

通信教育課程の大学生を対象とした生成AIチャットボットCreative Copilotによるオンライン講義でのジェネラティブアート制作支援： STEAM教育実践のための新たなアプローチの評価

Supporting Generative Art Creation in Online Classes Using the Generative AI Chatbot Creative Copilot for Distance Learning University Students: An Evaluation of a Novel Approach to STEAM Education Practice

小川 修一郎*・坂本 優子**・清水 恒平***

株式会社ベネッセコーポレーション*・BIPROGY 株式会社**・武蔵野美術大学***

本研究は、通信教育課程の大学生を対象としたオンライン講義でのジェネラティブアート制作支援のための生成AIチャットシステム「Creative Copilot」の有効性を評価するものである。STEAM教育の一環として技術的スキルと芸術的感性の統合を目指すことを目的としている。Creative Copilotは自然言語処理技術を基礎とする生成AIを活用し、個別化された学習支援や即時的なフィードバックを提供する。

混合研究法を採用し、量的および定性的データを収集・分析することで、システムの導入が学生の積極的参加度、内容理解度、満足度に統計的に有意な改善をもたらしたことを明らかにした。質的分析からは学生がシステムと頻繁かつ有意義な対話を行っていたことが確認された。対話ログ分析からは学生の対話パターンが基本的概念の理解から具体的な問題解決、さらには高度な技術的探究へと深化していったことが示唆された。NPSスコアからは大多数の学生がシステムを肯定的に評価していることが判明した。

キーワード：ジェネラティブアート，生成AI，STEAM教育，通信教育課程，制作支援

1. はじめに

近年テクノロジーとアートの融合領域としてジェネラティブアートが注目されており、教育者にとってSTEAM分野（科学、技術、工学、芸術、数学）を統合する手段となっている。しかし通信教育課程においては時間的・地理的制約およびオンライン講義による指導の限界といった課題が存在し、特にジェネラティブアートのような実践的かつ創造的な分野の教育に新たなアプローチが必要とされている[1]。本研究はこの課題に対応するために生成AIチャットシステム「Creative Copilot」の開発と評価をおこなひ、ジェネラティブアート制作支援における新たな可能性を探究するものである。

ジェネラティブアート制作において技術的スキルと芸術的感性の統合が学生にとっての大きな課題となっている。プログラミングスキルとデザイン思考を同時に習得し、それらを創造的に応用することは多くの学生にとって困難な過程である[2]。特にオン

ライン講義ではこの困難さがより顕著となる。即時的なフィードバックの不足、実践的な指導の制限、学習者の孤立感などが、学習プロセスの障壁となっている[3]。

一方で、AI技術の急速な発展は教育分野に新たな可能性をもたらしている。自然言語処理技術を基礎とする生成AIを活用したチャットシステムは学習者各々に対しての個別化された学習支援や即時的なフィードバックの手段を提供する。

本研究ではこれらの背景を踏まえ、構成主義的学習理論と状況的学習理論を理論的基盤として生成AIチャットシステムCreative Copilotの開発と評価をおこなった。このシステムは通信教育課程の大学生を対象とし、時間や場所を問わない個別指導を実現すること、および学習者の自律性と創造性を促進する新たなアプローチとなることを目指して開発された。

本研究の主要な目的は、通信教育課程のオンライン講義において、ジェネラティブアート制作におけ

るCreative Copilotの支援効果を検証することである。プログラミングスキルとデザイン思考の統合を促進するためのシステム設計原則を提案し、それを元に開発したCreative Copilotが学習者の創造的プロセスと学習態度に与える影響を分析する。またSTEAM教育の理念に基づく学際的な学習アプローチの可能性を探究することも本研究の重要な目的である。

研究評価には混合研究法を採用した。定量的および定性的データを統合することで短期的な教育効果と学習体験への影響を多角的に評価し、AIを活用した教育システムの開発に向けた知見の提供を目指す。

2. 先行研究

ジェネラティブアートはアルゴリズムやコンピュータプログラムを用いて創作される芸術形態であり、その制作においては技術的スキルと芸術的感性の両方が要求される。しかし通常は技術的スキルと芸術的感性が別々の分野で議論されており、両者の関係性については十分な研究がなされていないことが指摘されている[4]。

通信教育においてはこれらの課題がより顕著となる。時間的・地理的制約のある学生にとってジェネラティブアートのような実践的かつ創造的な分野の学習は特に困難であり、教育者と学習者のインタラクションに限られるというオンライン講義特有の問題もこの困難さを増幅させている[5]。近年ではオンライン学習プラットフォームやデジタルツールの発展により、オンライン講義の質と効果を向上させる試みが数多く報告されている[6]が、未だ解決していない障壁として、社会的な相互作用の不足、教師からの即時的フィードバックの欠如、技術的問題などが挙げられる[7]。

また近年のAI技術の発展にともない教育分野におけるAI活用の可能性が注目されている。自然言語処理技術を基礎とする生成AIを活用したチャットシステムは個別最適化された学習支援や即時的なフィードバック提供の手段として期待されており[8]、技術的支援と創造的刺激的の両方を提供する可能性が報告されている[9]。

これらの先行研究はジェネラティブアート制作支援を通して技術的スキルと芸術的感性の関係性を議論すること、およびオンライン講義におけるAI活用の有効性を示唆しており、即時的フィードバック、個

別最適化された指導、創造的プロセスの支援という点で生成AIチャットシステムが教育の質を向上させる可能性が考えられる。

またSTEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) 教育は学際的なアプローチによって創造的問題解決能力を育成することを目指している[10]。ジェネラティブアート制作支援をオンライン形式で実施する場合、対面形式と比較して直接的なフィードバックや実践的な指導面での制約は避けられない[1]。しかしコードや作品の共有が即時に行えることで地理的制約を超えた協働が可能となり、学際的な活動における多様な視点や技術の交換を促進する。これはSTEAM教育が目指す分野横断的かつ共創的な学びという理念に合致する。

3. Creative Copilot の設計と実装

オンライン講義におけるジェネラティブアート制作支援に生成AIを活用するために、生成AIチャットシステムCreative Copilotを開発した。

特に学生が簡単に質問や応答を選択できるようにすることで対話の流れをスムーズにし、学習者の積極的な参加を促すためにクイックリプライという提案機能を実装した。この機能によりシステムの利便性を高め、学生が対話内容に集中しやすくすることを目指した。図1に実際の対話およびクイックリプライの例を示す。

また情報の正確性を担保するための技術であるRAG (Retrieval-Augmented Generation) を実装した。RAGは外部データベースからの情報を取り込み、生成するテキストの精度と信頼性を向上させるための技術である[11]。これにより生成される内容の事実性を高め、最新の情報を統合することができる。図2にRAGによるツールの公式リファレンスの参照の様子を示す。

フロントエンド開発の言語はJavaScript、フレームワークはReactを選択し、バックエンド開発の言語はPython、フレームワークはFlaskを選択した。データベースはFirestoreを使用し、大規模言語モデルはOpenAIのGPT-4oを採用した。

フロントエンドはユーザーインターフェースの提供を担当し、バックエンドはOpenAIのAPIとの通信およびデータ処理を担当する。Firestoreは対話ログの保存に使用される。このアーキテクチャによりリアルタイムの対話と柔軟なデータ管理が可能となっ

ている。

なおOpenAIのAPIに送信するプロンプトを調整し、学習者の興味関心や知識レベルに応じて適切な返答が得られるようにした。



図1：実際の対話およびクイックリプライの例



図2：RAGによるツールの公式リファレンスの参照例

4. 評価方法

Creative Copilotの有効性を多角的に評価するた

め混合研究法 (Mixed Methods Research) を採用した。このアプローチにより定量的および定性的データを統合し、システムの教育的効果と学習体験への影響を総合的に分析することが可能となった。

4.1. 研究参加者

本研究の参加者は美術大学の通信教育課程に在籍する学生36名 (年齢層：20代から50代) であり「デザイン基礎ⅡB/情報システム基礎Ⅰ」という講義の受講者であった。この講義は大学のカリキュラムに正式に組み込まれているため、倫理的配慮から対照群の設定はおこなわなかった。サンプルサイズが36名と比較的小規模であり、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。しかし、多様な年齢層と背景を持つ学生を対象としたことで、一定の多様性を確保している。

4.2. 講義構成

講義はリアルタイム完全オンラインによるリモート形式 (Zoomを使用) で実施され、土日4日間にわたり各日8時間の集中講義として行われた。内容は「ジェネラティブアート制作」である。

講義は前半2日の座学形式による前提知識パートと、後半2日の実習形式による制作パートで構成されており、前半と後半の間には2週間の間隔を設けた。

前半の前提知識パートではジェネラティブアート制作に使用するためのプログラミング技術の基礎講義を実施した。変数、制御文、関数、オブジェクト指向の概念などについて実際にコードを書きながら学習した。これにより、学生は制作パートで必要となる技術的基盤を構築した。

後半の制作パートでは学生各々が個別のジェネラティブアート制作をおこなった。教員は必要に応じて技術的支援やアドバイスを提供したが、基本的には学生の自主性と創造性を重視した。

前半と後半の間の2週間には、中間課題としてジェネラティブアートに関するリサーチ (概念、歴史、先行作品、使用技術、制作観点など) の報告書作成を課した。このリサーチは制作のための事前課題としての位置付けであることを明示しているため、後半に向けての自習を促す構成となっている。

4.3. データ収集方法

データ収集は複数の方法を用いておこなった。質問紙調査を前半2日終了直後と全講義終了直後の2回

実施し、積極的参加度、内容理解度、満足度に関して5段階リッカート尺度で回答を収集するとともに、それまでの講義に関する自由記述の回答を収集した。

質問紙調査の質問項目は表1の通りである。また受講生36名に対して有効解答率は100%であった。

表1：質問紙調査の質問項目

調査内容	質問項目
積極的参加度	自ら進んで講義に取り組むことができましたか？
内容理解度	講義の内容を理解することができましたか？
満足度	講義の満足度を教えてください。
自由記述1	講義全体を通して大切だと思ったことを教えてください。
自由記述2	Creative Copilot を使ってみた感想を教えてください。 (※Creative Copilot を使用した場合)

全講義終了後には講義全体の推奨度を0から10までの11段階で評価するNPS (Net Promoter Score) 調査も実施した。さらに講義期間および終了後から2週間のCreative Copilotの対話ログを取得した。なお対話ログは匿名化されている。

4.4. 分析手法

収集したデータに対し定量的分析と定性的分析を実施した。定量分析では質問紙調査の結果に対し対応のあるt検定を用いて講義前後の変化を分析した。NPSスコアを算出しシステムの推奨度を定量的に評価した。対話ログについては平均発話数や平均文字数などを算出した。

定性分析では、自由記述回答に対してテーマティック分析[12]を実施した。テーマティック分析を選択した理由は、本研究の目的が学生の学習体験やシステムの効果に関する多様な視点を理解することであり、この手法が質的データからパターンやテーマを体系的に抽出し、参加者間の共通点や差異を明らかにするのに適しているためである。具体的な手順は以下の通りである。

1. データの熟読：自由記述回答を何度も読み込み、全体的な内容と感情を把握した。これにより、学生がCreative Copilotに対してどのよう

な印象や感想を持っているかを理解した。

2. 初期コードの生成：各自由記述から重要なフレーズやキーワードを抽出し、それらにコードを付与した。例えば、「効率的に学習を進められた」という表現には「学習効率向上」というコードを付けた。
3. テーマの検索：生成したコードを類似性や関連性に基づいてグループ化し、潜在的なテーマを見つけ出した。例えば、「学習効率向上」「理解度向上」「満足感」は「満足度」というテーマに統合した。
4. テーマのレビュー：仮定したテーマがデータ全体を適切に反映しているかを確認した。コードや原文を再度見直し、テーマが重複していないか、明確に区別できるかを検討した。必要に応じてテーマを修正・追加した。
5. テーマの定義と命名：各テーマの内容を明確にし、わかりやすい名称を付けた。最終的に以下の6つの主要なテーマが抽出された。
 - 満足度
 - 積極的参加度
 - 創造的思考
 - 問題解決能力
 - ジェネラティブアート制作スキル
 - 学習支援ツールとしての評価
6. 報告の作成：各テーマに関連する自由記述の具体例を引用しながら、分析結果をまとめた。例えば、「満足度」に関しては「対人だと遠慮してしまうところを、対AIであることで気楽さもあった」という学生のコメントを示し、システムが心理的ハードルを下げる効果を持つことを説明した。

この手順により、自由記述回答から学生の学習体験やシステムの効果に関する主要なテーマを体系的に抽出し、質的な洞察を得ることができた。テーマティック分析の具体的な適用により、学生がCreative Copilotをどのように活用し、どのような影響を受けたかを深く理解することが可能となった。

また対話ログの質的分析をおこない、学生の対話パターンの変化を分析した。これにより、学生がシステムとの対話を通じてどのように学習を深化させていったかを明らかにした。

これらの多角的な評価手法によりCreative Copilotの短期的な教育効果と学習体験への影響を総合的に評価することが可能となった。

4.5. 倫理的配慮

本研究の参加者には研究の目的、方法、データの取り扱いについて説明し、書面で同意を得た。調査への参加が任意であること、および参加の有無が成績評価に影響しないことを明確に説明した。収集したすべてのデータは匿名化処理をおこない個人が特定できないよう配慮した。取得した情報は厳重に管理し、研究終了後に適切な方法で破棄することを約束した。

5. 結果

5.1. 質問紙調査に関する分析

積極的参加度、内容理解度、満足度に関して、講義の中間時点と終了時点で統計的に有意な改善が観察された。対応のあるt検定を用いて評価をおこなった結果、以下の変化が確認された。

積極的参加度は平均値が3.76 (SD = 0.63) から4.24 (SD = 0.56) へと有意に上昇した ($t(35) = -2.7748$, $p = 0.0091$)。効果量Cohen's $d = 0.4830$ と中程度の効果が示された。

内容理解度は平均値が3.42 (SD = 0.88) から3.97 (SD = 0.28) へと有意に上昇した ($t(35) = -3.6045$, $p = 0.0010$)。効果量Cohen's $d = 0.6275$ と中程度の効果が示された。

満足度は平均値が4.15 (SD = 0.63) から4.58 (SD = 0.25) へと有意に向上した ($t(35) = -2.8106$, $p = 0.0084$)。効果量Cohen's $d = 0.4893$ と中程度の効果が示された。

これらの結果をまとめて表2として以下に示す。前半の座学で基礎知識をしっかりと学んだことが後半の制作パートでの積極的参加度と内容理解度の向上につながったと考えられる。特に、基礎知識の習得と制作との間に2週間のリサーチ期間を設けたことで、学生は自らのペースで理解を深めることができたと考えられる。また後半の制作パートにおけるシステムによる支援が積極的な取り組みと高い満足度につながったと推察される。

これらの結果はCreative Copilotを含む演習が肯

定的な影響を与えたことを示している。特に内容理解度における効果はジェネラティブアートのような馴染みの薄い内容の学習において理解を深める上でシステムが効果的に機能したことを示唆している。

5.2. 自由記述に関する分析

Creative Copilotを使用した学生は全体の52.8% (19/36名)であった。利用者の自由記述の回答に対してテーマティック分析を実施した結果、回答は肯定的 (11名)、中立 (6名)、否定的 (2名) に分類された。主要テーマとして、満足度、積極的参加度、創造的思考、問題解決能力、ジェネラティブアート制作スキル、学習支援ツールとしての評価、が抽出された。

利用者の57.9% (11/19名) が満足度に肯定的な影響を報告し、36.8% (7/19名) がツールの頻繁な使用による積極的参加を示した。創造的思考への効果については31.6% (6/19名) が向上を報告し、問題解決能力の向上は47.4% (9/19名) が言及した。ジェネラティブアート制作スキルの具体的な向上は21.1% (4/19名) が報告し、52.6% (10/19名) がCreative Copilotを学習支援ツールとして肯定的に評価した。また、21.1% (4/19名) が生成AIチャットボット特有の活用の難しさ (出力の精度が入力の精度に依存すること) を指摘している。

特徴的な回答をいくつかピックアップすると、肯定的な回答として

- 「・まずは一通り答えを知ること、具体を持って概念を知ることができたためとても効率的に学習を進められた・対人だと遠慮してしまうところを、対AIであることで気楽さもあった・Processing初心者からすると、まずは理想の形ができる、というところで心理的ハードルが大きく下がった」
- 「解説がわかりやすい。Processingの公式の日本語リファレンスないので、まずこのアプリで調べてから、Processingの公式リファレンスで使い方の詳細を確認した。」

表2：質問紙調査に関する統計処理結果

	平均値		標準偏差		p値	優位差	効果量	効果
	中間時	終了時	中間時	終了時				
積極的参加度	3.76	4.24	0.63	0.56	0.0091	あり	0.4830	中程度
内容理解度	3.42	3.97	0.88	0.28	0.0010	あり	0.6275	中程度
満足度	4.15	4.58	0.63	0.25	0.0084	あり	0.4893	中程度

中立的な回答として

- 「こうじゃないんだよなと思うこともありましたが、基礎的な部分や局所的で具体的な指示をと思った通り答えてくれるなど。」
- 「コードが長くなってきたときに使用したため、不具合点を見つけるまでに何度か質問を変えて問い合わせた。後半に問題があったときに時間がかかったが、ヒントは多くもらえたと感じた。」

否定的な回答として

- 「依頼文にもよると思いますが、思ったようなイメージを出すことは難しいと感じました。」
- 「出力結果をスムーズに課題に活かすためには、質問するにもコツがいる。」

といった回答があった。

満足度や問題解決能力の向上を報告した学生の割合が半数前後であったことは、新しい教育ツールの初期導入段階としては前向きな結果と考えられる。特に、通信教育課程という制約の中で、多くの学生が肯定的な変化を感じたことは、Creative Copilotの効果を示唆される結果として注目に値する。

これらの結果は、システムが学習体験の質を向上させる可能性を示すと同時に、効果的な活用のためにはツールの使用方法に関する適切なインストラクションの必要性も示唆している。

5.3. NPS (Net Promoter Score) の分析

NPS (Net Promoter Score) は、利用者がどの程度そのサービスや製品を他者に推奨する意向があるかを測定する指標である [13]。0から10の11段階で評価され、得点に応じて回答者は推奨者 (9-10点)、中立者 (7-8点)、批判者 (0-6点) に分類される。NPSは「推奨者の割合 (%) - 批判者の割合 (%)」で算出され、その値は-100から+100の間となる。一般的に、NPSがプラスであれば顧客満足度が高いとされる。

本研究のNPS分析結果は+13.89となり、推奨者25% (9名)、中立者63.89% (23名)、批判者11.11% (4名) という構成であった。この結果は、推奨者の割合が批判者の割合を上回っており、Creative Copilotに対する肯定的評価が優勢であることを示している。またNPS7以上の回答者が88.89% (32名) を占めていることから、多くの学生がシステムを肯定的に受け入れていることが示唆された。

5.4. 対話ログの分析結果

対話ログの量的分析の結果、一回あたりの平均発話数は図3であり、一回あたりの平均発話数の平均値は4.12 (SD = 6.13, 95% CI [3.21, 5.03]) であった。一回あたりの平均発話文字数は図4であり、一回あたりの平均発話文字数の平均値は274.5 (SD = 464.7, 95% CI [205.47, 343.57]) であった。日毎の発話数は図5であり、日毎の平均発話数の平均値は6.80 (SD = 7.14, 95% CI [3.74, 9.85]) であった。

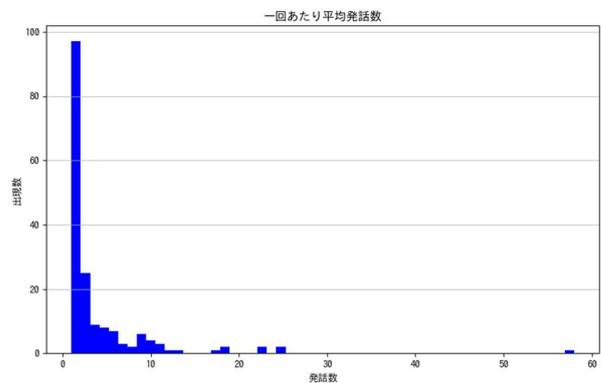


図3：一回あたりの平均発話数

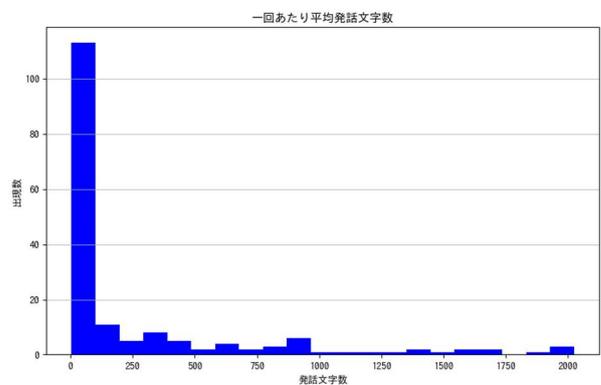


図4：一回あたりの平均発話文字数

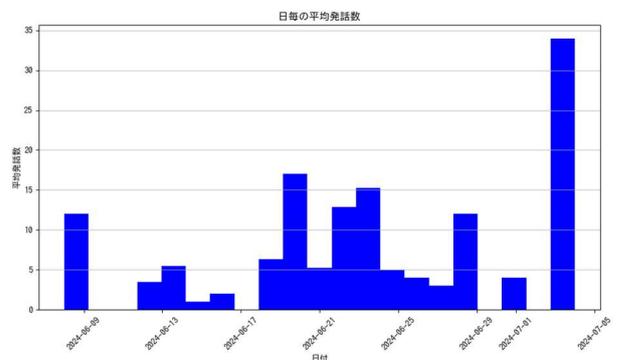


図5：日毎の平均発話数

ヒストグラムの区間に関してはフリードマン・ダイコニスのルールによって算出した[14]。各々の数値には非常に大きなばらつきが見られ、学生によって使用方法が異なることが示された。

また期間中の全体の発話数は785件であり、そのうちクイックリプライによる発話は95件(12.1%)であった。これらの結果は学生がCreative Copilotと実質的な対話をおこなっていたことを示している。

具体的には、クイックリプライはシステムが提示する定型的な応答を選択するものであり、これに対してクイックリプライ以外の発話(全体の87.9%)は学生が自ら入力したオリジナルな発話である。高い割合のオリジナル発話は、学生が自分の言葉で質問や意見を述べ、システムと能動的かつ深い対話を行っていたことを示唆する。

質的分析の結果、学生の対話パターンは初期段階から中期段階をへて後期段階へと変化していった。

クイックリプライを使用し、システムの使い方とジェネラティブアートの基本概念を学習する傾向が見られた(初期段階)。自身の言葉で質問や意見を述べるようになり、より具体的な企画内容の相談が増加した(中期段階)。自作のコードを提示しながら、より高度な技術的アドバイスを求める傾向が顕著になった(後期段階)。講義期間中の一連の対話のパターン分類結果は図6の通りであった。学習が進むにつれ中期段階および後期段階の対話の割合が増加した。

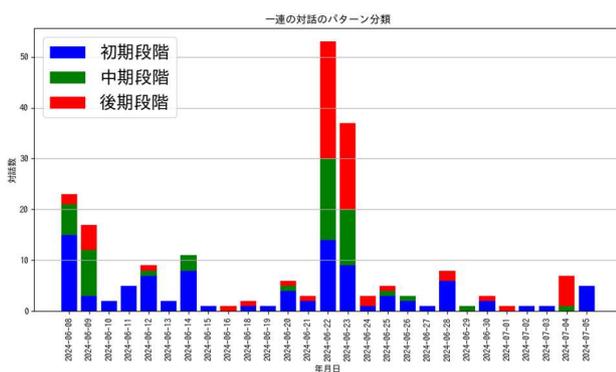


図6：一連の対話のパターン分類

各段階の具体的な対話内容の事例を以下に示す。なお具体的なコード部分については省略している。

初期段階：

- 「ジェネラティブアートとは何ですか。他のア

ートとは何が違うのでしょうか。具体例を交えながら教えてください。」※クイックリプライ

- 「ランダムネスを使った他の例を教えてください。どのように新しい表現が生まれるのか知りたいです。」※クイックリプライ
- 「ジェネラティブアートを製作中ですが、どんな要素がよく使われているのでしょうか」

中期段階：

- 「色相を15秒単位で切り替えたい時は何が必要となりますか」
- 「map関数を使って、色だけでなく形状も変化させることは可能ですか？具体的な例を教えてください。」
- 「ボールが落ちるとき、重力の強さがランダムに変わるようにして、落ちる速度にバリエーションを持たせたい。」

後期段階：

- 「以下のコードを、三角形同士の重なりを許容し、中心の円形がなくなるように作り変えたいです。[具体的なコード]」
- 「以下のコードで生成した図形は花のような形をしていますが、もう少し図形同士の距離を大きくして、それぞれの頂点が尖った感じになるようにしたいです。[具体的なコード]」
- 「ドラッグしていないのに円が素早く動いてしまうところがあります。おそらく過去にドラッグした時の避ける挙動を引き継いでしまっているのかと思うのですが、どうやったらその引き継ぎをなしにできますか？[具体的なコード]」

この対話パターンの変化は、学生がCreative Copilotを通じて、基本的な概念の理解から具体的な問題解決、さらには高度な技術的探究へと学習を深化させていったことを示唆している。

これらの結果はCreative Copilotがジェネラティブアート教育において効果的なツールであり、学生の学習体験を多面的に向上させる可能性を持つことを示している。特に、積極的参加度、内容理解度、満足度、の向上はCreative CopilotがSTEAM教育の目標である学際的な学びと主体的な学習態度の育成に貢献していることを示唆している。ただし、サンプルサイズの小ささと短期的な調査期間による限界を考慮すると、これらの結果を一般化する際には注意が

必要である。

6. 考察

本研究の結果は、Creative Copilotが通信教育課程におけるジェネラティブアート教育に対して多面的かつ肯定的な影響を与えていることを示している。質問紙調査、自由記述、NPS、および対話ログの分析結果を総合的に考察すると、このシステムが学習者の積極的参加、内容理解、満足度の向上、そして即時的フィードバックの提供という複数の側面で効果を発揮していることが明らかになった。

特に注目すべきは、これらの要素が相互に強化し合う関係性を持っていることである。質問紙調査の結果が示す積極的参加度、内容理解度、満足度の有意な向上は、Creative Copilotが学習プロセス全体を向上させる効果を持つことを示唆している。この効果は、自由記述の分析結果とも整合しており、学生がシステムとの対話を通じて能動的に知識を構築し、問題解決能力を向上させていることが確認された。

この学習プロセスの改善は、構成主義的学習理論[15][16]と状況的学習理論[17]の両面から解釈することができる。Creative Copilotとの対話は、学生が自らの理解を深め、新しい概念を既存の知識構造に統合していく過程を支援している。同時に、ジェネラティブアートの制作という具体的な文脈の中で学習を促進することを実現している。

対話ログの分析結果は、これらの理論的解釈を裏付けるとともに、システムの実践的な効果を数値で示している。一日平均5回以上の対話、4回を超える平均発話数、274.5文字の平均発話文字数は、学生がCreative Copilotと深い対話を行い、継続的に利用していたことを示している。これは、通信教育における即時的フィードバックの不足という課題に対する有効な解決策となっている。一方で、学生によって利用方法が大きく異なることも同時に示されており、個別最適化の実現に向けて検討すべき事項である。

さらに、この即時的フィードバックの提供は、質問紙調査で確認された積極的参加度の向上と密接に関連していると考えられる。学生が必要なタイミングで、必要な回数だけ、そして必要な深さで対話を行えることは、学習への関与を促進し、結果として「学習者の孤立感の軽減」という通信教育の重要な課題に対処している可能性がある。

特に対話内容の質的な深まりが見られたことは重

要である。後期段階で学生が自身のコードや作品の一部を提示し、具体的な改良点や新たな表現手法についてCreative Copilotと議論していた例が複数確認された。これらの深い対話は、学生が学習内容を応用し、創造的思考を発展させていることを示しており、学習効果の高さを裏付けるものである。

自由記述の分析結果と対話ログの質的分析は、Creative Copilotが技術的なアドバイスと創造的な刺激の両方を提供していることを示唆している。これは、プログラミングスキルとデザイン思考の統合という、ジェネラティブアート教育の核心的な課題に対応するものである。学生は、システムとの対話を通じて、技術的な問題解決と創造的な表現の両面でサポートを受けており、これがSTEAM教育の理念に基づく学際的な学びを促進していると考えられる。

座学で得た基礎知識をもとに、自主的なリサーチを行うことで、学生は自身の興味や関心に合わせた学びを深めることができた。

NPSの高スコアは、一連の学習体験を通してこれらの多面的な効果が総合的に学生の満足度につながっていることを示している。システムの使用を通じて学生が自身の能力の向上を実感することで、学習に対する内的な動機づけが高まり、さらなる学習意欲につながるという好循環を生み出している可能性がある。

しかしながら、本研究にはいくつかの限界がある。特に、サンプルサイズが36名と小規模であり、統計的検出力に限界がある。また、質問紙調査を講義直後に実施したため、学生の講義に対する鮮明な印象や一時的な高揚感が評価に影響を与え、肯定的な回答が多くなった可能性がある。このため、結果が実際の学習効果を過大評価している可能性も考えられる。さらに、調査期間が講義期間中および講義直後と短期的であったため、長期的な効果や学習内容の定着度を評価できていない。これらの要因は、結果の信頼性や妥当性、そして一般化可能性に影響を与える可能性がある。今後の研究では、講義終了後に一定期間をおいて事後調査を実施し、学習内容の定着度や長期的な満足度を評価することが望まれる。

それでもなお、本研究は多角的な評価手法を用いて定量的および定性的データを統合し、結果の信頼性を高める努力を行った。さらに、学生の多様な年齢層やバックグラウンドを考慮することで、一定の一般化可能性を持たせている。今後は、より大規模なサンプルサイズや長期的な追跡調査を実施し、結果の

再現性と一般化可能性を検証することが求められる。

7. 結論

本研究は、通信教育課程におけるジェネラティブアート教育の課題に対応するために開発された生成AIチャットシステム「Creative Copilot」の効果を多角的に検証した。研究結果は、このシステムが通信教育における多様な課題に対する有効なアプローチとなる可能性を示している。

Creative Copilotは、STEAM教育の理念に基づく学際的な学びを促進し、学習者の自律性と創造性を支援する新たな教育ツールとしての潜在力を示した。システムの主要な機能である即時的フィードバック、個別化された支援、そして技術と創造性の融合促進は、通信教育の質向上に寄与し、学習者の孤立感軽減と継続的な学習動機の維持に重要な役割を果たすことが明らかになった。

特筆すべきは、Creative Copilotが学生の積極的参加度、内容理解度、満足度を有意に向上させたことである。これらの要素が相互に作用し、学習プロセス全体を向上させる好循環を生み出していることが示唆される。さらに、システムとの対話を通じて、学生はプログラミングスキルとデザイン思考を統合的に習得し、応用する機会を得ていることが示唆された。

対話ログ分析の結果は、学生がシステムと実質的かつ継続的な対話をおこなっていたことを示しており、これは通信教育における即時的フィードバックの不足という課題に対する有効な解決策となっている。この対話の質と量は、構成主義的学習理論と状況的学習理論の観点からも、効果的な学習環境の実現を裏付けるものである。

しかしながら、本研究にはいくつかの限界が存在する。対照群の欠如、比較的小さいサンプルサイズ、短期的効果のみの測定などは、結果の一般化可能性に影響を与える可能性がある。また、生成AI活用に伴う倫理的課題、特に創造的プロセスにおけるAIの役割、著作権の問題、AIへの過度の依存リスクなどについては、継続的な検討が必要である。

今後の研究方向性としては、より長期的な効果の検証、大規模サンプルを用いた検証、対象者の属性を絞り、対照群を設定した比較が求められる。さらに、生成AIを活用した教育システムが学習者の創造性や批判的思考力に与える長期的影響についても、さらなる探究が必要である。

本研究はサンプルサイズが36名と小規模であり、調査期間も短期的であるため、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。しかし、通信教育課程という環境下で多様な年齢層と背景を持つ学生を対象に実施したことにより、異なる学習者特性に対するシステムの有効性を示す初期的なエビデンスを提供できた。また混合研究法を用いて定量的・定性的データを統合的に分析することで、結果の信頼性を高める努力を行った。これらの知見は、今後の大規模な研究や長期的な効果検証の基盤となり得るものであり、教育における生成AI活用の可能性を示すものである。

8. 謝辞

本研究の遂行にあたり、本講義を受講し貴重な意見やフィードバックを提供してくださった受講生の皆様に多大なるご協力を賜ったことに深く感謝する。また講義運営および技術的支援に尽力した臨時助手および臨時教務補助の方々の貢献にも謝意を表す。

参考文献

- [1] Addimando, L. (2022). Distance Learning in Pandemic Age: Lessons from a (No Longer) Emergency. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16302.
- [2] Nake, F., & Grabowski, S. (2017). Think the Image, Don't Make It! On Algorithmic Thinking, Art Education, and Re-Coding. *Journal of Science and Technology of the Arts*, 9(3), 21-31.
- [3] Barrot, J. S., Llenares, I. I., & del Rosario, L. S. (2021). Students' online learning challenges during the pandemic and how they cope with them: The case of the Philippines. *Education and Information Technologies*, 26, 7321-7338.
- [4] Li, Q., Liu, Z., Wang, P., Wang, J., & Luo, T. (2023). The influence of art programming courses on design thinking and computational thinking in college art and design students. *Education and Information Technologies*, Vol.28, No.10885-10902.
- [5] Salta, K., Paschalidou, K., Tsetseri, M., & Koulougliotis, D. (2021) Shift From a Traditional to a Distance Learning Environment during the COVID-19 Pandemic. *Science & Education*, Vol.31, pp.93-122.

- [6] Dogan, M.E., Goru Dogan, T., & Bozkurt, A. (2023) The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies, *Applied Sciences*, Vol.13, No.3056.
- [7] Hutson, J., & Cotroneo, P. (2023) Generative AI tools in art education: Exploring prompt engineering and iterative processes for enhanced creativity, *Metaverse*, Vol.4, No.1, 14 pages.
- [8] Sharma, A., & Sharma, R. K. (2024). Transforming Education Through Technology: Empowering Students in The Digital Age, A Mini Review, *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.*, Vol.13, No.1, pp.1237-1242.
- [9] Nodeh, H. (2021) Students' Lived Experience of Online Education Challenges in the Covid-19 Era, *P J M H S*, Vol.15, No.8, pp.2401-2405.
- [10] Yakman, G. (2008). STEAM Education: An overview of creating a model of integrative education. Presented at the Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design & Engineering Teaching, Salt Lake City, Utah, USA.
- [11] Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-t., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2021) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks, arXiv, 2005.11401v4.
- [12] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- [13] Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016) Understanding Customer Experience Throughout the Customer Journey, *Journal of Marketing*, Vol. 80, No. 6, pp. 69-96.
- [14] Freedman, D., & Diaconis, P. (1981). On the histogram as a density estimator: L2 theory. *Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und verwandte Gebiete*, 57(4), 453-476.
- [15] ジャン・ピアジェ (1970). 構造主義, 白泉社, 東京
- [16] ヴィゴツキー (2003). 「発達の最近接領域」の理論—教授・学習過程における子どもの発達, 三学出版, 滋賀
- [17] ジーン・レイヴ, エティエンヌ・ウエンガー (1993). 状況に埋め込まれた学習: 正統的周辺参加, 産業図書, 東京