

# 空間結合 RA 符号における LBP 復号法の特性評価

## A Study on LBP Decoding Method in Spatially Coupled RA Code

李 聡<sup>1</sup>  
Cong Li

小島 力<sup>1</sup>  
Chikara Kojima

雨澤 泰治<sup>1</sup>  
Yasuharu Amezawa

小金井 洋平<sup>2</sup>  
Yohei Koganei

株式会社モバイルテクノ<sup>1</sup>  
Mobile Techno Corp.,

富士通株式会社<sup>2</sup>  
FUJITSU LIMITED

### 1. まえがき

文献[1]において我々は BP(Belief Propagation)復号法を用いて空間結合 RA 符号の特性評価を行った。本稿では、復号の収束速度が BP 法より速い LBP (Layered Belief Propagation) 復号法を用いた空間結合 RA 符号の特性評価を行う。

### 2. 空間結合 RA 符号における LBP 復号法

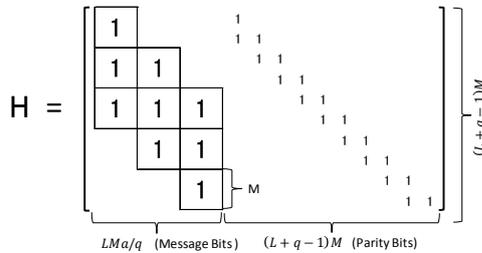


図1 空間結合 RA 符号の検査行列( $q=3, a=3, L=3, M=2$ )

文献[1]に示す空間結合 RA 符号のプロトタイプに対する検査行列  $\mathbf{H}$  は、図1のように左  $(L+q-1)M \times LMa/q$  の情報行列と右  $(L+q-1)M \times (L+q-1)M$  のパリティ行列で構成される。情報行列の正方形行列は  $M \times M$  単位行列の置換行列である。

空間結合 RA 符号の検査行列  $\mathbf{H}$  に対する LBP 復号法は、文献[2]により、検査行列  $\mathbf{H}$  の行方向を  $G$  個の更新サブセットに分け、これらのサブセット間でシリアルに信頼度を渡す構成となる。ここで、第  $k$  ( $k=0,1,\dots,G-1$ ) 更新サブセットにおける行 (列) の LLR 更新を式(1)~(3)に示す。

$$L_{mn} = Z_n - R_{mn} \quad (1)$$

$$R_{mn} = - \prod_{j \in N(m), j \neq m} \text{sign}\{L_{mj}\} \psi \left\{ \sum_{j \in N(m), j \neq m} \psi[L_{mj}] \right\} \quad (2)$$

$$Z_n = L_{mn} + R_{mn} \quad (3)$$

ただし、 $m$  は  $k$  番目の更新サブセットにおける行のインデックスであり、 $n$  は  $m$  行目における重み 1 に対する列のインデックスである。 $L_{mn}$ 、 $R_{mn}$  はそれぞれビットノードからチェックノードへの情報、チェックノードからビットノードへの情報である。 $Z_n$  は事後 LLR である。また、関数  $\psi(x)$  は  $\psi(x) = \log\{\tanh(x/2)\}$  で定義される。

### 3. 特性評価

AWGN 環境において、符号長を 9996、 $q, a, L, M$  をそれぞれ 3,3,20,238 として計算機シミュレーションを行った。繰り返し復号数  $N_{ite}$  毎における BP 法と LBP 法の BER 特性を図2に示す。図2から、情報ビット列とパリティビッ

ト列の端におけるビット誤り率はそれぞれの中央におけるビット誤り率より低いことが分かった。それは、左右端の行の重みが小さいことで、誤り訂正能力が高いためである。また、LBP 法は BP 法より速く収束することが繰り返し毎の BER 曲線の間隔から確認できた。復号繰り返し数を変えた  $E_b/N_0$  対 BER のシミュレーション結果を図3に示す。図から LBP 復号法は BP の繰り返し数の約半分で BP と同等の BER 特性を達成できることが分かった。

### 4. まとめ

LBP 復号法を用いた空間結合 RA 符号の特性評価を行った。LBP 復号法は BP 復号法と比べ復号収束速度が速く、空間結合 RA 符号での有効性が確認できた。

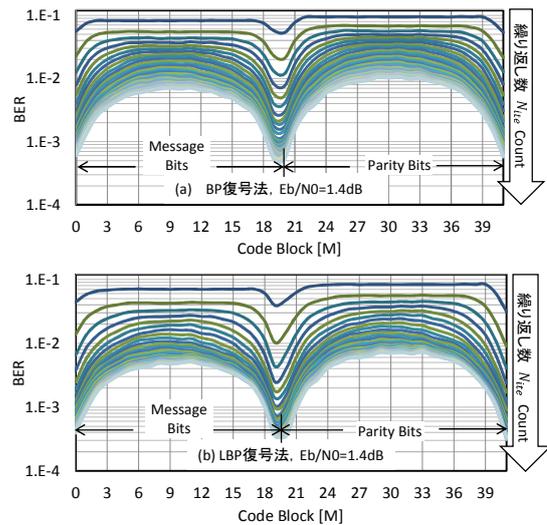


図2 符号ブロック  $M$  毎の BER 特性分布

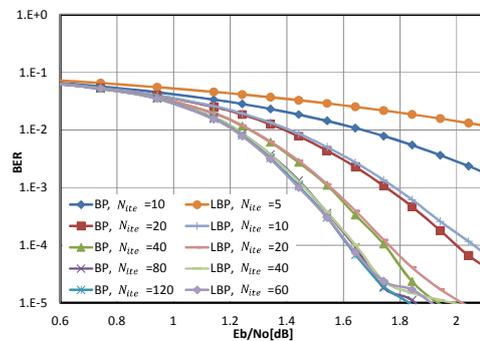


図3 LBP 復号と BP 復号の BER 特性比較

### 参考文献

- [1] 小島 他 “AWGN 通信路における空間結合 RA 符号の特性評価,” 2015 年総合大会.
- [2] D. E. Hocevar, “A reduced complexity decoder architecture via layered decoding of LDPC codes,” pp. 107–112, in Proc. SIPS 2004.