

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 パンタワングクーン ソンフォト

道路上を走行する車輛の分布や密度、さらに路側に駐車している台数を広域にわたり、安価にモニタリングすることができれば、カーナビなどにおける交通渋滞情報の提供、交通シミュレーションモデルにおける検証、違法駐車の実態把握と渋滞への影響分析など、さまざまな分野で利用できる。交通状況の把握のためには、すでに監視用カメラなどが多用されている。しかしながら、こうしたカメラによりカバーされる範囲は非常に狭く、対象となる道路区間をすべてカバーするためには多大の投資が必要になる。またカメラ画像から車輛の分布、密度、挙動などを自動的に抽出する手法の開発もそれほど高いレベルにはない。一方、航空写真などに代表される空撮映像は、車輛同士の重なりなどもほとんどなく広い領域をカバーできるものの、従来の航空写真ではデジタル化するためのコストや手間がかかりすぎる問題があるほか、ステレオ撮影をしなければ、走行車両と停止車両を区別できない。ヘリコプターなどに搭載されたビデオカメラでは運行費用が高くなりすぎるほか、相当低空で飛ばないと解像度が十分でないなどの課題がある。

近年、ライン CCD を利用した空撮用のデジタル画像センサが開発された。これは 1 万画素から 2 万画素程度の撮像素子を有するライン CCD を飛行直角方向に備え、航空機やヘリコプターの飛行に伴って地表面を走査することで、極めて高い分解能のデジタル画像を帯状に収集することができる。またライン CCD を撮像面に複数設置することで、直下方向以外に飛行方向に沿った斜め画像を若干の観測時間ずれを伴って得ることができる。帯状の画像は道路のような「長い地物」をカバーするのに有利であり、高分解能画像は車輛の抽出に有利である。また直下視画像以外に前方視画像、後方視画像などを利用することで道路表面の高さを得られるばかりでなく、停車車輛の高さを得ることで、その識別が容易となる。また前方視画像、直下視画像などを用いれば道路表面上を時間遅れを伴って計測できるので、走行車両を停止車両と区別することもできる。さらに、ライン CCD を利用したデジタル画像センサは画像の揺れ防止のため、撮影時のセンサの位置や傾きを GPS やジャイロを利用して精度よく捉えることができ、抽出した結果をそのまま地図上に落とし込むことを可能としている。

しかしながら、ライン CCD を有する空撮用画像センサ（ここでは TLS：スリーラインセンサと呼ぶ）を対象とした車輛の抽出・識別手法は開発されていない。従来の空撮画像を対象とした車輛の抽出・識別画像は、従来の空撮画像の限界をそのまま引きずっており、解像度の低い画像にしか適用できない、走行車両と停止車両の区別ができないなどの問題がある。そこで本論文では、TLS 画像を用いた道路上の車輛の抽出と、走行・駐車・信号待ちといった状況分類を可能とする画像計測手法を開発した。

論文は 6 つの章からなっている。第 1 章はイントロダクションであり、研究の背景、目的と論文全体の構成を述べている。第 2 章は関連する研究のレビューであり、空からの映像を利用した車輛の抽出・識別手法に関する既存研究・関連研究を整理し、停止車輛や走行車両の識別まで行ったものはないこと、TLS のような高分解能画像を対象とした研究もほとんどないことなどを明らかにしている。

第 3 章は手法の枠組みを提案している。すなわち画像のセグメンテーションや雑音の除去手法といった前処理に引き続き、停止車輛を前方視と直下視といった複数方向画像を利用した立体計測により確実に抽出し、その後、直下視画像と前方視画像などと比較することで移動する車輛を抽出するなどの方法論的な枠組みを提案している。

第 4 章は車輛の抽出手法の詳細を述べている。すなわち、直下視画像から得られた領域分割結果を、サイズなどから絞り込んで車輛候補とした後、直下視画像と前方視画像のステレオマッチングから得られる高さ情報を利

用してさらに絞り込み、停止車両とする。さらに停止位置と道路境界線との距離を比較することで、信号待ち車両と路側駐車車両を区別している。さらに走行車両については、車両候補全体から停止車両候補そのものとその前後の車両候補をはずした後、その車両候補が直下視以外の他の画像に現れているかどうかを画像相関により確認する。現れていない候補を走行車両の最終候補とし、さらに大きさなどを評価してフィルタリングすることで、走行車両と判定する。

第5章は提案手法の検証である。東京・錦糸町地区の TLS 画像を利用して車両の抽出・識別精度を検証した。その結果、ビル影に含まれない良好な撮影条件の箇所では、抽出率は 85%程度、信号待ち・路側駐車 of 判別成功率はほぼ 100%と良好な結果が得られた。ビル影では画像の雑音などもあり抽出率が低下したが、ノイズ低減フィルターなども効果のあることが実証された。また抽出にあたっての各種処理パラメータの変化が最終結果にどのような影響を与えるかについても実験を行い、その結果、文献などから与えられるデフォルト値を利用すれば、場所によってそれほどの抽出率変動が生じないことも示された。

第6章は結論と今後の課題を整理している。

以上まとめると、本論文は TLS というユニークな画像センサを利用して、道路上の車両情報をできるだけ効率的に収集する手法を開発した。この新しい画像センサに適合した計測アルゴリズムは初めてであり、画像の特徴を生かして良好な自動抽出・識別精度を得ていることは高く評価できる。また道路上の車両情報は ITS における基本的に重要な情報となることが期待され、それを空から自動的に集めることができれば、社会的なインパクトも大変大きい。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。