

カリキュラムフレームワークを用いたコンピュータサイエンス教育へのゲームデザイン授業の導入

山根 信二^{1,2,a)}

概要: 本発表では、従来の情報科学のカリキュラムに体系的なゲーム研究・ゲーム学を取り入れた事例を報告する。情報科学の学生を対象としたゲームデザイン科目を開設する場合、国内では参考になる事例が少ないため、海外のカリキュラムフレームワークを参考にし、大学レベルの日本語教科書がなかったためゲームデザインの英語教科書を用いた。そして情報科学の重要なトピックを含むゲームデザイン教科書を採用することで、情報科学の重要な領域をゲームデザインを通じて学ぶことができた。さらにオンラインディスカッションを導入して学外の専門家の参加を得ることができた。

ゲームデザインを通じてコンピュータサイエンスを学ぶことで、従来の学習内容を見直す場合もある。たとえば専門家の社会的責任については、バグなどの従来の知見だけでなくユーザエクスペリエンスをつくりだす専門家倫理や社会的責任の困難さについて実践的に扱うことができた。要素技術だけではなく体系的な学習としてのゲーム開発者教育プログラムの開発はコンピュータサイエンス・情報科学に有益な視点を獲得することができる。

キーワード: カリキュラム, ゲームデザイン, ゲーム開発, CS 教育

Teaching Game Design in Computer Science Education using Curriculum Framework

SHINJI R. YAMANE^{1,2,a)}

Abstract: This paper examines the case study of teaching the game design in computer science(CS) education in Japanese universities. Contrary to the US and Europe, there have been fewer experiences on this topic about the game design in CS (information science) degree program in Japan. Bridging between IGDA Curriculum Framework and CS Curriculum, we found that computer science education with game design (game development) also works well in Japan.

Learning CS with game design may improve past CS topics. For example, we redesign the social responsibility of computer professionals with the ethics of UX(user experience) design. Finally, the game developer education as the degree program also works well in Japan. It also will bring to CS a new powerful perspective.

Keywords: curriculum, game design, game development, computer science education

1. はじめに

コンピュータサイエンスの学部が中心となって世界各

地でゲーム開発の体系的な教育が進められている。その経緯については過去に本学会でも報告されているが [1], 日本では大学での体系的なゲーム開発の導入事例はまだ少ない。本発表ではその事例から、日本で導入の取り組みについて述べる。

教育プログラムの評価には多くの視点がある、たとえ

¹ 岡山理科大学 総合情報学部 情報科学科 Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

² 国際ゲーム開発者協会日本 IGDA Japan, Tokyo, Japan

^{a)} s-yamane@computer.org

ば入学から卒業までの受験者数からドロップアウト率、成績評価も重要な指標だが、学校のスクールモットー、学部のディグリーポリシー、育てる人材像、そして学習者や学習環境などについて、様々なニーズの分析が考えられる(教育工学の分野では、これらのニーズ分析や学習目標構造化がインストラクショナルデザインの手法として定式化されている [2])。本発表ではそうしたプログラム全体の評価は行わず、情報科学に新たに追加された科目での取り組みに範囲を限定する。言い換えれば、本報告は学位プログラム全体についての組織的な取り組みではなく、特定科目での担当教員の取り組みで得られた知見に範囲を限定している。

2. ゲーム開発者教育のカリキュラム体系

2.1 カリキュラムフレームワークの成立

コンピュータサイエンスの分野では、1990年代にコンピュータサイエンスのカリキュラムが発表され [3]、さらに学会におけるア krediteーション [4] も進められている。この過程でコンピュータに関する学問体系とその教育カリキュラムの基礎資料が共有され、最低限のコアカリキュラムが明らかにされた。これと同様に、高等教育におけるゲーム教育においても、当初は学校ごとのばらばらな教育内容の共有からはじまり、ゲーム開発で学ぶべき知の体系としてのコアカリキュラムが整備された [5]。

この整備過程ではコンピュータサイエンス教育機関が大きく関わっており、カリキュラム集成からコアカリキュラム提案へという発展過程もコンピュータサイエンスと同じ段階を踏んでいる。ただし、カリキュラムを集成したのは学会の専門委員会ではなく、ゲーム開発者の草の根団体 IGDA(ゲーム開発者協会) による。このコアカリキュラムを含むカリキュラム集成「IGDA カリキュラムフレームワーク」 [6] によってゲーム開発者教育の共通用語ができ、知識の体系化が進んだ。

さらに近年では YouTube EDU, iTunes U, coursera などのプラットフォーム上で、ゲーム開発は人文科学からコンピュータサイエンスまで、目玉科目となっている。こうしてゲーム開発者教育は国境を越えて、いまやゲーム産業がなかった地域にもゲーム開発者コミュニティが形成されている。

2.2 日本のゲーム研究の独自性

一方、日本の高等教育では、これまで理論と実践を複数年かけて学ぶ体系的なゲーム教育を取り入れてこなかったために、世界的にも独自のゲーム教育が行われている国とみなされるようになった。

たとえば日本の大学やゲーム専門学校と共同プロジェクトを持ち聞き取り調査を行った米国大学のゲーム研究

者の報告 [7] では、日本のゲーム教育には「現在欧米で起きているような、高等教育でのゲーム教育の拡大が見られない。活発なのは職業訓練学校のレベルである」(Contrary to what is happening in the US and Europe, games education does not seem to be a growth area in higher education. Most activity seems concentrated at the level of vocational schools) 「欧米型のゲーム教育を受けたいという学生の期待がまったくない」「学生はクリエイティブなアイデアを出すよりも好きなゲームを模倣することを好む」(...students often have difficulties generating creative game ideas and concepts, preferring to “mimic” games they are familiar with.) など指摘されている*1。このことから、報告者は欧米で成立したゲーム教育の有効性を検証する、いわば実験場として日本の教育現場を評価している。

また国内でも、「日本にはゲームに関する修士プログラムがない」「ゲームの作り方やゲームデザインを教えるプログラムがない」「友人に専門学校生がいるが、そこで教わっている内容のレベルがあまりに低くて驚いた。非現実的だと思う」「欧米ではゲームデザインは科学 (Science) です」 [9] と、日本のゲーム教育プログラムを学問として見たときの問題が指摘されてきた。

3. 国内の取り組み事例

それでは、高等教育機関におけるコンピュータサイエンス教育にゲーム開発を導入するにはどのような困難があるのだろうか。本節では、筆者が勤務する国内の情報科学科における取り組み事例について述べる。

3.1 情報科学に加える科目

コンピュータサイエンスにおけるゲーム教育は、過去に IEEE Computer 特集「Educating the Next Generation of Game Developers」 [10] や CACM 特集「Creating a Science of Games」 [11] でも論じられたように、従来の情報科学の内容を落とさず(ア krediteーション認定を保ちつつ) ゲーム教育を加えてきた。そこで従来の情報科学の科目に加えて、「ゲーム概論」「ゲームアルゴリズム」「ゲームデザイン」といった科目が新設された。

そして本学の場合では、コンピュータサイエンスのカリキュラムにないゲーム開発者教育のコアカリキュラムの多くの部分を主に「ゲームデザイン」で実施することとなった。言い換えれば、体系的なゲーム教育がこの科目において試されることとなった。以下では、2014年度に開講された「ゲームデザイン」の教材開発および学習計画について述べる。

*1 これはコンピュータサイエンスの分野でも起こった日本特殊論 [8] を想起させる。ただし大学ではなくゲーム専門学校の問題が入っていることが異なるため、そのまま当てはめることはできない。

3.2 教材開発

2013年度までの国内のゲームデザイン・ゲーム開発の教科書を評価したところ、体系的な学習には適していなかった。これにはいくつかの理由がある。第一の理由は、その多くは「現役開発者が仕事術を教える」スタイルをとっており、ゲーム開発の幅広い分野を一学期（または通年）かけて体系的に学ぶようなボリュームを持っていなかった点にある。第二の理由は、過去のゲーム業界で通用したノウハウの習得を目指しており、大学教育で求められるような将来幅広く役立つ能力の育成を目指していない点である。

以上の点から、大学レベルの英語教科書をもとに日本語教材を開発した。定番のゲームデザインの英語教科書のうちいくつかは、「いま業界で使われているツールの使い方を教えるのではなく、学生が将来活躍できる能力を伸ばすためにツールを用いる」という方針がとられているため、大学教育として受け入れやすい*2。さらに、コンピュータサイエンスの知見とアートの知見が詳細な文献情報つきで包括的に扱われていること、そして同書が独仏葡韓中の各国語に翻訳されており将来の国際化にも備えられる点、そして著者がIGDA(前述2.1節で述べた産学連携で重要な役割を果たした時期)のチェアマンをつとめ、産学連携のネットワークの中で双方の意見を知る立場にあったことを踏まえ、教科書 *The Art of Game Design*[14]を選んだ*3。

3.3 学習計画および学習環境

授業は対面講義形式で行われたが、LMSを用いたeラーニングもとりいれアンケートやBBSをとりにれた他、教材はすべてダウンロード可能とした。さらに、本科目の特色として、学外のゲーム専門家が非同期に参加することをとりいれた。大学レベルの英語教科書を使うという本プログラムの趣旨に関心をもった国内のアカデミックなゲーム研究者・プロのゲーム開発者(ゲーム専門学校での授業経験あり)にLMSへのアクセスを提供し、非同期ではあるが、BBSを介して教科書について学外専門家と講師との議論が行われた。この議論に学生からの発言はなかったが、講師学習者ともに実践的な科目に参加しているという意識を高めることができた。

4. 科目の評価

4.1 英語教科書についての反応

教材および出題範囲は日本語コンテンツだが、ほぼ毎回英語教科書の原文を使っている。この英語教科書への

反応は、以下のようになった(複数回答可)。

- 予習復習すればテキスト内容はほぼ理解できる: (6.67%)
- ソフトウェアに関係する文章は理解できるが、それ以外は難しい: (0%)
- ゲームに関する文章は理解できるが、それ以外は難しい: (20.00%)
- 予習復習の時間が足りずテキストの内容を理解できない: (40.00%)
- 英語がまったく理解できない: (50.00%)

ほぼ理解できる学生とまったく理解できない学生が混在していることから、どの学生も参加可能な学習形式については検討の余地がある。今回は英語教科書を使いながら教員が日本語教材スライドを用いた対面講義形式を採用したが、英文を理解できた学生のチーム分けを行い、英語予習課題を用意してグループ学習を行うなどの別形式の可能性も検討したい。

4.2 ゲームで情報科学を学ぶ

教科書を採用した狙いである情報科学の学びについて、有効だと考えられる点はいくつかある。

たとえば採用した教科書の各章でUMLのユースケース図が用いられており、ユーザに注目したデザインを意識させている。

トピックも情報科学の学生にふさわしいものが多い。たとえばゲーム開発は「やってみて面白いか」が問われるために、ソフトウェア開発の中でも特に困難である。このため、教科書はウォーターフォールモデルとスパイラルモデルといった開発手法に分量を割いている。またUI(ユーザインタフェース)やUX(ユーザエクスペリエンス)についても詳しく議論している。これらを通じて、情報科学の専門家もゲームデザインに関わるゲームデザイナーなのだという意識をえることができる。

その一方で、日本では想像困難なトピックもある。たとえば投資家へのプレゼンが教科書の1章を占めている。IT業界でもスタートアップ企業ではこれからつくる製品のアイデアを投資家に披露する「ピッチ」は行われているが、授業ではこの範囲は簡略化した*4。

4.3 社会的責任について

特に苦勞した箇所としては、ゲームデザイナーの社会的責任についてあつまっている章である。これは従来のIGDAカリキュラムフレームワークでもコア領域には含まれていないため*5、授業では省略することも検討したが、コ

*2 この考え方については、コンピュータサイエンスの教授だったRandy Pauschが業界最大手のElectronic Arts社にサバティカル勤務したあとにIGDA Education Summitで発表した報告書[12]やその数年後の『最後の授業』[13]に詳しい。

*3 開講中に改訂第2版が発売されている

*4 ただし本論文執筆中に、本学OBが『シェンムー III』の企画でクラウドファンディングのサービスKickstarterでの資金調達新記録を達成したため、今年度からは学習計画を変更する予定である。

*5 授業終了後のゲーム開発者会議GDC2015で開催されたEducation Summitでは教育実践が報告されていた。

ンピュータサイエンスのカリキュラムでは社会的責任についての項目があるため、あえて扱うこととした。

だが、ゲームデザイナーの事例からコンピュータ専門家の社会的責任を教えることができるだろうか。この点については、過去のコンピュータ専門家の社会的責任についての蓄積が参考になった。

コンピュータ倫理が体系的学習プログラム足り得たのは1990年代に出版されたコンピュータ倫理の教科書・副読本の影響が大きい[15]が、そのコンピュータ倫理の立役者の一人、Helen Nissenbaum は現在ゲーム研究に加わっている。具体的には、Nissenbaum は2005年からデジタル・ヒューマニティーズ領域でのゲーム研究の第一人者 Mary Flanagan とともに Values at Play プロジェクト (<http://valuesatplay.org/>) を開始してゲームデザインにおける倫理問題に取り組んでいる[16]。彼女のこうした足跡をたどることで、ゲームデザイナーの倫理的問題をコンピュータサイエンスの倫理的問題の後継として見るのが可能になった。

たとえばソフトウェア工学の分野では、Winograd がソフトウェアの高度化はプログラミング環境からデザイン環境へのシフトをもたらすと論じたが[17]、Nissenbaum にも同様のプログラミングからデザインへの移行をみてとることができる。以下に、コンピュータ専門家の倫理からゲームデザイナーの倫理への展開を連続的に並べる。

- 1980年代: コンピュータ専門家の社会的責任論 StarWars 論争, 殺人バグ
- 1990年代: インターネットの倫理 暗号規制論, RFC1984, 倫理綱領
- 2000年代: ハッカー倫理 [18]
- 2010年代: ゲームデザインの倫理

授業ではこうした専門家倫理の発展については扱うことができなかったが、学生にとって(あるいはプロにとっても [19]) ゲームデザインの倫理問題は身近なものであり、今後はさらに改善を進めたい。

4.4 学生アンケートの結果

4.4.1 学習目標の自己評価

授業の後半に学生アンケートを実施した。講師が提示した「ゲームデザイン」の学習目標を以下に示す。

- デビオゲームをはじめ、ボードゲーム、カードゲームに共通するゲームデザインの基本原理や要素について説明できる
- ゲーム開発プロジェクトに参加するための基礎知識を身につける
- 専門文献を自分で読み進め内容を説明できる
- ゲームデザインの開発環境や開発ツールについて一つ以上説明できる
- 科学的アプローチについて説明できる

表 1 この授業の目標を達成できましたか

回答数 (%)	項目
7(26.9)	できた
12(46.2)	だいたいできた
6(23.1)	半分程度できた
1(3.8)	少しできた
0(0.0)	できなかった
0(0.0)	無回答

表 2 この授業に満足しましたか

回答数 (%)	項目
7(26.9)	満足
10(38.5)	ほぼ満足
9(34.6)	普通
0(0.0)	やや不満
0(0.0)	不満
0(0.0)	無回答

表 3 授業に対する教員の意欲が感じられましたか

回答数 (%)	項目
13(50.0)	感じられた
8(30.8)	少し感じられた
5(19.2)	どちらとも言えない
0(0.0)	あまり感じられなかった
0(0.0)	感じられなかった
0(0.0)	無回答

おおむね授業の目標を達成できているが、これはカリキュラムの中で「ゲームデザイン」科目が「新要素をカバーする」という目的に加えて、「情報科学科のプロジェクト演習前に必要な知識を得る」という入門的な位置づけであることを示している。これらの学習目標を再提示した上で学生の自己評価を表1に示す。多くの学生が学習目標を達成したと感じていることがわかる。

授業満足度を表2に示す。これは事前の予想に反する満足度の高さを示した。第4.1で述べたように半数の学生が英語教科書を理解できないと認めていたが、日本語スライドに基づく講義によって、英語教科書を使うことは授業の評価を下げないことがわかった。

最後に講師についての評価を表3に示す。半数が講師の意欲を感じているが、インストラクターのスキルについてはまだ改善の余地がある。

5. 今後の課題

5.1 カリキュラム全体の評価

コンピュータサイエンス以外の学部ではすでにゲーム開発を学んだ卒業生を輩出しているが、[20][21] コンピュータサイエンス・情報科学の学位プログラムでの実装は現在進行中である。大学教育の中で一般教育や課外教育としてゲームを教えるのではなく、ゲームで学位を取得するために検証すべきことは多い。

今回は新たな科目のデザインを通じてカリキュラム新項目の実装を行うことができたが、学位プログラムの評

価には冒頭に述べたスクールモットーやディグリーポリシーとの対応も不可欠である。

さらには知識の体系をカバーするだけでなく開発演習を通じた学びについては本科目だけでは十分ではない。それらは講義科目だけでなく開発演習科目の改善、カリキュラムの完成年度そしてそれ以降の社会での活躍といった評価が必要である。

5.2 大学以前の教育の課題

教員養成の高度化が進んでいる国では、カリキュラムフレームワークを使った学習デザインが広く広まっている。その最前線がゲームデザイン・ゲーム開発を通じた教育であると言える。

本研究では大学の学部教育で行ったが、実際にはコンピュータサイエンス教育は大学からはじめるのではなく、それ以前から積み上げられている(いわゆる K-12 CS 教育)。この観点から、今後は大学以前の正規教育でのゲーム活用も重要な課題であると言える。

すでに海外ではこれまでの教育用プログラミング言語に加えて、本物のゲーム開発を通じた学びへの取り組みがはじまっている。一例として、米国の産学官の取り組み事例を紹介する。ゲームエンジン Unity を提供しコペンハーゲンからアメリカに進出した Unity Technologies 社は、ゲームエンジンを配布するだけでなく中学校の授業で使うための手引きを配布している [22]。これはゲーム開発入門コースと以下の各種のスキル標準を対応させ、ゲーム開発入門の学習項目で何を学べるのかを複数の尺度で位置づけている。

- 全米共通学力基準 (Common Core)
- 新理科教育基準 (Next Gen Science Standards)
- 21 世紀スキル (21st Century Skills),
- 高校卒業後に求められる進路別の理数工学教育基準 (STEM Career Cluster)

こうした様々なスキル項目とゲーム開発入門コースの学習項目とが相互参照可能である。このカリキュラムフレームワークおよびカリキュラムフレームワークを活用して学習設計ができる高校教員養成の取り組みはオバマ政権の科学教育推進事業の目玉の一つにもなっている [23]。

6. まとめ

コンピュータサイエンスがつくりあげたコアカリキュラムに加えて、産学連携によるカリキュラムフレームワークを活用した教育プログラムの構築がすすめられている。中でもっとも活発な分野が、ゲームデザイン・ゲーム開発のカリキュラムフレームワークをとりれた、ゲームを通じたコンピュータサイエンスの学位プログラム設計である。

本研究の取り組みでは、IGDA カリキュラムフレームワークを参考にして従来の情報科学カリキュラムにゲーム開発関連の新科目を追加し、扱うべき学習項目を設定した。その中でも多くの項目を扱う科目「ゲームデザイン」では、海外のコンピュータサイエンス校で使われている英語教科書を使う必要が生じた。これは理工系の学生にとって授業の障害になると考えられたが、学習計画のデザインによって低くない評価を得ることができた。

また、ゲーム開発者のコアカリキュラムに入っていないが、コンピュータサイエンスのコアカリキュラムに入っているようなカリキュラム間の扱いについては、ゲームで最新のコンピュータサイエンスを学ぶという視点から積極的に項目を取り入れることができた。

こうした複数のカリキュラムフレームワークにまたがる学習設計はゲーム開発において世界的規模で進められてきたが、今後コンピュータサイエンス教育はゲーム開発以外のさらに多くの分野との越境が進むことが期待される。

参考文献

- [1] 山根信二：コンピュータサイエンス教育とゲーム開発：20年の展開と展望，情報教育シンポジウム論文集，情報処理学会，pp. 73-80 (2014). IPSJ Symposium Series Vol. 2014, No. 2. ISSN 1344-0640.
- [2] 玉木欽也（編）：これ一冊でわかるeラーニング専門家の基本：ICT・ID・著作権から資格取得準備まで，chapter 5，東京電機大学出版局（2010）.
- [3] 国井利泰（編）：コンピュータサイエンスのカリキュラム，共立出版（1995）. bit別冊.
- [4] 高橋延匡：情報処理学会におけるア krediteーション（技術者認定制度）委員会活動 [後編]，bit，Vol. 33, No. 4, pp. 81-85 (2001). Also available online at <http://jabee.ipsj.or.jp/>.
- [5] 山根信二：コンピュータサイエンスにおける大学教育改革：米国のゲーム研究の導入事例から，情報処理学会研究報告，Vol. 2009-CE102-4 (2009). Also published in 信学技報 Vol. 109, No. 330. pp. 17-21.
- [6] IGDA Education Committee: IGDA Curriculum Framework, Online document (2008). 尾形美幸らによる日本語訳は「デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究報告書」に収録.
- [7] Zagal, J. P.: Understanding Japanese Games Education, Proceedings of the 2013 DiGRA International Conference: DeFragging Game Studies (2014). <http://www.digra.org/digital-library>.
- [8] Notkin, D., Schlichting, R. D. and Larus, J. R.: Computer Science in Japanese Universities, *Computer*, Vol. 26, No. 5, pp. 62-70 (online), DOI: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/2.211887> (1993).
- [9] 矢澤竜太：【CEDEC 2010】日本で働く外国人ゲーム開発者が思う事、大激論，ニュースサイト記事 (2010). Game-Business.jp 2010年9月14日. <http://www.inside-games.jp/article/2010/09/14/44371.html> (visited July 1, 2015).
- [10] Zyda, M.: Educating the Next Generation of Game Developers, *Computer*, Vol. 39, No. 6, pp. 30-34 (2006). Guest editor's introduction. Also available online at <http://gamepipe.usc.edu/~zyda/resources/pubs/Zyda-IEEE-Computer-June2006.pdf> (visited July 9, 2014).
- [11] Zyda, M.: Creating a Science of Games: Introduction, *Communications of ACM*, Vol. 50, No. 7, pp. 26-29 (2007). Editor's introduction. 邦訳は鈴木豊太郎訳「ゲーム学の創造」. Japanese version also available at <http://doi.acm.org/10.1145/1272516.1272535>. Also available online at <http://gamepipe.usc.edu/~zyda/resources/pubs/CACM-July2007.pdf> (visited July 9, 2014).
- [12] Pausch, R.: An Academic's Field Guide to Electronic Arts: Observations based on a residency in the spring semester of 2004, Online document available at http://www.etc.cmu.edu/about/press_articles/EAFfieldGuide.pdf (visited November 9, 2010). (2004).
- [13] Pausch, R.: Randy Pausch's Last Lecture: Really Achieving Your Childhood Dreams, Transcript. Available online at <http://download.srv.cs.cmu.edu/~pausch/Randy/pauschlastlecturetranscript.pdf> (visited November 30, 2009) (2007).
- [14] Schell, J.: *The Art of Game Design: A book of lenses*, Taylor & Francis, 1st edition (2008). Sample chapters available at <http://ArtOfGameDesign.com/>.
- [15] 山根信二，村山優子：情報倫理の歴史的展開，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 2001, No. 207, pp. 1-5 2001. FACE2001-5.
- [16] Flanagan, M. and Nissenbaum, H.: *Values at Play in Digital Games*, MIT Press (2014). <http://valuesatplay.org/>.
- [17] Winograd, T.(ed.): *Bringing Design to Software*, Addison-Wesley Professional (ACM Press) (1996). <http://hci.stanford.edu/publications/bds/> 邦訳は瀧口範子訳『ソフトウェアの達人たち：認知科学からのアプローチ』（ピアソンエデュケーション 新装版，2002）.
- [18] Himanen, P.: *The Hacker Ethic, and the Spirit of the Information Age*, Random House (2001). With a prologue by Linus Torvalds and epilogue by Manuel Castells. 邦訳は安原和見，山形浩生訳『リナックスの革命：ハッカー倫理とネット社会の精神』 河出書房新社，2001.
- [19] 田中結：ユーザーに「じゃぶじゃぶ課金」させろ!? 企業の致命的なミスがネットに晒される!，WEDGE Infinity (2015). 2015年02月06日. Online article available at <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/4699>.
- [20] Mikami, K., Watanabe, T., Yamaji, K., Ozawa, K., Ito, A., Kawashima, M., Takeuchi, R., Kondo, K. and Kaneko, M.: Construction trial of a practical education curriculum for game development by industry-university collaboration in Japan, *Computers & Graphics*, Vol. 34, No. 6, pp. 791-799 (2010). Selected paper from the SIGGRAPH Asia education program. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2010.09.015>.
- [21] 三上浩司，中村陽介，渡辺大地，山路和紀，小澤賢侍，伊藤彰教，川島基展，竹内亮太，近藤邦雄，金子満：日本における産学連携によるゲーム制作の実践教育，情報処理学会研究報告，No. 2011-CG-142(8) (2011). <http://id.nii.ac.jp/1001/00072609/>.
- [22] Edmonds, M.: We're announcing a new secondary education program!, Online article (2015). Online article available at <http://blogs.unity3d.com/2015/03/05/were-announcing-a-new-secondary-education-program/>. 日本語訳は「高等学校および中学校向けの新しい取り組みを発表しました」Japanese version available at <http://blogs.unity3d.com/jp/2015/03/05/were-announcing-a-new-secondary-education-program/>.
- [23] The White House Office of the Press Secretary: FACT SHEET: President Obama Announces Over \$240 Million in New STEM Commitments at the 2015 White House Science Fair, March 23. Online article available at <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/03/23/fact-sheet-president-obama-announces-over-240-million-new-stem-commitments> (2015).