報　　告

生成 AI と可視化を活用した教育改革の方向性に関する報告

令和８年（２０２６年）９月２８日

日　本　学　術　会　議

総合工学委員会

科学的知見の創出に資する可視化分科会

この報告は、日本学術会議総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会の審議結果を踏まえ、総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会において取りまとめ公表するものである。

日本学術会議総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会

委員長	小山田耕二	連携会員	大阪成蹊大学データサイエンス学部学部長／教授
副委員長	武田秀太郎	連携会員	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科准教授
幹事	中村　浩章	連携会員	大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所研究部プラズマ・ 複相間輸送ユニット教授
幹事	日置　尋久	連携会員	京都大学大学院人間・環境学研究科教授
	明和　政子	第一部会員	京都大学大学院教育学研究科教授
	村山　美穂	第二部会員	京都大学野生動物研究センター教授
	越塚　誠一	第三部会員	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授
	淺間　一	連携会員	早稲田大学次世代ロボット研究機構ヒューマン・ロボット共創研究所上級研究員（研究院教授）
	大倉　典子	連携会員	環太平洋大学国際経済経営学部特任教授／芝浦工業大学名誉教授
	田中　覚	連携会員	立命館大学情報理工学部教授
	筑本　知子	連携会員	大阪大学レーザー科学研究所教授
	坪倉　誠	連携会員	神戸大学大学院システム情報学研究科 教授／理化学研究所計算科学研究センターチームリーダー
	藤代　一成	連携会員	駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ学部教授／慶應義塾大学名誉教授

教育改革と可視化小委員会

委員長	小山田耕二	連携会員	大阪成蹊大学データサイエンス学部学部長／教授
副委員長	筑本　知子	連携会員	大阪大学レーザー科学研究所教授
幹事	服部　翔大		横河デジタル株式会社コンサルティング事業本部 AI コンサルティング部マネージャー
幹事	水井　賢文		株式会社富士テクニカルリサーチ営業本部本社営業部本社営業室主幹
	志村　祐康		東京科学大学工学院准教授
	林　宏樹		雲雀丘学園中学校・高等学校教諭
	巳波　弘佳		関西学院大学副学長／教授
	山辺　真幸		一橋大学大学院ソーシャル・データサイエンス研究科特任講師／慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科特任講師

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	新田　浩史	参事官（審議第二担当）
	渡邊英一郎	参事官（審議第二担当）（令和８年７月から）
	角田美知子	参事官（審議第二担当）付参事官補佐
	冨岡千香子	参事官（審議第二担当）付審議専門職付
調査	辻　政俊	上席学術調査員

要　　旨

１　作成の背景

近年、日本においては科学的知見の創出力の低下が指摘されており、特に協働的問題解決能力や主体性・創造性といった非認知能力の育成が課題となっている。また、従来の教育は知識の再現を重視する傾向が強く、学習者の認知特性や非認知能力の個人差を十分に考慮してこなかったという構造的問題が存在する。一方、生成 AI の発展により、学習過程や相互作用を可視化し、思考や協働を支援する新たな教育環境の構築が可能となっている。このような背景のもと、生成 AI と可視化を活用した教育改革の方向性を整理する必要がある。

２　現状及び問題点

現在の教育においては、発話量や成績といった限定的な指標に基づく評価が主流であり、学習者の思考過程や貢献が十分に把握されていない。また、協働学習においては、特定の学習者に発話が偏ることや、十分に意見を表明できない学習者が生じることなど、参加の偏りが課題となり得る。さらに、生成 AI の教育利用については、活用経験の差により理解や態度にばらつきがあり、制度的支援や教育設計が十分に整備されていないという問題がある。

これらの課題により、学習者の多様性を前提とした教育や協働的学びの質の向上が阻害されている。

３　報告の内容

本報告では、生成 AI と可視化を基盤とした教育改革の方向性について、以下のように整理するものである。

第一に、生成 AI の出力に含まれる偏りを可視化し、批判的思考力を育成する教材として活用することが重要である。

第二に、生成 AI を用いて発話や議論構造を可視化し、グループ学習における参加の偏在を緩和することを目指した環境を整備することが考えられる。

第三に、生成 AI を提案支援ツールとして位置づけ、人間の判断力・倫理観と統合した教育を推進することが必要である。

以上のように、生成 AI と可視化を活用した教育改革は、人間の多様性を尊重しつつ、協働的学びと主体的思考を促進する基盤となり得る。

目　　次

１．背景：生成 AI 時代における教育改革と特性可視化の必要性 1
⑴公開シンポジウムにおける議論 4
⑵日韓共同アンケート調査から得られた示唆 5
⑶国内実践例 6
２．個人差の可視化及び生成 AI を活用したグループ学習支援の先行事例 9
⑴個人差（認知能力・作業記憶・非認知能力）の可視化を通じた教育改善の事例 ... 9
⑵生成 AI を活用したグループ学習支援の研究動向 9
３．海外事例に基づく、日本が今後開発を進めるべき教育技術の妥当性 11
⑴AI バイアスの教材化：AI の偏りを可視化し、批判的思考力を育てる必要性 11
⑵AI ファシリテーションの導入：協働学習の質を高める技術的根拠 11
⑶人間力と AI リテラシーの統合育成：国際潮流との整合性 12
４．具体的な改革の方向性 13
⑴AI バイアスの教材化：AI の偏りを可視化し、批判的思考力を育てる 13
⑵AI ファシリテーションの導入：グループ学習における参加促進環境の整備 14
⑶人間力と AI リテラシーの統合育成：提案支援ツールとしての AI 活用文化の確立 14
５．改革の効果を捉えるための評価観点と指標化 15
⑴学習者間の相互理解の深化を捉える指標 16
⑵グループ内の発話バランスを捉える指標 17
⑶学習者特性に応じた指導を捉える指標 17
⑷生成 AI 共創型学習の普及・定着と活用の質を捉える指標 18
６．倫理的留意点と今後の課題 19
７．結語 21
＜参考文献＞ 22
＜参考資料１＞審議経過 24
＜参考資料２＞シンポジウム開催 25

１．背景：生成 AI 時代における教育改革と特性可視化の必要性

近年、日本における科学的知見創出力の低下が、複数の国際指標や学術的議論により指摘されている。OECD の PISA 2015 調査では、日本の 15 歳生徒は、科学的リテラシー、数学的リテラシー、読解力に加え、協同問題解決能力についても国際的に高い成績を示した。一方、協同に対する態度に関する質問では、「異なる意見について考えるのは楽しい」と回答した生徒の割合が OECD 平均を大きく下回るなど、他者の異なる意見を積極的に受け止める姿勢には課題も認められた。この結果のみから日本の教育全体を評価することはできないが、知識・技能や課題遂行能力の高さに加えて、対話を通じて異なる意見を取り入れる主体的・協働的な学びを充実させる必要性を示唆する国際的指標の一つと位置づけることができる [1]。また、OECD Education at a Glance 2023 では、人的資本の質を支える能力として、創造性や協働性、主体性といった非認知的・汎用的能力の重要性が強調されている [2]。研究人材育成の観点からも、若手研究者数や博士課程進学率の低迷が指摘されており、知識を受動的に獲得する教育モデルからの転換が求められている。

この背景には、日本の教育が長らく「知識の正確な再現」を重視してきたことに加え、学習者一人一人の認知特性や非認知能力の違いを十分に考慮してこなかったという構造的課題がある。教育心理学及び協働学習研究では、作業記憶容量、注意制御、自己効力感、協調性といった個人差が、学習成果やグループ活動への参加の在り方に大きく影響することが示されている [3]。しかし、これらの特性は外見から把握しにくく、従来の教室環境では「発話量」や「成績」といった限定的な指標によって評価されがちであった。

一方、生成 AI の急速な発展は、教育環境に大きな変化をもたらしつつある。本報告における「生成 AI」とは、大規模言語モデルを基盤とし、文章や問い、要約などを生成する技術に加え、話者の発話音声や映像といった複数の情報様式を統合的に処理するマルチモーダル AI を含むものを指す。特に本報告で想定する生成 AI は、学習者や教育者の判断を代替する自律的主体ではなく、対話や学習過程を支援するための補助的技術として位置づけられる。生成 AI は、知識検索や文章生成といった機能を通じて学習者の思考や理解を補助するだけでなく、対話の履歴や作業の過程を手がかりとして、学習の進行状況や思考の変化を可視化する可能性を有している。本報告における「可視化」とは、データ分析や自動的な判断を行うことそのものを指すのではなく、学習過程や相互作用の様相を人間が理解・解釈しやすい形で表現することにより、教育者及び学習者による判断や省察を支援するための方法を指す。ここでの省察とは、提示された情報をもとに自らの指導実践や学習行動を振り返り、その意味や問題点を多角的に捉え直すことで、次の改善や学びへとつなげる一連の知的思考プロセスを意味する。可視化は意思決定を代替するものではなく、人間の判断を前提とした対話や検討を促進する補助的手段として位置づけられる。UNESCO は、生成 AI を教育に導入する際の指針として、「学習者中心性」「人間の判断の補完」「透明性と説明可能性」を重視し、AI を教師や学習者の代替ではなく、思考や判断を支援するツールとして位置づけるべきであると示している [4]。

日本の教育文化においては、協調性や集団調和が重視される一方で、学習場面における発話や自己主張が慎重になりやすい傾向が指摘されてきた。このような傾向は、日本に固

有のものとして単純化できるものではないが、OECD による国際比較調査においても、学習者の自己効力感や発話行動の現れ方が文化的・社会的文脈と密接に関連していることが示されている［1］［2］。こうした文化的・社会的背景のもとでは、学習場面において発話量の多寡が学習者の能力や理解度と短絡的に結び付けられやすいという課題も指摘されている。しかし、OECD が示す社会情動的スキルの枠組みでは、協働性や粘り強さといった能力は単純な行動指標からは測れないことが強調されている［9］。

特に注目されるのが、生成 AI を用いたグループ学習支援である。協働学習は、批判的思考力や多様な視点の統合を促進する有効な学習形態である一方で、発話の偏在や同調圧力、内向的学習者の沈黙といった課題を内包していることが指摘されてきた［3］［4］。こうした現象は日本に限らず多くの国・地域で観察されており、OECD の協働的問題解決能力に関する調査でも、グループ内での発話行動や意思表明の在り方が教育慣行や文化的背景と関連していることが報告されている［1］。 これに対し本報告では、協働学習の場面においてとりわけ「発話の偏在」や「少数意見の埋没」、「未検討論点の見落とし」といった教育上の構造的課題に着目し、その解決を図るアプローチを検討する。

近年、AI を活用して発話状況や論点の分布を分析・可視化し、協働学習を支援しようとする研究が進められている。その教育効果については、今後の実証的検証が必要である。これにより、従来は「能力が低い」と誤解されがちであった学習者の思考や貢献が、適切に認識される余地が広がる。

日本学術会議はこれまでも、可視化技術が科学的知見の創出に果たす役割を重視してきた。2017 年の提言「科学的知見の創出に資する可視化に向けて」では、可視化を単なる表現技術ではなく、人間の認知を拡張し、議論や理解を促進する知的基盤として位置づけている［5］。また、2023 年の見解「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準　総合工学分野～社会課題に立ち向かう総合工学分野の人材育成～」においては、社会課題に立ち向かう人材育成のために、分野横断的能力や協働的学習の重要性が明示されている［6］。

本報告における「可視化」とは、単なる画像化や情報提示を意味するものではなく、従来は把握しにくかった学習過程や相互作用、思考構造を、人間が理解・省察しやすい形で顕在化することを指す。可視化研究においては、しばしば “see the unseen（見えないものを見る）” という考え方が重視されてきた。本報告における可視化も、この立場に基づき、発話関係、論点分布、相互参照構造、未検討論点、思考過程の変化など、従来の教室環境では暗黙的であった関係性や過程を可視化対象として捉えるものである。

例えば、グループ学習において、発話頻度の偏在、少数意見の埋没、相互参照関係の偏りなどを図示・構造化することにより、学習者及び教育者による対話的な振り返りと判断を支援することを想定している。したがって、本報告における可視化は、生成 AI が生成した文章そのものを指すのではなく、学習活動や相互作用の背後にある構造や特徴を、人間が理解可能な形で表現するための方法論として位置づけられる。

これらを踏まえると、生成 AI を活用した「学習者特性の可視化」及び「参加促進型グループ学習環境の設計」は、教育学・情報学・心理学・倫理学を横断する複合的課題であり、

単一分野による検討では十分とは言えない。本報告でいう「学習者特性」とは、学力水準のみならず、認知能力（例：作業記憶、注意制御）、非認知能力（例：動機づけ、自己効力感、協調性）、及び学習行動の傾向を含む、学び方に関わる個人差の総体を指す。学術分野を代表し、社会に対して中立的かつ俯瞰的立場を有する日本学術会議が、この課題について報告することには大きな意義がある。

本報告は、生成 AI を教育の効率化手段としてのみ捉えるのではなく、人間の多様性を尊重し、学びの場における相互理解と参加を促進するための基盤技術として再定義することを目的とするものである。これは、「AI を使う教育」から「AI とともに考える教育」への転換を示すものであり、日本の教育改革における重要な視座を提供する。本報告は、特定の教育段階や制度に限定したものではなく、初等中等教育から高等教育に至る教育現場、及びそれを支える政策・社会的文脈を横断的に視野に入れ、生成 AI と可視化を人間中心的に活用するための基本的な方向性と留意点を整理することを目的とする。

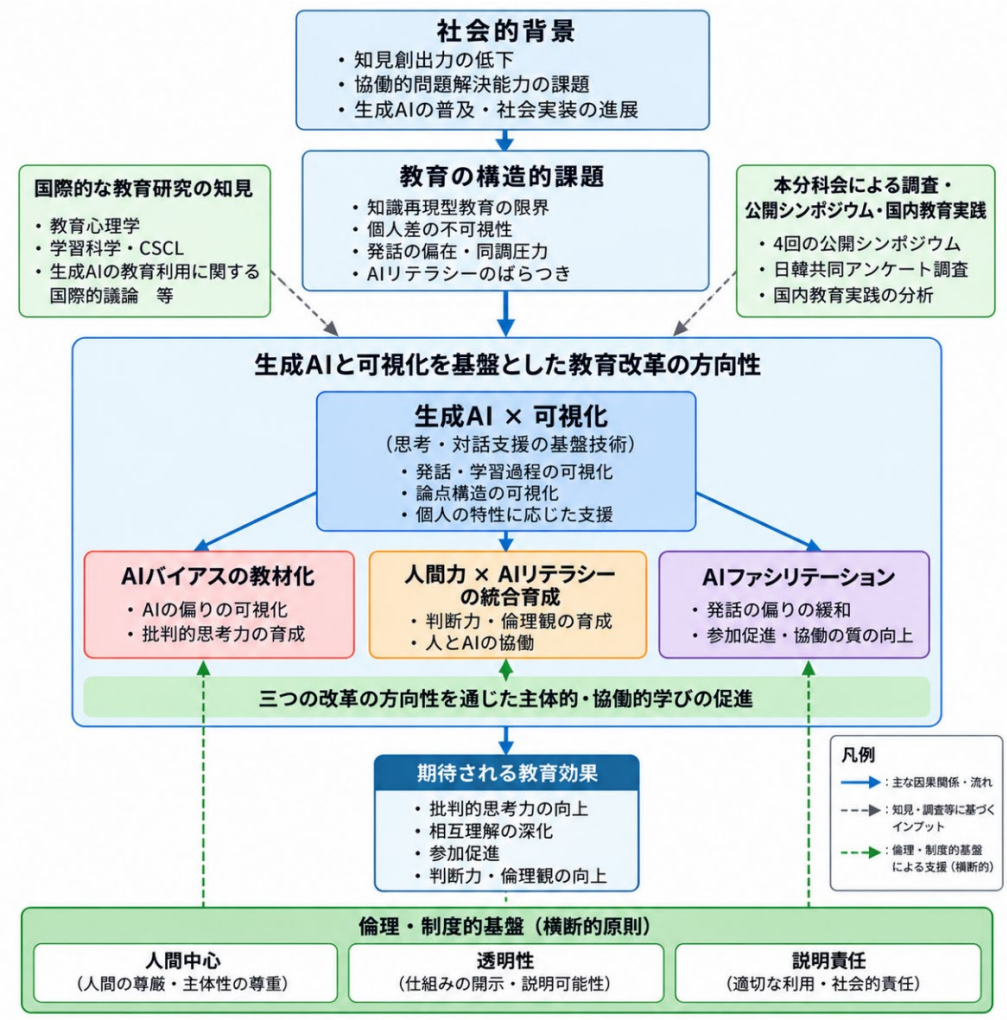


図　1　生成 AI と可視化を活用した教育改革に関する本報告の全体構造

（出典）総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会にて作成

図１は、本報告の全体構造を示したものである。まず、知見創出力の低下や協働的問題解決能力の課題、生成 AI の普及といった社会的背景を踏まえ、知識再現型教育や個人差の不可視性などの教育の構造的課題を整理した。その上で、生成 AI と可視化を思考・対話支援の基盤技術として位置づけ、「AI バイアスの教材化」「AI ファシリテーション」「人間力と AI リテラシーの統合育成」という三つの改革の方向性を提示している。さらに、これらの方向性が主体的・協働的学びの促進を通じて教育的効果につながることを示すとともに、人間中心・透明性・説明責任を基盤とする倫理的留意点を横断的原則として位置づけている。これら三つの方向性は、国際的な教育研究の知見、本分科会による調査・公開シンポジウム、及び国内教育実践の分析結果を踏まえて導出したものである。

(1) 公開シンポジウムにおける議論

本報告は、日本学術会議総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会が、2025 年度に開催した４回の公開シンポジウム（参考資料２参照）における議論の成果を踏まえて取りまとめたものである。これらのシンポジウムは、生成 AI の急速な普及を背景に、教育改革において可視化技術及び生成 AI をどのように位置づけ、活用すべきかを、多様な立場から検討することを目的として段階的に開催された。

2025 年４月に開催された公開シンポジウム「教育改革と可視化―生成 AI の普及と向き合う AI・データサイエンス教育」では、生成 AI が社会実装の段階に入りつつある現状を踏まえ、AI・データサイエンス教育の在り方が広く議論された。特に、生成 AI を単なる技術ツールとして扱うのではなく、科学的方法に基づく思考や課題解決能力の育成とどのように結び付けるかが重要な論点として共有された。また、教育現場における可視化の役割として、学習過程や思考の構造を明示し、学習者自身の気づきと行動変容を促す可能性が指摘された。

続く 2025 年７月の公開シンポジウム「生成 AI 時代の人間力育成」では、生成 AI が高度化する時代においても、人間に固有の判断力、協働力、責任感といった「人間力」の育成が不可欠であるとの認識が改めて確認された。本報告における「人間力」とは、生成 AI の存在を前提とした状況においても、人間が最終的な判断と責任を担うために必要な、判断力、倫理観、協働性、自己省察力の総体を意味する。学生のコンピテンシー評価結果や PBL（Project-Based Learning：実社会の課題解決にグループで取り組む課題解決型学習）教育の実践報告を通じて、可視化されたデータが学習者の自己理解を深め、主体的な学びを促進することが議論された。また、生成 AI は学習や指導を代替する存在ではなく、教員・学生双方の思考を支援する「提案支援ツール」として位置づけるべきであるとの共通理解が形成された。

また、2025 年 10 月に開催された公開シンポジウム「教育改革と可視化―生成 AI の光と闇」では、生成 AI の利点とともに、その内在するバイアスや倫理的課題が正面から取り上げられた。LLMに含まれる文化的・社会的バイアスを可視化し、それ自体を教材として批判的思考力を育成する可能性や、PBL 型グループ学習において生成 AI を発話促進のファシリテータとして活用する実践事例が共有された。また、AI による意思決定支援を

どのように人間の判断と協働させるかという倫理的論点について、「AIを使う倫理」から「AIとともに考える倫理」への転換の必要性が議論された。

さらに、2026年３月の公開シンポジウム『教育改革と可視化ー生成AIは大学をどう変えるのかー』では、山田礼子氏（同志社大学）による基調講演「生成AI時代の高等教育改革」が行われた。同講演では、生成AIの急速な普及を踏まえ、高等教育において「変えるべきもの」と「守るべきもの」を区別して議論する必要性が指摘された。具体的には、評価方法、授業設計、ガバナンス等については生成AI時代に対応した見直しが必要である一方で、批判的思考力、主体性、倫理的判断、人と人との対話といった教育の本質的価値は維持・発展させるべきであることが強調された。また、AI時代の教育改革は、学習者のウェルビーイングと包摂性の向上を目的として進められるべきであることが議論された。

本報告で提示する「AIバイアスの教材化」「AIファシリテーション」「人間力とAIリテラシーの統合育成」という三つの改革の方向性は、こうした第４回シンポジウムで議論された論点とも整合するものである。

⑵ 日韓共同アンケート調査から得られた示唆

本報告における議論を補完する探索的資料として、2026年２月に釜山大学（Pusan National University）及び大阪成蹊大学の教員を対象として実施した生成AI利用に関する共同アンケート調査の結果を紹介する。本調査では、両大学において同一の設問を用い、生成AIの利用状況、将来の利用に対する態度、教育利用に対する認識、制度的研修・支援の必要性、及び生成AIに関する自己評価等について回答を求めた。

回答者は、釜山大学26名、大阪成蹊大学191名であった。両大学では回答者数及び回答値の分散が異なるため、平均値の比較には等分散を仮定しないWelchのt検定を用いた。

その結果、生成AIの利用時間、将来の利用に対する前向きな態度、教育利用への賛成度、及び自己評価については、釜山大学の回答者群の平均値が大阪成蹊大学の回答者群より高かった。各項目について統計的な群間差が認められた（いずれも $p < .01$）。一方、制度的研修・支援の必要性については、両大学の回答者群の間に統計的に有意な差は認められなかった。

ただし、本調査は二大学の教員を対象とした探索的な横断調査であり、利用経験が生成AIへの態度や理解度を因果的に高めたことを示すものではない。また、大学間の差には、教育環境、専門分野、回答者構成等の影響が含まれる可能性がある。

その上で、生成AIの利用が多い回答者群を含む大学において、生成AIに対する理解や将来利用への態度も高い傾向が同時に観察されたことは、利用経験と生成AIに対する理解・態度との関連を今後検証する必要性を示唆している。また、制度的研修・支援の必要性について両大学に共通した認識がみられたことから、生成AIの教育利用を個々の教員の経験だけに委ねるのではなく、組織的な支援の在り方を検討する必要がある。

なお、本調査は本報告の三つの改革の方向性を実証するための調査ではなく、今後検証すべき課題を探索的に把握するための資料として位置づける。

⑶国内実践例

以上の議論は、国内の教育現場でも具体的な形を取り始めている。大阪成蹊大学データサイエンス学部における「未来クリエーションプロジェクト４」は、２年次後期に配置された演習科目であり、実社会の課題を想定したデータサイエンス実践を通じて、論理的思考力と協働的問題解決能力の育成を目的としている。本科目では、企業や組織を想定した課題設定のもと、学生が複数名のグループに分かれ、データの加工・分析・可視化を行い、その結果を提案としてまとめるPBL型学習が展開されている。

典型的な実践では、まず教員から提示される「加工済みデータ」を起点として、各グループが元データの構造や生成過程を推測する課題に取り組む。学生は、プライバシー保護やデータ加工の意図を踏まえながら、どのような情報が失われ、どのような推測が可能であるかを議論し、推定アルゴリズムを設計・実装する。この過程では、各自が異なるグループのデータを担当することにより、単一の正解に収束しない多様な仮説や分析方針が生まれる構造が意図的に設けられている。

グループ内の議論では、発話量や役割分担に偏りが生じやすい場面も見られるが、教員は中間段階で分析過程や議論の構造を可視化し、どの観点が十分に検討されているか、どの仮定が暗黙のまま置かれているかを学生と共有する。これにより、発言が少なかった学生が分析上の重要な気づきを示す場面や、異なる視点からの再検討が促されるなど、協働的学びの質的向上が示唆された。

最終段階では、各グループが元データ推定の方法と結果、推定に伴う限界や倫理的配慮について発表を行い、他グループからの質問や指摘を受けて考察を深める。学生は、分析結果そのものだけでなく、どのような仮定のもとで判断を行ったかを説明することが求められ、思考過程を言語化・可視化する経験を積む。この一連のプロセスを通じて、データ分析を「正解探索」としてではなく、不確実性を前提とした判断と対話の営みとして捉える姿勢が育成されている。

以上は、大阪成蹊大学データサイエンス学部における一つの授業実践であり、本分科会委員から提供された授業実践資料及び実践報告をもとに整理したものである。授業においては、学生が分析過程や判断の前提を言語化し、グループ内外で共有する活動が実施されている。

一方、生成AIによる議論ログ分析、未検討論点の提示、発話バランスの可視化等を統合した支援環境については、現時点ですべてが当該授業に実装され、その教育効果が実証されているものではない。そこで本報告では、実際の授業実践から得られた課題を出発点として、生成AIと可視化を活用した今後の学習支援環境を構想するための国内実践の一例として本事例を位置づける。

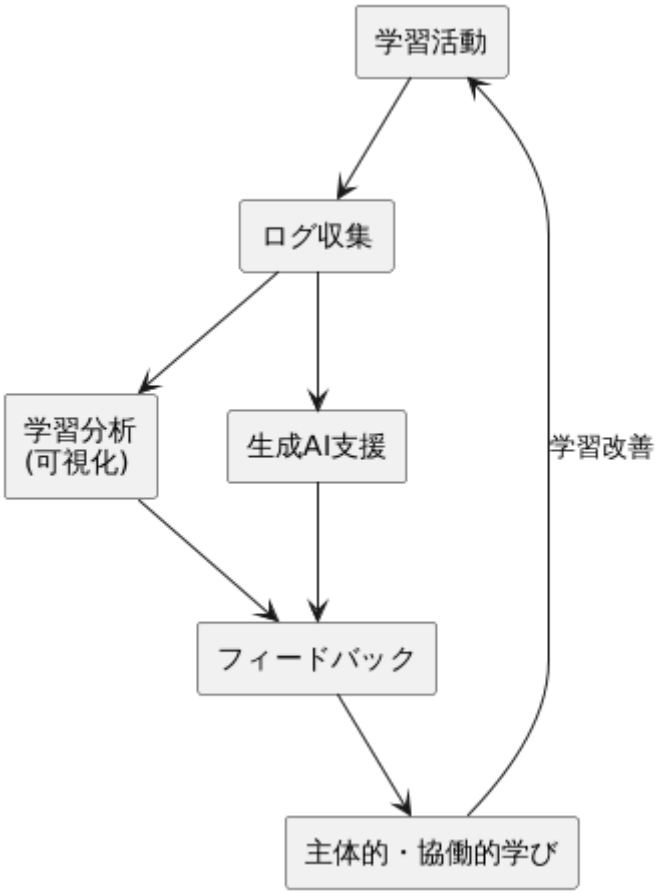


図 2　生成 AI を活用したグループ学習支援の概念モデル

（出典）総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会にて作成

図２は、大阪成蹊大学データサイエンス学部における授業実践から得られた課題を参考として、本報告が今後の方向性として構成した概念モデルである。したがって、図中のすべての機能が既に同大学で実装されていることを示すものではない。この図で、ログは、発話ログ、操作ログ、議論ログから構成され、それぞれの定義は、以下のとおりである。

- 発話ログ：学習者や教員による音声またはテキストでの発言内容及び発言時刻等を記録したデータ
- 操作ログ：学習支援システムや生成 AI 利用時の入力、閲覧、編集、資料参照等の操作履歴
- 議論ログ：発話ログ及び操作ログを基に、発言間の参照関係、論点の展開過程、意思決定の経緯等を含めて構造化した議論全体の記録

学習活動から得られる発話ログや操作ログを分析し、未発言者や少数意見、論点の偏りを把握する。その結果を基に生成 AI が論点要約、未言及論点の提示、問い生成等を行い、学習者及び教員へフィードバックすることで、協働的学習を支援する。

同時に、教員には学習者の参加状況や議論の進行状態を把握するためのダッシュボードが提供され、適切な介入判断を支援する。本概念モデルは、発話量の単純な多寡に依

存しない「個人差の可視化」と、生成 AI による参加促進機能を統合することで、協働的学習の質的向上を実現する基盤を示すものである。

本実践において観察されるように、グループ学習における発話量や役割分担には一定の偏在が生じる傾向があり、発話量の多寡のみでは学習者の理解度や貢献度を適切に評価できないという課題が明らかとなる。特に、発話が少ない学習者であっても、分析や仮説形成において重要な視点を有している場合があり、そのような貢献は従来の教室環境では可視化されにくい。

このことは、グループ学習の質を高めるためには、発話量の単純な計測ではなく、発話内容の関係性や思考過程、相互参照の構造を含めた「個人差の可視化」が不可欠であることを示唆している。また、こうした可視化は、単なる観察や記録にとどまらず、生成 AI を活用することにより、議論の偏在や未言及の論点をリアルタイムに提示し、学習者の参加を促進する仕組みとして設計される必要がある。

したがって、今後の教育環境においては、(1) 発話量及び発話内容の構造的把握、(2) 学習者間の相互参照関係の可視化、(3) 未発言者や少数意見の顕在化、(4) 教員による介入判断を支援する情報提示、という観点から、「個人差の可視化及び生成 AI を活用したグループ学習支援」に関する要件を体系的に整理することが求められる。

本報告は、上述の４回の公開シンポジウムで積み重ねられた議論やグループ討論の実践例から想起された課題を総合し、生成 AI と可視化を教育改革の文脈において人間中心的に活用するための方向性を整理したものである。具体的には、「AI バイアスの教材化」「AI ファシリテーション」「人間力と AI リテラシーの統合育成」の三つの改革の方向性を提示する。これらの方向性は、教育学・学習科学における知見、OECD や UNESCO 等の国際的議論、本分科会が実施した公開シンポジウム及び日韓共同調査、さらに国内教育実践の分析結果を踏まえて導出したものである。本共同調査で認められた大学間の差についても、その要因を文化的特性のみに帰属させることはできず、教育環境、専門分野、回答者構成等の影響を考慮する必要がある。

また、本報告は教育行政、学校・大学、教員、研究者及び産業界を主な対象とし、単発の技術導入や制度論にとどまらず、学習者の特性理解、協働的学びの質的向上、教員の指導判断の高度化、そして倫理的配慮を含む包括的な視点から、今後の教育改革に資する方向性を提示することを目的としており、教育効果の実証を目的とするものではない。

２．個人差の可視化及び生成 AI を活用したグループ学習支援の先行事例

⑴個人差（認知能力・作業記憶・非認知能力）の可視化を通じた教育改善の事例

教育心理学及び学習科学の分野では、学習成果の個人差が、知識量のみならず、作業記憶容量、注意制御、動機づけ、自己効力感といった認知的・非認知的要因に強く依存することが明らかにされてきた。特に作業記憶は、複数の情報を同時に保持・操作する能力であり、数学的推論、読解、問題解決などの高次認知活動において中心的な役割を果たすとされている［7］。

こうした知見を背景に、英国や米国を中心として Intelligent Tutoring System（ITS）の研究と実装が進められてきた。Koedinger らによる Cognitive Tutor をはじめとする ITS の研究では、学習者の解答履歴、誤答パターン、反応時間などをもとに、認知的負荷や理解状態を推定し、提示する課題の難易度や支援の量を動的に調整する手法が実用化されている［8］［10］。これにより、作業記憶容量の小さい学習者に過剰な負荷を与えることなく、段階的な理解を促進できる可能性が示されている。

ITS の具体例として、Carnegie Learning の Cognitive Tutor や ASSISTments が挙げられる。Cognitive Tutor については、学校現場を対象とした大規模な評価研究が行われており、導入初年度には明確な効果が確認されなかった一方、２年目には高校段階で統計的に有意な学習成果の向上が報告されている［11］。また、ASSISTments についても、中学校数学を対象としたランダム化比較試験において、システムを用いた宿題と教員研修を組み合わせた介入による学習成果の向上が報告されている［12］。これらは、学習者の解答履歴や理解状況に応じて学習支援を調整する技術が、教育実践の中で検証されてきた事例として位置づけることができる。

非認知能力の可視化に関しては、OECD が提唱する「Social and Emotional Skills（SES）」の枠組みに基づき、協調性、忍耐力、主体性などを質問紙調査や行動ログから推定し、学習支援に活用する試みが進められている［9］。また、協働学習における学習者の相互作用や調整過程を可視化し、学習者自身の振り返りや学習支援に活用する研究も進められている［13］［14］。

これらの事例に共通するのは、個人差を「能力差」として序列化するのではなく、「学び方の違い」として可視化し、学習改善の手がかりとして用いている点である。

⑵生成 AI を活用したグループ学習支援の研究動向

Computer-Supported Collaborative Learning（CSCL：コンピュータ支援協働学習）の研究では、生成 AI の普及以前から、議論ログを計算機的に分析し、協働学習の過程を把握・支援する研究が行われてきた［3］［15］。Rosé らは、自然言語処理を利用して協働学習過程を分析する方法を検討しており、これは現在の生成 AI を用いた対話分析につながる研究的基盤の一つと位置づけることができる［15］。

近年は、大規模言語モデルを協働学習に組み込み、学生との対話、フィードバック、グループ討論支援等に利用する探索的研究が進められている［16］［17］。例えば、LLM をグループ討論に参加する学習エージェントとして利用し、対話を継続的に把握して学生

の参加を支援しようとする研究が報告されている。一方、その研究では、単純なプロンプトのみでは複数話者の対話を正確に処理することや、教育的に適切な介入を生成することには限界があることも報告されている［17］。

したがって、生成 AI によって発話の偏りが緩和される、あるいは内向的な学習者の参加が向上するといった教育効果が既に一般的に実証されているとみなすことは適切ではない。 現段階では、生成 AI を用いて議論内容を整理し、未検討の論点や異なる視点を提示することによって協働学習を支援できる可能性が示されつつあり、その教育効果については今後の実証研究が必要である。

３．海外事例に基づく、日本が今後開発を進めるべき教育技術の妥当性

⑴AI バイアスの教材化：AI の偏りを可視化し、批判的思考力を育てる必要性

本報告における「AI バイアス」とは、学習データの構成、モデル設計、社会的・文化的背景等に由来して、特定の属性、価値観、立場等が AI の出力に体系的に反映される偏りを指す。これは、質問の表現や入力条件を変更したことによって単に出力が変化する現象そのものとは区別する。ただし、入力条件を意図的に変化させ、その出力差を比較することは、潜在する AI バイアスを検討する一つの方法となり得る。

UNESCO は、生成 AI の教育利用に際して、生成内容の信頼性、バイアス、文化的・言語的多様性等を批判的に検討する必要性を指摘している［4］。

そこで本報告では、生成 AI を「正解を提示する装置」としてのみ利用するのではなく、同一の課題について入力条件や表現を変化させ、その出力の差異を比較し、その差が単なる応答変動なのか、特定の社会的・文化的偏りを反映したものなのかを検討する学習活動を提案する。

このような活動が批判的思考力を高めるという教育効果については、今後の実証的検討が必要である。一方、AI の出力を無批判に受容せず、その根拠、限界、偏りを検討する学習機会を設けることは、人間中心の生成 AI 利用を求める国際的方向性と整合する［4］。

⑵AI ファシリテーションの導入：協働学習の質を高める技術的根拠

協働学習の重要性は国際的に広く認識されているが、実際の教育現場では、特定の学習者に発言が偏ることや、十分に意見を表明できない学習者が生じることなど、参加の偏りが課題となり得る。こうした課題に対して、近年、AI を活用してグループ学習における議論や参加状況を分析し、協働学習を支援する研究が進められている。

AI ファシリテーションとは、本報告では、生成 AI を用いて学習者間の議論や学習過程を整理・可視化し、未検討の論点、異なる観点、参加状況等を提示することによって、人間による対話や協働学習の調整を支援することをいう。生成 AI が議論そのものを主導したり、学習者に代わって判断したりすることを意図するものではない。

Learning Analytics や CSCL（Computer-Supported Collaborative Learning）の研究では、学習過程や相互作用を分析・可視化する研究が蓄積されてきた。一方、生成 AI を用いて議論の偏りや未検討論点を提示する支援については、近年研究が進められている段階にあり、その教育効果が十分に実証されているとはいえない。したがって本報告では、AI ファシリテーションを、既に効果が確立された教育技術としてではなく、協働学習を支援するために今後検証すべき改革の方向性として位置づける。

グループ学習では、学習者間の関係性や集団の状況によって、自らの意見を十分に表明しにくい場合がある。こうした状況に対して、AI を媒介として発話状況や議論の偏りを可視化し、異なる意見や未検討の論点を提示することは、人間によるファシリテーションを補完する手段となる可能性がある。ただし、その有効性については、教育現場における実証的な検証が必要である。

⑶人間力と AI リテラシーの統合育成：国際潮流との整合性

近年の国際的な AI 政策・教育政策では、「AI リテラシー」を単独の技能として捉えるのではなく、倫理、協働、創造性といった人間的能力との関係を重視する方向性が示されている。

EU の AI Act[18]や OECD の AI 原則[19]では、AI の社会実装において「人間の判断の最終責任」と「人間中心設計」が繰り返し強調されている。

教育分野においても、生成 AI を単なる「作業代行ツール」として用いるのではなく、学習者の思考を刺激し、選択肢を広げる提案支援ツールとして活用することが考えられる。こうした活用は、教員が授業設計や評価の在り方を見直す契機ともなり得る。

UNESCO の生成 AI に関するガイダンスでは、人間中心のアプローチを基本とし、生成 AI の利用において人間の主体性を維持することの重要性が示されている［4]。こうした考え方は、AI を単なる操作技能として捉えるのではなく、人間の判断や倫理と関連づけて利用する必要性を示している。

本報告では、こうした国際的な議論を踏まえ、AI リテラシーを AI の操作技能としてのみ捉えるのではなく、人間の判断力、倫理観、他者との協働、自らの学習や判断を振り返る省察と関連づけて育成することを重視する。人間力については、人間力戦略研究会（2003）が「社会を構成し運営するとともに、自立した一人の人間として力強く生きていくための総合的な力」と定義し、知的能力、社会・対人関係力、自己制御力をその構成要素として示している[20]。本報告では、この既存の定義を踏まえつつ、生成 AI 時代の教育という文脈から、特に判断力、倫理観、協働性、自己省察力に着目する。本報告では、これらを生成 AI 時代の教育において重視すべき「人間力」として位置づける。さらに、生成 AI を単なる支援ツールとして用いるにとどまらず、人間の思考や対話を触発する存在として位置づけ、人と AI が相互に影響し合いながら学びを深める学習の在り方を「生成 AI 共創型学習」と呼ぶ。以下では、この考え方を前提として、具体的な改革の方向性を整理する。

４．具体的な改革の方向性

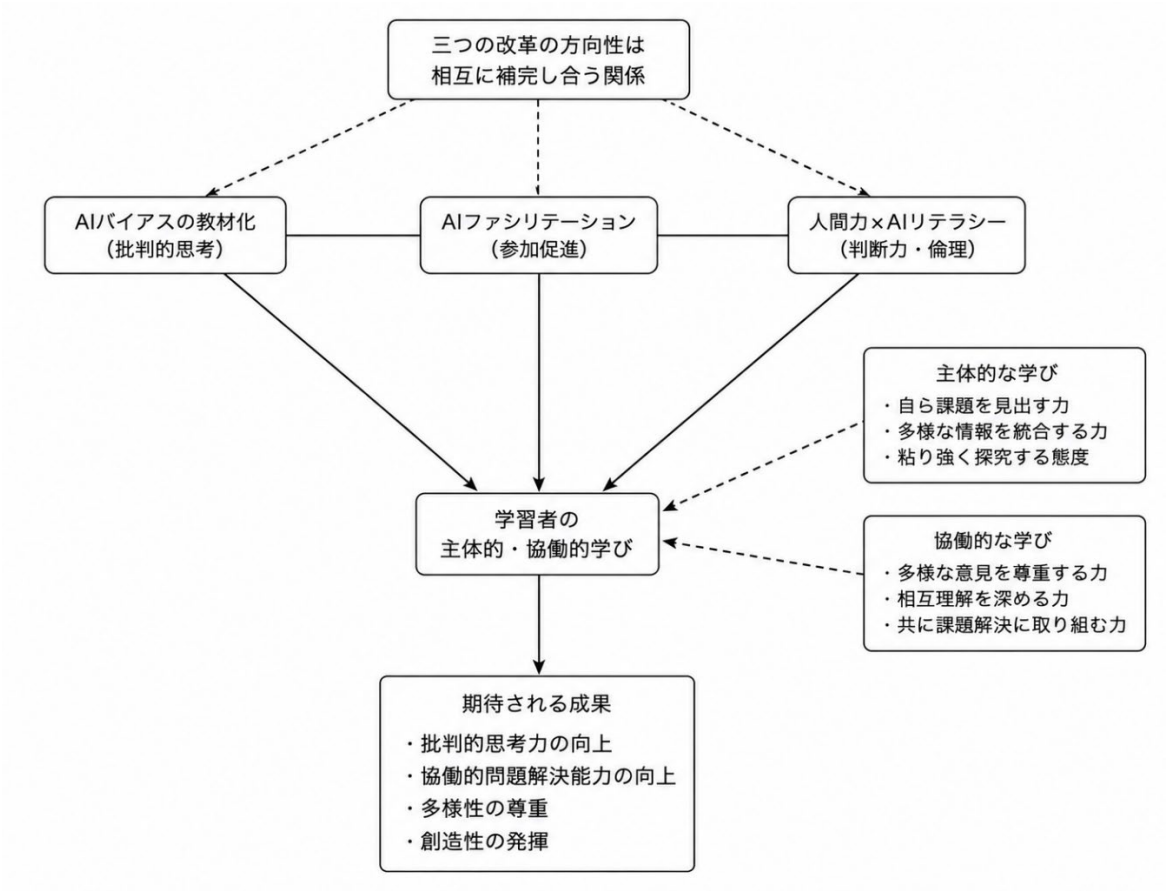


図 ３　三つの改革の方向性と主体的・協働的学びとの関係

（出典）総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会にて作成

図３は、本報告で提示する三つの改革の方向性を示すものである。「AI バイアスの教材化」「AI ファシリテーション」「人間力と AI リテラシーの統合育成」は、それぞれ異なる教育課題に対応するものであるが、本報告では、これらを相互に補完し得る方向性として位置づける。三つを組み合わせることによって教育効果が高まることが実証されているわけではない。むしろ、AI の出力を批判的に検討する能力、他者との対話を支援する環境、AI を利用しながら最終判断を人間が担う能力を相互に関連づけて教育設計することが重要ではないか、というのが本報告の提案である。

(1)AI バイアスの教材化：AI の偏りを可視化し、批判的思考力を育てる

日本の教育において AI バイアスを教材化する改革の方向性は、生成 AI を「正解生成装置」として扱うのではなく、「人間社会の価値観や限界を映し出す対象」として学習の俎上に載せることである。具体的には、同一の問いを異なる条件や表現で生成 AI に入力し、その応答の違いや偏りを比較・分析する学習活動を授業に組み込む。これにより、学習者が、AI の出力が一意ではなく、入力条件や学習データ、モデルの設計等の影響を受け得ることを検討する機会となる。

AIバイアスの教材化は「なぜその答えが出たのか」「他の答えはあり得ないのか」と問い返す姿勢を育てる点に意義がある。教員はAIを評価者として用いるのではなく、誤りや偏りを含む教材資源として位置づけることで、科学的リテラシーやメディアリテラシーと接続した批判的思考力育成につなげることが期待される。

⑵AIファシリテーションの導入：グループ学習における参加促進環境の整備

AIファシリテーションの導入は、グループ学習における参加状況や議論の過程を可視化し、学習者と教員による協働学習の調整を支援することを目指すものである。具体的には、AIを用いて発話量、論点の分布、未言及の視点等を分析・可視化し、議論の状況を学習者や教員にフィードバックする仕組みを整える。AIは結論を提示するのではなく、参加状況や異なる観点、未検討の論点などのメタ情報を提示する役割を担う。こうした情報を学習者自身が参照することにより、議論の状況を振り返り、必要に応じて参加や議論の進め方を調整することが期待される。AIによる支援は教員や学習者によるファシリテーションを代替するものではなく、それを補完する手段として位置づけ、その教育的効果については今後実証的に検証する必要がある。

⑶人間力とAIリテラシーの統合育成：提案支援ツールとしてのAI活用文化の確立

人間力とAIリテラシーの統合育成における改革の方向性は、AIを「使ってよいか否か」という管理対象から、「共に考えるための提案支援ツール」へと再定義する点にある。学生に対しては、AIの出力をそのまま採用するのではなく、複数案の一つとして比較・検討し、自らの判断で取捨選択する学習設計を行う。一方、教員に対しても、授業設計や評価基準の検討にAIを活用し、その過程を学生と共有することが重要である。

このような教育設計により、AI活用を単に禁止・許容の対象として扱うのではなく、AIをどのように利用し、どのように判断したかという思考過程を学習者が明示する学習文化への転換を促すことが期待される。本報告でいう「人間力」をAIと対立する概念としてではなく、AIリテラシーと相互に関連するものとして捉え、AIの提案を批判的に検討し、自ら判断し、その判断に責任を持つことのできる学習者を育成することが重要である。

５．改革の効果を捉えるための評価観点と指標化

以下では、第４章で提案した「AI バイアスの教材化」「AI ファシリテーションの導入」「人間力と AI リテラシーの統合育成」という三つの改革の方向性について、その教育的効果をどのように把握・評価するかに焦点を当てる。

本章では、**学習者間の相互理解、グループ内の発話バランス、学習者特性に応じた指導、生成 AI 共創型学習の普及・定着**という四つの評価観点を提示する。これらは三つの改革の方向性と一対一に対応するものではなく、それぞれの改革が主体的・協働的学びに及ぼす効果を異なる側面から評価するための観点として位置づけるものである。具体的には、

- **AI バイアスの教材化**は、批判的思考や他者理解を促進することから、**学習者間の相互理解**や**生成 AI 共創型学習**の観点と深く関係する。
- **AI ファシリテーション**は、発話の偏在を緩和し協働的学習を支援することから、**グループ内の発話バランス**や**学習者特性に応じた指導**の観点と密接に関係する。
- **人間力と AI リテラシーの統合育成**は、人間による判断や倫理的活用を重視することから、**生成 AI 共創型学習**や**学習者特性に応じた指導**を通じて評価される。

このように、四つの評価観点は三つの改革を相互補完的に評価するための枠組みであり、それぞれの改革が主体的・協働的学びの形成にどのように寄与しているかを多面的に把握することを目的としている。

ここでいう概念操作化（concept operationalization）とは、学習者をテストや数値によって評価・序列化することを意味するものではない。むしろ、日常の授業やグループ活動の中で、どのような対話や関わりが生じているのかを教員と学習者が振り返り、指導や学習改善に生かすための視点を共有することを目的としている。本改革は、「態度」「理解」「参加」「文化」といった抽象度の高い概念を対象としているため、従来のテスト得点中心の評価では効果を十分に捉えることができない。そのため、行動ログ・相互作用・意思決定過程を可視化し、複数指標を組み合わせて評価する設計が不可欠である。以下では、各観点ごとに、測定可能な指標へと落とし込むための方策を示す。

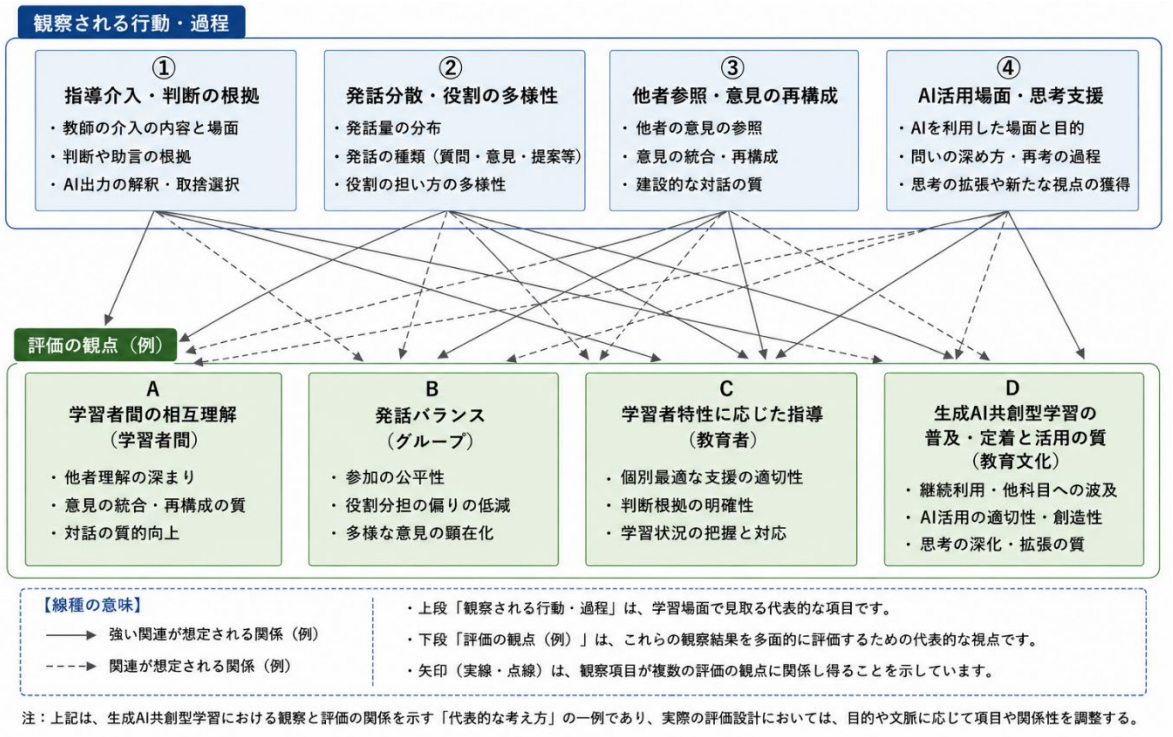


図 4　教育改革の効果を捉えるための観点と対象の対応関係（概念整理）

（出典）総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会にて作成

図４は、第４章で提案した三つの改革の方向性を、どのような評価観点から把握するかを整理した概念図である。四つの評価観点は三つの改革の方向性と一対一に対応するものではなく、主体的・協働的学びを形成する過程を多面的に評価するための枠組みとして位置づけている。具体的には、学習者間の相互理解、グループ内の参加状況、教育者による指導の在り方、生成 AI 共創型学習の定着状況を、それぞれ観察可能な行動や学習過程と対応付けることで、三つの改革の効果を総合的に評価することを意図している。本図は代表的な考え方を示した概念図であり、すべての指標や方法を一律に導入することを目的とするものではない。なお、以下の四つの評価観点は、三つの改革の方向性と一対一に対応するものではなく、複数の改革に横断的に関係するものである。

(1) 学習者間の相互理解の深化を捉える指標

本節では、「AI バイアスの教材化」及び「人間力と AI リテラシーの統合育成」によって期待される批判的思考や他者理解の深化を評価する観点として、学習者間の相互理解を取り上げる。学習者間の相互理解は主観的概念であるが、「他者の考えを把握し、それを踏まえて自らの思考を調整する行為」と定義することで操作化が可能となる。具体的には、グループ学習前後での相互認知の変化に着目する。

測定方法としては、

- 他者の意見要約の正確性
- グループ内で参照された他者意見の回数
- 自己の意見修正・再構成の頻度

などを指標とする。生成 AI を用いて議論ログを分析することで、「誰の発言が、どの程度他者の発言に言及しているか」「異なる立場を踏まえた発言がどれだけ出現しているか」を定量的に把握することが考えられる。また、学習者自身に「他者の考えをどの程度理解できたと感じているか」を問う主観評価を併用することで、行動指標との対応関係を検証する。これにより、相互理解を単なる感想ではなく、相互参照行動の変化として測定可能な概念へと変換できる。

⑵ グループ内の発話バランスを捉える指標

本節では、「AI ファシリテーション」の導入による参加促進や協働的学びの質の向上を評価する観点として、グループ内の発話バランスを取り上げる。発話バランスは、比較的操作化しやすい観点であるが、単なる発話回数では不十分である。重要なのは、「誰が」「どのタイミングで」「どの役割の発話をしているか」である。

具体的指標としては、

- 発話量の分散（Gini 係数等）
- 各学習者の発話占有率の推移
- 問い・提案・反論など発話機能の多様性

が考えられる。AI ファシリテーションを導入した場合、これらの指標が時間経過とともにどのように変化するかを追跡することで、介入効果を評価できる。特に重要なのは、「静かな学習者の発話が増えたか」だけでなく、「その発話が議論の進展に寄与しているか」を分析する点である。生成 AI を用いた意味解析によって、発話内容の関連性や新規性を補助的に分析することも考えられる。ただし、「関連性」「新規性」の判断には評価基準の設定と人間による妥当性確認が不可欠であり、生成 AI による判定をそのまま学習者評価に利用することは適切ではない。今後、人間による評価との一致度等を検証する必要がある。

⑶ 学習者特性に応じた指導を捉える指標

本節では、「AI ファシリテーション」及び「人間力と AI リテラシーの統合育成」を支える教育実践として、学習者特性に応じた指導を評価する観点を整理する。教育者による特性対応指導は、「学習者の違いを認識し、それに応じて指導を調整しているか」という観点で定義できる。これを操作化するためには、教員の指導行動と判断根拠を可視化する必要がある。具体的には、

- 教員が参照した学習者データの種類（発話ログ、理解度、参加度等）
- 指導介入のタイミングと対象
- 一斉指導と個別支援の比率の変化

を指標とする。教員がこれまで蓄積してきた専門的経験に基づく判断は教育実践に不可欠である。学習ログや可視化情報はこれを置き換えるものではなく、教員が自らの判断を振り返り、必要に応じて別の観点から検討するための補助情報として位置づける。

⑷ 生成 AI 共創型学習の普及・定着と活用の質を捉える指標

本節では、三つの改革の方向性が教育現場に定着しているかを総合的に評価する観点として、生成 AI 共創型学習の普及・定着と活用の質を取り上げる。生成 AI 共創型学習の普及を評価する際には、生成 AI を活用した教育改革の効果を、どのように捉え、どのように評価可能な形に整理するかを示す必要がある。ここで示す指標や方法は、すべてを一律に導入することを意図したものではなく、教育現場や目的に応じて選択的に活用されることを想定している。重要なのは、学習者の変化や学びの質を、単一の数値ではなく複数の視点から捉えようとする考え方である。

生成 AI 共創型学習の普及は、単なる導入数ではなく、「どのように使われているか」に着目する必要がある。概念的には、「AI を思考の代替ではなく、思考の支援として活用する学習文化の定着」と定義できる。本報告でいう「生成 AI 共創型学習」とは、生成 AI を思考の代替ではなく、問いの生成や視点の拡張を促す協働的パートナーとして位置づけ、人間と AI が相互に影響しながら学びを深める学習形態を指す。

測定指標としては、

- AI 利用場面の多様性（発想、比較、振り返り等）
- AI 出力に対する修正・批判・再構成の頻度
- 教員・学生双方の AI 活用ルールの明確化度

が挙げられる。授業設計資料や学生成果物を分析することで、AI がどの段階で使われているかを把握できる。

さらに、複数年度にわたる継続利用の有無や、他科目への波及状況を追跡することで、一過性の試行に終わらず、教育文化として定着しているかを評価する。

６．倫理的留意点と今後の課題

―「AI を使う倫理」から「AI とともに考える倫理」への転換―

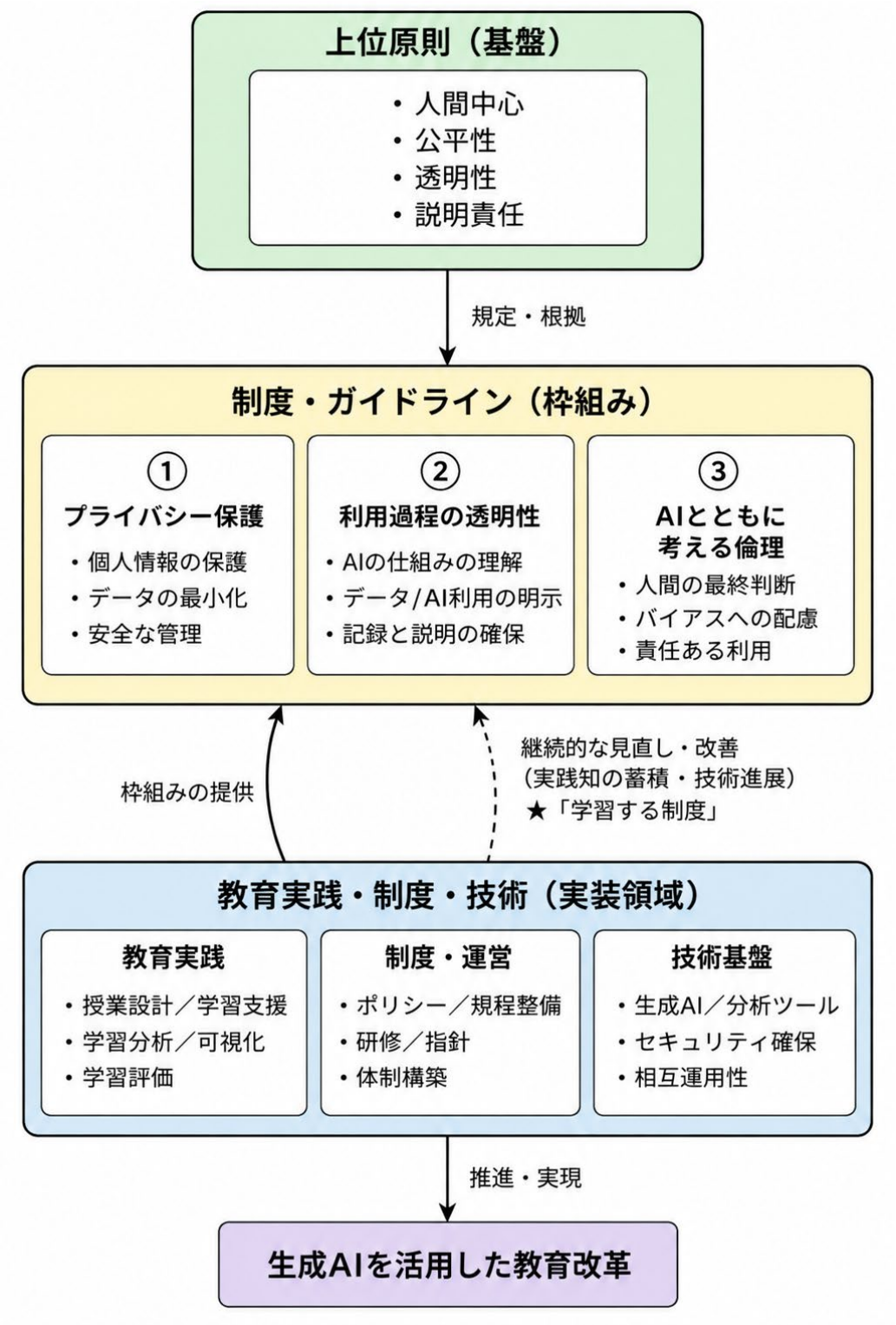


図 ５　生成 AI を活用した教育改革における倫理的留意点の位置づけ

（出典）総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会教育改革と可視化小委員会にて作成

生成 AI と可視化を教育に利用する際には、少なくとも三つの倫理的論点を区別して検討

する必要がある。

第一は、プライバシー及び個人情報の保護である。発話ログ、操作ログ、学習履歴等は学習者の行動や思考過程に関する情報を含むため、取得目的、保存期間、利用範囲、第三者提供等を明確にし、必要最小限のデータ利用とする必要がある［4］。

第二は、AI利用過程の透明性と説明責任である。ここでいう透明性は、生成AIの内部計算過程を完全に説明できることを意味しない。教育者・学習者が、どのデータを、どの目的でAIに入力し、どのような出力を得て、それを人間がどのように判断に利用したかを可能な範囲で確認できる状態を意味する。生成モデル内部の説明可能性そのものについては、引き続き技術的・研究的課題が残る。

第三は、「AI とともに考える倫理」である。生成 AI の提案を採用するか否かについて、最終的な判断と責任を人間が担うことを前提とし、AI を判断主体ではなく、人間の思考や対話を支援する補助的存在として位置づける必要がある。

これら三つの論点を、人間中心、公平性、透明性、説明責任といった横断的原則の下に位置づける［18］［19］。図５は、この関係を示したものである。

7．結語

本報告は、生成 AI と可視化の急速な進展を背景として、教育における学びの質や人間の役割を改めて問い直し、人間中心的な教育改革の方向性を学術的観点から整理したものである。生成 AI は、適切に位置づけられれば、学習者の特性理解や協働的学びを支援し、教育者の判断を補完する有効な基盤技術となり得る一方で、その活用には倫理的配慮と慎重な設計が不可欠である。本報告は、特定の制度改正や施策の実施を直接求める提言を行うものではなく、初等中等教育から高等教育に至る教育現場及びそれを支える政策・社会的文脈を横断的に視野に入れ、今後の教育実践や政策形成において共有されるべき基本的な視座と論点を提示することを目的とする。

一方で、本報告で示した方向性を実現するためには、関係主体による継続的な取組が不可欠である。教育行政には生成 AI 利用ガイドラインや学習ログ活用に関する制度・倫理基盤の整備が、学校・大学には教員研修の充実や AI 活用授業の実践と評価が求められる。また、研究者には AI ファシリテーションの導入技術や教育効果評価手法、可視化技術の研究開発が期待されるとともに、産業界には教育現場の課題に即した教育用 AI システムの開発や学校との共同研究の推進が期待される。

生成 AI と可視化を、人間の判断や責任を代替する技術としてではなく、人間の多様性を尊重し、相互理解と協働を促進するための知的基盤として活用していくために、本報告が今後の議論と試行の出発点となることを期待する。また、本報告で示した特性可視化は、学習者を固定的に分類・序列化することを目的とするものではなく、学習者の多様性を理解し、学びを支援するための補助的手段として活用されるべきである。

＜参考文献＞

[1] OECD (2017). PISA 2015 Results (Volume V): Collaborative Problem Solving. PISA, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264285521-en

[2] OECD (2023). Education at a Glance 2023: OECD Indicators. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/e13bef63-en

[3] Dillenbourg, P., Järvelä, S., & Fischer, F. (2009). “The Evolution of Research on Computer-Supported Collaborative Learning.” In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Eds.), Technology-Enhanced Learning: Principles and Products, pp. 3-19. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7_1

[4] Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research. UNESCO, Paris.

[5] 日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会（2017）提言「科学的知見の創出に資する可視化に向けて」、2017 年 8 月 8 日。

[6] 日本学術会議総合工学委員会総合工学企画分科会（2023）見解「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準　総合工学分野～社会課題に立ち向かう総合工学分野の人材育成～」、2023 年 9 月 27 日。

[7] Baddeley, A. (1986). Working Memory. Oxford University Press.

[8] Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (1997). “Intelligent Tutoring Goes to School in the Big City.” International Journal of Artificial Intelligence in Education, 8, 30-43.

[9] OECD (2021). Beyond Academic Learning: First Results from the Survey of Social and Emotional Skills. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/92a11084-en

[10] Woolf, B. P. (2009). Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered Strategies for Revolutionizing E-learning. Morgan Kaufmann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373594-2.X0001-9

[11] Pane, J. F., Griffin, B. A., McCaffrey, D. F., & Karam, R. (2014). “Effectiveness of Cognitive Tutor Algebra I at Scale.” Educational Evaluation and Policy Analysis, 36(2), 127-144. https://doi.org/10.3102/0162373713507480

[12] Roschelle, J., Feng, M., Murphy, R. F., & Mason, C. A. (2016). “Online Mathematics Homework Increases Student Achievement.” AERA Open, 2(4), 1-12. https://doi.org/10.1177/2332858416673968

[13] Chen, W., & Tan, J. S. (2019). ″Learning Analytics for Collaborative Learning in Singapore Schools.″ Journal of Educational Technology & Society, 22(3), 45-58.

[14] Järvenoja, H., Näykki, P., & Järvelä, S. (2019). "How students prepare for collaborative learning: Visualizing dynamic regulatory processes." Instructional Science, 47(4), 459-485.

[15] Rosé, C. P., Wang, Y.-C., Cui, Y., Arguello, J., Stegmann, K., Weinberger, A., & Fischer, F. (2008). "Analyzing collaborative learning processes automatically: Exploiting the advances of computational linguistics in computer-supported collaborative learning." International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 3(3), 237-271. https://doi.org/10.1007/s11412-007-9034-0

[16] Anderson, E., Lin, G. C., Farid, A., Fenech, M., Hanks, B., Klopfer, E., Doherty, E., Hirshfield, L., Ko, M.-L. M., Foltz, P., Nguyen, H., Nguyen, V., Ludovise, S., Santagata, R., Cao, L., Scardamalia, M., Soliman, D., Resendes, M., Khanlari, A., Costa, S., Chan, C. K. K., & Nguyen, A. (2025). "Exploring GenAI Technologies within Collaborative Learning." In J. Oshima, B. Chen, F. Vogel, & S. Järvelä (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning - CSCL 2025, pp. 499-506. International Society of the Learning Sciences. https://doi.org/10.22318/cscl2025.991659

[17] An, Y., Li, S., Yang, Y., Ma, S., Cheng, G., & Xu, X. (2024). "Developing an LLM-Empowered Agent to Enhance Student Collaborative Learning Through Group Discussion." Proceedings of ICCE 2024

[18] European Parliament & Council of the European Union (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union.

[19] OECD (2019). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD/LEGAL/0449.

[20] 人間力戦略研究会 (2003)『人間力戦略研究会報告書』、2003年４月

＜参考資料１＞審議経過

2024 年

３月 11 日　科学的知見の創出に資する可視化分科会（第１回）
役員の選出、今後の進め方について

11 月８日　科学的知見の創出に資する可視化分科会（第２回）
教育改革と可視化小委員会の設置について

2025 年

１月 20 日　教育改革と可視化小委員会（第１回）
今期中に意思の表出を発出することを決定

2026 年

１月 23 日　科学的知見の創出に資する可視化分科会（第６回）
意思の表出の申出書案を承認

５月 19 日　科学的知見の創出に資する可視化分科会（第７回）
報告書案を承認

＜参考資料２＞シンポジウム開催

2025 年４月 12 日　公開シンポジウム「教育改革と可視化―生成 AI の普及と向き合う AI・データサイエンス教育」開催
（https://www.scj.go.jp/ja/event/2025/381-s-0412.html）

2025 年７月 14 日　公開シンポジウム「生成 AI 時代の人間力育成」開催
（https://www.scj.go.jp/ja/event/2025/385-s-0714.html）

2025 年 10 月８日　公開シンポジウム「教育改革と可視化―生成 AI の光と闇」開催
（https://www.scj.go.jp/ja/event/2025/389-s-1008.html）

2026 年３月 19 日　公開シンポジウム「教育改革と可視化－生成 AI は大学をどう変えるのか－」開催
（https://www.scj.go.jp/ja/event/2026/396-s-0319.html）