

ABCI におけるストレージサービスと これまでの運用

谷村 勇輔

国立研究開発法人 産業技術総合研究所



世界最大級・超省電力・オープンA I インフラストラクチャ



- 経産省「人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業」(H28二次補正)の一環として整備
- 我が国における産学官によるA I 研究開発を加速するオープンイノベーションプラットフォーム
 - 人工知能産業のための「AI を試す場」
 - 初学者～専門家を広く支援
 - 2500人以上の利用者、500以上のプロジェクト
- 高い計算能力を活用したA I 技術の研究開発・実証、社会実装の推進、A I 分野の最重要課題への挑戦が目的
 - 民間企業や大学、産総研との共同研究
 - ABCI グランドチャレンジ

<https://abci.ai>

ABCI 2.0 (最新構成)

ABCI 1.0 (2018Q2-)

550 PF (FP16), 37.2 PF (FP64)

476 TiB Memory, 1.74 PB NVMe SSD



ABCI Expansion (2021Q2-)

300 PF (FP16), 19.3 PF (FP64)

97.5 TiB Memory, 384 TB NVMe SSD



Compute Nodes (V) x 1088

- GPU NVIDIA Tesla V100 SXM2 x 4
- CPU Intel Xeon Gold 6148 (2.4GHz/20cores) x 2
- Memory 384 GiB
- Local Storage Intel SSD DC P4600 (NVMe) 1.6TB x 1
- Interconnect InfiniBand EDR x 2 (25 GB/sec)

Compute Nodes (A) x 120

- GPU NVIDIA A100 x 8
- CPU Intel Xeon SP (Ice Lake) x 2
- Memory 512 GiB
- Local Storage Intel SSD DC P4610 (NVMe) 1.6TB x 2
- Interconnect InfiniBand HDR x 4 (100 GB/sec)

Precision	ABCI 1.0	2.0 で追加	ABCI 2.0 (合算)	スケールアップ°	用途
FP32/TF32	75 PF	150 PF	225 PF	x 3	高精度DL
TF32 w/ Sparsity	↑(*1)	300 PF	375 PF	x 5	高精度DL
FP16/BF16	550 PF	300 PF	850 PF	x 1.55	低精度DL
FP16/BF16 w/ Sparsity	↑(*1)	600 PF	1.15 EF	x 2.09	低精度DL
FP64	37.2 PF	19.3 PF	56.5 PF	x 1.52	シミュレーション

(*1) V100はSparsityをサポートしないため参考値。

AI インフラストラクチャ for everyone

Expert



ABCIグランドチャレンジ：
画期的な成果が見込まれる最重要課題への挑戦に
ABCI システムを大規模・長時間にわたり無償提供

データセンタ事業者等

企業がクラウドで個人情報
を扱える水準のセキュリティ機構

Advanced & Intermediate



最大2048GPUまで誰でも利用可能
すぐ使えるソフトウェア、データセット、
学習モデル等を提供

Beginner



初学者にも使いやすい統合開発環境を実現

「AIを試す場」
人工知能産業のための
オーブンプラットフォーム形成
最先端のAI研究から
誰でも試して使えるAIまで



数百の研究機関・大学・企業による利用・協業、
数千の研究者・エンジニアによる利用を促進

ABCI のこれまで

- 2018.4 ABCI グランドチャレンジ 第1回公募開始
- 2018.6 TOP500 List: 19.9 PFLOPS で世界5位 (国内1位)、Green500 List: 12.054GFLOPS/W で世界8位
- 2018.8 本運用開始
- 2018.10 HPCI の計算資源として提供開始
- 2018.11 TOP500 List: 世界7位 (国内1位)、Green500 List: 14.423GFLOPS/W で世界4位 (国内2位)
- 2018.11 ソニーが ABCI において ImageNet/ResNet-50 Training で世界最速 (224秒) を達成
- 2019.4 富士通研究所が ABCI において ImageNet/ResNet-50 Training で世界最速 (75秒) を達成
- 2019.6 富士通研究所が前記の記録更新 (70秒)、MLPerf Training v0.6 結果で NVIDIA、Google を上回る
- 2019.8 ABCIを用いて5日間強化学習を行った囲碁AI「GLOBIS-AQZ」が世界5位
- 2019.10 ABCI クラウドストレージサービスの運用開始
- 2020.4 HPCI臨時課題募集「新型コロナウイルス感染症対応」への計算資源提供を開始
- 2020.6 ABCI ユーザグループの設立
- 2020.11 MLPerfHPC (v0.7) で最高レベルの性能を達成
- 2020.12 ABCI データセットサービスの運用開始
- 2021.5 **NVIDIA A100 GPU 960基を追加し、ABCI 2.0 にアップグレード**
- 2021.6 TOP500 List: 22.2 PFLOPS で世界12位 (国内2位)
- 2021.12 データセット公開支援プログラムを開始
- 2023.2 ABCI グランドチャレンジにて V-Week (544 x V100 GPU, 24x7時間) クラスを開始
- 2023.7 大規模言語モデル支援プログラムを開始 (最大 640 x A100 GPU, 最大60日間の予約利用)

ABCI のストレージサービス

- 計算ノードのローカルディスク
- 共有ファイルシステム
 - スクラッチ利用
 - ローカルディスクを用いて、オンデマンドに構成できるファイルシステム: /beond
 - キャッシュとして利用可能な高速共有スクラッチ領域: /scratch
 - Home 利用: /home
 - 利用者の \$HOME 領域。1 アカウントにつき、200GiB が割り当てられ、容量追加は不可。
 - Groups, Projects 利用: /groups, /projects
 - 利用グループ、プロジェクト毎に割り当てられる。
 - 初期クォータ値は 0TiB。250TiB まではポータルから容量追加（即反映）が可能。
 - 1TiB のクォータ増量につき、毎月 5 ABCI ポイントが課金される。
 - 特別利用: /bb
 - グランドチャレンジ 等の特定用途向けの高速領域
- クラウドストレージ
 - S3 互換インタフェースのオブジェクトストレージ。ABCI 内外からアクセス可能。

ABCI 全体概要

計算リソース

- 計算ノード(A) x 120台**
- CPU: Intel Xeon Platinum 8360Y x 2
 - GPU: NVIDIA A100 SXM4 x 8
 - Memory: 512GiB
 - NVMe SSD: Intel SSD DC P4510 2.0TB x 2
 - Interconnect / InfiniBand HDR x 4

- 計算ノード(V) x 1088台**
- CPU: Intel Xeon Gold 6148 x 2
 - GPU: NVIDIA V100 SXM2 x 4
 - Memory: 384GiB
 - NVMe SSD: Intel SSD DC P4600 1.6TB x 1
 - Interconnect: InfiniBand EDR x 2

- メモリインテンシブノード x 10台**
- CPU: Intel Xeon 6132 x 2
 - Memory: 768GiB
 - SSD: Intel SSD DC S4500 1.9TB x 1
 - Optane SSD: Intel Optane SSD P4800X 1.5TB x 2
 - Interconnect: InfiniBand EDR x 2

共有ファイルシステム

- DDN SFA14KX (w/ SS8462 Enclosure x 10) x 3**
- 12TB NL-SAS HDD x 2400
 - 3.84TB SAS SSD x 216

- DDN SFA14KX (w/ SS9012 Enclosure x 5) x 1**
- 7.68TB SAS SSD x 216

- DDN ES7990X (w/ SS9012 Enclosure x 2) x 3**
- 18TB NL-SAS HDD x 801

- DDN ES400NVX x 3**
- 7.68TB NVM2 SSD x 69

ABCIクラウドストレージ

- HPE Apollo 4510 Gen10 x 24**
- 12TB SATA HDD x 1440

- インタラクティブノード / ゲートウェイノード**

計算ネットワーク (InfiniBand EDR/HDR)

サービスネットワーク (10GbE)

/projects, /scratch を構成する機材

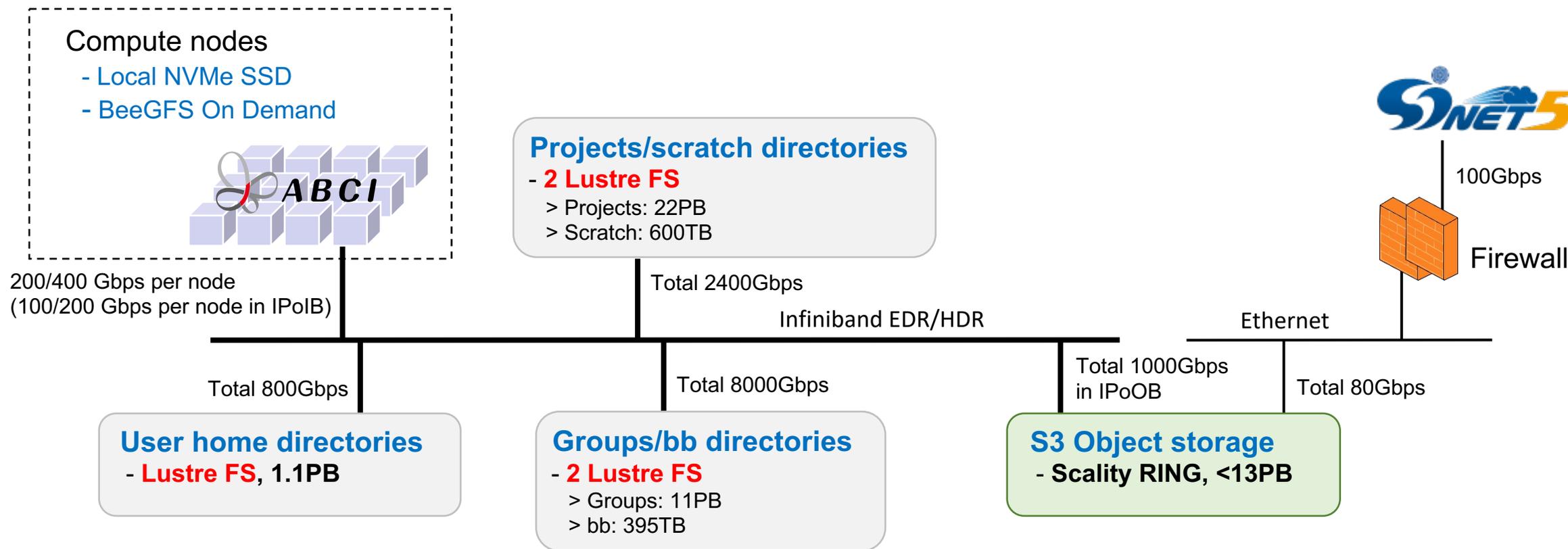
/home を構成する機材

/groups を構成する機材

/bb を構成する機材

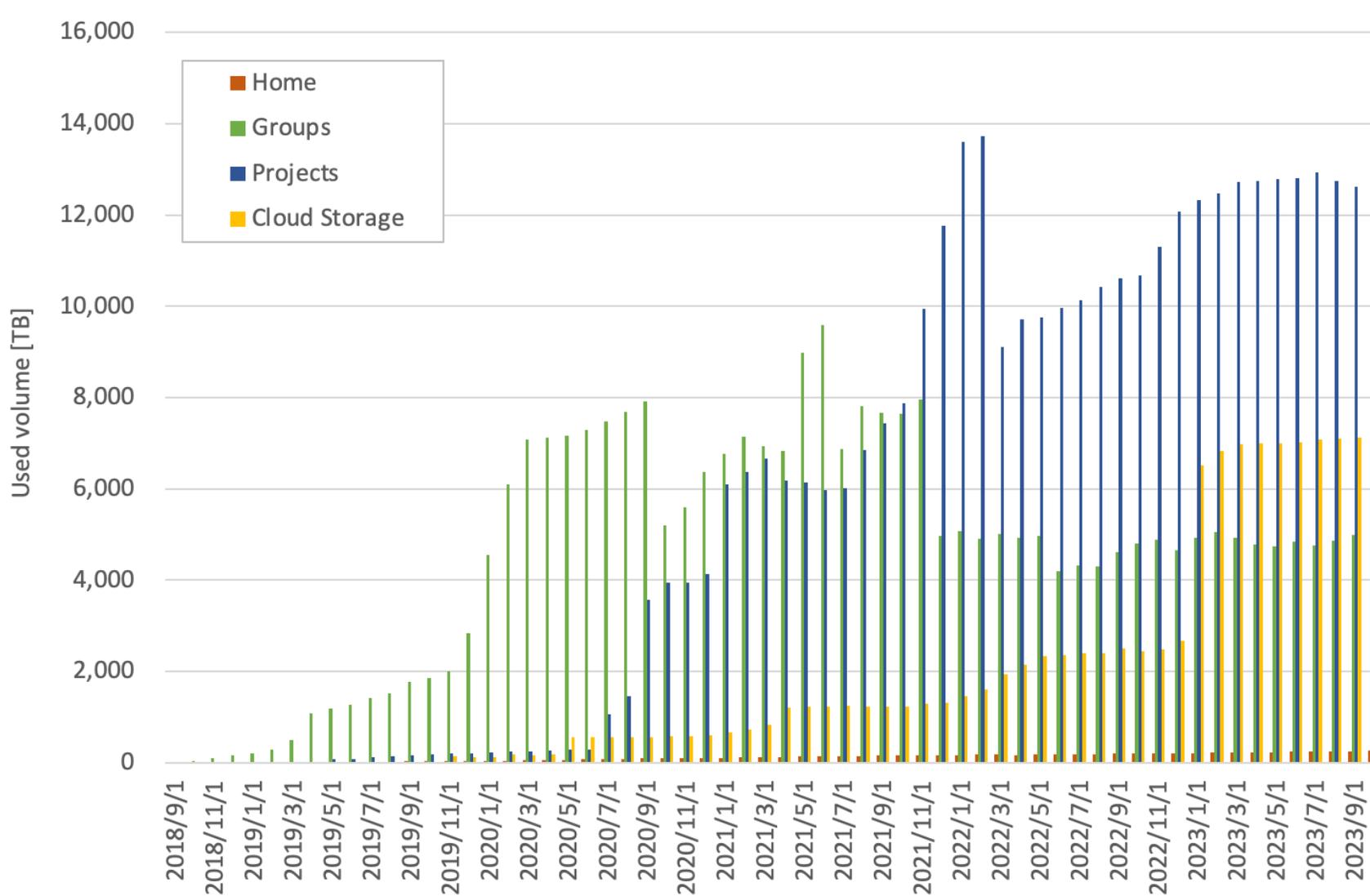


ストレージサービスの全体概要



※ 最初から、このような設計をしていたわけではない。
増設、利用者要望、運用／ベンダー提案等を通して、現在のような形となった。

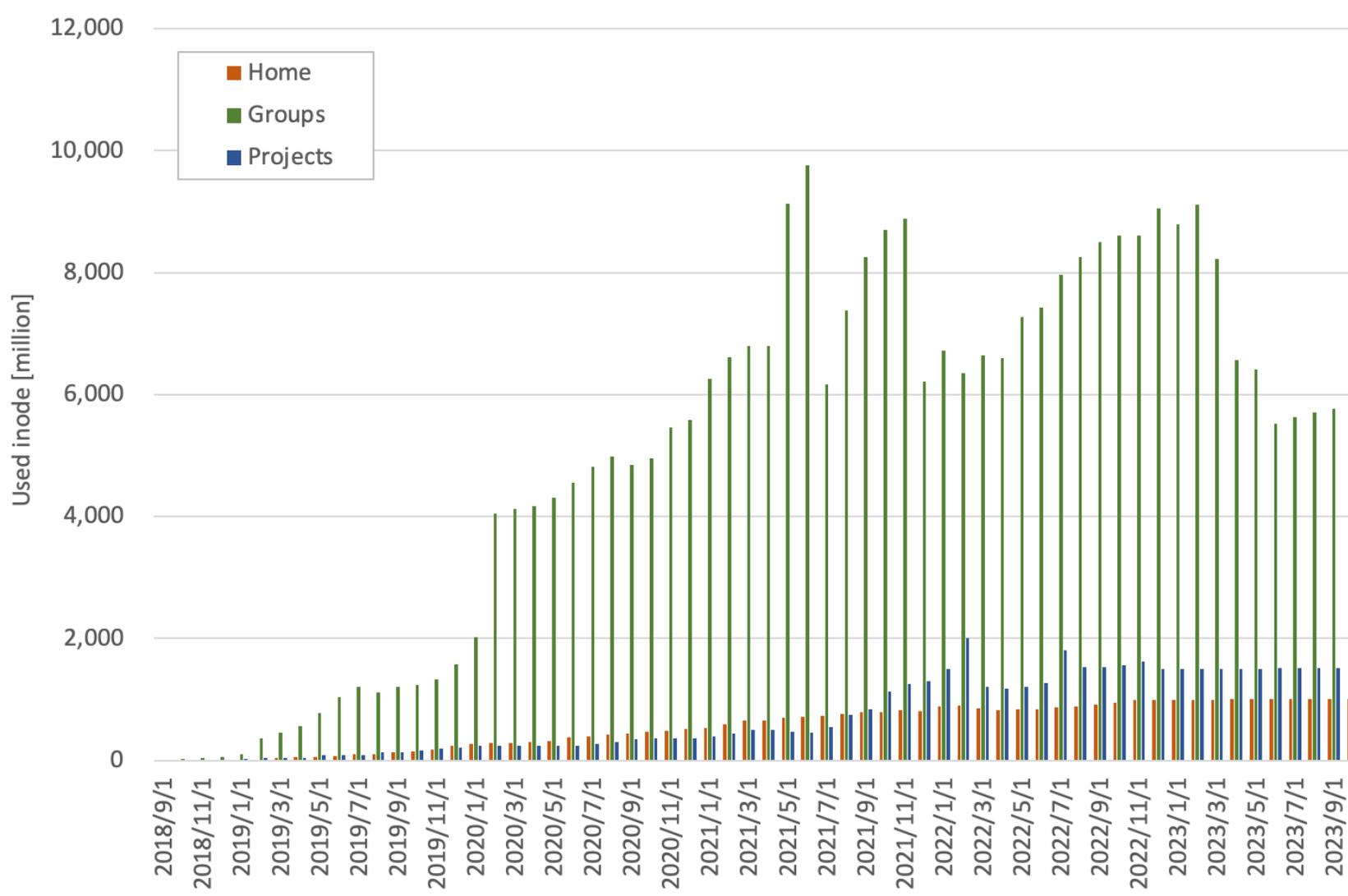
共有ファイルシステムの使用量（容量）



- 最大容量に対しては、いずれも余裕あり
- データ移行、一括削除等による上下が見られる
- 今年以降は、Cloud Storageも利用が増加

※ 現構成になる以前のデータは、/groups、/projects 相当として計算

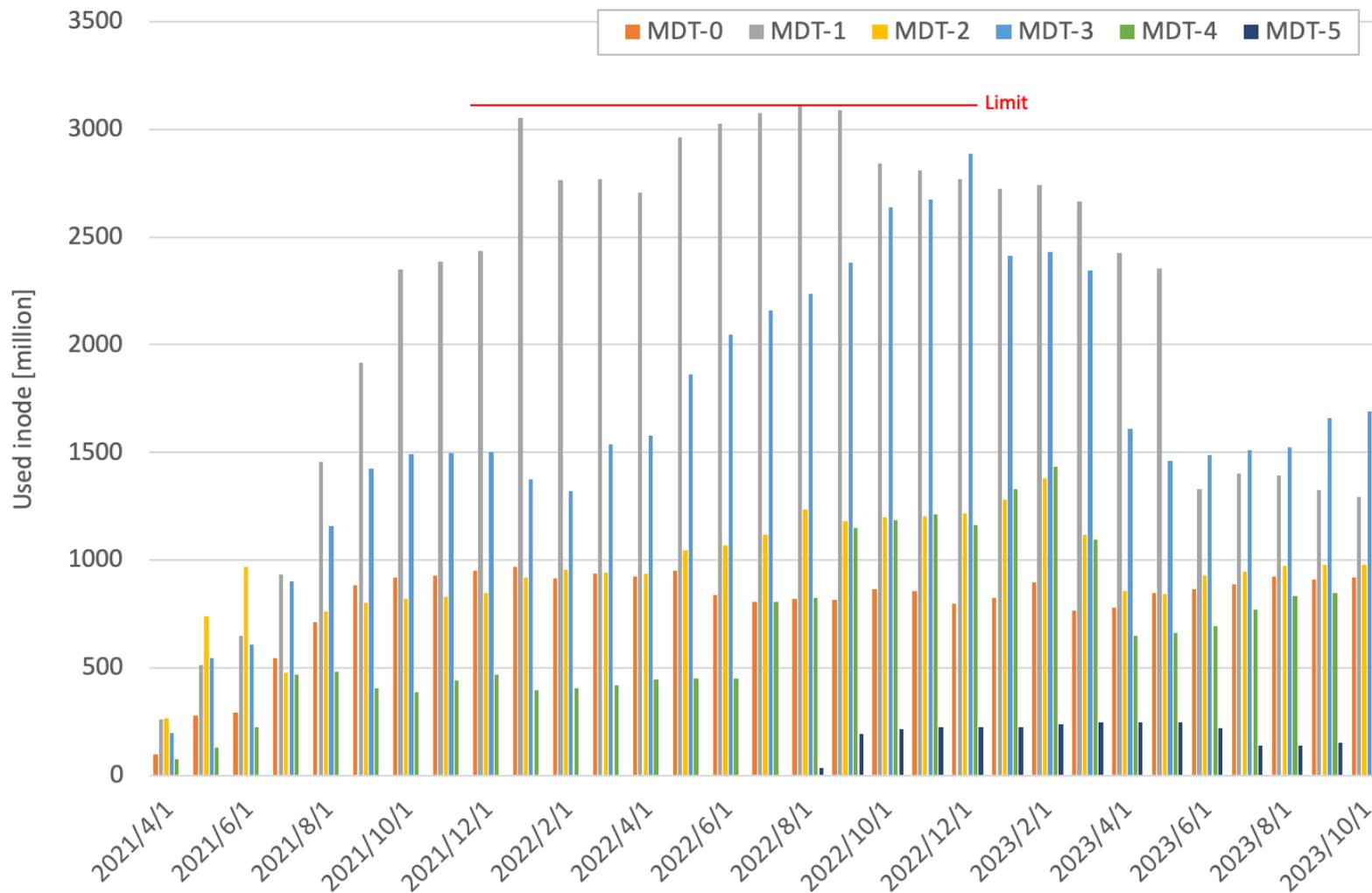
共有ファイルシステムの使用量 (inode)



- 最大数に対しては、いずれも余裕あり
 - ただし、/groups は MDT 毎に見ると空き inode 量が切迫
- データ移行、一括削除等による上下が見られる
- /projects の使用率は容量に比べて小さい

※ 現構成になる以前のデータは、/groups、/projects 相当として計算

共有ファイルシステムの使用量 (inode)



設定

- DNE (Distributed Namespace) を利用し、ディレクトリ分割。
- グループ単位で使用 MDT を割り当て。
- inode quota なし。

問題

- 特定グループが過剰に使用。

対策

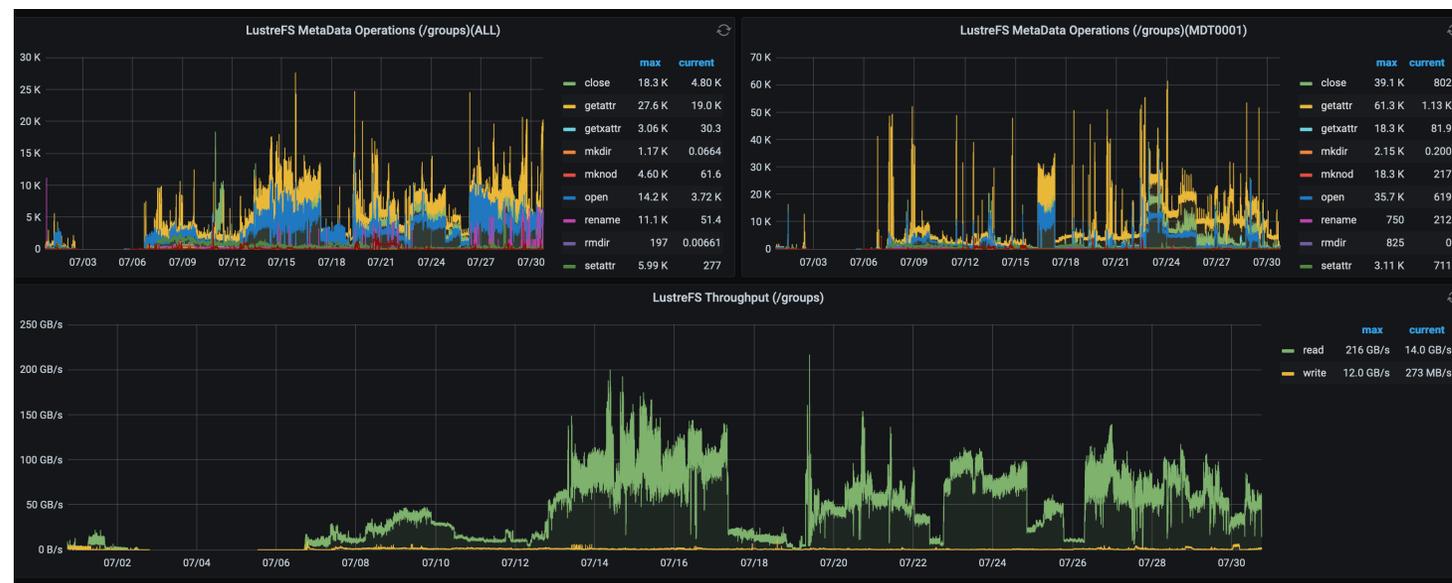
- 割り当ての見直し。
- inode quota 導入。
- HDF 等の Container file の利用を強く要請。

※ 現構成になる以前のデータは、/groups、/projects 相当として計算

共有 FS の I/O モニタリング、および解析の開始

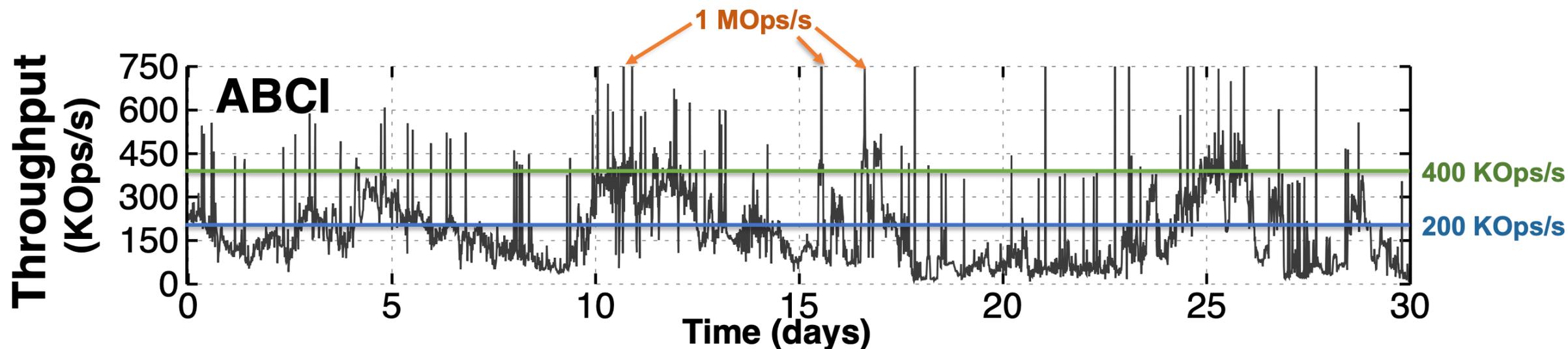
- 2021.4 以前は Spectrum Scale GUI により、Groups, BB をモニタリング
 - Read/Write の転送 Bytes、OPS 等をクライアントやストレージサーバのノード単位で確認可能
- ABCI 2.0 へのアップグレードにおいて DDN Monitoring Tool (LustrePerfMon) を導入
 - ファイルシステム単位でユーザ毎、ノード毎、ジョブ毎の I/O 情報を1分間隔で取得
 - I/O 情報：open, close, stat 等のメタデータ操作、read, write 操作
 - Grafana による時系列での可視化
 - 利用者には未公開

運用チームによる異常検知は、
他の手段と組み合わせて実施



I/O ワークロード (1)

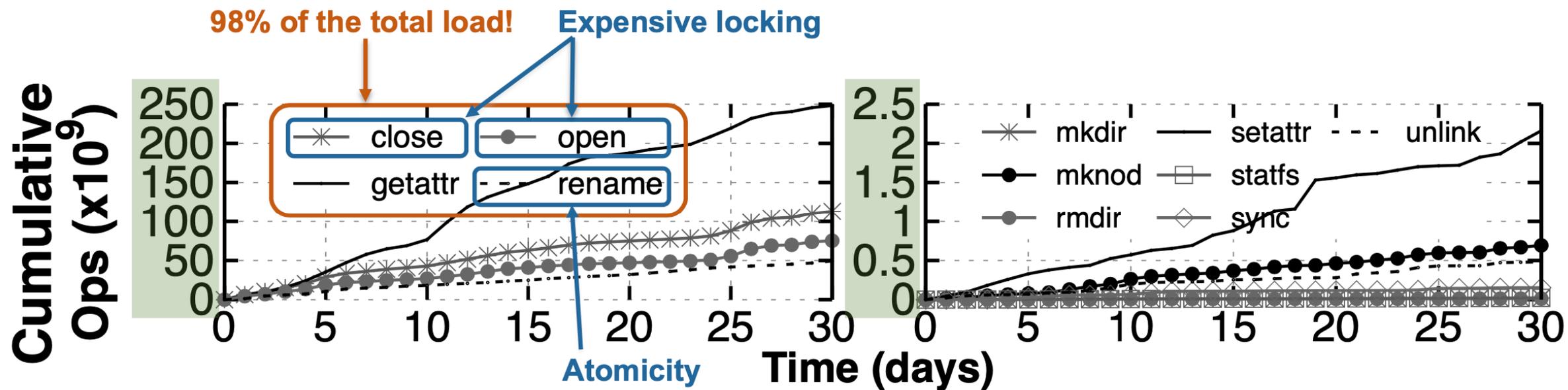
- ABCI の /groups (10.64PB) のメタデータ操作量
 - 平均: 200K ops/sec
 - バースト時間帯: 400 K ops/sec が数時間～数日続く。ただし、50K ops/sec 以下の時間も少なくない。
 - ピーク: 1M ops/sec
- NERSC の Edison (Cray XC30 2.4PF)、Cori (Cray XC40 30PF) の PFS (6.48PB) との比較
 - 平均: 9.7K ops/sec (open と close で 7K ops/sec)
 - バースト時間帯: 29K ops/sec
 - ピーク: 43.5K ops/sec



R. Macedo et al. "Protecting Metadata Servers From Harm Through Application-level I/O Control," REX-IO 2022 Workshop

I/O ワークロード (2)

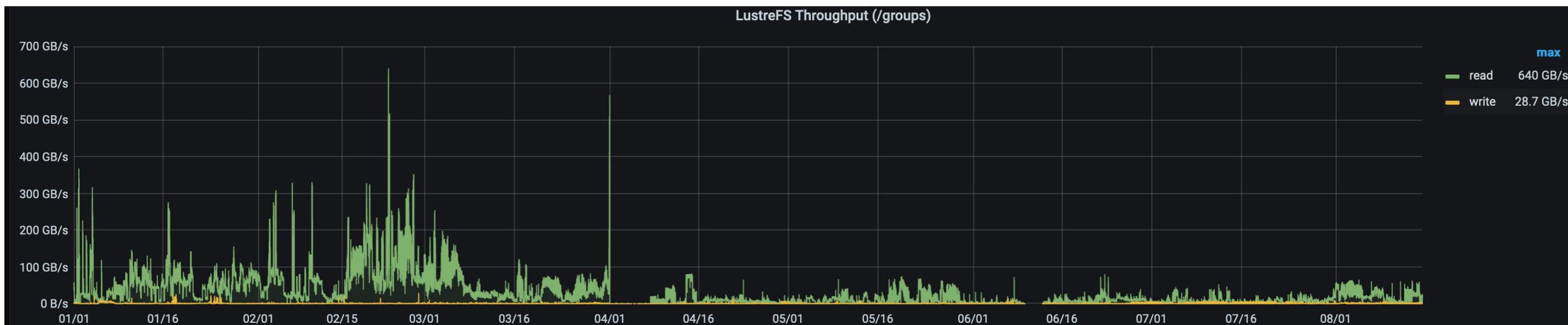
- ABCI の /groups (10.64PB) の主要なメタデータ操作
 - open, close, getattr, rename が全体の 98% を占める
 - open, close, rename: 名前空間のロックが必要
 - rename: アトミック操作が必要
 - getattr: 30日間で2500億回、平均 95.8K ops/sec



R. Macedo et al. "Protecting Metadata Servers From Harm Through Application-level I/O Control," REX-IO 2022 Workshop

I/O ワークロード (3)

- ABCI の /groups (10.64PB) の Read / Write スループット
 - Read が圧倒的に多い
 - 最大 640 GB/s
 - 混雑時は 100 GB/s 前後、時々 300 GB/s 前後に達する
 - Write は最大で 28.7 GB/s



※ グランドチャレンジや特別プロジェクトは /bb、/projects 利用なので、これに含まれない。

これまでの運用において遭遇した主な事象

- inode 使用量の切迫
 - 2022年度末まで制限なし、現在はグループ毎に上限（200M）を設定
 - Many small I/O 高速化のために検討していた Data on MDT (DoM) 導入の保留
- I/O 性能に関する苦情
 - 混雑時には一定頻度で苦情は届く
 - 障害でないことの確認、回避手段（/scratch、ローカルディスク利用等）の情報提供
- データ移行
 - 新しい機材の導入、FS 再構成のために必要になった。
 - 1年かけてグループ毎に少しずつ移動、主に運用側による作業（それなりの手間）
- 容量管理
 - 一律の容量上限（250TiB）+ 特例申請で運用し、問題は生じていない。
 - ただし、複数のストレージにまたがる管理は面倒
 - 大容量使用グループ（250TiB 以上）は /projects を割り当て、それ以外は /groups 割り当て
- 停電
 - 問題は起きていない。UPS が切れても、バッテリーにより正常終了できている。

運用における課題/今後の取り組み

- 運用チームの負荷軽減
 - 容量等の管理、データ移行は最小化したい
- 非効率な I/O への対策
 - 苦情を減らすだけでなく、問題を生じさせているユーザ自身にも恩恵
 - アプリケーション実行毎にどこが遅いか、なぜ遅いかが分かるようにしたい
 - ローカルディスクの活用を促進
- セキュリティ要件への対応
 - 暗号化はユーザ選択可にできるとよい
 - マルチテナント対応もできるとよい（需要あり）
- 品質制御
 - 長期課題、ポリシー設定がそんなに容易ではない

ABCI の中で活躍したい人を募集中

産総研特別研究員 公募

https://unit.aist.go.jp/hrd/keiyaku_koubo/2023-digiarc_0014.html

- 研究内容

- 膨大なデータを用いた大規模機械学習、学習済みモデルやデータセットの共有と転移学習等への応用を支援する AI 処理サービス基盤技術の研究

- 応募資格

- AI（機械学習や深層学習等）やその応用を支える基盤ソフトウェア、データ管理技術、クラウド技術、システム運用技術に関する研究に関心があること
など

- 応募締切

- 2023年11月30日（適任者決定次第締切） → 延長予定

