

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02315

研究課題名（和文）町並みの「らしさ」とデザインの差異を補完する連続立面評価支援システムの基盤開発

研究課題名（英文）Infrastructural development of support system for evaluation of historic townscape to supplement its design

研究代表者

三島 伸雄（Mishima, Nobuo）

佐賀大学・理工学部・教授

研究者番号：60281200

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、歴史的町並みなどの連続立面における建物更新を対象とし、AI活用型連続立面評価支援システムに必要なデータセットやシステムのあり方を明らかにし、そのシステムに必要な基盤をモデル的に開発することを目的として、佐賀県内の歴史的町並みである肥前浜宿、塩田津、有田内山を研究モデル地として、教師あり学習、半教師なし学習を用いた景観及び建物判別に関する基礎的研究を行った。比較として、教師あり学習を用いてバロック都市ウィーン、パリの街路種別を考慮した画像認識を行った。その結果、AI活用型連続立面評価支援システムの構築に向けた基礎的知見を得ることができ、基盤開発に対するデータセット等を構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歴史的資源の活用は地方創生におけるまちづくり分野の主軸であり、全国で様々な取り組みが進みつつある。一方で、2004年の景観法により景観形成基準を定めることができるようになった。良好な歴史的町並み等では形態意匠の制限が必須である。しかし、「...と調和すること」といった曖昧な表現が多く、定性基準が事前協議で十分に配慮されるには至っていない。定性基準の具体化や詳細な内容への更新が必要という意見もある。合理的かつ迅速に町並みの定性的「らしさ」やその認識を抽出し、計画デザインの位置付け等を示し、適合性の協議や判断を補完できるシステムの構築は、景観施策の運用上、有効な方法と考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to find the scheme of dataset and system for AI-based evaluation support system of continuous building elevation especially targeting historic towns, and to develop model base for the system. As methodology, we set research model areas such as Hizenhama-shuku, Shiota-tsu, and Arita-uchiyama which are historic towns in Saga prefecture in Japan. Then, we conducted basic analysis related to townscape and building recognitions using supervised learning and semi-supervised learning. Besides, we also conducted picture recognitions of baroque cities, Vienna and Paris considering type of streets using supervised learning. As results, we could get basic knowledge for developing AI-based evaluation support system of continuous building elevation, and could build datasets for the development.

研究分野：都市デザイン、保全再生デザイン学

キーワード：歴史的町並み 連続立面 建物立面 画像認識 機械学習

1. 研究開始当初の背景

景観の評価や事業等に関しては、景観評価研究会等での規制誘導全般の議論の他、景観法における届出や基準・助成制度に関する研究、市独自の町並み保存地区における修理修景事業の実態に関する研究、重伝建地区の修景・修理事業の実態研究等がある。景観事業等の運用については、「助成基準の適合の判断が行政担当者により異なる可能性があり、適切で公平な助成の審査を行うことが難しい」(林・浅野他、2015)、『保全を原則としつつも創造の可能性』があるとされているのは柱間の装置である。「規範」は、隣接する建築物との相対関係の中に見出されている。今後の課題となるのは、新しいデザインの創造手法であろう」(牛谷・明智他、2002)、「実態は協議による計画内容の調整が試みられており、実質的な協議許可型の運用が望まれている。協議により地域化した基準の明示、基準の合理的な調整が必要である」(小浦、2010)、「町並みの空間構成の継承やそれとの調和という観点から基準への適合性を評価することが、定性基準の運用には必要」(小浦、2012)といった指摘がある。一方で、町並み等の「らしさ」に関する研究は、建築史調査のほかSD法を用いた印象評価等が長年多く行われて来たが、近年、高性能GPUの普及でAIを用いた建築分析や「らしさ」研究が急速に進展している(2.(2)関連する研究動向で後述)。

海外、例えばオーストリア・ウィーンの景観誘導は、地区詳細計画(Bebauungsplan, 以下Bプラン)で町並み保全を担保し、必要ならばBプランの変更を市議会で議論し、地区住民代表や専門家の意見集約も行なって建築許可を行う仕組みになっている。すなわち、合理的な市民参加で適切性と公正性が担保され、事業主等の考えだけによらない優れたデザインに淘汰される(N.Mishima, Y.Nishimura, 1996)。本システムは、このような市民参加型にも参考となる材料を提供できる。しかし、そのような研究はなく、波及効果が見込める。

2. 研究の目的

本研究は、連続立面における建物更新を対象とし、新築・増築等における修景事業や許可事業による創造性をもたらす建物外観上の差異やデザインの評価を支援できるシステムを構築することを全体構想とする。そのため、その適切性と公平性の判断を補完するためのAI活用型連続立面評価支援システムに必要なデータセットやシステムのあり方を明らかにし、そのシステムに必要な基盤をモデル的に開発することを目的とする。

3. 研究の方法

3-1. 研究モデル地

本研究では、対象地を歴史的町並み、具体的には重伝建地区などの保存地区とする。これは、建物更新において伝統的建造物を基準とすることができ、明快だからである。

研究モデル地は、佐賀県内の重伝建地区である鹿島市肥前浜宿(以下、肥前浜宿)、嬉野市塩田津(以下、塩田津)、有田町有田内山(以下、有田内山)とする。これは、我が国における歴史的町並みは規模が大きくなく、画像収集に限界があるからである。また、後述する分析1については、比較材料として、フランス・パリ、オーストリア・ウィーンについても分析を行うこととした。

3-2. 基本的な分析方法

AIを用いた画像認識においては、大きく、教師あり学習、教師なし学習、強化学習などがある。本研究では、建物外観上の差異やデザインの評価を支援できるシステム構築を将来的な目標にするが、町並みにおける建物画像認識ができることが重要と考える。そこで、大きく2段階に分けることとした。一つは、町並み景観としての認識であり、次に建物としての認識である。それらを順に分析1、分析2として、以下、その具体的手順を説明する。

3-2-1. 分析1：町並み景観としての画像認識

分析1では、町並みの違いを認識できるかどうかを明らかにすることを目的とする。畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network 以下、CNN)による教師あり学習を用いて、対象地の町並み画像全体を同じ数になるように教師データと学習データに分けて、その正答率を分析する。その際、データ数が少なく過学習になるため、増幅処理 Augmentation を行い、その効果を確認する。さらに、AIの注視点を分析するために、Heat Mapを作成し、その注視点を Semantic Segmentation の結果と比較分析する。それらの結果を踏まえて、町並み景観としての画像認識の可能性と限界を考察する。

参考データとして、パリ、ウィーンについても比較分析する。ただし、パリ、ウィーンについては、全体的にバロック都市ではあるものの、都市改造前後での都市開発の違いがあり、道路復員などが異なるため、それらの違いによる学習も行った。

3-2-2. 分析2：建物単位での画像認識

画像収集、正面画像の前処理、正面画像の分類、HeatMapの定量的分析、AMの抽出を通じたアテンションの分析(獲得可能性の検証)と進める。また、人の介入に必要なアテンションの獲得のためには、着目点の変遷を表わす Attention Map を隠れ層に応じて複数必要とするが、本研究では2層から3層目の間のAMのみを抽出して、編年指標に対するアテンションの確かさを分析し、その獲得の可能性を示す。

4. 研究成果

4-1. 日本の歴史的町並みの場合（肥前浜宿、塩田津）

増幅なしでの学習結果

CNNの教師あり学習を用いて、画像データの増幅なしで学習を行った。その結果は、図4に示すように30エポックで正答に到達し、その正答率は95%であり、過学習を起こしていることが明らかであった。なお、過学習とはデータセット数が少ないために起こるものであり、データセット数を増やす必要があることが明らかであった。しかしながら、町並みの規模は限られており、過学習にならないように画像を現地で収集するのには限界がある。そこで、画像を増幅して学習させる必要があると判断した。

増幅ありでの学習結果

画像の増幅については、スケール調整、ランダム回転、垂直移動、ズームの4種類を行った。また、過学習を抑える効果を高めるために、ドロップアウトも取り入れた。

以上より、画像増幅データセットを加えて、学習を行った。その結果を図1に示す。300回で訓練データの正答率は90%に到達した。一方で、精度検証データの正答率は80%程度であった。なお、ドロップアウトは最初と最後の段階で入れるようにし、ランダムに20%のニューロンを削除するようにした。これにより、過学習に対する対応を示すことができた。

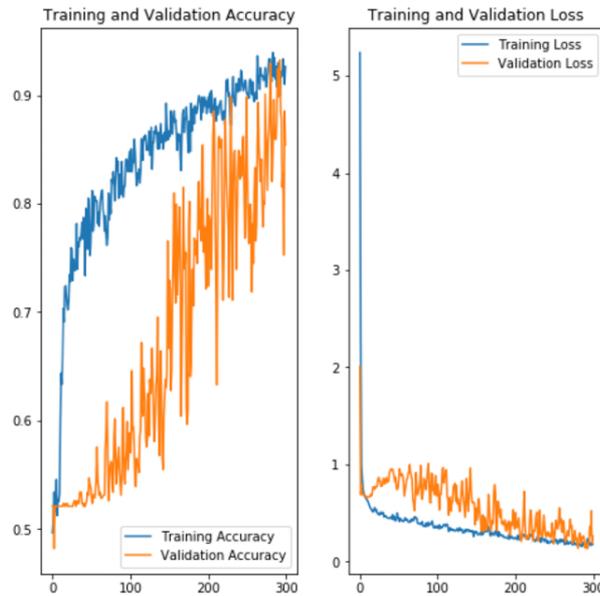


図1 増幅ありでの学習結果

ヒートマップを用いた反応部分の抽出

学習にあたって、機械学習がどこに反応していたのかを読み取るために、アルゴリズム Grad CAMを用いて全ての画像に対するヒートマップを作成した。ここでは、そのうち100枚をランダム抽出してどこに対して主に反応しているのかについて分析した。

ヒートマップの抽出結果を用いて、肥前浜宿および塩田津における注視点の分析を行った。

肥前浜宿の100枚のヒートマップの分析結果をまとめると以下の通りである。注視点箇所が多順に、屋根ライン(Roofline)31、オーニング(Awning)26、窓・ドア(Window/Door)18、建物(Building)16、壁(Wall)15、樹木(Tree)15であった。一方で、フェンス、都市的家具、サイン、車なども注視されていた(図2)。

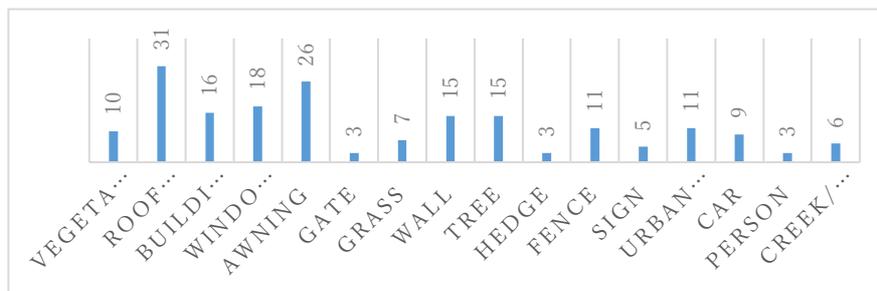


図2 肥前浜宿における反応箇所

以上、肥前浜宿と塩田津の町並みを対象として、教師あり学習による画像認識を行った。その結果、町並みの画像は多くを確保することが難しいため、過学習になることが明らかになった。

その対策としては、増幅処理等を行うことによって過学習を減少させることが有効であることが明らかになった。一方で、建物以外のところに注視点が行くため、精度を上げるためにはバイアスとなるサイン、樹木、車、人、などを削除することが一つの方策として考えられる。

4-2. ヨーロッパの歴史的バロック都市の場合（パリ、ウィーン）

CNN を用いてウィーンとパリの街路の比較を行った。その後、一部 Semantic Segmentation を用いて各都市の街路の特徴的要素を抽出した。ここではウィーンのみを示す。

(3) ウィーンの街路種別

都市改造（1857～1911）で、城郭都市時代の城壁部分を撤去し街路にしている。しかし、街中に残る旧集落部分で保存地区として保存されている地区は、曲線的柔軟さを見せ、開放的な印象を感じられるような街路となっている。都市改造前後に建設された建物が混ざり合い、必ずしも一様な景観ではない。建築物としても、ルネサンス、ゴシック、バロック、ネオバロック、ネオゴシックなど多様である。これらを考慮し、5種類の街路種別を設定した。



(a) 街路 W1 (b) 街路 W2. (c). 街路 W3 (d) 街路 W4. (e) 街路 W5

W1：19 世紀以前の建物が保存されている狭い街路（旧市街地）(a)

W2：都市が拡張される中で、拡張された街路（旧市街地）(b)

W3：19 世紀末に行われた都市改造の際に整備されたリンク環状地区の街路(c)

W4：2 区～9 区の保存地区に位置する、都市大改造の時代にバロック化された建物が立ち並ぶ主要通りの街路(d)

W5：2 区～9 区の保存地区に位置し、ビーダーマイヤー時代の建物など歴史的な建物が保存されている路地のような街路(e)

図3 ウィーンの街路種別毎の例

Semantic Segmentation を用いたヒートマップの分析

画像認識を行った際に AI が注視していた箇所を可視化したヒートマップを、Training ごとに、正答した画像、誤答した画像に分け、ウィーン、パリ共にそれぞれ最大 20 枚作成した。その後、景観画像をセグメンテーションすることで道路、植栽、外壁、店舗、屋根、蛇腹、窓、ドアの景観要素を抽出し、それらをヒートマップと照合させ、景観要素の特徴量の占有率を算出した。紙面の都合上、Training1～3 の正答画像の分析結果のみ載せる。例えば、ウィーンの街路とパリの街路を比較した時、ウィーンの旧市街地の狭い街路は屋根・蛇腹に、パリの街路は、屋根・蛇腹に加えて植栽、窓に各々特徴量の高い景観要素を検出することができた。

表1 CNN による画像認識の分析結果

Wien	旧市街地の街路		W3: リンク環状地区の街路	2-9 区の保存地区の街路		Heatmap の反応	
	W1: 狭い街路	W2: 拡張された街路		W4: 主要街路	W5: 路地	高	低
Paris	W1: 狭い街路	W2: 拡張された街路	W3: リンク環状地区の街路	W4: 主要街路	W5: 路地	Heatmap	Segmentation
P1: オスマンによって計画された街路	training-1_1 約 96%	training-1_2 約 90%	training-2 約 91%	training-3_1 約 83%	training-3_2 約 94%		
	100% / 92%	97% / 82%	94% / 89%	100% / 67%	98% / 89%		
P2: PSMV 適用地区の街路	training-4_1 約 92%	training-4_2 約 91%	training-5 約 90%	training-6_1 約 88%	training-6_2 約 81%		
	100% / 84%	89% / 94%	84% / 96%	94% / 82%	79% / 84%		
Heatmap						Training 番号 training-1.1 平均正答率 約 96%	
Segmentation						パリの正答率 (左) 100% / 92% ウィーン正答率 (右) 350 枚 / 100 枚 Training Data の枚数 (左) Test Date の枚数 (右) (ウィーン、パリ共に回数)	

(6) まとめ

同時期に都市大改造が行われた、ウィーンとパリのバロック都市の街路景観の画像解析を行い、街路種別による認識の差異や正答・誤答のしやすさ、街路種別毎の特徴量の高い景観要素を明らかにすることができた。

4-2. 建物単位での画像認識

ここでは、正面画像を収集する建物数に限界がある歴史的町並みを対象に、機械学習を用いた歴史的建物分類の精度向上に向けて、“半教師あり学習”におけるアテンション獲得の可能性を示すことを目的とする。

正面画像の前処理、正面画像の分類、HeatMapの定量的分析、AMの抽出を通じたアテンションの分析（獲得可能性の検証）と進める（図17）。また、人の介入に必要なアテンションの獲得のためには、着目点の変遷を表わすAttention Mapを隠れ層に応じて複数必要とするが、本研究では2層から3層目の間のAMのみを抽出して、編年指標に対するアテンションの確かさを分析し、その獲得の可能性を示す。

バイアスの除去

AIを用いた建物画像の分析において、バイアスの要素を注視する傾向にあることがこれまでの研究で明らかになっている¹⁾。そこで本研究では、建物分類の精度を向上し、建物の部分的要素を特質として抽出するために、Adobe Photoshopを使用して正面画像内のバイアス要素を手動で除去し、類似部分を合成して分析に用いる正面画像を作成する。

トーンカーブ

建物画像をAIが正しく捉えるようにトーンカーブを用いて（Adobe Photoshopを使用）明暗の比率をできるだけ一定に調整する。

データの拡張

重点建地区は建物数が限られているため、データ拡張のアルゴリズムを用いて正面画像不足を解消する。一つの画像に対し反転、回転（左右30度ずつ）を施し合計3184枚を用意した。

アテンション獲得の可能性

抽出したAMについて、特にCL9[柱間装置（窓）]のAMにおける注視領域を分類した。その結果を図27に示す。その結果をみると、窓が注視領域になっていたのは63/370=17.0%という結果であり、低かった。この注視領域をHTL等で操作することによって正答率を高めることなどが考えられる。



図27 CL9[柱間装置（窓）]のAMにおける注視領域

4-3. 結論

以下のことが研究成果として明らかになった。

- 1) 町並みの規模によっては画像取得の限界があるため、増幅やドロップアウト等を行って過学習しないような前処理が必要である。
- 2) 町並み全体では、空、サイン、人、車などの建物以外の要素に反応し、正答率が下がる。
- 3) バイアスの除去、トーンカーブの補正等を行うことにより、正答率が上昇する。
- 4) バロック都市では街路の設立時期を用いて街路種別を分けて学習させることが有効であった。街路種別の前処理を行うことができれば、有効な特定が可能であると考えられること。
- 5) 建物単体を抽出し、画像の修正、トーンカーブ補正を行うことによって、正答率を高めることができること。
- 6) 建物の編年指標に対して適切な学習をさせていくことによって、より有効な立面評価システムが可能になると考えられること。

以上、AI活用型連続立面評価支援システムの構築に向けた基礎的知見を得ることができ、その基盤開発に対するデータセットなどを取り揃えることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Patcharaporn Duangputtan, Nobuo Mishima	4. 巻 7
2. 論文標題 Study on the adaptation of Funaya houses under the Denken system in the preservation area of Ine town, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Design	6. 最初と最後の頁 76-99
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Mohamed Rami Derbel, Jihed Makhlof, Nobuo Mishima	4. 巻 22
2. 論文標題 A basic analysis on urban landscape continuity in a lowland urban heritage using deep learning-based method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lowland Technology International Journal	6. 最初と最後の頁 192-199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.0001/ialt_lti.v22i2.%20Septemb.520	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 M.R. Derbel, J. Makhlof and N. Mishima	4. 巻 22(2)
2. 論文標題 A basic analysis on urban landscape continuity in a lowland urban heritage using deep learning-based method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lowland Technology International	6. 最初と最後の頁 192- 199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.0001/ialt_lti.v22i2.20Septemb.520	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大屋貴芸, DERBEL Mohamed Rami, 三島伸雄
2. 発表標題 機械学習による伝統的建物分類に向けた教師なし学習によるクラスタリングとその“編年”分析
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ZWE LINN HTET, MISHIMA Nobuo
2. 発表標題 A STUDY ON A VIEW MANAGEMENT FRAMEWORK OF HIGH-RISE BUILDINGS IN HISTORICAL URBAN LANDSCAPE OF YANGON, MYANMAR
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下 珠穂、三島 伸雄、淵上 貴由樹
2. 発表標題 街路の種別・建設年代を踏まえた歴史的パロック都市の画像分析 - 畳み込みニューラルネットワークを用いたウィーンとパリの景観比較 -
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 王 丹晨、三島 伸雄、淵上 貴由樹
2. 発表標題 随筆の風景描写にみる修学院離宮庭園の様態
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田友美子、三島 伸雄、淵上 貴由樹
2. 発表標題 Les chalets des Arts - 佐賀に見出す久米桂一郎の原風景
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下珠穂、淵上貴由樹、三島伸雄
2. 発表標題 ギリシャの島ミコノスとサントリーニの街並み景観要素の抽出 - 畳み込みニューラルネットワークを用いた画像認識を通して -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下 珠穂、三島 伸雄、淵上 貴由樹
2. 発表標題 街路の種類別・建設年代を踏まえた歴史的パロック都市の画像分析 - 畳み込みニューラルネットワークを用いたウィーンとパリの景観比較 -
3. 学会等名 日本建築学会九州支部研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下珠穂、淵上貴由樹、三島伸雄
2. 発表標題 ギリシャの島ミコノスとサントリーニの街並み景観要素の抽出 - 畳み込みニューラルネットワークを用いた画像認識を通して -
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集（関東）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 歴史的町並みの建物様式解析と建築デザイン評価に関わる解析装置およびプログラム	発明者 三島伸雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2023-23961	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

鹿島プログラム https://mishimanlab.sakura.ne.jp/kashima-program/ 佐賀大学・鹿島プログラム https://mishimanlab.sakura.ne.jp/kashima-program/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	淵上 貴由樹 (Fuchikami Takayuki) (00530172)	佐賀大学・理工学部・助教 (17201)	
研究分担者	和久屋 寛 (Wakuya Hiroshi) (40264147)	佐賀大学・教育学部・教授 (17201)	
研究分担者	中山 功一 (Nakayama Kouichi) (50418498)	佐賀大学・理工学部・准教授 (17201)	
研究分担者	岡崎 泰久 (Okazaki Yasuhisa) (90253583)	佐賀大学・理工学部・教授 (17201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------