

# 人狼ゲームにおける対話システムのための中間表現および自然言語から中間表現への変換

## Middle Expression and Its Converter from Natural Language for Conversation Game “Mafia”

箕輪 峻 静岡大学  
Takashi Minowa Shizuoka University  
[tminowa@kanolab.net](mailto:tminowa@kanolab.net)

狩野 芳伸 (同上)  
Yoshinobu Kano [kano@inf.shizuoka.ac.jp](mailto:kano@inf.shizuoka.ac.jp), <http://kanolab.net/kano/index.ja.html>

**Keywords:** dialog system, game player agent, inter-language, AI werewolf

### Summary

Recently, end-to-end learning is frequently used to implement dialogue systems. However, existing systems still suffer from issues to handle complex dialogues. In this paper, we target on the conversation game “Mafia”, which requires players to make consistent and complex communications. We propose a middle language expression and a converter from natural language input. We implemented our dialogue system to play the Mafia game with humans and other automatic agents. Our evaluation on the play shows that our middle language increases conversion coverage.

### 1. はじめに

対話システムにおいて近年では Sequence-to-Sequence [Sutskever 14]などの End-to-End な学習を利用した対話システムに関する研究が盛んである[Vinyals 15]。End-to-End の手法は従来のルールベースの対話システムと異なり出力となる対話を制御することが困難である。ナレッジベースと End-to-End な学習を組み合わせた手法が提案されている[Eric 17]ものの、複雑な対話戦略に基づき一貫した発話を行うことは難しく、対話が成立しているようにみえる場合でも内容の薄い汎用的な答えが多くみられる。人間と自然なコミュニケーションを行うためには、複雑な議論について一貫した発話が必要となる。

複雑なコミュニケーションが求められるゲームとして「汝は人狼なりや」(以下「人狼」または「人狼ゲーム」)がある。人狼ゲームは会話を通じて隠された役職を推測するゲームで、ゲームというタスクがある一方で発話内容に制限がなく、タスク指向と非タスク指向の双方の要素を持つ対話システムが必要となる。人狼を自然にプレイすることを評価基準とすれば、相手の発話内容をきちんと踏まえた対話が必要となり、対話システムの発展に寄与すると期待される。

人狼知能プロジェクト[片上 15]は人間と自然に人狼ゲームをプレイすることができるエージェントの構築を目標としている。人狼知能プロジェクトでは人狼ゲームにおいて特に頻繁に用いられる発話を人工言語として定義した「プロトコル」を用いて対戦を行うプロトコル部門があり、過去 4 回大会が行われた。

2017 年から自然言語を用いてゲームを行う自然言語部門が開始され、第 1 回大会[CEDEC 17]、第 2 回大会[CEDEC 18]が行われた。

自然言語部門に参加した多くのチームが、プロトコル部門のエージェントを前提に、入出力プロトコルを自然言語に変換するシステムを用いている。しかしこれらのプロトコルはゲーム内で行われうる対話のうちごく限られた内容しか表現できない。より複雑な議論を行うシステムの実現にはより複雑な対話を表現可能な中間表現が必要となる。本研究では多人数による複雑な議論が行われる対話として人狼ゲームを対象とし、より幅広い対話に対応した中間表現の設計および自然言語（日本語）から中間表現への変換を提案する。我々はこれを用いた対話システムにより人狼知能大会へ参加し日本語人狼知能エージェントとして動作することを確認した。また中間表現の変換について評価を行い、提案手法により従来よりも多くの文が変換できることを確認した。

### 2. 人狼ゲーム

人狼ゲームは Mafia [Davidoff 86]のルールを元にしたとされているが、本稿では人狼知能大会で採用されているバージョンのルールに基づいて記述する。

人狼ゲームの背景となるストーリーは次のような内容である：「とある村に人狼が紛れ込んだ。人狼の外見は人間と区別がつかないが、毎晩村人を一人ずつ襲う。村人たちは生き残るために人狼の疑いがある人を毎日一人ずつ処刑することを決めた」。

プレイヤーはそれぞれ登場人物の一人となり人狼

を処刑(追放)、あるいは村人に気づかれないように村人を襲っていき、追放・襲撃されたプレイヤーは退場する。ゲーム開始時に各プレイヤーには人狼と村人どちらの立場かを示す「役職」が割り振られる。基本的なお互いの役職は知らされない。最後に人狼と村人のどちらが残るかで勝敗を決するので、人狼陣営対村人陣営のチーム対戦といえる。

本稿で用いる役職は以下のとおりである：

**村人**：最も標準的な役職。特別な能力は持たない。

**占い師**：夜フェイズに自分以外のプレイヤーを一人指定して、そのプレイヤーが人狼か否かを知ることができる。これを「占い」と呼ぶ。村人陣営の人間。

**人狼**：夜フェイズに人狼のプレイヤーだけで投票を行い、人狼以外のプレイヤーを一人選んで襲撃できる。「襲撃」あるいは「噛み」と呼ばれる。人狼陣営の人狼。

**狂人(裏切り者)**：村人(人間)であるが、人狼陣営が勝利するようにプレイする。

上述のように特殊な行動を行える役職もあり、会話に加えそれらの行動の結果を元にプレイヤーは誰が人狼なのかを推理していく。人狼ゲームではゲーム内の1サイクルを背景ストーリーになぞらえて「1日」と呼ぶ。1日の主な流れは図1の通りである。

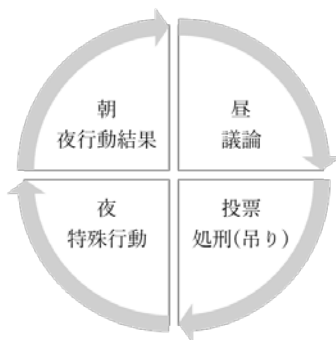


図 1 人狼ゲームのサイクル

**朝**：前日の夜に人狼に襲われたプレイヤーの発表を行うフェイズ。また、この時点で次の二つのうちいずれかの条件が満たされた場合、そのゲームは終了となる。(1) 生存しているプレイヤーのうち半分以上が人狼のプレイヤーである、(2) 人狼のプレイヤーが全員死亡している。(1)が満たされた場合は人狼陣営、(2)の場合は村人陣営の勝利となる。

**昼**：プレイヤー間で議論を行うフェイズ。一般的には特殊能力をもつプレイヤーの結果報告や襲撃されたプレイヤーなどの情報を元に誰が人狼なのか、今日誰を処刑するかを議論する。

**投票**：一人一票で誰を処刑したいか投票するフェイズ。最も多く投票されたプレイヤーは即座に処刑される。

**夜**：対面での人狼において後述する特殊な行動を行うことができる役職の行動の処理を行うフェイズ。人狼

が誰を襲撃するかについてもこのフェイズで行う。人狼ゲームにおいて投票によって処刑されるか、あるいは人狼に襲われたプレイヤーは「死亡」となり以降ゲーム終了までゲームに参加することはできない。

人狼ゲームには特有の用語があるほか、一般的な単語であってもゲーム内の特定の状況を意味する場合がある。頻繁に用いられる用語の一部を表1に挙げる。

表 1 人狼ゲームの主な用語

用語	意味
CO	「私が占い師です」「占い師 CO」のように自身の役職が特定のカミングアウト
騙り	本当の役職以外の役職としてCOすること、あるいはそのプレイヤー
潜伏	村人以外の役職のプレイヤーがCOをせずに村人のふりをする、あるいはそのプレイヤー
黒、人外	人狼
白	人間(人狼以外の役職全てを指す)
灰	占い師 CO したどのプレイヤーにも占われていないプレイヤー
片白、片黒	ある占い師 CO したプレイヤーには占われたが別の占い師 CO したプレイヤーには占われていない人物、あるいはその状態
ローラー ロラ	「占い師ローラー」のように特定の役職を指し、その役職としてCOしている全てのプレイヤーを順番に処刑すること
PP パワープレイ	狂人を含む人狼陣営のプレイヤーが生存者の過半数を超えた際に、人狼陣営のプレイヤーがCOして投票先を合わせる行為
リア狂 リアル狂人	役職が狂人ではないにもかかわらず狂人のように見えるプレイヤー、あるいはそのような発言や行動
LW ラストウルフ	村人陣営から見て人狼のプレイヤーが一人を除いて全員死亡、あるいは判明しているときの判明していない最後の人狼のプレイヤー

### 3. 関連研究

#### 3.1 言語生成

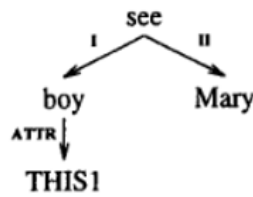
言語生成のために規則や構造を用いた類似の先行研究として、HAORIBRICKS[佐藤 17]とREALPRO[Lavoie 97]をとりあげ、提案手法と比較する。

HAORIBRICKSではParticleやBoundaryといった表層格や表層表現に関するBrickというクラスを用いている。一方で提案手法は発話認識/理解のために意味情報をできるだけ残したまま、表層表現によらない一段抽象的な形に変換することを目的としており、表層格や句読点などの情報は保存しない。

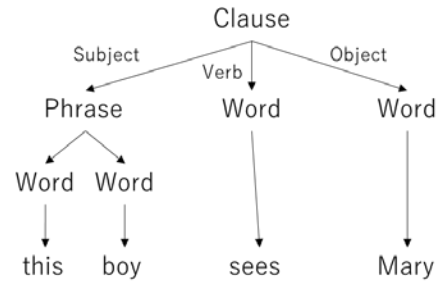
REALPROおよびその入力となるDSyntSは述語をルートノードとする木構造を用いているが、提案手法では文全体を表すClauseをルートノードとするほか、構成要素ごとにラベル付きエッジでつながった子ノードとして表現することで、簡潔かつ一貫性のある処理ができるようにした(図2)。

さらに、HAORIBRICKSおよびREALPROはいずれもそれぞれ指定の構造を入力として受け取りテキストを出力するが、提案手法はテキストを入力に中間表現を出力するもので、想定する用途が異なる。

## DSyntS



## 提案手法



### 3.2 人狼言語

人狼知能プロジェクトにおいて、人狼ゲームの対話のモデル化として大澤は人狼言語を提案している[大澤 13]。人狼言語は基礎語、修飾子、基礎文、発話文、論理演算子、制御構造の6種の文法構造からなる自然言語に対応可能な記述力を持ち、かつ簡素な記述を目指して作成された独自のプロトコルである。また人狼言語にはBDI論理[Rao 95]における信念・願望・意図それぞれに相当する記述がある。人狼言語の妥当性について大澤は人狼BBSのおすすめログ上位4ゲームを対象とした評価を行っており、行われた発話の8割の意味を損なわずに変換可能としている。

しかし人狼言語は十分な内容を網羅できていない。人狼言語において名詞は全15語しか定義されておらず、例えば「潜伏」など頻繁に用いられる単語が不足している。また、文法構造においても「AのBのC」のような単語の連結による修飾を許容していない点や、取りうる内容を厳密に定義しており柔軟な入れ子構造が許可されていない点、文法構造間で規則が独立しており煩雑である点など多くの不足がある。加えて人狼言語の記述は自他のモデル推定について直接数値で伝達可能なプロトコルとして設計されており、例えば下記のような記述が可能である。

- agree 80% (speech X) : X番目の会話にだいたい賛成する
- declare 30% (AgentX seer) : AgentXはたぶん占い師ではない

しかし、発話者がどのような意図をもってその発話を行ったのか、通常自然言語の発話のみからは直接的に知ることはできない。したがってこうした、発話の自然言語表現のみからはわかりえない主観的な記述が要求される人狼言語は、我々の目標とする自然言語文の意味を極力保って直接変換可能な中間表現としては適さない。また、多数の類似構文が個別に定義されており難解である。

### 3.3 人狼知能プロトコル

人狼知能プロジェクトではプロトコルを用いたエ

ージェント同士の対戦を行うための発話プロトコルとして人狼知能プロトコル [人狼知能プロジェクト17]を公開している。人狼知能プロトコルは客観的な情報のみを記述できる点で人狼言語よりも発話認識時の中間表現として適しているが、対象とする内容が限定的であり人狼ゲームにおける発話を十分表現可能とはいえない。例えば「もし占い師の結果が黒ならAを吊りたい」のような条件文や、「私に投票してきたので占った」のような理由を説明する文章は人狼ゲームにおいて非常に重要であるが、人狼知能プロトコルでは表現することができない。

表 2 提案手法と先行研究の比較 (語彙数は Agent や character、数詞など数が不定のものは除いた。人狼言語の語彙数は、alias などを含むほか、単語と構文の切り分けが曖昧なことがあるため概算値)

	語彙数	記述力	構文の複雑性/実装容易性
人狼知能プロトコル	21語	単純な文のみ。条件や質問は不可	非常に単純だが、構文は個別に定義。実装は容易
人狼言語	約60~70語	基本的な文は記述可能。補語や修飾表現は限定的で深い入れ子構造は不可	多数の類似構文が個別に定義されており難解。一部に曖昧性を含んでおり実装が困難
提案手法	99語	基本的な文は記述可能。修飾表現、深い入れ子も可能	中間表現エントリによって構文数を削減。処理の共通化を図り実装を簡略化

直接の先行研究といえる人狼言語と人狼プロトコルについて、提案手法との主な点の比較を表2にまとめた。本研究ではこれら人狼言語と人狼プロトコルを踏まえつつ、対話システムの発話処理により適した新

たな中間表現を提案する。

#### 4. 提案手法

人狼ゲームの対話システムについて、主な処理の流れを図 3 に示す。

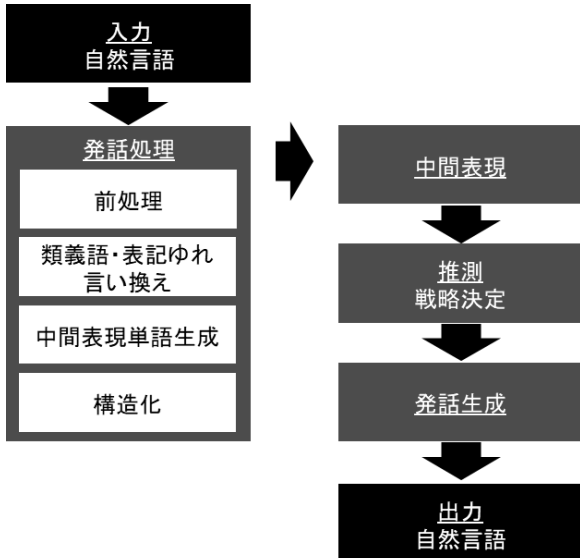


図 3 人狼ゲームにおける対話システムの処理の流れ

この流れのうち役職の推測や戦略の決定、発話の生成に関して個々の対話エージェント作成者が独自に実装を行えば、本稿で提案する中間表現は汎用的に利用できる。本研究では、そのような中間表現を提案し、以下の点を満たすように設計した。

- 主観的な記述を含まない

本研究で提案する中間表現は複数のエージェント間で共通して利用可能な汎用性のある中間表現を目的としているため、エージェント固有の要素が必要な記述は極力排除する。

- ゲームに関係のある発話を十分に表現できる

十分な表現能力を持つ中間表現の実現には、主要な単語を網羅していること、柔軟な記述を許容する文法体系であることが求められる。先行研究の人狼知能プロトコルでは主語や目的語に取りうる要素を特定の種類の名詞として厳密に規定していた。しかし自然言語の文章には「～したプレイヤー」、「～すること」というように複文的な構造があり、文自体も文の要素として単語を修飾する、あるいは主語や目的語そのものになりうる要素がある。また「AのBのC」のようにある単語を別の単語を用いて修飾することも珍しくない。したがって、自然言語における単語・句・節を入れ子に取り得る子要素として許容する文法を定義する必要がある。

そこで、個別の記述に応じて文法規則を定義するのではなく、より抽象度の高い文法規則を定義する。中間表現では抽象的な要素として「中間表現エントリ」

を定義し、あらゆる記述を中間表現エントリの木構造によって表現する。以下で詳述するように、中間表現エントリには単語・句・節に対応する「Word」「Phrase」「Clause」の3要素を定義し、各要素が取りうる子要素への制約として文法規則を定義する。

#### 4.1 中間表現エントリ

中間表現は Word、Phrase、Clause の3種類からなる中間表現エントリの組み合わせで表現するものとする。文全体を表す Clause を特に Sentence と呼ぶ。Word および Phrase は品詞を持ち、Clause は自身とその子要素に要素種別を持つ。図 4 に中間表現エントリの概要、表 3 に品詞・要素種別の一覧、図 5 に中間表現の例とその構造を示す。

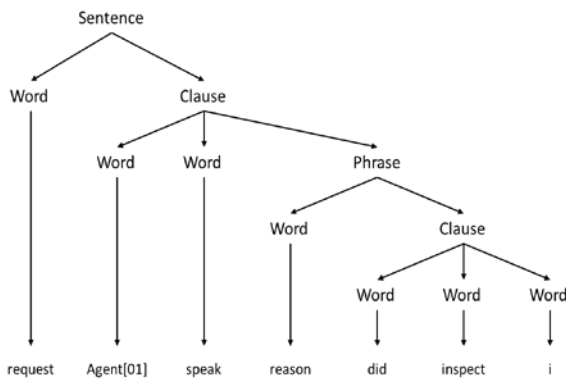
表 3 品詞・要素種別一覧

品詞名	意味	要素種別	意味
NOUN	名詞	SUBJECT	主語
AUXILIARY	助動詞	OBJECT	目的語
VERB	動詞	AUXILIARY	助動詞
COMPLEMENT	形容詞	VERB	述語
MODIFIER	修飾語	COMPLEMENT	補語
OPERATOR	演算子	MODIFIER	修飾子
CONTROLLER	意味構文	OPERATOR	演算子
SYSTEM	システム標識	CONTROLLER	意味構文
		SYSTEM	システム標識
		SENTENCE	文



図 4 中間表現エントリの概要

これらエントリの組み合わせにより、十分な範囲の自然言語文に対応しうる表現力をもつ。おおまかには、Clause は述語項レベルの構文構造を記述し、Word と Phrase はその構造の要素をなす。このように、以下で説明するエントリの種類は、一般的な自然言語の構文要素の種類に対応するものが多い。ただし、人狼ゲームに特化し、かつ、中間表現として自然言語よりも簡素化し例外の少ない体系を実現するため、自然言語における構文構造や構文要素に必ずしも対応せず、自然言語文とそこから変換された中間表現の構造は大きく異なることがある。本章で特に「自然言語における」と注記のない場合は、中間表現における構文や品詞、



{ request { Agent[01] speak ( reason { did inspect i } ) } }

解釈例：Agent[01]が私を占った理由を教えてくださいかな。

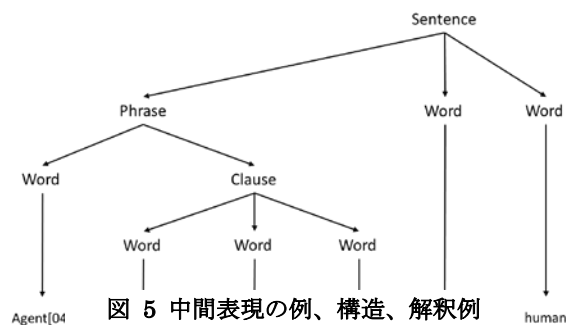


図 5 中間表現の例、構造、解釈例

{ ( Agent[04] ) is human\_judge } is human }

解釈例：ボクに白出した Agent[04]は白よりだよな。

要素の種別名を表す。

#### 4.2 Word

Word は中間表現の記述における最小単位の構成要素であり、概ね自然言語の単語に対応する。Word は対応する自然言語表記、中間表現表記、品詞をそれぞれ必ず一つずつ要素に持つ。たとえば、「自然言語表記: 投票, 中間表現表記: voting, 品詞: NOUN」といった具合である。また、中間表現記述を処理する際の補助情報として任意の数のタグ(属性値)を定義する(表 4)。

表 4 タグ一覧

タグ名	意味
ROLE	特定の役職、または文脈に応じた役職 Word で置換可能な Word を表す
AGENT	任意の Agent または Agent の集合で置換可能な Word を表す
ACTION	ゲーム内の特定の行動に関連した Word を表す
TIME	時間に関連した Word を表す
SPECIES	種別(人間または人狼)に関する Word を表す
QUESTION	疑問詞または疑問文を表す標識であることを表す

Word として定義したエントリを種類ごとに以下で列挙する。以下では種類の見出しを「**エントリの種類名(該当種類内の中間表現エントリ定義数)**」の形式で記述する。本節でのエントリ例は、「**自然言語表記(中間表現表記)**」と記述する。なお、後述する言い換え規

則等で異なる表記にも対応させることがあるため、この自然言語表記はあくまで定義上の代表表記である。

#### 4.2.1 名詞(NOUN)

**役職名詞 (8)**：役職に関する名詞。タグ「ROLE」、「AGENT」を持つ。「人狼(wolf)」のみタグ「SPECIES」を持つ。霊能者(medium)、狩人(hunter)、共有者(freemason)、狐(fox)、村人(villager)、占い師(seer)、狂人(lunatic)、人狼(wolf)。

**種別名詞 (2)**：プレイヤーの種別に関する名詞。タグ「SPECIES」「AGENT」を持つ。人間(human)、灰(gray)。

**行動名詞 (11)**：ゲーム内の特定の行動に相当する名詞。タグ「ACTION」を持つ。占い(inspection)、護衛(protection)、処刑(execution)、投票(voting)、襲撃(assault)、CO(comingout)、白出し(human\_judgement)、黒出し(wolf\_judgement)、潜伏(hiding)、発言(talk)、対抗(opposition)。

**人称名詞 (3)**：人称代名詞。タグ「AGENT」を持つ。私(i)、あなた(you)、彼(he)。

**疑問代名詞 (3)**：疑問文を形成しうる代名詞。タグ「QUESTION」を持つ。「誰(who)」のみタグ「AGENT」を持つ。誰(who)、何(what)、どちら(either)。

**一般名詞 (15)**：人狼ゲームで頻用される名詞。「対象(target)」、「陣営(side)」はタグ「AGENT」、「役職(role)」はタグ「ROLE」、「日(day)」はタグ「TIME」をそれぞれ持つ。候補(candidacy)、日(day)、理由(reason)、結果(result)、対象(target)、陣営(side)、役職(role)、意見(opinion)、嘘(lie)、囁き(whisper)、本物(genuine)、偽物(fake)、全て(all)、Agent、Number

**Agent**：特定のプレイヤーを指す Agent に対応する中間表現。タグは持たない。「Agent[X](Agent[X])」と表し、X は 0 から 99 までの整数の 0 埋め表記である。

**Number**：数字を表す中間表現。タグ「NUMBER」を持つ。「X(X)」で表され、X は 0 から 99 までの整数である。エージェント表記と異なり 0 埋めは行わない。

#### 4.2.2 助動詞(AUXILIARY)

助動詞は中間表現文全体への意味の付与を表す。～たい(want)、べき(should)、だ(did)、られる(be)、ない(not)の 5 種類からなる。

#### 4.2.3 動詞(VERB)

目的語を取りうるものを動詞として定義した。後述する Clause を、主語・目的語と合わせて 3 要素で構成する際の要素となる。

**行動動詞 (11)**：ゲーム内の特定の行動に相当する動詞。タグ「ACTION」を持つ。占う(inspect)、護衛する(guard)、対抗する(oppose)、処刑する(execute)、投票する(vote)、襲撃する(attack)、潜伏する(hide)、CO する(confess)、白出しする(human\_judge)、黒出し(wolf\_judge)、殺害する(kill)。

**議論動詞 (7)**: 発言や議論に関する動詞。発言する(speak)、決定する(decide)、議論する(discuss)、賛成する(agree)、反対する(disagree)、選択する(select)、撤回する(retract)。

**信用動詞 (4)**: 信用や扱いに関する動詞。疑う(doubt)、騙す(deceive)、騙る(cheat)、信用する(trust)。

**思考動詞 (3)**: 自身の思考や内面などに関する動詞。思う(estimate)、知る(know)、理解する(understand)。

**要求動詞 (1)**: 他者に特定の行為を要求する動詞。要求する(request)。

**be 動詞 (1)**: be 動詞。だ(is)。

#### 4.2.4 補語(COMPLEMENT)

自然言語における形容詞のほか自動詞を含む 8 種類。これらは自然言語での品詞にかかわらず状態を表すものに対応しており、目的語をとらない。存在する(exist)、生きる(alive)、死ぬ(dead)、怪しい(doubtful)、良い(good)、悪い(bad)、勝つ(win)、負ける(lose)。

#### 4.2.5 修飾語(MODIFIER)

**時間修飾語(5)**: 時間に関する単語。タグ「TIME」を持つ。今(now)、今日(today)、昨日(yesterday)、明日(tomorrow)、今夜(tonight)。

**疑問修飾語(2)**: 疑問詞。タグ「QUESTION」を持つ。いつ(when)、なぜ(why)。

#### 4.2.6 演算子(OPERATOR)

並列関係を表す。「かつ(and)」および「または(or)」。

#### 4.2.7 意味構文(CONTROLLER)

複数の Clause を主節・従属節関係として接続し、従属節全体に意味を付与する。「もし～なら(if then)」および「なぜなら(because)」。

#### 4.2.8 システム標識(SYSTEM)

システム標識は Sentence に付与することで特定の形式の文章であることを表す。

**複文標識**: 発話文が複数文から構成されることを表す。SENTENCE で表す。

**疑問標識**: 発話文が疑問文であることを表す。タグ「QUESTION」を持つ。

YN: はいいいえで回答可能な質問文

WHY: 理由に関する質問文

WHEN: 時間に関する質問文

WHO: 人物に関する質問文

WHICH: 並列の対象いずれかを選択させる質問文

WHAT: その他の一般名詞に関する質問文

### 4.3 Phrase

Phrase は複数の中間表現エンタリを構成要素として取り、かつ Phrase 全体で Word と同様の用法で扱うことができるエンタリ集合として定義する。Word に加えて Phrase を定義し抽象化することで、同じ表現力を実現できるより汎用的でより少ない数の中間表現エン

タリ・規則集合の定義を可能にするのが狙いである。

Phrase はたとえば「(Agent[01] inspection result)」というように、丸括弧 ( ) で Phrase の含む中間表現エンタリの要素を囲んで記述する。また Phrase の品詞は子要素の中間表現エンタリの品詞に依存して決定する。Phrase は本節のいずれかの用法でのみ用いることができる。なお、以降の例では「中間表現: 表現の解釈」と記述する。波括弧 {} は後述する Clause を示す。

#### 4.3.1 名詞句

名詞句は名詞を中心要素とする Phrase である。構成要素は以下のいずれかの規則を満たす。

**連続する任意の名詞**: 連続する任意の名詞を構成要素とし、名詞句を形成する。要素には Word または Phrase を持ち、名詞句内では左から右へと順に隣の要素に係ると解釈して意味を構成する。

[例] (Agent[01] inspection result): Agent[01] の古い (の) 結果

要素として Phrase が含まれる場合、その Phrase が Word のみからなる場合は展開して表記する。

[展開前→展開後の例] ((Agent[01] inspection) result) → (Agent[01] inspection result)

**任意の補語 Word + 名詞**: 任意の名詞とそれを修飾する補語 Word を要素として名詞句を形成する。補語には Word のみ、名詞には Word または Phrase を持つ。

[例] (alive player): 生きているプレイヤー

**名詞 Word + 形容詞節**: 任意の名詞 Word とそれを修飾する形容詞節を要素として名詞句を形成する。名詞には Word のみを許す。

[例] (result { did inspect Agent[01] }): Agent[01] を占った結果

#### 4.3.2 助動詞句

助動詞は 1 文に複数出現する場合があります、その場合は次の例の「(not be)」のように、それらを要素に持つ Phrase を形成する。助動詞句は助動詞 Word のみを要素に取り、語順は考慮しない。

[例] { I (not be) vote Agent[01] }: 私は Agent[01] に投票されていない

#### 4.3.3 並列句

助動詞を除く任意の品詞の要素二つと operator を要素に持ち、それらが並列関係であることを表す。二要素間の品詞は同一でなければならず、語順は「要素 1 operator 要素 2」のみを許す。Phrase 全体の品詞は並列関係にある要素の品詞となる。

[例] (Agent[01] or Agent[02]): Agent[01] か Agent[02] (Agent[01] and (player { vote I })): Agent[01] と私に投票したプレイヤー

### 4.4 Clause

Clause (節) は複数の中間表現エンタリを要素に取り、

文としての意味を持つエントリである。自然言語文における節に相当し、述語項レベルの構造を記述する。

Clause は本節のいずれかの用法でのみ用いる。Clause は波括弧{}で囲って記述する。

#### 4.4.1 一般節(下位分類に名詞節・形容詞節を含む)

一般節は、後述する特殊な役割を持つ節以外の通常の節である。一般節の子要素は次の規則を全て満たすものとする。

- (1) 全ての子要素はいずれかの要素種別を持つ。
- (2) 名詞は主語または目的語、それ以外の品詞はそれぞれ対応した要素種別のみを持つことができる。
- (3) ただ一つの述語が存在しなければならない。
- (4) 補語と目的語を同時に要素に持つことはできない。
- (5) 要素種別は重複してはならない。
- (6) 要素種別「OPERATOR」、「CONTROLLER」、「SENTENCE」、「SYSTEM」が存在してはならない。

一般節は名詞的用法(名詞節)、形容詞的用法(形容詞節)として他のエントリの要素となることができる。

[例] {{ execute Agent[01] } is good } : Agent[01]を処刑するのが良い

{ ( result { did inspect Agent[01] } ) is wolf } : Agent[01]を占った結果は人狼でした。

このように、形容詞を含んでいなくても形容詞的な修飾をする用法の場合は形容詞節と呼ぶ。

また、一般節は親要素が存在しない場合および自身が特殊節の子要素である場合、文であることを表す特殊な Clause である Sentence として扱う。

[例] { I is seer } : 私は占い師です

#### 4.4.2 意味構文節

意味構文節は二つの Sentence を主節・従属節として接続する。二つの Sentence 以外に、Word の一種である意味構文 (CONTROLLER)、または演算子「and」のいずれかを取り、要素の語順は「Sentence1 controller/operator(and) Sentence2」のみを許す。

[例] {{ did inspect Agent[01] } and { result is wolf } } : Agent[01]を占って、結果は人狼だ。

#### 4.4.3 システム節

システム節は一つのシステム標識といくつかの要素を取る。

**SENTENCE** : システム標識「SENTENCE」および二つ以上の任意の Sentence (文を表す特殊な Clause) を持ち、それらが同一の発話で行われたことを示す。

[例] { SENTENCE { { estimate { Agent[01] is wolf } } { want vote Agent[01] } } } : Agent[01]は人狼だと思う。Agent[01]に投票したい。

**YN/WHY/WHO/WHEN/WHICH/WHAT** : これらのシステム標識のいずれかと Sentence 一つを持ち、その Sentence が疑問文であることを表す。

[例] { YN { vote Agent[01] } } : Agent[01]に投票しますか？

ただし、システム標識が「YN」以外の場合、次の例のように要素となる Sentence は疑問詞を記述に含んでいなければならない。

[例] { WHAT { ( you role ) is what } } : あなたの役職は何ですか？

## 5. 自然言語変換器の実装

自然言語変換器は自然言語を入力に取り中間表現を出力とする発話変換システムであり、図 3 における発話処理に当たる部分である。4 章の説明では、図 5 に挙げた二つの例：

[A] { request { Agent[01] speak ( reason { did inspect i } ) } } : Agent[01]が私を占った理由を教えてくださいかな。

[B] { ( Agent[04] { did human\_judge i } ) is human } : ボクに白出した Agent[04]は白よりだよ。

における各ステップの処理を事例として併記する。変換の対象となる入力文字列は、上記各例の：以降にある解釈例である。

### 5.1 前処理

前処理では入力された自然言語発話に対して文分割および不正記号の除去等を行う。本システムでは人狼知能大会自然言語部門で許可されている記号(句読点および「!」、「?」)以外の記号を不正記号として除去する。また、発話文は 1 文単位に分割する。

### 5.2 類義語・表記ゆれ言い換え

類義語・表記ゆれ言い換えでは人手で作成した言い換え規則を元に入力文に対して言い換えを行い、類義語や表記揺れを吸収する。言い換え規則には入力テキストを正規表現で言い換える規則と形態素解析結果を元に行い換えを行う規則の 2 種類があり、前者が 38 種類、後者が 41 種類の合計 79 個の規則を定義した (表 5)。

活用のある単語の言い換えについては形態素解析器 juman++ 1.02 [Morita 15]および juman の活用表を利用して、語幹と語尾により変換を行う。また言い換え処理の適用順の決定には、各規則に優先度などを設定できる言い換え規則管理モジュールを準備した。

[A] 「教えて→話して」の言い換えを行う。

[B] 「ボク→私」、「白→人間」の言い換えを行う。「白出し」については事前に「白出し」、「黒出し」をサ変名詞として登録してあるため、言い換えは行わない。処理後：私に白出した Agent[04]は人間よりだよ。



表 5 言い換え規則例

(1~5 は入力文全体に対する正規表現, 6~10 は形態素単位)

No.	変換前	変換後
1	(僕 ぼく ボク 俺 おれ わたくし あたし アタシ あたい 僕)	私
2	(?<=(古い 襲撃 投票 処刑))先	対象
3	(CO CO co Co カミングアウト)	CO
4	((?<=[真偽]) 占い 占)(?師) 占(?=CO))	占い師
5	(?<=(人狼 村人))側	陣営
6	白	人間
7	伝える	話す

5.3 中間表現の Word 生成

言い換え規則適用後の入力文に対して改めて形態素・係り受け・格の解析を行い、その結果を元に中間表現を生成する。形態素単位の単語と Word エントリの持つ自然言語表記が一致しているかを判定し、一致していれば Word を生成する。ただし、以下の Word については個別に設定した生成規則に基づいて生成する。また、演算子に相当する Word に関しては後段の構造生成時に生成する。

5.3.1 助動詞・意味構文・動詞「request」

助動詞、意味構文、および動詞「request」の Word は、解析に利用した KNP 4.16 [笹野 13]の出力に含まれる Feature [河原 16]に基づき、文節単位で判定を行う：

- did:** 「時制-過去」を含む。
- want:** 「～たい」を含む。
- should:** 「モダリティ-評価:強」を含む。
- be:** 「態:受動」を含む。
- not:** 「否定表現」または「モダリティ-禁止」を含み、かつ「モダリティ-認識-推量」を含まない。
- because:** 「節機能-理由」を含む。
- ifthen:** 「節機能-条件」「格関係:修飾:もし」のいずれかを含む。または「ID:～なら」を含み、かつ「指示詞」を含まない。
- request:** 「モダリティ-依頼」「モダリティ-依頼 A」「モダリティ-依頼 B」のいずれかを含む。

具体的には、各文節に含まれる形態素の原形と中間表現 Word の自然言語表記から Word エントリを生成し、エントリリストに追加する。

- [A] 「Agent[01]が→Agent[01]」「私を→i」、「占った→inspect」、「理由を→reason」、「話してくれるかな。→speak」
- [B] 「私に→i」、「白出した→human\_judge」、「Agent[04]は→Agent[04]」、「白よりだよな。→human, is」

また用言の文節の KNP の解析結果に特定の Feature が含まれる場合、Word エントリを生成し、エントリリストに追加する。

- [A] 「占った」は「時制:過去」が含まれるため「did」を追加する。「占った→inspect, did」
- 「話してくれるかな。」は「モダリティ-依頼 A」を

含むため「request」を追加する。「話してくれるかな。→speak, request」

- [B] 「白出した」に「時制:過去」が含まれるため、「did」を追加する。「白出した→human\_judge, did」

5.4 構造の生成

係り受け・格解析結果を用いて中間表現エントリの制約に合わせて構造の生成を行う。図 6、図 7 に例に基づく構造化の概要を示す。

構造の生成は文末文節から係り受け関係を元にし、係り元の文節に対してさらに係っている文節が存在する場合はそれを優先して再帰的に構造化する。構造化時に基準になる文節が節境界であれば Clause、そうでなければ Phrase とする。

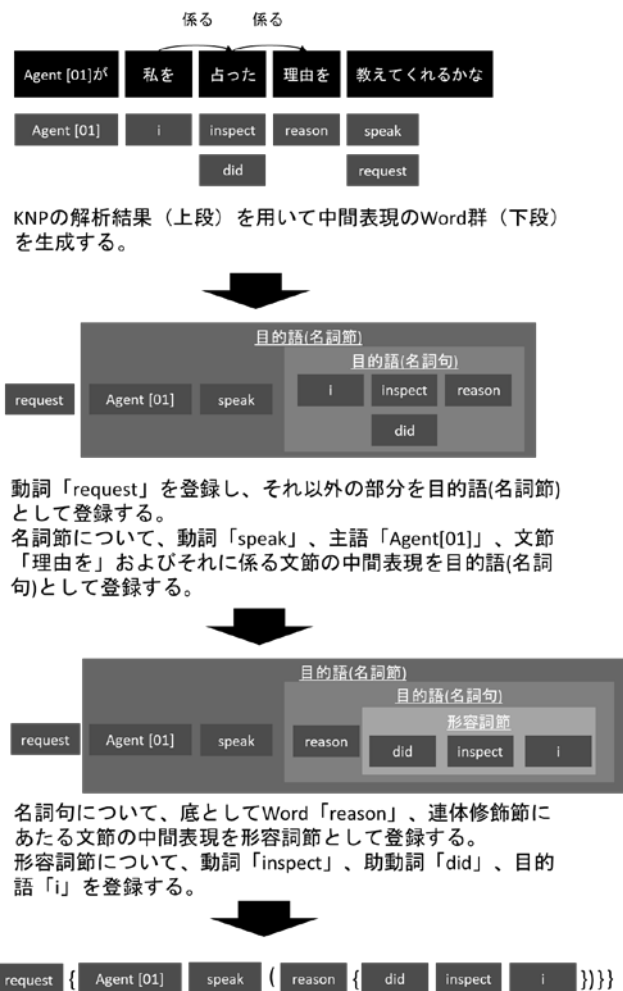


図 6 例文 A における中間表現構造化の概要



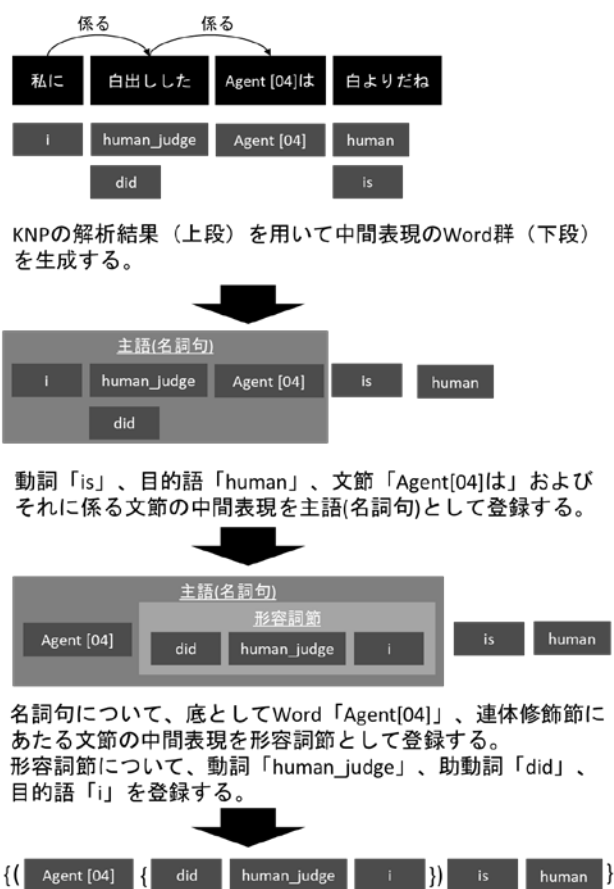


図 7 例文 B における中間表現構造化の概要

#### 5.4.1 Clause の構造化

**修飾子**：基準文節に係る文節のうち Feature に「解析格:修飾」を含む文節、または「係:無格」および「疑問詞」を含む文節を取得する。その文節がエントリとして修飾語を持っていれば修飾子として登録する。

**目的語**：基準文節に係る文節から下記の優先順位で文節を取得し、最初に該当した文節のエントリを目的語として登録する。ただし、基準文節のエントリが「is+名詞」だった場合はその名詞を目的語として登録する。

- (1) 格解析結果がヲ格で、かつ Feature に「ハ」を含まない
- (2) Feature に「ト」を含み、かつ副詞節でない
- (3) 格解析結果がニ格である
- (4) 主語の構造化後に目的語が存在せず、かつ主語に追加されていない格解析結果がガ格の文節

**主語**：基準文節に係る文節で格解析結果がガ格、またはヲ格かつ Feature に「ハ」を含む文節を取得し、そのエントリを主語として登録する。ただし、基準文節が Feature 「主題格:一人称優位」、「主題格:二人称優位」を含む場合はそれぞれ一人称、二人称を表すエントリを優先する。

**助動詞・動詞・補語**：基準文節のエントリを取得しそ

れぞれ登録する。

**演算子**：並列を示す Feature 「並列タイプ:OR」、「並列タイプ:AND」、「ID:〜か」のいずれかを含む文節を取得し、基準文節とその文節のエントリからなる並列節を作成する。

**意味構文**：基準文節に係る文節のうち副詞節の節境界である文節を取得し、そのエントリを元に意味構文節を作成する。

**システム標識**：基準文節が疑問文を表す Feature 「モダリティ-疑問」を持ち、かつ Sentence に疑問システム標識を保つ場合、全体でシステム節を作成する。

#### 5.4.2 Phrase の構造化

語順が日本語の語順と同様になるように順番を入れ替えながら、基準文節に係る文節のエントリを追加する。また、Clause の構造化と同様に、並列を表す Feature が存在すれば並列句を形成する。

以下では本 5.4 節の処理を、実際の処理ステップを追う形で事例に基づき説明する。

## 6. 実践、実験と評価

本提案の機構を用いた対話エージェントの実装、人狼知能大会自然言語部門における実践と、対話を中間表現に十分変換できるかの検証評価について述べる。

### 6.1 人狼知能対話エージェントの実装

我々のエージェントは、本稿で述べてきたシステムに、ルールベースの戦略・文生成モジュールを加えたものである。いずれの実装も、中間表現を前提とすることで飛躍的に容易に実現できた。

人狼知能エージェントの対戦 API 仕様は、人狼知能プロジェクトにより規定されており、過去の全エージェントの発話を参照可能な状態で、対戦サーバからリクエストがあったときに次の自発話テキストを返す動作が基本となる。これ以外に、投票・襲撃・占いとといったゲーム上の行動や、追放・占い結果といったステータスも参照でき、役割に応じて投票先や占い先、襲撃先の指定を対戦サーバから要求される。

#### 6.1.1 戦略決定

5 人狼においてありうる全役職パターンについて、確信度を計算し、それに基づき行動や発話を決定する。不完全情報ゲームであり、対戦相手に依存するため、確実な推定は不可能であるが、まず、自分の役職は何か（たとえば、自分が人狼であればほかのプレイヤーは人狼ではありえない）、だれがだれに投票したか、といったゲーム上の行動に基づく確信度を加算する。

次に、新しい発話の中間表現を受け取るたびに、その内容に基づいて確信度を加算する。たとえば、「XX は怪しい」、「XX は YY だと思う」、「私は占い師です」といった、役職推定に役立つパターンを、中間表現を

用いたルールで記述し、人手で決定した確信度を加算する。たとえば「私は占い師ではない」、「私は占い師だ」という発話は経験的にそれぞれ発話者が占い師である確率、村人である確率は低いと考えられるため、発話者がその役職に割り振られている役職パターンの確信度を減少させる。そのほか、中間表現への変換に失敗した発話は雑談とみなし、その割合が多いプレイヤーが狂人や人狼である役職パターンの確信度を増加させるなどの複数のルールの組み合わせによって最終的な確信度を計算する。これらの確信度加算の際には、その理由となる事柄を同時に登録し、発話の際の理由付けに利用する。

役職が人狼または狂人の場合は、うそをつく必要がある。この場合、他のプレイヤーに信じさせたい役職パターン群と、自身が内的に推測する役職パターン群を別に保持し別個に確信度を計算する。

### 6.1.2 発話生成

発話を求められたタイミングでの戦略決定パートの確信度を用いて、ルールベースで発話を生成する。発話の生成については「占い師としてカミングアウトしており、かつ占い結果を発話していなければ占い結果を発話する」「他プレイヤーから質問されていた場合はそれに返答する」という優先順位を設けている。また、投票先の宣言や役職の推測、他者への質問、雑談等に関しては同じ発話を繰り返さないように調整をしつつランダムに発話内容を決定する。各発話内容についてあらかじめテンプレートを用意しておき、決定した発話内容についてプレイヤー名や役職などを必要に応じて埋め込んだ文字列を発話文として生成する。

場合によっては、戦略決定パートで登録した理由も付与して文を生成する。「～は～なので～だと思ふ」というような推測を表す表現を基本とし、疑問文を生成する場合は発話相手を指定したアンカーをつける。人狼知能プロジェクトにおけるゲームでは 1 日に発話可能な回数が 20 回に制限されている。また、1 回の発話で平叙文と疑問文を両方含めるとプレイヤー間で発話が正しく解釈されない可能性があることから、原則 1 発話 1 文とした。加えて、他者への質問ばかりのプレイヤーなど平叙文と疑問文の発話数の差が極端なプレイヤーは疑われやすいことから、過去の自身の発話に応じて平叙文・疑問文を生成する確率を調整している。確信度と整合性のない、矛盾した発話を検出した場合は、指摘する発話を生成する。

逆に、アンカーで指定された発話を向けられた際は、中間表現により問いかけの内容を分析し、戦略決定パートの確信度に基づいて返答を生成する。

## 6.2 人狼知能大会における実践

第 4 回人狼知能大会自然言語部門 [人狼知能プロジ

エクト 18]において行われた自然言語エージェント同士の対戦(対戦は 5 人人狼、役職は「村人 2、人狼 1、占い師 1、狂人 1」)には、我々の作成した自然言語エージェントを含む全 10 チームが参加した。

対戦は三つの方法で実施された。一つは、同一エージェントを 5 体用意して戦わせる自己対戦である。二つめは、5 種類の異なるエージェントを対戦させる相互対戦である。三つめは、4 種類の異なるエージェントと 1 名の人間を混在させて行う対人対戦である。これら対戦のログを対象に、下記 A～E の五つの主観評価項目を設定し、自己対戦および相互対戦ログを対象にそれぞれ 5 段階主観評価が、参加チーム以外のオーガナイザー 5 名、外部から招聘された方 2 名からなる計 7 名の評価委員により行われた(表 6)：

A 発話表現は自然か

B 文脈を踏まえた対話は自然か

C 発話内容は一貫しており矛盾がないか(一貫性に関与しない発話は一貫していないとカウント)

D ゲーム行動(投票、襲撃、占いなど)は対話内容を踏まえているか(全行動のなかでの割合)

E 発話表現は豊かか。エージェントごとに一貫して豊かなキャラクター性が出ているか。

表 6 主観評価軸ごとの平均評価値

チーム	A	B	C	D	E
チーム 1	2.14	1.85	2.14	2.00	1.00
チーム 2	3.28	3.00	3.14	3.14	2.00
提案手法	3.00	2.85	3.00	2.85	2.71
チーム 3	2.28	1.85	2.00	1.85	2.57
チーム 4	3.42	3.14	2.71	3.85	4.00
平均	2.82	2.54	2.60	2.74	2.46

戦略決定および発話生成パートの影響があること、また各エージェントの性能(および対話システム一般の性能)がいまだ低いため、中間表現の直接的な評価とはいえないが、提案手法はすべての項目、特に関連が深い B、C、D で平均を上回り、一定の効果が確認できた。チーム 3 は機械学習ベースの雑談対話システムであり、提案手法とは大きく異なる。チーム 1、2、4 はルールベースによるエージェントで、特に人狼特有の戦略を踏まえたプレイにおいて評価が高く、対話よりもゲーム行動に基づく戦略決定の作りこみが高度であったと考えられる。戦略決定部分の改善は我々のエージェント作成における今後の課題である。

大会では外部評価委員による個別の主観総合評価が別に行われ、本手法によるエージェントは技術賞を受賞した。

### 6.3 中間表現の記述力評価

本研究で提案した中間表現について、エージェント対戦ログデータを用いて記述力を評価した。ログデー

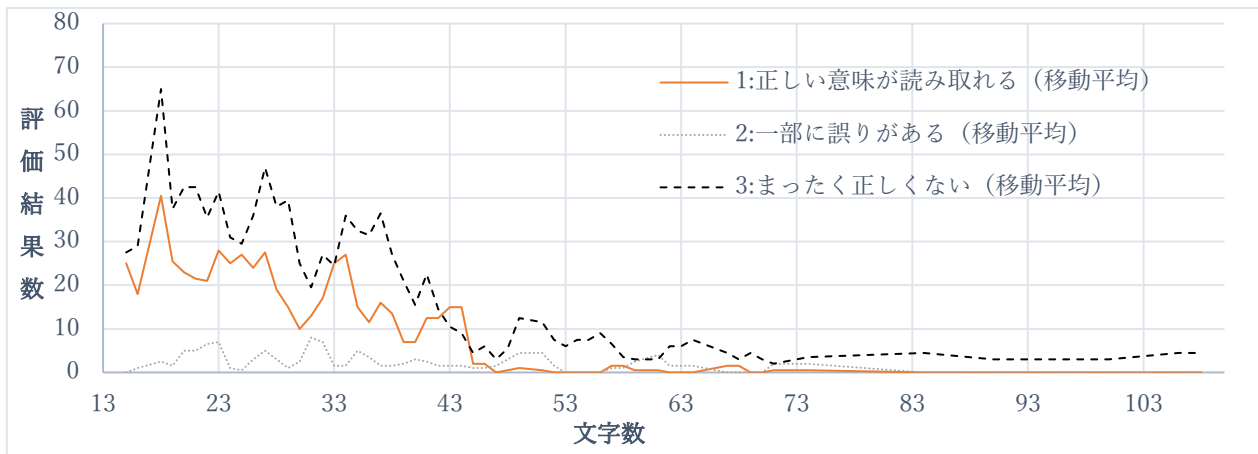


図 8 対戦ログにおける文字数ごとの評価結果

タの内、0 日目(挨拶ターン)および発話を行わないことを示す「OVER」、「SKIP」は除き、さらに、「。」、「!」、「?」および改行を文境界とみなして、12 文字未満(全角文字を 2 文字、半角文字を 1 文字とカウント)を除いた文からランダムに 600 文を抽出し、評価に利用した。12 文字未満とした理由は、「Agent[01]」のような 9 文字の Agent を指す表現が頻出することから、12 文字未満で意味のある発話を行うことは困難であるため、「私は占い師です」、「Agent[01]に投票する」などゲームに関係する発話のほとんどが 12 文字以上だと考えられるため、また実際に 12 文字未満のデータは感嘆符や挨拶などノイズが大半であったためである。

評価は与えられた文について、人狼知能プロトコルおよび本研究の中間表現によりそれぞれ記述可能かどうかを、著者以外の 3 名の評価者により人手で評価した。評価は記述可能・不可能の 2 値で行った。結果を表 7 に示す。

表 7 中間表現と人狼知能プロトコルの記述力比較

	中間表現	人狼知能プロトコル
3 名中 2 名以上が記述可能と評価	302/600	153/600
3 名中 2 名以上が記述不可能と評価	298/600	447/600
記述可能と評価された総数	902/1800	457/1800
記述不可能と評価された総数	898/1800	1343/1800

提案手法は人狼知能プロトコルよりも大幅に記述可能と評価された数が増加しており、より記述力が高いことがわかる。

## 6.4 自然言語変換器の評価

変換後の中間表現について「1. 正しい意味が読み取

れる」、「2. 一部に誤りがある」、「3. 全く正しくない」の 3 段階に、著者ら以外の 3 名により人手で評価を行った。評価対象には前節と同じデータ、600 文を用いた。

入力となる日本語文字列の文字数ごとの評価結果の分布を表したものが図 8 である。3 段階の評価数に加え、前節の評価実験で中間表現により記述可能と評価された数、すなわち理論的な変換上限数も同時にプロットした。3 段階評価の 600 文×3 名分の総数は、全 1800 件のうち 1 が 596、2 が 120、3 が 1084 であった。

ログデータでの 1 文あたりの文字数は、約 20 文字から約 50 文字にかけて出現数が上昇し、それ以降は減少しており、人狼ゲームの対話において 20 文字から 50 文字前後の発話が多数と考えられる。この範囲では前節の評価実験の変換上限数が半数程度である。また、変換上限総数 (902) に対し、3 段階評価の 1 の割合が 66% (596/902)、2 の割合が 13% (120/902)、合わせて 79% (716/902) あることから、提案する中間表現と変換の実装でゲーム中の基本的な意思疎通に必要な表現は一定数網羅していると考えられる。失敗事例については次章で分析する。

## 7. 失敗事例の考察と議論

### 7.1 曖昧な文章

「Agent[02]はかなり怪しいと思うな!」、「Agent[02]は味方だと思うな。」のような文章の意味は、文末「な」の解釈により、他者に対して Agent[02]を怪しまないように要請する意味と、自身の意見として Agent[02]が怪しいと思っているという二つの解釈がありうる。本研究の自然言語変換器では前段の解析器の出力が正しい前提で変換を行っており、変換器の変換処理のみで対応することは非常に困難である。

## 7.2 解析誤り

人間から見るとほとんど差異のない文章であっても、解析器はしばしば係り受け関係について解析誤りを起こす。例えば「Agent[02]は人狼じゃないと思う」と「私は Agent[02]は人狼じゃないと思う」という文章では「Agent[02]は」の係り先が異なる。前者の文章では「人狼じゃないと」に係るのに対して後者では「思う」に係るという結果が出力される。また、読点の有無だけで解析結果が異なる場合も見られる。我々の変換器では格解析結果を元に優先度を設定することで修正を行っているが、全てをカバーすることは難しく、ある文章では正しく修正を行える規則が別の文章では正しい係り受け関係を破壊する場合もしばしばある。前節の問題も含め、変換精度向上にはよりタスクに合った解析器を作成することが必要である。

## 7.3 中間表現非対応発話

本研究で提案した中間表現は「A が」、「B に」、「V する」のような基本的な格については対応しており、ある程度複雑な文章も表現可能である。その一方で、「さっき CO したとおり、Agent[02]は狼だからね」、「昨日の占い結果だよ、Agent[05]さんは人間だったよ。」のような文全体に対する修飾は条件や理由など限定的な内容への対応に留まっている。また指示語や代名詞等に対応する単語が十分でなく「それしか考えられないので信じます」のような文章の変換を行うことができない。また、「A と B と C」のような 3 語以上からなる並列を記述できない。

## 7.4 省略

人狼ゲームの対話の多くは話し言葉であり必ずしも主語、述語、目的語が記述されていない。特に、相槌とも意味のある発話とも取れる発話がしばしばみられる。例えば「どうでしょうね」、「さっき言ったでしょ!」のような文章は単なる相槌のように見えるが、省略されている内容によってはゲームに関係のある発話となる。またゲームに関係のある発話においても「それしか考えられないので信じます」のように主格や目的格が省略されることがよくある。一部の主格等を補完することは可能であるが、全てを文章から得られる情報のみで補完することは不可能である。したがって、中間表現をこれらの情報を記述可能なように変更を加えるか、省略を表す表記を導入するなどの検討が必要である。

## 7.5 雑談

雑談は本研究の対象外で、自然言語変換器はゲームに関係のある発話のみを想定している。そのため自然言語変換器に雑談的な内容が与えられた場合誤った出力を行う。

雑談かどうかを入力から判定できれば、ゲームに関係する発話のみに対応するモジュールとして利用しやすくなるかもしれない。実際、失敗事例の多くは「狼ってかわいいよね」、「犬の祖先は狼なんだよ」、「社会心理学とるから人狼負ける気しない」、「朝は紅茶を飲まないようにしてるんだ。」など雑談的な発話によるものにみえる。一方で、「最新の占いデータにアップデートしたため Agent[05]を試しに占った所、マヌケですわね!」のように 1 文中に雑談とそうでない話題が混在する発話も度々ある。また、短文の発話には、「真実はいつも一つ!」、「私は自分の家に戻る!」、「おすすめの朝食だよ。」など雑談か否か人間でも判定が難しいものもあるため、そういった中間的な発話に対する対応について考える必要がある。

## 8. 結論

本研究では人狼ゲームでの対話を対象に、意味情報できるだけ残したまま、表層表現によらない抽象的な形に変換することを目的として、より幅広い対話に対応することができる中間表現の設計および自然言語からの変換器の開発を行った。これらを用いた日本語対話エージェントを実装して人狼知能大会に参加し、システムとして動作することを確認した。人狼ゲームにおいて頻繁に行われる 20 から 50 文字前後の文では変換可能な割合が高いことから、ゲームにおいて頻繁に用いられる言い回しは一定数変換が行えているといえる。また、前段の処理として使用した係り受け・格解析器が、曖昧性のある文章や様々な省略が行われている文章に対して誤った解析結果を出力することも多く見られ、タスクの対話の性質にチューニングした解析器を用いることで精度向上が見込まれる。

我々の中間表現では「主語」、「述語」、「目的語」で記述可能な文章については複雑な文章でも表現できる。今後は「主語」、「述語」、「目的語」の関係から外れる文の要素、たとえば「〜で…を決めてほしい」というような文章に対応したい。

## ◇ 参考文献 ◇

- [CEDEC 17] Computer Entertainment Developers Conference 2017, <http://cedec.cesa.or.jp/2017/>
- [CEDEC 18] Computer Entertainment Developers Conference 2018, <http://2018.cedec.cesa.or.jp/>
- [Davidoff 86] Dimma Davidoff: The Original Mafia Rules, [http://web.archive.org/web/19990302082118/http://members.theglobe.com/mafia\\_rules/](http://web.archive.org/web/19990302082118/http://members.theglobe.com/mafia_rules/)
- [Eric 17] Mihail Eric, Lakshmi Krishnan, Francois Charette, Christopher D. Manning: Key-Value Retrieval Networks for Task-Oriented Dialogue, Proc. 18th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue, pp. 37-49. August 2017, Saarbrücken, Germany (2017).

- [Lavoie 97] Benoit Lavoie, Owen Rainbow: A Fast and Portable Realizer for Text Generation Systems, Proc. 5th Conference on Applied Natural Language Processing, pp. 265–268. March 1997, Washington DC, USA (1997).
- [Morita 15] Hajime Morita, Daisuke Kawahara, Sadao Kurohashi: Morphological Analysis for Unsegmented Languages using Recurrent Neural Network Language Model, Proc. 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pp.2292-2297. (2015)
- [Rao 95] Anand S. Rao, Michael P. Georgeff: BDI Agents: From Theory to Practice, Proc. 1st International Conference on Multi-Agent System (ICMAS-95), pp. 312-319. (1995).
- [Sutskever 14] Ilya Sutskever, Oriol Vinyals, Quoc V. Le: Sequence to Sequence Learning with Neural Networks, Proc. 27th International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'14), pp. 3104-3112. December, 2014, Montreal, Canada (2014).
- [Vinyals 15] Oriol Vinyals, Quoc Le: A Neural Conversational Model, Deep Learning Workshop, 32nd International Conference on Machine Learning (ICML 2015). July, 2015, Lille, France (2015).
- [稲葉 16] 稲葉 通将, 大島 菜央実, 高橋 健一, 鳥海 不二夫: 雑談ばかりしていると殺される? 人狼ゲームにおける発話行為タグセットの提案とプレイヤーの行動・勝敗の分析, 情報処理学会論文誌 Vol.57, No.11, pp. 2392-2402 (2016).
- [大澤 13] 大澤 博隆: コミュニケーションゲーム「人狼」におけるエージェント同士の会話プロトコルのモデル化, HAI シンポジウム 2013 (2013).
- [片上 15] 片上 大輔, 鳥海 不二夫, 大澤 博隆, 稲葉 通将, 篠田 孝祐, 松原 仁: 人狼知能プロジェクト, 人工知能, Vol.30, No.1, pp.65-73 (2015).
- [河原 16] 河原 大輔: KNP で付与される feature 一覧, [http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?plugin=attach&refer=KNP&openfile=knp\\_feature.pdf](http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?plugin=attach&refer=KNP&openfile=knp_feature.pdf).
- [笹野 13] 笹野 遼平, 河原 大輔, 黒橋 貞夫, 奥村 学, "構文・述語項構造解析システム KNP の解析の流れと特徴", 言語処理学会第 19 回年次大会発表論文集, pp. 110-113. (2013).
- [佐藤 17] 佐藤理史, HaoriBricks: ブロック玩具に学ぶ日本語文章生成ライブラリ, 言語処理学会 第 23 回年次大会発表論文集, pp. 20-23 (2017).
- [人狼知能プロジェクト 17] 人狼知能プロジェクト: 人狼知能プロトコルの仕様(ver2.01, 2017 年度版), [http://aiwolf.org/control-panel/wp-content/uploads/2014/03/protocol\\_2017-2.pdf](http://aiwolf.org/control-panel/wp-content/uploads/2014/03/protocol_2017-2.pdf).
- [人狼知能プロジェクト 18] 第 4 回人狼知能大会, <http://aiwolf.org/4th-aiwolf-contest>



箕輪 峻 (非会員)

2017 年静岡大学情報学部情報社会学科卒業。2019 年同大学院総合科学技術研究科情報学専攻修士課程修了。同年 4 月、株式会社オプトに入社。現在に至る。



狩野 芳伸 (正会員)

静岡大学情報学部行動情報学科准教授。博士(情報理工学)。2001 年東京大学理学部物理学卒業、2007 年同大学院情報理工学系研究科博士課程単位取得退学。東京大学大学院情報理工学系研究科特任研究員、科学技術振興機構さきがけ研究者等を経て、2014 年より現職。法律文書の処理、質問応答、医療言語処理、論文のテキストマイニングなど自然言語処理技術の応用と、より自然な対話システムの構築に興味を持つ。

[担当委員：東中 竜一郎]

2019 年 5 月 19 日 受理