

コンピュータゲームを通して情報科学を概観する 一般情報教育の授業手法の提案と評価

長瀧 寛之^{1,a)}

受付日 2012年3月19日, 採録日 2012年10月10日

概要: 本論文では, 一般情報教育における効果的な授業手法として, コンピュータゲームを積極的に授業資料として用いる講義形式の授業手法を提案し, 2年間の実践とその結果について評価, 考察を行う. 本手法は“教養としての情報科学”の理解促進を目指し, コンピュータゲームの様々な具体例を題材として情報科学の学問的側面を概観することで“情報の科学的な理解”の効果的な促進を目指すものである. 2010年, 2011年の2年にわたる授業実践を通して, 本科目が学習者の情報科学への興味を喚起する安定した効果があることを確認した. 本論文では授業実践の評価に加え, 情報教育へのゲームの活用についてその効果と今後の課題について考察する.

キーワード: 教養教育, 情報教育, コンピュータゲーム, 授業実践

Introductory Computer Science Education through Computer Games for General Education – Proposal and Evaluation

HIROYUKI NAGATAKI^{1,a)}

Received: March 19, 2012, Accepted: October 10, 2012

Abstract: This paper presents the overview of the practice of a general education course “Introduction to computer science through video games.” This course leads students to a good understanding of computer science by using various examples of technical features of computer games. Through the practices of the course in 2010 and 2011, using computer games as learning materials showed significant positive effects for arising students’ interest in fundamental knowledge of computer science.

Keywords: general education, computer science education, computer games, practice

1. はじめに

初等中等教育で情報教育が行われるようになって久しい. 特に高等学校では2003年度から教科「情報」が必修科目として導入されており, つまり現在の大学生の大半は, 高校卒業までに情報に関する一定の基礎知識を習得しているはずである. しかし高校教科「情報」の実際は, パソコン操作演習などいわゆるPCリテラシ教育に大きく偏っており, それ以外, 特に情報の科学的な理解に関する教育が十分行われていない傾向がある [1], [2]. また大学でも, 一般

教育として行われる情報科目は現在もPCリテラシ演習が主体であることから, 結果として, 情報機器の操作にはある程度慣れていながら, 情報科学を専攻する学生以外は“情報の科学的な理解”について学ぶ機会がほとんどないのが現状である.

情報活用力や情報モラルの知識は教養としてももちろん重要であるが, それらの技術や倫理のベースには計算機の仕組みと概念が大きく影響しており, 応用力も含めた知識の定着には“情報の科学的な理解”が不可欠であるといえる. しかし現在の一般情報教育の現場においては, “情報の科学的な理解”がそれほど重要であると見なされておらず, また教師自身も指導に十分自信を持っていないという傾向があり [3], このことが一般情報教育において“情報の科

¹ 岡山大学
Okayama University, Okayama 700-8530, Japan
^{a)} nagataki@okayama-u.ac.jp

学”があまり取り上げられない要因になっていると考えられる。一般情報教育に“情報の科学”を学習トピックとして普及させるには、2013年度から高等学校に導入される新指導要領への期待だけでなく、授業として実践可能な教育手法、知識習得の必要性を十分に感じさせるような教材の提案が重要であると考えられる。

ところで著者は所属大学において、“教養としての情報科学”を主眼とした一般教育科目を開講する機会を得た。ただしこの科目枠は教養科目、かつ選択科目としての枠であったため、単に“情報科学”を銘打っただけの講義では、履修希望者が工学系の学生だけで固まってしまうのではないかと、といった懸念があった。一般教養科目として開講する以上、情報科学を自身に無関係なものと考えがちな、あるいは苦手意識を持ちがちな学習者にこそ積極的に授業へ参加してもらいたい。そのためには、情報科学の講義でありながら分野を問わず履修動機を促せる、かつ情報科学の学問としての興味や教養としての重要性を感じられる、効果的な授業内容を考える必要があった。

以上より著者は、一般情報教育における情報科学教育として、コンピュータゲーム（デジタルゲーム）を大々的に教材として活用した講義を行う授業実践手法を考えた。コンピュータゲームは一般家庭に広く普及しているコンピュータの1つであり、特にコンピュータに対する得手不得手に関係なく娯楽として広く一般に普及している点が特徴的である。このため、専門分野を問わず学習者に馴染み深く、履修や授業参加への興味を喚起しやすい題材と考えた。さらにコンピュータゲームは、情報科学の概念を説明する具体例に適した話題を豊富に有するだけでなく、情報モラルなどその他情報教育に関する学習トピックの話題も豊富であるため、教養科目の題材として有用性が高く、学習者の授業への興味を引き続ける効果が期待できる。

本論文では、コンピュータゲームを題材として積極的に活用する情報教育手法について、2010年と2011年に著者所属の大学において実践した教養教育科目の概要とともに紹介する。また授業実践の結果について評価を行い、それをふまえてコンピュータゲームを情報教育の題材として取り入れる授業手法の有用性と課題について議論する。まず2章でコンピュータゲームの概要と情報科学の題材として期待できる有用性について述べ、さらに“ゲームと教育”の関連研究と本研究の違いについて述べる。3章では著者が実践した授業科目の概要を説明しつつ、本研究で提案する授業手法の工夫点について議論する。4章で2年間の実践結果をまとめた後、本研究の提案する授業手法の有用性と課題について5章で考察する。最後に6章で本論文のまとめと今後の予定について述べる。

なお本論文ではコンピュータゲームを、「娯楽を主目的として利用するコンピュータまたはその上で動作するプログラムであり、テレビなど映像や音声を出力する装置を用い、操

作する者との双方向のやりとりで出力される映像や音声に変化するもの」と定義する。これは、実際の授業実践においても定義として用いたものである。以下本論文では、単にゲームと略記した場合、上記のコンピュータゲームと同義であるとする。

2. コンピュータゲームと情報科学の関係

コンピュータゲームは、1958年の“Tennis for Two”や1962年の“Spacewar!”など、大学の計算機のデモ用プログラムや趣味の延長上として誕生したのが最初であるといわれている[4]。以降、コンピュータゲームは現在まで、すでに50年以上の歴史を有している。特に1980年代以降は、コンピュータゲームは家庭用の“テレビゲーム”として、単なる子どものおもちゃの域を超えて一般家庭へ普及が進み、また計算機の技術発展と歩調を合わせてコンピュータゲームもその性能を飛躍的に向上させてきた。かつては既製の安価なチップや素子を流用して価格を抑えるという設計スタイルがゲーム機の主流だったが、近年はゲーム機に合わせて新しいCPUの開発を主導する*1など、最先端技術の開発をリードする存在にもなっている。

コンピュータゲームの開発はつねにコンピュータの仕様や能力の限界との戦いでもあることから、制作者の意図にかかわらず、コンピュータの仕組みが透けて見えやすい。たとえばゲーム中に登場する数値は、限られたbit数を極力有効活用するため、その最大値が“256(=2⁸)”、“65535(=2¹⁶-1)”など2のべき乗が基準となることが多い。このとき重要なのが、多くの学生にとってコンピュータゲームは身近な存在であるという事実である。上記の最大値の事例に関しても、学生はすでに経験的な知識として知っているか、未経験であっても身近で視覚的に確認できる具体例として親しみを持って知識を得やすい、という効果が期待できる。そのため、同じ情報科学の概念を教える場合でもコンピュータゲームを題材とすることで、学生自身の記憶や体験と容易に結び付けやすくなり、知識の定着が強まることが期待できる。またそのための題材を他のコンピュータに比べても見つけやすいのが、コンピュータゲームの利点であるといえる。

さらにコンピュータゲームという題材は、情報科学以外の分野の話題を絡めることも容易である。例として、近年のゲーム機はコントローラに振動機能を有するものが多いが、振動機能1つとっても、Human Interfaceの観点だけでなく、振動素子の機械的構造、工業デザイン、さらにはビジネス上の戦略や特許訴訟など、様々な分野の話題を豊富に見つけることができる。学部を問わず履修可能な教養教育科目においては、特定の分野に特化せず学際的な視点の話題も提供できることが望ましいが、コンピュータゲー

*1 Cell Broadband Engine: <http://cell.scei.co.jp/>

ムはそういった点でも使い勝手の良い教材といえる。

2.1 関連研究

一般情報教育においていかに情報科学を効果的に教育するかは、初等中等教育で情報教育が本格化して以降、主要な研究テーマの1つとなっている。

近年多くの実践例や有用性が報告されている情報科学の教育手法の1つとして、CS Unplugged [5] があげられる。CS Unplugged の特徴は、コンピュータの原理を、計算機を使わない実世界の体験的活動という教材に置き換え、その活動を通して情報科学の原理を体験的に学習するという点にある。本研究の提案手法は、コンピュータゲームという計算機そのものを教材として利用する点ではCS Unplugged と異なる教育実践手法であるが、コンピュータの原理を実世界の別の事例に置き換え、それを（本研究の場合は視覚的に）体験することを通して実感を持って学ぶというアプローチは共通しており、本研究はCS Unplugged の実践で得られる知見を反映させやすいアプローチといえる。

ゲームを情報科学への興味喚起に活用するという取り組みは、欧米を中心に近年多数行われているが、その多くが専門科目のカリキュラムにゲーム開発スキルの育成を組み込んだもの [6] や、ゲーム開発活動を通じたプロジェクトベースの学習を指向したもの [7] である。情報科学の基礎知識を有しない学習者に対する教育としては、これらのゲーム開発を通じた興味喚起が主眼のアプローチは、授業として実現の難易度が高く、容易に適用しにくいという問題が考えられる。一方本研究では一般教養としての情報教育を指向しており、ゲーム開発を通じた学習形態はあえてとらず、ゲームの製作者側ではなくユーザ側の視点で学習内容への興味喚起を図るという点でアプローチが異なる。

ゲームの持つ娯楽性をゲーム以外の場面で活用するというアプローチは、シリアスゲーム [8] やゲーミフィケーションなどが近年研究テーマとして注目されている。それぞれ教育への活用例としては、シリアスゲームは“学習要素を盛り込んだゲームを用意し、学習者のゲームプレイを通して学習効果の促進を狙う”というもの、ゲーミフィケーションは“ゲームの娯楽性をもたらし要素を、授業内活動の各所に効果的に盛り込み学習活動への意欲を促進する”というアプローチになると考えられる。いずれも学習活動そのものにゲームプレイの娯楽性を導入しようというものであるが、対して本研究は、情報科学の視点から眺めることによる“教材としての面白さ”としてゲームをとらえている点で、シリアスゲームやゲーミフィケーションとは根本的に教育手法へのアプローチが異なる。

3. 授業実践概要

著者は2010年度と2011年度に、自身の所属する教育機関において、コンピュータゲームを題材として用いる情報

科学の教養科目（以下本科目）を開講した。本章ではその実践内容の概要を説明し、本論文で提案する授業実践手法（以下本実践）の工夫点を述べる。

3.1 学習目標

本実践では“教養としての情報科学”をコンセプトに、情報科学の諸概念の基礎知識を概観し、それを通してコンピュータに対する科学的な見方を習得することを学習目標とする。情報科学を専攻しない学生でも一般生活においてコンピュータと関わる際に有用と期待できる知識を中心に紹介し、情報科学という学問がなぜ、またどのように重要であるかを学習者に気づかせることを重要視する。

学習範囲は、高等学校の教科「情報」における“情報の科学的な理解”に相当する内容を基本とする。本科目の想定する学習者は大学1, 2年生相当とするが、学習者の情報科学に関する事前知識は想定しない。つまり情報機器の操作にはある程度慣れていながら、その仕組みや理論について学んでいない学習者を前提とする。その点で、本実践は中等教育における情報教育にも十分適用可能と考えられる。

3.2 授業計画

本科目は、所属大学における教養教育科目の“主題科目”として開講した。主題科目は単位科目ではあるが、学部を問わず学習者が履修科目を自由に選択できる科目区分である。1学期に70近い科目が、主に月曜1限、水曜2限、金曜3限のいずれかで開講されており、また卒業要件となる単位数はそれほど多くないことから、科目の選択肢は豊富である。この点において、本科目はまず「履修科目としてどれだけ選択してもらえるか」が重要な問題になる。

本科目は大学の講義科目として標準的な、各回90分、全15回で構成する2単位の講義科目として開講した。各回で情報科学に関連するキーワードを1つ学習テーマとして設定し、そのテーマに関連するゲームの具体例を入口に、コンピュータの仕組みやその裏にある概念をひもとくという形式で講義内容を構成した。

各回の授業テーマを表1に示す*2。第1回に導入講義としてコンピュータやゲームの歴史について解説した後、第2回から第10回にかけて情報科学の様々な基礎概念について具体例を交えて紹介していく。具体的には、第2回、第3回で情報の基本単位について解説しつつ、第3回、第4回でコンピュータの外側（出力装置、入力装置）、第5回でコンピュータの内側（演算装置、記憶装置）というコンピュータの基本要素について順番に説明する。次に第6回～第8回でプログラム作成に関連する話題を扱い、さらに第9回、第10回でより抽象的な概念の情報理論を扱

*2 本科目では、日本で一般的に最も馴染み深く内容を想定しやすい名称として、コンピュータゲームの代わりに“テレビゲーム”の名称を使用している。

表 1 授業計画

Table 1 Syllabus / schedule.

回	学習テーマ	サブタイトル
第 1 回	オリエンテーション, 導入講義	テレビゲームとは何か
第 2 回	情報の単位 (ビット・バイト)	40kB で作れるゲームとは?
第 3 回	情報の単位 (グラフィック)	ヒゲと帽子をつけた理由
第 4 回	ユーザインタフェース	十字ボタンという“発明”
第 5 回	コンピュータアーキテクチャ	ゲーム機の変遷
第 6 回	アルゴリズム	“ジャンプ”は意外と難しい
第 7 回	プログラミング	裏技が生まれる要因
第 8 回	ソフトウェア工学	テレビゲームの開発体制
第 9 回	データ圧縮/情報論	カタカナ 20 文字で描く世界
第 10 回	ネットワーク	ゲームと通信の関係
第 11 回	情報と社会	ゲームの“著作権”はどこまで?
第 12 回	情報科学研究	ゲームの進化の方向性
第 13 回	テレビゲーム研究	“エデュテイメント”から“シリアスゲーム”へ
第 14 回	(予備回)	
第 15 回	総まとめ	

う, という流れで構成している。それらの知識をベースとして, 第 11 回以降は情報モラルや情報活用, さらに新旧の研究事例紹介も含めより幅広い学問的課題を扱うテーマへと移行する。なお第 14 回は, 第 13 回までで時間内に話しきれなかった話題やゲームに関する雑多な話題を紹介する予備回とした。最後に第 15 回で本科目の学習内容について総復習を行う。2010 年度と 2011 年度では, 講義資料の詳細には若干の変更は加えているが, 各回の学習テーマとその順番は両年度とも同一である。

各回の学習テーマは, 一般情報教育として必要と考えられる学習トピックをできるだけ多く網羅できるように設定した。ただし半期 1 科目の中でひととおり学習内容を完結させる必要性から, 概論として扱いにくいトピックを一部省略しており, 本科目は情報教育で扱うすべての範囲を網羅しているわけではない。一般情報処理教育の知識体系として整理されている J07-GEBOK [9] と比較して本科目の網羅する範囲を確認すると, GEBOK の定義する各種エリアのうち「情報とコミュニケーション」「情報のデジタル化」の内容は本科目の第 2 回, 第 3 回, 第 4 回, 第 9 回を中心に多数の回で取り上げており, また「アルゴリズムとプログラミング」は第 6 回と第 7 回, 「情報ネットワーク」は第 10 回, 「情報システム」は第 11 回, 「情報倫理とセキュリティ」は主に第 11 回～第 13 回で取り上げている。「コンピューティングの要素と構成」も, 第 5 回と第 7 回で一部であるが取り上げている。しかし「データモデリングと操作」については, 開発者寄りの視点での題材になりがちであったため, 第 10 回でネットワークモデルを一部例示する以外は本科目では扱っていない。将来的にはこれらのトピックも網羅できることが理想であるが, 現時点でも本科目の目標である「コンピュータに対する科学的な見方を習得」するためには十分な範囲を網羅していると考え

ている。

開講曜日と時限は, 2010 年度と 2011 年度いずれも月曜 1 限 (8:40-10:10) であった。ただし 2011 年度は, 休講にもなつて月曜 1 限の授業枠を 14 回分しか確保できなかったため, 第 14 回講義のみ別の曜日に 2 回に分けて実施し, 履修生には他の履修授業と重なりのないどちらかの日に参加してもらう形にした。

3.3 授業スタイル

本実践は, 主にプレゼンテーションソフトなどで資料を投影表示しながら説明する講義形式で授業を進める。その際, ゲームの様々な映像や画像を多数提示し, テレビゲームに関する知識がない学生でも, 学習内容を視覚的な具体例と結び付けやすいようにする。

本科目では, 授業資料に用いる画像や映像資料は, 主にメーカ公式サイトや資料や, 著者自身があらかじめ収録した映像などを用いた。実際に授業中に提示した資料については, 著作権上の関係から本論文では掲載を省略するが, 作成したスライド自体はゲームの画像や映像がスライド中に登場するという点を除いて一般的なプレゼンテーションスライドと特に違いはない。

また, 授業開始時には, 投影スライドと同じものを印刷し講義資料として配付する。ただし配付資料ではスライドの重要箇所を空欄にしており (図 1), 授業資料として完成させるために, 学習者は講義を聴きながら配布資料内の空欄を補充していく必要がある。空欄として設定するキーワードは, 基本的に情報科学に関係するキーワードや説明文などを中心とし, ゲーム自体の知識のみに関連するキーワードは基本的に空欄にしない。あくまでこの授業で注目すべきは情報科学の知識であることを, 空欄補充の作業を通して学習者に意識づける。

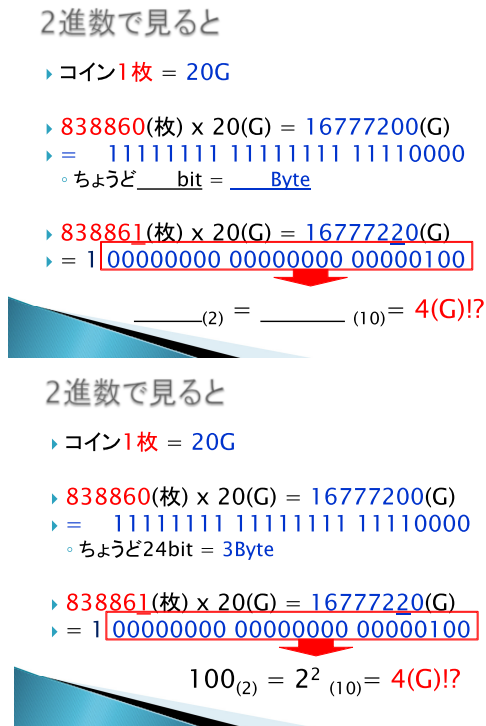


図1 授業スライド例 (上: 配布資料, 下: 投影スライド)

Fig. 1 A presentation slide (Upper: in a handout, Lower: on a screen).

また同様の目的で、その回で学習者に印象づけたい項目に関するミニテストを授業中に適宜実施する。講義内に大体20~30分に1回のペースで1題ずつ、合計2, 3題提示する。解答用紙は授業開始前に配布するが、問題文は用紙に記載しておらず、講義の中で投影スライドで問題内容を伝える。また問題の解答例はその場で紹介し、自身の解答と合わせて授業内で紹介した解答例も合わせて用紙に記入させる。ミニテストは授業後に回収し、理解度のチェックとともに出欠管理の資料としても利用する。

なお本実践では、コンピュータ操作をともなう演習活動を授業に取り入れていない。100人単位の履修生が存在したためそもそも演習の実践が困難という事情もあったが、たとえ少人数であってもコンピュータ操作演習をあえて設けないことで、“情報科学とはコンピュータの操作技術のことである”という誤解を学習者に持たせないようにすることを狙いとしている。

3.3.1 題材の選択

本実践において授業資料として扱うゲームの題材は、現在の大学生には馴染みが薄いであろう1980~90年代のゲームから積極的に選択することになった。これは、近年の潤沢な性能の計算機上で動作するゲームよりも、限られた性能やデータサイズの中で開発されたゲームの方が、コンピュータの特徴や限界をゲームの挙動として確認しやすく、情報科学の概念を説明する題材としてより適していたことが理由である。また結果として、年度が替わっても資

料を修正する必要性が少なく流用しやすい点も、資料作成の負荷が大きい本科目においては重要な要素といえる。

もちろんトピックによっては、必要に応じて1970年代以前、あるいは2000年代以降のゲームも扱った。しかし、1970年代以前はゲーム自体の絶対数が少なく資料も少ないことから、そこから得られる情報の真偽が不確かになりがちであった。逆に2000年代以降のゲームは題材自体は豊富なものの、技術の高度さゆえにゲームの挙動だけではコンピュータの基本的な仕組みが分かりにくいことから、教養科目としては扱いにくい題材が多かった。2000年代以降の教材を授業内で多用したのは第10回「ネットワーク」で、これはそもそも主要なゲーム機にインターネット接続機能が標準搭載されたのが2000年代以降のため、1990年代以前はコンピュータネットワークの題材となるゲームの事例が非常に少ないという点が大きな要因である。

3.3.2 実践例

本科目で実際に行った講義内容を、以下3例紹介する。

(a) 計算機アーキテクチャ

コンピュータゲームにおける補助記憶装置の一例として、かつてゲームプレイデータの記憶方式として一般的であった、“バッテリーバックアップ方式”を紹介する。バッテリーバックアップ方式は、電池による電力供給によってSRAMにデータを記憶する方式であるという仕組みを説明した後、ある有名なゲーム^{*3}の“バックアップデータが壊れた旨のメッセージをおどろおどろしい音楽とともに表示する”動画を再生する。これにより、電源供給しないとデータが消えてしまう記憶装置の存在を、実例(一部の学生には実体験)と関連づけて記憶に残すことを目的とする。さらにこの動画は後の講義で、「なぜ“データが消えた”という事実が判定できたのか?」という話題で、データの誤り検出の仕組みを説明する事例としても再利用する。

(b) アルゴリズム

様々なゲームの登場キャラクターが“ジャンプ”する動作を動画で紹介した後、ジャンプ動作のアルゴリズムをフローチャートで記述させるミニテストを行う。実際には、ジャンプ動作は見た目には単純な動きに見える半面、コンピュータに理解できる命令として落とし込むには様々な要素を考慮する必要があり、初学者が短時間で解答することは困難である。ここではあえてその困難さを経験させることで、アルゴリズム設計の根本である「手順を定めること」の難しさと重要性に気づかせることを目的としている。

(c) プログラミング

あるゲーム^{*4}で、残り人数を半永久的に増やす手法(裏技)の実例を動画で紹介する。動画では、この裏技により130人程度残り人数を増やしたはずが、その後1度ミスを

*3 『ドラゴンクエストIII』, エニックス (現スクウェア・エニックス), 1988年発売

*4 『スーパーマリオブラザーズ2』, 任天堂, 1986年発売

しただけで突然ゲームオーバーになってしまう。実はこの現象を詳細に観察すると、残り人数を8bitの符号付き整数として管理しており、また残り人数の加算処理においてオーバーフロー検出を行わないため、127人からさらに加算を行うと残り人数がマイナスになってしまう、という仕組みが見えてくる。以上の現象を、ゲーム内動作に合わせたビット列の変化を示しつつ説明することで、数の2進表現の加算処理やコンピュータでのデータ管理の特徴を理解させ、そこからコンピュータのバグの要因を推測するには、コンピュータ内でのデータの扱い方や計算方法を知識として持っておく必要がある、という話題へ移っていく。

3.4 成績評価

本実践では学習者の“情報の科学”への興味喚起を主眼とするため、期末テストによる成績評価は馴染まないと考えた。そこで本科目における成績評価は、主に講義への出席と、講義外に課すレポート課題で行うこととした。

講義出席は、ミニテストの提出状況、またその記入内容をもとに判断する。またレポート課題は、第1回から第13回まで毎週の授業終了後に復習用レポート課題を課し、それとは別に最終課題として小論文形式の長文レポートを課す。本科目では、2010年度は最終課題として必須テーマ1題+4つの選択テーマから1題選択する合計2題のレポートを課したが、採点業務に過大な負荷がかかったことから、2011年度は最終課題は3つのテーマから1つ選択する1題のレポートのみとした。

なお第15回講義では、総復習として30分程度の復習テストを実施した。ただしこれは知識の定着率を履修者自身で再確認させ、学習内容を振り返ることが主目的であり、成績上は第14回までのミニテストと同等の扱いとした。ただし解答用紙は正答例の提示前に回収しており、採点結果は4章以降の実践評価の資料とした。

4. 実践結果

本章では、3章で述べた授業実践の結果について、出欠情報、レポート採点結果、また授業内で適宜実施したアンケートの回答結果をもとに述べる。

なおアンケートは本科目の実践中に定期的実施している。第1回終了後には履修動機に関するアンケート（初回アンケート）、第5回、第10回講義終了後には過去5回の授業内容に関するアンケート（中間アンケート1, 2）、さらに15回講義終了後に11-15回講義に関する質問と授業全体に関する質問を合わせたアンケート（中間3+期末アンケート）の、計4回を実施した*5。アンケートは学内で運営しているコース管理システムを利用し、授業外にオン

ラインでの回答を求めた。またその際、回答提出有無だけを成績評価に含めることを学習者に伝え、回答を促した。各アンケートの回答者数は、2010年度は初回101人、中間1は96人、中間2は95人、中間3+期末は100人であった。また2011年度は初回225人、中間1は185人、中間2は179人、中間3+期末は189人であった。

4.1 授業履修者

本科目における各年度の履修登録者数を表2に示す。いずれの年度でも、情報科学と専攻分野の関連性が深い工学部生が履修生の約半数を占める一方、人文・社会科学系（文、法、経済、教育）の学生も約3割を占めるという傾向になった。なお学部ごとの履修人数の違いは、履修可能な学年の制限*6、専門科目との重複、取得単位数など外的要因が大きいと思われるため、履修登録者のみをもって学部ごとの履修意欲が反映された数字かどうかは判断しにくい。

なお、表2における“履修可能人数”は、講義室の収容人数である。両年度とも第1回講義では、履修可能人数いっぱい121人、255人の履修希望者がいたが、その後履修変更/取消期間を経て、最終的な履修登録者（成績評価の対象者）が表2に示す114人、235人となった。なお途中で履修を取り消した学生の一部に取消理由を尋ねたところ、「同じ時限に専門の必修科目が重なってしまった」「履修可能単位数の上限を超えてしまった」といった履修計画上の理由、「月曜1限はつらい」「毎週課題は大変そう」といった消極的な理由のほか、2010年度は「内容が基礎的すぎる

表2 履修登録者数

Table 2 Number of students in the course.

学部	2010年度	2011年度
文学部	8	16
法学部	9	18
教育学部	12	8
経済学部	8	43
理学部	6	13
医学部	5	3
歯学部		1
薬学部	2	1
工学部	54	119
環境理工学部	9	8
農学部		5
その他*	1	
合計	114	235
(履修可能人数)	121	255

*学部を横断した履修カリキュラムを構成できる
独自コースの所属学生

*5 さらに大学指定のマークシート式授業評価アンケートも実施したが、こちらは全体平均しか情報がなく詳細な解析ができないため、本論文では省略する。

*6 本科目を含む月曜1限開講の主題科目については、文、法、経済、工の各学部と表2の「その他」に該当するコースでは「当年度入学生のみ受講可」、それ以外の学部は「前年度入学生のみ受講可」となっている。なお一昨年度以前の入学生は全学部履修可能。

ので、2011年度は「最新のゲームの紹介をする講義ではなさそうだったので」といった、シラバスをよく読んでいなかったと思われる理由もあった。

また初回アンケートの回答から、履修者の高校教科「情報」における履修科目の集計結果を表3に示す。ただし、初回アンケート回答後に履修取消した学習者は集計結果に含めていない。表3から、コンピュータ操作が主体の情報Aの履修が大半である一方、それとほぼ同数の“どれを学んだのかははっきりしない”学生が存在する、また情報の科学的な理解を中心的に扱う情報Bの履修が少ないという結果が分かる。これは、全国の大学を対象に行われた2008年の調査結果[10]とほぼ同じ傾向である。

4.2 履修動機

本科目の履修動機についての解答結果を表4に示す。両年度とも履修動機として“テレビゲームに興味”という回答が最も多く、“科目名に興味”も回答者の約半数を占める結果となった。特に履修動機に“テレビゲームに興味”または“科目名に興味”をあげつつ“コンピュータに興味”を選択しなかった学習者は、2010年度は11人、2011年度は30人存在した。自由記述欄では「もともと情報系は苦手

表3 高校での情報履修状況（履修取消者の回答は除く）

Table 3 “Information study” courses in high school that students had taken.

履修科目	2010年度	2011年度
情報 A	39	79
情報 B	16	21
情報 C	3	25
専門教科「情報」	0	1
情報系学科	1	2
情報 A & 情報 B	2	1
情報 A & 専門情報	0	1
情報 A & 何か情報科目	1	0
覚えてない	33	87
教科「情報」導入前に卒業	1	1
その他	2	5

表4 履修動機（複数回答）

Table 4 Motivation for registering for the course (Multiple answers).

	2010年度	2011年度
コンピュータに興味がある	69	126
テレビゲームに興味がある	84	188
所属学部・学科に関係ありそう	35	58
単位が取りやすそう	6	17
科目名に興味を持った	60	135
月曜1限だから	3	16
消去法で残った	3	1
特に理由無し	1	8
その他		5

だった」「情報科学概論という科目名だけだったら絶対に履修しなかった」といった回答もあり、ゲームを題材とした科目であるということが、多くの学生にとって履修登録の重要な動機になったと考えられる。

4.3 出席状況

出席者数の推移を示したグラフを図2に示す。回ごとに若干の出席率の変動はあるものの、ほぼ安定して8割以上の出席率を保ったまま第15回まで推移している。またこの傾向は、工学部と工学部以外、また前提とする高校履修科目別に分類してもほぼ同様であった。

履修動機のうち特にゲームとコンピュータへの興味の有無と、授業への出席回数との関係を表5に示す。2010年度は、ゲームとコンピュータいずれへの興味も履修動機でなかった学習者は出席回数のばらつきが非常に大きい一方、ゲームへの興味が履修動機だった学習者はコンピュータへの興味の有無にかかわらず高い出席率を示し、そのばらつきも小さかった。2011年度は2010年度ほどの顕著な差はないものの、ゲームへの興味が履修動機の学習者の方が出席回数の平均が高く、ばらつきも小さい。この結果より、本実践においては学習者のゲームへの興味の強さが、授業への参加意欲の継続に重要であることが示唆される。

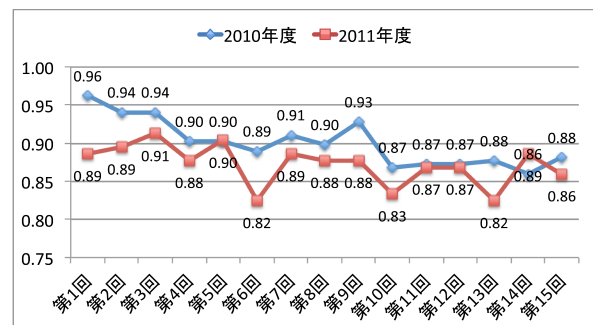


図2 出席率の推移（縦軸：出席者/履修登録者）

Fig. 2 Attendance ratio (number of attendees / number of registered students).

表5 履修動機と出席回数の関係

Table 5 Relation between motivation for taking the class and the number of attendance.

年度	興味			出席回数（最大15）	
	ゲーム	コンピュータ	人数	平均	標準偏差
2010	なし	なし	21	8.05	7.03
		あり	9	14.00	1.41
	あり	なし	24	14.21	1.02
		あり	60	14.27	1.15
2011	なし	なし	27	12.37	3.51
		あり	8	10.88	5.19
	あり	なし	70	13.67	2.28
		あり	118	13.76	2.36

4.4 授業に対する理解度

中間アンケートでは、学習者は各授業回の難易度について5段階の主観評価を行った。その結果について工学部とそれ以外の学部に分けてまとめた結果(図3)から、両年度とも多くの回で、工学部に比べ工学部以外の「とても難しい」または「少し難しい」を選択している比率が高いことが分かった。その中でも2010年度の第2回(情報の単位)、第5回(計算機アーキテクチャ)、2011年度の第5回、第6回(アルゴリズム)、第7回(プログラミング)、第9回(情報論)は、いずれも工学部以外の学習者の5割以上が難しいと回答した。また2011年度第5回では、工学部の学生も6割が難しいと回答している。いずれも、理論的側面が強い回になると、非工学系の学習者が難しさを感じる傾向にある。逆に、工学部の「とても難しい」「少し難しい」の選択比率が工学部以外に比べて大きくなっているのは、2010年度の第4回(ユーザインタフェース)、第11

回(テレビゲームと社会)、第12回(情報科学研究)、第13回(テレビゲーム研究)、2011年度の第11回、第14回(予備回)、第15回(総復習)であった。特に第11回は両年度とも工学部以外の方が難しさを感じた学生の比率が低い。これは第11回の講義が、著作権の問題や社会への影響など情報モラルに関する話題が中心になっており、他の回に比べて特に理論的側面が少ない印象を与えたことが影響していると考えられる。

一方、第13回まで毎回の授業後に実施したレポート課題の採点結果(図4)では、いずれも第9回と第10回の平均点が他の回と比べて低くなっている。ここでも非工学系の学習者の平均点は工学系のそれと比べて若干低めになるが、いずれの年度も難易度評価とレポート課題の採点結果はあまり相関がなく、主観的に感じる難しさに比べ、学習内容の理解は全体的にそれほど低いわけではなかった。

第15回に行った復習テストの採点結果について、各設

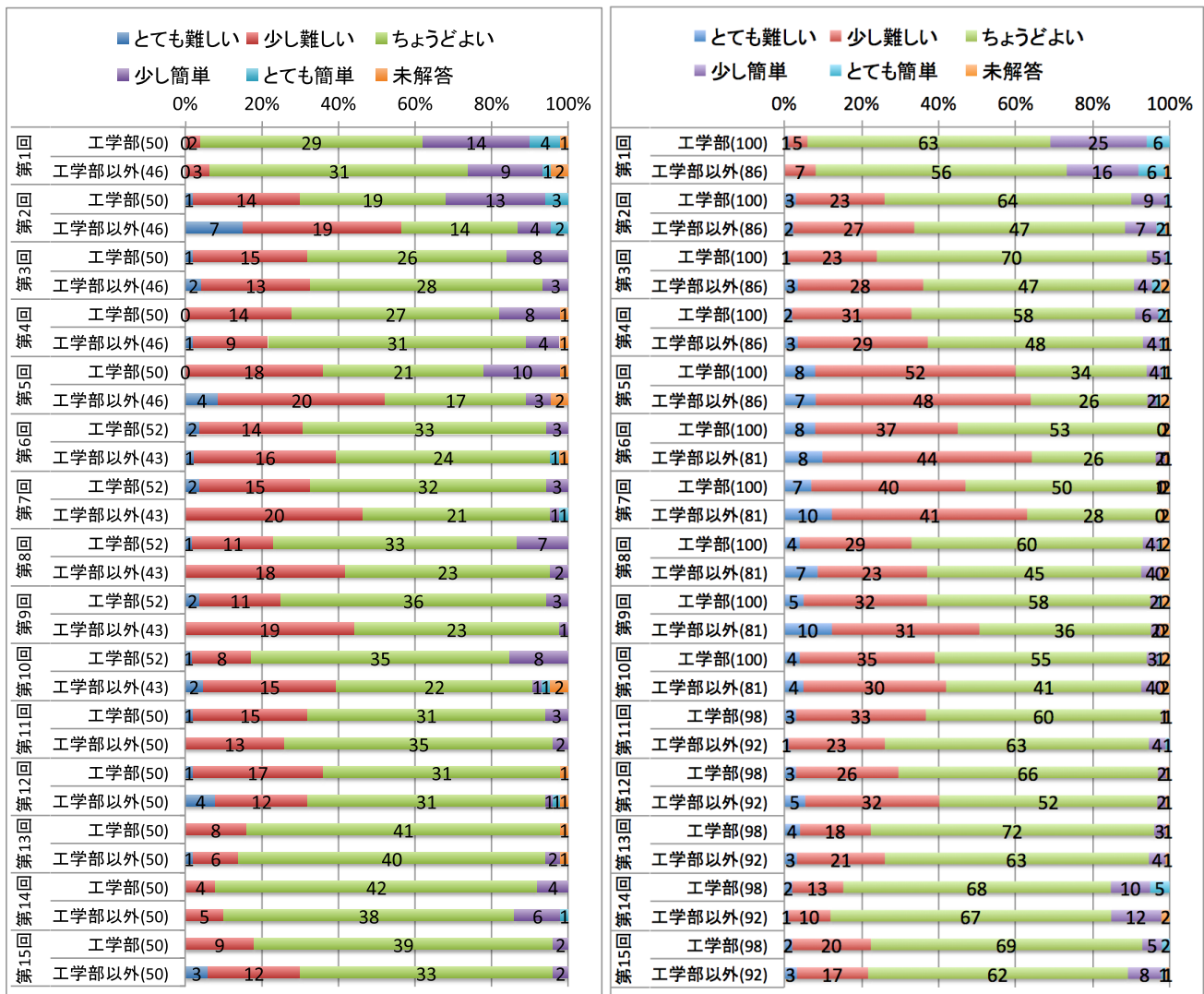


図3 難易度評価 (左: 2010年度, 右: 2011年度. 括弧内は回答者数)
 Fig. 3 Difficulty ratings given by students (Left: 2010, Right: 2011. Total number of responses in parentheses).

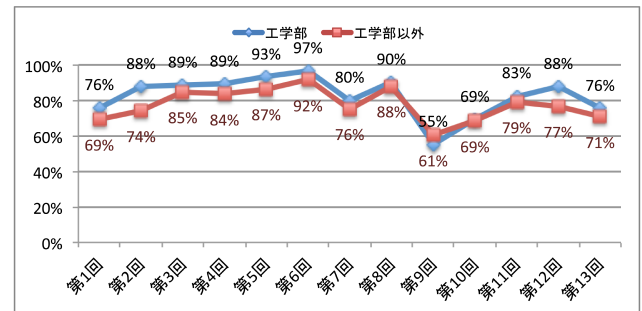
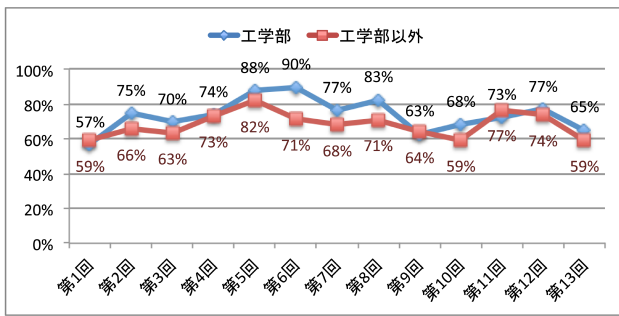


図 4 レポート課題採点結果 (各回ごとの得点/満点の全体平均) (上: 2010 年度, 下: 2011 年度)
 Fig. 4 The average of the percentage of homework scores (earned score / possible score) (Upper: 2010, Bottom: 2011).

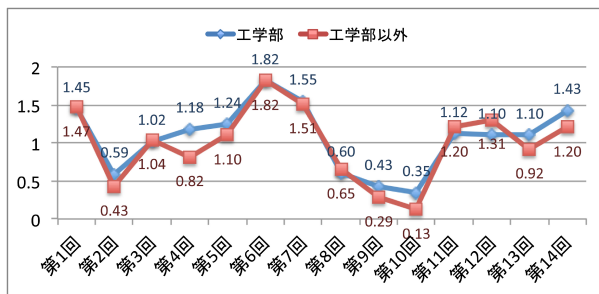


表 6 復習テスト: ゲーム関連づけの有無と用語問題の得点平均との関連

Table 6 Relation with game topics and the average score of short answer questions.

ゲーム関連づけ	問題	得点平均	
		2010	2011
無し	第 8 回	0.63	0.95
	第 10 回	0.24	0.44
あり	第 1 回	1.46	1.46
	第 3 回	1.03	1.26
	第 4 回	1.00	*

(*: 2011 年度で記述問題に変更)

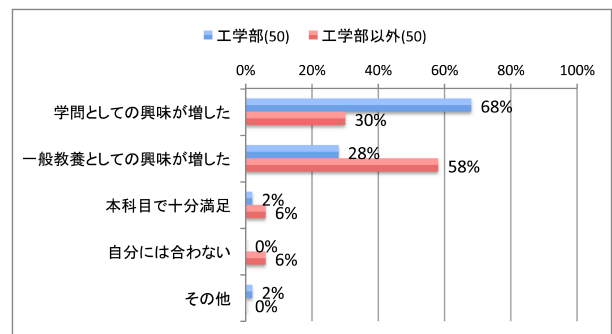


図 6 情報科学に対する興味の変化 (括弧内数字は回答者数)
 Fig. 6 Improvement in interest in computer science (Total number of responses in parentheses).

図 5 復習テスト (各回 1 問, 2 点満点) (上: 2010 年度, 下: 2011 年度)

Fig. 5 The averages of the score of review quizzes (2 points for each quiz) (Upper: 2010, Lower: 2011).

問の平均点を図 5 に示す。本テストは授業回ごとに 1 問用意した合計 14 問で、各設問 2 点 (部分点あり) として採点している。図 5 では工学部と工学部以外それぞれの平均点を示している。2010 年度と 2011 年度では第 2, 4, 9 回の問題の内容が異なるため平均点が大きく異なるが、それ以外の問題は両年度ともほぼ同じ結果を示した。

図 5 において最も平均点の低い第 10 回はパケット通信のプロトコル用語を回答させる問題であった。逆に最も平均点が高い第 6 回は、提示したアルゴリズムの問題点を文章中で記述する問題であった。そこで、用語問題と記述問題の各設問内容を比較したところ、記述問題については特に顕著な差はなかったが、用語問題では平均点が 1 点を超えている問題とそうでない問題の違いが、授業内でゲームの画像や写真と直接絡めて説明したトピックを問う問題であったか否かという点であった (表 6)。ただし評価対象の問題数が少ないため、この傾向が“ゲームと絡めて説明することが用語習得に効果的である”ことを示唆するものかどうかについては、さらに詳細な評価が必要と思われる。

4.5 情報科学への興味

第 15 回講義後に実施した期末アンケートにおいて、情

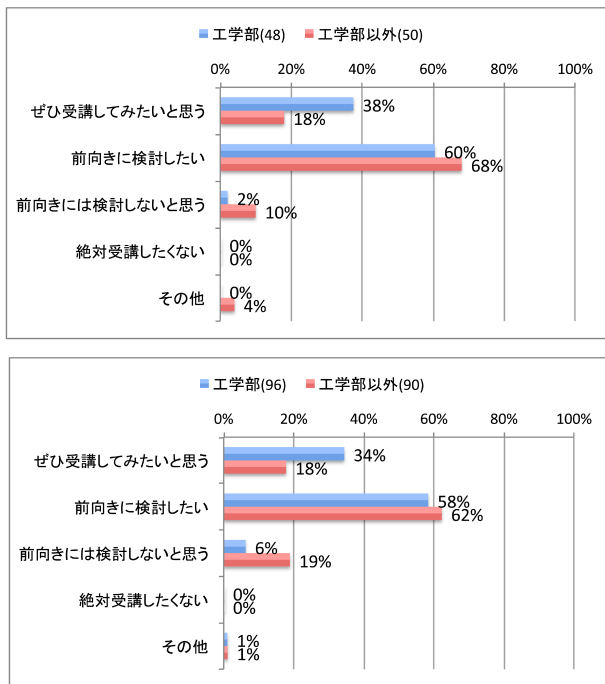


図 7 本科目以外の情報系教養科目の履修について (括弧内数字は回答者数)

Fig. 7 Motivation for taking other computer science courses for general education (Total number of responses in parentheses).

報科学への興味についての回答結果を、図 6、図 7 に示す。多数の学生が学問あるいは教養として情報科学への興味が増したと回答しており、かつ情報科学の教養科目に対して履修を前向きに検討したい、という回答が多数を占めた。履修動機 (表 4) で“コンピュータへ興味”をあげていなかった学生においてもほぼ同様の傾向が見られ、両年度とも情報科学に対する意識について同様の結果を示していることから、本科目の実践が、学習者に情報科学への興味を強く喚起する効果をもたらしたといえる。

5. 考察

本章では実践結果からの考察に加え、著者自身の所見と合わせ、本科目の実践手法である“ゲームを題材とした情報教育”を実践するにあたっての利点と課題を考察する。

5.1 本実践手法の利点

2.1 節で示したゲーム開発演習を通じた学習手法と比べ、本手法は講義主体を前提としていることから、必要な電子機材は主に教師のパソコンのみで、また履修人数の多少にあまり影響を受けず実施できるという利点がある。2010 年度と比べて人数が倍増した 2011 年度でも授業後の学生の評価がほぼ同様だった点も、本科目が人数の多少に大きく依存せず安定した効果を出せることを示唆している。

本科目の利点を示す特徴的な例を紹介する。第 13 回講義において、アルゴリズム学習を指向して開発されたシリ

アスゲームである“アルゴロジック”^{*7}を授業内で紹介したが、授業後の学習者のコメントから、このゲームに対して「時間を忘れてのめり込んだ」という学生と、「面白くないのですぐに飽きた」という学生の両方が存在することが分かった。同じゲームでも学習者の趣味嗜好によって面白さを感じるかどうかは個人差があることから、ゲームへの没入感を利用して反復学習を促すシリアスゲーム的アプローチは、ゲーム自体の面白さと学習者の嗜好にその学習効果が大きく左右される懸念がある。対して本実践の場合、学習効果はあくまで授業進行の工夫の問題であり、ゲーム自体が面白いかどうかは実はあまり重要な要素ではないという点が特徴的である。むしろ、ゲームの娯楽性という点ではマイナス要素になりうる“バグ”の方が、コンピュータの仕組みを視覚的に確認するには格好の教材になることも多い (その典型例が 3.3.2 項 (c) である)。

また本科目は概論科目であるため、多種多様な学習テーマが含まれており、各学習テーマに対応する資料は、それぞれ独立した話題として分割が可能である。つまり、本実践とは別の情報科学の授業において、本科目で扱った教材の一部だけを流用するという使い方も容易に可能である。一方本実践に使用する資料の作成は、各種ゲームに関する一定の知識がないと作業負荷が非常に高いため、情報科学の教員であっても誰でも可能なものとはいえない。そのため現在までもすでに多くの教員から、本実践における使用教材の公開とノウハウ共有の要望を受けており、できるだけ早く書籍あるいは Web 資料などの形で教材の公開を行いたいと考えている。ただし、本科目で扱う教材では既存のゲームの画面例や動画を多数扱っており、そのまま公開すると著作権などの問題に抵触しかねないことが、現在のネックとなっている点である。それらの問題を避けつつ情報教育の教材として広く共有、活用可能な形にまとめるにはどのような手法が有効か、検討が必要である。

5.2 題材の選択

授業資料として扱うゲームの題材は、現在の大学生には馴染みが薄いであろう 1980~90 年代のゲームが中心となったが、学習者からのコメントでは「知らないゲームなので新鮮な気分で聴ける」「昔のゲームは技術的に苦勞していたことがよく分かった」など、むしろ馴染みが薄い分授業内容自体への興味が増したと見られるコメントが多く寄せられた点は、予想外の効果であった。もちろん最新ゲームを題材に望む学習者の声もあったが、そういった学習者は最新のゲームを題材として取り上げた回では、むしろ情報科学よりもゲーム内容そのものに対して熱心にコメントを返す傾向が確認された。技術的に高度すぎて説明が難しいという点も考えると、一般情報教育としては最新ゲーム

^{*7} 電子情報技術産業協会 (JEITA) : アルゴロジック, <http://home.jeita.or.jp/is/highschool/algo/>

は情報教育の題材として適さない可能性が高い。

ゲームの技術的情報については、近年はゲームの歴史や技術論に関する書籍 [4], [11] が充実してきただけでなく、GDC^{*8}や CEDEC^{*9}などゲーム開発技術の情報を共有する場が設けられ、そこでゲーム開発者本人が技術的な解説を行う機会も増えてきている。そのため、ゲーム関連の技術情報はオンラインで比較的容易に収集可能である。一方で、あらゆるゲームについて実装手法が公開されているわけではなく、また昔のゲームになるほど技術情報そのものが乏しいため、明らかにコンピュータの挙動が“推測”可能な事例でも、確実な事実の裏付けは難しい場合も少なくない。たとえば 3.3.2 項 (c) の事例も、8bit の符号付き整数とほぼ確定できる挙動を示しているが、ソースコードが非公開であり、開発者本人の解説も現時点で確認されていない以上、あくまで“推測”である。こういった題材は、むしろ「コンピュータの挙動から仕組みを推測する」という視点の面白さを示すことにつながり、情報科学への興味を喚起する点では効果的であったが、学習者が事実と推測を混同しないように授業の中であらかじめ“推測”である点を強調しておく必要がある。

5.3 ゲームと学習者

ゲームという題材の特性からか、本実践では熱心にゲームへ傾倒する学習者が、両年度とも履修生の中に一定数存在した。彼らはそのまま熱心な履修者として、単に授業に積極的に参加するだけでなく、授業内容に関連した話題で教師の知らないゲームの情報もしばしば提供してくれる存在になるため、授業内容の充実に大きな助けとなる。

一方それらの学習者は、ゲームをよく知る者以外は理解できないマニアックな知識を講義中に遠慮なく発言することもあった^{*10}。本科目ではゲームの知識を深めるのが目的ではないため、あまりゲームに詳しくない学生が疎外感を覚えないよう、適宜教師側でフォローが必要な場面が発生するが、そういった臨機応変な対応は、教師自身もそれがマニアックな話題かどうか判断できる程度にはゲームの周辺知識を持っておかないと難しいという点がある。

5.4 授業の理解

授業内容の理解度向上は、本実践の改善において重要な課題である。図 5 の復習テスト結果では、文章で答える問題に比べ、正確な用語の解答が必要な問題において得点の

ばらつきが大きくなったことから、情報科学の概念を「何となく」理解しているが、「正確」には覚えていない学生が多いことが推測される。元々本科目が概論として非常に多様な話題を盛り込んでいたこと、また難易度評価やレポートの成績にもかわらず多くの学習者が情報科学への興味が増していたという結果と合わせると、本実践としては“まずは情報科学の学問的側面について強い興味を持たせることができた点が重要である”という見方もできる。しかし一方で、やはり情報科学概論として開講する以上、レポート課題や復習テストで平均点が低かったトピックについてももう少し理解を深めてほしいという思いがある。題材の選択や活用方法も含めて、さらなる検討が必要である。

一方、情報系学科の学生から「本科目と並行して履修している専門科目でもちょうど概論科目を行っているので、双方の授業を受けることで知識の定着に役立っている」といった感想が寄せられた。本実践はつねに具体例から理論や概念をひもとく講義形式のため、理論的側面の掘り下げはどうしても浅くなりがちである。情報系の学生は専門科目として理論的側面を学べる機会があるが、非情報系の学生であっても意欲のある学習者がより深く情報科学を学習できる環境を提供することが重要と思われる。今後、本科目の実践と並行して理論的側面を学べる自習教材を合わせて提供することも検討し、学習効果にどのような影響が表れるかを実践を通して確かめていきたい。

6. おわりに

本論文では、教養としての情報科学の学習を目的として、コンピュータゲームを題材とした情報科学の教育実践手法の概要と実科目での実践結果を示し、ゲームを活用した情報教育の手法の有用性と今後の課題についての議論を行った。履修人数の異なる複数年度の実践を通して、情報科学への興味喚起という点において履修者から同程度の好評価を得られたことから、ゲームから情報科学を概観する教育手法が、情報教育において有用であることが示唆された。

今後の課題として、情報科学の知識のさらなる定着率向上があげられる。分野ごとに理解度にムラが発生している要因を詳細に分析し、教材の改良と授業実践を通して、知識定着に有用なゲームの題材の活用方法を確立したい。また、ゲームに詳しくない教師でも容易に情報教育で本実践が可能のように、資料公開にかかる問題の解決法を検討したうえで、作成した授業資料の公開と共有を進めていきたい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 24700871 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 佐藤義弘：特集 変わりつつある情報教育 (4) 高等学校における教育実践事例, 情報処理, Vol.48, No.11, pp.1196-1200

^{*8} GDC (Game Developers Conference), <http://www.gdconf.com/>

^{*9} CEDEC (Computer Entertainment Developers Conference), <http://cedec.cesa.or.jp/>

^{*10} たとえば、「ネットワーク通信で TCP より UDP の方が都合がよさそうなのはどんなもの?」という質問に「FPS (First-Person Shooting, 主観視点の映像で 3 次元空間を動き回り、敵などを銃で撃つタイプのゲームジャンルの名称)」といきなり略称で答える、など。

- (2007).
- [2] 青木謙二, 鍵山茂徳: 大学における教科「情報」の基礎学力確認テストの実施と結果の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2759-2766 (2007).
 - [3] コンピュータ教育開発センター: 「情報大航海時代」における制度的課題に関する高等学校等における情報教育の実態調査実施報告書 (2009), 入手先 (http://www.cec.or.jp/ict/pdf/houkoku_all.pdf).
 - [4] 赤木真澄: それは「ボン」から始まった—アーケードTVゲームの成り立ち, アミューズメント通信社 (2005).
 - [5] Bell, T., Witten, I.H. and Fellows, M.: Computer Science Unplugged, available from (<http://csunplugged.com/>).
 - [6] Zyda, M., Lacour, V. and Swain, C.: Operating a computer science game degree program, *Proc. 3rd international conference on Game development in computer science education*, New York, NY, USA, ACM, pp.71-75 (online), DOI: 10.1145/1463673.1463688 (2008).
 - [7] 山根信二: 高等教育におけるゲーム開発の理論と実践: Global Game Jam を例として, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-CE-108, No.5, pp.1-6 (2011).
 - [8] 藤本 徹: シリアスゲーム—教育・社会に役立つデジタルゲーム, 東京電機大学出版局 (2007).
 - [9] 情報処理学会情報処理教育委員会 J07 プロジェクト連絡委員会 (編): 情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07: 9. 一般情報処理 (GE) 教育委員会, 9-2 一般情報処理教育の知識体系 (GEBOK) (2008), 入手先 (http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/20090407/J07_Report-200902/9/J07-GE_GEBOK-200803.pdf).
 - [10] CIEC 小中高部会: 2008 年度高等学校教科「情報」履修状況調査の集計結果と分析報告, コンピュータ&エデュケーション, Vol.25, pp.112-116 (2008).
 - [11] デジタルゲームの教科書制作委員会 (編): デジタルゲームの教科書—知っておくべきゲーム業界最新トレンド, ソフトバンククリエイティブ (2010).



長瀧 寛之 (正会員)

平成 14 年 3 月大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻博士前期課程修了。平成 14 年 4 月より鳥取環境大学環境情報学部情報システム学科助手 (平成 18 年 3 月まで)。平成 21 年 3 月大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻博士後期課程修了。平成 21 年 4 月より岡山大学教育開発センター助教, 現在に至る。主にコンピュータ活用教育, 情報教育に関する研究に従事。博士: 情報科学 (大阪大学)。教育システム情報学会, 日本教育工学会, コンピュータ活用教育学会各会員。