

物体の3次元移動軌跡を計測するためのビデオ解析システムの開発*

Development of Moving Objects Tracking System using Video Image on 3-Dimensional coordinate*

飯田克弘**, 安時亨***, 上地登****, 英恵司*****

By Katsuhiko Iida**, Sihyoung An***, Noboru Kamiji**** and Keiji Hanabusa*****

1. はじめに

道路場面における交通現象を理解する上で、人、自転車、車等の移動主体の挙動を把握することは重要な意味を持つ。このための手法としては、現地状況をビデオで記録し、その画像を解析することで移動主体の時系列挙動変化を計測する方法が、実務面も含めて広く普及している。

従来、一般的に用いられてきたビデオ解析の方法は、モニタ上にマークされた計測基準点を計測対象物が通過する時刻等を書き出した後、それをを用いて区間速度、交通量、車線変更可否等を計測するものであった。しかしこの方法では、データの書き出しが基本的に手作業となるため、時間と労力を要する、計測基準点の位置情報が不正確、計測基準点以外の変化は計測不可能、連続的で微細な挙動変化（たとえば、進路の揺れ）が捉え難い、など多数の問題点が指摘されてきた。元田¹⁾によれば「定量的指標による錯綜手法の研究では解析時間と努力がかかるため実用的ではない」とも指摘されている。

これに対し最近では、コンピュータ技術とビデオ画像解析技術の発達とともに、ビデオ画像解析の省力化を目指したシステムの開発が行われ、若林らが車の交通流解析に用いた事例²⁾³⁾⁴⁾や山中らが歩行者・自転車の挙動分析に用いた事例⁵⁾⁶⁾等が交通工学

分野の既往研究として挙げられる。これらの研究で使用されたビデオ解析システムは、ビデオ画像をパーソナルコンピュータ(以下、PC)に取り込み、PCモニタ上のピクセル座標系(640×480)をビデオ画像上の現地座標系に変換し、モニタ上の対象物をマウスで指定することで、指定したモニタのピクセル座標から現地の座標を算出する方法をとっている。この方法では、現地座標系とピクセル座標系はともに平面座標系(X,Y)を用いている。つまり、現地の計測対象面を平面と仮定しているため、高低(Z)差による誤差を排除できない。計測範囲が狭く、道路線形や地形が穏やかな場合は、この誤差は分析上無視することもできる。しかし、計測範囲が狭くとも高低差が激しい場合や急カーブのような平面線形の変化が激しい場合、また計測範囲が広くなると、この誤差を無視することはできない。

一方、ビデオ画像の信号をピクセルごとに数値化処理し、基準画面と移動物体が映った画面の数値データを比較することで移動物体の挙動を自動計測する方法もある。しかし、この方法では数値化された移動物体の認識精度が高くないこと、複数のビデオ間における同一車両の判断が難しいことなど、実用上の課題が存在する。

著者らは、既存の解析技術と3次元CG(以下、3DCG)技術を融合し、上記～の問題点改善とともに、高低差を考慮した移動体挙動の計測と、複数台の連続したビデオ画像の解析が可能なシステムを開発した。本稿ではこのシステムについて述べる。

2. ビデオ解析システムの概要

本システムは、3DCGで作成された対象区間の簡易な道路モデル(以下、3DCG道路モデル)と、現

特許出願中

*キーワード: 交通流, 交通量計測, 情報処理, 開発技術論

** 正員, 博士(工), 大阪大学大学院工学研究科
(大阪府吹田市山田丘 2-1, TEL: 06-6879-7611,
FAX: 06-6879-7612 E-Mail: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp)

*** 正員, 博士(工), 株式会社オーデックス交通工学研究所
(大阪市淀川区宮原 4-4-50, TEL: 06-6392-3715,
FAX: 06-6391-5624, E-Mail: s-an@odex.co.jp)

**** 非会員, TIS 株式会社大阪産業第2事業部
(大阪府吹田市豊津 9-1, TEL: 06-6821-1452,
FAX: 06-6821-1989, E-Mail: kamizi@hp99.tis.co.jp)

***** 非会員, 株式会社オーデックス交通工学研究所
(大阪市淀川区宮原 4-4-50, TEL: 06-6392-3715,
FAX: 06-6391-5624, E-Mail: k_hanabusa@odex.co.jp)

地で撮影されたビデオ画像を用いて、3次元座標系における移動体の挙動を計測するものである。このように計測された3次元移動軌跡は対象区間における交通現象の実態把握に当たり有効な基礎資料となる。3次元移動軌跡のデータは、CSV またはテキスト形式で出力されるが、筆者らが別途開発を行っているドライビング・シミュレータ⁷⁾(以下、DS)において、移動体の映像を再現するためのデータとしても出力可能となっている。つまりDSを用いた走行実験において実交通流の再現が可能となるため、実験対象となる交通場面および実験シナリオの拡充が図られる。

本システムの基本的な考え方は、3DCG 道路モデルとビデオ映像について、現地撮影時のカメラの位置(X, Y, Z), 姿勢(H: 水平角, P: 上下角, R: ねじれ角), 画角(FovX: 水平画角, FovY: 垂直画角)

の8項目からなるカメラアングルパラメータ(以下、パラメータ)にCGカメラのパラメータを一致させることで、ビデオ映像の任意の位置を3DCG道路モデル上の現地座標として変換するものである。図-1に本システムの手順を示す。

(1) 3DCG 道路モデルと現地のビデオ映像

本システムで用いる3DCG道路モデルは、路面、車線等の基本的な道路構造と、数点のパラメータ調整用基準点(以下、アンカー)のみで作成された簡易なモデルで必要要件を満たす。また筆者らは、計測対象区間の3次元CADデータが入手可能な場合、ほぼ自動的に上記要件を満たすモデルを作成するシステムを別途開発しているが、紙面の関係上ここでは説明を省略する。

ビデオ映像に関する必要要件で特筆すべき事項は無く、計測対象が撮影されていればよい。このため解析対象場面に関する制約は著しく緩和される。本システムはビデオ映像をAVIまたはMPEG形式に変換して用いるが、複数台のビデオ映像を解析するためには、映像fileを圧縮MPEG形式とすることで処理性能を高めることができる。また、映像がアナログ撮影であれば640×480、デジタル撮影であれば720×480の解像度で解析可能である。ちなみに、本システムで同時解析できるビデオ映像数の制限は無い。

(2) パラメータの推定

まず、PCメモリ上に3DCG道路モデルとビデオ映像を読み込み、マウス操作で両方のカメラアングルを適当に合せ、この時のパラメータを初期値とする。次に、2つの映像に写っている共通のアンカーを3点以上設定し、パラメータ推定サブシステムによりパラメータを自動調整する。推定方法は、パラメータ(最初は前述した初期値)に基づいて、各アンカーの道路モデル上の3次元座標をビデオ画像上の2次元座標に投影変換する。全アンカーに対しこの変換を行った画面座標点とビデオ映像上のアンカーの画面座標点との距離を求め、その合計をその時点のパラメータにおける誤差量とする。次に、各パラメータをランダムに変化させながら誤差量を計算し、誤差量が減ると新しいパラメータとして採用するが、誤

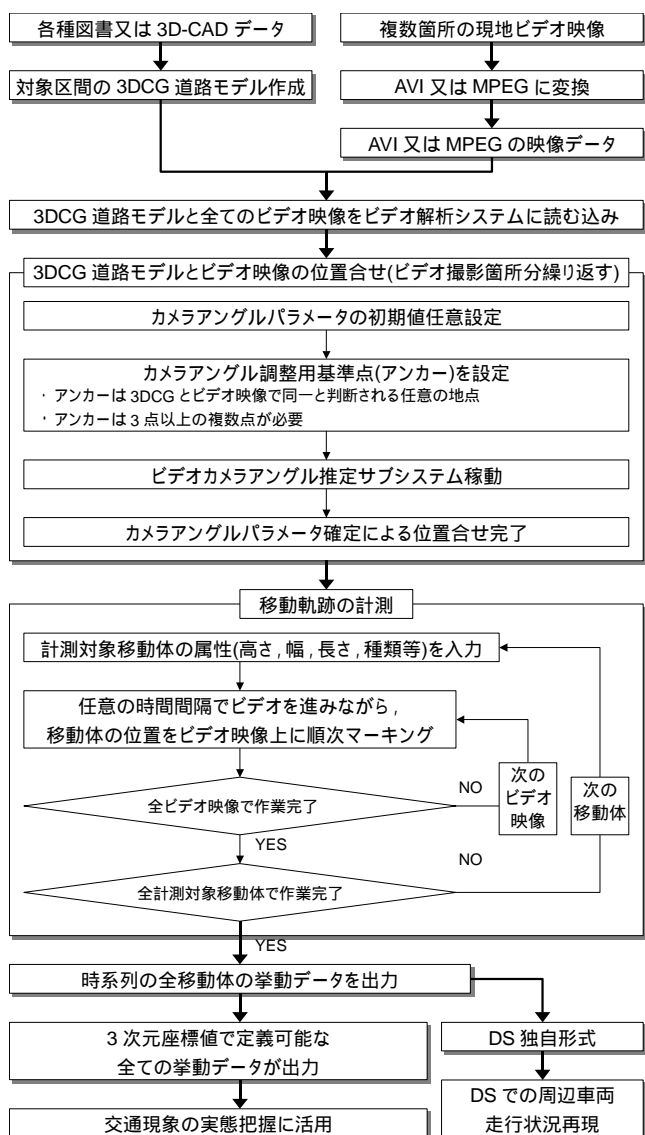


図-1 ビデオ解析の作業手順



図-2 3D 道路モデルとビデオ映像の位置合せ

差量が増すと棄却する．これを誤差量が十分小さくなるまで繰り返し実行し，最終的なパラメータを求める．図-2 にパラメータ推定後，位置合せが完了した 2 つの映像を示す．この作業を撮影した全ビデオ映像に対して行う．

(3) 3次元移動軌跡の計測

ここでは車を移動体とした例を用いて説明する．まず，計測対象車両の属性(車種と大きさ)を入力して直方体を定義する．次に，ビデオ映像に記録されている走行車両に重ねて定義した直方体を配置(マーキング)し，3DCG 道路モデル上の座標として計測する(図-3 参照)．さらに任意の時間間隔でビデオを進めながらマーキングを行うことで，対象車両の座標とビデオの時刻が関連付けられて記録される．この時

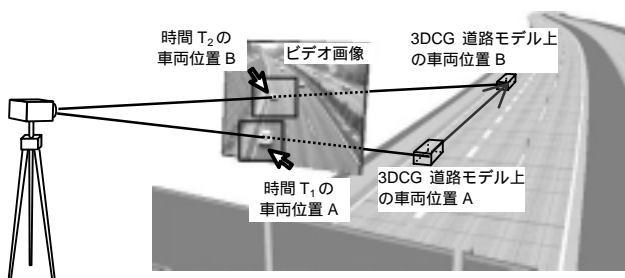


図-3 同一対象物についての移動軌跡取得方法

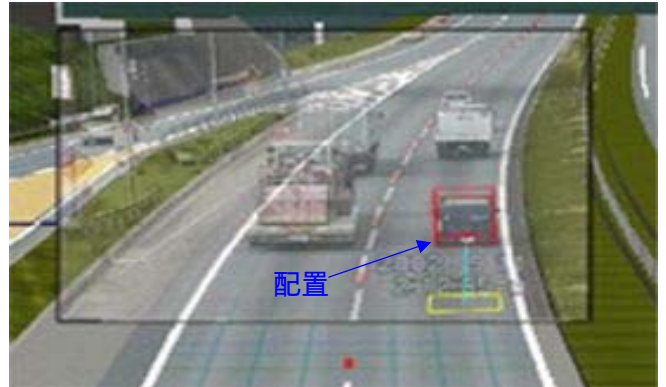


図-4 対象車両の軌跡計測状況

系列の座標点列が計測対象の3次元移動軌跡となる．

以上の操作を複数のビデオ映像に対して，また，全ての計測車両に対して行うことにより，対象車両群の挙動が計測可能となる．ちなみに，取得した移動軌跡データの使用目的により，交通流の分解精度(データ取得の時間間隔)を調整することが可能であるため，作業を効率化することができる．たとえば，分析する交通事象と直接関連する区間は細かく(1~5frame, 1frame=1/30 秒)，その他の区間は粗く(30~90frame)データを取得することなどが可能である．

また本システムでは，対象車両の速度変動と車線内走行位置(左右の位置)変動を移動軌跡の記録と同時に画面下部のグラフに提示する(図-4 参照)．このため移動軌跡の記録中に対象車両の挙動が把握できるとともに，複数のビデオ間における同一車両の誤認知や時間同期の不具合等，記録者のヒューマンエラーの発生を大幅に軽減できる．

(4) 計測した軌跡の確認

本システムでは，計測した移動軌跡に基づき，対象車両を簡易なワイヤーフレームで表示することで，対象車両群からなる交通挙動を確認することができ

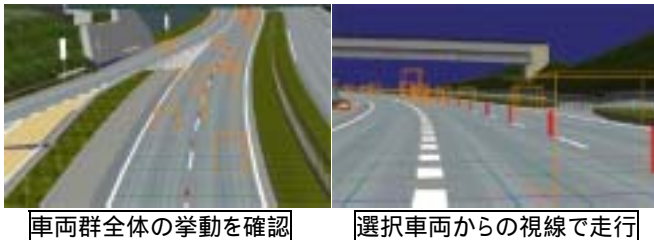


図-5 計測した車両群の走行状況確認画面

る。確認は以下の2つの方法で行われる(図-5 参照)。この機能は、計測結果を用いた詳細な分析の前段階として、対象区間の定性的観察による予備検討に活用することができる。

一定のカメラアングルから車両群全体の挙動を確認する方法

車両群の中で走行している任意の1台の車両を選択し、その車両の運転席からの視線で交通現象を確認する方法

3. 適用事例

図-6 は、被験者が運転する自車周辺の車両走行状況を、本システムによる解析結果を用いて再現したCG と現地で走行した車両からの実写ビデオで比較



図-6 ビデオ解析結果と実写の比較

したものである。これを見ると、走行開始からの同じ経過時刻における周辺車両の走行状況が一致していることも視覚的に確認することができる。

4. まとめ

本稿では、3次元座標系で移動体の挙動を計測するために開発したビデオ解析システムについて、その概要と特徴を述べた。また、適用事例などを通じて、本システムから得られたデータの有効性、活用性について整理した。

当然のことながら、本システムの適用は車両に限定されるものでなく、歩行者や自転車など、ビデオ映像に記録される全ての移動体の挙動が、高さ情報を含めた3次元で、しかも高精度で計測できる。今後は、短時間での変化が激しい歩行者や自転車を含む交通現象の分析や、急勾配および急カーブなどの高さが走行挙動変化の一つの要因となる交通現象の分析にも適用して行きたい。

参考文献

- 1) 元田良孝：錯綜手法に関する研究の概観，交通工学，Vol.27，No.2，pp.35-46，1992.
- 2) 若林拓史・小嶋紀之：交通流ビデオ解析システムの開発と交差点内左折交通流解析への適用，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.85-88，1999.
- 3) 若林拓史・小嶋紀之・大石理：交通流ビデオ解析システムの開発と交通コンフリクト解析への適用，土木計画学研究・講演集，No.24，CD-ROM，2001.
- 4) 若林拓史・高橋吉彦・新美栄浩：交通流ビデオ解析システムを用いた交通コンフリクト分析と新しい危険度評価指標の開発，土木計画学研究・講演集，No.26，CD-ROM，2002.
- 5) 山中英生・半田佳孝・宮城祐貴：ニアミス指標による自転車歩行者混合交通の評価法とサービスレベルの提案，土木学会論文集，No.730，pp.27-37，2003.
- 6) 山中英生：挙動分析に基づく歩行者・自転車空間における通行区分明示の評価，土木計画学研究・講演集，No.27，CD-ROM，2003.
- 7) たとえば，飯田克弘・池田武司・石山裕一・秋田周作：視界不良時における走行挙動特性と情報提供の支援効果把握，交通工学，Vol.38，No.2，pp.59-69，2003.