

人狼プレイヤーの皮膚電気活動の解析： 情動変化を利用したソシオメータの実現へ向けて

御手洗彰^{†1} 水丸和樹^{†1} 本田健悟^{†1} 棟方渚^{†2} 坂本大介^{†1} 小野哲雄^{†1}

概要：本研究では、人同士のコミュニケーションの中でどのような情動の変化が起こるかを観察するために精神的ストレスや感情の指標として用いられている皮膚電気活動から、人狼ゲームプレイヤーの情動状態を解析した。その結果、プレイヤーの役職や各陣営の情勢によって、ゲーム中の皮膚電気活動に異なる傾向が見られた。本稿では、解析の結果を示した後、人狼ゲーム中の情動変化と行動特性の関係性の考察とソシオメータへの適用可能性について検討する。

1. はじめに

人が日常的に発する様々な情報から、自身や他者の状態を推定することで得られる情報には大きな価値がある。また、日常生活において、他者との円滑なコミュニケーションを取るために、相手の気持ちや意図を理解することが重要であり、人の理解やシステムの改善を試みることを目的として、人間の行動を様々な方法により推定する研究が多く存在する。

そのような研究の代表例として、MIT メディアラボのPentlandらの研究成果である正直シグナル [9]がある。これは、表情や服装などの意図的に計算されたシグナルではなく、対話中における相手の動作との同調や発話の重なりなど、人が計算できない無意識の反応を測定することを目的としている。彼らの研究では、ソシオメータと呼ばれる複数のセンサを組み合わせたデバイスにより正直シグナルを測定している。ソシオメータは加速度センサや赤外線センサ、マイクなどから構成されており、他者との対面時間や物理的距離、発話の特性、体の動き、室内での位置情報などを主に記録する。それらの情報を解析することで、人間の行動や判断に関する多くの情報を把握することができるようになる。例えば、販売員の声の特徴や身体の動きを記録し販売実績と結びつけることで効果的な行動をフィードバックすることができるという報告されている [8]。

また、人同士だけでなく、近年、社会での実用化が進んでいるヒューマノイドロボットのような、人とコミュニケーションを取ることを目的としたロボットにおいても人の行動や意図を推定することは有益な情報となりうる。片上ら [3]は、正直シグナルをモデル化してロボットに適用することで、ユーザの表情や言葉に表出しない、真の意図を読み取ることを目指した。そのほかに、ユーザの情動を顔の表情から推定し、オンライン広告における広告効果の予測に用いる研究も存在する [7]。

Pentland らのソシオメータはネームタグ型のデバイスを

首からかけるという単純なシステムで計測可能であり、手軽に有益な情報を得ることができる。このシステムで計測できる正直シグナルはユーザから他者に向けて発せられるシグナルである。このアプローチに加えて、我々は人の情動状態をより詳細に推定する方法として皮膚電気活動の測定に着目した。皮膚電気活動はユーザ自身の情動の変化を観察できるほか、一般的に無意識な反応であることから、正直シグナルであると考えることができる。このシグナルを新たに加えることでより詳細にユーザの行動を推定できると考えた。

また、人の情動の変化を観察する環境として、我々は人狼ゲームに着目した。人狼ゲームは村人と人狼の2つの陣営に分かれて行う、会話によるコミュニケーションを用いたゲームである。人狼ゲームはある程度、自由な会話ができる一方で、役職やイベントごとの時間など、様々な制約もある。また、他者から疑われ、無実（村人陣営）にも関わらず敵（人狼陣営）であると断定されるなど、ゲーム内で他者から受ける刺激は強く、短い時間の中での情動の変化は大きいと考えられる。そのような点から、我々は人狼ゲームが人の自然な情動の変化を見るために適した環境であると考えた。

本研究では、人同士のコミュニケーションの中でどのような情動の変化が起こるかを観察するために精神的ストレスや感情の指標として用いられている皮膚電気活動から、人狼ゲームプレイヤーの情動状態を解析した。本稿では、解析の結果からプレイヤーの行動にどのような傾向がみられたか報告し、皮膚電気活動との関係性からソシオメータへの適用可能性について議論する。

2. 皮膚電気活動

皮膚電気活動は、精神性発汗を電気的にとらえたものである。人の手掌や足底は、緊張や動揺などの心的興奮によって発汗を生じる。これらの発汗は、自覚できないほど微量のものから、手掌が湿ってしまうほど大量のものまで

^{†1} 北海道大学
Hokkaido University

^{†2} 京都産業大学
Kyoto Sangyo University

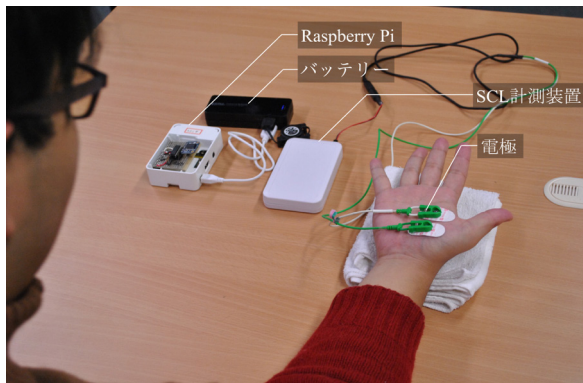


図1 計測システム



図2 実験の様子

様々である。皮膚電気活動は1対の電極を装着し、その電極間に微弱な電流を流している間の発汗によって生じる測定部の抵抗値の変化から測定できる。皮膚電気活動には複数の測定単位系があり、人間の情動状態を評価する方法として用いられている [4, 5]。その中で、我々は SCL (Skin Conductance Level) を用いた。SCL は、緩徐な変動で観察される信号であり [5]、ユーザの精神的不安や安静状態の評価として用いる場合、他の皮膚電気活動 (SCR) より有効であると示されている [1]。

SCL の計測装置は Affectiva 社の Q Sensor を参考に実装した。計測システムはプログラミング言語 Python 2.7 を用いて実装し、Raspberry Pi 2 Model B 上で動作させた。システムは A/D 変換器を通して、サンプリング周期 20 Hz で SCL を取得し、記録する。計測システムの概要図を図 1 に示す。

3. 実験

人狼ゲーム中における皮膚電気活動 (以降、SCL) を計測するために実験を行った。この章では、実験環境や実験で行った人狼ゲームのルールについて説明する。

3.1 被験者と実験環境

被験者は5名の男性であった。各々の人狼ゲームのプレイ経験は異なっていたが、いずれの被験者も人狼ゲームのルールを理解しており、ゲームは滞ることなく遂行された。

実験は、明るく静かな室内で行われた。被験者はテーブルを囲うように座り、全員がお互いの様子を確認できる配

表1 各役職の陣営と説明、人数

役職	陣営	説明	人数
村人	村人	能力を持たない	2 人
占い師	村人	夜フェーズの際に 1 人を人狼 か否か知ることができる。	1 人
人狼	人狼	夜フェーズの際に、1 人を殺 害できる。処刑されると村人 陣営の勝利となる。	1 人
狂人	人狼	人狼陣営が勝利するために行 動する。	1 人

表2 各被験者の役職

被験者	1 ゲーム目	2 ゲーム目
A	占い師	村人
B	村人	村人
C	村人	占い師
D	狂人	狂人
E	人狼	人狼

置であった。また、被験者の周りには実験の観覧者が 15 名程度おり、被験者の座る円卓を囲んでいた (図 2)。

被験者は SCL を測定するため左手掌に電極を装着しており、左手を強く握りしめる動作は行わないように指示を与えられた。人狼ゲームは 2 回行われ、その時間は全体でおよそ 25 分であった。

3.2 人狼ゲーム

人狼ゲーム (以降、ゲーム) を簡単に説明する。このゲームの参加者は村人陣営と人狼陣営の 2 つのチームに分けられ、定められた時間の中で行われた話し合いから、人狼だと疑わしい人物を投票による多数決で決定しその人物を処刑する。村人陣営は人狼を全員処刑することで勝利となり、人狼陣営は村人を全員殺害することで勝利となる。

村人陣営の人数の方が人狼陣営よりも多いため、人狼陣営は村人陣営のふりをしながら人狼が処刑されることを回避する必要がある。処刑が 1 回終わるごとに夜フェーズとなり、人狼は人狼以外のプレイヤーに知られることなく 1 人を殺害することができる。また、村人陣営には占い師という役職のプレイヤーがおり、夜フェーズの際に指定された 1 人が人狼であるか否かを知ることができる。このように、プレイヤーが徐々に減っていく中で、お互いの陣営が自分の陣営を勝利に導くように推理と話し合いを進めるゲームである。本実験における役職は村人 2 人、占い師、人狼、狂人の 5 人 (人狼と呼ばれる構成である (表 1))。この 5 人 (人狼は、簡単な設定かつ短時間で終わってしまうが、様々な状況が考えられ、どちらの陣営においても一度の失敗を許されないため、全員が真剣に考えなければいけない [2])。なお、ゲームを円滑に進行するためにゲームマネージャー (以降、

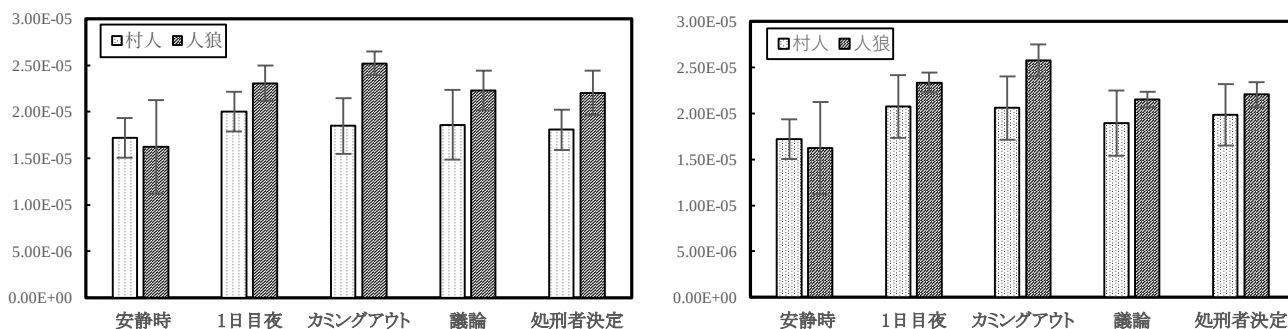


図3 陣営ごとのイベント別のSCL平均値(左:1ゲーム目, 右:2ゲーム目)

GM) が 1 人存在する。本実験で行われたゲームの流れは以下のとおりである。

1. 各プレイヤーは役職が書かれたカードを GM からランダムに配布され、自分の役職を確認する。
2. 夜フェーズになる。指定されたプレイヤー以外は全員顔を伏せ何が起きているか把握できない状態となる。
3. 人狼が 1 人選びその人物を殺害する。ただし、最初の夜フェーズでは殺害は行わず、人狼の存在を GM が把握するだけである。
4. 占い師が 1 人の人物を占う。GM は占い師に指定された人物が人狼か否かを伝える。
5. 夜フェーズが終わり、プレイヤー全員が顔を上げ、3 分間の話し合いを始める。
6. 話し合いの後、処刑するプレイヤーを決定する。処刑するプレイヤーは多数決によって決められる。処刑が決まった人物は 2, 3 言の遺言を残すことができる。
7. 処刑された人物が人狼であった場合、その時点で村人陣営の勝利となる。また、村人陣営が全員処刑された場合、人狼陣営の勝利となる。それ以外の場合は 2. に戻る。

3.3 結果

実験より 5 人分の SCL をおよそ 25 分間測定した。データ数は被験者 1 人あたり 30000 サンプル (20 Hz * 25 分 * 60 秒) である。ゲームは 2 ゲーム行われ、1 ゲーム目は村人陣営の勝利、2 ゲーム目は人狼陣営の勝利であった。また、それぞれのゲームにおける各被験者の役職を表 2 に示す。以降、各被験者については表 2 のアルファベットにより識別する。

4. プレイヤ特性の解析

各被験者の SCL 値から、プレイヤーの行動としてどのような傾向が示唆されたかについて述べる。実験中の主要な出来事を以下の 5 つのイベントにまとめる。

- 安静時: 被験者がゲームを行っていないとき。GM が被験者に対してルール説明をする
- 1 日目夜: プレイヤーは顔を伏せており、人狼の確認と

占い師の占いが行われる

- カミングアウト: 話し合いの開始時。占い師が名乗りをあげて占ったプレイヤーが人狼か否かを教える。ただし、真の占い師でなくとも占い師であると嘘をつくことができる
- 議論: 話し合いによって誰が人狼と疑わしいかについて議論を行う
- 処刑者決定: 人狼と疑わしい人物に対して各プレイヤーが投票するイベント

各ゲームにおける特徴は、両ゲームともカミングアウトの際、占い師 (A) と狂人 (D) が自身を占い師と宣言していたことである。また、1 ゲーム目においては、占い師 (A) が人狼 (E) を占っており、被験者 A にとってあらかじめ人狼が誰であるか既知であった。処刑者は被験者 E であり、1 日目で村人陣営の勝利となった。2 ゲーム目においては、2 日目まで議論が行われ、1 日目の処刑者決定では、被験者 A, B が同票となり決選投票が行われた。その結果、処刑者は被験者 B となった。その後、人狼 (E) が占い師 (C) を殺害した。人狼 (E) と狂人 (D) が互いの役職を確信していたため、1 日目が終わった時点で人狼陣営の勝利が確定した。そのため、2 日目の議論イベントにおいて人狼の推理とは無関係の内容が多く話されていたため、2 日目の SCL の測定値をすべて解析から除外した。

4.1 イベント別の SCL 平均値から得られた傾向

各イベントにおける村人陣営と人狼陣営の SCL 平均値を図 3 に示す (エラーバーは標準偏差)。村人陣営と人狼陣営の SCL 平均値を比較すると、両ゲームともに安静時以外において、人狼陣営の SCL 平均値が高い結果となった。その中で、最も陣営間の SCL 平均値の差が大きかったイベントはカミングアウトのときであった。

4.2 ゲーム間の各陣営の SCL 平均値から得られた傾向

各陣営の 2 ゲーム目の SCL 平均値から 1 ゲーム目の SCL 平均値を引いた結果を図 4 に示す。この結果より、村人陣営は、全イベントにおいて 1 ゲーム目より 2 ゲーム目の SCL 平均値の方が高くなった。また、人狼陣営においても、議論イベントを除いて 1 ゲーム目より 2 ゲーム目の SCL 平均値の方が高くなった。

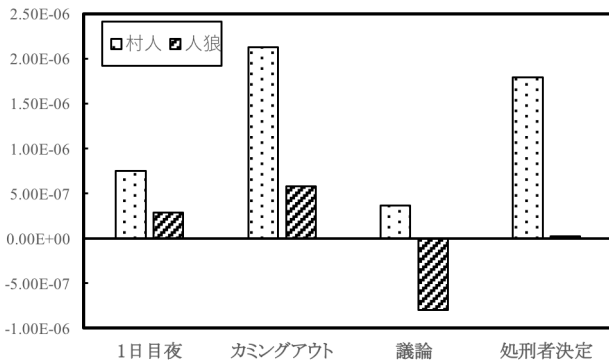


図 4： 2 ゲーム間の SCL 平均値の差

4.3 議論

本実験では、5 人で行われたゲームにおいて 2 ゲームにわたり、SCL を測定した。各陣営における SCL 平均値は両ゲーム通して、人狼陣営の方が高い結果となった。これは、人狼陣営は、村人陣営のふりをし続ける必要があるため、精神的な緊張感が高い状態がゲーム中持続していたことが要因の一つであると考えられる。

次に、各陣営における行動と SCL 平均値について考察する。村人陣営については、1 ゲーム目より 2 ゲーム目の方が SCL 平均値が高い結果となった。これについて、ゲームの有利状況に着目して考察する。1 ゲーム目においては、1 日目夜に占い師 (A) が人狼 (E) を占っており、議論が始まった段階で被験者 E を人狼だと主張していた。一方で、2 ゲーム目においては、1 日目夜に占い師 (C) は村人 (B) を占っており、人狼が誰であるかわからない状態で終始議論が進んでいた。これら 2 つのゲームの状況から考えると、占い師による人狼の情報があつた 1 ゲーム目に比べて、2 ゲーム目では人狼が誰かわからないという精神的な迷いから SCL 平均値が大きくなり、その結果として差が大きくなったと考えられる。

その一方で、人狼陣営については、村人陣営と比べると SCL 平均値の差は小さかった。また、議論イベントにおいては、1 ゲーム目より SCL 平均値が低かった。これは村人陣営とは逆に、1 ゲーム目では占い師によって人狼が特定されていたため、緊張感が大きかったということ、2 ゲーム目では誰が人狼であるかわからず、議論が低迷するほど人狼陣営にとって有利であり、落ち着いて議論していたと考えることができる。

まとめると、各陣営における SCL 平均値の違いから、人狼陣営はゲーム中に村人陣営と比較して、より大きな緊張感を感じたということが示唆された。各陣営のゲームによる SCL 平均値の差から、議論を有利に進んでいるゲームと不利に進んでいるゲームの違いを確認できた。

5. おわりに

本研究では、人狼ゲームにおける皮膚電気活動の複数人の同時計測から、プレイヤーの情動の変化を解析した。その結果、プレイヤーの役職や各陣営の情勢が SCL に影響をあたえるということが示唆された。ただし、実験における被験者数やゲーム数の少なさから個人差の影響があることは十分に考えられる。しかし、人狼ゲームのような現実世界における議論に近い状況で、このような傾向がみられたことは、皮膚電気活動を正直シグナルの新しい要素としてソシオメータへ導入できるということを示唆している。本研究の展望として、データをさらに収集し傾向をモデル化することで、人狼ゲームにおけるプレイヤーの行動特性の理解や正直シグナルのような人同士のコミュニケーションを解析する研究の新たな知見として貢献したい。

謝辞 本研究を行うにあたり、実験をさせていただきました被験者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 生月誠, 原野広太郎, 山口正二, バイオフィードバックにおける情動安定性の指標としての SCL の検討, バイオフィードバック研究, Vol.21, pp29-36, 1994.
- [2] 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田考祐, 松原仁. エンターテインメントにおける AI: 人狼知能プロジェクト. 人工知能, 2015, vol. 30, no. 1, pp.65-73.
- [3] 片上祐介, 阿部香澄, アツタミミムハンマド, 長井隆行, 中村友昭. 階層ディリクレ過程隠れマルコフモデルを用いた正直シグナルのモデル化. HAI シンポジウム, 2015, P20.
- [4] 新美良純, 白藤美隆, 皮膚電気反射-基礎と応用, 医歯薬出版, 1969.
- [5] 宮田洋, 藤澤清, 柿木昇治, 生理心理学, 朝倉書店, 1985.
- [6] 山崎勝男, 藤澤清, 柿木昇治, 宮田洋, 新生理心理学 3 巻, 北大路書房, 1998.
- [7] D. McDuff, R. E. Kaliouby and R. W. Picard. "Crowdsourcing Facial Responses to Online Videos," in *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 456-468, Fourth Quarter 2012.
- [8] Daniel Olguin, and Alex Sandy Pentland. "Sociometric badges: State of the art and future applications." *Doctoral colloquium presented at IEEE 11th International Symposium on Wearable Computers*, Boston, MA. 2007.
- [9] Alex (Sandy) Pentland: HONEST SIGNALS - How They Shape Our World-. The MIT Press (2008)