

電子情報通信学会総合大会（2023年3月芝浦工大）

情報理論研究会 大会企画(AT-1)

Arimoto-Blahutアルゴリズムの50年

2023年3月10日（金） 13:00 – 16:30

オーガナイザ：實松豊（東京工業大学）



大変光栄なことに、有本卓先生にお越しいただくことが出来ました。座長挨拶に代えて、記念写真を撮影しました。

開催趣旨

2022年はArimoto-Blahutアルゴリズム(ABA)が公表されてから50年の節目に当たる。

この業績により有本卓先生とR.Blahut先生は1974年のIEEE情報理論ソサイエティ論文賞を共同受賞した。

通信路や情報源の各種の符号化問題に対しその限界を明らかにすることは、情報理論の根幹をなす重要な問題である。

ABAは離散無記憶通信路の通信路容量と離散無記憶情報源のレート歪み関数を求めるアルゴリズムであり、その後他の符号化問題への拡張が試みられてきた。

本セッションではABAとその拡張に関する研究に従事した研究者の講演を通して、ABAの魅力に迫るとともに50年の研究の歴史を振り返る。

Arimoto-Blahutアルゴリズムの50年

▶ 以下のような研究がある

1. 多端子（マルチユーザ）情報理論への拡張

▶ 通信路容量 with 補助情報 / レート歪関数 with 補助情報

▶ 盗聴通信路(Wiretap Channel) の秘密容量 (Secrecy Capacity)

▶ Degraded Broadcast Channel (劣化型放送通信路)

▶ 劣化型でない 放送型通信路

▶ 多重アクセス通信路(MAC)

▶ MAC with feedback

2. 量子通信路への拡張

3. アルゴリズムの高速化

4. その他

Arimoto-Blahut アルゴリズムの50年

タイムテーブル

13:00 — 13:10 座長挨拶（實松）

13:10 — 13:55 Arimoto-Blahut アルゴリズムにおける速い収束と遅い収束
中川健治（長岡技科大）

13:55 — 14:30 量子 AB アルゴリズム再訪
長岡浩司（電通大）

(休憩20分)

14:50 — 15:25 有本-Blahut アルゴリズムの多端子モデルへの拡張とその収束性について
松嶋敏泰（早大）

15:25 — 16:00 多端子通信路に対する容量域計算アルゴリズムについて
大濱靖匡（電通大）

(休憩5分)

16: — 16:40 Arimoto の指数計算アルゴリズム
實松 豊（東工大）

1. 多端子（マルチユーザ）情報理論への拡張（1/2）

通信路容量 with 補助情報 / レート歪関数 with 補助情報

1. Dupuis, F., W. Yu, and Frans MJ Willems. *ISIT 2004*.

盗聴通信路 (Wiretap Channel) 秘密容量 (Secrecy Capacity) less noisy

1. Yasui, K., T. Suko, and T. Matsushima. "An algorithm for computing the secrecy capacity of broadcast channels with confidential messages." *ISIT2007*

2. Yasui, K., T. Suko, and T. Matsushima. "On the global convergence property of extended Arimoto-Blahut algorithm." *IEICE Trans. Fundamentals* 91.9 (2008): 846-860.

3. Gowtham, Kumar R., and Andrew Thangaraj. "Computation of secrecy capacity for more-capable channel pairs." *ISIT2008*.

Degraded Broadcast Channel (劣化型放送通信路)

1. Calvo, Eduard, et al. "The computation of the capacity region of the discrete degraded BC is a nonconvex DC problem." *ISIT2008*.

2. Yasui, K., and T. Matsushima. "Toward computing the capacity region of degraded broadcast channel." *ISIT2010*.

3. 新井、大濱, "劣化型放送通信路の通信路容量域計算アルゴリズムについて," *SITA2014*

4. 八田、大濱, "劣化型放送通信路における緩和項を用いた容量域計算アルゴリズムと収束性," *IEICE-IT 2020*

劣化型でない BC の Inner bound と Outer bound

1. Liu, Y., and Y. Geng. "Blahut-Arimoto Algorithms for Computing Capacity Bounds of Broadcast Channels." *ISIT2022*.

1. 多端子 (マルチユーザ) 情報理論への拡張 (2/2)

多重アクセス通信路 (MAC) ... Total Capacity / Capacity Region

1. Watanabe, Yoichiro. "The total capacity of two-user multiple-access channel with binary output." *IT Trans.*, 42.5 (1996): 1453-1465.
2. Rezaeian, Mohammad, and Alex Grant. "Computation of total capacity for discrete memoryless multiple-access channels." *IT Trans.*, 50.11 (2004): 2779-2784.
3. Calvo, Eduard, et al. "The computation of the capacity region of the discrete mac is a rank-one non-convex optimization problem." *ISIT2007*.
4. Calvo, Eduard, et al. "On the computation of the capacity region of the discrete MAC." *IEEE trans. Commun.* 58.12 (2010): 3512-3525.
5. 岸本、大濱, "2入力1出力多重アクセス通信路の容量域計算," *SITA2021*.

MAC with feedback

1. 岸本、大濱, "フィードバックを持つ多重アクセス通信路におけるCover-Lueng内界の計算アルゴリズム," *SITA2022*.

2. 量子通信路への拡張

1. Nagaoka, H. "Algorithms of Arimoto-Blahut type for computing quantum channel capacity." *ISIT1998*.
2. Sutter, D., et al. "Efficient approximation of quantum channel capacities." *IT Trans.*, 62.1 (2016): 578-598.
3. Li, H., and Ning Cai. "A Blahut-Arimoto type algorithm for computing classical-quantum channel capacity." *ISIT2019*.
4. Ramakrishnan, N., et al. "Computing quantum channel capacities." *IT Trans.*, 67.2 (2021): 946-960.

3. アルゴリズムの高速化

1. Sayir, Jossy. "Iterating the Arimoto-Blahut algorithm for faster convergence." *ISIT2000*.
2. Matz, Gerald, and Pierre Duhamel. "Information geometric formulation and interpretation of accelerated Blahut-Arimoto-type algorithms." *ITW2004*.
3. Naja, Ziad, Florence Alberge, and Pierre Duhamel. "Geometrical interpretation and improvements of the Blahut-Arimoto's algorithm." *ICASSP2009*.
4. Yu, Yaming. "Squeezing the Arimoto-Blahut algorithm for faster convergence." *IT Trans.*, 56.7 (2010): 3149-3157.

4. その他

交互最適化の一般論

- ▶ Csiszár, Imre and Tusnády, “Information geometry and alternating minimization procedure,” Statistics and Decisions, Supplement Issue 1, (1984).

収束速度の解析

- ▶ Nakagawa, K., et al. "Analysis of the convergence speed of the Arimoto-Blahut algorithm by the second-order recurrence formula." IT Trans. (2021)

信頼性関数（エラー指数、正復号指数）への拡張

- ▶ Arimoto, Suguru, “Computation of Random Coding Exponent Functions,” IT Trans.(1976)
- ▶ Jitsumatsu, Y. and Y. Oohama, “A new iterative algorithm for computing the correct decoding probability exponent of discrete memoryless channels” IT Trans. (2020)

Finite-State Machine Channel (離散有記憶通信路)

- ▶ Vontobel, Pascal O., et al. "A generalization of the Blahut-Arimoto algorithm to finite-state channels." IT Trans. (2008).

Directed Information (DMC with feedback)

- ▶ Naiss, Iddo, and Haim H. Permuter. "Extension of the Blahut-Arimoto algorithm for maximizing directed information." IT Trans. (2012).

幾何計画問題との双対性

- ▶ Chiang, Mung, and Stephen Boyd. "Geometric programming duals of channel capacity and rate distortion." IT Trans. (2004).