

# インタラクティブアートプログラミング教育の一考察

## Consideration of interactive art programming education

● 辻合秀一／富山大学芸術文化学部

TSUJIAI Hidekazu / The Faculty of Art and Design, University of Toyama

● Key Words : Interactive Art / Pov-Ray / Mindstorms / NXT-G / Java / Programming / LDraw / CAD

### 要旨

これまで、コンピュータグラフィックスに関するプログラミング教育について報告を行ってきた。本論文では、分野を拡大しインタラクティブアートに対するプログラミング教育についての事例報告を行う。平成18年度富山大学高岡短期大学部では、ビジュアルプログラミング基礎とビジュアルプログラミング応用の演習を行った。また、平成19年度から芸術文化学部のインタラクティブアートプログラミング基礎演習、インタラクティブアートプログラミング応用演習、インタラクティブアートプログラミング総合演習、図形情報演習を開始する。これらのプログラミング授業におけるインタラクティブアート教育の状況と準備について考察する。

### 1. はじめに

近畿大学生物理工学部のプログラミングとグラフィックス教育について報告を行っている[1-7]。筆者は、平成17年10月に富山大学に赴任し、平成18年度の高岡短期大学部の授業も担当することになった。

本論文では、平成18年度の高岡短期大学部および平成19年度から始まる富山大学芸術文化学部のインタラクティブアートプログラミング教育関連についての報告と考察を行う。

### 2. 高岡短期大学における授業

#### 2.1. ビジュアルプログラミング基礎・応用

地域ビジネス学科では、1年生にC言語の講義があり、それに続くプログラミング科目としてビジュアルプログラミング基礎（2年前期）とビジュアルプログラミング応用（2年後期）がある。

ビジュアルプログラミング基礎は、25名の受講者があった。講義内容は、Java[8]とC言語で作成された文献9をベースにJava化したライブラリをテキストとした。Javaは、C言語とは違い標準アプリケーションでインタラクティブ性のあるグラフィックス表示やマウスイベントを利用できるメリットがある。講義目標は、プログラミング言語（Java）を用いてディスプレイ上に図

を描くこととした。Javaの文法、Javaのコンパイル、実行を習得し、全員が受講目的としたJavaで絵を描くこともできた。しかし、その提出物は例題を少し変えただけのものに留まった。

ビジュアルプログラミング応用は、ビジュアルプログラミング基礎と違う方法でディスプレイ上に作画することを目標とした。そこで、テキストベースの3次元モデリングソフトPov-Ray[10]を使用しモデル構築を試みることにした。このソフトは、オブジェクトをC言語の関数のような形で光源、カメラ、物体を定義し、画像はコンピュータを使って生成する。このオブジェクトは、論理和や論理積を使用し新しい形を作成できる。また、ループや分岐などを用い複雑な形状も記述することもできる。これらの文法は、C言語のプログラミング教育を受けていれば習得が容易である。

受講生は、他学科の産業造形学科の2名のみであった。産業造形学科では、プログラミング教育が行われておらず、初めてのプログラミングとなった。そのため、プログラミングの構造から講義することになった。図1は、最終提出物である。この図から、多数の透明な球体がバランスを考えて配置されている。



図1 ビジュアルプログラミング応用の提出物

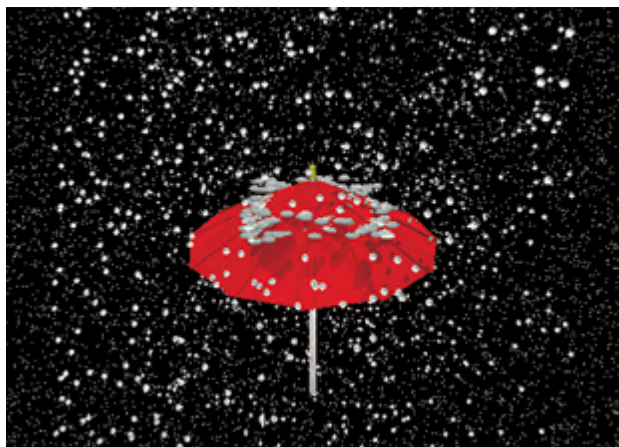


図2 卒業研究1 [11]

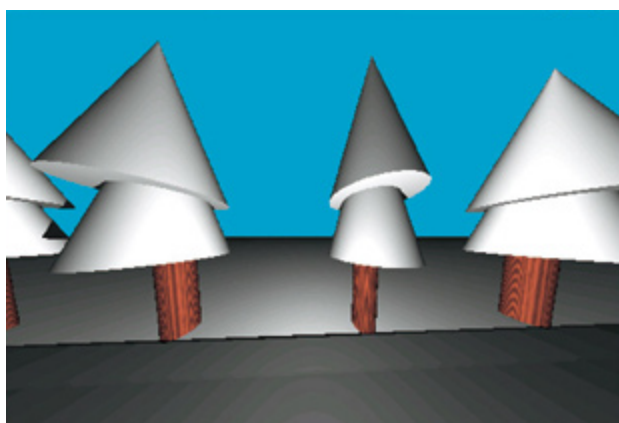


図3 卒業研究2 [12]



図4 卒業研究3 [13]



図5 卒業研究4 [14]

## 2.2. 卒業研究

情報コースの卒業研究は、2年生通年科目である。ビジュアルプログラミング応用を受講しなかったが、Pov-Rayを用いて4名が雪に関連した内容に対しての卒業研究[11-14]を行った。図2～5を見ると近くが大きくなったり、影がでたりと奥行きに対する立体感がでており3次元の表現ができていることがわかる。

## 3. 芸術文化学部における授業

芸術文化学部は、1学科で造形芸術、デザイン工芸、デザイン情報、造形建築科学、文化マネジメントの5コースがある。この学部では、メディア教育などを行っている。その中でもインタラクティブアートについては、メディアアーティストとデジタルテクノロジーの研究者の2名が教育にあっている。後者の教員が、インタラクティブアートプログラミング基礎（2年前期）、インタラクティブアートプログラミング応用（3年前期）、インタラクティブアートプログラミング総合（3年後期）を担当する予定である。この演習では、MINDSTORMS NXT[15-18]を使い3次元図形認識教育しながらインタラクティブアートプログラミング教育を行う[19]。また、この授業内容の前後科目であるデジタルテクノロジーの世界（1年後期）と図形情報演習（3年後期）についても報告を行う。

### 3.1. デジタルテクノロジーの世界

デジタルテクノロジーの世界の概要は、「画像、音、映像などさまざまなものが、デジタル化されている。デジタルテクノロジーの世界では、デジタルとは何か、アナログとデジタルの比較からデジタル圧縮、デジタル通信などの解説を行う。そして、実際にサンプリングに使用するハードウェアやデジタルフォーマットの説明や紹介を行う。電子透かし、ステガノグラフィというデジタルを利用した情報隠蔽の原理や応用の説明も行う。また、デジタルテクノロジーの最新情報提供や将来の課題も考える。」であり、ハードウェアからソフトウェアの幅広い分野の講義を行っている。特に、ソフトウェアについては、画素で構成されるペイントソフトやベクトルデータで構成されるペイントソフトから保存するファイルの構造まで詳細に説明を行う。

また、レイトレーシングの原理を理解するためにPov-Rayを使って講義を行っている。図6は、Pov-Rayによる平成18年度の提出作品である。図6からわかるように3次元の構造や反射および透明の表現ができている。

そして、この科目によってインタラクティブアートプログラミング基礎演習を行う前に、ハードウェアおよびソフトウェアの知識を与えることができた。

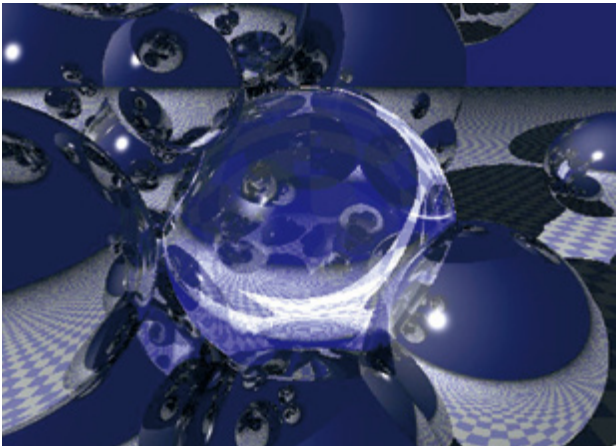


図6 デジタルテクノロジーの世界の提出物

### 3.2. インタラクティブアートプログラミング

#### 3.2.1. 基礎演習

平成19年度インタラクティブアートプログラミング基礎演習は、芸術文化学部の一学期生の2学年146名が対象となった。この演習は、前期の週2回行うタイムテーブルの前半に組込まれた。受講生は7名で、表1のようなコースからの受講があった。

表1 インタラクティブアートプログラミング基礎演習の受講者

コース	受講生(人)	備考
造形芸術	6	選択必修
デザイン工芸	0	
デザイン情報	0	選択必修
造形建築科学	1	
文化マネジメント	0	

表2 インタラクティブアートプログラミング基礎演習受講者の2年生前期までの関連受講科目(アンケート結果より)

科目名	学年	受講人数
情報処理入門	1	5
コンピュータによるデザイン入門	1	5
コンピュータの基礎	1	2
デジタルテクノロジーの世界	1	1
インタラクティブアート入門	1	5
メディアアートの楽しみ	1	3
UNIXとプログラミングの基礎	2	1
メディアアート基礎	2	3

演習の最初にアンケート行った結果、パソコンの保持率は57%であり、造形芸術コースだけならば50%であった。また、プログラミングは1名だけBASICを知っていた。MINDSTORMSについては、すべての受講生が触っ

たこともなかった。この演習の受講生は、表2のような科目を2年生前期まで受講または受講予定であった。

インタラクティブアートプログラミング基礎の概要は、「インタラクティブアートには、さまざまな素材が用いられる。動きを制御するためにはコンピュータ制御やセンサー類を使うのが有効である。この演習では、インタラクティブアートの素材としてモーター制御、タッチセンサーなどの取り扱いを学び作品を作る。まず、制御用コンピュータの仕組みと動かし方を学び、制御用コンピュータを用いてセンサーは触覚としてモーター制御で動きを表現できるようになる。そして、これらの素材を用いたインタラクティブな作品を提案させる。」である。また、授業の狙いとカリキュラム上の位置付けは、「インタラクティブアートには、さまざまな素材が用いられる。動きを制御するためにはコンピュータ制御やセンサー類を使うのが有効である。この演習では、インタラクティブアートの素材としてモーター制御、タッチセンサーなどの取り扱いを学び作品を作る。まず、制御用コンピュータの仕組みと動かし方を学び、制御用コンピュータを用いてセンサーは触覚としてモーター制御で動きを表現できるようになる。そして、これらの素材を用いたインタラクティブな作品を提案させる。」とした。

達成目標は、

- 1) モーター制御やタッチセンサーなどのプログラミングができること、
  - 2) モーター制御やタッチセンサーなどを使った作品を作ること
- とした。

教材は、表3と予備のセンサーを用意した。また、演習場所は、インタラクティブアートゼミ室と近接しパソコンのあるLL教室とした。

表3 インタラクティブアートプログラミング機材

機材名	台数など
MINDSTORMS NXT基本セット+拡張セット	30台
ACアダプター	30個
教育用NXTソフトウェアver1.0	サイトライセンス
ロボラボ2.9ソフトウェア	サイトライセンス

機材の選定は、インタラクティブアートでかつプログラミングを意識した次の選定基準：

- ・パソコンからコントロールするか自走するか。
- ・実際の場面で使うことができるか
- ・プログラミング教育
- ・教材の耐久性



で行った。プログラミング教育に重点を置き、半田付けなどで時間を最小限に行いたい。そこで、PICなどを用いたものよりも耐久性のあるMINDSTORMSをシーケンサとすることにより、半田付け不要でモデリングを行うことができる環境を選定した。MINDSTORMSは、LEGO部品の延長上の機材でありLEGO部品を使うことによるアート制作へイメージ制限になる可能性がある。しかし、MINDSTORMSの配線図[17]が公開されているメリットと、MINDSTORMSというLEGO作品作りではなくMINDSTORMSをシーケンサとして使うのみで外装に出さないインタラクティブアート作品作りにも充分対応できると考えた。そして、2006年9月にMINDSTORMS NXTが発売されたことにより、ノウハウのあるMINDSTORMSから新機種のMINDSTORMS NXTを選定することにした。これにより、内蔵するCPUが8bitsから32bitsになり内蔵コンピュータのパワーが上がったこととBluetoothによる無線LANの構築も行うことができるようになった。

プログラミング環境は、教育用NXTソフトウェアver1.0（以下、NXT-Gと略す）とロボラボ2.9ソフトウェア（以下、ROBOLABと略す）の両方を用意したが、アンケートから初心者にわかりやすい前者を選出した。演習では、附属の説明書[15]、CD-ROMテキスト[16]、開発情報資料[17]、テキスト[18]を用いた。授業の進行は、表4のように機材の取り扱いやレポートの作成および提出について指導した後、説明書によるロボットの組み立てを行った（図7）。組立時間は、平均92分。最短80分、最長130分であった。



図7 演習中の風景

次の演習時間からCD-ROMのテキストを用い、NXT本体だけ行うプログラミングのNXTプログラム、および本体LCDにセンサー数値の表示方法（view機能）を説明した。その後、開発情報資料などを使いタッチ、サウンド、光、超音波、インタラクティブサーボのセンサーやランプの説明を行った。

第1課題は、タッチセンサーについて調べることとし

た。レポート作成には、動作中の写真（図8）やフリーソフトウェアLDraw [20]を使った3次元CADデータ（図9）の提出も求めた。LDrawは、LEGOブロックに特化したCADであり、LEGOブロックのパーツはオブジェクトとして用意されている。

図8は、後進したNXTのタッチセンサーが壁にあたり前進する場面の学生レポートである。これは、NXT本体上でプログラムされていた。図9は、図8のタッチセンサーから先部分の3次元データであり、CAD上でセンサー、心棒、ギアの3つのパーツからなっていることが確認できた。



図8 タッチセンサーの課題レポートに使われた写真の例

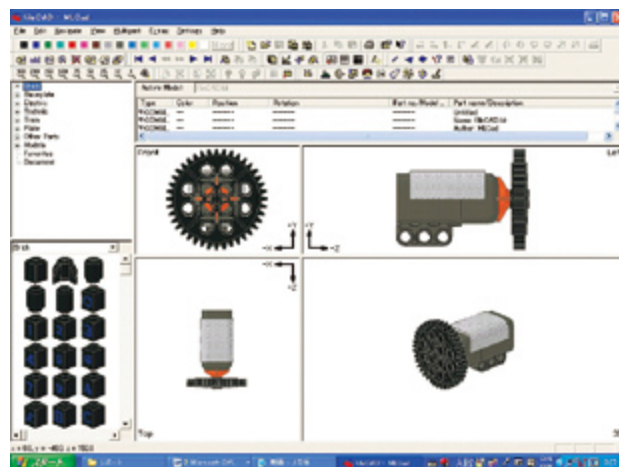


図9 図8のタッチセンサー周りのLDraw 3次元データ

第1回から第5回は、MINDSTORMS NXTのメインメニューによるプログラミングを行った。このプログラムは、4つのイベントのみであり同じ種類センサーや微調整ができないなど制約が大きい。また、View機能は、センサーの値を表示するだけである。

第6回からパソコンとMINDSTORMS NXTをUSBで接続し、パソコンで作成したプログラムをMINDSTORMS NXTにダウンロードし実行させる。プログラムとしては、制御としてループや分岐など、C言語の関数の役割をはたすマイブロック、そしてデータ構造などを教える。

表4 インタラクティブアートプログラミング基礎の授業計画

回数	内 容	文献16 の頁番号	文献18 の頁番号
1	授業についての説明、NXT取扱説明書。ロボットの組み立て		
2	NXTメインメニューによるプログラミング、レポートの書き方とレポート、LDraw、Pov-Ray	16	
3	view機能によるタッチセンサー、第1課題	23	
4	サウンドセンサーによる測定	25	
5	光センサーによる測定、第2課題、超音波センサー、インタラクティブサーボモーターやランプのテスト	27、29、31	
6	NXT-GとROBOLABの説明、NXTとパソコンの接続、NXT-G言語のプログラミング環境の説明、チュートリアル、プログラミングパレットの説明、移動ブロックカスタマイズ、第3課題	46～49、50～52、53～57	34～41
8	ループ、第4課題		42～43
9	マイブロック		44～46
11	センサーを使った分岐ループ、第5課題、記憶+再生		50～59
12	データ、第6課題		60～74
13			
14	最終課題作成と提出		
15			

表5 インタラクティブアートプログラミング基礎の課題

課題番号	内 容
1	タッチセンサーについて調べよ。
2	光センサーについて調べよ。また、光センサーは色をどのように識別するのかを調べよ。
3	NXT-G言語を使ってS字の走行するプログラムを作れ。提出物にはNXT-G言語ファイルも添付する。センサーを使った場合は、その部分のLDrawファイルを添付する。ただし、記録/再生ブロックを使わない。動作確認をビデオ撮影する。
4	NXT-G言語のループを使ったときと使わなかったときの違いをレポートせよ。
5	NXT-G言語の条件付ループを使ったプログラムを作れ。
6	NXT-G言語のデータを使ったプログラムを作れ。
最終課題	タッチセンサーの構造を利用した作品を作れ。

課題は、表5のような内容を出題した。第1～6課題で達成目標のタッチセンサーなどのプログラムを作ることができるようになった。

図10は、MINDSTORMS NXTのタッチセンサーである。右のオレンジのボタンを押すことにより、ONの情報がMINDSTORMS NXT本体に送られる。最終課題では、このタッチセンサーを直接使うのではなく公開された配線図を元に、タッチセンサーの構造を使った作品作りを行った。



図10 MINDSTORMS NXTタッチセンサー

図11の作品は、右の頁の問題から次頁の左の多くの図から問題と同じ図を探すゲームである。タッチセンサーの構造は、タッチペンの形として使われている。

また、図12の作品は、MINDSTORMSの液晶画面をテレビ画面にレイアウトし、人形と帽子が接点として、帽子選びによってテレビ画面に映し出される内容が変わるものである。タッチセンサーの構造は、人形と帽子の接点に使われている。

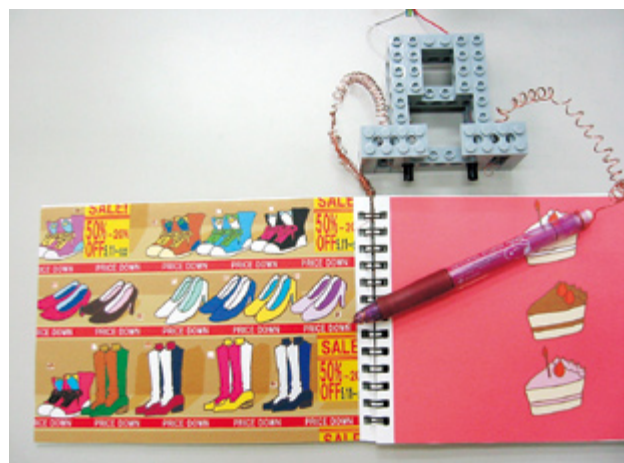


図11 最終課題 (LEGO GAME)





図12 最終課題（帽子屋.com）

### 3.2.2. 応用演習と総合演習

インタラクティブアートプログラミング基礎以降に行う科目は、インタラクティブアートプログラミング応用とインタラクティブアートプログラミング総合である。2科目とも、来年度開講予定であり概要だけを列挙する。

インタラクティブアートプログラミング応用演習の概要は、「インタラクティブアートプログラミング基礎演習では制御用コンピュータを用いたが、応用演習ではコンピュータに備わっているキーボード、マウス、マイクなどの入力装置やディスプレイ、スピーカなどの出力装置の構造を理解し、それらを使ったインタラクティブアートのための基礎的なプログラミングを学ぶ。また、画像や音などの原理や分析方法などに対してプログラミングを通じて学ぶ。入力と出力の組み合わせからインタラクティブなプログラム作りを説明する。」とした。具体的には、音や超音波センサーを使った演習を行う予定である。

また、インタラクティブアートプログラミング総合演習の概要は、「インタラクティブアートプログラミング応用演習では、コンピュータ周辺機器の理解とそれらに関わるプログラミングを学習した。この演習では、応用演習などで学んだことを組み合わせ発展させ、インタラクティブに視点を置いたプログラミングを学ぶ。また、ネットワークを経由しクライアント&サーバやグループコミュニケーションの為のプログラミングについても説

明する。そして、インタラクティブアートのためのプログラミングテクニックも解説する。」とした。具体的には、Bluetoothを使った協調プログラミングを行う予定である。

### 3.3. 図形情報演習

図学情報演習（3年後期）の概要は、「図形情報は、図示された形に関する情報のことを指し示す。その情報には、形を表現するのに使う画像、立体、色、可視、不可視、時間的変化などのさまざまな要素が含まれる。例えば、ペイントソフトのフィルタは、絵の具の顔料や筆の役割を果たす。フィルタを理解することは、絵を描くときに使うタッチを見つける早道である。この演習では、図形情報に関わるアルゴリズムを学び実際にプログラムを作り検証する。また、学生オリジナルのフィルタ作りを行わせる。」とした。具体的には、Pov-RayやJava言語を用いて、図形を把握する演習を行う予定である。

## 4. 考察

Pov-Rayは、C言語のようなテキストベースでCGを作成することができる。特に、文字の表現として、3次元オブジェクトとして記述できるため、3次元物体認識を教育しやすい面がある。実際に、高岡短期大学部におけるビジュアルプログラミング応用と卒業研究では、特別にCG教育を受けていなくても3次元物体（図1～5）を表示できている。このことは、芸術文化学部のデジタルテクノロジーの世界および他大学[10]の実践からもわかる。

高岡短期大学のビジュアルプログラミング基礎で用いたJava言語は、C言語に比べてAPIなどの多くの知識を知らなければCGを作成できないため短期習得には難しいことがわかった。しかし、文献7で分析したように4年生の卒業研究でJava言語の有用性を示しているため、短期大学では結果が異なるのかもしれない。

芸術文化学部2年生のインタラクティブアートプログラミング基礎演習は、1年生のコンピュータ操作について教育効果により、すぐにMINDSTORMS NXTの説明に入ることができた。しかし、1年生にプログラミング教育がないため、分岐やループなどのアルゴリズムやデータ構造などを説明するのに時間がかかった。達成目標であるタッチセンサーなどを使った製作は、達成できた。

モーター制御については、工学、情報系からMINDSTORMSによる実践例[21-23]からみても、MINDSTORMS=ロボットのイメージが強くて予想された。そのため、今回この演習が第1回目ということもあり、MINDSTORMS NXTは、シーケンサ制御の核として使うことを意識させるため、最終課題にモー

ター制御を外した。最終課題の作品（図11、12）から、教育意図が伝わったものができることがわかる。

## 5. おわりに

インタラクティブアート作品の保存は、写真や映像のみが殆どである。基礎演習では、写真や映像だけでなく、  
・プログラム  
・形や構造  
のデータまでの保存を考え課題は、プログラムや3次元CADデータの提出までさせた。そして、センサーは、環境に左右されることを理解させることも教育した。

LEGO専用のCADであるLDrawを用いることで、短時間にCADデータの作成を行うことができたが、新発売の機種を選定したため新しいパーツがない場合が生じた。平成19年5月段階でパーツがない報告を行う受講生はいるが、LDrawの新しいパーツを作る機能を使う受講生はいない。

今後も、インタラクティブアートプログラミング教育の事例報告を行う。

## 参考文献

1. 辻合秀一、広永美喜也：ワークステーションを使った情報処理教育ツール開発、日本図学会1993年度大会（本部）学術講演論文集、pp.98-100, 1993。
2. 辻合秀一：Unixで何が教育できるのか？、私立大学情報教育協会第9回電算機センタ等部門研修会資料、pp.33-35, 1993。
3. 辻合秀一、高島修直：情報処理基礎における図形処理、日本図学会関西支部第55回支部例会、pp.C1-C4, 1994。
4. H. TSUJIAI, Y. TAKASHIMA : Computer Graphics Education Using Workstation, Proc. of 6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, pp.458-462, 1994.
5. 辻合秀一：近畿大学生物理工学部におけるCG教育、図学研究、Vol.35, No.3, pp.37-38, 2001。
6. H. TSUJIAI : Consideration of programming education and finding employment analyzed from Graduation Thesis, Proc. 7th China-Japan Joint Conference on Graphics Education, pp.142-145, 2005.
7. 辻合秀一：インタラクティブ系の研究室におけるグラフィックスライブラリの安定性を求めたC言語からJavaへの移行と利用について、JavaOne Tokyo, 2005。
8. アンク：Javaの絵本 増補改訂版、翔泳社、2005。
9. C&CG研究会グループ：Cグラフィックスプログラム集、工業調査会、1994。
10. 鈴木広隆、三木信博：図形科学Ⅱ平成17年度テキスト、大阪市立大学工学部応用数学部門図形科学研究室、2005。
11. 竹内 望、辻合秀一：パラソル上の積雪モデリング、日本図学会中部支部講演・研究発表会、2006。
12. 橋 亜理沙、辻合秀一：雪上生活シミュレーション、日本図学会中部支部講演・研究発表会、2006。
13. 吉田祐佳、辻合秀一：雪の色表現モデル、日本図学会中部支部講演・研究発表会、2006。
14. 光田早希、辻合秀一：雪の結晶生成過程モデル構築、日本図学会中部支部講演・研究発表会、2006。
15. LEGO : MINDSTORMS education 9797
16. LEGO : 教育用レゴ® マインドストーム® NXTユーザーガイド
17. LEGO : LEGO® MINDSTORMS® NXT Hardware Developer Kit
18. 大庭慎一郎：入門LEGO MINDSTORMS NXT、ソフトバンク クリエイティブ、2006。
19. 辻合秀一：プログラミングにおける図学教育、日本図学会2007年度大会、2007。
20. T. Courtney, S. Bliss, A. Herrera : Virtual Lego, NO STARCH PRESS, 2003.
21. 宮崎和光：MINDSTORMSと高等教育 —特集総説—、人工知能学会誌、Vol.21, No.5, pp.517-521, 2006。
22. 浪花智英、仲田純人：福井大学工学部知能システム工学科におけるMINDSTORMSを用いた創造性教育、人工知能学会誌、Vol.21, No.5, pp.532-536, 2006。
23. 神垣太持：広島国際学院大学情報学部での実践例 —MINDSTORMSを使用した情報技術の基礎を体験するための実習カリキュラムの作成—、人工知能学会誌、Vol.21, No.5, pp.537-542, 2006。