

## ロバスト背景差分に基づく

# 画像計測法の開発とその空間解析への適用

## 学位論文内容の要旨

我々が日々活動する(生活)空間は、さまざまな側面を持っている。これを解析研究するにあたり、多くの場合観察という検査行為をもって行われる。その中でも人の目による事象の直接観察は、最も一般的かつ基礎的な手段である。一方、近年の情報技術の発達には著しいものがある。特にカメラなどの映像情報の利用に基づく画像処理の分野は「機械の目」として応用の範囲が拡大しつつある。当然ながら、この「機械の目」の技術を前述の観察・検査活動に適用することは画像処理の大きなテーマの一つとなっている。

人や生物などの観測を考えた場合、画像処理は最も適した観測アプローチのひとつといえる。それは測定対象に対し非接触・無侵襲であることから、対象の活動を乱さないという特徴を有しているためである。また、多数の対象を一度に把握できる面的計測であることも有効である。画像処理技術による生物観測の自動化が実現することは、従来工業分野で語られることの多かった同技術の利用分野が拡大されると共に、生物観測に基づく環境関連技術の向上にも寄与することになる。

これらの観測行為に画像処理の適用を考えた場合、観測対象の領域分割・抽出手法が課題となる。領域分割の主な手法としては、輝度情報に基づくクラスタ分析や、対象の特徴情報に基づく画像照合、画像特徴量照合がある。移動・運動を伴う対称の場合、画像間差分やオブチカルフローに基づく領域特定がある。また、参照画像として対象の写りこみのない背景画像を利用する背景差分法もよく利用される手法である。これらの手法は夫々長短所を兼ね備えているため、画像処理の適用に当たっては対象の特徴を明らかにし、最適な処理の設計を行うことが肝要である。

筆者が携わる建築・環境の分野においても、目視観察は最も日常的な観測手段の一つである。そこで筆者らは建設活動に関わる観測行為のうち、次に示す2つの課題にテーマを絞り、観察自動化のためのアプローチを検討した。

1. 快適環境構築のための微小生物(ダニアレルゲン)観察。
2. 建物運用状況評価技術の構築としての建物内人間行動観察。

第1のテーマは、ダニの観察の自動化である。最近の住環境においてダニはアレルギーの発生要因(アレルゲン)としての認知が高まっている。アレルギー対策には、要因たるダニの観察が基本となるが、従来の目視観察は、有柄針等にて活動しているダニの数を選別計数するという手段がとられている。しかし多量の標本に対しては限界がある。

第2のテーマは、人の行動の解析に関するものである。建物設計においては、施設計画の

前後の交通量変動や、施工後の施設利用状況等が解析されるが、評価は人の行動解析に基づいている。これらの解析も目視観測を元に行っているため、利用状況（人の行動）の一面を捉えてはいるものの、施設利用の全てを反映することはできない。

そこで、本論分では各テーマについて対象の特徴を明らかにした上で、作業を自動化する手法の提案を行う。今回扱う対象は、(特に人の場合)輝度特性が各対象において違い、さらに変形・接触・分離を伴う。またダニの場合は、長期培養観察を行うため、ダニと同色同サイズの「培地」と呼ばれる粒子状の餌と混在した状態での観察を強いられる。故に輝度に基づくクラスタ分析や、特徴量照合に基づくマッチング手法は適用し難い。一方、背景差分法は移動する対象の抽出に対して非常に有効であるため、本論分では背景差分に基づく手法を提案する。背景差分における課題は、背景推定と対象抽出があげられる。背景差分を行うためには、正確で且つ適切な参照画像を取得することが必要である。対象抽出処理では環境条件、特に明度条件に対しロバスト性のある手法の適用が必要になる。

本論分では、背景推定問題に対してLMedS推定の適用を提案する。同手法の適用により、人や生物の移動に伴う例外値の影響を軽減させた背景を推定することができる。またLMedS推定の統計的特性に基づき背景画像の適用時点に着目することで抽出精度の向上を計る。対象抽出の手法としては、背景輝度の状態に対してロバスト性の高い増分符号相関を発展させた「周辺増分符号相関」の適用を提案する。更に、抽出情報を累積することで、生物の不定期な行動の影響を軽減し、傾向としての情報を取得評価する手法を示す。本論分では上記評価手法を「ロバスト差分累積法」として提案する。

さらに、人の活動評価として、従来の画像処理研究ではあまり取り上げてこられなかった人の「滞留」状態の解析技術の提案を行う。滞留は、建物利用等の評価では歩行と同程度に重要な行動とされている。そこで本論文では、同行動解析法として、推定した背景画像間の比較に基づく解析手法を提案する。背景画像間の輝度の変化を「背景交替」と呼び、その発生傾向から滞留を起こしている領域を分割抽出する。本論文では同手法を「背景交替解析法」として提案する。これにより、歩行中の人の影響を受けることなく、滞留をしている人の位置と時間を推定することができる。

以上まとめる。本論文の目的は、画像情報から人や生物の空間の利用の状態として数・分布などの情報を自動的に抽出する手法を確立するものである。ロバストな画像解析手法を提案し、その実応用における可能性について検討することである。

本論文の構成は、以下のとおりである。

第1章では、研究の背景と位置づけ、目的および意義について述べる。

第2章では、画像処理による移動体抽出に関する一般的なアプローチとその課題について述べ、本研究における基本的な処理アプローチについて説明する。

第3章では、第1のテーマであるダニの解析方法について説明する。ダニの解析に対しては、「ロバスト差分累積法」の適用を行う。さらに、反応領域の発生傾向の解析から、ダニの数と活動分布評価を行う。

第4章では、第2のテーマの人の行動から、特に歩行状態に対する解析について説明する。ここでは「ロバスト差分累積法」と「周辺増分符号相関」の適用を示す。実際の解析結果に基づき、建物評価に有効なパラメータの取得と利用空間の解析を行い、その有効性を示す。また、滞留行動抽出の課題も示す。

第5章では、第4章にて課題とした、滞留状態の人の行動を解析する方法として、「背景

交替解析法」の説明を行い、その適用事例を示す。解析の結果として、滞留位置・時間などのパラメータを示し、有効性を評価する。

第6章では、本論分のまとめとして、提案手法を総括をしたうえで結論を示す。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小野里 雅 彦  
副 査 教 授 土 谷 武 士  
副 査 教 授 島 公 脩  
副 査 助教授 金 子 俊 一

学 位 論 文 題 名

## ロバスト背景差分に基づく

## 画像計測法の開発とその空間解析への適用

我々が日々活動する（生活）空間は、さまざまな側面を持っている。これを解析研究するにあたり、多くの場合観察という検査行為をもって行われる。その中でも人の目による事象の直接観察は、最も一般的かつ基礎的な手段である。一方、近年の情報技術の発達には著しいものがある。特にカメラなどの映像情報の利用に基づく画像処理の分野は「機械の目」として応用の範囲が拡大しつつある。当然ながら、この「機械の目」の技術を前述の観察・検査活動に適用することは画像処理の大きなテーマの一つとなっている。

人や生物などの観測を考えた場合、画像処理は最も適した観測アプローチのひとつといえる。それは測定対象に対し非接触・無侵襲であることから、対象の活動を乱さないという特徴を有しているためである。また、多数の対象を一度に把握できる面的計測であることも有効である。画像処理技術による生物観測の自動化が実現することは、従来工業分野で語られることの多かった同技術の利用分野が拡大されると共に、生物観測に基づく環境関連技術の向上にも寄与することになる。

著者の携わる建築・環境の分野においても、目視観察は最も日常的な観測手段の一つとされている。本論文ではこの建設活動に関わる観測行為のうち、次に示す2つの課題にテーマを絞り、観察自動化のためのアプローチを検討している。

1. 快適環境構築のための微小生物（ダニアレルゲン）観察。
2. 建物運用状況評価技術の構築としての建物内人間行動観察。

第1のテーマは、ダニの観察の自動化である。最近の住環境においてダニはアレルギーの発生要因（アレルゲン）としての認知が高まっている。アレルギー対策には、要因たるダニの観察が基本となるが、従来の目視観察は、有柄針等にて活動しているダニの数を選別計数するという手段がとられている。しかし多量の標本に対しては限界がある。

第2のテーマは、人の行動の解析に関するものである。建物設計においては、施設計画の前後の交通量変動や、施工後の施設利用状況等が解析されるが、評価は人の行動解析に基づいている。これらの解析も目視観察を元に行っているため、利用状況（人の行動）の一面

を捉えてはいるものの、施設利用の全てを反映することはできない。

これらの観測行為に画像処理の適用を考えた場合、観測対象の領域分割・抽出手法が課題となる。領域分割の主な手法としては、輝度情報に基づくクラスタ分析や、対象の特徴情報に基づく画像照合、画像特徴量照合がある。移動・運動を伴う対称の場合、画像間差分やオプティカルフローに基づく領域特定がある。また、参照画像として対象の写りこみのない背景画像を利用する背景差分法もよく利用される手法である。これらの手法は夫々長短所を兼ね備えているため、画像処理の適用に当たっては対象の特徴を明らかにし、最適な処理の設計を行うことが肝要である。

本論文では上記趣旨に沿い、各テーマについて対象の特徴を明らかにした上で、作業を自動化する手法の提案を行っている。人の場合は輝度特性が各対象において違い、さらに変形・接触・分離を伴う。またダニの場合は、長期培養観察を行うため、ダニと同色同サイズの「培地」と呼ばれる粒子状の餌と混在した状態での観察を強いられる。故に輝度に基づくクラスタ分析や、特徴量照合に基づくマッチング手法は適用し難い。一方、背景差分法は移動する対称の抽出に対して非常に有効であるため、本論文では背景差分に基づく手法を提案している。背景差分における課題は、背景推定と対象抽出があげられる。背景差分を行うためには、正確で且つ適切な参照画像を取得することが必要である。対象抽出処理では環境条件、特に明度条件に対しロバスト性のある手法の適用が必要になる。

本論文では、背景推定問題に対してLMedS推定の適用を提案している。同手法の適用により、人や生物の移動に伴う例外値の影響を軽減させた背景を推定することを示している。またLMedS推定の統計的特性に基づき背景画像の適用時点に着目することで抽出精度の向上を計っている。対象抽出の手法としては、背景輝度の状態に対してロバスト性の高い増分符号相関を発展させた「周辺増分符号相関」の適用を提案している。更に本論文では、抽出情報を累積することで、生物の不定期な行動の影響を軽減し、傾向としての情報を統合し取得評価する手法として「ロバスト差分累積法」の提案を行い、密度等評価指標を目視観測と比較することでその有効性を確認している。

さらに、人の活動評価として、従来の画像処理研究ではあまり取り上げてこられなかった人の「滞留」状態の解析技術への取り組みを行っている。滞留は、建物利用等の評価では歩行と同程度に重要な行動とされている。本論文においては、同行動解析法として、推定した背景画像間の比較に基づく解析手法を提案している。背景画像間の輝度の変化を「背景交替」と呼び、その発生傾向から滞留を起こしている領域を分割抽出手法を示している。本論文では同手法を「背景交替解析法」として提案を行っており、歩行中の人の影響を受けることなく、滞留をしている人の位置と時間を推定できることを確認している。

これを要するに、著者は、実環境における生体の群挙動の画像計測について、ロバスト背景差分法に基づく安定な推定方法を独自に提案し、実験を通してその効果に関する新知見を得たものであり、システム情報工学に対して、貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。