

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24760420

研究課題名(和文) モバイルマッピングシステムを用いた速度特性の把握に関する研究

研究課題名(英文) Observation of Speed Reduction by using Mobile Mapping System

研究代表者

石坂 哲宏 (ISHIZAKA, Tetsuhiro)

日本大学・理工学部・准教授

研究者番号：60453908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、3次元レーザースキャナによって得られた大量の点群データより、抽出する線形情報は基本的な道路の線形情報である横断・縦断線形だけでなく、視距や空間的な閉塞感などを算出する方法を構築した。また、被験者による走行調査を行い、これらの線形情報と速度の関係を定量的に明らかにした。具体的には、カーブの閉塞感と視距、横方向力、走りやすさの体感が相対して出現していることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study developed the methodology to estimate not only road alignment which is a basic information for expressing curve, but also visual distance and index to express narrow space. The 3D point cloud data measured by mobile mapping system is used for estimation. The outcomes of this study was to verify influence factor on speed reduction at curve section by using 3D point cloud data and evaluation of driver by questionnaire. It was concluded that the visual distance which estimated by using 3D spatial road data, lateral force and driver's feeling at curve is relatively influenced for speed reduction.

研究分野：交通計画

キーワード：速度低下 視距 3次元点群データ モバイルマッピングシステム

1. 研究開始当初の背景

車の走行速度は非自由走行時であれば、交通量及び形成している車群の影響を受けるものであるが、自由走行時及び車群の走行速度に関しても、道路の幾何構造及び運転者が感じる走りやすさに影響されていることは言うまでもない。様々な研究がおこなわれているが本研究代表者らが行った研究調査によっても連続的な道路幅員の変化などの要因が走りやすさに影響していることを明らかにしている。道路の幾何構造に関して、ドライバーからの視距や道路空間の閉塞感など微細な走行環境がカーブ走行時のドライバーの運転挙動に影響を与えていると言え、それらの影響を定量的に評価する必要がある。しかし、このような微細な道路環境を情報として再現することは困難であり、計測技術の開発が必要であるといえる。

それらの計測する技術に関して、3次元レーザースキャナやGPSを車載し、走行しながら道路空間を計測できるシステムであるモバイルマッピングシステム(以下、MMS)が有効であると考えられる。MMSで走行しながら3次元レーザースキャナで道路空間の計測を行うと、レーザーが反射した地点の位置情報が得られ、加えて、カメラで取得した画像等と合成することで道路空間の認識が可能となっている。しかしながら、点の集まりでしかない点群データから、道路の2次元の線形情報や視距や空間的な閉塞感などの情報とするには、点群データの処理技術の開発が必要となってくる。

2. 研究の目的

本研究は、上記のような研究背景を踏まえて、次の2点の研究目的を設定する。

まず、3次元レーザースキャナによって得られた大量の点群データより、道路線形情報を抽出する方法を構築することを目的とする。これには、抽出する線形情報は基本的な道路の線形情報である横断・縦断線形だけでなく、視距や空間的な閉塞感など走りやすさに関連する情報をも含むこととする。

次に、被験者による走行調査を行い、これらの走行環境の情報と速度(低下)の関係を定量的に明らかにすることを目的とする。加えて、運転者の認知も非常に重要な要因であるため、アンケートを取り、カーブの認知とその反応に関して明らかにすることとする。そしてこの視距離と速度の関係を明らかにすることによって現在の道路構造令や道路法で定められている規制速度が現代の自動車に見合っているのかどうかを明確にし、現代の道路構造令や道路法で定められている一律の規制速度を区間別に速度規制を行った方が良いのではないかと考える。そこで本研究では、運転者の視距離と速度の関係を把握することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) MMSによる道路空間データの取得

千葉県船橋市周辺の県道を対象にニコン・トリンプル社製のTrimble MX8による道路空間データの取得実験を行う。Trimble MX8によるデータ取得はレーザーなどの精密機械の調整が必要なため、ニコン・トリンプル社に協力を頂いた。

(2) 点群データ処理方法の構築

道路線形の抽出技術

取得した点群データから線形情報を抽出するために、大量の点群データから路面及び区画線(白線)のみを抽出する技術の開発を行う。

視距の推定方法

視距の定義は道路構造令における定義を用い、見通し線は路面と道路沿道の建物、植樹等に相当する点群を形状化(メッシュ化)して、実際の道路環境下での推定を行う。3次元空間で表された道路空間上で、多数の見通し線を設定し、路面、建物を通過した場合は見通しが利かないと判断し、見通しが利く場合は見通し線上の最大の視距を求める。視距は10mごとに連続的に求めることとし、その算出を自動的に可能とする処理方法をプログラミングによって開発することとする。なお、車線を中心線は道路線形の抽出技術で得られた区画線から求めることとする。

空間的な閉塞感の推定方法

点群で表現された道路沿道の建物、植栽、駐車車両等の空間的に閉塞感を与える要因を定量的に指標化することを行う。同じ見通し線でも、障害物が運転者の近くに存在する場合と遠くに存在する場合は、空間的な閉塞感が大きく異なると想定されることから、見通し線上の障害物の距離とその面積を算出し、空間的な閉塞感を表す指標を算出する。特に本研究では交差点の見通しに関する検証を行うこととする。

(3) 走行調査による速度計測と運転者挙動の把握

調査区間

走行調査を行った区間は、千葉県船橋市金堀町152-1の県道で、片側1車線の区間であり、両側にガードレールが設置されている区間である。図1に調査区間を示すが、カーブが往復で6か所あるので、それぞれの区間番号を設定する。また、視距とアンケート回答のために10m毎に区分した。

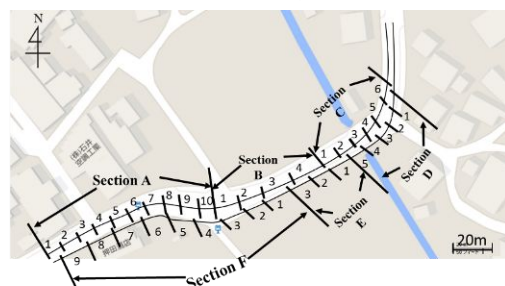


図1 走行対象カーブ

被験者走行実験の概要

被験者に実際に走行してもらい走行速度

を計測する。その際に 10Hz でデータを取得できる GPS ロガーを調査車両に設置し、走行速度を取得する。この走行速度を計測することにより、今回の調査区間のカーブでの流入部と流出部での速度差が計測できる。

被験者に走行してもらった後、調査区間を 10m 間隔に区切った写真を用いたアンケート調査を行う。アンケート調査の質問項目として、走行のしやすさを 4 段階で回答していただくアンケート調査を行った。

4. 研究成果

(1) 道路線形の抽出技術の開発成果

白線の抽出条件の設定

本研究では道路線形の推定に白線の点群データが利用可能であるかを検討するために、計測した点群データの中から白線の点群データの抽出を行った。抽出の際の条件として反射強度値と R 値, G 値, B 値の平均値(以下, RGB 平均値)および標準偏差(以下, RGB 値標準偏差)の条件指定を行った。そのため、白線と近接して存在するコンクリート, アスファルトの反射強度値と RGB 平均値および RGB 値標準偏差の分布について箱髴図を用いて分析し抽出の際の条件(以下, 抽出条件)を設定した。本研究では抽出条件の設定に、分析に用いた箱髴図の 25% 値を下限値, 75% 値を上限值として設定した。図 2 に反射強度値の箱髴図を示す。次に、上記の結果よりそれぞれの点群がどの道路構造物に該当するかを分類するための閾値を定めて、抽出を行った。図 3 にその抽出結果を示すが、電柱を一部削除できないケースがあるが、道路面では白線のみを抽出できるようになった。

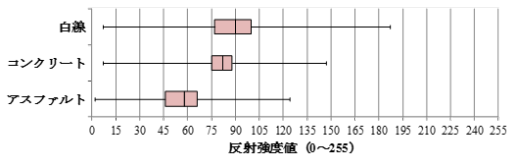


図 2 反射強度値の分布

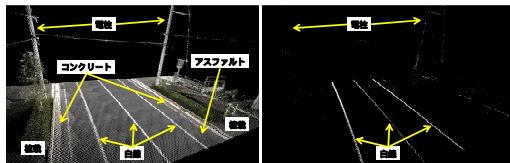


図 3 区画線の抽出結果(右図)

視距の推定方法

本研究では、視距推定のために抽出した白線の点群データから推定方法を検討した。白線の点群データは、図 4 の様にそれぞれの白線の点群データを 0.3m 四方に分割し、各ブロックの位置情報の X 座標, Y 座標, Z 座標の中央値を利用して代表点を設け中央線と区画線を推定し、その中心をドライバーの中心線とする技術を構築した。

空間的な閉塞感の推定方法

図 5 に見通しが悪い交差点における見通し空間の定量的評価を行った。各地点における実際と理想の可視領域のピクセル数を比較した。見通しが悪い交差点に比べ、見通しが

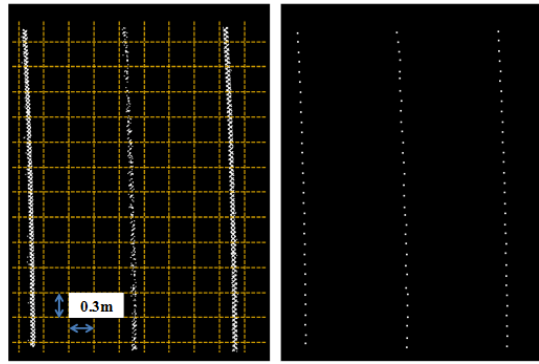


図 4 抽出し特定された白線

良い交差点の可視領域の割合が高いことが確認できる。交差点毎の見通し評価のみでなく、流入部毎の見通し評価に応用が可能であると推察される。交差点からの距離別に可視領域の割合を示すことができ、相対的に見通しが近づくに従い改善していることがわかった。

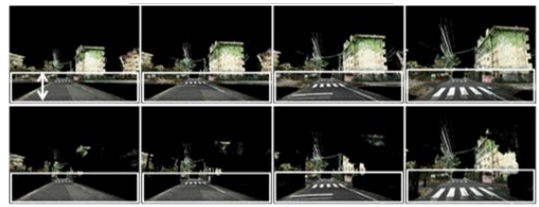


図 5 見通し空間の点群データ

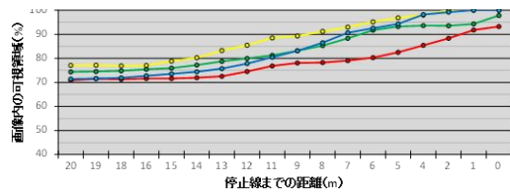


図 6 停止線距離別の可視領域の割合

(2) 走行調査による速度計測と運転者挙動に関する結果と考察

車線走行位置の分析

図 7, 図 8 に走行位置の分布を箱髴図で示す。図 7 より曲線半径 200m では 3 と 4 の区間において、一部が左側線を逸脱していることがわかる。また、全体を通して車線の左側を走行する傾向がみられた。図 8 より曲線半径 90m では左右の側線を逸脱することはなかったが、区間 1 ~ 4 にかけて、右寄りに少しずつ推移していることがわかる。

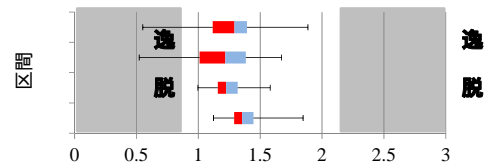


図 7 走行位置分布(曲線半径 200m)

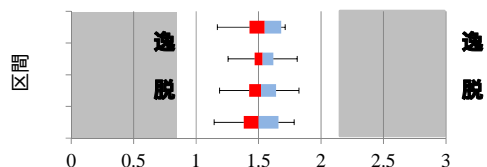


図 8 走行位置分布(曲線半径 90m)

横方向力・速度差を用いた評価

図9に横方向力と速度低下に関する関係を示した。曲線半径 200m ではカーブ進入後に緩やかに減速し、多くの被験者が設計速度に近い速度で走行していたため横方向力が低い値となった。これらのことから曲線半径 200m のカーブにおいては、道路設計時に想定した車両挙動が出現していることがわかる。

曲線半径 90m では区間 1 ~ 2 で減速し、区間 2 ~ 4 で加速していることがわかる。2 と 3 の区間で横方向力が大きくなっているのは、カーブ内で加速していることが原因と考えられる。区間 4 は直線区間のため横方向力が小さい値となっている。これらのことから、逸脱は確認されなかったが、曲線半径 200m よりも 2 と 3 の区間で対向車線への逸脱の危険性が高くなっていると言える。

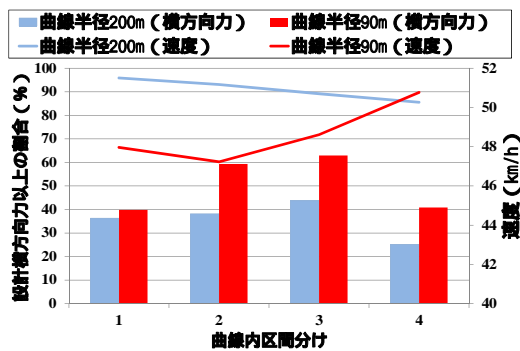


図9 横方向力と速度差の比較

視距と速度の変化

図10に10m毎の視距を示す。区間Aのカーブの開始時である区間A-5から徐々に低下し、終端部である区間A-8~A-10にかけて最も視距が低下することを示した。同様に3番目のカーブである区間Cに向けて、直線路から徐々に視距が低下していることを示した。同様の区間で速度の変化を図11に示すと、視距が低下し始めて、2・3区間後に大きく速度が低下していることが示せた。

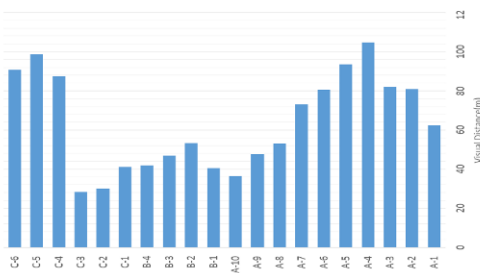


図10 10m 区間別の視距

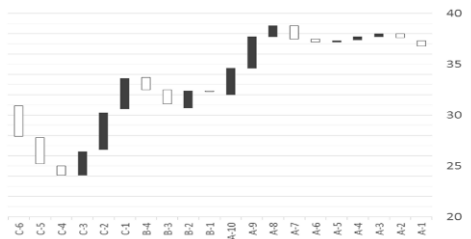
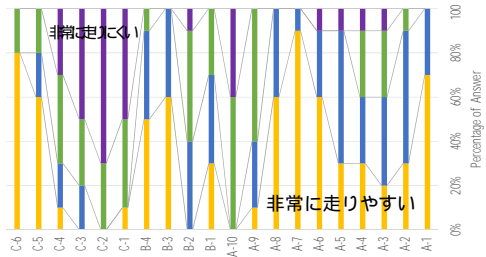


図11 10m 区間別の速度低下 (黒塗りつぶしがマイナス)

ドライバーのカーブ走行時の意識

図12に区間ごとに被験者が示した走りやすさの回答結果を示す。視距と速度の変化に比べて、ドライバーの走りやすさへの意識はカーブの開始前の例えば区間AであればA-2から低下しており、視距として実際の認識を行う前に空間としてカーブの存在を認知して走りにくさを感じ始めていると考えられる。よって、カーブ走行時の速度低下に関する一連の運転認識と挙動を見ると、まずカーブの開始時点より前にカーブ全体を認識して走りにくさを感じ、視距に関しては実際のカーブの最曲部で低下している。更に、速度低下はその最曲部より後に低下していることから、カーブの認識後、遅れを伴って速度低下している様子を明らかにすることができた。

図12 走りやすさに関する回答結果



最後に数量化1類分析を用いて、速度低下を説明する要因とその要因の寄与率を表1に示した。レンジを見てみるとレンジは数値が大きい説明変数ほど、目的変数への影響度が高いので、アンケートによる走りにくいというデータが1番目に速度の低下に影響度が高かったといえる。2番目に進入時の速度が影響している、次に視距離の結果が影響しているという結果になった。

表1 数量化 類分析結果

アイテム	レンジ	単相関	偏相関
視距離	2.0951	0.4194	0.3108
アンケート	3.1915	0.5150	0.5115
速度	2.2012	0.1032	0.3112
重相関係数		0.6340	
重相関係数の2乗		0.4020	

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Tetsuhiro Ishizaka, Atsushi Fukuda, Tatsunori Sada: Analysis on Speed Reduction at Curve Section on Two-Lane General Road by Sight Distance Estimated by Mobile Mapping System, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 11, pp. 1857-1867, 2015 (査読有)

<http://doi.org/10.11175/easts.11.1857>

〔学会発表〕(計 7 件)

Tetsuhiro Ishizaka, Atsushi Fukuda, Tatsunori Sada: Analysis on

Stability of vehicle posture and road alignment estimated by mobile mapping system, The third scientific conference in transportation technology, 2015 年 10 月 16 日(ベトナム・ハノイ)

Tetsuhiro Ishizaka, Atsushi

Fukuda, Tatsunori Sada: Analysis on Speed Reduction at Curve Section on Two-Lane General Road by Sight Distance Estimated by Mobile Mapping System, Proceedings of the Eastern Asia Society for

Transportation Studies, 2015 年 9 月 12 日 (フィリピン・セブ)

船戸智也・佐田達典・石坂哲宏：MMS の点群データを用いた可視領域定量化による交差点の見通し評価に関する研究、土木学会第 69 回年次学術講演会、2014 年 9 月 12 日、大阪大学（大阪府豊中市）

藤田昂平・佐田達典・石坂哲宏：イパン道路における道路線形が車両挙動に与える影響に関する研究、土木学会関東支部第 41 回技術研究発表会、2014 年 3 月 13 日、まちなかキャンパス長岡（新潟県長岡市）

船戸智也・佐田達典・石坂哲宏：モバイルマッピングシステムによる点群データを用いた交差点における可視性の評価、日本写真測量学会、平成 25 年度秋季学術講演会発表会、2013 年 11 月 7 日、福井国際交流会館（福井県福井市）

Tetsuhiro ISHIZAKA・Tatsunori SADA・Tomoya FUNATO : Estimation of road alignment using point cloud data of mobile mapping system, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2013 年 9 月 11 日、(台湾・台北)

船戸智也・佐田達典・石坂哲宏：モバイルマッピングシステムによる点群データを用いた道路面の抽出と道路線形推定、日本写真測量学会、平成 24 年度秋季学術講演会発表会、2012 年 11 月 1 日、秋田アトリオン（秋田県秋田市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石坂 哲宏 (ISHIZAKA, Tetsuhiro)

日本大学理工学部・准教授

研究者番号：60453908

(2) 研究協力者

船戸智也 (FUNATO, Tomoya)