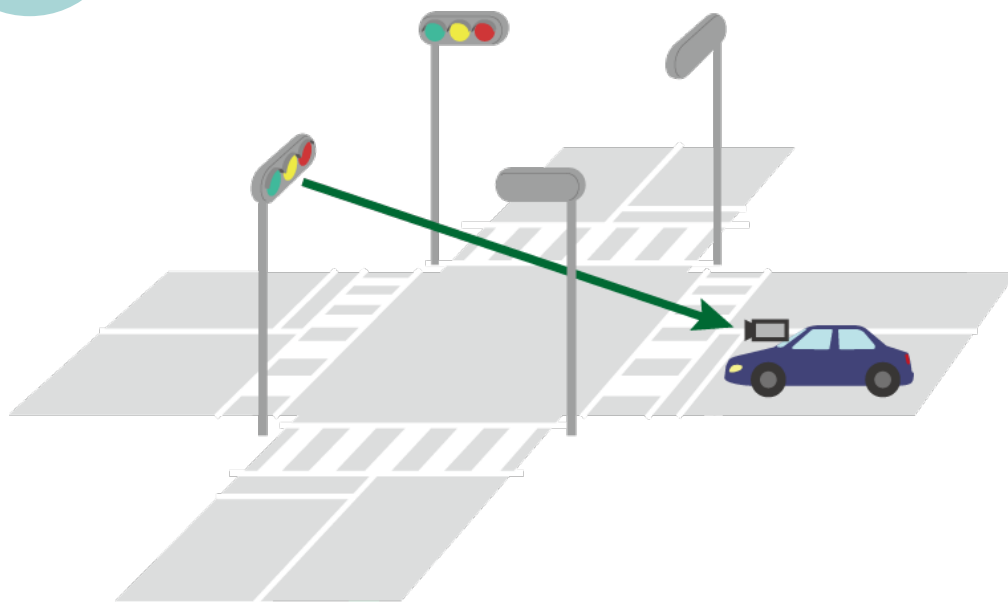


LEDアレイと高速度カメラを用いた 路車間可視光通信のための 重畳符号化の提案

電子情報システム専攻
片山研究室

西本早耶香



路車間可視光通信

◇送信機：LED信号機

- ◆既存の照明・標示機器を利用可能
- ◆高速点滅が可能のため
可視光通信への応用が可能

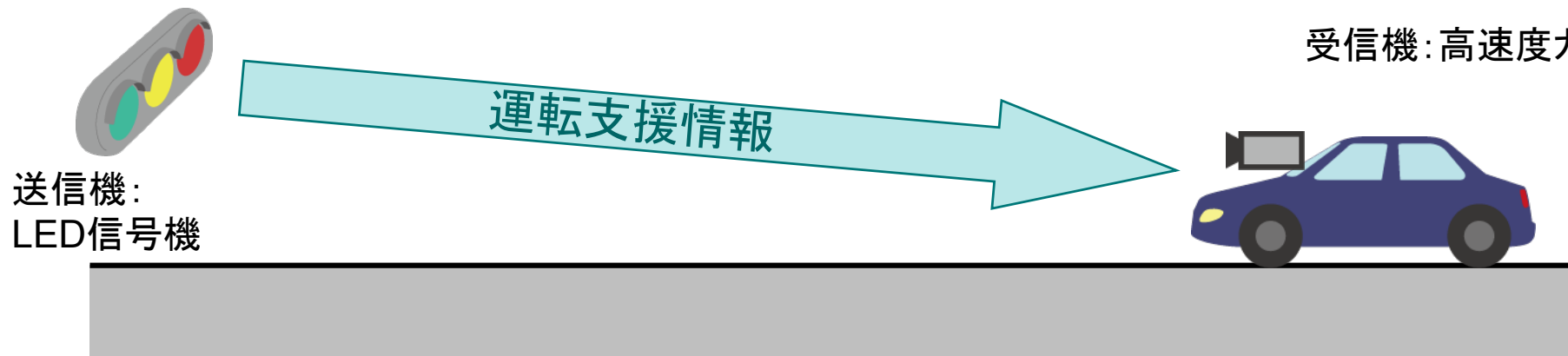


◇受信機：高速度カメラ

- ◆広い視野角
- ◆複数光源からの信号を同時に受信可能
- ◆LEDの数だけ情報を受信可能



受信機：高速度カメラ



送信情報

- 伝送速度が高い
- 信号待ちで受信

- 伝送速度が低い
- 走行中に受信

近距離

映像情報
+
文字情報

遠距離

文字情報



送信機:
LED信号機

近距離用データ

遠距離用データ

受信機: 高速度カメラ



0m

映像情報受信領域

約40m

文字情報受信領域

約100m

従来の符号化方式

2次元高速ハールウェーブレット変換[1]

- 各データの基底が直交
 - 各データ別に復号可能



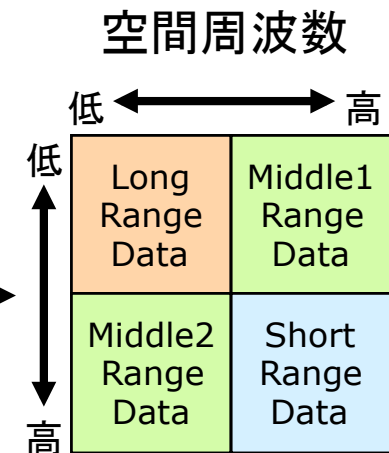
× 設計の自由度が低い

- × LEDの配置が正方形行列型配置に制限される
- × LEDの数が4の累乗に制限される

信号機、テールランプ等のLEDは様々な数や配置をとる

→ LEDの数や配置に制限のない符号化方式が求められる

Original
Data
Matrix



[1] 増田恭一郎, 岡田啓, 山里敬也, 片山正昭, “LED 信号機と車載カメラを用いた可視光空間通信における階層的符号化方式,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J90A, no. 9, pp.696-704, 2007年9月.

目的

路車間可視光通信における 送信機の形状に依存しない 伝送速度向上手法の提案

◇ 重畳符号化の提案

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2011年2月
- 国際会議 IEEE ITSC2011, 2011年10月
- 特許出願 (特願2011-025716)

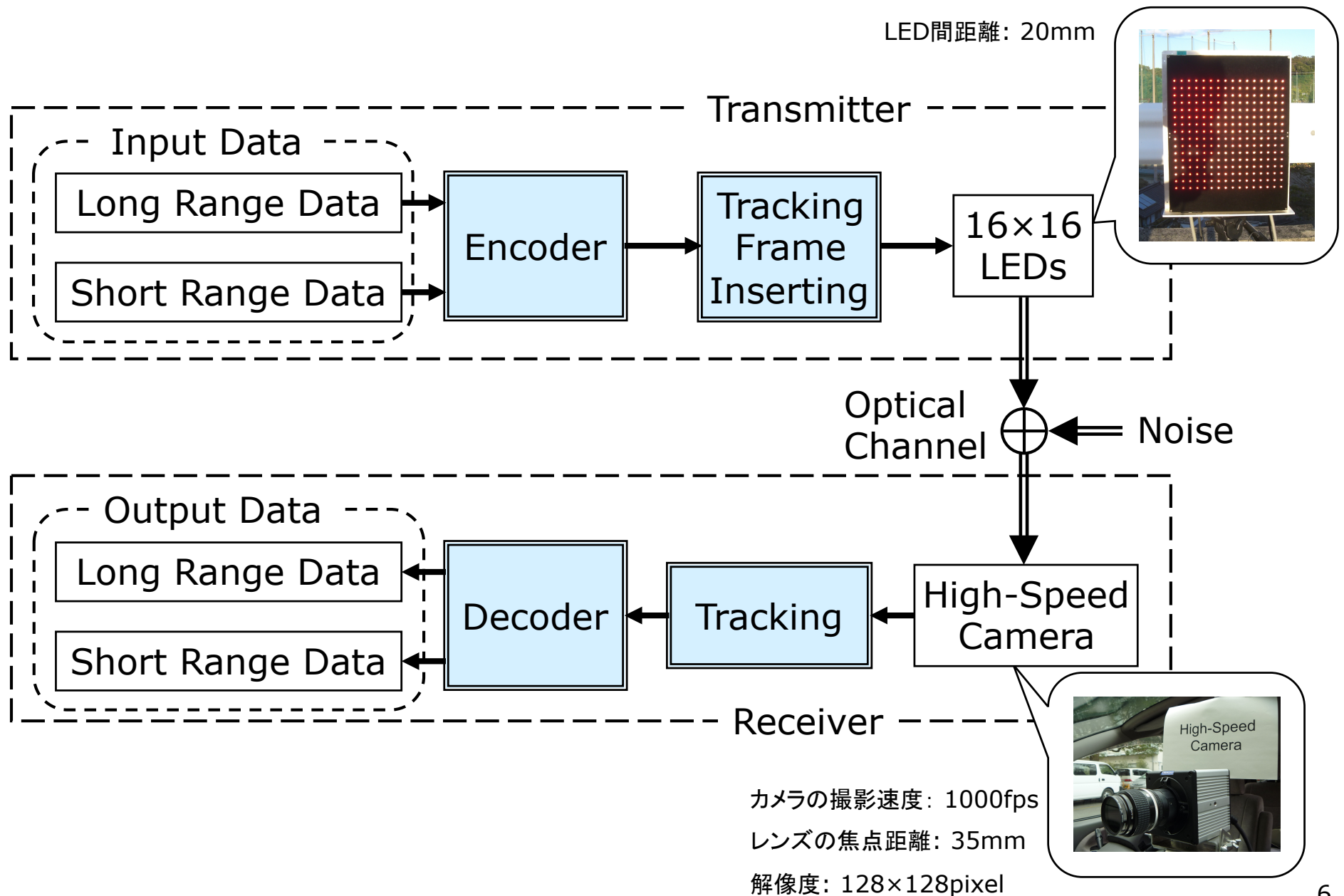
◆ 受信特性の改善

- 電子情報通信学会和文論文誌, 2013年2月

◆ 伝送速度の向上

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2012年7月
- 国際会議 IEEE OWC'12, 2012年12月

システムモデル



目的

路車間可視光通信における 送信機の形状に依存しない 伝送速度向上手法の提案

◇ 重畳符号化の提案

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2011年2月
- 国際会議 IEEE ITSC2011, 2011年10月
- 特許出願 (特願2011-025716)

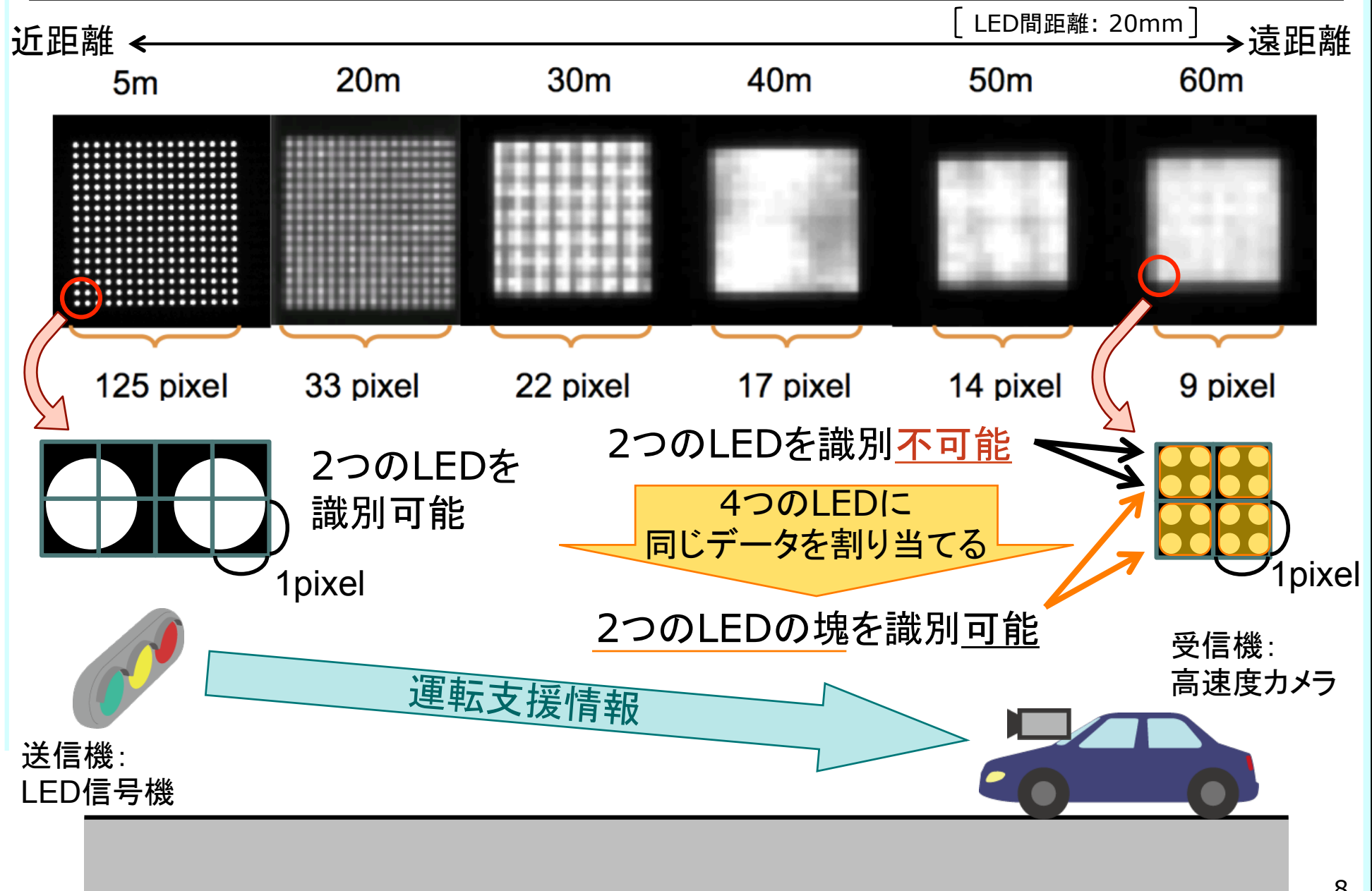
◆ 受信特性の改善

- 電子情報通信学会和文論文誌, 2013年2月

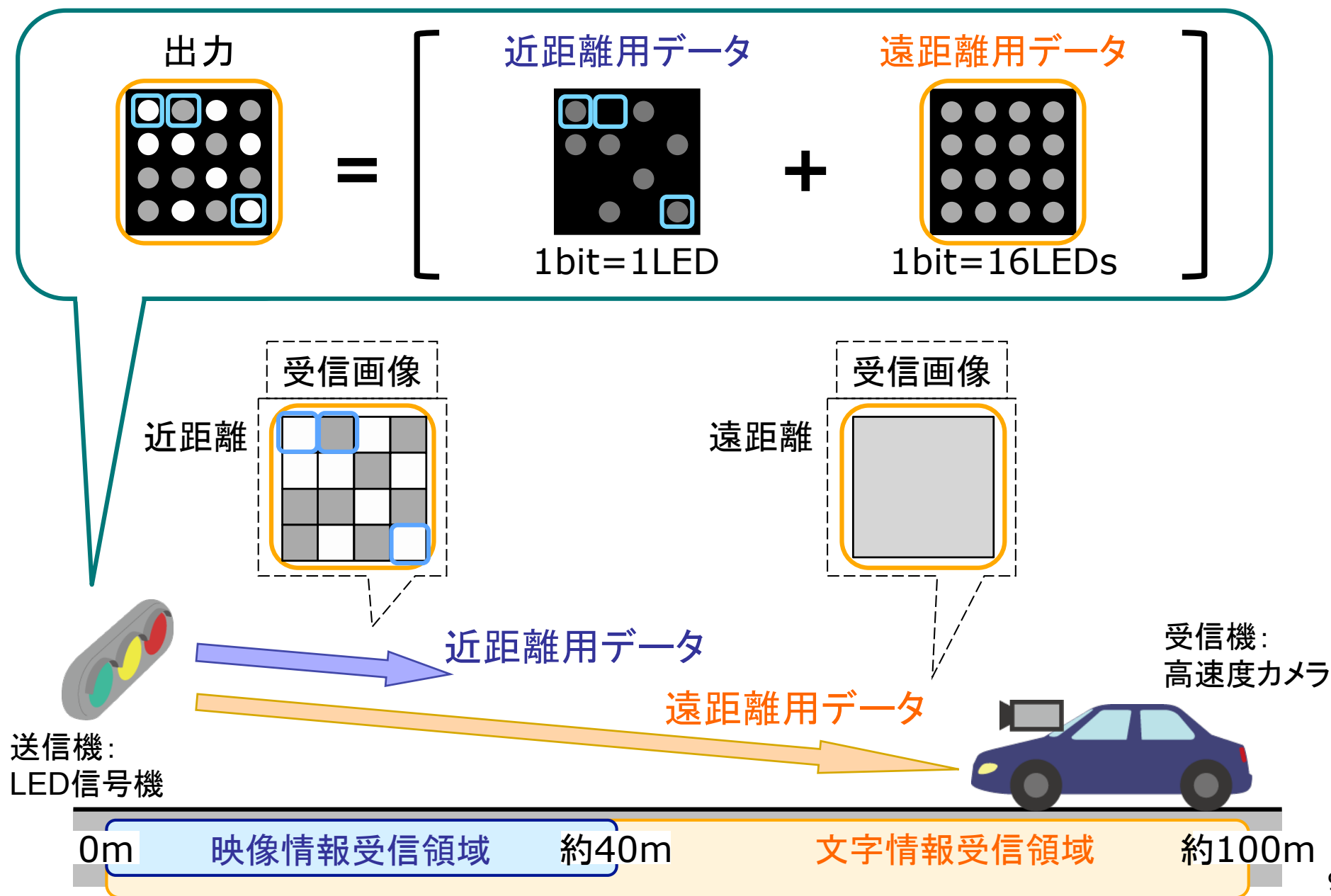
◆ 伝送速度の向上

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2012年7月
- 国際会議 IEEE OWC'12, 2012年12月

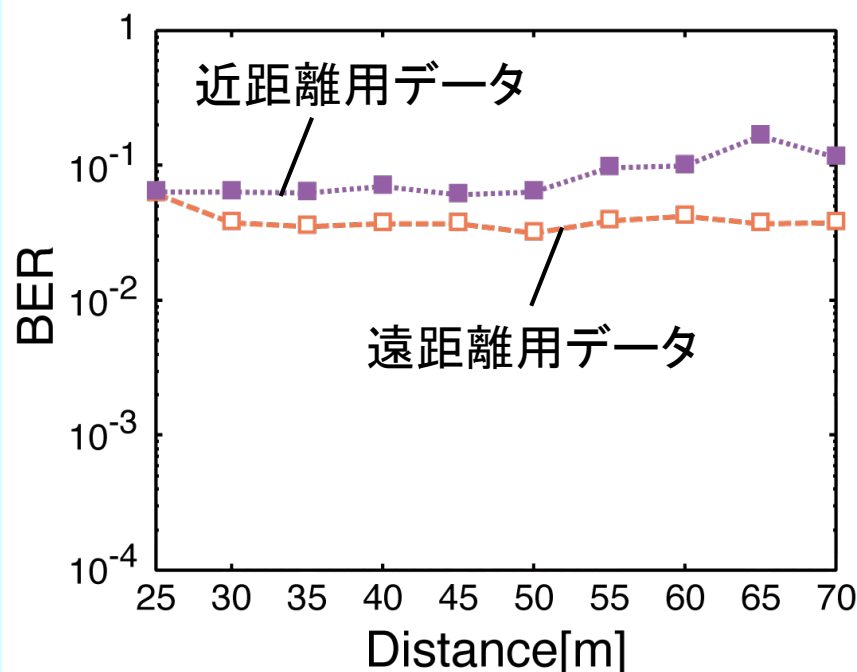
通信距離に依存した受信画像の劣化



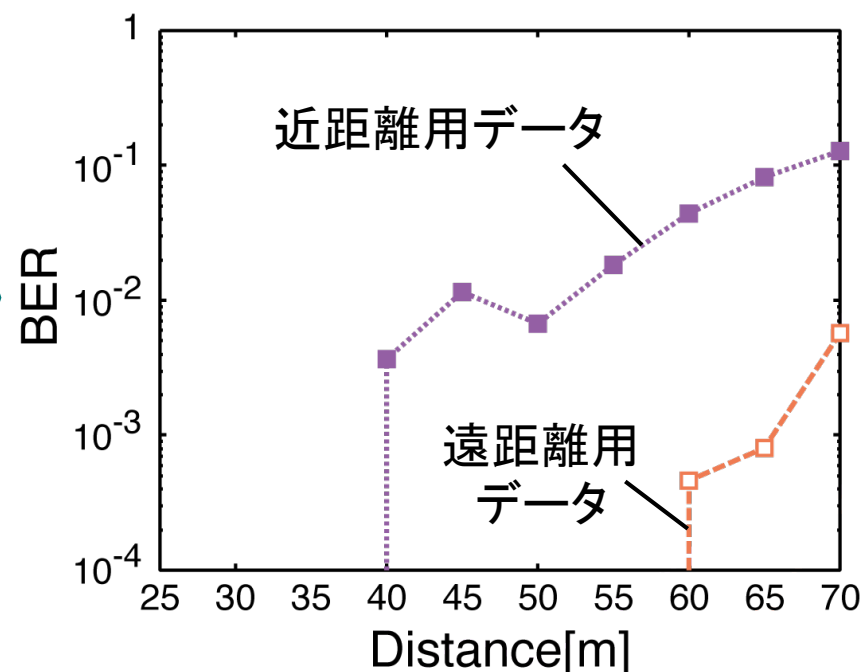
重畳符号化



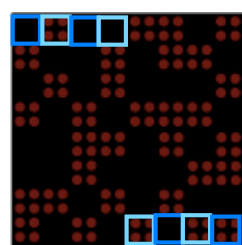
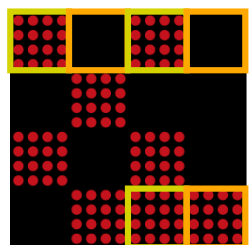
重畳符号化のBER特性の改善



改善前の重畳符号化[2]



改善後の重畳符号化[3]



遠距離用データ 近距離用データ

- ◇ 遠距離用データに重みづけ
 - ◆ 遠距離用データのBER特性の改善
- ◇ 近距離用データの復号方法の変更
 - ◆ 近距離用データのBER特性の改善

[2]西本早耶香, “LEDアレイと高速度カメラを用いた可視光通信のための複数の優先度の情報を重畳する階層的符号化,” 卒業論文.

[3]西本早耶香, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, “LED アレイと高速度カメラを用いた路車間可視光通信における遠距離データと近距離データの重畳符号化,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J96-B, No.2, 2013年2月.

目的

路車間可視光通信における 送信機の形状に依存しない 伝送速度向上手法の提案

◇ 重畳符号化の提案

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2011年2月
- 国際会議 IEEE ITSC2011, 2011年10月
- 特許出願 (特願2011-025716)

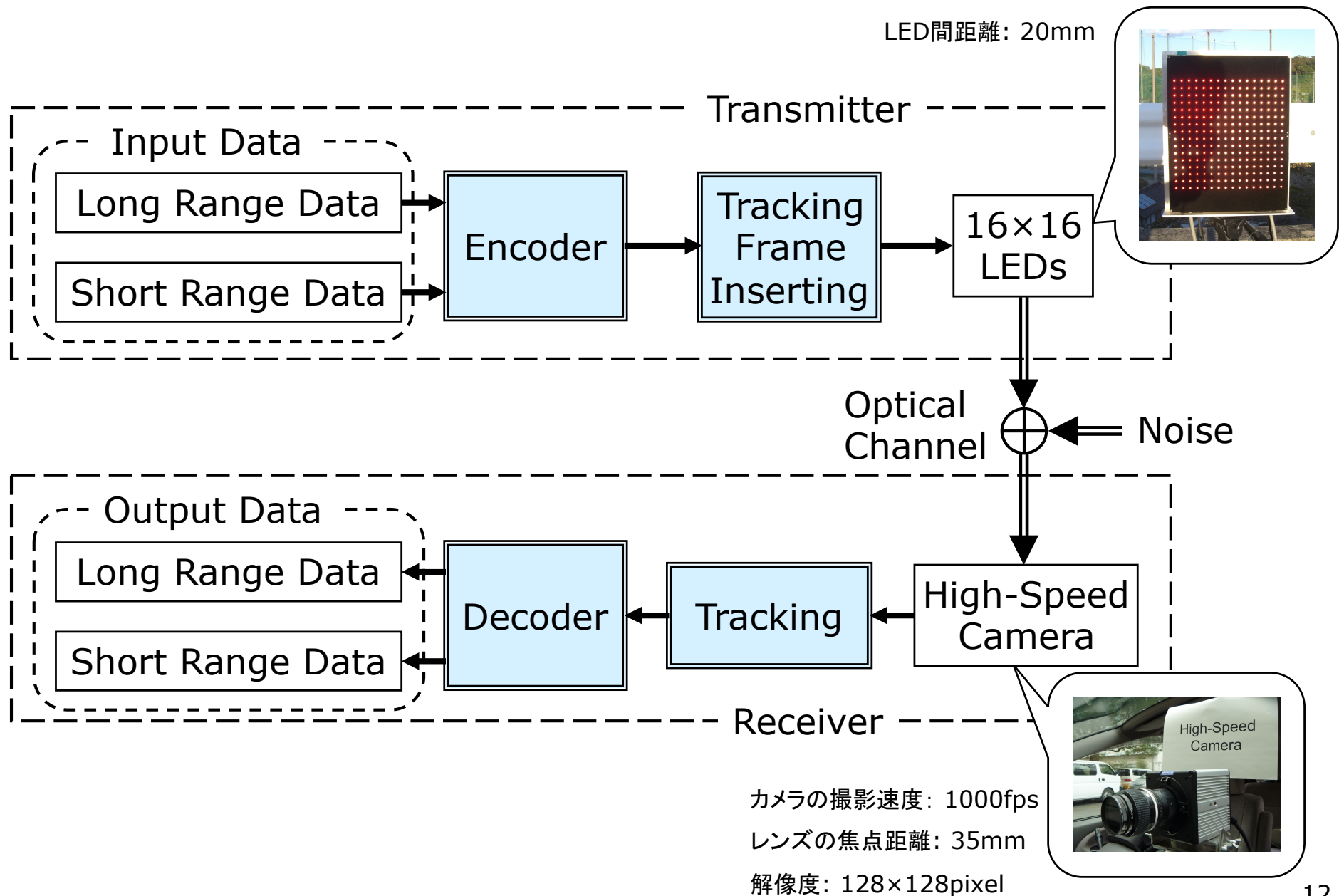
◆ 受信特性の改善

- 電子情報通信学会和文論文誌, 2013年2月

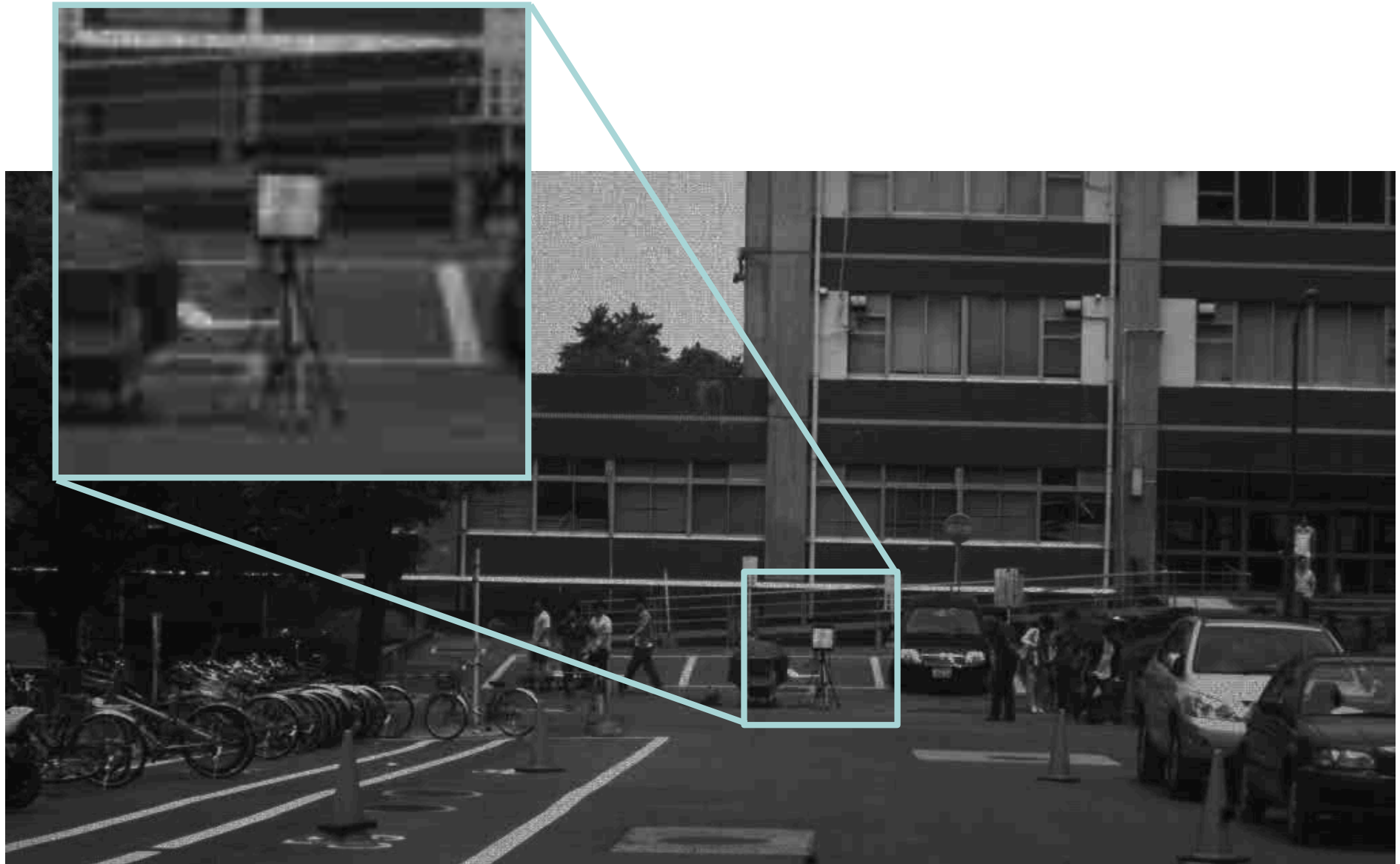
◆ 伝送速度の向上

- 電子情報通信学会 ITS研究会, 2012年7月
- 国際会議 IEEE OWC'12, 2012年12月

システムモデル

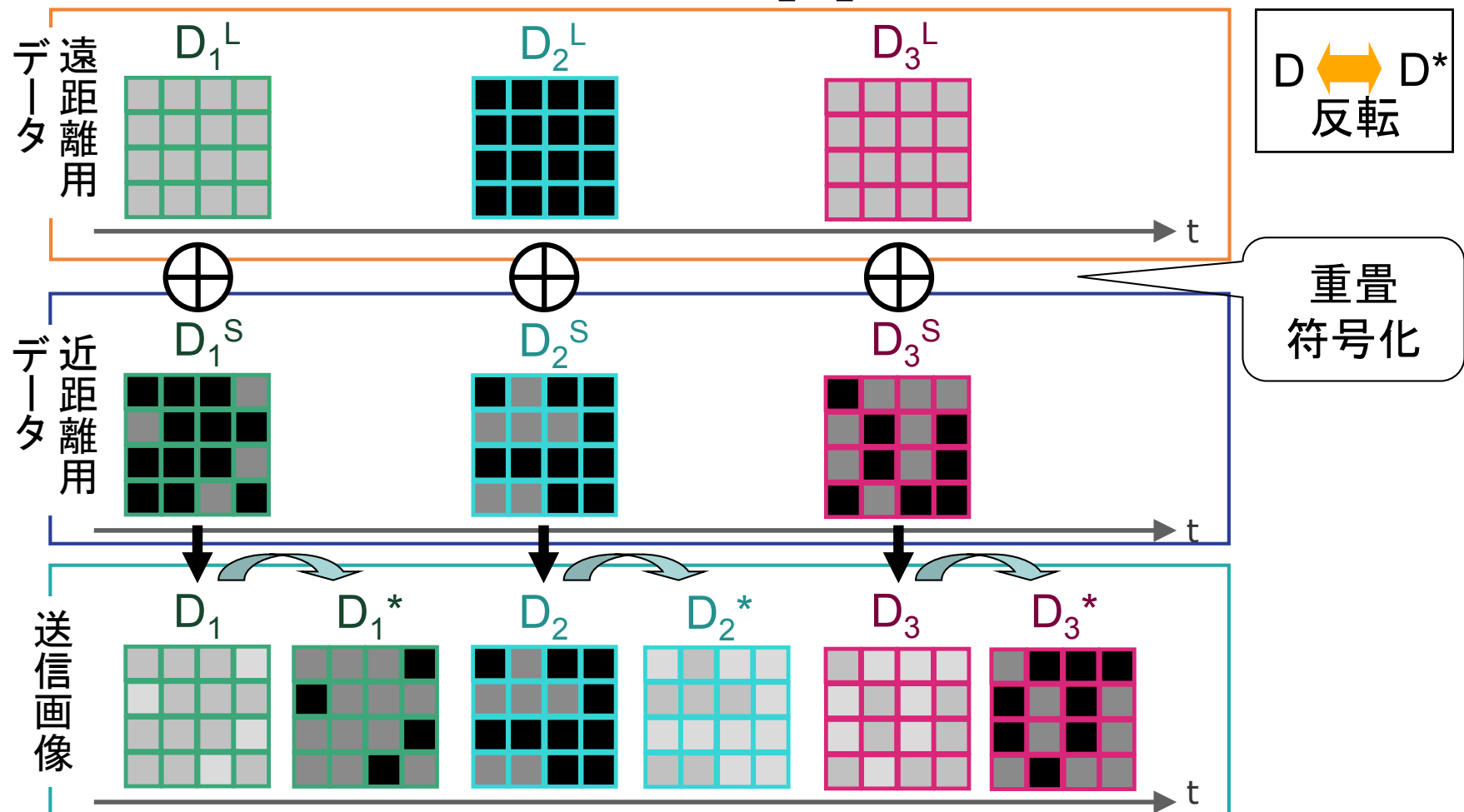


車両走行時の受信画像の様子



送信機追跡手法 (1/2)

◇送信機追跡用フレームとして
各データの反転系列を用いる[4]

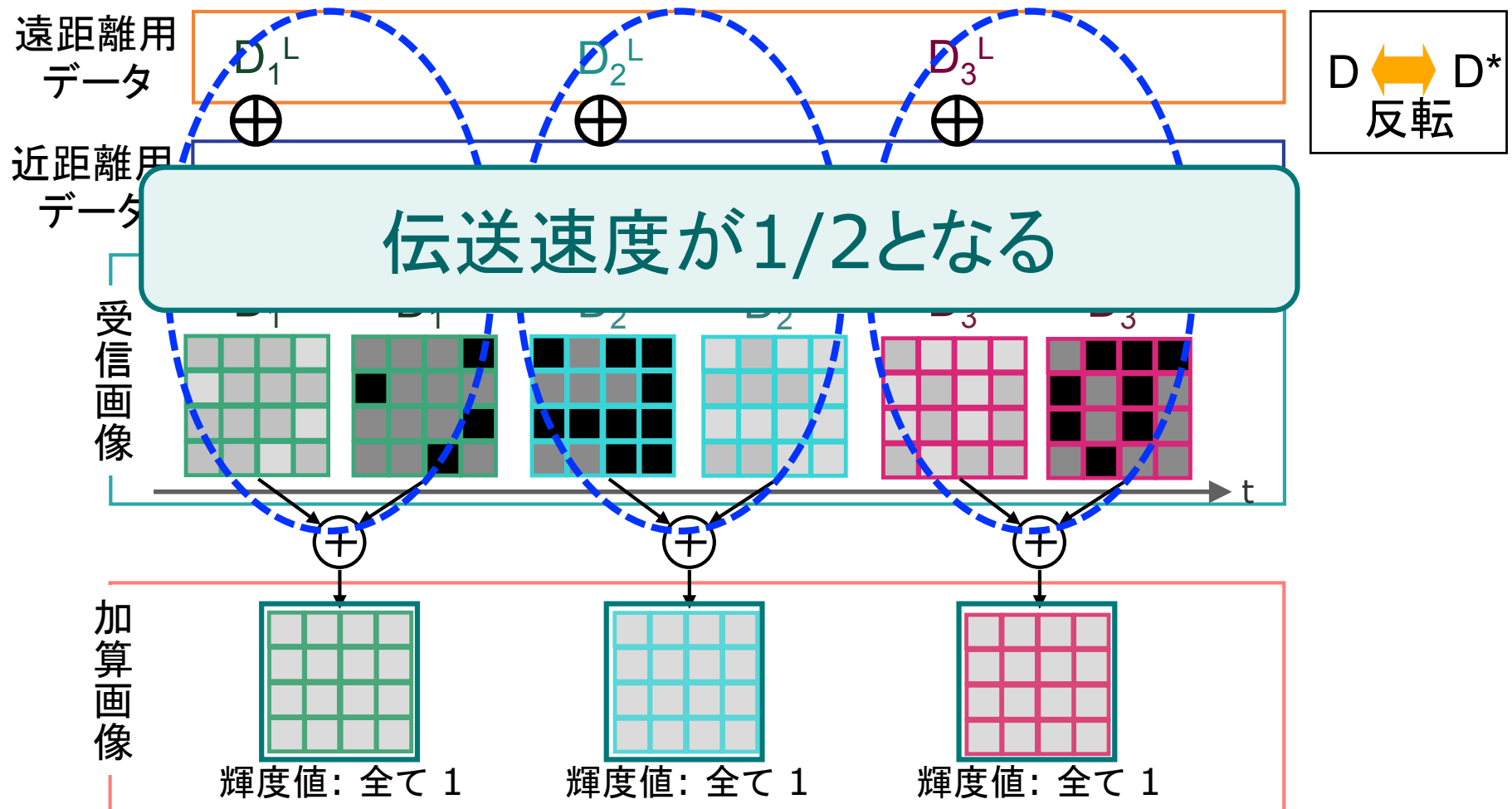


[4]名倉徹, 山里敬也, 荒井伸太郎, 岡田啓, 圓道知博, 藤井俊彰, “車両走行時の路車間可視光通信のためのLEDアレイ追跡手法,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J95-B, no.2, pp.326-336, 2012年2月.

送信機追跡手法 (2/2)

◇加算画像を使用して送信機を追跡[4]

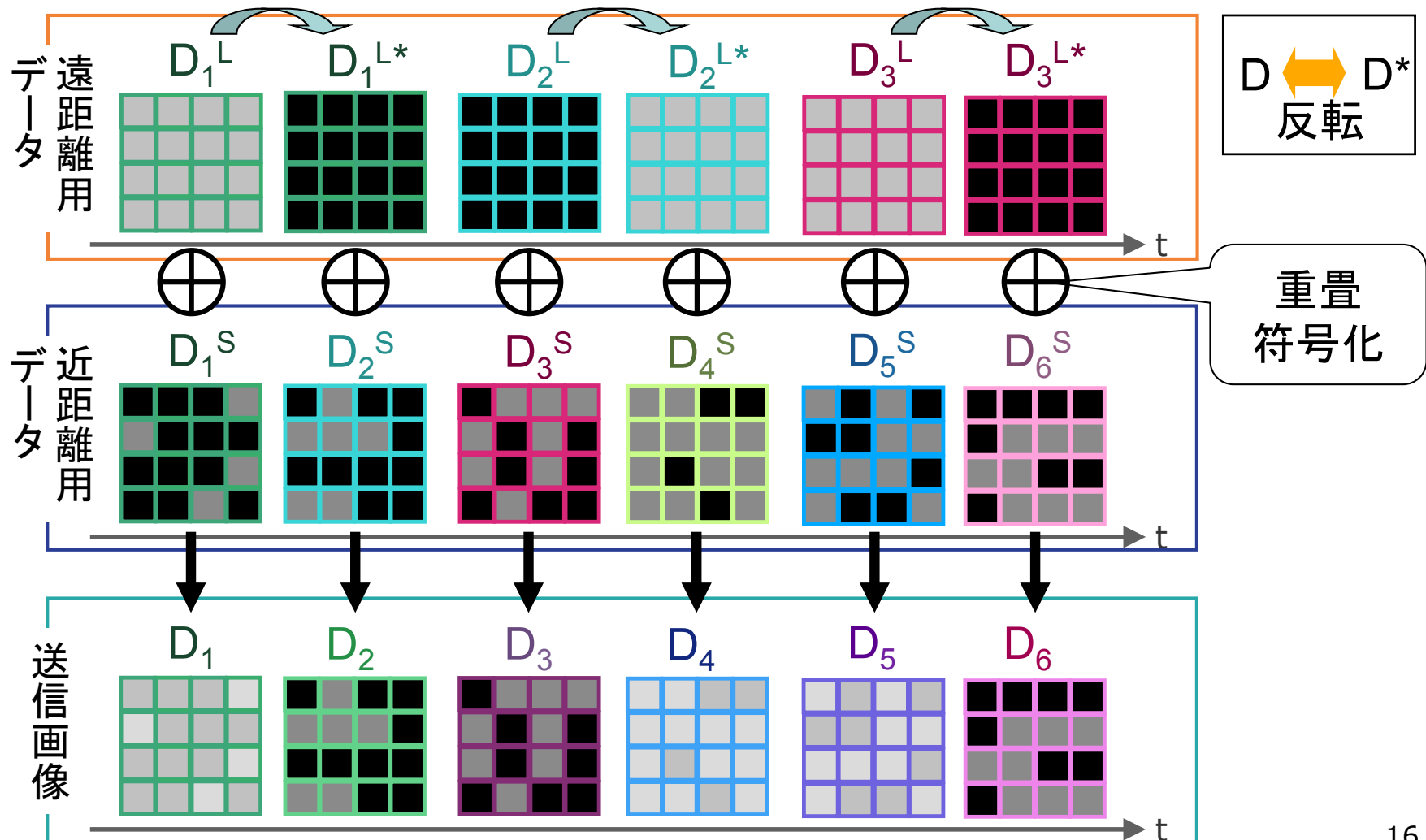
◆送信機の形のテンプレートとの相関を取る



[4]名倉徹, 山里敬也, 荒井伸太郎, 岡田啓, 圓道知博, 藤井俊彰, “車両走行時の路車間可視光通信のためのLEDアレイ追跡手法,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J95-B, no.2, pp.326-336, 2012年2月.

伝送速度向上手法 (提案方式) (1/2)

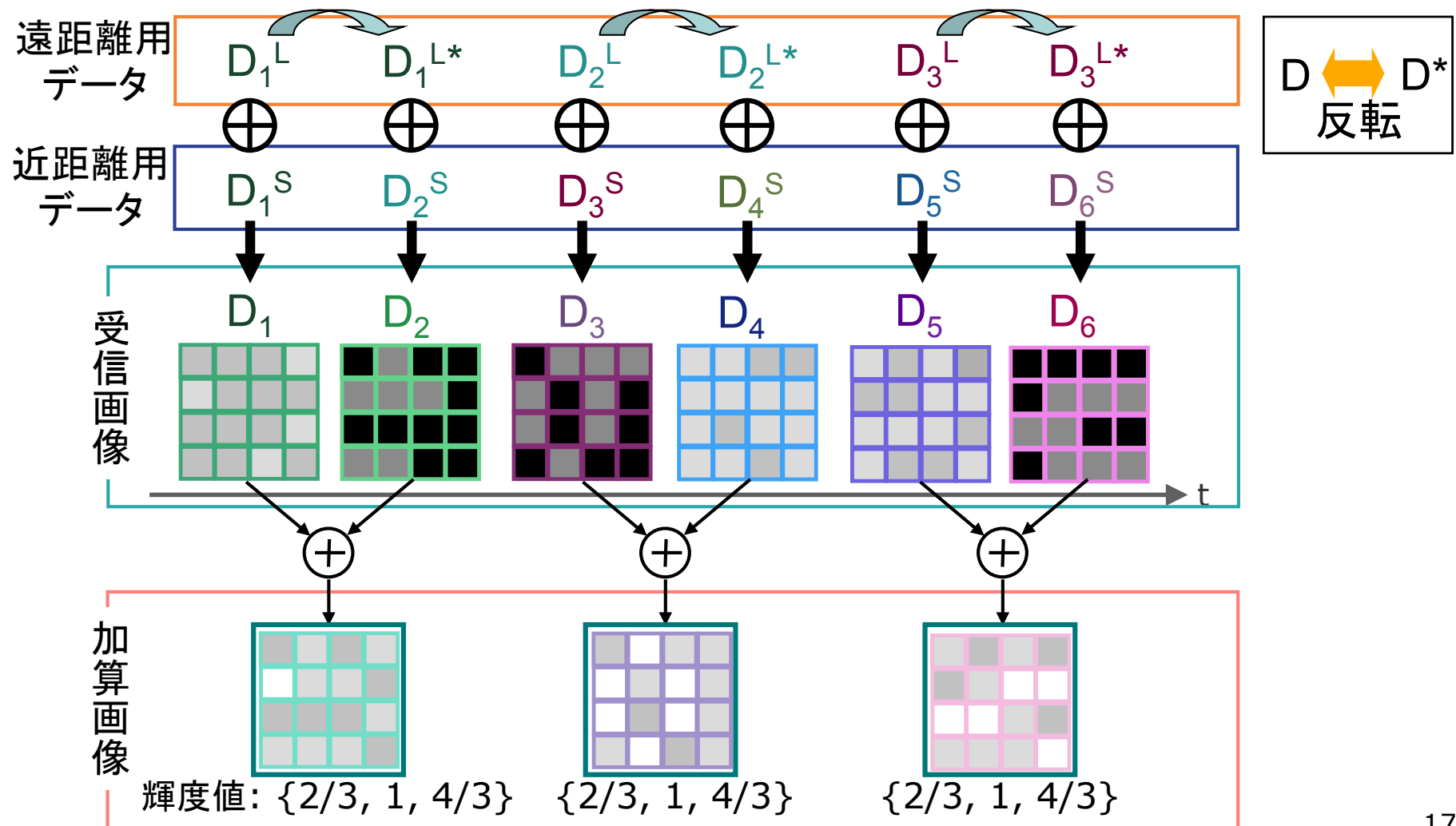
- ◇ 遠距離用データは各データの反転系列を用いる
近距離用データは反転系列を用いず情報を送る



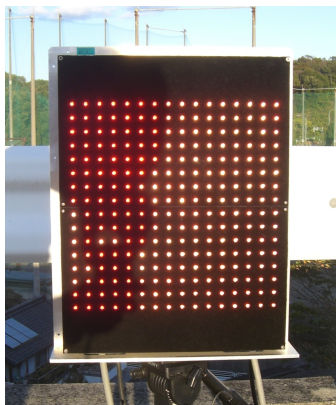
伝送速度向上手法 (提案方式) (2/2)

◇ 加算画像を使用して送信機を追跡

◆ 送信機の形のテンプレートとの相関を取る



実験諸元



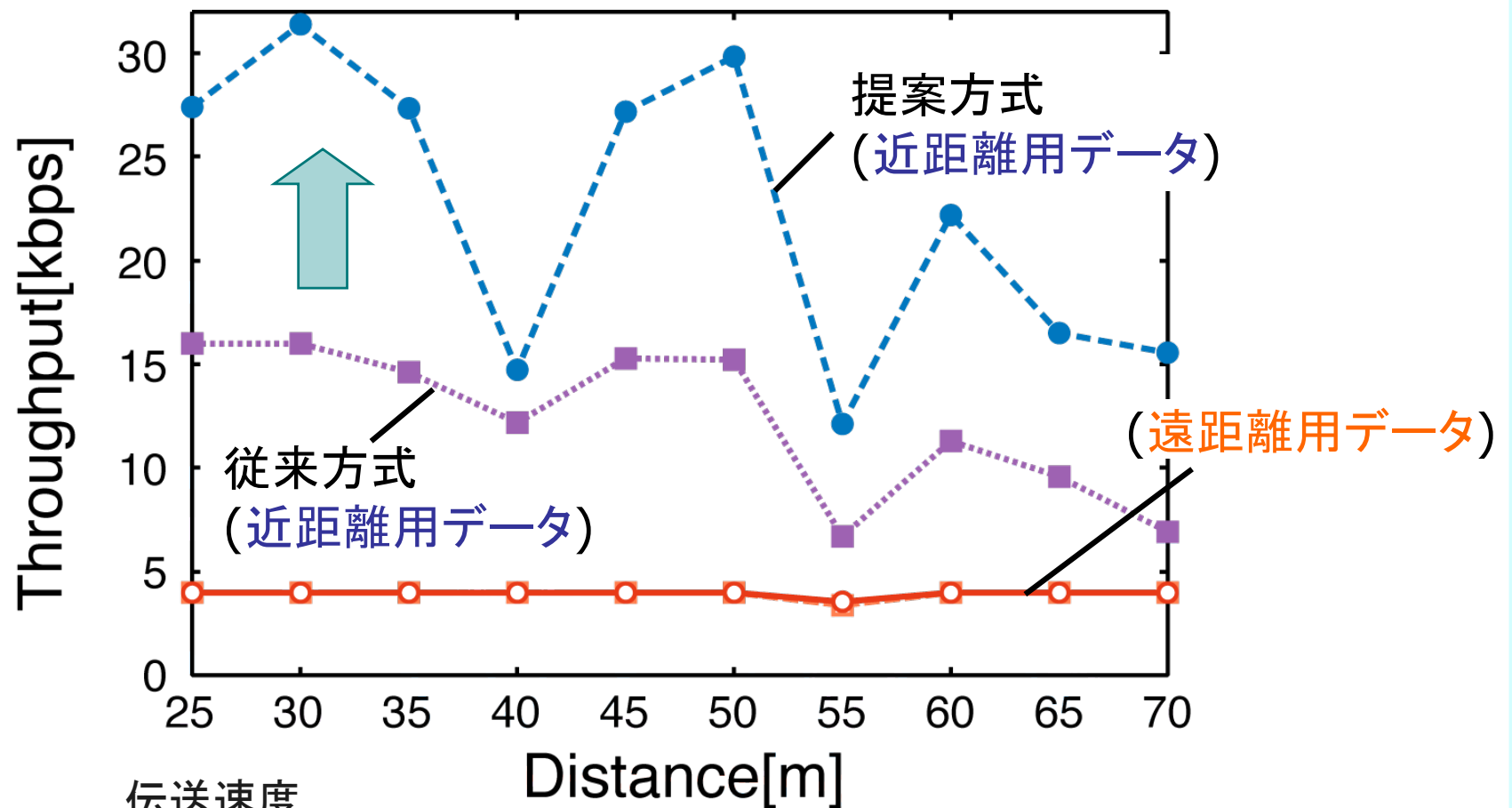
	静止環境(屋内)	走行環境(屋外)
LED点灯周波数	3kHz	
LED間距離	20mm	
カメラの撮影速度	1000fps	
レンズの焦点距離	35mm	
レンズのピント	無限遠	
レンズの絞り	11 (ND4フィルタ併用)	5.6 (ND8フィルタ併用)
解像度	128×128pixel	1024×512pixel

	従来方式		提案方式	
データ	遠距離	近距離	遠距離	近距離
伝送速度[kbps]	4	16	4	32

2倍

実験結果 (静止環境)

◇スループット

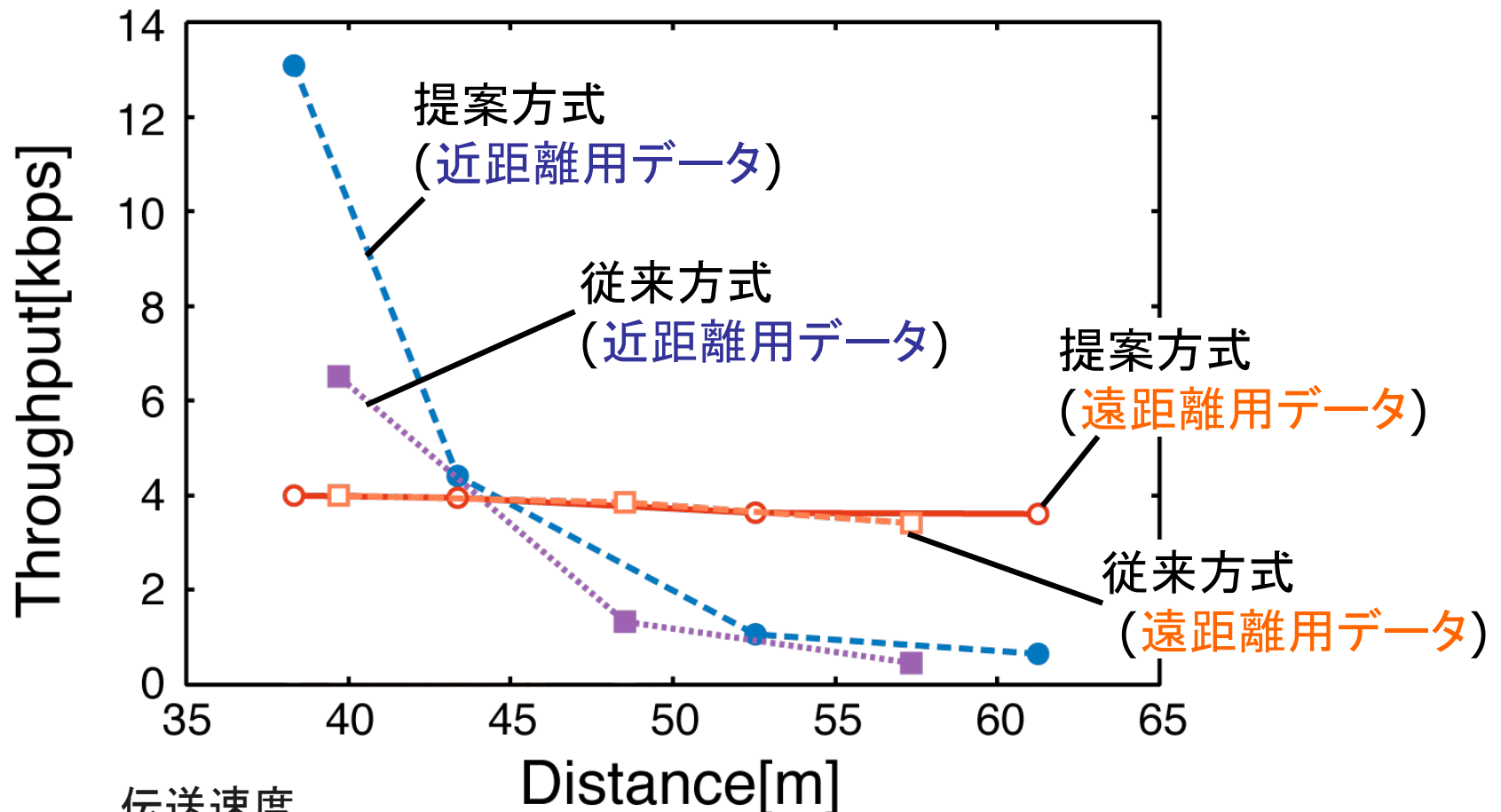


スループット: $R(1-\text{SER})$

伝送速度
シンボル誤り率

実験結果 (走行環境)

◇スループット



スループット: $\frac{\text{伝送速度}}{\text{シンボル誤り率}} = R(1-\text{SER})$

従来手法と同様に
信号機追跡が可能

まとめ

◇ 重畳符号化の提案

◆ 受信特性改善手法の提案

◆ 全体のBER特性の改善

◆ 伝送速度向上手法の提案

◆ 従来手法と同様に信号機追跡可能

◆ 近距離用データの伝送速度が約2倍に向上

発表業績

- ◇ 電子情報通信学会 ITS研究会, 2011年2月
- ◇ 国際会議 IEEE ITSC2011, 2011年10月
- ◇ 特許出願 (特願2011-025716)
- ◇ 電子情報通信学会和文論文誌, 2013年2月
- ◇ 電子情報通信学会 ITS研究会, 2012年7月
- ◇ 国際会議 IEEE OWC'12, 2012年12月