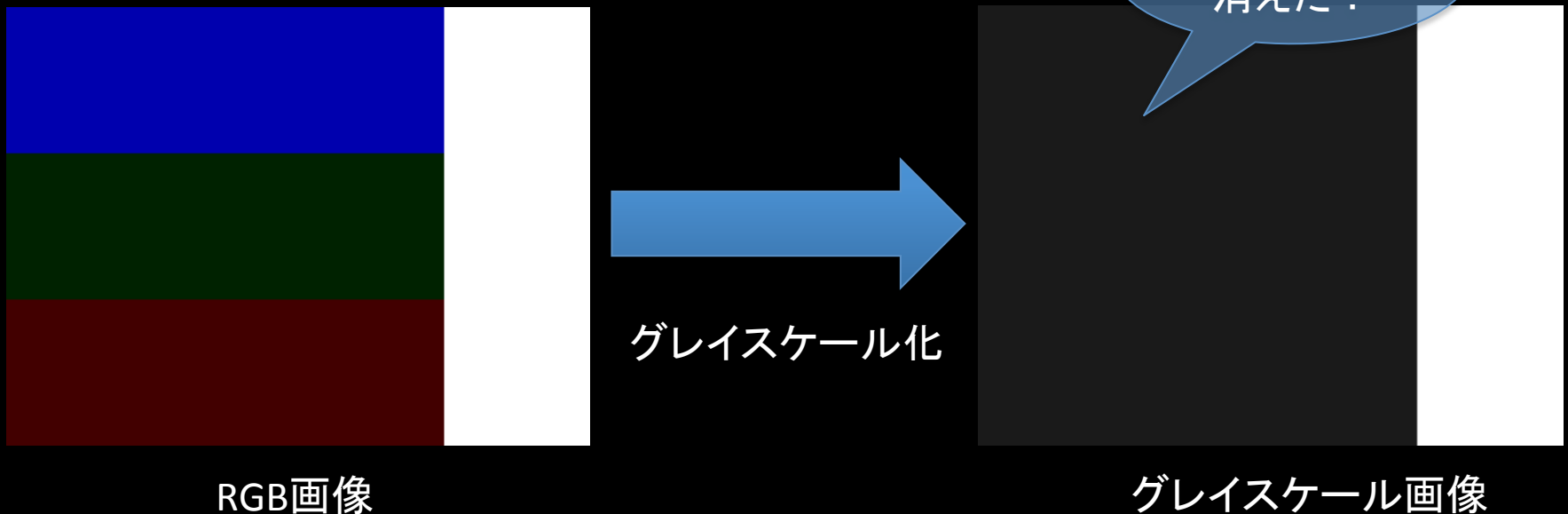


Vector Order Statistics Operators as Color Edge Detectors

カラー画像からのエッジ検出

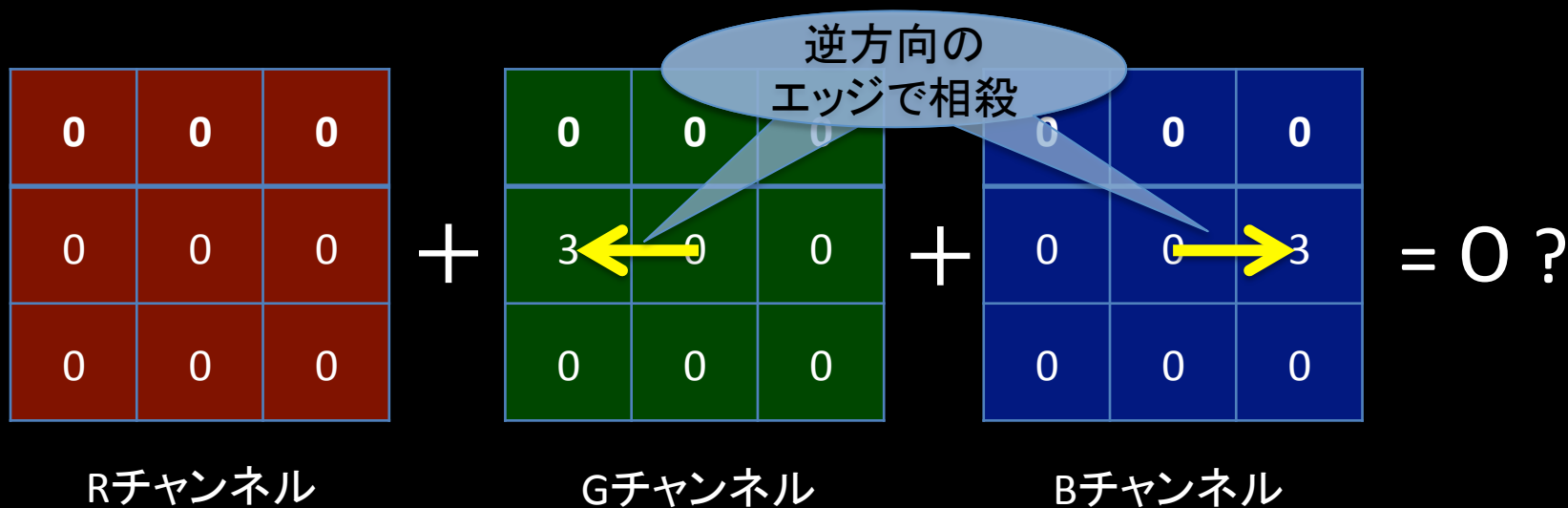
カラー画像でのエッジ検出

- エッジ検出といえば、グレースケール画像というイメージが。
- しかし、カラー画像からエッジ検出も必要なのでは？



初期のカラーエッジ検出

- 初期のカラーエッジ検出は、各チャンネルに対して、グレイスケールのエッジ検出を適応し、それらを足し合わせるだけ。



カラーエッジ検出の既存研究

- 既存研究としてあるのは、カラー画像(R, G, Bの3値)をベクトル空間として扱うもの。
- vector gradientsや2次微分オペレーターを利用するものがある。

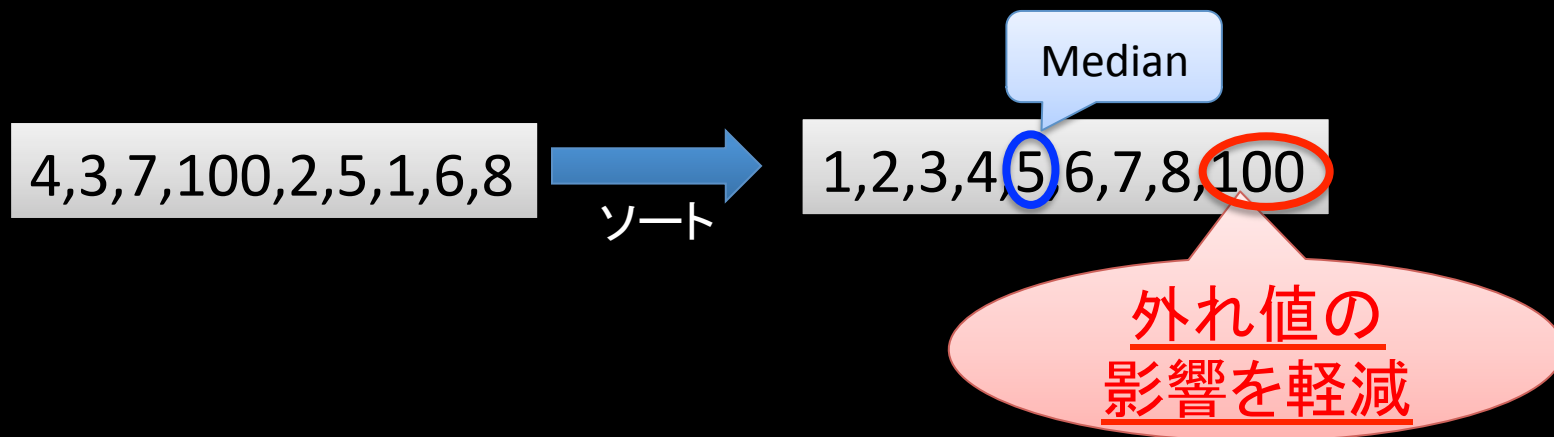
* 既存研究の詳細は、今回は割愛。

アルゴリズムの概要

- カラー画像をベクトルとして扱い、Vector Order Statisticsを用いてエッジ検出を実現。
- ノイズ(外れ値)に強く、カラー情報を用いてエッジ検出できる(P2のような画像でもエッジ検出可能)。

Vector Order Statistics 1/3

- Order Statistics (順序統計量) とは、スカラー値を順番に並べて取得できるような統計量。
例: Median(中央値)、四分位数など



Vector Order Statisticsはスカラー値ではなく
Vector(ベクトル)を扱う

Vector Order Statistics 2/3

- ベクトルでソートする方法は？
⇒他ベクトルとのユークリッド距離の総和を
距離dとする。

$$d_i = \sum_{k=1}^n \|X^i - X^k\|, i = 1, 2, \dots, n$$

$$V_1 = (x_1, y_1), V_2 = (x_2, y_2)$$

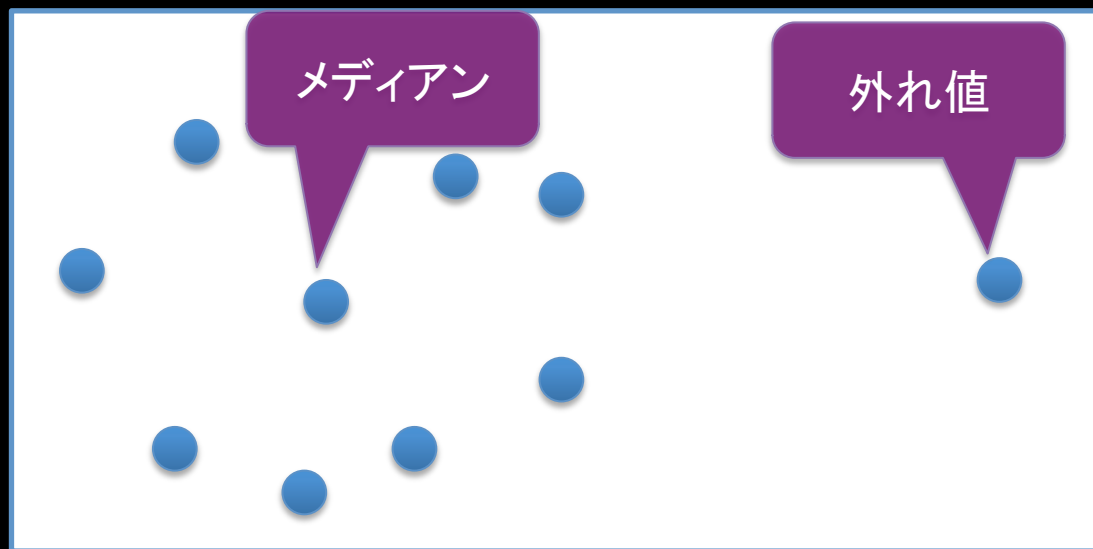
$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^* (x_1 - x_2) + (y_1 - y_2)^* (y_1 - y_2)}$$

例： $x_1=(5, 4)$, $x_2=(4, 5)$, $x_3=(4, 7)$, $x_4=(4, 2)$, $x_5=(3, 4)$
 x_1 の距離 d_1 は？

$$d_1 = \sqrt{(5-4)^*(5-4) + (4-5)^*(4-5)} + \sqrt{(5-4)^*(5-4) + (4-7)^*(4-7)} + \dots$$

Vector Order Statistics 3/3

- ソートすると、 x^1 がメディアン(中央値)となり、外れ値が x^n となる傾向がある。
他ベクトルとの距離が近い \Rightarrow メディアン
他ベクトルとの距離が遠い \Rightarrow 外れ値



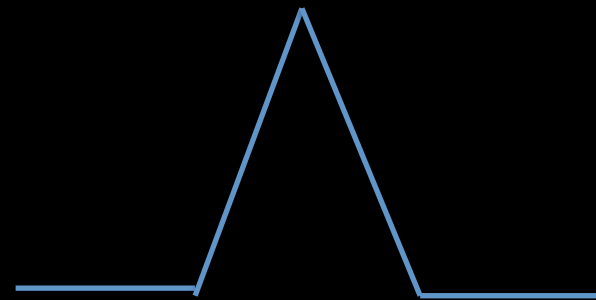
$$d_i = \sum_{k=1}^n \|X^i - X^k\|, i = 1, 2, \dots, n$$

捉えたいエッジ

- 本論文のアルゴリズムが特に捉えたいエッジは下記2種類。



Step Edge



Ramp Edge

Vector Order Statistics の種類

- VR(Vector Range)
- MVR(Minimum Vector Range)
- VD(Vector Dispersion)
- MVD(Minimum Vector Dispersion)

本論文で採用しているのは、MVD

VR(Vector Range)

- VRはベクトルの範囲を示す。
勾配が大きければ、VRも大きくなる。
- しかし、 X^n を利用しているため、ノイズの影響を受けやすい。

$$VR = \|X^n - X^1\|$$

MVR(Minimum Vector Range)

- ノイズの影響を避けるために、VRを拡張したもの。
- パラメータkは経験的にフィルタサイズが3x3では $k \leq 3$, 5x5では $k \leq 10$ とすると良い。
- しかし、VRではRamp Edgeを正確に捉えることが出来ない。

$$MVR = \min\{\|X^{n-j+1} - X^1\|\}, j = 1, 2, \dots, k, k < n$$

VD(Vector Dispersion)

- VRでは頂点と隣接ピクセルの値が同一となるため、正確にRamp Edgeを捉えられない。
- そこでVDは低ランクのベクトル群を引くことで頂点と隣接ピクセルの値に差をつける。
(差があれば、しきい値処理できる。)

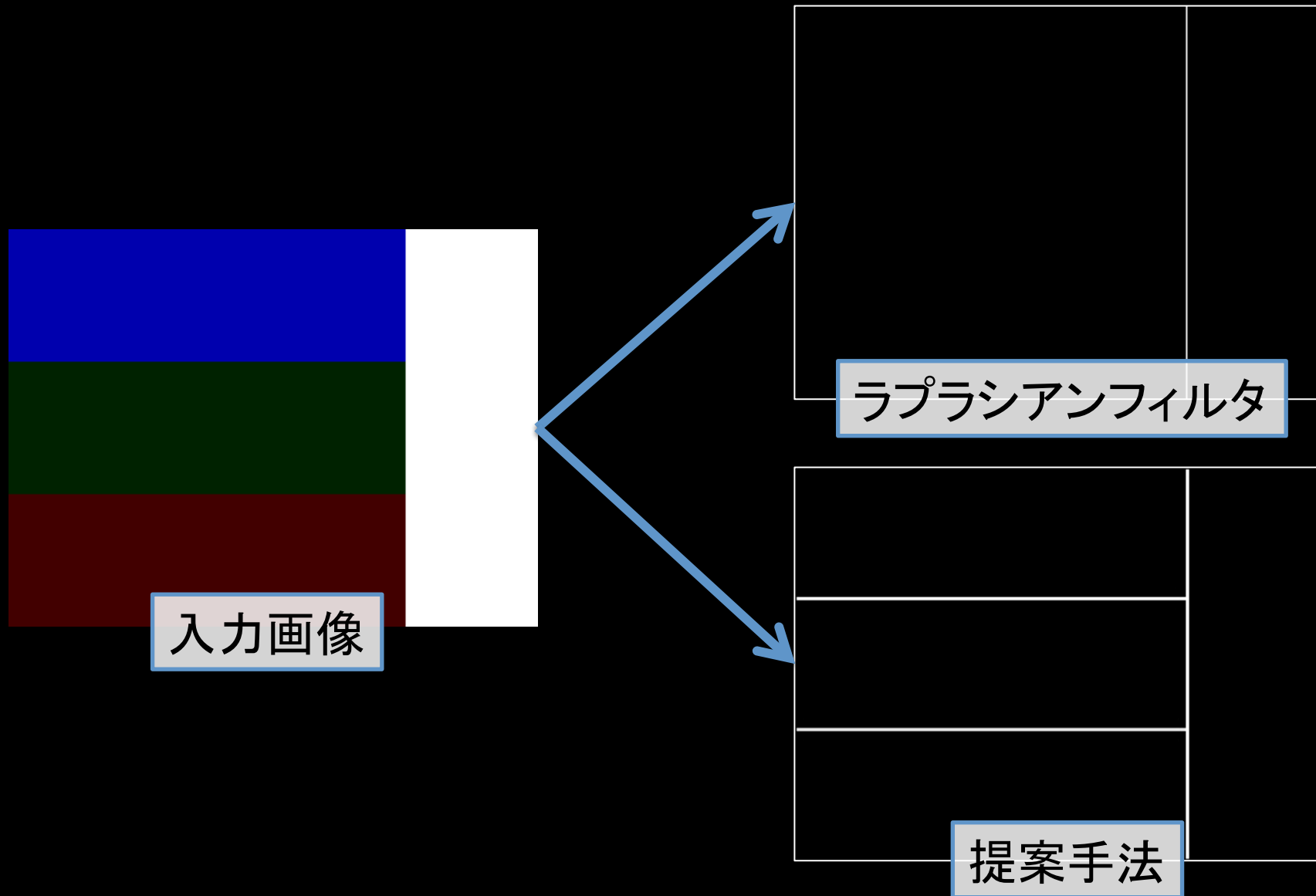
$$VD = \left\| X^n - \sum_{i=1}^l \frac{X^i}{l} \right\|, l < n$$

MVD(Minimum Vector Dispersion)

- VDもノイズに弱いため、MVRと同様に高ランクのベクトルを除く処理が必要。
- MVDはノイズに強く、Ramp Edgeも正確に捉えることが出来る。

$$MVD = \min_j \left\{ \left\| X^{(n-j+1)} - \sum_{i=1}^l \frac{X^i}{l} \right\| \right\}, j = 1, 2, \dots, k, \quad k, l < n$$

実験結果 1/2



実験結果 2/2



入力画像



ラプラシアンフィルタ



提案手法
(しきい値処理あり)



提案手法
(しきい値処理なし)

結果・考察

- 提案手法は、グレースケールのエッジ検出で検出出来ないようなエッジが検出出来る。
- しきい値処理がないと、実画像ではノイズも拾う可能性がある。
- 順序統計量がHW実装し難い気もするので、実利用には工夫が必要？