

複数の偏りを持つカオス系列を用いた ノンコヒーレント通信システム

Noncoherent Communication Systems using Chaotic Sequence with Many Biased Values

荒井伸太郎¹
Shintaro ARAI

西尾芳文¹
Yoshifumi NISHIO

山里敬也²
Takaya YAMAZATO

徳島大学 工学部 電気電子工学科¹
Dept. Electrical and Electronic Engineering, Tokushima University

名古屋大学 エコトピア科学研究所²
Ecotopia Science Institute, Nagoya University

1 はじめに

近年、カオスを利用したデジタル通信システムの研究が盛んに行われており、特に、送信機と受信機で復調に使用する系列を共有しないノンコヒーレント通信システムが注目されている。これまでの研究で、私達はカオス系列の値に偏りを持たせてカオス通信に応用することを試みた [1]。その結果、偏りを持たせた事で自己相関の高い系列を容易に生成することができ、偏りのない系列と比較してビット誤り率 (BER) の向上が確認できた。しかしながら、偏らせ方によっては相関が低く、場合によっては大きさの似通った値が交互に出現してしまい、偏りのバランスが重要な課題であった。そこで、本研究ではカオス写像の傾きを増やしてカオス系列の値の偏りを増加させ、似通った値が交互に出現することを抑えつつ相関特性の優れた系列の生成を試みる。

2 複数の偏りを持つカオス写像

図 1 に示す写像は、代表的な一次元写像として知られているベルヌーイシフト写像に、パラメータ (q_j, r_j) ($j = 1, 2, \dots$) を与え、傾きを変化させている。本研究では、10 個の傾きを与えて、偏りが 3 つ (-1, 0, 1) 付近に多く分布するようにパラメータを表 1 のように設定し、3 種類の写像を用いて解析を行う。本研究では写像の偏りを視覚的に解析するために不変測度を、さらに本写像の相関特性を計算し、それぞれ図 2(a) と (b) に示す。図 2(a) から分布の山が 3ヶ所に出来ていることから、偏りが 3 つに分布していることが分かる。さらに、図 2(b) において、横軸 m は相関をとる際の系列のずれを表しており、 $m = 0$ での高い相関特性 (自己相関特性) が確認できる。また、それ以外の値を見るとジグザグに変化していないことから、カオス系列は似通った値が交互に生成されていないことが分かる。このように、写像に傾きを複数持たせたことで、系列に任意の偏りを持たせる事が可能となる。

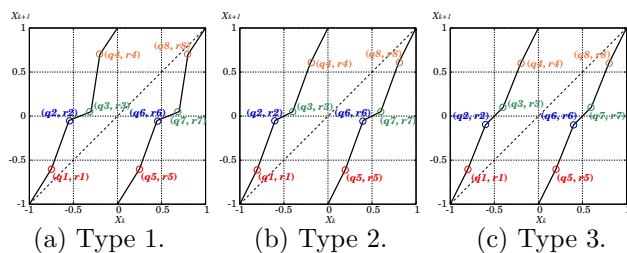


図 1 10 個の傾きを持つカオス写像。

表 1 図 1 のパラメータ。

	Type 1	Type 2	Type 3
q_1, r_1	-0.75, -0.6	-0.8, -0.6	-0.8, -0.6
q_2, r_2	-0.55, -0.05	-0.6, -0.05	-0.6, -0.1
q_3, r_3	-0.3, 0.05	-0.4, 0.05	-0.4, 0.1
q_4, r_4	-0.2, 0.7	-0.2, 0.6	-0.2, 0.6
q_5, r_5	0.25, -0.6	0.2, -0.6	0.2, -0.6
q_6, r_6	0.45, -0.05	0.4, -0.05	0.4, -0.1
q_7, r_7	0.7, 0.05	0.6, 0.05	0.6, 0.1
q_8, r_8	0.8, 0.7	0.8, 0.6	0.8, 0.6

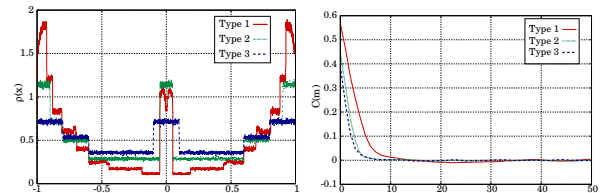


図 2 3 つの偏りを持つカオス系列の解析。

3 コンピュータシミュレーション

上記カオス写像を通信システムに応用した場合の特性を評価するため、代表的なノンコヒーレント通信システムの 1 つである Differential Chaos Shift Keying (DCSK)[2] を用いて BER 特性の調査を行う。条件として、 10^4 ビットの情報をカオス系列長 $N = 16$ で送信したと仮定する。また、従来の方法と比較のため、ベルヌーイシフト写像での BER も計算する。図 3 にシミュレーション結果を示す。この結果から、偏りを持たせたカオス系列の BER が従来の写像と比較して改善されていることが確認できる。ここで、図 2 での解析結果と BER に注目すると、最も自己相関特性の高い写像は Type 1 であり、BER 特性も良いことが分かる。しかしながら、Type 2 の結果と比較すると自己相関特性は Type 1 より低いにも関わらず、BER はわずかな違いしかない。理由として、偏りを持たせたことで送信エネルギーの効率が上がったのではないかと考えられる。このことから、自己相関特性が多少低くても、カオス系列の偏り方によって BER を向上させることが出来ると言える。

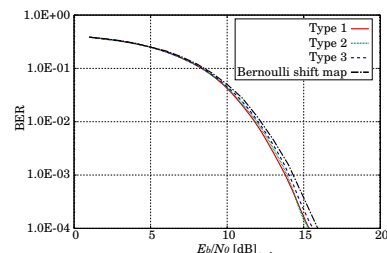


図 3 シミュレーション結果 ($N = 16$)。

4 まとめ

本研究では、複数の偏りを持つカオス系列を生成させて、系列の解析と通信シミュレーションを行った。今後の課題として、偏りをさらに増やした場合の比較や、通信の用途にあった偏らせ方について検討したい。

参考文献

[1] 荒井伸太郎, 西尾芳文, “偏りを持たせたカオス系列を使用した DCSK システムの調査,” 2007 年 電子情報通信学会 総合大会 講演論文集, no. A-2-10, p. 57, Mar. 2007.
[2] G. Kolumbán, B. Vizvári, W. Schwarz, and A. Abel, “Differential chaos shift keying: A robust coding for chaos communication,” *Proc. NDES'96*, pp. 87-92, Jun. 1996.