

The title of paper

Real-Time 3D Reconstruction and 6-DoF Tracking with an Event Camera

Auter

https://www.doc.ic.ac.uk/~ajd/Publications/kim_etal_eccv2016.pdf://URL

One sentence described about the paper

Summary

By Yohei Kawakami
2019/01/16



Real-Time 3D Reconstruction and 6-DoF Tracking with an Event Camera

Hanme Kim, Stefan Leutenegger, and Andrew J. Davison Department of Computing,
Imperial College London, UK

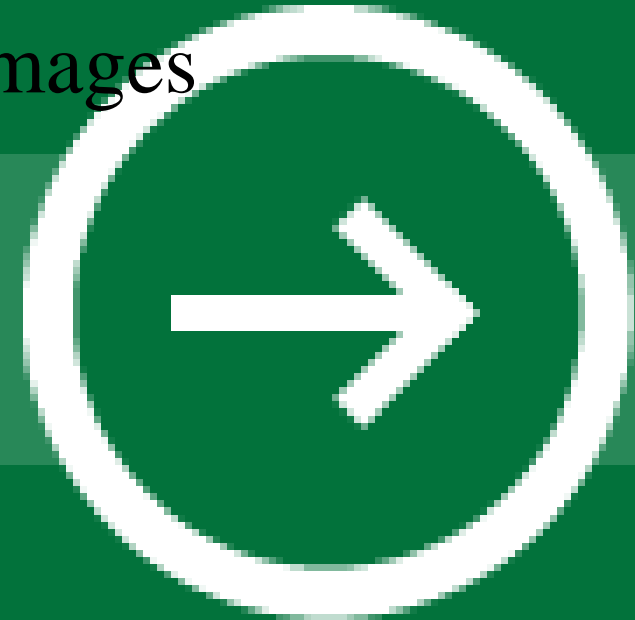
https://www.doc.ic.ac.uk/~ajd/Publications/kim_etal_eccv2016.pdf:<https://arxiv.org/abs/1612.07828>

- 1, Summary
- 2, What is ~ ...??
- 3, Experiments, conclusion, and discussion

Method of improving the quality of synthetic images

Summary

By Yohei Kawakami
2019/01/16



Conclusion:

単一の携帯型イベントカメラからリアルタイムの
3D再構成と6-DoFトラッキングを達成
追加のセンシングを行わない条件で
(センサーを使って意味のある情報に変換しないで)

What is this thesis for?

EventBasedCameraを用いた6-DoF トラッキングと
3D再構成を達成した

Where is an important point compared to previous researches?

直前のイベント点のカメラ姿勢,対数輝度勾配,
深度の3つのうち2つが分かっているとき残り
1つを推定できる

Where are the key points of technology and method?

イベントカメラを使用した
同一ピクセルの1つ前のイベント発生の際の
情報を使いカルマンフィルタで推定した

How to verified whether it is valid?

定量的ではなくvisual化することで定性的に
評価している

Is there discussions?

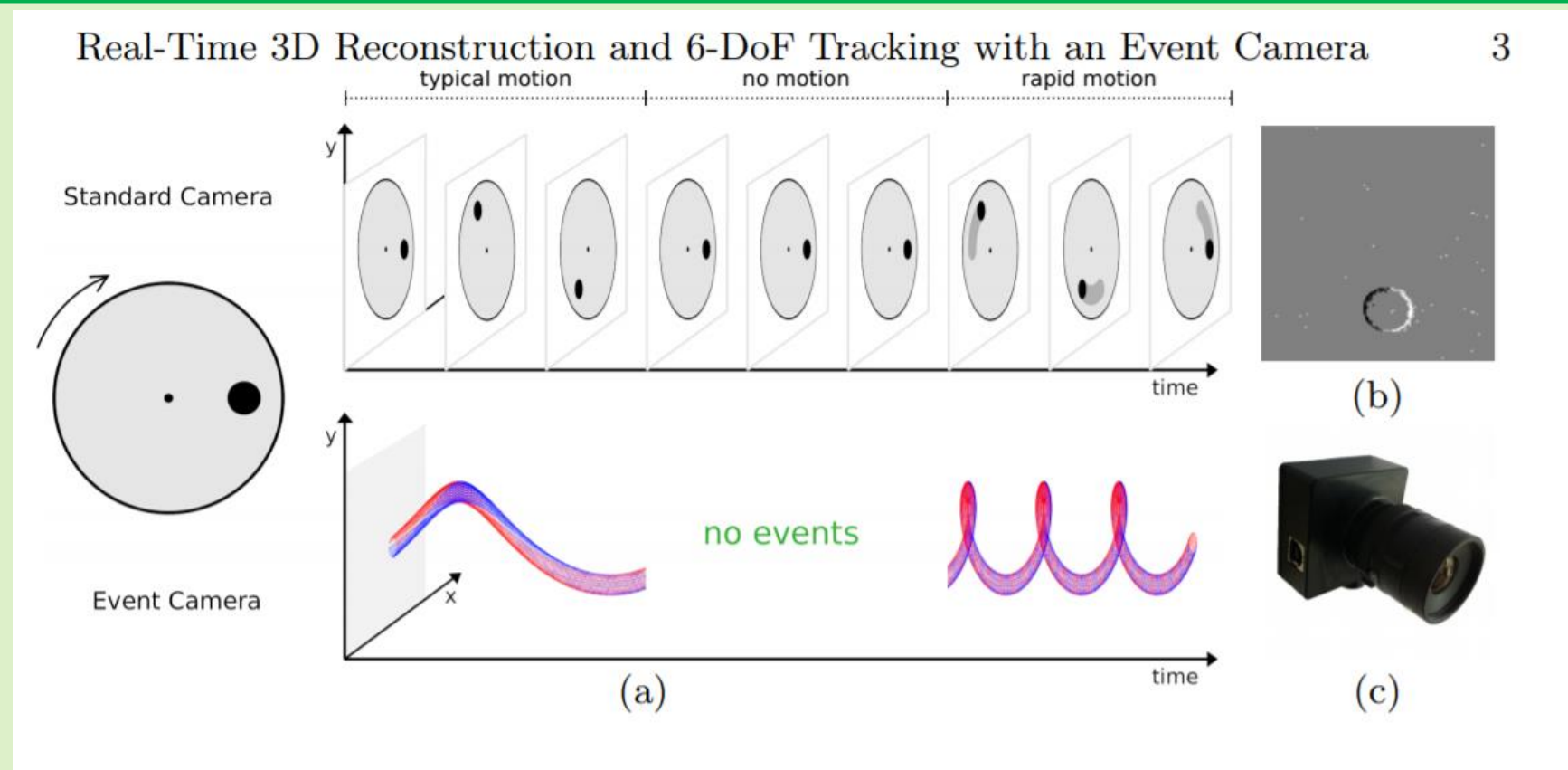
定量的な評価をすること
推定する情報以外の2つが正しい前提で計算され
るので前提が間違っていると機能しない

Which reserches should I read next?

Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces.
In: Proceedings of the International Symposium on Mixed
and Augmented Reality (ISMAR) (2007)

What is ~...??:

Figure Event camera

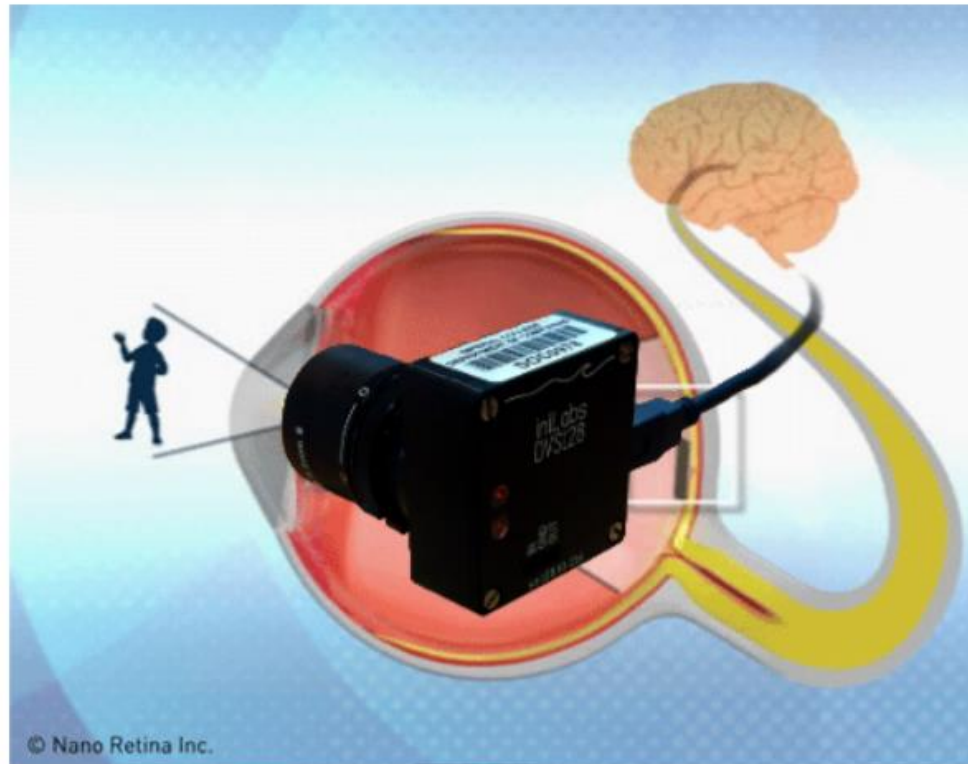


EventBasedCamera

- (a) 赤と青のドットはそれぞれ正と負のイベント
- (b) 時間間隔内に事象を蓄積することによる画像のような視覚化
- (c) 最初のコマーシャル (それ大事??)

What is ~~...??:

Figure Event camera



DVS128, iniLabs & Background from Nano Retina Inc.

	Event Camera	Conventional Camera
Data Rate	40-180kB/s	10MB/s
Latency	few μ s	few ms
Dynamic Range	about 120dB	about 60dB
Power Consumption	few hundreds mW	few W

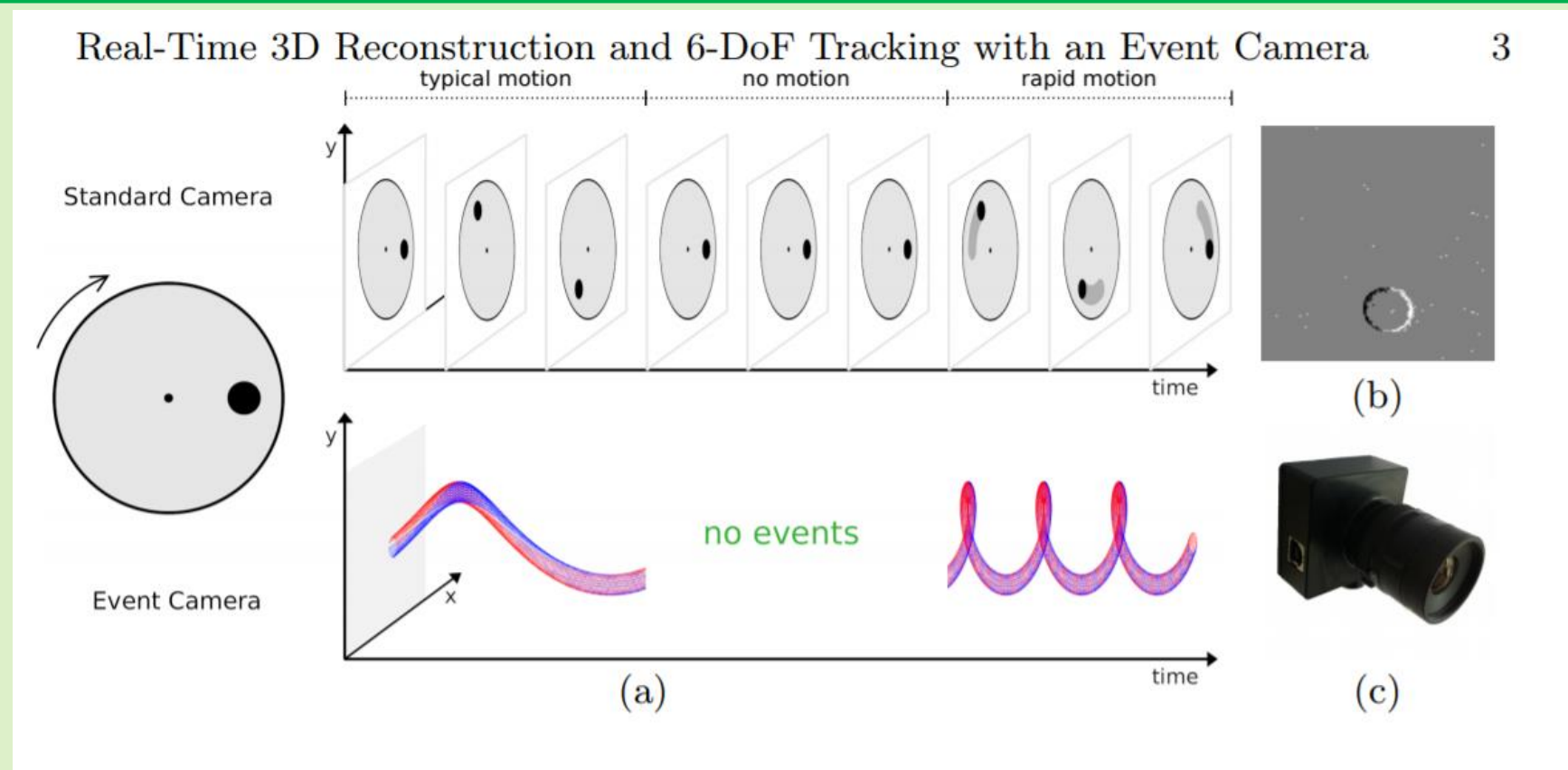
2.1 Event Based Camera とは

Event Based Camera（以下イベントカメラ）は、生物の網膜から発想を得たセンサです。従来のカメラは、フレームの各点における輝度を何らかの方法で出力するという発想でしたが、イベントカメラでは**輝度の変化を検知して出力する**という従来とは異なる発想のカメラです。言い換えると、各ピクセルにおける輝度の変化を「イベント」として捉え、その情報を出力するセンサです。

「こんなカメラ誰が使うんだ」と思われる方もいるかもしれませんが、このイベントカメラは女子大生がインスタ映えなパンケーキをSNS上にあげるために使われる（偏見）ことなどは想定されておらず、**主にロボットなどのコンピュータビジョン領域における応用**が期待されています。

What is ~~...??:

Figure Event camera

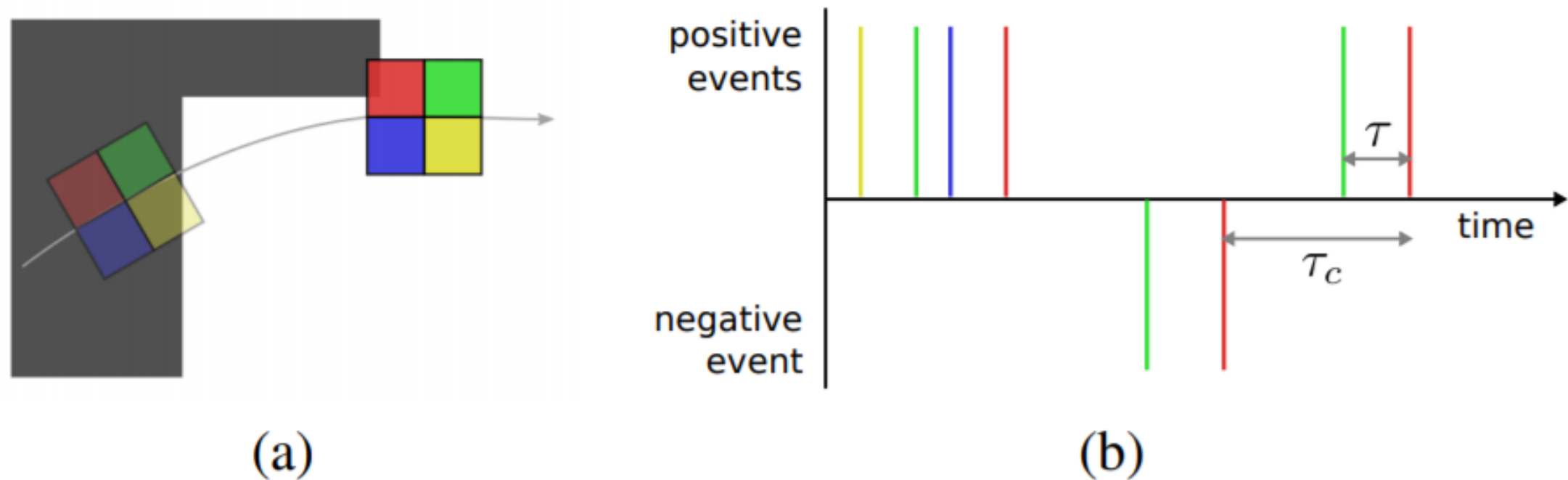


EventBasedCamera

1. 高フレームレート 非常に速い動きに対するほぼ連続的な応答
2. 高ダイナミックレンジ
3. 少消費電力

What is $\sim\sim\ldots??$:

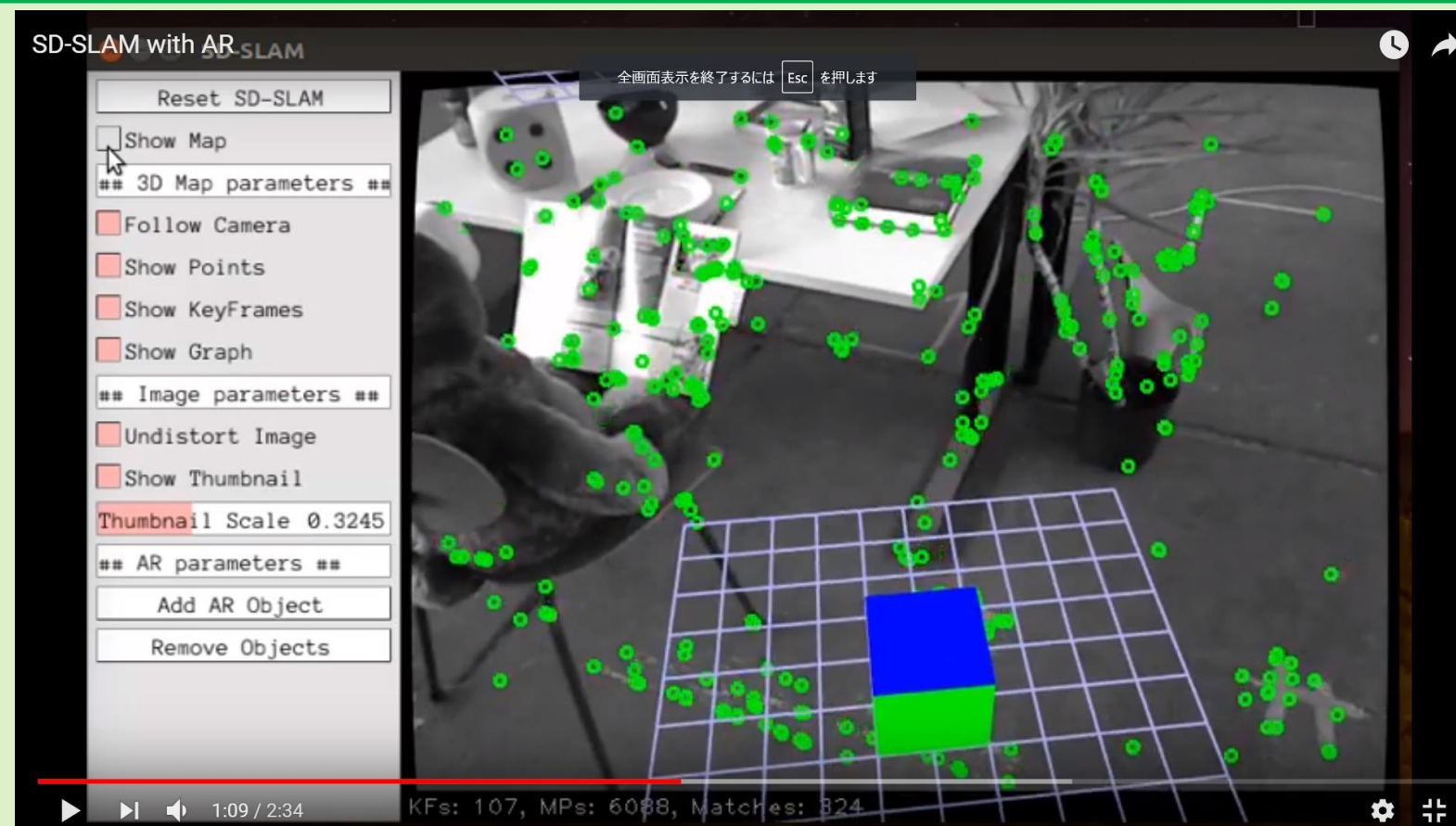
イベント出力と時刻 $t, t - \tau, \tau_c$



τ は、画像内の**どれかの**ピクセルにおいて前回のイベントが出力されてからの経過時間であり、 τ_c は、**同じピクセル**における前回のイベントからの経過時間

What is ~...??:

Figure SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)



自己位置推定

マップ作成を同時に実行

イベントカメラでは従来のカメラと異なるアルゴリズムが必要のようで
研究段階

https://www.doc.ic.ac.uk/~ajd/Publications/kim_etal_eccv2016.pdf://URL

What is ~~...??:

Related Word

PTAM カメラの姿勢推定法 **SLAM** アルゴリズム 小型の **AR** 作業空間内で手持ち式カメラを追跡 トラッキングとマッピングをデュアルコアコンピュータ上の並列スレッドで処理される2つの別々のタスクに分割

DTAM 特徴抽出ではなく密集したあらゆるピクセル法に頼るリアルタイムカメラ追跡および再構成のためのシステム 高密度モデル全体に対するフレームレートの全体画像アライメントによって、カメラの6自由度の動きを正確に追跡します。

LSD-SLAM

直接画像位置合わせに基づく非常に正確な姿勢推定と共に、3D環境は、関連する半密な深さマップを有するキーフレームの姿勢グラフとしてリアルタイムで再構成

What is ~~...??:

Method

3つのカルマンフィルタで推定を行う

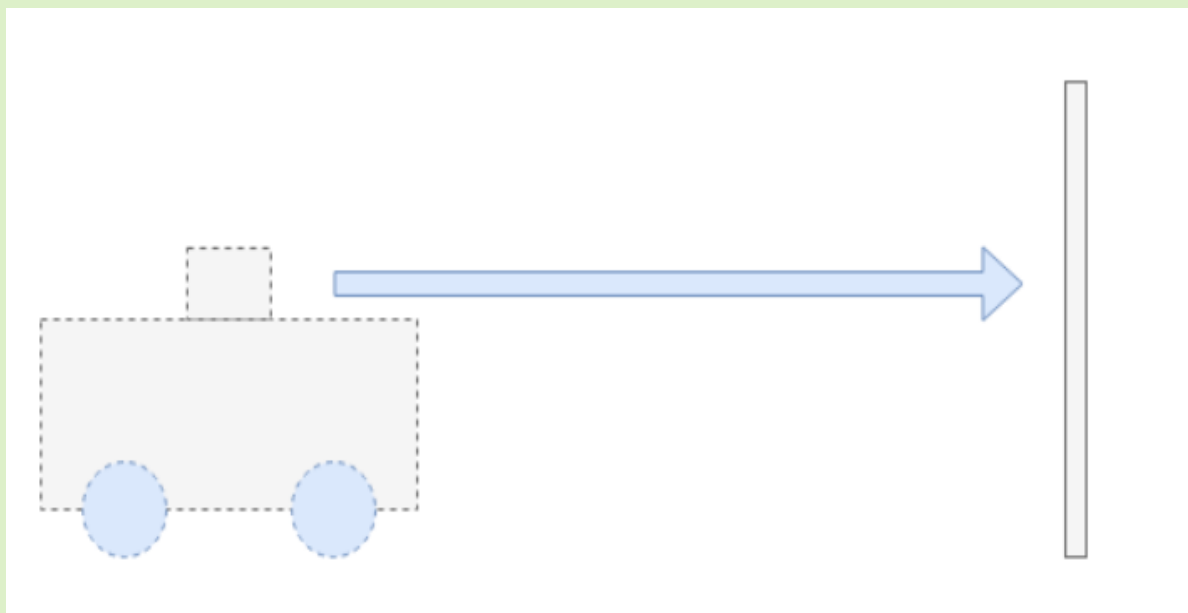
1. イベントカメラのグローバル6-DoFカメラモーションでリアルタイム3D再構成と6-DoF **トラッキングを追跡**
2. キーフレーム画像の**対数輝度勾配** - これも並行してフル画像のような輝度マップにアップグレードされる表現 - を推定
3. フィルタはキーフレームの**深度**を推定

What is ~~...??:

カルマンフィルタ（ロボットの現在の位置の推定）



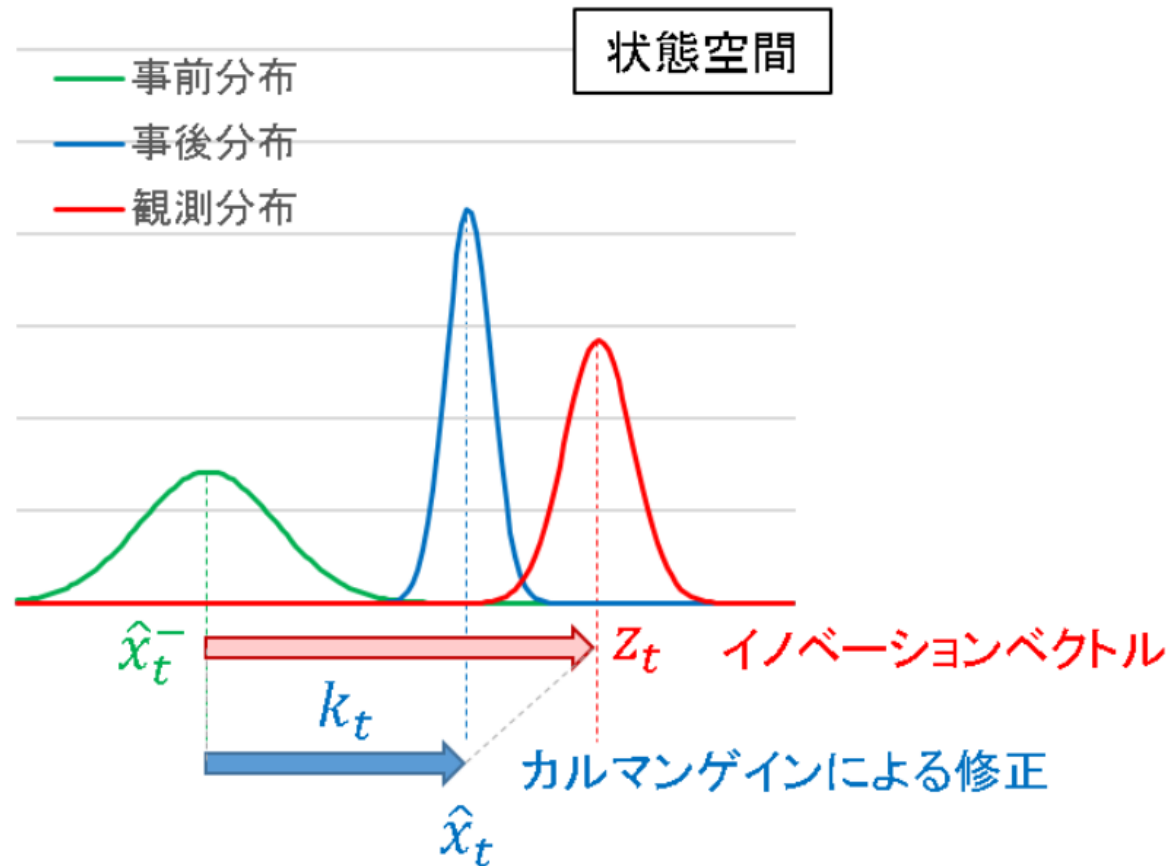
時刻 $t-1$ の推定値に計算によって求めた距離を加えた推定（摩擦などのノイズ込み）



時刻 t の推定値
（センサーのノイズ込み）

What is ~...??:

カルマンフィルタ (2つの不確実な状態からより正確な推定を)



$$\hat{x}_t = \hat{x}_t^- + k_t (z_t - \hat{x}_t^-)$$

修正ゲイン k_t イノベーション

$$= \hat{x}_t^- + \frac{\sigma_{\hat{x}_t^-}^2}{\sigma_{\hat{x}_t^-}^2 + \sigma_z^2} (z_t - \hat{x}_t^-)$$

こいつは何者か？

直前までの情報と、たった今取得したデータ 2 つをもとに、
もっとも適切な(最適な)位置を推定する。

What is ~~...??:

カルマンフィルタ

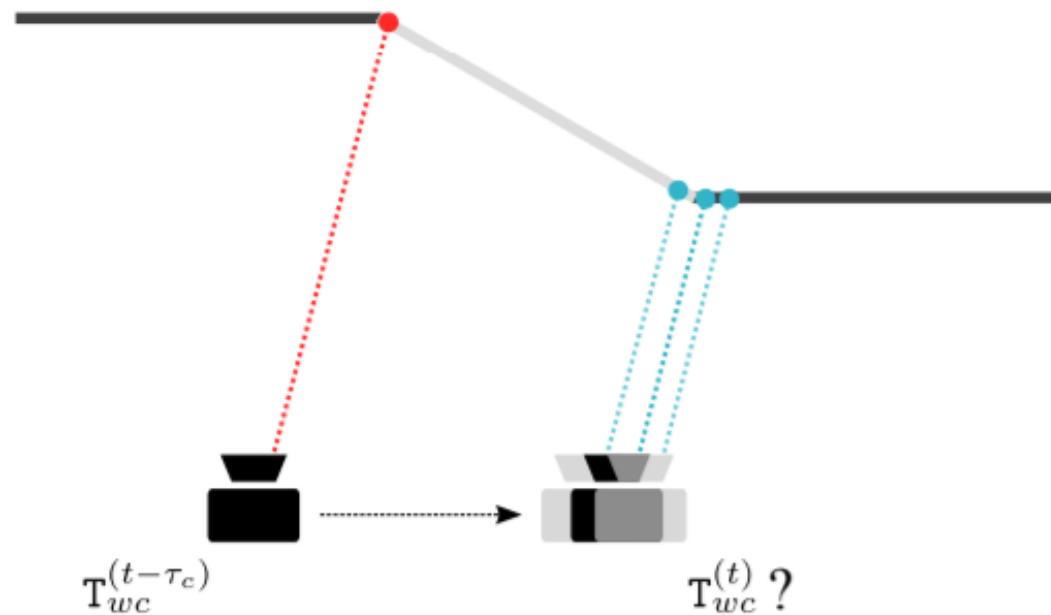
$$\mathbf{x}^{(t|t-\tau)} = \mathbf{x}^{(t-\tau|t-\tau)} + \mathbf{n} ,$$

$$\mathbf{P}_{\mathbf{x}}^{(t|t-\tau)} = \mathbf{P}_{\mathbf{x}}^{(t-\tau|t-\tau)} + \mathbf{P}_{\mathbf{n}} ,$$

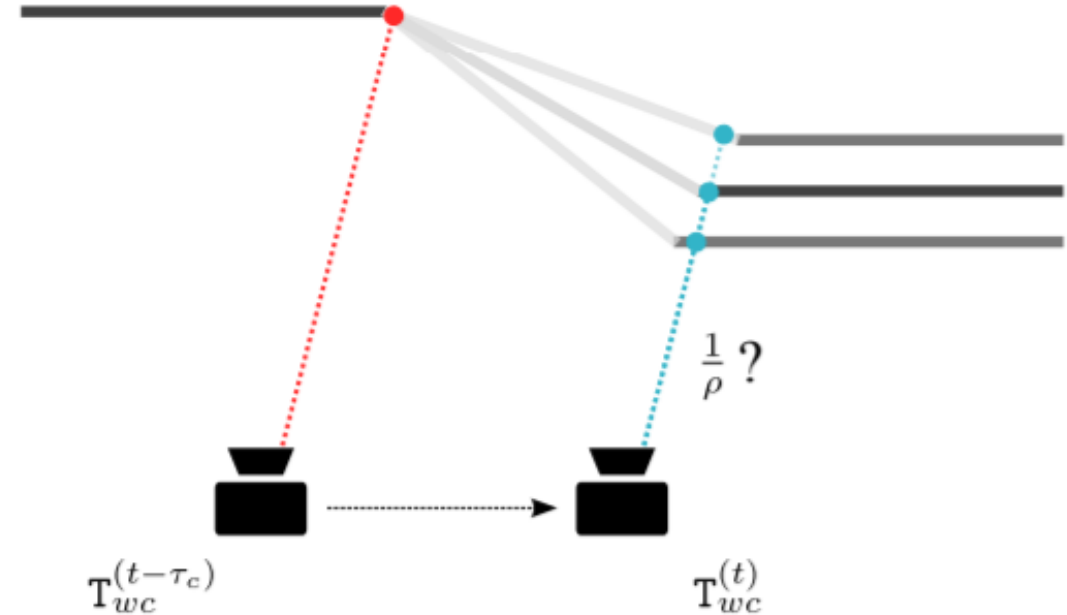
今回はカルマンフィルタを非線形(現実で使えるように)にした
拡張カルマンフィルタを用いる
誤差共分散行列 $\mathbf{P}_{\mathbf{x}}$ を最小にするカルマンゲインを使用

What is ~...??:

姿勢推定と深度推定



(a) camera pose estimation

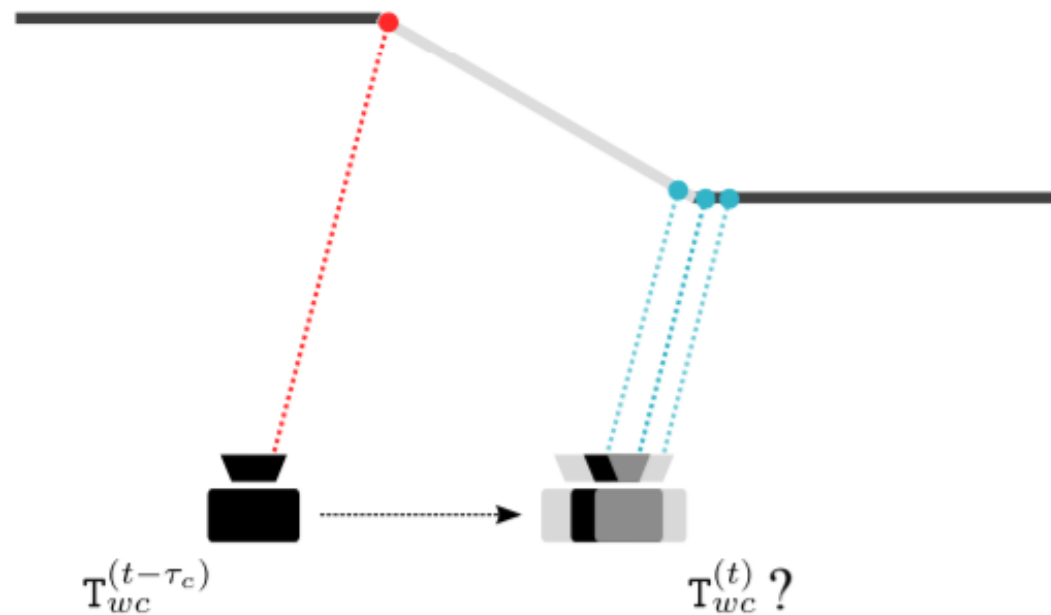


(b) inverse depth estimation

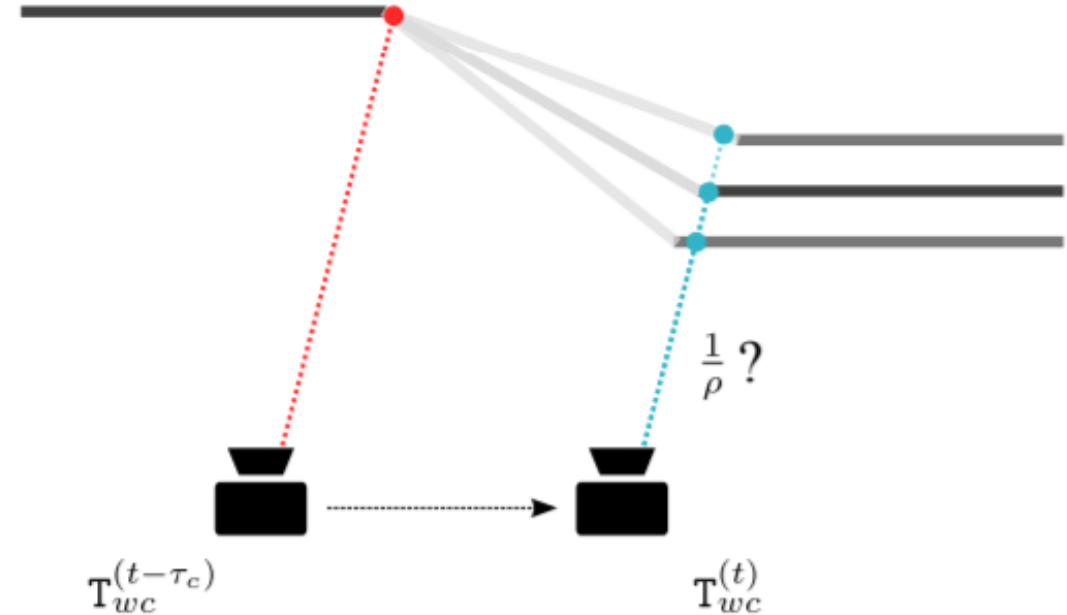
(a) : 現在のカメラ姿勢 $T(t)$
 現在の対数輝度強度推定値（実線の色として示す）および深度推定値が正しいという仮定に基づいて、現在のカメラ姿勢 $T(t)$ を見つける。現在の事象の極性と比較して、姿勢 $T(t - \tau_c)$ wc における同じ画素における前回の事象以降の予測対数強度変化が最も一致する

What is ~...??:

姿勢推定と深度推定



(a) camera pose estimation



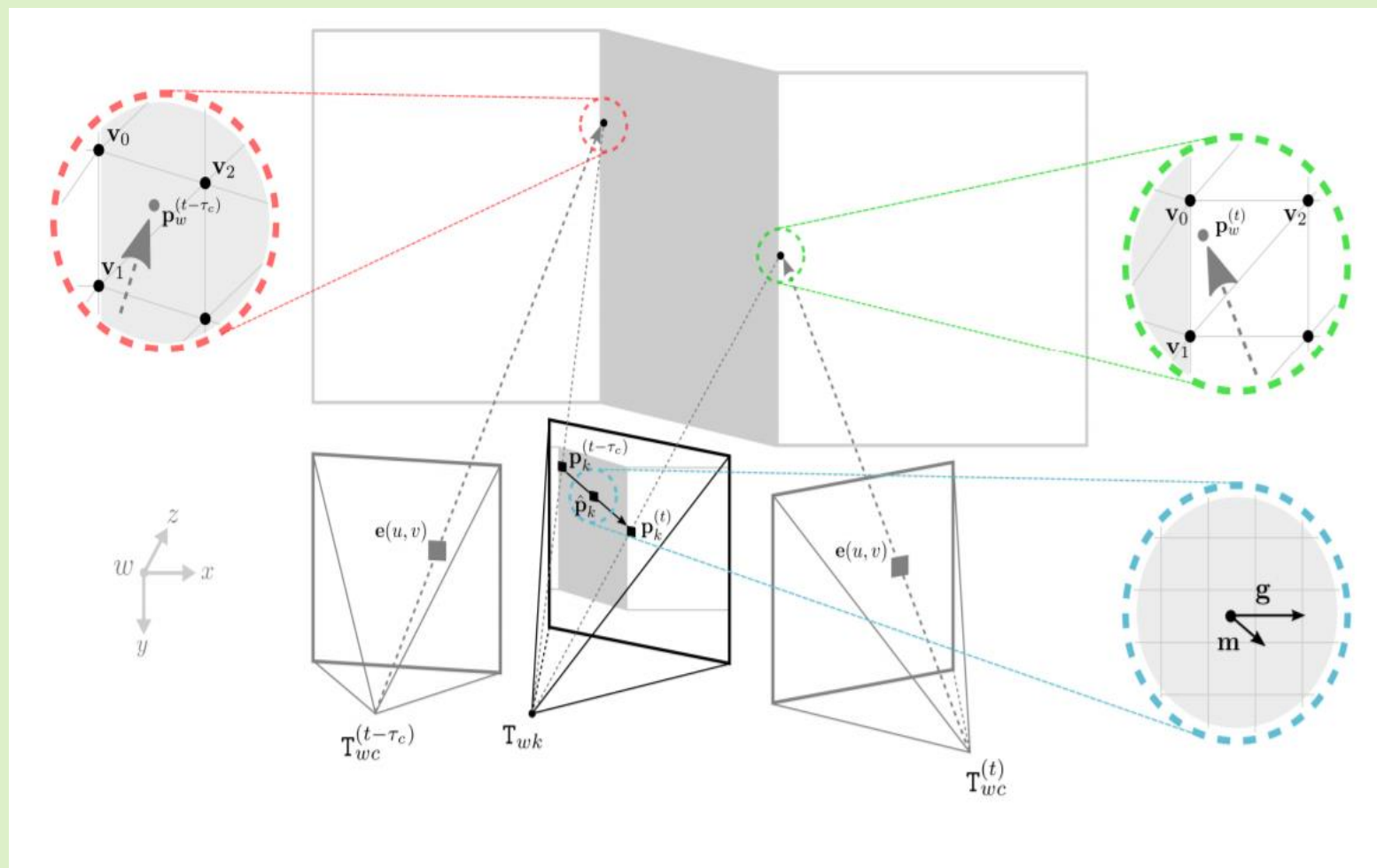
(b) inverse depth estimation

(b)：深度推定

現在の再構成された対数強度およびカメラ姿勢推定値が正しいと仮定し、新しい事象測定値と一致する最も可能性が高い

What is ~...??:

対数輝度勾配強度推定



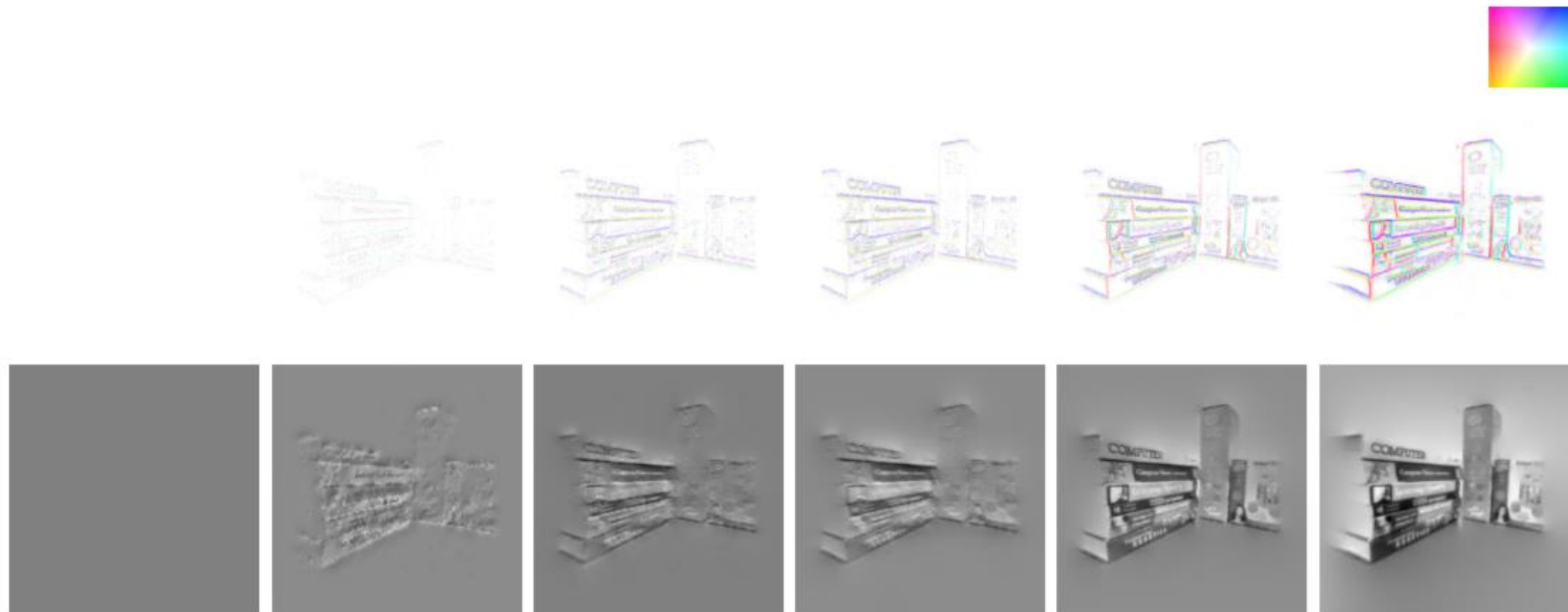
(勾配強度推定)：
同一のピクセルの時刻 $t-\tau_c$ と t における対応する点 P_w を見つける

T_{wk} と $T_{wc}(t-\tau_c)$ の三角形から $P_k(t-\tau_c)$ を T_{wk} と $T_{wc}(t)$ の三角形から $P_k(t)$ を推定する

$P_k(t-\tau_c)$ と P_k の中点の勾配を m を求める
勾配の推定値から輝度強度を求める

What is ~~...??:

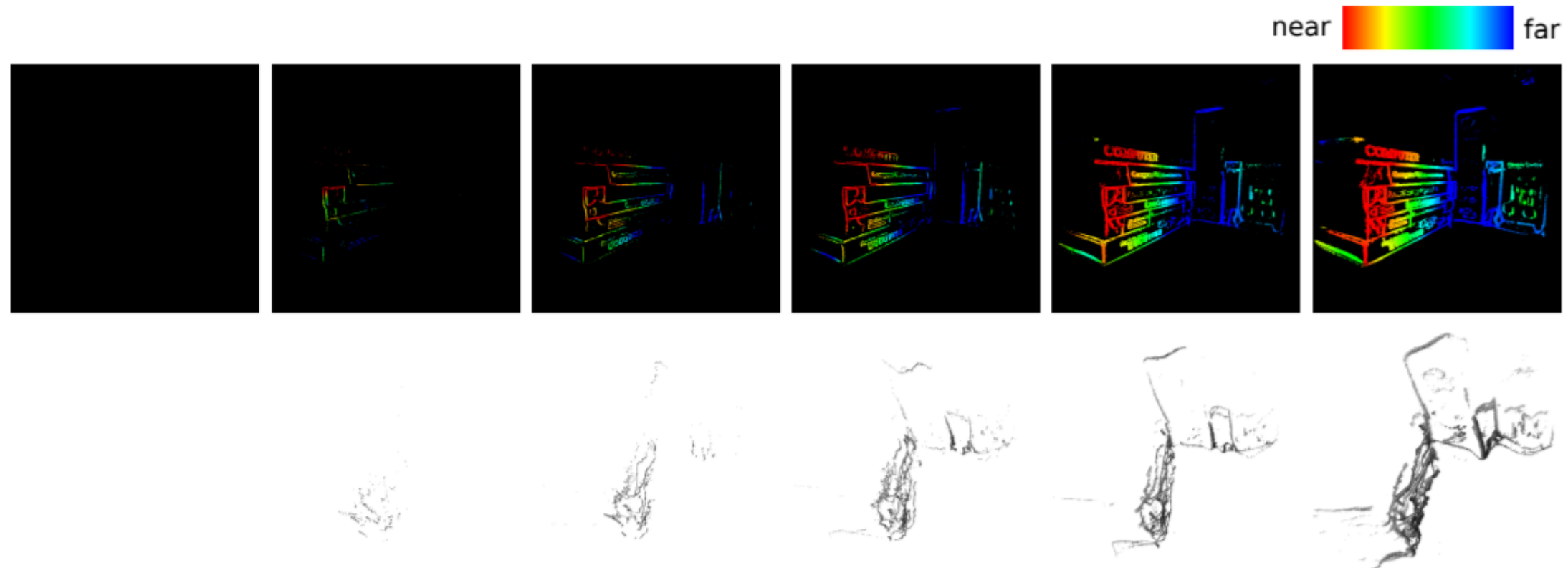
再構成画像



上の行の色と強度は、シーンのグラデーションの方向と強さ（右上のカラーチャートを参照）
下は勾配推定値と再構成された対数強度画像がアップグレードされる様子

What is ~~...??:

再構成画像

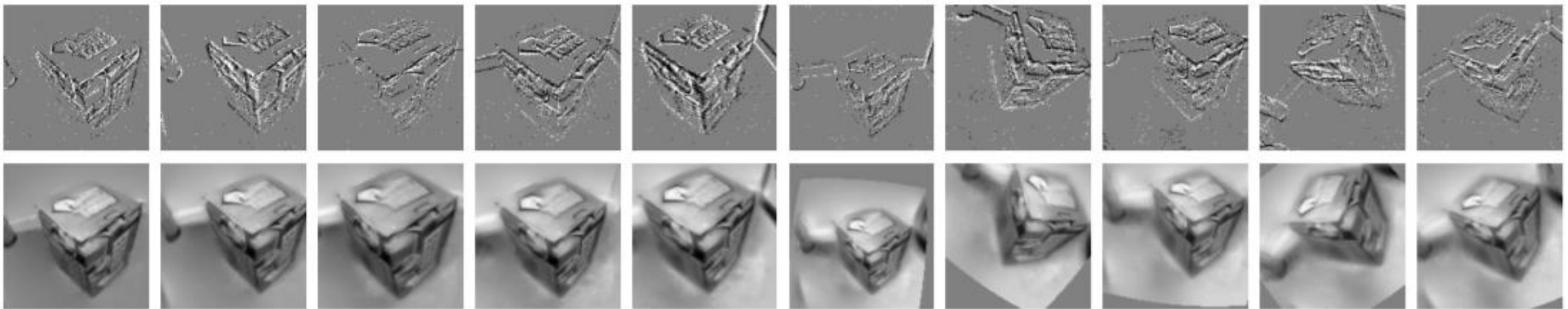


逆深度推定および正則化の典型的な時間的進行
上の行の色は、シーンのさまざまな深度

下の行の関連する半密集した3D点群を参照

What is ~...??:

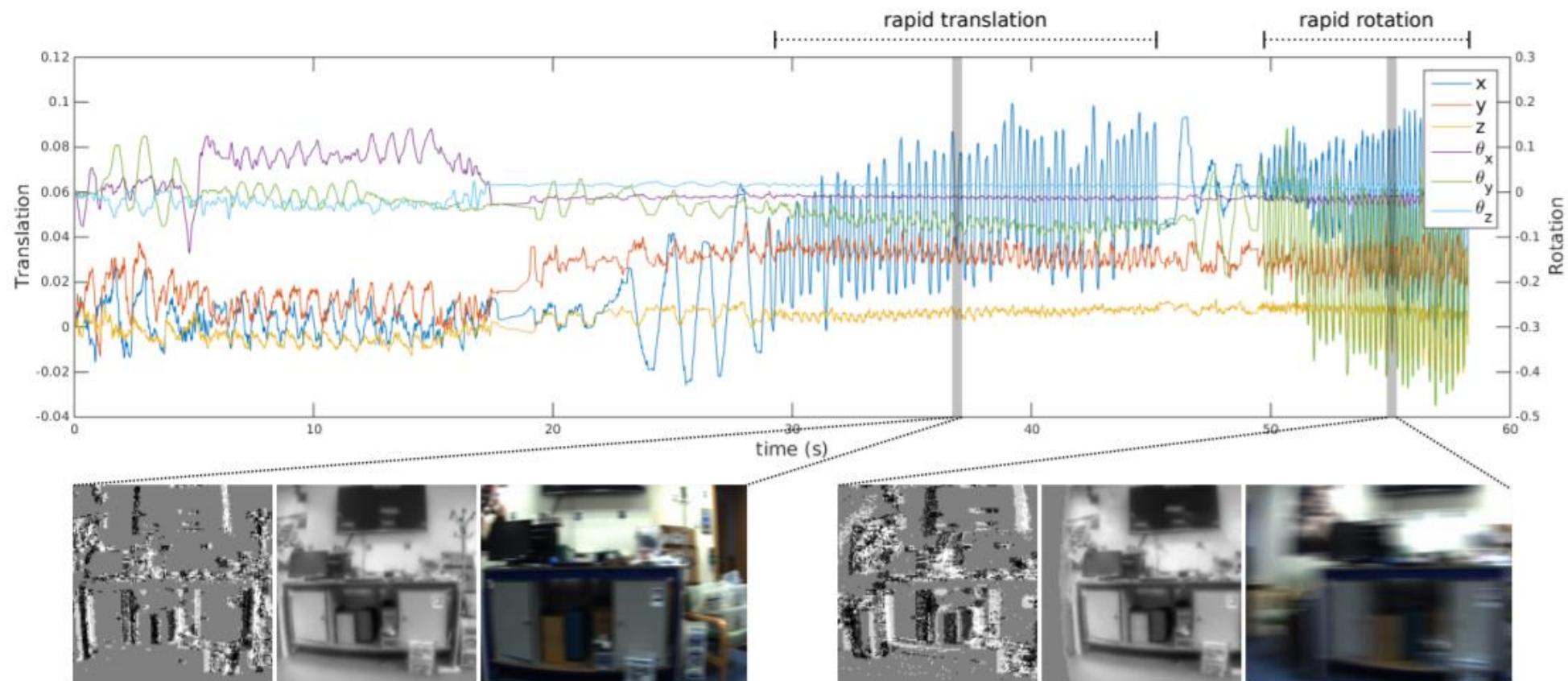
VR応用



現在の再構成をレイキャスティングすることでビデオフレームをレンダリングし、イベントベースのカメラを高速で高ダイナミックレンジの人工カメラに変えることができる

What is ~...??:

キーフレーム履歴と視覚化



グラフは推定されたカメラのポーズ履歴
 下の2つのグループのインセットは画像のような
 イベントの視覚化

Conclusion:

単一の携帯型イベントカメラからリアルタイムの
3D再構成と6-DoFトラッキングを達成
追加のセンシングを行わない条件で
(センサーを使って意味のある情報に変換しないで)

What is this thesis for?

EventBasedCameraを用いた6-DoF トラッキングと
3D再構成を達成した

Where is an important point compared to previous researches?

直前のイベント点のカメラ姿勢,対数輝度勾配,
深度の3つのうち2つが分かっているとき残り
1つを推定できる

Where are the key points of technology and method?

イベントカメラを使用した
同一ピクセルの1つ前のイベント発生の際の
情報を使いカルマンフィルタで推定した

How to verified whether it is valid?

定量的ではなくvisual化することで定性的に
評価している

Is there discussions?

定量的な評価をすること
推定する情報以外の2つが正しい前提で計算され
るので前提が間違っていると機能しない

Which reserches should I read next?

Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces.
In: Proceedings of the International Symposium on Mixed
and Augmented Reality (ISMAR) (2007)