

視線行動と発話に着目した ブラフを用いるボードゲームプレイヤーの行動理解

四竈 晴信^{1,a)} 角 康之^{1,b)}

概要:本研究は、対面型ボードゲーム「スコットランドヤード」を対象として、人を欺こうとするプレイヤーの行動を、視線行動と発話行動の両面から分析することを目的とする。複数人でプレイする不完全情報ゲームでは、発話による情報操作に加えて、視線や注意の向け方といった非言語行動も、戦略的に用いられる可能性がある。

本研究では、怪盗と複数の警察が対立するゲーム構造に着目し、プレイ中の参加者に視線計測装置を装着して、視線データと音声と同時に収集した。得られたデータをもとに、ゲーム進行を局面に分割した上で、怪盗プレイヤーの発話量、ブラフ的発話の出現、および視線分布やその時間的推移を分析した。

その結果、怪盗の欺き行動は、発話あるいは視線のいずれか一方に固定されたものではなく、ゲームの局面に応じて、発話と視線を使い分け、あるいは組み合わせることで現れている可能性が示唆された。本研究は、対面ゲームにおける欺き行動を、発話と視線の組み合わせとして捉える可能性を示した。

1. はじめに

近年、アナログボードゲームにおけるプレイヤー間のコミュニケーションを対象とした研究が、教育的・社会的相互作用の理解という観点から注目されている。複数人が対面でプレイするボードゲームでは、発話だけでなく視線やジェスチャといった非言語行動が戦略的に用いられ、ゲームの進行や結果に影響を与える。特に、不完全情報ゲームにおいては、他者を誤誘導するための「ブラフ」が重要な戦術となる。ここで本研究におけるブラフとは、状況判断に影響させる意図で、事実と異なる示唆や曖昧化を行う行為（発話・視線を含む）を指す。

ブラフに関する研究は、ポーカーなどを対象とした数理的・理論的分析が多く、ブラフの投入頻度や成功条件が議論されてきた。一方、対面状況における実際のプレイ中の振る舞いに着目し、発話や視線といった観測可能な行動からブラフを分析した研究は限られている。特に視線は、意思や注意の手がかりとして利用される一方で、意図的に操作することで相手の推測を揺さぶる手段にもなり得ることが示されている。しかし、これらの知見は視線や発話を個別に扱うものが多く、対面ゲームにおいて両者がどのように組み合わせられ、ゲームの局面に応じてどのように機能しているかについては整理されていない。

本研究では、ボードゲーム「スコットランドヤード」を題材に、対面プレイ中の視線と発話を同時に計測し、怪盗プレイヤーが用いる欺き行動を分析する。スコットランドヤードは、怪盗と複数の警察プレイヤーが対立する不完全情報ゲームであり、協力と対立が同時に生じるコミュニケーション構造を持つ。この特性により、発話による情報操作や、視線を用いた誤誘導が戦略として現れやすいと考えられる。

そこで本研究では、怪盗の位置が公開されるタイミングに基づいてゲームを複数の局面に分割し、各局面における視線行動と発話内容の特徴を比較する。視線ヒートマップの分布や注視位置の偏り、発話中に占めるブラフの割合といった指標を用いることで、発話あるいは視線といった単一の行動に還元して捉えるのではなく、ゲームの局面に応じてそれらがどのように使い分けられ、あるいは組み合わせられているのか明らかにする。

2. 関連研究

対面型ゲームにおけるプレイヤー間インタラクションの理解は、協調や対立、誤誘導といった社会的行動を分析する上で重要である。特に、不完全情報ゲームでは、発話や視線を用いたブラフが戦術として機能する。

これまでにも、ボードゲームを対象としてプレイヤーの行動を定量的に分析する研究が行われてきた。例えば長嶺ら [1] は、「スコットランドヤード」において視線や発話な

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} h-shikama@sumilab.org

^{b)} sumi@acm.org

ど複数の行動指標を同時に計測し、ゲーム進行に伴うプレイヤー行動の変化を示した。一方、ブラフに関する研究は、ポーカーを対象とした理論的・数理的分析が中心であり、状況に応じてブラフが動的に用いられることが示されている [2]。

また、視線行動に関する研究では、視線が意図推定の手がかりとなるだけでなく、誤誘導の手段としても機能していることが報告されている [3], [4]。しかし、これらの研究の多くはオンライン環境や視線単独の効果に焦点を当てており、対面プレイにおいて発話と視線がどのように組み合わせられるかについては十分に検討されていない。

本研究は、対面型の「スコットランドヤード」を対象に、視線と発話を同一の時間軸・局面構造の中で分析することで、怪盗プレイヤーの欺き行動の特徴を明らかにすることを目的とする。

3. 手法

3.1 データ収集

本研究では、対面型ボードゲーム「スコットランドヤード」を4名でプレイし、各参加者にPupil Labs社製の視線計測装置（Pupil Neon）を装着して、プレイ中の視線と音声と同時に記録した。実験時の計測環境およびプレイの様子を図1に示す。短時間で複数セッションを収集しつつ、ブラフを含む戦略的インタラクションが継続的に起こる状況を作るため、本家ルールから一部を簡略化した設定で実験を実施した。



図1 Pupil Neonを装着してスコットランドヤードをプレイする様子

3.2 ゲーム設定とルール変更

スコットランドヤードは、1名の怪盗プレイヤーと複数の警察プレイヤーが対立する不完全情報型のボードゲームである。警察側は協力して怪盗の現在地を推定・包囲するのに対し、怪盗側は自身の位置を隠しながら逃走を続ける。怪盗の位置は一定のターンでのみ公開されるため、それ以外の局面では発話や視線といった行動を通じた誤誘導や情報

操作が戦略として成立する。

使用マップは、長嶺ら [1] が用いた本家マップを縮小したものとし、警察側の人数を5名から4名に変更した。このうち1名の警察プレイヤーは2駒を担当し、同一ターン内に2人分の行動を行う。怪盗の逃げ切り条件は24ターンから16ターンに短縮し、怪盗専用の二倍移動チケットおよびブラックチケットは各1枚ずつ減らした。警察側の移動チケットも、タクシー9枚、バス6枚、地下鉄3枚に削減した。これらの調整により、探索の密度と対峙回数を高め、ブラフや誤誘導が生じやすい局面を増やすことを狙った。

3.3 分析手法

全16ターンのゲーム進行を、怪盗の位置が公開されるターン（3, 8, 13）に基づき、第1-2ターン（1回目位置公開前）、第3-7ターン（1回目位置公開後）、第8-12ターン（2回目位置公開後）、第13-16ターン（3回目位置公開後）の4局面に区分する。各局面について、視線および発話の指標を算出し、比較分析を行う。

視線分析では、各局面ごとに怪盗の視線ヒートマップを作成し、散布度、およびヒートマップ重心と真位置ノードとの距離を算出することで、視線による誤誘導の程度を評価する。

発話分析では、プレイヤー別の発話量割合と累積発話量を算出し、怪盗の発話を、(a) ゲームに関係する真実の発言、(b) ゲームに関係するブラフ、(c) 進行上または無関係な発言に分類する。各分類の割合およびターン別推移を算出し、ブラフの使用傾向を分析する。

さらに、視線による誤誘導は相手はその手がかりを観察できる場合にのみ成立するため、受け手側である警察プレイヤーの注視行動も分析対象とする。

具体的には、警察が怪盗の顔（頭部）を注視している区間と、ボード（地図）を注視している区間を同定し、怪盗がボード上の特定領域（真位置周辺または誤誘導先）を注視しているタイミングとを対応付ける。これにより、怪盗が地図を注視している際に警察が怪盗の顔を見ている割合、およびその後に警察が顔からボードへ視線を遷移させる割合を算出し、視線ブラフが観察可能な状況で生じていたかを検証する。

4. 結果

本研究では、ルール変更前に2セッション、警察人数を5名から4名に変更した設定で4セッション、さらに警察側と怪盗側の移動チケット枚数を調整した設定で2セッションを実施し、計8セッションのデータを収集した。すべてのセッションについて、音声の文字起こしおよび話者分離を完了している。各セッションにおいて、プレイヤー別の発話量割合および時間経過に伴う累積発話量を算出した。

以下では、怪盗の欺き行動が、発話あるいは視線のいずれか一方に固定されたものではなく、ゲーム進行に伴う局面の変化に応じて、異なる行動として現れている可能性に着目し、発話量、視線分布、およびそれらの時間的関係を分析する。

4.1 発話行動の傾向

発話行動に関する分析の結果、怪盗の発話は警察側プレイヤーと比べて全体として少ない傾向にある一方、ゲーム進行に伴って発話の現れ方が変化する様子が確認された。

図2に、各プレイヤーの発話量割合を示す。ここではスピーカー1が怪盗に対応している。多くのセッションにおいて、怪盗の発話量は警察側プレイヤーよりも少ないか、もしくは同程度であり、警察側が全体の会話を主導する傾向が見られる。一方で、発話量のみから怪盗の行動を一様に特徴づけることは難しく、時間的な分布を考慮する必要がある。

そこで図3に、発話データを60秒ごとの時間区間に分割して集計した、怪盗 (Speaker 1) と警察側 (合算) の発話量ヒストグラムを示す。図中の青い点線は、怪盗の位置が公開された時刻を表している。この図から、警察側の発話が時間全体にわたって比較的連続的に分布しているのに対し、怪盗の発話は特定の時間帯に集中して増加する傾向が確認できる。特に、怪盗の位置が公開される直前または直後において、怪盗の発話量が局所的に増加する区間が複数のセッションで見られた。

発話量が一時的に増加した区間における発話内容を確認すると、警察側の位置推定を攪乱するような発言が含まれていた。例えば、ゲーム開始から約22分02秒付近では、怪盗は直前のターンで位置「6」を公開した後に「2」へ移動しているにもかかわらず、警察側の「11ではないか」という推測に対して「10もあるよ」と別の候補を提示している。さらに、「緑 (警察の駒) が10を無難に抑えてくることもどう読むかな?」と問いかけることで、警察側の注意を自身の実際の位置とは異なるノードへ向ける発話を行っていた。

このように、怪盗の発話は常に一定量行われるものではなく、位置公開という局面に合わせて集中的に用いられる傾向がある。これは、発話が恒常的な行動ではなく、状況に応じて投入される戦略的資源として機能している可能性を示唆している。

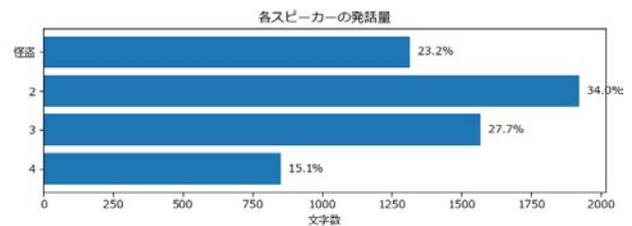


図2 各プレイヤーの発話量割合 (スピーカー1が怪盗)

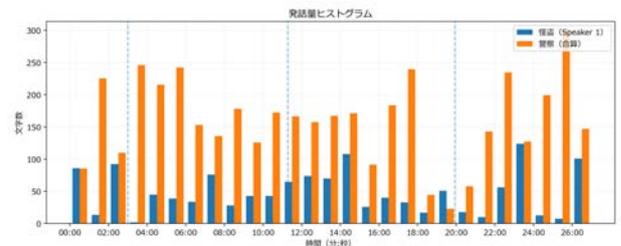


図3 怪盗 (Speaker 1) と警察側 (合算) の発話量ヒストグラム

4.2 視線行動の局面別比較

全セッションについて、怪盗の視線データを用いて各局面 (第1-2ターン, 第3-7ターン, 第8-12ターン, 第13-16ターン) ごとの視線ヒートマップを作成した。なかでも初期局面 (0-3ターン) に着目すると、怪盗が捕捉された時期によって視線分布に違いが見られた。

具体的には、早期に捕捉された怪盗では、自身の真の現在地周辺への視線集中が顕著であり、ヒートマップの分布は局所的であった。一方、長時間逃走した怪盗では、真位置から離れた複数領域への視線分散が確認された。

図4および図5は、初期局面 (0-3ターン) における早期捕捉例と長期逃走例について、怪盗の視線ヒートマップに実際の移動経路を重ねて示したものである。早期捕捉例では視線が移動経路近傍に集中するのに対し、長期逃走例では視線が移動経路から離れた複数領域に分散している。

なお図4には、位置公開前の局面におけるルール誤認による不成立な移動が一部含まれるが、警察は当時点で真位置を把握していないため、本分析への影響は小さいと判断した。

図6と図7に、初期局面 (0-3ターン) における警察側プレイヤー3名分の視線ヒートマップを、早期捕捉例および長期逃走例について示す。黒丸は各警察駒の初期位置を表し、1名が2駒を担当する場合は2か所に示している。

個別に見ると、いずれの例においても警察側の注視は、自身が担当する駒の初期位置周辺や、そこから到達可能な近傍ノードに偏る傾向が見られた。このことから、警察が怪盗の視線情報だけを手がかりに位置推定しているとは限らず、ヒートマップのみから「警察が怪盗の視線を参照していない」と断定することもできない。

そこで本研究では、怪盗の地図注視と警察による怪盗注

視（顔・頭部）との時間的重なりに着目し、視線による誤誘導が成立しうる「観察可能性」を追加で検証した（図8）。



図4 初期局面（0-3ターン）における早期補足例の視線ヒートマップと怪盗の実移動経路。円で囲まれたノードは怪盗の移動位置を示し、数字はターン番号を表す。視線の集中領域が実際の移動経路近傍に位置している様子が確認できる。

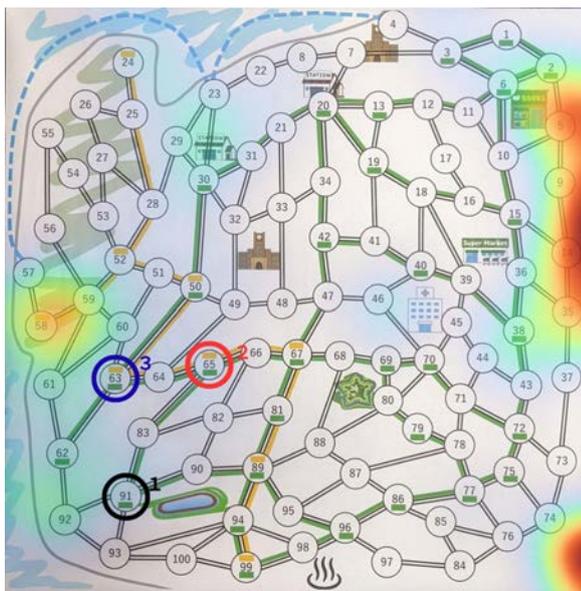
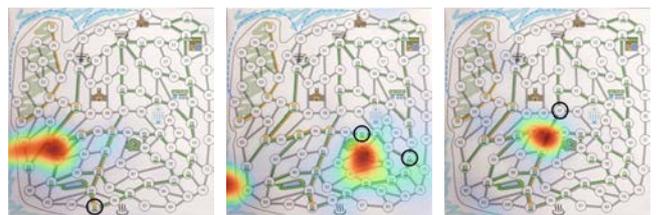
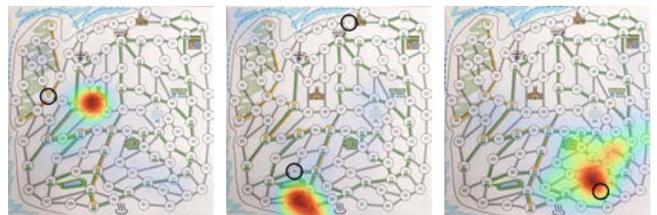


図5 初期局面（0-3ターン）における長期逃走例の視線ヒートマップと怪盗の実移動経路。視線が実際の移動経路から離れた複数の領域に分散しており、移動経路と視線分布の不一致が確認できる。



(a) 警察 A (b) 警察 B (c) 警察 C

図6 初期局面（0-3ターン）における早期捕捉例の視線ヒートマップと怪盗の実移動経路。円で囲まれたノードは怪盗の移動位置を示し、数字はターン番号を表す。視線の集中領域が実際の移動経路近傍に位置している様子が確認できる。



(a) 警察 A (b) 警察 B (c) 警察 C

図7 初期局面（0-3ターン）における警察側3名の視線ヒートマップ（長期逃走例）。黒丸は各警察駒の初期位置を示す（1人2役の場合は2箇所）。

図8は、怪盗が地図を注視している区間（上段）と、警察が怪盗の顔（頭部）を注視している区間（下段）を、同一の時間軸上に示した例である。図中の点線は怪盗の位置が公開された時刻を表している。

図より、一部の時間帯では怪盗の地図注視と警察の怪盗注視が時間的に重なっており、視線による誤誘導が「相手に観察されうる状況」で生起している場面が確認できる。一方で、怪盗が継続的に地図を注視しているにもかかわらず、警察が怪盗の顔をほとんど注視していない時間帯も存在する。

特に位置公開直後の区間では、怪盗の位置情報が明示されているため、警察は怪盗の視線行動から位置を推定する必要が低下する。この時間帯では、警察側プレイヤー自身も地図を注視しながら議論を行っており、怪盗の顔や視線方向を参照する行動が相対的に減少していると考えられる。

これらの結果は、視線による誤誘導が常に有効に機能するわけではなく、位置情報の開示状況や警察側の推理活動の焦点といった局面依存的な条件のもとで意味を持つことを示唆している。

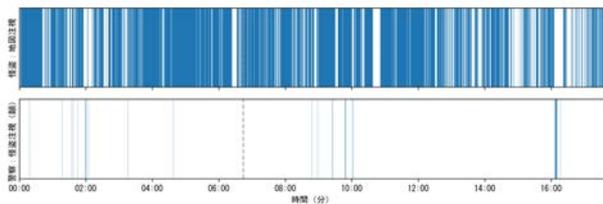


図 8 怪盗の地図注視（上段）と警察の怪盗注視（下段）の時間推移例

5. 考察

本研究では、対面型ボードゲーム「スコットランドヤード」を対象として、怪盗プレイヤーの発話行動および視線行動を同時に分析し、欺き行動（ブラフ）がどのような局面で、どのような形で現れるのかを検討した。本節では、得られた結果を踏まえて、怪盗の行動戦略と警察側の情報利用の観点から考察を行う。

まず発話行動について、本研究の結果から、怪盗の総発話量は警察側に比べて全体として少ない一方で、怪盗の位置が公開される前後の局面において、一時的に発話量が増加する傾向が複数のセッションで確認された。発話内容を確認すると、これらの区間では、自身の位置や移動意図を曖昧化する発話や、警察側の推理を別方向へ向けるような表現が含まれていた。このことから、怪盗にとって発話は常時用いられる行動ではなく、ゲーム進行に応じて選択的に投入される戦略的資源である可能性が示唆される。

次に視線行動について、初期局面（0-3 ターン）における怪盗の視線ヒートマップを比較すると、捕捉が早かった例では、怪盗の視線が自身の真の現在地周辺に集中する傾向が見られた。一方で、より長く逃走した例では、視線が真位置から離れた複数の領域に分散しており、特定の地点への集中が弱い傾向が確認された。この結果は、初期段階における視線の分散が、警察側の位置推定を困難にする方向に働いている可能性を示している。ただし、本研究は観察的分析に基づくものであり、視線分散そのものが逃走成功の直接的要因であると断定することはできない。

また、警察側プレイヤーの視線ヒートマップを確認すると、いずれの例においても、各警察プレイヤーは自身が担当する駒の初期位置周辺や、そこから到達可能な近傍ノードを中心に注視する傾向が見られた。このことから、警察側が怪盗の視線情報のみを手がかりとして位置推定を行っているとは言いきれず、ヒートマップだけから警察が怪盗の視線を参照していないと結論づけることはできない。

そこで本研究では、怪盗の地図注視と警察による怪盗注視（顔・頭部）との時間的重なりに着目した分析を行った。その結果、怪盗が地図を注視している区間と、警察が怪盗の顔を注視している区間が一定程度重なって存在することが確認された。このことは、怪盗の視線行動が警察に観察

されうる状況で生起していたことを示しており、視線による誤誘導が成立しうる前提条件が満たされていたことを示唆している。一方で、位置が公開された後の局面では、警察が怪盗の顔を注視する頻度が低下する区間も確認され、この局面では視線情報による推定の必要性が低下していた可能性が考えられる。

以上の結果を総合すると、怪盗の欺き行動は発話または視線のいずれか単独によって成立するものではなく、ゲームの局面に応じて、発話と視線を使い分け、あるいは組み合わせることで機能している可能性が示唆される。特に初期局面では視線の分散による情報操作が、中盤以降では発話の抑制や沈黙が、それぞれ戦略的に用いられている可能性があると考えられる。

6. 今後の方針

本研究では、限られたセッション数に基づく分析を行ったため、今後は実験データの拡充を進める予定である。具体的には、怪盗および警察プレイヤーの組み合わせを変えた追加セッションを収集し、得られた傾向の再現性や個人差の影響を検証する。

また、本研究では主に視線の注視位置と発話内容の関係に着目したが、今後はブラフ発話が生起している瞬間における視線行動の詳細な時間構造についても分析を行う。特に、怪盗がブラフ発話を行っている際に、地図への注視、警察プレイヤーへの視線、あるいは意図的な視線回避がどのように組み合わせられているかを調べることで、発話と視線の協調関係をより明らかにしたい。

さらに、視線方向と顔の向きが一致しない状況、すなわち顔は警察側に向けつつ視線は地図や別の領域に向けられているような行動に着目し、これが誤誘導やブラフの一部として機能しているかを検討する。これらの分析を通じて、対面ゲームにおける欺き行動を、単一の行動指標ではなく、複数の非言語・言語行動の組み合わせとして捉える枠組みの構築を目指す。

7. おわりに

本研究では、対面型ボードゲーム「スコットランドヤード」を題材に、怪盗プレイヤーの視線行動と発話を同時に計測・分析し、人を欺く行動がどのように現れるかを検討した。怪盗の発話量は全体として少ない一方、局面に応じてブラフ発話が増加する傾向が確認された。また、初期局面における視線の分散や、怪盗の視線行動が警察に観察されうる状況で生起していた点から、視線が誤誘導の一要素として機能しうる可能性が示唆された。

本研究は、視線と発話を同一時間軸・同一局面構造の中で統合的に扱うことで、対面ゲームにおける欺き行動を具体的な行動データとして捉えた点に特徴がある。今後はデータ数の拡充と分析の深化を通じて、発話、視線、顔の

向きといった複数の行動がどのように組み合わせられて欺きが成立するのかを、より詳細に明らかにしていきたい。

参考文献

- [1] 長嶺 和弥, 渡会 隆哉, 角 康之: 非言語行動に基づいたボードゲームプレイヤーの参与構造理解, 情報処理学会研究報告 (IPSJ SIG Technical Report), Vol.2025-EC-75, No.40, 2025.
- [2] Chakraborty, S., Sarkar, S., and Saha, S.: Modelling Behaviour in Uncertainty: A Simulation Study of Heads-Up Poker, Research Square (preprint), 2025.
- [3] Newn, J., Allison, F., Velloso, E., and Vetere, F.: Looks Can Be Deceiving: Using Gaze Visualisation to Predict and Mislead Opponents in Strategic Gameplay, Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1–12, 2018.
- [4] Newn, J., Velloso, E., Dong, J., and Bailey, J.: Evaluating Real-Time Gaze Representations to Infer Intentions in Competitive Turn-Based Strategy Games, Proceedings of the 2017 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, pp. 541–552, 2017.