平成 22 年度 大阪学院大学・大阪学院短期大学 研究助成費 研究概要報告

大阪学院大学 情報学部
准教授　西田知博

情報教育における初等中等教育と高等教育の連携に関する研究

本研究ではプログラミングと情報科学の教育に関して初等中等教育と高等教育の連携をどのようにすべきか検討，実践してきた．プログラミング教育に関しては，初学者用プログラミング環境 PEN を用いた教育実践とその教育手法の改良を研究し，情報科学教育に関してはコンピュータサイエンスアンプラグドを用いた教育法の開発と実践に関して研究を行った．以下に，その概要を示す．

1.初学者用プログラミング環境 PEN

プログラミングの初学者が学びやすい環境の提供を目指し，PEN（Programming Environment for Novices）（図 1）を大阪市立大学松浦研究室と共同で開発し，それを用いたプログラミング教育の実践および評価を行っている．

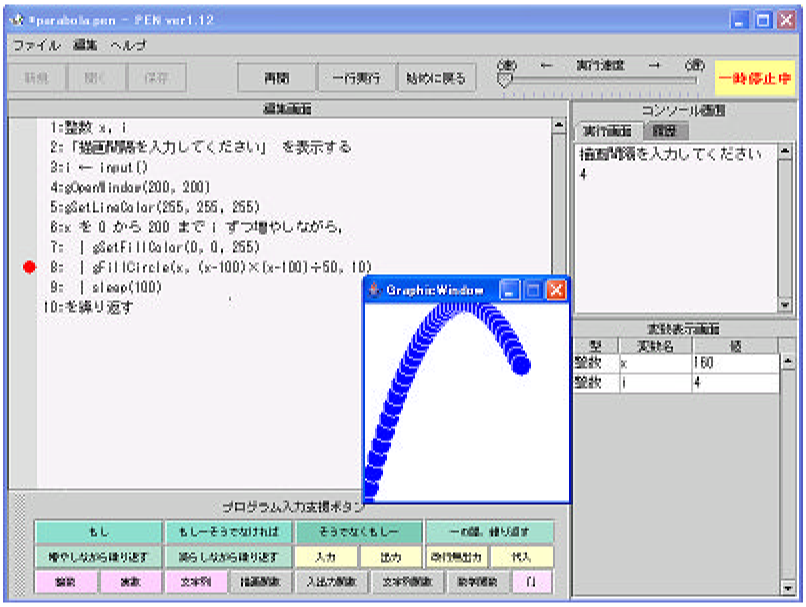

図 1 プログラミング環境 PEN

初学者は，プログラミング学習の初期段階でつまずくことが多い．学習初期段階ではタイプミスに起因する文法エラーが多く発生し，意味の理解できないコンパイルエラーメッセージを（多くの場合英語で）突き付けられ，それだけで自信をなくす者が多い．文法エラーの修正ばかりに気を取られていると，プログラムの構造をどのように組み立てるかといった，全体への配慮ができず，プログラミングの力がなかなか身につかない．また，コンパイルエラーがなくなっても，論理的なエラーのために予想と異なる結果が返ってくると対処することが難しい．論理的なエラーはエラーメッセージが表示されないので，間違い箇所をみつけるためには，変数に何が代入されているかを逐次チェックしていかなければ

ばならない．デバッガを用いれば，このようなチェックは比較的容易に行うことができるが，多くのデバッガは初学者が使うことを考慮しておらず，使いにくい．

この問題を解決するため，PEN では大学入試センターの入試科目「情報関係基礎」で用いられている手順記述言語 DNCL を元としたプログラミング言語を利用出来るようにしている．DNCL を採用した理由は日本語をベースとした記述言語であり，特別な説明なしで入試に用いられているということからも，分かりやすさの点で優れていると考えたからである．

一方で，日本語を使ったプログラミング言語で記述されたプログラムは読みやすいが，プログラム作成時に文法通りに間違わず入力することは必ずしも容易ではないという問題がある．また，キーボードに慣れていない初学者にとっては，かな漢字変換の操作も煩雑である．キー入力の操作を減らし，補助するための機能として，プログラム入力支援ボタンを用意した（図 1 下部）．これらのボタンを選択することにより，制御構造のスケルトンをエディタに挿入する．制御構造のキーワード以外の部分はマウスクリックやその部分にカーソルを移動することにより，まとめて全体を選択でき，実際の条件式等に簡単に書き換えることができる．この機能により，初学者の学習を妨げるタイプミスによる文法エラーを極力抑えるようにしている．

また，標準でステップ実行機能，スロー実行機能，変数表示機能を備え，プログラムの動作を常に観察出来るようにすることで，プログラムの動作を学習者が容易に追跡できる環境を提供し，論理エラーなどにも対応できるようにしている．

PEN は 2005 年から本学情報学部の 1 年生前期のプログラミング授業に導入した他，大阪大学のリテラシー科目など他の大学や高校でも用いられ，その有用性が認められている．研究成果については，2007 年に情報処理学会の論文誌に掲載された[1]ことを始め，多くの研究会やシンポジウムで発表を行っている．

平成 21 年度は情報学部の 1 年生対象とした授業の他に，高大連携の一環として，本学併設高校の 3 年生を対象としたプログラミングの授業を行い，PEN を用いた教育実践と，その結果に基づいた教育手法の改良を進めている．PEN は Java アプリケーションとして開発されているが，Web ブラウザ上で利用出来るアプレット版も開発され，より多くの環境で利用出来るような試みも進めている．また，関連する活動として，情報処理学会の会誌において，大学入試センター試験の科目である「情報関係基礎」と，その出題に用いられている手順記述言語 DNCL の紹介を行った[2]．この中では，出題用の言語である DNCL で書かれたプログラムを実際に動かすことができる環境として PEN の紹介も行っている．

2.コンピュータサイエンスアンプラグドを用いた教育法の開発と実践

コンピュータサイエンス(CS)アンプラグドはニュージーランドのティム・ベル博士らが開発したコンピュータを使わずに情報科学の基本概念を教える教育メソッドである．ゲームなどの形にした教材を用い，学習者が自分の手を動かしながら学習を進めることができるようになっているため，情報科学の代表的な内容を，小学生でも興味を持って意欲的に学習することが可能である．ティムらは 1998 年に最初のテキストを出版し，現在はネットワーク上で表 1 に示す 20 のアクティビティを提供している[3]．日本では最初の 12 章が紹介された教師用テキスト(Teachers’ Edition)[4]が翻訳されている[5]．

表 1　CS アンプラグドの学習内容

章	内容	章	内容
1	2 進数	11	オートマトン
2	画像表現	12	人工言語
3	テキスト圧縮	13	グラフ彩色
4	パリティ	14	支配集合
5	情報量	15	スタイナー木
6	探索	16	情報隠蔽
7	ソート	17	暗号プロトコル
8	並列ソート	18	公開鍵暗号
9	最小全域木	19	ヒューマンインタフェース
10	ルーティング	20	チューリングテスト

CS アンプラグドのアクティビティは，いずれも情報科学の重要な考え方を扱っている．個々の内容は高等学校から大学の専門課程で扱われる内容だが，説明と教材を工夫することによって，小学生にも理解できるように構成されているのが特徴である．

CS アンプラグドに関する活動には，教師用テキストの翻訳段階から参加している．またその後も，小学生や中学生を対象とした科学イベントの開催や，高校生対象の授業実践などの活動を行っている． 同時に CS アンプラグドに関する研究も行っており，これまで，ヨーロッパで行われている初等中等教育の会議におけるその教育法の特質をまとめた発表[6]，ACM SIGCSE の年次会議における新しいアクティビティを作る上での指針となるデザインパターンについての発表[7]などを行っている．

中学生サマーセミナーでの実践

平成 22 年度は，本学において，大阪中学生サマーセミナーの一講座として「コンピュータサイエンスアンプラグド-コンピュータのしくみ探検隊-」という講座名で CS アンプラグドをテーマとした 2 日間のサマーセミナーを行った[8]．受講生は 16 名（うち 1 名は 1 日目のみの参加）で，翻訳されている CS アンプラグドの 12 章の学習のうち 3 章と 5 章を除く 10 章のアクティビティを実施した．以下に，そのうちの特徴的なアクティビティの様子を示す．

動物・果物・野菜の交換ゲーム

今回のセミナーの受講生はほとんどが初対面である．したがって，導入のアクティビティではアイスブレークを行うことが重要となる．そこで，過去の実践で「楽しい」と評価が高く，かつ，互いにコミュニケーションをとり，協力して作業をすすめる必要がある「みかんゲーム」を導入のアクティビティとすることにした．

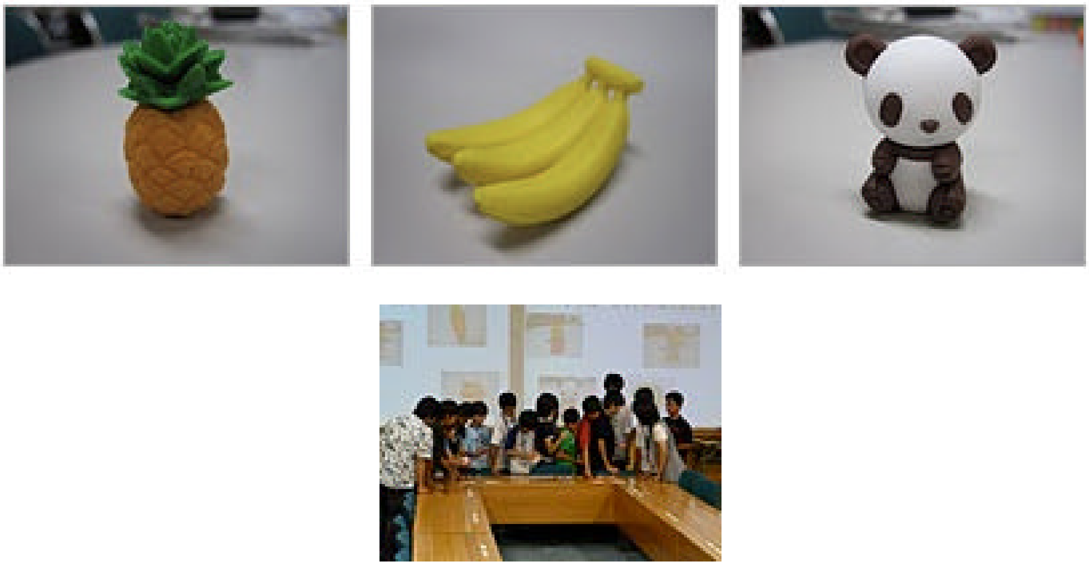

図２　交換ゲームに使った消しゴムとそれを選ぶ様子

今回のアクティビティでは，交換をするものとして図２のような消しゴムを用意し，各自に選択させたため,「動物・果物・野菜の交換ゲーム」という名前でゲームを行った．このゲームは，まず，円形の配置で座り，各自の両手に 1 個ずつ（計 2 個)，ただし一人だけは片手に 1 個のみ自分の消しゴムを持つという状態から始める．その後，手に持つ消しゴムをシャッフルし,「片手にのみ消しゴムを持った人が両隣の人のみから消しゴムを受け取ることができる」というルールのもと，最終的に各自の消しゴムが手元に戻れば成功とするゲームである．ゲームを成功させるには，互いの協力が必要で，戦略を取り仕切るリーダー役が出来れば短時間でゲームを終了させることが可能になる．今回，16 名を 2 チームに分けてゲームを実施したが，その 2 チームの結果には大きな差が出た．片方のチームは友人同士で参加している者が居たため，その 2 人がリーダーとなって戦略をたて，1 分程度で終了させていた．もう一方は初対面の者同士のチームだったため，声を出してコミュニケーションを取ることが難しい様子で，見学していた CS アンプラグドをよく知る保護者のサポートを受けてようやくリーダー役となる者があらわれ，5 分以上を要してゲームを終了させることができた．サポートを行った保護者からは「こんなに静かに進行するみかんゲームは初めて見た」とのコメントもあり，アイスブレークの難しさを実感する結果となった．

おもりの並び替え

このアクティビティは，図３のように，おもりと上皿てんびんを使い，8 種類のおもりを重さの順に並び替えるものである．2 人一組で行い，並び替え方法を自由に考えてもらい，並びかえられたと声をあげた組に講師がどういう方法で並び替えたかを聞きに行くという形でアクティビティを進めた．結果はかなり短時間で，選択ソートを見つけた組があった．また，マージソートを行った組もあった．

このアクティビティで使ったおもりは，弁当のソース入れに使用する容器にナットを入れ，異なる重さのおもりを作っている．また，中のナットの数を見えにくくすることと，おもりの種類を区別するためカラーラベルを容器の蓋の部分に貼っている．これらはすべて 100 円均一ショップで購入した材料で作っている．

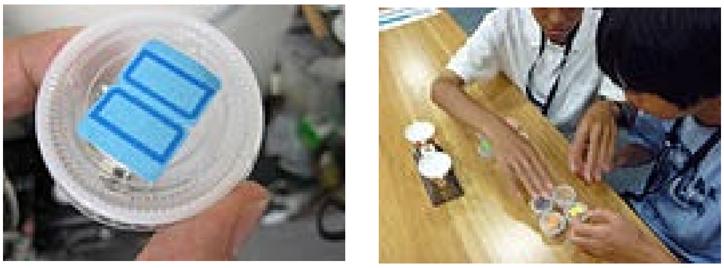

図３　おもりの並び替え

ソーティングネットワーク

ソーティングネットワークは図４に示すネットワーク図を用いて並列ソートを行うアクティビティである．アクティビティの参加者には，数値やひらがなが書かれたカードを渡し，スタート地点（図４の最上部）に立ってもらう．指示に従い矢印に沿って四角のマスに進み，２人の大小関係を比較し，左右のあらかじめ定めた方向の矢印に沿って次のマスに進む．これを繰り返していくことにより，最終的にカードの数やひらがなが順番に並ぶということを体験してもらった（図５）．

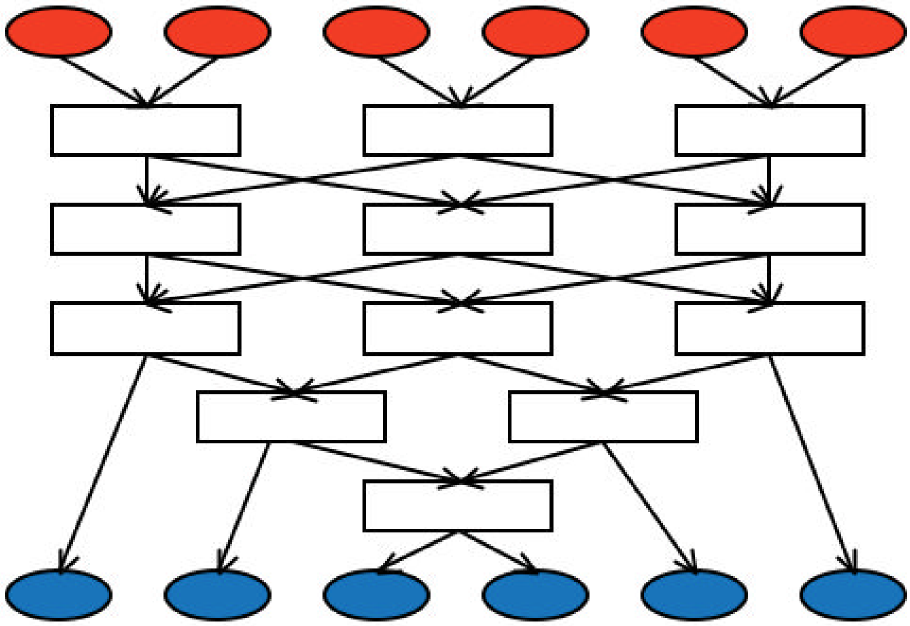

図４　ソーティングネットワーク

このアクティビティの後，選択ソートとソーティングネットを使った並列ソートの比較や，並列処理を行っているスーパーコンピュータの紹介を行った．また，クイズを交えて，スーパーコンピュータを使っても現実的な時間で処理が終わらないようなものがあることも説明した．

図５　ソーティングネットワークアクティビティの様子

宝島ゲーム
宝島ゲームは宝島に向かう地図を作るという設定で，オートマトン（状態遷移図）を学ぶアクティビティである．受講生を 2 つの班に分け，島役と地図作成役に分けた．島役はあらかじめ渡されている指示に従い，地図作成役の船の選択によって次に行く島の名前を告げる．地図作成役はその指示通りの航路を地図に書き込み次の島に移動し再び船を選択する．これを繰り返すことによって宝島にたどり着くとゴールとなり，その後，正しく地図が描けているかを講師がチェックした．また，早く宝島に到着した者には選択していない船を選んで航路図を完成させるように指示を出した．
このアクティビティは教室の中全体を使うものであったので，受講生はかなり活発に動きまわり，積極的にアクティビティを行っていた．

全体を通しての受講生の評価
表２は２日目の最後に講座の評価を選択式で選んでもらった結果である．15 名中９名が「大変良かった」，残り６名が「良かった」を選択し，ネガティブな評価はないという結果となった．理由としては，
- コンピュータのしくみを話をずっときいているだけではなく，自分の頭を使って考えながら取りくめたし，先生がわかりやすく説明をしてくれたから
- 普段では知ることができないことを知ることができるから
- プログラムのことがよくわかったから
- ゲームもおもしろくて，内容もわかりやすかった
- 思った以上に面白かったから
- おもしろい人にもあえたし，講義はわかりやすかった
- 先生の説明がおもしろかった
- パソコンを使わずに勉強したから

などが挙げられた．

表２　講座の評価

理由	選択数	選択率
大変良かった	9	60%
良かった	6	40%
あまり良くなかった	0	0%
良くなかった	0	0%

また，２日間の感想としては，
- なんかもう終わってしまうのが悲しいです

・　とても面白かった．また来たいです
・　２日間ともどれも勉強になったし，ずっと話しを聞くだけでなくプリントをつかって取り組んだりわかりやすい説明があったので，すごく面白かったし楽しかったです
・　色々なアクティビティがあって楽しくて分かりやすかった
・　全面的におもしろかった

といったものが書かれており，講師としては嬉しい結果となった．

その他の実践と成果発表について

富士通と情報オリンピック日本委員会のジュニア部会とが共同で開催した小学生の科学イベント[9][10][11]に立案段階から加わり，イベント当日は補助講師として参加した．このイベントは平成20年から毎年開催され，これまで3回行われているが，関心は非常に高く，毎回定員を大きく上回る応募があり，抽選で選ばれた約 100 名の小学校高学年の児童が参加している．行ったアクティビティは，１年目は「２進数」「画像表現」，２年目は「パリティ」「宝島ゲーム」，３年目は「重りの並び替え」「ソーティングネットワーク」であった．特に３年目のソーティングネットワークは会場のロビーを使用し巨大なネットワーク図を用意したため，多人数が参加する盛り上がりの大きなアクティビティとなった．この他にもCSアンプラグドの実践として大阪府立泉北高校のスーパーサイエンスハイスクール高大連携講座[12]や，和歌山県立情報交流センターBig・U においての小中学生対象セミナーなどを行った．

この他に，情報処理学会の会誌において，小学生から情報科学をわかりやすく，楽しく学ぶ手法としてCSアンプラグドを紹介した[13]．CSアンプラグドに関する活動，研究は引き続き行なっており，今後も実践の経験をもっと見える形として蓄積して公開することや，指導者対象の講習会を行うことなどに取り組んでいきたいと考える．

参考文献

[1] 西田知博，原田章，中村亮太，宮本友介，松浦敏雄：
“初学者用プログラミング学習環境PEN の実装と評価”，
情報処理学会論文誌，Vol.48,No.8，pp.2736-2747(2007).
[2] 西田知博，川合慧:
“大学入試センター試験とプログラミング言語”，
情報処理学会会誌：情報処理 Vol.50 No.10，pp. 1013-1016(2009).
[3] Tim Bell et.al.；
Computer Science Unplugged activities.
http://csunplugged.com/~csunplug/activities
[4] Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows:
Computer Science Unplugged - An enrichment and extension programme for primary-aged children(2006).
http://csunplugged.com/~csunplug/books
[5] 兼宗 進 監訳:
“コンピュータを使わない情報教育アンプラグドコンピュータサイエンス”，
イーテキスト研究所，(2007).
[6] Tomohiro Nishida, Yukio Idosaka, Yayoi Hofuku, Susumu Kanemune and Yasushi Kuno:
New Methodology of Information Education with "Computer Science Unplugged",

Informatics Education - Supporting Computational Thinking,
Lecture Notes in Computer Science,Vol.5090,pp.241-252(2008).
[7] Tomohiro Nishida, Susumu Kanemune, Yukio Idosaka, Mitaro Namiki, Tim Bell and Yasushi Kuno:
A CS Unplugged Design Pattern,
ACM SIGCSE 2009, pp.231-235(2009).
[8] 西田知博:
“中学生向けCSアンプラグドセミナーの実施とその課題の分析”,
情報処理学会研究報告, vol.2010-CE-106-3, pp. 1-9(2010).
[9] 富士通キッズイベント2008 夢をかたちにするしくみ イベントレポート(2008).
http://jp.fujitsu.com/about/kids/events/20080802/report.html
[10] 富士通キッズイベント2009 夢をかたちにするしくみ イベントレポート(2009).
http://jp.fujitsu.com/about/kids/events/20090801/report.html
[11] 富士通キッズイベント2010 夢をかたちにするしくみ イベントレポート(2010).
http://jp.fujitsu.com/about/kids/events/20100731/report.html
[12] 大阪府立泉北高校:
SSH 高大連携講座「コンピュータサイエンス・アンプラグド 〜コンピュータを使わない情報科学入門」報告書(2009).
http://www.osaka-c.ed.jp/semboku/department/general_science/ssh/h21/09koudai/pdf/03.pdf
[13] 西田知博, 兼宗進:
“コンピュータ科学を楽しく学ぶ”,
情報処理学会会誌:情報処理 Vol.50 No.10, pp. 980-985(2009).

研究発表

〔雑誌論文〕

西田知博, 井戸坂幸男, 保福やよい, 兼宗進, 久野靖 Lecture Notes in Computer Science Vol.5090 2008年「New Methodology of Information Education with “Computer Science Unplugged”」241−252頁

西田知博, 原田章, 吉田智子, 中村亮太, 中西通雄, 豊田博俊, 石橋勇人, 安倍広多, 松浦敏雄 ED-Media 2008 2008年「PEN: A Programming Environment for Novices - Overview and Practical Lessons -」4755−4760頁

西田知博, 兼宗進, 井戸坂幸男, 並木美太郎, Tim Bell, 久野靖 ACM SIGCSE 2009 2009年「A CS Unplugged Design Pattern」231−235頁

西田知博 大阪学院大学『大阪学院大学通信』第39巻 第1号 2008年「情報科学へのいざない -コンピュータサイエンス・アンプラグド -」1−8頁

西田知博, 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖 SSS2008 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集 Vol.2008, No.6 2008年「コンピュータサイエンスアンプラグドの分析とCSアンプラグドデザインパターンの提案」179−186頁

中村亮太, 西田知博, 松浦敏雄 情報処理学会研究報告 2008-CE-94-7 2008年「高等学校での『プログラミング』教育の導入 -PENを用いて」41−47頁

井戸坂幸男, 西田知博, 兼宗進, 久野靖 情報処理学会研究報告 2009-CE-98-24 2009年

「中学校における CS アンプラグドの授業提案」163－170 頁
西田知博，兼宗進 情報処理学会会誌 情報処理 Vol.50,No.10 2009 年「コンピュータ科学を楽しく学ぶ」980－985 頁
西田知博，川合慧情報処理学会会誌 情報処理 Vol.50,No.10 2009 年「大学入試センター試験とプログラミング言語」1013－1016 頁
西田知博 情報処理学会研究報告 2010-CE-106-3 2010 年「中学生向け CS アンプラグドセミナーの実施とその課題の分析」1－9 頁