

## 2 階層のストレージ・クラス・メモリシステムの性能評価

木下 怜佳 松井 千尋 杉山 佑輔 安達 優 竹内 健  
中央大学理工学部電気電子情報通信工学科

### 1. はじめに

ソリッド・ステート・ドライブ (solid-state drive, SSD)の記憶媒体には NAND 型フラッシュメモリが用いられている。しかし、DRAMとのアクセス速度の差が大きいため、ストレージ・クラス・メモリ (storage class memory, SCM)と呼ばれる NAND 型フラッシュメモリよりも高速な不揮発性メモリが注目されている。SSD の高速化、低電力化を求め、SCM と NAND 型フラッシュメモリを搭載した SCM/NAND 型フラッシュハイブリッド SSD[1]や、SCM のみで構成された SSD[2]などが提案されている。

メモリの性能と容量から分類したメモリ階層[3]を図1に示す。SCMはアクセスの速いメモリタイプ SCM (memory-type SCM, M-SCM)と、容量の大きいストレージタイプ SCM (storage-type SCM, S-SCM)の 2 種類に分類できる。M-SCM の代表例としては磁気変化型メモリ(MRAM)が、S-SCM の代表例としては抵抗変化型メモリ(ReRAM)や相変化メモリ(PRAM)などが挙げられる。本研究では、S-SCM のみで構成された SSD に M-SCM を搭載した M-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD を構築し、M-SCM の容量が SSD の性能に及ぼす影響を評価した。

### 2. M-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD におけるデータ管理アルゴリズム

図2にM-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD の構成図[1]を示す。M-SCM はキャッシュとして、S-SCM はストレージとして用いる。ホストからの書き込みリクエストは全てM-SCMに書き込まれ、M-SCM の空き容量が少なくなると、M-SCM 内でアクセスが少ないデータをS-SCMに追い出す。また、読み出しの際にキャッシュミスした場合、S-SCM のデータが M-SCM にコピーされる。このように、アクセス頻度の高いデータは高速な M-SCM に、アクセス頻度の低いデータはS-SCMに集まりやすくなっている。

### 3. ハイブリッド SSD の性能評価

本研究では、M-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD における 1 秒間あたりの入出力回数(input output per second, IOPS)と、消費電力をワークロード[4]毎に評価した。ホストから頻繁にアクセスされるデータの多いワークロードをホット、そうでないワークロードをコールドとする。

結果として、ホットなワークロードでは少量の M-SCM を加えることで、S-SCM のみで構成された SSD よりも IOPS 性能が大きく向上し、また消費電力も削減できることが分かった。これは、アクセス頻度の高いデータが M-SCM に保存

されるためである。しかし、アクセス頻度の低いデータが支配的であるコールドなワークロードでは S-SCM へのアクセスが多くなるため、M-SCM を多量に加えなければ IOPS 性能が劣化し、また消費電力も増加することが示された。

### 4. まとめ

M-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD において、M-SCM の容量が SSD の性能に及ぼす影響について評価した。ホットなワークロードでは小容量の M-SCM で性能が大きく向上するが、コールドなワークロードでは大容量の M-SCM でなければ性能が劣化することが分かった。

### 謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。

### 参考文献

- [1] H. Fujii, et al., *VLSI Circuits*, 2012, pp.134-135.
- [2] T. Onagi, et al., *SSDM*, 2014, pp.106-107.
- [3] S. Mittal, et al., *TPDS*, vol. 27, no. 5, pp. 1537-1550, May 2015.
- [4] MSR Cambridge Traces, <http://iotta.snia.org/traces/388>.

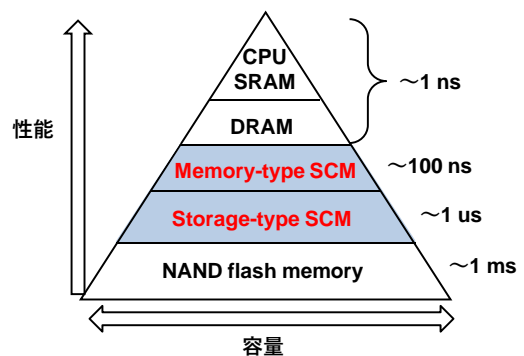


図1. メモリ階層[3]

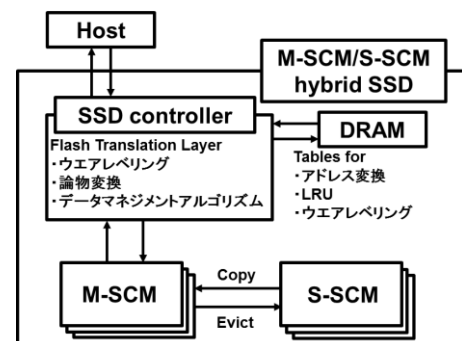


図2. M-SCM/S-SCM ハイブリッド SSD の構成図[1]