

[別紙 1]

論文の内容の要旨

論文題目 都市 3 次元空間データ取得のための  
車載型レーザーマッピングシステム(VLMS)の開発

(Development of Vehicle-borne Laser Mapping System (VLMS)  
for Urban 3-D Data Acquisition)

氏名 マナンダー ディネス

レーザーマッピング手法は直接 3 次元空間データを取得する能力が高いことから、ここ数年たいへん普及、定着してきている。一方、3 次元空間データは、カーナビゲーションシステム、都市計画や防災管理、電気ガス水道などのインフラストラクチャー整備、バーチャルリアリティー、コンピューターゲームなど様々な分野での利用が行われている。しかしながら都市部においては、3 次元空間データの解像度（詳細さ）や信頼性の不足、データ取得の非効率性といった課題が依然として存在する。従来の車載型 3 次元空間データ取得システムのほとんどが、主要なデータをステレオ写真から取得しており、上記の課題の解決には必ずしも成功していない。そこで著者は都市部における 3 次元空間データ取得の抱える以上のような課題を克服し、高解像度で信頼性向上と迅速化を実現すべく車載型レーザーマッピングシステム (VLMS) を開発することを構想した。このシステムは都市 3 次元 GIS データベース構築を支援するものである。

本研究の主な目的は、レーザースキャナーと CCD カメラもしくはラインカメラを組み合わせた 3 次元空間データ取得システムの開発、センサーキャリブレーションと座標系参照統合アルゴリズムの開発、そして最終的に地物特徴抽出アルゴリズムとレンジデータの分類手法の開発である。

本研究では VLMS を 2 世代にわたり開発した。最初のシステムは INS (慣性航法装置)、GPS (汎地球即位システム)、ナビゲーションのためのオドメーターを装備し、さらにデータ取得用の 4 台のレーザースキャナーと 4 台の CCD カメラから構成されるものである。このシステムは操作上の制限があり、レーザースキャナーと CCD カメラの走査速度との関係で、自動車の走行速度を時速 10 キロメートルまでしかだすことができない。これは都市部での利用を想定している本システムにおいて深刻な制限である。CCD カメラは反射ミラーを装着したシステムであり、全周画像が得られる。あいにく画像解像度は(480x480pixels)と十分なものとは言えなかった。そこで第 2 世代目は 3 台のレーザースキャナーと 6 台のラインカメラと INS、GPS を組み合わせたものである。このシステムの場合、通常で時速 40 キロメートル走行での操作が行えると同時に、時速 80 キロメートルでもレーザースキャ

ンニング解像度が1ビット分低くなる程度である。ラインカメラの解像度は2048ピクセルと極めてよい。

VLMSは各センサーと位置測位装置をそれぞれ組み合わせて使用しているため、車体のそれぞれ異なる位置に配置されたレーザーやカメラによってスキャンされた対象物の空間座標を、局地座標系（センサー座標系）から共通座標系に変換統合でき、さらに同一座標系の地図上に表現することができる。なお、いくつかのレーザーセンサーやラインカメラを統合することで、隠ぺいされてしまうような複雑な地物の3次元データの取得には有効である。

本システムはレーザースキャンや画像取得可能な範囲にあるすべての都市構造物を取得可能である。構造物抽出はスキャンライン（走査線）ごとにレンジデータを処理することで行われる。道路表面データ抽出には最初にすべてのスキャンライン（走査線）の標高頻度分析を行う。次に直線を加重最小2乗法により、抽出したレンジポイントにあてはめ、あてはめたラインを組み合わせることで3次元パッチ処理により道路表面データを生成する。

次に、残りのレンジデータは、レンジ距離の2次導関数分析によりグループ分けをする。これはつまり連続性をもつポイント群と散乱しているポイント群にグループ分けをおこなうものである。ある幾何学的な形状に準じた人工構造物の周辺では、樹木などの自然物のレンジポイントは一般に散乱する傾向がある。直線を連続性をもつグループにあてはめ、さらに垂直方向の線、水平方向の線、斜線と分類する。なお線分のつながりを表す線の連結テーブルを線分の方向ベクトルと線分距離に基づいて作成する。スキャンライン中の線分は、同じ「連結線分リスト」にあれば、1本の線分に合成される。次に3本から4本の隣り合った線をあてはめ、3次元上の表面を生成する。が、その際近接する面の標準ベクトルがある閾値以内であれば、統合を行い、平面を生成する。結果的に構造物表面や道路表面ではない地表面のレンジポイントが残ることになる。

柱の抽出は近接する線の距離を分析して行う。一般的に柱はある高さまで単独でまっすぐ立っているものである。散乱したポイントのグループは樹木として分類される。駐車車両は小さい範囲での水平方向の線と垂直方向の線の組み合わせで表示される。単一の散乱ポイントは混合クラスか未知クラスに分類する。このクラスが道路沿いのガードレールのような小さな都市オブジェクトデータを含んでいるが、これらの分類は今後の課題としたい。これらが道路や建物、樹木、柱を抽出のために開発したアルゴリズムである。

我々は、効率よく効果的に高解像度都市3次元空間データベースを開発するために、以上のようなシステムを築き上げた。データは画像データテクスチャを貼り付けることでよりいっそう有効に視覚化できる。