

## 皮膚電気反応からの動的時間伸縮法を用いたサスペンス分類

岩橋 左侑\*<sup>1</sup> Ruck Thawonmas\*<sup>2</sup>

Suspense Classification with Dynamic Time Warping from Galvanic Skin Responses

Sayuki Iwahashi\*<sup>1</sup> and Ruck Thawonmas\*<sup>2</sup>

**Abstract** – Existing interactive dramas adapt their stories based on user interactions such as actions and dialogues. In our research we aim at incorporating user bio signals into such systems. In this paper, we focus on a particular drama genre called suspense, where the viewer develops suspense emotion through expectation, curiosity, or surprise of the result to the hero or heroin in the scene. In particular, we propose a method for classification of suspense emotion with dynamic time warping from galvanic skin responses. Representative signals for each suspense type are discussed. In addition, the classification performance of the proposed method is examined and compared with a brute-force method. Evaluation results confirm the effectiveness of the proposed method as a good candidate for being implemented in a real interactive drama system.

**Keywords** : interactive drama, suspense, classification, galvanic skin response

## 1. はじめに

近年, エンターテインメントの分野で実際に遊んでいるユーザーの生体情報を取得することによって, そのときのユーザーの状態や感情を解析し, コンテンツを適切に変化させる試みが注目を浴びている. 類似する研究として, あるスポーツシーンを視聴する者の生理状態を用いてその後のリプレイを自動生成・挿入するシステムがある [1]. 本論文では, 皮膚電気反応装置から得られる時系列の波形に着目し, インタラクティブドラマ [2] [3] [4] に使用できる一部の感情であるサスペンス [5] [6] [7] を動的時間伸縮法 [8] を用いて自動分類する手法を提案する. 選出されたサスペンスの各種類の代表的な波形及び未知データに対する認識率の観点からその有用性について述べる.

インタラクティブドラマとは, 視聴者のインタラクションによって物語が動的に変化していく物語生成システムを指す. このシステムによって物語の舞台が仮想空間として構築され, 自律型エージェントが役者となり物語が自動的に生成されていく. このとき, ストーリー空間への没入をいかに生み出せるかが重要となる [4]. 従来の物語生成の指標となる情報は, 視聴者の行動や対話といったインタラクションだけである. ここに視聴者の生体情報を加えることで, より没入感

の高い物語を実現できると考えられる.

エンターテインメントにおいて皮膚電気反応を用いた研究は, テレビ [9] や音楽 [10] などを対象に以前から行われており, 最近では得られた情報に応じてゲームの難易度を調整する研究がなされている [11]. 皮膚電気反応装置の小型化 [12] が進んでいることから, 同分野における実用性の高さが注目されている.

皮膚電気反応により情動を計測 [13] し, その情動からサスペンスという感情を得ることができると考える. 文献 [7] にてサスペンスは概念的に分類され, それぞれのサスペンスにおいて視聴者の感じる感情は異なる. 時系列データである皮膚電気反応の波形に着目し, 今まで概念的であったサスペンスの感情の自動分類を試みるのは, 本研究が国内外ではじめてである. 自動分類を行うことによって, 視聴者がサスペンスシーンを正しく感じているかどうかをシステム側が把握できる. その結果はその後の物語における演出, 内容, 及び恐怖の対象の選出または構築に使用される.

## 2. サスペンス

サスペンスとは, 次に何が起こるかという期待で視聴者が緊張した感情のことを指す. 我々は [7] において分類された, 結果とそれがいつ起こるかの時期が予測できる「期待によるサスペンス」, 結果はわからないが, 時期が予測できる「好奇心によるサスペンス」, 及び結果が予測できるが, 時期は予測できない「驚きによるサスペンス」に着目し, これらのサスペンスの種類はシーンにおける3つの要素「主人公」「対象」「距

\*1: 立命館大学 理工学研究科 (現在, 株式会社セガ)

\*2: 立命館大学 理工学研究科

\*1: Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University (Presently with SEGA Corporation)

\*2: Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University



図1 期待によるサスペンスの概念図

Fig. 1 Concept chart of suspense by expectation

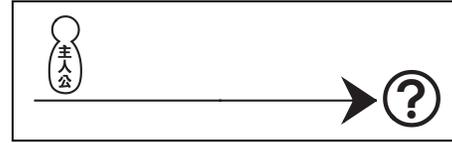


図2 好奇心によるサスペンスの概念図

Fig. 2 Concept chart of suspense by curiosity

離」の関係によって説明できると考える。以下に、これらの要素と各サスペンスについての詳細を述べる。

### 2.1 主人公

該当シーンにおける対象物と接触する登場人物のことを主人公と定義する。この場合、各シーンにおいて主人公が変化することもあり、物語全体の実際の主人公とは異なることもある。

### 2.2 対象

主人公に接し結果をもたらすものを対象と定義する。それは、動物や人などの生き物から、箱や崖などの物体も対象となりうる。

### 2.3 距離

物理的距離だけでなく、「5分後に会う」などの時間的なものも、ここでは距離と定義する。

### 2.4 期待によるサスペンス

期待によるサスペンスとは、図1のように主人公と危険となる対象との距離が分かり、その距離が徐々に近づいてくるシーンで視聴者が感じる感情を指す。これは、主人公ではなく視聴者のみが、危険な状況を知るときに感じるハラハラした感情である。主人公の背後から鯨が襲ってくるシーンや主人公が時限爆弾のセットされているテーブルに知らずに近づく場合などに感じられる。

インタラクティブドラマでは、この感情の有無を確認することによって、視聴者に今後の展開を期待させる効果的な演出が実現できるため、サスペンスの演出に関する指標として使用できる。例えば、主人公の歩いている道の後ろから熊が近づいている演出で、期待によるサスペンスが得られなかった場合には、主人公が熊と出会ったときに危険になるという演出が足りないことがわかる。次の別なシーンでは熊の獐猛性をアピールする新たな演出として、熊が鹿を食べているシーンを加えるなどの工夫が考えられる。

### 2.5 好奇心によるサスペンス

好奇心によるサスペンスは、図2のように主人公と対象との距離はわかっているが、その結果がどうなるかわからないときに視聴者が感じる感情を指す。これは、主人公が崖から落ちそうな状態で、友好的でない相手が助けるか悩んでいるシーンや、敵の隠れ家に置いてある箱を主人公が開ける場合など、結果がいつ来る

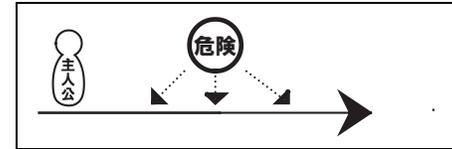


図3 驚きによるサスペンスの概念図

Fig. 3 Concept chart of suspense by surprise

か予測できるが、その中身がわからないときに感じられる。

インタラクティブドラマでは、この感情の有無を確認することによって、視聴者の物語への興味が監視できるため、物語の内容に関する指標として使うことができる。例えば、殺人鬼が正体を現すようなシーンで、好奇心によるサスペンスが得られなかった場合には、視聴者はこの物語に飽きていることがわかる。こうなると、システム側で予定していた大まかな方向性である殺人鬼との死闘内容を変更したり、新たな真犯人や敵を登場させたりするなどの内容に意外性を持たせる工夫が考えられる。

### 2.6 驚きによるサスペンス

驚きによるサスペンスとは、図3のように主人公と危険となる対象との距離が分からず、結果が突然現れるときに視聴者が感じる感情を指す。これは、殺人鬼が突然ドアを壊して襲ってくる場合や建物が突然壊れだす場合などに感じられる。

インタラクティブドラマでは、この感情の有無を確認することによって、視聴者の恐怖する対象が把握できるため、物語における危険となる対象に関する指標として使用できる。例えば、熊が突然襲い掛かるシーンで驚きによるサスペンスが得られなかった場合には、視聴者が熊という対象に恐怖感をもたないことがわかるので、今後の危険となる対象を熊からゾンビに変えるなどの工夫が考えられる。

## 3. サスペンスの自動分類

皮膚電気反応は時系列として得られる。提案手法では、アンケートなどでサスペンス種類が知られる学習用の皮膚電気反応の時系列の中からサスペンスの種類ごとに代表的な波形を持つ時系列を求めておく。サスペンス種類が未知の時系列に対して各代表との距離を計算し、この時系列を距離が最も短い代表のサスペンス種類に分類する。

代表的な波形を持つ時系列とは、同種類のどの時系列とも最も類似する候補を指す。同種類の他の時系列との距離を求め、その距離の総和が最も少ない時系列データになる。代表の選出及び未知時系列の分類の際には、距離の計算によく知られるユークリッド距離を使用すると、形の特徴を生かした比較ができない。これは皮膚電気反応のように同サスペンス種類でも個人によって時間軸上にある程度の誤差が生じるためである。そのため今回、動的時間伸縮法 (Dynamic Time Warping: DTW) [8] を使用することにする。

DTW は 2 つの時系列に対して、時間方向の非線形な伸縮を許容できる距離計算法である。片方の時系列の一点が、もう片方の時系列の複数に対応づけることができ、波形の特徴を優先した比較ができる。

#### 4. 皮膚電気反応取得

被験者に皮膚電気反応装置を付け、サスペンスシーンを含んだ映像を見てもらい、その間の皮膚電気反応を取った。使用したサスペンスシーンは、被験者とは別の本大学 3 回生の男性 10 名に対して 15 本の映画から選び抜いた 15 シーンを見せる事前調査を行った結果、サスペンスの種類がはっきりと区別されたシーンを優先的に使用した。

##### 4.1 取得手順

取得手順として、まず被験者が過去に見たことがないシーンを使用するために実験前のアンケートを行った。ここで、観たことが無いと答えられた作品の内、前記の事前調査でサスペンスの種類がはっきり区別できていたシーンを優先的に視聴者に見せることにした。その後、視聴してもらったシーンまでの映画のあらすじと登場人物に関する詳細を読んでもらい、安静状態に入ると同時に皮膚電気反応を取得し始め、被験者 1 名につきサスペンスシーンを含んだ映画の 1 チャプターの映像 × 3 種類をランダムな順番で流した。3 種類の視聴後、被験者に見てもらったシーンがどのサスペンスの種類に属するかの分類アンケートを行った。その結果を表 1 に示した。

##### 4.2 取得データ

各種類の視聴中に被験者から 100Hz で皮膚電気反応を取得した。その中から実際に使用するデータとして、50 秒目にサスペンスの結果が発生するタイミングで 60 秒間 6000 データを取り出した。このタイミングは、前述した各サスペンスの概念に基づき、主人公と対象が接触する時点として、あらかじめ我々で時間を計測して決めていたものである。これにより、同じ映像ならば、使用する皮膚電気反応の開始地点は同じになる。インタラクティブドラマにおいては、自律型エージェントの主人公と悪役の自律型エージェントや

表 1 視聴後のサスペンス分類アンケート結果  
Table 1 Results of suspense categorization questionnaires after viewing

サスペンスの種類	データ数
期待によるサスペンス	21
好奇心によるサスペンス	18
驚きによるサスペンス	13
該当無し	2

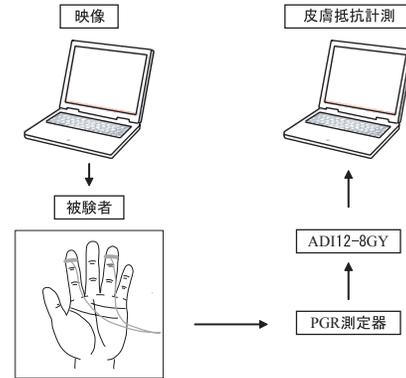


図 4 実験装置図

Fig. 4 Experimental device configuration

他の対象との接触時点がわかるため、皮膚電気反応の計測開始地点がそこから遡って設定できる。

##### 4.3 被験者

被験者は、著者らの大学の学生、平均年齢 22 歳の男性 12 名と女性 6 名の計 18 名であった。計測装置 (図 4) は、株式会社コンテックの絶縁型アナログ入力モジュールと竹井機器工業株式会社の測定器 (T.K.K. 2701, 皮膚抵抗変化検出方式) を使用した。

#### 5. 結果と考察

表 1 において集められたサスペンスの種類の数に偏りが出た理由は、前述したように同じ映像を見た場合でも、人によって判断が異なるためである。取得した時系列及びこのアンケート結果をもとに学習用のデータを用意した。以下は、提案手法によって選出された各種類の代表波形の特徴及び提案手法の認識率とその考察について述べる。

##### 5.1 期待によるサスペンスの代表

期待によるサスペンスの代表は図 5 の波形のように、50 秒目のサスペンスの結果に向けて皮膚電気反応の波が徐々に大きくなる傾向が見られる。これは、主人公に対して危険となる対象が徐々に迫ってくるシーンに合わせて、この視聴者の緊張が高まってきているからと考えられる。

この皮膚電気反応は、2004 年に公開された映画「Saw」[14] を見たときのものである。対象となるシーンは、チャプター 12 の 59 分 15 秒後以降で、内容は主人公の医者が駐車場で電話を掛けているときに誘拐犯

に捕まるシーンである。①の59分25秒では、車の後部のドアがそっと開くシーンが映されていて、そこで3V程波が確認できる。②の59分45秒では、車から降りてきた誘拐犯がさらに主人公の近くまで、屈んで近づいてくるシーンが映され6V程の波が確認できる。サスペンスの結果である③の1時間5秒では、主人公が振り返った瞬間に誘拐犯が襲い掛かるシーンで、多少のズレがあるが一番大きな9V程の波を確認できる。

### 5.2 好奇心によるサスペンスの代表

好奇心によるサスペンスの代表は図6の波形のように、サスペンスの結果の前段階で皮膚電気反応の波が大きくなり、結果の時点では波を示さない傾向が見られる。これは、主人公に対して結果がどうなるかわからないため、結果が出る前段階でこの視聴者の緊張が高まり、結果が出ると同時に緊張が無くなるからだと考えられる。ただし、代表として選ばれなかった波形の中には、結果を知った50秒目以降も高い波を示す皮膚電気反応もあった。これは、サスペンスの結果を知り、その結果に対して緊張する被験者もいたからである。

この皮膚電気反応は、1993年に公開された映画「The Good Son」[15]を見たときのものである。対象となるシーンは、チャプター14の1時間20分14秒以降で、母親が殺人を行っていた実の息子と知り合いの主人公の二人が崖から落ちそうになっているのを手で掴み、助けようとしているシーンである。①の1時間20分24秒では、左手に実の息子、右手に主人公を掴みそれぞれを助けようとしているシーンが映し出され、1.5V程の波が確認できる。②の1時間20分44秒では、母親の力では二人を助けることが不可能だとわかり、どちらかだけを助ける決断を迫られるシーンが映し出され、9V以上の波を確認できる。サスペンスの結果である③の1時間21分5秒では、母親が決断を下すシーンであり、0V以下の波を確認できる。

### 5.3 驚きによるサスペンスの代表

驚きによるサスペンスの代表は図7の波形のように、結果後に大きく波を示す傾向が見られる。これは、主人公に対して危険となる対象が突然現れるシーンのため、この視聴者が突然緊張する状態になったからだと考えられる。この皮膚電気反応は、1980年に公開された映画「The Shining」[16]を見たときのものである。対象となるシーンは、チャプター29の1時間44分06秒以降で、建物に殺人鬼がいることを知らない主人公の男性が建物に入り、そこで人を探している途中で突然、殺人鬼に襲われるシーンである。①の1時間44分16秒と②の1時間44分36秒では、男性が建物を歩いているシーンが映し出されていて、そこでは1V以上の波を確認できない。サスペンスの結果であ

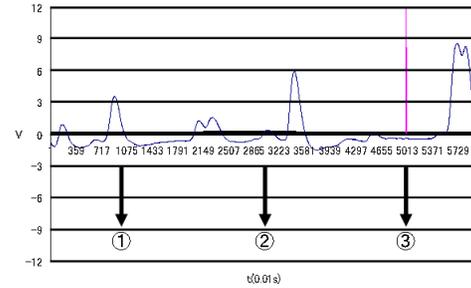


図5 期待によるサスペンスの代表波形と対応シーンのスケッチ

Fig.5 Representative wave form of suspense by expectation and related scene sketches

る③の1時間44分56秒では、柱に隠れていた殺人鬼に突然男性が襲われるシーンが映し出され、9V以上の波を確認できる。

### 5.4 認識率検証

提案手法を定量的に評価するために、Leave-one-out cross validation法[17]を用いて、未知データを分類する能力を調べた。手順として、まず一つの学習用のデータを未知データとして取り除き、残りのデータで前実験と同様にDTWを使用して各サスペンスの代表を求めた。そして、DTWを用いて未知データと3つの代表データとの距離を求め、未知データとの距離が最も短い代表の種類を未知データのサスペンスの種類として選択した。その後、その選択した種類と実際の種類が一致するかどうかの正誤を出した。ここまでの

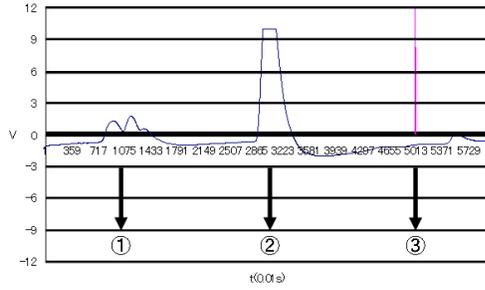


図 6 好奇心によるサスペンスの代表波形と対応シーンのスケッチ

Fig. 6 Representative wave form of suspense by curiosity and related scene sketches

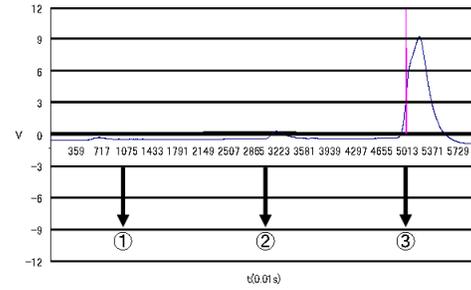


図 7 驚きによるサスペンスの代表波形と対応シーンのスケッチ

Fig. 7 Representative wave form of suspense by surprise and related scene sketches

作業を全データに対して繰り返し、認識率を求めた。また、比較のため、代表を使用せずに、未知データ以外の全データとの距離を求めてサスペンスの種類を選ぶ手法（以降、代表なしと呼ぶ。）の認識率も調べた。

各手法の結果は表 2 に示す。いずれの手法でもランダムでサスペンスの種類を選んだ場合（33.3%）に比べて高い認識率を得ることができた。手法に関係なく、好奇心によるサスペンスの認識率が他の種類の値より低くなった理由は、好奇心によるサスペンスの代表の節（5.2）で述べたように、波形がサスペンス結果のタイミングで大きな波を示すものと示さないものがあったからだと考えられる。

代表なしの認識率は、代表波形と離れ、他のサスペンスの種類に近しいデータとも比較し、それを選んでしまっているために、提案手法の結果に比べて低

表 2 未知データの認識率 (%)

サスペンス	提案手法	代表なし
期待によるサスペンス	76.2	76.2
好奇心によるサスペンス	50.0	44.4
驚きによるサスペンス	84.6	69.2

表 3 分類に要した CPU 時間 (秒)

サスペンス	提案手法	代表なし
期待によるサスペンス	7.09	113.67
好奇心によるサスペンス	7.13	114.23
驚きによるサスペンス	7.16	114.89

い値になったと考えられる。また、代表なしでは、表 3 に示したように、提案手法に比べて分類の時間がかかり、実システムで使う候補としては、適切でないと言える。

## 6. おわりに

本論文では、概念的に知られていたサスペンスの種類を皮膚電気反応の波形から DTW を用いて自動分類する手法を提案した。提案手法によりサスペンスの各種類の代表的な波形を特定した。また、検証結果から提案手法による高い認識率を得ることができた。従って、視聴中の各サスペンスの有無を判断するために提案手法をインタラクティブドラマに組み込めると考える。

インタラクティブドラマにおける期待によるサスペンスの有無は、視聴者が今後の展開を想像できているかを認識できるので、演出が視聴者に効果的か判断できる。それに対して、好奇心によるサスペンスの有無は、視聴者の物事に対して抱く興味や関心を認識できるので、物語の内容が視聴者にとって魅力的か判断できる。また、驚きによるサスペンスの有無は、視聴者の思いがけないことに合い、落ち着きを失う状態を認識できるので、物語における恐怖の対象が視聴者にとって適切か判断できる。

今後は、提案手法を組み込んだインタラクティブドラマを実際に作成し、そのときの被験者の没入度を調べたいと考えている。また、未知データを分類する時間を更に縮めるために時系列データ長を短縮する方法を開発する予定である。

## 謝辞

本研究は一部、文部科学省私立大学学術高度化推進事業「オープン・リサーチ・センター整備事業」「デジタル時代のメディアと映像に関する総合的研究」による援助を得て実施された。また、査読者の先生方から有益な御教示、御助言を頂いた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- [1] 中村亮太, 市村 哲, 松下 温: Mind Studio: 撮影者の生体情報を用いたリプレイ自動生成システムの試作, インタラクショナル 2004 予稿集, pp. 25-26 (2004)
- [2] Fred Charles, Steven J. Mead and Marc Cavazza: Generating Dynamic Storylines through Characters Interactions, International Journal on Intelligent Game and Simulation, Vol. 1, No. 1, pp. 5-11 (2002)
- [3] Michael Mateas and Andrew Stern: A Behavior Language for Story-Based Believable Agents, IEEE Intelligent Systems, Vol. 17, No. 4, pp. 39-47 (2002)
- [4] 星野准一: ストーリー型エンタテインメント, 情報処理学会誌, Vol. 44, No. 8 pp. 807-810 (2003)
- [5] Sirish K. Somanchi: A Computational Model of Suspense in Virtual Worlds, Liquid Narrative Technical Report, Department of Computer Science, NC State University, TR.03-002 (2003)
- [6] 江連隆: サスペンスによるプロットの構造分析, 弘前大学教育学部紀要, 第 42 号, pp. 23-36 (1979)

- [7] 志賀信夫: サスペンスの盛り上げ方, シナリオ, 13 巻, 8 号, pp. 38-41 (1957)
- [8] Franky Kin-Pong Chan, Ada Wai-chee Fu, Member, IEEE, and Clement Yu: Haar Wavelets for Efficient Similarity Search of Time-Series: with and without Time Warping, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 15, No. 3, pp. 686-705 (2003)
- [9] 森二三男: テレビ視聴時における GSR の集団測定について, Jap. J. of Educ. Psychol., Vol. 8, No. 3-4, pp. 18-24 (1960)
- [10] 中村均: 音楽の情動性が GSR および呼吸に及ぼす影響, 心理学研究, 第 55 巻, 第 1 号, pp. 47-50 (1982)
- [11] Shigeru Sakurazawa, Naofumi Yoshida, and Nagisa Munekata: Entertainment Feature of a Game Using Skin Conductance Response, Proc. ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment, pp. 181-186 (2004)
- [12] M. Strauss, C. Reynolds, S. Hughes, K. Park, G. McDarby, and R.W. Picard: The HandWave Bluetooth Skin Conductance Sensor, Proc. The 1st International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, October 22-24 (2005)
- [13] 山本尚武, 山本辰馬, 一色弘三: 皮膚電気反応による情動計測法とその応用, 電子情報通信学会技術研究報告信学技報, MBE88-41, pp. 47-53 (1988)
- [14] SAW: アスミック・エース, <http://sawmovie.jp/> (アクセス日:2007 年 3 月 6 日)
- [15] The Good Son: Twentieth Century Fox, <http://www.foxjapan.com/> (アクセス日:2007 年 3 月 6 日)
- [16] The Shining: Warner Bros. Studios, <http://www.warnerbros.co.jp/> (アクセス日:2007 年 3 月 6 日)
- [17] Weiss, S.M. and Kulikowski, C.A.: Computer Systems That Learn, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA (1991)

(2007 年 3 月 26 日受付)

## [ 著者紹介 ]

## 岩橋 左侑



2005 年 3 月立命館大学理工学部情報学科卒業。2007 年 3 月同大学理工学研究科情報システム学専攻博士課程前期課程修了。同年 4 月株式会社セガに入社。

## Ruck Thawonmas (正会員)



1987 年タイ国 Chulalongkorn 大学工学部電気工学科卒業。1990 年茨城大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。1994 年東北大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年より日立製作所, 理化学研究所, 会津大学, 高知工科大学を経て, 2004 年 4 月より立命館大学情報理工学部知能情報学科教授。オンラインゲームにおける知的獲得, 双方向物語の自動生成に興味をもつ。