発見するかも知れないし、台所にいった後、もはやお菓子が無いことに気づくかも知れない。これらの状況変化は A が他の計画を立てることを余儀なくする。ステーキを発見したエージェントはそれを食べるという計画を立てるだろうし、お菓子が無いことに気づいたエージェントは

³これは [Numaoka and Tokoro 90] においては談話状況と呼ばれるものに対応づけられる。

食べものを求めてあたりをさまようという計画を立てるだろう。エージェントの物理的的行為はエージェントの信念に対して常になんらかの影響を与えている。なぜならそれらの行為が状況を、予期せぬ形で変えることがあるからである。それゆえ、我々はエージェントの信念モデルが必要となる。その信念モデルはエージェントの行為によって変わる状況によって支持されるものでなければならない。

2.1.1 信念空間と信念モデル

信念空間と信念モデルは状況内会話モデルにおいて非常に特徴的である。信念空間 BS は Kripke の可能世界意味論に基づいてモデル化され、6 つ組 $\langle W, \leq, D, q, V, SIT \rangle$ として表現される。ここで、

- S : 可能世界の集合。あるエージェントが作られた状態では、可能世界の一つ W_0 が原始式及び式 OCCUR だけから構成され、他の世界は全てこの W_0 から派生的に構成される。
- \leq : S 上の半順序関係。
- D : W における領域の集合。
- q : D から各可能世界における領域を選択するための関数。
- V : 各可能世界 s に対して V_s を割り当てる関数。 V_s は L_{META} の式の集合から真理値の集合 $\{1, 0\}$ への写像を与える部分関数である。
- SIT : 3 つ組 $\langle AGT, EVENT, ACT \rangle$ として表現される状況の識別子。ここで AGT はエージェントの識別子、 $EVENT$ は (一つの計画を実行することに対応する) イベントの識別子、さらに ACT は機能的行為ユニットによって実行される一つの物理的行為の識別子。

全ての信念空間において、 W_0 における全ての式は一貫性がある。ある行為の後で信念空間は変化するが、この時、 W_0 はその行為の結果獲得された新しい観測に基づく式及び以前の信念空間における W_0 の式の中で現在の W_0 と無矛盾な式から構成される。式 (TRUE (UP right-arm)) がエージェント A のある状況における信念空間の W_0 があると仮定しよう。それから A は、物理的行為 (ARM-DOWN right-arm) を実行する。この実行の後、 A は式 (TRUE (UP right-arm)) ではなくて、式 (TRUE (DOWN right-arm)) を W_0 に含むよう

な信念空間を持つことになる。このように、信念空間は物理的的行為を通じて非単調的に変化する。

信念モデルは 3 つ組 $\langle AGT, B, \leq \rangle$ によって示される。ここで、

- AGT : エージェントの識別子。
- B : エージェントの信念空間の集合。
- \leq : B 上の半順序関係。

ある状況 Sit における信念空間を $BS(Sit)$ であるとしよう。そのとき半順序関係 $BS(Sit_1) \leq BS(Sit_2)$ は、 $Sit_1 \leq Sit_2$ が真である時に限り真となる。ここで $Sit_1 \leq Sit_2$ は、以下の条件のいずれかが満足される時に限り真となる。

1. $\langle Sit_1, Act, Sit_2 \rangle$ であるような行為 Act が存在する。
2. Sit_1 は $\langle Agt, Event, Act_1 \rangle$ であり、 Sit_2 は $\langle Agt, Event, Act_2 \rangle$ である時、関係 $Act_1 \leq Act_2$ が存在する。。
3. S 、 H 、 U 、 $Intp$ 、 Sit_1 、及び Sit_2 が固有の識別子である時、式 (OCCUR (HEAR H S U $Intp$ Sit_1)) が $BS(Sit_2)$ に存在する。
4. $Sit_1 \leq Sit_3 \wedge Sit_3 \leq Sit_2$ であるような状況 Sit_3 が存在する。

2.1.2 メタレベル言語: L_{META}

L_{META} は状況依存エージェントの論理的行為 (計画) や信念を記述する言語である。状況内会話モデルにおいて、我々はいわゆる直感主義論理の立場を取る。これは開放型分散環境において“未知”という状態を記述することが非常に重要であるからである。ここでは我々は 3 章以下の議論において必要とされる式及び計画について説明する。

原始式

- true: 恒真。
- false: 恒偽。
- (TRUE relation): ある信念空間において真であることが証明された relation ⁴(以下、T-関係と呼ぶ) があれば真、なければ未知。

⁴Relation は、(predicate-symbol $obj_1 \dots obj_n$) という形を取る。ここで、 obj_j は定数 (シンボルや ID (識別子))、‘?’ で始まる変数、または関数 $F(obj_1 \dots obj_m)$ である。

◦ SIGによって提供されるサービス。

明らかに、もしエージェントがSIGのメンバであることによって得る利点を知らないならば、そのSIGに加わろうとする何の理由もない。SIGの全てのメンバは新しいメンバの加入に関して投票する権利を持つ。さらに、SIGの代表者は、投票に基づいて最終決定を下す権利を持つ。SIGに加入するための条件は、代表者によって定義され、メンバに与えられる。

4.1 グループ形成

SIGへの加入 エージェントがあるSIGに加入したいと望む時、そのエージェントは自己紹介と加入意思表明のための発話をSIGの代表者に対して行わなければならない。その発話はエージェント識別子 A_i を含まなければならない。SIGに加入するためのプロトコルが(*TRUE* (join A_i))であり、代表者の識別子がRであると仮定しよう。その時加入のための発話は次のようになる。

(*INFORM* A_i R (*TRUE* (Join A_i)))

投票 代表者は全てのSIGメンバに投票のための整形計画を与える。これは次のようになされるであろう。

(*INFORM* A B
(*TRUE* (WFP (Voting ?agent-id)
(*SERIAL*
(*TEST* (*TRUE* (Preference ?agent-id ?x)))
(*TEST* (*TRUE* (Preference-Average ?y)))
(*IF-THEN-ELSE* (< ?x ?y)
(*INFORM* B A (*TRUE* against) A)
(*INFORM* B A (*TRUE* for) A)))))) B).

ここで、Preferenceは変数?agent-idに代入されたエージェントに対して、この計画を評価するエージェント自身の好みの度合を示す関係である。また Preference-Averageは好みのスペクトラムの平均値を示す関係である。この発話は、もし代表者Aが整形計画(*SERIAL* (Voting agent-id))を含むREQUESTをBに対して発話するならば、エージェントBは、もし好みの度合が平均値より上ならば(*TRUE* against)を、そうでなければ(*TRUE* for)を*INFORM*するという計画を持つであることを示している。

代表者AがBが投票方法を知っていると信じるならば、投票手続きは以下のようになるだろう。

ステップ 1 そのSIGの全てのメンバに(*SERIAL* (Voting agent-id))を要求する。Agent-idはそのSIGに加入することを希望するエージェントの識別子である。

ステップ 2 構成的行為(Voting agent-id)に対する整形計画に従って、全てのメンバはAに対し、(*TRUE* for)または(*TRUE* against)を*INFORM*する。

ステップ 3 Aは投票結果に基づいてその加入希望者が加入できるかどうか決定する。

入会通知 入会承認の通知は、代表者によって新しいメンバに*INFORM*される。

(*INFORM* R A_i
(*TRUE* (Group-members (Group-name name)
Member's-list
 A_i).

この通知はメンバリストを送るというものである。もちろん、その後投票計画を含むSIGの規則も*INFORM*される。

SIGからの離脱 エージェントがSIGからの脱会を希望する時、エージェントはそのSIGの規定するプロトコルに従って脱会の処理を行わなければならない。そのエージェントはSIGにおけるメンバの誰かにそのSIGのグループ名を解釈者として指定して、以下のよう

に発話を行なう。
(*INFORM* A_i A_j
(*TRUE* (Leave A_i (Group-name gname)))
(Group-name name)).

4.2 グループコミュニケーション

ここで我々は、発話における解釈者としてグループ名が指定された場合に、エージェントが行なうべき処理に対する規則を与える。

規則 4.1 もし発話に示された解釈者がグループ名ならば、その発話はグループ名がgnameであるようなグループの全てのメンバに先送りされねばならない。

エージェントがこの規則でいわれているような発話を受け取る時、そのエージェントはまず自分の名前(識別子)をSIGのメンバリストからとりあえず削除し、残る全てのメンバに対してその発話を先送りする。最後に自分自身も、発話内容を解釈する。結局、そのSIG

の全てのメンバはもともとの発話を受け取ることができ。但し、SIGを脱会したメンバはそのSIGによって提供されるサービスを受けることができない。⁵全てのグループコミュニケーションは規則4.1に基づいて行なわれる。すなわち、グループメンバへの通知は、解釈者としてグループ名を指定することによって達成される。

4.3 SIGの一例

本節で我々は会議室を共有するためのSIGの例を示す。会議室の共有に関して守られるべき恒真条件は以下の通り。

恒真条件1 一度にただ一つのエージェントが会議室Rを利用できる。

$\forall (LAND (TRUE (occupies A_i R)) (TRUE (occupies A_j R)))$ ここで、 $i \neq j$ 。

恒真条件2 その部屋は要求がある限り利用される。

恒真条件3 会議室を使う機会はSIGの全てのメンバに平等に与えられる。

に関して、会議室エージェントはこれらの恒真条件及び以下の原理に従う。

定義4.3 (部屋の平等な割り当て) もし部屋を使うための順番が回ってきているエージェントが、部屋の使用を望むならば、その部屋はそのエージェントに割り当てられる。もしエージェント A_i が自分の順番でない時に部屋を要求するならば、次のような条件の時に限って部屋を使用できる。その条件は、周回順で現在部屋の使用権を持っているエージェントと自分の直前のエージェント、すなわち A_{i-1} の間で、部屋を要求しているエージェントがいなければ、その部屋を利用できるというものである。

原理4.1 周回順でグループのメンバリストを保持する会議室エージェントはその部屋がそのSIGのメンバに対して可能な限り平等に割り当てられることを保証できる。

⁵[Maruichi et al. 89]は、放送のように聞き手を特定しないメッセージを扱うために、“環境”というものが重要な働きを示した。環境は一種のグループであり、環境はグループの全てのメンバを知っているの、環境に対する話し手に代わって、全てのメンバに対してメッセージを配布することができる。状況内会話モデルでは、この作業は環境という道具立てを特に必要とすることなく、グループの概念を理解する状況依存エージェントによって達成される。

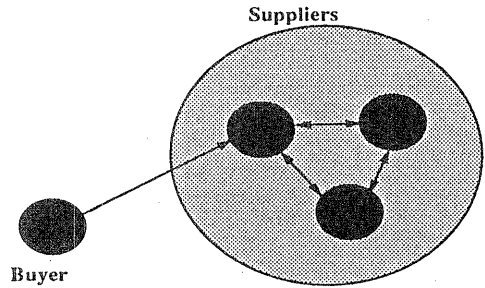


図2: 組織構造(2): マーケット

($A_1, \dots, A_i, \dots, A_j, \dots, A_n$) というグループメンバリストがあったと仮定しよう。ここで三つの場合が存在する。

場合1: A_i の順番である。またそれが部屋を要求している。 A_i はその部屋を使用し、次の順番は A_{i+1} に割り当てられる。

場合2: A_i の順番である。そして A_j が部屋を要求している。その会議室はエージェント i から $j-1$ の間でその部屋を要求しているエージェントがいなければ、その部屋は A_j に対して割り当てられ、その後 A_j は A_i と A_{i+1} の間に置かれ、次に A_{i+1} に順番が回る。もしいるならば、 A_i に最も近いエージェントに対してその部屋が割り当てられ、その後そのエージェントは A_i と A_{i+1} の間に置かれ、次に A_{i+1} に順番が回る。

場合3: 場合2とほとんど同じだが、 i が j と入れ替わる。

5 市場 (market)

市場はもう一つの組織形態である。市場には、供給者と享受者がいる。供給者はさまざまな種類の仕事を処理するものであり、一方享受者は何らかの供給者を必要とするエージェントである。ある意味で、享受者は“生産管理者。”である。それらはグループを通して全ての供給者を知っており、その必要性に最も適した供給者を選ぶことができる。市場では、享受者はその必要とする製品を供給する供給者と直接契約を結ぶ(図2参照)。

市場に置いて供給者達のグループはSIGとしてモデル化される。それゆえ、我々は“市場は一つの享受者

と一つの SIG によって表現される”ということが出来る。市場の利点は、もしより良く設計された新しいエージェントが開発されるのであれば、そのエージェントがその SIG に加わると同時に、享受者はその新しいエージェントの利益に預ることができるという点にある。

5.1 例: 状況内会話モデル上のコントラクトネットプロトコル

コントラクトネットプロトコルは、入札によってコントラクタと呼ばれる供給者に対して仕事を割り当てるためのプロトコルである [Davis and Smith 83]。このプロトコルにおいて、利用者はマネージャと呼ばれ、マネージャが announce メッセージを放送することによって契約プロセスを開始する。このメッセージを受け取った全てのコントラクタは、もしそれがそのメッセージによって示された仕事を遂行する能力を持つならば、bid メッセージをマネージャに送る。マネージャは受け取った bid メッセージからコントラクタを選択し、そのコントラクタに対し contract メッセージを送る。

以下は、市場におけるコントラクトネットプロトコルの実現例である。供給者のグループは SIG として定義される。その名前を $construct(\in \mathcal{N})$ としよう。construct はそのメンバに対する仕様に対する要求を持つべきである。これらの要求は以下のようなものであろう。

- (原始行為)

(Estimate Spec): $Spec \in SPECS$, 工事の仕様の集合。

(Construct Spec): $Spec \in SPECS$

- (初期状態)

estCost: 工事費用見積もり $\in YEN (\in MONEY)$

estTerm: 工期見積もり $\in DAYS (\in \mathcal{N})$

その供給者の SIG の全てのメンバはこれらの要求を SIG の代表者によって定義されたものとして満足しなければならない。それゆえ、供給者の設計者は代表者によって要求される仕様を満足するように設計しなければならない。ここで、コントラクトネットプロトコルは以下のように会話行為プロトコルを利用して実現される⁶。

⁶ここで著者は、享受者 A が供給者 B を知っていることを仮定する。

(会話による ANNOUNCE 及び BID の定義)

```
(INFORM A B
  (TRUE (WFP (Announce ?spec)
    (SERIAL
      (TEST (TRUE (Self-ID ?c)))
      (Estimate ?spec)
      (IF-THEN-ELSE
        (TEST (TRUE (Possible ?spec)))
        (INFORM ?c A
          (TRUE (Bid dueCost dueTerm)) A)
          (ABORT))))))
  (Group-name construct)).
```

この計画に沿って行為することによって、B はその発話をその SIG の全てのメンバに先送りする。結果として、それらは発話 (SERIAL (Announce spec)) を解釈する。上記の発話において、?c はその発話を受け取った聞き手の識別子によって置き換えられる。もし見積もりが失敗するならば、ABORT を使って整形計画 (Announce spec) を終了させ、失敗を発話行為 REPORT によって報告する。

(工事の ANNOUNCE 及び CONTRACT) INFORM によって工事の宣伝方法や入札方法を定義した後、A は SIG construct に対しては供給者である B に、spec で示された工事を以下のような REQUEST によって宣伝する。

```
(REQUEST A B
  (SERIAL (Announce spec)
    (Group-name construct)).
```

B はその後、SIG construct の全ての構成員にその発話を先送りする。それから A は、入札を待ち、入札に基づいて契約者を選び、その契約者が完全な仕事の仕様記述 fullSpec に基づいて建築を行なうように以下の REQUEST によって要求する。

```
(REQUEST A ?c
  (SERIAL (Construct fullSpec)
    ?c).
```

これらの例は、もし、組織が SIG、階層的組織、あるいはマーケットとしてモデル化されるのであれば、会話的行為基本プロトコルが他のより複雑な会話的プロトコル (例えば、コントラクトネットプロトコル) を表

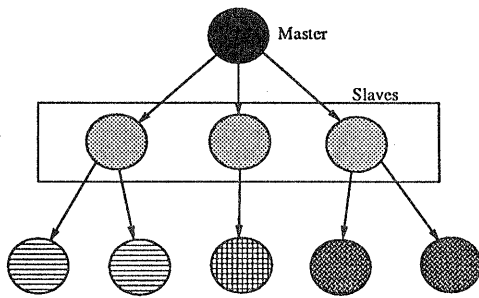


図 3: 組織構造 (3): 階層的組織

現するのに十分な能力を持っていることを示すものである。

6 階層的組織 (hierarchy)

階層的組織は、一種の SIG である。階層的 SIG の代表者は、スレーブエージェントの行為に対して最終決定を与えたり監視したりするマスタである。(図 3 参照)。階層的組織の利点は、マスタが組織の目的の一部及び階層的組織が提供する資源の使用権をスレーブに与えることによって、マスタがスレーブに、組織の目的のための最大限の努力をさせることができるということにある。階層的組織の最大の問題は、マスタが前もってどれほどのエージェントが必要とされるかを知らなければならぬということにある。このため、もし厳格な階層的管理の機構が必要とされないのであれば、市場としてのシステムの方がしばしば階層的組織より優れていることがある。もちろん、下に示す例のように、会話を用いることによって、階層的システムにおいても市場の機構を利用することができる。これは状況内会話モデルが備える良い正確の一つである。

6.1 例: エージェントの求人

階層的組織は、一つの問題を複数のより小さな問題に分割し、それらをスレーブに割り当てる分散問題解決の一例である。もし、ある仕事を担当するようなスレーブがいなければ、マスタは求人広告を出すことによって、スレーブを求めなければならない。しかしながら、マスタ自身は限られたエージェントしか知らないで、マスタは新しい可能性を求めて、それら既知のエージェント(スレーブ)にそれぞれが知るエージェントの中から求人を行なうことを要求しなければなら

ない。要求されたスレーブもまた、もしそれが要求にあったエージェントを知らないならば、それに対してスレーブであるようなエージェントに対し、同様のことを要求するだろう。このような作業のために、マスタはまず以下のような INFORM を利用して、組織構成員に対し求人広告の配布方法について定義する。

```
(INFORM A B
  (TRUE (WFP (Recruit ?message)
    (SERIAL
      (TEST (TRUE (Self-ID ?a1)))
      (DO-FOR-ALL (TRUE (Agent-ID ?a2))
        (SERIAL
          (TEST
            (TRUE (WFP (Recruit ?msg) ?body)))
          (INFORM ?a1 ?a2
            (TRUE (WFP (Recruit ?msg) ?body)
              ?a2)
            (REQUEST ?a1 ?a2
              (SERIAL (Recruit ?message)
                ?a2)
              ;; RECRUITING PLAN))))))
  B).
```

この行為において、DO-FOR-ALL は、第 2 引数が真であるような全てのエージェント ?a2 に対し、第 3 引数で示された行為を適用するような整形計画である。TEST は変数を含む与えられた式に一致するような変数を含まない式を見つけ出す。また Self-ID は、エージェント自身の識別子をその引数として持っている。上記の INFORM を発話した後、マスタ A は、以下の行為を遂行する。

```
(REQUEST A B (SERIAL (Recruit message)) B).
```

message は仕事の達成に必要とされる全ての情報を含むものとする。

7 結論

本論文で我々は、状況内会話モデルを記述した。このモデルは開放型システムにおけるエージェントの信念や行為のための基礎付けを与える。状況内会話モデルは大きく三つの特徴を持つ。これらは、制約された能力を持つ状況依存エージェント、エージェントに対し相対的に決定される信念モデル、及び発話行為に基づく会話である。信念モデルはエージェントに対し相対的なものであり、状況に依存しているため、状況に

依存した計画立案を可能にする。会話を通じて、状況依存エージェントは話し手の状況を反映しているであろう信念モデルを作り上げることができる。こういうわけで、たとえ状況依存エージェントが複数の組織に属し、これらの組織においてそのメンバと会話をしたとしても、そのエージェントはそれ自身と話し相手所属する組織に応じて、適当な信念と行動を選択することができる。

さらに我々は、組織構造を三つの範疇に分類した。これらは、目的別グループ、階層的組織、及び市場である。状況依存エージェントは開放型分散環境においてこれらの組織を、会話を通じて利用することができる。また我々は状況内会話モデルに基づいてこれらの組織構造と会話の関係を議論した。議論に先だって我々は、状況内会話モデルの上で組織的な作業を行なうのに必要とされる共通の知識を与えた。目的別グループ(SIG)は階層的組織や市場を実現するための基本的な組織である。さらにあるSIGはそのメンバが情報や資源を共有することを可能にする。市場において享受者はある仕事のために最も望ましい供給者を選択するように設計される。新しい供給者はある市場において既に存在している供給者より良く機能するように設計されるだろう。ある意味において、市場における全てのエージェントは供給者を表現している。もし供給者が既に存在している供給者の機能を補助するために開発されるのであれば、その供給者はもともとの供給者と結合することによって市場に参加することができる。それからもともとの供給者は享受者に新しい供給者を紹介するだろう。階層的組織は、体系的な組織のために存在する。ここではマスタが各自独立に仕事を成し遂げる部分組織を調整する役割を担っている。エージェントは同時に複数のさまざまな組織に所属することができる。結果として、エージェントはさまざまな役割を担わなければならない。このことは状況依存エージェントがさまざまな組織に特有の制約や規則に従って働かなければならないことを意味する。こういった問題に関する分析は将来の研究課題である。

参考文献

[Baligh and Richartz 67] H.H. Baligh and L. Richartz. *Vertical Market Structures*. Allyn and Bacon, Boston, 1967.

[Cohen and Perrault 79] P.R. Cohen and C.R. Perrault. *Elements of a Plan-Based Theory of Speech*

Acts. *Cognitive Science*, Vol. 3, No. 1, pp.177-212, 1979.

[Davis and Smith 83] R. Davis and R.G. Smith. Negotiation as a metaphor for distributed problem solving. *Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 20, No. 1, pp.63-109, 1983.

[Hewitt and Jong 84] C. Hewitt and P. de Jong. Open Systems. In M. L. Brodie, J. Mylopoulos, and J. W. Schmidt, editors, *On Conceptual Modeling*, pp. 147-164. Springer-Verlag, 1984.

[Malone 87] Thomas W. Malone. Modeling Coordination in Organizations and Markets. *Management Science*, Vol. 33, No. 10, pp.1317-1332, 1987.

[Marschak and Radner 72] J.G. Marschak and R. Radner. *Economic Theory of Teams*. Yale University Press, 1972.

[Maruichi et al. 89] T. Maruichi, M. Ichikawa, and M. Tokoro. Modeling Autonomous Agents and Their Groups. In *Proceedings of European Workshop on Modeling an Autonomous Agent in a Multi-agent World*, August 1989.

[Numaoka 90] Chisato Numaoka. *A Conceptual Framework for Modeling Conversation in Open Distributed Systems*. PhD thesis, Keio University, December 1990.

[Numaoka and Tokoro 90] C. Numaoka and M. Tokoro. Conversation among Situated Agents. In *Proceedings of 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, October 1990.

[Werner and Reinefeld 90] E. Werner and A. Reinefeld. Distributed Algorithms for Cooperating Agents. In *Proceedings of 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, October 1990.