

高大連携プログラミング交流会を通じた情報教育の展望

檀 裕也^{1,a)} 近藤 洋正^{2,b)} 松田 圭司^{1,c)}

概要: 高等学校における教科「情報」の現状として、商業科では簿記、普通科では数学や理科といった情報分野の専門外の教員が情報の授業を担当しているという実態がある。一方、大学における情報教育では、さらに工業科を含むさまざまな学科出身の入学生を受け入れている。卒業までの専門教育を行うため、情報技術の進歩とともに目まぐるしく変わる学習指導要領における高校の教育カリキュラムの設計と実態を把握し、シームレスな高大接続とともに大学における情報教育を考えなければならない。そこで、情報分野における高大連携の必要性から企画立案された愛媛県立三島高等学校商業科と松山大学経営学部情報コースの間で高大連携プログラミング交流会（高度情報処理講習会）を実施し、2017年度で4年目を迎えた。本稿では高大連携の取り組みを通じて展望できる今後の情報教育について考察したい。

キーワード: 情報教育, 高大連携, プログラミング, 3D モデリング, 能動的学修 (アクティブ・ラーニング)

Perspective for Information Education through Programming Study Collaboration between Highschool and University Students

DAN YUYA^{1,a)} KONDO HIROMASA^{2,b)} MATSUDA KEISHI^{1,c)}

Abstract: As the current state of the subject "information" in high school, there is a fact that teachers who are not specialized in the field of information such as bookkeeping in the commercial department and mathematics and science in the general department are in charge of information class. Meanwhile, in information education at universities, we are admitting students from various departments including industrial departments. In order to conduct specialized education until graduation, we must grasp the design and actual condition of the educational curriculum of the high school in the course of the rapidly changing teaching guidelines along with the progress of information technology and think about information education at the university together with a seamless connection without gaps. Therefore, we conducted a Collaborative Programming Seminar (Advanced Information Processing Seminar) between Commerce Department in Ehime Prefectural Mishima High School and Faculty of Business Administration in Matsuyama University, planned from the necessity of Highschool-University collaboration in the information field. In this article I would like to consider future information education which can be seen through important communication between high school and university students.

Keywords: Information education, Highschool-University collaboration, Programming, 3D modeling, Active learning

1. はじめに

産業社会における情報分野の必要性が指摘される中、2020年度から小学校でプログラミング教育を導入するなど論理的思考力を備えた情報系人材の育成が求められている。高等学校における教科「情報」の現状として、臨時免許状や免許外教科担任の制度の活用によって、商業科では簿

¹ 松山大学
Matsuyama University, Matsuyama, Ehime, 790-8578, Japan
² 愛媛県立三島高等学校
Mishima High School, Shikokuchûô, Ehime, 799-0405, Japan
^{a)} dan@g.matsuyama-u.ac.jp
^{b)} kondou-hirom2@esnet.ed.jp
^{c)} kmatsuda@g.matsuyama-u.ac.jp

記、普通科では数学や理科といった情報分野の専門外の教員が情報の授業を担当しているという実態 [1] がある。一方、大学における情報教育では、さらに工業科を含むさまざまな学科出身の入学生を高校から受け入れている。大学卒業までの専門教育を行うため、情報技術の進歩とともに目まぐるしく変わる学習指導要領 [2], [3] における高校の教育カリキュラムの設計と実態を把握し、シームレスな高大接続とともに大学における有効な情報教育を考えなければならない。

また、大学の教職課程で「情報」の免許状を取得した卒業生が将来、高校の教員として採用される場合、例えば愛媛県教育委員会では「情報」の免許状のみの募集は行っていないため、商業など他の科目の教員免許状とともに「情報」の科目を担当することになっている。高校で「情報」を学んだ高校生が就職や大学への進学で社会に貢献し、大学で情報の専門分野を学んだ学生が産業社会で活躍するだけでなく、人材育成の場面でも貢献することが求められている。

そこで、情報分野における高大連携の必要性から企画立案された愛媛県立三島高等学校商業科と松山大学経営学部情報コースの間で高大連携プログラミング交流会（高度情報処理講習会）を実施し、2017 年度で 4 年目を迎えた。本稿では、現在の情報教育の課題を踏まえて、高大連携プログラミング交流会の取り組みを振り返るとともに、高大連携によって推進できる情報教育について展望したい。

2. 高大連携の背景

2.1 高校および大学における情報教育の現状

愛媛県四国中央市に位置する愛媛県立三島高等学校は、普通科（入学定員 240 名）および商業科（同 40 名）を設置する全日制課程の高等学校（高校）である。そのうち商業科では、2 年次から商業類型と情報デザイン類型に分かれてカリキュラムが構成されている。商業類型は商業全般の活動や事務、経理の知識と技術を習得できるよう、簿記や財務会計、原価計算、情報処理といった商業に関する授業科目群によってカリキュラムを構成している。一方、情報デザイン類型は商業に関する専門知識に加えて、デザイン実習、広告と販売促進、ビジュアルデザインといったコンピュータを駆使した商業デザインに関する知識・技術の習得を目指す授業科目群の構成に特徴がある。

愛媛県松山市に位置する松山大学は、経済学部（入学定員 390 名）、経営学部（同 390 名）、人文学部（英語英米文学科 100 名および社会学科 120 名の計 220 名）、法学部（同 210 名）および薬学部（同 100 名）を設置する総合大学である。そのうち経営学部では、2 年次から経営・情報・会計・流通・経営教育・国際ビジネスの各コースに分かれて専門的な学術分野の学びを深める。情報コースはプログラミングを基本とする情報技術（IT）の知識とスキルを習得

し、少人数による演習（ゼミ）を中心とする能動的な学修の中で、社会に貢献する情報系人材の育成を目指している。松山大学におけるデジタルコンテンツの制作を通じた情報分野の能動的な学修の一部は、すでに報告 [4], [5] されている通りである。

さらに、松山大学では教職課程を併設し、所定の要件を満たした学生には卒業時に中学校および高校の教員免許状が取得できるようになっている。経営学部では商業（高校）の教員免許状が発行できるほか、情報コースのうち情報（高校）の教員免許状を希望する学生は教職課程の履修ができるようなカリキュラム編成となっている。実際、教職免許取得後に高校教員として活躍する卒業生は少なくない。

2.2 高大連携に関する課題

松山大学には出張講義やオープンキャンパスなど、高校生に向けて大学での専門的な学びについて紹介する機会を設けている。高校への出張講義は、一度に多くの生徒に向けて話ができるものの、大学の設備を使うわけではないため、講義だけで終わってしまうことも多い。特に、情報分野では物足りないといった印象を与えやすく、その学問分野の魅力を最大限に伝達できるのかどうか課題があった。

また、オープンキャンパスでは大学の施設を見学できるものの、その施設での講義・実習まで対応しているわけではない。例えば、大教室で行われる学部ごとの模擬講義によって大人数の高校生を相手に一般的な話をする事までしか対応できていない。

松山大学経営学部では、オープンキャンパスのほかにも、経営、情報、会計および流通の各コースから講師を出して高大連携サマーセミナーを実施しているが、受講する定員 60 名程度の高校生は情報分野のみを深く学ぶというよりは、各コースを全般的に学ぶことのほうに主眼が置かれている。さらに、4 日間の実施日には毎日出席することになるので、同じ愛媛県内とはいえ遠方からの参加は非常に難しい。

そこで、丸一日の開催で、情報の専門分野に特化した深い学びとともに、高校生が大学生と交流できるような機会を創出すべく、高大連携プログラミング交流会が構想された。もともと高校への出張講義で高校を訪問した松山大学の教員が高校の教員と情報分野での連携をするようになり、高校の生徒と大学の学生がともに学びができる機会を提供しようと考えられたものである。

愛媛県立三島高等学校商業科で情報とデザインを学ぶ 10 名程度の生徒を松山大学に招き、情報分野の研究に取り組む主に経営学部情報コースの学生とともに、高大連携プログラミング交流会（高度情報処理講習会）を毎年 7 月下旬に開催することになった。この時期は、高校生にとっては夏休みに入るタイミングで、大学生にとっては前期授業の最終週という年間を通してベストなタイミングである。

3. 高大連携プログラミング交流会

3.1 第1回[2014年7月28日(月曜)実施]

初めての開催となることもあって、企画立案の段階から当日の実施を迎えるまでは試行錯誤の連続であった。

高校生の事前学習としては、メールで生徒の実態や授業について意見交換を行ったり、松山大学檀ゼミの研究論文が受講者全員に送付され、授業の中でその内容を取り上げるなどして学習を行った。また、高大連携で学習する情報処理の授業で必要な知識や計算については、他教科の先生方にお願ひし、休日や放課後を利用して指導をしていただき、効果的な学習ができるよう事前準備を行った。[9]

2014年7月28日(月曜)に実施された第1回高大連携プログラミング交流会の当日は9名(3年生8名+1年生1名)の三島高校の生徒が2名の教員に引率されて松山大学を訪れた。

午前中のプログラミング講義・実習では、高校生のパソコン操作を補助するためにゼミ2年次生1名に加えて「情報処理論(応用)」の講義を受講していた3年次生に手伝ってもらった。そのプログラミング講義・実習では、松山大学で開講している「情報処理論(応用)」の内容を本格的なプログラミング経験のない高校生向けにアレンジし、JavaScriptによる花火のCGプログラム(付録)を作成することにした。初めてプログラミングに挑戦する高校生でも、重力の法則に基づくシミュレーションを体験して、多数の花火パーティクルに色をつけて鮮やかな花火が打ち上がって、とても楽しめているようだった。(図1)

昼食休憩となるランチタイムでも、キャンパス内の学生食堂で高校生と大学生の交流を兼ねた。その後は、大学図書館を見学し、データベースによる情報検索とネットワーク技術による学術研究の一端として、過去の新聞記事や雑誌記事をキーワードで検索して紙面をパソコン画面に表示させるといった機能を紹介した。さらに、普段は入ることのできない閉架図書を含む館内ツアーの他、稀覯書室にてアダム・スミスによる「国富論」の初版本を目にした。

午後には松山大学ゼミ2年次生による成果発表と質疑応答を中心に、それまでの活動の成果としてJavaScriptを用いて作成したゲーム(RPG)を紹介したほか、ゼミの研究テーマで取り上げた拡張現実(AR)の実演を行い、妖精のイラストや初音ミクの3DCGダンスモーションが大学のロゴマークに反応して出現するというUnityによるコンテンツを通して最新の技術的な話題を共有した。(図2)

このときの取り組みは、三島高校の校内誌「三ら来る通信」やWebサイト、松山大学の学内広報誌やWebサイトで取り上げたほか、初めての試みということもあって、地元のアヌ新聞からの取材を受け、記事[6]として掲載された。



図1 プログラミングの講義・実習(2014年度)



図 2 ゼミ 2 年次生による成果発表と質疑応答 (2014 年度)

3.2 第 2 回 [2015 年 7 月 29 日 (水曜) 実施]

2015 年 7 月 29 日 (水曜) に実施された第 2 回高大連携プログラミング交流会の当日は 12 名の三島高校の生徒が 3 名の教員に引率されて松山大学を訪れた。

前回は松山大学が試験期間中で大学生の動員に苦労したという反省を踏まえ、午前中の日程を水曜日 2 時限 (10:15 ~ 11:45) の「経営学部基礎演習」(大学 1 年次生ゼミ)、午後の日程を同 4 時限 (14:15 ~ 15:45) の「演習第一」(大学 2 年次生ゼミ) に当て、大学生の前期授業最終日に合わせることにした。その結果、高校生と大学生が同じ教室でゼミを受講するという形が実現した。

歓迎のレセプションでは、大学教育における立体造形として導入した 3D プリンタの紹介とともに、ゼミの研究で取り組んだ Kinect によるモーションセンサーを用いたキャラクターのリアルタイム操作に関する実演を行った。午前中の講義・実習のテーマは「数理造形による雪の結晶」である。Web 標準技術である HTML+CSS+JavaScript を使って、CG 表現について学ぶとともに、実際にプログラムを作成した。なお、今回のプログラムは、メモ帳とブラウザだけで作成可能である。各高校生に一人ずつ「経営学部基礎演習」を履修する大学 1 年次生が付き、JavaScript による CG プログラミングのアシスタントとしての機能を果たすとともに、高校生からの質問に普段の学修の成果として分かりやすく答えるという役割を担った。

午後の成果発表では、檀ゼミ 2 年次生から「ハイブリッドアプリの開発」、「YouTube 連動型音楽ゲームの開発」、「RPG ツクールによるバトルゲームの開発」、「恋愛シミュレーションゲーム」および「RPG ツクールによるゲームの開発」の各テーマで取り組みの様子が紹介された。高校生にとっては大学におけるゼミの成果に触れる機会である一方、大学生にとっては半年間のゼミ活動で完成させたデジタルコンテンツを紹介するという絶好の機会である。制作の前から高校生向けの発表の場が予定されていることを知らされていたためか、一定のモチベーション向上に寄与したのではないかと考えられる。(図 3)

なお、当日の講義・実習と学生による成果発表の様子はインターネット [7] でも公開されている。

[数理造形による雪の結晶] コンピュータのプログラムを作成することで、人間の手には負えないような複雑な仕事を高速に処理することができる。例えば、CG はコンピュータの正確かつ高速な計算能力が存分に発揮される分野である。今回は、数理造形のアルゴリズムを使って、雪の結晶を作成することにチャレンジしてみる。



図 3 高大連携プログラミング交流会の様子 (2015 年度)

3.3 第 3 回 [2016 年 7 月 27 日 (水曜) 実施]

本取り組みは 3 年目を迎え、松山大学の参加学生も経験を重ね、慣れてきたことから、能動的な学修 [4], [5] の観点から交流会の運営を全面的に委ねることにした。

レセプションでは、温山会館で Oculus Rift による仮想現実 (VR) の臨場感を体験してもらった。その後、新しくオープンしたばかりの樋又キャンパスに場所を移し、アクティブ・ラーニング用に電子黒板などの設備のある教室で檀ゼミの 3 年次生による情報処理に関する研究成果の発表である。映像制作、アプリ開発、RPG 開発、ホラーゲーム開発の 4 チームから取り組みの成果が発表された。次に、檀ゼミの 4 年次生を講師に、他 10 名の学生をアシスタントとして、Metasequoia による 3D モデリング技術の特別講義があった。ペンギンの 3D モデルを制作する実習に挑戦した高校生からは、パソコンで手軽に立体造形ができることを体験し、満足度の高いものとなったようである。

昼食は前年度から場所を変え、樋又キャンパスに新しくオープンしたレストラン「ル・ルパ」でランチタイムを楽しんだ。

午後のゼミ成果発表では、檀ゼミの 2 年次生との合同ゼミとして、音楽ゲーム、アクションゲーム、3D モデリングの 3 チームによる成果の発表とともに、質疑応答によるディスカッションを行うことを通して、情報技術に関する学びを深めていた。(図 4)

三島高校商業科で情報とデザインについて学ぶ生徒たちを松山大学に招き、情報処理に関する講義と実習を交えるとともに、情報技術の最先端をテーマにゲーム開発などの研究に取り組む檀ゼミの学生たちと交流する。毎年 7 月下旬に開催し、今回で 3 回目を迎える。

(1) オープニング

松山大学の紹介を含めて、当日の流れを説明します。

(2) ゼミ成果発表 [その 1]

檀ゼミ 3 年次生の取り組みの成果を発表します。

(3) プログラミング講義・実習

3D モデリングによる CG 表現に関する講義と実習です。檀ゼミ 3 年次生と 4 年次生とともに情報処理について楽しく学びましょう。(一昨年は花火、昨年は雪の結晶でした。今年のテーマは、お楽しみに!)

(4) 大学図書館の見学

図書館内部の見学と情報検索システムについて学びます。

(5) ゼミ成果発表 [その 2]

檀ゼミ 2 年次生の取り組みの成果を発表します。



図 4 高大連携プログラミング交流会の様子 (2016 年度)

3.4 第 4 回 [2017 年 8 月 4 日 (金曜) 実施]

4 年目を迎えたこの取り組みも、夏休み前の恒例行事として定着した感がある。また、松山大学における組織的な取り組みとして受け入れ態勢が整ってきたところである。

2017 年 8 月 4 日 (金曜) に実施された第 4 回高大連携プログラミング交流会の当日は 11 名の三島高校の生徒が 3 名の教員に引率されて松山大学を訪れた。従来と異なる点は、三島高校からの申し入れにより、三島高校と松山大学の「双方向による文化的・学術的発信」を行った点である。昨年度の取り組みにおいて取り上げた内容がデザイン分野との親和性が高く、高校からも提供できる教育コンテンツが検討されていた。

午前の部は、三島高校商業科情報デザイン類型のデザインをご専門とされる先生をお迎えし、三島・川之江地方の特産である伊予水引を使った芸術的な水引クラフト教室を実施した。程よく弾力性をもった良質な水引は、講師の先生の手にかかると水引は魔法にかかったかのごとく、幾何学的なループを維持しながら、各種の造形美をくりだしていた。(図 5) 当日は、数名の学内教職員も加え、現代の水引文化の美しさを堪能していた。

午後の部は、松山大学側が担当した。IT 教育講座では、高校生を 5 つのグループに分けて、学生講師によるセミナーを開講した。

- (1) Python プログラミング言語による数値データの可視化プログラミング これは、将来進展するビッグデータを対象とした深層学習に関連する要素技術で、サンプルデータの可視化を matplotlib というライブラリを用いて、入力データのグラフ化のデモを実施した。
- (2) プログラミング教材として使われている、mindstorms® EV3 をもちいて、ブロック型のプログラミング教材によるロボット制御実習を実施した。
- (3) 3 次元 CAD によるデータから 3D プリンタによるフィギュアの作成の手順について実習を実施した。
- (4) 小中学生向けプログラミングツールとして有名な scratch を使ったプログラミング実習を行った。単なるアニメーションだけでなく、音声制御のデモンストレーションも実施した。
- (5) IoT の分野で注目を浴びているボードコンピュータである RaspberryPi3 を用いて、Python によるプログラミング実習を行った。回路検証用基盤であるブレッドボードに LED と抵抗を実装して、LED の連続点滅などプログラミング実行させた。

以上短時間ではあったが、高校生には、IT 分野でのプログラミングの世界を、遊びながら楽しんでもらった。大学生も、自分の学習・考案したプログラミングを講義することにより、教えることの難しさや、それに伴う達成感を体感できたと思う。



図 5 高大連携プログラミング交流会の様子 (2017 年度)

4. まとめ

これまでに 4 回実施した高大連携プログラミング交流会は満足のいくものであった。

高大連携プログラミング交流会に参加した高校生からは、拡張現実感 (AR) や 3D プリントなど最先端の情報分野に関する知識と技術を学ぶことができた感想があった。実際、高校生にとっては大学という学問の場で高校での学びがどのように発展するのかということを知るだけでなく、その後の高校卒業までの学びにモチベーションを高めて取り組めるといった効果があった。

一方、大学生は、普段のゼミ活動などの学修を通じて得られた成果を高校生向けに分かりやすくプレゼンテーションするとともに、情報分野の学びについて面白さを共有するという大きな役割を果たした。大学生からは高校生との交流で得られた体験は刺激的で良かったという声が多く、卒業時アンケートでも「授業内外でのゼミ活動を振り返って特に印象に残っていること」に挙げる学生もあった。

当初は教員の主導によって始めた高大連携プログラミング交流会から、能動的学修 (アクティブ・ラーニング) を通して学びを深めた意欲的な大学生による、高校生のために行き届いた運営へと展開することができた。

高校教員と大学教員の間で教育に関する情報を共有できる貴重な機会でもあって、2018 年度にも同様の交流会が企画されている。

参考文献

- [1] 中山泰一ら「情報科における教科担任の現状」情報処理学会関西支部 支部大会講演論文集, 7p (2016)
- [2] 文部科学省: 高等学校学習指導要領 (平成 21 年 3 月 9 日告示第 34 号), 東山書房 ISBN 978-4-8278-1478-1 (2009) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/
- [3] 文部科学省: 新学習指導要領「生きる力」(平成 29 年 3 月公示) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm
- [4] 檀裕也, 和田武「学び合いを主軸とするコンテンツ創造のフィールド ~ 松山大学におけるコンテンツ教育の事例 ~」, コンテンツ教育学会 2017 年度春季研究大会 (2017 年 3 月)
- [5] 檀裕也, 和田武「能動的な学修による実践的な CG 教育の展開 - 松山大学における画像情報教育の事例を通して -」映像表現・芸術科学フォーラム 2017, 4p, 2017 年 3 月
- [6] 愛媛新聞「プログラミング 高大連携で習得 松山大で三島高生」2014 年 7 月 30 日号
- [7] 高大連携プログラミング交流会 (2015 年度) <https://goo.gl/zLPPF1>
- [8] 松山大学: より実践的な情報処理技術を学ぶ - 三島高校との高大連携プログラミング交流会 - <https://www.matsuyama-u.ac.jp/topics/topics-20075/>
- [9] 近藤洋正「本校における情報教育について 社会で活用できる情報活用能力の育成を目指して」平成 26 年度愛媛県高等学校教育研究大会 (2014)

表 A.1 当日のスケジュール (2014 年度・第 1 回)	
時間帯	主な内容
到着 ~ 10:00	温山会館談話室 (建物入口から入って左側のスペース)
10:00 ~ 12:00	プログラミングの講義・実習
12:00 ~ 13:00	昼食休憩
13:00 ~ 14:00	大学図書館の見学
14:15 ~ 15:45	高校生と大学生の交流会 (ゼミ生による成果発表と質疑応答)

表 A.2 当日のスケジュール (2015 年度・第 2 回)	
時間帯	主な内容
到着 ~ 10:00	歓迎レセプション
10:15 ~ 11:45	プログラミングの講義・実習 (檀ゼミ 1 年次生との合同ゼミ)
12:00 ~ 13:00	昼食休憩 (松山大学・学食でのランチ)
13:15 ~ 14:00	大学図書館の見学
14:15 ~ 15:45	ゼミ生による成果発表 (檀ゼミ 2 年次生との合同ゼミ)
16:00	終了予定

表 A.3 当日のスケジュール (2016 年度・第 3 回)		
時間帯	内容	場所
到着 ~ 10:00	レセプション	温山会館
10:00 ~ 10:40	ゼミ成果発表	H3G 教室
10:40 ~ 11:45	講義・実習	H3G 教室
12:00 ~ 12:45	昼食	レストラン
13:00 ~ 14:00	学内施設見学	大学図書館
14:15 ~ 15:45	ゼミ成果発表	H3G 教室

付 録

A.1 高大連携プログラミング交流会のスケジュール

高大連携プログラミング交流会当日のプログラムは,2014 年度(表 A.1),2015 年度(表 A.2),2016 年度(表 A.3)のそれぞれについて表にまとめた通りである.

A.2 プログラミング実習で用いたソースコード

A.2.1 花火の打ち上げプログラム (2014 年度)

```
var canvas; // 描画領域
var context; // 2D コンテキスト

// パーティクル・クラスの定義
var Particle = function( x, y )
{
    // パーティクルの x 座標
    this.px = x;
    // パーティクルの y 座標
    this.py = y;
    var r = 0 + 5 * Math.random();
    var t = 2 * Math.PI * Math.random();
```

```
// パーティクルの x 方向の速度
this.vx = r * Math.cos(t);
// パーティクルの y 方向の速度
this.vy = r * Math.sin(t);
var red = 255; // 赤成分
var green = 255; // 緑成分
var blue = 255; // 青成分
this.color = "rgb(" + red + "," + green
    + "," + blue + ")";

// 発光の描画処理
this.draw = function(){
    if( this.lifetime < 0 ) return;

    context.beginPath();
    context.moveTo( this.px, this.py );
    context.lineTo( this.px + this.vx,
        this.py + this.vy );
    context.strokeStyle = this.color;
    context.lineWidth = 1; // 花火光線の太さ
    // パーティクルの軌跡を描画する
    context.stroke();

    this.vy += 0.05; // 重力計算
    this.px += this.vx; // x 方向の運動計算
    this.py += this.vy; // y 方向の運動計算

    this.lifetime--;
};

// 花火の持続時間
this.setLifetime = function( t ){
    this.lifetime = 30 * t;
};

// パーティクルの生成
var p = new Array();
for( i = 0; i < 1; i++ ){
    p[i] = new Particle( 512, 100 );
    p[i].setLifetime( 100 );
}

// メイン処理
function main(){
    canvas = document.getElementById("myCanvas");
    context = canvas.getContext("2d");

    context.fillStyle = "rgba( 0, 0, 0, 0.25 )";
    context.fillRect( 0, 0, 1024, 768 );
```

```
for( var i = 0; i < p.length; i++ ){  
    p[i].draw();  
}  
  
// 33 ミリ秒後に再呼び出し  
setTimeout( 'main()', 33 );  
}
```

A.2.2 数理造形による雪の結晶 (2015 年度)

```
<!DOCTYPE html>  
<html lang="ja">  
<head>  
<meta charset="utf-8">  
<title>数理造形による雪の結晶</title>  
<style>  
body{  
    margin: 0;  
    padding: 0;  
    background: black;  
}  
</style>  
<script>  
function recursiveTree( ctx, x, y, length,  
                        angle, width, depth )  
{  
    // 線分の描画  
    ctx.beginPath();  
    ctx.moveTo( x, y );  
    var X = x  
        + length * Math.cos(angle * 3.14 / 180);  
    var Y = y  
        + length * Math.sin(angle * 3.14 / 180);  
    ctx.lineTo( X, Y );  
    ctx.lineWidth = width;  
    ctx.strokeStyle = "snow";  
    ctx.stroke();  
  
    // 関数の再帰呼び出しの処理  
    if ( depth > 0 ){  
        for( var i = 0; i < 3; i++ ){  
            var newLength;  
            if( length > 0 )  
                // 次の枝の長さは半分にする  
                newLength = length * 0.5;  
            else  
                // 最初だけ特別に 64px で結晶を成長させる  
                newLength = 64;  
            // 3 方向に枝を伸ばす  
            var newAngle = angle + ( i - 1 ) * 60;
```

```
            // 枝の太さを 75 % に細くする  
            var newWidth = width * 0.75;  
            recursiveTree(ctx, X, Y, newLength,  
                          newAngle, newWidth, depth - 1);  
        }  
    }  
}  
  
function drawScreen(){  
    var canvas = document.getElementById("myCanvas");  
    var ctx = canvas.getContext("2d");  
  
    // 背景の塗りつぶしを指定する  
    ctx.fillStyle = "rgba(0, 0, 0, 0.25)";  
    ctx.fillRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);  
  
    // 結晶の中心位置の x 座標  
    var x = canvas.width * Math.random();  
    // 結晶の中心位置の y 座標  
    var y = canvas.height * Math.random();  
    // 結晶の上半分を生成する  
    recursiveTree( ctx, x, y, 0, -90, 4, 1 );  
    // 結晶の下半分を生成する  
    recursiveTree( ctx, x, y, 0, +90, 4, 1 );  
  
    // 1000 ミリ秒間隔で表示する  
    setTimeout( 'drawScreen()', 1000 );  
}  
</script>  
</head>  
<body onload="drawScreen();">  
<canvas id="myCanvas" width="1020" height="762">  
このブラウザは canvas 要素に対応していません .  
</canvas>  
</body>  
</html>
```