

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00020

研究課題名(和文) 線形符号・LDPC符号を用いた判定帰還方式における誤り指数と計算量の削減について

研究課題名(英文) Evaluation of error exponents and reducing complexity on the decision feedback schemes using linear codes and LDPC codes

研究代表者

新家 稔央 (NIINOMI, Toshihiro)

東京都市大学・知識工学部・講師

研究者番号：30247225

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、帰還通信路を用いた判定帰還(ARQ)方式において、線形符号、LDPC符号の符号クラスに対して判定帰還方式の判定基準(厳密な判定基準、および簡略化された判定基準)を与え、誤り指数の導出および有限の符号長における誤り確率上界の導出を行った。そして、従来の解析手法よりも精密に誤り確率を評価した結果を踏まえ、より短い符号長の符号で同等の誤り確率が達成できることを示した。より短い符号長の符号が利用できれば計算量低減が図れる、したがって、本研究では、判定帰還方式による計算量低減の効果が、従来研究で評価されていた結果よりも大きいことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では帰還通信路を用いた判定帰還(ARQ)方式において、線形符号、LDPC符号を用いた判定帰還方式に対し、誤り指数の導出および有限の符号長における誤り確率上界の精密な導出を試みた。その結果、同じ誤り確率に対し、従来よりも短い符号長の符号が利用できることが明らかとなり、短い符号長を用いた場合の計算量低減の効果が判明した。計算量の削減効果は携帯端末の消費電力の低減を評価する意味で重要である。また、従来の研究では2元線形符号が用いられていたが、本研究ではレギュラー通信路とq元符号を用いた解析を行った。この一般化は、フラッシュメモリなど、多元の記憶媒体への応用を考慮する上で重要と考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, in the decision feedback (ARQ) method using the feedback channel, the decision criterion of the decision feedback method (strict decision criterion and simplified decision criterion) is applied to the ensemble of linear codes and LDPC codes. Then, we derived the error exponent and the upper bound of the error probability for a finite code length. Then, since the results of evaluating the error probability more precisely than the conventional analysis, it was shown that the same error probability can be achieved with a shorter code length. If a code with a shorter code length can be used, the amount of calculation can be reduced. Therefore, in this study, it was clarified that the effect of reducing the amount of calculation by the decision feedback method is larger than the result evaluated in the conventional research.

研究分野：符号理論, 情報理論

キーワード：判定帰還(ARQ)方式 誤り指数 Shulman-Feder上界式 線形符号 LDPC符号 判定基準 レギュラー通信路 DS2上界式

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

デジタル通信の信頼性確保のため、通信路符号(誤り訂正符号)の重要性はますます高くなっている。通信路符号を用いるシステムには、判定帰還方式(ARQ方式)と呼ばれる方式がある。これは、帰還通信路を有する通信路モデルを仮定し、受信側で信頼度が低いと判定した場合、送信側に再送を要求する方式である。この方式により、帰還通信路を用いない場合と比較して「同じ復号誤り確率を達成するために必要な復号計算量を削減できる」ことが知られている。

従来の研究として[Forney69]では、最尤復号法によって選ばれたメッセージを復号結果とするか再送を要求するかの判定基準が提案され、判定帰還方式に対する誤り指数が導出された。誤り指数とは、情報伝送速度と通信路のパラメタのみで記述される値である。一般に、復号誤り確率は符号長と誤り指数で表され、復号計算量は符号長の関数となるので、誤り指数が大きいほど少ない復号計算量で復号誤り確率を小さくできる。[Forney69]では、あらゆる通信路符号のクラスを対象とし、符号語にランダムな系列を割り当てる手法により誤り指数を導出した。一方、近年、帰還通信路を仮定しない通信路モデルを対象に、より狭いクラスである線形符号とその部分集合である多元LDPC符号のアンサンブル(あらゆるLDPC符号とそのひとつひとつの符号に確率分布を付与したもの)に対して、精密な最尤復号法の平均誤り確率を解析する手法が提案されている[SS02][HSS09]。これは符号のクラスを絞り込むことにより、少ない労力で良い符号を探し出すことが期待できるためであり、その工学的意義は大きい。その延長線上の研究として文献[HSS10]では、[SS02]を判定帰還方式に拡張した。[SS10]では、正則LDPC符号のアンサンブルに対する平均重み分布を用いて、平均誤り確率を導出する手法を提案した。これらの研究では、誤り確率の上界に対し、「誤り指数を用いた符号化定理」および「有限の符号長に対する精密な解析」を求めている。前者による評価は後者に比べて緩いが、シンプルな表現によって通信路で達成できる誤り確率を表現可能である。このように、帰還通信路を仮定しない通信路モデルで得た誤り確率(または誤り指数)と判定帰還方式の誤り確率(誤り指数)を比較することで、判定帰還方式による計算量削減の効果が評価できる。

以上のように、[HSS10]によって、線形符号、LDPC符号にクラスを絞ったアンサンブルに対する帰還方式の誤り確率(誤り指数)の解析が始められたが、これらの解析はより精密に行えとの期待があった。すなわち、実際に達成できる誤り確率は[HSS10]で評価されているものより、さらに低い誤り確率であることを予想していた。なぜなら、我々は過去に、畳込み符号、木符号を用いた判定帰還方式に対する符号化定理の導出を行っており[NMH00][NMH02][NMH04]、そのときに得られたパラメタの最適化などの数学的手法について知見を得ていたからである。そこで、[HSS10]の評価に対して、改良を加える研究に着手することにした。さらに、[HSS10]で扱われている判定基準の他にも優れた簡略的判定基準[Hashimoto99]があることが知られている。このような判定基準を用いた場合について、より厳密な評価を行う研究にも着手することにした。

[Gal65]R. G. Gallager, "A simple derivation of the coding theorem and some applications," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-11, no.1, pp.3--18, Jan. 1965.

[Forney69] G. D. Forney, Jr., "Exponential error bounds for erasure, list and decision feedback schemes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-14, no.2, pp.206--220, Mar. 1968.

[Hashimoto99] T. Hashimoto, "Composite scheme LR + Th for decoding with erasures and its effective equivalence to Forney's rule," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.45, no.1, pp.78--93, Jan. 1999.

[SS02] S. Shamai (Shitz) and I. Sason, "Variations on the Gallager bounds, connections, and applications," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-48, no.12, pp.3029--3051, Dec. 2002.

[BM04] D. Burshtein, G. Miller, "Asymptotic enumeration methods for analyzing LDPC codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-50, No.6, pp.1115-1131, June 2004.

[HSS09] E. Hof, I. Sason and S. Shamai (Shitz), "Performance bounds for nonbinary linear block codes over memoryless symmetric channels," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-55, no.3, pp.977--996, Mar. 2009.

[HSS10] E. Hof, I. Sason and S. Shamai (Shitz), "Performance bounds for erasure, list, and decision feedback schemes with linear block codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-56, no.8, pp.3754--3778, Aug. 2010.

[NMH05]新家稔央, 松嶋敏泰, 平澤茂一, "ピタビアルゴリズムを用いた可変サイズのリスト復号法における誤り指数について," 電子情報通信学会和文論文誌 A, Vol.J88-A, No.11, pp.1343-1351, 2005年11月。

[NMH04]新家稔央, 松嶋敏泰, 平澤茂一, "ゆう度比検定を用いた木符号の復号法について," 電子情報通信学会和文論文誌 A, Vol.J87-A, No.2, pp.243-233, 2004年2月。

[NMH02]T. Niinomi, T. Matsushima and S. Hirasawa, "On Generalized Viterbi Algorithm Using Likelihood Ratio Testing," Proc. of IEEE Int. Symposium on Inform. Theory(ISIT2002), p.366, Jul.2002.

[NMH00]新家稔央, 松嶋敏泰, 平澤茂一, "木符号におけるリスト復号法を用いた判定帰還方式について," 電子情報通信学会和文論文誌 A, Vol.J83-A, No.1, pp.67-82, 2000年1月。

	通信路符号アンサンブル	線形符号アンサンブル	LDPC符号アンサンブル
符号化定理の導出 (帰還通信路を仮定しない復号法)	[Gal65] 復号法:最尤復号法 評価:誤り指数 (完全ランダム符号化)	[SF99][SS02][HSS09] 復号法:最尤復号法 評価:誤り指数 (重み分布の利用)	[Gal61][MB01][HSS09] 復号法:最尤復号法 評価:誤り指数 (重み分布の利用)
判定帰還 (ARQ) 方式に対する符号化定理の導出	[Forney69] 復号法:最尤復号法+判定基準 評価:誤り指数 (完全ランダム符号化)	[HSS10] 復号法:最尤復号法+判定基準 評価:誤り指数 (重み分布の利用) 研究業績 [NYH05] ([HSS10]の精密化) 本研究の目的(1) ([HSS10]と異なる判定基準の適用)	[HSS10] 復号法:最尤復号法+判定基準 評価:誤り指数 (重み分布の利用) 本研究の目的(2) ([HSS10]の精密化)

2. 研究の目的

情報理論の通信路符号化における分野では、従来、誤り指数(error exponent)によって表現される符号化定理が研究されてきた。誤り指数が導出できれば、同一の情報伝送速度のもとで、復号誤り確率と計算量の関係を明確にすることが可能となる。本研究では、帰還通信路を用いた判定帰還 (ARQ) 方式に対し、LDPC 符号など符号クラスを可能な限り限定し、通信路・復号法・判定帰還方式の判定基準を与えて、精密な誤り確率上界の評価、および誤り指数の導出を試みる。そして、精密に誤り確率を評価した結果を踏まえ、帰還通信路を用いることによって可能な復号計算量削減の効果が、従来研究よりも大きくなることを明らかにする。精密な誤り確率を評価した結果、より短い符号長の符号で同等の誤り確率が達成できることが示せば、短い符号長の符号が適用可能であることが示せる。さらに、より短い符号長の符号が利用できれば、それは計算量低減につながる。したがって、本研究では、線形符号、LDPC 符号を用いた判定帰還方式による計算量低減の効果が、従来研究で評価されていた結果よりも大きいことを明らかにする。より詳細には、以下の2つの観点から、これらを明らかにする。

(1) [HSS10]のLDPC符号アンサンブルに対する解析の精密化

[HSS10]で示された誤り確率の上界式をよりタイトにできることは、筆者らの研究業績[NYH05]で示された。この手法を q 元 LDPC 符号の誤り確率解析に利用して精密な性能評価を行う。

(2) [HSS10]と異なる判定基準を用いた判定帰還方式の解析

線形符号や LDPC 符号にアンサンブルを限定すると、性能の解析が難しいケースが生じる。[Hashimoto99]では新しい判定基準を与えて、畳込み符号を用いた判定帰還に対する誤り指数を求めた。これと同様、本研究では、線形符号のように構造を持った符号の解析に、判定基準を変えたアプローチで誤り確率を評価する。

[NYH05]新家稔央, 八木秀樹, 平澤茂一, “Forney の最尤復号法の一般化における Shulman-Feder 上界式の精密化,” 電子情報通信学会和文論文誌 A, Vol.J98-A No.12, pp.680-690, 2015 年 12 月。

3. 研究の方法

(1) [HSS10]のLDPC符号アンサンブルに対する解析の精密化

Hof ら [HSS10]は、[Forney64]の判定基準を用いて判定帰還方式に対する誤り確率の上界式を精密化した。さらに [HSS10]では、無記憶 2 元入力出力対称通信路 (MBIOS Channel : Memoryless Binary-Input Output Symmetric Channel) と 2 元線形符号に対して評価 (判定帰還方式に対する Shulman-Feder 上界式: GD-SF 上界式 [SF99]) を与えた。このことにより、すべての通信路符号のクラスと線形符号のクラスで達成できる復号誤り確率の差異を明らかにした。

Hof ら [HSS10]の GD-SF 上界式は [Forney69]の議論とは異なり、2つのパラメタについて最適化を施した上界式ではなかった。そこで我々は、研究業績[NYH05]において GD-SF 上界式を導くための中間段階で得られる上界式を最適化する条件を示し、この結果を用いて [Forney69]の解析を踏襲すべく 2つの独立なパラメタによる GD-SF 上界式を導出した。この上界式は、MBIOS 通信路とランダムな 2 元線形符号アンサンブルの重み分布を仮定すると [Forney69]の上界式と一致する。すなわち、Hof ら [HSS10]の GD-SF 上界式よりも精密な評価を与えることを示した。

しかしながら、この成果はその適用範囲をさらに拡張できるとの期待があった。そこで我々は、まず、研究業績[NYH05]の結果を「MBIOS 通信路と重み分布を与えた 2 元線形符号」から「レギュラー通信路と完全重み分布を与えた q 元線形符号」への拡張することを試みた。次に正則 LDPC 符号の重み分布を利用した [HSS09]の上界式に、研究業績[NYH05]を q 元に拡張した条件を導出し、これを適用した。その結果、[HSS10]で与えられている上界式をよりタイトにし、精密な誤り確率の評価を行った。なお、 q 元線形符号への拡張は、フラッシュメモリの多値化による大容

量化を想定した場合に重要な問題である。また、MPSK などの変調方式を用いて通信を行う場合にも有効なモデルである

(2) [HSS10]と異なる判定基準を用いた判定帰還方式の解析

本研究では文献[YI80] [Kud93] [Hashimoto99]などの判定基準を用いた場合について、[HSS10]で求められた誤り確率の上界式に相当する式の導出を行った。[HSS10]では、[YI80]で利用された準最適な判定基準を用いた場合についても誤り確率の上界を求めている。しかし、[Hashimoto99]の結果から、この式はタイトでないと予想される。[Hashimoto99]では新しい判定基準を与えて、畳込み符号を用いた判定帰還に対するタイトな誤り指数を求めた。そこで、本研究でも判定基準を変えたアプローチによって誤り確率の評価を行った。本研究では、[Hashimoto99]で提案された判定基準を利用し、このような準最適な判定基準を用いた場合について[Forney69]の誤り指数を達成することを、線形符号やLDPC符号に対して示すことを目標とした。なお、準最適な判定基準は、LP復号法のような「最尤の符号語のみが出力される復号法」と判定帰還方式を組み合わせる場合に有効と考えられる。

[YI80] H. Yamamoto and K. Itoh, "Viterbi decoding algorithm for convolutional codes with repeat request," IEEE Trans. Inform. Theory vol.IT-26, no.5, pp540-547, Sep.1980.

[Kud93] B. D. Kudryashov, "Error probability for repeat request systems with convolutional codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.39, pp.1680-1684, Sept.1993.

[SF99] N. Shulman and M. Feder, "Random coding techniques for nonrandom codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.IT-45, no.6, pp.2101-2104, Sept. 1999.

4. 研究成果

本研究では、帰還通信路を用いた判定帰還 (ARQ) 方式において、線形符号、LDPC符号の符号クラスに対して判定帰還方式の判定基準(厳密な判定基準 および簡略化された判定基準)を与え、誤り指数の導出および有限の符号長における誤り確率上界の導出を行った。そして、従来の解析手法よりも精密に誤り確率を評価した結果を踏まえ、より短い符号長の符号で同等の誤り確率が達成できることを示した。より短い符号長の符号が利用できれば計算量低減が図れる、したがって、本研究では、判定帰還方式による計算量低減の効果が、従来研究で評価されていた結果よりも大きいことを明らかにした。これらの結果は、研究の方法(1)について文献[NYH18]、研究の方法(2)について[NYH20]に詳しく記述されている。また、両論文とも、再送要求確率、誤り確率に対して「誤り指数を用いた上界式」「有限の符号長に対してより精密に評価した上界式」を示している。我々は、前者を Shulman-Feder タイプ上界式、後者は Direct 上界式と呼ぶことにした。レギュラー通信路を与えたときに、これらの上界式が一般的にどのように記述できるかを文献[NYH18][NYH20]では定理として記している。これらについては文献[NYH18][NYH20]を参照して頂くこととし、ここでは、8PSK に白色ガウス雑音が加わる通信路と符号長 $N=1008$, 8元(8,16)LDPC符号アンサンブルに対する Direct 上界式の数値例を紹介する。

(1) [HSS10]のLDPC符号アンサンブルに対する解析の精密化

[Forney69]では、判定帰還方式でメッセージの受信が成功しない確率、すなわち再送要求が起きる確率と誤り確率の和を P_{E1} と定義している。そこで、Forneyの判定基準([NYH18], p.1225)に対し、しきい値を $T=0.2$ と設定した場合の $PE1$ の数値計算例を図1に示す。図1において HSS bound(MLD)および HSS-SF(MLD)は、帰還通信路を用いない最尤復号法に対する $PE1$ である。また、HSS-SF bound は従来研究[HSS10]で示された Shulman-Feder タイプ上界式、New-SF bound は、我々が[NYH18]で示した新しい Shulman-Feder タイプ上界式の数値である。さらに、HSS direct bound は従来研究[HSS10]で示された Direct 上界式、New Direct bound は、我々が[NYH18]で示した新しい Direct 上界式の数値である。いずれの場合も、従来研究よりタイトな上界式が導出できた。これらの結果から、[NYH18]では従来研究に対してより厳密な評価を与えることができ、判定帰還方式の効果がより大きいことを明らかにした。

(2) [HSS10]と異なる判定基準を用いた判定帰還方式の解析

ここでは、簡略的な判定基準 LR+Th[Hashimoto99]の復号誤り確率 P_{E2} が、Forneyの判定基準を用いた場合と比較してほぼ同等の性能を持つことを、有限長の符号においても明らかにした。[Hashimoto99]においても、符号長を大きく取った場合の漸近的な性質として Forney の判定基準と LR+Th の性能が等しいことが論じられていた。しかし、そのまま[Hashimoto99]の解析を有限長(符号長 $N=512$, $N=1008$)の符号にあてはめるとその数値例は図2の LR+Th Union bound の値となる。この数値は、Forneyの判定基準を用いた場合の復号誤り確率[NYH18]と比較すると大きな差があり、これでは同等の性能とは言えない。そこで、我々は[NYH20]で LR+Th を用いた判定帰還方式のより精密な復号誤り確率の評価として、新たに LR+Th Direct bound を導出した。図2において、この上界式の数値例を見ると、Forneyの判定基準を用いた場合の復号誤り確率と大差はない。また、[Hashimoto99]で解析された上界式の数値と比較して、[NYH20]で導出した上界式がよりタイトであることが明らかとなった。これらの結果から、[NYH20]では従来研究に対し、LR+Th のより厳密な評価を与えることができ、この判定基準を用いた判定帰還方式の効果がより大きいことを明らかにした。

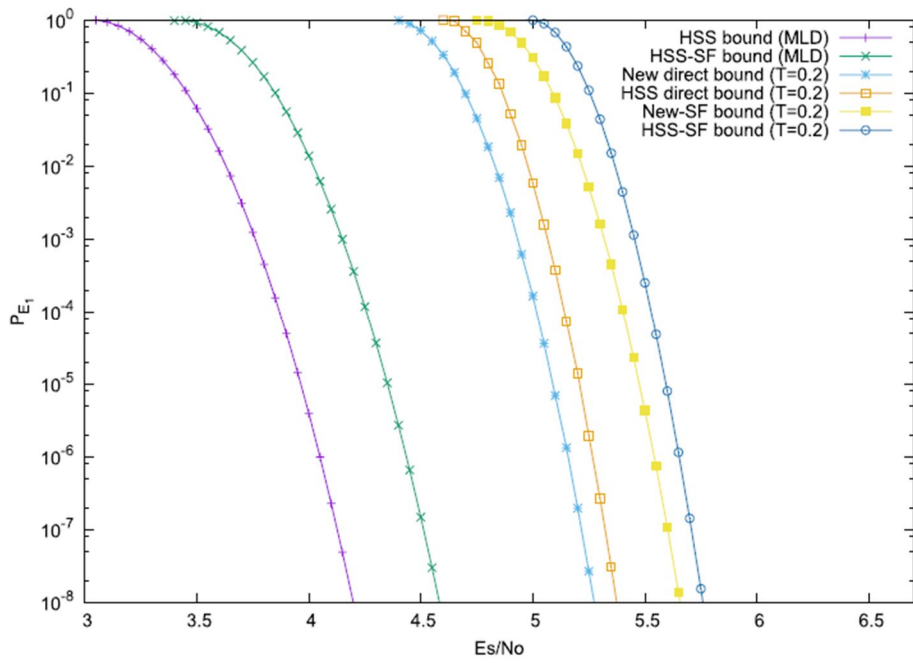


Figure 1. P_{E1} for (8,16) LDPC code ensemble of length $N=1008$, $q=8$ over AWGN channel with 8PSK, $T=0.2$.

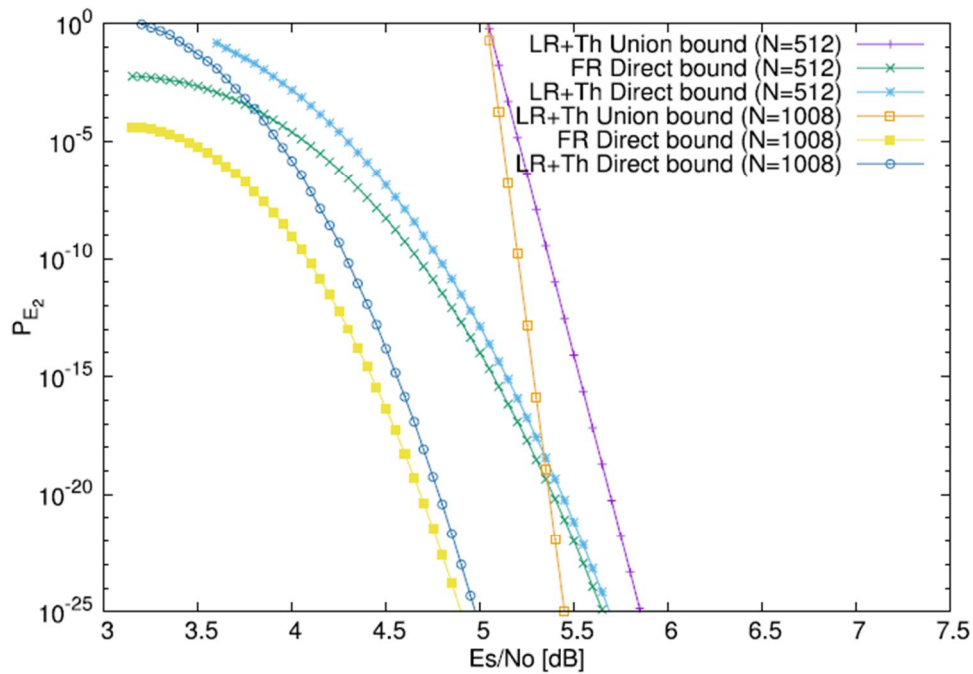


Figure 2. P_{E2} for (8,16) LDPC code ensemble of length $N=512$ and $N=1008$, $q=8$ over AWGN channel with 8PSK, $T=0.01$.

[NYH18] T.Niinomi, H. Yagi and S. Hirasawa, "On the DS2 Bound for Forney's Generalized Decoding Using Non-Binary Linear Block Codes," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, E101.A, pp. 1223 ~ 1234, Aug. 2018.
 [NYH20] T. Niinomi, H. Yagi and S. Hirasawa, "Decision Feedback Scheme with Criterion LR+Th for the Ensemble of Linear Block Codes," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, E103.A, pp.334 ~ 345, Jan. 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 NIINOMI Toshihiro, YAGI Hideki, HIRASAWA Shigeichi	4. 巻 E103.A
2. 論文標題 Decision Feedback Scheme with Criterion LR+Th for the Ensemble of Linear Block Codes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 334 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2019EAP1045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 SHIBATA Ryo, HOSOYA Gou, YASHIMA Hiroyuki	4. 巻 E102.A
2. 論文標題 Protograph-Based LDPC Coded System for Position Errors in Racetrack Memories	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1340 ~ 1350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E102.A.1340	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nomura Ryo, Yagi Hideki	4. 巻 65
2. 論文標題 Optimum Overflow Thresholds in Variable-Length Source Coding Allowing Non-Vanishing Error Probability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 8213 ~ 8221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIT.2019.2920417	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 NIINOMI Toshihiro, YAGI Hideki, HIRASAWA Shigeichi	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 On the DS2 Bound for Forney's Generalized Decoding Using Non-Binary Linear Block Codes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1223 ~ 1234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.1223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 HOSOYA Gou, YASHIMA Hiroyuki	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 Spatially Coupled Low-Density Parity-Check Codes on Two-Dimensional Array Erasure Channel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 2008 ~ 2017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.2008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SHIBATA Ryo, HOSOYA Gou, YASHIMA Hiroyuki	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 Joint Iterative Decoding of Spatially Coupled Low-Density Parity-Check Codes for Position Errors in Racetrack Memories	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 2055 ~ 2063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.2055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yachongka Vamoua, Yagi Hideki	4. 巻 22
2. 論文標題 Fundamental Tradeoff among Identification, Secrecy and Compression Rates in Biometric Identification System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 337 ~ 342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.22.337	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Niinomi, H. Yagi and S. Hirasawa	4. 巻 Vol.E101-A, No.8
2. 論文標題 On the DS2 bound for Forney's generalized decoding using non-binary linear block codes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundermentals	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) not detemined yet	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 齋藤友彦, 新家稔央, 浮田善文, 松嶋敏泰, 平澤茂一	4. 巻 Vol. J100-A, No.9
2. 論文標題 2-レベル不均一誤り訂正符号の線形計画限界	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会和文論文誌A	6. 最初と最後の頁 316 ~ 324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hideki Yagi, Ryo Nomura	4. 巻 vol. E100-A, no. 8
2. 論文標題 Variable-length coding with cost allowing non-vanishing error probability	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 1683 ~ 1692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E100.A.1683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計38件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 細谷剛, 新家稔央, 八嶋弘幸
2. 発表標題 2次元行列に対する非2元LDPC符号の性能
3. 学会等名 第42 回情報理論とその応用シンポジウム(SITA2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Shibata, G. Hosoya, and H. Yashima
2. 発表標題 Concatenated LDPC/trellis codes: Surpassing symmetric information rate of insertion/deletion channels
3. 学会等名 Proc. 42th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2019),
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Niinomi, H. Yagi and S. Hirasawa
2 . 発表標題 Decision feedback scheme with criterion LR+Th for the ensemble of linear block codes
3 . 学会等名 2018 International Symposium on Information Theory and its Applications. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Shibata, G. Hosoya, and H. Yashima
2 . 発表標題 Structured concatenation of protograph LDPC codes and markers for Insertion/Deletion channels
3 . 学会等名 2018 International Symposium on Information Theory and its Applications (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Vamoua Yachongka, Hideki Yagi
2 . 発表標題 Fundamental trade-off among identification, secrecy and template rates in identification system
3 . 学会等名 2018 Int. Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryo Nomura, Hideki Yagi
2 . 発表標題 Overflow probability of codeword cost in variable-length coding problem allowing non-vanishing error probability
3 . 学会等名 2018 Int. Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Shota Saito, Hideki Yagi, Toshiyasu Matsushima
2. 発表標題 New results on variable-length lossy compression allowing positive overflow and excess distortion probabilities
3. 学会等名 2018 Int. Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideki Yagi, Te Sun Han
2. 発表標題 Variable-length resolvability for mixed sources and its application to variable-length source coding
3. 学会等名 2018 IEEE Int. Symposium on Information Theory (ISIT2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideki Yagi, Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Error exponent analysis for biometric identification systems with nonlegitimate entities
3. 学会等名 第41回情報理論とその応用シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Vamoua Yachongka, Hideki Yagi
2. 発表標題 Fundamental trade-off among identification, secrecy, template, and privacy-leakage rates in biometric identification system
3. 学会等名 第41回情報理論とその応用シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井弘明, 新家稔央, 斎藤友彦
2. 発表標題 外部値と一時推定語の符号比較を用いたBP復号法のスケジューリング
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井弘明, 新家稔央
2. 発表標題 外部値と一時推定語の符号比較を用いたBP復号法のダイナミックスケジューリング
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Shibata, G. Hosoya, and H. Yashima
2. 発表標題 Performance analysis of spatially-coupled low-density parity-check codes based on reading ratio in racetrack memory
3. 学会等名 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 G. Hosoya and H. Yashima
2. 発表標題 Analysis of spatially-coupled low-density parity-check codes on two-dimensional array erasure channel
3. 学会等名 40th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Shibata, G. Hosoya, and H. Yashima
2. 発表標題 Performance analysis of spatially-coupled low-density parity-check codes for racetrack memories
3. 学会等名 40th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yagi, Te Sun Han
2. 発表標題 Variable-length resolvability for general sources
3. 学会等名 2017 IEEE Int. Symposium on Information Theory (ISIT2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	八木 秀樹 (Hideki YAGI) (60409737)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授 (12612)	
研究分担者	細谷 剛 (Gou HOSOYA) (60514403)	東京理科大学・工学部情報工学科・講師 (32660)	