

TRANSLATED BY ChatGPT

## 学習の新時代：統計学およびデータサイエンス教育を強化するための ChatGPT の活用に関する考察

Amanda R. Ellis and Emily Slade

Department of Biostatistics, University of Kentucky, Lexington, KY

### 要旨

ChatGPT は、最近登場した多くの生成型人工知能 (AI) ツールの一つであり、教育コミュニティにおいて、剽窃の手段として利用される可能性や、学生の独立した思考能力を損なうことへの懸念から議論を呼んでいる。近年の出版物では、ChatGPT や他の生成型 AI ツールの教室での使用に批判が集まっているが、その潜在的な利点にはほとんど焦点が当てられていない。本稿では、統計学およびデータサイエンスの教育ツールとしての ChatGPT の可能性に焦点を当てる。新技術、例えば電卓の導入に伴う懸念の歴史を考慮するよう読者に促す。本稿では、統計学およびデータサイエンス教育における ChatGPT の能力を活用する可能性を探り、ChatGPT が教材開発にどのように役立つかの例や、教育者が学生に ChatGPT と責任を持って関わるよう促す方法について提案する。教育者として、統計学およびデータサイエンスの教室で生成型 AI ツールの使用を指導し、学生と教育者がこの技術の利点を活用できるようにすることができる。

### キーワード

人工知能；データサイエンス；教育技法；統計教育

### 1. 導入

20 世紀半ばに電卓が導入されたことは、数学教育に大きな影響を与えた (Ellington 2003; Watters 2015)。この技術に対する初期の反応は混在しており、一部の教育者や数学者は、電卓が学生の基本的な算数操作能力や数学概念の理解に悪影響を及ぼす可能性を懸念していた (Savage 1986; Ellington 2003; Watters 2015)。しかし、他の人々は、電卓が数学の理解を深め、より複雑な問題を解決することを可能にする貴重なツールであると見ていた (Savage 1986; Watters 2015)。電卓の数学教育での使用をめぐる論争にもかかわらず、この技術は世界中の教室で普及し、すべてのレベルの数学学習に不可欠なツールと見なされるようになった (Ellington 2003)。

2015 年、Watters は電卓を「教室に導入された最も論争の的となる教育技術の一つ」と述べた (Watters 2015)。2022 年末には、教室で最も論争を呼ぶ新たな技術として ChatGPT が登場した。ChatGPT は、多くの生成型人工知能 (AI) ツールの一つであり、チャットボツ

トのようにユーザーが提供するプロンプトに対してテキスト応答を生成する。電卓のように、ChatGPT の登場は迅速に教育界において論争を巻き起こした。最近の記事には、「ChatGPT：たわ言を吐き出すものか、高等教育における伝統的評価の終わりか？」(Rudolph, Tan, Tan 2023)、「ChatGPT：オンライン試験の完全性の終わりか？」(Susnjak 2022)、「チャットと不正：ChatGPT の時代における学問的誠実さの確保」(Cotton, Cotton, Shipway 2023)、そして「ChatGPT ユーザー体験：教育への影響」(Zhai 2022)などのタイトルが見られる。メッセージは明確である：教育者は ChatGPT に注目すべきだが、どのような注目をすべきか。

教育コミュニティからの ChatGPT への初期の反応は概して慎重なものであり、一部の教育者や大学は学術的な設定でのその使用を緩和するための措置を講じている。主な懸念の一つは、学生が ChatGPT を使用して剽窃を行うか、自分自身の作品でない作品を生成する可能性があり、学問的誠実さに関する懸念が生じている (Rudolph, Tan, Tan 2023; Susnjak 2022; Zhai 2022; Cotton, Cotton, Shipway 2023)。これらの懸念に対処するため、教育者は ChatGPT の使用を検出するツールの使用や代替評価計画の実施など、さまざまな戦略を実施している (Susnjak 2022; Cotton, Cotton, Shipway 2023; Rudolph, Tan, Tan 2023)。教育界における ChatGPT に関するもう一つの懸念は、その使用が学生が独立して考えることや AI が生成したテキストが間違っているかどうかを判断する能力を失わせることにつながることである (Baron 2023)。人工知能ツールとして、ChatGPT によって生成された素材に適用されるより広範な倫理的懸念もある。例えば、ChatGPT によって生成された反応にソース素材に存在する偏見を伝播させる可能性などである (Dwivedi et al. 2023)。多くの他の研究者も教育における ChatGPT の潜在的な否定的な影響について議論している (Baron 2023; Cotton, Cotton, Shipway 2023; Dwivedi et al. 2023; Gilbard 2023; Hirsh-Pasek, Blinkoff 2023; Rudolph, Tan, Tan 2023; Weissman 2023) が、それがこの記事の焦点ではない。

生成型 AI ツールの警告的な話に焦点を当てるのではなく、この記事では ChatGPT を統計学およびデータサイエンス教育のツールとしての可能性に焦点を当てます。私たちは、読者に電卓、WolframAlpha、Wikipedia などの新技術の登場に伴う教育者の間の不安の歴史を考慮するよう促します。これらの技術は最初に導入されたときには懸念を引き起こしましたが、現在では学習ツールとして一般的に使用されています (Young 2009; Watters 2015; D'Agostino 2022)。生成型 AI ツールはこれらの技術と多くの点で異なりますが、学生と教育者が利用できるツールのセットに論争の的となる追加物であるという共通点を持っています。この記事では、まず ChatGPT とその使用方法を説明し、次に統計学およびデータサイエンスのコースで ChatGPT を活用するための提案と例を提供します。そして、読者に ChatGPT の潜在的な利点を考えるよう挑戦し、教育者が教室で ChatGPT をどのように取り入れ、学生に責任を持って使用するよう訓練することができるかを考えます。

## 2. 生成型 AI と ChatGPT とは何か？

生成型 AI は、画像、音楽、テキストなどの新しいコンテンツを作成するように設計された人工知能の一種です。これらのシステムはディープラーニング技術を使用して大規模なデータセットのパターンや関係を分析し、新規で創造的なアウトプットを生み出すことができます。近年注目を集めている生成型 AI の一種に、大規模な言語モデルがあります。これらのモデルは膨大なテキストデータに基づいて訓練され、特に人間の言語を処理し理解するために設計されています (Wolfram 2023)。

ChatGPT (「GPT」は「Generative Pre-trained Transformer」の略) は、OpenAI によって 2022 年 11 月に導入された大規模な言語モデルの生成型 AI ツールです。チャットボットのように機能し、ユーザーが提供するプロンプトに対してテキスト応答を生成します。ユーザーは、単純なテキスト応答から複雑なもの (プログラミングコード、ソネット、完全なエッセイ、数学的定理など) まで、さまざまな応答を要求することができます。生成型 AI の風景は急速に変化しており、定期的に新しいツールが利用可能になっています。この記事の焦点は、その広範な人気のために ChatGPT にありますが、この論文の一般原則は他の生成型 AI ツールにも適用されます。

## 3. ChatGPT の能力

ChatGPT は、テキスト出力を生成する際に広範囲な能力を持っており、教育者は ChatGPT が非常に人間らしく聞こえる出力を生成できることを認識すべきです。ChatGPT の会話的な性質は、「高等教育における人工知能、チャットボット、および剽窃についての会話」(King and ChatGPT 2023) でモデル化されています。他にも、ChatGPT の数学的能力について調査した研究があり、複雑な数学的問題を解決し、証明を書く能力を含んでいます (Frieder et al. 2023)。

初級統計学の内容に関する質問に対する ChatGPT の能力を示すために、信頼区間の定義について 3 つのプロンプトと、 $p$  値の定義について 3 つのプロンプトを提供しました。これらは統計学を学ぶ人々にとって難しい概念です。信頼区間と  $p$  値に関するこれらのプロンプトに対して ChatGPT が提供した回答は、それぞれ表 1 と表 2 に示されています。各プロンプトの表現はわずかに異なり、ChatGPT が類似のプロンプトに対して生成できるさまざまな応答を示すためです。同じプロンプトを繰り返し入力することでも異なるテキストが生成される場合がありますが、表 1 と表 2 に示された回答は、問い合わせ時点での ChatGPT による最初の応答でした。

表 1. 信頼区間の定義に関して ChatGPT に提供された例示的なプロンプトと、それによって生成された応答。

プロンプト	ChatGPT の応答
信頼区間の定義を教えてください。	<p>信頼区間は、未知の母集団パラメータを推定するためにデータのサンプルから計算される値の範囲です。この区間はサンプル平均と変動性の尺度（例えば標準偏差や標準誤差）から導き出され、特定の信頼水準が関連付けられた値の範囲として表現されます。</p> <p>例えば、母集団平均のために 95%の信頼区間が計算された場合、それは私たちが母集団から繰り返しサンプルを取り、各サンプルに対して 95%の信頼区間を計算した場合、その区間の 95%が真の母集団平均を含むと期待されることを意味します。</p> <p>信頼区間の幅は、サンプルサイズ、データの変動性、そして望ましい信頼水準によって決定されます。一般に、サンプルサイズが増加するか、信頼水準が高くなると、区間の幅は狭くなります。</p>
技術的な言葉を使わずに、信頼区間の定義を教えてください。	<p>信頼区間は、ある母集団についての特定の統計量が含まれる可能性が高い値の範囲の推定です。これは、私たちが持っているデータに基づいて、その統計量が母集団全体に対してどのような真の値であるかについて、教育的な推測をするようなものです。</p> <p>このように考えてみてください：ある都市の人々の平均身長を知りたいと想像してください。その都市の全員の身長を測ることはできないので、代わりにより小さいグループの人々、つまりあなたのサンプルの身長を測ります。そのサンプルから、都市全体の平均身長が含まれる可能性が高い値の範囲を計算し、その範囲があなたの信頼区間です。</p> <p>信頼区間に関連付けられた信頼水準は、その区間内に母集団の統計量の真の値が含まれる可能性を表しています。例えば、信頼区間に 95%の信頼水準がある場合、このプロセスを何度も繰り返した場合、計算された区間の 95%が母集団の統計量の真の値を含むことを意味します。</p>
宿題の質問『信頼区間の定義は何ですか？』に回答してください。	<p>信頼区間は、未知の母集団パラメータを推定するために、データのサンプルから計算された値の範囲です。これは、特定の信頼水準で真の母集団パラメータを含むと信じられる値の区間を提供します。信頼度は、サンプルデータから計算された区間が真の母集団パラメータを含むという確率として表現され、通常はパーセンテージで表されます。信頼区間はサンプルサイズとサンプル内のデータの変動性の両方を考慮し、母集団パラメータの推定に関連する不確実性の尺度を提供するのに役立ちます。</p>

表 1 と表 2 で提示された各例では、ChatGPT に同じ概念を説明させていますが、生成される回答は長さ、スタイル、説明へのアプローチにおいて異なります。ChatGPT は本、記事、ウェブサイトなどの既存のテキストデータの大規模なコーパスでトレーニングされているため、これらのソースに書かれた不正確な情報が ChatGPT の回答に伝わる場合があります。たとえば、頻度主義の信頼区間の一般的な誤解は、人口パラメータの真の値に関する確率的な声明として扱うことであり、誤って人口パラメータをランダム変数ではなく固定されているが未知の値として扱います。ChatGPT が 2 番目のプロンプトに対して生成した回答の一文（「信頼区間に関連する信頼度は、人口統計の真の値がその区間内に含まれる可能性を表しています」）は、この誤解を暗に示唆しています（表 1）。しかし、次の文では正しい解釈をフォローアップしています。p 値を定義する際の一般的な誤解は、p 値が研究結果が偶然に起こる確率を表しているということですが、これは ChatGPT が 2 番目のプロンプトに対して提供する回答です。この定義は、帰無仮説が真であるという前提の下で理解されれば正しいかもしれませんが、ChatGPT はこの限定条件を提供していません。ChatGPT が生成する回答には不正確なものがありますが、表 1 と表 2 に示された回答は、ChatGPT がこれらの統計概念を技術的および非技術的な様々な言語スタイルで正確に定義できる能力を示しています。

す。統計学およびデータサイエンスの教育者は、ChatGPT が生成する声明には正確なものとは異なるものがあることを学生に認識させることが重要です。そして、ChatGPT の回答を批判的に分析する方法を学生に指導することは有意義な教室の演習になるかもしれません。

表 2. p 値の定義に関して ChatGPT に提供された例示的なプロンプトと、それによって生成された回答。

プロンプト	ChatGPT の応答
p 値の定義を教えてください。	p 値は、帰無仮説が真であるという前提のもとで、観測された結果と同じか、それ以上に極端な結果が得られる確率を表す統計的尺度です。 帰無仮説は、平均や比率などの人口パラメータに関する声明であり、私たちはこれをデータのサンプルを使用して検証したいと考えます。p 値は、サンプルと帰無仮説の間の差を測る観測された検定統計量を、帰無仮説の下での検定統計量の分布と比較することによって計算されます。 p 値が小さい場合（通常は 0.05 未満）、観測された結果が帰無仮説が真である場合に偶然に起こることはありそうにないことを示唆し、私たちは帰無仮説を棄却して代替仮説を支持します。一方、p 値が大きい場合（0.05 より大きい）、観測された結果が帰無仮説と一致することを示唆し、私たちは帰無仮説を棄却しないことになります。 言い換えれば、p 値は帰無仮説に対する証拠の強さを測る尺度を提供し、帰無仮説を受け入れるか否かの決定を下す際に役立ちます。
技術的な言葉を使わずに、p 値の定義を教えてください。	p 値は、研究結果が偶然に起こった可能性がどれくらいあるかを示す数字です。これはあなたの結果がどれほど驚くべきものかを測るようなものです。統計テストを行うとき、実際の結果を、グループ間に効果や差がなかった場合に期待される結果と比較します。p 値が小さい（0.05 未満）場合、結果が偶然に起こった可能性が低く、実際の効果や差が存在するかもしれません。p 値が大きい（0.05 以上）場合、結果が偶然に起こった可能性があり、実際の効果や差が存在しないかもしれません。したがって、p 値はあなたの研究仮説を受け入れるか否かを決定するのに役立ちます。
p 値の短い定義を教えてください。	p 値は、帰無仮説が真であると仮定した場合に、観測されたものと少なくとも同程度に極端な結果を得る確率の尺度です。

その広範な能力にもかかわらず、ChatGPT がうまく実行できないタイプのタスクもあります。たとえば、ChatGPT に参照リストを生成するように求めると、完全に作り話の参照リストが生成される可能性があります (King and ChatGPT 2023)。また、ChatGPT は画像などの非テキストプロンプトに対応できません。時々、ChatGPT は非常に遅く応答し、時にはまったく使用できないこともあります。例えば、「非常に高い需要を経験しています。システムの拡張に取り組んでいますので、お待ちください」といったメッセージが表示されることがあります。ChatGPT は自身の限界を、「時折間違った情報を生成することがある」「時折有害な指示や偏見のあるコンテンツを生成することがある」「2021 年以降の世界や出来事に関する知識が限られている」としています (OpenAI 2023)。ChatGPT は一般常識の知識を持たず、訓練データから学んだ範囲を超えて文脈を理解する能力もありません。そのため、訓練データの範囲を超えた文脈の深い理解を必要とするプロンプトに対して、常に正確または適切な応答を提供することはできないかもしれません。また、人間の教師と同様に、個々の学生に指導を合わせることができない場合もあります。他の AI モデルと同様に、その出力に

対して慎重かつ批判的であり、情報の決定的な源としてではなく、ツールとして使用することが不可欠です。

#### 4. 統計学とデータサイエンス教育における ChatGPT の活用

統計学とデータサイエンスの教育において、教育者が ChatGPT を活用する方法はいくつもあります。その一つの方法は、ChatGPT を用いてコースコンテンツを生成することです。これには、講義ノートの要約を作成するよう ChatGPT に求めるなど、教育者が作成した教材の補助を含むことができます (Roose 2023; Staake 2023)。また、練習用クイズや試験問題などの新しい教材を生成することもできます (Roose 2023; Staake 2023)。例えば、ChatGPT に「大学レベルの初級統計クラスに関するサンプルサイズとパワーについての自由回答試験問題を 3 つ書いてください」というプロンプトを提供すると、以下のように生成されました：

1. 統計的パワーの概念と、仮説検定においてなぜ重要なのかを説明してください。仮説検定のパワーに影響を与える要因は何ですか？また、これがサンプルサイズの選択にどのように影響するか？
2. 仮説検定において、サンプルサイズ、有意水準、検定のパワーの関係は何ですか？この関係を例示して説明し、仮説検定を行う際にこれら 3 つの要因を考慮することがなぜ重要なのかを述べてください。
3. 仮説検定においてサンプルサイズが小さすぎることの結果を説明してください。これが効果を検出する能力にどのように影響し、タイプ II エラーを犯すリスクにどのように影響しますか？サンプルサイズを増やすことでこれらの結果をどのように軽減できますか？

ChatGPT の回答は適切なものもあればそうでないものもあり、我々は ChatGPT で生成された教材を批判的に評価せずに盲目的に使用することを支持しません。ただし、ChatGPT の回答が教育者の目標を満たしていない場合でも、反復的なプロセスを使用して ChatGPT の回答を洗練することができます。例えば、プロンプトを改訂して、より短いものや長いもの、特定のスタイルで書かれたもの、または望ましくない部分を含まないように求めることができます。私たちの経験では、ChatGPT は特定のプロンプトを提供され、必要に応じてユーザーによって洗練された場合にうまく機能することがわかりました。これは、過度に具体的または冗長な入力でうまく機能しない可能性のある従来の検索エンジンとは対照的です。

教育者はまた、ChatGPT の応答を手動で修正して自分たちのニーズに合わせてたり、ChatGPT を使用して一般的なアイデアを生成し、それを教育用の資料に使用したりすることもできます。例えば、「ポアソン分布に従う生物医学的変数の例を教えてください」という

プロンプトを ChatGPT に提供したとき、次のように生成されました。「ポアソン分布は、特定の時間や空間でのイベントの発生回数など、カウントデータをモデル化するために使用できる確率分布です。生物医学的な文脈では、ポアソン分布に従う変数の例としては、病院で患者が獲得した感染症の数があります。感染症の数はポアソンプロセスとしてモデル化でき、感染率の平均は感染症の種類、患者の集団、医療の質などのさまざまな要因に依存します。感染症の数をポアソン変数としてモデル化することにより、医療従事者はさまざまな感染シナリオの発生確率を推定し、病院での感染リスクを減らすための対策を実施できます。」この応答は要求されたものよりも多くの情報を提供していますが、教育者の目的がポアソン分布に関する例として使用するための健康関連のカウント変数についてのアイデアを得ることであった場合、目的は達成されました。彼らは「感染症の数」を例として使用することを検討できます。前述のように、ChatGPT の応答について批判的に考え、必要に応じて手動で修正することは、プロセスの重要な部分です。例えば、教育者は（ChatGPT が言及しなかったように）病院の感染症の数は過剰分散しており、ポアソン分布よりも負の二項分布を使用してモデル化の方が適切である可能性があることを認識するかもしれません。

統計学およびデータサイエンスの教育者は、統計プログラミングに焦点を当てたコースの資料を開発するため、またはプログラミングコースの学生の学習ツールとして、ChatGPT を有用と見出すかもしれません。たとえば、教育者は ChatGPT に特定の問題の擬似コードを書くように頼むことができ、それは統計プログラミングに新しい学生を助けるための教育例として使用することができます。教育者はまた、ChatGPT にコードの抜粋を提供し、それを異なる言語で書くように依頼することもできます。たとえば、SAS から R へ、または R から Python へ変換します。統計学およびデータサイエンスの教育者はまた、生徒が自分のコードをデバッグする方法で ChatGPT を使用する方法を指導することを望むかもしれません。これは他の人々によって取り上げられたトピックです（Jain 2022; Rollbar Editorial Team 2023）。また、コードの作成とデバッグを支援するための他の AI ツールも存在し、この分野は新しいツールが定期的に利用可能になるにつれて急速に進化しています（Phillips 2023）。

教育者はまた、ChatGPT で自分たちの課題や試験の質問をテストし、学生が自分たちで ChatGPT を使用して質問に答えた場合に何が得られるかを知ることが望むかもしれません。教育者は、たとえば「欠損データがある研究を分析するために完全ケース分析を利用することの一つの欠点を簡潔に説明してください」というような、統計的概念を説明することを生徒に求める自由回答の質問に対して短い答えを提供することにおいて、ChatGPT が驚くほど適切であることがわかるかもしれません。前述のように、画像として提供された統計的出力を解釈するなど、ChatGPT があまり得意でない（または時には不可能な）タスクのタイプもあります。

教育者は生徒が ChatGPT や他の生成 AI ツールを使用していないことを確認しながら、生徒の学習を評価するためのツールが存在します。例えば、特定のウェブサイトやインターネット全体へのアクセスをブロックするプログラムなどです。しかし、私たちは多くの人々が示唆している感情に共鳴し、教育者が生徒が直接学習を強化するために生成 AI をどのように活用できるかを考えるための代替アプローチを検討することを提案します (Roose 2023; Abramson 2023; Duckworth and Ungar 2023; Staake 2023)。そうすることで、教室の外にいるときに学生が置かれる環境を模倣し、彼らが利用可能になるツールを責任を持って使用方法を学ぶことができます。自由回答の課題では、生徒に以下の 3 つの部分からなる質問をすることが含まれるかもしれません：(a) 自分の言葉でプロンプトに答える、(b) ChatGPT にプロンプトを入力し、応答をコピーする、(c) 自分の応答と ChatGPT の応答がどのように異なるか分析し、違いが「正しい」かどうかをどのように評価するか。統計プログラミングのクラスでは、生徒に以下のことをするように依頼する例が含まれるかもしれません：(a) ChatGPT に特定のタスクを実行するための R コードを書くように促す、(b) R で ChatGPT が生成したコードを実行する、(c) コードが意図した通りに動作したかどうかを評価し、それをどのように判断したかを説明する、または代替として、生成されたコードが一行一行何をしているかを説明する。ChatGPT の批評を要求する演習を取り入れることにより、指導者は生徒が ChatGPT によって生成された応答をナビゲートするのを助ける機会を得ることができます。このような演習は、生徒が自分の応答を共有し、教員が AI ツールの責任ある使用方法や生成された応答の批評方法に関する会話を促進するクラスディスカッションを作成するために活用することができます。

## 5. 反省

教室での AI ツールの導入と統合に関する教育者の懸念が正当であることを認識しています。これらの問題に関する完全な議論は他の場所で見つけることができます (Baron 2023; Cotton, Cotton, and Shipway 2023; Gilbard 2023; Hirsh-Pasek and Blinkoff 2023; Rudolph, Tan, and Tan 2023; Weissman 2023)。教室での AI の使用に関連する懸念に加えて、ChatGPT の導入に伴って法的および倫理的な懸念が生じています (Karim 2023; Woodie 2023; Zhou et al. 2023)。これらの懸念にもかかわらず、AI ツールの人気は高まっています。多くの大学が AI 関連の委員会を設立したり、既存の倫理委員会を利用して AI ツールが進化し続ける中での学術的誠実さの問題に関する指針を提供したりしています (Grove 2022; Young 2023)。我々は、電卓、ウルファムアルファ、ウィキペディアなど、当初は懸念されていたが、現在では一般的な学習ツールとして使用されている他の技術を読者に考慮してもらうことを奨励します。統計学およびデータサイエンスの教育者として、私たちは教室内での AI ツールの組み込みを積極的に形作

り、指導することができます。この記事では、統計学およびデータサイエンス教育で ChatGPT を責任を持って活用するためのいくつかの方法を強調しています。

最後に、この原稿の 2 つの段落が ChatGPT によって生成されたことを読者に考慮してもらいたいと思います。どれがそれらですか？この演習は、一部の人々にとって、ChatGPT が学術的誠実さにとってどれほど危険であるかを強調するかもしれません。一方で、この演習は、特定のプロンプトを ChatGPT にフィードし、生成された応答がユーザーの目標を満たしているかどうかを批判的に考え、必要に応じてプロンプトを修正することによって、ChatGPT が効果的に利用できることを示しています。（答えを探している人のために、私たちは以下の 2 つのプロンプトを使用して ChatGPT に「序文の最初の段落」と「生成 AI と ChatGPT とは何か？」セクションの最初の段落」を生成させました。(a)「数学教育への影響に対する電卓の初期の反応を学術的な文章のスタイルで短く説明する段落を書いてください」と(b)「学術的な文章のスタイルで、生成 AI と大規模言語モデルが何であるかを素人に簡単に説明してください」。) ChatGPT からの応答は、流れを改善するために最小限に編集され、著者によって参考文献が追加されました。

## 参考

- Abramson, A. (2023), "How to Use ChatGPT as a Learning Tool," *American Psychological Association*. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://www.apa.org/monitor/2023/06/chatgpt-learning-tool>.
- Baron, N. (2023), "ChatGPT Robs Students of Motivation to Think, Write for Themselves," *Chicago Sun Times*. Available at <https://chicago.suntimes.com/2023/1/21/23563927/chatgpt-artificial-intelligence-schools-education-critical-thinking-naomi-baron-the-conversation>.
- Cotton, D. R., Cotton, P. A., and Shipway, J. R. (2023), "Chatting and Cheating. Ensuring Academic Integrity in the Era of ChatGPT," *Innovations in Education and Teaching International*, EdArXiv preprint, DOI:10.35542/osf.io/mrz8h.
- D'Agostino, S. (2022), "Wikipedia, Once Shunned, Now Embraced in the Classroom," *Inside Higher Ed*. Retrieved February 15, 2023. Available at <https://www.insidehighered.com/news/2022/11/09/more-professors-now-embrace-wikipedia-classroom>.
- Duckworth, A., and Ungar, L. (2023). Op-Ed: Don't Ban Chatbots in Classrooms – Use Them to Change How We Teach," *Los Angeles Times*. Retrieved April 16, 2023. Available at <https://www.latimes.com/opinion/story/2023-01-19/chatgpt-ai-education-testing-teaching-changes>.
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., Carter, L., Chowdhury, S., Crick, T., Cunningham, S. W., Davies, G. H., Davison, R. M., Dé, R., Dennehy, D., Duan, Y., Dubey, R., Dwivedi, R., Edwards, J. S., Flavián, C., Gauld, R., Grover, V., Hu, M.-C., Janssen, M., Jones, P., Junglas, I., Khorana, S., Kraus, S., Larsen, K. R., Latreille, P., Laumer, S., Malik, F. T., Mardani, A., Mariani, M., Mithas, S., Mogaji, E., Nord, J. H., O'Connor, S., Okumus, F., Pagani, M., Pandey, N., Papagiannidis, S., Pappas, I. O., Pathak, N., Pries-Heje, J., Raman, R., Rana, N. P., Rehm, S.-V., Ribeiro-Navarrete, S., Richter, A., Rowe, F., Sarker, S., Stahl, B. C., Tiwari, M. K., van der Aalst, W., Venkatesh, V., Viglia, G., Wade, M., Walton, P., Wirtz, J., and Wright, R. (2023), "So What If ChatGPT Wrote It? Multidisciplinary Perspectives on Opportunities, Challenges, and Implications of Generative Conversational AI for Research, Practice, and Policy," *International Journal of Information Management*, 71, 102642. DOI:10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642
- Ellington, A. J. (2003), "A Meta-Analysis of the Effects of Calculators on Students' Achievement and Attitude Levels in Precollege Mathematics Classes," *Journal for Research in Mathematics Education*, 34, 433–463. DOI:10.2307/30034795
- Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R. R., Salvatori, T., Lukasiewicz, T., Petersen, P. C., Chevalier, A., and Berner, J. (2023), "Mathematical Capabilities of Chatgpt," *arXiv preprint arXiv:2301.13867*.
- Gilbard, M. (2023), "Navigating the Risks and Rewards of ChatGPT," *Teachers College Newsroom*. Retrieved April 26, 2023. <https://www.tc.columbia.edu/articles/2023/january/navigating-the-risks-and-rewards-of-chatgpt/>.

- Grove, J. (2022), "Ethics Committees 'Struggling to Deal With' AI Research," *Times Higher Education*. Retrieved February 20, 2023. Available at <https://www.timeshighereducation.com/news/ethics-committees-struggling-deal-ai-research>.
- Hirsh-Pasek, K., and Blinkoff, E. (2023), "ChatGPT: Educational Friend or Foe?" *Brookings*. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://www.brookings.edu/blog/education-plus-development/2023/01/09/chatgpt-educational-friend-or-foe/>.
- Jain, S. (2022), "ChatGPT is a New AI Chatbot that Can Find Mistakes in Your Code or Write a Story for You," *Business Insider India*. Retrieved April 28, 2023. Available at <https://www.businessinsider.in/tech/news/what-is-chatgpt-and-how-does-it-work/articleshow/95994901.cms>.
- Karim, R. (2023), "ChatGPT: Old AI Problems in a New Guise, New Problems in Disguise," *Monash Lens*. Retrieved May 2, 2023. Available at <https://lens.monash.edu/@politics-society/2023/02/13/1385448/chatgpt-old-ai-problems-in-a-new-guise-new-problems-in-disguise>.
- King, M. R., and ChatGPT. (2023), "A Conversation on Artificial Intelligence, Chatbots, and Plagiarism in Higher Education," *Cellular and Molecular Bioengineering*, 16, 1–2. DOI:10.1007/s12195-022-00754-8
- OpenAI (2023), "ChatGPT," OpenAI. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://chat.openai.com>.
- Phillips, T. (2023), "AI Code Tools: The Ultimate Guide in 2023," *CodeSubmit*. Retrieved April 28, 2023. Available at <https://codesubmit.io/blog/ai-code-tools>.
- Rollbar Editorial Team (2023), "How to Debug Code Using ChatGPT," *Rollbar*. Retrieved April 28, 2023. Available at <https://rollbar.com/blog/how-to-debug-code-using-chatgpt/>.
- Roose, K. (2023), "Don't Ban ChatGPT in Schools. Teach with It," *New York Times*. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://www.nytimes.com/2023/01/12/technology/chatgpt-schools-teachers.html>.
- Rudolph, J., Tan, S., and Tan, S. (2023), "ChatGPT: Bullshit Spewer or the End of Traditional Assessments in Higher Education?," *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6. DOI:10.37074/jalt.2023.6.1.9
- Savage, D. G. (1986), "Calculator Issue: Math Class: Old Ways Don't Add Up," *Los Angeles Times*. Retrieved April 28, 2023. Available at <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1986-05-17-mn-5638-story.html>.
- Staake, J. (2023), "20 Ways Teachers Can Use ChatGPT to Make their Lives Easier," *We Are Teachers*. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://www.weareteachers.com/chatgpt-for-teachers/>.
- Susnjak, T. (2022), "ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?," arXiv preprint arXiv:2212.09292.
- Watters, A. (2015), "A Brief History of Calculators in the Classroom," *Hack Education*. Retrieved February 14, 2023. Available at <https://hackeducation.com/2015/03/12/calculators>.
- Weissman, J. (2023), "ChatGPT is a Plague Upon Education," *Inside Higher Ed*. Retrieved April 26, 2023. Available at <https://www.insidehighered.com/views/2023/02/09/chatgpt-plague-upon-education-opinion>.
- Woodie, A. (2023), "ChatGPT Brings Ethical AI Questions to the Forefront," *Datanami*. Retrieved May 2, 2023. Available at <https://www.datanami.com/2023/03/13/chatgpt-brings-ethical-ai-questions-to-the-forefront/>.
- Wolfram, S. (2023), "What Is ChatGPT Doing... and Why Does It Work?," *Stephen Wolfram Writings*. Retrieved May 2, 2023. Available at <https://writings.stephenwolfram.com/2023/02/what-is-chatgpt-doing-and-why-does-it-work>.
- Young, J. R. (2009), "A Calculating Web Site could Ignite a New Campus 'Math War'," *The Chronicle of Higher Education*. Retrieved February 15, 2023. Available at <https://www.chronicle.com/article/a-calculating-web-site-could-ignite-a-new-campus-math-war-47316>.
- Young, J. R. (2023), "ChatGPT has Colleges in Emergency Mode to Shield Academic Integrity," *EdSurge*. Retrieved February 20, 2023. Available at <https://www.edsurge.com/news/2023-01-24-chatgpt-has-colleges-in-emergency-mode-to-shield-academic-integrity>.
- Zhai, X. (2022), "ChatGPT User Experience: Implications for Education," Available at SSRN 4312418.
- Zhou, T. Y., Huang, Y., Chen, C., and Xing, Z. (2023), "Exploring AI Ethics of ChatGPT: A Diagnostic Analysis," arXiv preprint arXiv:2301.12867.