

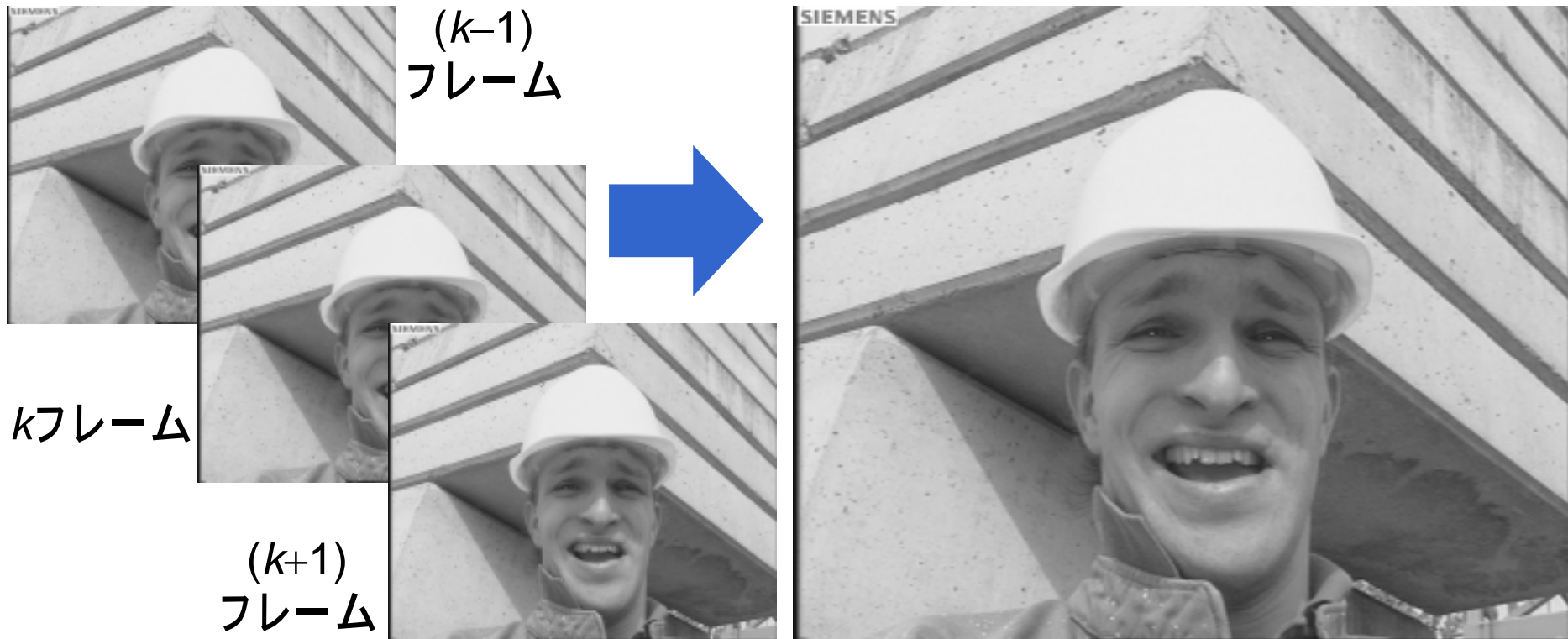
オーバーラップブロックマッチングを用いた超解像の性能改善と計算コストの削減

長野県工業技術総合センター
信州大学工学部

武久 泰夫
田中 清

超解像とは

僅かに異なる複数枚の低解像度画像に含まれる有益な
情報を活用し、一枚の高精細画像を生成する画像処理



低解像度の画像系列

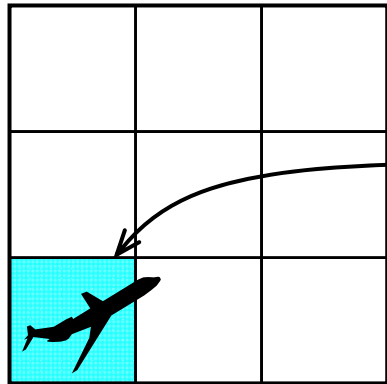
第kフレームの高精細画像

超解像に関する最近の動向

- 2006年10月 株式会社日立製作所中央研究所
地上デジタル放送をより高精細な映像に変換する超解像技術の原理検証に成功
- 2006年11月 日本電気株式会社
携帯電話などのデジタルカメラ画像を飛躍的に高画質化する技術の提供
- 2008年5月 株式会社東芝
標準画質以下のデジタルコンテンツも端末側でかんたんに高画質に変換
超解像機能搭載TV/PC/DVDプレーヤー

動画画像系列を対象にした超解像 [Schultz et al.]

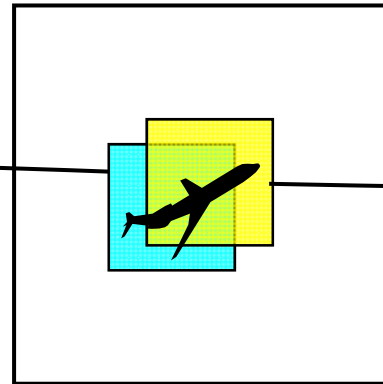
近似画像 $F^{(k-1,k)} z^{(k)}$



動き推定

$F^{(k-1,k)}$

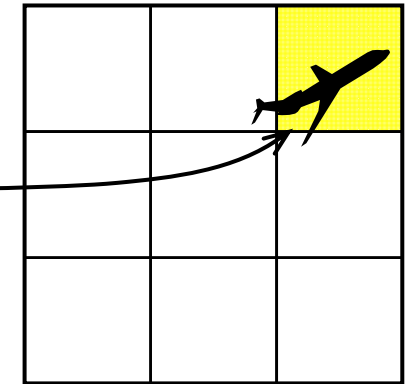
拡大対象画像 $z^{(k)}$



貼り付け

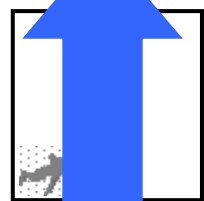
$F^{(k+1,k)}$

近似画像 $F^{(k+1,k)} z^{(k)}$



ダウンサンプリング

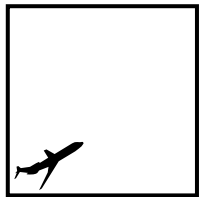
$DF^{(k-1,k)} z^{(k)}$



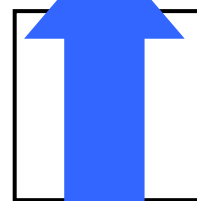
フレーム内補間

二乗絶対誤差和
 $SSD^{(k-1)}$ の計算

観測画像 $y^{(k-1)}$



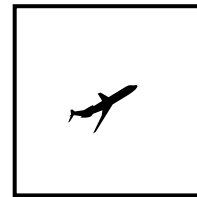
$DF^{(k)} z^{(k)}$



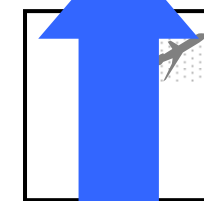
フレーム内補間

制約条件
 $Dz^{(k)} = y^{(k)}$

$y^{(k)}$

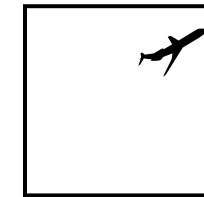


$DF^{(k+1,k)} z^{(k)}$



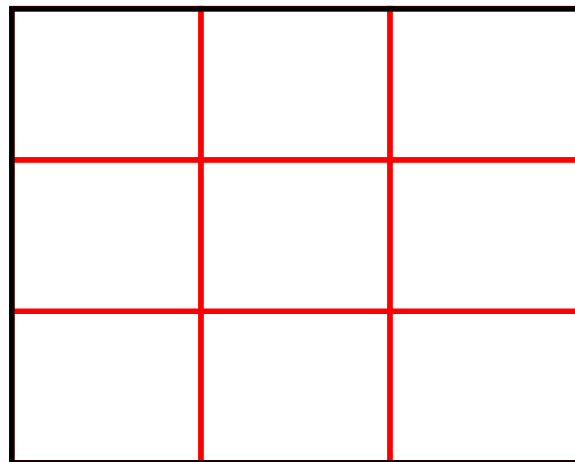
$SSD^{(k+1)}$

$y^{(k+1)}$



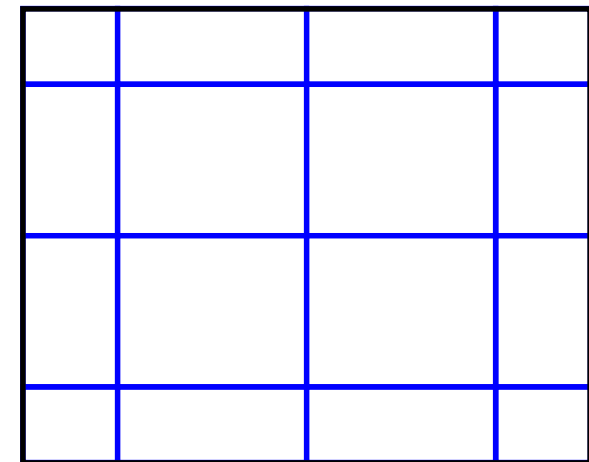
OBMを用いた仮想的なDME

OBM (Overlapped Block Matching) DME (Dense Motion Estimation)



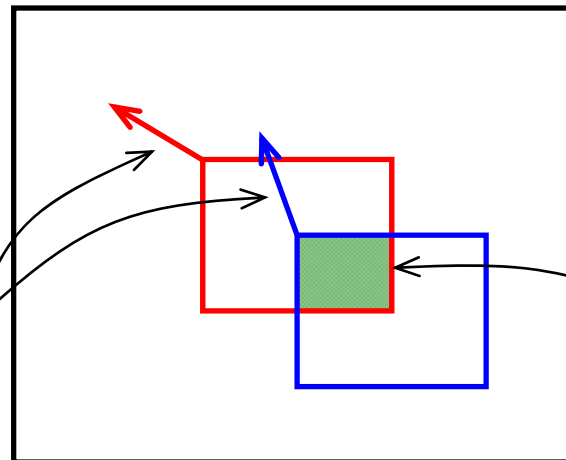
基本ブロック分割

オーバーラップ



シフトブロック分割

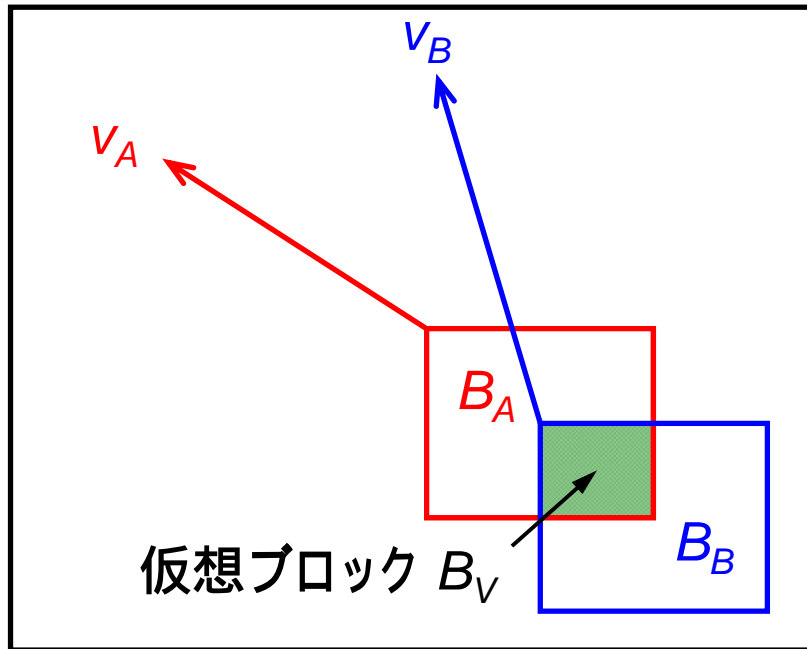
動きベクトル



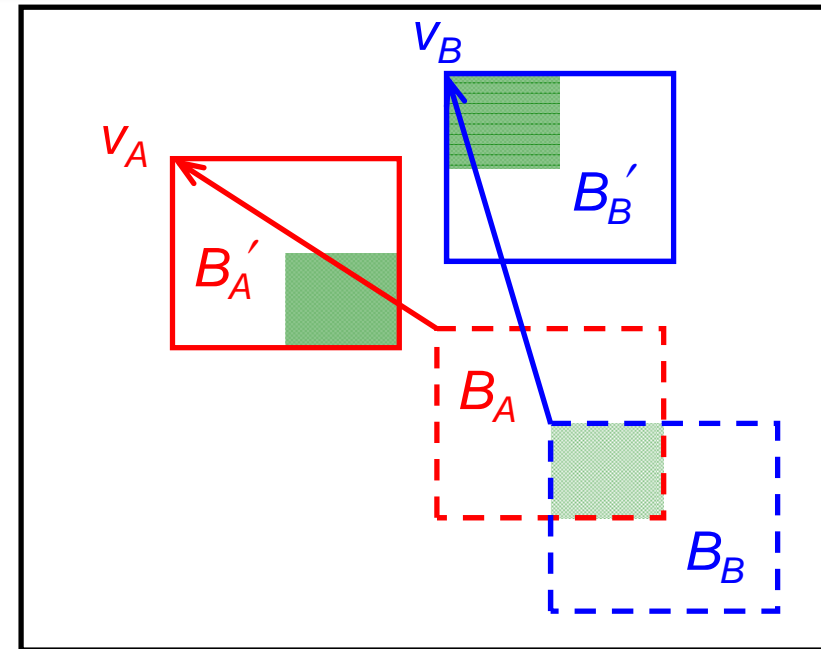
オーバーラップ領域
⇒ 仮想ブロック

仮想ブロックは { 分割ブロックの縦横半分の大きさ
2本の動きベクトルを保有

OBMによる効果的な情報抽出



参照フレーム



拡大対象フレーム

$V_A \neq V_B$ なら仮想ブロック B_V は、 B'_A と B'_B から参照される。

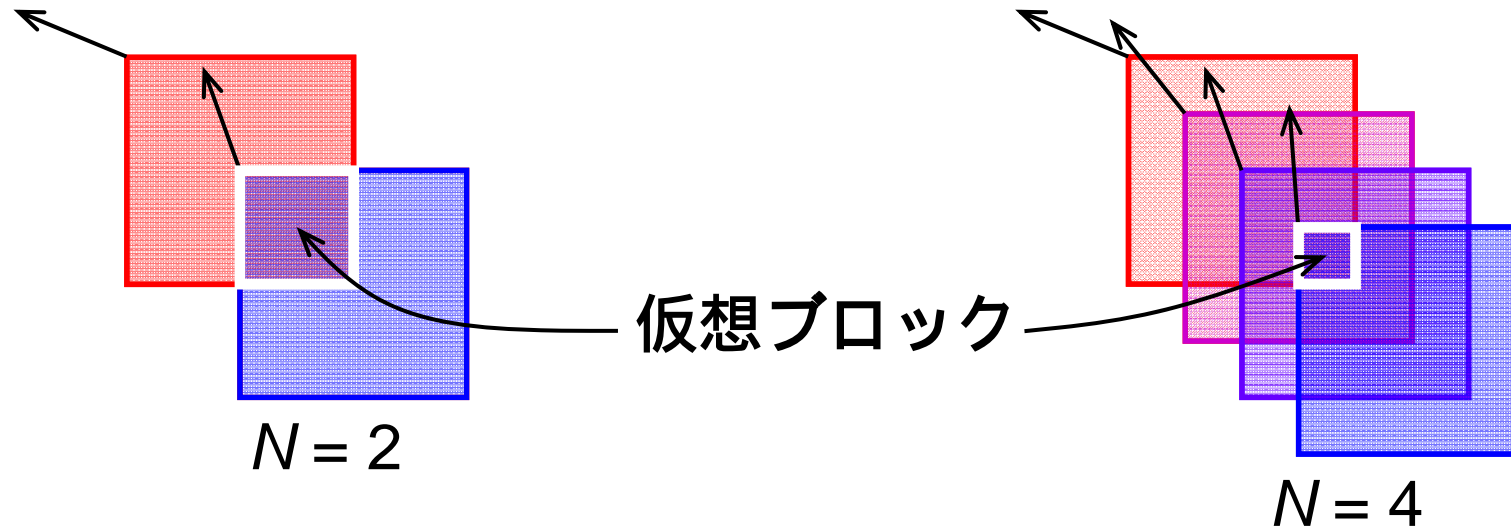
⇒ B_V は異なる領域に2回情報を提供

⇒ 仮想ブロック2つ分の役割

⇒ 見かけ上の仮想ブロック数は2個

オーバーラップの多重化による効果

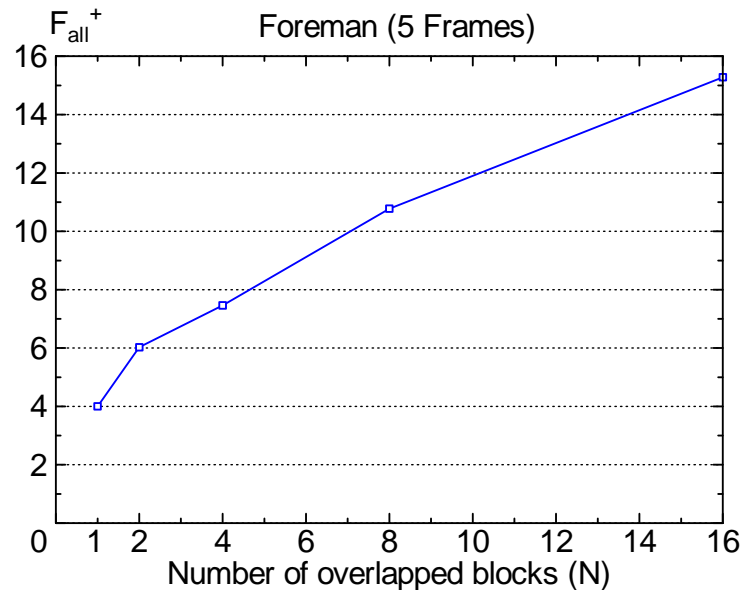
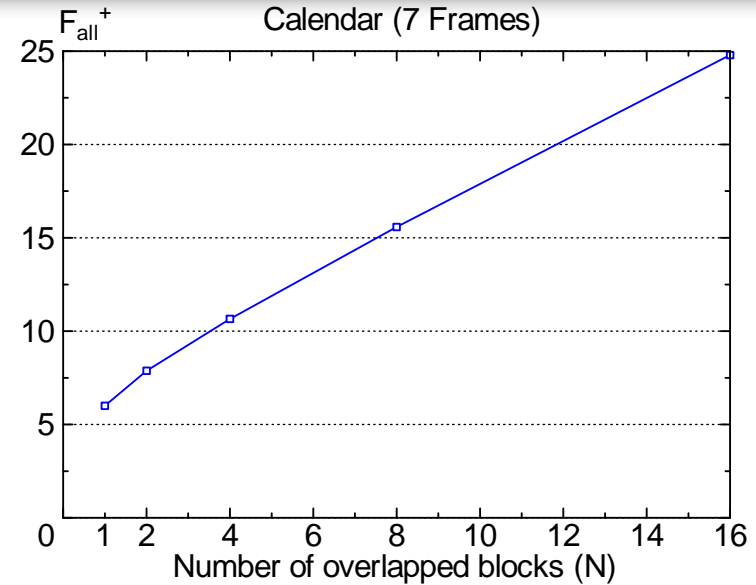
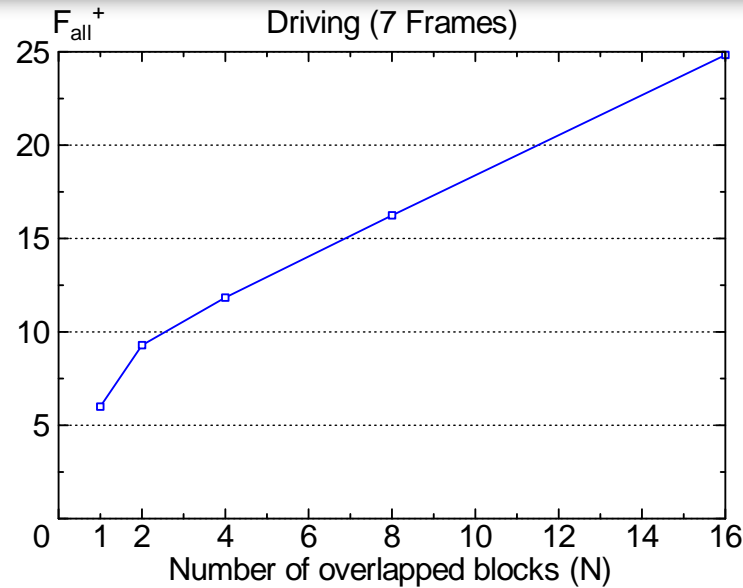
- (i) 仮想ブロックサイズの小型化
- (ii) 複数本の動きベクトルの割り当て



OBM : $d \times d = 16 \times 16$

重複ブロック数 N	2	4	8	16
仮想ブロックサイズ $m \times m$	8×8	4×4	2×2	1×1

見かけ上の参照フレーム数の増加



重複ブロック数 N 増加

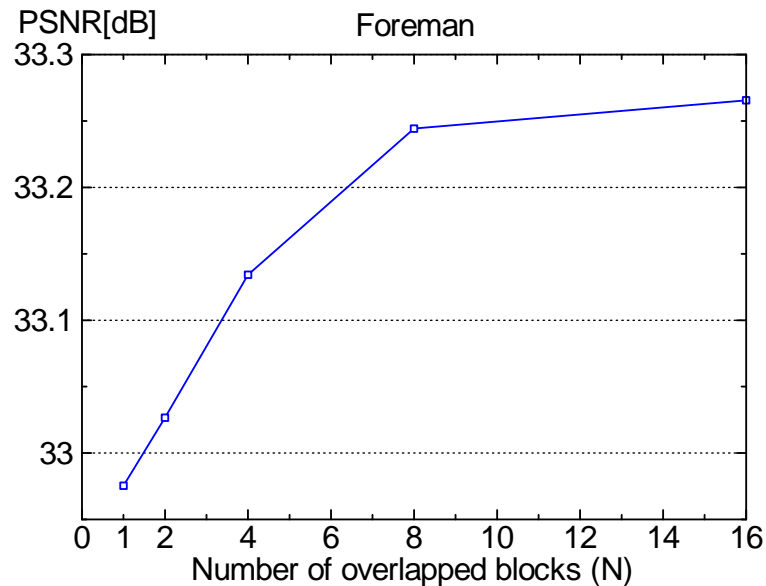
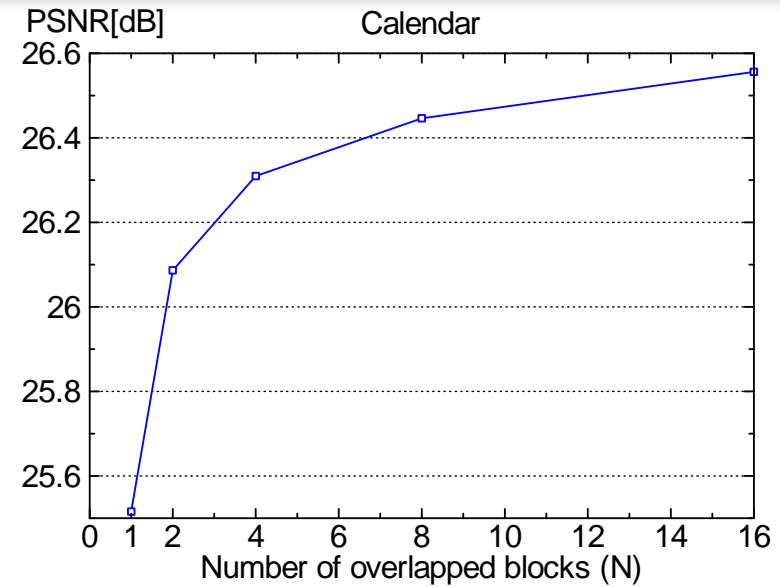
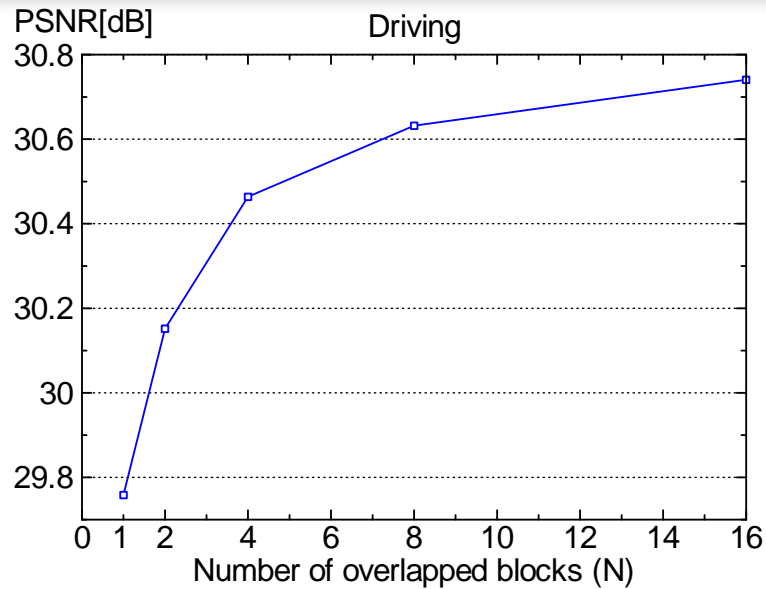


見かけ上の仮想ブロック数増大



見かけ上の参照フレーム数増大

OBMによる再構成画像の画質向上



重複ブロック数 N (横軸)増加



再構成画像のPSNR(縦軸)向上

フレーム内補間による拡大画像



観測画像
(最近隣法) 21.70[dB]



バイキュービック法
22.62[dB]

補間に有効な情報が不足

⇒ 細部やテクスチャの再現は困難

7フレームを用いた超解像画像



従来法($N=1$)
25.52[dB]

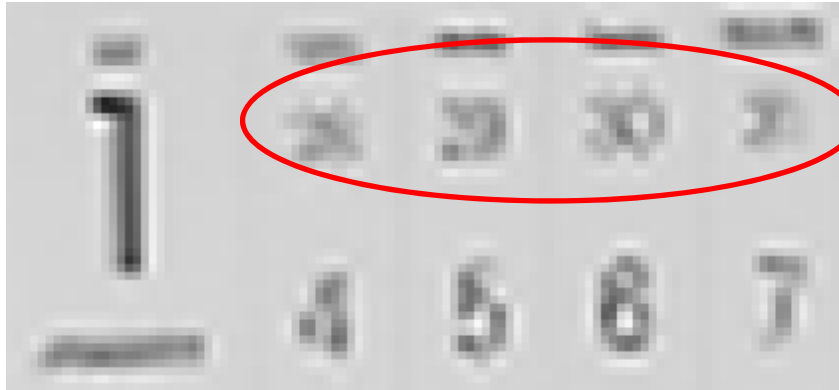
周辺フレームの情報活用
により解像度向上



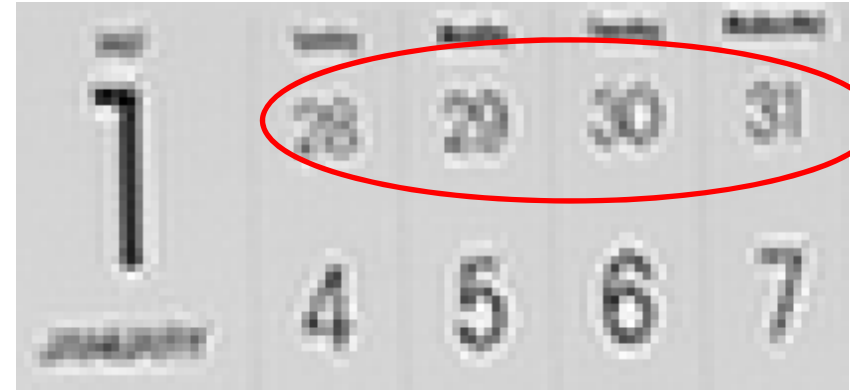
改善法($N=16$)
26.56[dB] (+1.04[dB])

さらに多くの情報を抽出
画像の鮮明さが顕著に向上

バイキュービック法、従来法との比較

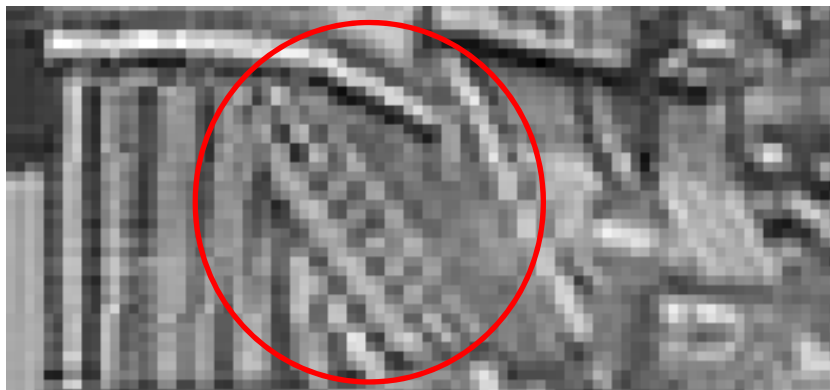


バイキュービック法 22.62[dB]

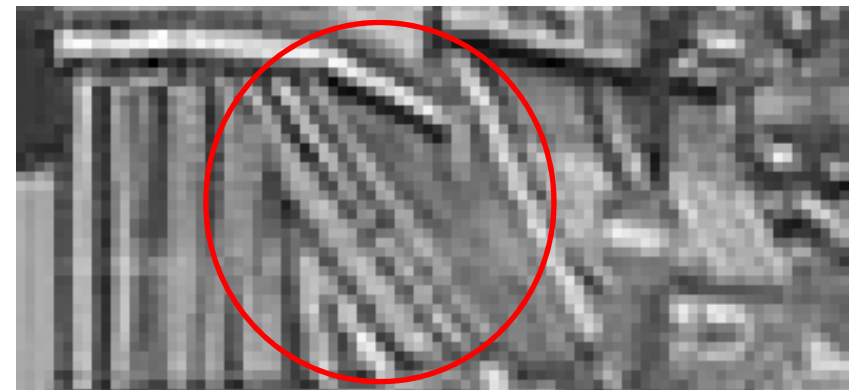


改善法 26.56[dB] (+3.94[dB])

数字の可読性が大幅向上



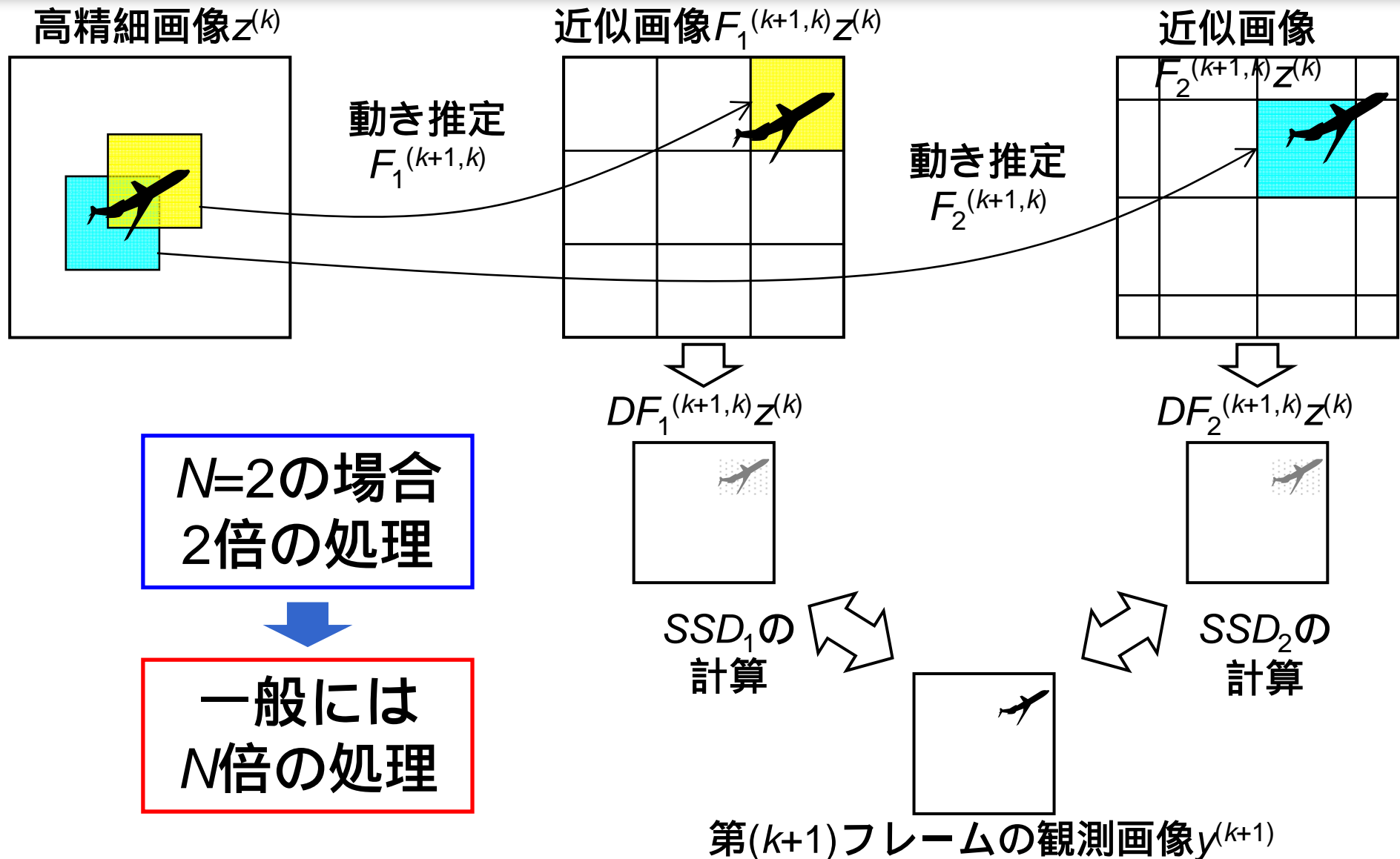
従来法 25.52[dB]



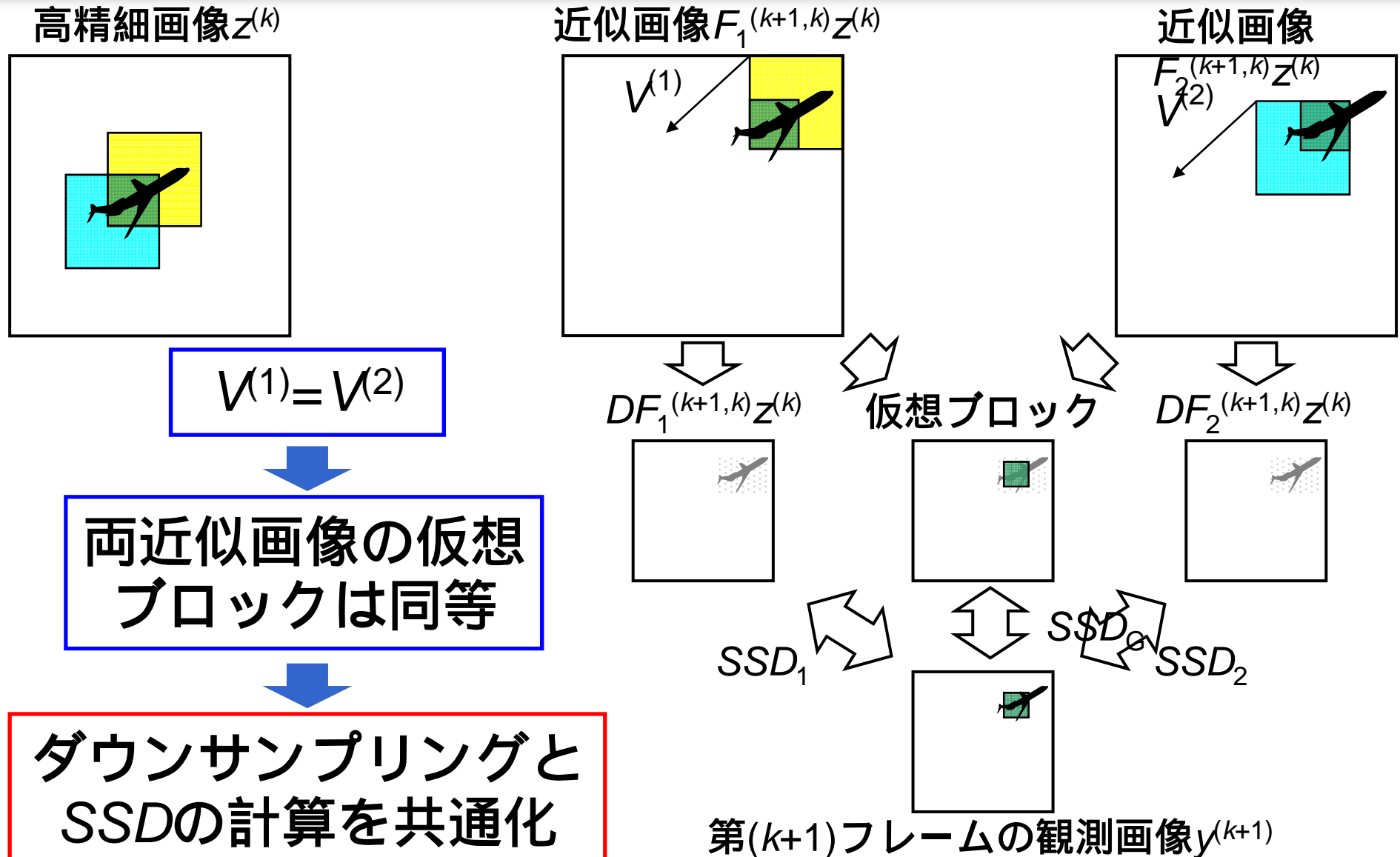
改善法 26.56[dB] (+1.04[dB])

2 × 2 画素クラスタの分解能向上

OBMによる計算コストの増大($N=2$)

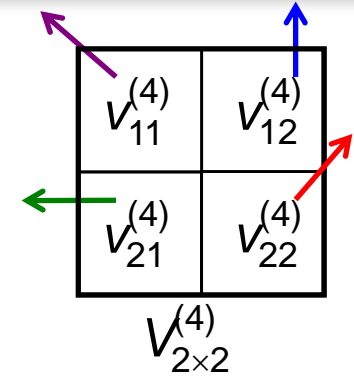
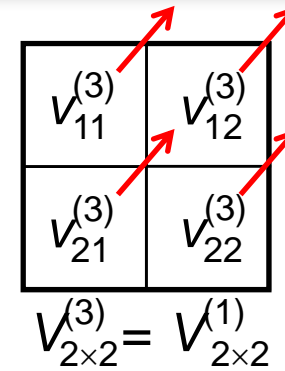
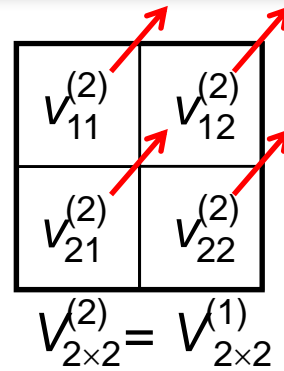
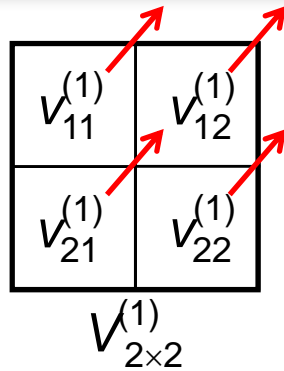


計算コストの削減法(N=2)

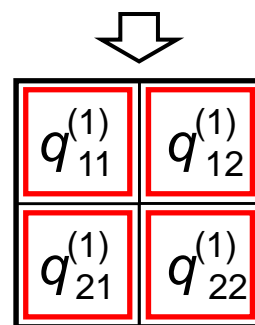


計算コストの削減法(N=4)

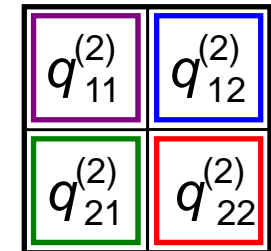
セルの動きベクトルの分布



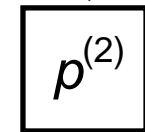
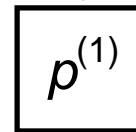
同じ動きベクトルの組を統合



第kフレームの画素で近似したセル

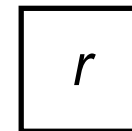


ダウンサンプリング
D



4回の処理を
2回に半減

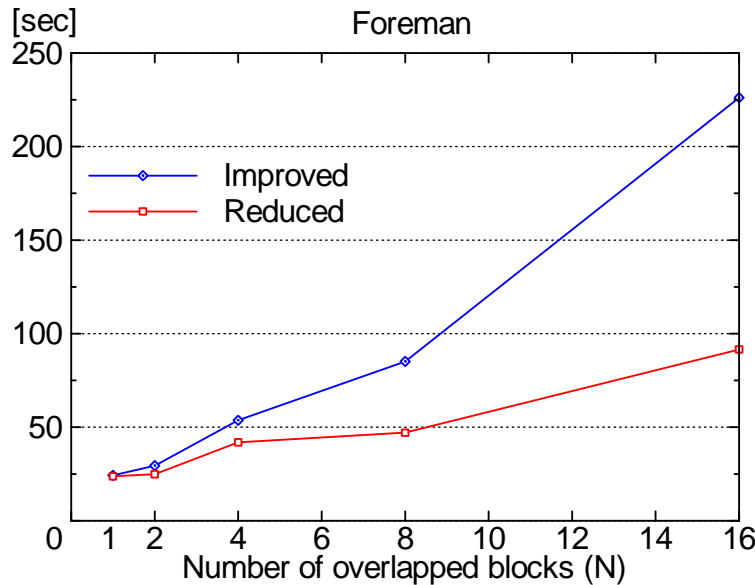
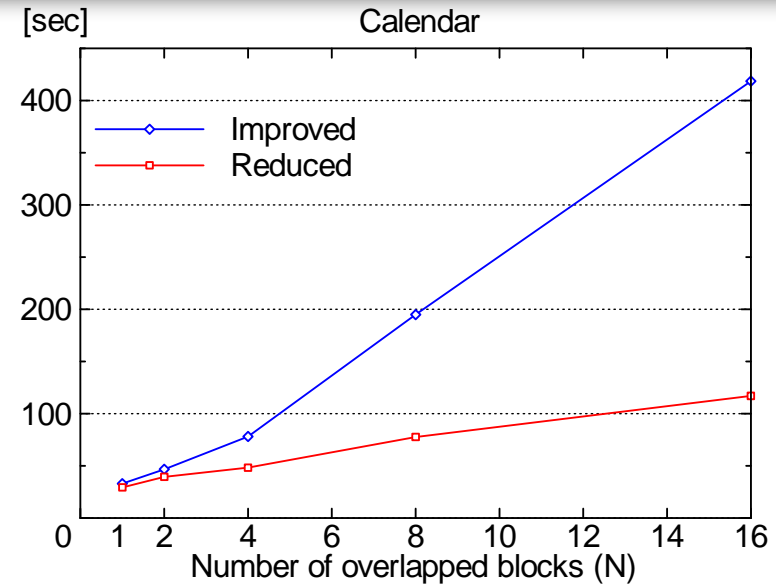
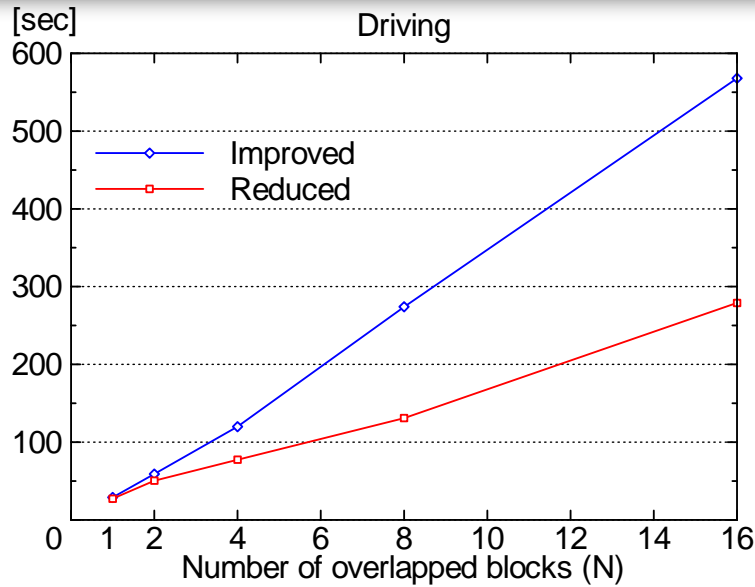
$$\varepsilon^{(1)} = (p^{(1)} - r)^2$$



$$\varepsilon^{(2)} = (p^{(2)} - r)^2$$

観測画像上の画素

改善法と削減法の計算コストの比較



N=16	改善法	削減法	削減率
Driving	567.9秒	279.1秒	49.1%
Calendar	418.6秒	125.3秒	29.9%
Foreman	226.2秒	91.6秒	40.5%

まとめ

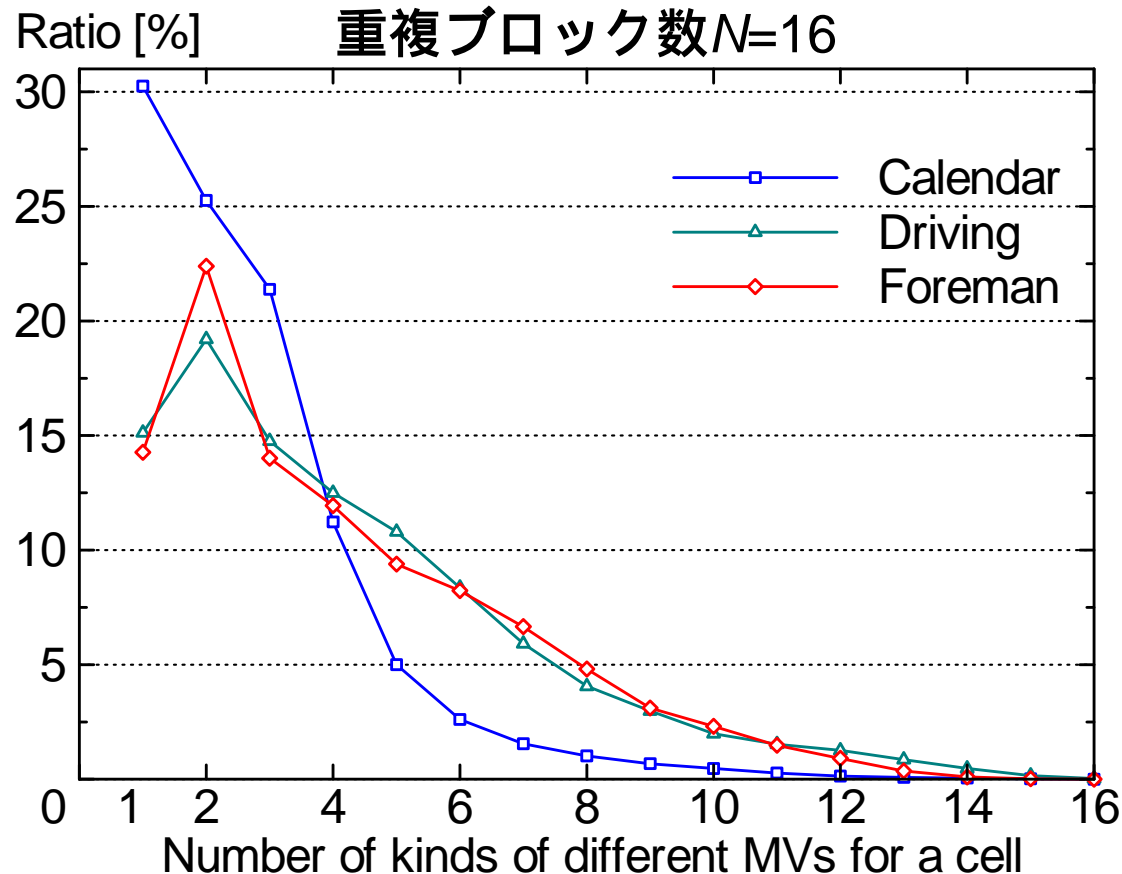
成果

- 1 OBMを用いたDMEにより、超解像の性能を改善
従来法と比べて約1[dB]のPSNR向上と顕著な
画質改善を実現した。
- 2 上記の性能を保持しつつ、計算コストを削減
約70%の計算コスト削減を実現した。

課題

- 1 実際の監視カメラ等で撮影した動画像への応用
- 2 OBMを用いたDMEの超解像以外への応用

セル単位の異なる動きベクトルの分布



セルの異なる動きベクトルの組数は小さな値に集中

⇒ 計算コストの大幅な削減が期待できる。