

令和 3 年 6 月 27 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11577

研究課題名(和文) 仮想世界におけるシミュレーションのためのコンテンツ作成共有基盤

研究課題名(英文) Content Creation Sharing Basis for Simulation in the Virtual World

研究代表者

角 薫 (Sumi, Kaoru)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：20332752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユーザが仮想世界でトライ&エラーで入力とその影響を試すことのできる学習支援のための共有基盤について検討した。仮想世界におけるキャラクタの動きのデータベースである動作辞書、オブジェクトの辞書、コンテンツの形容詞にあたる表現をビジュアルとして表す映像エフェクト辞書について検討した。また、キャラクタが仮想世界とのインタラクションにより自律的に動くことができるような動作のシミュレーション、物語の自動展開方法についても検討した。数種類の仮想世界のためのインタフェースについて検討した。学習者に理解しやすい、誰にでも簡単に作成できる教材作成システムとして発展させることが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究でユーザが仮想世界でトライ&エラーで入力とその影響を試すことのできる共有基盤を開発することで、視覚化した学習者に理解しやすい、誰にでも簡単に作成できるシミュレーション機能のある教材作成システムとして発展させることが可能であり、学習支援システムの分野に貢献すると考えている。インタラクティブ・デジタル・ストーリーテリングシステムを学習支援のためのシミュレーションとして応用する日本発のオリジナルな研究として、情報科学・人工知能・ゲーミングなど様々な分野へ貢献できると考えている。

研究成果の概要(英文)：This study investigated a shared infrastructure for learning support that allows users to try and error in a virtual world. We have developed a motion dictionary, a dictionary of objects, and a visual effects dictionary to represent adjective expressions in the virtual world. We also studied the simulation of actions and the automatic development of narratives so that characters can move autonomously by interacting with the virtual world. Interfaces for several kinds of virtual worlds were studied. This system can be developed as a teaching material creation system that is easy for learners to understand and easy for anyone to create.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

研究分野：メディア情報学、アフェクティブ・コンピューティング、インタラクティブ・デジタル・ストーリーテリング

キーワード：仮想世界 学習支援

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、ユーザが仮想世界でトライ&エラーで何度も試すことのできる学習支援のための共有基盤を開発する。

これまで研究代表者が研究を行ってきた手法を用い発展させることで、言葉やアニメーションや映像の断片を組み合わせ、仮想世界で利用される常識知識や視点・感覚・感情を取り入れ、誰でも簡単に物語および映像コンテンツを作成できる映像オーサリングシステムの基盤を開発する。本研究のシステムを利用することにより、何らかの事象が起こると他の環境にどのような影響が起こるのかをシミュレーションでき、それを仮想空間上に視覚化してわかりやすく表現できるため、このようにユーザが自由にシミュレーションを試すことのできる仮想空間を学習教材として提供するものである。

コンピュータ上に物語を生成・表現するインタラクティブ・デジタル・ストーリーテリングシステムの分野の研究は 1990 年代に立ち上がり人工知能の分野の自然言語処理やプランニングの研究者やゲームシナリオ生成の開発者や研究者などを中心として研究が盛んに行われている。Interactive Digital Storytelling(ICIDS), Intelligent Narrative Technologies(INT)などの国際会議では、アメリカ・イギリス・フランス・ドイツの研究者が中心となり運営されている。研究代表者もその運営に携わりインタラクティブ・デジタル・ストーリーテリングシステムの研究を継続して行ってきた。これまで、コンピュータ上に物語を生成・表現するための様々なデジタルストーリーテリングの研究があったが、本研究のような言葉やアニメーションや映像の断片を組み合わせ、常識知識を用い、アニメーションデータの大規模データベースを用いた映像オーサリングシステムのアプローチは研究代表者のグループ独自のものであり、それをさらに発展させた本研究を提案するものである。

本研究はインタラクティブ・デジタル・ストーリーテリングシステムを学習支援のためのシミュレーションとして応用する日本発のオリジナルな研究として、情報科学・人工知能・ゲーミングなど様々の分野へ貢献できると考えている。

研究代表者は、言葉からアニメーションへの情報メディア変換に関する研究、言葉に紐づけされた 3D の動作データの消費者生成メディア(CGMM)を利用したコンテンツ創造に関する研究を行ってきた。そこでは、言葉を入力するとそれに対応したアニメーションを対応づける技術を用いてコンテンツ生成を行っており、言葉に紐づけされたアニメーションデータベースを開発しそれを使えば使うほどデータが成長する方法について研究してきた。また、物語の効果を評価する研究として、登場人物やストーリーの抽象度による物語の効果の調査や映像心理学の成果を活かした学習支援システムの研究、キャラクタの表情による印象とその影響の調査研究も行ってきた。研究代表者のグループはコンテンツ創造や物語の効果や知識処理の分野の研究において実績がある。

本研究は、これらの研究をベースに、ユーザが仮想世界で様々なシミュレーションをすることのできる共有基盤を開発することで、視覚化した学習者に理解しやすい、誰にでも簡単に作成できるシミュレーション機能のある教材作成システムとして発展させることが可能であり、学習支援システムの分野に貢献する。

### 2. 研究の目的

本研究では、ユーザが仮想世界で様々なシミュレーションを試せる学習支援のための共有基盤について検討する。

これまで仮想世界におけるキャラクタの動きのデータベースである動作辞書、オブジェクトの辞書、コンテンツの形容詞にあたる表現をビジュアルとして表す映像エフェクト辞書について検討する。また、キャラクタが仮想世界とのインタラクションにより自律的に動くことができるような動作のシミュレーション、物語の自動展開方法についても検討する。

仮想世界と現実世界のインタフェースとして、行動と感情を用いた物語生成、ナチュラルユーザインタフェース、アフェクティブインタフェース、ブレインコンピュータインタフェース、ロボットインタフェースについても検討する。

### 3. 研究の方法

<物語の展開方法>：

自然言語を基本とした物語展開において、言葉と映像が同時に表示されるシステムを構築し

た。そこでは、知識ベースで物語が展開しているシステムに対して What-If 機能により途中で物語が変更できるような機能を設けた。

ユーザが物語に関する登場人物や場所、オブジェクトの知識を選択してもらう。その知識をもとに物語知識が蓄積されているデータベースを参照し、条件に合った知識や物語知識に適応する。そこから得られた情報を文章構造に組み込むことで文章や物語を生成する。最後に生成された物語をユーザに体験してもらう。以上の流れを複数回、繰り返し行うことでユーザの世界観が作り上げられ、様々なバリエーションの物語ができると考えられる。システム実行画面では左側の本のインタフェースは実際に生成された物語を文章で出力している。また、ページをめくるとユーザ自身が選んだ知識並びにそれを元に推測された物語知識を表示している。右側はユーザが任意で登場人物と場所とオブジェクトを選択することができる。設定し終わった後に生成ボタンを押してもらうことで、物語が生成される。またユーザ自身好きな物語知識を蓄積することができ、右上のボタンを押してもらうと知識蓄積画面へと遷移する。物語知識は複数蓄積されており、ユーザが物語知識の一覧を見てもらうことでユーザ自身、今の状況下ではどの物語知識が適しているのか空欄に打ち込んでもらうことで、選ばれた物語知識の優先度(重さ)が上昇し、物語生成に組み込まれやすくなる仕組みである。「知識蓄積フェーズ」と「物語生成フェーズ」、「知識選択フェーズ」の3つのフェーズが存在する。

知識蓄積フェーズでは、属性に対してそれに伴う物語知識を蓄積することができる。蓄積された知識は即座にデータベースへ蓄積され、物語生成に直ちに反映される。既存の知識とは別に新たに知識が蓄積された場合は優先度(重さ)を設けた。

物語蓄積フェーズでは、物語知識が蓄積しているデータベースへアクセスし、文章生成に必要な情報を取り出し、一時的に保存する。現在の状態から、数ある物語知識からどれが1番適しているかを優先度(重さ)、各タグで判断し、物語を展開していく。文章はある程度型のある文章構造に知識を入れ込むことで生成する。文章構造は3W(誰が、どこで、何を)と物語知識を軸としており、この3Wをユーザが変更可能となっている。各知識に優先度(重さ)などの付加情報を与えているので、選ばれた知識の情報を保持しつつ、現在の状態ではどのような物語の展開が一番ふさわしいのかを恣意的ではなく、パソコン側で自動生成する仕組みを取る。T. Mellouli の物語知識を参考に優先度(重さ)を設定し、値が高いほど IF-THEN の関係は親密であることを指している。

知識選択フェーズは、他の知識を組み合わせユーザに知識を選んでもらうことでユーザの介入ができる WHAT-IF 機能である。組み合わせが完了次第、その知識をもとにシステムが再び物語を生成する。変更可能な部分は3Wの部分である。ユーザが選択した知識の条件下でどのような物語知識が推測されたかを表示している。その物語知識をユーザが見て、ユーザ自身が現在の条件下ではどの物語知識が適当かを選んでもらうことで優先度(重さ)を0.05ずつ付与していき、文章生成に組み込まれる優先度(重さ)を高くしている。物語知識は係り受け解析を用い主語と述語の情報を抽出し1500の知識を抽出した。被験者を用いた実験により物語が面白く自然であることが評価された。

<言葉と映像を結びつける辞書> :

修飾語の表現に対応する映像エフェクトの辞書システムを構築し、GWAP(Game With A Purpose)を用いて特定の修飾語におけるオブジェクトに対応する映像エフェクトの構造化データを獲得する枠組みを構築した。GWAPとは、ゲームプレイの副産物として何らかの目的を達成しようとするゲームのことである。本システムの目的は、修飾語と名詞の組み合わせから想起される映像エフェクトのイメージを構造化するためのデータをGWAPによりユーザにゲームをしてもらいながら収集した。下記の映像エフェクトにおいて、どのような言葉が対応するかについての構造化データを取得した。

- ・ゲームエフェクト : 6種類
- ・光グループ : 8種類
- ・光グループ2 : 7種類
- ・水・冷氣グループ : 8種類
- ・湯気グループ : 6種類
- ・爆発・炎グループ : 5種類

<インタフェース> :

ユーザの行動と感情により自動的に物語が展開されるシステムを構築した。そこでは、1) 現実ではあり得ない不思議な道具を設定しそれをプレイヤーがハンドコントローラーを用いることにより物語を展開する。2) プレイ中のプレイヤーの感情をリアルタイムに取得し表情により FACS (Facial Action Coding System)を用い感情を取得し、それに応じたコンテンツ側のリアクションを出力する。3) プレイヤーの動作と感情の履歴によりテキストを出力する。VR HMD 上で Web Camera とコントローラー(Oculus Touch)を用いて、行動を認識し、Paul Ekman らの FACS (Facial Action Coding System)理論を用いて表情を取得し、感情の取得を行った。プレイヤーの仮想空間上での行動と、その行動をした時の感情から1つの文章を生成し、それらをまとめることにより1つの物語が生成される。FACSを利用したシステム Affdex では7種類の感情

(喜び, 恐怖, 嫌悪, 悲しみ, 怒り, 驚き, 軽蔑)を取得した.

本システムを用いて生成された物語がこれまでのユーザ自身の行動を想起させ, 学習システムとして用いた場合に役立つ可能性が示唆された.

その他, 身の回りにあるものを用いたナチュラルインタフェース, アフェクティブインタフェース, ブレインコンピュータインタフェースについてもそれぞれ可能性を探った.

ナチュラルユーザインタフェースについては特別なインタフェースを用いなくても自動的にコンテンツが展開されるインタフェースである. アフェクティブインタフェースとしては, 表情から感情を読み取り動的にコンテンツを提示する手法について検討した. ブレインコンピュータインタフェースとしては, 脳波からの情報である P300 を用いて対象を動作させるインタフェースを検討した. ロボットインタフェースとしては, 対話することにより動的に学習させることによるインタフェースを検討した.

#### 4. 研究成果

##### 学術論文誌

・矢吹 溪悟, 角 薫, ヒューマノイド・ロボットを用いた語用障害をかかえる人との対話を学習するシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2020, 22 巻, 2 号, p. 151-164, 2020/05/25, Online ISSN 2186-8271, Print ISSN 1344-7262, [https://doi.org/10.11184/his.22.2\\_151](https://doi.org/10.11184/his.22.2_151) (2020).

・Thomas James Z. Tiam-Lee and Kaoru Sumi: Analysis and prediction of student emotions while doing programming exercises. International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Lecture Notes in Computer Science, (2019.6). **(Best Full Paper Award)**

##### 書籍 (チャプター)

・Kaoru Sumi, Keigo Yabuki, Thomas James Tiam-Lee, Abdelkader Nasreddine Belkacem, Quentin Ferre, Shogo Hirai and Teruto Endo Cooperative game using P300 brain computer interface, Assistive & Rehabilitation Engineering, ISBN 978-1-78923-884-6 (2019).

##### 国際会議 (査読付き)

・Shusuke Sato & Kaoru Sumi: Story Generation System Using Player's Emotions for Review in Gamed-Based Learning. In 28th International Conference on Computers in Education (2020.11), **(Best Technical Design Paper award)**.

・Toshiro Kashiwagi, Kaoru Sumi: Crystal Palace: Manipulating Virtual World with Props in Real-world, Demo session, IEEE VR2020, Atlanta(2020.3).

・Tiam-Lee, J., & Sumi, K. (2019). Classification of Emotions in Programming from Face and Log Features Using Representative Intervals. In 27th International Conference on Computers in Education, (2019.12) **(Nominated for Best Student Paper award)**.

・Tiam-Lee, J., & Sumi, K. (2019). Analysis of Student Behaviors in Programming Exercises in Controlled and Natural Environments. In Learning Analytics Workshop at the 27th International Conference on Computers in Education, (2019.12).

・Keigo Yabuki and Kaoru Sumi: Ambiguous Utterance Aware: Communication Learning System for Pragmatic Language Disorders Using a Humanoid Robot, The 10th International Conference on Awareness Science and Technology, (2019.10).

・Toshiro Kashiwagi, Kaoru Sumi, Sid Fels, Qian Zhou, and Fan Wu: Crystal Palace: Merging Virtual Objects and Physical Hand-held Tools, 3DUI Contest, IEEE VR2019, Osaka(2019.3).

##### 国内会議

・柏木敏朗, 角薫: 遠隔からキャラクタエージェントとして参加することにより空間を共有するテレコミュニケーションシステム, インタラクション 2021, 1B-03, 情報処理学会

(2021.3). (査読有り) インタラクティブ発表賞 (PC 推薦)

・ 柏木敏朗, 角 薫 : 球体型ディスプレイを用いた遠隔地の空間共有するシステム, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 矢吹溪悟, 角 薫 : WOZ 法を用いた語用障害をかかえる人の特徴を再現する対話システムの学習効果の検討, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 成田 周平, 角 薫 : 印象の特徴を顔の部位で表現した 3D キャラクタの評価, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 小玉凌平, 角 薫 : 仮想空間上の無生物の 3D オブジェクトを対象とした生物らしいアニメーションの生成, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 羽生皇介, 角 薫 : 状況を判断する視線インタフェース, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 土井凜太郎, 矢吹溪悟, Dominic K. Bagenda, 角 薫 : 発展途上国のための遠隔地から学習アプリケーションを仲介するシステムの評価, 情報処理学会第 83 回全国大会, 情報処理学会(2021.3).

・ 佐藤秀輔, 角薫: 仮想空間における人と物体とのインタラクションに着目した行動認識の研究, インタラクション 2021, 1B-03, 情報処理学会 (2021.3). (査読有り)

・ 矢吹溪悟, 角薫: 慣用表現における語用障害をかかえる人の特徴を再現する対話システムの研究, ことば工学研究会, 人工知能学会 (2020.3) .

・ 佐藤秀輔, 角薫: オブジェクトとのインタラクションを用いた物体主体の行動認識手法の研究, ことば工学研究会, 人工知能学会 (2020.3) .

・ 山崎健成, 角薫: 映画の脚本からシーンを自動生成する英会話学習システムの研究, ことば工学研究会, 人工知能学会 (2020.3) .

・ 園田康記, 角薫: 開発途上国におけるヘルスケア教育を支援するシリアスゲームの開発, ことば工学研究会, 人工知能学会 (2020.3) .

・ 谷誠人, 角薫: 仮想空間のバーチャルエージェント同士の対話における効果的なインタビュー手法の研究, ことば工学研究会, 人工知能学会 (2020.3) .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Thomas James Z. Tiam-Lee and Kaoru Sumi	4. 巻 LNCS, volume 11528
2. 論文標題 Analysis and prediction of student emotions while doing programming exercises	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 pp 24-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-22244-4_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 矢吹 溪悟, 角 薫	4. 巻 22-2
2. 論文標題 ヒューマノイド・ロボットを用いた語用障害をかかえる人との対話を学習するシステム	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 151-164
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.22.2_151	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Shusuke Sato & Kaoru Sumi
2. 発表標題 Story Generation System Using Player's Emotions for Review in Gamed-Based Learning
3. 学会等名 Conference on Computers in Education (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiro Kashiwagi, Kaoru Sumi
2. 発表標題 Manipulating Virtual World with Props in Real-world
3. 学会等名 IEEE VR2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tiam-Lee, J., & Sumi, K.
2. 発表標題 Classification of Emotions in Programming from Face and Log Features Using Representative Interval
3. 学会等名 n 27th International Conference on Computers in Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tiam-Lee, J., & Sumi, K.
2. 発表標題 Analysis of Student Behaviors in Programming Exercises in Controlled and Natural Environments
3. 学会等名 Learning Analytics Workshop at the 27th International Conference on Computers in Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keigo Yabuki and Kaoru Sumi
2. 発表標題 Ambiguous Utterance Aware: Communication Learning System for Pragmatic Language Disorders Using a Humanoid Robot
3. 学会等名 The 10th International Conference on Awareness Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢吹 深悟, 角 薫
2. 発表標題 慣用表現における語用障害をかかえる人の特徴を再現する対話システムの研究
3. 学会等名 ことば工学研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiro Kashiwagi, Kaoru Sumi, Sid Fels, Qian Zhou, and Fan Wu
2. 発表標題 Crystal Palace: Merging Virtual Objects and Physical Hand-held Tools
3. 学会等名 3DUI Contest, IEEE VR2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤秀輔, 角薫
2. 発表標題 オブジェクトとのインタラクションを用いた物体主体の行動認識手法の研究
3. 学会等名 ことば工学研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎健成, 角薫
2. 発表標題 映画の脚本からシーンを自動生成する英会話学習システムの研究
3. 学会等名 ことば工学研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 園田康記, 角薫:
2. 発表標題 開発途上国におけるヘルスケア教育を支援するシリアスゲームの開
3. 学会等名 ことば工学研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 谷誠人, 角薫
2. 発表標題 仮想空間のバーチャルエージェント同士の対話における効果的なインタビュー手法の研究
3. 学会等名 ことば工学研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八幡望, 角薫
2. 発表標題 語知識とWHAT-IF機能を用いた物語生成支援システム
3. 学会等名 エンターテインメントコンピューティング研究会, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会(
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤秀輔, 角薫
2. 発表標題 プレイヤーの感情を利用したゲームベースの物語生成システム
3. 学会等名 エンターテインメントコンピューティング研究会, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kaoru Sumi, Keigo Yabuki, Thomas James Tiam-Lee, Abdelkader Nasreddine Belkacem, Quentin Ferre, Shogo Hirai and Teruto Endo	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Intech Open	5. 総ページ数 17
3. 書名 Cooperative game using P300 brain computer interface, Assistive & Rehabilitation Engineering	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------