

2次元時空間画像による道路画像分析に

5 A B - 7

おけるカメラ回転方向の拡張

李春暎†

全炳東‡

坂内正夫†

†東京大学生産技術研究所

‡東京商船大学

1 はじめに

移動カメラで連続的に撮影した画像は非常に膨大なデータであり、処理、分析するのに時間がかかる。そこで、道路画像をより速く処理するため、双曲線スリットによる2次元時空間画像の生成手法を提案した [1]。提案手法では生成された2次元時空間画像から直線を抽出することによって道路沿いにある建物の3次元情報を獲得している。本論文ではより正確な3次元情報を獲得するために、撮影する際のカメラ回転自由度の拡張について検討する。さらに連続画像からの3次元情報の獲得と2次元時空間画像を生成する際のスリットの選択について述べる。

2 特性解析

道路情景を撮影する時、カメラの光軸がワールド座標系のZ軸と一致の場合、3次元空間における点 $P(X, Y, Z)$ は式 (1) で撮像面の点 $p(x, y)$ に写される [1]。図 1 に示されるようにカメラの光軸はZ軸と水平方向に α の角度を持つ時、投影式は式 (2) になる。この式を変形すると式 (3) が得られる。

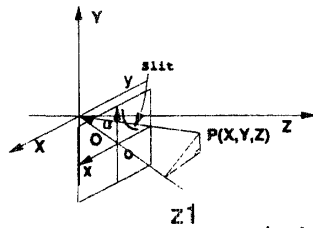


図 1: カメラの回転

$$\frac{Y}{y} = \frac{X}{x} = \frac{Z_0 - vt}{f} \quad (1)$$

Extension of Camera rotation for Road Image Analysis Using 2D Spatiotemporal Image

† Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo

‡ Tokyo University of Mercantile Marine, Japan

$$\frac{X \cos(\alpha) - (Z_0 - vt) \sin(\alpha)}{x} = \frac{X \sin(\alpha) + (Z_0 - vt) \cos(\alpha)}{f} \quad (2)$$

$$\frac{f}{x + f \tan(\alpha)} = \frac{\cos^2(\alpha)(Z_0 - vt) + X \sin(\alpha) \cos(\alpha)}{X} \quad (3)$$

ここで、式 (4) のスリットを画面上に設定する。

$$C = (x + f \tan \alpha)(y + a) \quad (4)$$

投影式 (3) に代入すると式 (5) が得られる。

$$y = -a + \frac{C \sin(2\alpha)}{2f} + \frac{Z_0 C \cos(\alpha)^2}{Xf} - \frac{Cv \cos(\alpha)^2}{Xf} t \quad (5)$$

式 (5) から明らかとなお、 X, Z, v, f, C, α が定数の場合、 $y-t$ 平面上の直線になる。3次元空間の中で X, Z が定数であり、常にスリットと交点をもっているのは Y 軸に平行な直線である。従って、双曲線スリットによって $y-t$ 平面から直線検出を行えばその直線の傾きから元の直線の X 座標を求めることができる。また、この X 座標と直線上の点の y, t 座標を利用して式 (4)、(5) から座標 Z が求められる。同様に直線の端点の Y が求められる。即ち、いまの双曲線スリットを利用して移動カメラで撮影した画像を $y-t$ 平面時空間画像に変換すれば生成された2次元時空間画像から検出する直線によって元の3次元空間にある Y 軸に平行な直線の3次元情報が獲得できる。

同様にカメラが縦方向に回転して撮影した画像から2次元時空間画像を生成すればその2次元時空間画像から対象物体の X 軸に平行な直線の3次元情報を獲得することができる。

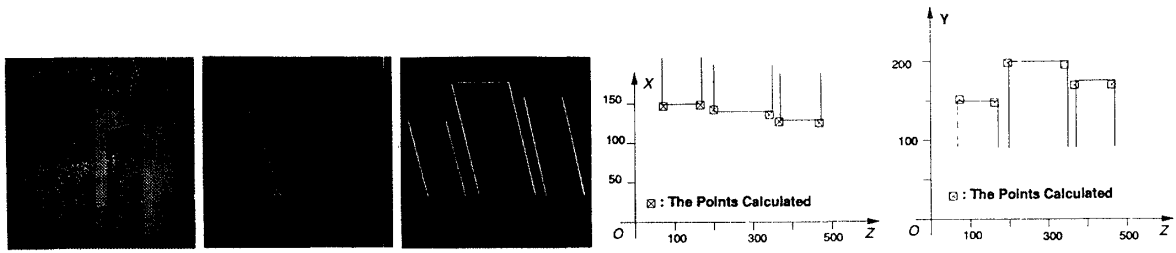


図 2: 2次元時空間画像からの3次元情報の獲得

3 誤差分析とスリットの選択

平面画像から検出された直線には誤差が含まれている [1]。次は、3次元情報を獲得するために2次元時空間画像から検出された直線の誤差に対してスリットの選択について検討する。例として、 $y-t$ 2次元時空間画像から抽出された直線によって対象物体の鉛直エッジ3次元情報の獲得について述べる。

節2で検討したように $y-t$ 2次元時空間画像から抽出された直線によって対象物体の鉛直エッジの X 座標が求められる。この直線 (式5) の傾きと垂角 θ との対応関係は式 (6) で表せる。抽出された直線によって3次元座標 X を求める際、2次元時空間画像から直線を検出する時に生じた垂角 θ の誤差 $\Delta\theta$ によって X が生じた誤差は式 (7) ようになる。

$$\cot(\theta) = \frac{vc \cos(\alpha)^2}{Xf} \quad (6)$$

$$\Delta X = \frac{vc \cos(\alpha)^2 \Delta\theta}{f} * \frac{1}{\cos^2(\theta)} \quad (7)$$

整理すると：

$$\begin{aligned} \Delta X &= \frac{vc \cos(\alpha)^2 \Delta\theta}{f} \left(1 + \frac{X^2 f^2}{v^2 c^2 \cos(\alpha)^4}\right) \\ &= \frac{vc \cos(\alpha)^2 \Delta\theta}{f} + \frac{\Delta\theta X^2 f}{vc \cos(\alpha)^2} \end{aligned} \quad (8)$$

ここで c に対して ΔX の最小値を求める。

$$\frac{d(\Delta X)}{d(c)} = \Delta\theta \left(\frac{v \cos(\alpha)^2}{f} - \frac{X^2 f}{v c^2 \cos(\alpha)^2} \right) = 0 \quad (9)$$

$$|c| = \left| \frac{fX}{v \cos(\alpha)^2} \right| \quad (10)$$

以上の式から分かるように c が $\frac{fX}{v \cos(\alpha)^2}$ であれば、直線を検出する際の角度の誤差 $\Delta\theta$ によって生じた X の誤差 ΔX が最小になる。 ΔX の最小値は

$|\Delta X| = |2\Delta\theta X|$ である。この時、 $\theta = \frac{\pi}{4}$ (or $\frac{3\pi}{4}$) になる。

双曲線スリットのパラメータを設定する際、 X 座標が分からないが、できるだけ $\frac{fX}{v}$ に近い c の値を選ぶべきである。車載カメラで撮影された画像によって道路沿いの建物の3次元情報の獲得を行なう場合、建物の X 座標 (道路からの距離) の範囲が大体決められているのでその範囲によってスリットのパラメータを選択する必要がある。

4 シミュレーション実験

カメラを回転してから撮影した道路画像から2次元時空間画像の生成と生成された2次元時空間画像からの対象物体の3次元情報を獲得する手法を確認するため、CGで作られた画像250枚の道路画像を用いてシミュレーション実験を行った。図2にはその画像と実験結果を示している。

5 むすび

本論文ではカメラの方向を回転してから撮影した道路画像からの3次元情報の獲得について述べた。これにより、対象物体の撮影距離の短縮、対象物体間の相互の遮蔽の改善と獲得した3次元情報の精度の向上ができる。今後の課題としてはこれまでの方法で得られた3次元情報を基に建物のテクスチャなど情報の獲得が挙げられる。

参考文献

- [1] C.X.Li, H.T.Zen, and M.Sakauchi, "3D Information Acquisition from Spatiotemporal Image Created by a Hyperbolic Slit", IAPR Workshop on Machine Vision Applications, pp.54-57, 1994.