

インタラクティブ・システムにおける主体性と適応行動

小窪 浩明¹ 匂坂 芳典¹ 鈴木 紀子² 岡田 美智男²

¹ATR 音声翻訳通信研究所 ²ATR 知能映像通信研究所
〒619-02 京都府相楽郡精華町光台 2-2
Tel. : (0774) 95 1379
E-mail : kokubo@itl.atr.co.jp

あらまし

これまでのインタラクティブ・システムの多くは、設計者の視点で用意された設計図を持っていた。このようなプランに縛られたシステムは、状況の変化に対する適応能力が不足している。我々は、設計者による客観的な視点からではなく、システム自身の視点で主体的に行動を決定するインタラクティブ・システムの構築を進めている。本報告では、行為者の視点に基づく制約間の協調計算によるインタラクションモデルを提案する。また、このモデルをインタラクティブ・システムに実装し、その有効性を検証した。主体性に基づくシステムの適応行動が、文脈を適応的に分節化することで、設計者がア priori に方略を与えることなしに、状況に応じた適切なインタラクションを実現することが可能である。

キーワード ・ インタラクティブ・システム ・ 分節化 ・ 適応行動 ・ 動的行動選択モデル ・ 主体性

Autonomy and Adaptive Behavior on Interactive Systems

Hiroaki KOKUBO¹ Yoshinori SAGISAKA¹ Noriko SUZUKI² Michio OKADA²

¹ATR Interpreting Telecommunications Research Labs.
²ATR Media Integration & Communications Research Labs.
2-2 Hikoridai Seika-cho Soraku-gun Kyoto 619-02 Japan
Tel. : +81 0774 95 1379
E-mail : kokubo@itl.atr.co.jp

Abstract

Many interactive systems have plan designed by a planner. Interaction with these systems is not flexible. We develop an interactive system based on a behavior-based architecture, not on model-based architecture. In this paper, We introduce a principle of interactive system and its interaction, based on cooperative computation to environmental context. Adaptive behavior of system enables to articulate context and generates suitable interaction without a priori procedures defined by the planner.

keywords ・ interactive system ・ articulation ・ adaptive behavior ・ Agent network architecture ・ autonomy

1 はじめに

音声によるヒューマン・コンピュータ・インタラクションの研究が盛んである[1]。自然な対話において、より円滑に、効率の良い対話を実現するためには、相手の発話意図に基づいた適切な応答を返すインタラクティブ・システムが望まれている。渡邊ら[2]は、対話の流れの中でユーザの大局的な意図を把握し、可能であれば、システムが積極的にインタラクションを行うことで、ユーザとシステムの対話目標を一致させる緩いシステム主導の対話管理手法を提案している。これまで提案されてきた多くの対話システムは、設計者が事前に与えた対話管理の設計図を持っていた。そのため、予め想定された入力に対しては、適切な応答をするものの、それ以外の入力に対しては適応性の乏しい、いわゆる「正確だが融通のきかない」システムであった。その結果、利用者に対してシステムに合わせた行動、すなわち適応行動を強いることになる。

我々の日常的な対話では、お互いが対話を進める前から明確な意図を持っているとは限らない。多くの場合、対話における局所的な手がかりのやりとりの中から、お互いの意図を明確にしていく[3]。お互いの目的がうまく噛み合わない場合には、対話の途中で話題から外れた発話が生まれることもある。あるいは、対話を進めることでお互いの共通認識が深まるにつれ、省略を伴う発話などが多用される。インタラクティブ・システムは、このような状況において、急な話題の変更に対しては即応的な解釈が、省略などを伴う発話の解釈には文脈を考慮した熟考的な解釈が求められる[5]。しかし、あらかじめ用意された対話のプランを備えたインタラクティブ・システムに対して、このような状況に応じた解釈を期待することはできない。

我々は、日常的な対話において、より柔軟なヒューマン・コンピュータ・インタラクションを実現するため、行為者の視点による適応行動に着目している。システムが行為者の視点をとることで、対話の場を主体的に知覚し、適切な行動を選択する。また、システムは文脈を適応的に分節化し、発話の背後にある相手の意図を獲得することを可能とする。この行為者の主体性に基づく振る舞いは、文脈との協調計算に基づくシステムの適応行動として実現される。本論文では、駅窓口での切符販売の対話を例として、文脈との協調計算に基づいたインタラクティブ・システムの原理とその振る舞いについて述べる。また、その有効性について考察した。

以下、第2章では、状況に応じた適切なインタラクションを実現するためには、システムが自らの意図に基づいて、文脈を分節化していくことが必要であることを示し、そのような振る舞いに基づくイン

タラクションのモデルについて考察する。第3章では、このモデルを実装したインタラクティブ・システムについて解説する。第4章では、駅窓口での切符販売の対話を例に、このシステムの動作について、その有効性を検証していく。

2 インタラクティブ・システムの主体性

2.1 設計図に基づく対話管理

「正確だが融通のきかない」システムは、設計者の立場でプログラムされたシステムといえる。設計者は多くの知識を対話戦略としてシステムに詰め込むことによって、インタラクションの定式化を試みてきた。そしてシステムは、これらの知識に基づき「頭の中で」プランニングをおこなう。設計者の立場では、プランニングに必要な情報は全て手に入れることができると想定している。しかし、実際の対話の場面では、省略を伴う発話が多用されるなど、必ずしも必要な情報が全て得られるとは限らない。設計図に基づく対話管理では、このような情報の部分性の問題[6]などに対して、適応性が乏しいという問題がある。この問題を解消する試みのひとつとして、自然な発話を分析し、新たな知識として追加しようとする自然発話理解の試み[7]がなされているが、新たな知識の追加だけで、実環境の複雑さや環境の動的な変化への適応するには限界がある。

2.2 適応行動に基づくインタラクション

必ずしも必要な情報が手に入れるとは限らない状況においては、入手可能情報のうち、ある特定部分に注目して問題解決を図っていく漸次的な方略が有効である。注目という行為は、システム自身がある意図を持って文脈を切り取る(文脈の分節化)ということの意味する。このシステムの行為は、予め用意されたプランに基づくものではなく、システムのもつ自律性によって実現される。また、システムは自律性を持つことによって、行為の可能性を知覚する。行為の可能性の知覚とは、システムが実際に獲得した環境と、自分が意図する目標との間の差異を知覚することであり、この差異の解消を制約条件として、自らの行為を決定していく。システムは、この制約を充足するために必要な情報を獲得するために、外界に対して働きかけを行う。外界への働きかけの結果得られた新たな知覚は、システムに対する制約条件を変更し、新たな行為の可能性を導き出す。この外界とシステムとの相互作用の繰り返しによって、相手の意図を漸次的に解釈していく。システムの自律性に基づく外界に対する働きかけは、システムの適応行動として捉えることができ、この結果として、状況に応じたインタラクションが実現される。

2.3 動的行動選択モデル

主体性を持ったシステムでは、頭の中での推論ではなく、外界との相互作用を通じて知識(文脈)を獲得していく能力が必要となる。橋田[8]は、「システムの設計において、個別的な文脈毎にシステムの挙動を明示的に指定することは不可能であるがゆえ、知的なシステムは設計の複雑性をはるかに超えた複雑性を持つもつ挙動を示す意味での創発性を持たなければならない」と述べている。創発的な振る舞いを実現するメカニズムの一つとして、Maes[9]は *Situated-Agent* による動的行動選択モデル(ANA: Agent Network Architecture)を提案した。ANAは、局所的な目的を持った多数のビヘイビアと、それらを取り巻く環境とから構成されている。ここで、ビヘイビアとは、自己の目的を実現するために、環境から自己の行為の可能性を知覚し、その環境に対して影響を与えることのできる行為の基本的な単位である。このビヘイビアの一連の行為は、その基本的な単位の系列として組織化される。また、このビヘイビアは自律的に振る舞う。すなわち、自己に有利な振る舞いをするビヘイビアに対しては活性エネルギーを与え、逆に不利な振る舞いをするビヘイビアに対しては活性エネルギーを奪う。このようなビヘイビア間での協調/競合と環境との相互作用によって、ある種の制約充足を実現する。このアーキテクチャの特徴は、アプリオリなプランを持たず、環境との相互作用によって、行為を事後的に組織化していく点である。これまで述べてきたように、インタラクティブ・システムにおける行動選択も、システムの意図に基づく自律的な振る舞いと、外界の文脈との相互作用の結果、組織化されるものとして、同様なメカニズムにより説明することが可能である。そこで、我々は、このANAのアーキテクチャの考え方を踏襲し、インタラクティブ・システムに応用した。ここで提案するインタラクティブ・システム概念図を図1に示す。システム内部には、多数のビヘイビアとそれを取り巻く二つの文脈を備えている。環境的文脈(Environmental Context)と意図的文脈(intentional context)である。環境的文脈は、外界から獲得した文脈と、音声認識の結果得られた発話の断片(fragments)から構成される。意図的文脈とは、インタラクティブ・システムが主体的に行動をおこすための多重のゴールの集合として構成される。個々のビヘイビアには、入力される個々の発話の断片を関係づけるための制約が記述されている。これらのビヘイビアが、環境的文脈および、意図的文脈の二つの環境の状態を参照しながら、お互い協調/競合を繰り返すことで、漸次的に制約を充足させていく。ここで、制約充足とは、発話の断片のある意味的なまとまりのある単位に構成する解釈の操作と、環境的文脈と意図的文

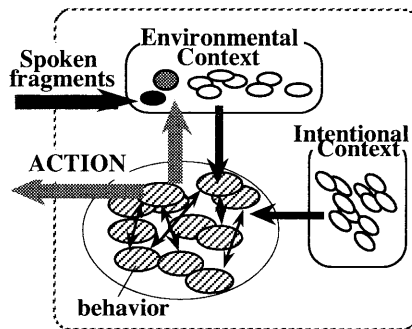


図1 インタラクティブ・システム概念図

脈との差異を解消する自律的な操作である。相手からの発話は、環境的文脈に変化をもたらすことで、システム全体に対する新たな制約を与える。すなわち、相手の発話によってもたらされた新たな制約に対して、漸次的に制約を充足させるビヘイビアの活性化の振る舞いの結果として、相手の発話を解釈する行為が組織化される。

3 インタラクティブ・システム

3.1 システムの概要

前章で述べた動的行動選択モデルをインタラクティブ・システムに実装した。本システムは、列車の切符販売の対話における発話を対象とし、解釈した相手の発話をパラフレーズとして生成する。

図2にシステムの構成図を示す。音声認識は、単語グラフを用いた連続音声認識プログラムを用いた[11]。認識語彙数は155語である。音響モデルは、400状態のHMnet[12]を用いた。特徴パラメータは、34次元ベクトル(16次LPCケプストラム、16次Δケプストラム、対数バワ、対数Δバワ)である。また、音声認識時の言語制約として、FSA(Finite State Automaton)により記述された文節内文法を採用した。この言語制約により、認識結果はFSAで受理可能なフレーズに限定される。phrase detectorは、音声認識結果である単語ラティスをフレーズ単位にまとめ、フレーズ系列として出力する。フレーズにはそれぞれ、素性に基づくラベルが付加される。例えば、*PP.optn.destination* というラベルは、文法的な素性が“任意格の後置詞句”であり、意味素性は“行き先”であること意味する。interaction modelは、phrase detectorで生成した発話フレーズを入力とし、ビヘイビア間

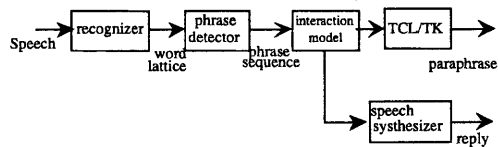


図2 システム構成

の協調計算に基づいて、相手とのインタラクションを行うとともに、解釈した相手の発話をパラフレーズとして生成する。

3.2 ビヘイビアの設計

3.2.1 ビヘイビアの定義

インタラクティブ・システムにおけるビヘイビアの設計について述べる。ビヘイビアは、自己の持つ局所的な方略に基づき文脈を分節化する単位として、ANA[9]の記述法に従い定義した。ひとつのビヘイビアは、アクション、前提条件、追加条件、削除条件、エネルギー、活性しきい値の6つの要素より構成されている。アクションは、ビヘイビアが外界に対して行う行為が定義されている。前提条件は、ビヘイビアが行為を行なうために必要な条件が記述されており、これらの条件が環境的文脈に満足しないと、ビヘイビアは外界に対して行為を起こすことができない。この条件を全て満たすビヘイビアを活性可能なビヘイビアと呼ぶ。追加条件は、ビヘイビアが行為を起こすことより新たに環境的文脈に生成される要素が記述され、削除条件は、ビヘイビアが行為を起こすことで環境的文脈から削除される要素が記述される。エネルギーは、ビヘイビアの持つエネルギーレベル、活性しきい値は外界に対して行為を行うために必要なエネルギーレベルを示している。ビヘイビアは、前提条件が満足し、活性可能なビヘイビアとなっても、自己のもつエネルギーレベルがこのしきい値を上回らない限りは、外界に対して行為を起こすことはできない。したがって、このしきい値を変化させることで、ビヘイビア毎の活性化の傾向を調整することができ、強化学習等の学習が可能である。今回は、学習に関しては未検討のため、すべてのビヘイビアでしきい値を同じ値 ($threshold = 45$) とした。

3.2.2 ビヘイビアの分類

今回定義したビヘイビアの総数は 127 である。それらは、その機能により以下の3種類に分類される。

文法的な制約

インタラクティブ・システムで扱う発話の単位は、発話の断片 (fragments) である。これらの間の関係を制約するための方略としてビヘイビアを定義する。このビヘイビアは、簡略化された単一化文法と等価であり、ビヘイビア間の相互作用による制約充足は、一種の単一化操作を含む。例えば、以下の句構造規則に対応するビヘイビアを図3に示す。

SpeechAct.Actionrequest.give →

Actionrequest.give, *Object.give*

ビヘイビアの追加条件 (add list) として、左辺要素の *SpeechAct.Actionrequest.give* (“～を下さい”) を記述し、前提条件 (precondition list) と削除条件 (delete list) には、

SpeechAct.Actionrequest.give

```
precondition list: Actionrequest.give, Object.give
add list: SpeechAct.Actionrequest.give
delete list: Actionrequest.givei, Object.give
action: SpeechAct.Actionrequest.give →
        Actionrequest.give, Object.give
energy: 0.0
threshold: 45.0
```

図3 文法的制約に基づくビヘイビア

右辺要素の *Actionrequest.give* (“下さい”) と *Object.give* (“下さい”の目的補語) をそれぞれ記述する。このように定義することにより、制約の右辺要素であるビヘイビアの前提条件が満足することで、文法規則の適用が可能となる。また、文法規則の適用の結果として、削除条件に記述された右辺要素が削除され、新たに左辺要素を生成する。今回はこの文法的制約として、77個のビヘイビアを定義した。

時間的な重複に対する制約

音声認識のもつ曖昧性のため、認識結果はオルタナティブを伴うラティスという形で生成される。このオルタナティブを解消するため、同時刻には二つ以上のフレーズは存在しないという制約を、ビヘイビアとして定義する。このビヘイビアは、事前に用意されるものではなく、入力した発話フレーズ毎の時間的な重複関係に基づいて、動的に生成される。この結果、時間的に重なりを持つフレーズ同士はお互いに競合関係を持つことになる。そして、このビヘイビアの行為により、時間的に重複する競合フレーズは削除され、オルタナティブによる曖昧性は解消される。

システムの持つ意図的な戦略

システムが主体性を持つ適応行動を行なうためには、目的を達成するための条件が不足している場合でも、その条件を満足するように、意図的に環境を作り変えていく能力が要求される。この能力を実現するために、ビヘイビア自身の意図によって環境を作り変えていく戦略をもつビヘイビアを46個、相手に働きかけることによって相手に新たな発話を促す戦略をとるビヘイビアを4個、それぞれ定義した。ビヘイビア自身が環境的文脈を作り変えていく戦略は、相手の意図を予測する行為ともなっており、インタラクションをより柔軟なものにしていく。本システムで定義した戦略的ビヘイビアの代表的な例を図4に示す (ただし、energy, threshold の要素は省略)。図4(a)は、「禁煙車を一枚下さい」のように、「禁煙車」が本来の意味 (列車) ではなく別の意味 (切符) で用いられているような場合、本来の「列車」の属性では、「下さい」の目的補語となることができない。このような場合に、その属性を「列車」から「切符」に変更することで、「喫煙車の切符を下さい」という解釈の方略を与

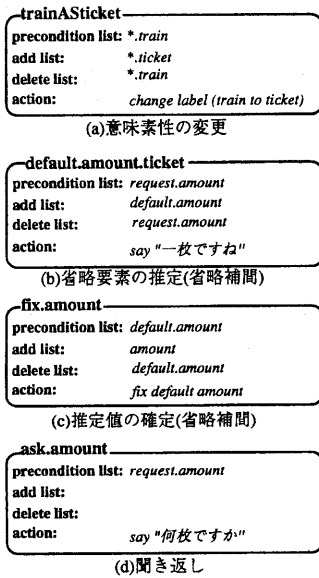


図4 意図的な戦略に基づくビヘイビア

えるビヘイビアである。図4(b)のビヘイビアは、あるフレーズが省略されているような場合、この省略を補うことで条件を満足させる働きをする。このビヘイビアは切符の枚数が省略されている時、デフォルト値"一枚"を環境的文脈に生成する。このとき、ビヘイビアの **action** として、「一枚ですね」との応答を相手に返す。このシステムから応答に対して、例えば、「二枚です」と相手が訂正する場合もあれば、そのまま聞き流される場合も考えられる。前者の場合、相手からの応答によって環境的文脈が変化し、その変化に応じた解釈の方略をとっていく必要がある。ビヘイビア(c)は、ビヘイビア(b)が補った切符の枚数のデフォルト値を確定する働きをする。たとえば、このビヘイビア(b)が活性化する前に、相手が「二枚です」と訂正すれば、デフォルトの枚数は環境的文脈から削除され、このビヘイビアが活性化することはない。逆に相手からの訂正がない場合には、ビヘイビア(c)が活性化することで、デフォルトの"一枚"が切符の枚数として確定することになる。このように、解釈の途中で、相手の発話によって環境的文脈の変化するような場合でも、状況に応じた解釈の方略が選択される。図4(d)は、相手に対して働きかけをおこなうビヘイビアである。このビヘイビアが活性化することによって、「何枚ですか」との質問を生成し、不足する枚数の情報を補うように相手に対して働きかける。

これら3種類の機能の異なる制約をビヘイビアとして定義することにより、それぞれが同じレベルの制約として相互作用させることが可能となる。

3.3 動作メカニズム

インタラクティブ・システムにおける協調計算に基づく動作メカニズムを、以下のステップに従って説明する。

Step 1: 外界からのイベント入力

相手の発話が行なわれると、音声認識の結果に基づき得られた発話の断片が、外界からのイベントとなる。このとき、それぞれの発話フレーズには、文法的、意味的なラベルが付けられる。たとえば、「ください」というフレーズには、*Pred.Actionrequest.give* というラベルが付けられる。

Step 2: 文脈からのサポート

現在の文脈に適合したビヘイビアは、文脈から活性化エネルギーが与えられる。環境的文脈を構成する要素のうち少なくとも1つがビヘイビア B_i のもつ前提条件の素性に一致する場合、環境的文脈はビヘイビア B_i に対して活性化エネルギー $e_e(B_i)$ を与える。

$$e_e(B_i) = \frac{1}{N_e} \cdot \phi \quad (1)$$

また、意図的文脈を構成する要素のうち少なくとも1つがビヘイビア B_j のもつ追加条件の素性に一致する場合、意図的文脈はビヘイビア B_j に対して活性化エネルギー $e_i(B_j)$ を与える。

$$e_i(B_j) = \frac{1}{N_i} \cdot \gamma \quad (2)$$

ここで、 N_e は、環境的文脈が活性化エネルギーを送るビヘイビアの数、 N_i は、意図的文脈が活性化エネルギーを送るビヘイビアの数である。また、 ϕ 、 γ はそれぞれの文脈がもつ定数 ($\phi=20, \gamma=50$) であり、この値が大きいほど、その文脈からの影響は強くなる。

Step 3: ビヘイビア間の協調/競合

各ビヘイビアは、ビヘイビアの内部記述である3つの条件リスト(前提条件、追加条件、削除条件)と現在の文脈とに基づき、動的に関係づけられる。いま、ビヘイビア B_i が持っているエネルギー量 E_i とする。このとき、以下に示す3種類のリンクによる活性化エネルギーの流れが形成される。

(1) 後向きリンク

活性可能なビヘイビア B_{i1} は、自己の持つ追加条件の要素と同じ素性を前提条件に持つビヘイビア B_{j1} に対して活性化エネルギー e_b を与える。

$$e_b(B_i \rightarrow B_{j1}) = \frac{1}{N_{ib}} \cdot \alpha \cdot (\phi/\gamma) \cdot E_i \quad (3)$$

(2) 前向きリンク

活性可能でないビヘイビア B_{i2} は、現在の環境に

一致しない自己の前提条件の要素と同じ素性を追加条件に持つビヘイビア B_{j2} に対して、活性化エネルギー e_f を与える。

$$e_f(B_i \rightarrow B_{j2}) = \frac{1}{N_{if}} \cdot \alpha \cdot E_i \quad (4)$$

(3)競合リンク

ビヘイビア B_{j3} は、自己の持つ前提条件の要素と同じ素性を削除条件に持つビヘイビア B_{j3} に対し活性化エネルギー e_c を奪う。

$$e_c(B_i \leftarrow B_{j3}) = \frac{1}{N_{ic}} \cdot \alpha \cdot (\delta / \gamma) \cdot E_i \quad (5)$$

ここで、 N_{ib} 、 N_{if} 、 N_{ic} はそれぞれ、ビヘイビア B_i の後向きリンク先の個数、前向きリンク先の個数、競合リンク先の個数である。また、 α は、ビヘイビア間の相互作用の強さを示す定数である ($\alpha=0.1$)。

これらのリンクは、現在の文脈に基づいてダイナミックに変化する。例えば、活性化可能でないビヘイビア B_{i2} から前向きリンクが張られていたビヘイビア B_{j2} に対しては、文脈が変化し、ビヘイビア B_{i2} が活性化可能なビヘイビアとなることで、リンク関係が消滅する。そして、ビヘイビア B_{i2} は、後向きリンクの関係にあるビヘイビアと新たな関係を持つことになる。

Step 4:ビヘイビアの活性化

文脈や他のビヘイビアからのサポートによって、ビヘイビアの持つエネルギー量が変化する。この時、正規化をおこなうことで、全ビヘイビアの平均エネルギーは一定に保たれる。ここで、活性化可能なビヘイビア(活性化のための条件が環境にすべて揃っているビヘイビア)は、自身の持つエネルギーが活性化のためのしきい値を上回ることで活性化の候補となる。これら活性化候補のビヘイビアのうちエネルギー量が最大のビヘイビアを実際に活性化をおこなす。もちろん、しきい値を上回るエネルギーを持った活性化可能なビヘイビアが存在しない場合は、ビヘイビアの活性化は起こらない。ビヘイビアは活性化することによって、action に記述された処理を実行するとともに、定義されている追加条件、削除条件に基づいて環境的文脈を変更する。また、活性化した

Case1 ($\alpha=0.1, \phi=50$)

- S: 特急あずさですね
- S: 特急あずさの切符ですね
- S: 一枚ですね

Case2 ($\alpha=0.1, \phi=20$)

- S: 特急乗車券ですね
- S: 一枚ですね

図5 システムからの応答

ビヘイビアは、活性化エネルギーがクリアされると同時に、同じビヘイビアが何度も繰り返し活性化することを避けるために、活性化する毎にそのビヘイビアのもつ活性化しきい値を増加させていく。

以下、Step 1 から Step 4 を繰り返すことによって生じる、ビヘイビアと文脈との相互作用の連鎖が、インタラクションの方略を逐次決定していく。

4 動作例の検証

4.1 システムの動作例

インタラクティブ・システムの動作例について検証する。各々のビヘイビアは、自己の持つ目的のみに従って行動しているにも関わらず、ビヘイビア間の相互作用がビヘイビアの行動に対するある種の拘束条件として働く。このため、システム全体としては、文脈に厚いインタラクションを実現する。環境的文脈からの影響に対してビヘイビア間の協調関係が弱い場合には、ビヘイビア間の関係よりも、ビヘイビア自身の持つ局所目的が優先され、環境的文脈に合致したビヘイビアが即応的に活性化する。このような外界に対して即応的に振る舞うビヘイビア自身の行動がシステム全体の振る舞いとなることで、即応的な方略(reactive planning)が現れる。一方、ビヘイビア間の協調関係が強い場合、個々のビヘイビアの目的よりも、他のビヘイビアの行動に寄与の大きいビヘイビアの活性化が優先される。その結果、一つ一つのビヘイビアは即応的ではあるが、全体として合目的性の高い、熟考的な方略(deliberative planning)を選択するようになる。ところで、音声によるインタラクションでは、即応的な方略をとることで相手の発話に対してこまめに反応を返す場合もあれば、熟考的な方略をとることで、相手の発話をじっくりと聞く場合もある。

この即応的な方略と熟考的な方略のそれぞれによるインタラクションを検証する。数式(1)の ϕ は、環境的文脈から受ける影響の強さを示している。また、数式(4)(5)(6)の α はビヘイビア間の協調の強さを示す。実験では、この ϕ と α の値を変化させ、「松本行きの特急をお願いします」という相手の発話に対する応答を調べた。図5にシステムからの応答を示す。Case1 では、発話された「松本行き」と「特急」という局所的な関係から、「～行きの列車」を解釈するビヘイビアが最初に活性化され、「特急あずさですね」の応答を作り出す。次いで、「お願いします」の目的補語を作り出す振る舞いの結果、列車を列車の切符であると解釈するビヘイビアが活性化し、その後で、省略されている枚数を補うビヘイビアが活性化することで、第二、第三の応答が生まれる。一方、Case2 では、Case1 と同様、「松本行き」と「特急」の関係から「～行きの列車」を解釈するビヘイビアが活性化可能な状態になる。

ところが、「お願いします」の目的補語を生成するビヘイビア間の協調作用による影響が強いため、「特急」を列車の切符であると解釈するビヘイビアが先に活性化してしまう。その結果、「特急あずさですね」という、即応的な応答は生成されない。Case1, Case2の解釈の過程を比較すると、Case1では局所的な視野に基づいて、発話を逐次的に解釈しているのに対し、Case2では、発話全体を吟味し、解釈を進めている。つまり、前者は即応な方略をとり、後者は熟考的な方略をとっていると考えられる。

4.2 ビヘイビア間の協調計算

このようなインタラクションがどのようなビヘイビアの協調計算によって、実現されているかを検証する。「喫煙車をお願いします」という相手の発話に対して、活性化したビヘイビアの系列とその分類を図6に示す。この例では、はじめに時間的競合解消ビヘイビアが活性化することで、時間的に重複するフレーズのオルタナティブを解消し、次いで文法的制約をもつビヘイビアが活性化することで、文法規則の適用をおこなう。情報の不足により、文法規則が適用できなくなると、戦略的ビヘイビアが活性化することで、不足する情報を補っていく。このように外からの手続きを与えることなしに、3種類の制約がそれぞれ適切な状況で出現し、相手の発話を解釈していく。

次に、図6でビヘイビア **Oblig.trainASticket**(列車を列車の切符と解釈)が活性化する直前の文脈とビヘイビア間の関係を図7に示す。図中の矢印は活性化エネルギーの流れを示す。ビヘイビアの記述は、前提条件と追加条件以外の要素は省略し、前提条件の要素はc:以下で、追加条件の記述の要素はa:以下で示した。また前提条件の要素でイタリックの部分は環境的文脈に存在しない要素であることを示している。意図的文脈は、発話意図を完成させるビヘイビア **SpeechAct.Permrequest.give** (～をお願いします)に対して活性化エネルギーを与える。このとき、「お願いします」の目的補語 **Object.give**が環境に存在しないため、ビヘイビア **Object.give**に活性化エネル

Activated behavior	Type of behavior
Compe.PP.Oblig.train	(時間的な重複解消)
Oblig.train	(文法規則)
Permrequest.give	(文法規則)
Request.Object.give	(文法規則)
Oblig.trainASticket	(システムの意図・戦略)
喫煙車の切符ですね	
Complement.Default.Amount.ticket	(システムの意図・戦略)
一枚ですね	
Fix.Amount	(システムの意図・戦略)
Add.amount.TO.Oblig.ticket	(文法規則)
Object.give.FOR.Permrequest.give	(文法規則)
SpeechAct.Permrequest.give	(文法規則)
喫煙車の切符を一枚お願いします	

図6 活性化したビヘイビア系列

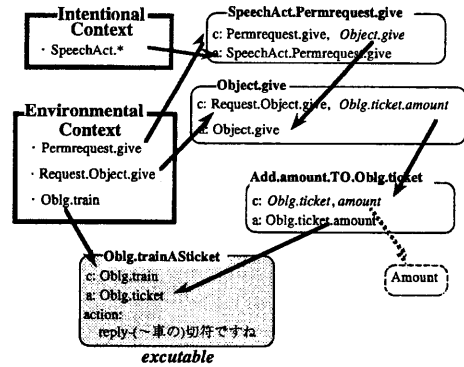


図7 ビヘイビア間の協調関係

ギーが集中する。ところで、このビヘイビアの前提条件には、**Oblig.ticket.amount**の記述がある。この文法的な制約は、「お願いします」の目的補語は「切符」であることを意味する。しかし、現在の環境的文脈には、「切符」に関する要素が存在せず、ビヘイビア **Object.give**を活性化する条件が不足している。このため、ビヘイビア **Object.give**を活性化させる条件を整えるためのビヘイビアの協調作用によって、**Oblig.ticket**を追加条件に持つビヘイビアに対して活性化エネルギーの流れが生じる。一方、環境は**Oblig.train**(喫煙車を)が存在するため、**Oblig.train**を前提条件にもつビヘイビアにエネルギーを与える。この結果として、環境、ビヘイビアからエネルギーは、ビヘイビア **Oblig.trainASticket**(列車を列車の切符と解釈)に集中し、このビヘイビアによる行為の可能性が増大していく。この結果、ビヘイビア **Oblig.trainASticket**が活性化することによって、環境に**Oblig.ticket**が生成される。つまり、この戦略的なビヘイビアの行為により、**Object.give**を生成するための条件が環境に整えられたことになる。

5 むすび

行為者自身の視点に基づき、相手の発話を自律的に解釈し、インタラクションを行う動的行動選択モデルを提案し、このモデルをインタラクティブ・システムに実装した。多くの省略を伴う日常的な対話において、行動決定のために利用できる情報は自ずと限定されている。そのため、システムは自分の意図に基づいて、文脈から行為の可能性を知覚し、主体的に行動することが求められる。構築したインタラクティブ・システムでは、省略を伴うような発話に対しても、ビヘイビアの自律的な振る舞いによって、適応的に文脈を分節化し、適切なインタラクションを生成することを確認した。

このようなビヘイビアの自律的な協調計算に基づくインタラクションが、必ずしも最適な解となって

いるという保証はできない。しかしながら、これまでの「正確だが融通のきかない」インタラクティブ・システムでは実現できなかった、より人間味のあるインタラクションを組織化することで、ヒューマンコンピュータ・インタラクションにおける新たな展開が期待できる。

また、現在のシステムとの対話においては、両者の間に協応構造を形成するまでには至っていない。対話における協応構造の典型の一つが、相手の発話を途中で引き継ぐことで、共同して一つの発話を完成させる共話という現象である[13]。今後は、この適応行動のメカニズムを使って、共話を生み出すようなメカニズムを実現していきたい。

文献

- [1] 中川 聖一, 堂下 修司, “音声言語情報処理研究の動向と研究課題”, 情報処理, vol.36, No.11, pp.1012-1019, Nov. 1995.
- [2] 渡邊 圭輔, 永井 明人, 石川 泰, 中島 邦男 “ユーザの行動目標に基づく対話管理手法”, 音講論(秋), vol.1, 1-3-3, pp.5-6, 1996.
- [3] 岡田 美智男, 口ごもるコンピュータ, 共立出版, 東京, 1995.
- [4] 岡田 美智男, “対話とは何か” 月刊「言語」1月号, 大修館書店, 東京, pp.56-63, 1996.
- [5] 大澤 一郎: “人間と対話する知能エージェントのモデル”, コンピュータソフトウェア vol.13, No.2, pp.35-44, 1996
- [6] 中島 秀之, 有馬 淳, 佐藤 理史, 諏訪 正樹, 橋田 浩一, 浅田 稔, “新しい AI 研究を目指して”, 人工知能学会誌 vol.11 No.5, pp.713-724, 1996.
- [7] 中野 幹生, 島津 明, 小暮 潔, “構文解析の観点からの対話文に特有な現象の分類”, 情処全大, 分冊 3, no.3B-6, pp.45-46, 1996.
- [8] 橋田 浩一, “人工知能における基本問題”, 人工知能学会誌, Vol.10, No.3, pp.340-346, 1995.
- [9] P.Maes, “Situated agents can have goals”, Robotics and Autonomous Systems 6, North-Holland, pp.49-70, 1990.
- [10] 小窪 浩明, 匂坂 芳典, 鈴木 紀子, 岡田 美智男, “Situated Parser -自然な発話に対する有機的なパーズングアーキテクチャ”, 信学技報 SP96-31, pp.81-88, 1996.
- [11] 清水 徹, 山本 博史, 松永 昭一, 匂坂 芳典, “単語グラフを用いた連続音声認識法”, 音講論, vol.1, 2-2-12, pp.61-62, 1995.
- [12] T.Takami, S.Sagayama, “A Successive State Splitting Algorithm for Efficient Allophone Modeling”, Proc. ICASSP, pp.573-57, 1992.
- [13] 矢野 博之, 伊藤 昭, “共話的な対話データベース構築と対話の分析”, ソフトウェア科学会第 13 回大会, pp.345-348, 1996.