

## エンタテインメント工学教育の枠組みと実践

星野 准一<sup>1)</sup> 宇津呂 武仁<sup>1)</sup>

1) 筑波大学大学院システム情報工学研究科

## Framework and Practice of Entertainment Engineering Education

Junichi Hoshino<sup>1)</sup> Takehito Utsuro<sup>1)</sup>

1) Graduate School of Information Engineering, University of Tsukuba

### アブストラクト

エンタテインメントは私たちの生活を豊かにするとともに、経済的にも大きな影響力を持っている。近年のエンタテインメントは多様化しつつあり、従来のゲーム、アニメ、映画、体験型アトラクションなど個々が独立したものではなく、横断的に体験できるものも増えてきている。しかしアニメやゲームなどの特定分野の専門スキルを習得するカリキュラムは実施されているが、エンタテインメントは多様であるため必要となる知識やスキルも幅広く体系化が難しい。また xR(VR/MR/AR)、リアルタイム CG、ゲーム AI, IoT(internet of things)などの高度な技術を利用したものが増えているが、既に関係されたツールを活用するだけでなく、原理に遡って理解することや独自の新技術を開発することも重要となる。本稿では、エンタテインメント工学教育のコンピテンシーを、基礎力、デザイン力、プロデュース力に整理するとともに、大学の学部や前期・後期課程の大学院を想定したカリキュラムの構成例について述べる。また筑波大学での 2002 年からの学部や大学院での授業例と研究事例を紹介するとともに、今後の課題について考察する。

### Abstract

In recent years, entertainment is becoming diversifying, and traditional game, animation, movies, and attractions are experienced crossingly. Curriculum of specific field such as game and animations are relatively systematized, but it's difficult to cover variety of entertainment. In this paper, we describe the framework and practices of entertainment engineering education. We organize competencies of entertainment engineering into basic, design, and produce, and describe examples of curriculum composition for university and graduate schools. Based on the improvements since 2002, we summarize the interaction between curriculum and practice, and possible future plans.

## 1. はじめに

エンタテインメントは私たちの生活を豊かにするとともに、社会的にも大きな影響力を持っている。エンタテインメントの原型はストーリー、ゲーム、音楽など古くから存在するが、技術の進歩や、個人の生活スタイル、社会状況によっても変化している。エンタテインメントの応用範囲は広く、教育や健康維持などの社会的課題を解決する手段としても活用されつつある。また車や家電、事務用品、日用品などのプロダクトや、観光などのサービスでもエンタテインメント性を取り入れることで、利用者の動機付けや行動誘発、顧客エンゲージメントの向上や、ポジティブな情動を創出する手段としても活用されている。

エンタテインメントに関連したクリエイティブ産業政策[20]としては、日本におけるコンテンツ振興法(2004)やクールジャパン戦略(内閣府2020)、英国のCreative British(2008)、デジタルフランス(2009)、中国の文化産業振興計画(2016)、韓国の文化芸術発展戦略(2012)、台湾の文化創意産業発展計画(2005)、シンガポールのDesign Singapore Initiative(2004)など世界各国で国策として振興に力が入れている。これらの施策においてもクリエイティブ分野の持続的な発展のためには人材育成が重要とされている。

しかし、これまでにアニメやゲームなどの特定分野の専門スキルを習得するカリキュラムは実施されているが、エンタテインメントは多様であるため、必要となる知識やスキルも幅広く体系化が難しい。技術やコンテンツのデザインのみでなく、社会、心理、ビジネスなど、従来の分類では異なる学部や大学院で教えられている知識が関わっている。また近年のエンタテインメントにおいては、XR(VR/MR/AR)、リアルタイムCG、ゲームAI、IoT(internet of things)などの高度な技術を利用したものが増えているため、既に開発されたツールを活用するだけでなく、原理に遡って理解することや独自の新技术を開発できることも重要となる。

このような多様な学習内容に一貫性を持たせるためのアプローチとして、大学教育ではコンピテンシーを重視したカリキュラム構成が行われつつある。コンピテンシーとは、職務や役割における優れた行動に結びつく個人特性であり、読解力、文章力、計算力のような測定しやすいスキルや、専門知識のみでなく、個人の動機付け、自己の特性の認識、リーダーシップ、コミュニケーション能力などの測定しにくい能力も重視している[1,2,3,4,5]。

本稿では、エンタテインメント工学教育のコンピテンシーを、基礎力、デザイン力、プロデュース力に整理するとともに、大学の学部や前期・後期課程の大学院を想定したカリキュラムの構成例について述べる。また筑波大学での2002年からの学部や大学院での授業例と研究事例を紹介するとともに、今後の取り組みについて考察する。

本稿は次のような読者を想定している：

- 各大学の特色に合わせた学部・大学院におけるエンタテインメント工学分野のカリキュラムを設計する教育者
- エンタテインメント工学分野のキャリアに関心のある学生

- 新技术を活用したエンタテインメントを開発する企業の開発部や研究所の研修担当者
- エンタテインメント工学分野の施策の立案を行う行政組織など

## 2. 従来研究

### 2.1 エンタテインメントの役割と効果

エンタテインメントの定義は辞書によると「人を楽しませるもの。楽しむためのもの。娯楽。」(三省堂 大辞林 第三版)であるが、楽しさを得るのみでなく、様々な人生体験の獲得や、満足感や幸福感のような主観的ウェル・ビーイング(subjective well-being)の向上においても活用されている[27,28]。エンタテインメントの能動的な体験は、遊びの文化論[20]や、遊びの分類[22]、遊びの統合理論[23]、楽しさが感じられる没入体験であるフロー[25]や、マーケティング分野の経験価値[30]とも関連が深い。また、ゲーム分析学(Game analytics)[23]におけるユーザー体験の分析・評価や、エンタテインメント心理(Entertainment psychology)[29]における動機付け、欲求、報酬、好奇心、記憶と感情などの観点からの研究も進んでいる。最新の研究成果はCG、AI、CHIなどの個々の技術分野の論文誌やEntertainment Computing Journal[31]などの専門誌にも掲載されている。

### 2.2 コンピテンシーの概念

コンピテンシーは心理学分野の概念であるが、1980年代からビジネス分野や教育分野でも研究が進んでいる。White(1959)は精神分析や動物心理学の分野での研究を参考にコンピテンシーを「環境と効果的に相互作用する有機体の能力」と定義して、本能とは異なる動機付けの要因として考えた。McClelland(1982)は就職試験の際に使われていた知能テストや適性検査が、必ずしも仕事の成果やその他の社会的活動における成果を予想するものではないことに着目した。そして個人の経験、知識、能力などの測定も重視するとともに、自らどのように改善すれば良いかの指針になることも必要であると考えた。Evarts(1987)は専門知識や技術などのテクニカルスキルに加えて、リーダーシップやコミュニケーション能力などのヒューマンスキル、環境変化に対応する能力、問題発見・解決能力などのコンセプチュアルスキルも重要であるとしている。教育分野でもOECD(経済協力開発機構)が行う国際学力調査(PISA)において、キー・コンピテンシーとして、1)社会・文化的、技術的ツールを相互作用的に活用する能力、2)多様な社会グループにおける人間関係形成能力、3)自律的に行動する能力が挙げられている。

### 2.3 エンタテインメント工学に関連した教育

ハイテク分野のエンジニアの育成を目的としたものとしては、米国、カナダ、香港、オーストラリア、アフリカなどの各国でSTEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)教育が進められている。STEMでは科学・技術・工学・数学の統合的な理解や、自分で学び、自分で理解していくことを重視している。近年ではSTEMにリベラルアーツや芸術を含むArtを加えたSTEAM教育[19]も進められつつあるが、子供の美術離れの観点からも重視されつつある。国際ゲーム開発者協会である

IGDA(international game developers association)ではゲーム分野のカリキュラムフレームワークを提案している。ゲームプログラミング、デザイン、分析学や、ゲームの社会学、心理学、シリアスゲームなどの応用の観点からのトピックスが体系的にまとめられている。文献[32]ではゲーム分野のコンピテンシーとして、1)コンテンツ制作、2)ビジネス、3)テクノロジー、4)ユーザーと社会の理解が挙げられている。教育機関でもニューヨーク大学(NYU)の芸術学部(Tisch school of arts)のゲーム学科(Department of Game Design)などでゲームデザインに重点を置いた体系的なカリキュラムが実施されている。

## 2.4 本稿のエンタテインメント工学教育の特徴

STEAM教育ではリベラルアーツや芸術も重視しているが、現状では小・中学校の総合的な学習の時間や、高等学校の総合的な探究の時間での活用を主に想定している[19]。またIGDAなどのゲーム産業界のカリキュラムフレームワークやNYU Game Centerなどのカリキュラムでは、ゲームのルールやメカニクス、レベルデザイン、ユーザーインターフェースなどのゲーム作品の構成法や、ゲームプログラミング、ゲームの視覚デザイン、音響などが組み込まれている。

本稿ではこれらの試みに対して、大学の学部および前期・後期課程の大学院におけるエンタテインメント工学教育を想定している。ゲームやアニメなどの既存のエンタテインメントの制作スキルの習得に限定せず、社会や個人の生活にポジティブな効果をもたらす新しいエンタテインメントも対象にする。また、卒論・修論・博論などでの、エンタテインメントのための新技術の開発や、ユーザー評価など、エンタテインメント工学に関する基礎研究も考慮に入れている。

## 3. エンタテインメント工学教育の枠組み

### 3.1 エンタテインメント工学教育の課題

1章でも述べたようにエンタテインメント工学教育の課題としては、次のようなものが挙げられる。

- ・テクノロジーや、社会、心理、ビジネスなど多様な分野の知識を理解して、制作課題や研究に統合的に活用することは容易ではない。
  - ・学生のバックグラウンドは、工学、芸術、デザイン、社会、経営、生物など多様である。
  - ・新しいユーザー体験を実現するためのxR(VR/MR/AR)、リアルタイムCG、ゲームAI、IoT(internet of things)などの独自技術を開発するためには原理から遡って理解することも必要となる。
  - ・持続可能性などの社会的課題や、生活の質、ウェルビーイングの向上などの個人の生活へのポジティブな効果も考慮に入れて、デザインやプロデュースを行うことも必要となる。
- これらの課題も考慮に入れてコンピテンシーや授業案などを設計する。

### 3.2 エンタテインメント工学分野のコンピテンシー

エンタテインメント工学教育で想定している対象者や人材育

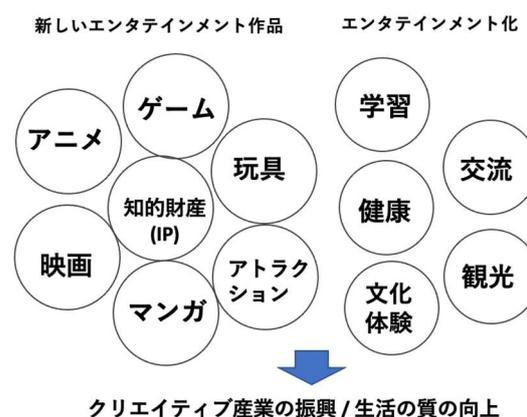


図1. 多様なエンタテインメント

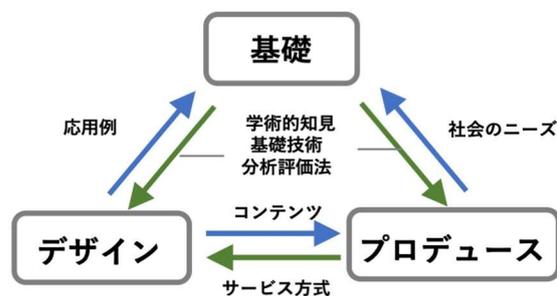


図2. エンタテインメント工学分野のコンピテンシー

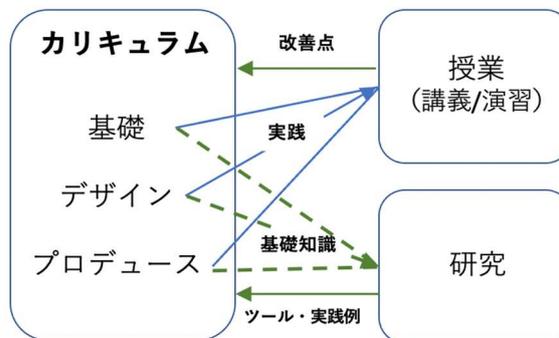


図3. カリキュラムの実践による改善プロセス

成の目的、コンピテンシー、科目との対応付けについて述べる。

#### 3.2.1 スコープ

大学の学部および前期・後期課程の大学院においてエンタテインメント工学を学ぶ学生を対象とする。

#### 3.2.2 人材養成の目的

多様な地域や文化から構成される国際社会において、社会や個人の生活にポジティブな効果をもたらすエンタテインメントの設計・制作や、新しいユーザー体験技術の開発、サービス方式の開発を行うことができる人材を育成する。

#### 3.2.3 コンピテンシー

本稿では、3.2.2を達成するために必要と考えられるコンピテンシーを基礎力、デザイン力、プロデュース力の3つに主に整理する。

### 1) 基礎力

数学・物理などの基礎や、視覚・聴覚・言語メディア技術、デバイス技術、人工知能技術、エンタテインメント心理などの知識を身に付けて活用することができる。

- a) 数学や物理などの基礎を理解できる能力：線形代数やベクトル解析、微分積分、力学、流体などの基礎的な知識を身に付けて活用することができる。
- b) 体験メディア技術の原理を理解できる能力：画像や音声、言語、デバイスなどのメディア技術の原理を理解して活用することができる。
- c) ユーザー体験時の心理を分析できる能力：欲求や感情、動機付け、共感、フローなどのポジティブ心理に関する知識を身に付けてユーザー体験を分析することができる。

### 2) デザイン力

ゲーム、アニメ、体験型アトラクションなどの多様なエンタテインメントの分析や、異分野の制作者のコミュニケーションにより、エンタテインメントの設計・制作・評価を行うことができる。

- a) 多様なエンタテインメントを分析する能力：エンタテインメント作品の構成要素やメカニズム、体験方法について分析するとともに、既存の作品について独自の観点から論じて伝えることができる。
- b) エンタテインメントの設計・制作・評価を行う能力：独自のコンセプトに基づいて、設計・制作を行い、有効性について評価するとともに、効果的にプレゼンテーションをすることができる。

### 3) プロデュース力

社会や個人の生活にポジティブな効果をもたらすエンタテインメントのサービス設計を行い、倫理・法律・著作権を配慮した実用化により国際社会に広く発信することができる。

- a) 社会的課題を考慮に入れてサービスを設計できる能力：持続可能性やウェルネスなどの社会的課題も考慮に入れて新しいサービスの設計を行うことができる。
- b) 異分野の制作者とのコミュニケーションを行う能力：工学、デザイン、心理・認知、社会学などの多様な分野の制作者のコミュニケーションや連携管理を行うことができる。
- c) 国際的に発信できる能力：倫理・法律・著作権などを考慮に入れて国際社会に広く発信することができる。

図2に基礎力、デザイン力、プロデュース力の各コンピテンシーの関係を示す。基礎力の向上により、デザインやプロデュースの過程で、学術的な知見や、基礎技術、分析・評価に関する知識を活用することが容易になる。デザイン力の向上により、新しいユーザー体験のデザインや、技術開発のための問題抽出、プロタイプ開発による検証作業が促進する。またプロデュース力の向上により、社会的ニーズを反映した技術開発やユーザー体験デザインが容易になると考えられる。

図3にカリキュラムの実践による改善プロセスについて示す。エンタテインメント工学分野は社会状況や技術の進歩によって変化するため、定常的な改善が重要となる。授業の実践からは実施に伴う課題の抽出を行いカリキュラムに反映させる。また

研究の実践により、新しいユーザー体験技術や、研究の過程で利用したツール、システム開発例やサービス開発例などをカリキュラムに反映させる。

### 3.2.3 目標レベル

表1に大学および大学院でのコンピテンシーの一般的な目標レベルの例を示す。

#### a) レベル1

- ・基礎：大学レベルの数学・物理やメディア技術に関する知識や考え方を身に付けている。
- ・デザイン：多様なエンタテインメントの構成要素を分析できるとともに、制作課題による企画・制作・評価を行うことができる。
- ・プロデュース：サービス事例のケーススタディや倫理・法律・著作権などに関する知識を身に付けて、説明したり考察することができる。

表1 各コンピテンシーの一般的な目標レベルの例

	レベル1	レベル2	レベル3
基礎	初歩的な基礎の理解	学部（大学院）水準の基礎理解	独自の基礎技術の開発
デザイン	チュートリアルの実施	独自の問題設定による制作	公開可能なコンテンツ制作
プロデュース	ケーススタディと考察	社会的課題を考慮に入れた設計	普及も考慮に入れた設計

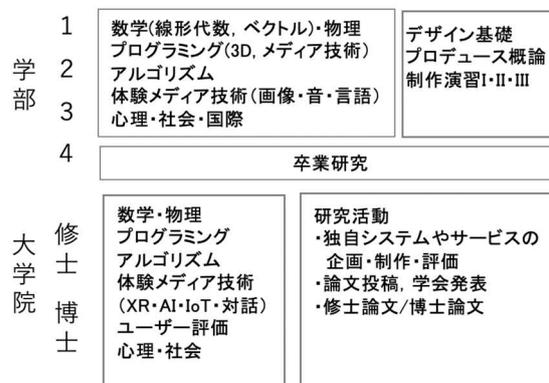


図4. カリキュラムの構成イメージ

#### b) レベル2

- ・基礎：大学院レベルの数学・物理や、メディア技術を原理的に理解するとともに、ユーザー体験の心理に関する知識を身に付けている。
- ・デザイン：独自の課題設定によるエンタテインメントの企画・制作・評価を行うことができる。
- ・プロデュース：既存のサービス事例を発展させて、社会的課題を考慮に入れたサービスを設計することができる。

#### c) レベル3

- ・基礎：基礎を踏まえて新しいエンタテインメントを実現する新技術を開発できる。
- ・デザイン：公開可能な完成度のエンタテインメント作品を制

作することができる。

- ・プロデュース：国際的な普及を考慮に入れたサービスを設計することができる。

これらは学部・大学院を通した大まかな目標イメージであるため、教育評価に利用するルーブリックなどを作成する際には、各項目を具体化して、入学時はレベル1、卒業時はレベル5などの評価点を付けやすい基準を設定する必要がある。

### 3.3 授業科目とコンピテンシーの関連

基礎力、デザイン力、プロデュース力の各コンピテンシーに授業科目を対応付けると次のようなものが考えられる。

#### 1) 基礎力

- ・数学（線形代数、解析）、物理（力学、流体）
- ・体験メディア工学（視覚・聴覚・言語メディア、人工知能、メカトロニクス）
- ・情報工学（応用数学、数値計算、リアルタイム3Dグラフィクス、ネットワーク、データベース、オペレーティングシステム、プログラミング）
- ・エンタテインメント心理（ウェルビーイング、欲求、動機付け、感情、対人心理、ポジティブ心理、社会的関係など）

#### 2) デザイン力

- ・エンタテインメント分析学（ゲーム、アニメ、玩具、エンタテインメントロボット、VRエンタテインメント、メディアアートなど）
- ・エンタテインメント構成法（ストーリーテリング、ゲーム、シナリオ、キャラクター、グラフィクス、音楽・音響など）
- ・エンタテインメント制作演習（分析・調査、設計、制作、評価、コンテンツ論文、プレゼンテーション、ポートフォリオ、グループワーク）

#### 3) プロデュース力

- ・研究プロジェクト（研究企画・実施、学術論文、卒論・修論・博論）
- ・サービス企画演習（ケーススタディ、国際動向、倫理・著作権・知的財産）
- ・インターンシップ、社会貢献活動、学会運営参加

### 3.3 入学審査

日本の大学では一般的に共通テストの活用や各大学における基礎科目の入学試験が実施されている。これらの基礎科目の試験に加えて、2次試験などで書類審査や面接を実施できる場合は、これまでの制作物のポートフォリオ、既存作品の分析課題、チーム開発の経験やその中で役割、エンタテインメント工学分野の将来展望に関する考察レポートなどを提出して貰うことも考えられる。

### 3.4 大学の特色を活かしたカリキュラムの実装

個々の大学によって教員の専門性や、目標とする人材が異なるため、科目の構成や内容も変わってくると考えられる。ゲーム、CGアニメーション、メディアアート、ライブパフォーマンス、デバイスやロボットを利用したエンタテインメント、eスポーツを重視するなど、さまざまな取り組みが考えられる。

例えばゲームに重点を置く場合は次のような内容が考えられる。

#### 1) 基礎

- ・線形代数やベクトル解析、物理シミュレーションなどの基礎
- ・リアルタイムCGやゲームAIの基礎と応用
- ・対話システム、VRシステム、サウンド技術の基礎
- ・ゲームプログラミング基礎
- ・ゲーム心理（動機付け、フロー、習慣性など）、ゲーム分析学

#### 2) デザイン

- ・ゲームのルールとメカニクス（対戦ゲーム、協力ゲーム、チーム戦ゲーム、ソロゲーム、裏切り者ゲーム、シナリオゲームなど）
- ・ボードゲーム、カードゲーム、リアルゲーム（テニス、バスケットボール、卓球、ゴルフなど）、子供の遊び
- ・ステージ設計、ゲーム内経済、レベルデザイン、経験価値など
- ・ストーリー、キャラクター、サウンド、ゲームインタフェース、VRゲーム環境の設計と製作
- ・ユーザー評価（行動分析、アンケート評価など）

#### 3) プロデュース

- ・ゲームの発達の歴史、ゲームの市場構成、ゲームの社会的影響、国際比較、eスポーツ
- ・ゲームの社会応用（シリアスゲーム、ゲーミフィケーション、games for change、地域活性化など）
- ・制作管理、著作権管理、レーティング、デベロッパー/パブリッシャーの役割など

## 4. 大学における授業の実践例

一般的に学部および前期・後期課程の大学院ではそれぞれの分野の基礎や専門の授業が行われているため、これらの科目と補完的になるように、エンタテインメント工学の講義や演習科目を構成することが考えられる。本章では筆者らによる筑波大学での実践例について紹介する。

### 4.1 学部における授業の実践例

基礎・デザイン・プロデュースの統合的な活用を学ぶ場としては、プロジェクト型学習(PBL: project-based learning)の演習授業が考えられる。ロボットコンテストなどの競技系の授業では、特定のゴールを決めて実現方法を工夫させることが多いが、エンタテインメント工学分野の演習授業では、各自で制作目標を設定する点の特徴になる。

#### 4.1.1 コンテンツ工学システム

主に学部1年生を対象として2007年から実施している。初期

の授業では最初から自由なテーマで考えて貰ったが、技術で何ができるか分からないのでコンセプトを考えにくい様子が見られた。そのため、利用できる可能性のある技術の紹介や、ツールの利用に関する練習を行った後に、グループワークにより自由課題の制作を行う順番に工夫した。各週の内容としては、エンタテインメント工学分野の研究紹介、Unityの初歩、3Dプリンタの利用、processingによるAIシミュレーションの初歩、4～5名程度のチームによるkinectを利用したインタラクティブなコンテンツの企画と制作、デモビデオ制作などを実施している。自由課題作品としては、運動や健康維持のためのコンテンツや、ジェスチャ認識を利用した音楽ゲーム、感情を増幅するコミュニケーション支援デバイスなどの様々な作品制作とプレゼンテーションが行われている。

#### 4.1.2 エンタテインメントコンピューティング演習

主に学部3年生を対象として2007年から実施している。プログラミングの初歩は履修済みである前提で、エンタテインメントのデザインプロセス(コンセプト設計、プロトタイプ開発、評価、改善)を体験させることを狙いとしている。論文読解レポート(論文概要、考察など)と、制作課題レポートを提出して貰うとともに、課題発表会でプレゼンして貰う。これまでの課題作品としては1～3名程度の自由なグループを作り、衣服へセンサーやLEDを埋め込んだファッション、モバイル機器を利用した子供の遊びの拡張、VR空間の音シューティングゲーム、映像投影を利用した風鈴、人形劇とプロジェクション映像を融合した舞台など、デバイス、認識技術、映像制御などを融合的に活用したエンタテインメント作品の制作が行われた。

#### 4.1.3 応用プログラミング

主に学部3年生を対象として2002年から実施している。C言語によるプログラミングの初歩を取得しているという前提で、オブジェクト指向言語の基本概念とプログラミング技法を習得するとともに、自分でインタラクティブなシステムをデザインして実装できることを目標としている。2020年度よりUnityとC#を利用している。

各週の学習内容の構成例を表2に示す。自由課題は各自で自由なテーマを設定して貰い、創意工夫(アイデア、コンセプト)、ソフトウェアの完成度などの観点から評価する。次のような自由課題レポートを提出して貰うとともに、3分程度のプレゼンと質疑を行う。

##### 1) コンセプト

- ・アプリ名称
- ・ユーザーは誰を想定したもので、どのようなユーザー体験を提供するか(ゲームであれば、ゲームの目的、遊び方、ルールなど、どのように楽しんで貰いたいのか)。
- ・どのような問題を解決するか、何を便利にするか、何を伝えたいか。
- ・新規性、工夫点、他のアプリより差別化できる点。

##### 2) アプリケーションの基本機能

- ・使い方(ユーザーが何を入力すると、何が起きるか)。
- ・UI(画面)の基本構成(どこに、どのような機能が配置され

表2 コンテンツプログラミング演習の授業構成例

<b>プログラミング言語の基礎</b>
オブジェクト指向の基礎(オブジェクト指向言語の特徴、クラスの定義、継承、抽象クラス、インタフェース)
<b>2D/3Dオブジェクト制御</b>
イベント駆動、3Dオブジェクトの位置と回転の制御、カメラの概念と制御、IK(inverse kinematics)、キーボード・マウス入力、照明環境の設定
<b>ゲームアルゴリズム</b>
ステートマシン、ナビゲーションメッシュ、パスファインディング、キャラクターアニメーション、ゲームシナリオ制御など
<b>ゲームメカニクス</b>
FPS(first person shooter)、ブロック崩し、レースゲーム、スクロール型アドベンチャーゲームの遊び方やメカニクスをサンプルプログラムから学ぶ
<b>実世界インタラクション</b>
Kinectなどを利用した人体検出などを利用したゲームオブジェクトのインタラクション制御
<b>自由課題の制作とプレゼンテーション</b>
コンセプト設計、ユーザー体験設計、システム設計と開発、システムテストと改善などの一連のプロセスを体験する。デモビデオとスライドによる効果的なプレゼンテーション、レポート提出

るか)、UIの画面遷移(どのボタンを押すと画面が切り替わるなど)。

- ・ゲームであれば、ゲーム場面上に見えているオブジェクトの種類、機能、動き方。アルゴリズムが含まれる場合はアルゴリズムの概要。
- 3) システム詳細仕様:
  - ・全てのクラスの機能概要、主要な変数の役割、主要なメソッドの機能概要、抽象クラスをどのように利用したか。
- 4) 分析・評価
  - ・目標とする機能をどこまで実現できたか、実際に作成して体験してみた結果。
- 5) 今後の課題
  - ・時間があれば実現したかった機能など。

これまでの課題作品としては、物理シミュレーションを使ったシューティング、RPG、オセロ、神経衰弱などのゲームAIアルゴリズムを利用したもの、ライフゲームなどの数理アルゴリズム使ったもの、健康管理アプリ、各自の趣味に役立つようなアプリ、オンライン対戦など授業で扱った以上の機能を自分で勉強して活用したものなど、各自で様々な工夫を行ったものが見られた。

## 4.2 大学院における授業の実践例

修士および博士の学生を対象としたコンテンツ工学の授業では次のようなトピックスを取り上げて解説している。表3に各週の概要を示す。毎週の課題としては、その週のトピックスに関連した論文調査や、エンタテインメントの企画課題、今後取り組むべき技術的課題についての考察などを提出して貰っている。最終レポートとしては、次のような課題を出している。

### 1) 従来研究の調査と考察

次のようなテーマを設定して論文調査と考察を行った結果を提出する。

- a) アニメーション生成技術（多様な3Dモデルの生成技術、人物アニメーション技術、レンダリング技術を含む）
- b) フィジカル・コンピューティング（物理デバイスを主に利用したもの、3Dプリンタ、ロボットなどを活用したものなど）
- c) ゲームテクノロジー（ゲームAI、3D情景のプロシージャル生成技術、ストーリー生成技術、エージェント技術などを含む）
- d) 学習効果のあるゲーム・エンタテインメント（シリアスゲーム、エデュテインメント、Games for Changeなど）

### 2) コンテンツ制作と公開

「生活の質を高めるエンタテインメント」をテーマとしたiPhoneあるいはAndroidの独自コンテンツや小規模アプリなどを制作して一般公開して貰う。コンテンツの概念設計、詳細設計、公開した結果（ダウンロード数やユーザの反応など）をまとめたレポートを提出して貰う。独創性、完成度、公開した結果などの観点から評価を行う。

受講生からのコメントとしては、他の分野の学生がゲームやアニメーションなどのコンテンツ工学技術について学びきっかけになったという意見があった。一方で、制作課題でUnityなどのゲームプログラミング環境を利用するのが初めてで難しかったという意見や、自分の専門とは違うため論文を探しにくいという意見もあった。また内容が多岐にわたり参考情報が分散しているため、まとまって勉強できる教科書が欲しいという意見もあった。

## 5. 大学院での研究の実践例

大学の学部および前期・後期課程の大学院においては、卒論・修論・博論などで、エンタテインメントのための新技術の開発や、ユーザー評価など、エンタテインメント工学に関する基礎研究を進めることも重要となる。本章では筑波大学での研究の実践例を紹介する。

### 5.1 研究開発とコンピテンシーの関連

アニメやゲームなどの特定分野のコンテンツについては制作プロセスがある程度は定まっているが、様々な技術が複合的に利用されるエンタテインメントは制作過程が定まっていない。本稿では、次の5つのフェーズに整理する。

- a) 問題設定
- b) コンセプト設計

表3 コンテンツ工学（座学）の授業構成例

<b>コンテンツ分野のイノベーション</b>
コンテンツの産業分野、発達の歴史、イノベーション事例、生活の質と心の豊かさ、各週の授業概要
<b>ゲームデザイン</b>
ゲームの歴史、ゲーム技術（リアルタイムCG、ゲームAI、サウンドなど）、ゲームデザイン、ゲーム分析学、ゲーミフィケーション、シリアスゲーム、Games for Changeなど
<b>アニメーションデザイン</b>
アニメーション産業の構造、アニメーションの制作プロセス、表現技術の発達、人間と生命の表現技術、リアルタイムCG技術（モーションキャプチャ、モデリング、レンダリング）、キャラクター技術など
<b>デジタルストーリーテリング</b>
ストーリーテリングの歴史、映画の発達、ストーリーの構成、テーマ、ストーリーアーク、登場人物の構成、ファンタジー、現実世界のストーリーなど
<b>エンタテインメントの基礎と応用</b>
産業分野の構成、遊びのデザイン、動機付け、習慣性、欲求の階層、ポジティブ心理、学習や健康への応用、デバイスエンタテインメント、食とエンタテインメントなど

- c) プロトタイプ開発
- d) 分析・評価
- e) 実用化

問題設定フェーズでは、社会的・学術的な背景や解決したい問題についての調査や分析を行う。コンセプト設計フェーズでは、問題設定を踏まえて対象ユーザーの詳細化や、体験の仕方、システム概要などをまとめる。研究として取り組む場合は、コンセプト設計の段階で、基礎的な課題の設定も必要となる。また利用場所やコンテンツの公開なども想定する。プロトタイプ開発フェーズでは、システムの詳細設計、実装、システムテストなどを行う。分析・評価フェーズでは、ユーザースタディなどを行って、問題設定やコンセプト設計を満たすものになっているか検証する。実用化は企業との連携などにより多くの人が利用可能にする。

これらの研究プロセスとコンピテンシーの関連としては、問題設定やコンセプト設計においては、基礎に関する知識に加えて、社会や個人のニーズを反映させるプロデュース力が重要となる。またプロトタイプ開発には様々な分野の技術を活用するための基礎力や、デザイン力が必要となる。分析・評価においては、行動分析のための計測や、心理分野のアンケート評価などが必要となる。このように1つの研究開発を通してコンピテンシーが横断的に関わっており一体的に活用することが必要となる。



図 5. エンタテインメント工学分野の研究事例

## 5.2 主要ドキュメント

研究として取り組む場合は卒論，修論，博論などの論文も考慮に入れておくことが必要となる。研究の過程で作られる主要なドキュメントとしては次のようなものが挙げられる。

- a) 研究計画書
- b) システム基本設計書
- c) 実験計画・報告書
- d) 論文（基礎/コンテンツ/実用化論文など）

研究計画は，研究の方向を決めて具体化するとともに，複数人でコンセプトやプランを共有するのに重要な役割を果たす。研究の背景・目的や，学術的な意義に加えて，実装概要，従来研究，テスト計画，評価計画などを端的に記載する。システム基本設計書については，システムの詳細設計やテスト仕様・結果などをまとめる。実験計画・報告書ではユーザースタディの計画や結果などをまとめる。論文は学術的な内容に重点を置いてまとめたものであるが，学術的な知見や基礎技術を主にまとめた基礎論文や，コンテンツ論文，実用化の過程の問題解決や結果をまとめた実用化論文などが考えられる。

## 5.3 研究の実践例

学部および大学院での研究教育は，卒業・修士・博士論文などの研究活動が含まれているため，研究課題として深めることが必要となる。本節では筆者らの研究室での研究事例を紹介する。

### 5.3.1 エンタテインメントコンピューティング研究室

2002年からエンタテインメント工学分野の研究を行っている。個々の研究事例として次のようなものが行われている(図 5)。

#### a) 海洋生物アニメーション技術

水族館の大水槽場面のような骨格の異なる多数の魚類の遊泳モーションを統合的に生成する海洋環境アニメーション技術を実現した[7]。

- ・基礎：魚の3Dモデリングやリギング，モーション制御などのCG技術，魚類の筋肉の種類，持続時間，疲労，12種類の泳法の分類，個々の魚の身体やヒレの使い方，視覚・嗅覚の特性などの魚類の解剖学や海洋生態学の知識，生き物らしさを感じる人間のアニメーション知覚の知見の活用
- ・デザイン：原作を読み込むとともに，各場面でのどのような種類の魚が登場するかについて制作現場と共有。美術監督やアニメーターから定期的にフィードバックを貰いながらのアニメーション品質の改善
- ・プロデュース：アニメーション映画「海獣の子供」(2019年公開，文化庁アニメーション部門大賞)の制作と連携や，博物館の展示，海洋環境の学習支援システムなどでの活用

#### b) 高齢者運動ゲームシステム

高齢者の上肢把持運動の計測を行うゲームコントローラーとゲームコンテンツを実現した[8]。

- ・基礎：Bluetoothなどのデバイスの通信方式，高齢者の軽度認知症に関する知識，認知症予防のための作業療法
- ・デザイン：五指の圧力を計測するコントローラーの形状デザイン，運動の仕方を教えるキャラクターアプリ，高齢者を対象としたユーザースタディと改善
- ・プロデュース：今後の社会におけるエビデンスに基づく高齢者の早期認知症予防の重要性と商品化

#### c) 子供の音読を支援するソーシャルロボット

子供の音読学習のときに聞き手となる生命性，反応性，物語性を兼ね備えたソーシャルロボットを制作した[6]。

- ・基礎：ロボットの機構設計，シリコンによる造形，音声分析による反応生成
- ・デザイン：子供に親しみを感じさせる外見のデザイン，音読行動を誘発する物語性や役割設定
- ・プロデュース：子供の音読の重要性や，家庭におけるソーシャルロボットの具体的な用途

#### d) シャボン玉メディアアート

シャボン玉の中に煙を封入して映像プロジェクションにより色の美しさを作り出すことができるインスタレーションを制作した[10]。

- ・基礎：シャボン玉の発生機構，ファンによる気流制御，ロスコ液による発煙機構，画像処理による状態認識など
- ・デザイン：色の美しさを重視したユーザー体験デザイン，シャボン液の飛び散りやモーターの交換などメンテナンスしやすいシステムの配置
- ・プロデュース：展示会やイベント会場などで子供から高齢者まで予備知識なく楽しんで貰えるアトラクション，設置環境の明るさや騒音などの調査

#### e) スマートフォンによる実環境の災害学習ゲーム

スマートフォンのGPSを利用して実際の環境で災害時の状況や対処法を学習することができる学習ゲームを開発した[9]。

- ・基礎：リスク認知，災害ハザードマップ，地域の災害時の対処法，救急医療の初歩
- ・デザイン：スマートフォン上のアプリケーションやユーザーインタフェースの設計
- ・プロデュース：防災教育の取り組みや重要性，ゲーム性を活かしつつ実環境での訓練

#### f) 好みの顔の印象に近づくメイクアップ支援アプリ

自分の顔を好みの写真のイメージに近づけるメイクアップのシミュレーションを行いメイク道具を推薦するメイクアップ支援アプリを実現した[11].

- ・基礎：目標にする顔画像からのメイクの色の抽出と，ユーザーの顔に転写する画像処理技術
- ・デザイン：好みの顔の化粧に近づけるユーザーの体験デザインや，アプリのUIデザインなど
- ・プロデュース：女性のメイクの利用法の調査や，通販サイトからのメイク道具の推薦などのサービス方式

#### 5.3.2 自然言語処理研究室

ゲームおよびエンタテインメントの領域において，ゲームログに基づく機械学習アプローチによるゲームAI[12,13]，言語を利用したゲームの領域におけるAIのアプローチ [14,15]，言語を利用したクイズ等のエンタテインメント[16]，ボードゲームドメインにおける指導AI [17]，映画等のマルチメディアドメインにおける取組み[18]等を行っている．具体的には，

[12,13]においては，Real Time StrategyゲームStarCraftにおけるゲームログを教師事例として，ゲーム戦略を自動選択するAIの機械学習方式を提案している．

[14,15]では，人狼ゲームを対象とするゲームAI研究における取組みとして，プレイヤーの役職絞り込みのAI方式を提案している．

[16]では，Wikipediaを情報源とする日本のご当地グルメ知識の記述例から，四択クイズを生成しゲームアプリ化するアプローチを提案している．

[17]では，囲碁における手の解説を自動生成することにより，囲碁指導AIにおける要素技術とする方式を提案している．

[18]では，Wikipedia中の映画シナリオと字幕を利用した映画要約手法を提案している．

## 6. 総括と今後の課題

### 1) 研究の実践によるカリキュラムの改善

5章で紹介した様々な研究事例で得られた知見は教育の改善に利用されている．例えば，

- ・エンタテインメントの開発プロセスや，それぞれのフェーズで考えるべき点，必要となるドキュメント，プレゼンテーション手法など．
- ・従来研究や従来作品の調査結果や，プロトタイプ開発や実験データの分析などで利用する技術のライブラリ化やチュートリアル化．例えば，機械学習ツール，MATLABによる数値処理，Unityなどのゲームエンジン，MayaなどのCG制作ソフトウェアなど．

などが授業でも反映されている．

### 2) 人材育成の効果

人材育成の効果としては，参考までに筆者らの研究室の修士および博士の学生の就職先の分布を図6に示す．主にゲームなどのコンピュータエンタテインメント企業のエンジニアや企画，製造業・メーカー，ITサービス，広告やテレビなどのメディア，大学，国，自治体などである．

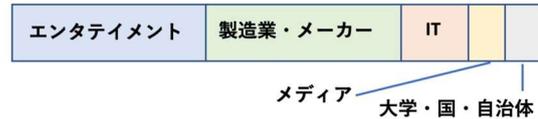


図6. 学生の就職先の大まかな分布

### 3) 今後の展望

2章で触れたように科学・技術・工学・数学の統合的な教育であるSTEMや，リベラルアーツや芸術も含めたSTEAMは21世紀型教育として活用されつつある．エンタテインメント工学教育は，STEAMと同様にテクノロジーと文化芸術の融合領域であるが，学習者が新しいエンタテインメントを創造する実践的な取り組みも重視している．子供から社会人まで幅広い年齢層に関心を持って貰いやすいため，子供の美術離れの緩和や，社会人のリカレント教育としても活用できる可能性がある．また基礎を身に付けたクリエイターやエンジニアの増加により，クリエイティブ分野の長期的発展に役立つと思われる．

これらも踏まえた今後の取り組みとしては，次のようなものが考えられる．

- ・初学者が独習しながらコンセプトを短時間で形にできるプロトタイピング環境やコンテンツ素材を引き続き整備する．
- ・中高生を対象としたエンタテインメント工学教育や，産業界のエンジニアのリカレント教育など幅広い年齢層への対応
- ・エンタテインメント工学分野に経験のある教育者の育成
- ・授業の実践例や教材などを共有できるオンライン環境の整備

## 7. おわりに

本稿では，エンタテインメント工学教育のコンピテンシーと研究教育の実践例について述べた．今後は引き続き質の高い教育研究事例や実用化事例を蓄積していくとともに，中高生を対象としたエンタテインメント工学教育や，産業界のデザイナーやエンジニアのリカレント教育などに展開していくことで，長期的なエンタテインメント工学分野の発展を期待したい．

## 謝辞

エンタテインメント工学分野の教育研究に参加して下さいました2002年からの筑波大学エンタテインメントコンピューティング研究室の皆さんと，コンテンツ工学分野の演習授業を共同で進めて頂いている筑波大学の鈴木教授，延原准教授，若槻准教授に感謝いたします．また本稿の修正にあたり貴重なご意見を頂きました査読者と宇都宮大学の森准教授に感謝いたします．

## 参考文献

- [1] White, R. W. Motivation reconsidered: The concept of competence. *Psychological review*, Vol.66, No.5, 297, 1959
- [2] Harter, S. The perceived competence scale for children. *Child development*, 87-97, 1982
- [3] McClelland, D. C.. Testing for competence rather than for "intelligence". *American psychologist*, Vol.28, No.1, 1-14, 1873
- [4] Evarts, H. F. The competency program of the American Management Association. *Industrial and Commercial Training*, Vol.19, No.1., 3-7, 1987
- [4] IGDA Curriculum Framework, 2018
- [6] 中基 久和巨, 李昇姫, 北島宗雄, 星野 准一. "KINJIRO:音読学習支援アニメトロニクス", 芸術科学会論文誌 Vol. 17, No. 1, 31-40 2018
- [7] Daiki Satoi, Mikihito Hagiwara, Akira Uemoto, Hisanao Nakadai, Junichi Hoshino: Unified Motion Planner for Fishes with Various Swimming Styles, *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2016)*, Vol.35, No.4, 2016
- [8] 林勇希, 敷根伸光, 秋場猛, 星野准一, 高齢者の協調動作をトレーニングするためのゲームシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.3, 2016
- [9] 浦野幸, 于沛超, 遠藤靖典, 星野准一: 実環境における災害体験ゲームシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, 357-366, 2013
- [10] 中村正宏, 稲葉剛, 玉置淳, 白鳥和人, 星野准一: パブルディスプレイ方式とその応用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.339-349, 2006
- [11] 神武 里奈, 星野 准一. "好みの顔画像の色に基づくメイクアップ支援システム", 日本感性工学会論文誌, Vol.16, No.3, 299-306, 2017
- [12] Teguh Budianto, Hyunwoo Oh, Yi Ding, Zi Long, and Takehito Utsuro : Identifying Rush Strategies Employed in StarCraft II Using Support Vector Machines, *Entertainment Computing ICEC 2017*, Vol. 10507 of LNCS, 357-361. 2017.
- [13] Teguh Budianto, Hyunwoo Oh, and Takehito Utsuro: Learning to Identify Rush Strategies in Starcraft, *ICEC 2018*, Vol. 11112 of Lecture Notes in Computer Science, 90-102. 2018.
- [14] Youchao Lin, Mizuho Baba, and Takehito Utsuro, Generating a Werewolf Game Log Digest of Inferring Each Player's Role, *Proceedings of the 15th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 807-812, 2016.
- [15] Yuki Hatori, Shuang Wu, Youchao Lin, and Takehito Utsuro : Mining Preferences on Identifying Werewolf Players from Werewolf Game Logs, *ICEC 2017*, Vol. 10507 of Lecture Notes in Computer Science, 353-356, 2017.
- [16] Syunya Doi, Yiqing Wang, Chen Zhao, and Takehito Utsuro, Design of a Trivia Game for Traveling and Domestic Enjoyment in Japan, *Proc. of 11th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, 2017.
- [17] Natsumi Mori, Takehito Utsuro, Generating the Expression of the Move of Go by Classifier Learning, *ICEC 2017*, Vol. 10507 of Lecture Notes in Computer Science, 299-309. 2017.
- [18] Xueshan Li, Takehito Utsuro, and Hiroshi Uehara, Movie Summarization based on Alignment of Plot and Shots, *Proceedings of 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pp.189-196, 2017.
- [19] 新学習指導要領の趣旨の実現と STEAM 教育について. 「総合的な探究の時間」と「理数探究」を中心に (令和元年9月4日 教育課程部会)
- [20] 諸外国における文化政策等の比較調査研究事業報告書, 文化庁, 2019
- [21] Johan Huizinga, *Homo Ludens*, 1938 (ホイジンガ著, 高橋英夫訳「ホモ・ルーデンス」中公文庫, 1973年)
- [22] Roger Caillois: *Les jeux et les hommes*, 1967. (ロジェ・カイヨワ, 「遊びと人間」講談社学術文庫)
- [23] M.J. エリス著: "人間はなぜ遊ぶかー遊びの総合理論", 黎明書房, 2000
- [24] ジャン・ピアジェ: 遊びの心理学, 黎明書房, 1988
- [25] M. チクセントミハイ: フロー体験 喜びの現象学, 世界思想社, 1996
- [26] El-Nasr, Magy Seif, Anders Drachen, and Alessandro Canossa. *Game analytics: Maximizing the value of player data*. Springer Science & Business Media., 2013
- [27] Oliver, Mary Beth, and Arthur A. Raney. "Entertainment as pleasurable and meaningful: Identifying hedonic and eudaimonic motivations for entertainment consumption." *Journal of Communication* Vol. 61, No.5, 984-1004., 2011
- [28] Vorderer, Peter, Christoph Klimmt, and Ute Ritterfeld. "Enjoyment: At the heart of media entertainment." *Communication theory* Vol.14, No.4, 388-408., 2004
- [29] Bryant, Jennings, and Peter Vorderer, eds. *Psychology of entertainment*. Routledge, 2013.
- [30] Brakus, J. Joško, Bernd H. Schmitt, and Lia Zarantonello. "Brand experience: what is it? How is it measured? Does it affect loyalty?." *Journal of marketing* Vol.73, No.3, 52-68., 2009
- [31] *Entertainment Computing Journal*, Elsevier publisher. <https://www.journals.elsevier.com/entertainment-computing>
- [32] Ulla Taipale-Lehto, Jukka Vepsäläinen: Report on competences and skills needs in the games industry, ISBN: 978-952-13-6239-2, 2016

## 星野 准一

筑波大学システム情報系准教授. 博士 (情報科学), 博士 (デザイン学). エンタテインメントコンピューティングの研究に従事. 平 14, 平 15 ACM Advances in Computer Entertainment, Program Chair, 平 15~16 日本バーチャルリアリティ学会エンタテインメントVR研究委員会 委員長, 平 17~18 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会主査. ICEC2017

General Chair, 平成30年より IFIP TC14(entertainment computing)  
Vice Chair, WG14.4 Entertainment Games Chair, IEEE, ACM,情報  
処理学会, 各会員.

## 宇津呂 武仁

筑波大学システム情報系教授. 博士(工学). 自然言語処理および  
コンテンツ工学の研究に従事. IFIP ICEC2017 Best Paper  
Honorable Mention, Best Poster Paper など. 情報処理学会, 人工知  
能学会, 電子情報通信学会, 言語処理学会, 日本音響学会, 各会  
員