

## 大学・高校・中学の情報教育における創成科目の意義

白畑陽介 徳永幸生  
芝浦工業大学大学・工学部情報工学科

丸山広光  
芝浦工業大学柏中学高等学校

「創造性豊かな人材の育成」に向けた教育プログラムとして、種々の「創成科目」の試みが各大学で始まっている。筆者らは創成科目を、「これまでに学んだ知識や思考力を総合的に発揮し、与えられた課題を具体化する喜びを体験する」授業科目と捉え、LEGOを主教材にした課題について大学、高校、中学の学生に演習授業をおこなった。本稿では、演習授業の結果を相互比較しながら創成科目の意義や授業の進め方などについて議論する。

Significance of Design Program in Curriculum of Information Science and Engineering

SHIRAHATA, Yousuke TOKUNAGA, Yukio  
Shibaura Institute of Technology Faculty of Engineering  
Department of Information Science and Engineering

MARUYAMA, Hiromitsu  
Shibaura Institute of Technology Kashiwa  
Junior and High School

A variety of "Design Program" are attempted to develop the creative talent of students in universities. The purpose of this program, we define, is that students experience their pleasure to achieve the subject combining all the knowledge learned up to this time and logical thinking ability. We had design program classes using LEGO as main teaching material in our university, senior high school and junior high school. In this paper, we discuss about significance of design program comparing these results of lessons.

### 1. はじめに

社会・経済のグローバル化、情報化の急速な発展に伴い、「創造性」の豊かな人材の育成が求められている。このような社会の要請を受けて、平成8年には国立8大学工学部長懇談会の下に「工学における教育プログラムに関する検討委員会」が発足し、その後、本学も含む国公立17大学18学部で、次世代の人材育成に向けた教育プログラムの検討が進められてきた。<sup>(1)</sup>その中で提案されたものの一つに、デザイン型の創造性教育を目指す「創成科目」の導入がある。

創成能力の開発は、単に大学教育だけではな

く、中学・高等学校の教育においても同様に求められる教育上の重要な課題である。そこで、大学生・高校生・中学生を対象に同種の課題による演習授業を行った。

本報告では、各学年における創成能力の多様な出現パターンの相違点や共通点などを相互に比較しつつ、情報教育における創成科目の意義や授業の進め方などについて議論する。

### 2. 創成科目

欧米のデザイン科目の訳語として、我が国では「創成科目」という新しい用語が使われている。この創成科目は各大学がその趣旨を生かし

それぞれ独自の科目を設定する方針がとられており、すでに多くの大学で種々の試みが始まっている。<sup>(2)</sup>

本大学では新しい情報教育の試みの一つとして「情報演習」の中で創成科目を実施している。この演習は、多様な学習課題を内在させた総合科目であり、各課題の遂行には多様な技術の習得や思考と行動を繰り返す試行錯誤が求められる。この様な課題を遂行する中で、

- ・技術の奥の深さや技術が様々な要素を内在していることを実感させること
- ・発見や工夫の過程を味わうこと
- ・更に、学ぶことの楽しさや学ぶ意欲を高めること

を狙いとしている。

### 3. 演習内容

#### (1) 演習概要

- ・3~4名を1グループとして演習を行う。
- ・各グループに教材、PC等の設備を準備する。  
参考書は共用とする。
- ・初回に、目的・課題・注意事項・教材等の概要、設備などの使い方について説明する。
- ・課題レポートには全員の顔写真、及び役割分担を記入させる。

なお、大学生は1回3時間を使い4回で、高校生・中学生はスケジュールの都合上1日、5~7時間を使い1日に1課題を3日続けて行った。

#### (2) 設備・教材

- ・基本教材；LEGO MindStorms<sup>(3)</sup> (図1)
- ・機器設備；DOS/V パーソナルコンピュータ、CD-R ドライブ、カラープリンタ、デジタルカメラ、8mm カメラ、A/D 変換機
- ・ソフトウェア；Adobe Photoshop6.0、Illustrator9.0、Premiere5.0、MS Word2000等



図1 LEGOとプログラミングブロックの画面例

#### (3) 演習課題

##### 課題 1. ロボット組み立てとマニュアル制作

**Step1**：MindStorms に付属の英語電子マニュアルを使い、MindStorms の基本的な製作手順や、プログラムの作り方、キットの使い方を一通り学ぶ。

**Step2**：3種類の製作メニューの中から指定するロボットの、レベル1を製作する。

**Step3**：少し難易度の高いレベル3のロボットを製作する。

**Step4**：Step3 で製作した”ロボットの、“分かり易い製作マニュアル“を、デジタルカメラや各種APソフトを駆使して作る。

狙い：付属の電子マニュアルは、映像、コンピュータグラフィックス、効果音、などを駆使したものでマルチメディアの使い方を学ぶ適当な教材ともなっている。これらを参考とし、分かり易く相手に説明する手法を(利用者の立場から)学ぶ。次にマニュアルを自ら制作する事によって(制作者の立場から)読み易いマニュアルを作るのに必要な事項を考えさせる。

留意点：マニュアルを書くには、まずロボットを作る目的や対象者を明確に設定することが必要である。演習の進捗やグループ内の議論を見ながら適宜その議論に加わり、対象者をどのように設定したか、分かり易くするために工夫した点は何かなど質問する。

##### 課題 2. LightTracker 競技

**Step1**：軌道追跡型ロボット”LightTracker”を製作する。

**Step2**：MindStorms 付属の TestPad で、ト

ラックを3周する時間を計測する。

**Step3**：高速化を図るために様々工夫を行う。

狙い：バーチャルな世界での「動くはず」と実際に「動く・動かす」ことの差異を少しでも体験しておくことは重要である。一方、面白さ、楽しさは、本来、皮膚感覚的に感じ取られるものであろう。物理的に動かすことの面白さと難しさを味わい、その中で様々な創意工夫を行わせる。

留意点：まずは確実に3周回るロボットを作らせる。より速く周回させるために様々な試行錯誤が繰り返されるが、何を解決するためにどのような工夫をしたかについて適宜質問をしながら、論理的な思考を深めさせる。

### 課題3. ロボット製作とノンリニア映像編集

**Step1**：最も難易度の高いレベル4のロボットを製作する。

**Step2**：シナリオを考え Step1 のロボットの製作過程などを中心にビデオカメラで撮影する。その映像をパソコンに取り込み、ノンリニア映像編集ソフト”Premiere”等を使って、1分間の物語に編集する。

**Step3**：Step2 の映像制作手順(シナリオ、撮影、映像編集、音入れ、タイトル等)をマニュアルにまとめる。

**Step4**：制作した映像を CD に焼き付ける。

狙い：主題を考え、ロボットを中心に据えたストーリーを作り、音楽や効果音、様々なイフェクト技術などを活用してオリジナリティに富んだ作品を作らせる。高度な編集ソフトを使いこなす情報リテラシー教育の側面も合わせ持つ。

留意点：1分間の短い作品といえども主題が必要である。この点は、意外と陽に意識することなく学生たちは制作を進めていることが多い。適宜議論に加わり、議論を深めさせる。また主題を最も端的に表現している場面やオリジナリティの所在についても問いかける。

## 4. 結果と考察

### 課題1. ロボット製作とマニュアル作り

LEGO MindStorms は欧米の小学校高学

年から中学生レベルの人達ができるように設計された知育玩具であり(但し、その発展のさせ方や楽しみ方の多様性は成人にも十分に対応し得る<sup>(4)</sup>)、英語能力はそれほど必要としない。

まずレベル1の課題ロボットを製作することにより、LEGO MindStorms の概要は皆ほぼ理解できたと考えられる。次に、マニュアル制作の対象となるレベル3のロボットを作る。大学生、高校生のグループは、それほど困難なく製作していたが、中学生はソフトを組み込む段階で少し手助けが必要であった。

マニュアルを読む人の顔が見えなければマニュアルを分かりやすく書くことは難しい。ロボット製作を行う目的が明確になれば、マニュアルの構成や書き方にも自ずとその意図が表れるはずである。ロボットを誰が何の目的で作るのかを各グループで、よく議論させ、マニュアルを作らせた。例を以下に示す。

#### 大学生の例1 「親子で作る LEGO ロボット」

子供へ「さあ、ものをつくろう。じぶんのかんがえたうごきをじつげんしてくれるまほうのろぼと...」

大人へ「LEGOを使うことによりお子様の想像力や創造性、発展性を鍛えることができ問題の分析力および解決能力を育てる機会を得ることができると考えています...」

という書き出しで、子供用、大人用2種類のマニュアルが用意されている(図2)。前者はすべてひらがなで漫画入り、後者には用語集なども付属している。



図2 こども・大人用マニュアル

#### 大学生の例2 「高校生のグループが分担して効率よく作る LEGO ロボット」

「...、このレゴマインドストームは、1人での製作も可能

です。しかし本マニュアルにおいてはグループワークという形式を用いることにより、3人で協力してロボットを作り上げることができるよう構成されています。共同作業によって、協力することの大切さや、楽しさ、面白さを味わい、喜びを分かち合うことが目的です」

とあり、A、B、C 各担当の役割分担と作業流れ図があり(図3)、100分間で仕上げるようになっている。

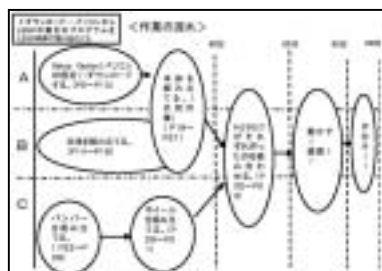


図3 作業の流れ図

高校生の例1「レゴは好きだがパソコンが苦手という人へ贈ります」

「レゴを自分の思うように動かしたい、でもそれにはパソコンが必要...パソコンなんて使えない。どうすればよいかわからない。そんな人のために、本製品を製作するにあたって最新&最難関であるパソコンを使った作業(プログラミング等)をわかりやすく説明する。」

とあり、プログラムの手順説明に焦点をあてた作りとなっている。

高校生の例2「ロボット製作マニュアル -クイズ風に-」

対象「クイズ番組の好きな人。」

目的「マニュアルは苦しい。そしてつまらない。そんなありふれたマニュアルは作りたくなかったので、ゲーム性を取り入れたマニュアルを作る」

以下、「これは何?」「1.解体されたドラえもんの一部 2.ミステリーサークル 3.顔のパーツ 4.ミサイルの残骸」さて正解ですが、正解は...。3番です」など次々にクイズが出され、正解を示しながら手順を説明している(図4)。



図4 クイズ風マニュアル

中学生の例1「レゴと愉快的仲間たち」

「マニュアルに絵をふんだんに使い、見ただけで作れるものにする。そして、使用する言葉は日常生活でよく使う言葉に限定する。」設定; 漢字が小6レベルで読める 説明書どおりに作りたがる 遊びが三度の飯より好きな人 手先が尋常並」

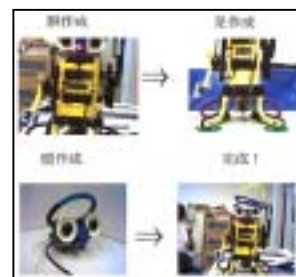


図5 組み立て手順マニュアル

大まかな組み立て手順を写真で説明(図5)。ソフトの説明はまったく欠落している。

中学生の例2「自分で作るLEGO」

目的「自分でレゴを作り、プログラムを導入。」

解読条件「9歳以上、10歳以上推奨。」

とあり、解説の言葉はほとんどない。プログラムを赤外線によりマイコンに移植する説明は少しあるが、内容についての説明はない。

・ 大学生のグループが作ったマニュアルには、ユニークで論理的に構成されたマニュアルが多く見られた。例2のように授業で学んだことを使って効率よく役割分担する手法を考え出すなど、各人の蓄積された様々な知識の豊富さが大学生のマニュアルには反映されていた。文章力もあり、写真を取り入れたマニュアルは30枚~50枚の大作が多いことも大学生グループの特徴である。目的や対象を明確にする過程を観察していると、出された色々なアイデアをメモをとりながらまとめてゆくグループでは、自然とリーダーが生まれていた。

・ 高校生のグループは大学生のグループとまた異なったユニークなマニュアルを作った。文章が少なく、大学生グループに比べれば、15枚~20枚と少ないが、手順は論理的である。またクイズを取り入れるなど自分達の日常の遊びや生活が反映されていると思われる。

・中学生グループには、マニュアル作りという課題そのものが少し難し過ぎたように思われる。論理的な思考訓練がまだできていないこと、文章力が不足していることなどマニュアルを作るための基礎力が決定的に欠けているからである。面白いユニークなマニュアルを作りたいという意欲も、この基礎力不足によって空回りしていた。

## 課題 2. LightTracker 競技

本課題の最初のステップは、教材マニュアルにあるサンプルロボットの制作である。このロボットは確実に3周トラックを回るが、タイムは1分30～2分である。ここから各グループの高速化に向けた創意工夫が始まる。

### 大学生の例 1 (最終タイム: 19 秒)

- ・タイヤの内輪差・外輪差を実際の走行距離で求め、モーターの回転数を設定(図6)
- ・暗部・明部に加え、グレーゾーン(黒線両隅のエッジ部分)の反射強度を計測し、光センサー感度を設定
- ・光センサーが常に一定の値を取得し、他の影などを誤認識させないよう、取り付け位置をより地面に近いところに設置

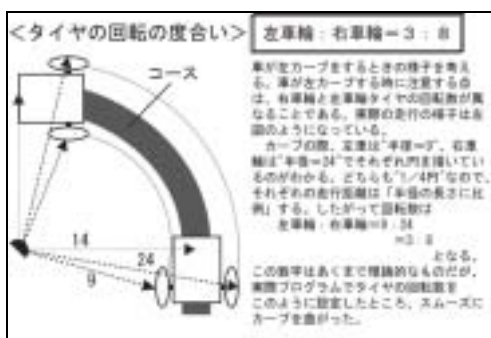


図6 左車輪・右車輪の回転数

### 大学生の例 2 (最終タイム: 19 秒)

- ・旋回性の向上を図るため前輪を光センサーの真後ろに配置し、同時にセンサーの感度を適正な値に設定
- ・接地面積を小さくして左右の動きをスムーズにし、また一回転での移動距離を長くするために、幅が狭くかつ径

の大きなタイヤを選択

- ・軽量化を図るため、使用部品を極力削減

### 高校生の例 1 (最終タイム: 16 秒)

- ・耐久性を強化するため、モーターを本体の後部に配置するとともに、安定性向上のために車高を低く設計
- ・低い位置に設置した車軸部に動力を伝達させるため、モーターと車輪の間にギアをかませて車軸の高さを調整
- ・旋回時における光センサー認識を確実にし、また直線走行での左右のぶれを減少させるため、幅広かつ径の小さなタイヤを選択

### 高校生の例 2 (最終タイム: 11 秒)

- ・耐久性を確保するため、胴体部はマニュアル通りの設計とし、駆動部のみを改造
- ・コーナーでのタイムロスを防ぐため、左回りの旋回に特化した設計を考え内輪の車軸を長くする

- ・上記の発想を発展

させ、片方の車輪を固定、その車輪を中心に回転するようトラックをまたぐまで車軸を長くする(図7)

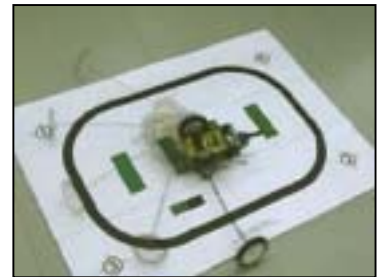


図7 車軸を長くしたロボット

### 中学生の例 1 (最終タイム: 36 秒)

- ・サンプルロボットの光センサー感度の設定値を改善
- ・タイヤのホイール周りやライトセンサーのノーズ部分に、クリアパーツやカラフルな部品でコーディネート(図8)

### 中学生の例 2 (最終タイム: 38 秒)

- ・高速かつ安定走行をはかるため、3輪構造を採用し、後輪は一番大きなタイヤ、前輪は2つのタイヤを一体化した幅広タイヤを使用



図8 車軸のコーディネート

- ・大学生ではいずれのグループも、センサー、

モーター、タイヤなどの各パーツの機能を見定め、論理的な思考を重ねて高速化を図っていた。トラックを正しく周回するには、適切なセンサーの位置や感度設定が必要となる。モーターの力や径を大きくして高速化を図ろうとすれば、コーナーを曲がることができなくなる。例1では、内輪と外輪の走行距離の差を考慮して回転数を設定している。例2では、タイヤの設置面積やロボットの軽量化を考慮して設計をしている。他に、周回するトラックの距離を算出し、センサーを使わずに自動走行するロボットを作ったグループもあったが、LEGO 程度の精度のロボットでは、理論通りには走行せず3周する前にコースアウトしていた。

- ・ 高校生のグループは、論理的な思考はするが大学生のように思考が続かない。それでも、タイムは大学生を上回る結果を出した。例2のように、左回りに特化したロボットを作ってゆく過程で、車軸をトラックの最長半径以上にすることで、センサーを使うことなく競技規定（両輪がトラック内に入らなければよい）を犯さず周回できることに気づき、最短時間を計測した。論理の飛躍が生まれた例だが、完走したときには他のグループの人たちも含めて大きな歓声が上がっていた。

- ・ 中学生グループは、論理的に思考を展開させる力がまだ不足している。例に見られるように、センサーの感度設定やタイヤの適切な選択が必要なことには気づくのだが、その後が続かない。また、この課題は高速化が目標であるのに、その目的を忘れ、ロボットを飾り立てるなど目先の面白さに関心が移る傾向が著しい。使用した LEGO 教材は、前述のように中学生でも十分に理解し得るように構成されているはずであるが、目的に向かってアイデアを積み重ねてもらうためには、中学生が関心を持っているゲーム性を取り入れるなど、中学生の目線

で課題を設定する必要があるだろう。また、大学、高校生とは異なり、グループで知恵を出し合い互いに高め合うことも余りみられない。個人のアイデアがグループ内で広がらず、結局個人プレイの域を出ずに終わっている。

### 課題3. ロボット製作とノンリニア映像編集

各自の発想で、作品を制作することのできる自由度の最も高い課題である。実際、大学生から中学生まで、どれ一つ類似の作品は見られなかった。

大学生の作品例1「のび太とレゴの物語」(図9)

のび太とジャイアンを二人の学生が演じ、ジャイアンに壊されたLEGOをドラえもんが(早送りで)さっと再生したり、課題のロボットであるAcrobotが光に反応することを使い最後の感動のシーンを演出している。



図9 のび太とレゴの物語

大学生の作品例2「Rescue！」

LEGOの人形を使って物語を展開する。化石発掘現場の崩壊場面とAcrobotが動く場面以外は静止画面だが、複数の角度からの撮影や、テロップを使用し、違和感のない作品となっている。

高校生の作品例1「タイガー・ジョー」

ゲームソフトのキャラクターをタイトルにつけているが、内容は制作したInventorbotの組み立て、及びその動作を早回しや、繰り返しを使って編集し、最後にゲームで使われていると思われる場面と言葉を借用しまとめている。

高校生の作品例2「打倒ザク！」(図10)

Inventorbotの投擲の映像と、その投げた物体によってガ

ンダムの敵“ザク”を倒す場面(Web 上にあるソフトを借用)をつなげた作品である。ザクを倒した反動で、自らも壊れるというストーリーの後半は、編集ソフトの画面切り替え手法を使って、段階的にロボットを分解している。



図 10 打倒ザク！

中学生の作品例 1 「LEGO? MOVIE」

ゲームソフトの攻撃場面がストーリーの半分近く(20 秒)を占め、LEGO ロボットの動作をつなぎ合わせた作品で、ロボットの投擲動作からゲームの攻撃場面を連想し、映画のタイトルを一部借用した作品だと思われる。

中学生の作品例 2 「ごみロボット 人生最大の過ち」(図 11)

ロボットを、ゴミを投げ捨てる役に見立て、ゴミの中にある宝を見つけ出す。タイトルは“過ち”とあり、ごみの中から出てきた宝も誤って投げ捨てるものと思われるが、編集された作品では宝を放り投げてはいない。



図 11 ごみロボット人生最大の過ち

・ 大学生の作品は、どれもストーリーがよく練られ、撮影や画面の割り付け、音楽、タイトルの入れ方も、細部まで行き届いた工夫が見られる。例えば、人の手が映らないようテグスを使って物を動かしたり、画面に映る観客数に合わせて歓声の音量を調整している。また、ノンリニア編集ソフトの参考書を調べながら、新し

い使い方を取り込んでいた。映画、CM などでよく目にする各種のイフェクト技術について、具体的なイメージを学生たちは持っており、どのような技術を使いたいかという目標が明確なことも技術習得の意欲を高めているように思われる。

・ 高校生の作品は、ゲームソフトに強く影響されている。まとまりは一応あるが、高校生なりの創意工夫も自分たちの世界の中でのみ展開されていて、メッセージが伝わらない。多様な視点から眺め発想を深めるとい議論も、大学生と比較すると不足している。

・ 中学生の作品は、担当した箇所を個人個人の思いや興味ある技術で作り、それを単につなぎ合わせたと考えられる。編集ソフトが充分使い切れず、全体のメッセージや映像の統一性もほとんど感じられない。中学生も高校生と同様、ゲームに強く影響されている。

以上述べたように、本演習授業の結果から、の次ことが明らかとなった。

#### (1) 浮き彫りにされた基礎力の大切さ

ここで取り上げた演習課題は、いずれも決まった解があるわけではない。自分たちが自由にデザインし、マニュアルを作り、ロボットを走らせ、物語を映像にまとめればよい。従ってどれ一つ同じものはないが、それでも発想の豊かさや完成度などには差異が認められる。一概にその優劣をつけることはできないが、課題の遂行過程の観察や最後の結果から判断すると、明らかに学力/技術力/論理的に継続する思考力の差が結果に反映されている。創成科目においても、このような基礎力の重要性が改めて浮き彫りにされた。

#### (2) 日常性に合わせた課題設定が大切

発想の原点は、まず日常接している身の回り

のことや過去に経験したことであろう。課題3の物語映像制作に見られるように、高校生、中学生の作品がゲームソフトに強い影響を受けているのは、この日常性の反映と考えられる。大学生の作品がもう少し幅広いテーマを扱っているのは経験の差が出ていると言えるであろう。課題の遂行過程を観察していると、課題が自分との関わりにおいてリアリティを帯びて来たときに熱中しはじめ、次々と色々な発想を口にしていた(ただし、基礎力が無ければ形にはならない)。興味が無ければ発想は貧弱だし、やる意味が見出せなければ議論も興らない。LEGO が中学生にも充分扱える教材だとしても、課題は日常性に合わせた設定が必要であろう。

#### (3) コラボレーションの訓練に有効

「課題を終えて私たちが感じたことは、共同制作という中で、人それぞれの意見があり、それを一つにまとめるという苦労や、様々なアイデアが出るからこそ一人より豊かな創造が生み出されるという喜びです。」(大学生)

「今回の体験を通じて、みんなで何か一つの目標について取り組むという協調性の大切さを感じ、また加えて色々なことを学ぶことができました。」(高校生)

「みんなで部品を探したり、組み立てたり大変だったが、かなり楽しかった。」(中学生)

一人でやる課題もあってはよいが、上記の感想にもあるように、グループで行う創造のコラボレーションの仕方を学ぶ授業としても有効と考えられる。

#### (4) 想像力・創造力が求められるコミュニケーション

近年では、インターネットや携帯電話など、様々な伝達メディアが身近なものとなっている。しかし、一般に情報を正確に相手に伝えることは難しい。ここでは、マニュアルを取り上げたが、相手に視線を合わせるためには、相手の姿を具体的に思い描く豊かな想像力や、情報

を的確に表現する創造的なメディアの使い方が必要である。大学生、高校生にはそれらを考えさせるよい機会となったが、十分な基礎力を持たない中学生には少し難しい課題であった。

#### (5) 先生の議論参加は不可欠

各演習課題の狙いと留意点で述べたように、このような創成科目では、学生たちの自由に全てを任せ、結果を待つだけでは成果は上がらない。学生たちの思考を刺激し、議論が深まるような誘導も不可欠である。

## 5. おわりに

情報系創成科目の試みとして、LEGO を主教材にした3つの課題について大学、高校、中学の学生に演習授業をおこない、相互比較しながら創成科目の意義や授業の進め方などについて考察した。ここで明らかとなったことは、情報系創成科目に限らず、他の創成目的の授業にも共通する部分も多く含まれていると思われる。

筆者らは、「創成科目とは、これまでに学んだ知識や思考力を総合的に発揮し、与えられた課題を具体化する喜びを体験する授業科目である。」と考えている。「創造性豊かな人材の育成」は情報分野の教育においても極めて大きな課題である。今後も、様々な試みの中で創成科目の教育について議論を深めてゆきたい。

#### 参考文献

- [1]新しい工学教育プログラムわが国の21世紀発展の鍵  
<http://eep.engg.nagoya-u.ac.jp/11-12/pamphlet/12-2.html>
- [2]三分科会と渉外活動ワーキンググループからの報告  
<http://eep.engg.nagoya-u.ac.jp/11-12/report/design.html>
- [3]GEODESIC:「ロボティクスにチャレンジ MindStormsの世界」,LOCUS(2000)
- [4]Paul Wallich: "MindStorms Not Just a Kid's Toy", IEEE SPECTRUM September p52-p57 (2001)