

主 論 文 の 要 約

論文題目 **Autonomous Photographing System
based on Aesthetic Composition
Evaluation of a Scene**
(審美的な構図評価によるロボットの自律
的撮影システム)

氏 名 蘭 凱

論 文 内 容 の 要 約

本論文では、自律的に写真撮影を行う撮影ロボットを実現するため、写真の審美的評価および撮影視点の選択という2つの技術課題を解決することで、自律撮影ロボットシステムを構築・立証したものである。

近年、移動ロボットが小型化と低価格化のため、災害復旧支援や地形調査などの産業分野だけではなく、人の生活空間まで浸透している。その中、小型空撮ロボット(ドローン)は人の観測不可な場所から撮影できるため、観光、旅行などの場面に大変活躍している。しかしながら、現状では操縦者の指示なしに撮影の視点やタイミングを決めることがほぼ不可能である。より多くの場面に活用するため、人の指令や判断が与えられない状況でも自律的に撮影を遂行することが求められている。

本研究で議論された自律撮影とは、ロボットは様々な状況に応じて、人の美的感性と一致した「良い」写真を撮ることが目的である。これを実現するためには、(1) 写真の美的評価、(2) 撮影視点の選択、の2つの技術課題が挙げられる。これらを解決するために、我々はプロトタイプとして、自律移動撮影ロボットシステムの実現に向けた研究を推進してきた。

絵画、写真などの芸術作品の美しさを規定する要因として、秩序性、あるいはパターン化された要因が挙げられる。従来研究において、美的秩序の整えた構図ルールに従って被写体の配置関係を重視する構図評価手法が提案された。画面内における被写体の理想位置と大きさをあらかじめ決定し、これらを基準として一般写真の構図の品質を評価する。三

分割構図に基づいた構図評価ができたが、これ以外の構図ルールへの対応は検討されなかった。また、人のような方位情報を持つ被写体に対し、異なる撮影角度によってもたらされる写真の美的価値の影響も考察されなかった。そして、被写体の数が多い状況での構図評価手法の利用は考慮されてなかった。

撮影視点の選択は自律撮影ロボットシステムにとっては極めて重要な課題である。適切な観測視点から撮影すれば、被写体の配置状況を忠実かつ綺麗に表現することが可能である。従来研究では、宴会、イベントのような人と混在する環境で、人との衝突を回避しながら撮影視点の選択ができたが、ヒューリスティックな探索手法を用いたため、選ばれた撮影視点は局所最適解に陥ることが多く、美的鑑賞に有効な撮影結果が全体の 29%しかないという問題もあった。

本論文では、これらの問題を解決して自律移動撮影ロボットシステムを実現するために、(1) より多くの状況に対応できるかつ撮影角度を考慮した構図評価手法、(2) 大域的なかつ高速な視点選択手法、を提案し、実機実験により提案手法の有効性を検証した。(1) の構図評価手法は 3～6 章に、(2) の視点選択手法は 7 章にまとめられている。その中、構図評価に関しては、人の目に直接観測できる被写体を考察するだけではなく、見えない部分（余白）までも撮影対象とする構図評価手法を提案している。

1 章において研究背景と動機、自律撮影ロボットシステムの紹介と現状の問題点についてまとめている。

2 章では、提案した自律撮影ロボットシステムのアーキテクチャを述べている。このシステムは「画像処理」、「構図評価」、「視点選択」、「経路計画」と「モーター制御」の 5 つのモジュールによって構成される。

3 章と 4 章は人の目に直接見えるものを被写体とする構図評価手法を提案している。3 章では、写真における被写体を検出するための手法を述べている。被写体の検出手法は、一般物体の検出と人の検出に分けられている。一般物体の検出は RGB-D カメラの深度情報を基にした物体分割手法を用いる。深度範囲 0.5m~4.0m 以外の部分を排除した上、RANSAC 法を用いて Point Cloud 画像から床面を除去し、残された部分を物体として検出する。人が被写体の場合には顔によって検出される。顔の向きは撮影にとっては重要であるため、顔の角度の推定も行われる。

4 章では、写真の構図を 2 つの方法で評価を行った。1 つ目の方法では、被写体の位置、サイズと構図ルールの適合度によって写真の構図を評価する。各評価要素に対し、評価関数を作り、3 つの要素の評価結果に基づいて構図の美的価値を定量化する。2 つ目の方法では、被写体の配置状況を二次元混合ガウスモデル (GMM) によって表現する。集合写真のような複数の被写体の存在する場合、GMM における変分ベイズ学習によってクラスタリングを行う。そして、現在のシーンにおける被写体の配置状況(GMM)と予め用意された理想構図の配置状況(GMM)と比較し、Kullback-Leibler (KL) 情報量によって 2 つの分布の差異を定量的に計算する。KL 情報量が小さければ、現在の構図が理想構図に近く、美的評

価が高いことを意味する。また、画面処理によって推定された顔の向きとカメラの向きの相対関係を評価し、撮影角度に関する考察も行う。

5章と6章は、東洋芸術に大事にしてきた「余白」も考慮し、画面の中から直接見える被写体だけではなく、見えない「余白」も撮影対象とした構図評価手法を提案する。5章では写真における余白の意味を改めて定義し、セマンティックセグメンテーションと画像顕著性に基づいて余白の検出手法を提案している。提案手法の検出精度を検証するため、検出された余白と人の知覚した余白の一致性を考察する。

6章では、画面にうつる被写体と余白を撮影対象とし、心理学におけるビジュアルバランスの観点から、被写体領域と余白領域における視覚的な力に基づいた美的構図評価手法を提案している。さらに、リアルな写真を使って、提案された構図評価手法の評価結果と人の主観的評価の一致性を検証する。

7章では、**Composition Map** という視点選択手法を提案している。実空間では撮影対象の周辺に観測候補視点を設置し、各観測候補視点で観測可能なシーンを推定し、提案された構図評価手法を利用し構図を評価する。最も評価の高い観測候補視点を最適視点として選ばれる。ロボットが最適視点に向かいながら、経路計画と軌道制御が行われる。最後に実機で写真撮影実験により、提案した視点選択手法の有効性を検証する。

最後、8章では、本論文のまとめと、自律撮影ロボットシステムの今後の展望について述べている。