

情報系学生によるプログラミング教材作成の試み

赤澤紀子^{†1} 石井海渡^{†1} 中山泰一^{†1}

概要: 我々は、コンピュータサイエンスに対応した応用的な学生実験にて、情報系の学生を対象に、初めてプログラミングを学ぶ生徒が、楽しい、面白いと思えるプログラミングの教材作成を題材とした演習を実施した。本稿では、この演習の授業設計について報告する。また、履修学生の成果物およびアンケートから、この実験を通して、プログラミング教育について学生の習得したことや意識について考察する。

A Study on a Programming Practice Using Educational Microcomputers for Computer Science Students

NORIKO AKAZAWA^{†1} KAITO ISHII^{†1}
YASUICHI NAKAYAMA^{†1}

Abstract. We carried out a course for computer science students that has the subject making of the programming practice expressed fun and interest to the student who learns the programming for the first time in the advanced experimentation of the computer science. This paper reports the class design in this course, and study about attitude and what a student learns about programming education in this experimentation from the outcome and survey of students.

1.はじめに

次期指導要領では、小学校段階からプログラミング的思考の育成が広く実施されることが盛り込まれることとなった[1]。これに先立ち、有識者会議において、質の高いプログラミング教育の実施や指導体制の確保には、社会との連携・協働が必要不可欠であり、効果的なプログラミング教育の実施が、都市部だけではなく全国で偏りなく可能となるよう、官民連携したコンソーシアムなどを通じて体制を整えていくことが求められ、プログラミング教育の意義等を社会と学校が共有し、実施に当たって外部から学校をサポートしやすくするような体制を整備していくことが重要であるとしている[4]。また、文部科学省は次期指導要領に関して、パブリックコメントを募集し、プログラミング教育に関しても意見が寄せられた[2]。この中で、全ての教員の理解と協働の下でプログラミング教育が展開されるよう、体制の整備や、教材の充実などの要望などが挙げられた。この回答として、文部科学省は、総務省や経済産業省とも連携しながら、学校関係者や ICT 関係の企業・ベンチャーなどで構成される「未来の学びコンソーシアム」を 2017 年 3 月に設立し、学校のニーズに応じた教材の供給や外部人材による協力・支援体制の構築に取り組んでいくこととしている。このように、2020 年からの小学校段階からのプログラミング教育に関して、プログラミング教育の実現化のために、国、教育委員会、小学校現場、関係団体、民間や学術機関の連携の具体的な推進が求められている。

学術機関特に、情報理工学系学科に注目すると、プログラミングを含むコンピュータサイエンスについての知識が豊富にある。この場で学ぶ学生は、プログラミングについての知識理解を深めている過程にあり、小学校段階からのプログラミング教育に貢献できる人材になりうるのではないかと考える。

そこで、我々は、情報系の学生を対象にしたコンピュータサイエンスに対応した応用的な学生実験にて、初めてプログラミングを学ぶ小学生および中学生が、楽しい、面白いと思えるプログラミングの教材作成を題材としたコースを実施した。ここから、プログラミング教育に関して、情報系学科からのアプローチと学生への影響について検討する。その結果、情報系学科の小学校段階からのプログラミング教育への連携、学生自身の成長につながる可能性について検討した。

2.本研究でのプログラミング環境

小学生などの初めてプログラミングに触れる方々に向けたプログラミングの環境として、Scratch やプログラミン、Viscuit など Web サイト上で体験することのできるさまざまな環境がある。Web サイト上で体験できることは、プログラミングをするために、専用のソフトウェアをインストールする必要がなく、多くの学校や家庭で比較的容易に実現できる環境であるといえる。

また、現行の学習指導要領において、小学校の次の段階である中学校の技術・家庭科の技術分野「D 情報に関する

技術」では、(1)情報通信ネットワークと情報モラル、(2)デジタル作品の設計・制作、(3)プログラムによる計測・制御の3項目で構成されており、ものづくりを支える能力を育成する観点から、実践的・体験的な学習活動を通して、情報を収集、判断、処理し、発信したり、プログラムにより機器等を制御したりする喜びを体験させるとともに、これらに関連した職業についての理解を深めることにも配慮することとなっており、デジタル作品の設計・作成とプログラムによる計測・制御を扱うことが示されている[5].

これを実現するため、Arduino や Raspberry Pi などのマイコンボードが使われている。大学においても、これらのマイコンボードを利用した科目が開設されている[6][7].

また、多くの国において初等中等のカリキュラムが情報教育を強化する方向改訂されつつある[8]. その中でも、小学校におけるプログラミング（および情報科学）教育が注目を集めている。米国の「Hour of Code」運動（2013年頃）や、英国における小学校からの新科目「コンピューティング」（2014年開始）などがその代表である。マイコンボードを使ったプログラミング教育も行われている。例えば、2016年に、英国の第7学年(日本の中学1年生に相当)に配布された micro:bit が挙げられる。

本研究では、Web サイト上でプログラミングをすることができること、中学校の技術・家庭科へのつながりを考慮し、micro:bit を利用したプログラミング環境を利用することとした。

3. micro:bit について

micro:bit は、BBC(英国放送協会)が中心となり開発された教育向けマイコンボードである[9]. micro:bit の構成を図 1、図 2 に示す。5×5 の LED ディスプレイや、A ボタン、B ボタンに加えて、加速度センサーや、地磁気センサーが搭載されている。また、ピンに鱗口クリップなどで接続し、センサーやアクチュエータなどを取り付けることができる。

micro:bit は、Windows, iOS, Android と複数の OS 上で開発することができ、いくつかの開発用エディタが用意されている(図 3).

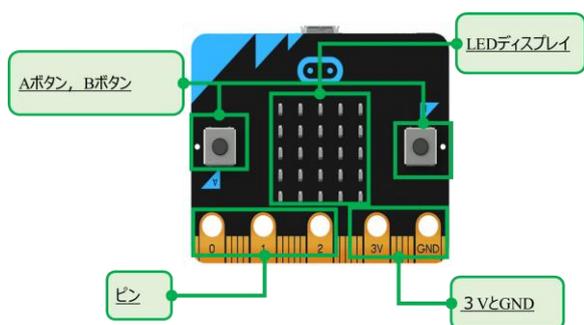


図 1 micro:bit(表面)

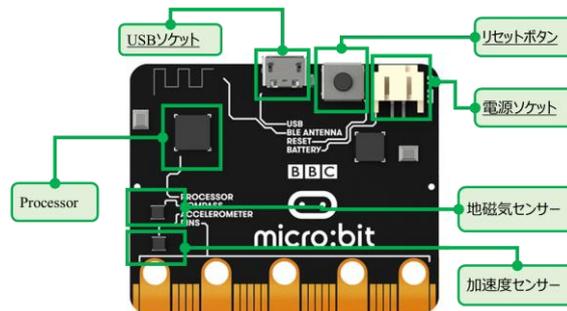


図 2 micro:bit(裏面)

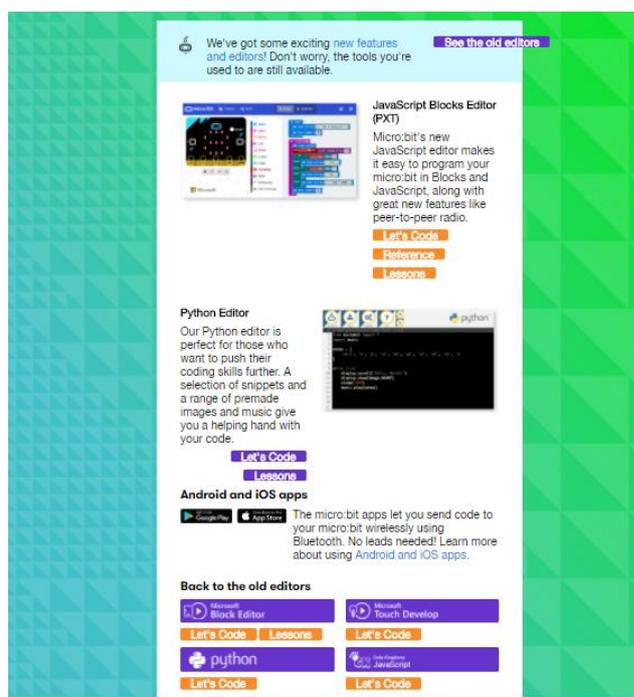


図 3 micro:bit 開発環境

例えば、JavaScript Blocks Editor (PXT)は、JavaScript または、ブロックを使って、プログラミングをすることができる。また Python エディタなども用意されている。図 4 は、ブロックエディタを使ったプログラミング環境の例である。プログラミングの流れは次の通りである。

- (1) ブロックを組み合わせてプログラミングを行う。
エディタ横に表示されるシミュレータを使うことにより、動作確認を行うこともできる。
- (2) compile ボタンをクリックして、micro:bit に書き込む HEX ファイルを作成し、ダウンロードする。
- (3) ダウンロードした HEX ファイルを micro:bit にコピーする。
- (4) micro:bit 上で、プログラムを実行する。

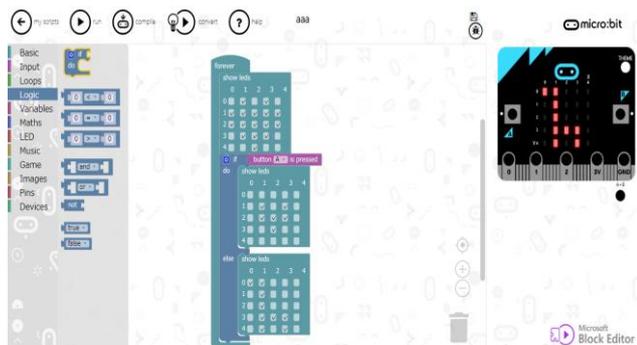


図 4 Blocks Editor

4. 演習概要

4.1 コンピュータサイエンス実験について

本研究の演習は、本学情報理工学部情報・通信工学科のコンピュータサイエンスコースの3年次の必修科目のコンピュータサイエンス実験にて複数開講する演習の1つとして実施した。

履修する学生は、C言語に関連する科目を履修など、複数のプログラミング言語の学習を実施してきた。2年次までに、プログラミング言語だけでなく、コンピュータサイエンスの基礎を身に付けており、このコンピュータサイエンス実験では、複数の課題に取り組み、的確な問題分析とシステム設計、実現、評価ができること、明晰な報告書を作成ができるようになることが求められている。

コンピュータサイエンス実験は、2コマ×7回を1ラウンドとしている。ラウンドごとに複数の演習が開講されており、学生は、演習を選び履修する。

4.2 演習環境とスケジュール

本演習のスケジュールは表1の通りである。本演習の最終目標は、micro:bitを使った小学生または中学生を対象としたセミナー案の構築である。プログラミング環境として、micro:bitのWebサイトにて提供されているMicrosoft Block Editorを使用することとした。

セミナー案を作成する前に、演習1~3では、micro:bitの仕様調査を行った。さらに、仕様を調査したブロックを使い、演習問題とその解答例を作成した。

演習4,5では、セミナー案の構築を行った。セミナー案の構築では、セミナーのスケジュールおよび、使用する課題案および解答例の作成を行った。ただし、セミナーの対象者は、小学校高学年または中学生とした。

第6回の発表会では、セミナー案について発表を行い、相互評価を行った。

各回の実施内容および進捗は学生本人が管理することとした。ただし、学生には、毎回の進捗報告を教員にさせることを徹底した。教員は、学生の進捗報告へのフィードバックを必ず行うこととした。学生からの質問は、演習時間

中にはもちろん、それ以外の時間も、LMSシステムを用いて受け付け、演習を進めるうえでの学生の不安には、迅速な対応を心掛けた。

また、学生各自に1台のmicro:bitと、必要に応じて、ミノムシクリップやスピーカーなどを貸与した。ただし、micro:bitは、技術基準適合証明または、技術基準適合認定の認定を受けていないため、本演習で学生に貸与したmicro:bitは、Bluetoothが使えないように処理したものを使用した。

表 1 演習スケジュール

回	内容
1	① 演習概要説明 ② micro:bit 基本説明 ③ プログラミング環境の説明 ④ 演習1: micro:bit の仕様調査および演習問題作成(1)
2	演習2: micro:bit の仕様調査および演習問題作成(2)
3	演習3: micro:bit の仕様調査および演習問題作成(3)
4	演習4: セミナー案の構築(1)
5	演習5: セミナー案の構築(2)
6	発表会
7	まとめ

5. 学生の成果物

5.1 セミナー案

学生ごとに様々なセミナー案が構築された。出題の傾向は次の5つに分けることができる。

- (1) 5×5のLEDディスプレイを使った文字(例 A)、図形、文字列(例 Hello)などの表示
- (2) 条件分岐(例 A ボタンが押されている間 Hello を表示)
- (3) 繰り返し(例 5回ハートの図形を点滅させる)
- (4) 変数(例 カウンターを用意して、カウントアップしながら、カウントしている数を表示する)
- (5) ゲームの作成

セミナー案は、プログラムの3つの制御構造である順次処理、繰り返し処理、分岐処理を織り交ぜて出題されていた。

さらに、(2)の条件分岐を複雑にしたものや、(4)変数を使う課題を用意していた。セミナーの対象が変数を学んでいない小学生を含むため、変数をセミナーで扱うか否かは学生によって意見が分かれた。

また、(5)ゲームの作成は、発展課題としての出題が主であった。学生が作成した課題の例を付録Aに示す。

5.2 学生の考える初学者に知ってほしいこと

第6回の発表会にて、演習1~5のまとめとして、作成したセミナー案の一部についてのミニ発表会を実施した。

発表会から、初めてプログラムを学ぶセミナーの計画をするうえで、学生が、受講者(小中学生)に体験してもらいたいことは次の3つであることが分かった。

- (1) プログラミングの楽しさを知る
- (2) プロのすごさを感じる
- (3) ロジックを知る

楽しさにつながる意見として、自分が作ったプログラムが動くことの感動はもちろん、工夫することの面白さを知ってもらいたい、いままで学校で習ってきた知識がプログラミングで利用できることを知ってほしい、機械を身近に感じてほしいなどがあり、プログラミングをするだけでなく、広い観点でプログラミングを考えるきっかけになって欲しいとの意見もあった。

また、プロのすごさを感じてもらうことにつながる意見として、楽しいだけではなく、動作を実現することの難しさを実感して欲しい、単純なものを組み合わせてプログラミングを行うことの難しさを知ってもらうなどがあった。

さらに、セミナーでプログラミングの楽しさを知った小中学生に、講師などが作った複雑なプログラム例および、実行結果を見せることを計画した案もあった。

セミナーで出題する課題の多くは、プログラム例を示して、使うブロックなどのヒントを沢山提示して、プログラミングを支援する支援型、支援型でプログラムを作成してから、それを自分で発展させる支援+自作型、極力自分で作成する自作型の3種類に分けることができた。発表会では、支援型12人、支援+自作型4人、自作型3人であった。

5.3 アンケートから

本演習7回の終了後に学生にアンケートとして、多肢選択の質問と回答した理由について尋ねた。結果を表2に示す。アンケートから、履修者たちは、興味をもって micro:bit を使ったプログラミングを行い、比較的容易に micro:bit のブロックプログラミングを行うことができたことがわかる(Q1,Q2)。楽しく感じた理由として次のようなものがあった。

- 各ブロックの使い方が感覚で分かりやすく、プログラムを作りやすかった。
- 今まで画面上で実行されるプログラムしか組んだことがなかったので実機を使って出来たのは楽しかった。
- 音を出すことや、いろいろなアニメーションが出来るのは初心者以外でも楽しめそうだった。
- 直感的な操作でプログラミングが行えるため、童心に戻って楽しくプログラム出来ることが出来た。

Q4の回答から、セミナー案を考えることは、難しく感じた学生が多くいたことが分かった。Q3で、楽しかったと回答した学生のQ4のコメントは次のようであった。

- micro:bitに限ったことではないと思うが、適切な出題レベルを見極めるのが非常に難しかった。
- 初心者にとって適切な説明や課題内容をなかなか思いつくことができず、苦勞した。
- 普段触れない知識や考え方を総動員して課題作成に当たったため、楽しくはあったが簡単なものではなかったように感じた

自分で操作する分には簡単であった micro:bit ではあるが、小中学生にとって適切な出題レベル、説明を考えることが難しかったと感じていたことが分かった。一方で、「どのような課題が小中学生にとって理解しやすく、モチベーションを保つことのできる課題になるのかを試行錯誤することが楽しかった」「小中学生の目線に立ち、適切な課題を作成出来たし、考えることは自分が難解なプログラムを書くことよりも楽しかった」との回答もあった。これらのことより、学生は、小中学生にとって適切な課題を考えることを難しく感じながらも、楽しみながら意欲的に取り組むことができたのではないかと考えられる。

次に、本演習に取り組み習得できたと思うことについて質問した。学生からは、次のような回答を得た。

- 初心者に教える際に、自分が最初に学習するときはどうだったかを思い出しながら行っていたが、特に義務教育期間に教える場合というのは、自ら学びたいと思ってこの大学に来ている私たちの場合とは少し違うのかもしれない、もっと難しいことなのだろうと思った。いずれにせよ、興味を持ってもらうことが一番重要ということが分かった。
- 今までのプログラミングの学習が基礎を自分のプログラミング学習を見直すきっかけになり、今後のためにも大変役立つと感じた
- いままでプログラミングを教えることはあっても、その対象は同じ情報科学生だったため、とても容易だった。ところが、今回は全くの初心者で、その上英語も分かるかどうか微妙な対象だった。ゆえに、新しいことを教える難しさを知ることができた。例えば、自分では分かっているつもりで使っている固有名詞でも、それを言い換えて分かりやすくすることが困難だったため、自分の理解が浅かったことがよく分かった。ただ、micro:bitは自分で楽しんで遊ぶことができたため、その楽しさをどう教えるかを考えることはとても楽しかった。この実験により、自分の知っていることを他人に教える面白さを学べた。
- 今回の実験を通じて、初心者にもものを教える難しさ、初心者の立場になってものごとを考える必要性を学んだ。
- 自分のしていることを他人に教える面白さを学べた
- プログラミングはずっと教わる側として触れてきた

ので、教える側の立場に立って考えるのは新鮮であった。プログラミングをするにあたって何が最も重要なのか、ということを考える必要があり、プログラミングについて本質的に考えることができたと思う。

- 当たり前に使っていた「変数」や「命題」を小中学生に教えるために意味を噛み砕いて考えたのは今までにやっていなかったことだった。今後何かの製品を作るときにもユーザーによって説明文の言い回しや図の多さなどを変えることが重要だということが分かった。
- この実験を通して教える人たちは大変だろうなという気持ちとともに、若干の危機感を感じた。また、人に教えるという機会はあまりないので人に教えるときにどういうことを考えなければいけないのかという体験ができた。

これらのことより、本演習は、「学生にとっては、今までの自分のプログラミングの知識や学習方法について振り返る」「自分の知っていることでも、そのことを知らない人に教えるためには、その人の立場に立って、話を伝える相手にわかりやすい言葉や図などの表現を行わなければ伝わらないことを理解する」きっかけとなった。また、情報系学科とは異なり、プログラミングに興味を持っていない児童生徒もいる中で、小学校の先生方が、プログラミング教育を行うことの困難さを感じた学生もいた。

6.まとめと今後の課題

本研究では、情報系の学生に、小中学生を対象にした、プログラミング教材を作成する演習を実施した。プログラ

ミングを熟知している情報系の学生が作る教材は、プログラムの3つの制御構造を踏まえた教材となっていた。これは、研究機関から発信する、セミナーを実施できる教材になりうると考える。本研究の試みは、小学校段階からのプログラミング教育に関して、情報系学科からの一つのアプローチにつながると考える。

また、説明などを行うときには、説明を受ける側の立場になって、分かりやすい言葉や図解などを考えねばならず、学生にとって、本演習は、多くの人たちに物事を説明することの難しさを体験にもつながっていた。これは、本演習のみで役立つことではなく、今後の多くの場面で、この体験が役立つと考えている。

さらに、本演習を履修した学生の多くは一般企業に就職し活躍すると考えられる。彼ら彼女らが、企業の中で、小学校段階からのプログラミング教育の重要性と教育をするための教材や人材が必要とされていることを広めて、教育機関と民間の橋渡し役になって欲しいと考える。

本研究では、セミナー案を作るところまでであったが、今後、作成したセミナー案を小学校および中学校で実施し、セミナー案を作成した大学生、セミナーを受講した小中学生、保護者や、学校の教員などにもアンケート調査を行い、効果について検証を行う予定である。

また、本研究では、情報系の学生のみでセミナー案の作成を行ったが、ほかの学科の学生と共同でセミナー案の作成の実施や、セミナー案の発表会やセミナーの実施を共同で開催し、それぞれの意見を交換することにより、プログラミング教育についてはもちろんのこと、視野を広げることにつながるのではないかと考える。

表 2 演習終了後のアンケート結果(単位：人)

		そう 思う	ややそう 思う	ややそう 思わない	そう思わ ない
Q1	micro:bit を使ってプログラミングをするのは楽しかった	14	6	0	0
Q2	micro:bit を使ったプログラミングは、いままで習ったプログラミング言語と比べて簡単に習得できた	14	6	0	0
Q3	micro:bit を使ったプログラミング課題を考えることは楽しかった	10	9	1	0
Q4	micro:bit を使ったプログラミング課題を考えることは簡単であった	0	6	11	3
Q5	小学生や中学生が、「プログラミングは楽しい、面白い」と思えるプログラミング課題を作ることができた	4	12	4	0

参考文献

- [1] 文部科学省. “新学習指導要領(平成 29 年 3 月公示)”.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm. (参照 2017-06-15).
- [2] e-Gov. “学校教育法施行規則の一部を改正する省令案並びに幼稚園教育要領案、小学校学習指導要領案及び中学校学習指導要領案に対する意見公募手続き(パブリックコメント)の結果について”.
https://search.e-gov.go.jp/servlet/Public?CLASSNAME=PCMMS_TDETAIL&id=185000878&Mode=2. (参照 2017-06-15).
- [3] 情報処理学会. “「学校教育法施行規則の一部を改正する省令案並びに幼稚園教育要領案、小学校学習指導要領案及び中学校学習指導要領案」に関する意見”.
<http://www.ipsj.or.jp/release/teigen20170315.html>. (参照 2017-06-15).
- [4] 文部科学省. “小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)”.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (参照 2016-06-15).
- [5] 文部科学省. “中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編”.
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912_011_1.pdf. (参照 2017-06-15).
- [6] 大崎理乃, 村上健介. “Arduino を利用した教養科目向けものづくり型 PBL プログラムの開発”. 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), 2015, 2015-CE-131(18), p.1-8 .
- [7] 吉田葵, 来住伸子, 阿部 和広. 大学における授業科目「小中高におけるコンピュータ教育」実践報告. 情報処学会, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2015, 2015-CE-129(26), p.1-8.
- [8] 久野 靖, 和田 勉, 中山 泰一. “初等中等段階を通じた情報教育の必要性とカリキュラム体系の提案”. 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」, 2015, Vol. 1, No. 3, pp.48-61 .
- [9] “micorbit”. <http://microbit.org/>. (参照 2017-06-15).

付録 A

「学生が作成したセミナーにて実施する課題の抜粋」

- (a) 始めの一步「Hello の表示」
- (b) LED 画面に絵を表示する
絵 1 つを表示する
- (c) パラパラ漫画
2 つ以上の絵を作り, 一定間隔で複数回繰り返し表示する
- (d) 決められた数まで表示しながらカウントアップ
- (e) 電卓
加算や乗算を行う
- (f) 音を鳴らす(音楽を奏でる)
鰐口クリップでスピーカーとつないで, 音を鳴らす
- (g) 温度計
micro:bit の温度センサーを利用して, 温度を測定し, その温度によって High または Low を表示する.
- (h) 傾きを感知する
加速度センサーを使って傾きを感知し, 値によって LED ディスプレイに表示する内容を变化させる
- (i) 棒の移動

右から左に動く

A ボタンが押されたら右に, B ボタンが押されたら左に動くスプライトを作る

- (j) 表示する文字の明るさを変化させる
micro:bit は, LED ディスプレイの表示の明るさを調整できる. この機能を使って, A ボタンが押されたら明るさを+20, B ボタンが押されたら明るさを-20 させる.
- (k) 入力した値に応じて, LED ディスプレイの点灯座標が変わる
A ボタン/B ボタンを押すと押した分だけ変数 i_j がカウントされる
LED ディスプレイの (i,j) 座標が点灯する
- (l) おみくじ
ランダム関数を使って数値を発生させて, その数値がある値より大きいかな否かで, 表示内容を变化させる
- (m) カウンター
(1) 決められた数まで数値を表示する
(2) A ボタンを押すと回数をカウントする. B ボタンを押すとカウントした回数を表示する
(3) 本体を振った回数をカウントして, カウント回数を表示する
- (n) 宝探しゲーム
あらかじめ, $5*5$ マスのどこかに宝を埋めておく
A ボタンと B ボタンでキャラクター(LED)を移動させる.
A+B ボタンでそのマスに宝が埋まっているかを確認する.
埋まっていればゲームクリア, 埋まっていなければ宝まで何マスかを表示する.
最後に何回でクリアできたかを表示する.
- (o) スプライトを移動させるゲーム
自動的に動くスプライト)と, プレイヤーが操作できるスプライトを作るところまでの演習を行い, ここから拡張を行いオリジナルのゲームを作る
- (p) 2 人対戦ゲーム PPAB(Push Push A B)
プレイヤー(2 人) が A ボタン側と B ボタン側に分かれ, 指定した時間以内に自分側のボタンを沢山押したプレイヤーの勝ちという単純なゲームである. プログラムは単純な処理の組み合わせで動いていることを体感してもらいたい.
ここから, より楽しくするために, 音の追加や, アニメーションを追加するなど拡張させる