テクニカル レポート

NetApp FlexGroup
技術概要

ネットアップ、Justin Parisi
2017 年 2 月 | TR-4557

概要

このドキュメントでは、NetApp® ONTAP®の新しい機能である NetApp FlexGroup™ボリュームの概要について説明します。NetApp FlexGroup は、スケールアウト NAS コンテナの進化形であり、メタデータの負荷が高いワークロードにおいて、ほぼ無制限の容量と予測可能な低レイテンシのパフォーマンスの両方を実現します。NetApp FlexGroup に関してこのドキュメントでカバーされていない情報がある場合は、flexgroups-info@netapp.com まで E メールでお知らせください。今後の改定で必要に応じて追加します。ベストプラクティスについては、TR-4571：『NetApp FlexGroup Best Practices and Implementation Guide』を参照してください。

 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

改訂履歴

バージョン	日付	ドキュメントの改訂履歴
バージョン 1.0	2016 年 10 月	初版リリース
バージョン 1.1	2016 年 12 月	ONTAP 9.1RC2
バージョン 1.2	2017 年 2 月	ONTAP 9.1 GA

目次

改訂履歴 2

1 データの増大 4

1.1 フレキシブル ボリューム：実証済みのソリューション 4

1.2 Infinite Volume：大容量、ただし制限あり 5

1.3 NetApp FlexGroup：NAS の進化 5

2 用語 6

3 NetApp ONTAP FlexGroup のメリット 7

3.1 メタデータ比率の高いワークロードに対し、大容量と予測可能な低レイテンシを実現 7

3.2 すべてのクラスタ ハードウェアを効率的に使用 7

3.3 シンプルで管理が容易なアーキテクチャと負荷分散 7

3.4 ビッグ データに最適な高密度 8

3.5 優れた耐障害性 8

4 ユースケース 8

4.1 NetApp FlexGroup でサポートされている機能 8

4.2 理想的なユースケース 9

4.3 理想的ではないケース 9

5 パフォーマンス 9

5.1 FlexVol と FlexGroup の比較：ソフトウェア ビルド 10

5.2 FlexGroup とスケールアウト NAS 競合製品の比較：少ないリソース、高い性能 11

6 NetApp FlexGroup の技術概要 15

6.1 FlexGroup ボリュームの概要 15

6.2 ファイルの作成と自動ロード バランシング 15

6.3 64 ビットのファイル ID 19

7 NetApp FlexGroup の機能 20

7.1 簡易性 20

7.2 データ保護 26

7.3 ストレージの効率性 28

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

8 付録 29

コマンドライン例 29

FlexGroup の統計 30

FlexGroup でのデータ取り込み負荷分散の表示 31

FlexGroup ボリュームにファイルを生成する Python スクリプトの例 32

9 参考資料と追加情報 32

表一覧

表 1）NetApp FlexGroup でサポートされている ONTAP 機能のリスト 8

表 2）サポートされていない SMB 2.x および 3.x の機能 9

表 3）FlexGroup 用の新しいボリューム コマンド オプション 21

表 4）System Manager 使用時のアグリゲート数に対する FlexVol メンバー数 24

表 5）各 ONTAP バージョンにおける FlexGroup の Storage Efficiency サポート 28

図一覧

図 1）100TB 超の容量に対応する FlexVol によるジャンクション アーキテクチャ 4

図 2）ONTAP での NAS ファイル システムの進化 5

図 3）GIT ベンチマーク – FlexGroup と FlexVol の Linux コンパイルの比較 10

図 4）GIT ベンチマーク – FlexGroup と FlexVol の gcc コンパイルの比較 10

図 5）NetApp FlexGroup（2 ノード クラスタ）と競合製品（14 ノード クラスタ）の比較：標準の NAS ワークロード 11

図 6）FlexVol と FlexGroup の比較：ワークロード増加時の最大スループットの傾向 12

図 7）FlexVol と FlexGroup の比較：ワークロード増加時の最大スループットの傾向 – 詳細 12

図 8）FlexVol と FlexGroup の比較：平均合計 IOPS の最大値 13

図 9）NetApp FlexGroup を使用した FAS8080（15.3TB SSD を搭載したシェルフ×2） 14

図 10）FlexGroup ボリュームの図解 15

図 11）リモート ハード リンクによるファイルのリモート配置 16

図 12）新しい FlexGroup ボリュームの作成 23

図 13）アグリゲートの手動選択 23

図 14）OnCommand System Manager で FlexGroup ボリュームへの共有を作成 24

図 15）System Manager での FlexGroup の概要 24

図 16）OPM での FlexGroup メンバー ボリューム 25

図 17）OPM での FlexGroup メンバー ボリュームのグラフ表示 25

図 18）OPM での FlexGroup メンバー ボリュームのグラフ表示 – 拡大図 26

図 19）FlexGroup Snapshot コピー 27

図 20）FlexGroup での理想的なデータ取り込み 31

 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

1 データの増大

ハード ドライブのコストが下がり、フラッシュ ハード ドライブの容量が飛躍的に増大するなか、ファイル システムも例外ではありません。数十ギガバイトのファイル システムの時代は終わりました。大容量とエンタープライズレベルのパフォーマンスを求めて、ストレージ管理者に対するアプリケーション所有者の要求はますます高まっています。

Hadoop など新しいビッグ データ フレームワークでは、単一のネームスペースでペタバイト規模（数十億個のファイル）のストレージが必要となることもあり、NAS ファイルシステムの進化を求める機は熟しています。NetApp FlexGroup は、こうしたアーキテクチャに理想的なソリューションです。

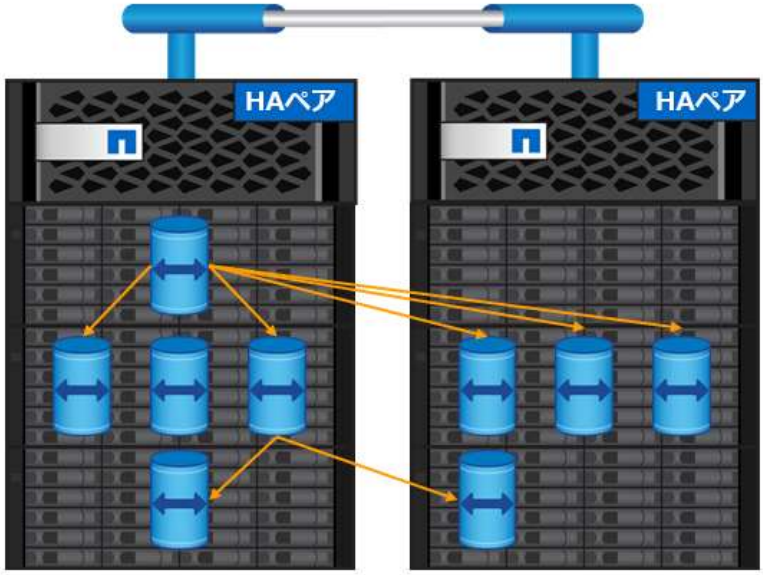
1.1 フレキシブル ボリューム：実証済みのソリューション

フレキシブル ボリュームである NetApp FlexVol®ソフトウェアは、Data ONTAP 7.0（7-Mode）リリースの一環として、2005 年に NetApp Data ONTAP®テクノロジに導入されました。FlexVol の目的は、ストレージ ファイルシステムをハードウェア構成全体にわたって仮想化することにより、絶えず変化するデータセンターにおける柔軟なストレージ管理を実現することでした。

FlexVol は、無停止で拡張または縮小でき、シンプロビジョニングされたコンテナとしてストレージ オペレーティング システムに割り当てることで、ストレージ システムのオーバープロビジョニングを可能にしました。ストレージ管理者は、ユーザの要求に応じてスペースを柔軟に割り当てることができます。

ただし、データが増大すれば、ファイルシステムも拡張する必要があります。FlexVol の最大容量は 100TB で、ほとんどのストレージ ニーズに対応できます。また、Data ONTAP には、FlexVol と連動可能なクラスタ アーキテクチャも追加されました。しかし、単一のネームスペースで大量のストレージを使用するケースでは、ペタバイト規模のストレージが必要です。下のは、大容量のネームスペース用の FlexVol を使用したジャンクション設計の例を示しています。

図 1）100TB 超の容量に対応する FlexVol によるジャンクション アーキテクチャ



© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

1.2 Infinite Volume : 大容量、ただし制限あり

NetApp Data ONTAP 8.1.1 では、非常に大規模なストレージを必要とするエンタープライズに対するソリューションとして、Infinite Volume 機能が導入されました。最大 20PB まで単一のネームスペースを無停止で拡張可能な Infinite Volume は、大量のデータにも十分に対応可能なストレージを提供します。

単一ネームスペースのメタデータ ボリュームの制限

Infinite Volume ではすべてのメタデータ処理に単一ネームスペースのボリュームを使用するため、いくつかの制限があります。

- ボリュームのアフィニティの制限およびシリアル処理によって CPU の効率が左右されるため、大量のメタデータではパフォーマンスが不十分
- メタデータ ボリュームが原因で FlexVol を 1 つしか使用できないため、最大ファイル数が 20 億に制限される
- SVM を FlexVol と共有できない
- SMB 2.x および 3.x がサポートされない

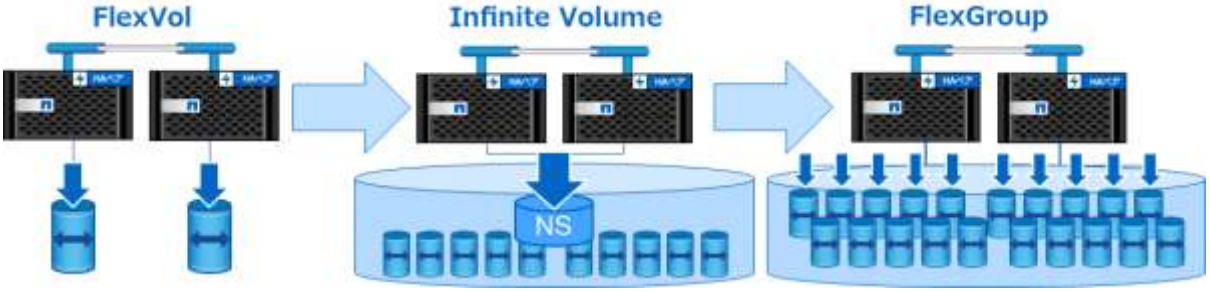
上記の理由から、Infinite Volume はアーカイブ データの格納には最適ですが、予測可能な低レイテンシが求められるビッグ データ環境のいくつかのユースケースに対応することはできません。

1.3 NetApp FlexGroup : NAS の進化

ONTAP 9.1 は、スケールアウト NAS ファイル システムに NetApp FlexGroup という革新をもたらします。

FlexGroup ボリュームを使用した場合、ストレージ管理者は、大規模な単一のネームスペースをほんの数秒で簡単にプロビジョニングできます。NetApp FlexGroup で扱える容量は Infinite Volume と同じ最大 20PB です。ただし Infinite Volume とは異なり、200 個のコンスティチュエント メンバー ボリュームを使用して負荷を動的に分散し、すべてのメンバーに均等にスペースを割り当てることで、FlexGroup は最大 4,000 億個のファイルをサポートします。FlexGroup ボリュームではメンテナンスや管理の手間も必要ありません。単に FlexGroup ボリュームを作成して NAS クライアントと共有するだけで、面倒な処理は ONTAP が行います。

図 2）ONTAP での NAS ファイル システムの進化



© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

2 用語

NetApp ONTAP の通常の用語の多く（Storage Virtual Machine、論理インターフェイス[LIF]、FlexVol など）は、TR-3982：『NetApp clustered Data ONTAP 8.3.x および 8.2.x』で説明されています。FlexGroup に固有の用語については、以降のセクションで説明します。

FlexGroup

FlexGroup ボリュームは、複数のコンスティチュエント メンバー ボリュームで構成された単一のネームスペースで、ストレージ管理者は FlexVol と同様に使用および管理することができます。FlexGroup ボリューム内のファイルは、個々のメンバー ボリュームに割り当てられ、複数のボリュームやノードにまたがってストライプされることはありません。

アフィニティ

特定の処理を単一のスレッドに紐づけることを意味します。

Automated Incremental Recovery（AIR）

Automated Incremental Recovery（AIR）は、停止や管理者の介入なしで FlexGroup の不整合を動的に修復する ONTAP の新しいサブシステムです。

コンスティチュエントとメンバー

コンスティチュエントとメンバーは、FlexGroup においては同じ意味で用いられます。FlexGroup ボリュームを構成する FlexVol を指し、FlexGroup ボリュームだけが提供する容量やパフォーマンスの向上を実現します。

取り込み

取り込みは、ファイルまたはフォルダの作成によってデータを消費することです。

ジャンクション パス

ジャンクション パスは、複数の FlexVol を結合してクラスタ全体をスケールアウトし、複数のボリューム アフィニティを提供することで、FlexVol の最大容量である 100TB を超える容量を提供するプロセスです。ONTAP でジャンクション パスを使用するには、ONTAP ネームスペース内でボリュームを「マウント」します。

大容量ファイル

このドキュメントでは、大容量ファイルという表現が使用されていますが、FlexGroup ボリュームにおける「大容量ファイル」の意味をあらかじめ厳密に定義しておくことが重要です。

FlexGroup ボリュームは、小容量のファイルやメタデータ処理が大量に含まれているワークロードで最もその実力を発揮します。FlexGroup では、システム リソースを最大にしてこれら特定のワークロードに対応することが可能です。また、その他のさまざまなワークロードでも効果を発揮します（このレポートの「ユースケース」セクションを参照）。ただし、大容量ファイルや時間の経過とともに容量が大きくなるファイル（データベース ファイルなど）を扱うワークロードでは、問題が発生する可能性があります。

FlexGroup ボリュームにおいて、大容量ファイルは特定のファイル サイズではなく、割り当てられているスペースの割合で判断されます。したがって、FlexGroup の構成によっては、たとえばサイズが 200GB しかないメンバー ボリュームでは 40GB（メンバー ボリューム サイズの 20%）でも「大容量ファイル」となります。一方で、たとえばメンバー ボリュームのサイズが 100TB の構成では、「大容量ファイル」は 20TB（メンバー ボリューム サイズの 20%）となります。このようなファイルは、FlexGroup ボリュームでの取り込み処理が混乱する原因となったり、メンバー ボリュームが満杯に近付いたときに問題を引きおこす可能性があります。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

オーバープロビジョニングとシンプロビジョニング

ストレージのオーバープロビジョニング（またはシンプロビジョニング）とは、ボリュームのスペース ギャランティ（`guarantee = none`）を無効にする操作です。これにより、その FlexVol のベースとなるアグリゲートの物理容量を超えるスペースを FlexVol に仮想的に割り当てることが可能になります。たとえば、オーバープロビジョニングを使用した場合、物理サイズが 10TB しかないアグリゲート上に 100TB の FlexVol を作成できます。ストレージ管理者は、あとでボリュームを拡張せずに済むようにあらかじめ大容量を割り当てることができます。ただし、使用可能なスペースを細かく監視する必要があるため、管理の手間が発生します。

オーバープロビジョニングされたボリュームで使用可能なスペースには、アグリゲートで実際に使用可能な物理スペースが反映されます。そのため、使用率と使用可能な容量との間に多少のずれがあるように表示されることがあります。ただし、これらの値は、FlexVol で使用可能な仮想スペースに対する、実際に使用可能なスペース割合を示しているにすぎません。オーバープロビジョニングを使用している場合のスペース割り当てをより正確に確認するには、`aggregate show-space` コマンドを使用してください。

リモート アクセス レイヤ（RAL）

リモート アクセス レイヤ（RAL）は、NetApp WAFL®（Write Anywhere File Layout）システムの新機能です。RAL により、FlexGroup ボリュームは、FlexGroup の複数のコンスティチュエント（メンバー）間で取り込みワークロードを分散させることができます。

リモート ハード リンク

リモート ハード リンクは、NetApp FlexGroup のビルディング ブロックです。通常のハード リンクと同様に動作しますが、ONTAP に固有の機能です。このリンクにより、FlexGroup ボリュームでは、複数のリモート メンバー（コンスティチュエント）間にワークロードを分散させることができます。この場合の「リモート」は、単に「親ボリューム内にない」という意味で、リモート ハード リンクは同じアグリゲートまたはノード上の別の FlexVol メンバーです。

3 NetApp ONTAP FlexGroup のメリット

3.1 メタデータ比率の高いワークロードに対し、大容量と予測可能な低レイテンシを実現

NetApp ONTAP テクノロジには、これまでこの課題に対するソリューションがありませんでした。これまでのバージョンは、アーキテクチャ上の制限やボリューム アフィニティ、具体的には ONTAP の特にメタデータ処理が単一のシリアル CPU スレッドで実施される傾向があることによる制約を受けていました。

FlexGroup 機能は、複数のコンスティチュエント（FlexVol メンバー）間で取り込みワークロードを自動的に分散し、複数のアフィニティを提供してメタデータ比率の高いワークロードを処理することでこの問題を解決します。

3.2 すべてのクラスタ ハードウェアを効率的に使用

ONTAP 内のファイルシステムは、これまで単一の FlexVol コンテナに関連付けられていました。クラスタ内の複数のノードにわたってボリュームを拡張することは可能でしたが、煩雑な管理作業が発生する上に、単一のネームスペースの容量拡張には何の効果もありませんでした。単一のネームスペースの容量拡張を達成する方法としては、ボリュームを互いにジャンクションする方法がありました。図 1 がその例です。

3.3 シンプルで管理が容易なアーキテクチャと負荷分散

FlexVol では、FlexVol を所有する単一のノードまたはアグリゲートの範囲を越えて拡張するには、いくつかのボリュームを互いにジャンクションする必要がありました。この方法は、設計、アーキテクチャ、および管理のオーバーヘッドを必要とするため、ストレージ管理者は日々の貴重な時間をその業務に割く必要がありました。FlexGroup ボリュームの場合、NetApp OnCommand® System Manager に新しく追加された[FlexGroup]タブを使用して、クラスタ内のすべてのノードおよびアグリゲートにまたがるストレージを 1 分もかからずにプロビジョニングできます。

 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

3.4 ビッグ データに最適な高密度

FlexGroup ボリュームは、以下に挙げる ONTAP の優れた Storage Efficiency 機能を使用して、大量のデータをデータセンターの限られたストレージに圧縮する機能を提供します。

- シンプロビジョニング
- データ コンパクション
- インライン データ圧縮
- インライン重複排除

さらに、ONTAP は 15.3TB のソリッド ステート ドライブ（SSD）をサポートしており、1 台の 24 ドライブ エンクロージャで最大 367TB の物理容量が実現します。NetApp FlexGroup を使用すれば、わずか 10U のラック スペースでペタバイトに近い物理容量を確保することが可能です。これにより、冷却、消費電力、ラック レンタル スペースのコストが削減されます。

3.5 優れた耐障害性

NetApp FlexGroup で新たに加わったメリットとして、Automated Incremental Recovery（AIR）という新しいリカバリ インフラがあります。AIR は、クライアントからのデータ アクセスで見つかったメタデータの不整合をリアルタイムで処理します。リカバリ中にファイル システムへのアクセスが停止することは、ほとんどまたはまったくありません。管理者の介入なしで、また FlexGroup がオフラインになることもなく、不整合が修復されます。

4 ユースケース

NetApp FlexGroup は一部のユースケースにおいて最大のメリットをもたらします。これらのユースケースについては「理想的」なユースケースとして以下に記載します。FlexGroup ボリュームにはこれ以外のユースケースも考えられますが、まだ完全には検証されていません。ほとんどの場合、ユースケースはサポートされている機能セットを対象としたものです。

4.1 NetApp FlexGroup でサポートされている機能

次の表は、NetApp FlexGroup で現在サポートされている ONTAP 機能のリストです。この表にない機能は、現時点ではサポートされていません。サポートされている機能がリストにない場合は、flexgroups-info@netapp.com まで E メールでご連絡ください。

表 1）NetApp FlexGroup でサポートされている ONTAP 機能のリスト

NetApp FlexGroup でサポートされている ONTAP 機能	
• NFSv3 • SMB2.x / 3.x（RC2 以降） • All Flash FAS • NetApp Snapshot®および SnapMirror® • System Manager および OnCommand Performance Manager • 工場出荷時の設定テンプレート • ポストプロセス重複排除	• データ コンパクション • インライン圧縮 • インライン データ重複排除 • シンプロビジョニング • クォータ レポート • コンスティチュエント ボリューム移動 • RAID の 3 重イレイジャー コーディング • アグリゲートごとの CP

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

表 2）サポートされていない SMB 2.x および 3.x の機能

サポートされていない SMB 2.x の機能	サポートされていない SMB 3.x の機能
• サーバ側のコピー オフロード • 変更 / 通知 • CA 共有 • SMB リモート VSS • ストレージ レベルのアクセス保護 • ファイルの監査 • NetApp FPolicy®ソフトウェア コンポーネント	SMB 3.x に固有の機能は、いずれも現時点では NetApp FlexGroup ボリュームでは使用できません。

4.2 理想的なユースケース

FlexGroup ボリュームは、取り込み時の負荷が高く（新規データの作成）、同時処理が多く、サブディレクトリ間で均等に分散されている次のようなワークロードに最適です。

- 電子設計自動化
- ログ ファイルのリポジトリ
- ソフトウェアのビルド / テスト環境（GIT など）
- 地殻解析 / 石油とガス
- メディア資産または HIPAA のアーカイブ
- ファイル ストリーミングのワークフロー
- 非構造化 NAS データ（ホーム ディレクトリなど）
- ビッグ データ（Hadoop と NetApp NFS コネクタ）

4.3 理想的ではないケース

現在 FlexGroup ボリュームでの使用が推奨されていないワークロードは次のとおりです。

- 非常に大容量のファイル（数 TB）
- 時間の経過とともに拡大する大容量ファイル（データベースなど）
- クローニングやコピー オフロードの機能を必要とする仮想化されたワークロード
- ストライピングを必要とするワークロード
- データと FlexVol の関係のレイアウトに特定の制御を必要とするワークロード

5 パフォーマンス

NetApp FlexGroup は容量プログラムという位置付けですが、パフォーマンス プログラムでもあります。FlexGroup ボリュームにはトレードオフはなく、同じストレージ コンテナで大容量、予測可能な低レイテンシ、高スループットのパフォーマンスを実現できます。これは、ワークロードの同時処理を可能にし、単一のストレージ コンテナに複数のボリューム アフィニティを提供することにより達成され、クライアントやストレージ管理者による管理は必要ありません。ファイル数が多く、大量のメタデータを含むワークロードに対して、複数のボリュームおよびクラスタ ノードを迅速かつ簡単に提示できるため、ONTAP では複数のハードウェア アセットおよび CPU コアを活用したより高速な処理が可能となります。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

5.1 FlexVol と FlexGroup の比較：ソフトウェア ビルド

ソフトウェア ビルド ツール（GIT）を使用した単純なワークロード ベンチマークを実施し、1 台の FAS8080 ノード上に SAS ドライブを含む 2 個のアグリゲートと FlexVol メンバー コンスティチュエント 8 個を含む 1 つの FlexVol という構成と、同じ FAS8080 ノード上に 1 つの FlexVol という構成で、Linux カーネルをコンパイルして比較しました。測定した値は単純な「完了までの所要時間」です。このベンチマークでは、GIT の複数の処理において、FlexGroup ボリュームのパフォーマンスが FlexVol を 2～6 倍上回りました。さらに、同じ GIT テストを All-Flash FAS の gcc コンパイルでも実行しました。

注： gcc コンパイルはより多くのファイルを処理するため、コンパイル時間の差も大きくなります。

図 3）GIT ベンチマーク – FlexGroup と FlexVol の Linux コンパイルの比較

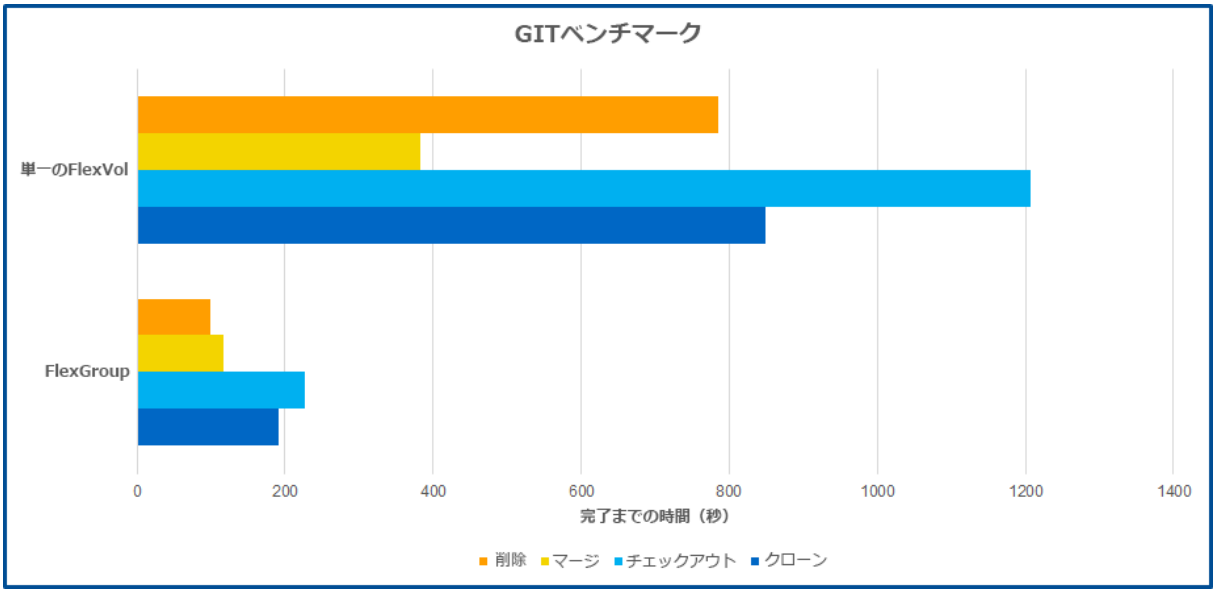
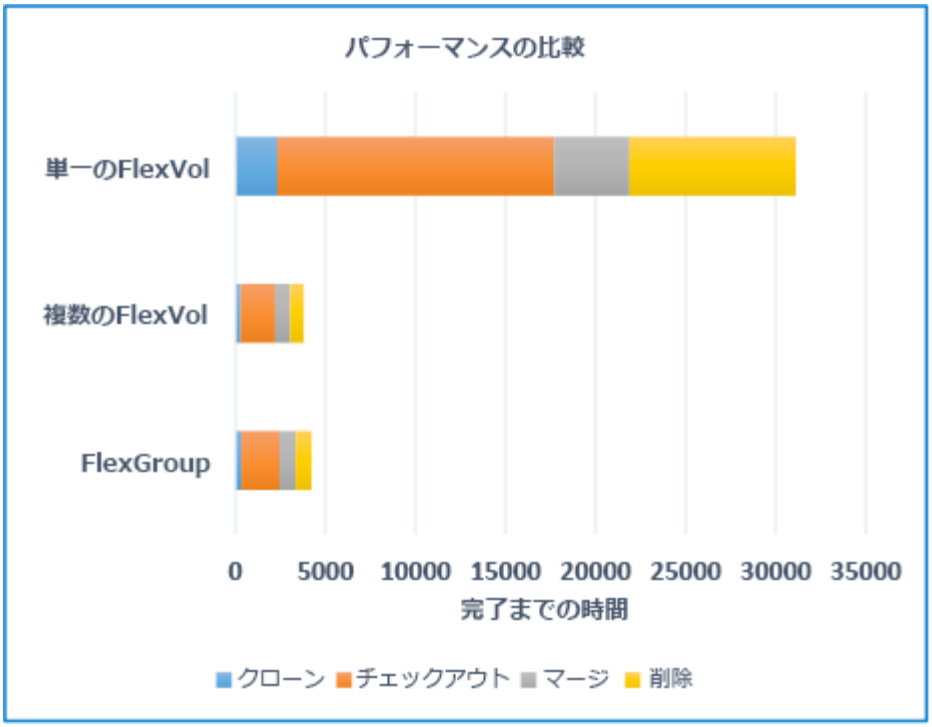


図 4）GIT ベンチマーク – FlexGroup と FlexVol の gcc コンパイルの比較



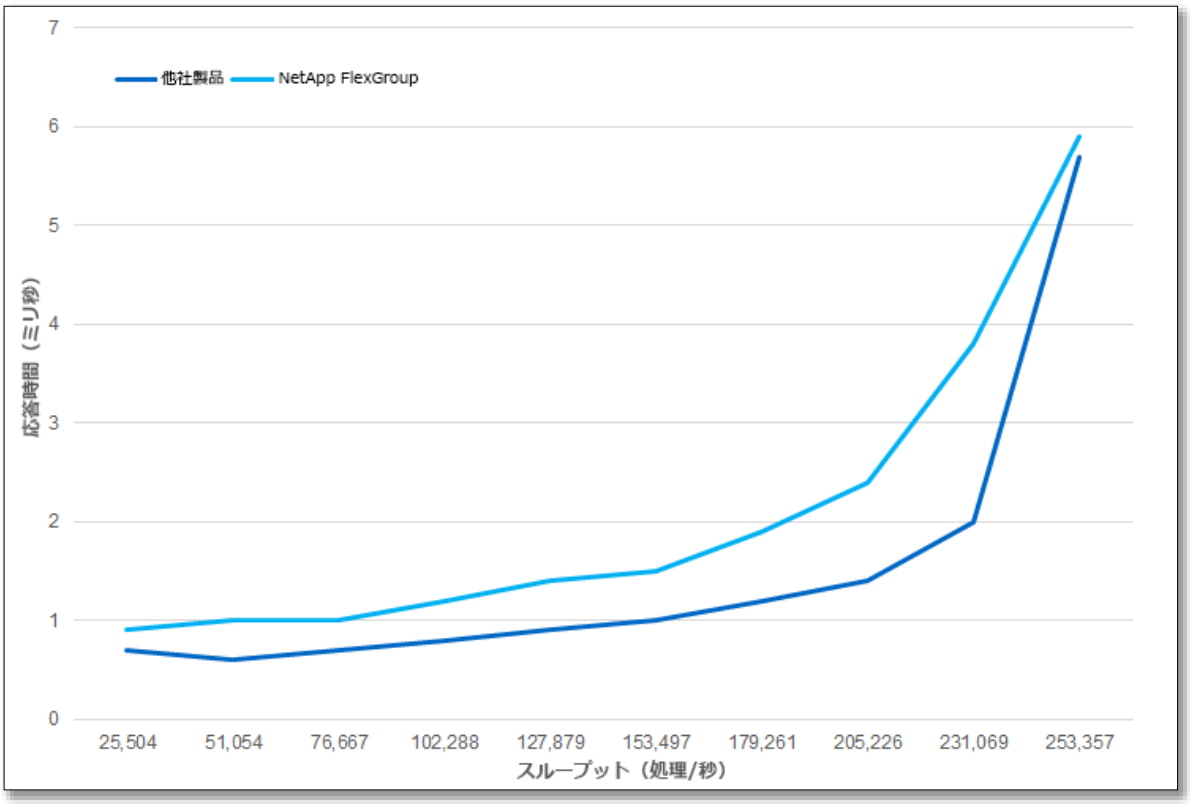
© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

5.2 FlexGroup とスケールアウト NAS 競合製品の比較：少ないリソース、高い性能

もう 1 つのベンチマークでは、SAS ドライブを使用する 2 ノードの FAS8080 クラスタに配置した FlexGroup ボリュームを、14 ノード構成の競合他社製システムと比較しました。他社製システムでも、いくつかの SSD をメタデータのキャッシングに使用しています。このテストでは、標準の NAS ワークロード生成ツールを使用してワークロードをシミュレーションしました。

その結果、8 個のメンバー コンスティチュエントを含む 1 つの FlexGroup ボリュームの 1 秒あたりの処理数は他社の 14 ノード クラスタとほぼ同じで、レイテンシの変化にも大きな違いは認められませんでした。

図 5）NetApp FlexGroup（2 ノード クラスタ）と競合製品（14 ノード クラスタ）の比較：標準の NAS ワークロード



AFF A700 のテスト

4 ノードの AFF8080 のテストに加えて、同じ GIT ワークロードを AFF A700 クラスタでも実行しました。

使用した構成は次のとおりです。

- 2 ノードの AFF A700 クラスタ
- 各ノードに 800GB SSD のアグリゲート×1
- FlexVol：シングル ノード、100%ローカル
- FlexGroup：HA ペア構成、各ノードにメンバー×8（合計 16 個のメンバー）

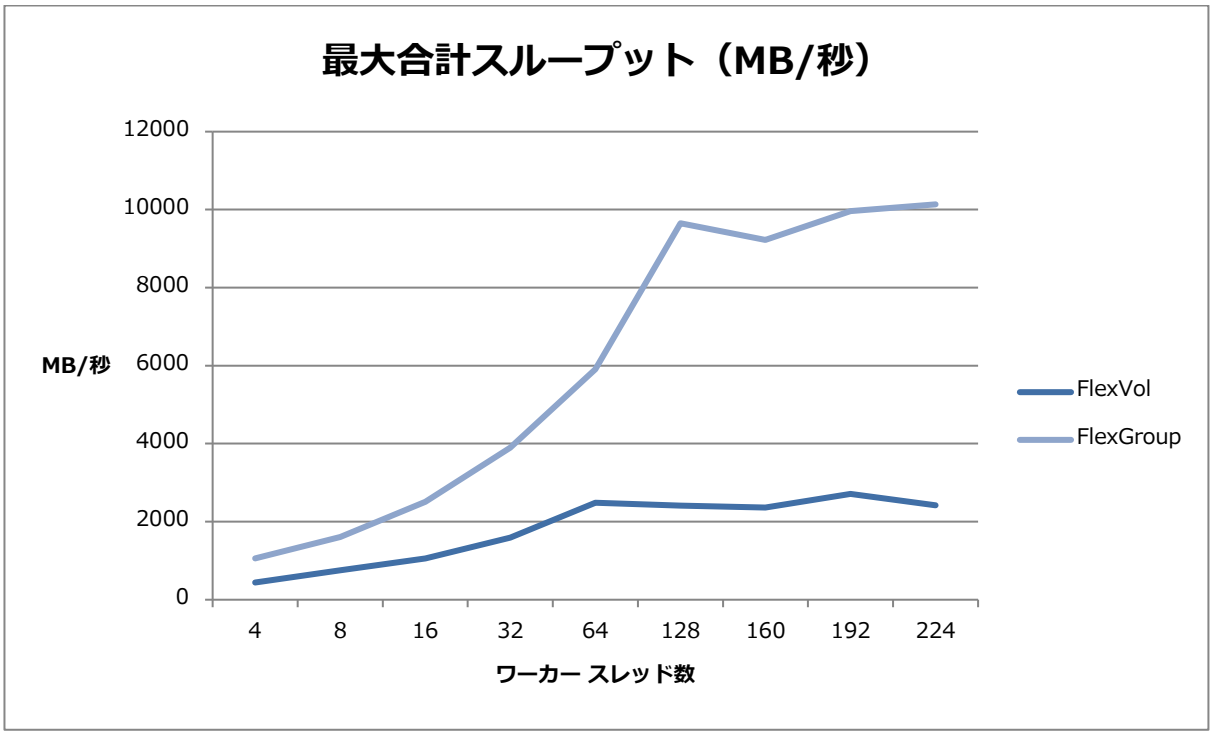
ワークロードは次のとおりです。

- GCC ライブラリ コンパイル
- クローン処理のみ（FlexVol と FlexGroup の両方で最大のスループットを達成）
- 物理サーバ×4
- クライアント上のワークロード / スレッドは 4～224

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

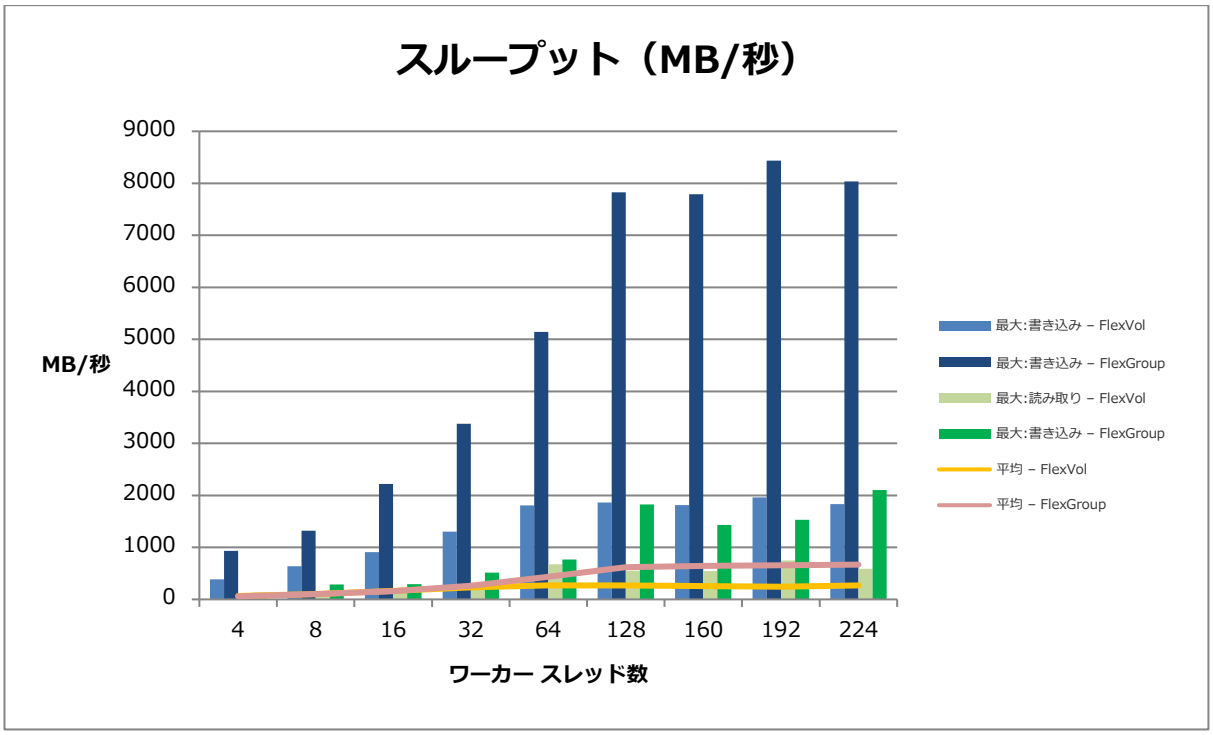
以下のグラフは、単一の FlexVol と、2 つのノードにまたがる単一の FlexGroup での、GIT クローン処理における最大スループット（読み取り+書き込み）を比較したものです。グラフが示すとおり、最大スループットは FlexVol の 5 倍近くに達し、ワークロードが 64 スレッドに達したときに FlexVol に見られるスループットの低下は FlexVol では確認できませんでした。

図 6）FlexVol と FlexGroup の比較：ワークロード増加時の最大スループットの傾向



次のグラフも同じ構成の FlexVol と FlexGroup の比較ですが、ここでは読み取りと書き込みの最大スループットを個別に示し、さらに FlexVol と FlexGroup の平均スループットと比較しています。

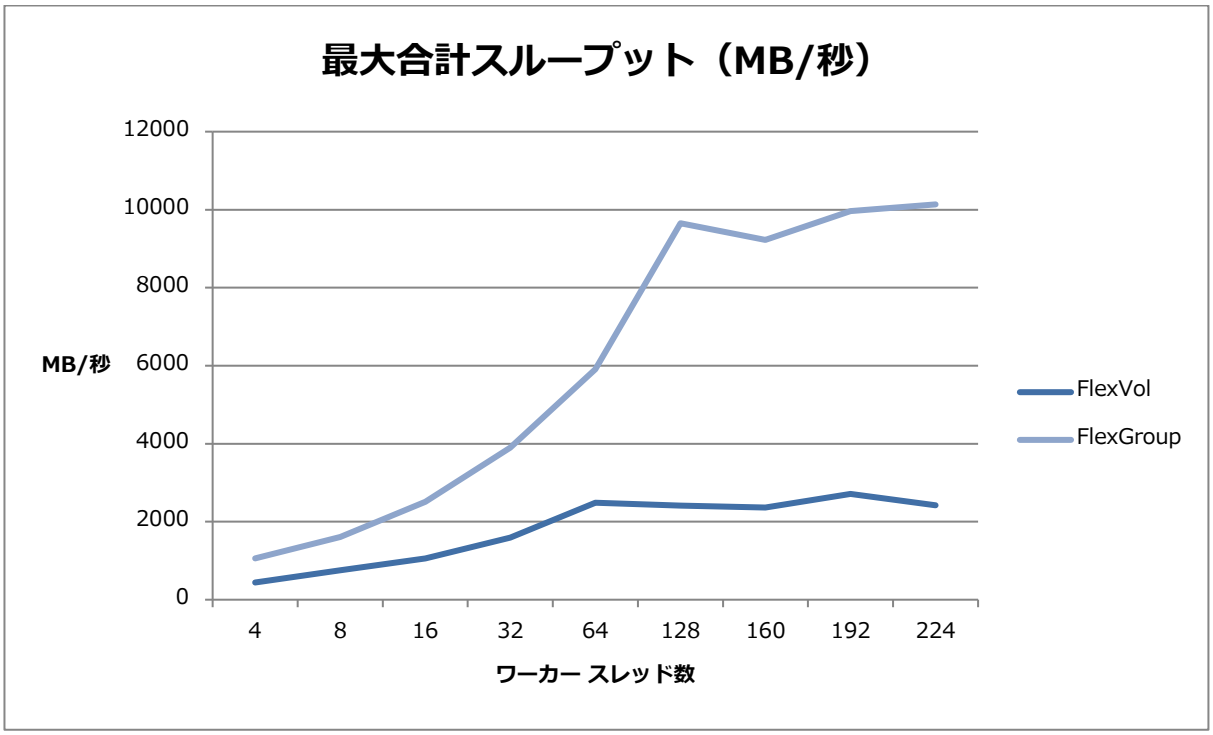
図 7）FlexVol と FlexGroup の比較：ワークロード増加時の最大スループットの傾向 – 詳細



© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

次のグラフは、AFF A700 上の FlexGroup と FlexVol の合計平均 IOPS の最大値を比較したものです。ここでも、FlexGroup は IOPS が大幅に増加し、一方で FlexVol は 64 スレッドの時点で IOPS が低下しています。

図 8）FlexVol と FlexGroup の比較：平均合計 IOPS の最大値



© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

密度によるコストの削減

上記のテストでは、600GB SAS ドライブを搭載したシェルフを 13 台使用しました。ただし、NetApp FlexGroup は All Flash FAS システムを使用した構成もサポートしており、**膨大な容量とオールフラッシュを提供する唯一のスケールアウト NAS ファイルシステム**となっています。

大容量 SSD のサポートにより、データ コンパクション、インラインの圧縮や重複排除といった優れた Storage Efficiency テクノロジに加えて、わずか 10U のラック スペースで、より低いレイテンシで同じワークロードを生成できます。

大容量ドライブと NetApp FlexGroup ボリュームを使用してデータセンターのラック スペースを削減すると、次のコストを節約することができます。

- 冷却および電力
- ラック スペースのレンタル料
- 設置とメンテナンスの工数
- SSD のドライブ寿命延長による交換回数の削減

図 9）NetApp FlexGroup を使用した FAS8080（15.3TB SSD を搭載したシェルフ×2）

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

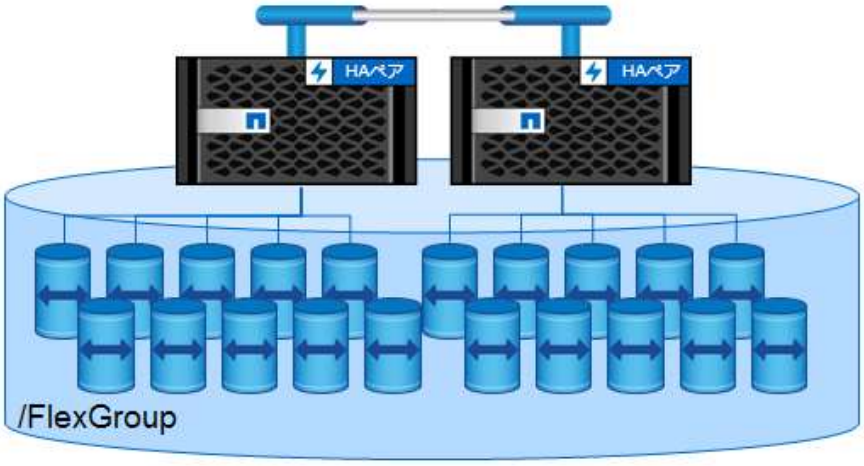
6 NetApp FlexGroup の技術概要

NetApp FlexGroup は、FlexVol のコンセプトを ONTAP に取り入れ、リモート アクセス レイヤ（RAL）と呼ばれる新しい WAFL サブシステムを活用しています。このレイヤは新しいファイルおよびフォルダの取り込みを転送し、読み取り時の高速リダイレクトに備えて既存のファイルおよびフォルダを追跡します。

6.1 FlexGroup ボリュームの概要

簡単に言えば、FlexGroup ボリュームは単一のエンティティとして機能する FlexVol の集まりです。NAS クライアントは、通常の FlexVol の場合と同様に、エクスポートまたは CIFS / SMB 共有から FlexGroup ボリュームにアクセスします。

図 10）FlexGroup ボリュームの図解



FlexGroup ボリュームの基盤となるコンセプトは FlexVol ですが、FlexGroup ボリュームには FlexVol 単体では実現できないメリットがいくつかあります。詳細については、「NetApp ONTAP FlexGroup のメリット」を参照してください。

FlexGroup ボリュームは FlexVol 単位でファイルを作成し、ファイル ストライピングは実施しません。FlexGroup ボリュームのスループットの向上は、複数の FlexVol、アグリゲート、ノードにまたがって処理を同時実行することによって達成され、FlexGroup ボリュームが配置されたすべてのハードウェアで一連の処理を並行して実行することが可能です。NetApp FlexGroup は、ONTAP のスケールアウト アーキテクチャを**完全に補う**機能を提供します。

6.2 ファイルの作成と自動ロード バランシング

FlexGroup ボリュームにファイルが作成されると、そのファイルは、FlexGroup ボリューム内で「使用可能な最善の」FlexVol メンバーに送られます。この場合の「使用可能な最善の」とは、「空きスペースが最も多い」FlexVol メンバーという意味です。FlexGroup ボリュームの目標は、メンバーボリュームを可能な限り均等に割り当てることです。加えて、FlexGroup ボリュームの取り込みワークロードをメンバー間に可能な限り均等に分散し、リモート ハード リンクの数をできるだけ少なくすることも目標です。このコンセプトは「自動ロード バランシング」と呼ばれ、クライアントおよびストレージ管理者に対して透過的に実施されます。このコンセプトにより、NetApp FlexGroup の運用はさらにシンプルなものになります。ストレージ管理者はほんの数秒でストレージをプロビジョニングでき、設計やレイアウトについて考える必要はありません。

注： FlexGroup のメンバーの 1 つが先に一杯になった場合、FlexGroup ボリューム全体としてクライアントに ENOSPC エラーが発行されます。したがって、メンバー コンスティチュエントを適切にサイジングし、ワークロードを適切に検証することが重要です。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

ローカル配置とリモート配置の比較

FlexGroup ボリュームには複数のコンスティチュエント ボリュームが含まれ、FlexGroup はすべてのコンスティチュエントでデータを均等に配置するように設計されているため、ファイルの「リモート配置」という概念があります。

また、ONTAP は、NAS のみの構成では最大 24 ノードのクラスタで動作可能なため、「リモート トラフィック」という概念もあります。

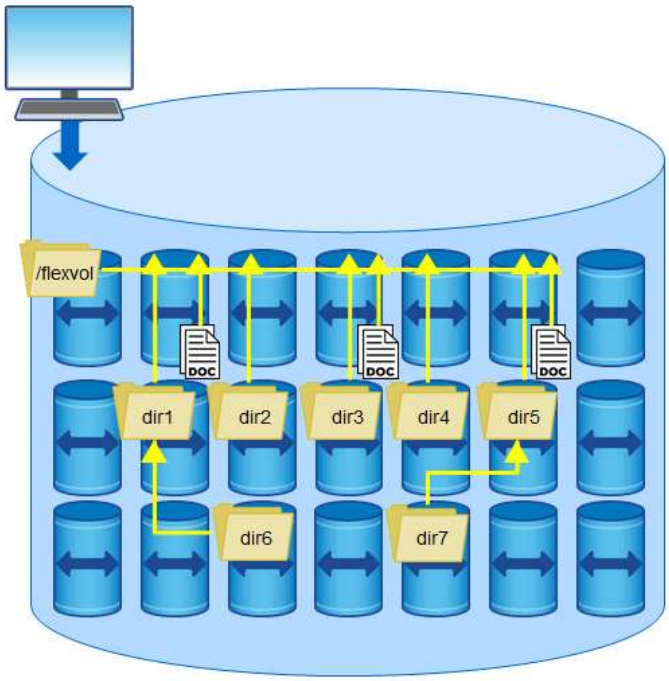
ただし、これら 2 つの概念は同義ではありません。**リモート トラフィック**は、クラスタ インターコネクト ネットワーク経由のトラフィックであり、FlexGroup ボリュームだけでなく、すべての ONTAP 構成で発生します。**リモート配置**は NetApp FlexGroup に固有で、ファイルまたはフォルダがその親ディレクトリを所有しない FlexGroup メンバーに作成されたときに発生します。リモート配置は、親ボリュームを所有しているノード上であっても、リモート アクセス レイヤ（RAL）を通じて割り当てられたリモート ハード リンクを使用して発生する場合があります。

ローカル配置では、親ディレクトリと同じコンスティチュエントに格納されるように新しいオブジェクトが作成されます。ローカル配置では、作成されたファイルまたはサブディレクトリの以降の処理におけるメタデータ パフォーマンスは最大になります。一方リモート配置では、作成されたファイルまたはサブディレクトリのメタデータ アクセスでわずかなレイテンシが発生します。ただし、親ディレクトリとは異なるコンスティチュエントに新しいコンテンツを配置できるため、データセットおよびワークロードをより均等に分散できます。ワークロードに複数のボリューム アフィニティが提供されることによるパフォーマンスやスループットの向上を考えれば、ファイルまたはフォルダのリモート配置によるデメリットは大きな問題にはなりません。

ワークロードを均等に分散させるために、ONTAP ではステータスとメンバー ボリュームの属性を 1 秒単位で監視し、データを最適に配置します。このプロセスの目的は、以下に挙げる複数の目標をバランス良く達成することです。

- スペース使用量を均等に保つこと。メンバーの 1 つが先に一杯になった場合、他のメンバーに追加のスペースがあっても、FlexGroup ボリュームはスペース不足を報告します。
- データ作成パターンを分析することにより、利用率が高いメンバー コンスティチュエントの発生を回避すること。
- ファイルのローカル配置によってレイテンシを可能な限り低くすること。

図 11）リモート ハード リンクによるファイルのリモート配置



 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

リモート アクセス レイヤ（RAL）

リモート アクセス レイヤ（RAL）は、NetApp FlexGroup 機能に搭載された ONTAP の新しいメカニズムです。RAL を使用すると、1 個のメンバー ボリュームに対して実行される単一の WAFL が、そのメンバー ボリューム内の inode に加えて他のメンバー ボリューム内の inode も使用できるようになります。

取り込みのヒューリスティック

ONTAP は、取り込みのヒューリスティックを使用して、一連の意思決定ポイントに基づいてファイルの取り込みに関する決定をインテリジェントに下します。FlexGroup ボリュームを構成するメンバー ボリュームの情報は毎秒更新され、ボリュームの最新の状態が提示されます。

リモート割り当て

FlexGroup ボリュームは、以下に基づいてワークロードを割り当てます。

- メンバー コンスティチュエントが保有するデータ量（使用済み%）
- メンバー内の使用可能な空きスペースの量
- 過去 N 秒間の新規コンテンツ割り当て要求
- 過去 N 秒間の inode の割り当てと、その発生元

FlexGroup ボリュームは、通常は可能な場合にローカル配置を優先しますが、いくつかのケースではデータがリモートで割り当てられる可能性が高くなります。次のような状況がこれに該当します。

- FlexGroup ボリュームの最上位近くのジャンクションにサブディレクトリを作成する場合
- すでに多数のファイルまたはフォルダが含まれているディレクトリに新しいファイルまたはフォルダを作成する場合
- メンバー コンスティチュエントのスペース割り当てで、容量使用率に大きなばらつきがある場合
- メンバー コンスティチュエントのボリュームの容量使用率が 90%に近付いた場合
- 負荷分散が均等でない（あるメンバーが他のメンバーより多くのトラフィックを受け取っている）場合

メンバーが親ディレクトリ以外の FlexVol に配置されている場合もありますが、FlexGroup の取り込みのヒューリスティックでは、ファイルに関してはリモート トラフィックよりローカル トラフィックが優先される傾向があります。ディレクトリに関しては、ローカルでの作成よりも FlexVol メンバーでのリモート作成が優先される傾向があります。FlexGroup ボリュームでのトラフィックが正常になり、FlexGroup ボリュームがファイルの割り当てを開始すると、ローカル トラフィックがさらに優先され、リモート トラフィックは 5～10%にとどまります。

緊急性

FlexGroup ボリュームでの緊急性とは、メンバーの空き容量と、そのメンバーがデータの取り込みに使用される可能性との関係を意味します。ノードごとに設定された次の 2 つのグローバル変数を使用して、FlexGroup ボリュームのメンバー ボリュームに新しいデータを割り当てるかどうかが判断されます。

free-warning

この変数はデフォルトで 50GB に設定されています。FlexGroup メンバーで使用可能な空きスペースのしきい値で、リモート メンバーにコンテンツを配置すべきかどうかを判断する際の基準となります。

free-danger

この変数はデフォルトで 10GB に設定されています。メンバー ボリュームの緊急性が 100%に設定されるしきい値です。このメンバーに十分な空きスペースが追加されるか、データが削除されるまで、すべての取り込みトラフィックはこのメンバー ボリュームを避けて割り当てられます。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

許容差

FlexGroup ボリュームでの許容差とは、FlexGroup ボリュームが許容できるメンバー間の使用量または使用済みスペースの差を表す比率で、この値を超えると、さらに多くのリモート割り当てが発生します。

許容差は次の 3 つのノードレベルのグローバル変数で制御されます。

max-tolerance

この値はデフォルトの 10%に設定されています。使用済みスペースの差が working-set 値（100GB）の 10%を超えると、トラフィックがリモートに送信される割合が高くなります。たとえば、あるメンバーの使用率が別のメンバーより 10%以上高い場合は、トラフィックは別のメンバーに転送されます。空のメンバー ボリュームには常に max-tolerance 値が使用されます。

min-tolerance

この値はデフォルトの 0%に設定されています。あるメンバー ボリュームが一杯の場合、スペースを均等に分散するために、min-tolerance 値が適用されてトラフィックは 100%リモートに転送されます。

working-set

max-tolerance と min-tolerance の算出に使用される空きスペース レベルです。デフォルトは 100GB です。

注意事項

あるメンバー ボリュームの使用率が他のメンバー ボリュームより高くなり始めると、ワークロードが作成するリモート ハード リンクの数が増えるため、FlexGroup ボリュームのパフォーマンスが低下する可能性があります。

FlexGroup ボリューム内のメンバー ボリュームが完全に一杯になると、FlexGroup ボリューム全体で、クライアントに対して ENOSPC エラーが報告されます。この場合、問題を修正するための手順（FlexGroup メンバーのサイズ拡張、データの削除など）を実行する必要があります。

ローカル配置とリモート配置

ファイルおよびディレクトリのローカル配置とリモート配置を比較するために、簡単なファイルとディレクトリの作成テストを実施しました。使用した構成は次のとおりです。

- ONTAP 9.1 を実行する FAS8040 ノード×2
- SSD アグリゲート（AFF パーソナリティではない）×2
- 各アグリゲートに FlexVol メンバー コンスティチュエント×4、合計 8 個のメンバー
- 100,000 ディレクトリ
- 10,000,000,000 ファイル（ディレクトリあたり 100,000×100,000 ディレクトリ）
- Red Hat 7.x クライアント
- シンプルな `mkdir` コマンドと `truncate` コマンド使用したループ

```
for x in `seq 1 100000`; do mkdir dir$x; done
for x in dir{1..100000}; do truncate -s 1k /mnt/$x/file{1..100000}; done
```

上記のシナリオで、ディレクトリのリモート配置は 90%でした。

```
remote_dirs                                                    90
```

ファイルのリモート配置はわずか 10%でした。

```
remote_files                                                   10
```

この結果は、**advanced 権限**でコマンド `statistics show -object flexgroup` を実行して取得したものです。FlexGroup の統計を収集して表示する方法については、このドキュメントの統計収集に関するセクションを参照してください。

 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

6.3 64 ビットのファイル ID

現在、ONTAP の NFSv3 はデフォルトで 32 ビットのファイル ID を使用します。この場合、最大 2,147,483,647 個の符号なし整数が提供されます。FlexVol では inode の最大数が 20 億個に制限されているため、アーキテクチャ的にも適しています。

ただし、NetApp FlexGroup は単一のコンテナで最大 4,000 億個のファイルをサポートできるため、最大で 9,223,372,036,854,775,807 個の符号なし整数をサポートする 64 ビット ファイル ID を実装する必要がありました。

FlexGroup ボリュームを作成する前に、**advanced 権限**レベルで NFS サーバ オプション `-v3-64bit-identifiers` を有効にすることを強く推奨します。

これは **advanced 権限**レベルのオプションです。

```
[-v3-64bit-identifiers {enabled|disabled}] - Use 64 Bits for NFSv3 FSIDs and File IDs (privilege:
advanced)

This optional parameter specifies whether Data ONTAP uses 64 bits (instead of 32 bits) for file
system identifiers (FSIDs) and file identifiers (file IDs) that are returned to NFSv3 clients. If
you change the value of this parameter, clients must remount any paths over which they are using
NFSv3. When -v3-fsid-change is disabled, enable this parameter to avoid file ID collisions.
```

有効にするには次の手順を実行します。

```
cluster::> set advanced
cluster::*> nfs server modify -vserver SVM -v3-64bit-identifiers enabled
```

このオプションを有効または無効にしたら、すべてのクライアントを再マウントする必要があります。ファイル システム ID が変わるため、クライアントが NFS 処理を試みたときに stale file handle メッセージが表示される場合があります。

ファイル ID の競合の影響

64 ビットのファイル ID が有効になっていない場合、ファイル ID が競合するリスクが高くなります。ファイル ID の競合が発生すると、その影響は、クライアントでの「stale file handle」エラーから、ディレクトリおよびファイルのリスト表示の失敗、アプリケーションの完全な停止までさまざまです。ほとんどの場合、NetApp FlexGroup ボリュームの使用にあたっては 64 ビットのファイル ID オプションを有効にすることが不可欠です。

ONTAP でのファイルシステム ID（FSID）変更の影響

NFS は、クライアントとサーバの間のやり取りでファイルシステム ID（FSID）を使用します。NFS クライアントは、この FSID によって、NFS サーバのファイルシステムのどこにデータがあるかを認識します。ONTAP では、ジャンクション パスを使用することで複数のファイルシステムが複数のノードにまたがることが可能なため、データの場所に応じて FSID が変わる可能性があります。古いバージョンの Linux クライアントでは、この FSID の変更を認識できないため、基本的な属性処理（chown や chmod など）が失敗する場合があります。

この問題の一例がバグ 671319 です。NFSv3 で FSID の変更を無効にする場合は、必ず ONTAP 9 で新しい-v3-64bit-identifiers オプションを有効にしてください。ただし、このオプションは、32 ビットのファイル ID を必要とする古いアプリケーションに影響する可能性がある点に注意してください。ファイル ID の競合を防ぐために、NetApp FlexGroup ボリュームでは FSID 変更オプションを有効なままにしておくことを推奨します。

Snapshot コピーでの FSID の動作

ボリュームの Snapshot コピーを作成すると、あとでアクセスできるようにファイルの inode のコピーがファイルシステムに保存されます。理論上は、ファイルが 2 箇所に存在することになります。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

NFSv3 では、実質的に同じファイルに 2 つのコピーが存在しても、それらのファイルの FSID は同一となりません。ファイルの FSID は、NetApp WAFL®（Write Anywhere File Layout）の inode 番号、ボリューム ID、および Snapshot ID を組み合わせて構成されます。Snapshot コピーにはすべて固有な ID が付けられるため、NFSv3 では、`-v3-fsid-change` オプションの設定にかかわらず、同じファイルのすべての Snapshot コピーに別々の FSID が割り当てられています。NFS RFC 仕様では、同じファイルの FSID をすべてのファイル バージョンで同じにすることを求めていません。

注： NFSv4 は現時点では FlexGroup ボリュームでサポートされていないため、`-v4-fsid-change` オプションは NetApp FlexGroup ボリュームには適用されません。

ディレクトリ サイズに関する考慮事項

ONTAP では、ディスク上の最大ディレクトリ サイズに制限があります。これを maxdirsize と呼びます。デフォルトでは、ボリュームの maxdirsize はシステム メモリの 1%（KB）で、したがって maxdirsize はハードウェア プラットフォームによって異なります。maxdirsize は、ONTAP でのパフォーマンスを確保するために設定されています。

NetApp FlexGroup ボリュームでは、各メンバー ボリュームに同じ maxdirsize が設定されます。1 つのディレクトリが複数の FlexVol メンバー ボリュームおよびノードにまたがる場合でも、重要な要素はディレクトリ サイズであって FlexVol ではないため、maxdirsize は引き続きパフォーマンスに影響します。したがって、NetApp FlexGroup ボリュームを使用しても、maxdirsize の制限に直面している環境の問題は解決されません。

ONTAP の今後のリリースでは、maxdirsize の制限およびパフォーマンスの問題に対応する予定です。

maxdirsize を超過した場合の影響

ONTAP で maxdirsize を超過した場合、「out of space（スペース不足）」エラー（ENOSPC）がクライアントに対して発行され、EMS メッセージがトリガーされます。これを解決するためには、maxdirsize の設定値を大きくするか、ファイルをディレクトリから移動する必要があります。解決方法の詳細については、ネットアップ サポート サイトの KB 000002080 を参照してください。

7 NetApp FlexGroup の機能

NetApp FlexGroup の機能は、次のカテゴリに分類されます。

- 簡易性
- データ保護
- ストレージの効率性

さらに、NetApp FlexGroup のメリット自体も機能であり、これについては「NetApp ONTAP FlexGroup のメリット」セクションで説明しています。

7.1 簡易性

NetApp FlexGroup ボリュームの主要な付加価値の 1 つは、通常の FlexVol と同じ簡単な手順で、より優れたパフォーマンスを提供する大容量コンテナを作成できることです。FlexGroup ボリュームは、OnCommand System Manager および Performance Manager、または `flexgroup deploy` という自動化された CLI コマンドを使用して、短時間で簡単に導入できます。

コマンドライン（CLI）

簡易性と聞くとほとんどの人は GUI を連想しますが、コマンドラインでもタスクを簡易化することができます。NetApp FlexGroup では、全体的なユーザビリティを向上するために、CLI が改善されています。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

flexgroup deploy

グラフィカル インターフェイスを使用したストレージの管理が好きではなく、ONTAP CLI について少し扱いづらいと感じていた方には、新しい `flexgroup deploy` コマンドが最適です。

このコマンドは、FlexGroup ボリュームの導入に必要な以下のような手順を自動化します。

- メンバー ボリュームの数と配置
- スペース ギャランティの設定

`flexgroup deploy` コマンドに関する考慮事項：

- アグリゲートは使用前にプロビジョニングしておく必要があります。
- `-vserver` パラメータも必須であるため、アグリゲートに加えて SVM も用意しておく必要があります。
- Snapshot ポリシーはデフォルトに設定されます。ボリューム作成時に Snapshot コピーを無効にするには、`-snapshot-policy` を `none` に設定して `volume create` を使用するか、作成後に `volume modify` を使用します。
- セキュリティ形式（UNIX、NTFS、mixed）は、vsroot ボリュームと同じセキュリティ形式に設定されます。作成時に FlexGroup のセキュリティ形式を制御するには、volume create で `-security-style` オプションを使用するか、作成後に `volume modify` を使用します。
- `flexgroup deploy` コマンドは、**advanced 権限**の NFS サーバ オプション`-v3-64bit-identifiers` を有効に設定しません。ファイル ID の競合を避けるために、FlexGroup ボリュームにはこのオプションを使用することを強く推奨します。

1 つのコマンドで、ペタバイト単位のストレージを数分間で作成、導入できます。

```
cluster ::> flexgroup deploy ?
  (volume flexgroup deploy)
   [-size] {<integer>[KB|MB|GB|TB|PB]}  Size of the FlexGroup
  [[-vserver] <vserver name>]           Vserver Name
  [ -volume <volume name> ]             Name of the FlexGroup to Create
  [ -type {RW|DP} ]                     Volume Type (default: RW)
  [ -space-guarantee {none|volume} ]    Space Guarantee Style (default: volume)
  [ -foreground {true|false} ]          Foreground Process (default: true)
```

注： 現時点では、`flexgroup deploy` コマンドはノードが 4 つ以下のクラスタでのみサポートされています。

volume create

`flexgroup deploy` が、FlexGroup ボリュームの作成に適さない場合もあります。クラスタのノード数が 4 つを超えている場合や、FlexGroup コンスティチュエント メンバーの設計と配置をさらに細かく制御する必要がある場合は、`volume create` コマンドが適しています。FlexGroup の作成専用の新しいオプションがいくつか追加されています。

表 3）FlexGroup 用の新しいボリューム コマンド オプション

ボリューム オプション	機能
`-aggr-list`	FlexGroup コンスティチュエントに使用する一連のアグリゲートの名前を指定します。指定したエントリごとに、そのアグリゲート上にコンスティチュエントが 1 つ作成されます。同じアグリゲートを複数回指定すると、そのアグリゲート上に複数のコンスティチュエントを作成できます。このパラメータは、FlexGroup にのみ適用されます。
`-aggr-list-multiplier`	FlexGroup ボリュームを作成するときに、`-aggr-list` パラメータで指定したアグリゲートの設定を繰り返す回数を指定します。アグリゲートのリストが指定した回数繰り返されます。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

ボリューム オプション	機能
-max-constituent-size	（オプション）FlexGroup コンスティチュエントの最大サイズを指定します。デフォルト値は、FlexGroup ボリュームで使用されるすべてのノードの最大 FlexVol サイズ設定のうち、最も小さなサイズに設定されます。このパラメータは、FlexGroup ボリュームにのみ適用されます。

volume modify

FlexGroup の作成後にボリュームのオプションまたはサイズを変更するには、コマンドライン コマンド volume modify または OnCommand System Manager の GUI を使用する必要があります。

volume expand

FlexGroup ボリュームの管理用に新しく ONTAP に追加されたもう 1 つのコマンドは volume expand です。ストレージ管理者は、このコマンドと-aggr-list オプションおよび-aggr-list-multiplier オプションを使用して、既存の FlexGroup ボリュームにメンバーを追加できます。メンバーの追加先のアグリゲートと、アグリゲートごとのメンバー数を指定するだけです。面倒な処理は ONTAP が行います。

SnapMirror 関係のボリューム上でのボリューム拡張

コマンド volume expand は、SnapMirror 関係にある FlexGroup にはそのまま使用することはできません。SnapMirror 関係にあるボリュームを拡張（メンバーを追加）するには、次の手順を実行する必要があります。

- snapmirror delete – デスティネーションで、既存の関係
- snapmirror release – ソースで
- volume delete – デスティネーション FlexGroup DP ボリューム
- volume expand – ソース FlexGroup ボリューム
- volume create – ソース FlexGroup ボリュームと同じサイズ、同じコンスティチュエント数の新しいデスティネーション FlexGroup DP ボリューム
- snapmirror initialize – 新しい関係（ベースラインの再設定）

関係のベースライン再設定が不要なメンバー ボリュームの拡張は、SnapMirror および FlexGroup でサポートされています。

OnCommand System Manager

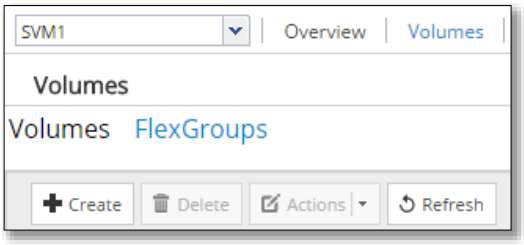
ONTAP 9.1 の OnCommand System Manager では、NetApp FlexGroup のサポートが最初から提供されています。[ボリューム]ページに新しく[FlexGroup]タブが追加されました。このページで、ストレージ管理者は既存の FlexGroup ボリュームを管理できるほか、2 回のクリックで新しい FlexGroup ボリュームを作成できます。

FlexGroup ボリュームの作成

FlexGroup ボリュームを作成するには、管理対象の Storage Virtual Machine（SVM）に移動して、[ボリューム] > [FlexGroups]の順にクリックします。次に、[作成]ボタンをクリックします。新しいウィンドウに 4 つの選択フィールドが表示されます。必須のフィールドは[名前]と[サイズ]のみです。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

図 12）新しい FlexGroup ボリュームの作成



使用可能な設定オプションは次のとおりです。

[名前] – FlexGroup ボリュームの名前です。

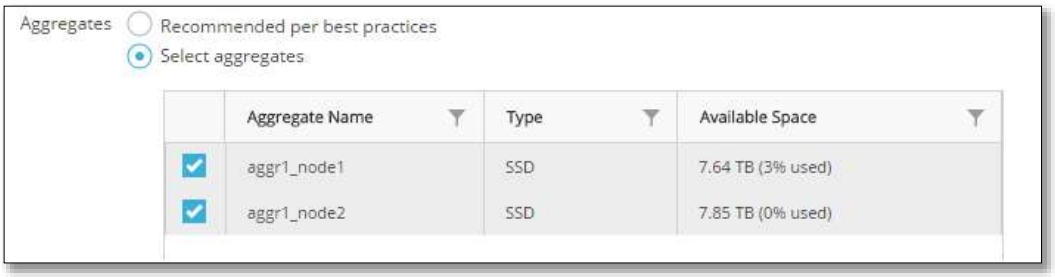
[有効なプロトコル] – 何も設定する必要はありません。プロトコルは、SVM で有効になっているデータ プロトコルが自動的に表示されます。このフィールドに iSCSI または FCP が表示されても、FlexGroup ボリュームを LUN に使用できるわけではありません。SVM で許可されているプロトコルが表示されているだけです。

[アグリゲート] – FlexGroup ボリュームで使用するアグリゲートを定義します。

[ベストプラクティスに準ずる]を選択すると、ノードあたり 8 個のメンバー コンスティチュエントが作成されます。All Flash FAS システムの場合、メンバー コンスティチュエントはすべてアグリゲート上に配置されます。その他の構成では、各ノードのアグリゲートごとにメンバー コンスティチュエントが 4 個ずつ作成されます。このオプションを選択した場合、All Flash FAS の場合はノードあたり 1 個のアグリゲート、その他の構成の場合はノードあたり 2 個のアグリゲートが必要です。この要件が満たされないとボリュームの作成は失敗し、ストレージ管理者がアグリゲートを手動で選択する必要があります。

ストレージ管理者自身が FlexGroup ボリュームのレイアウトを制御したい場合もあります。[アグリゲートを選択してください]を選択すると、アグリゲートを手動で選択できます。

図 13）アグリゲートの手動選択



[スペース リザベーション] – このフィールドを使用して、FlexGroup ボリュームをシンプロビジョニングするかシックプロビジョニングするかを指定できます。シンプロビジョニングを指定すると、すべてのメンバー ボリュームのスペース ギャランティが無効になり、FlexGroup ボリュームはクラスタ内でオーバープロビジョニング可能になります。オーバープロビジョニングとは、クラスタの物理容量を超えるボリューム サイズを設定できるという意味です。

[サイズ] – このフィールドには、FlexGroup ボリュームの合計サイズを指定します。メンバー コンスティチュエントのサイズは、クラスタ内のノードおよびアグリゲートの数によって決まります。メンバー コンスティチュエントのサイズは、FlexGroup ボリューム全体で同じになるように自動的に設定されます。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

設定可能なサイズは、クラスタ内で使用可能なアグリゲートの総数によって決まります。System Manager はアグリゲートあたり 4 個のメンバー ボリュームを作成するため、クラスタ内で使用可能なアグリゲートが 2 個しかない場合、作成されるメンバー ボリュームは 8 個、メンバーあたりの最大容量は 100TB です。

表 4）System Manager 使用時のアグリゲート数に対する FlexVol メンバー数

クラスタ内のアグリゲート数	合計メンバー ボリューム数
1	4
2	8
3	12
4	16

FlexGroup ボリュームの管理

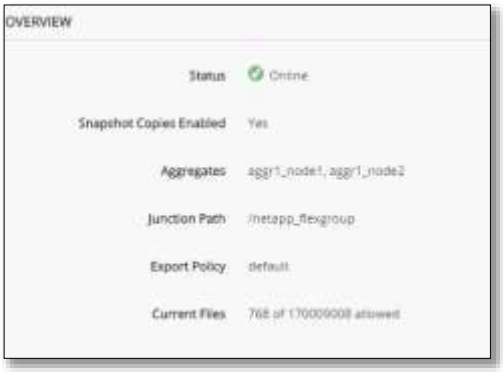
FlexGroup ボリュームの作成が完了するとダイアログ ボックスが表示され、CIFS 共有を作成するオプションを選択するか、[完了]をクリックしてプロセスを終了できます。

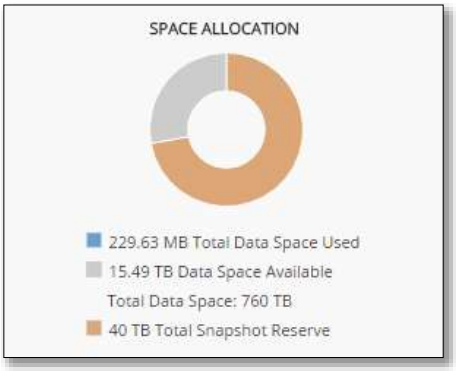
図 14）OnCommand System Manager で FlexGroup ボリュームへの共有を作成

[FlexGroup]タブを使用して FlexGroup ボリュームを管理できます。OnCommand System Manager では、以下を含む FlexGroup ボリュームに関する詳細情報を確認できます。

- ボリュームの概要
- スペースの割り当て
- データ保護のステータス（SnapMirror）
- 現在のパフォーマンス統計

図 15）System Manager での FlexGroup の概要





© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

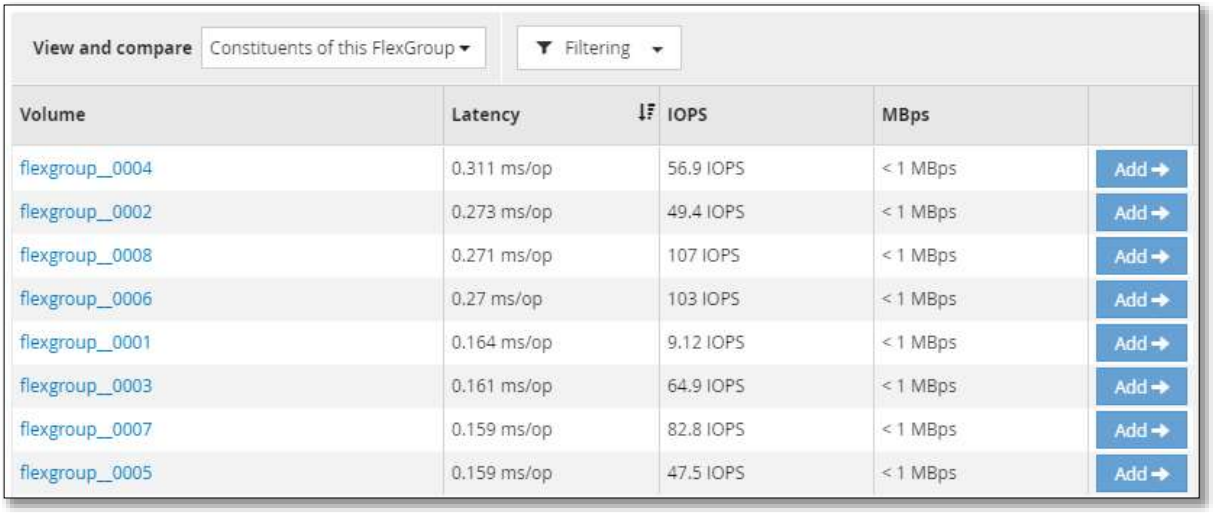
さらに、System Manager の[編集]ボタンまたは[操作]ボタンを使用して、FlexGroup ボリュームを管理できます。

OnCommand Performance Manager（OPM）

OnCommand System Manager に加えて、OnCommand Performance Manager（OPM）を使用して FlexGroup ボリュームおよびそのメンバーを細かく監視できます。

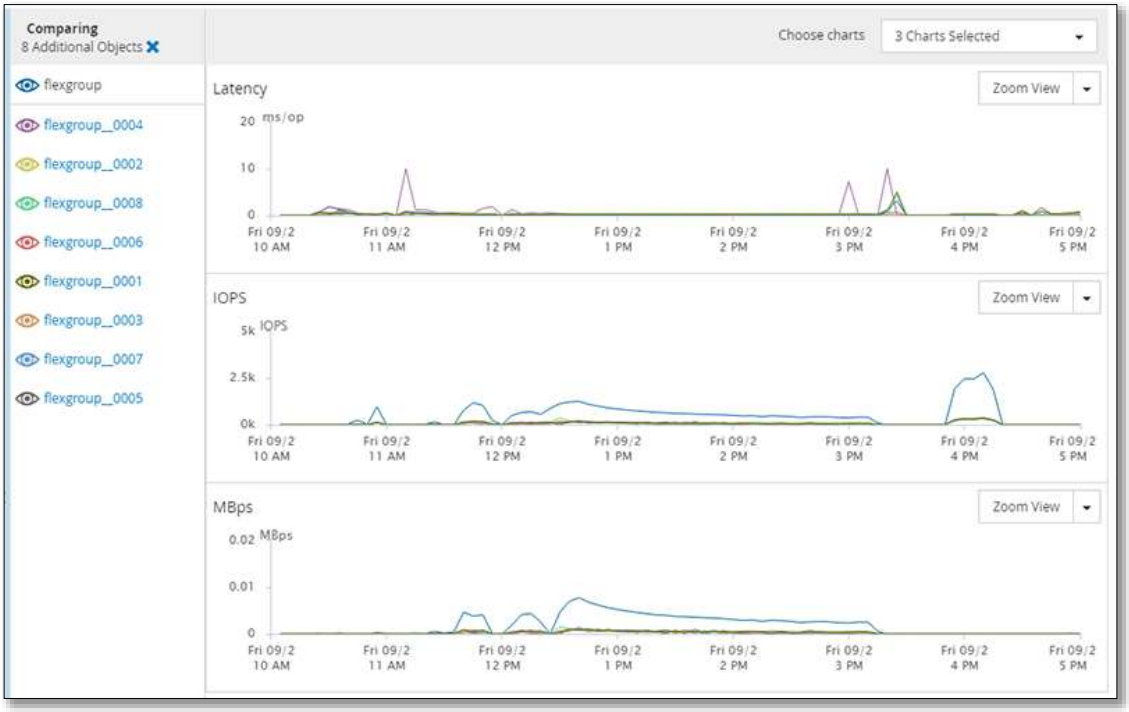
OPM では、FlexGroup ボリュームは SVM 内に他のボリュームとともに表示されます。FlexGroup ボリュームをクリックすると、メンバー ボリュームのサマリー画面が表示されます。これらのメンバーを指定した期間のグラフに追加することもできます。

図 16）OPM での FlexGroup メンバー ボリューム



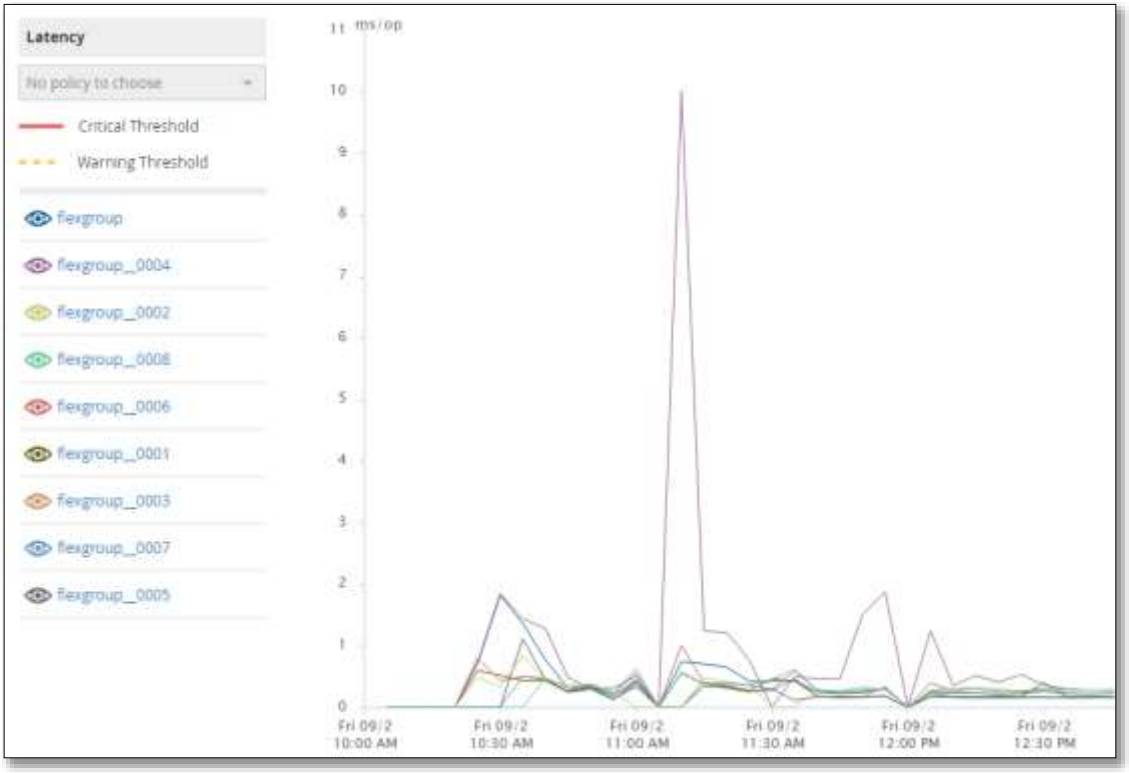
OPM グラフに追加した各メンバー ボリュームは、区別しやすいように異なる色のラインでグラフに表示されます。その結果、想定されるパフォーマンスから外れているメンバーを簡単に特定し、調査および修正できます。

図 17）OPM での FlexGroup メンバー ボリュームのグラフ表示



 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

図 18）OPM での FlexGroup メンバー ボリュームのグラフ表示 - 拡大図



単一の透過的ネームスペース

NetApp FlexGroup のメリットは、通常の FlexVol を超える大容量を、複雑なアーキテクチャを実装することなく提供できる点です。ボリューム全体を単一のエクスポート（共有）としてマウントすることができるため、あとでストレージを追加する場合でも、アプリケーション側で変更を加える必要はありません。このメリットにより、クライアント側から複数のコンテナと複数のマウントポイント（共有）を管理するという複雑さが軽減されます。

7.2 データ保護

NetApp FlexGroup は、NetApp RAID DP®ソフトウェア、RAID の 3 重イレイジャー コーディング（NetApp RAID-TEC™テクノロジ）、Snapshot テクノロジ、SnapMirror レプリケーション テクノロジ、NFS または CIFS でマウントされたテープ バックアップを含む複数のデータ保護方式をサポートしています。

RAID DP および RAID の 3 重イレイジャー コーディング（RAID-TEC）

RAID DP は「デュアル パリティ」RAID として知られており、1 つの RAID グループで 2 つのディスクに障害が同時に発生してもシステムが停止することはありません。つまり、ドライブ障害時にも、別のパリティ ドライブを使用してデータが保護されます。

RAID の 3 重イレイジャー コーディング（RAID-TEC）は ONTAP 9.0 の新機能であり、容量の大きいドライブを使用する RAID グループに追加のパリティ ドライブを提供します。この機能は、大容量ドライブのリビルドには長時間を要するため、この期間のドライブ障害から保護することを目的としています。また、ドライブ数という点において、より大規模な RAID グループを提供するという側面もあります。

すべての RAID 保護機能は NetApp FlexGroup でサポートされています。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

NetApp Snapshot テクノロジ

NetApp Snapshot コピーは、自動でスケジュールされたポイントインタイム コピーで、作成時にスペースを消費せず、パフォーマンス オーバーヘッドも発生しません。最初のコピー取得後はアクティブなファイルシステムの変更分だけが書き込まれるため、長期的にみても、ストレージ スペースを最小限しか消費しません。個々のファイルやディレクトリを任意の Snapshot コピーから容易にリカバリでき、またボリューム全体も、任意の Snapshot の状態に数秒でリストアできます。

Snapshot コピーは、NetApp FlexGroup で使用できます。各 Snapshot コピーは FlexVol メンバーの整合グループとして作成されます。つまり、FlexGroup ボリュームのすべてのメンバーについて整合性のあるポイントインタイム コピーが作成されるよう、すべてのメンバーが休止されて Snapshot コピー用に準備されます。

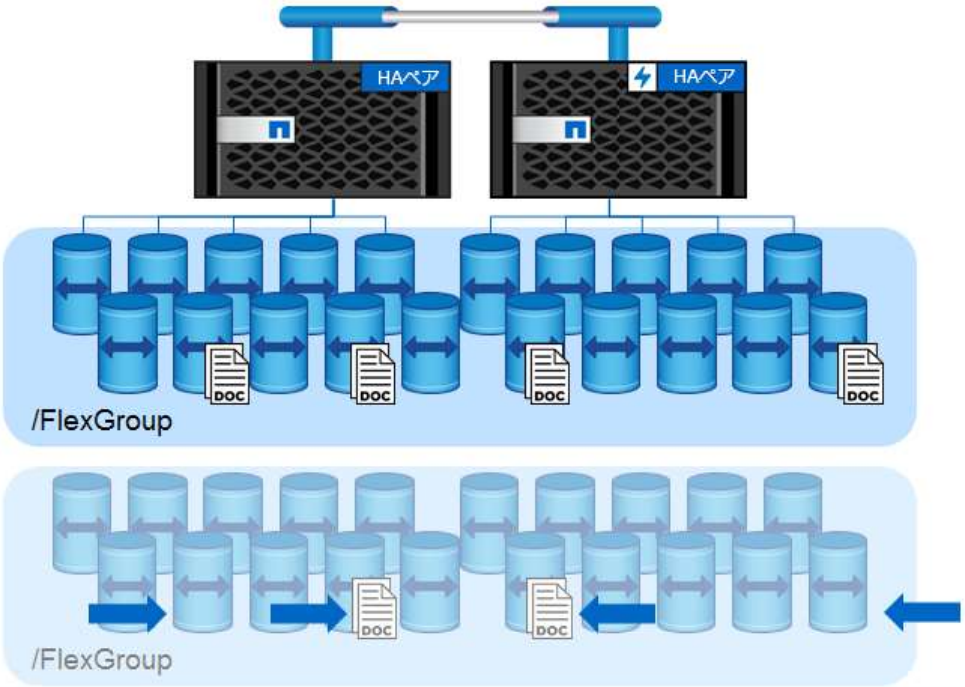
FlexGroup ボリューム内に Snapshot 処理を実行できないメンバーがある場合（スペース不足、オフライン、ビジーなため完了できない）は、FlexGroup の Snapshot コピー全体が完全ではなく、失敗したとみなされます。ONTAP は不完全に作成された Snapshot コピーをクリーンアップし、EMS イベントを発行します。

Snapshot コピーが作成されたら、ストレージ管理者は次のリストア処理を実行できます。

- NetApp SnapRestore®テクノロジを使用して FlexGroup ボリューム全体をリストアします。
- .snapshot フォルダ（NFS）または~snapshot フォルダ（CIFS / SMB）を含む Snapshot ディレクトリに移動して、個々のファイルおよびフォルダをリストアします。

注： Single File SnapRestore（SFSR）、および単一の FlexGroup メンバー ボリュームのリストアは現在サポートされていません。NetApp FlexGroup ボリュームに対して SnapRestore を使用すると、単一のメンバー ボリュームではなく、ボリューム全体がリストアされます。リストア処理は、現時点では **diag 権限**でのみ実行できます。

図 19）FlexGroup Snapshot コピー



SnapMirror

SnapMirror は、データ保護およびディザスタ リカバリを目的として、プロトコルに依存しないボリュームの非同期レプリケーションを提供します。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

NetApp FlexGroup では、ONTAP 9.1 以降で SnapMirror がサポートされます。SnapMirror は Snapshot コピーと同じように動作します。すべてのメンバー ボリュームについて Snapshot コピーの作成が成功する必要があり、すべてのメンバー ボリュームが同時に DR サイトにレプリケートされます。処理の一部が失敗すると、SnapMirror でのミラーリングも失敗します。

NetApp FlexGroup では同時転送が必要なため、NetApp FlexGroup での SnapMirror の初回リリースには次の制限があります。

- 各 FlexGroup の最善のメンバー コンスティチュエント数 – 32（3.2PB）
- 各クラスタの最大メンバー コンスティチュエント数 – 100 個（ソフト リミット）
- 更新間隔 – 30 分以上（Snapshot と SnapMirror）
- 時間をずらした SnapMirror スケジュールを推奨
- 1 時間あたりの最大ボリューム処理数（ボリュームの移動、オフライン、オンライン）– 10 件

CIFS / SMB または NFS でのテープ バックアップ

NetApp FlexGroup ボリュームのテープ バックアップは、Commvault Simpana や Symantec NetBackup などの外部のバックアップ アプリケーションを使用して、CIFS または NFS マウント経由で実行できます。NDMP および SnapDiff は、現時点ではサポートされていません。

7.3 ストレージの効率性

NetApp FlexGroup では、ONTAP 9.1 の次の Storage Efficiency テクノロジもサポートされます。

- **インラインおよびポストプロセスの重複排除**：プライマリ ストレージとセカンダリ ストレージ内の重複するデータ ブロックを削除し、一意のブロックのみを保存します。この操作により、ストレージ スペースとコストを削減できます。重複排除の実行スケジュールはカスタマイズ可能です。
- **インライン アダプティブ圧縮**：データベースやデスクトップの仮想化などの主要なワークロード向けに ONTAP 8.3.1 で導入された機能です。8.3.1 以降、All Flash FAS 製品ファミリーではデフォルトで有効になります。
- **インライン データ コンパクション**：ONTAP 9.0 で導入された機能で、データの格納に必要な物理スペースをさらに削減します。データ コンパクションは、重複排除および圧縮機能を補う、Storage Efficiency テクノロジへの重要な追加機能です。データ コンパクションは、通常は個々に 4K ブロックの物理ストレージを消費する複数の I/O を、1 つの物理 4K ブロックにまとめます。
- **シンプロビジョニング**：古くからある機能で、物理ストレージ（アグリゲート）上に仮想コンテナ（FlexVol）をオーバープロビジョニングできます。NetApp FlexGroup では、FlexGroup ボリュームの初期導入時にシンプロビジョニングが重要な役割を果たします。また、対応する物理アグリゲートの容量を大幅に上回る容量をメンバー コンスティチュエントに割り当てることができるため、より柔軟にコンテナを設計できるようになります。

これらの機能は、メンバー ボリューム レベルで個々に適用されます。次の表は、これらの機能について、各 ONTAP のバージョンで FlexGroup レベルの管理がサポートされているか、およびメンバー ボリュームごとにより細かな管理が必要かを示しています。

表 5）各 ONTAP バージョンにおける FlexGroup の Storage Efficiency サポート

	9.1RC1	9.1RC2	9.1GA
シンプロビジョニング	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル	該当なし
インライン重複排除	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	該当なし
ポストプロセス重複排除	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	該当なし
インライン データ コンパクション	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	該当なし
インライン データ圧縮	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	該当なし
ポストプロセス データ圧縮	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	該当なし

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

注： 今後のリリースでは、これらの機能をすべて FlexGroup レベルから管理できるようになります。「該当なし」は、リリースがまだ公式ではないため、「現時点では使用できない」という意味です。

次のことに注意してください。

- インライン データ コンパクションは、シンプロビジョニングされたボリュームでのみ使用可能
- インライン重複排除は、All-Flash FAS またはハイブリッド アグリゲート構成でのみ使用可能

FlexGroup メンバー ボリュームレベルでの Storage Efficiency の適用

FlexGroup レベルで Storage Efficiency を有効にすることがサポートされていない場合は、次のコマンドを使用して FlexVol メンバーごとに有効にします。

```
cluster::*> volume efficiency on -vserver SVM -volume flexgroup4*
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0001" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0002" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0003" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0004" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0005" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0006" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0007" of Vserver "SVM" is enabled.
Efficiency for volume "flexgroup4TB__0008" of Vserver "SVM" is enabled.
8 entries were acted on.

cluster::*> volume efficiency modify -vserver SVM -volume flexgroup4* -compression true -data-
compaction true -inline-compression true -inline-dedupe true
8 entries were modified.

cluster::*> volume efficiency show -vserver SVM -volume flexgroup4* -fields data-
compaction,compression,inline-compression,inline-dedupe
vserver volume             compression inline-compression inline-dedupe data-compaction
------- ------------------ ----------- ------------------ ------------- ---------------
SVM     flexgroup4TB__0001 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0002 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0003 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0004 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0005 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0006 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0007 true        true               true          true
SVM     flexgroup4TB__0008 true        true               true          true
```

FlexClone®ボリュームおよび自動拡張と自動縮小は、現時点では FlexGroup でサポートされていません。

ONTAP の Storage Efficiency の詳細については、TR-4476：『ネットアップのデータ圧縮、重複排除、データ コンパクション』を参照してください。

ONTAP のシンプロビジョニングの詳細については、TR-3965：『NetApp Thin Provisioning Deployment and Implementation Guide』を参照してください。

8 付録

以降のセクションでは、これまでのセクションに含まれていない FlexGroup に関する以下の情報について記載します。

- FlexGroup の作成および管理用コマンドラインの例
- FlexGroup の統計の収集
- CLI を使用した FlexGroup でのデータ取り込み負荷分散の表示
- クライアントから多数のファイルを生成する Python スクリプトの例

コマンドライン例

このセクションでは、FlexGroup 関連のさまざまな基本操作のコマンドライン例を示します。

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

FlexGroup ボリュームの作成 – `flexgroup deploy`

```
cluster::> flexgroup deploy -size 20PB -space-guarantee volume -vserver SVM -volume flexgroup
```

複数ノードにまたがる FlexGroup ボリュームの作成 – `volume create`

```
cluster ::> volume create -vserver SVM -volume flexgroup -aggr-list aggr1_node1,aggr1_node2 -
policy default -security-style unix -size 20PB -space-guarantee none -junction-path /flexgroup
```

FlexGroup Snapshot ポリシーの変更

```
cluster::> volume modify -vserver SVM -volume flexgroup -snapshot-policy [policyname|none]
```

FlexGroup ボリュームのサイズ変更

```
cluster::> volume size -vserver SVM -volume flexgroup -new-size 20PB
```

FlexGroup ボリュームへのメンバーの追加

```
cluster::> volume expand -vserver SVM -volume flexgroup -aggr-list aggr1_node1,aggr1_node2
-aggr-list-multiplier 2
```

FlexGroup の統計

ONTAP 9 では、`flexgroup` という新しい統計オブジェクトが追加されました。このオブジェクトは **diag 権限**でのみ使用でき、以下のカウンタを収集します。

```
    cat1_tld_local                cat1_tld_remote
    cat2_hld_local                cat2_hld_remote
    cat3_dir_local                cat3_dir_remote
    cat4_fil_local                cat4_fil_remote
    dsidlist_factory_enomem       groupstate_analyze
    groupstate_create             groupstate_delete
    groupstate_enomem             groupstate_insert
    groupstate_preupdate_fail     groupstate_update
    indextable_factory_enomem     indextableload_factory_enomem
    indextablesave_factory_enomem instance_name
    instance_uuid                 memberstate_create
    memberstate_delete            memberstate_enomem
    memberstate_expired           memberstate_factory_enomem
    memberstate_unhealthy         monitor_receive
    monitor_respond               node_name
    node_uuid                     process_name
    refresh_enomem                refreshclient_create
    refreshclient_delete          refreshserver_create
    refreshserver_delete          remote_dirs
    remote_files                  snapclient_create
    snapclient_delete             snapcoord_create
    snapcoord_delete              snapserver_create
    snapserver_delete             snapserver_fail_fence_down
    snapserver_fail_fence_raise   snapserver_fail_snapid
    snapshot_create               snapshot_enomem
    snapshot_restore              tally_enomem
    vldb_enomem                   vldb_enorecord
    vldbclient_create             vldbclient_delete
    vldbclient_factory_enomem
```

これらのカウンタは FlexGroup ボリューム固有のカウンタで、リモート割り当ての割合、ローカルとリモートのファイル数およびディレクトリ数の比較、更新カウンタ、その他のさまざまなオブジェクトを測定します。

FlexGroup の統計は、その他の統計と同様の方法で取得できます。統計の収集は、`statistics start` で開始する必要があります。これにより、sample_id ファイルが作成されます。その後、`statistics show` を使用して統計を表示できます。

複数のオブジェクトまたはカウンタを指定する場合は、パイプ記号（|）を使用します。

 © 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

`statistics start` を使用した FlexGroup および NFSv3 の統計の例：

```
cluster::> set diag
cluster::*> statistics start -object nfsv3|flexgroup
Statistics collection is being started for sample-id: sample_2144
```

`statistics show` を使用した FlexGroup カウンタの例：

```
cluster::*> statistics show -object flexgroup

Object: flexgroup
Instance: 0
Start-time: 8/9/2016 13:00:22
End-time: 8/9/2016 15:22:29
Elapsed-time: 8527s
Scope: node1
    Counter                                                     Value
    -------------------------------- --------------------------------
    cat4_fil_local                                            3623435
    cat4_fil_remote                                            600298
    groupstate_analyze                                         293448
    groupstate_update                                        59906297
    instance_name                                                   0
    node_name                                                   node1
    process_name                                                    -
    refreshclient_create                                       146724
    refreshclient_delete                                       146724
    refreshserver_create                                       146724
    refreshserver_delete                                       146724
    remote_files                                                   10
```

統計コマンドの詳細については、CLI で `man statistics start` コマンドを使用してください。

FlexGroup でのデータ取り込み負荷分散の表示

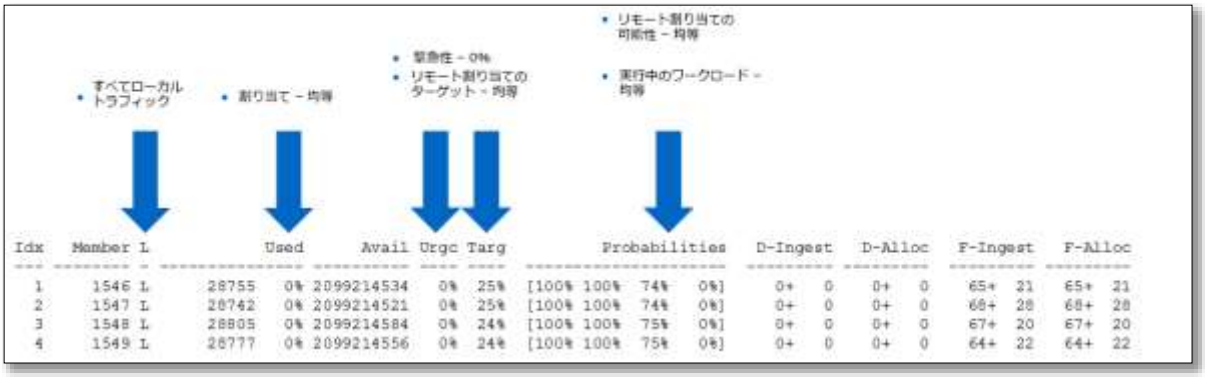
コマンドラインで **diag 権限のノードレベルのコマンド** `flexgroup show` を使用して、ワークロード処理における FlexGroup でのデータ取り込みをリアルタイムで監視し、メンバー ボリューム間での負荷の分散状況を確認できます。さらに、緊急性および許容差の割合と、ファイルおよびフォルダの配置がリモートになるかローカルになるかについての可能性も算出して表示できます。

このコマンドは、複数のノードにまたがるクラスタ シェル CLI で実行できます。

```
cluster::> set diag
cluster::*> node run * flexgroup show
```

次の図は、トラフィックが均等に分散されている「理想的な」状況での `flexgroup show` の出力を示しています。

図 20）FlexGroup での理想的なデータ取り込み



© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

FlexGroup ボリュームにファイルを生成する Python スクリプトの例

FlexGroup ボリュームのテストには、通常の負荷生成ユーティリティを使用できます。ネットアップのラボ テストでは、ベンチマークの 1 つとして、Linux ソース コード コンパイルを使用する基本的な GIT ベンチマークを使用しました。このタイプのテストは誰でも使用できますが、ほとんどのストレージ管理者にとっては手間のかかる、複雑な作業でもあります。

一方で、dd のような一般的なファイル作成ユーティリティや独自の bash スクリプトを使用してファイルやフォルダを作成することもお薦めできません。これらはシングルスレッドのテストであり、クライアントまたはストレージが提供する CPU やスループットが最大限に活用されないことがその理由です。

FlexGroup ボリュームに多数のファイルを作成して十分な負荷を生成し、そのメリットを確認する簡単な方法としては、ネットアップのシニア パフォーマンス システム エンジニアである Chad Morgenstern が作成した Python スクリプトを使用する方法があります。

このスクリプトは、マルチプロセッサ呼び出しを使用して、それぞれサブディレクトリを 1,000 個含むディレクトリを 1,000 個作成します。各サブディレクトリには小さいテキスト ファイルが 5 個作成され、合計ファイル数は 500 万となります。作成されるファイルやフォルダの数は変更できます。

このスクリプトは GitHub で入手可能ですが、ネットアップ サポートによる公式サポートはありません。このスクリプトの目的は、負荷の生成を測定することや、FlexGroup ボリュームのパフォーマンスを最大限にすることではありません。

9 参考資料と追加情報

以降のセクションに、FlexGroup ボリュームに関連するコンテンツへのリンクを記載します。

テクニカル レポート

- NetApp Thin Provisioning Deployment and Implementation Guide
  http://www.netapp.com/us/media/tr-3965.pdf
- NetApp Clustered Data ONTAP 8.3.x および 8.2.x
  http://www.netapp.com/jp/media/tr-3982-ja.pdf
- NetApp Infinite Volume 入門
  http://www.netapp.com/jp/media/tr-4037-ja.pdf
- NFS Best Practice and Implementation Guide
  http://www.netapp.com/us/media/tr-4067.pdf
- Name Services Best Practices Guide
  http://www.netapp.com/us/media/tr-4379.pdf
- ネットアップのデータ圧縮、重複排除、データ コンパクション
  http://www.netapp.com/us/media/tr-4476.pdf
- NetApp Storage Solutions for Apache Spark
  http://www.netapp.com/us/media/tr-4570.pdf
- NetApp FlexGroup Best Practices and Implementation Guide
  http://www.netapp.com/us/media/tr-4571.pdf

その他

Tech ONTAP Podcast—Episode 46: FlexGroups
https://soundcloud.com/techontap_podcast/episode-46-flexgroups-1

© 2017 NetApp, Inc. All Rights Reserved

本ドキュメントに記載されている、特定バージョンの製品と機能がお客様の環境でサポートされるかどうかは、ネットアップ サポート サイトにある Interoperability Matrix Tool（IMT）で確認してください。NetApp IMT には、ネットアップがサポートする構成を構築するために使用できる製品コンポーネントやバージョンが定義されています。サポートの可否は、お客様の実際のインストール環境が公表されている仕様に従っているかどうかによって異なります。

著作権に関する情報

Copyright © 1994–2017 NetApp, Inc. All rights reserved.Printed in the U.S.このドキュメントは著作権によって保護されています。著作権所有者の書面による事前承諾がある場合を除き、画像媒体、電子媒体、および写真複写、記録媒体、テープ媒体、電子検索システムへの組み込みを含む機械媒体など、いかなる形式および方法による複製も禁止します。

ネットアップの著作物から派生したソフトウェアは、次に示す使用許諾条項および免責条項の対象となります。

このソフトウェアは、ネットアップによって「現状のまま」提供されています。ネットアップは明示的な保証、または商品性および特定目的に対する適合性の暗示的保証を含み、かつこれに限定されないいかなる暗示的な保証も行いません。ネットアップは、代替品または代替サービスの調達、使用不能、データ損失、利益損失、業務中断を含み、かつこれに限定されない、このソフトウェアの使用により生じたすべての直接的損害、間接的損害、偶発的損害、特別損害、懲罰的損害、必然的損害の発生に対して、損失の発生の可能性が通知されていたとしても、その発生理由、根拠とする責任論、契約の有無、厳格責任、不法行為（過失またはそうでない場合を含む）にかかわらず、一切の責任を負いません。

ネットアップは、ここに記載されているすべての製品に対する変更を随時、予告なく行う権利を保有します。ネットアップによる明示的な書面による合意がある場合を除き、ここに記載されている製品の使用により生じる責任および義務に対して、ネットアップは責任を負いません。この製品の使用または購入は、ネットアップの特許権、商標権、または他の知的所有権に基づくライセンスの供与とはみなされません。

このマニュアルに記載されている製品は、1 つ以上の米国特許、その他の国の特許、および出願中の特許によって保護されている場合があります。

権利の制限について：政府による使用、複製、開示は、DFARS 252.227-7103（1988 年 10 月）および FAR 52-227-19（1987 年 6 月）の Rights in Technical Data and Computer Software（技術データおよびコンピュータソフトウェアに関する諸権利）条項の(c) (1) (ii)項に規定された制限が適用されます。

商標に関する情報

NetApp、NetApp のロゴ、Go Further, Faster、AltaVault、ASUP、AutoSupport、Campaign Express、Cloud ONTAP、Clustered Data ONTAP、Customer Fitness、Data ONTAP、DataMotion、Fitness、Flash Accel、Flash Cache、Flash Pool、FlashRay、FlexArray、FlexCache、FlexClone、FlexPod、FlexScale、FlexShare、FlexVol、FPolicy、GetSuccessful、LockVault、Manage ONTAP、Mars、MetroCluster、MultiStore、NetApp Insight、OnCommand、ONTAP、ONTAPI、RAID DP、RAID-TEC、SANtricity、SecureShare、Simplicity、Simulate ONTAP、SnapCenter、Snap Creator、SnapCopy、SnapDrive、SnapIntegrator、SnapLock、SnapManager、SnapMirror、SnapMover、SnapProtect、SnapRestore、Snapshot、SnapValidator、SnapVault、StorageGRID、Tech OnTap、Unbound Cloud、WAFL、その他の名称は、米国およびその他の国における NetApp, Inc.の商標または登録商標です。その他のすべてのブランドおよび製品は、それを所有する各社の商標または登録商標であり、相応の取り扱いが必要です。現時点のネットアップの商標一覧は、http://www.netapp.com/jp/legal/netapptmlist.aspxのウェブサイトで閲覧可能です。

TR-4557-1016-jp