

会話ゲーム「インサイダーゲーム」の 情報エントロピーを用いたエージェント構築

成清龍之介¹ 三宅陽一郎¹

概要: 本稿では、会話形式で相手の持つ情報を推論する「インサイダーゲーム」についてプレイヤーとしてのエージェントにおける人工知能を扱う。エージェント構築の方法の一つは、知識リストをエージェントに与え、情報エントロピーを計算させることで質問の優先度を決めインサイダーゲームをエージェントにプレイさせることである。「インサイダーゲーム」の協力パートにおいて、お題を変更した場合、また、与える知識リストに変化を持たせた場合に、ゲーム進行にどのような変化が見られるかを実験した。実験により、知識リストに追加する情報エントロピーが多い方が、ゲーム進行をより大きく変化させることを確認できた。

キーワード: 会話ゲーム 情報エントロピー エージェント 知識リスト

Constructing Agents of Dialogue game “INSIDER” by using Information Entropy

RYUNOSUKE NARIKIYO^{†1} YOUICHIRO MIYAKE^{†1}

Abstract: In this paper, we deal with Artificial Intelligence in agents as players in "INSIDER", which is Dialogue game players reason about information other player have. One way to construct agents is to give the agents knowledge lists and let them play "INSIDER" by determining the priority of questions by calculating Information Entropy. In the "Cooperative Part" of the "INSIDER," we test how the game progress when the subject is changed and when the knowledge list given is varied. The experiments confirm that the more Information Entropy added to the knowledge list, the greater the change in game progression.

Keywords: Dialogue game, Information Entropy, agents, knowledge list

1. はじめに

本稿では、会話形式で相手の持つ情報を推論する「インサイダーゲーム」を、情報エントロピーの計算によりプレイする人工知能エージェントの構築を目的とする。ゲームをプレイする人工知能をエージェントと呼ぶこととする。第2, 3章でインサイダーゲームのゲーム特徴と、研究背景について説明を行う。第4, 5章で研究の目的や研究成果について報告し、第6章で結論と今後の展望について説明を行う。

インサイダーゲームは、株式会社オインクゲームズが発行している、会話と推理を組み合わせた不完全情報ゲームである。協力パート、対決パートの2つのパートがあり、それぞれのパートで求められる能力が異なる。協力パートでは、お題が何であるかを考察する論理的思考、直観的な見当付け、自身がインサイダー役であると疑われない質問をする判断力が挙げられる。対決パートでは、誰がインサイダー役であるかを考察する論理的思考と、自分がインサイダー役でないことを弁明する能力が挙げられる。2つのパートで共に論理的思考が必要となってくるが、協力パートでは回答の機会が多いため試行錯誤できる一方、対決パ

ートでは1回の回答で正解を当てなければいけない為、プレイヤーの置かれている状況が少し異なる。本稿では、このインサイダーゲームの中でも特に協力パートの論理的思考についての研究について述べ、構築したエージェントによるゲーム結果を報告する。

本ゲームで求められる論理的思考を人工知能が行えるようになると、本ゲーム以外でも、社会全体に役立つと期待が持てる。たとえば、使用者が不具合内容や原因をよく理解していない場合でも、トラブルシューティングのコンシェルジュとして活躍できる、などである。

2. インサイダーゲームのゲーム特徴

インサイダーゲームは、4~8人で行う。その中から、ゲームマスター1人と、インサイダー1人、残りを庶民として役割を割り振る。ゲームマスター役は全員が把握するが、インサイダー役が誰であるかは他者に秘匿される。

このゲームは協力パートと対決パートに分かれる。まず協力パートでは、庶民とインサイダーが、ゲームマスターに対し「それは果物か?」「それは朝使うものか?」など、「はい」か「いいえ」で答えられるクローズドクエスチョ

¹ 立教大学大学院人工知能科学研究科
Graduate School of Artificial Intelligence and Science, Rikkyo University

ンを行いながら、ゲームマスターが設定したお題の正解を目指す。5分の制限時間内に正解に辿り着けなかった場合、ゲームマスターを含め全員が敗北となる。

次に対決パートでは、誰がインサイダー役かを、協力パートでの発言内容を元にゲームマスターも含めて全員で議論し、最後に投票する。本稿ではインサイダー役だと思われるプレイヤーを一斉に投票し、多数決で指名する方式を採用する。指名が正しければ庶民とゲームマスターの勝利、誤っていればインサイダーの勝利となる。

インサイダーは、このゲームの中で唯一全員の職業を把握し、ゲームマスターが設定したお題も知ることができる。協力パートにおいてゲームマスターは受け身の立ち位置である為、お題のヒントを与えプレイヤーの進行を補助するのはインサイダーの役割となる。しかし対決パートでは一転し、自分に疑いの目が向かないようプレイヤーの推理を妨害する必要がある。

3. 研究背景

本章では、インサイダーゲームと同じく不完全情報ゲームである「人狼ゲーム」のゲーム上の特性と進められてきた研究内容をインサイダーゲームと比較しつつ、インサイダーゲーム研究の今後の発展の方向を示す。

人狼ゲームは、他者との会話の中で時に自身の役職を偽りながら、他者の役職を推理し、自身の陣営を勝利に導くゲームである。人工知能への思考面での実装では、「プレイヤーが持つ情報の非対称性、信頼を得る説得・協調行動、嘘を見抜く推論」が解決すべき課題として挙げられている[1]。主な役職は、市民、占い師、人狼が挙げられ、市民以外は自分の陣営を有利にできる特殊能力を持つ。ゲーム開始後は、プレイヤーは自身の役職をCO（宣言）するかどうか、または偽の役職をCOするかを考える他、他者のCOの真偽を考え、行動を起こして他者に影響を与えていく。朝行動と夜行動を繰り返す毎にプレイヤーが徐々に減っていき、残されたメンバーで役職の内訳を推理していく。推理するのは各プレイヤーの役職だけであるが、他者から与えられた情報が必ず真であるという確証がないのが特徴である。研究促進のため、人狼知能プロジェクトや人狼知能大会が存在し、高度なエージェントの構築だけでなく、自然言語分野で人間と対等にコミュニケーションを取れるエージェントの構築がなされている[2][3]。特に自然言語部門では、エージェントの勝率よりも、「人間に近い対話ができるか、会話が噛み合っているか、騙したり見破ったり説得したりできるか」といった発話の内容が重要となっている[1]。

一方インサイダーゲームでは、秘匿された情報はプレイヤーの役職とゲームマスターが設定したお題が存在し、インサイダー役が自分を庶民役と偽る以外に、会話に嘘は含

まれない。その為、エージェントは論理的思考が取りやすく、ゲーム内で人間が行う論理的思考をエージェントに与え、ゲームの一連の流れをコンピュータ上で再現する研究が初期段階としてなされてきた。その研究の中で成清らは、協力パートでエージェントがお題を設定、推理するためにエージェントにマトリクス形式で知識を与え、情報エントロピーを計算することで質問する内容を判断させるアルゴリズムを用いてきた[4]。

4. 研究目的

本稿では、インサイダーゲームに関する既存の研究と同様にエージェントにマトリクス形式で知識を与え、ゲームマスターのお題を変えた場合、さらにエージェントに与える知識を増やした場合にゲーム進行がどのように変化するか検証を行い、同時にエージェントの思考の設計を検証する。特に知識リストやお題の変化がゲーム全体の進行を変化させることを、情報エントロピーを通して観測する。このような知識リストとお題の変化によって、ゲーム進行やエージェントの思考が変化することを検証することで、インサイダーゲームの構造を明らかにでき、またそれに伴う人間の思考を細かく追究することができる。また、知識リストやお題の変化が、どのようにエージェントの思考に影響を与えるか確認ことができる。これは、インサイダーゲームが持つ複数のゲーム要素を細かく分解した時、どの要素がどのように人間の思考に影響を及ぼしゲーム内容を変化させるのかを数値表現し、会話ゲームをコンピュータゲームでプレイさせる意味で重要なことである。

そのため3つの実験を行う。実験1は、[4]で行われた実験で使用された名前30個、属性25個の知識リストを用いて、お題を「リンゴ」から「ハサミ」に変更し、他の条件は変更せずにエージェントにプレイさせたものである。この実験の目的は2つある。1つ目は、お題を変更した時にインサイダー役のエージェントはそれを認識し、的確に対応できているのか、という点を確認することである。2つ目は、お題以外の条件を一定にしてシミュレーションした時、正解に至るまでの質問回数にどの程度変化が見られるのかを確認することである。この実験を行うことで、今後ゲームの協力パートを複雑化させる時に、知識リストにどのような情報を追加すると質問回数を効率的に増やせるかを判断する土台となる。また[4]では、インサイダーゲームにおける人間の思考を解析し、一連の流れをエージェントに再現させることを目的としていた。インサイダー役がお題を認識していることが確認できると、論理的思考をとっているインサイダー役のエージェントに、今後庶民エージェントをサポートさせる、といった別の思考を持たせられると言える。

実験2は、実験1で使用した知識リストに、分野の異な

る知識を追加し、シミュレーションしたものである。ここで、分野の異なる知識を追加するとは、本稿では「リンゴ」や「バナナ」等「果物」の分野だけの知識に対し、「車」等「乗り物」の分野の知識を追加することを意味する。この実験2の目的は、異なる分野の知識を追加した場合のお題ごとの情報エントロピーの推移を確認することである。

実験3は、実験1で使用した知識リストに、分野の同じ知識を追加し、シミュレーションしたものである。ここで、分野の同じ知識を追加するとは、本稿では「リンゴ」や「バナナ」等「果物」の分野だけの知識に対し、「みかん」という新たな「果物」の分野の知識を追加することを意味する。実験3の目的は、同じ分野の知識を追加した場合のお題ごとの情報エントロピーの推移を確認することである。

この3つの実験から、本ゲームにおけるエージェントの持つ知識量と質が、ゲームの展開にどのような変化をもたらすかを検証する。

5. シミュレーション内容

5.1 過去の研究内容

成清らは [4]において、表1のような名前30個、属性25個の知識リストを作成し、エージェントに与えた。この知識リストを基に、お題を「リンゴ」に設定して庶民エージェント先行で協力パートをシミュレーションしたゲーム進行過程が図1である。

表1 エージェントに与える知識リスト（一部抜粋）
[4]より引用

	鳥	海にいる	人間	道具	プラスチック	金属	丸い	足がある	学校に関係ある
コーラ	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
サイ	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
虎	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
鷹	J1	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
ハサミ	JO	K0	L0	M1	N1	O1	P0	Q0	R1
シャーペン	JO	K0	L0	M1	N1	O0	P0	Q0	R1
鉛筆	JO	K0	L0	M1	N0	O0	P0	Q0	R1
消しゴム	JO	K0	L0	M1	N1	O0	P0	Q0	R1
パソコン	JO	K0	L0	M1	N0	O1	P0	Q0	R1
本	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R1
風船	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
DVD	JO	K0	L0	M1	N0	O0	P1	Q0	R1
医者	JO	K0	L1	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
教師	JO	K0	L1	M0	N0	O0	P0	Q1	R1
トランプ	JO	K0	L0	M1	N1	O0	P0	Q0	R0
警察官	JO	K0	L1	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
ステッキ	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
温泉	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
机	JO	K0	L0	M0	N0	O1	P0	Q1	R1
寿司	JO	K0	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
イルカ	JO	K1	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0
ペンギン	J1	K1	L0	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
カメ	JO	K1	L0	M0	N0	O0	P0	Q1	R0
マグロ	JO	K1	L0	M0	N0	O0	P0	Q0	R0

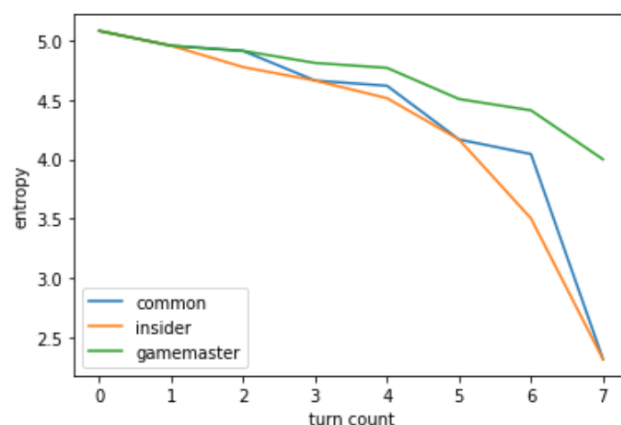


図1 庶民先行で質問したシミュレーション結果
[4]より引用

表1の知識リストは、行をエージェントが知っている物の名前、列を物の属性としており、行と列が交差する箇所に、属性の有無を入力している。属性の有無は質問に対するゲームマスターの答えにもなり、属性を持っている場合、つまり末尾が「1」なら、質問の答えが「はい」になる。属性ごとの「0」、「1」を区別する為、「A0」や、「B1」というように属性毎に異なるアルファベットを先頭に付与している。これは情報エントロピーを計算する際に、「それは食べ物か？」に対する「はい」、「いいえ」と、「それはプラスチックか？」に対する「はい」、「いいえ」を区別する必要があるからである。

図1では、正解に辿り着くまでの貢献度、正解までの距離感を、情報エントロピーを用いて表現している。情報エントロピーは、知識リストの中での回答の発生確率から算出している。情報エントロピーが高いことは、知識リストが複数の回答パターンを持っている、つまりより答えを絞り切れていないことを表している。

知識の体系的な表現としては、他にオントロジーが存在する。オントロジーでは、複数の知識を1つの概念軸の中でまとめ、例えば「食べ物」と「果物」のように2つの知識に関連性があればその中で上位、下位を序列付けることができる。しかし、例えば「果物」と「赤い」のように2つの概念に上位、下位の関係が存在しない場合、知識が分岐するが、その2つがどの階層に位置するか、明確に定義づけることができない。階層を用いて表現できないと、エージェントに質問の優先順位を与えられず、論理的思考を取らせられない為、オントロジーを用いた知識表現は本稿では扱わない。表1のように知識リストで表現した場合、概念の序列付けはできないが、知識リスト全体の情報エントロピーが0になることは、選択肢を1つまで絞り切れていることを意味する為、ゲームの進捗状況を数値化することが可能となる。

庶民エージェントの思考は、庶民はお題を知り得ないので、質問ごとの情報エントロピーを算出し、その中で最適

なものを選ぶアルゴリズムとして構築した。

一方インサイダーエージェントの思考は、インサイダー自身はお題を知っている為、情報エントロピーが最も減らない質問が何であるかを検討することができる。従って、各属性の質問に対し、ゲームマスターの返答によってどれだけ情報エントロピーが削減されるかを計算し、削減後の情報エントロピーが最大となる質問をするアルゴリズムとして構築した。

2つのエージェントは共に、質問した後自身の持つ知識リストから、選択した属性の削除、ゲームマスターの返答と異なった属性を持っていた名前リストの削除を行う事とした。

図1の横軸は質問回数（ターン数）を、縦軸は情報エントロピー量を表す。本稿では全て庶民エージェントに質問を先行させている為、知識リストを与えた状態をターン0とし、庶民エージェントが最初に質問を行ったターンを1、次に質問者を交代し、インサイダーエージェントが質問を行ったターンを2とし、以後質問者を交代しながらゲームを進めている。各質問の時点で各エージェントが持っている情報エントロピー量を縦軸に取り、ゲーム進行によるエージェント毎のエントロピー量の推移を表したものが図1のグラフとなる。グラフの青線は庶民エージェントを、オレンジ線はインサイダーエージェントを、緑線はゲームマスターエージェントを表している。

プレイの過程でエージェントの知識リストを削除していく中で、ある属性が持つ内容が全て「1」または「0」になった場合、その質問を行った時に得られる情報量は0であるため、質問するエージェントは自分の手番が来た時にその属性を質問することなく削除する。しかし、ゲームマスターは自分の質問ターンは回ってこない為、不要な属性の削除は行わない。そのため、ゲームマスターの情報エントロピー量は、庶民、インサイダーよりも高くなっている。ゲームマスターの情報エントロピー量は、協力パート時点では不要であるが、対決パートでどのエージェントがインサイダー役であるか推理する際に必要となる。

5.2 実験1：お題を変更した場合

ゲームマスターが2つのゲームでそれぞれお題を変えた場合に、それぞれのゲームにおいてエージェントが正解に辿り着くまでにどのように情報エントロピーが推移していくかを実験した。お題を「ハサミ」として、他の条件を図1のシミュレーションから変えずに実験を行った。その結果が図2である。

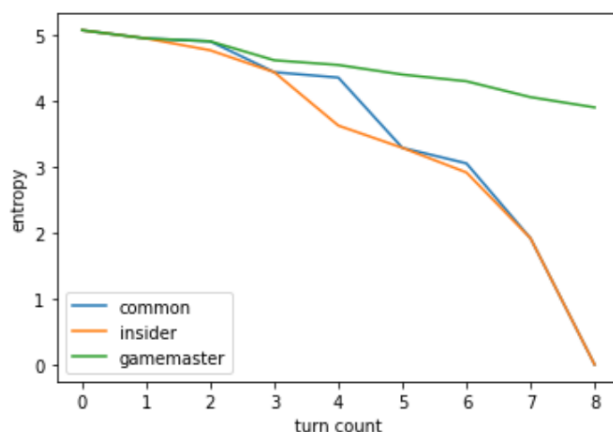


図2 お題を「ハサミ」に変えたシミュレーション結果

このように、お題を「リンゴ」から「ハサミ」に変えることで、異なるシミュレーション結果を得た。このことから、構築したインサイダーエージェントは、お題によらず一定の質問をしているわけではなく、お題を認識した上で自身にとって優位な効果を持つ質問ができていると言える。ゲーム過程で、インサイダーの情報エントロピーは庶民よりも下回る傾向にあった。これは、その時のインサイダーの質問が、質問した属性以外の属性にそれが持つ内容が全て「1」または「0」になるものを作るものであり、その質問内容以外に得られる情報があることを意味している。

5.3 実験2：全く別の知識を追加した場合

表1の知識リスト行に、全く異なる性質をもつ「クリスマス」を追加した。また、知識リスト内の全ての要素を論理的に1つまで絞り込む為、列に「飲み物」を追加した。

表2 知識リストへの「クリスマス」の追加
(一部抜粋)

	病気に関係ある	筆記用具	あったかい	ゴム製	飲み物
コーラ	T0	U0	V0	W0	X1
サイ	T0	U0	V1	W0	X0
虎	T0	U0	V1	W0	X0
鷹	T0	U0	V1	W0	X0
ハサミ	T0	U0	V0	W0	X0
シャーペン	T0	U1	V0	W0	X0
鉛筆	T0	U1	V0	W0	X0
消しゴム	T0	U1	V0	W1	X0
パソコン	T0	U0	V0	W0	X0
本	T0	U0	V0	W0	X0
風船	T0	U0	V0	W1	X0
DVD	T0	U0	V0	W0	X0
医者	T1	U0	V1	W0	X0
教師	T0	U0	V1	W0	X0
トランプ	T0	U0	V0	W0	X0
警察官	T0	U0	V1	W0	X0
ステッキ	T0	U0	V1	W0	X0
温泉	T1	U0	V1	W0	X0
机	T0	U0	V0	W0	X0
寿司	T0	U0	V0	W0	X0
イルカ	T0	U0	V1	W0	X0
ペンギン	T0	U0	V1	W0	X0
カメ	T0	U0	V1	W0	X0
マグロ	T0	U0	V0	W0	X0
クリスマス	T0	U0	V0	W0	X0

表2の知識リストを各エージェントに与え、お題を「リ

ンゴ」にして、庶民先行でプレイさせた結果を図3, 4にお題を「クリスマス」にしてプレイさせた結果を図5に示す。

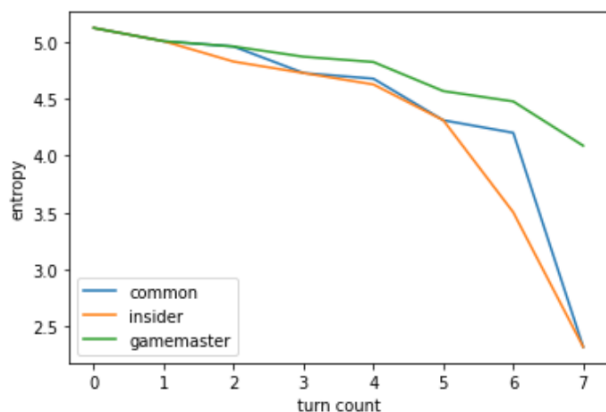


図3 表2リスト, お題「リング」でのシミュレーション結果1

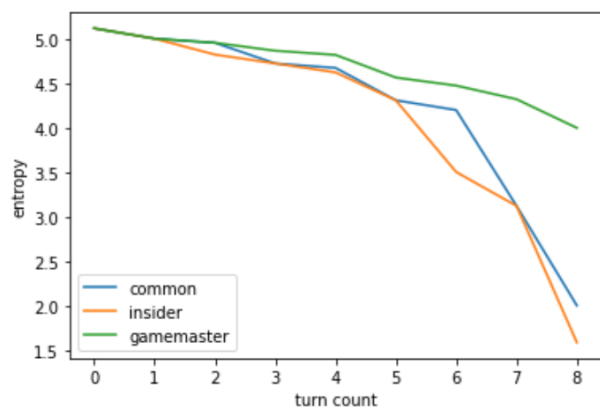


図4 表2リスト, お題「リング」でのシミュレーション結果2

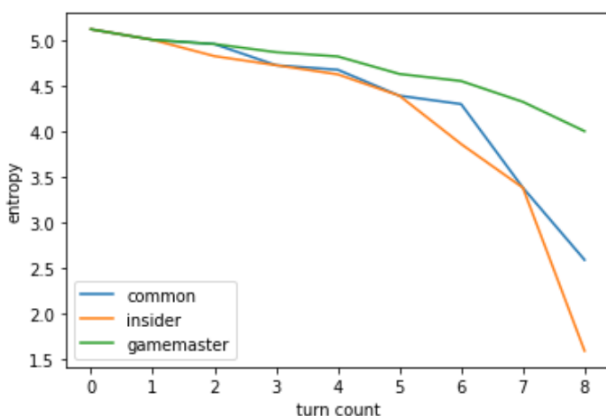


図5 表2リスト, お題「クリスマス」でのシミュレーション結果

質問の際、エージェントから見た情報エントロピーが等しければ質問はランダムで行う様になっている為、お題を

「リング」に設定した場合のシミュレーション結果を複数得ることができ、図1の情報エントロピー推移とも異なる結果を得られた。また質問次第で、正解に至るまでに必要な質問の回数が増えることも確認できた。

5.4 実験3: 似ている知識を追加した場合

次に、お題「リング」と近い内容の知識として、表1の知識リスト行に「みかん」を追加した。「みかん」を追加しても、表1の属性25個のみで全ての要素が論理的に1つに絞り込める為、実験2と異なり属性の追加はしていない。

表3 知識リストへの「みかん」の追加 (一部抜粋)

	学校に関係ある	犯罪に関係ある	病気に関係ある	筆記用具	あったかい	ゴム製
虎	R0	S0	T0	U0	V1	W0
鷹	R0	S0	T0	U0	V1	W0
ハサミ	R1	S0	T0	U0	V0	W0
シャーペン	R1	S0	T0	U1	V0	W0
鉛筆	R1	S0	T0	U1	V0	W0
消しゴム	R1	S0	T0	U1	V0	W1
パソコン	R1	S0	T0	U0	V0	W0
本	R1	S0	T0	U0	V0	W0
風船	R0	S0	T0	U0	V0	W1
DVD	R1	S0	T0	U0	V0	W0
医者	R0	S0	T1	U0	V1	W0
教師	R1	S0	T0	U0	V1	W0
トランプ	R0	S0	T0	U0	V0	W0
警察官	R0	S1	T0	U0	V1	W0
ステーキ	R0	S0	T0	U0	V1	W0
温泉	R0	S0	T1	U0	V1	W0
机	R1	S0	T0	U0	V0	W0
寿司	R0	S0	T0	U0	V0	W0
イルカ	R0	S0	T0	U0	V1	W0
ペンギン	R0	S0	T0	U0	V1	W0
カメ	R0	S0	T0	U0	V1	W0
マグロ	R0	S0	T0	U0	V0	W0
みかん	R0	S0	T0	U0	V0	W0

表3の知識リストを各エージェントに与え、お題を「リング」にして、庶民先行でプレイさせた結果を図6, 7にお題を「みかん」にしてプレイさせた結果を図8, 9に示す。

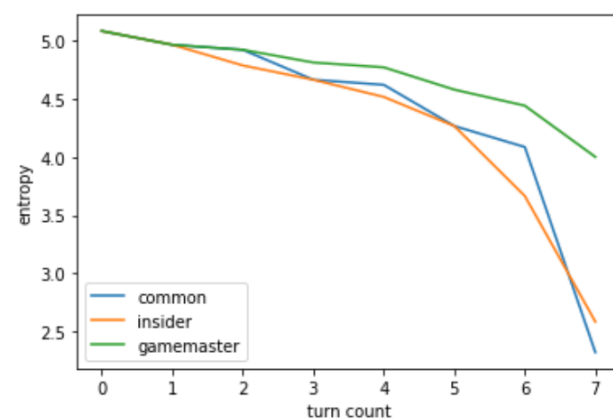


図6 表3リスト, お題「リング」でのシミュレーション結果1

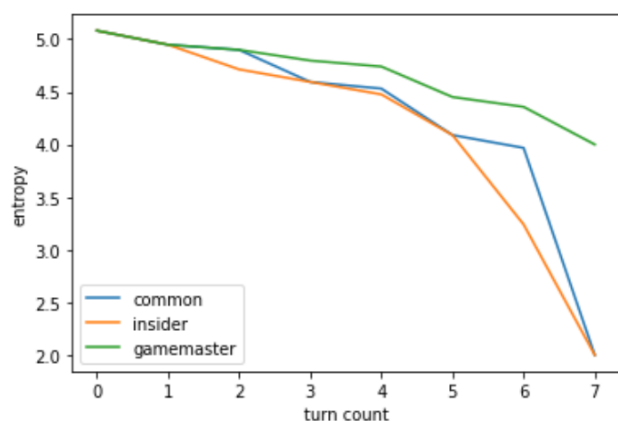


図7 表3リスト, お題「リンゴ」でのシミュレーション
結果2

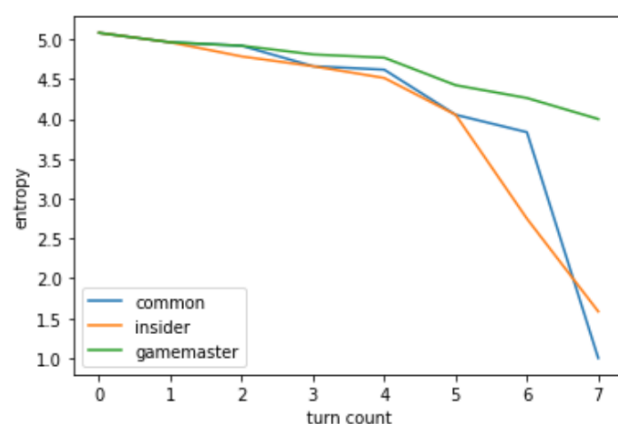


図8 表3リスト, お題「みかん」でのシミュレーション
結果1

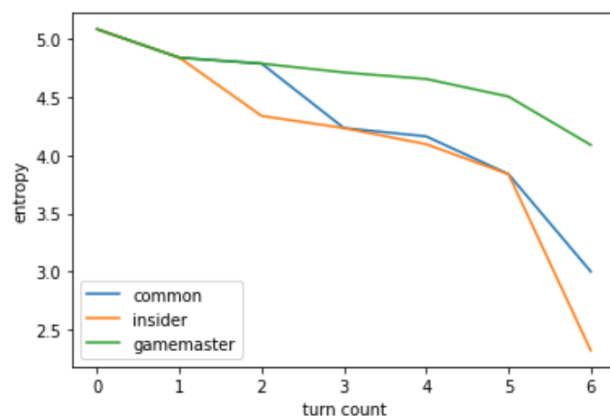


図9 表3リスト, お題「みかん」でのシミュレーション
結果2

この結果から、似た内容の知識を増やすことでも、ゲーム推移を変化させるが確認できた。しかし、今回の実験では、似た内容の知識を増やした場合に正解に至るまでの質問回数が増える結果を得ることはできなかった。また、お題を「みかん」にした場合、正解に至るまでの質問回数が、

お題が「リンゴ」の時以下になる結果を得ることができた。

表3において、「リンゴ」と「みかん」の違いは、「赤い」という属性を持っているかどうかだけである。しかし、この属性1つの差が、正解までの質問回数に関わってくることが分かった。

6. 結論と展望

6.1 本実験の結論

本稿では、インサイダーゲームに役職毎に合理的な行動を取る AI エージェントを実装し、ゲームシミュレーションを行なった。シミュレーションでは、同条件でお題のみを変えても回答に至るまでの質問回数に大きな差はないことが確認された。しかし、今までにない分野の知識をエージェントに追加で与えると、お題を変えずともゲーム進行に変化が見られるだけでなく、正解に至るまでの質問回数が増加することも確認された。また、既存の分野の知識を増やしても、ゲーム進行に変化を確認できた。

この結果から、情報エントロピーを用いてエージェントにゲームをプレイさせる場合、知識に微弱な内容を追加するだけで、ゲーム内容を変えることができると言える。表2の各エージェントの情報エントロピー初期値が約5.1209、表3の各エージェントの情報エントロピー初期値が約5.0817であったことから、エージェントに与えた情報量が多いほど、結果に変化が見られると言える。実験2の結果である図3と、実験3の結果である図7は、ほぼ同一の情報エントロピーの推移となっている。しかし、上記の通り各エージェントの情報エントロピー初期値が異なる他、質問内容も一部が異なっていた。具体的には、表4の通りである。

表4 2つの実験におけるエージェントの質問内容

	実験2 図3	実験3 図7
質問1	暖かい	動物
質問2	足がある	足がある
質問3	学校に関係ある	学校に関係ある
質問4	野菜	野菜
質問5	食べ物	食べ物
質問6	黄色	黄色
質問7	果物	丸い

どちらの実験も庶民エージェントが先行して質問を行ったため、表4より、庶民エージェントは最初の質問から、行った質問が異なることになる。しかし、次に質問したイ

インサイダーエージェントは、庶民エージェントの質問によらず「それは足があるか？」と質問している。どちらの内容もお題を「リンゴ」としたシミュレーション結果であるため、ゲームマスターエージェントはどちらのシミュレーションでも質問1に対して「いいえ」と答えている。即ち、インサイダーエージェントは図3の場合では「それは暖かくないが、足があるか？」を、図7の場合では「それは動物ではないが、足があるか？」を質問したことになる。この行為は、知識リストの中でその属性に該当する「机」を選択肢から除外するための質問となるが、人間がプレイする場合は見られない質問順序である。なお、インサイダーエージェントは、自身の質問による情報エントロピーの減少量が最小となる質問を行う。この場合、「それは足があるか？」を質問し、「机」を除外することが最もエージェントが得をする行動であった。質問内容を実態に則する際は、インサイダー役のエージェント思考を、情報エントロピーを用いるだけではなく、例えば知識ベクトルを用いて、庶民エージェントの行った質問内容に近いベクトルの質問を行わせることが必要となる。

また質問内容は、6回目までは同一の内容が続くが、7回目の質問、つまりこの質問で「リンゴ」一択までエージェントは絞り込めていることになるが、この質問の内容にも違いが見られた。これは、実験2と実験3で追加した知識の差が現れた点である。

このような結果から、インサイダーゲームは、より多くの分野の知識をエージェントに与えた方が、協力パートでの推理を複雑にし、ゲームの難易度を上げることができると言える。またプレイするエージェントは、自身の役職が勝利することを念頭におき、論理的にゲームを進めると、人間のプレイ時には起こり得ない挙動を取ることが結論付けられる。

6.2 展望

本稿のエージェントは、論理的思考でゲームをプレイしているが、実際に人間がプレイする場合は、特に庶民プレイヤーはある程度情報が絞れてきたら正解を見当付けて質問したり、とりあえず思いついたものを質問したりと、ゲーム進行は終始合理的に進むわけではない。ここで言う見当付けとは、協力パートにおいてある程度お題の分野を特定して推理するという意味である。例えば、ゲーム序盤に、情報エントロピーに関係なく「食べ物であるか？」をゲームマスターに質問し、お題の分野を特定、またはお題の分野の選択肢から1つを除外する、ということである。これは、思いついたものをひとまず質問してみる、という本ゲームにおける人間のプレイにおいても見られる行為である。さらに、知識リストのものの名前が「リンゴ」、「バナナ」、「トマト」、「キュウリ」、「車」まで絞られたとして、ゲームマスターに質問せずにお題候補から「車」を除き、残り

4択から考えること、も見当付けをする行為として扱う。以上のように、本ゲームにおける見当付け行為は、様々な場面で出現する。本稿で扱ってきた論理的思考がゲームに対する演繹的アプローチであるのに対し、見当付けをする行為は帰納的アプローチと言える。特に人間が本ゲームを遊ぶ場合は、膨大な知識を本稿のようにリスト化して最初から演繹的アプローチを取るわけではなく、知識体系と過去のゲーム経験から、帰納的アプローチを取る場合が多い。今後研究を進めていく上で、知識リストを拡張するだけでなく、見当付けをする思考アルゴリズムを構築することで、より実態に即したゲーム進行を観測できる期待が持てる。また、お題を知っているインサイダー役は、この帰納的アプローチを取らない。この差が、人間がプレイする時に、対決パートでインサイダー役を推理する判断材料となる。従って、庶民役のエージェントが見当付けを行えるようになると、対決パートのエージェント思考も拡張できると言える。

見当付けをする行為は、インサイダーゲームに限らず、人狼ゲームやジグソーパズルの組み立て多肢選択問題等、人間は日常生活の様々な場面で行っており、見当付けのAIを実装した場合、広く社会で活躍されるはずである。

また、各属性の有無を基に、エージェントにオントロジーを自動構築させることにも期待が持てる。本稿で扱っているマトリクス形式の知識リストを基にオントロジーが構築されると、エージェントの質問選択時に情報エントロピー以外の判断材料が生まれ、より実際のゲームに即したプレイが可能になる。特定の属性が、どの程度の下位概念を含んでいるかもエージェントが認識できるようになるため、見当付け思考にも影響を及ぼすことができる。さらに、情報エントロピーとオントロジーを組み合わせた知識構造が確立できれば、与えた知識がどの程度の分野に分岐しているのか認識することができただけでなく、分岐している知識を、情報エントロピーにより階層分けし、オントロジーを概念の上下の序列だけでなく、横方向で比べる見ることが可能になると言える。6.1では、より多くの分野の知識が、ゲームの難易度を上げると結論づけたが、ここで言う多くの分野とは、知識をオントロジーとして見たときの、上位層の知識ということになる。

参考文献

- [1] 狩野芳伸, 大槻恭士, 園田亜斗夢, 中田洋平, 箕輪峻, 島海不二夫 (著), 人狼知能プロジェクト (監修) 人狼知能で学ぶ AI プログラミング 欺瞞・推理・会話で不完全情報ゲームを戦う人工知能の作り方, マイナビ (2017).
- [2] 箕輪峻, 滝波秋穂, 小川ちひろ, 三原直樹, 真木裕子, 柴淳, 狩野芳伸 プロトコルを用いた意味理解による人狼知能の自然言語エージェント SIG-SLUD-B508-18(2017)
- [3] 稲葉通将 ユーザに上手に説得される人狼知能対話システムの構築

- SIG-SLUD-B902-02(2019)
- [4] 成清龍之介, 三宅陽一郎
会話ゲーム「インサイダーゲーム」の情報エントロピーを用いたエージェント思考解析 Vol.2021-GI-46 No.17(2021)
 - [5] C.E. SHANNON
A Mathematical Theory of Communication (1948)
 - [6] 内海彰, 堀浩一, 大須賀節雄
自然言語処理のための形容詞の意味表現 人工知能学会誌 Vol.8 No.2 pp.54-62 (1992)
 - [7] 溝口理一郎
オントロジー研究の基礎と応用 人工知能学会誌 Vol.14 No.6 pp.45-56(1999)
 - [8] 月刊総務オンライン. 「コミュニケーションの成立条件」.
<https://www.g-soumu.com/dictionary/2013/02/post-15.php>, (参照 2021-10-12)
 - [9] Qiita. 「Python で 0 からディビジョンツリーを作って理解する (5.情報エントロピー編)」.
<https://qiita.com/toyohisa/items/eb5bfd2e08e580d99690>, (参照 2021-10-12)