HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高精度道路地図整備と舗装面維持管理のためのMMS点群からの道路情報ベクトルデータ抽出［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	本間, 亮平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15669号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90880
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryohei_Honma_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　本間 亮平

学　位　論　文　題　名

高精度道路地図整備と舗装面維持管理のための MMS 点群からの道路情報ベクトルデータ抽出
（Vector data extraction of road information for maintenance of high-definition map and pavement asset management using MMS point clouds）

近年, 交通事故の削減, 交通渋滞の緩和, 道路の維持管理の自動化などを目的として, 自動運転技術の開発が進められている. あらゆる環境や状況下において安全に自動運転を実現するためには,3 次元高精度道路地図が必要とされているが, 日本における道路の総延長は約 128 万 km と長大であり, 一般道路が大きな割合を占めることから, 特に一般道路において効率良く高精度道路地図を作成していくことが自動運転の実現に向けた課題となっている. また, 近年, 道路の維持管理に関わる技術者不足が顕在化しており, 道路舗装の維持修繕に関わる予算が減少する傾向にある. そのため, 限られた技術者と予算によって効率的に道路舗装面を点検し, 予防保全型の維持管理に転換することで, 舗装面の長寿命化とライフサイクルコストの縮減を実現することが求められている. 一方で, レーザスキャナ等を搭載した MMS(Mobile Mapping System) によって取得した点群から, 高精度道路地図を作成したり, 道路舗装面の損傷を抽出する技術開発が進んでいる. そのため, 複雑な構造を持つ一般道路においても正確かつ効率的に高精度道路地図を作成し, 様々な種類や大きさを持つ道路舗装面の損傷を高精度に抽出する技術が求められている. さらに, 道路舗装面の損傷はベクトルデータとして抽出し, 他の社会資本に関する空間情報と統合したプラットフォームにおいて管理することが望まれている.

高精度道路地図のうち, 車道と歩道の境界線である車道境界線は自動運転の安全性にかかわる重要な取得項目であるが,MMS 点群からの自動抽出においては, 雑草などによる縁石の遮蔽の影響によって抽出精度が低下することや, 一般道路における縁石の切り下げ部や交差点において抽出できないことが課題となっている. また,MMS 点群からの道路舗装面の損傷抽出では, わだち掘れやポットホール等の領域型損傷とひび割れ等の線状型損傷の抽出を包括的に取り扱える手法が存在せず, スケールの異なる領域型損傷や複雑な線状型損傷の抽出が困難であり, 損傷抽出精度が低いことが課題となっている. 本研究では, これらの課題を解決するために,MMS 点群から一般道路における車道境界線と, 道路舗装面の領域・線状型損傷をベクトルデータとして抽出する技術を開発した. 道路舗装面の損傷抽出結果をベクトルデータとすることで,MMS 点群として扱うよりコンパクトなデータサイズで損傷の存在箇所や広がり, 分布の把握を可能とした.

車道境界線の自動抽出においては,MMS によって取得した点群と走行軌跡とを入力として, まず,MMS におけるレーザスキャナの設置角度の影響の受けない抽出処理を実現するために, 車両の進行方向に垂直な平面に投影したスキャンラインの座標を算出した. 次に, スキャンラインの勾配変化を評価するための指標として算出した湾曲度を用いて植栽などの不均一部の点群を除外し, 雑草等による縁石の遮蔽や計測ノイズの影響を低減するために, スキャンラインを平滑化した. そして, 平滑化したスキャンラインに対して湾曲度を再計算し, 点群と走行軌跡との相対位置関係と湾曲度を使用して車道境界線のシード点を抽出した. 最後にシード点から周辺領域を探索し, 湾曲度と車道

境界線の滑らかさに基づき車道境界点を接続していくことにより車道境界線を生成した. 車道境界線の抽出性能は, 異なる仕様からなる MMS, 異なる道路構造に対する頑健性を評価するために, 同じ道路を 2 種類の MMS によって取得した点群と, 異なる構造持つ道路の MMS 点群に対して適用して評価した. 手動で作成した正解データと提案手法によって抽出した車道境界線との距離に基づく抽出性能の評価では, 完全性, 正確性, および品質で 92.9 %〜99.5 %, 合計で 10.5mm〜19.6mm の精度を達成した. 異なる仕様からなる MMS や異なる道路構造においても, 段差の小さい歩道切り下げ部や交差点部などを含む車道境界線を抽出できることを確認した.

領域・線状型損傷の抽出においては,MMS によって取得した点群と走行軌跡とを入力として, まず, 車両の進行方向に垂直な平面に投影したスキャンラインの座標を算出し, スキャンラインの湾曲度に基づいて各点の損傷の影響の低さを表す指標である非損傷度を算出した. 次に, 各点の非損傷度を考慮した曲線フィッティングにより領域型損傷と線状型損傷の正常舗装面をそれぞれ推定し, 正常舗装面と各点の高さの差分である変状変位量を算出した. そして, 領域型損傷の正常舗装面から算出した変状変位量を用いて領域型損傷のポリゴン生成と種別判定を行い, 最後に線状型損傷の正常舗装面から算出した変状変位量を用いて線状型損傷のポリラインを生成した. 領域型損傷の抽出性能は,MMS 点群から提案手法により抽出した領域型損傷ポリゴンと手動で作成した正解データとを比較することにより評価した. また, 目視確認によって損傷種別の判別結果を確認した. 線状型損傷の抽出性能は,MMS 点群から提案手法により抽出した線状型損傷ポリラインと手動で作成した正解データとを比較することにより, 線状型損傷の存在範囲や分布を評価した. 結果として, 領域型損傷の IoU は 80.2 %を達成し, 得られた領域型損傷ポリゴンによって領域型損傷の存在箇所や広がり, 分布の把握が可能であることを確認した. 線状型損傷においては,90.7 %の Recall,97.0 %の Precision,10.0mm の RMS を達成し, 得られた線状型損傷ポリラインによって線状型損傷の存在箇所や形状の把握が十分に行えることを確認した. 提案手法は, 従来の専用機材による道路舗装面の調査を普及が進む MMS による調査に置き換えられる可能性, ならびに, 蓄積されている MMS 点群を道路舗装面の調査に利用できる可能性を示している.