

# ソーシャルコミュニケーションシステム

西田豊明 黒橋禎夫

情報理工学系研究科電子情報学専攻

## 概要

本プロジェクトでは、人間と社会的なコミュニケーションのできるマルチエージェントシステムの研究開発を行う。マルチエージェントシステムの交渉の研究と人間とのソーシャルインタラクションのためのコミュニケーションメカニズムの実現の2つのサブテーマに焦点をあてて研究を行った。マルチエージェントシステムの研究では、不完全情報下で、複数のクライアントに対してエージェントが互いに協調してサービスを提供するための処理方式の設計を行った。ソーシャルインタラクションについては、言語・文化の差によって顕在化する社会性も考慮に入れ、日英対訳記事コーパスを用いた日英機械翻訳システムを開発し、現在の対訳コーパス量で用例ベース翻訳の実証的研究が可能であることを示した。

## 1 はじめに

大域ディペンダブルシステムを実現するためには、社会的な行動能力を持ち、コミュニケーションレベルにおいてユーザが依拠できるインタラクションを提供することが必要である。本研究では、不完全状況下でも、協調や交渉によって相互の行動調整を行い、ユーザと約束したことを実現するために最善の行動をし、予期せぬ状況の変化があってもユーザに対して誠実な行動を続けることができる社会的行動能力をもつマルチエージェントシステムを研究開発し、そこに社会性を考慮したインタフェースを組み込むことを目標としている。本年度は、複雑な環境におけるマルチエージェントの協力的・競合的協調方式の設計と分析と異文化コミュニケーションを考慮した機械翻訳の研究を行った。

## 2 複雑な環境におけるマルチエージェント

人工知能分野におけるマルチエージェント協調の研究はこれまで、追跡問題などの比較的単純な問題設定におけるものが多く、協調のためのメッセージ戦略についても、問題の状況に依存したものが多かった。そこで本研究では、「より複雑

な環境での問題設定」、「状況によらない通信戦略」の2点に主眼を置き、マルチエージェント協調の研究を行う。

### 2.1 ウェイター問題

本研究で扱う協調問題は、立食パーティにおけるウェイターエージェント（ロボット）の協調動作に関するもので、以下ウェイター問題と呼ぶことにする。ウェイターエージェントはパーティ参加者の好みのお酒やおつまみを効率よく提供するという使命を持っている。

パーティでは、お酒やおつまみはカウンタに置いてある。お酒やおつまみは一定時間ごとに補充されるが、数や種類には限りがある。ウェイターエージェントはカウンタから適切なお酒やおつまみを選んで持ち、パーティ参加者に渡す。パーティ参加者はお酒やおつまみを受け取ったら、その内容に見合ったチップをウェイターエージェントに支払う。パーティ参加者はランダムに移動しており、自らカウンタでお酒やおつまみを受け取ることはしない。

パーティ参加者とウェイターエージェントは互いに契約を結ぶことができる。これは、パーティ参加者にウェイターロボットが特定のお酒やおつまみを持って来る、その際に所定のチップ額を支払う、という内容である。契約を結ぶメリットはパーティ参加者とウェイターエージェントの双方に存在する。パーティ参加者にとっては、複数契約からよりよいサービスを選択することが出来る。一方、ウェイターエージェントにとっては、契約なしで持って行った場合に比して、チップの支払いが保証される。

ウェイター問題が従来の協調問題と違う点はその複雑さにある。ウェイター問題に含まれる複雑さの要因としては、以下の4点が挙げられる。

- ▶ クライアント（パーティ参加者）、資源（お酒、おつまみ）という2種類の競合が存在する
- ▶ 他人の契約内容や行動ポリシーは分からないという情報の不完全性がある
- ▶ チップを導入することで、協力的協調、競合的

協調の両面を考慮している

- ▶ エージェント間の行動（契約、品物を取りに行く、品物を渡しに行く）が非同期である

## 2.2 状況に依存しないメッセージ通信戦略

マルチエージェント協調において、メッセージ通信は競合を解消し、より効率的な協調を実現することに貢献する。しかし、従来の協調におけるメッセージ通信戦略は、問題や状況に依存したものであった。本節では、再帰モデル構造を用いたモデリング手法[1]における、問題や状況によらないメッセージ通信戦略を提案する。[1]では、一方向のメッセージ通信のみを仮定していたため状況によって協調動作が起きない可能性がある。よって、全エージェント間で双方向にメッセージ通信を行うことが必要である。

やりとりするメッセージは、環境に関する不完全情報を解消する **Modeling message**, 自分の行動の意図を説明する **Intentional message** の 2 種類を用いる。また、協調に寄与するメッセージのみを送るために、メッセージの価値を導入する。これは、メッセージを送った後で再度再帰モデル構造を構成したときの、メッセージの送信者・受信者の利得の期待値の増分で定義する。メッセージの価値が閾値以上で、矛盾しないものを同時に通信することで、協調の行動を起しやすくなる事が出来る。

## 2.3 ウェイター問題における協調方式の設計

ウェイター問題におけるエージェントの行動は「契約行動」「移動」「品物獲得」「品物譲渡」の 4 つに分類することができる。エージェントは自分の知覚した環境情報、および自分の現在の状態に基づいて、表 1 のように行動内容を決定する。ほとんどの行動は環境情報や自分の状態から一意に決定できるが、一部決定できない場合が存在する。

そこで、このような場合には再帰モデル構造を用いて行動を決定する。この際、再帰モデル構造における利得とは、現在の状態から一度サービス提供を行うまでに自分がもらえるチップ額とする。各ウェイターエージェントは、トータルでもらえるチップ額を最大にするために行動するが、そのためには各サービス提供時にもらえるチップ額を最大化することが必要である。したがって、このような短視眼的な計算でも協調動作を実現できると考えられる。

表 1：ウェイターエージェントの行動分類

発動条件	行動	エージェントの状態	行動内容
パーティ参加者との契約なし	契約	(条件なし)	一番好みの品を契約
			それ以外の品を契約
			契約しない
常時	移動	手持ちなし	カウンタへ
		手持ちあり、契約なし	一番近いパーティ参加者へ
		手持ちあり、契約不一致	契約外のパーティ参加者へ
		手持ちあり、契約と一致	契約したパーティ参加者へ
カウンタの近くにいる	品物獲得	契約あり、品物揃い	契約の品物をとる
		契約あり、品物不揃い	揃うまで待つ
			置いてある品物をとる
		契約なし	置いてある品物をとる
パーティ参加者の近く、品物あり	品物譲渡	契約あり	契約の品を渡す
		契約なし	一番好みの品を渡す

また、協調を促進するメッセージ通信では、自分の行動意図を伝達する **intentional message** に限って導入し、より精度の高い協調を実現する。具体的には、契約の内容を伝達するものとする。

現在、**InViWo** プラットフォームにてウェイター問題の実装を行っている[2]。**InViWo** プラットフォームでは、エージェントの知覚器、行動決定器、行動器をモジュール化し、**Marvin Language** という記述言語により、それらのモジュールを簡易に記述できるようになっている。

しかし、ウェイター問題を実装する上では、次のような難点を解決する必要がある。

- ▶ 「契約行動」の生起するタイミングの不確定性
  - ▶ エージェント間の行動が非同期であることによる状態数の爆発的増加
  - ▶ 有限時間内にサービスを行わなければならないという要請
- これらを解決するために、本研究では次のようなアプローチをとる。
- ▶ パーティ参加者が契約完了時に次の契約を行なうことで、契約行動の位置を固定する
  - ▶ **Marvin Language** の機能を拡張し、再帰的記述が簡易にできるようにする
  - ▶ サービス時間についてヒューリスティックな戦略を導入する

## 2.4 まとめ

本研究では、複雑な環境での協調問題としてウェイター問題を定義し、定性的な分析を行った。このうち、情報の不完全性を解消する手法として、状況に依存しないメッセージ通信戦略を提案した。提案手法では、各エージェントが再帰モデル構造を用いて環境のモデリングを行い、さらに互いにメッセージ通信を行なって不完全情報を一

部解消し、協調できる機会を増やす。提案手法をウェイター問題に適用し、ウェイター問題における協調を設計した。

### 3 異分野コミュニケーションを考慮した機械翻訳

現在、次世代の翻訳方式として、用例ベース翻訳[3]や統計ベース翻訳[4]が注目されている。本研究は前者の用例ベース翻訳に注目する。我々は、翻訳システムを通じて、新しく顕在化するソーシャルインタラクションの実現までを射程に入れる。

#### 3.1 用例ベース翻訳システム

近年、用例ベース翻訳に必要とされる大規模な対訳コーパスと高精度な構文解析は徐々に利用可能となってきている。しかし、対訳コーパスからスタートして最終的に翻訳文を生成するまでの一連の過程を実現し、十分に議論した研究はまだ数少ない。本研究では、このような一連の過程をNHKニュースの日英両言語の記事コーパスをもとに実現し、実験により検証した。

##### 3.1.1 NHK ニュースコーパス

用例ベース翻訳を行うために、まず、対訳コーパスから用例(以降、TM とよぶ)を作成する必要がある。ここでいうTMとは、日本語と英語の句の対応関係が明らかとなっている対訳文である。

これを作成するために用いたNHK日英対訳記事は4万記事ペア(5年分)からなる(平均文数は日本語部分5.2文、英語部分7.4文)。記事ペアは全体として記事同士は対応しているものの直訳されて作成されているわけではなく、コーパスのすべてをTMとして利用するのは困難である。そこで、小規模な実験で精度を調べ、アライメント結果が高精度なものだけを抽出する技術が重要となる。

##### 3.1.2 用例の作成

まず、DP マッチングを用いて文アライメントを推定する。文対応のよさを図る指標としては、以下の文中に含まれる内容語が翻訳辞書で対応がつく割合をもとに計算した文対応スコア(最大100)を用いる。次に、得られた文対応のうち1:1文対応に対して、文献[5]の手法を用いて、句アライメントを推定する。

小規模な実験を行い句アライメントの精度(適

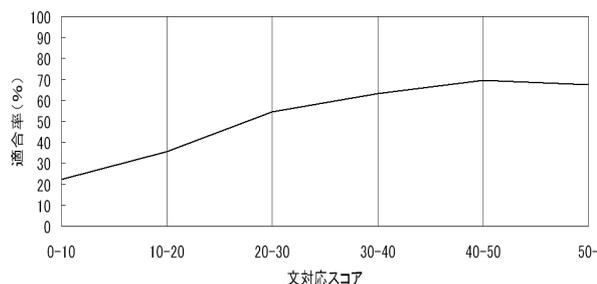


図1：文対応スコアと句アライメント

表2：NHK ニュースのTMの種類と数

文対応スコア	数
30~40	18290
40~50	6975
50~	2314

合率)と文対応スコアとの関係を調べた。図1のように、文対応スコアが高くなるほど、句対応の適合率は高くなる傾向にある。

句アライメントの適合率が60%を超える文対応スコア30以上の句アライメント結果をTMとしてデータベース化した。データベース化されたTMの個数は表2のようになった。

#### 3.2 用例ベース翻訳システム

用例ベース翻訳システムの基本アイデアは「類似した用例(TM)をもとに翻訳する」というものである。多くの場合は、いくつかのTMから翻訳に使用する部分木対(以降、TM片とよぶ)をとって、複数のTM片を結合して翻訳文を作成する必要がある。

##### 3.2.1 入力文の解析

入力文を構文解析し、句を単位とした依存構造にする(図2左)。

##### 3.2.2 TMの選択

入力文の各部分をどのTM片を利用して翻訳するかを決定する(図2中央)。これは、次の3つを考慮する。

1. 入力文とTM片の日本語側で一致部分が多い。
2. 入力文とTM片の日本語側で、一致部分に隣接している基本句同士が類似している。
3. TM片内の日英対応の確信度が高い。

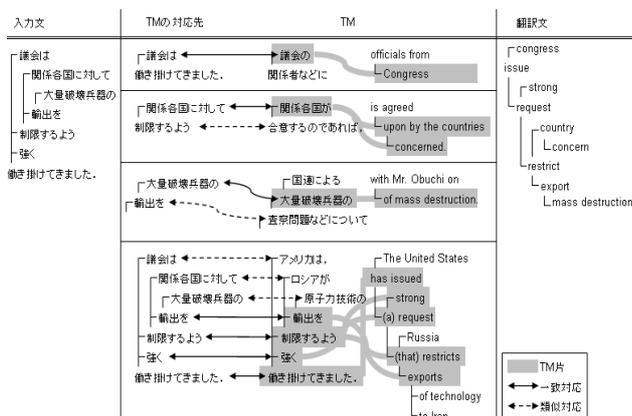


図 2：処理のながれ

表 3：実験結果

	本手法	ベースライン
正解	169	136
不正解	30	63
精度	84.9%	68.3%

### 3.2.3 翻訳文の生成

次に、選択された TM 片の英語基本句同士を結合して依存構造を作成する。これは、次の 2 つの規則を用いて行う。(1) TM 片内の基本句の依存構造は保存する。(2) TM 片間は、対応先の入力文基本句の親子関係にもとづいて結合する。

次に、これを直列化し翻訳文とする。この処理は、TM 片内の順序は保存し、TM 片間の順序は規則によって決定する。最後に活用、冠詞、単数-複数を決定し、翻訳文を得る (図 2 右)。

### 3.3 実験と考察

訳語選択という観点から手法を検証した。評価は入力文の句ごとに適切な訳語が選択されているかどうかを調べ、正解と不正解に分類した。精度は、正解 / (正解+不正解) であり、ベースラインは翻訳辞書を用いた場合である。

結果は、表 3 のようになり、ベースラインを上回った。誤りを調べると、データベース中から TM 片が少数しか得られず、日英対応の確信の低い対応を採用してしまう場合が多い。この問題は、コーパスの量が増えれば、自然と解決するはずである。

### 3.4 まとめ

本研究では、日英対訳記事コーパスからスター

トし翻訳文を生成するまでの一連の過程を実現した。訳語選択と実験の結果ではベースラインを大きく上回り、現在の対訳コーパス量で、用例ベース翻訳の実証的研究が可能であることを示した。

## 4 まとめ

本年度の成果である、複雑な環境におけるマルチエージェント協調問題であるウェイター問題の設計と分析。また異文化コミュニケーションを考慮した用例ベースの機械翻訳システム開発について述べた。

### 参考文献

- [1] P. J. Gmytrasiewicz and E. H. Durfee: Rational Communication in Multi-Agent Environments, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol.4, No.3, pp.233-272, 2001.
- [2] Nadine Richard, Philippe Codognot and Alain Grumbach: The InViWo Toolkit: Describing Autonomous Virtual Agents and Avatars. Proceedings of IVA'01 (Intelligent Virtual Agents) workshop, 2001.
- [3] Makoto Nagao: Framework of a Mechanical Translation between Japanese and English by Analogy Principle, In Artificial and Human Intelligence, pp. 173-180, 1984.
- [4] Peter F. Brown, John Cocke, Stephen A. Della Pietra, Vi-cent J. Della Pietra, Frederick Jelinek, John D. Lafferty, Robert L. Mercer and Paul S. Roossin: A Statistical Approach to Machine Translation, Computational Linguistics, vol.16, No. 2, 1990.
- [5] Eiji Aramaki, Sadao Kurohashi, Satoshi Sato and Hideo Watanabe: Finding Translation Correspondences from Parallel Parsed Corpus for Example-based Translation, In Proceedings of MT Summit VIII, pp. 27-32, 2001.

研究支援員：荒牧 英治  
研究協力者：久保田秀和  
研究協力者：大竹 麗央

### 本年度研究発表

大竹麗央, 西田豊明: 移動エージェントの協調動作実現手法, 第 16 回人工知能大会全国大会, 1A1-06, 2002.

荒牧英治, 黒橋禎夫, 柏岡秀紀, 田中英輝: 日英ニュース記事を用いた用例ベース翻訳システム, 言語処理学会 第 9 回年次大会, (2003.3 発表予定).