



バイアス電圧の独立したリソースの数を用意するのは容易なことではない。通常、ボディバイアス電圧はチップ外から供給もしくはチャージポンプ回路を利用してチップの内側から生成される。両方の場合においてもボディバイアス電圧の数は可能な限り小さくすべきである。よって次節で効果的にリーク電力を削減できるボディバイアス電圧リソース数を求める。

### 3 評価

本報告では、4種類の画像処理用のアプリケーションプログラムを使用した。供給電圧はSOTBにおいて標準電圧とされる0.55Vに固定し、PE-Arrayのドメイン分割の粒度は横x縦で1x1,2x1の2種類を使用した。

最初に、選択されたボディバイアス電圧の組み合わせによる削減率を示す。図4,5はそれぞれ1x1,2x1のドメインサイズ時における電圧リソースの組み合わせでリーク電力がどのように減るかを示している。図4,5

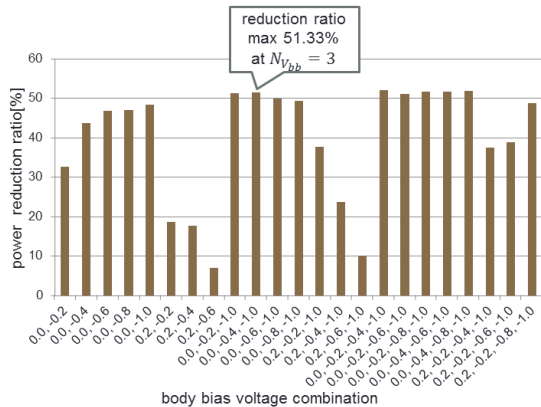


図4: 各  $N_{V_{bb}}=2, 3, 4$  における  $V_{bb}$  の組合せと削減効果 (ドメインサイズ: 1x1)

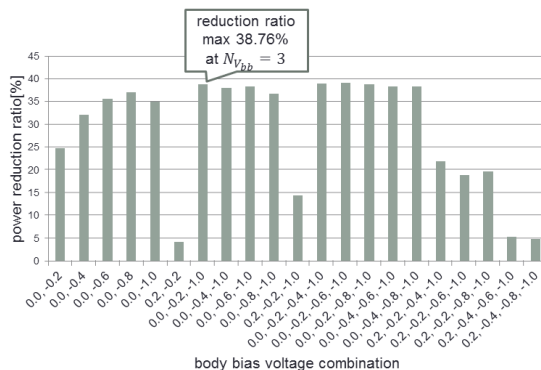


図5: 各  $N_{V_{bb}}=2,3,4$  における  $V_{bb}$  の組合せと削減効果 (ドメインサイズ: 2x1)

よりどちらも、最大の削減率を3つの電圧リソースの組み合わせで達成していることがわかる。また、4つの電圧リソースの組み合わせも同様の削減率を示す。次に、図6と7はドメイン分割サイズ1x1,2x1において各電圧数における最大の削減率をグラフ化したものである。両図から、 $N_{V_{bb}}$ が増えるごとに削減率の収束は早くなるのが分かる。ドメイン1x1の場合、各アプリケーションのプログラムにおいて  $N_{V_{bb}}=3$  で十分な

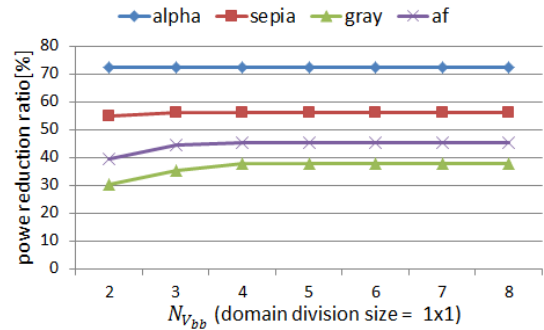


図6: 各  $N_{V_{bb}}$  における最大削減率 (ドメインサイズ: 1x1)

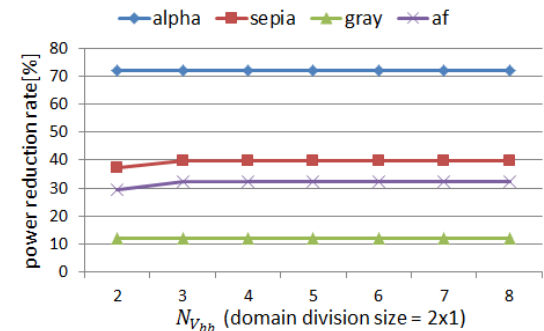


図7: 各  $N_{V_{bb}}$  における最大削減率 (ドメインサイズ: 2x1)

リーク電力削減が可能であり、2x2のサイズにおいては、 $N_{V_{bb}}=2$ と3の間ですら差が小さい。

以上の評価から、我々は3つの電圧の組み合わせを以下のように結論を下すことができる。

- ゼロバイアス (0.0V): 重い演算用
- 強いRBB(-1.0V): 使用されていないPE用
- 弱いRBB(-0.2V): 軽い演算用

図6,7において弱いRBBとしてほとんど-0.2Vが選ばれていたが、アプリケーションにおいてはほかの値が選ばれることもある。よって、もし実行可能ならば、弱いRBBを可変にすることで更なる削減率向上を見込むことが出来る。

### 4 おわりに

本報告では、ドメイン分割後のボディバイアス制御においてボディバイアス電圧数をそれぞれ変更しそれぞれ遺伝的アルゴリズムに用いて各電圧数の時の結果と比較を行った。検討結果から、1x1(96分割)及び2x1(48分割)の場合にボディバイアス電圧数は3で凡そ収束し、分割の粒度を荒くしていくほどボディバイアス電圧数は収束する速度が速くなっていることが分かった。

### 参考文献

- [1] Hongliang Su, et. al. Body Bias Control for a Coarse Grained Reconfigurable Accelerator Implemented with Silicon on Thin BOX technology. In *Proceedings of Field Programmable Logic and Applications*, pp. 1–6, Sept 2014.
- [2] Yusuke Matsushita, et. al. Power optimization of a Reconfigurable Accelerator by Middle-grained Body Bias Control. In *IEICE Technical Report CPSY2015-133*, Vol. 115, pp. 185–190, January 2016.
- [3] T. Kawakami, et. al. Optimization of the Body Bias Voltage Set(BBVS) for Flex Power FPGA. In *IEICE transactions on Information and Systems*, pp. 1947–1955, December 2007.