

電気光遅延リザーバコンピューティングにおける ランダムバイアス信号を用いた性能向上

Performance improvement using random bias signals in electro-optical delay-based reservoir computing

埼玉大 ○土田 朝陽, 斎藤 健斗, 菅野 円隆, 内田 淳史

Saitama Univ. ○Asahi Tsuchida, Kento Saito, Kazutaka Kanno, and Atsushi Uchida

E-mails: a.tsuchida.040@ms.saitama-u.ac.jp, auchida@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに

近年, 様々な分野で機械学習が研究されており, 特にリザーバコンピューティングと呼ばれる手法が注目を集めている[1]. リザーバコンピューティングの物理実装において, 仮想ノードを用いることでノード数を大きく設定できるという利点が挙げられる[2].

時間遅延リザーバコンピューティングでは, 入力された信号をマスク信号と同じ長さまで引き伸ばして乗算することで, 変調信号を生成する. リザーバコンピューティングの入力において, 入力信号の大きさが小さい場合, 変調信号の振幅が小さくなるため, 性能が下がるという問題がある.

そこで本研究では, 時間遅延リザーバコンピューティングの性能向上を目的として, 入力信号の前処理にランダムバイアスを付加する手法を提案する. 入力信号にマスク信号を乗算する前処理において, 入力信号にバイアスを付加することで, 振幅が小さくなることを防ぐことができ, 性能向上が期待される. 本研究では数値計算により時系列予測タスクを行い, 予測精度に対するランダムバイアス信号の影響を調査する.

方法

本研究では, 電気光遅延システム[3]と呼ばれる装置を用いる. このシステムでは半導体レーザーおよび, 非線形素子として強度変調器を, 時間遅延として光ファイバを用いている. リザーバコンピューティングでは, 入力信号に対してマスク信号と同じ長さまで引き伸ばされたステップ信号に対し, それぞれの入力信号に対してマスク信号を乗算することで変調信号を生成する[2]. ランダムバイアスを付加する場合, 変調信号にランダムバイアス用のマスク信号が加算される. それにより入力信号が小さくなりすぎることを防ぐ事ができる.

ここで n 番目の入力に対して i 番目のノードにされる変調信号 $h_{i,n}$ を以下に示す.

$$h_{i,n} = \mu J(n)m_{1,i} + bm_{2,i} \quad (1)$$

ここで μ は入力係数, $J(n)$ は入力信号, m はマスク信号, b はバイアスを示す.

時系列予測タスクは n 番目の入力に対して $n+1$ 番目の値を予測するタスクである. このタスクでは 3000 点を学習用として用い, 1000 点をテスト用に用いる. 予測ターゲットとリザーバコンピュー

ティングの予測結果との規格化平均二乗誤差 (Normalized Mean Square Error, NMSE) が小さくなるよう重みを算出していく. ランダムバイアスの付加の有無や, ランダムバイアスの値を変化させた時の影響について数値計算を行った.

結果

Fig.1 に異なる入力係数 μ においてランダムバイアスの値を 0 から 2 の間で変化させた時の予測誤差 (NMSE) の数値計算結果を示す. 予測誤差は値が小さいほど性能が良いことを示している. 入力係数が $\mu = 1.0$ の場合, $b=0.0$ と $b=1.0$ を比較すると予測誤差が 0.0331 から 0.0277 と小さくなった. また, $\mu = 2.0, b=0.5$ の時, 最小予測誤差 0.0112 という結果を得ることができた. これらの結果からランダムバイアスを付加することで, 性能が向上していることが確認できた.

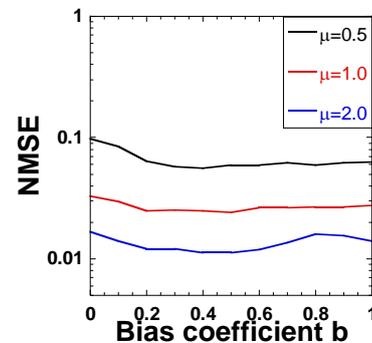


Fig.1 Prediction error (NMSE) as a function of input bias b for different μ .

まとめ

本研究では電気光遅延システムによるリザーバコンピューティングに, 入力信号にランダムバイアスを付加した場合の性能について, 数値計算で検証した. その結果, ランダムバイアスの付加により予測誤差の低下が観測された.

参考文献

- [1] H. Jaeger, et al., Science, **78**,5667 (2004).
- [2] D. Brunner, et al., Nat. Commun., **4**, 1364 (2013).
- [3] L. Larger, et al., Opt. Express, **20**, 3241 (2012).