

論文の内容の要旨

論文題目 画像処理を利用した都市の展望景観の遠近に関する研究

氏名 川崎 寧史

近年の大規模建築や都市の設計においては、調和のとれた都市景観の創成がひとつの大きなテーマとなっている。そのためには、建築や自然を含む都市景観に対する定量的な評価や予測を行うとともに、必要に応じてその結果を視覚化できることが重要な問題となる。この中でも特に湿度が高い日本の環境では、大気による見え方の影響をできるだけ正確にとらえていく必要があるが、このような大気遠近の諸効果を定量的に把握するには困難な問題も多く、これに対する研究は建設系の計画分野においては未だ少ない。以上の理由から、本研究では都市の展望景観を対象とし、景観画像や人間の視知覚に基づいて、大気遠近による見え方の変化を計量的に把握し、その結果を再現描写する研究を試みた。具体的には大気遠近による色彩変化やぼやけ（霞み効果）・テクスチャの一様化について、画像分析や視覚測度を利用してこれらを計量的に把握し推計する方法や、算出した推計値の妥当性について分析している。またそこで得られた推計値を画像処理の操作変数と関連づけて、フィルタ処理を利用した独自の大気遠近効果の再現描写法について研究した。

本研究の構成を章立ての流れにそって説明する。まず「第1章 大気遠近効果の考察と描写法」では、研究の前提や位置づけを行うとともに、画像処理を利用した大気遠近効果の描写法の考え方について考察している。次の第2章から第4章までは大気遠近の諸効果に対する推計について考

察し、第5章ではこれらの推計値を利用した大気遠近効果の再現描写法について提案している。具体的には、「第2章 山並み景観写真による色彩遠近の推計」では、気象学で用いられている Koschmiederの視程式を利用して、景観写真における山並み景観の色彩変化に対する分析を行い、視程式の入力変数の決定とこれによって算出した推計値の妥当性について考察した。ここでは移動視点と固定視点から撮影した山並みの景観写真を対象として、視距離にともなう色要素（赤(R)・緑(G)・青(B)）の変化を測定するとともに、景観写真に基づいて視程式の入力変数の決定を行い、これにより算出される推計値と測定値の比較を行った。「第3章 視覚測度による消失遠近の推計」では、明暗縞のコントラストと縞幅の変化に対する人間の識別感度（空間周波数コントラスト感度、空間CSF）を霞み効果の視覚測度として考え、視距離に対して識別可能な縞模様の密度とコントラスト変化を計量的に予測する霞み効果の推計方法について考察した。具体的には Koschmiederの視程式と空間周波数コントラスト感度曲線を相互に関連づけて、視距離を変数とした遮断周波数変化の推計式を導出した。さらに視認テストの測定値と推計値を比較し、推計方法の妥当性について考察した。「第4章 建築ファサード写真のテクスチャ解析」では、テクスチャの変化が与える独自の遠近感に着目し、視距離の増大にともない建築ファサード写真のテクスチャが次第に一様になっていくぼやけの現象について考察した。ここでは画像処理の分野で利用されているテクスチャ解析を応用し、視距離に応じた建築ファサード画像のテクスチャ特徴量の算出を行い、テクスチャの変化を画像濃度分布の統計量として計量化した。「第5章 画像処理による大気遠近効果の描写」では、フィルタ処理による色彩変化と霞み効果の描写法について考察した。ここではまず視距離に応じた色彩変化の推計値に基づいて、背景色と景観対象との色合成を施す色彩遠近フィルタを利用した描写方法を提案した。次に視距離に応じた遮断周波数による霞み効果の推計値に基づいて、景観画像に対して高周波数除去を施す消失遠近フィルタ（Lowパスフィルタ）を利用した描写方法を提案した。

以上の研究を通じて得られた結果と結論を述べる。本研究の成果を整理すると、「景観写真や視覚に基づいた大気遠近の諸効果に対する計量的な把握」と、この成果を景観描写に応用した「フィルタ処理を利用した大気遠近効果の描写法」に大別できる。前者の「景観写真や視覚に基づいた大気遠近の諸効果に対する計量的な把握」については、まず色彩遠近の推計に対して Koschmiederの視程式の係数算定を行っている。この際、画像化した景観写真から景観対象の物体色および背景の空色のデータの採取を行うとともに、地方気象台の観測する視程距離を調べて消散係数の算出を行った。このようにして得られた各距離ごとの色彩変化の推計値は、移動視点の場合と固定視点の場合のいずれの分析においても、景観画像から得られる色彩変化の測定値と高い相関関係を示すことが確認できた。次に霞み効果の推計では、Koschmiederの視程式から導

いた物体と背景のコントラストを、空間CSFにおける明暗縞のコントラストと等価と見なし、視距離に応じた空間CSFの遮断周波数の変化を推計する式の導出を試みた。この結果、定数項の異なる二種類の推計式が得られた。この二式から得られた推計値と視認テストの測定値をそれぞれ比較し、統計的分析から推計式の適合性を確認した。さらに識別尺度の既往研究に対して霞み効果の推計式を用い、既往の研究結果に対する検証を試みた。その結果、すでに定説とされている建築や景観構成要素の視認距離が、本研究の理論的な推計方法により説明できることを確認した。この成果は、従来では経験値として確認されていた景観要素の視認距離に対して、大気遠近を考慮した予測や算定を可能とし、識別尺度のテーマを一步進めるものになり得たと考える。最後に建築ファサード写真のテクスチャ解析では、視距離を離れた同一の建築ファサード画像に対して、同時濃度生起行列に基づく四つのテクスチャ特徴量（一様性・エントロピー・相関・コントラスト）を算出し、視距離に応じてこれらの値がどのように変化していくか分析した。その結果、四つのテクスチャ特徴量はいずれも非線形的な変化の傾向を示し、晴天時では視距離が約1500mまでで急激に変化し、それ以上では漸近的に一定値に近づいていくことが分かった。さらに統計的な分析を行い、これらの変化がいずれも指数曲線に近似できることが確認できた。以上のような大気遠近効果の推計値は、さまざまな景観評価において重要な基礎的情報になり得るとともに、景観の再現描写における描写精度の問題にも有益な情報となる。例えば本研究で行ったフィルタ処理による景観描写のみならず、コンピュータグラフィックスにおける3次元形状のモデル精度やテクスチャの画像精度などを判定する指標としても有効に利用できると考えられる。

次に、もう一つの成果である「フィルタ処理を利用した大気遠近効果の描写法」については、大気遠近による色彩変化と霞み効果の推計値に基づき、距離に準じた各景域に対する景観画像の分割投影・大気遠近フィルタの操作変数の算出・フィルタ処理の実施・景観画像の再構成、といったプロセスからなる景観描写法の具体的な操作手順を明らかにした。色彩遠近フィルタでは、各距離帯の景観画像のRGBのチャンネル分解・統合および背景画像との色合成を行ったが、この場合の色合成の割合は各距離帯での色彩変化の推計値と背景色の割合値として算出している。またLowパスフィルタによる高周波数除去のフィルタ処理では、遮断周波数値を画像精度（pixel数）に変換し、これをLowパスフィルタの操作変数と関連づける方法について検討した。具体的には景観画像の投影条件の中で、遮断周波数を変数とする条件設定について検討し、各距離ごと

でぼやかす画像精度をpixel 値として算出した。次に独自に考察した空間周波数チャートを作成し、ぼやかす画像精度の算定値とLowパスフィルタの操作変数との対応関係を調べた。これらに基づいて視距離に応じた霞み効果の描写法を提案した。最後に、フィルタ処理に代表される画像処理の関数は線形システムに相当しているため、色彩変化と霞み効果のフィルタ処理を重ね合わせてより現実感のある大気遠近効果を描写することが可能となった。そこで、ケーススタディでは山並みを背景とした都市景観画像に対して色彩遠近と消失遠近のフィルタ処理を順次行い、色彩変化と霞み効果を同時に再現する大気遠近効果の景観描写を実施した。以上のような描写法の提案により、大気遠近を含む景観描写においては人間の主観的な操作が多いという現状に対して、環境条件や観察条件に忠実な再現描写のプロセスを明確にすることができた。

以上の二つの成果を総合的に利用することにより、本研究が当初より目的としてきた大気遠近効果の推計と、これを応用した再現描写がより効果的に行えるようになった。この成果は景観評価や誘導といった計画実務に加え、景観工学や景観描写などの関連研究分野に充分役立てることができると確信する。