

データサイエンス時代の 外国語教育研究

石井 雄隆

要 旨

データの活用が社会的に重視されている背景から、データサイエンスが近年注目を集めている。そうした背景を踏まえ、本稿ではデータサイエンス時代の外国語教育研究について検討する。具体的には、教育データサイエンス、教育のデジタルトランスフォーメーションの動向を踏まえ、説明可能なAIと外国語教育についてはじめに言及する。次に、説明能力を備えた言語アセスメントAIの研究事例等を紹介しながら、生成AIなどの大規模言語モデルを用いた言語アセスメントの可能性と課題について検討する。

キーワード

教育データサイエンス 教育のデジタルトランスフォーメーション
教育における人工知能（AIED：Artificial Intelligence in EDucation） 生成AI

1. はじめに

近年の外国語教育研究では、様々なデータ分析手法が用いられるようになり、その結果、外国語教育研究は多様な学際化の時期を迎えた。日本語教育においても、データサイエンスとの接点を探求するような研究が進められている（李、2021）。また情報学の中でも、「コンピュータが人間のように言葉を操れるようになることを目指した研究・技術の総称」（岡崎ほか、2022）を指す自然言語処理の分野では、教育応用や語学学習支援が1つの研究領域として扱われ、AIを活用した教育支援ツールなどの開発が進められており、社会実装されているものも存在する。こうしたデータサイエンスやAIを活用した外国語教育研究を進めるためには、社会的背景やAIの動向などを理解する必要がある。

本稿では、データサイエンス時代の外国語教育研究について理解するために、説明可能なAIと外国語教育について紹介し、それらを踏まえた上で、2つの研究事例を紹介する。また最後に生成AI時代の外国語教育研究の展望についても言及する。

2. 教育データサイエンス・教育のデジタルトランスフォーメーション

2.1 社会的背景

社会の高度情報化により、大量のデータの生成や記憶媒体の大容量化が進んでいる。その結果、整理されていない膨大なデータが世の中のあらゆる所に存在するようになり、その影響は教育にも及んでいる。1つの具体例として、オンライン学習支援システムに蓄積される学習者の様々なデータを教育改善に活用するラーニングアナリティクスなどが近年注目を集めている（緒方・江口、2023）。また生成AIを含む人工知能の発展は目覚ましく、それらをどのように社会応用するかという点や教育データ活用のあり方についての議論が活発になってきている。

教育政策動向としては、教育データ標準が策定された。これは、「データの種類や単位がサービス提供者や使用者ごとに異なるのではなく、相互に交換、蓄積、分析が可能となるように収集するデータの意味を揃える」（文部科学省、2020）ことを目的としたものである。また教育再生実行会議（2021）は、教育データ活用推進の方向性を示す「データ駆動型の教育への転換による学びの変革の推進」を打ち出した。さらに、デジタル庁、総務省、文部科学省、経済産業省は2021年に「教育データ利活用ロードマップ」を策定し、教育のデジタル化のミッションを「誰もが、いつでもどこからでも、誰とでも、自分らしく学べる社会」と掲げ、そのためのデータの①スコープ（範囲）、②品質、③組み合わせ、の充実・拡大という「3つの軸」を設定した。また学校における教育の情報化のハード面においても、教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数は0.9人を達成した。

こうした社会的背景を踏まえ、令和の日本型学校教育（文部科学省、2021）では、個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実の重要性が示されている。個別最適な学びとは、ICTの活用により、学習履歴（スタディ・ログ）や生徒指導上のデータ、健康診断情報等を活用することや、教師の負担を軽減することが重要であることを指している。それに対して、協働的な学びとは、ICTの活用による空間的・時間的制約を超えた他の学校の子供等との学び合いの重要性を指している。いずれもICTの活用が前提となっている点が重要であると考えられる。

2.2 教育データサイエンス

前述の社会的背景から、近年はデータサイエンスが重視されている。データサイエンスは一般に「データを対象とした科学」あるいは「データから新たな価値を創出する科学」と定義される（柴田、2015）。データサイエンスに含まれる要素として、竹村（2018）はデータ処理、データ分析、価値創造の3つを挙げている。データ処理とデータ分析の重要性は広く知られているが、外国語教育研究とデータサイエンスの統合において重要なことは、3つ目の価値創造という点である。価値創造とは例えば、エビデンスに基づく政策形成や教育実践の場面への応用などが挙げられる（中西、2020）。このデータサイエンスによる価値創造を実現するには、外国語教育の専門家だけではなく、他分野の専門家との協働が重要になる。高谷（2022）は教育データサイエンスに必要な3つの要素として、教育の本質を理解した上で、教育上の課題を見出し解決に向かう力である教育実践、情報処

理・人工知能・統計科学系の情報科学を用い教育データを分析する力であるデータサイエンス、データを収集し分析結果を意味ある形で教育現場に示す力であるデータエンジニアリングを挙げている。

2.3 教育のデジタルトランスフォーメーション

教育データサイエンスを考える際に、関係が深いものとして、デジタルトランスフォーメーションが挙げられる。デジタルトランスフォーメーションとは「ITの浸透が、人々の生活をあらゆる面でよりよい方向に影響をもたらす諸変化」を指す (Stolterman & Fors, 2004)。このデジタルトランスフォーメーションの浸透の段階を示すものとして、図1のSAMRモデル (Puentedura, 2010) が挙げられる。このSAMRモデルは、「ICTを授業等で活用する場合に、テクノロジーが従来の教授方略と比較してどの程度のインパクトを与えるかを示す尺度」(三井ほか, 2020) として知られており、教育のデジタルトランスフォーメーションが段階的に進むことを示すモデルである。図2は、教育における人工知能 (Artificial Intelligence in EDucation: AIED) とSAMRモデルを対応付けたものである。

石井 (2022) に基づきながら、ライティング教育における例を挙げると、手書きで行っていたライティング活動をコンピュータ上で行わせるのは代替に該当するが、ライティングの自動採点、自動校正、コピーアンドペーストなどは増強といえることができる。さらに、人工知能を用いたライティング支援システム (例えば、文法誤り訂正ツールである Grammarly (<https://www.grammarly.com/>)) を用いた教育は変形の段階といえることができ、学習者のライティング時におけるキー入力記録などの産出情報を全て取得し、テスト形式でのライティング能力の測定をする必要がなくなるような状態は再定義といえることができ



図1 SAMRモデル (Puentedura, 2010を基に作成、和訳は関口、2020に基づく)

	EdTech全体 (SAMRモデルによる)	AIEDの具体例
再定義	テクノロジーが、以前は考えられなかった新しいタスクの創造をもたらす	・AIが中断テスト形式試験の必要性をなくす（継続的で、高度に適応的な評価を可能にすることで）
変形	テクノロジーがタスクの大幅な再設計をもたらす	・ARやVRによる学習体験 ・AIによる学習コンパニオン ・AIティーチングアシスタント ・学習科学の研究ツールとしてのAI
増強	テクノロジーが従来のツールを直接代替し、その機能も増強する	・知的学習支援システム (ITS) ・対話型学習支援システム (DBTS) ・探索型学習環境 (ELE) ・自動ライティング評価 ・ITS+ ・言語学習 ・チャットボット ・協働学習の支援 ・生徒フォーラムのモニタリング
代替	テクノロジーが従来のツールを直接代替するが、機能的には変わらない	該当なし（執筆時点において）

図2 AIEDとSAMRモデル（関口、2020）

る。本稿で紹介する研究事例は増強や変形の段階ということが出来るが、中長期的には教育における人工知能は、学習を再定義するインパクトを包含しているということがこのモデルからも読み取れる。

3. 説明可能なAIと外国語教育

本節では、データサイエンス時代の外国語教育研究において、重要となる概念として、説明可能なAI (Explainable AI : XAI) と外国語教育について検討する。人工知能を巡っては様々な議論がなされており、説明可能なAIは其中でも近年特に検討が進められている。説明可能なAIとは、「AIの出力に加えて、その出力を補助する追加の情報（モデルの解釈、判断根拠の説明、など）を出力する技術一般および研究分野全体を指す用語」（原、2019）である。これはブラックボックスなAIは信頼できないという不信感を払拭することを目的としており、AIを社会実装する際には念頭に置くべき視点となる。

関連する社会的背景として、人工知能技術戦略会議（内閣府、2018）では、「人工知能技術戦略実行計画（案）」の中で「信頼できるAI」へのアプローチの1つとしてXAIが盛り込まれている。またAIネットワーク社会推進会議（総務省、2017、2018）では、2017年の「AI開発ガイドライン案」に続いて、報告書2018の中で「AI活用原則案」が公開されている。その中に「透明性の原則」や「アカウントビリティの原則」などXAIに関連する項目が盛り込まれている。科学技術振興機構（2018）では、研究開発戦略センターから「AI応用システムの安全性・信頼性を確保する新世代ソフトウェア工学の確立」が公開された。この中においても、XAIが重要技術領域の1つとして取り上げられている。また日本経済団体連合会（2019）でも、「AI活用戦略」の中でAIのブラックボックス性

に言及しており、XAIの研究開発の必要性が指摘されている。こうした社会的背景を踏まえ、説明可能なAIは公平性、説明責任、透明性などの社会的な視点と密接な関係があるといえることができる（大坪ほか、2021）。

説明可能なAIは教育との関係についても議論が進んでいる。教育における説明可能なAIに関連する分野として、人工知能、ヒューマンコンピュータインタラクション、認知・学習科学の3つが関連するとKhosravi et al. (2022) は述べている。本稿では、こうした説明可能なAIと関連する自動ライティング評価研究の事例を2つ紹介する。

4. 研究事例1：理化学研究所における言語アセスメントAI

本節では、説明可能なAIを指向した和文英訳自動採点システムの開発と評価について紹介する。本研究の詳細は、石井ほか（2022）に掲載されている。このシステムでは、複数の評価観点から採点項目として用いたモデルを開発して、自動採点を行い、学習者に診断的なフィードバックを行うことを可能とした。図3はシステムのインターフェースである。

学習者は画面上部の問題文を基に、各自の解答を作成し、提出する。提出すると、画面上に採点基準と要チェック項目が現れる。学習者は、この要チェック項目を基に自身の解答を修正することが可能となる。

本研究では、日本人大学生5名を対象とした実験を行い、刺激再生法と半構造化インタビューを行った。収集したデータについては、Koltovskaia (2020) に基づき、学生のエンゲージメントを行動的エンゲージメント、認知的エンゲージメント、感情的エンゲージメントの3つの観点から分析を行った。行動的エンゲージメントは、改訂作業、すなわち実際に行った改訂、原稿の精度を高めるために用いた改訂方略、改訂に費やした時間に関するものを指し、認知的エンゲージメントは学生が自動文章評価システムをどれだけ深く処理したか（気づきや理解）、およびメタ認知的操作と認知的操作に関するものを指す。感情的エンゲージメントは自動文章評価システムに対する学生の即時的な感情反応と態度に関するものを示している。

図4は、問題1に実験参加者が回答している様子である。実験参加者Dと実験参加者Eは、採点基準「日本語がペラペラ」に対し、wellを用いて、最初の回答を作成し



図3 開発したシステムのインターフェース

た。それに対して、実験参加者Dは、システムのフィードバックに納得して修正を行ったのに対し、実験参加者Eは、自身の回答も問題ないと考えながら、修正を行った。行動的エンゲージメントの観点からは、実験参加者Dと実験参加者Eは同じ修正行動を取っているが、認知的・感情的エンゲージメントの観点からは、両者の修正行動は異なっているといえる。Lee and Schallert (2008) は、教師のフィードバックへの学習者のエンゲージメントに影響を

与える要因として、信頼という要素を挙げているが、自動採点システムにおいては、信頼がより中心的な役割を果たすことはRanalli (2021) においても示唆されており、本研究の結果もそれを支持する結果であった。

半構造化インタビューの結果について一部を紹介する。「このシステムの使いやすさについてどう思いますか。このシステムを使っているとき何か問題はありましたか。このシステムとそのフィードバックの強みと弱みはどのような点だと思いますか。」という問いに対して、実験参加者Cは、「すぐく分かりやすいです。すぐ直せるのが良い。すぐ直せるのは項目が決まっているからだと思います。それに外れちゃうのが見落とされるのが弱みかなと思いました。」のように回答した。今回開発したシステムは、項目採点モデルを用いているため、項目として設定されていない箇所についてはフィードバックが生成されない場合が存在する。しかしながら、すべての観点を採点基準として網羅するのは現実的ではないため、採点のプロセスにおいて、文法誤り訂正 (Grammatical Error Correction : GEC) や機械翻訳システムなど汎用的な英文評価を可能とするシステムを用いた。それらを用いても対応できない箇所は個別に採点基準を作成するなどして、抜け漏れを防ぐことが必要であるが、今回のような実証研究を通して、今後もシステムを改善していく必要がある。

本研究は、事例研究であり、結論を一般化して論じることは難しいが、刺激再生法と半構造化インタビューを用いることで、学習者が説明可能なAIを指向した自動採点システムで学ぶ際のエンゲージメントに関わる知見を得られた。

5. 研究事例2 : Grammarlyを用いた学習者のエンゲージメント研究

本節では、Grammarlyを用いた学習者のエンゲージメント研究の事例を紹介する。この研究の詳細は、Oshiro (2022) に掲載されている。この研究では、日本人英語学習者が自動ライティング訂正フィードバックを用いる際のエンゲージメントを分析することで、英



図4 問題1に実験参加者が回答している様子

語ライティング学習への影響を調査した。調査方法としては、日本人大学生及び大学院生計5人を対象に、与えられたトピックに対するライティング課題を英語で行ってもらい、その後、Grammarlyを用いて自分の書いた文章を修正してもらった。ライティング及び修正の様子は画面収録された。また、修正後に刺激再生法、半構造化インタビューを行った。収集した映像及び音声データから学習者のエンゲージメントを研究事例1と同様に、行動的・認知的・感情的エンゲージメントの3つの観点から分析した。その結果、行動的エンゲージメントに関して、修正にかけた時間と適切なフィードバックを受け入れた割合は参加者によって異なった。認知及び感情的エンゲージメントに関して、フィードバックの種類によって学習者は異なる印象を受けていた。また、学習者はGrammarlyのフィードバックを十分に活用できていない可能性が示唆された。具体的には、Grammarlyは文法に関する判断は得意だが、文脈に関する判断は苦手であるという特性に合わせて、学習者のGrammarlyへの信頼度はフィードバックの種類ごとに異なっていた。またフィードバックへの信頼度に加えて、書いた文章への自信も参加者の対応を決める要因となりうることが示唆された。先行研究で確認された認知及び感情的エンゲージメントの対照的な関係は限定的な範囲で、本研究においても確認された。

6. 生成AI時代の自動採点研究

本節では、生成AIを用いた教育応用に関する自然言語処理の研究について概観する。Wu et al. (2023) は、GECのタスクについてChatGPTを評価した。ChatGPTは自動評価指標の観点から、GrammarlyやGECのモデルであるGECToRよりも性能が低いことが示唆された。出力結果を検証すると、ChatGPTは文法的な正しさを保ちつつ、表面的な表現や文構造を変えることで、1つ1つの修正にとどまらない独自の能力を発揮していた。人間による評価でも、ChatGPTの修正不足・修正ミスは少ないが、修正過剰は多いという結果となった。GECモデルの性能を評価するために自動評価指標のみに頼ることの限界を示し、ChatGPTがGECのための貴重なツールとなる可能性を示唆した。

Coyne et al. (2023) では、GPT-3およびGPT-4は、様々な自然言語処理タスクで高い性能を発揮する強力なモデルであるが、GECのタスクにおけるGPT-3およびGPT-4の性能に関する詳細な分析結果は、十分に明らかではないことからGPT-3.5モデル (text-davinci-003) とGPT-4モデル (gpt-4-0314) の性能を、主要なGECベンチマークで検証する実験を行った。プロンプトの形式が異なる場合に発生する興味深い出力や問題点を分析し、zero-shot学習とfew-shot学習の両方で異なるプロンプトのパフォーマンスを分析した。Zero-shot学習とfew-shot学習とは、図5のようにプロンプトを使ってタスクを解く際に例示を与える方法のことを指し、例示をまったく与えない設定をzero-shot学習と呼び、複数与える設定をfew-shot学習と呼ぶ (鈴木ほか, 2023)。この2つの手法を用いて、BEA (Building Educational Applications)-2019という国際会議で用いられたデータセットとJFLEG (JHU FLuency-Extended GUG corpus) のデータセットを用いて比較した。これらのデータセットは、文法誤り訂正を開発・評価するためのコーパスであり、システムの精度を競うシェアドタスクと呼ばれるコンペティションなどで用いられるものである。その

結果、BEA-2019とJFLEGのデータセットで、GPTモデルが文レベルの修正設定で優れた性能を発揮することが明らかになった。またGPT-4がJFLEGベンチマークで新たなハイスコアを達成した。

Loem et al. (2023) は、GPT-3のような大規模な事前学習済み言語モデルは、様々な自然言語処理タスク

で顕著な性能を発揮するが、GPT-3を用いたGECのタスクへのプロンプトベースの手法の適用とその制御性については、まだ十分に研究されていないことを主張している。特に教育現場では、学習者のレベルやエラーの種類に応じてフィードバックを調整することで、学習プロセスを大幅に向上させることが可能であり、GECにおける制御性は実世界での応用において極めて重要であることから、GPT-3を用いたプロンプトベースの手法の性能と制御性を、zero-shot学習とfew-shot学習の設定でGECタスクに対して調査を行った。タスクの指示や例がGPT-3の出力に与える影響を、最小限の編集、流暢な編集、学習者のレベルといった制御の側面に焦点を当てながら調査した。その結果、GPT-3がGECタスクを効果的に実行し、既存の教師あり・教師なしアプローチを凌駕することが実証された。またGPT-3は、適切なタスクの指示や例を与えることで、制御可能であることを示した。

Mizumoto and Eguchi (2023) は、GPTを用いたAutomated Essay Scoring (AES：ライティング自動評価) は一定の精度と信頼性を持ち、人間による評価の貴重なサポートとなりうることを明らかにし、それに加えて、言語的特徴を活用することで、スコアリングの精度を高めることができると述べた。ChatGPTのようなAI言語モデルがAESツールとして効果的に活用できることを明らかにし、研究と実践の両方において、ライティング評価とフィードバックの方法を革新する可能性を示唆した。

上述のように、生成AIは自然言語処理の研究者が行っている教育応用の研究においても利用され、その精度は様々な形で検証されている。これに対して、乾 (2023) は「ChatGPTの出現は自然言語処理の専門家に何を問いかけているか」という論考で以下のように記している。

解くべき課題は、学習原理の数理的解明 (何がなぜ学習されるか) や効率性 (データ/モデル効率、グリーン) といった領域に閉じた問題に留まらない。技術が人間・社会に近づいたがゆえに、社会との接点にかかわる課題も飛躍的に重要性を増している。説明性・解釈性 (ブラックボックス問題)、安全性 (誤情報、個人情報、著作権問題、コンプライアンス)、公平性 (バイアス問題)、信頼性 (どう保証するか) といった課題では、言語学はもとより、哲学、社会学、心理学、教育学、法学など他分野の専門家との連携がさらに求められるだろう。

Zero-shot学習

- 英単語を日本語に翻訳しなさい
- Cheese⇒

Few-shot学習

- 英単語を日本語に翻訳しなさい
- sea otter ⇒ ラッコ
- hydrangea ⇒ アジサイ
- phone ⇒ 電話
- Cheese ⇒

図5 Zero-shot学習とFew-shot学習の違い
(鈴木ほか (2023) に基づき作成)

このように、生成AIの出現は自然言語処理と外国語教育研究のより一層の連携の重要性を示している。

7. おわりに

本稿では、データサイエンス時代の外国語教育研究について検討するために、説明可能なAIと外国語教育について紹介し、2つの研究事例に言及した。また最後に生成AI時代の自動採点研究について概観した。自動採点研究の動向として、システムの開発だけではなく、システムを使用した学習者のエンゲージメントなどの研究が近年行われつつある。こうした一連の研究の蓄積を通して、令和の日本型学校教育で提唱されている個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実の実現に向けた研究の蓄積が望まれる。また、今後の自動採点研究は、生成AIを前提に行われていくことになると考えられるが、その際に2つの点が重要になると考えられる。1点目は、よりヒューマンコンピュータインタラクションを指向した自然言語処理研究である。これは、教育・学習という文脈において、システムの精度だけではなく、人間と計算機の相互作用がより一層重視されることを指す。2点目は、外国語教育研究と自然言語処理の接点がこれまで以上に重視されるようになるという点である。両分野の研究者が互いの強みを生かしながら、研究を進めていく必要がある。

付記

本稿は、石井（2023）を基にしたものである。

参考文献

- 石井雄隆（2022）「1人1台端末環境が変える英語教育のDX」『英語教育』10月号, pp. 2-3.
- 石井雄隆（2023）「データサイエンス時代の英語教育研究」関西大学外国語教育学研究科英語教育連環センター主催2023年度講演会講演資料.
- 石井雄隆・菊地正弥・舟山弘晃・松林優一郎・乾健太郎（2022）「説明可能なAIを指向した和文英訳自動採点システムの開発と評価」『日本教育工学会研究報告集』4号, pp. 1-7.
- 乾健太郎（2023）「ChatGPTの出現は自然言語処理の専門家に何を問いかけているか」『自然言語処理』30(2), pp. 273-274.
- 岡崎直観・荒瀬由紀・鈴木潤・鶴岡慶雅・宮尾祐介（2022）『自然言語処理の基礎』オーム社.
- 大坪直樹・中江俊博・深沢祐太・豊岡祥・坂元哲平・佐藤誠・五十嵐健太・市原大暉・堀内新吾（2021）『XAI（説明可能なAI）：そのとき人工知能はどう考えたのか?』リックテレコム.
- 緒方広明・江口悦弘（2023）『学びを変えるラーニングアナリティクス』日経BP.
- 科学技術振興機構（2018）「AI応用システムの安全性・信頼性を確保する新世代ソフトウェア工学の確立」<<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2018-SP-03.html>>（2023年11月10日）
- 教育再生実行会議（2021）「ポストコロナ期における新たな学びの在り方について（第十二次提言）」<https://www.mext.go.jp/content/20210608-mxt_koutou01-000015852_4.pdf>（2023年11月10日）
- 文部科学省（2020）「教育データ標準」<https://www.mext.go.jp/a_menu/other/data_00001.htm>（2023年11月10日）
- 柴田里程（2015）『データ分析とデータサイエンス』近代科学社.
- 鈴木正敏・山田康輔・李凌寒（2023）『大規模言語モデル入門』技術評論社.
- 総務省（2017）「国際的な議論のためのAI開発ガイドライン案」

- <https://www.soumu.go.jp/main_content/000490299.pdf> (2023年11月10日)
 総務省 (2018) 「AI利活用原則案」
- <<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/humanai/4kai/siryol.pdf>> (2023年11月10日)
 関口貴裕 (編訳) (2020) 『教育AIが変える21世紀の学び：指導と学習の新たなカタチ』 北大路書房.
 高谷浩樹 (2022) 『「GIGAスクール」を超える：データによる教育DX実現への道程』 東洋館出版社.
 竹村彰通 (2018) 『データサイエンス入門』 岩波書店.
- 内閣府 (2018) 「人工知能技術戦略実行計画 (案) の概要」
- <<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/jinkochino/7kai/siryoy2.pdf>> (2023年11月10日)
 中西啓喜 (編著) (2020) 『教育を読み解くデータサイエンス：データ収集と分析の論理』 ミネルヴァ書房.
 日本経済団体連合会 (2019) 「AI活用戦略」
- <<https://www.keidanren.or.jp/policy/2019/013.html>> (2023年11月10日)
 原聡 (2019) 「私のブックマーク「説明可能AI」」 『人工知能』 34(4), pp. 577-582.
 三井一希・戸田真志・松葉龍一・鈴木克明 (2020) 「小学校におけるタブレット端末を活用した授業実践のSAMRモデルを用いた分析」 『教育システム情報学会誌』 37(4), pp. 348-353.
 文部科学省 (2021) 「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～ (答申)」
- <https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985_00002.htm> (2023年11月10日)
 李在鎬 (2021) (編) 『データ科学×日本語教育』 ひつじ書房.
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). *Language models are few-shot learners. Advances in neural information processing systems*, 33, 1877-1901.
- Coyne, S., Sakaguchi, K., Galvan-Sosa, D., Zock, M., & Inui, K. (2023). *Analyzing the Performance of GPT-3.5 and GPT-4 in Grammatical Error Correction*. arXiv preprint arXiv:2303.14342. <https://arxiv.org/abs/2303.14342>
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y. S., Kay, J., ... & Gašević, D. (2022). *Explainable artificial intelligence in education*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.
- Koltovskaia, S. (2020). *Student engagement with automated written corrective feedback (AWCF) provided by Grammarly: A multiple case study*. *Assessing Writing*, 44, 100450.
- Lee, G., & Schallert, D. L. (2008). *Meeting in the margins: Effects of the teacher-student relationship on revision processes of EFL college students taking a composition course*. *Journal of Second Language Writing*, 17(3), pp. 165-182
- Loem, M., Kaneko, M., Takase, S., & Okazaki, N. (2023). *Exploring Effectiveness of GPT-3 in Grammatical Error Correction: A Study on Performance and Controllability in Prompt-Based Methods*. arXiv preprint arXiv:2305.18156. <https://arxiv.org/abs/2305.18156>
- Mizumoto, A., & Eguchi, M. (2023). *Exploring the potential of using an AI language model for automated essay scoring*. *Research Methods in Applied Linguistics*, 2(2), 100050.
- Oshiro, K. (2022). *Japanese Student Engagement with Automated Written Corrective Feedback (AWCF) Provided by Grammarly -Replication of Koltovskaia (2020)-*. Unpublished Graduation Thesis, Chiba university, Japan.
- Puentedura, R. (2010). SAMR and TPCK: Intro to advanced practice.
http://hippasus.com/resources/sweden2010/SAMR_TPCK_IntroToAdvancedPractice.pdf
- Ranalli, J. (2021). *L2 student engagement with automated feedback on writing: Potential for learning and issues of trust*. *Journal of Second Language Writing*, 52, 100816
- Stolterman, E., & Fors, A. C. (2004). *Information technology and the good life*. *Information systems research: relevant theory and informed practice*, pp. 687-692.
- Wu, H., Wang, W., Wan, Y., Jiao, W., & Lyu, M. (2023). *Chatgpt or grammarly? evaluating chatgpt on grammatical error correction benchmark*. arXiv preprint arXiv:2303.13648. <https://arxiv.org/abs/2303.13648>

(いしい ゆたか 千葉大学教育学部／理化学研究所革新知能統合研究センター)