

多様性教育ゲーム開発に向けたユーザの母語と Image-to-Text 言語との関係性の実験的比較

○服部峻 (滋賀県立大学) 高原まどか (龍谷大学)

概要 近年、日本でも「多文化共生社会」を目指し、「多様性教育」の重要性が高まって来ている。「写真とことば」等の実践的な試みもあるが、多様性教育の為に ICT システムの研究開発は見当たらず、そこで我々は、Image-to-Text や Text-to-Image トレーニングを活用した多様性教育ゲーム、及び、その AI の研究開発を進めている。本稿では、ユーザの母語と、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際に使用する言語の種類との関係性について、多様性教育効果の観点から実験的比較を行う。

キーワード: 多様性教育, Image-to-Text, 関係性, ゲーム AI, Text-to-Image

1 はじめに

近年、日本でも「多文化共生社会¹⁾」を目指し、「多様性教育^{2, 3, 4, 5)}」の重要性が高まり、文化間や人との「境界のデザイン^{6, 7)}」も議論されている。「性の多様性教育^{8, 9, 10)}」や「生物多様性教育^{11, 12)}」に関する研究が多いが、「文化(宗教)」「感性(色覚)」など多様性にも様々な観点がある。共通して、自分とは異なる他者の多様性を受け入れ、理解し、さらには、他者との違いを価値あるものとして互いに活かしていく事を目指している。しかしながら、「言語・文化授業」や「図画工作」、「ヒューマンライブラリー」、ジェンダーデザイン・コンテスト「写真とことば¹³⁾」等、様々な実践や諸検討も試行されてはいるが、多様性教育のための ICT システムに関する研究開発は見当たらない。

これらの課題に対して、我々は、画像から言語(テキスト)への表現の変換である Image-To-Text や、言語(テキスト)から画像への表現の変換である Text-to-Image の脳トレ効果¹⁴⁾ および「解答の多様性」に着目し、加えて、ICT システムを活用し、特にゲーミフィケーションも導入して、多様性教育の為に言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム」を提案している¹⁵⁾。例えば、ある与えられた同一の画像に対して、ある人間プレイヤー(学習者)が何らかの言語で表現した際、その画像の説明テキストとしての自動採点結果だけでなく、他の人間プレイヤーの表現やゲーム AI の多様な表現も呈示する事で、その同一の画像を観測する「感覚(感性)」や「表現方法(語彙など)」の多様性を人間プレイヤー(学習者)に教授できる。加えて、「子供の国語力低下」の問題の解決の一助にも繋がるかもしれない¹⁶⁾。

また、Fig. 1 のように、多様性教育の為に言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」の開発に必要な多種多様な人工知能(AI; Artificial Intelligence)を検討している。

● Image-to-Text AI^{17, 18)}:

- ある与えられた画像から、その画像を説明するテキストを自動生成する
- 特に人間プレイヤーが少ない場合、自動採点結果が異なるなどを手掛かりにして、説明テキスト群には多様性が必要である
- 人間プレイヤーと協力したり敵対したり、指導したりも必要である

● Text-to-Image AI^{19, 20, 21, 22)}:

- ある与えられたテキストから、その説明テキストに相応しい画像を生成または検索する
- 特に人間プレイヤーが少ない場合、自動採点結果が異なるなどを手掛かりにして、生成画像群にも多様性が必要である
- 人間プレイヤーと協力したり敵対したり、指導したりも必要である

● Text-and-Text AI:

- ある与えられた画像に対する説明テキスト群の多様性を人間プレイヤーに直感的に可視化する為、テキストの内容に基づくクラスタリング²⁶⁾などによって生成画像群のグラフ(ネットワーク)を出力する

● Image-and-Image AI:

- ある与えられたテキストに対する生成画像群の多様性を人間プレイヤーに直感的に可視化する為、画像の内容に基づくクラスタリング²⁷⁾などによって生成画像群のグラフ(ネットワーク)を出力する

● Text-to-Text AI^{23, 24)}:

- 人間プレイヤーと対話応答(チャット)し、言語と画像の対照学習の事前学習モデルである CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training)^{28, 29, 30)}を活用して、ある与えられた画像に対する説明テキストや、ある与えられたテキストに対する生成画像の自動採点結果を呈示する
- Fig. 2 の黄色でハイライトされた箇所のように、人間プレイヤーの「想像力」「創造力」を刺激したり、「多様性」を引き出したりもする

さらには、多様性教育の為に言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」の開発に向けて、Image-to-Text AI は伴っていないが、人間プレイヤー(学習者)による Image-to-Text トレーニングの多様性教育効果に関して実験的検討も行っている²⁵⁾。

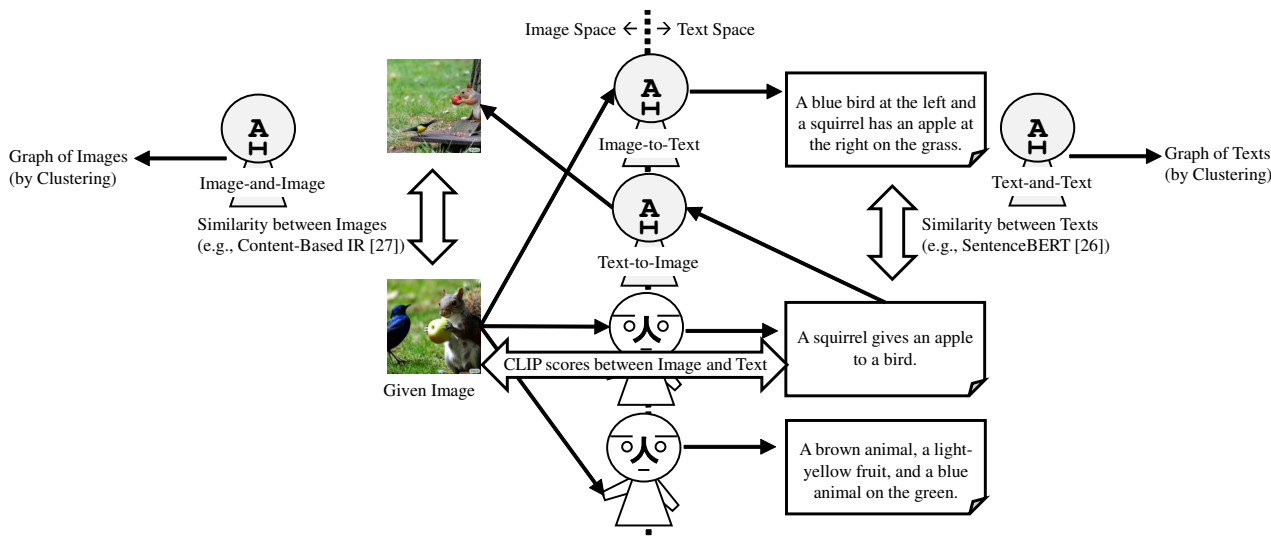


Fig. 1: Image-to/from-Text game AIs with human players for Diversity Education.

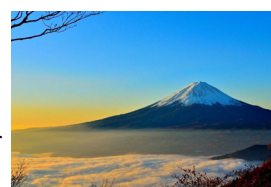
AI: What is in this photo?

You: A mount. (→ score = 6/10)

AI: Please in more detail. * These scores had better be converted from CLIP score between Image and Text.

You: Mt. Fuji in the morning? (→ score = 10/10, perfect)

AI: e.g., Mt. Fuji, trees, sea of clouds in the evening.



AI: What do you want to add to this photo?

You: ...

AI: Something white.

You: Snow? And birds.

AI: How about this modified photo?

You: Thanks.

(Text-to-Image by a textual prompt, "Mt. Fuji and snow and black birds.")

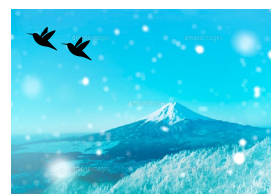


Fig. 2: An example of Human-Computer Interaction (HCI) for Diversity Education.

本稿では、ユーザの母語（例えば、一般的な日本人の母語である日本語）と、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際に使用する言語の種類（例えば、一般的な日本人の母語である日本語や、第一外国語である英語）との関係性について、多様性教育効果の観点から実験的比較を行う。

2 多様性教育効果に対するユーザの母語と Image-to-Text 言語との関係性の実験

これまでの研究では、多様性教育の為の言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」の開発に向けて、Image-to-Text AI は伴っていないが、人間プレイヤー（学習者）による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画像に対する他の人間プレイヤーによる説明テキストや、その自動採点結果の一例として CLIP スコア^{28, 29, 30)}も呈示する事による多様性教育効果に関して実験的検討を行っている²⁵⁾。本章では、Fig. 3 のように、被験者の母語（一般的な日本人の母語である日本語）と、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明

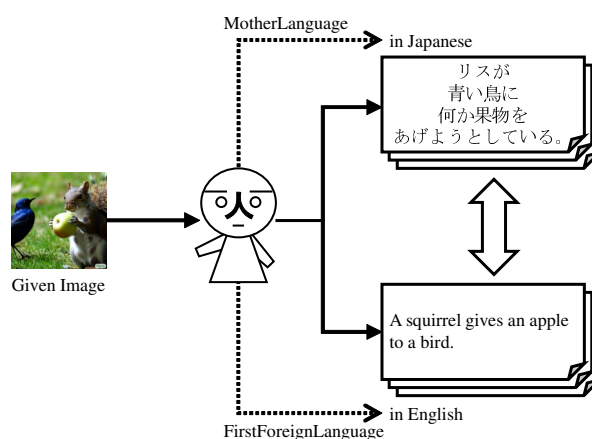


Fig. 3: What difference between effects for Diversity Education by Image-to-Text brain training in Japanese/English?

する際に使用する言語の種類（一般的な日本人の母語である日本語や、第一外国語である英語）との関係性について、多様性教育効果の観点から実験的比較を行う。

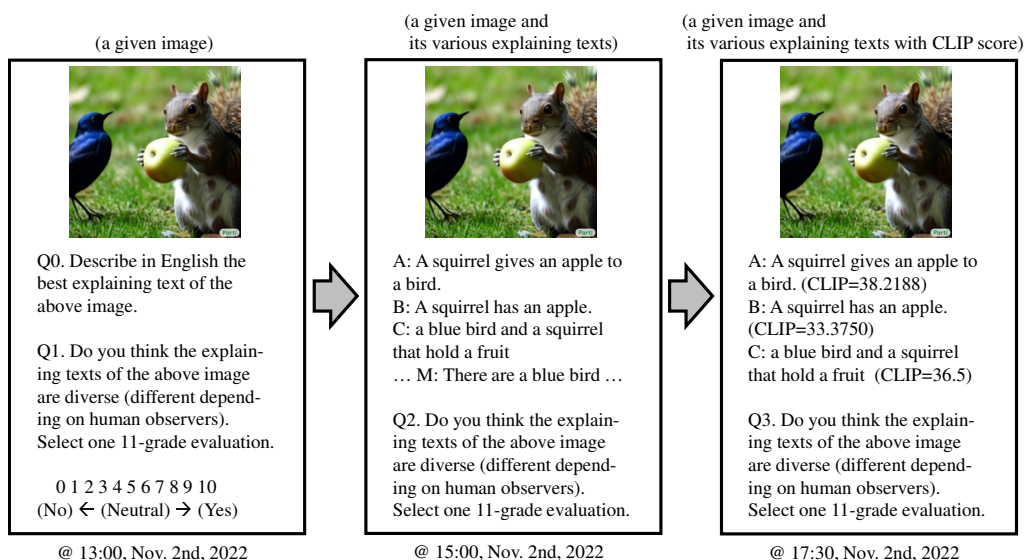


Fig. 4: A questionnaire that consists of 3 steps to investigate the effects of others' explaining texts in English/Japanese of a given image and/or their CLIP scores^{28, 29, 30)} in the context of manually image-to-texting the given image for diversity education.

Fig. 4のように、2022年11月2日、3つのステップから成るアンケート調査を12名の被験者に対して実施した。12名の被験者は全員、滋賀県立大学工学部電子システム工学科の学部3年生、日本人男性20代であり、母語は日本語、第一外国語は英語である。また、Table 2のように、Text-to-Image AIであるGoogle Parti¹⁹⁾にテキスト・プロンプトを入力して生成した画像を6種類、順に与え、各々の画像に対する説明として最も相応しいテキストを英語と日本語とで記述してもらった。

Step 1.

- Q0e: ある画像1枚を被験者に与え、その画像に対する説明として最も相応しいテキストを英語で記述してもらう。
- Q1e: その画像の英語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。
- Q0j: (ある画像1枚を被験者に与え、) その画像に対する説明として最も相応しいテキストを日本語で記述してもらう。
- Q1j: その画像の日本語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。

(約120分間の中断)

Step 2.

- Q2e: ある画像1枚だけでなく、その英語の説明テキスト13件も被験者に与えた上で、その画像の英語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。
- Q2j: ある画像1枚だけでなく、その日本語の説明テキスト13件も被験者に与えた上で、その画像の日本語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。

(約150分間の中断)

Step 3.

- Q3e: ある画像1枚だけでなく、その英語の説明テキスト13件に英語版のCLIPスコア²⁹⁾も添えて被験者に与えた上で、その画像の英語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。
- Q3j: ある画像1枚だけでなく、その日本語の説明テキスト13件に日本語版のCLIPスコア³⁰⁾も添えて被験者に与えた上で、その画像の日本語の説明テキスト群の多様性に関して、11段階で評価してもらう。

2.1 Image-to-Text 言語：英語（第一外国語）

まず、12名の被験者の母語である日本語に対して、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際の言語として第一外国語である英語を採用した場合、言い換えると、母語とは異なる言語を採用した場合の多様性教育効果に関して、実験的検討を行う。

12名の被験者毎、6枚の画像に対する英語（第一外国語）の説明テキスト群の多様性の11段階評価に関して各ステップ後の平均をまとめると、Table 1のようになった。また、6枚の画像毎、12名の被験者による英語（第一外国語）の説明テキスト群の多様性の11段階評価に関して各ステップ後の平均をまとめると、Table 2のようになった。

- Q1e と Q2e との間には有意差が認められ ($p < 0.001$)³¹⁾、人間プレイヤー (学習者) による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画像に対する他の人間プレイヤーによる英語（第一外国語）の説明テキストも呈示する事によって多様性教育にポジティブな効果があった。
- しかしながら、Q2e と Q3e との間には有意差が認められず、人間プレイヤー (学習者) による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画

Table 1: The average of 11-grade evaluations on the diversity of explaining texts in English of 6 given images for 12 subjects after each step, which is their first foreign language.

subject	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	(average)
Q1e	4.33	8.17	2.67	4.67	5.50	4.67	4.17	7.17	6.00	4.67	5.33	5.50	5.24
Q2e	3.17	7.50	6.33	6.83	5.67	6.00	7.17	7.50	6.33	7.33	5.50	8.50	6.49
Q3e	4.00	7.50	6.33	7.00	7.17	6.00	5.83	7.17	7.67	7.00	4.83	7.67	6.51

Table 2: The average of 11-grade evaluations on the diversity of explaining texts in English of 12 subjects for 6 given images after each step, which is their first foreign language.

image	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(average)
Q1e	4.08	3.42	7.17	5.42	5.25	6.08	5.24
Q2e	6.92	5.83	6.75	5.67	6.83	6.92	6.49
Q3e	6.17	5.58	6.92	6.42	7.00	7.00	6.51

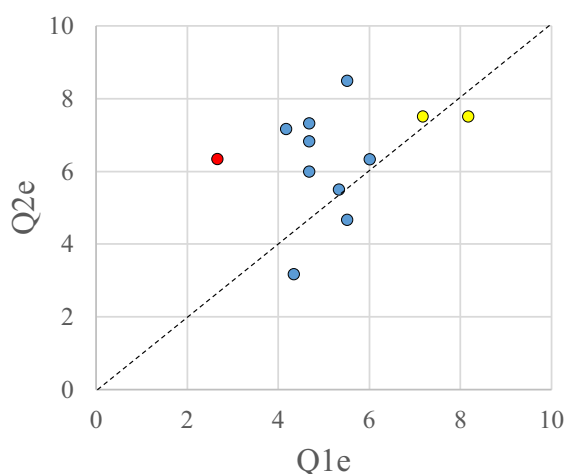


Fig. 5: Scatter plot between Q1e and Q2e in Table 1.

像に対する他の人間プレイヤーによる英語 (第一外国語) の説明テキストだけでなく、その自動採点結果の一例として英語版の CLIP スコア^{28, 29)} も呈示する事によっては多様性教育に効果は無かった。

- また、Table 1 の Q1e と Q2e との散布図である Fig. 5 を見ると、この効果は被験者に依存する。
 - Q1e が高い被験者 C や I には効果が無かった。
 - Q1e が低い被験者 D には効果があった。
 - Q1e が中程度の被験者らへの効果は定かではなく、ネガティブな効果さえあった。
- 同様に、Table 2 の Q1e と Q2e との散布図である Fig. 6 を見ると、この効果は与える画像にも依存する為、画像の選定の個人化が必要である。
 - Q1e が高い画像 (c) では効果が無かった。
 - Q1e が低い画像 (a) や (b) では効果があった。
 - Q1e が中程度の画像 (d) や (e), (f) を与えた場合、効果は定かではなかった。

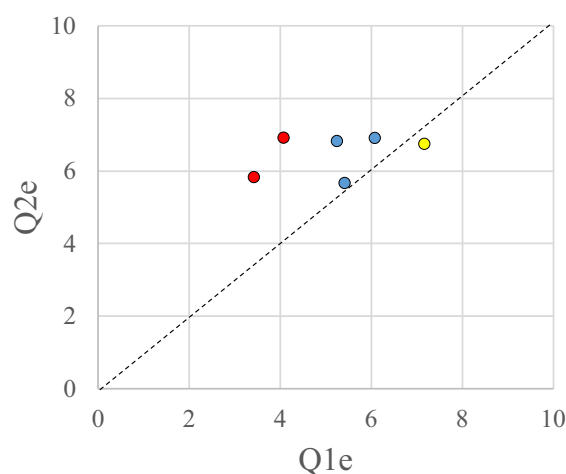


Fig. 6: Scatter plot between Q1e and Q2e in Table 2.

2.2 Image-to-Text 言語：日本語 (母語)

次に、12名の被験者の母語である日本語に対して、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際の言語として母語である日本語を採用した場合、言い換えると、母語と同一の言語を採用した場合の多様性教育効果に関して、実験的検討を行う。

12名の被験者毎、6枚の画像に対する日本語 (母語) の説明テキスト群の多様性の 11 段階評価に関して各ステップ後の平均をまとめると、Table 3 のようになった。また、6枚の画像毎、12名の被験者による日本語 (母語) の説明テキスト群の多様性の 11 段階評価に関して各ステップ後の平均をまとめると、Table 4 のようになった。

- Q1j と Q2j との間には有意差が認められ ($p < 0.001$)³¹⁾、人間プレイヤー (学習者) による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画像に対する他の人間プレイヤーによる日本語 (母語) の説明テキストも呈示する事によって多様性教育にポジティブな効果があった。
- しかしながら、Q2j と Q3j との間には有意差が認められず、人間プレイヤー (学習者) による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画

Table 3: The average of 11-grade evaluations on the diversity of explaining texts in Japanese of 6 given images for 12 subjects after each step, which is their mother language.

subject	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	(average)
Q1j	2.33	7.17	3.33	4.83	5.50	4.67	4.00	4.33	5.17	4.50	5.33	5.17	4.69
Q2j	1.67	7.00	6.33	7.17	5.67	6.33	7.00	8.00	5.33	7.00	5.67	8.83	6.33
Q3j	3.17	6.83	6.33	7.33	7.17	6.33	6.00	7.50	6.33	7.83	5.50	7.17	6.46

Table 4: The average of 11-grade evaluations on the diversity of explaining texts in Japanese of 12 subjects for 6 given images after each step, which is their mother language.

image	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(average)
Q1j	3.58	2.42	6.75	4.92	4.75	5.75	4.69
Q2j	7.17	5.83	6.75	5.25	6.00	7.00	6.33
Q3j	7.17	6.08	6.50	7.00	5.67	6.33	6.46

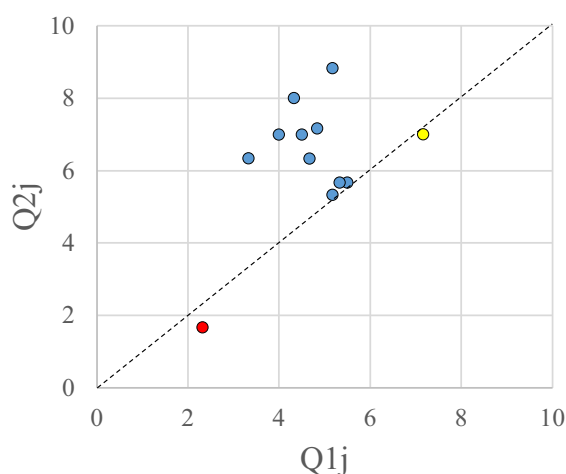


Fig. 7: Scatter plot between Q1j and Q2j in Table 3.

像に対する他の人間プレイヤーによる日本語（母語）の説明テキストだけでなく、その自動採点結果の一例として日本語版の CLIP スコア³⁰⁾も呈示する事によっては多様性教育に効果は無かった。

- また、Table 3 の Q1j と Q2j との散布図である Fig. 7 を見ると、この効果は被験者に依存する。
 - Q1j が高い被験者 C には効果が無かった。
 - 2.1 節の英語（第一外国語）の場合とは異なり、Q1j が低い被験者 B にも効果が無かった。
 - Q1j が中程度の被験者らへの効果は定かではなかったが、ネガティブな効果は無かった。
- 同様に、Table 4 の Q1j と Q2j との散布図である Fig. 8 を見ると、この効果は与える画像にも依存する為、画像の選定の個人化が必要である。
 - Q1j が高い画像 (c) では効果が無かった。
 - Q1j が低い画像 (a) や (b) では効果があった。
 - Q1j が中程度の画像 (d) や (e), (f) を与えた場合、効果は定かではなかった。

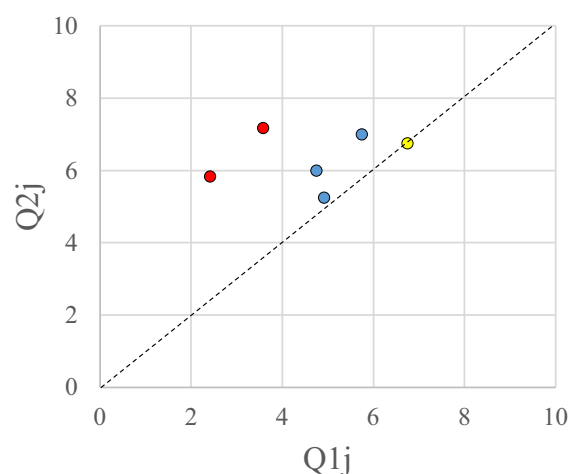


Fig. 8: Scatter plot between Q1j and Q2j in Table 4.

3 まとめと今後の研究課題

本稿では、多様性教育の為の言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」の開発に向けて、ユーザの母語（例えば、一般的な日本人の母語である日本語）と、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際に使用する言語の種類（例えば、一般的な日本人の母語である日本語や、第一外国語である英語）との関係性について、多様性教育効果の観点から実験的比較を行った。その結果、Image-to-Text トレーニングで画像をテキストで説明する際に使用する言語の種類として、一般的な日本人の母語である日本語や、第一外国語である英語との間で大差は認められず¹⁾、どちらを採用しても多様性教育の観点でポジティブな効果が窺えた。しかしながら、本稿のアンケート調査では、人間プレイヤー（学習者）による Image-to-Text トレーニングにおいて、ある与えられた画像に対する他の人間プレイヤーによる説明テキストも呈示する事によって、その画像の説明テキストの多様性の度合いが増したかを評価しているに過

¹⁾Step 1 の後では多様性に関する 11 段階評価である英語の場合の Q1e と日本語の場合の Q1j との間に有意差が認められ ($p < 0.001$)³¹⁾、日本語の場合の方が多様性が当初は低いですが、Step 2 や Step 3 の後では有意差が認められなくなった。

ぎず、学習者自身の多様性の理解や尊重の度合いが増したかを評価できてはいない。

今後の研究課題としては、まず、「多様性適応力評価尺度³²⁾」など、組織ではなく、被験者個々人の多様性の理解や尊重の度合いをアンケート評価に組み込む。また、多様性教育の為の言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」の開発に向けて、ある与えられた画像に対する説明テキストに関して、詳細に正確に、言語で表現できているかという観点だけでは多様性教育としては不十分であり、「解答の多様性」も考慮した新しい評価尺度に基づく自動採点技術が必要である。加えて、解答としての説明テキストや生成画像の新しい自動採点技術だけでなく、解答が適度に多様性を有するような人間プレイヤー(学習者)への問題としてのテキストや画像の新しい自動作問(問題生成)技術も必要である。

さらには、本稿のように大学の学生だけでなく、小学校など、より早い段階の学習の被験者も募り、多様性教育の為の言語と画像メディア間をクロス変換する「教育指向 Text-と-Image ゲーム¹⁵⁾」による多様性教育の効果に関する実証実験を行って、その結果を詳細に、多角的に分析し、画像の選定の個人化や、どのようなゲーム性やヒューマンインタフェースを有するとより有効なのか等も検討して行く計画である。

参考文献

- 1) 宇都宮 裕章, 南浦 涼介, 山西 優二, ヤン ジョンヨン, 佐藤 慎司: “「多文化共生」と多様性-教育に何ができるのか-,” 言語文化教育研究, Vol.14, pp.3-32 (2016).
- 2) 西垣 光代: “多様性教育のすすめ,” 解放教育, Vol.36, No.8, pp.14-20 (2006).
- 3) 権 偕珍, 太田 麻美子: “高等教育機関における教員養成制度と多様性教育の動向-日本, 韓国, アメリカ合衆国, イギリスの研究を中心に-,” Journal of Inclusive Education, Vol.5, pp.61-76 (2018).
- 4) 寺尾 智史, 椋木 香子, 黒田 晴之, 崎山 拓郎, 山下 茜, 高柳 香代, 西崎 明美: “Vavrus 著『多様性と教育』をどう読むか-多様性理解・多様性教育の国際比較に向けて-,” 宮崎大学教育学部紀要, No.94, pp.170-177 (2020).
- 5) 池谷 壽夫: “日本型「多様性」概念と「多様性」教育の問題点,” 了徳寺大学研究紀要, No.17, pp.66-86 (2023).
- 6) 日本質の心理学会: “質の心理学フォーラム Vol.7 -特集 境界のデザイン-,” pp.4-73 (2015).
- 7) 日本質の心理学会: “質の心理学フォーラム Vol.8 (境界のデザイン 意見論文),” pp.86-97 (2016).
- 8) 佐々木 掌子: “中学校における「性の多様性」授業の教育効果,” 教育心理学研究, Vol.66, No.4, pp.313-326 (2018).
- 9) 梅本 恵: “保育者養成における「性の多様性」教育-学生の授業後感想文の分析から-,” 富山短期大学紀要, Vol.55, pp.85-97 (2019).
- 10) 土肥 いつき: “性の多様性教育,” ころの科学, No.223, pp.44-48 (2022).
- 11) 渡邊 司, 齋藤 睦子, 鈴木 裕子: “カードゲームを用いた生物多様性教育の実践的研究,” 環境教育, Vol.28-2, pp.19-28 (2018).
- 12) 渡邊 司, 齋藤 睦子, 鈴木 裕子: “オンラインでの小学生への生物多様性教育-ポストコロナ時代の環境教育を見据えて-,” 環境教育, Vol.32-1, pp.95-100 (2023).
- 13) 中村 美亜: “「写真とことば」ジェンダーデザイン・コンテンツと新たな多様性教育,” 産学官連携ジャーナル, Vol.17, No.12, pp.7-9 (2021).
- 14) 北神 慎司: “画像の記憶における言語的符号化の影響,” 風間書房 (2004).
- 15) 服部 峻, 高原 まどか: “教育指向 Text-と-Image ゲーム AI の検討,” 日本デジタルゲーム学会 (DiGRA) 2022 年夏季研究発表大会 予稿集, #4-2, pp.42-44 (2022).
- 16) 石井 光太: “教員の 8 割が感じている「子供の国語力低下」が引き起こす深刻な問題,” <https://shueisha.online/culture/42455> (2022).
- 17) 服部 峻, 手塚 太郎, 田中 克己: “文書中の地物画像を言語的記述で代替するための地物の外観情報の Web からの抽出,” 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, Vol.48, No.SIG11 (TOD34), pp.69-82 (2007).
- 18) Ultralytics: “YOLOv8 Docs,” <https://docs.ultralytics.com/> (2023).
- 19) Yu, J., Xu, Y., Koh, J. Y., Luong, T., Baid, G., Wang, Z.R., Vasudevan, V., Ku, A., Yang, Y., Ayan, B. K., Hutchinson, B., Han, W., Parekh, Z., Li, X., Zhang, H., Baldrige, J., and Wu, Y.: “Scaling Autoregressive Models for Content-Rich Text-to-Image Generation,” arXiv:2206.10789 (2022).
- 20) stability.ai: “Stable Diffusion XL,” <https://ja.stability.ai/stable-diffusion> (2023).
- 21) Hattori, S.: “Peculiar Image Retrieval by Cross-Language Web-extracted Appearance Descriptions,” International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management (IJCISIM), Vol.4, pp.486-495, MIR Labs (2012).
- 22) Hattori, S.: “Hyponymy-Based Peculiar Image Retrieval,” International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management (IJCISIM), Vol.5, pp.79-88, MIR Labs (2013).
- 23) OpenAI Inc.: “ChatGPT,” <https://chat.openai.com/> (2023).
- 24) 服部 峻, 森 康汰, 高原 まどか, 工藤 康生: “個性除去を用いたツンデレキャラ型化チャット AI の対話応答制御,” 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, Vol.16, No.2 (TOD97), pp.34-49 (2023).
- 25) Hattori, S., and Takahara, M.: “A Study on Human-Computer Interaction with Text-to/from-Image Game AIs for Diversity Education,” Proceedings of the 25th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2023), LNCS Vol.14015, pp.471-486 (2023).
- 26) Reimers, N., and Gurevych, I.: “Sentence-BERT: Sentence Embeddings Using Siamese BERT-Networks,” Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP 2019), pp.3982-3992 (2019).
- 27) Stricker, M. A., and Orengo, M.: “Similarity of Color Images,” Proceedings of SPIE (The International Society for Optical Engineering), Vol.2420, Storage and Retrieval for Image and Video Databases III (1995).
- 28) Radford, A., et al.: “Learning Transferable Visual Models from Natural Language Supervision,” Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning (PMLR'2021), Vol.139, pp.8748-8763 (2021).
- 29) OpenAI Inc.: “CLIP (Contrastive Language-Image Pre-Training),” <https://github.com/openai/CLIP> (2022).
- 30) rinna Co., Ltd.: “japanese-clip-vit-b-16,” <https://huggingface.co/rinna/japanese-clip-vit-b-16> (2022).
- 31) Student (Gosset, W. S.): “The Probable Error of a Mean,” Biometrika, Vol.6, No.1, pp.1-25 (1908).
- 32) 津々木 晶子, 橋 祐太, 白坂 成功, 松崎 英吾, 前野 隆司: “多様性適応力評価尺度の開発と適用の試み-日本ブラインドサッカー協会のワークショップを対象として-,” スポーツ産業学研究, Vol.25, No.2, pp.277-291 (2015).