

機械向けの地図データベースと人向け地図データベースの融合

角本 繁、角田 政一

Fusion expression of map database for machines and map database for humans

Shigeru KAKUMOTO, Masakazu TSUNODA

Abstract 地図データは主に人が参照する情報として情報処理に利用されてきた。カーナビでは、運転支援に使われているが、運転者が直接、間接に図面として参照している。

自動運転では、この様相は異なる。目的地の指定で、運転者が地図を参照して、ルートを指示する場合はあるが、地図に描かれた道路データを利用するのは、自動運転の制御機構になり、アクセル、ブレーキ、ハンドルなどの制御情報となる。制御では、微係数の連続性が求められるため、折れ線近似の地図とは異なる。また、道路計測では、車の走行履歴が使われる。

進行方向の距離を1軸として、他の軸を特徴量とする「距離地図」を提案する。類似の提案に Lean Map (文献2) がある。

自動運転では、緩和曲線や円弧で制御情報を表していると推測する(非公開情報が多い)。(X,Y)表現と(D,*)表現の両表現の相互変換によって重複した記述を避けるハイブリッド記述を提案する。道路の走行軌跡は「距離地図」として、建物等は(X,Y)として表現しても、表示地図になる。同時に、運転制御に使うことができる。距離地図では、道路に沿った断面を表現することが出来る特徴もある。

自動運転では、多くの研究開発が進められて、高精度地図が提案されているが、本研究では、GIS研究の視点から、機械が参照する「距離地図」を提案し、その特徴を紹介する。

Keywords 距離地図 (Distant Map)、ハイブリッド地図 (Hybrid Map)、緩和曲線 (Transition curve)、自動運転 (Autonomous driving)

1. はじめに

自動運転のための情報処理は、各社各様で進んでいると聞くが、それぞれの技術競争として推進されており、要求として聞くのは「詳細地図」が必用という要求である。

従来のカーナビなどの車載地図データの利用では、運転者が表示地図として参照したり誘導指示を参考にしたりして、運転者が制御系を操作していた。それに対して、自動運転では、制御システムが道路情報を参照することになる。

そこで、「機械」の視点で道路情報のあり方を類推した。制御システムが利用する情報は、道路情報と各種センサー情報に大別することができる。この道路情報は、人が参照してきたジオイド面に投影した表現(「平面時図」と呼ぶ)に相当して、制御システムが参照しやすい表現(「距離地図」と呼ぶ)と位置付けられる。

本発表では、制御システムに向く「距離地図」の特徴と、「平面地図」との相互変換について検討した。

角本 繁: 〒187-0022

東京都小平市上水本町 6-5, 5-201

Tel: 080-3128-8121 E-mail: kaku@dimsis.jp

(株)DiMSIS 研究所 (時空間情報処理)

以下の検討は、地図データから、カーナビを作り上げた経験、空間データを制御システムに適用した経験から整理したものであって、最新の研究成果の調査は十分でないこと、また、研究の制約から実車による実験は行っていない、提案であることをお断りする。

2. 自動運転のための地図情報

自動車の運転では、運転者でも制御機構でも、速度、加速度、方向変換になり、運転手の操作では、アクセル、ブレーキ、ハンドルに集約される。自動運転では、制御機構の構成によっては、必ずしも同じ構成であるとは限らないが、類似の操作に集約される。

快適な運転では、この制御が滑らかに行われる必要があり、そのためには、制御動作で微係数が連続であることが求められる。

自動車の運転制御では、道路を進行方向に直線状に続く空間として捉えている。ここで、運転制御では、道路を交差点間に分けたリンクデータとして、記述される。

制御に必要とされる情報は、移動距離に対する、速度、加速度、進行方向に対する回転、標高（傾き）、路面の傾き(カント)、路面状態、付帯設備、となる。そのために、自動車では、走行距離を正確に捉える情報処理体系になっている。従って、この制御に使う地図が「距離地図」が有効であると考えられる。

「距離地図」に対する要求は、進行方向に各地点での制御情報の記述となり、その情報は進行方向の制御と進行方向からの変移のための制御から成る。

自動運転では、実時間性の高い動的情報が必要との要求がある。前方を走行する車両の計測情報や制御情報を、取得する提案である。道路に設置したセンサー情報の利用なども検討されている。

周囲から取得する情報は、保障されない情報であることに留意する必要がある。従来の運転では、曲がり角を曲がった先の道路状況が伝達されないために、一停止で安全を確保する。自動運転でも同様な処理が必要であり、そのためには自車のセンサーで随時移動範囲の情報を把握し、把握できなければ一時停止をし、制動距離の安全が確保できなければ減速して制動距離を縮めることになる。

ここで、制限速度や信号の状態をデータ配信する場合には、そのデータを受信して制御に生かすことができる。送信が保障されて、受信が義務化される情報には有効である。走行を規制する情報で、自動制御では参照する必要があるが、保障される情報ではない。

自動制御では、自車が移動できる範囲は自車で把握して、その情報に従って移動する必要がある。移動中に起こりえる突発事態に対処するための計測機能は搭載して、制動距離を確保するためには減速が必要になる。その移動に使える領域は、走行許容域として、ベルトデータとして表す（文献1）。

3. 平面地図と運転制御

平面地図では、道路をジオイド面に投影するため、道路に沿った断面形状、路面の傾き、走行距離の記述が不十分になる。

平面地図の折れ線近似では、滑らかな制御に必要な微係数の連続は、実現されない。また、(X,Y)記述に、道路の標高データを加えても、走行距離と高さの算出には、累積演算が必要となる。

測量に、(X,Y)を計測する高精度 GPS が必要になり、計測にも時間を要する問題がある。画像センサーやレーダーなどの計測データと照合するためには、周囲の地形や地物の情報が必要になる。これらの情報は、平面地図の記述が有効になる。

4. 距離地図

制御機構を直接動かすためには、「距離地図」による道路記述が必要であるが、制御を補足するために、平面地図の併用は必用である。家屋などの記述には、進行方向が定まらないため、距離地図の表現は不向きである。そこで、

平面地図で一時処理をした情報は距離地図で使うことが期待される。

基準点からの距離を1軸（以下、水平軸とする）として、その軸と直行する2軸（以下、垂直軸とする）に各種データを記述する地図を「距離地図」とする。

「距離地図」では、制御に必用な各種の情報を記述する。ここで、道路の方位や相対角による記述(LeanMap 文献2)も想定できるが、必用な場合は距離と回転半径から算出することができる。

停止線などの道路付帯情報は、距離上では、点情報となる。

走行可能範囲は、距離地図のベルトとして記述される。ベルトの側線で、レーン境界、法的な移動制限、物理的な移動可能性、などを記述する。

「距離地図」も平面地図と同様に、2次元データとなる。そこで、平面地図の「X」、「Y」を、「距離地図」の「D」と「*」に、対応付けることで、データ記述構造は、共通化することができる。「*」は種別に対応する。

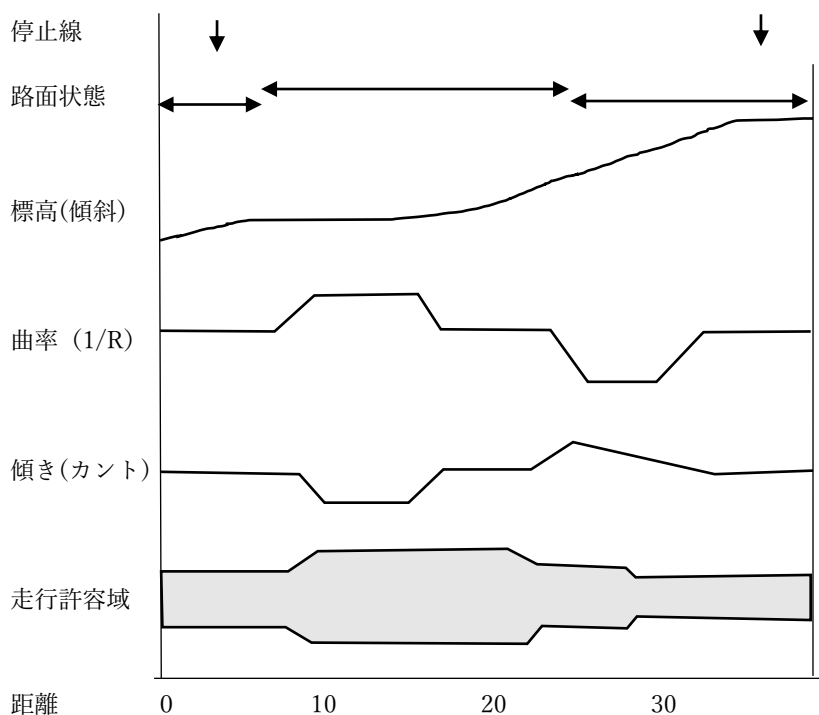


図1 「距離地図」の一例

5. 「距離地図」と平面地図の相互変換

「距離地図」の情報を、厳密な(X,Y)データに変換するためにはニュートン法などの反復計算を必用とする。しかし、ここで許容精度を考慮すれば、近似計算で許容制度を満たすことができる。

通常使われるクロソイド曲線では、曲率の変化が台形状であり、その立上がり、立下り部分の曲線を、直線として計算しても、十分に誤差は小さくなる。

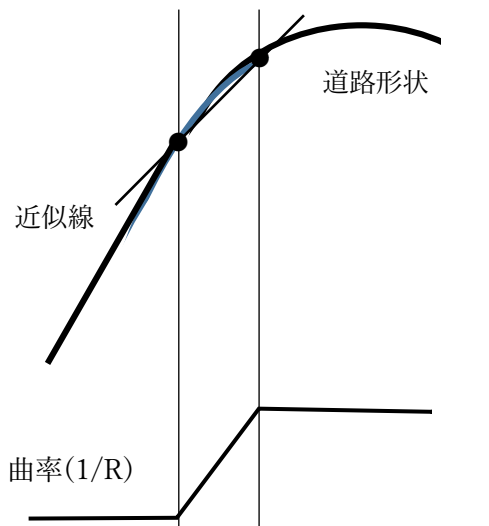


図2 緩和曲線と近似処理

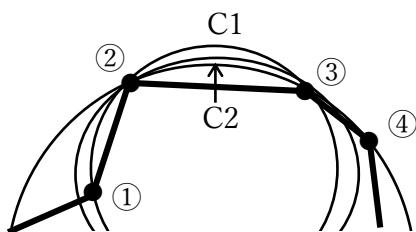


図3 複合円弧法による折れ線の近似

より高精度を求める場合は、さらに中点をとる近似処理で、要求精度を満たすことができる。

近似計算の誤差の累積は、「距離地図」の1本ごとに、始終点の位置を平面地図と対応付けることで、回避することができる。対応の精度を上げる要求があれば、対応点を増やすことで対処することができる。

平面地図の折れ線から、微係数の連続性が保障される滑らかな曲線を生成する一手法として、複合円弧法がある（以前の本大会で、等高線の滑らかな曲線をせいせいする手法として提案）。

複合円弧法は、折れ線ごとに滑らかな曲線を生成し、生成した曲線の結合部で、微係数の連続性を保障する方法である。図3で、折れ線②-③では、①-②-③を通る円弧 C1、②-③-④を通

る円弧 C2 を生成する。C1 と C2 を接分する曲線を生成する。この時、②では C1、③では C2 になるように、②-③の間の距離を指標にして比率を変更する。さらに、折れ線②-③からの最大許容誤差によって、基線②-③に押さえ込む。

距離地図のデータも (X,Y) データとして、利用することができる。

自動運転で必用とするデータは、「距離地図」表現になっているため、折れ線から滑らか曲線に変化する要求なデータは見つかっていない。

6. ハイブリッド地図

カーナビや自動運転で、道路の標高データを記述には、(X,Y,Z) の 3次元構造にする方法もあるが、「距離地図」と平面地図の組み合わせで、2次元データのままで、道路の距離と標高値を対応付ける記述ができる。

「距離地図」で道路の記述は、リンク単位となるため、ネットワークテーブルに生かすことができる。

6. 終りに

最近、ドローンの実用化が進んでおり、さらに、空中を移動する自動車も開発されている。地図データも表層モデルから表層空間モデルへの拡張が必要であり、距離地図の活用が期待される。

通信による道路走行データの収集などを見据えた、ハイブリッド地図の拡張を図りたい。

参考文献：

- (1) 平成 31 年地理情報システム学会大会論文
- (2) Deepening method for LeanMAP content based on a virtual trajectory by lateral transcription
Bulletin of the JSME Vol6.No3.2019