

複数の道路監視カメラを用いた 交差点における俯瞰映像作成

大津 寛之 宮本 徹 北原 格 亀田 能成 大田 友一

筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

論文概要：本論文では、交差点の状況を運転者に提示する視覚支援法について述べる。視覚支援の手段としては、交差点の4方向を道路監視カメラで撮影した映像を合成し、交差点と周辺道路全体を俯瞰した映像を提示する手法を提案する。その際、俯瞰映像は小さな画面でも見やすいように画面の端を詰めた形で提示する。我々はこれを端詰俯瞰映像と呼ぶ。交差点の撮影には、交差点の信号機などに設置した道路監視カメラを用い、得られた映像に幾何変換などの画像処理を施して端詰俯瞰映像を合成する。大学構内の交差点に設置したカメラを用いた実験結果により、提案手法の有効性を示す。

Synthesis of Overhead View at an Intersection Using Multiple Surveillance Cameras

Hiroyuki Otsu Toru Miyamoto Itaru Kitahara Yoshinari Kameda Yuichi Ohta
University of Tsukuba

Abstract: This paper proposes a new visualization method to show the situation of an intersection. The intersection area including connecting roads is displayed in a bird's-eye view style in which outer road regions are visually compressed. The video images are acquired by the multiple road surveillance cameras installed at the poles of track signals in the intersection. Geometric conversion and mosaicing are applied to the video images. For making the overhead view form. In our experimental environment with four cameras we showed preliminary results of the proposed method.

Keyword: ITS, NaviView, visual assistance, overhead view, road surveillance cameras

1.はじめに

現代社会において道路交通は重要なものとなっているが、事故や渋滞などの様々な問題を抱えている。このような道路交通の問題を解決する手段として、高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transport Systems)が注目されている。その中でも、運転者へ

の視覚支援に関しては、これまでも多くの研究や実用化が進められている。例えば、車両外部の死角領域を車内モニタに表示するシステムや、遠赤外線カメラを用いて歩行者を検出し、夜間の運転者の視覚支援を行うシステムなどが、すでに実用化されている。

運転者への視覚支援に関して我々は、道路状況の

認知を視覚によって支援するシステム「NaviView」を提案してきた。NaviView では、道路監視カメラを利用して獲得した道路情報に、画像処理などを施し、運転者にわかりやすく提示することで、運転者への視覚支援を行っている。市原らは、高速道路に取り付けた監視カメラの映像から、鳥瞰映像を生成するという運転者の視覚支援法を提案している[1]。また、矢野らは交差点における対向車線について坂道のような提示を行い、右折時における対向車の様子を可視化する手法を提案している[2]。

本研究では、道路形状別の事故発生状況の中で、多くの割合を占めている交差点を対象とした新しい視覚支援法を提案する。交差点に設置された複数の道路監視カメラ映像から、交差点を中心とした周囲の俯瞰映像を生成し、小さな画面でも見やすいように画面の端の道路を詰めた形でユーザに提示する。

我々はこれを端詰俯瞰映像と呼ぶ。以下、2節では視覚支援の概要について述べ、3章では端詰俯瞰映像生成手法について述べ、4節で提案手法の実験結果を示す。

2. 運転者への視覚支援

2.1 交差点での視覚支援

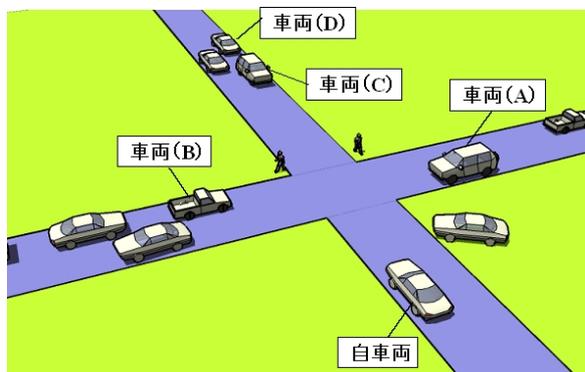


図1：交差点での交通状況の例

交差点付近では、運転者は安全運転に必要な情報を正しく認識する必要があるが、これは必ずしも簡単な事ではない。例えば図1に示すように、自車両が交差点にいる状況において、交差点中央に進入してくる車両(A)、(B)や交差点に近づいている車両(C)、その後ろの死角領域にある車両(D)がある。それらの情報から必要なものを瞬時に認知する必要がある。そのうえ歩行者が存在するような、特に交通量の多い交差点では、認知に要する時間を短くする

ことが安全な運転の実現に必要なとなってくる。

交差点付近で発生する死角に対する視覚支援手法として、車両(A)、車両(B)の存在把握に対応できる仮想ミラーによる提示手法[3]や、車両(C)、車両(D)の存在を早くから認識できる道路全体を坂道状に提示する手法[2][4]などが研究されてきている。しかしながら、仮想ミラー提示手法は、運転者の視界を部分的とはいえ遮るという問題がある。また坂道型提示手法では、交差点における右折時のみに利用できる視覚支援手法である。

そこで本研究では、複数の道路監視カメラを用いて、交差点を俯瞰した映像を生成し、運転者に提示する手法を提案する。複数の道路監視カメラを用いることで、より多くの領域の可視化が可能となり、交差点全体の様子を見渡すことのできる俯瞰映像を生成し、運転者へ提示することができる。

本研究の提示手法では、交差点全体と同時に、自車周囲の様子も提示可能となるため、自車の進行方向だけでなく後方の状況も認知できるようになる。交差点に近づく前から俯瞰映像を受信することで、運転者の交通状況の認知を早めることも可能である。また、このような視覚支援は、道路状況を監視している管理者にも有用である。

瞰映像を用いれば、交差点付近を全て表示できる。しかし、道路地図のように単純に真上から見たような俯瞰映像では、交差点中心と交差点に進入してくる道路全体を一度に俯把握することが難しくなるとい問題が生じる。

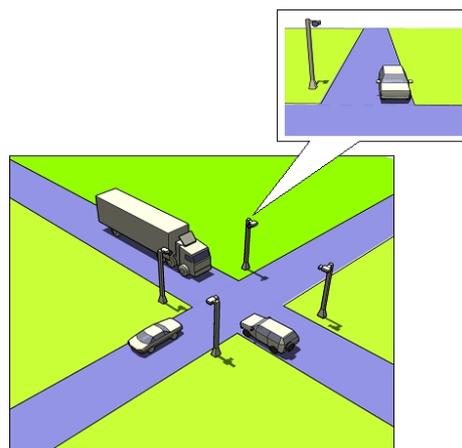


図2：交差点の撮影状況

そこで我々は、俯瞰映像において交差点に至る各道路を交差点からの距離に応じて圧縮することで、交差点広域の交通状況を把握しやすくする方法を提

案する。このような俯瞰映像のことを、端詰俯瞰映像と呼ぶ。

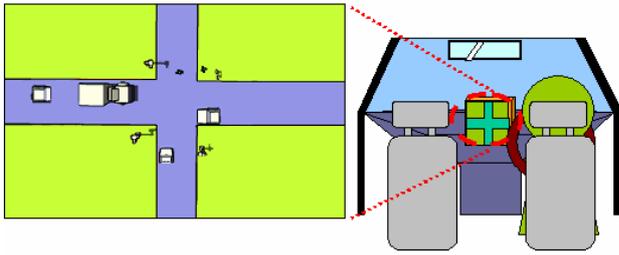


図 3 : 俯瞰映像の提示状況

2.2 視覚支援システムの概要

端詰俯瞰映像の生成に必要な交差点映像の撮影には、複数の道路監視カメラを用いる。カメラは、図2に示すように、信号機ほどの高さで、4方向から交差点の中心に向けて設置されているものとする。

道路監視カメラで撮影した映像に、幾何変換などの画像処理を行い、交差点の端詰俯瞰映像を生成し、図3に示すような車載モニタを通じて、情報提示を行うことを想定する。なお、生成された端詰俯瞰映像は、各車両へ無線LANなどを通じて配信することを考えている。

3. 交差点俯瞰映像の生成

運転者に交差点内の情報を提示するために、4つの道路監視カメラによって交差点を撮影する。それらの映像を用い、交差点の俯瞰映像を生成する。本節では、その際に必要となる幾何変換について述べる。

3.1 仮想カメラによる撮影映像の幾何変換

俯瞰映像を生成する際、交差点を上空から見た映像が必要となる。しかし、カメラを実際に交差点の上空に設置することは難しい。そこで、俯瞰映像の生成のために、交差点内の4箇所を設置された道路監視カメラで得られた画像を、仮想カメラ(図4)によって撮影された映像へ幾何変換する。一定の条件の下で、仮想カメラは任意の位置に設置することが可能である。その変換により交差点を上空から撮影したかのような映像を獲得する。

3.2 変換手法

透視投影の基づくカメラモデルを導入すると、実在のカメラで撮影された映像中の点 (u, v) と世界座

標中の点 (X, Y, Z) との間には、式(1)の関係がある。ここで、 λ はスカラー量、 \mathbf{P} は射影行列となる。 \mathbf{P} は、

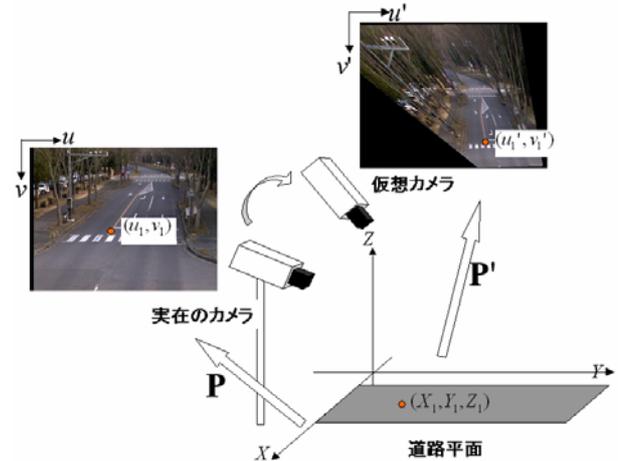


図 4 : 仮想カメラによる道路平面の撮影

カメラキャリブレーションによって事前に算出することができる。同様に、仮想カメラによって得られた映像中の点 (u', v') と世界座標中の点 (X, Y, Z) の間には、式(2)の関係がある。射影行列 \mathbf{P}' は、実際のカメラのキャリブレーションによって算出された \mathbf{P} に、回転、平行移動成分からなる剛体変換行列 \mathbf{D} を掛けることにより算出している。この剛体変換行列 \mathbf{D} の回転成分 \mathbf{R} 、平行移動成分 \mathbf{T} に任意の値を代入することで、任意の位置に仮想カメラを移動することができる。

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}' \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{P}' = \mathbf{PD} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} R_{00} & R_{01} & R_{02} & T_1 \\ R_{10} & R_{11} & R_{12} & T_2 \\ R_{20} & R_{21} & R_{22} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

一般に対象となる点 (X, Y, Z) が、ある平面上に存在するとき、実在のカメラで撮影された映像中のそ

の点 (u, v) と、仮想カメラで撮影された映像中の点 (u', v') との間には、式(4)の関係が成立する。ここで、 H は3行3列の二次元射影行列である。この H は、式(1)、(2)の関係から算出することができる。そのため、対象となる領域が、実際の3次元空間中で道路のように平面上であるならば、実際のカメラによって得られた映像をもとに、仮想カメラで撮影される映像を生成することができる。

$$\lambda \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

ゆえに、交差点に設置した4台のカメラそれぞれに対し、任意の位置に移動させた仮想カメラで撮影した映像を生成できる。図5は、4台のカメラに対し、仮想カメラを真上から交差点広域が撮影できる位置に配置した結果の映像で、図6は、図5の仮想カメラを交差点中心に近づけた映像である。

3.3 瞰映像の端詰処理

図5をみてもわかるように、真上から交差点広域を撮影した映像は、交差点全体は見られるものの、道路領域上の各車両は当然その縮尺に合わせて小さくなり、交通状況が確認しづらい。また、交差点中心に近い位置に配置した映像(図6)は、交差点の中心付近の情報は得られるが、中心から離れた道路領域の情報は得られなくなる。

このことから、本研究では交差点の俯瞰映像に対して交差点から遠ざかるにつれて、その距離に反比例して端を詰めていく手法を提案する。

道路監視カメラが、図7に示すように位置Cに設置されているとし、そのとき物体がTの位置にあるとすると、それは映像中では \overline{YC} に比例した大きさになる。この関係は、人間にとってわかりやすいことから、端詰俯瞰映像ではこの性質を利用する。端詰処理のために仮想カメラの位置と方向を調整して、映像の奥行き方向の圧縮を制御する(図8)。

次に、交差点を真上から見た際の道路形状に近づけるために、仮想カメラで撮影した映像(図8)の道路の両脇が平行になるように変換を加える(図9)。その結果、交差点中心部の情報を大きく表示させながら、中心から離れた位置の情報も表示させることが可能となる。

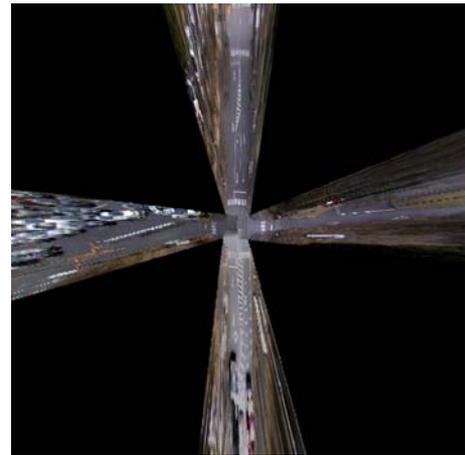


図5：交差点全体が見える位置に仮想カメラを配置した映像

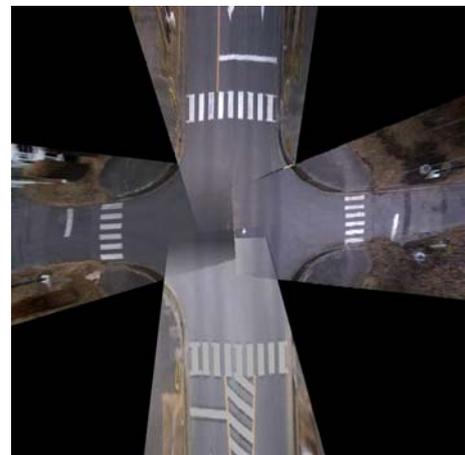


図6：交差点中心に仮想カメラを近づけた映像

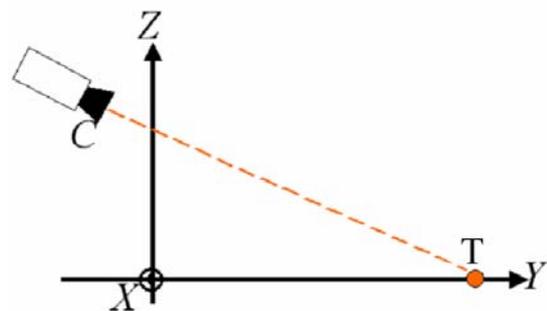


図7：カメラと道路平面の位置関係



図 8 : 仮想カメラによる奥行き制御



図 9 : 道路幅の平行化

4. 実験

4.1 実験環境

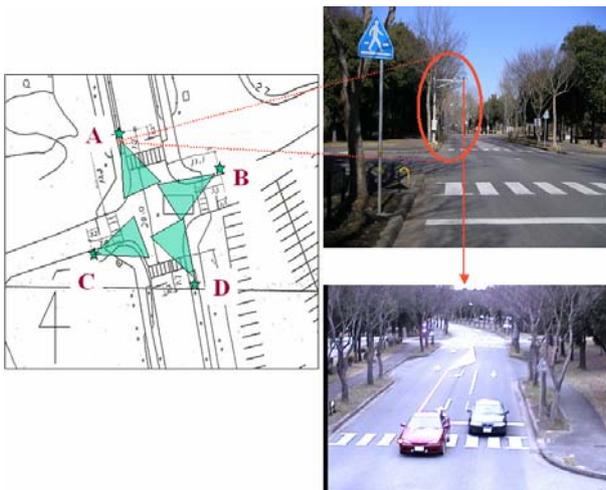


図 10 : 実験環境



図 11 : カメラ A 映像



図 12 : カメラ B 映像



図 13 : カメラ C 映像



図 24 : カメラ D 映像

本提示手法を検証するために実際に、交差点を撮影し端詰俯瞰映像の生成を行った。道路監視カメラは、本大学構内の交差点(図10)に4台、道路平面から約5メートルの高さに設置した。4つの道路監視カメラにより撮影された映像の例を、図11-14に示す。

4.2 端詰俯瞰映像の生成

4つの交差点監視カメラ映像に対して、それぞれ仮想カメラで撮影した映像への変換、道路平面の両脇を平行にする処理を行い、端詰俯瞰映像の生成を行った。4台の仮想カメラの撮影位置は、端詰処理の際の交差点中央からの圧縮の割合を同じにするため、道路中央から同じ俯角となるように調整した。

生成の結果、交差点中心から離れた位置が中央へ詰められた俯瞰映像が得られ、交差点全体を容易に見渡すことができる(図15)。

4.3 考察

交差点全体を容易に見渡すことのできる端詰俯瞰映像により、交差点を中心とした広域の情報も得ることができる。しかし、図16のように、交差点中心部に車両などの物体が進入すると、一つの物体が複数表示されてしまう。これは、複数のカメラで重複して撮影した映像を同時に示すことが原因である。このことに対しては、交差点中心は、1台のカメラの映像のみを用い、他のカメラは道路の奥方向を主に撮影するなどの対応が必要である。

また、交差点の情報を知らせる際には、車両の存

在に加え、歩行者の存在を知らせることも重要である。今回の映像は、交差点広域を見ることのできる映像を生成したが、歩道も見やすい映像を生成していく必要がある。

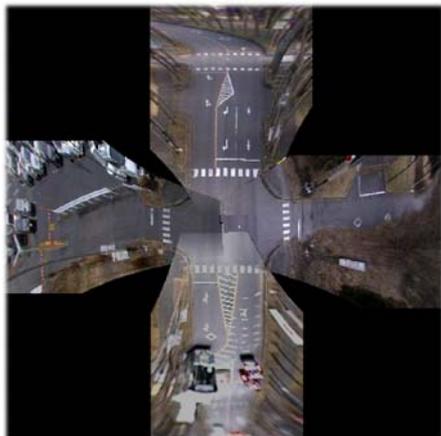


図 15：端詰俯瞰映像

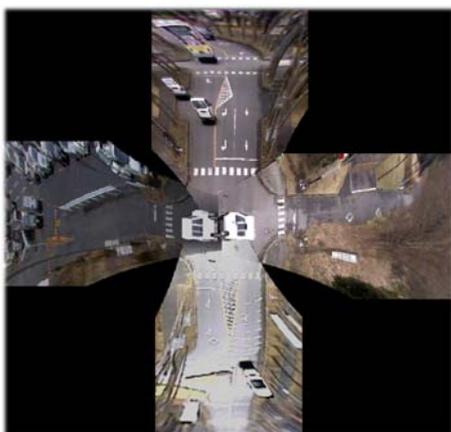


図 16：端詰俯瞰映像の中央部の問題

5. おわりに

本論文では、交差点付近での事故防止を目的とし、交差点近辺での交通状況を一覧しやすい、端詰俯瞰映像の生成手法を提案した。本手法では、複数の道路監視カメラによって撮影した映像に対して、仮想カメラにより撮影した映像への変換、幾何変換を加え、端詰俯瞰映像を生成した。その結果、交差点から離れた位置が中央へ詰められた俯瞰映像が得られ、交差点全体が容易に見渡せる映像が生成された。

仮想カメラの位置は変更可能である。今後、端詰俯瞰映像全体や歩道の見えやすさ、中心部の問題改善のために、よりよい提示方法を、評価実験を通し

て見出していく必要がある。加えて運転者へのリアルタイム配信もおこなっていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興調整費・重点課題解決型研究[科学技術振興機構]、H16～18、「状況・意図理解によるリスクの発見と回避」(全体代表者：稲垣敏之)の研究項目「動的環境センシングによる視覚増強技術の開発」(代表：大田友一)の支援を受けた。

参考文献

[1] 市原栄太郎, 高尾広行, 大田友一, “NaviView: 仮想車載カメラ映像による運転者への視覚支援”, 信学論(D-II), Vol.J82-D-II, No.10, pp.1816-1825, Oct.1999.

[2] 矢野孝明, 大田友一, “NaviView:道路監視カメラ映像を用いた運転者への視覚支援—交差点における視覚削減—”, Proc.ITSシンポジウム2002, Vol.1, pp.65-70, 2002.

[3] 小島和浩, 亀田能成, 大田友一, “NaviView:見通しの悪い交差点での仮想ミラー提示による運転者への視覚支援～提示タイミングと位置による運転者への効果～”, The 3rd ITS Symposium, (ISBN 4-9901438-2-5), O1-2, pp.9-14, 2005.

[4] 田谷文宏, 北原格, 亀田能成, 大田友一, NaviView: “動的環境センシングによる運転者への視覚支援の取り組み” Proceedings of Systems and Information of SICE (SSI2005), 28B3-6, pp.168-173, 2005.

[5] Fumihito TAYA, Kazuhiro KOJIMA, Akihiko SATO, Yoshinari KAMEDA, Yuichi OHTA
"NaviView: Virtual Mirrors for Visual Assistance at Blind Intersection" International Journal of ITS Research, Vol.3, No.1, pp.29-38, November, 2005.

[6] N.T. Siebel, S.J. Maybank “Real-Time Tracking of Pedestrians and Vehicles ” In 2nd IEEE Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance (PETS'2001), Hawaii, December 2001. CD-ROM proceedings, 8 pages (pages unnumbered).