

ビジュアルプログラミングツールを用いた AI 学習教材「Scaib(スクライブ)」の開発

竹迫颯人^{*1}, 井上明^{*2}

^{*1} 大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科・^{*2} 大阪工業大学

Development of AI learning tool "Scaib" using visual programming tool

Hayato Takesako^{*1}, Akira Inoue^{*2}

^{*1} Osaka Institute of Technology Graduate School of Robotics and Design

^{*2} Osaka Institute of Technology

In this research, we have developed a teaching material "Scaib" for AI beginners. Scaib consists of an input material to learn basic knowledge about AI, and an output material to develop AI easily with visual programming tools. We conducted university students' evaluation experiments on Scaib and verified the characteristics as learning materials for AI. The results of the evaluation experiment showed that Scaib contributed to the acquisition and interest of AI basic knowledge and is suitable as a teaching material for AI beginners to learn AI.

キーワード: 人工知能, STEM 教育, プログラミング的思考, ビジュアルプログラミング, 教材開発

1. はじめに

1.1 研究背景

近年, AI 技術の発展によって AI に関する基礎的知識や技術を持った AI 人材の需要が高まっている. しかしながら, 2020 年にはビックデータ, IoT, AI について知識を持った先端 IT 人材は約 5 万人不足すると考えられている(1). この人材不足を解決するため, 2019 年 6 月に政府から文理系問わず AI 人材を年間 50 万人育成する AI 戦略が公表された(2).

これらの社会的背景から, AI 人材不足を解決するために効果的な人材育成を行うことが必要になると考えられる.

AI を容易に開発するための支援ツールは多く存在している. 例えば, SONY は「Neural Network Console」という AI 開発用ビジュアルプログラミングツールを提供している(3). このツールでは視覚的にニューラル

ネットワークを設計し, 簡単にディープラーニングを実装することが可能である.

しかし, 本ツールはディープラーニングやニューラルネットワークなどの AI に関する専門用語が多く使われおり, ユーザーがある程度の専門知識を持っている前提でこのツールを使用する必要がある.

このように, 既存の AI 開発支援ツールは手軽に AI 開発を行えるが, 学習教材の視点として「初めて AI を学ぶ」という点に関しては十分とは言えない.

そこで本研究では AI の仕組みや基礎的な知識を学び, ビジュアルプログラミングツールを用いて簡単に AI 開発することを可能にした AI 初学者向け学習教材「Scaib(スクライブ)」を開発した.

1.2 既存研究

株式会社グルーヴノーツが運営している TECHPARK は Scratch3.0 上に画像判別や音声認識を実行できる

AI ブロックを開発した(4). 本システムは誰でも手軽に AI を体験することを目的に開発され, 命令ブロックをスクリプトエリアに並べて実行することで簡単に画像認識や音声認識を体験することが可能である.

しかし, このツールは SONY のビジュアルプログラミングツールと同様に手軽に AI 作成を「体験する」ことに重点を置いているため, AI の「開発方法や仕組みを学ぶ」には難しいと考えられる.

2. ビジュアルプログラミングツールでの AI 学習教材「Scaib」

本研究では AI 初学者向け学習教材 Scaib を提案する. Scaib は AI の基礎的な知識を学ぶ Input 教材と, AI を実際に開発することによって学んだ知識を定着させる Output 教材の 2 つで構成されている(図 1).

Input 教材はディープラーニングやニューラルネットワークのような専門用語の解説や AI 開発のワークフローなどの AI に関する基礎的な知識が学べる(5)(図 1 左).

Output 教材は Scratch2.0 上で AI 開発が出来る AI ブロックである(図 1 右). AI ブロックは Scratch2.0 の拡張機能で作成され, ブロックを組み合わせ実行するとブロックと紐づけられた AI の処理が記述された Python プログラムを実行させることが可能である. 図 2 は Scaib を使った学習モデルである.

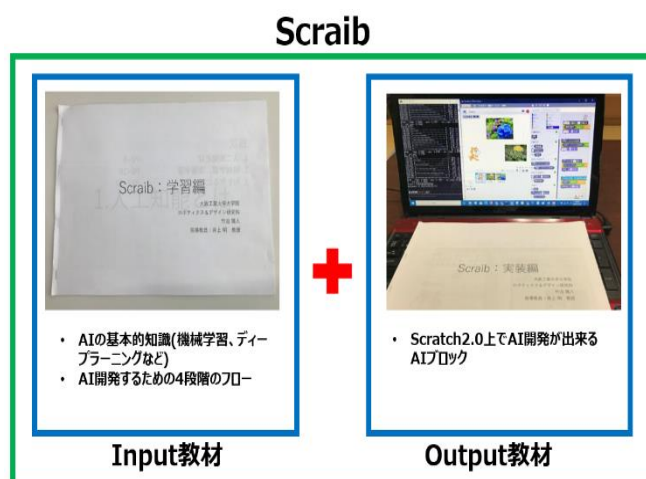


図 1 Input 教材と Output 教材

Scaib は大きく 2 つの利用状況を想定している.

1 つ目は教育現場における小中学生から大学生までのプログラミング教材としての使用である. Scaib は

Wi-fi などのネット環境と PC 1 台があれば使用できる. したがって多人数の学生に対して AI 授業を行える. さらにこの教材は教師に AI の専門知識が無くても扱えるので, 授業に導入がしやすい.

2 つ目は企業内での AI 人材の育成である. IT 人材白書 2019 では, AI 人材の獲得・確保方法について IT 企業やユーザー企業を対象とした調査を行った. その結果, 社内に AI 人材がいると回答したグループにおいて「社内の人材を育成して確保する」と回答した割合が IT 企業ではおよそ 9 割, ユーザー企業ではおよそ 6 割であった(6).

つまり, 新たに AI 人材を獲得するのではなく, 社内で AI 教育を行って AI 人材を増やすと考える企業が多いと考えられる. このように企業においても AI について学べる教材が今後必要とされることが考えられる.

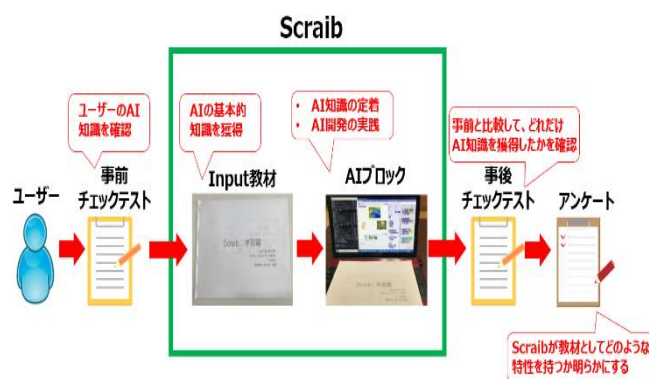


図 2 Scaib を使った学習モデル

2.1 Scaib の全体システム構成

図 3 に Scaib のシステム構成図を示す. Python モジュールの Blockext によってローカルサーバを起動し, サーバから画像判別 AI プログラムのデータが入った HTTP 拡張用の S2E ファイルをダウンロードする. Scratch 上の AI ブロックは作成した S2E ファイルを読み込むことで新たに追加する. AI ブロックはローカルサーバを通じて画像判別 AI プログラムと連動しており, Scratch から Tensorflow などを用いた機械学習やニューラルネットワークのプログラムを扱える.

Tensorflow は機械学習やニューラルネットワーク用のオープンソースライブラリであり, 多次元のデータ構造を用いて複雑なデータの計算処理を行う. Keras は機械学習やニューラルネットワーク向けのライブラ

りであり, Tensorflow の計算処理を高速に行うことが出来る. これらのライブラリを用いて画像判別 AI の開発を進め, ローカルサーバを通じて AI 開発フローの段階ごとの実行結果を Scratch に反映させることが出来る.

AI 開発を行うには AI モデルの元となる学習データを多く集める必要がある. 今回は画像判別 AI の開発を行うため, Web 上から画像収集できる Python モジュールの icrawler が使える AI ブロックを作成し, より簡単に学習用の画像データを多く収集できるように Web スクレイピング機能を実装した.

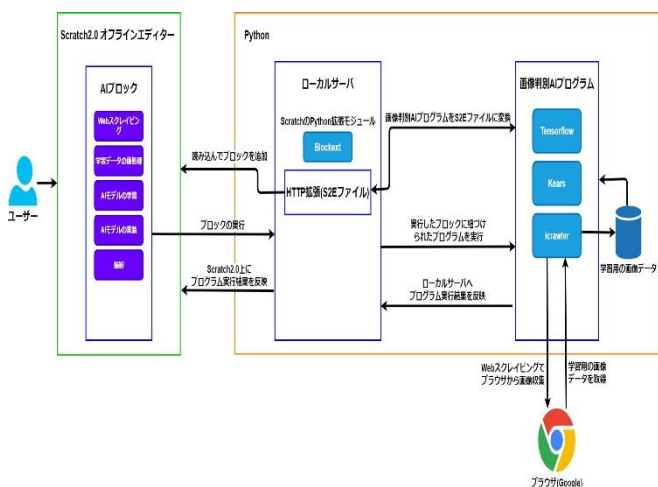


図 3 システム構成図

2.2 Scratch

Scratch はマサチューセッツ工科大学メディアラボが開発したビジュアルプログラミング言語であり, ブロックを繋げることでプログラミングが行えることが出来るプログラミング初心者向けの学習環境である.

Scratch は親しみやすい見た目であることや直感的にブロックを組み立てることが出来るため, 教育現場に導入しやすく, プログラミング授業の教材として数多く用いられている. 本研究では Scratch2.0 のオフラインエディターを使用している (7). Scratch2.0 では JSON 形式のファイルから新たなブロックを追加することが可能である. Scratch は世界で最も使われているビジュアルプログラミング言語である. そのため, AI 学習に Scratch を利用することにより AI を学べる環境を誰でも容易に利用できると考えた.

2.3 AI ブロック

Scratch2.0 上に拡張ブロックを作成できる Python モジュールの Blockext を用いて, ディープラーニングや Tensorflow を扱うことが出来る AI ブロックを開発した. AI 開発フローは, 1) 学習データの収集, 2) データの前処理, 3) AI モデルの学習, 4) AI モデルの実装, の 4 段階である. 4 段階の AI 開発フローに沿って 4 グループの AI ブロックに加え, 写真撮影用ブロックの合計 5 ブロックを用意した (図 4). この 4 段階が AI を理解し開発する上で最も適切であると考えた.

今回の実験では AI の画像判別について学んでもらうため, 4 グループの AI ブロックを使用して被験者が画像判別 AI の基本的な仕組みを学べるようにした (8) (9). 図 5 が示すように AI ブロックを画面右側のスクリプトエリアに並べて AI 開発を行う.

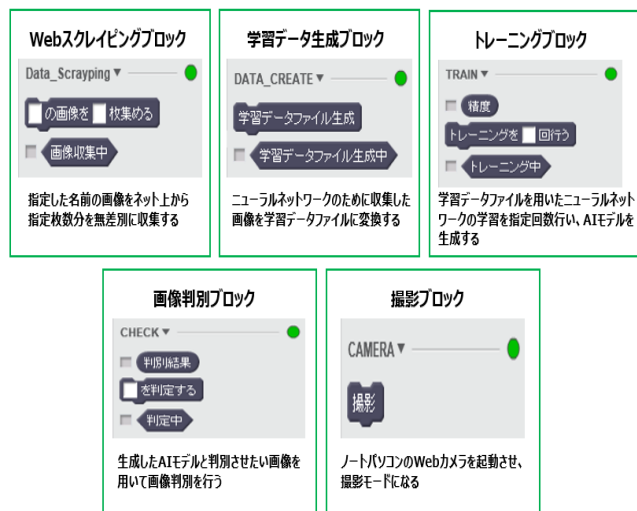


図 4 機能別の AI ブロック

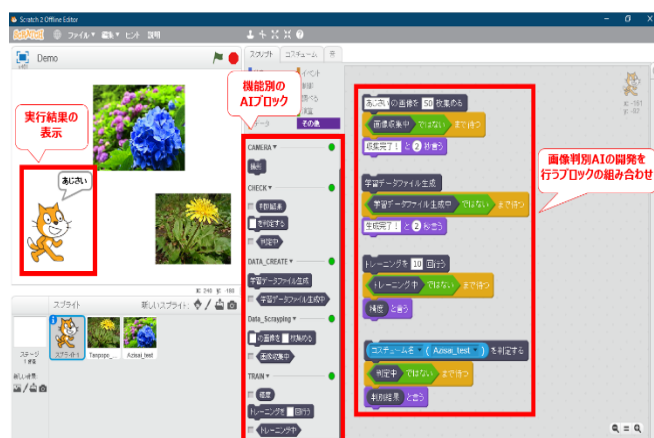


図 5 AI ブロック用いた AI 開発の画面

3. Scraib 評価実験

AI 初学者が Scraib を使用し、AI の基礎的知識を学習できる教材としての学習効果、および、AI 学習教材としてどのような特性があるのかについて評価実験を行った。被験者は大学生を対象とした。AI に関する理解度については Scraib を使用する前後で AI に関する理解度チェックテストを行い、それぞれの平均点の差から分析する。教材の使用感については ARCS 動機づけモデルを用いた評価と、被験者からの自由記述文章の 2 つから分析する。これらの分析結果から教材としての特性を検証する。

被験者の AI 理解度を確認するためのチェックテストは 11 問の選択問題である。独自で作成した問題とジェネラリスト検定¹に出題されている問題を一部改編した問題で構成した (10)。

ARCS 動機づけモデルはジョン・M・ケラーによって提唱されており、学習意欲を引き出す援助をするモデルである。「魅力ある授業、教材」の設計・開発、評価に有効な基準と言われている (11)。ARCS は「注意 (Attention)」、「関連性 (Relevance)」、「自信 (Confidence)」、「満足感 (Satisfaction)」の 4 つの領域の頭文字をとって、ARCS と名付けられたものである。これら 4 つのカテゴリにそれぞれ下位カテゴリが存在する。本実験の評価には鈴木克明、向後千春らが開発した「ARCS 評価シート」を用いた (12) (13)。この評価シートについては鈴木らの研究 (14) でその有用性が示されている。表 1 に ARCS 評価シートの質問項目と分類名を示す。

3.1 実験概要

大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部に在席している 20 代大学生 20 名を被験者とし、Scraib の評価実験を行った。評価期間は 2019 年 10 月 17 日～11 月 8 日である。教育現場へ本教材を導入することを考慮して、大学の授業 1 コマ 90 分以内に収まるように一人当たりの実験時間は約 60 分にした。

表 1 ARCS 評価シートの項目と分類名

	項目	ARCS分類	ARCS分類名
1	この教材はつまらなかった/おもしろかった	A	注意
2	学習中に眠くなった/眠くならなかった	A1	知覚的喚起
3	AIに好奇心をそそられなかった/好奇心をそそられた	A2	探求心の喚起
4	この学習過程はマンネリだった/変化に富んでいた	A3	変化性
5	学習中にやりがいを感じなかった/やりがいを感じた	R	関連性
6	学習内容は自分には無関係だった/自分に関係があった	R1	親しみやすさ
7	学習内容はどうでもいい内容だった/身につけたい内容だった	R2	動機との一致
8	途中の過程が楽しくなかった/途中の過程が楽しかった	R3	目的志向性
9	AIに関する知識を得たと自信がつかなかった/自信がついた	C	自信
10	学習の目標があいまいだった/目標がはっきりしていた	C1	学習欲求
11	学習を着実に進められなかった/学習を着実に進められた	C2	成功の機会
12	自分なりの工夫が出来なかった/自分なりの工夫が出来た	C3	コントロールの個人化
13	学習内容に不満が残った/やてよかった	S	満足感
14	この教材はすぐには使えそうもない/すぐに使えそうだった	S1	自然の結果
15	出来ていても認めてもらえないように感じた/出来たら認めてもらえたと感じた	S2	肯定的な結果
16	実行結果に納得いかなかった/実行結果に納得がいった	S3	公平さ

実験は大阪工業大学梅田キャンパス 16 階で行い、実験後にアンケート用紙に記述してもらった。実験中は本人の同意の上、実験中の様子をカメラにて動画撮影を行った。以下は実験時に使用した機材を示す。

・ノートパソコン

OS: Windows

プロセッサ: Intel(R) Core(TM) i7

実装 RAM: 8.00 GB

・マウス

・Input 教材

・Output 教材

・AI 理解度チェックテスト(事前・事後) 2 枚

・アンケート用紙

使用した AI 理解度チェックテストの一部とアンケート用紙を図 6, 7 に示す。

3.2 実験内容

実験は以下の手順で行った。

(1) 実験概要と目的の説明

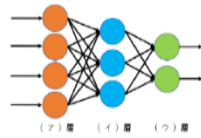
(2) 事前 AI 理解度チェックテスト

実験前時点での被験者の AI に関する知識を確認するために事前チェックテストを 5 分間行う。終了後、テストは採点せずに回収する。

¹ ジェネラリスト検定は一般社団法人日本ディープラーニング協会が実施

しており、ディープラーニングに関する基礎知識を有し、その知識を事業活動に応用する人材を育成する目的で行われている資格試験

5. 以下のニューラルネットワークの模式図で()に当てはまるものとして適切な選択肢をそれぞれ選びましょう。(G)
「ニューラルネットワークにおいて、入力が行われる層を(ア)層、入力されたデータを処理する層を(イ)層、出力を吐き出す層は(ウ)層と呼ばれる」



a.入力 b.出力 c.可視 d.予測 e.活性化 f.途中 g.演算 h.中間 i.合成
A.(ア, イ, ウ,)

6. 以下の図は機械学習 AI 開発のワークフロー図である。ワークフローの順番として適切なものを次うちから4つ選択し、正しい順番に並び替えよ。



A.(→ → →)

7. ニューラルネットワークで良い学習結果を出すにはどれを調節するべきでしょう。
a.正解データ量 b.学習データ量 c.重み d.ニューロン数
A.()
8. 以下の()に当てはまるものとして適切なのは次のうちどれでしょう。
「(ア)では「色や形で判断」という着目点を指示する必要があるが、(イ)では指示しなくても自動で着目点を学習し、性能を上げられる」
a.ニューロン b.深層学習 c.中間層 d.機械学習
A.(ア, イ,)

図 6 AI 理解度チェックテストの一部の問題

本実験評価シート(2019 年 10 月)

性別: 年齢: 学科: 学年:

【アンケート】

この AI 学習ツールに関して、最も当てはまる番号を選択してください。

	1	2	3	4	5	
この教材はつまらなかった	☐	☐	☐	☐	☐	おもしろかった
学習中に眠くなった	☐	☐	☐	☐	☐	眠くならなかった
AI に好奇心をそそられなかった	☐	☐	☐	☐	☐	好奇心をそそられた
この学習過程はマンネリだった	☐	☐	☐	☐	☐	変化に富んでいた
学習中にやりがいを感じなかった	☐	☐	☐	☐	☐	やりがいを感じた
学習内容は自分には無関係だった	☐	☐	☐	☐	☐	自分に関係があった
学習内容はどうでもいい内容だった	☐	☐	☐	☐	☐	身につけたい内容だった
途中の過程が楽しくなかった	☐	☐	☐	☐	☐	途中の過程が楽しかった
AI に関する知識を得たと自信がつかなかった	☐	☐	☐	☐	☐	自信がついた
学習の目標があいまいだった	☐	☐	☐	☐	☐	目標がはっきりしていた
学習を着実に進められなかった	☐	☐	☐	☐	☐	学習を着実に進められた
自分なりの工夫ができなかった	☐	☐	☐	☐	☐	自分なりの工夫ができた
学習内容に不満が残った	☐	☐	☐	☐	☐	やっつけよかった
この教材はすぐに飽きそうもない	☐	☐	☐	☐	☐	すぐに飽きそうだった
出来ても認めてもらえてないと感じた	☐	☐	☐	☐	☐	出来たら認めてもらえたと感じた
実行結果に納得いかなかった	☐	☐	☐	☐	☐	実行結果に納得いった

・その他感想

図 7 ARCS 評価シートを用いたアンケート用紙

(3) Input 教材で AI の基礎的知識を獲得

AI の基礎的知識を学んでもらうために Input 教材を 8 分間読んでもらう。Input 教材には機械学習と深層学習の違いや機械学習アルゴリズムの説明などが記載されており、後半ページには画像判別を例に用いた AI 開発のフローを解説している。

(4) AI ブロックで AI 開発

AI ブロックでの AI 開発方法が記載されている手順書と AI ブロックを用いて画像判別 AI を開発してもらう。画像認識 AI 開発は約 30 分間行う(図 8)。

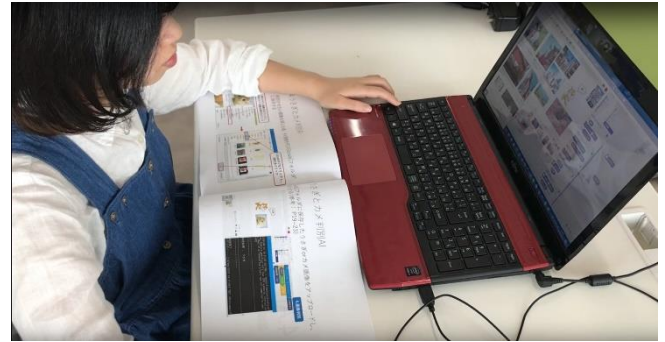


図 8 実験の様子

(5) 事後 AI 理解度チェックテスト

AI 開発を終えた後、Scraib を使用したことで AI についてどの程度の知識を得られたかを確認するために事後チェックテストを 4 分間行った。事後チェックテストは事前チェックテストと同じ問題で構成されている。

(6) アンケート

最後に、ARCS 評価シートを用いたアンケートと自由記述を行う。

以下の図 9 に実験の流れを示す。

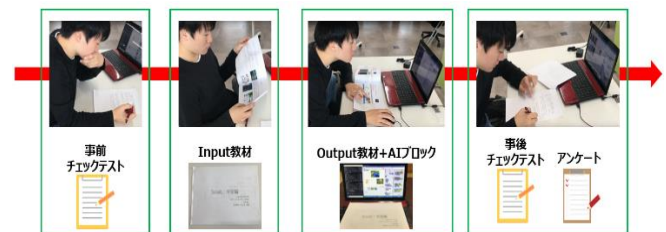


図 9 実験の流れ

3.3 結果

3.3.1 事前・事後での AI 理解度チェックテストの結果

表 2 に実験前後で行った AI に関する理解度に関するチェックテストの結果を示す。

表 2 事前・事後 AI 理解度チェックテストの平均点

	事前平均点(標準偏差)	事後平均点(標準偏差)	p
AI理解度チェックテスト	5.3(1.87)	8.75(1.97)	0.004595*
			* $p < 0.05$

表 2 の事前・事後での AI 理解度チェックテストの平均点に有意差があるか t 検定を行った. その結果, 事前・事後での AI 理解度チェックテストの平均点に有意差が見られた ($p=0.004595$)

3.3.2 ARCS 評価シートの結果

ARCS 評価シートのアンケートの各質問項目において 4, 5 の回答を肯定的意見, 1, 2 の回答を否定的意見として分類し, 人数を集計した. また, それぞれの質問項目において肯定的意見と否定的意見の比率に有意差があるかについてカイ二乗分布を用いる適合度の検定を行った (15). 以下の表 3 にアンケート結果と適合度検定の結果を示す.

表 3 アンケート結果と適合度検定の結果

項目	評価人数		ρ
	肯定的意見	否定的意見	
1	18	1	*
2	17	1	*
3	18	2	*
4	13	0	*
5	18	0	*
6	12	2	*
7	18	0	*
8	15	1	*
9	11	3	n.s.
10	18	1	*
11	18	0	*
12	9	4	n.s.
13	20	0	*
14	13	2	*
15	12	0	*
16	15	3	*
		n.s.:非有意	*: $p<0.05$

表 3 より, 項目 9, 12 には有意差が見られないが, それらの項目以外の 14 項目には肯定的意見と否定的意見に有意差が見られた.

3.3.3 テキストマイニングの結果

計量テキスト分析ソフトの KH Coder を用いて, 自由記述欄のアンケート結果から共起ネットワーク図を作成した. KH Coder の前処理 (16) を実行した結果, 総抽出語数は 933, 異なり語数は 287 であった. 共起ネッ

トワーク図は KH Coder の設定により最小出現数は 3 回以上の語を抽出し, サブグラフ検出 (modularity) の設定を行った. 語と語の結びつきが強い語は同じ色でグループ分けを行い, グループ間に繋がりがある場合は実線で結ばれ, そうでないときは破線で結ばれるようになっている. 図 10 に共起ネットワーク図を示す

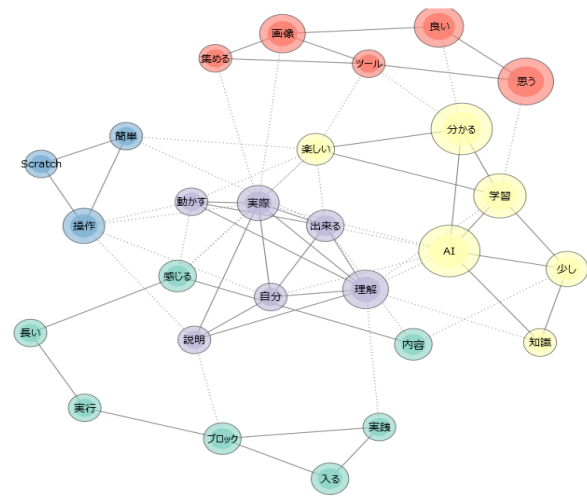


図 10 自由記述から作成した共起ネットワーク図

4. 考察

4.1 事前・事後での AI 理解度チェックテストによる学習効果の評価

事前・事後で行った AI 理解度チェックテストの結果より考察を行う. t 検定により, 事前・事後のチェックテストの平均点の差に有意差が見られた.

この結果について, Scraib を使用する前に事前のチェックテストを行うことによって AI を勉強する上での基礎知識の獲得ができたと考えられる. 事前チェックテストは AI の基本的な知識を確認する内容であるため, Input 教材の予習のような役割を担っていた可能性がある. また, Output 教材を使うことで学習効果を高め, 事後チェックテストの点数の上昇に影響したと考えられる.

4.2 ARCS 評価シートによる教材評価

ARCS 評価シートのアンケート結果より考察を行う. 「AI に関する知識を得たと自信がつかなかった/自信がついた」と「自分なりの工夫が出来なかった/自分なりの工夫が出来た」という 2 つの項目については有意

差が見られないが、それらの項目以外の 14 項目には有意差が見られた。

有意差が見られた 14 項目について、ARCS 分類別に考察を行う。

ARCS 分類の A について、「この教材はおもしろかった」、「学習中に眠くならなかった」、「AI に好奇心をそそられた」、「この学習過程は変化に富んでいた」は注意、知覚的喚起、探求心の喚起、変化性の要素である。この結果は直感的操作によって簡単に画像判別 AI を扱えたことにより、もっと画像判別の精度を上昇させたいや多くの種類の画像を判別できる AI をどうやって開発するかなど AI に対する興味を促した可能性がある。実験では被験者にオリジナルのテーマの画像判別 AI を開発する際に、学習精度や判別精度を上げるために収集した学習データの質を確認する学生やニューラルネットワークの学習回数を調整する学生が見られた。

次に ARCS 分類の R について、「学習中にやりがいを感じた」、「学習内容は自分に関係があった」、「学習内容は身につけたい内容だった」、「途中の過程が楽しかった」は関連性、親しみやすさ、動機的一致、目的志向性の要素である。この結果は Python や C 言語のようなテキストプログラミングではなく、AI ブロックという視覚的に見やすいソースコードが AI 分野に対する難しいイメージを緩和させたと考えられる。

次に ARCS 分類の C について、「学習の目標がはっきりしていた」、「学習を着実に進められた」は学習欲求、成功の機会の要素である。肯定的意見が多い結果より AI 初学者でも AI 開発しているという実感があったと考えられる。

次に ARCS 分類の S について、「やってよかった」、「この教材はすぐに使えそうだった」、「出来たら認めてもらえたと感じた」、「実行結果に納得がいった」は満足感、自然の結果、肯定的な結果、公平さの要素である。AI の開発過程や開発した AI の精度が目に見えて分かりやすかったことにより、改良して AI を良くしていきたい意識が働いたと考えられる。実験では時間が許す限り何度でも画像判別 AI を開発し直すことが可能だったため、被験者が納得のいく結果になるまで挑戦

できたことが満足感に繋がった可能性がある。

最後に有意差が見られなかった 2 項目について考察を行う。「AI に関する知識を得たと自信がつかなかった」、「自分なりの工夫が出来なかった」は自信、コントロールの個人化の要素である。被験者が初めて AI 開発について学んだことにより基本的な知識は得られたが、AI を応用する力を育むのに教材内容は不十分であったことが考えられる。また、実験では被験者が開発した画像判別 AI を被験者自身が使用するため、作成した画像認識 AI の出来を他者が評価するものではなく、自身の主観的な評価しか出来なかったことが本人の自信につながらなかったと考えられる。

これらの項目を改善するには実験中に被験者が開発した AI を第 3 者に評価してもらう過程が必要だと考えられる。評価を受けることにより開発した AI の工夫すべき点が明確になり、被験者なりの工夫が AI 開発に反映しやすくなることが期待できる。また、工夫点を多く追加していくうちに AI 開発について自信がつくことが期待できる。

4.3 テキストマイニングによるアンケート分析

図 10 の自由記述の共起ネットワーク図より考察を行う。自由記述のアンケートは「ブロック」、「AI/分かる」、「実際/理解」、「良い/思う」、「操作」の 5 つのグループに分かれていることが分かる。

まず、「ブロック」のグループには「実行」、「長い」、「感じる」といった語が含まれている。これはプログラムの実行から実行結果を得られるまでの待機時間が長かったことを示している。実験では大量の画像データを Web から収集することや AI モデル学習に時間がかかり、実行結果が出るまで作業が止まってしまう様子が見られた。

二つ目に、「AI/分かる」のグループは「AI」、「分かる」、「学習」が近い共起関係であることが分かる。よって、Scraib が AI についての学習を分かりやすく被験者に伝えることが出来たと考えられる。

三つ目に、「実際/理解」のグループは「動かす」や「出来る」といった語が含まれている。よって実際に自分で動かすことで AI を理解出来たという可能性を示

している.

四つ目に,「良い/思う」のグループには「画像」,「ツール」,「集める」といった語が含まれている.画像を Web から収集するといった Scaib の画像関係のツールに対して被験者が好感を持ったということを示している.

最後に,「操作」のグループは「Scratch」と「簡単」といった語が含まれている.これは AI 学習に Scratch を用いたことによって AI 開発のための操作が簡単になったと考えられる.

以上の結果より,Scaib は AI についての理解を深める効果を持つ教材であると考えられる.

5. まとめ

本研究では直感的な操作で AI の基礎知識や AI 開発方法を学べる AI 学習教材 Scaib を開発し,学習効果と教材の特性評価実験を行った.

事前事後 AI 理解度チェックテストの結果から Scaib を用いて AI を学ぶことによって AI に関する知識が獲得できることが明らかになった.また,ARCS 評価シートの結果と自由記述から作成した共起ネットワークの結果より,Scaib は AI に対する興味付けや基礎的知識の獲得に貢献し,AI 初学者が AI を学ぶ目的に使用する教材として適切であることが示された.

今後の課題として,被験者が開発した AI を第 3 者に使用してもらうといった製作物に対する客観的評価を行う過程を教材に組み込む必要がある.また,複数人や授業での使用を実現するために,誰でもアクセスが可能で Scaib の AI ブロックが使用できるようにクラウドサーバを開発する必要がある.

参 考 文 献

- (1) ”人工知能技術戦略会議の検討状況”,内閣府,
<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/14kai/siryoo6.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (2) 平井卓也:“AI 戦略 2019”,令和元年 6 月,内閣府,
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/aisenryaku2019.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (3) “Neural Network Console”,ソニー株式会社,
<https://dl.sony.com/ja/>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (4) “Scratch で使える拡張 AI ブロック”,TECHPARK,
<https://www.techpark.jp/aiblock>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (5) 南浦敦之,久保田 浩:“人工知能育成ブック”,日経 BP 社,pp57-73 (2019)
- (6) “「IT 人材白書 2019」概要版”,情報処理推進機構,
<https://www.ipa.go.jp/files/000073565.pdf>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (7) “Scratch2.0 オフラインエディター”,MIT,
<https://scratch.mit.edu/download/scratch2>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (8) “keras (tensorflow) で花の画像から名前を特定”,
<https://qiita.com/tsunaki/items/608ff3cd941d82cd656b>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (9) “Scratch できかがくしゅう”,
<https://qiita.com/yoidea/items/f8769efcb58b6a277bdd>
(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (10) 明松真司,田原眞一,杉山 将:“徹底攻略 ディープラーニング G 検定 ジェネラリスト問題集”,株式会社インプレス (2019)
- (11) 向後千春,鈴木克明:“ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートの試作”,日本教育工学会大会講演論文集,第 14 巻,pp. 577-578(1998)
- (12) 向後千春,杉本圭優:“ARCS モデルに基づく CAI 教材の評価項目の試作”,教育システム情報学会全国大会講演論文集,第 21 巻,pp. 225-228(1996)
- (13) 向後千春,鈴木克明:“ARCS 評価シートの構造方程式モデルによる検討”,北陸三県教育工学研究会(1999)
- (14) 鈴木克明,岩手県立大学:“ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートと改善方略ガイドブックの作成”,文部科学省科学研究費補助金研究成果報告書,(2000-2001)
- (15) 適合度の検定 (exact test),<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/gft.html>(アクセス日 2019 年 11 月 20 日)
- (16) 山岡武邦,白濱弘幸,松本伸示:“小学生のための LED を用いた教材「光の足し算器」の開発と評価 - テキストマイニングによるアンケート分析を通じて -”,日本科学教育学会研究会研究報,29 巻,6 号,pp.27-32(2014)