

Squeak を利用した “ものづくり”プロジェクトによる [生きる力] の育成

杉浦 学[†] 松澤 芳昭[†] 大岩 元^{††}

教科「情報」において重要なのは、[生きる力]を身に付けることができる教育カリキュラムを実施することである。我々は[生きる力]を持った人材を、“ものづくり”プロジェクトを行なうカリキュラムによって育成することが可能であることを提案する。Squeak を実践環境として利用し、プロジェクトを円滑に行うためにワークシートを使用することで、高等学校においても、このカリキュラムを実施することが可能であり、[生きる力]の育成に効果があることが分かった。

The curriculum of a creative project of producing something for the "power for living" using Squeak environment

MANABU SUGIURA,[†] YOSHIAKI MATSUZAWA[†] and HAJIME OHIWA^{††}

In informatics education at high school, the most important is to provide the curriculum which can establish among students the "power for living". The "power for living" may be taught through a creative project of producing something in Squeak environment proposed by Alan Kay using worksheets.

1. はじめに

教科「情報」は、高等学校において 2003 年度から実施が開始された新しい教科である。近年の急速な社会の情報化に伴い、生活全般に深く関わるようになった情報技術を有効に活用する能力が、全ての人にとって必要になるという観点から設置された。教科「情報」の設置以前の 1996 年に、中央教育審議会から [生きる力] という考え方が打ち出された。その後、この考え方にに基づき、[生きる力] の育成を担う具体的な教科として「情報」が必修科目として実施されることになったという経緯⁷⁾⁸⁾がある。

しかし、教科「情報」においては、特定のソフトウェアの使い方を学習するだけの、コンピュータの操作教育に陥りがちであるという問題点が挙げられる。そうした教育によって得られた知識はすぐに陳腐化してしまうので、情報化社会における真の [生きる力] を育成することは困難である。

[生きる力] を育成するカリキュラムを作成するにあたっては、操作教育を知識習得として意味づける客観主義ではなく、学習者が主体となって学習を行う構成主義のパラダイムが有用である。³⁾ 構成主義においては、学習とは知識を受動的に記憶することではなく、個々の学習者が主体的に学習活動に参加することであると述べている。また、学ぶべき知識やスキルが現実世界といかに対応付けできるかを提示することが重視されている。

この主張に基づけば、生徒の身近にある題材を用いて教育を行うことが重要であるといえる。また、講義による知識伝達だけでなく、生徒自身によって活動を行いながら学習することを重視するべきである。この考えから提案できる [生きる力] を教育するための具体的なカリキュラムとしては、生徒の身近なものを題材にした、創造的活動をプロジェクトとして行うことが考えられる。

ものづくりを行うことによって、ものづくりの難しさと楽しさを知ることができる。他人が作ったものを享受するだけでは、主体的に社会と関わっていくことは不可能である。社会と関わる態度をものづくりを経験することでより主体的に変えることができる。

プロジェクトを行うことによって自発的な実行能力を養うことができる。現代の高校生はテストで高得点

[†] 慶應義塾大学 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

^{††} 慶應義塾大学 環境情報学部
Faculty of Environmental Information, Keio University

を取ることを重視した教育を受けてきている。与えられた課題をこなす能力は高いが、自分で問題を考え、自分から何かを自発的に実行するという能力が不足している。自分で問題を発見し、解決する力こそが「生きる力」といえる。このためには行動のプロセスを立案する計画を立てる能力が必要になるが、プロジェクトを行うことによって、こうした能力も育成することができる。

コンピュータに自分の考えを伝え、ものを作るためにはプログラミングを行う能力が必要になる。教育目的で作られていないC言語などの一般的なプログラミング言語を使用するためには、文法や技術的な知識を習得する必要性があり、そのための教育を行わなくてはならない。これには時間も必要であり、知識を覚えることに目的が摩り替わり、結果として操作教育に陥ってしまう可能性が高い。また、そうした教育によってプログラミング嫌い、コンピュータ嫌いを生む結果にもつながる。そこで、ものを作るための手段としてのプログラミングが、目的になることを避けるためにAlan Kayが提唱するSqueak¹⁾を利用する。Squeakを利用すれば、文法や技術的な知識の学習コストを抑え、ものづくりを行うという目的に集中することができる。創造的活動のための環境を提供することができる。

本稿では、この考え方に基いて作成したカリキュラムを実践した結果を報告する。2章では創造的な活動環境としてのSqueakについて述べる。3章ではこの環境を利用した「ものづくり」プロジェクトについて説明する。4章ではカリキュラムの実践に関して述べ、5章でその評価を行い、6章において本稿のまとめを述べる。

2. 創造的な活動環境としてのSqueak

2.1 Squeakの概要

Squeakは教育目的で開発されたオブジェクト指向プログラミング環境である。Squeakの一機能であるSqueakToysを利用すると、一般的なプログラミング言語と異なり、視覚的にプログラミングを行なうことができる。SqueakToys上で作画を行えば、それを直ちにオブジェクトとして扱うことが可能で、それを直感的に操作することができる。Squeakの画面イメージを図1に示す。

作成したオブジェクトに対して命令を与えるためにはタイルを使用する。タイルを複数組み合わせることで、複雑な命令を与えることもできる。Squeakでは、

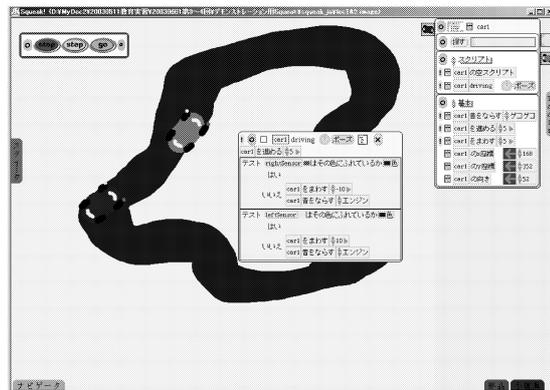


図1 Squeakの画面イメージ

逐次実行、条件分岐、変数を定義して利用するなどプログラミングにおける基本要素が備わっている。実行の順番はタイルを並べる順番を変更することで制御する。条件分岐は、Testというタイルの中に、自分で作成したタイルを配置することによって実現できる。

Squeakを利用した教育の試みは小学生を中心とした子供に対して既に行われている。⁴⁾ 本来Squeakは小学生程度の年齢の子供用に設計されたものであるが、スクリプトを組み合わせることで、複雑なロジックを実装することも可能であるため、高校生が計画する「ものづくり」プロジェクトを実施するには十分である。

2.1.1 Squeakが提供する環境の利点

Squeakを利用するためには、タイルに使用する変数の入力や、作成したオブジェクトの名前を入力するといった簡単な文字入力を除いて、キーボード操作を行う必要がない。コンピュータの使用に慣れていない高校生にとっては、キーボード入力を行うこと自体が大きな負担となる。生徒にタイピングによる余計な負担がかからないSqueakは、創造的活動であるものづくりに集中できる環境だといえる。

Squeakでは、タイルによって視覚的にスクリプトを構築することができる。これにより、文法的な制約はタイルを組み合わせる構成できるか否かによって見分けることができる。その結果、プログラミング初学者に多く見られるような、文法の記述間違いによるコンパイルエラーが多発し、学習意欲を失ってしまうという事態を避けることができる。これと同時に、文法の学習や技術的な知識の習得に費やす時間を短縮することができる。創造的な作業に集中することができる。

また、一般的なプログラミング言語と異なり、Squeakで使用できる機能は画面に表示されている。それらを新たに発見し、自分で試してみることによって、ものづくりのアイデアを刺激することになり、創

造的な思考を補助する役割も果たす。

一般的なプログラミング言語を使用した場合、GUIを持ったプログラムを構築するには高度な知識が必要になり、初心者が作成できるプログラムはCUIを基本にした見栄えのしないものになりがちである。プログラムの初学者に対して、GUI構築のための教育を最初から行うのは困難である。しかし、学習者のモチベーションを維持するためには、作成したプログラムの見た目は重要である。Squeakを利用すれば、ボタンやスライダーを持ったプログラムが簡単に作成可能である。作成意欲が沸くようなプログラムを作成が容易にできることもSqueakの利点である。

3. “ものづくり”プロジェクト

3.1 ものづくりの題材設定

ものづくりの題材は慎重に設定しなければいけない。題材によって生徒のモチベーションが大きく左右されるからである。そこで高校生に身近で、製作に対してのモチベーションを維持できる題材として、アニメーションとゲームを設定した。実践環境として使用するSqueakは、アニメーションやゲームを作成するのに最適な環境である。

生徒には、ゲームに比較するとアニメーションの作成の方が比較的簡単で、製作が短時間で可能という点を告げ、選択を自由に行わせた。この理由は、部活や委員会など、製作作業のために確保できる授業外の時間が生徒によって異なるので、各生徒の状況に応じて最適な選択を行い、完成まで確実に進める題材で製作を行えることが重要だと考えたからである。

3.2 プロジェクト運営のためのワークシート

3.2.1 ワークシートの目的と設計

プロジェクトを行うためには、プロジェクトのゴールを決め、それを達成するまでのプロセスを考え、計画を立案する必要がある。このような能力を持つ人材を育成することが、このカリキュラムの目標である。

しかし、ものづくりの経験が少ない高校生にとって、プロジェクトのゴールを達成するまでの計画を自分の力だけで立案することは非常に難しい。アニメーションやゲームを作成した経験のある生徒はほとんどいないのが現状である。環境として用意したSqueakを利用したことがない生徒にとっては、Squeakの操作に慣れるための時間も必要であり、自力での計画立案までを行うのは困難である。

そこで、ものづくりを達成するまでのプロジェクトにおけるプロセスと作業を整理し、大まかに生徒に提示するためにワークシートを作成した。カリキュラム

では、これを生徒に記入してもらいながら、プロジェクトを進めるという方法を採用した。これにより、指針となるプロセスを大まかに生徒に提示することができ、生徒の進捗を教師が管理することも可能になる。

シートの各段階は、ソフトウェア工学における開発プロセスの基本となる、「分析・設計・実装・評価」を参考にした⁵⁾。高校生にとって「分析」という段階は理解が困難であると考えたので、分析を企画に変更し、「企画・設計・実装・評価」という4つの段階ごとに、4種類のワークシートを作成した。

プロジェクトの計画を自ら立案するという能力を育成するため、ワークシートの項目を工夫した。スケジュールの策定や、設計段階での企画の変更点を明記するといった、プロジェクトを運営する上で重要な作業を各シートの項目に意識的に含めることにした。

シートは全て、生徒が手書きで完成できるように作成した。コンピュータの使用に慣れていない生徒にとって、シートの作成という知的な作業をコンピュータを利用して行うことは難しく、手書きでシートを作成した方が、より教育効果の向上が望めると考えたのがその理由である。

3.2.2 ワークシートの内容

以下に授業において使用した、ワークシートの内容を示す。

(1) 企画シートの内容

- 作品のタイトルを考えよう
- 作品の売り（キャッチコピー）を考えよう（一言で）
- 作品の概要（簡単なルールやアニメの流れ）を書こう（100字程度）
- 作品を見る・遊ぶ対象を考えて書こう
- 作品を作るスケジュールを書こう
- 完成までに問題になりそうな（難しそう）課題があれば書こう
- 作品の完成画面イメージを書こう
- 完成へ向けての意気込みを書こう

(2) 設計シートの内容

- 作品に登場するオブジェクトのリストを書こう
 - － 名前
 - － 役割（目的）
 - － 外観
 - － スクリプト
 - － 備考
- ストーリーやルールが分かる、絵コンテを書こう
- 絵コンテで表現できなかったことがあれば書こう
- 企画シートを書いた時点から、作品の変更があれば書き留めておこう

(3) 実装シートの内容

- 実装で一番苦労した点を最低ひとつ取り上げて、
 - － どんな事かを説明しよう
 - － どのように解決したか説明しよう

(4) 評価シートの内容

- 同じグループの人の作品を見て、
 - － 優れている点を書こう
 - － 改善をした方が良くと思う点を書こう
 - － 改善の方法を具体的に提案しよう
 - － 問題点はどの段階（企画-設計-実装）にあったか、考えてみよう
- 自分の作品に関して、
 - － 今まで書いた、3つ（企画-実装-設計）のシートと作品、相手からの評価を見て、自由に感想や反省を書こう
- クラスみんなに対して発表してほしい作品をひとつ選ぼう（自分の作品でも良い）
 - － 選んだ作品
 - － 選んだ理由を書こう
- 今回の作品作り全体を通しての感想や反省を書こう

4. カリキュラムの実践

4.1 実施体制

カリキュラムは教育実習を利用し、学習院高等科の1年生(114名・3クラス)を対象に、5月26日から6月12日の2週間、必修科目「情報」の授業として計6回(50分×6回=300分)を実施した。実施にあたっては、教育実習の一環という事情を考慮し、教科の年間計画に影響しないように、300分の授業で全てが完結する構成で授業を実施した。

1クラスの生徒40人に対し、実習を考慮して2人のアシスタントを配置した。アシスタントは情報を専任で担当する教師を配置し、実習時の生徒に対するサポート環境を整備した。

4.2 授業の構成

4.2.1 授業全体の流れ

講義はSqueakをはじめて使う生徒に対して、基本的な操作方法の説明を行なうことから始めることにした。その後、アニメーションやゲームを作成する上で必要になる、プログラミングの基礎を学習する授業展開とした。プログラムを作成する中で必要になる順次実行や条件分岐などの考え方を学ぶ講義と、例題を使用しながらの実習を計4回分(50分×4回=200分)行った。実習は、例題を最初に生徒に提示し、その例題を実現するための仕組みを考えるという方式をとり、

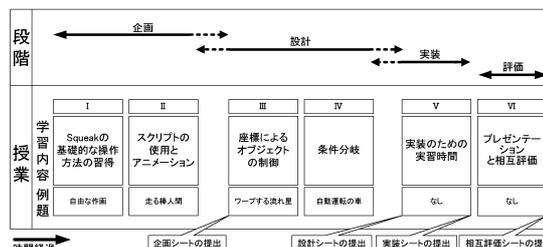


図2 授業の流れ

生徒自身が考える能力を身に付けるようになることを心がけた。授業全体の流れとプロジェクトの段階との対応を図2に示す。

4.2.2 授業内容

各授業の学習内容を以下に示す。

- 第一回:Squeak を使うための基礎
 - － 内容：Squeak の基本操作と作図によるオブジェクトの作成方法を学ぶ
- 第二回:スクリプトの使用とアニメーションの手法
 - － 内容：スクリプトを用いてアニメーションを作成する手法を学ぶ
 - － 宿題(第三回まで):企画を確定し、企画シートを作成する
- 第三回:座標を用いたオブジェクトの制御
 - － 内容：座標を用いたオブジェクトの制御と条件分岐の考え方を学ぶ
- 第四回:条件分岐を使ったプログラミング
 - － 内容：自立的に動くオブジェクトのプログラムのアルゴリズムを考えて実装する
 - － 宿題(第四回まで):設計と実装を行い、設計・実装シートを作成する
- 第五回:実装時間
 - － 内容：実装のための自由時間とする
- 第六回:プレゼンテーションと相互評価
 - － 内容：完成した作品をグループを組んで、プレゼンテーションと相互評価を行う
 - － 授業時間内の宿題:評価シートを記入する

5. カリキュラムの評価と考察

5.1 生徒に対するアンケート調査

5.1.1 アンケート内容

授業の終了後に、生徒に対してアンケートを行った。アンケートの質問内容を示す。

- 5段階評価で答える質問
 - (1) この授業は楽しかったですか？
 - (2) あなたはこの授業の続きを受けたいと思いますか？

(3) あなたはこの授業に対して積極的に取り組めたと感じますか？

(4) 宿題の量は多かったですか？

● 自由記述で答える質問

- (1) 授業で一番印象に残ったのは何ですか？
- (2) あなたはこの授業で何を学びましたか？
- (3) この授業で改善してほしいことを最低1つ書いて、具体的な改善案を書いてください
- (4) Squeak に関する問題点や意見、その他に「こんなことをやってみたい」ということがあったら書いてください
- (5) 授業に対する意見や感想を自由に書いてください

授業時間の都合上、アンケートを実施できたのは2クラスで、合計74名から回答を得た。

5.1.2 授業に対する評価

アンケートのうち、「この授業は楽しかったですか？」という質問に対する回答の分布を図3の上に示す。「楽しかった」から「つまらなかった」までの5段階評価で、3以上と回答した生徒が全体の88%を占める。高校生でも、「ものづくり」をプロジェクト形式で行うカリキュラムを十分に受け入れられることができ、楽しい授業内容として評価されていることが分かる。

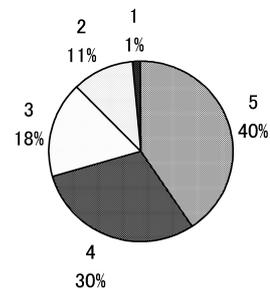
「あなたはこの授業の続きを受けたいと思いますか？」に関する回答の分布を図3の下に示す。「受けたい」から「受けたくない」までの5段階評価で、3以上と回答した生徒が80%であった。今回の実践では教育実習を利用したために、限られた時間数で授業を行う結果になったが、年間計画として本稿で提案したカリキュラムを実施できる可能性も高いといえる。

また、生徒がこの授業で何を学んだと感じているかは、カリキュラムの目的が達成されたかという重要な指標と考えられる。「あなたはこの授業で何を学びましたか？」に対する自由記述の回答を分類すると次のようになる。

- (1) アニメーションやゲーム作りの、難しさ、楽しさ
- (2) ものづくりの難しさ、楽しさ
- (3) コンピュータの可能性
- (4) 計画や努力について
- (5) Squeak について

一番多く見られた回答は(1)のアニメーションやゲーム作りに関するものである。特に、「普段何気なく遊んでいるゲームに関する視点が変わった」といった記述が多く見られた。これは、ものづくりを行うことで、その楽しさ、難しさを学ぶと同時に、身近にあるものについての視点を変えることができるという、カ

この授業は楽しかったですか？
(楽しい 5-1 つまらない)



あなたはこの授業の続きを受けたいと思いますか？
(受けたい 5-1 受けたくない)

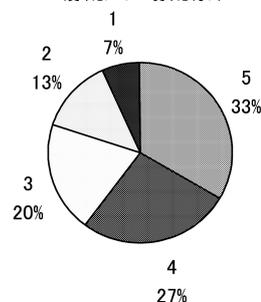


図3 アンケートの回答分布

リキュラムの効果を裏付けるものである。

次に多かった回答は(2)であるが、アニメーションやゲームといった授業での具体例に縛られることなく、ものづくりの楽しさ、困難を学んだという回答が得られたことで、このカリキュラムによって「生きる力」を教育可能であるということを示していると評価できる。

他にも、「コンピュータで色々なことができる事を学んだ」という記述も見られた。創造的な活動のツールとしてコンピュータを捉えることができるようになることは、主体的にコンピュータに関わるという態度の基礎になる。

「計画的にやることの大切さを学んだ」、「こつこつ努力することは大切だ」といった回答も得ることができた。プロジェクトを行うことによって、計画の立案や自分から主体的に行動するという事の大切さを生徒に実感させることができたという評価できる回答である。

逆に「Squeakの使い方を学んだ」という回答が一部で見られたことも事実である。この要因として、Squeakをはじめて使用する生徒を想定し、基礎的な操作方法の実習や講義に多くの取ったことが挙げられる。授業時間数に余裕を持つことと、生徒がSqueak

の操作に次第に慣れることで、操作教育的側面も解消していくことができる可能性が高い。

5.1.3 “ものづくり”プロジェクトの応用

アンケートにおいて、「授業で学んだ事柄を演奏会や文化祭の際に役に立てたい」という回答も得ることができた。これは授業で学んだ事柄を応用し様々な“ものづくり”プロジェクトに挑戦する態度を育成できた成果として捉えることができる。応用した事柄についてのプロセスの合理化や、計画能力の向上に関しては、生徒個人の活動を調査する必要がある。しかし、実践したカリキュラムの特徴である、プロジェクトを行なう上でワークシートを活用し、ものづくりの環境を Squeak を利用して整えるというアプローチが有効であるという確証を得ることができた。

5.2 カリキュラムに関する考察

5.2.1 生徒の反応による考察

教室ではアシスタントの数が不足していたこともあり、生徒同士が助け合ったり、教えあっている姿が多く見られた。生徒から質問があればすぐに対応できる環境も重要であるが、生徒が自発的に行動するきっかけを作り、対面でのコミュニケーションをはじめ、メールや Web を利用し、問題解決を行なわなくてはならない状況も、[生きる力]の育成というカリキュラムの目的を達成するために有効である。

授業を行った2週間は授業で使用しているコンピュータ教室を放課後に開放し、作品を完成させるための作業を行う環境を提供した。実装期間に入ってから40人以上が一度にコンピュータ室を訪れて作業することも多く見られた。これにより、生徒がものづくりに対してのモチベーションを強く感じており、題材の選択も妥当であったといえる。

5.3 Squeak に関する考察

Squeak は今回の実践のような期間が非常に短い実践においても、ものづくりを楽しく行うことができる環境として、非常に優れた成果を挙げたといつてよい。しかし、高校生が使用することを考えると創作物も複雑になり、Squeak の機能の限界を感じる場面も多く見られた。例えば、複雑なシューティングゲームを企画して実装した生徒も少なくなかったが、オブジェクトを大量に生成して実行すると動作が不安定になり、デバッグ作業が困難になるという問題点が発見された。

Squeak を利用することで、生徒は想像力を膨らませ、独創的な作品を製作することができた。Squeak は“ものづくり”プロジェクトのカリキュラムにおいて、非常に有効な創造的活動の環境として機能するといえる。

5.4 授業時間数に関する考察

今回の実践では、全カリキュラムを300分という限られた時間内で完結させる必要があった。そのため、実装のための時間が不足する結果となり、作品を完成させられなかった生徒もいた。創作物が完成できなければ生徒にとっては不満要素となり、学習に関してのモチベーションが低下してしまう。こうした点から考えても、1学期間程度の期間でカリキュラムを実施し、実装のための時間を十分に取る必要がある。

5.5 ワークシートに関する考察

ワークシートを利用することで、各段階で具体的なアウトプットが保障されるという点が重要であることも分かった。

教師側の利点として、生徒に対し、完成までに課題となる技術的な問題に対して事前にアドバイスを行うことができる。教師が各生徒に関する作業時間の見積もりを行うことができるので、作品が完成できるような企画への変更を生徒に提案することができる。生徒側にとっても具体的な作品のイメージを明確にすることで、完成に対する意欲を高め、実装作業も事前に行った設計を基に行うことで、効率よく作業を進めることができることが分かった。

また、作品のプレゼンテーションにおいても、企画シートや設計シートを同時に発表することで、作品の完成度だけに囚われず、プロジェクトのプロセスまで評価する姿勢を教育する素材として有効に活用できることが分かった。

6. ま と め

本稿では、教科「情報」における[生きる力]を教育するカリキュラムとして、“ものづくり”プロジェクトを行なうことを提案し、その実践と評価を述べた。

ものづくりを行うカリキュラムの環境として、Squeak を利用することが有効であることを述べた。また高校生にカリキュラムを実施する際には、アニメーションやゲームといった題材を設定することで、ものづくりへのモチベーションの維持が可能であることを示した。また、ものづくりのプロセスを効果的に提示し、プロジェクトを円滑に進めるのにワークシートが有用であることを説明した。実践を行った後のアンケートを分析した結果から、十分に高等学校の段階でこうしたカリキュラムを実施することが可能であり、高校生に対して、[生きる力]の育成が可能であるということ考察した。

今回の実践は非常に短い期間で行なわれたため、より長期に渡る実践を行なってカリキュラムを改善して

いくことが今後の課題だといえる。

謝辞

実践の場の提供と、授業をサポートしていただいた、学習院高等科の森本貴志先生、町田規雄先生、森川英太先生に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Mark J. Guzdial, Kimberly M. Rose. Squeak 入門. エスアイビー・アクセス, 2003.
- 2) 河野重男 監修. 教職研修 心の時代の教育 No.5 情報化時代に求められる資質・能力と指導. 教育開発研究所, 1998.
- 3) 久保田賢一. 構成主義パラダイムを学習環境デザイン. 関西大学出版部, 2000.
- 4) 軽野宏樹, 木實新一, 上林弥彦. ALAN-K プロジェクト: Squeak を活用した創造的な情報教育の試み. 情報処理学会研究会報告 (CE-69-570), pp. 1-8, 2003.
- 5) 大岩元. 一般情報処理. 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 11, pp. 1184-1188, 1991.
- 6) 大岩元. みんなの情報 B. オーム社, 2002.
- 7) 文部省. 情報教育に関する手引き. ぎょうせい, 1990.
- 8) 文部省. 高等学校学習指導要領解説 情報編. 開隆堂出版, 2002.