

都市計画立案時における AI 活用の可能性に関する一考察

三井共同建設コンサルタント株式会社 ○原田 紹臣
石原 孝雄
影山 博幸

論文要旨

良好な都市景観を形成しようとする場合、一般的に、住民が望む都市機能などを反映させた国土や都市の形成が重要であると考えられている。このような中、2023年7月に第三次の国土形成計画(全国計画)が閣議決定され、今後、この計画を踏まえた各地域における地方計画等の都市計画の見直しが求められている。そこで、本研究では、人間中心設計の観点から住民の意見や要望に配慮した国土形成に向けて、社会資本に関する既往の国民アンケート調査結果を用いて、一般的に客観性や再現性において期待されている近年のAI技術等を活用して検討し、これらの適用性について考察した。

キーワード：AI, 大規模言語モデル, 都市計画, 都市景観, 人間中心設計

まえがき

コンピューターやテクノロジーの世界において多大な功績を残したSteve Jobs¹⁾は「コンピューターは、人類がこれまで考え出した道具の中で最高傑作だと思う。人類の知能にとっての自転車のようなものだ」と明言しており、これらの分野の技術は現在の我々の活動において重要な役割を果たしている。また、1956年に米国ダートマス大学で開催された研究集会(Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence)において、新たに、人工知能(AI: 計算機による複雑な情報処理)の用語が定義され、主に、情報理論に基づく脳の機能の把握やチェスをプレイするプログラム等が議論された²⁾。近年、これらの研究成果を受けて、急速に発達しているビッグデータと大規模かつ高精度な情報処理技術の組み合わせによって、革新的で実用的な応用(例えば、大規模言語モデルAI^{例えば、3)}が種々に提案されており、土木分野における活用が期待されている⁴⁾。

この様な中、2023年7月に第三次の国土形成計画(全国計画)⁵⁾が閣議決定された。この計画は、国土形成計画法(昭和25年法律第205号)に基づいたものであり、「時代の重大な岐路に立つ国土」として、人口減少等の加速による地方の危機や、巨大リスクの切迫、気候危機、国際情勢を始めとした諸課題に対する危機感を共有し、こうした難局を乗り越えるため、住民等と連携していくことを前提とした総合的かつ長期的な国土づくりの方向性を定めている。なお、計画において目指す方向性として、活力ある国土、安心・安全な国土、個性豊かな国土づくりが示されており、特に、今回の改訂においては、デジタルの徹底活用や地方の豊かさ、都市の利便性等が重要なテーマとして挙げられている⁶⁾。今後、この国

土形成計画(全国計画)を踏まえた各地域における景観形成などに配慮した個性豊かな地方計画(広域地方計画)やその他の関連する都市計画の見直しが求められる。

これらの古くて新しい課題に対して、これまで、都市景観に関するコンセプトの在り方や、修景デザイン法、景観シミュレーション法などに関して様々に議論されている^{6),7),8)}。ただし、一般的な住民が都市に求める機能(コンセプト)や景観等に対して考慮するとともに、説明責任の観点からの客観性や再現性が期待される汎用性のある手法の提案に関して、更なる議論が必要であると考えられる。

そこで、本研究では、前述のデジタルを徹底活用した住民の意見や要望に配慮した今後の国土形成に向けて、一般的に客観性や再現性が期待される近年のAI活用の可能性について試行的に検討し、ユーザ(住民)に配慮した人間中心設計の観点^{9),10)}から考察する。具体的には、既往の国民アンケート調査結果¹¹⁾を用いた都市計画のコンセプトや都市景観の検討時におけるAIの活用について試行的に検討し、その適用性や今後の展望について考察する。

1. AI 活用による住民の意見や要望に配慮した国土や都市形成に向けた試行的検討

AI活用による住民の意見や要望に配慮した国土や都市形成に向けて試行的に検討した内容について、以降に示す。

(1) 検討概要

今後の地域毎における国土や都市形成に向けた計画の立案に際して、それぞれの地域に居住する住民の意見や要望に配慮⁷⁾した検討が重要であると考えられる。その場合、アン

表-1 自由記述された文章の処理における課題¹²⁾

課題の内容	
i)	記述した個人によって文体が異なる。
ii)	冗長な言い回しや倒置した表現が見られる。
iii)	修辭句や形容詞が多数用いられており、問題点の量的評価が曖昧である。
iv)	意見,感想,提案など雑多な内容が一文中に混在している。

ケート調査等による客観性を考慮した幅広い観点からの意見の収集,集約が有効である¹¹⁾。ただし,選択的に回答内容が示されるアンケート調査(選択方式)では,自由な発想による回答が制限されるなど,限られた情報しか入手できない¹²⁾。一方,自由記述文による回答方式は,回答に対する限定が少ないことから,自由な発想や主張が盛り込まれており,問題に対する認識を深め,新たな解決案を産み出すための貴重な提言が含まれていることが多い。しかしながら,自由記述文の分析には多大なコストを要するとともに,人の判断による作業は主観的な分析結果を招くという懸念が指摘されている¹³⁾。また,これらの回答結果は,整理されない情報源として存在することが多く,有効に反映されていないことが指摘されている¹²⁾。この要因の一つとして,表-1に示す点から,自由記述文による回答は客観的な集計や統計的な処理が難しく,多量のデータを分析することは困難であると考えられる。さらに,分析に際して,必要とする情報に対して不要な成分が多くなり,この不要な成分の排除において必要な情報も併せて棄てられることが懸念されるため,一般的に,回答された自由記述文が十分に活用されなかったものと考えられる。

これまで,自由記述文の分析方法に関して,古くはKJ法¹⁴⁾,近傍法¹⁵⁾,無制限カテゴリ選択によるコード化手法¹⁶⁾,KW分類法¹⁷⁾が提案されている。ただし,これらの手法の多くは,作業量が多くなる傾向があるとともに,分析者の資質や作業過程において選択された手法(例えば,コーディング手法)の違いが,最終的な解釈(分析結果)に影響を与えることが懸念される。

一方,テキストマイニング¹⁸⁾を用いた分析手法が提案されている。なお,テキストマイニングとは,大量の文章(テキスト)から知見を抽出(マイニング¹⁹⁾)する技術の一つであり,質的研究と量的研究の両方の性質を併せ持つ手法である。また,作業をシステムに委ねることによって再現性が保証され,分析結果の客観性が高まるとされている²⁰⁾。ただし,文脈が消失することで誤った解釈をする可能性等の課題について,指摘されている。また,テキストマイニングを用いたアンケート解析(共起ネットワーク分析および対応分析)等の検討事例^{18),21)}における分析結果では,定量的な評価に基づ

きながら,最終的には定性的に可能性を示唆する程度の考察であるとともに,作業における分析手法の使い分けや組み合わせの違いが与える影響等が懸念される。これらより,自由記述で回答された文章のコーディング等の分析において誤差が少なく,分析手法の違いによる影響を受けずに,客観性や再現性の高い自由記述回答文に対する簡易な分析手法の提案が望まれる。

近年において急速に発展し,その高い性能と利便性により世界中で着目されているAIの一つであるChatGPT/GPT-4³⁾を用いた活用事例が報告されている。GPT-4(Generative Pre-trained Transformer)は自然言語を生成する言語モデルであり,高度な知識を持つ人のように振る舞って対話を行うとともに,文章を生成することも可能であり,従来までの予め用意された回答を単純に返すような会話型AIではないとされている。特に,この中で採用されているTransformerモデル²²⁾は,従来のリカレント・ニューラル・ネットワーク(RNN)や畳み込みニューラルネットワーク(CNN)が一体として設計されており,エンコーダとデコーダの各層に自己分析機能(セルフ・アテンション)が導入されている。この導入により,入力シーケンス内の異なる位置の情報を効果的にモデリングが可能となり,離れた依存関係に対して学習する効率が向上し,主に,機械翻訳としての高い性能を示すことが知られている。また,大規模自然言語モデルの対話テキストをデータとして,人によるフィードバックを用いた機械的な強化学習(Reinforcement Learning from Human Feedback: RLHF)によってファインチューニング(微調整)が実施され,人の指示,嗜好に合った応答を返せるように開発されている³⁾。なお,文章生成機能を活かしたグループディスカッションでの利用²³⁾や高度な検索機能を活かした知財情報調査²⁴⁾,また,食材画像からの複雑な食品のレシピ生成²⁵⁾等が報告されている。さらに,筆者らは,地域活性化に向けた地場商品の開発において,アンケート回答者からの意見や要望(自由記述文)の分析に際して,GPT-4を用いた客観性や再現性について検証し,その有効性について示唆を得ている⁴⁾。

近年,モデル・サイズやデータセット・サイズ,トレーニングに使用される計算量に着目し,最小の計算負荷でスケールリングされた性能を有するGPT-4が提案された³⁾。その際,モデル性能に関して,主にモデルのスケールに依存することが定量的に示されているとともに,オーバー・フィッティング,トレーニング曲線,サンプル効率等について改良が加えられている²⁶⁾。さらに,テキストから画像を生成する機能を有するAIの一つであるDALL-E3³⁾との連携により,土木計画や都市開発分野における活用も期待できると考えられ,GPT-4やDALL-E3の適用性に関する試行的な検討を踏まえた新たな検証が望まれる。

そこで,人間中心設計(ユーザやタスク,環境に対する明

表-2 重要な社会基盤整備の捉え方に関する質問内容¹⁾

質問文	
Q1	(前質問内容:あなたの住む地域が(2050 年前後を想定)どのような社会になって欲しいですか?) そのためには、どのような社会基盤(例えば、防災施設や交通機関、情報通信施設など)の整備が重要だと思われませんか?

確な理解をもとにデザイン)の観点からの国土や都市形成に向けた計画の立案において、住民の意見や要望を反映させる手法の提案を目的に、これらのAIを試行的に用いて検討し、これらの可能性に関して考察する。

(2) 大規模言語モデル(GPT-4)の活用による住民の意見等に配慮した都市コンセプト立案の試行的検討

人間中心設計の観点からのAIを活用した客観的な各地域における国土や都市形成に向けて、まず、住民の意見や要望を踏まえた都市のコンセプト(目標)について、試行的に検討する。ここで、近畿における都市間の比較による試行的な検証のため、一般的に地域特性が異なる傾向であった大阪府(大都市)と滋賀県(地方都市:地方中核都市)を対象に分析する。なお、住民の意見や要望については、アンケート調査結果¹⁾の中から、「重要な社会基盤整備(表-2:Q1)」に対する回答結果(自由記述文)について、都道府県毎に整理して用いるものとし、まず、大規模言語モデルAIの一つであるGPT-4²⁾を用いて、これらの内容を分析(要約)させて、都市コンセプトを試行的に立案する。なお、分析に際して入力したプロンプト(指示文)を表-3に示す。表-3に示すとおり、大阪府と滋賀県に対するプロンプトの基本構成は同じとし、アンケート調査¹⁾で回答された表-2に示す都道府県毎の回答結果(自由記述文)を、それぞれ末尾に入力する。

表-2に対して、表-3に示すプロンプトで得られた大阪府および滋賀県民が要望していると考えられる国土や都市形成に向けた計画立案時の主なコンセプトを、表-4および表-5にそれぞれ示す。表-4に示すとおり、大阪府民が要望するコンセプトは、主に、防災やインフラ、環境の社会や国土形成に関する項目に対する内容が多い傾向があった。一方、表-5に示すとおり、滋賀県民が要望していると考えられる都市形成に向けたコンセプトは、主に環境に関する社会や国土形成や、その他、幅広い観点からの内容のコンセプトであった。ここで、アンケート調査¹⁾(表-2)の回答結果における個別の意見や要望の入力方法に関して、入力順番を変更しても、殆ど同じ回答を得られており、客観性や再現性について検証している。また、表-4や表-5に示す分析結果については、質問(Q1,表-2)で得られている内容に基づいて、概ね回答されていること(hallucination有無)が確認されている。

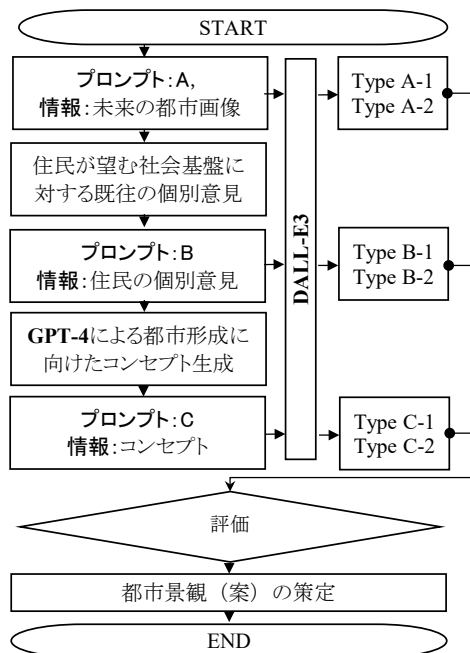


図-1 DALL-E3による都市景観生成に関する検討の流れ

今後、住民における現在の社会や国土形成状況に対する意見や要望に配慮した各地域における国土や都市の計画策定に向けて、これらの基本となる都市コンセプトの立案時における大規模言語モデルAI(例えば、GPT-4³⁾)のデジタル活用による客観的な検討が期待される。

(3) 画像生成AI(DALL-E3)の活用による住民の意見や要望に配慮した都市景観形成に向けた試行的検討

次に、これまで定性的に検討されてきた都市景観デザインやイメージについて、画像生成AIの一つであるDALL-E3²⁷⁾を用いて、同様に、大阪府(大都市)と滋賀県(地方都市)を対象に、試行的に検討する。検討に際して入力したプロンプトを表-6に示す。表-6に示すとおり、プロンプトA(A-1, A-2)では、住民の意見については考慮せずに、GPT-4に内在する情報「未来の都市画像」の生成を要求し、プロンプトBおよびCでは前述までの住民の意見や要望(表-2;Q1)を考慮したプロンプトとしている。ここで、プロンプトBは直接的にアンケート調査¹⁾で得られた自由記述文結果(Q1)を基礎情報として与えており、プロンプトCはGPT-4による分析で得られた都市コンセプトを基礎情報として間接的に与えて生成し、それぞれ都市景観の画像の違いについて比較している。これらのプロンプトの概要について図-1に整理して示す。

表-5に示すプロンプトにより、大阪府および滋賀県に対して新たに生成させて得られた都市景観(鳥瞰図,画像)を、図-2(左右)にそれぞれ示す。図-2(左:A-1)に示すとおり、プロンプトA-1(表-5)では、一般的なSFや映画で使用すると考えられる近未来の画像が生成されている。一

表-3 GPT-4³⁾を活用した自由記述文(意見)の分析におけるプロンプト(指示文)

	プロンプト
プロンプト a	次の大阪府の一般住民が望む社会基盤の整備に関する意見です。今後の都市計画におけるコンセプトを簡単に要約してください。 【大阪府の一般住民が望む社会基盤の整備に関する意見】※以降に、意見を入力
プロンプト b	次の滋賀県の一般住民が望む社会基盤の整備に関する意見です。今後の都市計画におけるコンセプトを簡単に要約してください。 【滋賀県の一般住民が望む社会基盤の整備に関する意見】※以降に、意見を入力

表-4 GPT-4³⁾を活用した自由記述文(意見)の分析結果(プロンプト a: 大阪府民の意見や要望に配慮した都市のコンセプト)

コンセプト	内容
バリアフリー環境の拡充	よりアクセスしやすい公共空間の実現
河川・建築物の防災強化	自然災害に対するより良い備え
交通手段の快適性向上	公共交通などの利便性と安全性の改善
若者と子育て家庭向けの施策	子育てしやすい環境の整備
木造密集地域の解消	火災リスクの低減と都市計画の改善
防災施設の整備と強化	災害への備えと対応能力の向上
交通機関の充実と改善	より効率的で安全な交通ネットワークの構築
災害対応のインフラ整備	緊急事態への迅速な対応を支える施設の整備

表-5 GPT-4³⁾を活用した自由記述文(意見)の分析結果(プロンプト b: 滋賀県民の意見や要望に配慮した都市のコンセプト)

コンセプト	内容
自然資源(琵琶湖)の保全	環境保護の重要性
都市デザインの見やすさ	わかりやすい街づくり
現状維持	一部の市民は現状に満足している
公共交通の充実	より効率的な移動手段の提供
老朽化対策	安全性と信頼性の保持のためのインフラ更新
ライフラインの維持と信頼性のある情報提供	緊急時のサービスと情報の確実性
ハードとソフトのインフラのバランス	物理的な施設とコミュニティプログラムの均衡
適正価格の交通機関	手頃な価格の交通手段と土地利用の自由

表-6 DALL-E3²⁷⁾を活用した今後の都市計画に向けた都市景観画像生成時におけるプロンプト(指示文)

	プロンプト
プロンプト A-1	大阪府の未来の都市画像を生成してください。
プロンプト B-1	次の大阪府民が望む社会基盤の整備に関する意見を考慮した都市景観の画像を生成してください。 【大阪府の一般住民が望む社会基盤に関する意見】※以降に、意見を入力
プロンプト C-1	次の大阪府民が望む都市計画のコンセプトを考慮した都市景観の画像を生成してください。 【都市計画のコンセプト】※以降に、表-4または表-5などの内容を入力

方、Type B-1やC-1は、GPT-4に内蔵された情報の中から、大阪市内を流下する淀川(河川)を引用したと推測される都市景観が生成されている。ここで、Type B-1およびC-1は淀川を中心とした高層建物等で形成されたリバーフロントの類似した景観画像となっており、定性的ではあるが、Type C-1(コンセプト)により生成された都市景観は、Type B-1と比較して、区画等の再編(例えば、建物群の配置や区画道路の有無や形状)による違いが見られる。

一方、図-2(右)に示されるとおり、Type A-2やB-2、

C-2の全ての画像に共通して、GPT-4に内蔵された情報の中から、滋賀県大津市における琵琶湖湖畔を引用した都市景観と考えられ、Type A-2は地域の観光名所(旧城)と近未来の都市を融合させた都市景観が生成された。また、Type B-2では、現在の当該地域(大津市街)に見られる景観が考慮された鳥瞰図が生成され、Type C-3では、都市のコンセプトに準じて大規模に区画等が再編された都市画像が生成されている。これらより、プロンプトの違いにより、生成される都市景観の鳥瞰図が異なることが分かった。

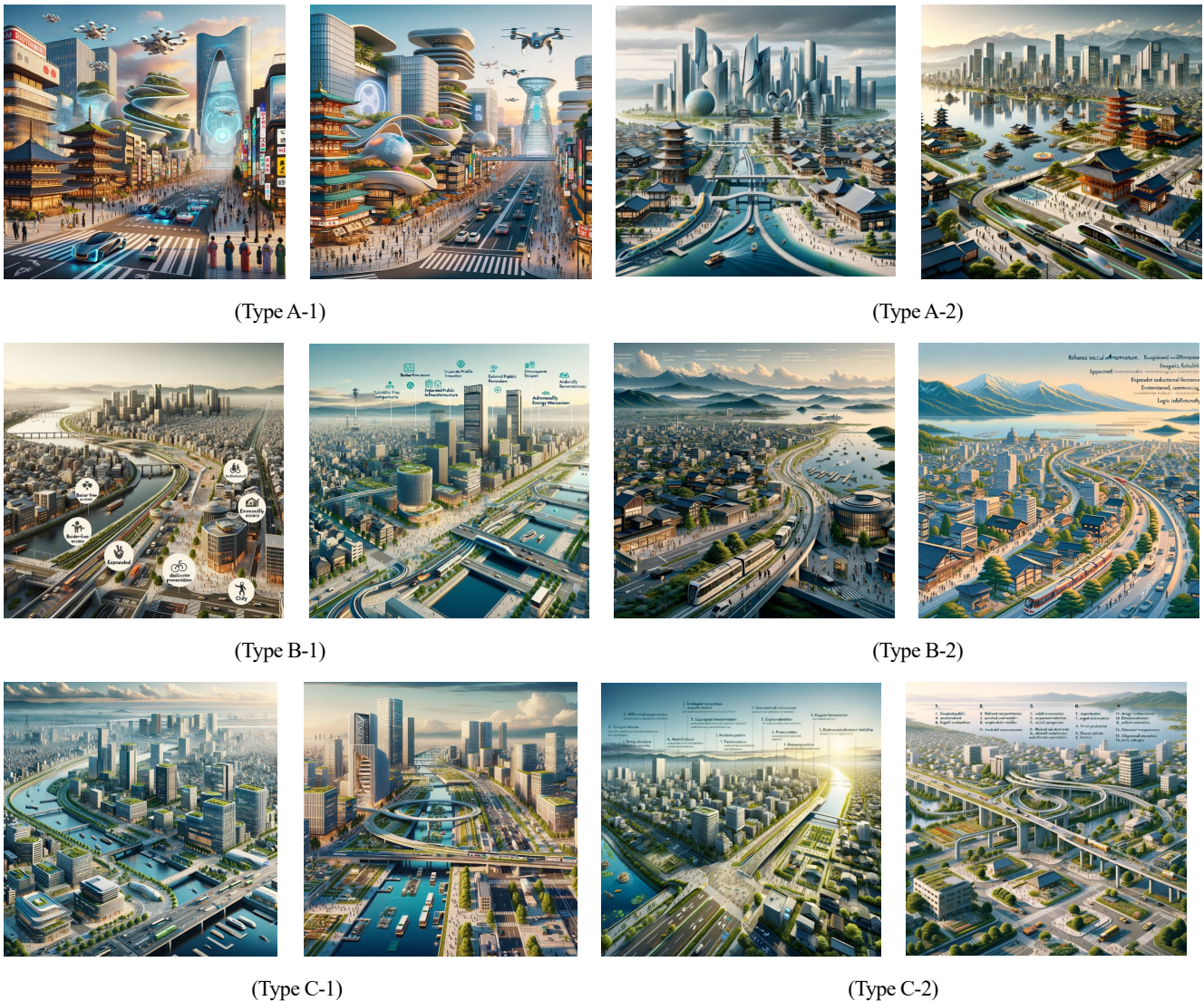


図-2 DALL-E 3^{3),27)}で生成した今後の大都市における都市景観(左:大阪府, 右:滋賀県)の鳥瞰図

表-7 生成した都市景観に対するアンケート調査内容

質問文
別紙(大都市または地方都市)に示す, 将来, あなた(回答者)
Q2 が住みたいと思う街に該当する「景観イメージ」が含まれるグループ(タイプ)は?(選択方式)

ここで, これらの生成された都市景観(図-2)の違いに対する評価として, 新たに, 一般住民(20歳から70歳までの男女50名)を対象に, 表-7に示すアンケート調査(Q2)を実施して分析した。図-2(左:大阪府, 右:滋賀県)を対象に, 表-7に示すアンケート調査の結果を, 図-3(左右)にそれぞれ示す。図-3(左)に示すとおり, 大都市(大阪府)の都市景観においてはプロンプトC(コンセプト)による景観画像が高評価である一方, 地方都市(滋賀県)の都市景観においてはプロンプトB(意見や要望を直接入力)が高評価であり, 顕著に回答の傾向が異なる興味深い結果が得られた(図-3:右)。これらの結果から, 大都市では比較的

に大規模に再編された都市景観が高く評価され, 地方都市では現在における地域の都市景観(例えば, 建物群の配置や区画道路の形状)を保持した景観が望まれていることが示唆された。一方, プロンプトAに対して評価した回答者は, 40歳までの若年層に限定されていた。今後, これらの評価や生成される画像の違いについて, 更なる検証が望まれる。

なお, 今回の試行的な検討の結果より, これらのAIを活用した国土や都市の形成計画策定におけるプロンプトの重要性について示唆された。

(4) 今後の展望

本検討では大阪府と滋賀県を対象に, 試行的にAI活用に関して検証した内容であり, 今後, 全国の都道府県を対象に検討し, 更なる検証を行う予定である。また, 今回の検討では, 一部, GPT-4やDALL-E3に蓄積された情報(現在の都市景観や地域特性)に影響を受けて生成されたものと考えられる。

そこで, 今後, 更に地域特性(例えば, 現存する建物特性)

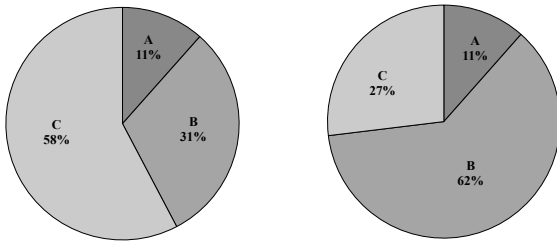


図-3 景観画像への回答結果 (左:大都市, 右:地方都市)

を考慮するため、PLATEAU都市モデル²⁸⁾を活用した検討が望まれる。具体的には、対象とする地域の詳細なPLATEAU都市モデルを追加情報として機械学習させた場合の違いや適用性について、検証して行く予定である。

あとがき

本研究では、住民の意見や要望に配慮した国土形成に向けて、近年のAI活用(デジタル技術)の可能性について試行的に検討し、人間中心設計の観点から考察した。今後の大都市や地方都市における景観に関して、近年の画像生成AI(DALL-E3)技術を用いた試行的な検討により、新たな可能性や今後の課題について示した。

参考文献

- 1) Isaacson, W.: *Steve Jobs*, Simon & Schuster, 2011.
- 2) 辻井潤一: *人工知能の本*, 日刊工業新聞社, 2016.
- 3) Open AI ; <https://chat.openai.com/>
- 4) 原田紹臣, 櫻井崇光, 石原孝雄, 家戸敬太郎: ChatGPTを活用した地場商品開発の実践的取り組み, *AI・データサイエンス論文集*, Vol. 4, No. 3, pp. 233-244, 2023.
- 5) 内閣官房: *国土形成計画(全国計画)*, 2023.
- 6) 柿添 蓮, 幕田早紀, 豊川斎赫: 東京都心部における景観形成と景観保全に関する研究, *日本建築学会計画系論文集*, Vol. 88, No. 812, pp. 2771-2781, 2023.
- 7) 土井幸平: 都市計画と景観, *調査研究情報誌*, No. 8, pp. 5-11, 2002.
- 8) 小浦久子, 紙野桂人: 都市空間における景観のまとまり構造に関する研究, *都市計画論文集*, Vol. 30, 1995.
- 9) 原田紹臣, 山田菊子, 水山高久, 武井千雅子: 人間中心設計に基づく気象情報の高度化- iHazard map project, *土木計画学研究発表会・講演集*, Vol. 68, 10p., 2023.
- 10) 原田紹臣, 山田菊子, ら: 人間中心設計(HCD)に着眼した舗装の要求性能に関する基礎的な検討, *土木計画学研究発表会・講演集*, Vol. 67, 9p., 2023.
- 11) 一般財団法人 国土技術研究センター: *社会資本に関するインターネット調査2021 報告書*, 46p., 2021.
- 12) 今 尚之, 中岡良司, 伊藤昌勝, 佐藤馨一: KW 分類法を用いた自由記述文データベースによる意識分析手法, *土木情報システム論文集*, Vol. 4, 1995.
- 13) 大井 紘, 宮本定明, 阿部 治, 勝矢淳雄: 生活環境に関する住民認知の広がり構造, *土木学会論文集*, Vol. 389, IV-8, 1988.
- 14) 川喜多二郎: *発想法*, 中央公論社, 230p., 1987.
- 15) 中岡良司, 森 弘, 佐藤馨一: 文献データベースにおけるキーワード分析の適用, *土木情報シンポジウム講演集*, Vol. 16, pp. 181-188, 1991.
- 16) 豊田秀樹, 前田忠彦: 大学入試方法の改善に関する進路指導担当教員からの自由記述意見の分析, *行動計量学*, Vol. 21, No.1, p. 76, 1994.
- 17) 乾 裕子, 村田真樹, 井佐原均ら: 表層表現に着目した自由回答アンケートの意図に基づく自動分類, *自然言語処理*, Vol. 10, No. 2, pp. 20-42, 2003.
- 18) 西村奏咲, 清水 忠: テキストマイニングを用いたアンケート解析, *薬学教育*, Vol. 5, pp.1-5, 2021.
- 19) 石田基広: *Rによるテキストマイニング入門*, 森北出版, 183p., 2017.
- 20) 大隅 昇, Lebart, L.: 調査における自由回答データの解析 - InfoMiner による探索的テキスト型データ解析, *統計数理*, Vol. 48, No. 2, pp. 339-376, 2000.
- 21) 西尾敏和, 塚田伸也, 森田哲夫, 湯沢 昭: テキストマイニングによる富岡製糸場の世界遺産登録前における観光まちづくりの把握, *ランドスケープ研究*, Vol. 79, No. 5, 2016.
- 22) Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, Ł. and Polosukhin, L.: Attention is all you need, *Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol. 30, pp. 5998-6008, 2017.
- 23) 尾関基行, 山本あすか: 遠隔グループディスカッションでの ChatGPT の利用に関する一検討, *日本教育工学会研究報告集*, Vol. 1, A13, 2023.
- 24) 大瀬佳之: AI サービスを活用した知財情報解析を含む競合調査の提案, *情報の科学と技術*, Vol. 73, No. 5, pp. 187-191, 2023.
- 25) Noever, D., and Noever, M.: The multimodal and modular AI chef: complex recipe generation from imagery, *Computation and Language*, 21p., 2021.
- 26) OpenAI: *GPT-4 Technical Report*, 100p., 2023.
- 27) Shi, Z., Zhou, X., Qiu, X. and Zhu: Improving image generation with better captions, *Computation and Language*, 19p., 2020.
- 28) 内山裕弥: 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト, *区画整理*, Vol. 64, No. 5, pp. 14-20, 2021.