

# ReRAM Computation-in-Memory を用いた イベントベースビジョンセンサ向け畳み込み LSTM Convolutional LSTM for Event-based Vision Sensor

with ReRAM Computation-in-Memory

東大工, <sup>○</sup>樋口 和英<sup>1</sup>, 小林知幾<sup>1</sup>, 三澤 奈央子<sup>1</sup>, 松井 千尋<sup>1</sup>, 竹内 健<sup>1</sup>

Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Kazuhide Higuchi<sup>1</sup>, Tomoki Kobayashi<sup>1</sup>,

Naoko Misawa<sup>1</sup>, Chihiro Matsui<sup>1</sup>, Ken Takeuchi<sup>1</sup>

E-mail: higuchi@co-design.t.u-tokyo.ac.jp

本研究では, Fig. 1 に示す ReRAM Computation-in-Memory (CiM) を用いたイベントベースビジョンセンサ (EVS)[1]のデータ処理用に小規模でエラー耐性が高い畳み込み LSTM (ConvLSTM) を提案する[2]. EVS は, 従来の撮像素子に比べて高ダイナミックレンジ・高時間分解能・低消費電力という特徴がある. 一方で, EVS は各画素の光量変化に対応したイベントデータを非同期で出力するため, 従来の画像処理とは異なる処理が必要となる. 本研究では, 時間領域と空間領域の双方において推論を行う Recurrent Neural Network の一つである ConvLSTM に着目した. ConvLSTM はイベントデータの処理に適しているが積和演算を多用するため, ReRAM を利用したメモリアレイを利用する CiM を適用することを想定した[3].

ConvLSTM の重みを表現するビット数を低減することで, インセンサコンピューティング用の小規模な ConvLSTM CiM の実現性を検討した. CiM に使われる ReRAM はコンダクタンスのばらつき等の非理想性によりビット反転が生じるため, 重みのビット精度は BER が 0.1%を許容できるようにビット精度の最適化を検討した. その結果, Table I に示すように提案する ConvLSTM CiM は従来の ConvLSTM に対して, メモリデバイス数を 91%削減できることが分かった.

謝辞 本研究は, JST, CREST (JPMJCR20C3)の支援を受けたものです.

参考文献 [1] C. Brandli et al., JSSC, vol. 49, no. 10, pp. 2333-2341, 2014. [2] T. Kobayashi et al., SSDM, pp. 436-437, 2022. [3] N. Verma et al., SSC Magazine, vol. 11, no. 3, pp. 43-55, 2019.

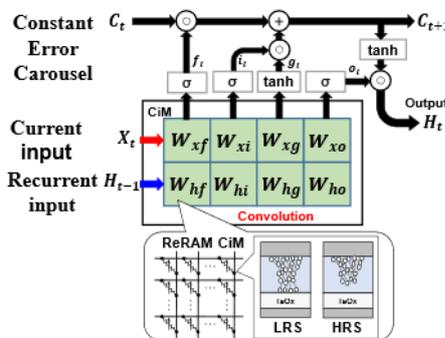


Fig.1 Configuration of the proposed Tiny ConvLSTM with ReRAM CiM. CiM is used for convolution calculation.  $i_t$ : input gate,  $f_t$ : forget gate,  $o_t$ : output gate,  $g_t$ : cell gate.

Table I. Summary of the acceptable bit precision of each layer in the proposed ConvLSTM at BER=1%. A 1% drop from the inference accuracy based on the original (32-bit) weights is used as the acceptance criterion.

		Proposed CIM 1		Proposed CIM 2		Conventional CiM	
		Bit precision	BER	Bit precision	BER	Bit precision	BER
FC Layer		2bit	1%	2bit	1%	2bit	1%
ConvLSTM Layer	Current input	Input gate, $i_t$	2bit	10%	3bit	1%	32bit
		Forget gate, $f_t$	2bit	10%			
		Output gate, $o_t$	2bit	10%			
	Recurrent input	Cell gate, $g_t$	3bit	1%	4bit	0.1%	
		Input gate, $i_t$	3bit	1%			
		Forget gate, $f_t$	3bit	1%			
	Output gate, $o_t$	3bit	1%				
	Cell gate, $g_t$	4bit	0.1%				
Accuracy		89.2%		89.2%		89.5%	
Number of CiM memory device cells for ConvLSTM		538K		675K		5.84M	
		-20%		-91%		-88%	