

車載単眼カメラからの3次元動画像 の再構成と動く物体の距離領域画 像抽出

会津大学 コンピュータ工学部
理事長兼学長 岡 隆一

2019年12月17日

提案技術の概要(その1)

我々は既に動的視差法(Motion-Parallax-Method)と呼ぶ方式を開発している。

本説明会では、車載単眼カメラの動画像から、動的対象物までの距離抽出のために、基準距離画像なるものを導入し、物理距離画像の3次元動画像の再構成を述べる。

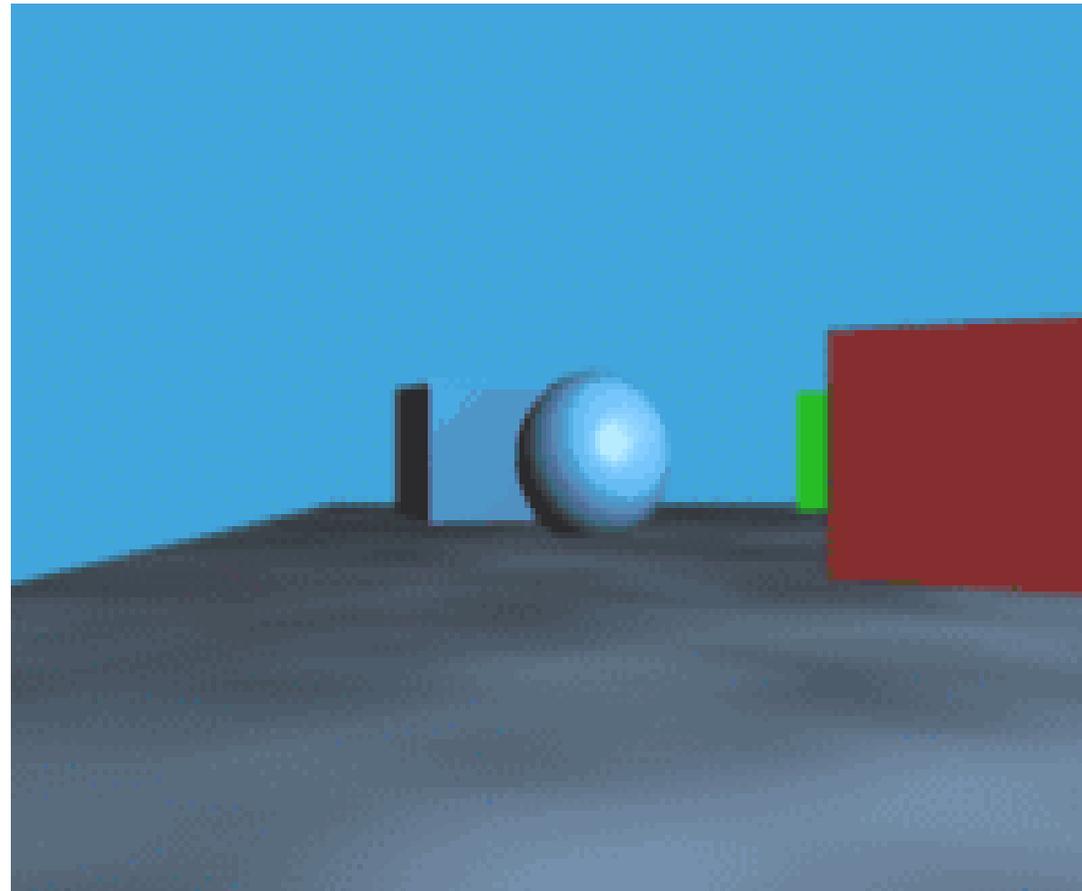
カメラ搭載の車と、相対的に動く、先行車、対向車、歩行者、静止物の動的距離領域画像も、1つのアルゴリズムで抽出できるようになる。

提案技術の概要(その2)

既提案の動的視差法(Motion-Parallax-Method)と呼ぶ方式は、昔から知られて動的視差の現象に基づいている。

Near objects
move
faster

Distant objects
move
slower



<https://en.wikipedia.org/wiki/Parallax#/media/File:Parallax.gif>

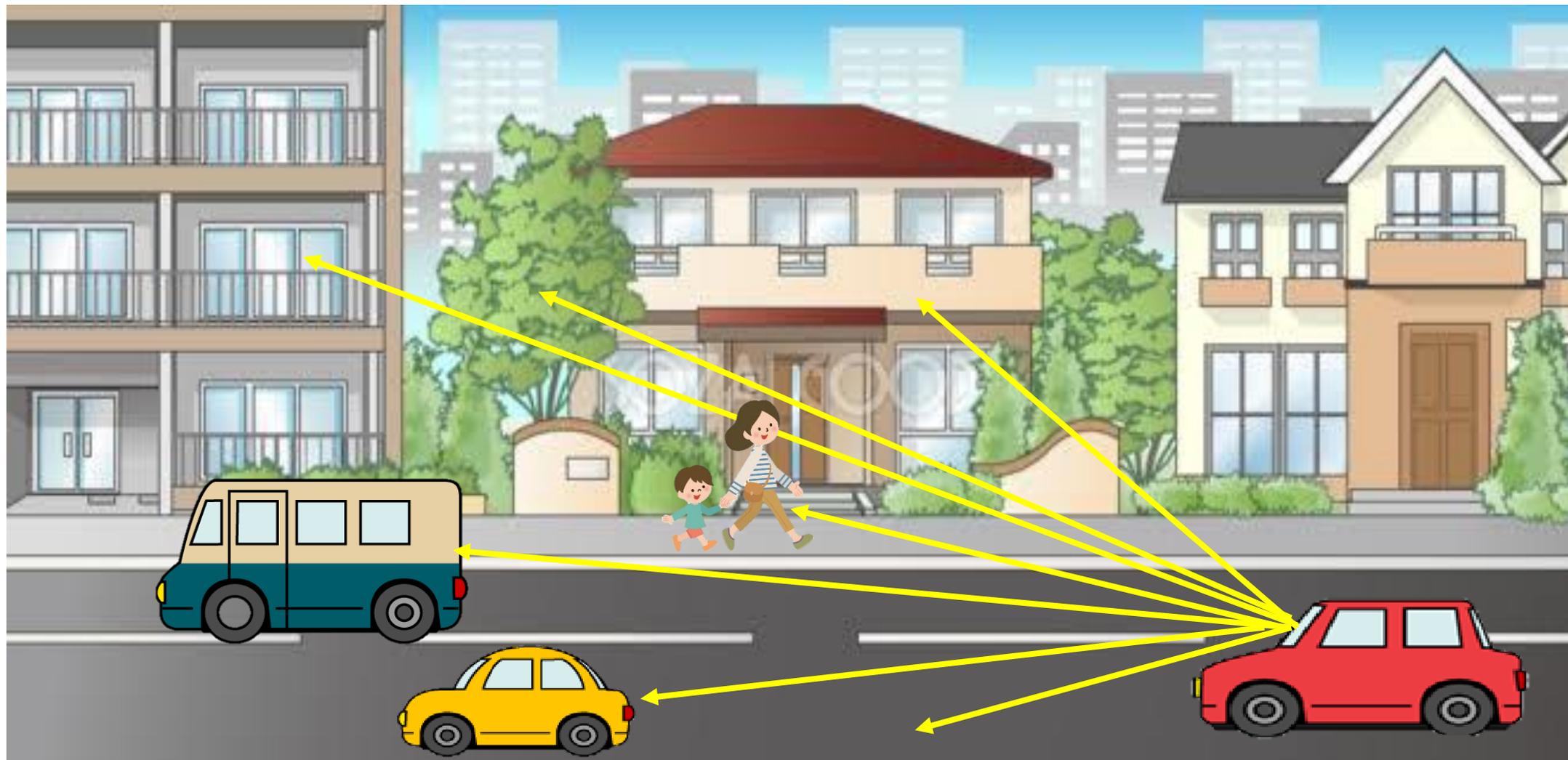
動的視差法で扱う距離の種類

動的視差法が扱う抽出距離は、動画中でpixel-wise に、

- 1) 動くカメラから静止物までの距離、
- 2) 動くカメラから動く対象物までの距離、
- 3) 静止カメラから動く対象物までの距離、

がある。これらの距離を統一した1つのアルゴリズムで扱うには、動的視差法に、新たないくつかの概念を導入する必要がある。今回は、導入する概念の1つである、基準距離画像のみを示す。

3次元距離動画像の各ピクセルが捉える対象物



基準距離画像の導入

本発表では、基準距離画像というものの導入を示す。

- 基準距離画像は、仮想道路、仮想壁、カメラモデル、仮想光線源、仮想光線、を用いて作成する。
- カメラモデルの画像の画素から仮想壁、仮想道路までの距離は、仮想光線の発信源からpixel-wise に仮想光線の仮想壁、仮想道路までの到達距離で定める。
- 実際のシーンのすべての対象物は、仮想の道路や壁の前面に存在するとし、動的視差法による相対距離は基準距離画像により精度を高め、かつ物理距離に変換する。

基準距離画像の導入の必要性

必要性： 動的視差法自体は、動くカメラからの静止あるいは動く対象物までの相対距離を算出し、3次元動画像として、動的シーンを再構成する。さらに、静止カメラから動く対象物までの相対距離も計算する。

しかし、動的視差法では、道路や建物の壁のような一様なtextureの対象物では、optical flow の発生が弱く、動的視差法の相対距離計算で誤差を生む原因となっている。

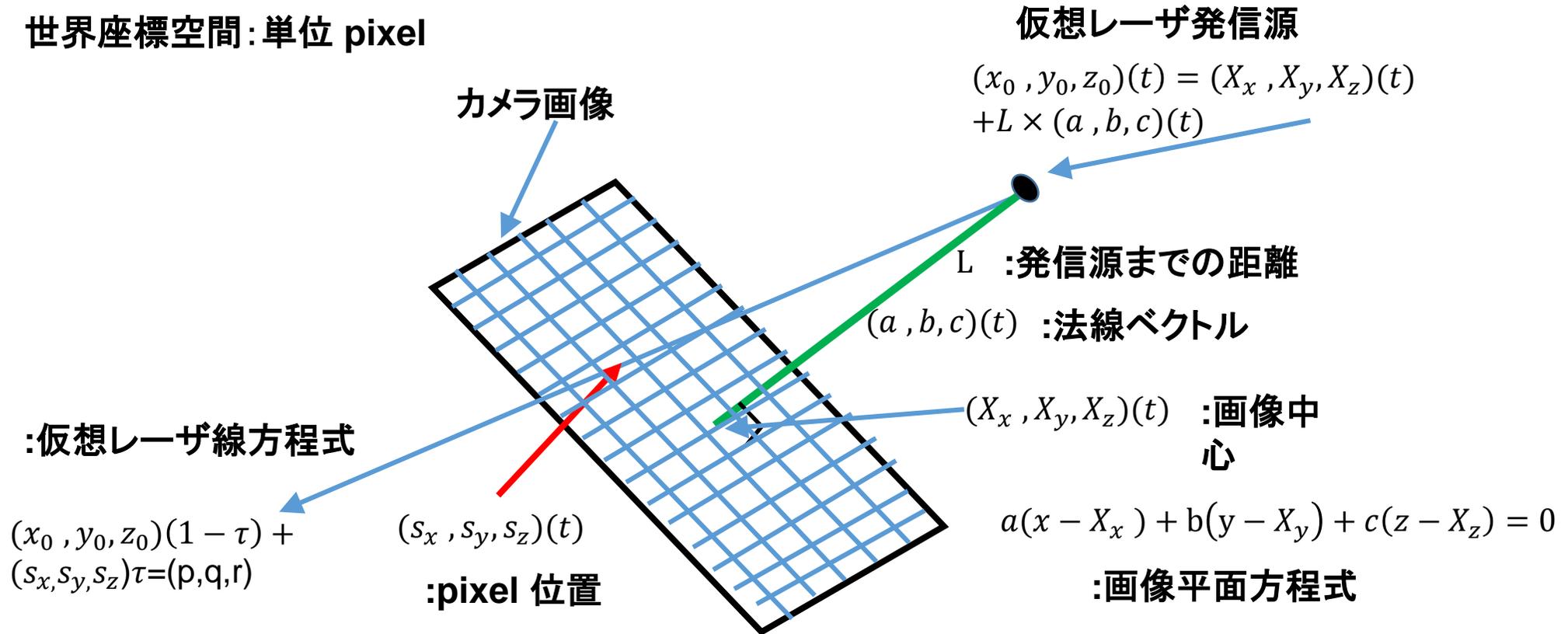
さらに、動的視差法において、カメラが動くときの、動く対象物の正確な物理距離の算出のためのモデルも、基準距離画像の適用を前提にする必要がある。

上記の目的のため、仮想空間を想定し、それに基づく基準距離画像を導入する。基準距離画像とは、シーンにいかなる対象物も存在しない場合の距離画像である。あらゆる対象物はpixel-wiseにこの基準距離画像の前景として扱われる。

基準距離画像構成のための仮想空間、 仮想壁、カメラモデル、仮想光線源、仮想光線

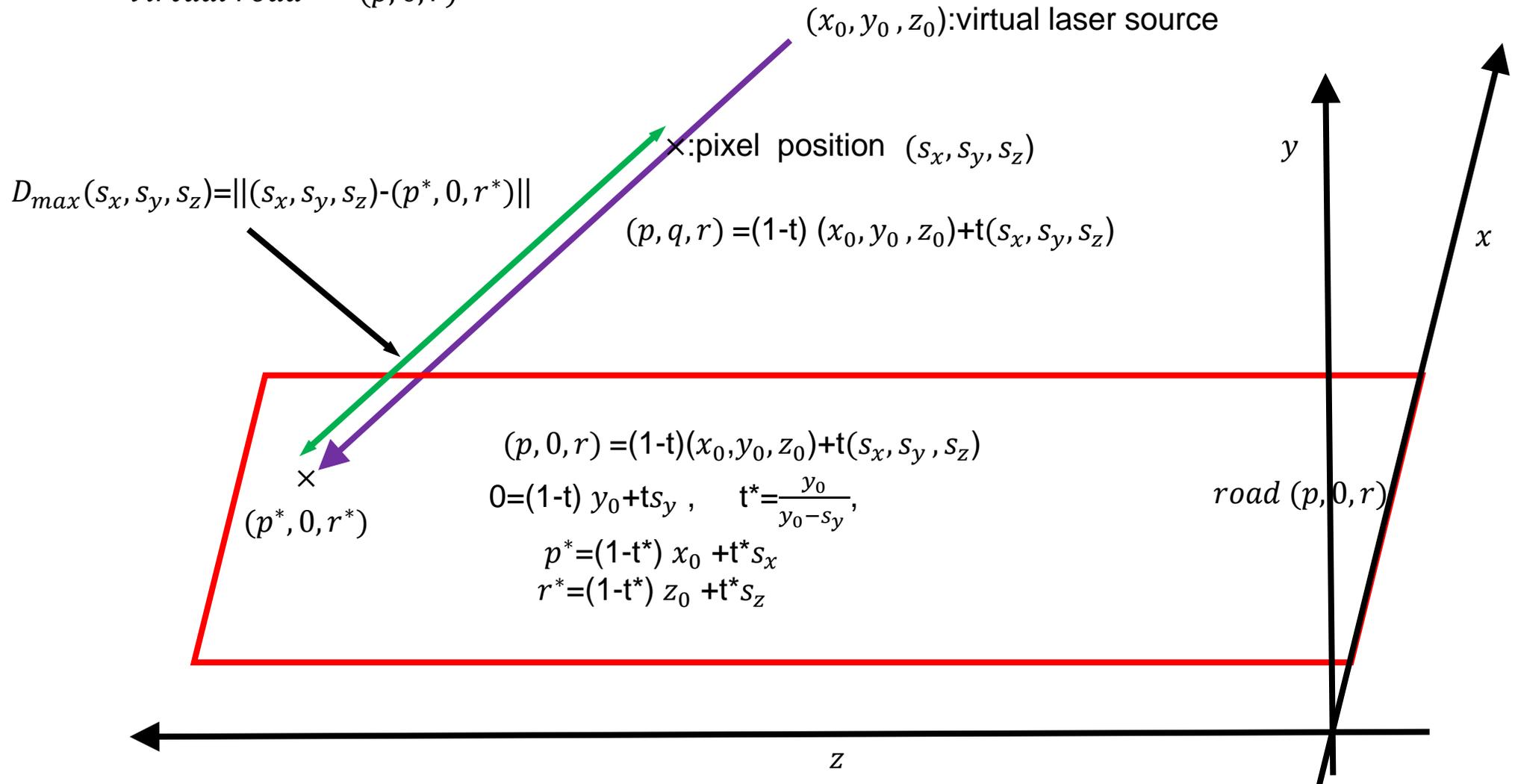
1. 仮想空間： 実際のカメラの道路からの高さ[cm] と仮想空間のその位置の値[pixel] との対応がとられている。
2. 仮想道路： 仮想空間で仮想道路を定める。
3. 仮想道路の両脇の仮想壁： 仮想道路の両脇に垂直の仮想壁を定める。
4. 仮想正面壁： 仮想路の上の正面に仮想壁である。
5. カメラ画像モデル： 仮想空間内に定められた、カメラの画像面であり、実際のカメラ画像の傾きが反映される。
6. 仮想光源： 仮想空間のカメラ画像の背後に仮想光線源を定める
7. 仮想光線： 仮想光源から仮想道路、仮想壁、仮想正面壁まで至る光線であり、カメラ画像の各ピクセルから到達点までの距離[pixel]を事前に計算する
8. ピクセルごとに定まる距離のパターンを基準距離画像とする。基準距離画像は、シーンにいかなる物体も存在しないときの距離画像であり、実際に存在する物体は、基準距離画像の前面にあるとして、MPMの距離パターンへの変換が、基準距離画像がmasking によって行われる。

任意の傾きをもつカメラ画面の世界空間モデル

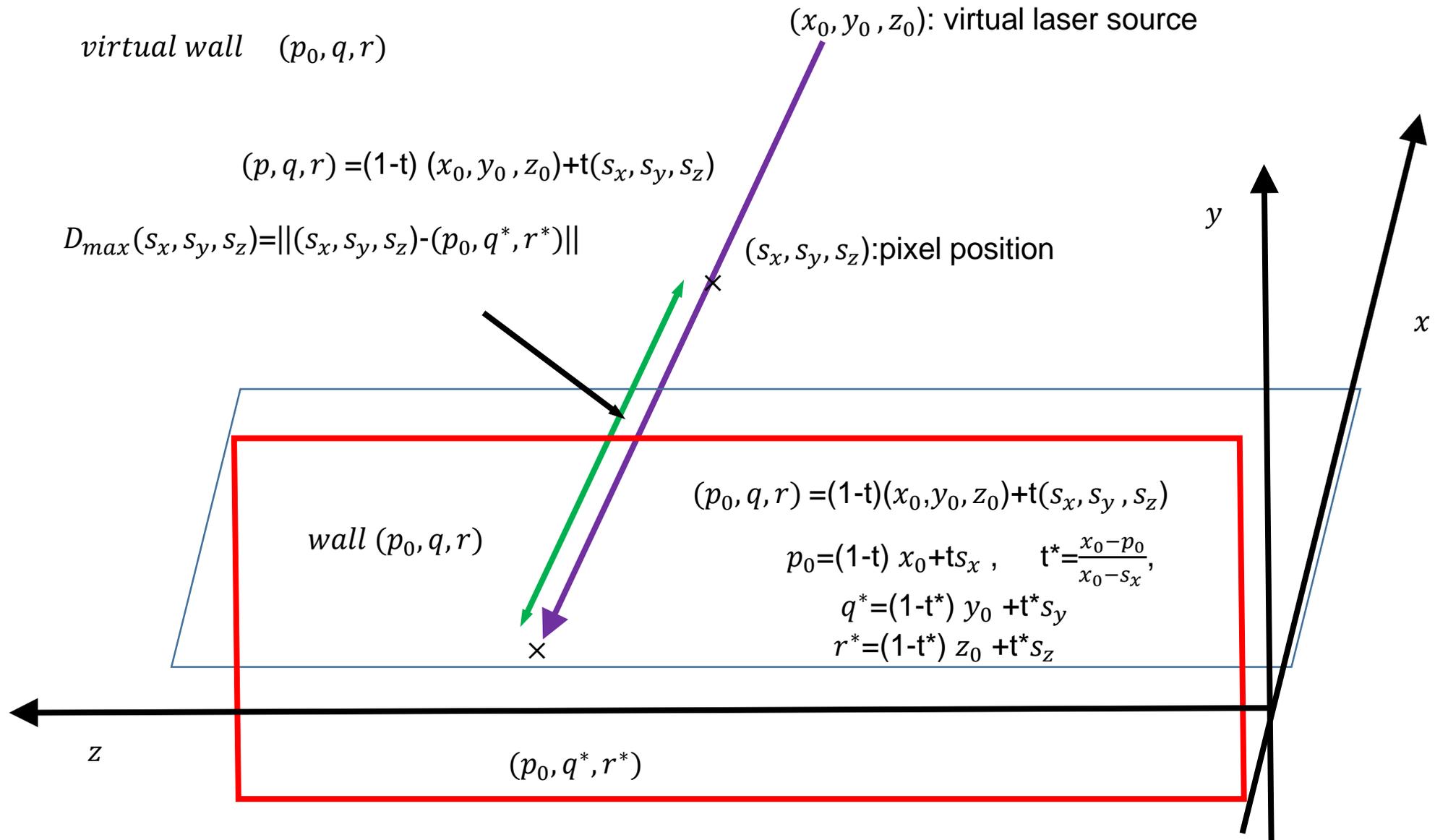


世界空間の仮想道路までのカメラからの 仮想光線の到達距離

virtual road : $(p, 0, r)$



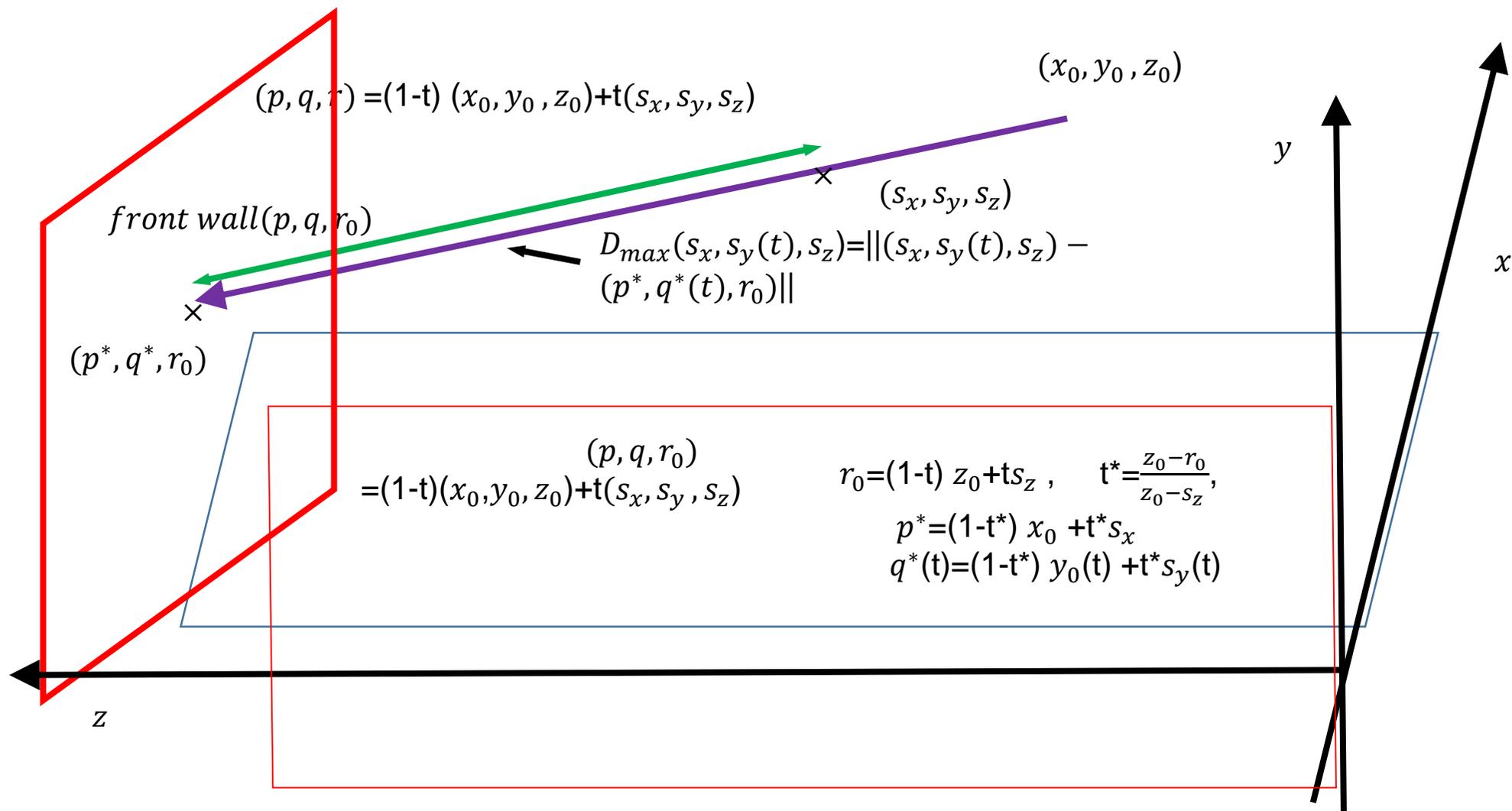
世界空間の仮想壁までのカメラからの 仮想光線の到達距離



世界空間の仮想正面壁までのカメラからの の仮想光線の到達距離

virtual front wall (p, q, r_0)

variable height $h(t)$ leads variable, $y_0(t), s_y(t)$



基準距離画像

- 基準距離画像は仮想空間のカメラ画像平面の点 (s_x, s_y, s_z) のもつ仮想距離値からなる行列：

$$((D_{max}(s_x, s_y, s_z), D_{min}(s_x, s_y, s_z)))$$

からなる。

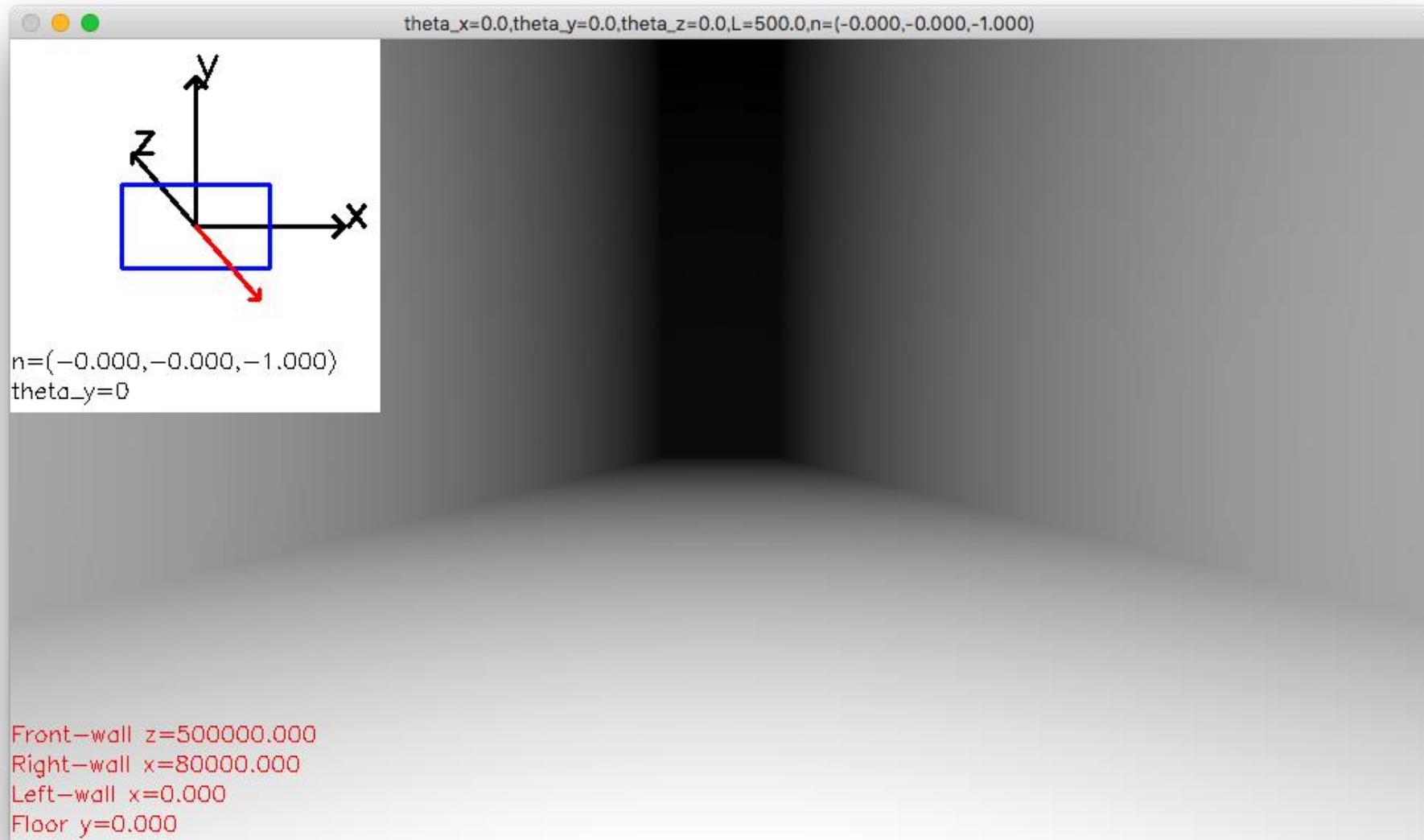
- 基準距離画像は対象物がなにもない場合の基準となる距離画像である。
- すべての対象物は、この基準距離画像の前景として存在するものとされ、動的視差法の出力が仮想空間で物理距離へ変換される。

仮想空間の距離から実世界の距離への変換

- 実世界と、仮想空間の量的単位の関係は、1つの実世界の物理的長さ、例えば、車載カメラの高さ $h[m]=150$ [cm]を仮想空間で、例えば、 $y_0[pixel]=10000$ [pixel]に対応させることで定める。
- 実カメラの各画素位置は、仮想空間の (s_x, s_y, s_z) の位置に移行される。
- 実カメラのピクセルにおいて動的視差法で定まる相対距離 d は基準距離画像をつかい、物理距離 $\hat{d}(s_x, s_y, s_z)$ として、以下で定まる。ここで、 z_L, z_N は、相対距離のdynamic range の最大値、最小距離で固定である。

$$\hat{d}(s_x, s_y, s_z) = \left\{ \frac{D_{max}(s_x, s_y, s_z) - D_{min}(s_x, s_y, s_z)}{z_L - z_N} \times d + D_{min}(s_x, s_y, s_z) \right\} \frac{h \times 100}{y_0} [\text{cm}]$$

基準距離画像



相対距離画像(基準距離画像適用前)



道路や壁はtextureが一様のため、実際の距離より遠くに計算されている

基準距離画像適用後の物理距離画像



道路や壁などtextureが一様のためところも、より正確な距離となっている

提案技術の概要(その3)

ここでは、Youtube から取得した車載カメラの2つの動画:

- (1)https://www.youtube.com/watch?v=zid7jwjq_OM&t=3472s
- (2)<https://www.youtube.com/watch?v=Mvarj8Hq75U>

から、3次元動画を再構成したものを、デモで示す。(1)は比較的混んでいない道路、(2)は混んでいる市街地のシーンである。

まず、RGBの動画を示し、次に、3次元動画像での距離のみを明暗レベルで表示しているものを示す。

RGB動画と距離動画の間では、各フレームにおいて、ピクセルは対応している。

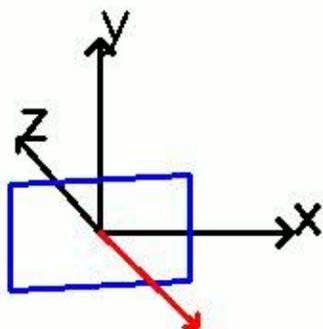
提案技術の概要(その4)



車載カメラ映像

[https://www.youtube.com/watch?v=zid7jwjq_OM
&t=3472s](https://www.youtube.com/watch?v=zid7jwjq_OM&t=3472s)

提案技術の概要(その5)



$n=(0.087,-0.000,-0.996)$
 $(t_x,t_y,t_z)=(0,5,0)$



$L = 500.0$
 $camera = (40000.0, 10000.0, 0.0)$
 Front-wall $z=500000.000$
 Right-wall $x=100000.000$
 Left-wall $x=-20000.000$
 Floor $y=0.000$

車載カメラ映像からの3D動画像の距離動画のみを明暗画像で表示する
 (明るいほどカメラから近い)、仮想道路、両側、正面の仮想壁、がある。

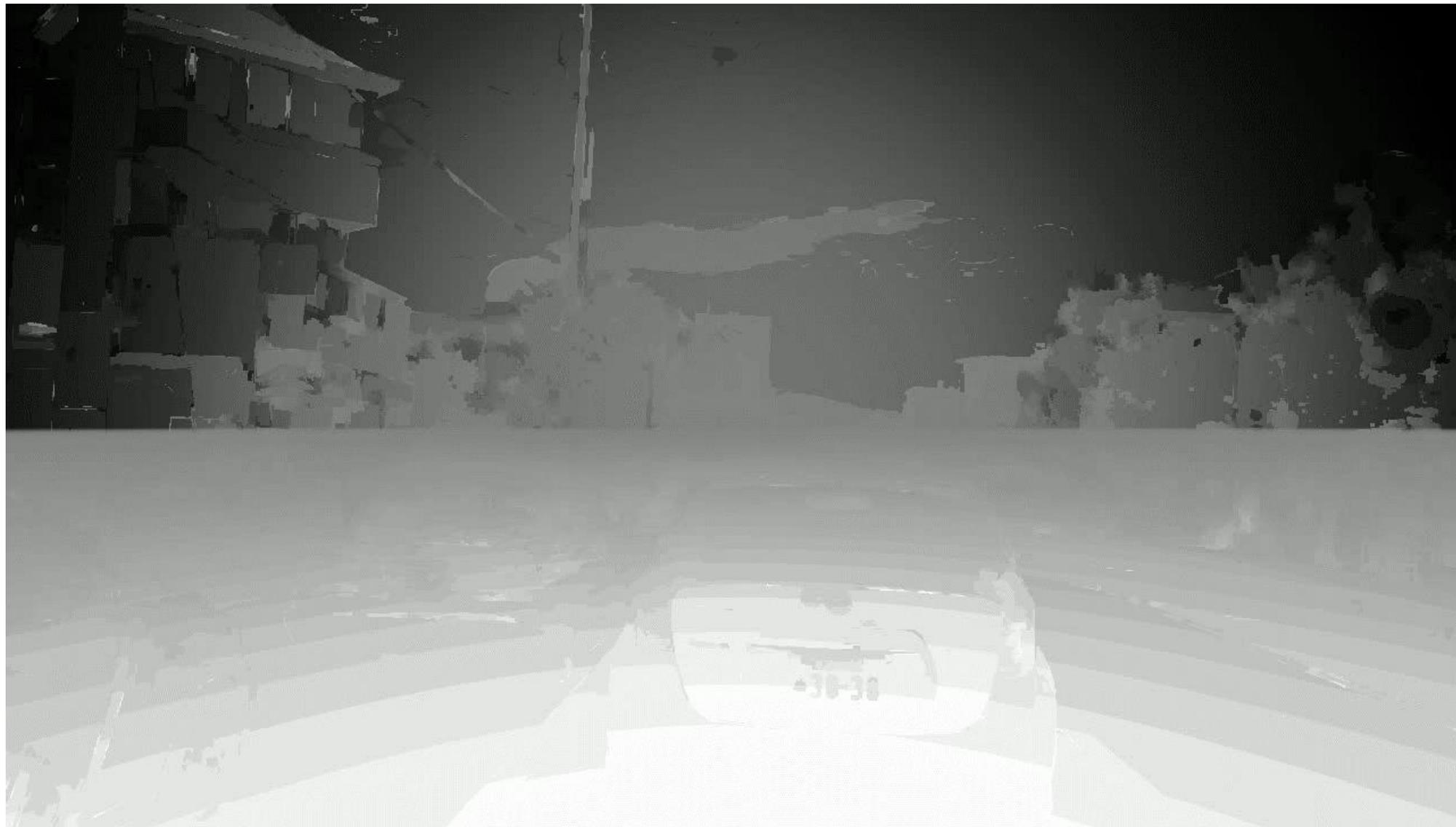
提案技術の概要(その6)



車載カメラ映像

<https://www.youtube.com/watch?v=Mvarj8Hq75U>

提案技術の概要(その7)



車載カメラ映像からの3D動画像の距離動画のみを明暗画像で表示する。(明るいほどカメラから近い)、仮想道路のみの基準距離画像(仮想レーザが仮想地面に届かいたところに地平線がでる)

提案技術の概要(その8)

車停車時の動く歩行者の1フレーム画像



提案技術の概要(その9)

車停車時の動く歩行者の1フレーム距離画像



従来技術とその問題点

従来、自動運転でシーンの3次元計測は、レーザを用いたLidar, 超音波、赤外線、ミリ波などの能動センサーが主流である。また、(unsupervised learningの)深層学習による試みもある。しかし、従来の能動センサーでは特殊デバイスを要し、距離の点群と画像テクスチャの対応の課題もある。

さらに、深層学習による方式では、シーン内の先行車や対向車や歩行者など動く対象物の速度を考慮した距離と、建物のような静止物とを、同じアルゴリズムで3次元動画像で捉えることは困難である。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 3次元化する対象は、建物などの静止物に限らず、カメラが動く状況で、車の前方や側方の動く他車、対向車、歩行者を含む動的対象である。
- 車静止時は動く対象のみを3次元化する。
- 3次元動画像の各フレームのRGB-D画像を3次元空間に射影変換後配置し、3次元地図が構成できる。地図上の配置位置は、静止物の距離画像から定める。

想定される用途

- カメラ入力の動画像から再構成される3D動画像は、自動運転や操作ロボットの3D視覚の実現、ドローン飛行航路の3D視覚による制御に応用できる。
- 広域の市街地、広域の室内の稠密な3次元地図、建築物の3D表現、なども3D動画の各3D画像を3D地図空間にtexture付きで配置することで実現できる。その逐次配置の位置は、3D動画像の画像間の対応する部分領域のもつ距離の差分で決定する。

実用化に向けた課題

- 現在、継続する入力ビデオ画像から、継続する3次元動画像を再構成するアルゴリズムとそのソフト実装はできている。ただ、このソフトは通常のnote PCでは、画像サイズ(960×540)について、3 sec/frame の計算時間がかかる。これをリアルタイム化するには、FPGAやNvidia 利用などによる高速化が必要である。
- 距離精度の向上に向けて、特に、動く対象物までの距離の精度向上にアルゴリズムの改良を行う。

企業への期待

- 従来、Lidar などの能動センサーを使って実現したい機能がMotion-Parallax-Method＋基準距離画像 によって代替できるか否かを確認してほしい。
- 自動運転、ロボット技術、ドローンの開発をしている企業との共同研究を希望する。
- 室内外の広域3D地図の作成を開発中の企業にとって、本技術の導入は有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 補正距離算出装置、補正距離算出用プログラムおよび補正距離算出方法
- 出願番号 : 特願2019-217358
- 出願人 : 会津大学
- 発明者 : 岡 隆一、畠 圭佑、
橋本 康弘、奥山 祐市

お問い合わせ先(必須)

会津大学

産学官連携コーディネーター 石橋 史朗

TEL 0242-37-2776

FAX 0242-37-2778

e-mail ubic-adm@ubic-u-aizu.jp