



テクニカル レポート

NetApp ONTAP FlexGroup ポリ ューム

技術概要

NetApp
Justin Parisi
2020年1月 | TR-4557

概要

本ドキュメントでは、NetApp ONTAPの機能であるNetApp®ONTAP®FlexGroupボリュームの概要を説明します。FlexGroupは、スケールアウトNASコンテナの進化形であり、メタデータ負荷の高いワークロードにおいて、ほぼ無限の容量と予測可能な低レイテンシのパフォーマンスを兼ね備えています。本書に記載されていないFlexGroupの情報については、flexgroups-info@netapp.comまでEメールでお問い合わせください。必要に応じてその情報が追加されます。ベストプラクティスについては、[TR-4571 : 『NetApp ONTAP FlexGroup Volume Best Practices and Implementation Guide』](#)を参照してください。

<<本レポートは機械翻訳による参考訳です。公式な内容はオリジナルである英語版をご確認ください。>>

目次

1	NetApp ONTAP におけるNASの進化.....	5
1.1	ボリューム：実証済みの解決策	5
1.2	Infinite Volume：大容量（制限あり）	6
1.3	FlexGroup：NASの進化.....	6
2	用語.....	7
2.1	大容量ファイルとは	7
3	NetApp ONTAP FlexGroup の利点.....	8
3.1	メタデータ比率の高いワークロードに対して大容量と予測可能な低レイテンシを実現.....	8
3.2	すべてのクラスタハードウェアを効率的に使用	8
3.3	シンプルで管理が容易なアーキテクチャとバランシング	8
3.4	ビッグデータの高密度化.....	9
4	FlexGroup 9でサポートされる機能.....	9
5	ユースケース	11
5.1	理想的なユースケース.....	11
5.2	理想的でないケース	12
6	パフォーマンス	12
6.1	FlexVolとFlexGroupの比較：ソフトウェアビルド.....	12
6.2	FlexGroupとスケールアウトNAS競合製品の比較：少ないリソースでより多くの成果を達成.....	13
6.3	仕様SFS 2014_swbuildの送信：FlexGroupボリューム、ONTAP 9.2	14
6.4	AFF A700のテスト	17
7	FlexGroupの技術概要.....	23
7.1	FlexGroupボリュームの概要.....	23
7.2	ファイルの作成と自動ロードバランシング	24
7.3	エラスティックサイジング	30
7.4	FlexVolからFlexGroupへのインプレース変換.....	32
7.5	ボリュームのオートサイズ（自動拡張/自動縮小）	33
7.6	64ビットのファイルID	33
8	FlexGroupの機能	38
8.1	シンプルさ	39
8.2	統合データプロテクション	54

8.3	Storage Efficiency	56
8.4	保存データの暗号化	58
8.5	サービス品質 (QoS)	58
付録	60
	コマンドラインの例	60
	FlexGroup統計	60
	FlexGroup取り込み分布の表示	62
	FlexGroupボリューム上でファイルを生成するPythonスクリプトの例	62
追加情報の検索場所	63
バージョン履歴	64
表一覧		
表1)	一般的なONTAP機能のサポート	9
表2)	サポートされる一般的なNASプロトコルバージョン	11
表3)	サポートされないSMB 2.xおよび3.xの機能	11
表4)	FlexGroupで使用するボリュームコマンドオプション	40
表5)	FlexVolメンバーとアグリゲートの比率：System Manager、ローエンドシステム	45
表6)	FlexVolメンバーとアグリゲートの比率：System Manager、ハイエンドシステム (ONTAP 9.4以降)	45
表7)	ONTAPバージョンのFlexGroupでのStorage Efficiencyに関するガイダンス	57
図一覧		
図1)	100TBを超える容量向けのジャンクションアーキテクチャを備えたFlexVol設計	5
図2)	ONTAPにおけるNASファイルシステムの進化	6
図3)	大容量ファイルとは	8
図4)	Gitベンチマーク：FlexGroupでのLinuxコンパイルとFlexVolの比較	13
図5)	Gitベンチマーク：FlexGroupでのGCCコンパイルとFlexVolの比較	13
図6)	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	14
図7)	全体的な応答時間、SPEC SFS 2014_swbuildの送信	15
図8)	スループット、SPEC SFS 2014_swbuildの送信	15
図9)	IOPSとSPEC SFS 2014_swbuildの送信結果	16
図10)	レイテンシとビルド数、SPEC SFS 2014_swbuildの送信	16
図11)	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	17
図12)	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	18
図13)	FlexVolとFlexGroupの比較：平均合計IOPSの最大値	18
図14)	標準NASベンチマーク (EDA) -ONTAP 9.5：1ノード対2ノード (処理数/秒)	19

図15) 標準NASベンチマーク (EDA) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5の比較 (処理数/秒)	20
図16) Standard NASベンチマーク (EDA) -ONTAP 9.5 : 1ノード対2ノード (MBps)	20
図17) 標準NASベンチマーク (EDA) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5 (MBps) の比較	21
図18) 標準のNASベンチマーク (ソフトウェアビルド) -ONTAP 9.5 (処理数/秒)	21
図19) 標準NASベンチマーク (ソフトウェアビルド) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5の比較 (処理数/秒)	22
図20) 標準のNASベンチマーク (ソフトウェアビルド) -ONTAP 9.5 (MBps)	22
図21) 標準NASベンチマーク (ソフトウェアビルド) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5 (MBps) の比較	23
図22) FlexGroupボリューム	24
図23) リモートハードリンクによるファイルのリモート配置	25
図24) FlexGroupボリューム内のファイルとフォルダの分散: dd スクリプト	27
図25) メンバーボリューム間のスペース分散: dd スクリプト	28
図26) エラスティックサイジング前のファイル書き込み動作	31
図27) エラスティックサイジング後のファイル書き込み動作	32
図28) [SVM Settings]タブ-従来のビュー	35
図29) System Managerでの64ビットファイル識別子の有効化/無効化	35
図30) ONTAP System Managerのイベント画面にmaxdirsize警告が表示される	38
図31) ONTAP 9.1でのFlexGroupボリュームの作成	42
図32) ONTAP 9.2以降でのFlexGroupボリュームの作成	42
図33) クラシックビューへの切り替え	42
図34) アグリゲートの手動選択	45
図35) ONTAPシステムマネージャでの64ビットファイル識別子の警告	46
図36) FlexGroupボリュームの保護	46
図37) クラシックビューへの切り替え	48
図38) [Advanced FlexGroup Volume]オプションアイコン-クラシックビュー	48
図39) ONTAPシステムマネージャでFlexGroupボリュームへの共有を作成	49
図40) System ManagerでのFlexGroupの概要	50
図41) 既存のFlexGroupボリュームの管理	50
図42) Performance ManagerのFlexGroupメンバーボリューム	51
図43) Performance ManagerでのFlexGroupメンバーボリュームのグラフ表示	51
図44) Performance ManagerでのFlexGroupメンバーボリュームのグラフ表示 (拡大表示)	52
図45) FlexGroup Snapshotコピー	55
図46) FlexGroupのストレージQoS: シングルノード接続	59
図47) FlexGroupのストレージQoS: マルチノード接続	59
図48) 理想的なFlexGroup取り込み	62

1 NetApp ONTAPにおけるNASの進化

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**テラバイト**、さらにはテラバイト単位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。

機械学習と人工知能のワークロードには、ペタバイト規模（数十億個のファイルを含む）まで拡張可能な単一のネームスペースに対するストレージが必要です。これらのテクノロジーの台頭と [Hadoop](#)などのビッグデータフレームワークの出現により、NASファイルシステムの進化は遅れています。NetApp ONTAP FlexGroupは、これらのタイプのアーキテクチャに最適な解決策です。

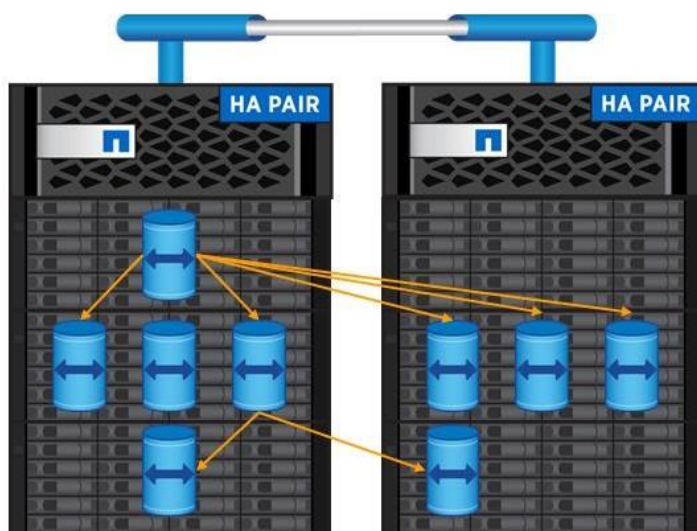
1.1 ボリューム：実証済みの解決策

フレキシブルボリュームであるNetApp FlexVol® ソフトウェアは、2005年にData ONTAP 7.0 (Data ONTAP 7-Mode) リリースの一部としてNetApp Data ONTAPテクノロジーに導入されました。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ボリュームは、システムを停止することなく拡張または縮小できます。また、[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す。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は100TBの容量でほとんどのストレージニーズに対応でき、Data ONTAPはそれらのボリュームと連携できるクラスタアーキテクチャを提供しました。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ユースケースでは、ペタバイト規模のストレージが必要でした。FlexGroupを導入する前は、ONTAP管理者がジャンクションパスを作成してFlexVolボリュームを相互に接続できました。このようにして、単一のネームスペースとして機能できるクラスタ上にファイルシステムを作成しました。図1 は、大規模なネームスペース向けのFlexVolボリュームジャンクション設計の例を示しています。

図1) 100TBを超える容量向けのジャンクションアーキテクチャを備えたFlexVol設計



このアーキテクチャは多くの環境に適していましたが、管理が面倒で、FlexVolボリュームの容量やファイル数の制約が制限要因となるネームスペースに対して「単一バケット」のアプローチを採ることもできませんでした。

1.2 Infinite Volume : 大容量（ただし制限あり）

NetApp Data ONTAP 8.1.1では、[Infinite Volume](#)解決策が大規模なストレージを必要とする企業にとって解決策の候補として提示されました。最大20PBまで拡張可能で、単一のネームスペースを無停止で拡張できるInfinite Volume解決策は、大量のデータを格納する機能以上の機能を備えています。

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

Infinite Volume解決策ではすべてのメタデータ処理に単一のネームスペースボリュームを使用するため、いくつかの制限が適用されます。

- 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ので、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でFlexVolが1つしか設定されていないため、ファイルの最大数は20億
- Storage Virtual Machine (SVM) をFlexVolボリュームと共有できない
- SMB 2.xおよび3.xがサポートされない

そのため、Infinite Volumeはアーカイブデータを格納する優れた方法ですが、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での複数のユースケースに対応する方法はありませんでした。

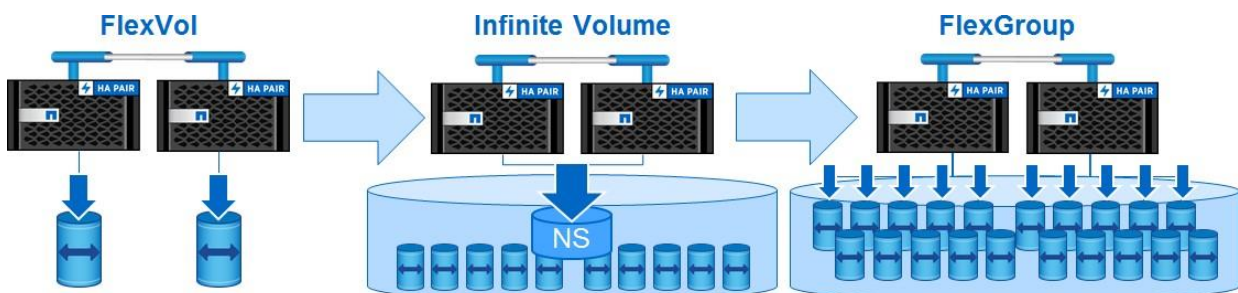
注： ONTAP 9.5以降では、Infinite Volume機能はサポートされなくなりました。詳細については、[TR-4571](#)を参照してください。

1.3 FlexGroup : NASの進化

ONTAP 9.1は、スケールアウトNASファイルシステムであるNetApp ONTAP FlexGroupボリュームにイノベーションをもたらしました。

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。FlexGroupボリュームには、ハードウェアの物理的な制限やONTAPの総ボリューム制限以外では、容量やファイル数の制約は事実上ありません。制限は、連携して負荷を動的に分散し、すべてのメンバーにスペースを均等に割り当てるコンスチチュエントメンバーボリュームの全体的な数によって決まります。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、残りの処理はONTAPが行います(図2)。

図2) ONTAPにおけるNASファイルシステムの進化



2 用語

NetApp ONTAPの一般的な用語（Storage Virtual Machine、LIF、FlexVolなど）の多くについては、[TR-3982：『NetApp clustered Data ONTAP 8.3.xおよび8.2.x』](#)を参照してください。NetApp ONTAP FlexGroup固有の用語については、次のリストを参照してください。

- **コンスティチュエント/メンバーボリューム**：FlexGroupの文脈では、「コンスティチュエントボリューム」と「メンバーボリューム」は同じ意味で使用されます。FlexGroupボリュームを構成する基盤となるFlexVolボリュームを指し、FlexGroupボリュームでのみ達成される容量とパフォーマンスの向上を提供します。
- **FlexGroupボリューム**：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る単一のネームスペースです。ストレージ管理者が管理し、NetApp FlexVolボリュームのように機能します。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ピングされることはありません。
- **アフィニティ**：アフィニティは、特定の操作を1つのスレッドに結び付けることを表します。
- **Automated Incremental Recovery (AIR)**：自動増分リカバリ (AIR) は、FlexGroupの不整合を動的に修復するONTAPサブシステムで、停止や管理者の介入は必要ありません。
- **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**：FlexGroupの簡易性とスケールアウトが実現する前は、ジャンクションパスを使用して、FlexVolの100TBを超える容量を提供していました。ジャンクションパスを使用して複数のFlexVolボリュームを結合することで、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します。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**：次のセクション「大容量ファイルとは？」を参照してください。
- **オーバ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プロビジョニング（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を無効にする手法です（guarantee = none）。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しなくても済むように、オーバプロビジョニングを使用するとボリュームを大規模に拡張できますが、利用可能なスペースを綿密に監視しなければならない管理オーバーヘッドが発生します。
ボリュームがオーバプロビジョニングされている場合、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の値が少しずれているように見える場合があります。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。オーバプロビジョニングを使用した場合のスペース割り当てをより正確に把握するには、aggregate show-space コマンドを使用します。
- **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® システムの機能です。RALを使用すると、FlexGroupボリュームは、複数のFlexGroup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FlexGroupの構成要素です。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「親ボリューム内にはない」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。

2.1 大容量ファイルとは

このドキュメントでは、「大容量ファイル」という用語を自由に使用しています。したがって、FlexGroupのコンテキストで大きなファイルとは何かを正確に定義することが重要です。

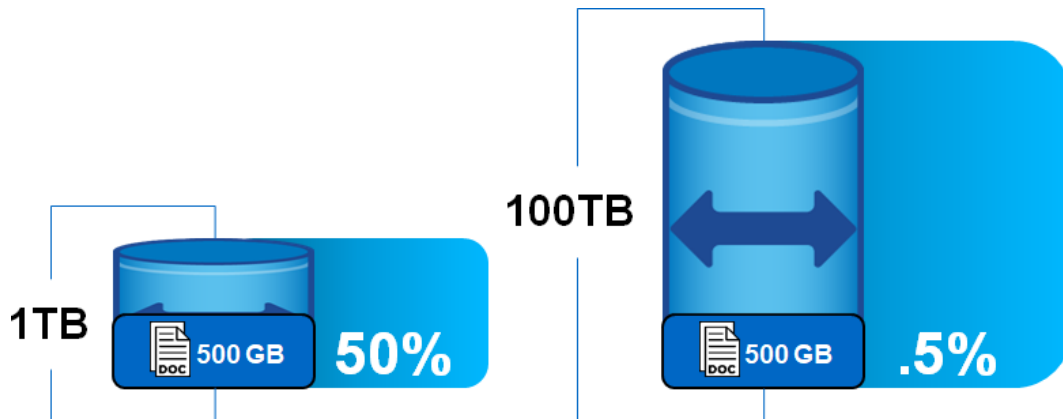
FlexGroupボリュームは、ワークロードが多数の小さなファイルを取り込んでいる場合に最適に動作します。これは、FlexGroup FlexVolボリュームでのシリアル処理によってボトルネックとなる可能性がある特定のワークロードに対応するために、システムリソースが最大化されるためです。FlexGroupボリュームは、その他

のさまざまなワークロードとも連携します（詳細については、「ユースケース」を参照してください）。ただし、問題を引き起こす可能性のあるワークロードの1つに、大容量のファイルや時間の経過とともに増大するファイル（データベースファイルなど）を含むワークロードがあります。

FlexGroupボリュームでは、大容量ファイルは特定のファイルサイズではなく、割り当てられたスペースの割合で生成されます。したがって、一部のFlexGroup構成（メンバーボリュームサイズが1TBのみの場合など）では、「大容量ファイル」は500GB（メンバーボリュームサイズの50%）になる可能性があります。他の構成（メンバーボリュームサイズが100TBの場合など）では、同じ500GBのファイルサイズがボリューム容量の0.5%にすぎません。このタイプのファイルは、FlexGroupボリュームでの取り込みのヒューリスティックが失われる可能性があります。また、メンバーボリュームがフルに近づいたときに問題が発生する可能性があります（図3）。

ONTAP 9.6以降では、エラスティックサイジングが大容量ファイルに関する懸念を軽減します。ONTAPは他のメンバーボリュームのスペースを借りて、大容量ファイルの書き込みを完了できるようにします。また、ONTAP 9.7では取り込みアルゴリズムが変更され、サイズの異なるファイルやデータセットを分散できるようになりました。どちらの機能も、FlexGroupボリュームをほとんどのワークロードにとって現実的な着地点にしています。（本ドキュメントで後述する「Elastic Sizing」を参照してください）。

図3) 大容量ファイルとは



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 FlexGroupを使用すると、ストレージ管理者は大量の容量を簡単にプロビジョニングし、その容量を無停止でスケールアウトできます。FlexGroupは、メタデータ比率の高いワークロード向けの並列パフォーマンスも実現します。これにより、スループットと処理全体を向上させながら、ミッションクリティカルなワークロードのレイテンシを低く抑えることができます。

3.2 すべてのクラスタ ハードウェアを効率的に使用

FlexGroupボリュームを使用すると、ストレージ管理者は、複数の物理アグリゲートやFlexVolがメンバーになっているノードに簡単にまたがることができます。また、アプリケーションやユーザがデータをダンプするための真の単一のネームスペースを維持できます。クライアントとユーザはスペースをモニタリングとみなしますが、ONTAPはバックグラウンドで動作して、作成されたファイルをFlexGroupボリュームに均等に分散し、CPUとディスクの効率的な利用率を実現します。

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

大容量を簡単に導入できるように、NetAppではNetApp FlexVolボリュームのようなFlexGroupボリュームを管理できます。ONTAPは、基盤となるメンバーボリュームの作成とクラスタノード間の分散を処理し、NAS共有に単一のアクセスポイントを提供します。

3.4 ビッグ データに最適な高密度

FlexGroupボリュームでは、次のようなONTAPの優れたStorage Efficiency機能を使用して、大量のデータをより小さなデータセンターの設置面積に圧縮できます。

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

さらに、ONTAPは大容量SSDをサポートしているため、1台の24ドライブシェルフエンクロージャで大量の物理容量を提供できます。わずか10Uのラックスペースでペタバイトの物理容量を取得できるため、冷却コスト、消費電力、ラックレンタルスペースのコストが削減され、ストレージ環境の密度が大幅に向上します。これらの機能と、その容量を効率的に使用し、クラスター全体でパフォーマンスを分散できるFlexGroup機能を組み合わせることで、ビッグデータ向けに開発された解決策が実現します。

4 FlexGroupでサポートされる機能

表1 に、FlexGroupで現在サポートされているONTAP機能のリストを示します。サポートされていない機能については、flexgroups-info@netapp.com までEメールでお問い合わせください。

表1) 一般的なONTAP機能のサポート

サポートされる機能	最初にサポートされたONTAPのバージョン
NetAppスナップショット™ テクノロジ	ONTAP 9.0
NetApp SnapRestore® ソフトウェア (FlexGroupレベル)	ONTAP 9.0
ハイブリッドアグリゲート	ONTAP 9.0
コンスティチュエント (メンバー) ボリュームの移動	ONTAP 9.0
ポストプロセス重複排除	ONTAP 9.0
NetApp RAID-TEC™ テクノロジ	ONTAP 9.0
アグリゲートごとの整合ポイント	ONTAP 9.0
同じSVM内のFlexVolとのFlexGroupの共有	ONTAP 9.0
NetApp Active IQ® Unified Managerのサポート	ONTAP 9.1
インライン アダプティブ圧縮	ONTAP 9.1
インラインの重複排除	ONTAP 9.1
インライン データ コンパクション	ONTAP 9.1
シンプロビジョニング	ONTAP 9.1
NetApp AFF	ONTAP 9.1
クォータ レポート	ONTAP 9.1
NetApp SnapMirror® テクノロジ	ONTAP 9.1
ユーザクォータとグループクォータのレポート (適用なし)	ONTAP 9.1
アグリゲートのインライン重複排除 (ボリューム間重複排除)	ONTAP 9.2

サポートされる機能	最初にサポートされたONTAPのバージョン
NetApp Volume Encryption (NVE)	ONTAP 9.2
NetApp SnapVault® テクノロジ	ONTAP 9.3
qtree	ONTAP 9.3
自動重複排除スケジュール	ONTAP 9.3
バージョンに依存しないSnapMirror/ユニファイドレプリケーション	ONTAP 9.3
SMBノウィルススキャン	ONTAP 9.3
ボリュームのオートサイズ (自動拡張/自動縮小)	ONTAP 9.3
QoSの最大/上限	ONTAP 9.3
SnapMirrorのベースライン変更なしでのFlexGroupの拡張	ONTAP 9.3
取り込みで考慮されるinode数	ONTAP 9.3
SMB変更/通知	ONTAP 9.3
ファイル監査	ONTAP 9.4
NetApp FPolicy™	ONTAP 9.4
アダプティブ QoS	ONTAP 9.4
QoSの最小要件 (AFFのみ)	ONTAP 9.4
NetApp SnapMirror® の制限を緩和	ONTAP 9.4
SMB 3.xマルチチャネル	ONTAP 9.4
FabricPool	ONTAP 9.5
クォータの適用の例	ONTAP 9.5
qtreeの統計	ONTAP 9.5
継承されたSMBウォッチと変更通知	ONTAP 9.5
SMBコピーオフロード (オフロードデータ転送 (ODX))	ONTAP 9.5
ストレージレベルのアクセス保護	ONTAP 9.5
NetApp FlexCache® (キャッシュのみ。ONTAP 9.7ではFlexGroupをオリジンとしてサポート)	ONTAP 9.5
エラスティックサイジング	ONTAP 9.6
SMBの継続的可用性を備えた共有 (SQL / Hyper-Vのみ)	ONTAP 9.6
NetApp MetroCluster™	ONTAP 9.6
ボリュームの名前変更	ONTAP 9.6
ボリュームの縮小	ONTAP 9.6
NetApp Aggregate Encryption (NAE)	ONTAP 9.6
NetApp Cloud Volumes ONTAP	ONTAP 9.6

サポートされる機能	最初にサポートされたONTAPのバージョン
NetApp FlexClone®	ONTAP 9.7
NDMP	ONTAP 9.7
vStorage APIs for Array Integration (VAAI)	ONTAP 9.7
NFSv4.0およびNFSv4.1 (Parallel NFS (pNFS) を含む)	ONTAP 9.7
FlexVolからFlexGroupへのインプレース変換	ONTAP 9.7
FlexGroupボリュームをFlexCacheの元のボリュームとして使用	ONTAP 9.7

表2) サポートされる一般的なNASプロトコルバージョン

サポートされるNASプロトコルバージョン	最初にサポートされたONTAPのバージョン
NFSv3	ONTAP 9.0
SMB 2.1、SMB 3.x	ONTAP 9.1 RC2
NFSv4.x	ONTAP 9.7

表3) サポートされないSMB 2.xおよび3.xの機能

サポートされないSMB 2.xの機能	サポートされないSMB 3.xの機能
SMBリモートボリュームシャドウコピーサービス (VSS)	<ul style="list-style-type: none"> • SMBの透過的フェイルオーバー • SMBスケールアウト • SMBリモートVSS • SMBディレクトリリリース • SMBダイレクトまたはリモートダイレクトメモリアクセス (RDMA) <p>注：SMB 3.0暗号化はFlexGroupボリュームでサポートされます。</p>

注：リモートVSSは、SMBの[以前のバージョン]タブとは異なります。リモートVSSはアプリケーション対応のSnapshot機能であり、Hyper-Vワークロードで最もよく使用されます。FlexGroupボリュームでは、の導入後に[SMBの[以前のバージョン]タブがサポートされるようになりました。

5 ユースケース

NetApp ONTAP FlexGroup設計は、理想的なユースケースと考えられる特定のユースケースで最も効果的です。FlexGroupボリュームのその他のユースケースも可能ですが、通常はサポートされる機能によって異なります。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。たとえば、仮想化ワークロードはFlexGroupボリュームでも動作しますが、現時点ではSISクローニングがサポートされておらず、NetApp Virtual Storage Consoleと統合されていません。

5.1 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。

- EDA（電子設計自動化）
- 人工知能と機械学習のログファイルのリポジトリ
- ソフトウェアのビルドおよびテスト環境（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）
- ビッグデータとデータレイク（[HadoopとNetApp NFS Connector](#)）

5.2 理想的ではないケース

現時点では、一部のワークロードはFlexGroupボリュームには推奨されません。対象となるワークロードは次のとおりです。

- ワークロードの仮想化
- ストライピングを必要とするワークロード（複数のノードまたはボリュームにまたがる大容量ファイル）
- NetApp FlexVolボリュームとのデータ関係のレイアウトを特定の方法で制御する必要があるワークロード
- FlexGroupでは現在使用できない特定の機能を必要とするワークロード

ご不明な点がございましたら、ng-flexgroups-info@netapp.comまでEメールでお問い合わせください。

6 パフォーマンス

NetApp ONTAP FlexGroupテクノロジーは容量重視のアプローチですが、パフォーマンス重視のアプローチでもあります。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。ファイル数が多いメタデータ処理量の多いワークロードでは、複数のボリュームとクラスタノードをすばやく簡単に提供できるため、ONTAPは複数のハードウェア資産とCPUコアを使用して、より高いパフォーマンスしきい値でパフォーマンスを実行できます。

6.1 FlexVolとFlexGroup：ソフトウェアのビルド

ソフトウェアビルドツール（Git）を使用したシンプルなワークロードベンチマークでは、SASドライブで構成された2つのアグリゲートと8つのFlexVolメンバーコンスティチュエントを含むONTAP 9.1を実行する1つのFAS8080ノードFlexGroup上でLinuxカーネルをコンパイルしました。これに対し、同じハードウェア上に1つのFlexVolを配置しました。測定された指標は、単純な完了までの時間テストでした。このベンチマークでは、複数のGit処理でFlexGroupボリュームのパフォーマンスがFlexVolボリュームを2~6倍上回っています。さらに、同じGitテストをNetApp AFF上でgccコンパイルして実行しました(図4 と 図5)。

注意： GCCコンパイルはより多くのファイル数で動作するため、完了時間の違いがあります。

図4) Gitベンチマーク : FlexGroupでのLinuxコンパイルとFlexVolの比較

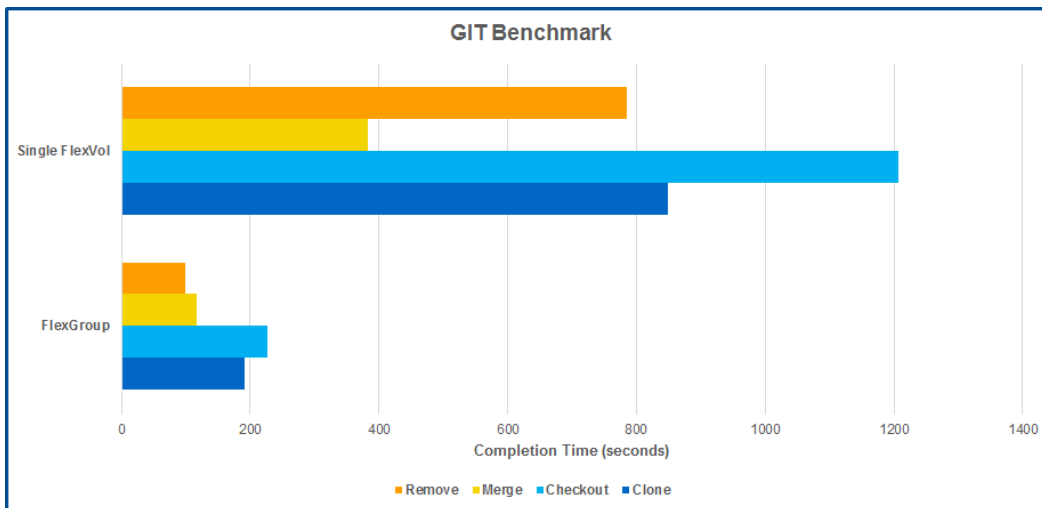
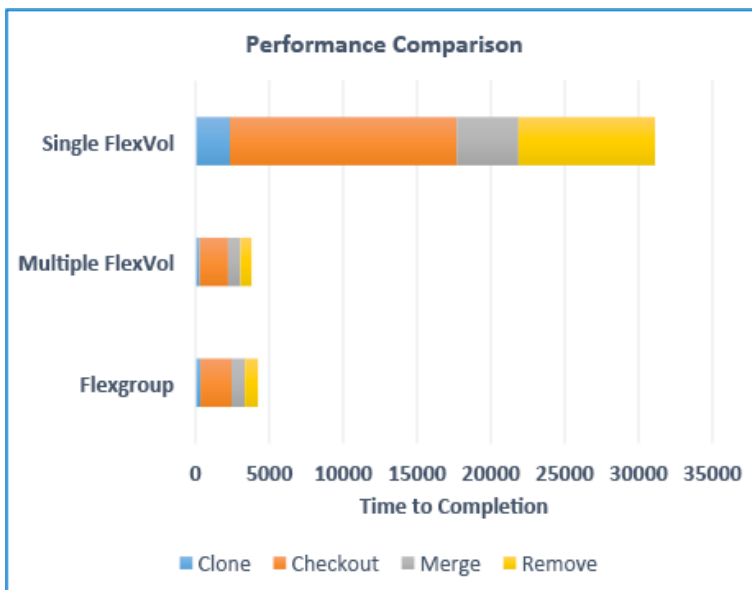


図5) Gitベンチマーク : FlexGroupでのGCCコンパイルとFlexVolの比較

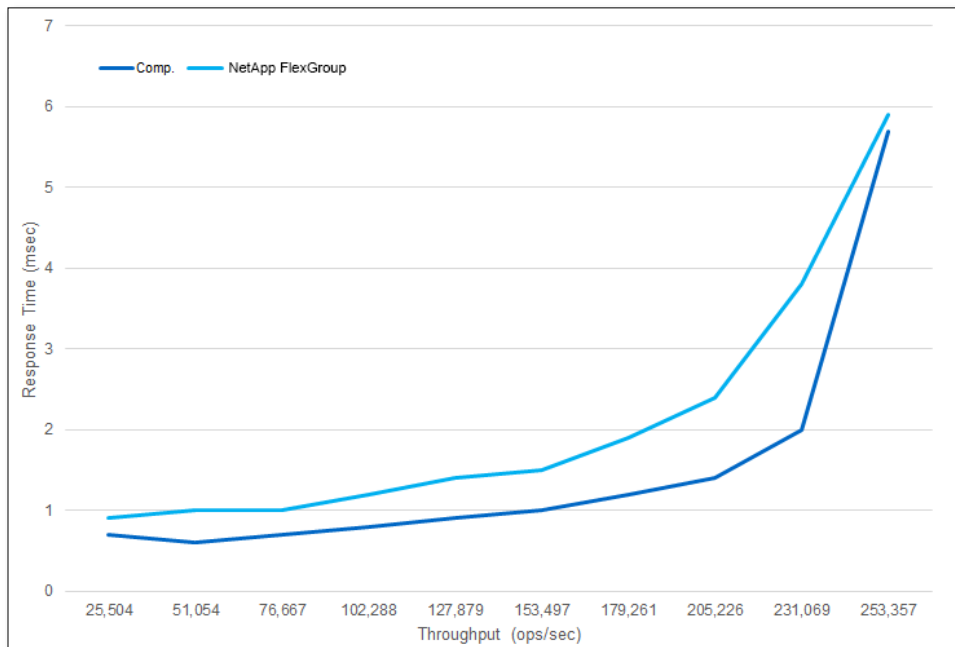


6.2 FlexGroupとスケールアウトNAS競合製品の比較：少ないリソースでより多くの成果を達成

別のベンチマークではONTAP、SASドライブを使用した2ノードのFAS8080クラスタのFlexGroupボリュームと、14ノードの競合他社のシステムを比較しました。競合他社のシステムでは、メタデータのキャッシングに一部のソリッドステートドライブ（SSD）も使用していました。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。

このテストでは、8個のメンバーコンスティチュエントを含む1つのFlexGroupボリュームで、競合他社の14ノードクラスタとほぼ同じレイテンシで、1秒あたりの処理数をほぼ同じにすることがわかりました（図6）。

図6) FlexGroup (2ノードクラスター) と競合製品 (14ノードクラスター) の比較 : 標準的なNASワークロード



6.3 仕様SFS 2014_swbuildの送信 : FlexGroupボリューム、ONTAP 9.2

NetAppは、SPEC SFS 2014_swbuildの公式ベンチマークテストの結果も提出しました。これにより、ストレージベンダーは、独立したベンチマークコンソーシアムによって承認された標準テストに基づいて自社のシステムをテストできます。このテストのNetAppの結果は[こちらで](#)、競合他社のシステムの結果は[こちらで](#)確認できます。

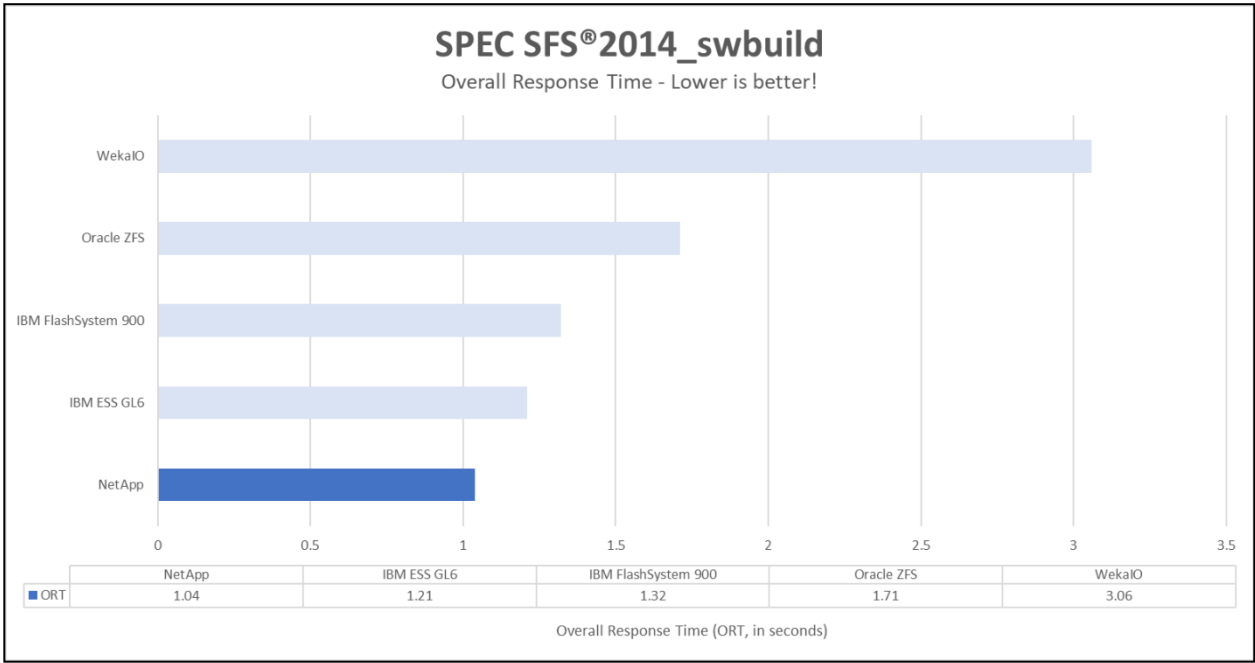
NetAppの結果

ベンチマークには、全体的な応答時間（ORT）と呼ばれる指標が含まれています。[ここで](#)定義します。

The overall response time is a measure of how the system will respond under an average load. Mathematically, the value is derived by calculating the area under the curve divided by the peak throughput.

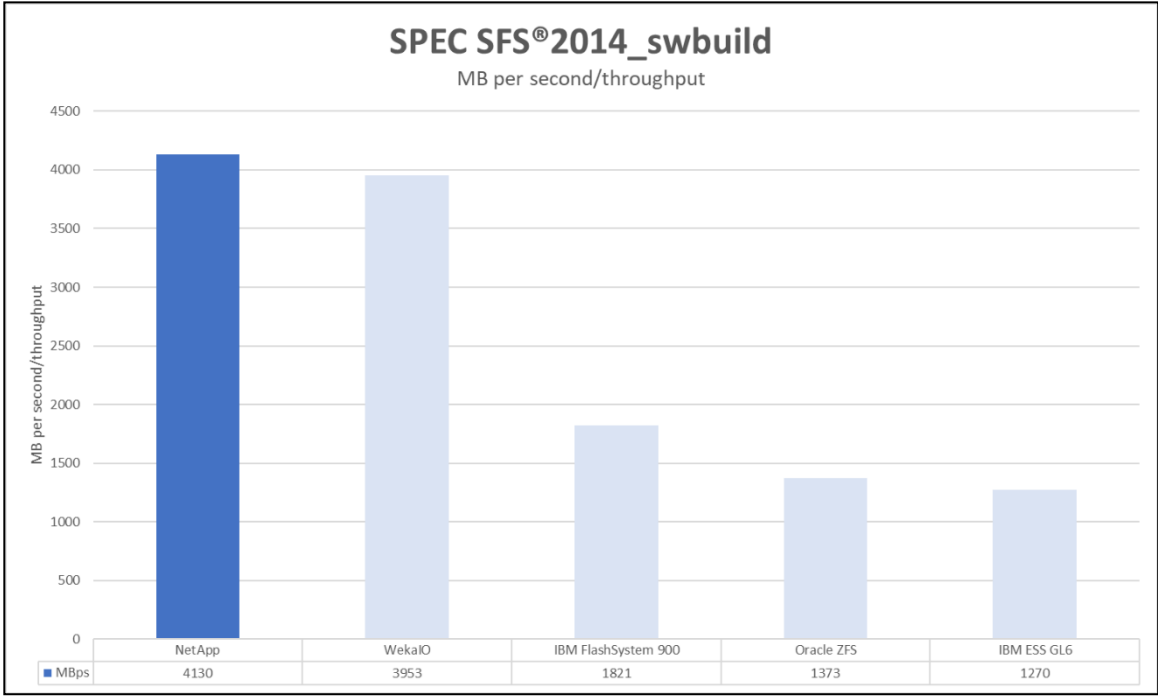
このテストでは、FlexGroupボリュームのORTは、ストレージシステムで記録された最小値を達成しました（図7）。

図7) 全体的な応答時間、SPEC SFS 2014_swbuildの送信



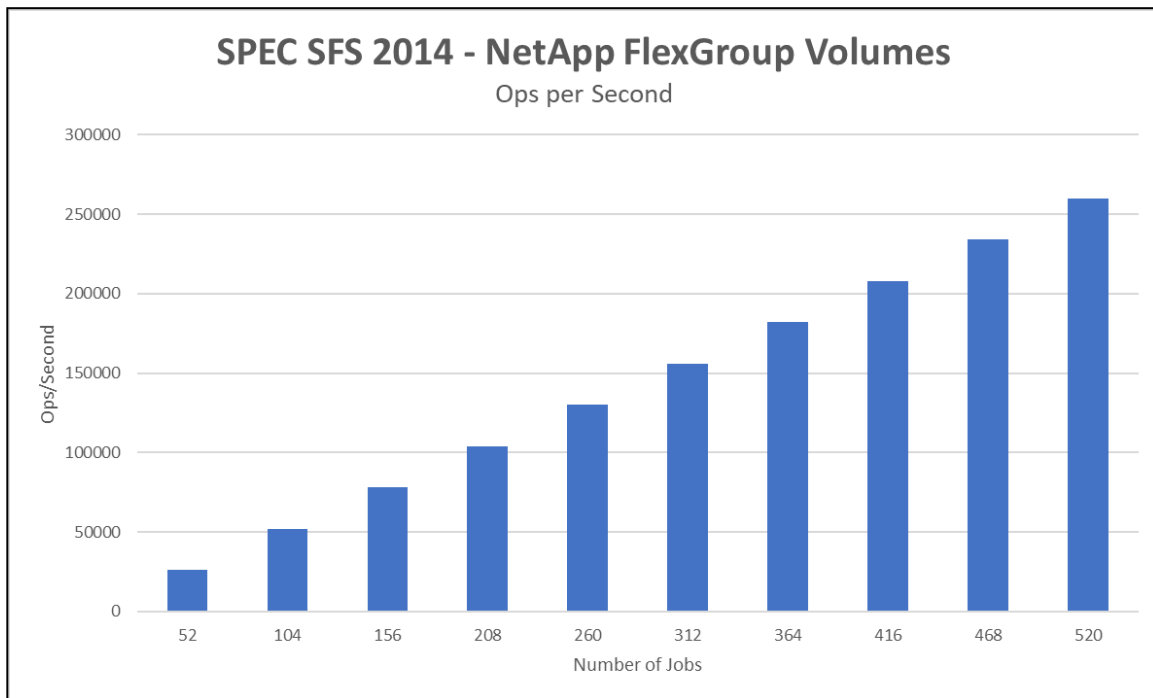
また、FlexGroupボリュームのスループットは、他の送信スループットよりも優れています。ベンチマークでは、FlexGroupボリュームは4GBpsを超えました（図8）。

図8) スループット、SPEC SFS 2014_swbuildの送信



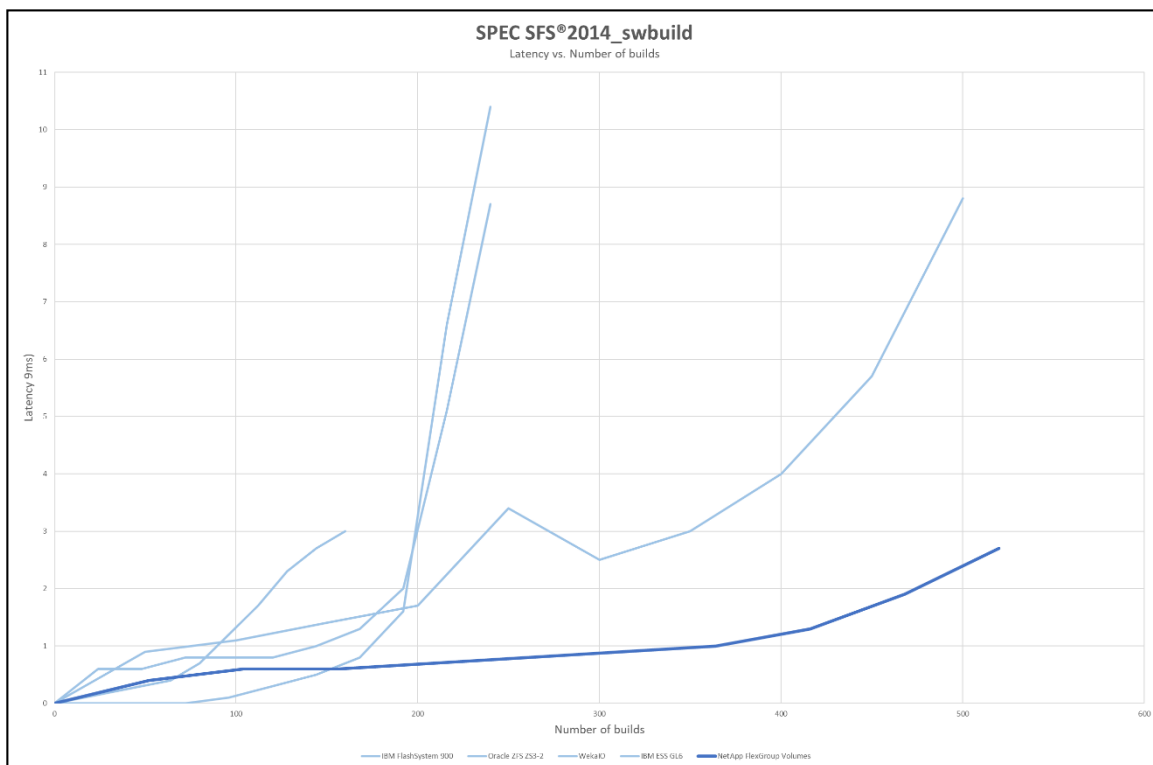
このパフォーマンスベンチマークの結果は、500以上の同時ジョブで26万IOPSを達成しました（図9）。

図9) IOPSとSPEC SFS 2014_swbuildの送信結果



レイテンシがビジネスにとって重要な場合、FlexGroupボリュームの予測可能な低レイテンシもすべての提出物の中で最も高くなりました（図10）。

図10) レイテンシとビルド数、SPEC SFS 2014_swbuildの送信



6.4 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ペアにまたがるノードあたり8メンバー（合計16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
- クローニング処理のみ（FlexVolとFlexGroupの両方で最大スループットを達成）
- 4台の物理サーバ
- クライアント上のユーザのワークロードとスレッド数（4~224）

図11 は、単一のFlexVolボリュームでのGitクローン処理で達成される最大スループット（読み取りおよび書き込み）と、2つのノードにまたがる単一のFlexGroup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11) 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

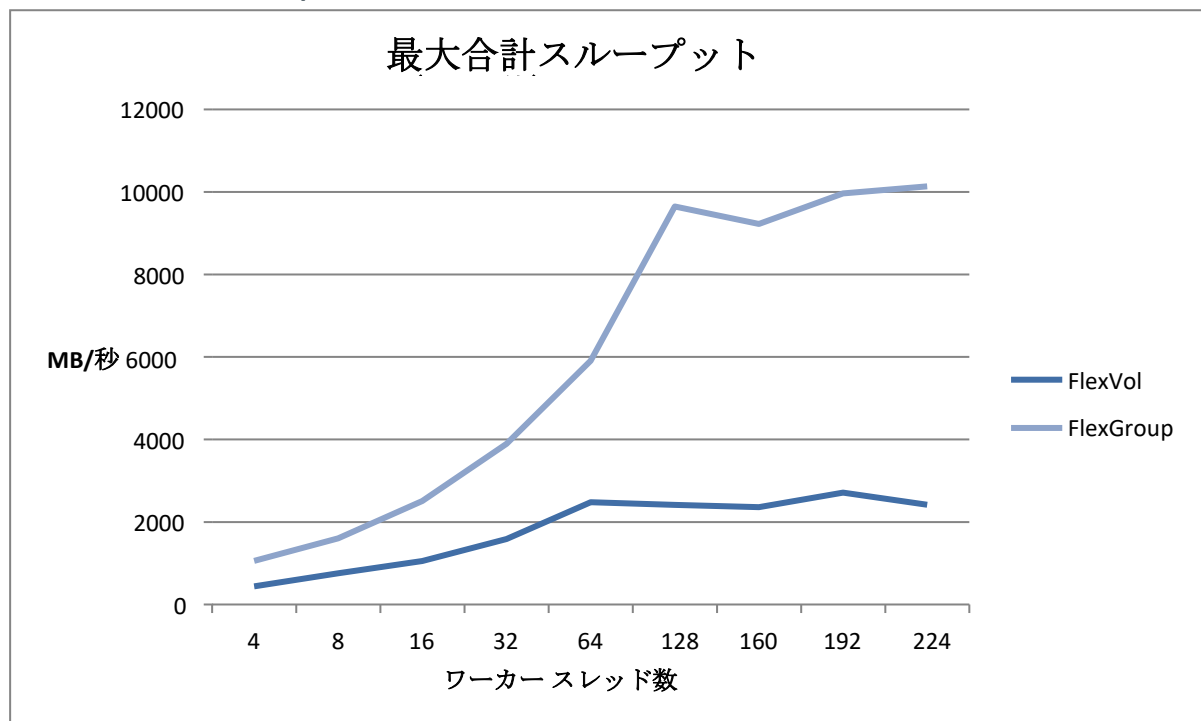


図12 は、同じ構成のFlexVolとFlexGroupを比較したものです。ここでは読み取りと書き込みの最大スループットを個別に示し、さらにFlexVolとFlexGroupの平均スループットと比較しています。

図12) 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

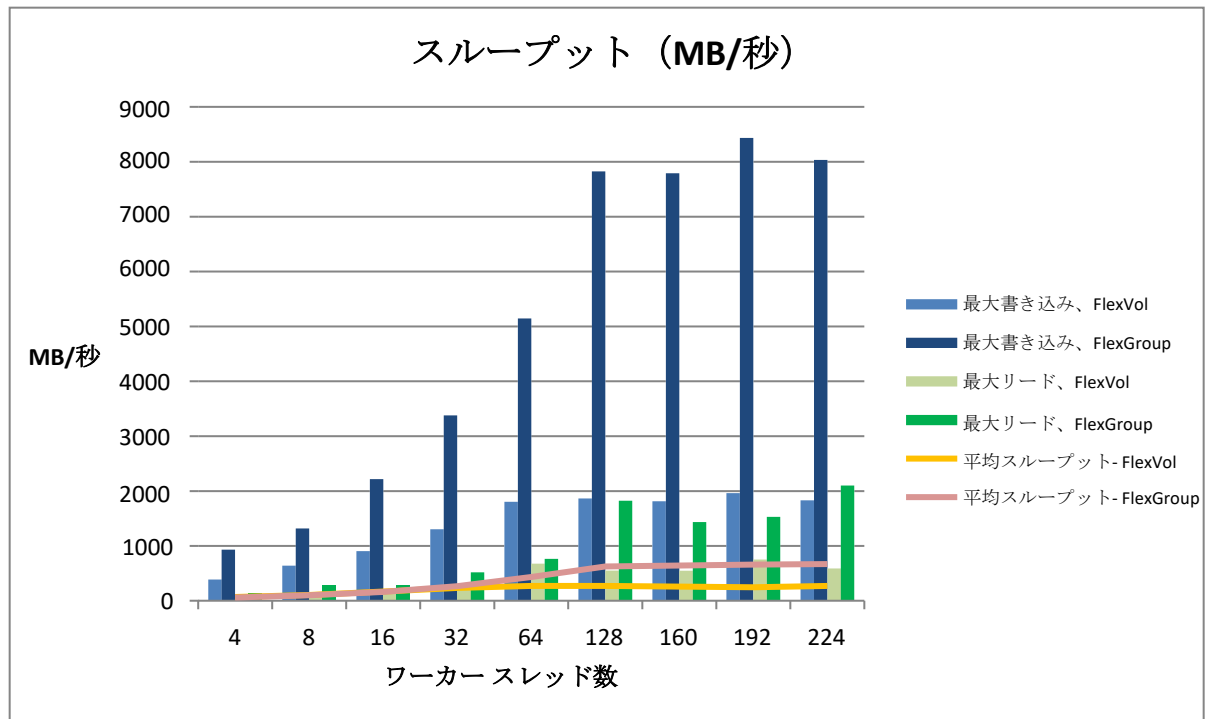
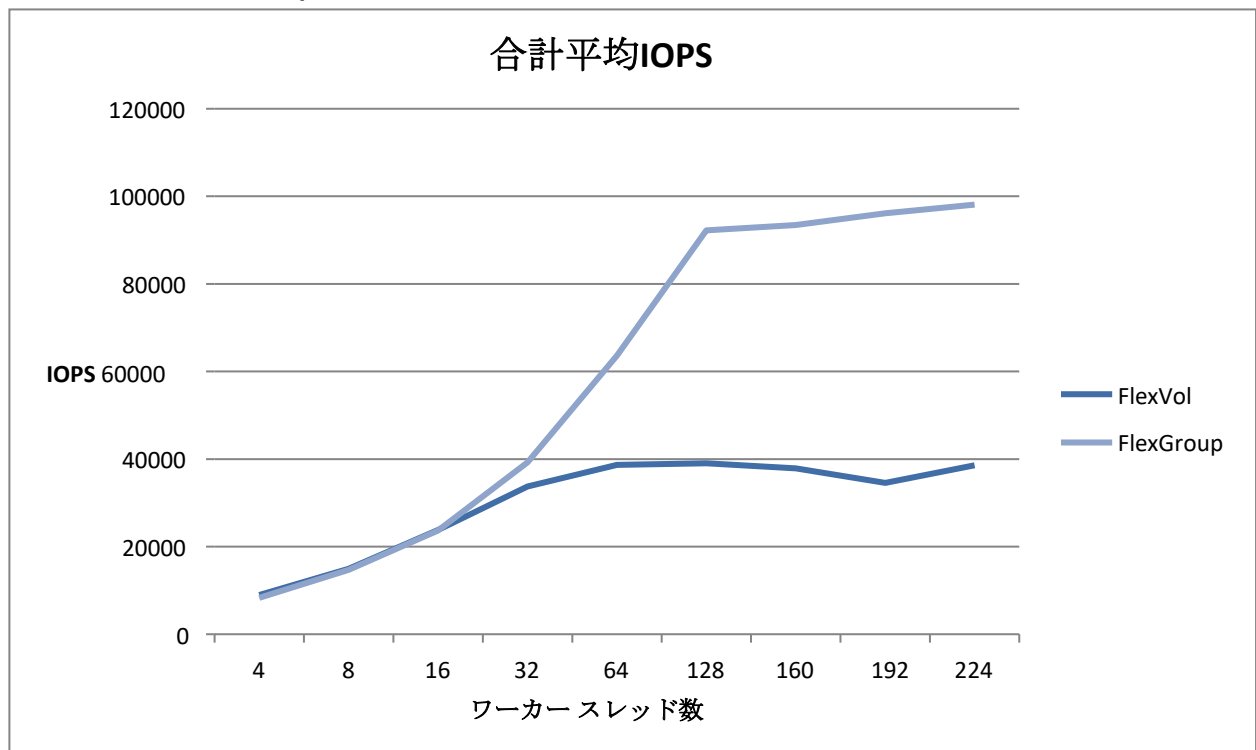


図13 は、AFF A700上のFlexGroupとFlexVolの合計平均IOPSの最大値を示しています。ここでも、FlexGroupはIOPSが大幅に増加し、一方でFlexVolは64スレッドの時点でIOPSが低下しています。

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



ONTAP 9.4および9.5のパフォーマンステスト

ONTAPバージョン9.4および9.5では、EDAとソフトウェアビルドの両方のワークロードをシミュレートした標準のNASベンチマークスイートを使用して一連のパフォーマンステストを実行しました。その目的は、ONTAPがリリースごとにパフォーマンスを向上させることを示すことでした。

ONTAP 9.4および9.5のテストでは、次の構成を使用しました。

- NetApp AFF A700sオールフラッシュストレージシステムクラスタ
- 1つのノードと2つのノードにまたがるFlexGroupボリューム
- NFSv3クライアント×14
- 10GBのLIF×32（ノードあたり16個）
- 各クライアントに32個のマウントポイント

次のグラフ（図14、図15、図16、図17、図18、図19、図20、および図21）FlexGroupボリュームのパフォーマンスを拡張できること、および各リリースでONTAPのパフォーマンスがかなり大幅に向上することを示します。これらの改善は、無停止アップグレードで実現できます。

最初のグラフはEDAワークロード用です。

図14) 標準NASベンチマーク (EDA) –ONTAP 9.5 : 1ノード対2ノード (処理数/秒)

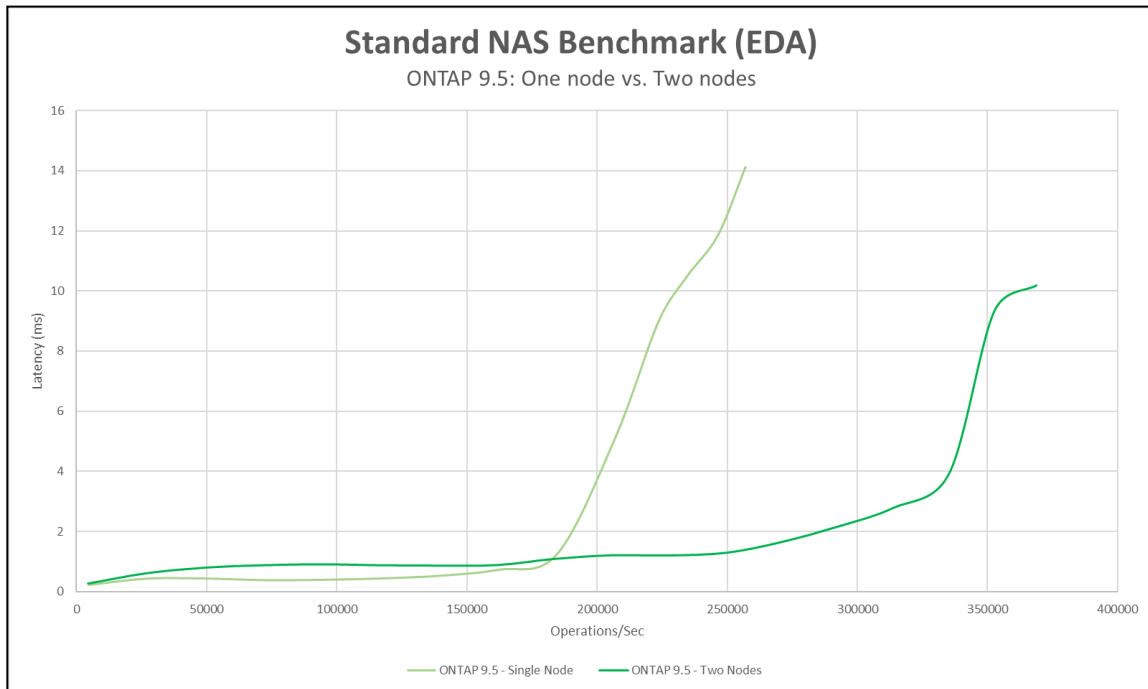


図15) 標準NASベンチマーク (EDA) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5の比較 (処理数/秒)

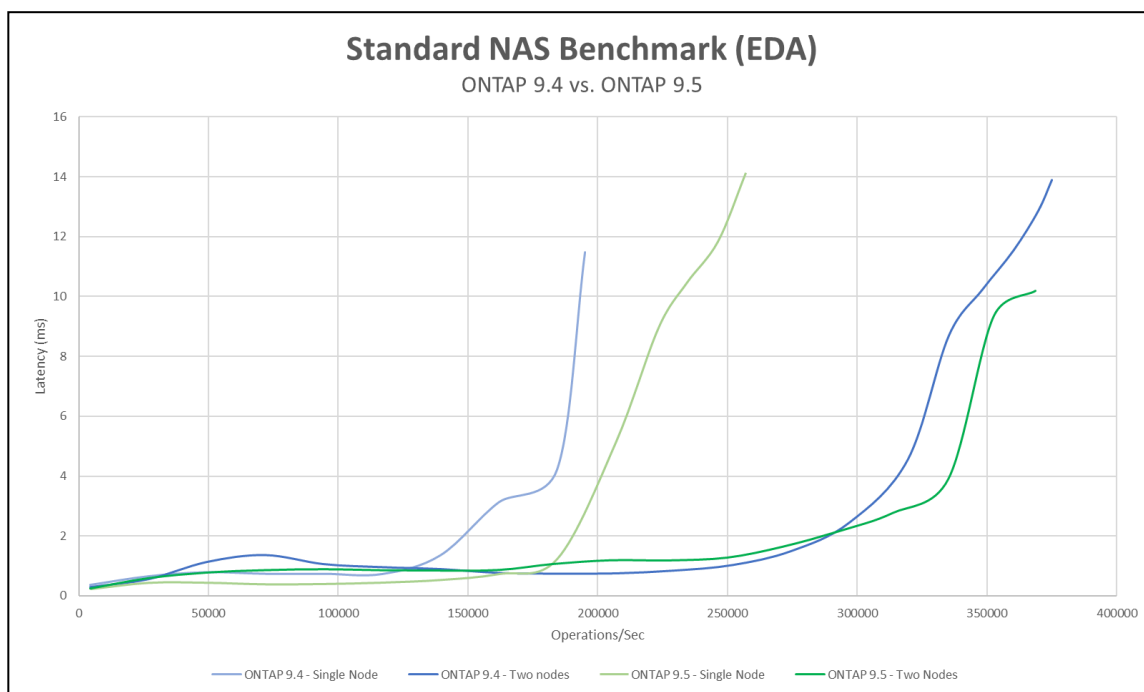


図16) Standard NASベンチマーク (EDA) -ONTAP 9.5 : 1ノード対2ノード (MBps)

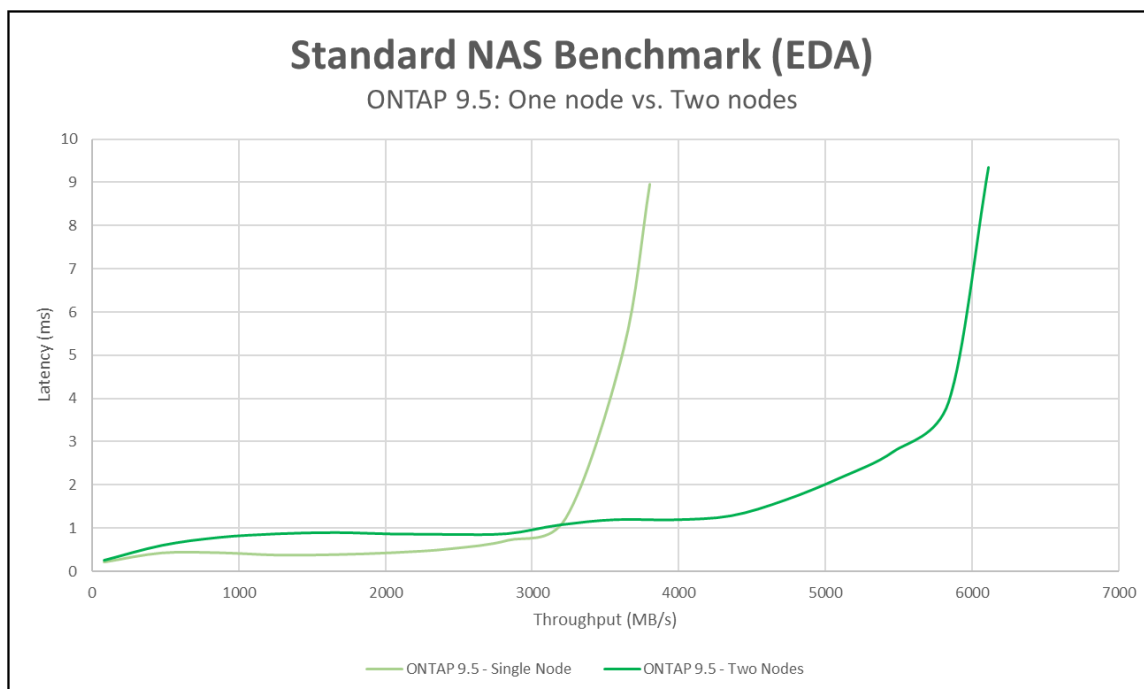
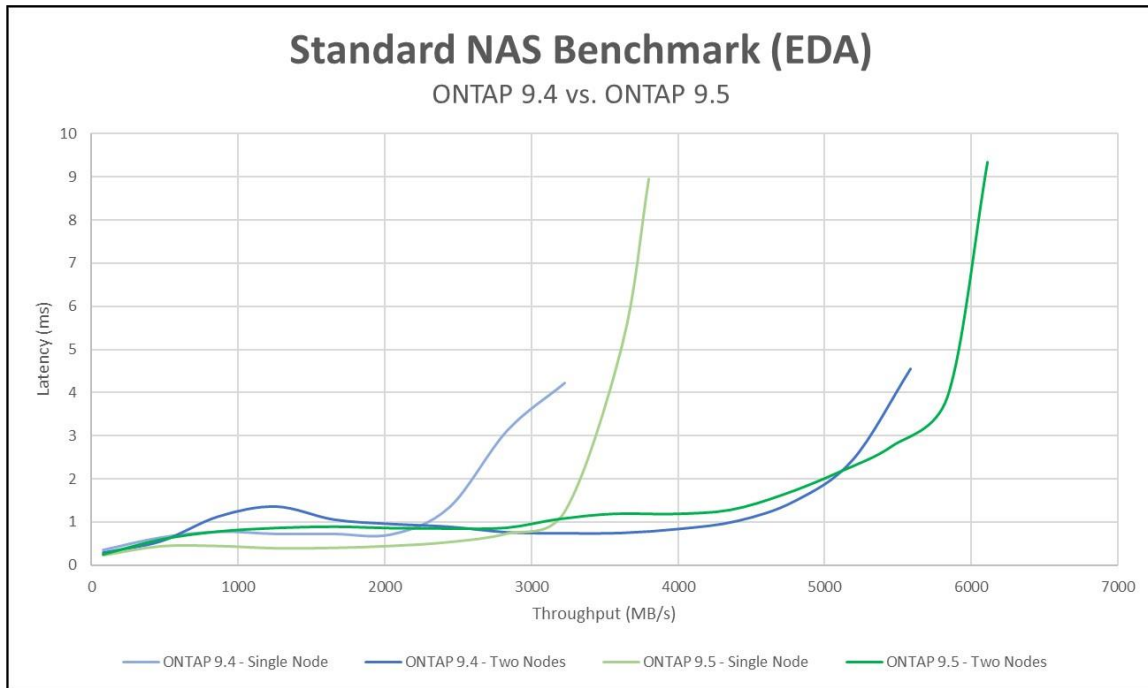


図17) 標準NASベンチマーク (EDA) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5 (MBps) の比較



次のグラフは、ソフトウェアビルドワークロード（GitやPerforceなど）を実行している標準のNASベンチマークのパフォーマンスを示しています。どちらのタイプのワークロードもFlexGroupに最適です。ファイルの取り込み速度が速く、メタデータの書き込みを並行処理する必要があるためです。

図18) 標準のNASベンチマーク (ソフトウェアビルド) -ONTAP 9.5 (処理数/秒)

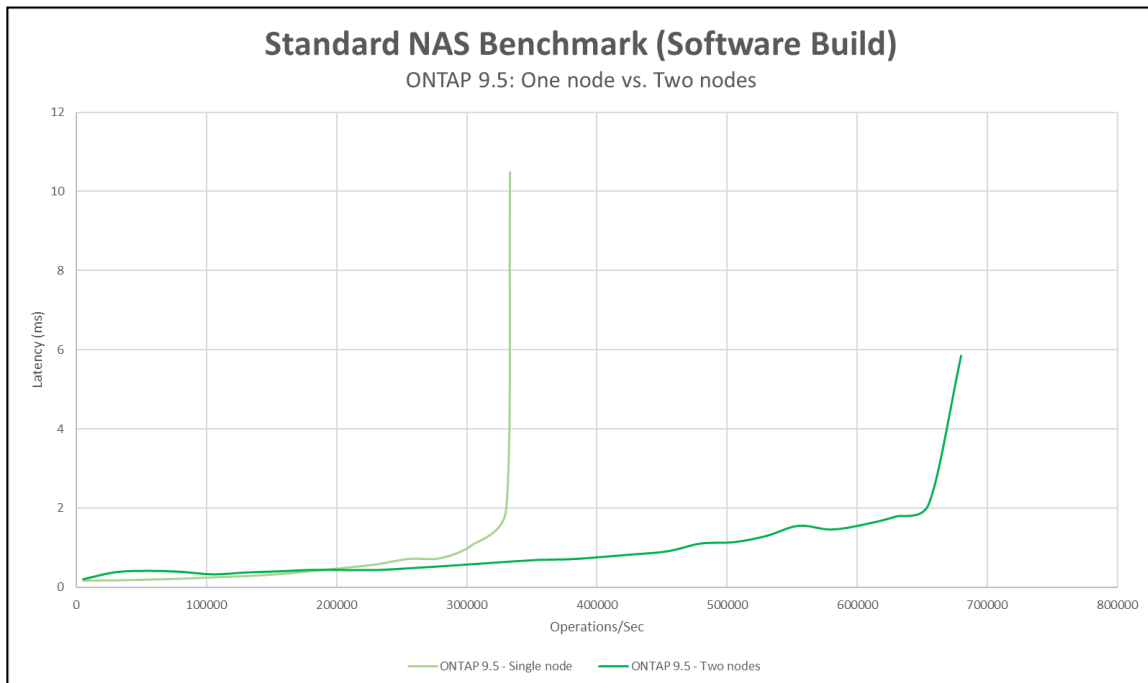


図19) 標準NASベンチマーク（ソフトウェアビルド） - ONTAP 9.4とONTAP 9.5の比較（処理数/秒）

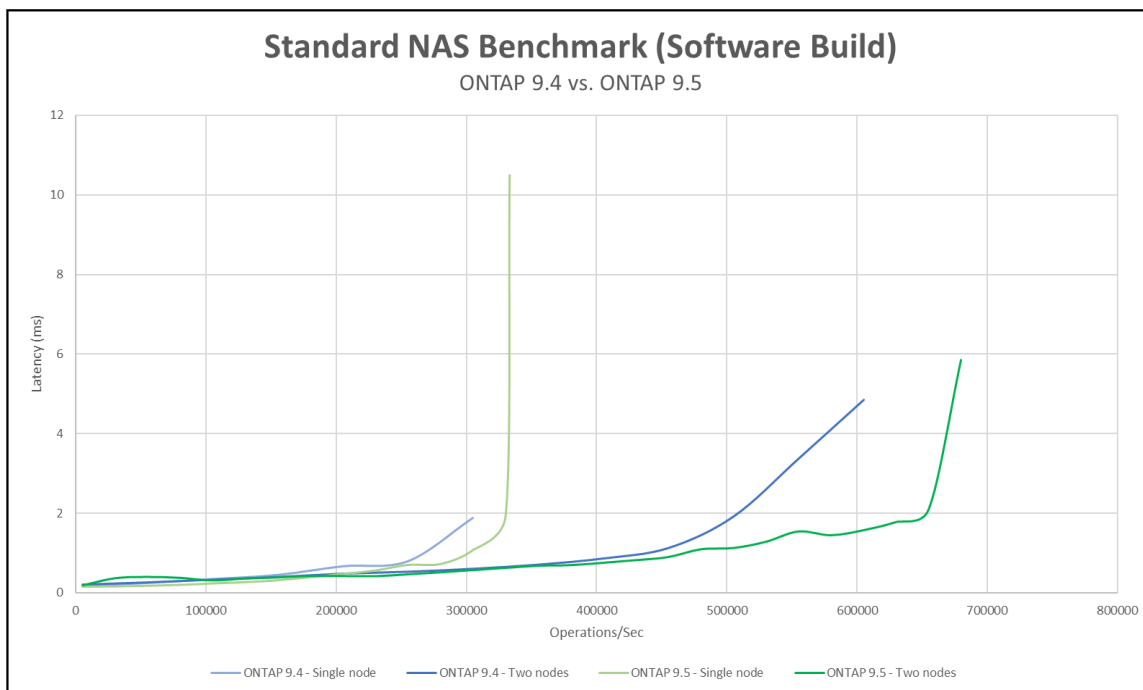


図20) 標準のNASベンチマーク（ソフトウェアビルド） - ONTAP 9.5（MBps）

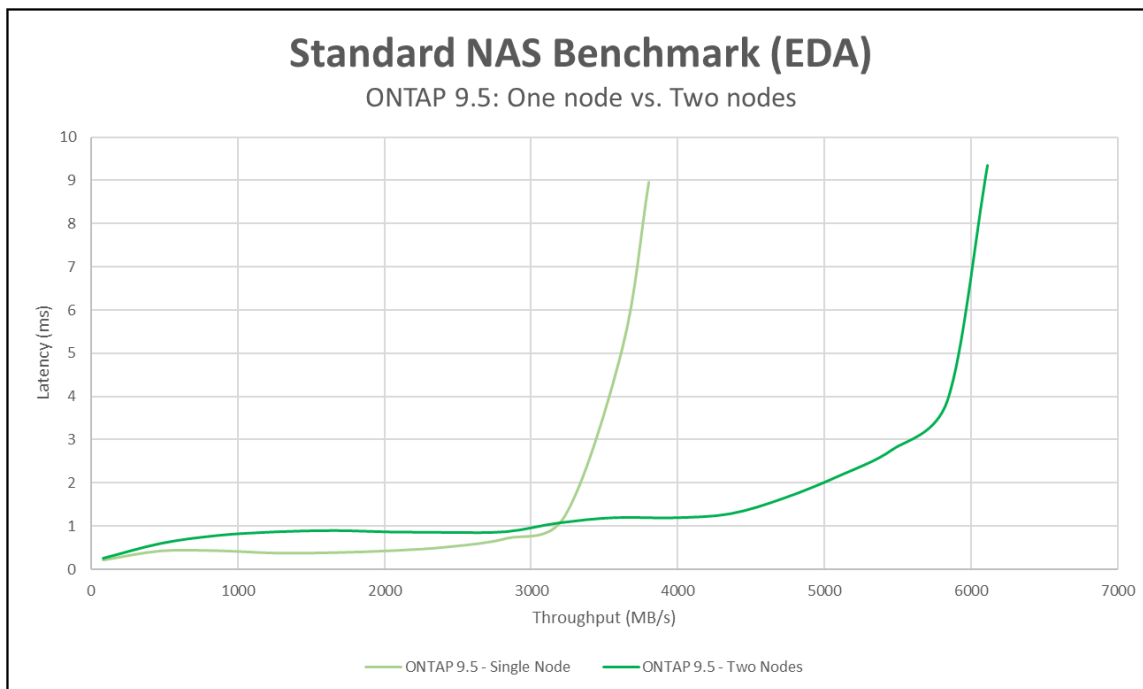
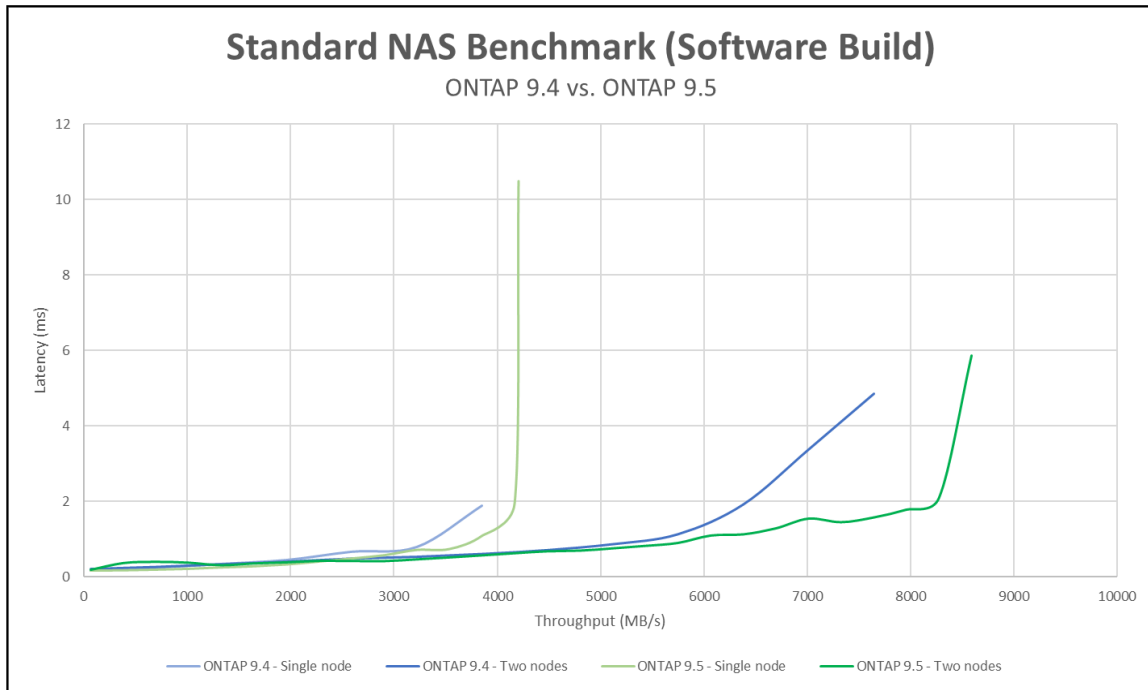


図21) 標準NASベンチマーク (ソフトウェアビルド) - ONTAP 9.4とONTAP 9.5 (MBps) の比較



パフォーマンスの詳細については、[TR-4571 : 『FlexGroup Volume Best Practices and Implementation Guide』](#)を参照してください。

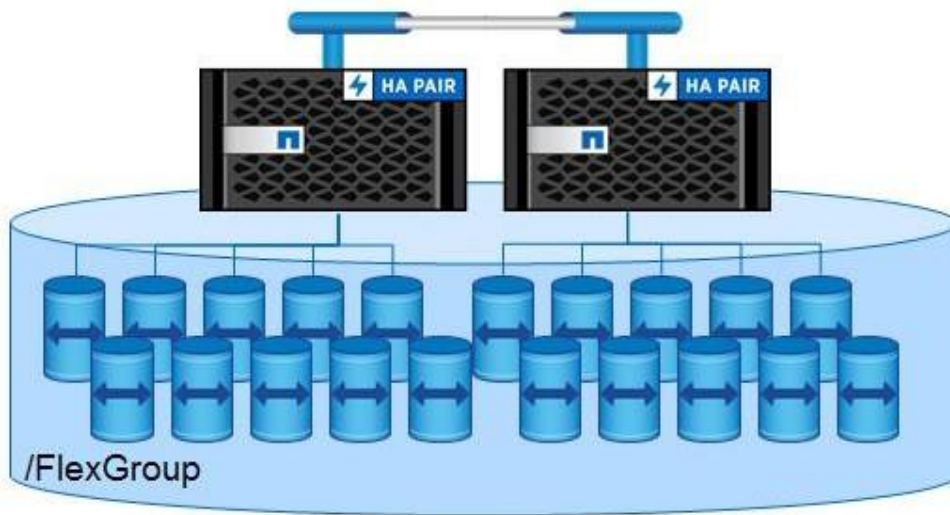
7 FlexGroupの技術概要

NetApp ONTAP FlexGroupテクノロジーは、ONTAPのNetApp FlexVolボリュームの概念を取り入れ、リモートアクセスレイヤ (RAL) と呼ばれるNetApp WAFL[®]サブシステムを適用しました。RALは、新しいファイルやフォルダの取り込みを指示し、既存のファイルやフォルダを追跡して読み取り時の高速リダイレクトを実現します。この機能により、参加するメンバーボリューム間で受信する書き込みのロードバランシングが自動的に行われます。

7.1 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ボリュームと同様に、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22)。ONTAPは、クライアントに対して透過的なONTAP内のシンボリックリンクを使用して、受信NAS要求をリダイレクトします。

図22) FlexGroupボリューム



FlexGroupボリュームの基盤となる構成要素はFlexVolですが、FlexGroupボリュームには通常のFlexVolボリューム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の利点」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とパフォーマンスの向上は、複数のFlexVolボリューム、アグリゲート、およびノードにまたがって処理を同時実行することによって実現します。FlexGroupボリュームが配置されているすべてのハードウェアで、一連の処理を並行して実行できます。FlexGroupボリュームは、clustered ONTAPのスケールアウトアーキテクチャを補完する理想的なボリュームです。

7.2 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「使用可能な最適」とは、「使用可能な空きスペースが最も多い」、「使用可能な空きinodeが最も多い」、およびFlexVolメンバーに対する最近の負荷を意味します。ONTAPは、管理者の介入を必要とせず、このような決定を行います。FlexGroupボリュームの目標は、メンバーボリュームにできるだけ容量が均等に割り当てられるようにし、FlexGroupボリュームの取り込みワークロードをできるだけ少ない数のリモートハードリンクでメンバー間に均等に分散させることです。

このアプローチは「自動ロードバランシング」と呼ばれ、クライアントやストレージ管理者は透過的に実行できます。このコンセプトは、FlexGroupのストーリー全体をシンプルにしたものです。ストレージ管理者は、ストレージを数秒でプロビジョニングでき、通常は設計やレイアウトについて考える必要はありません。

ONTAPのさまざまなバージョンでは、次の機能に注意してください。

- ONTAP 9.3以降のバージョンでは、ボリュームの自動拡張がサポートされるため、「スペース不足」(ENOSPC)の問題を軽減できます。
- ONTAP 9.6以降のバージョンでは、Elastic Sizing を使用して、メンバーがいっぱいになったときに大容量ファイルへの書き込みが失敗した場合の保護を強化しています。
- ONTAP 9.7では、取り込みに変更が加えられ、ストリーミングI/Oワークロードの配置への対応が改善されています。

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。ONTAPは、NASのみの構成では最大24ノードのクラスターで動作できるため、「リモートトラフィック」という概念もあります。

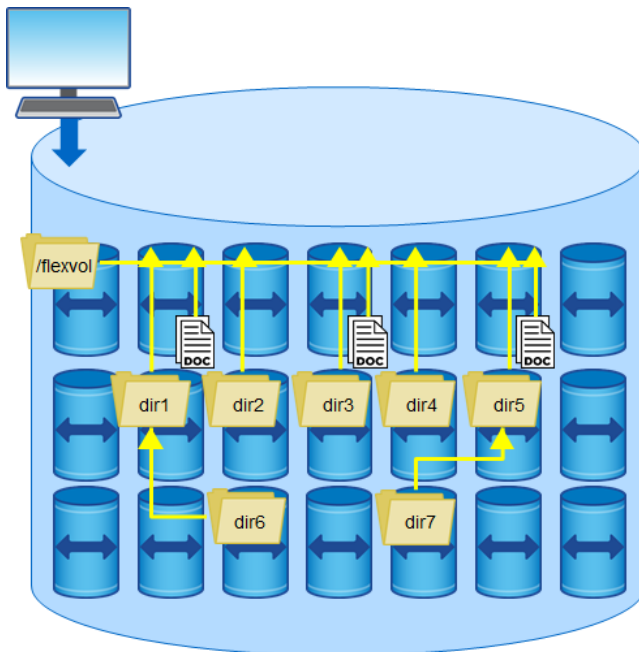
ただし、これら2つの概念は同義ではありません。リモートトラフィック は、クラスターインターコネクトネットワーク経由のトラフィックであり、FlexGroupボリュームだけでなく、すべてのONTAP構成で発生します。リモート配置はFlexGroupボリュームに固有で、親ディレクトリを所有しないFlexGroupメンバーにファイルまたはフォルダが作成されたときに発生します。リモート配置は、親ボリュームを所有するノード上でも、RAL経由で割り当てられたリモートハードリンクを使用して実行できます。

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オブジェクトを作成します。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を適用することでパフォーマンスやスループットが向上したことから、ファイルやフォルダのリモート配置によるペナルティは相殺されません (図23)。

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。

- スペース使用量のバランスが維持されます。
- データ作成パターンを分析することで、使用率の高いメンバーコンスティチュエントを回避できます。
- ファイルは、レイテンシを可能な限り低くするためにローカルに配置されます。

図23) リモートハードリンクによるファイルのリモート配置



ファイルとフォルダの取り込み例

GitHubでは [dd script](#) dd 、クライアント上で並列処理を行うスクリプトを追加しました。このスクリプトは、シングルスレッド dd コマンドよりもスループットテストの方が優れています。このスクリプトを使用

して、ONTAPが取り込み時にFlexGroup全体にファイルを配置する方法を説明しました。次に、diagレベルのコマンドを使用して、inodeに従ってファイルの場所を特定し、次のスクリプトでその場所の一部をマッピングしました。

構成は次のとおりです。

- ONTAP 9.3
- 8つのメンバーで構成されるシングルノードFlexGroup
- dd スクリプトを実行する単一のクライアント

スクリプトを実行する前のFlexGroupボリュームサイズの出力を次に示します。

```
cluster::*> vol show -vserver DEMO -volume flexgroup_local* -fields used,percent-used,size -sort-by used
vserver volume                size    used    percent-used
-----
DEMO    flexgroup_local_0003    2.50TB  57.28MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0004    2.50TB  57.28MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0005    2.50TB  57.28MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0007    2.50TB  57.28MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0002    2.50TB  57.28MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0001    2.50TB  57.29MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0006    2.50TB  57.29MB  5%
DEMO    flexgroup_local_0008    2.50TB  57.29MB  5%
DEMO    flexgroup_local         20TB    458.2MB  61%
9 entries were displayed.
```

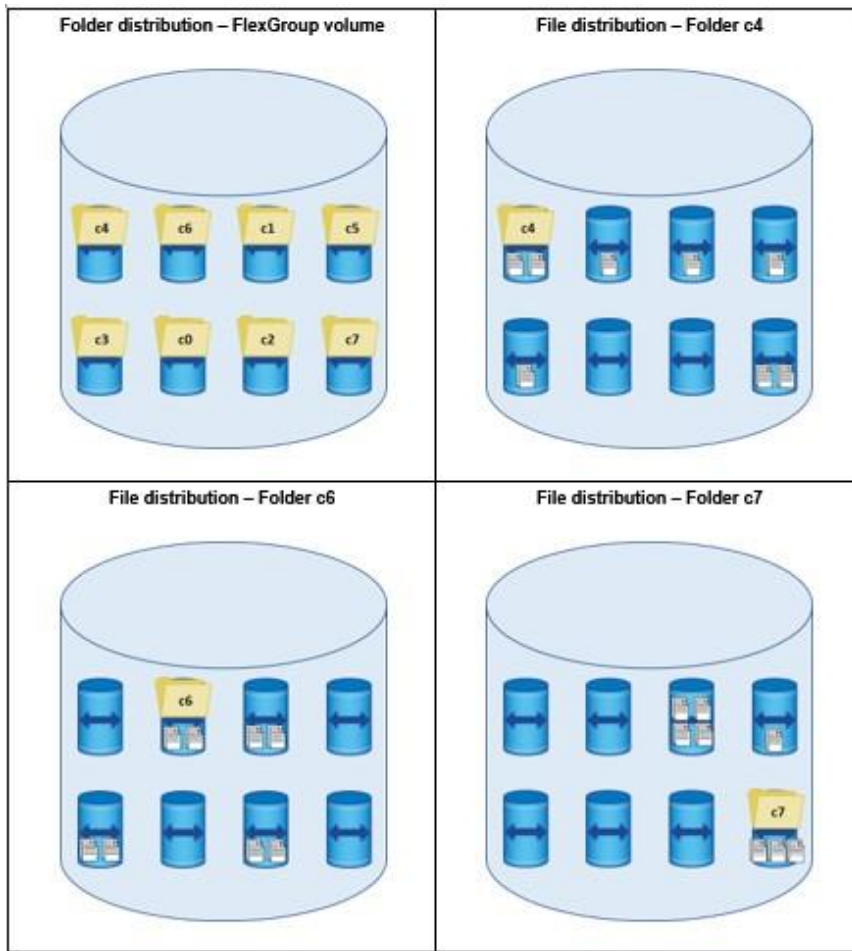
スクリプトは、スクリプトで指定された最上位レベルにフォルダを作成し、各フォルダに指定された数のファイルを特定のサイズで格納します。このテストでは、FlexGroupメンバーボリューム数をミラーリングするために、8つのフォルダと8つのファイルを選択しました。ファイルサイズは1GBにしました。

スクリプトの実行後、FlexGroupメンバーは次のようになりました（重複排除と圧縮によってファイルサイズが1GB未満に抑えられました）。

```
cluster::*> vol show -vserver DEMO -volume flexgroup_local* -fields used,percent-used,size,files,files-used -sort-by used
vserver volume                size    used    percent-used files  files-used
-----
DEMO    flexgroup_local_0004    2.50TB  86.88MB  5%                21251126  106
DEMO    flexgroup_local_0007    2.50TB  90.85MB  5%                21251126  106
DEMO    flexgroup_local_0005    2.50TB  91.20MB  5%                21251126  107
DEMO    flexgroup_local_0006    2.50TB  91.23MB  5%                21251126  108
DEMO    flexgroup_local_0008    2.50TB  91.58MB  5%                21251126  107
DEMO    flexgroup_local_0002    2.50TB  92.48MB  5%                21251126  107
DEMO    flexgroup_local_0001    2.50TB  92.93MB  5%                21251126  114
DEMO    flexgroup_local_0003    2.50TB  96.44MB  5%                21251126  108
DEMO    flexgroup_local         20TB    733.6MB  61%                170009008  863
9 entries were displayed
```

出力に示すように、ファイルはすべてのメンバーボリュームに比較的均等に配置されています。レイアウトを詳しく見ると、フォルダがメンバーボリューム間で均等に割り当てられていることがわかります。ただし、フォルダ単位では、ファイルは均等に割り当てられませんでした。これは、ファイルのサイズが1GBであり、サイズが大きいため親フォルダからリモートに移動する可能性が高いためです（図24）。

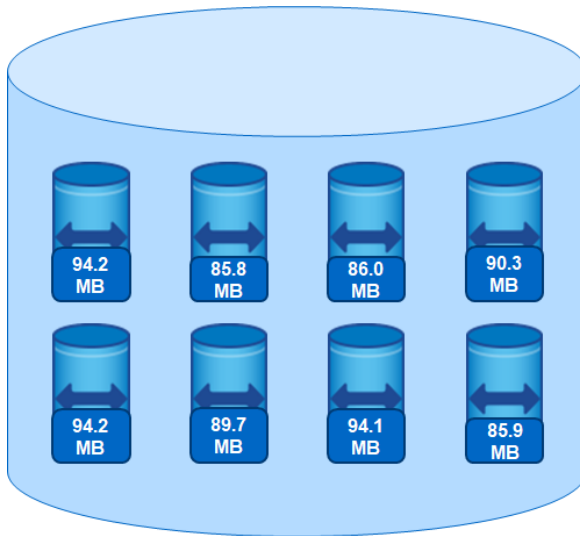
図24) FlexGroupボリューム内のファイルとフォルダの分散 : dd スクリプト



ファイルはフォルダごとに均等に分散されませんでした。結果として、すべてのフォルダのファイルが時間の経過とともに均等に割り当てられました。この結果は、空間分布出力に示されています(図25)。

```
cluster::*> vol show -vserver DEMO -volume flexgroup_local* -fields used,percent-used,size -sort-
by used
vserver volume size used percent-used
-----
DEMO flexgroup_local_0002 2.50TB 85.77MB 5%
DEMO flexgroup_local_0008 2.50TB 85.92MB 5%
DEMO flexgroup_local_0003 2.50TB 86.04MB 5%
DEMO flexgroup_local_0006 2.50TB 89.72MB 5%
DEMO flexgroup_local_0004 2.50TB 90.34MB 5%
DEMO flexgroup_local_0007 2.50TB 94.10MB 5%
DEMO flexgroup_local_0005 2.50TB 94.18MB 5%
DEMO flexgroup_local_0001 2.50TB 94.23MB 5%
DEMO flexgroup_local 20TB 720.3MB 61%
9 entries were displayed.
```

図25) メンバーボリューム間のスペース分散：dd スクリプト



FlexGroupロードバランシングの概念

以下の用語や概念は、FlexGroupボリュームがメンバーボリューム間でデータを取り込み、負荷を分散する際に中心的に使用されます。

- **リモートアクセスレイヤ：RAL**は、FlexGroup機能で提供されるONTAPの新しいメカニズムです。RALを使用すると、1つのメンバーボリュームに対して実行される単一のWAFLメッセージで、そのメンバーボリュームおよび他のメンバーボリューム内のinodeを操作できます。
- **取り込みのヒューリスティック**。取り込みのヒューリスティックにより、ONTAPは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インテリジェントな意思決定を行うことができます。FlexGroupボリュームに含まれているメンバーボリュームは1秒ごとに更新され、ボリュームの現在の状態が表示されます。ONTAPの各リリースでは取り込みのヒューリスティックな機能が強化されているため、FlexGroupボリュームを使用している場合は、バッチが適用された最新リリースを実行してください。
- **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持しているデータ量（使用率）
- メンバー内の使用可能な空きスペースの量
- 過去 N 秒間の新しいコンテンツ割り当て要求
- 過去 N 秒間のinodeの割り当てとその取得元
- メンバーボリューム内の空きinode / ファイルの数（ONTAP 9.3以降）

一般に、FlexGroupボリュームでは可能な限りローカル配置が優先されますが、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。これらのシナリオには、次のものがあります。

- 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存在するディレクトリにファイルまたはフォルダを作成する
- メンバーコンスティチュエントのスペース割り当ての容量使用率に大きな差がある状況
- メンバーコンスティチュエントボリュームの容量またはinodeの使用率が90%に近づいている状況
- 負荷のバランスが取れていない状況（1つのメンバーが他のメンバーよりも多くのトラフィックを受信している）

メンバーが親ディレクトリとは異なるFlexVolボリュームにあ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、ファイルのローカルトラフィックがリモートトラフィックより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ボリュームでトラフィックが正常になり、ボリュームがファイルの割り当てを開始すると、割り当てではローカルトラフィックが優先され、リモートトラフィックは約5%から10%に留まります。

ONTAP 9.7以降では、取り込みアルゴリズムがワークロードの種類を検出し、それらを支配している操作の種類に基づいてよりインテリジェントな配置に関する決定を下します。この変更により、ボリュームはストリーミングワークロードと大容量ファイルワークロードの配置をよりインテリジェントに決定できるようになり、データの取り込み時にメンバーボリューム間のワークロードバランスが改善されます。

- **緊急性**：FlexGroupボリュームの緊急性とは、メンバーの空き容量（ONTAP 9.3以降では最大ファイル数に近い）とデータの取り込みに使用される可能性の関係です。各ノードでは、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がヒットする可能性を判断します。
 - － **フリー-警告**。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。
 - － **自由-危険**。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。
- **許容範囲**。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。

- － **最大公差**。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。
- － **最小公差**。この値はデフォルトの0%に設定されています。メンバーボリュームがいっぱいになると、min-tolerance値が適用され、スペースの分散を均等にするためにトラフィックが100%リモートに送信されます。
- － **ワーキングセット**：この変数は、max-toleranceパーセンテージとmin-toleranceパーセンテージが計算に使用する空きスペースレベルを定義します。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いっぱいになると、FlexGroupボリューム全体からクライアントに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。この環境メンバーボリュームでもinodeが不足しています。ONTAP 9.3では、ファイルの割り当て時にメンバーボリュームのinode数が考慮されるように取り込みの計算が改善されました。

ONTAP 9.6以降のバージョンには、本ドキュメントで後述するエラスティックサイジング機能が搭載されています。この機能は、メンバーボリュームのスペースが不足して書き込み処理に失敗する可能性があるシナリオを回避するのに役立ちます。

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。

- 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
- mkdir truncate ループ用のシンプルなコマンドとコマンド：

```
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割り当てはわずか10%でした。

remote_files	10
--------------	----

上記の統計は、`statistics show -object flexgroup advanced`権限レベルのコマンドで取得したものです。FlexGroup統計情報を収集および表示する方法については、付録を参照してください。

7.3 エラスティックサイジング

FlexGroupボリュームに書き込まれたファイルは、個々のメンバーボリュームに格納されます。メンバーボリューム間でストライプされることはないため、時間の経過とともにファイルが書き込まれて拡張される場合や、大容量ファイルがFlexGroupボリュームに書き込まれる場合、メンバーボリュームのスペース不足が原因で書き込みに失敗することがあります。

FlexGroupのメンバーボリュームがいっぱいになる原因はいくつかあります。

- メンバーボリュームの使用可能なスペースを超える1つのファイルを書き込んだ場合。たとえば、10GBのファイルが、利用可能な9GBのメンバーボリュームに書き込まれたとします。
- 時間の経過とともにファイルが追加されると、最終的にはメンバーボリュームがいっぱいになる可能性があります（データベースがメンバーボリュームにある場合など）。
- Snapshotコピーは、アクティブファイルシステムの利用可能なスペースに格納されます。

FlexGroupではメンバーボリューム間にスペースが適切に割り当てられますが、ワークロードに異常が発生すると悪影響を及ぼす可能性があります。（たとえば、ボリュームが4Kファイルで構成されているが、一部を圧縮して巨大な単一ファイルを作成する場合）。

1つの解決策は、ボリュームの拡張やデータの削除に使用します。ただし、管理者は、手遅れで「スペース不足」エラーが発生するまで問題を表示しないことがよくあります。

たとえば、FlexGroupボリュームのサイズは数百テラバイトですが、個々のファイルに使用できるスペースは、基盤となるメンバーボリュームとその空き容量によって決まります。200TBのFlexGroupボリュームに残り20TB（ボリュームの10%）がある場合、1つのファイルに書き込み可能なスペースは20TBではなく、20TB/[FlexGroupボリューム内のメンバーボリュームの数]になります。

2ノードクラスタでは、両方のノードにまたがるFlexGroupに16個のメンバーボリュームが含まれる可能性があります。つまり、FlexGroupボリュームで20TBの使用可能容量がある場合、メンバーボリュームでは1.25TBの使用可能容量があります。ONTAP 9.6より前のバージョンでは、ボリュームの自動拡張が有効になっていないと、サイズが1.25TBを超える単一のファイルはFlexGroupボリュームに書き込むことができませんでした。

ONTAP 9.6以降では、エラスティックサイジング機能を使用して、このシナリオでの「スペース不足」エラーを回避できます。この機能はデフォルトで有効になっており、管理者による設定や操作は必要ありません。

エラスティックサイジング：データのためのエアバッグ

FlexGroupボリュームの開発者の1人は、エラスティックサイジングを「エアバッグ」と呼んでいます。これは、事故に巻き込まれるのを防ぐために設計されたものではありませんが、それが発生したときに着陸を柔らかくするのに役立ちます。言い換えれば、大容量ファイルの書き込みやスペース不足を防ぐことはできませんが、これらの書き込みを完了する方法を提供します。

仕組みは次のとおりです。

1. ファイルがONTAPに書き込まれると、システムはそのファイルのサイズを認識できません。クライアントは知りません。アプリケーションは通常、認識しません。知られているのは「ねえ、ファイルを書きたい」だけです。
2. FlexGroupボリュームは、書き込み要求を受信すると、空き容量、inode数、前回のファイル作成からの経過時間、メンバーボリュームのパフォーマンス（ONTAP 9.6の新機能）などのさまざまな要因に基づいて、最も利用可能なメンバーに配置されます。
3. ファイルが配置されると、ONTAPはファイルのサイズを認識しないため、ファイルが使用可能なスペースよりも大きくなるかどうかはわかりません。したがって、書き込みを許可するスペースがある限り、書き込みは許可されます。
4. ONTAPがクライアントに「スペース不足」エラーを送信する直前に、メンバーボリュームのスペースが不足した場合、FlexGroupボリューム内の他のメンバーボリュームを照会して、借用可能なスペースがあるかどうかを確認します。空きスペースがある場合、ONTAPはボリュームの合計容量（10MB~10GB）の1%をフルのボリュームに追加します（ただし、同じFlexGroupボリューム内の別のメンバーボリュームから同じ量を取得します）。その後、ファイルの書き込みは続行されます。
5. ONTAPが借用スペースを探している間、ファイルの書き込みは一時停止されます。これは、クライアントにはパフォーマンス問題として表示されます。しかし、全体的な目標は、書き込みを高速に完了することではなく、書き込みがまったく完了することです。通常、メンバーボリュームは10GBの増分（1TBの1%が10GB）を提供するのに十分な大きさであり、多くの場合、ファイルの作成を完了するのに十分な大きさです。メンバーボリュームのサイズが小さいほど、スペースをより頻繁に借りるためにクエリが必要になるため、パフォーマンスへの影響が大きくなる可能性があります。
6. 容量借用ではFlexGroupの全体的なサイズが維持されます。たとえば、FlexGroupのサイズが40TBの場合、40TBのままになります。

図26) エラスティックサイジング前のファイル書き込み動作

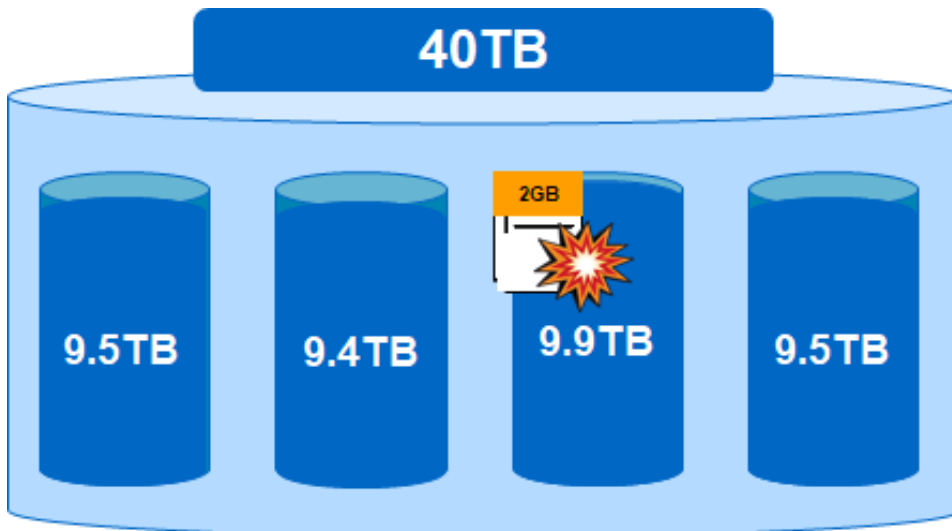
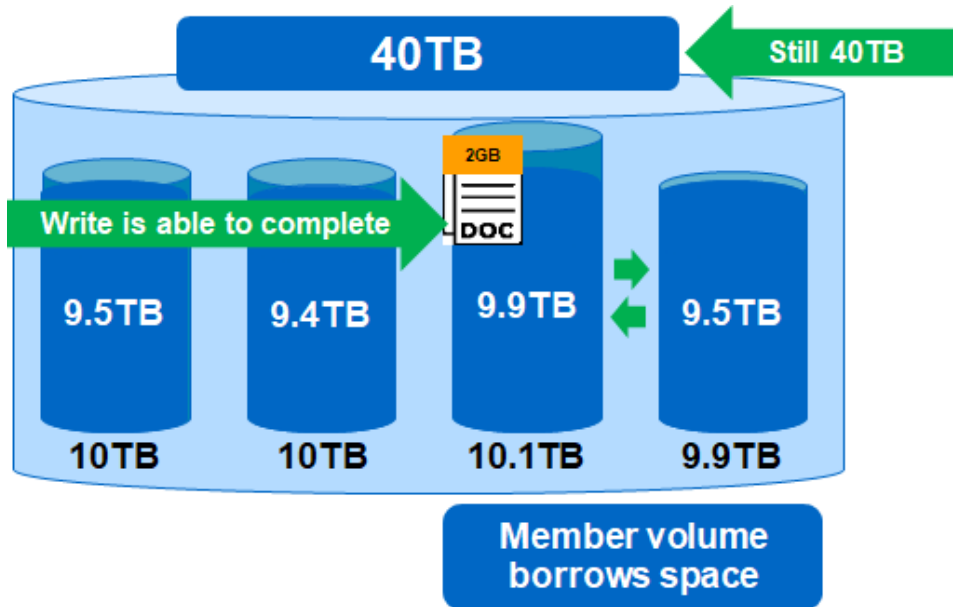


図27) エラスティックサイジング後のファイル書き込み動作



ファイルが削除されるかボリュームが拡張され、そのメンバーボリューム内のスペースが再び使用可能になると、ONTAPはメンバーボリュームを元のサイズに再調整してスペースが均等になるようにします。

最終的に、柔軟なサイジングを使用することで、スペースの管理に伴う管理者のオーバーヘッドが解消され、FlexGroupボリュームの初期サイジングと導入に関する不安が解消されます。必要なメンバーボリュームの数やメンバーボリュームのサイズなどを検討する時間を短縮できます。

ONTAP 9.6のエラスティックサイジングと自動拡張/縮小などの機能を組み合わせると、ONTAPで容量を管理し、緊急時のスペースの問題を回避できます。

7.4 FlexVolからFlexGroupへのインプレース変換

ONTAP 9.7では、単一のFlexVolボリュームを、単一のメンバーボリュームが配置されたFlexGroupボリュームに変換できるようになりました。ボリューム内のデータ容量やファイル数に関係なく、変換にかかる時間は40秒未満です。クライアントを再マウントしたり、データをコピーしたり、メンテナンス時間が発生する可能性があるその他の変更を行う必要はありません。FlexVolボリュームをFlexGroupボリュームに変換したら、新しいメンバーボリュームを追加して容量を拡張できます。

FlexVolボリュームをFlexGroupボリュームに変換する理由

FlexGroupには、FlexVolに比べて次のような利点があります。

- 1つのボリュームで100TB以上、20億個以上のファイルを拡張可能
- システムを停止することなく容量やパフォーマンスをスケールアウト可能
- 取り込み負荷の高いワークロードに対応するマルチスレッドパフォーマンス
- ボリュームの管理と導入を簡易化

たとえば、ワークロードが急増していて、データを移行する必要はなく、より多くの容量を提供する必要があるとします。または、FlexVolボリュームでワークロードのパフォーマンスが十分でないため、FlexGroupを使用したパフォーマンス処理を改善する必要がある場合もあります。変換はここで役立ちます。

FlexVolからFlexGroupへの変換の詳細については、こちらの[ブログ](#)、この[ポッドキャスト](#)、または[TR-4571](#)を参照してください。

7.5 ボリュームのオートサイズ（自動拡張/自動縮小）

ONTAP 9.3では、FlexGroupボリュームに対するボリューム自動拡張のサポートが追加されました。このサポートにより、ストレージ管理者はFlexGroupボリュームに自動拡張ポリシーを設定して、ボリュームが容量に近づいたときにONTAPでFlexVolサイズを事前に定義されたしきい値まで増やすことができます。この機能はFlexGroupボリュームの場合に特に便利です。ボリュームの自動拡張を使用すると、メンバーボリュームが途中でいっぱいになったり、FlexGroupボリューム全体で「スペース不足」が発生したりするのを防ぐことができます。FlexGroupボリュームにボリュームの自動拡張を適用する方法は、FlexVolボリュームの場合と同じです。ボリュームの自動拡張を適用する方法の例については、付録を参照してください。

オートサイズとElastic Sizingの相互作用

ONTAP 9.6以降では、Elastic Sizingを使用すると、ほぼ使用率の高いメンバーボリュームで他のメンバーボリュームからスペースを借りることで、ファイルへの書き込みを完了できます。この処理は、FlexGroupの合計サイズが拡張されることなく実行されます。いっぱいになったメンバーボリュームのスペースが解放されると、エラスティックサイジングによって、メンバーボリュームのサイズが元の容量にノーマライズされ始めます。

一方、ボリュームのオートサイズは、スペースのしきい値に達したときにメンバーボリュームを自動的に拡張することで、FlexGroupの合計サイズにスペースを追加します。

ボリュームでオートサイズが有効になっている場合、そのボリュームに対してエラスティックサイジングは適用されなくなります。ボリュームにエラスティックサイジングを使用する場合は、オートサイズを無効にします。

7.6 64ビットのファイルID

ONTAPのNFSでは、デフォルトで32ビットのファイルIDが使用されます。32ビットのファイルIDは、符号なし整数の最大数が2、147、483,647に制限されています。FlexVolではinode数が20億に制限されているため、この値はアーキテクチャに適しています。

ただし、FlexGroupボリュームは1つのコンテナで最大4、000億個のファイルを正式にサポートできるため（理論的にはさらに多くのファイルをサポート）、64ビットのファイルIDを実装する必要がありました。64ビットのファイルIDは、最大9、223、372、036、854、775、807の符号なし整数をサポートします。

64ビットのファイル識別子オプションは、デフォルトでは「off / disabled」に設定されています。これは、管理者が環境を適切に評価する前に、32ビットのファイルIDを必要とするレガシーアプリケーションやオペレーティングシステムがONTAPの変更によって予期せず影響を受けないようにするための設計です。64ビットファイルIDを有効にする前に、アプリケーションおよびOSのベンダーがサポートしているかどうかを確認してください。

または、テスト用SVMを作成して有効にし、アプリケーションやクライアントが64ビットのファイルIDにどのように反応するかを確認します。最新のほとんどのアプリケーションやオペレーティングシステムでは、問題なしで64ビットのファイルIDを処理できます。

このオプションは、現在のところ、コマンドラインでadvanced権限レベルが必要な場合にのみ有効にできます。

```
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。そうしないと、ファイルシステムIDが変わるために、クライアントがNFS処理を試みたときにstale file handleメッセージを受け取る可能性があります。FSID変更オプションを有効または無効にすると、ファイル数の多い環境のSVMに与える影響の詳細については、本ドキュメントで後述する「How FSID operate with SVMs in High-File-Count Environments」を参照してください。

FlexGroupボリュームのファイル数が20億個を超えない場合は、この値を変更しないでください。ただし、ファイルIDの競合を防ぐために、FlexGroupボリュームのinodeの最大数も2、147、483,647以下に増やす必要があります。

```
cluster::*> vol show -vserver SVM -volume flexgroup -fields files
```

注：このオプションはSMBの処理には影響せず、SMBのみを使用するボリュームでは不要です。

NFSv3とNFSv4.xの比較

NFSv3とNFSv4.xでは、ファイルIDのセマンティクスが異なります。FlexGroupボリュームでNFSv4.xがサポートされるようになったため、ONTAP 9.7では、64ビットのファイルIDを有効または無効にするための2つのオプションが用意されています。

SVMでNFSv3とNFSv4.xの両方を使用する場合は、64ビットIDオプションを両方のプロトコルに適用する必要があります。

オプションが1つだけ設定されていて、両方のプロトコルでボリュームにアクセスすると、プロトコル間で望ましくない動作が発生する可能性があります。たとえば、NFSv3では20億個を超えるファイルを作成して表示できますが、NFSv4.xではエラーが発生します。

オプションは次のとおりです。

```
-v3-64bit-identifiers [enabled/disabled]
-v4-64bit-identifiers [enabled/disabled]
```

クォータの適用によるファイル数の制限

ONTAP 9.5以降では、クォータの適用によって32ビットのファイルハンドルが引き続き使用されている場合に、FlexGroupボリュームのファイル数が20億を超えるのを防ぐクォータポリシーを設定できます。

親ボリュームより下に作成されたファイルにはクォータポリシーは適用されないため、FlexGroupボリューム内にqtreeを作成します。次に、20億個のファイルを上限とするデフォルトのクォータルールを作成して、ユーザが32ビットのファイルIDの制限を超えてしまうリスクを軽減します。

```
cluster::*> qtree create -vserver DEMO -volume FG4 -qtree twobillionfiles -security-style unix -
oplock-mode enable -unix-permissions 777
cluster::*> quota policy rule create -vserver DEMO -policy-name files -volume FG4 -type tree -
target "" -file-limit 2000000000
cluster::*> quota on -vserver DEMO -volume FG4
[Job 15906] Job is queued: "quota on" performed for quota policy "tree" on volume "FG4" in
Vserver "DEMO".
cluster::*> quota resize -vserver DEMO -volume FG4
[Job 15907] Job is queued: "quota resize" performed for quota policy "tree" on volume "FG4" in
Vserver "DEMO".
cluster::*> quota report -vserver DEMO -volume FG4
Vserver: DEMO
```

Volume	Tree	Type	ID	-----Disk----- Used Limit	-----Files----- Used Limit	Quota Specifier
FG4	twobillionfiles	tree	1	0B -	1 2000000000	twobillionfiles
FG4		tree	*	0B -	0 2000000000	*

2 entries were displayed.

完了したら、ファイル権限を使用してアクセスを制限し、ユーザがボリュームレベルでファイルを作成できないようにします。ボリュームではなくqtreeにSMB共有を適用すると、マウントはqtreeレベルで実行されます。

その後、qtreeにファイルが作成されると、そのファイルは制限にカウントされます。

```
[root@centos7 home]# cd /FG4/twobillionfiles/
[root@centos7 twobillionfiles]# ls
[root@centos7 twobillionfiles]# touch new1
[root@centos7 twobillionfiles]# touch new2
[root@centos7 twobillionfiles]# touch new3
[root@centos7 twobillionfiles]# ls
new1 new2 new3
cluster::*> quota report -vserver DEMO -volume FG4
Vserver: DEMO
```

Volume	Tree	Type	ID	-----Disk----- Used Limit	-----Files----- Used Limit	Quota Specifier
--------	------	------	----	------------------------------	-------------------------------	--------------------

FG4	twobillionfiles	tree	1	0B	-	4	2000000000	twobillionfiles
FG4	tree	*		0B	-	0	2000000000	*

System Managerでの64ビットのファイルIDオプション（クラシックバージョン）のサポート

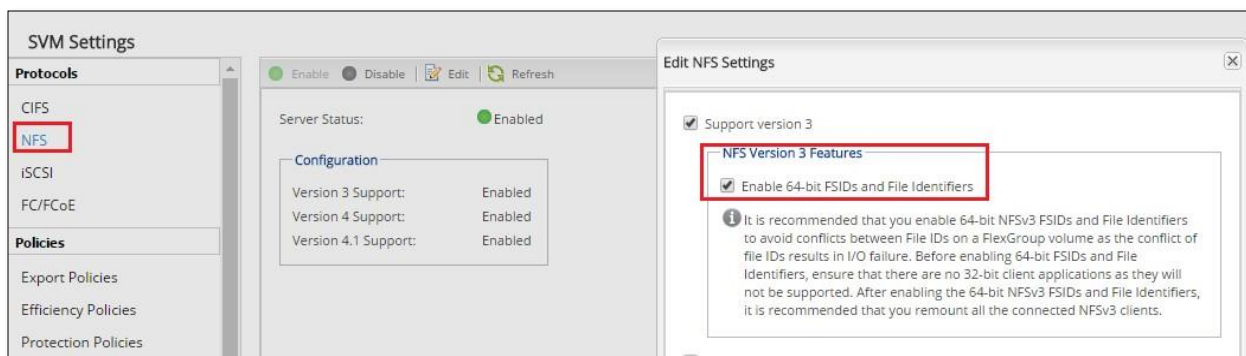
ONTAP 9.2以降では、ONTAP System Manager（旧NetApp OnCommand® System Manager）からNFSサーバオプションを有効または無効にすることもできます。そのためには、SVMに移動し、**[SVM Settings]**メニュータブを選択します（図28）。

図28) [SVM Settings]タブ-従来のビュー



左側の[Protocols]にある[NFS]リンクをクリックし、**[Edit]**をクリックします。表示される[SVM設定]ダイアログボックスには、64ビットのファイル識別子を有効または無効にするためのチェックボックスがあります（図29）。

図29) System Managerでの64ビットファイル識別子の有効化/無効化



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。これは、ファイルシステムIDが変更され、クライアントがNFS処理を試みたときにstale file handleメッセージを受け取る可能性があるためです。

ONTAP System Manager : 9.7以降

ONTAP 9.7では、REST API機能に基づく新しいSystem Managerインターフェイスが導入されました。64ビットのファイルIDオプションは現在REST APIには存在しないため、System Managerで変更するにはクラシックビューを使用するしかありません。または、CLIを使用します。

ファイルID不一致の影響

64ビットのファイルIDが有効になっていないと、ファイルIDの競合のリスクが高まります。ファイルIDの競合が発生すると、クライアントでの「stale file handle」エラーから、ディレクトリや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失敗など、さまざまな影響があります。通常、FlexGroupボリュームを使用する場合は、64ビットのファイルIDオプションを有効にする必要があります。

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間のやり取りにファイルシステム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のが可能なため、データの場所に応じてFSIDが変わる可能性があります。一部の古いLinuxクライアントでは、FSIDの変更を区別できず、基本的な属性処理 (chown やなど) でエラーが発生することがあります chmod。

この問題の例は、[バグ671319](#)に記載されています。NFSv3でFSIDの変更を無効にする場合は、ONTAP 9で64ビットのファイルID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ことに注意してください。

ファイル数の多い環境でのSVMでのFSIDの動作

NFSv3およびNFSv4.xのFSID変更オプションを使用すると、FlexVolボリュームとFlexGroupボリュームに独自のファイルシステムが提供されます。つまり、SVMで許可されるファイル数はボリューム数によって決まります。ただし、FSID変更オプションを無効にすると、32ビットまたは64ビットのファイルIDが原因でSVM自体に適用されます。つまり、32ビットという20億個のファイル制限が **すべての** ボリュームに適用されます。したがって、SVMのファイル数は、FlexVolまたはFlexGroupボリュームではなく20億個に制限されます。FSID変更オプションを有効にしたままにすると、ボリュームは専用のファイル数を持つ独立したファイルシステムとして動作できます。

NetAppでは、ファイルIDの競合を防ぐために、FlexGroupボリュームではFSID変更オプションを有効のままにしておくことを推奨しています。

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。

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 inode番号、ボリュームID、およびSnapshot IDを組み合わせで構成されます。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、ファイルのバージョン間でFSIDが同一であることは要求されていません。

注：-v4-fsid-change NFSv4は現在FlexGroupでサポートされていないため、このオプションは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。この制限は [maxdirsize](#) と呼ばれます。maxdirsize ボリュームの値の上限は、プラットフォームに関係なく320MBです。つまり、ディレクトリサイズのメモリ割り当てが最大320MBに達すると、ディレクトリのサイズが大きくなりません。

デフォルトの最大サイズで1つのディレクトリに収まるファイル数

デフォルト maxdirsize 設定で1つのディレクトリに格納できるファイル数を確認するには、次の式を使用します。

- メモリ (KB) * 53 * 25%

maxdirsize 大規模なシステムでは、この値がデフォルトで320MBに設定されているため、SMBおよびNFSでは、1つのディレクトリ内の最大ファイル数は4, 341, 760になります。NetAppでは、maxdirsize 320MBの制限 (256MB、約340万ファイル) の80%を超えない範囲で、この値をできるだけ小さくしておくことを強く推奨しています。

maxdirsize を超過した場合に送信されるEvent Management Systemメッセージ

maxdirsize 値を超過した場合、または値の超過に近づいた場合に、次のイベント管理システムメッセージがトリガーされます。警告は maxdirsize 値の90%で送信され、event log show コマンドを使用するか、ONTAPシステムマネージャのイベントセクションで確認できます。

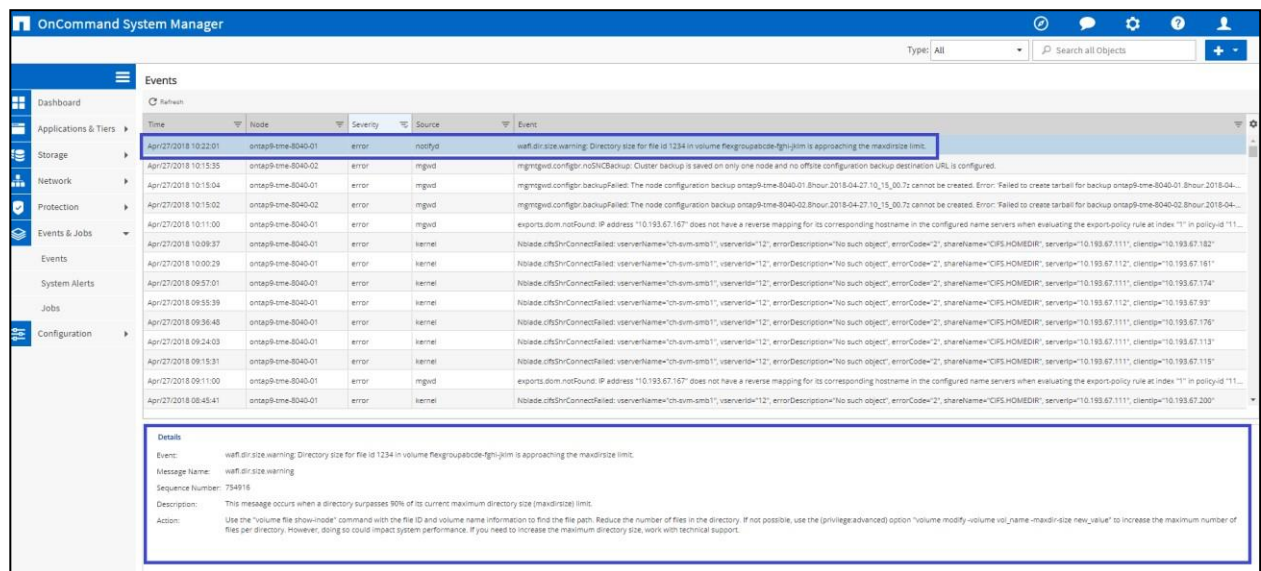
Active IQ Unified Managerを使用すると maxdirsize、アラームの監視、トリガー、90%のしきい値の前の通知を行うことができます。（図30を参照してください。）

```
Message Name: wafl.dir.size.max
Severity: ERROR
Corrective Action: Use the "volume file show-inode" command with
the file ID and volume name information to find the file path. Reduce the number of files in the
directory. If not possible, use the (privilege:advanced) option "volume modify -volume vol_name -
maxdir-size new_value" to increase the maximum number of files per directory. However, doing so
could impact system performance. If you need to increase the maximum directory size, work with
technical support.
Description: This message occurs after a directory has
reached its maximum directory size (maxdirsize) limit.
Supports SNMP trap: true
Destinations: -
Number of Drops Between Transmissions: 0
Dropping Interval (Seconds) Between Transmissions: 0

Message Name: wafl.dir.size.max.warning
Severity: ERROR
Corrective Action: Use the "volume file show-inode" command with
the file ID and volume name information to find the file path. Reduce the number of files in the
directory. If not possible, use the (privilege:advanced) option "volume modify -volume vol_name -
maxdir-size new_value" to increase the maximum number of files per directory. However, doing so
could impact system performance. If you need to increase the maximum directory size, work with
technical support.
Description: This message occurs when a directory has
reached or surpassed 90% of its current maximum directory size (maxdirsize) limit, and the
current maxdirsize is less than the default maxdirsize, which is 1% of total system memory.
Supports SNMP trap: true
Destinations: -
Number of Drops Between Transmissions: 0
Dropping Interval (Seconds) Between Transmissions: 0

Message Name: wafl.dir.size.warning
Severity: ERROR
Corrective Action: Use the "volume file show-inode" command with
the file ID and volume name information to find the file path. Reduce the number of files in the
directory. If not possible, use the (privilege:advanced) option "volume modify -volume vol_name -
maxdir-size new_value" to increase the maximum number of files per directory. However, doing so
could impact system performance. If you need to increase the maximum directory size, work with
technical support.
Description: This message occurs when a directory surpasses
90% of its current maximum directory size (maxdirsize) limit.
Supports SNMP trap: true
Destinations: -
Number of Drops Between Transmissions: 0
Dropping Interval (Seconds) Between Transmissions: 0
```

図30) ONTAP System Managerのイベント画面にmaxdirsizeの警告が表示される



maxdirsize アタイヲソウヤシタエイキヨウ

1つのディレクトリに多数のファイルが含まれている場合、検索（「find」処理など）によって大量のCPUとメモリが消費される可能性があります。ONTAP 9.2以降では、「ディレクトリインデックス作成」により、2MBを超えるディレクトリサイズのインデックスファイルが作成されます。これにより、多数の検索を実行し、キャッシュミスを回避する必要がなくなります。通常、これはディレクトリのパフォーマンスを大きくするのに役立ちます。ただし、ワイルドカード検索やreaddir操作では、インデックス付けはあまり使用されません。

FlexGroup Volumeはmaxdirsizeの制限を回避しますか？

FlexGroupボリュームでは、各メンバーボリュームの maxdirsize 設定は同じです。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可能性があります。maxdirsize ですが、重要なコンポーネントはディレクトリサイズであり、個々のFlexVolボリュームではないため、パフォーマンスへの影響が及ぶ可能性があります。したがって、ディレクトリのサイズは引き続き問題になります。したがって、FlexGroupボリュームでは、maxdirsizeの制限に直面している環境の問題は解決されません。新しいプラットフォームではより多くのメモリとCPUが提供され、NetApp AFFシステムではパフォーマンスが向上しますが、ファイル数の多いディレクトリのパフォーマンスへの影響を軽減する最善の方法は、ファイルシステム内のより多くのディレクトリにファイルを分散することです。

maxdirsize 値を超えた場合の影響

maxdirsize ONTAPで値を超えると、「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、イベント管理システムメッセージがトリガーされます。この問題を解決するには、ストレージ管理者が maxdirsize 設定を増やすか、ディレクトリからファイルを移動する必要があります。修正の詳細については、NetApp Support Siteの[KB 000002080](#)を参照してください（有効なサポートログインが必要です）。

FlexGroupボリュームのmaxdirsizeの詳細については、[TR-4571](#)を参照してください。

8 FlexGroupの機能

NetApp ONTAP FlexGroupの機能は、次のカテゴリに分類されます。

- シンプル

- データ保護
- ストレージ効率化

さらに、FlexGroupの機能と利点はそれ自体が機能であり、NetApp ONTAP FlexGroupの利点で確認できます。

8.1 シンプル

FlexGroupボリュームの主なメリットの1つは、通常のNetApp FlexVolボリュームと同様に、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では、ONTAPシステムマネージャ、Active IQパフォーマンスマネージャ、`volume create -auto-provision-as flexgroup` およびなどのCLIの自動コマンドがサポートされている `flexgroup deploy` ため、FlexGroupボリュームを迅速かつ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。FlexGroup CLIには、全体的な操作性を向上させる方法がいくつかあります。

FlexGroup Deploy (ONTAP 9.5以降で廃止/使用不可)

グラフィカルインターフェイスを使用してストレージを管理することが好きではなく、ONTAP CLIが少し扱いにくいと感じた場合は `flexgroup deploy`、新しいコマンドが適しています。

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` コマンドで考慮すべき点は次のとおりです。

- コマンドを使用する前に、アグリゲートを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も用意する必要があります。
- 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 `volume create -snapshot-policy`、をに設定して使用する `none` か、`volume modify` 作成後に使用します。
- 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セキュリティ形式を制御するには、`-security-style` オプションをに指定する `volume create` か、`volume modify` 作成後に使用します。
- `flexgroup deploy` このコマンドでは、advanced権限のNFSサーバオプションが `-v3- 64bit-identifiers enabled` に設定されません (セクション 7.6 「64ビットファイル識別子」を参照)。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規模のストレージを数分で作成、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: `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ます。

ボリュームの作成 (-auto-provision-as FlexGroupを使用)

ONTAP 9.2では、admin権限レベルでFlexGroupボリュームをプロビジョニングするためのボリュームオプションが導入されました。このオプションを指定すると、ノードあたり8個のメンバーFlexVolボリュームがデフォルトで設定されます。サイズを指定しない場合、それぞれ200MBのメンバーFlexVolボリュームが作成されるため、コマンドでサイズを指定することが重要です。計算式は（8×指定したアグリゲート/指定した合計サイズ）です。メンバーボリュームは100GB以上で100TB以下でなければならないため、これは重要です。FlexGroupボリュームの容量サイジングのベストプラクティスについては、[TR-4571](#)を参照してください。

アグリゲートが指定されていない場合、ONTAPは、指定したSVMで使用可能なすべてのアグリゲートを選択しようとします。そのため、簡易化されたコマンドを実行することは可能ですが、FlexGroupの構成にはできるだけ規範的なコマンドを使用することを推奨します。

少なくとも次のように指定します。

- FlexGroupとして自動プロビジョニング (-auto-provision-as)
- ボリューム名 (-volume)
- SVM (-vserver)
- ボリュームサイズ (-size)
- エクスポート/マウントポイント-junction-path()

オプションで次を指定します

- ボリュームノセキュリティケイシキ (-security-style {unix|ntfs|mixed})
- UNIX権限 (-unix-permissionsセキュリティ形式がUNIXの場合)
- シンプロビジョニング (-space-guarantee none)

ボリュームの作成 (アドバンスド)

ベストプラクティス以外のカスタマイズが必要な場合（必要なメンバーボリュームの数を減らす場合など）は、volume create -auto-provision-as flexgroup flexgroup deploy FlexGroupボリュームの作成に使用する適切なコマンドではない可能性があります。クラスタのノード数が4つを超える場合や、FlexGroupコンスチチュエントメンバーの設計と配置をより細かく制御する必要がある場合は volume create、-auto-provision-as オプションを指定せずにコマンドを実行することもできます。FlexGroupの作成に固有のオプションがいくつか追加されました。

表4) FlexGroupで使用する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コンスチ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트리ごとに、そのアグリゲート上にコンスチチュエントが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チ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	-aggr-list FlexGroupボリュームを作成するときに、パラメータで指定したアグリゲートを繰り返し実行する回数を指定します。アグリゲートのリストが指定した回数繰り返されます。
-max-constituent-size	(オプション) FlexGroupコンスチ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ボリュームで使用するすべてのノードの最大FlexVolサイズ設定のうち、見つかった最小値が、FlexGroupコンスチチュエントの最大コンスチチュエントサイズのデフォルトとして選択されます。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ボリュームを作成したら、CLIコマンド `volume modify` またはONTAPシステムマネージャのGUIを使用して、ボリュームのオプションやサイズを変更する必要があります。

volume expand

FlexGroupボリュームを管理するもう1つのコマンドは `volume expand`。ストレージ管理者は、この `-aggr- list` コマンドと `-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ボリュームを追加できます。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関係のボリュームのボリューム拡張

`volume expand` ONTAP 9.3より前のSnapMirror関係に含まれるFlexGroupではSnapMirror関係のベースラインを再設定する必要があるため、このコマンドはネイティブに機能しません。ONTAP 9.3では、SnapMirror関係にあるFlexGroupボリュームでボリュームを拡張できるように機能拡張が導入されました。ベースラインを再設定する必要はありません。ONTAP 9.3以降では、ONTAPは次のNetApp SnapMirror更新時にFlexGroupメンバーボリューム数を調整します。

注：FlexGroupでSnapMirrorを使用する場合は、NetAppでONTAP 9.3以降にアップグレードすることを推奨します。

ONTAP 9.3より前のSnapMirror関係のFlexGroupボリュームの拡張

ONTAP 9.3より前の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、次の手順を実行します。

1. `snapmirror delete` デスティネーションの既存の関係に対してを実行します。
2. `snapmirror release` ソースでを実行します。
3. `volume delete` デスティネーションFlexGroupデータ保護ボリュームでを実行します。
4. `volume expand` ソースFlexGroupボリュームでを実行します。
5. `volume create` ソースFlexGroupと同じサイズと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データ保護ボリュームを作成する場合に使用します。
6. `snapmirror initialize` 新しい関係に対してを実行します（ベースラインの再設定）。

関係のベースラインを再設定しなくてもメンバーボリュームを拡張できるのは、SnapMirrorとFlexGroupでサポートされています。

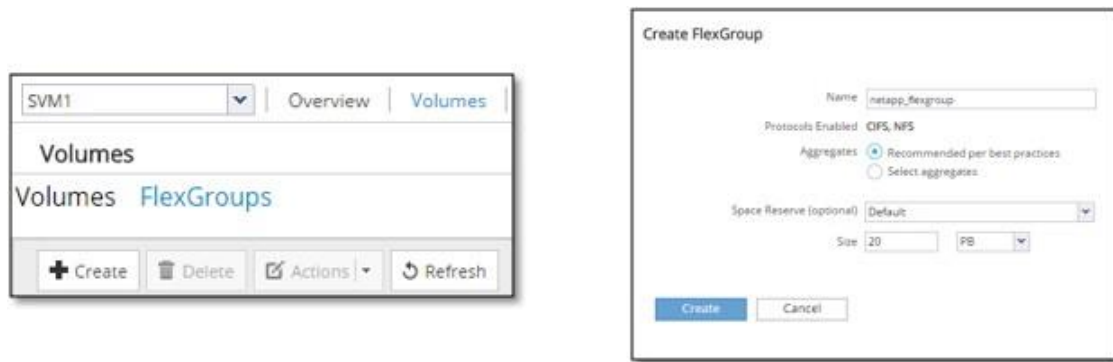
ONTAP System Manager

ONTAP 9.1では、ONTAP System ManagerによるFlexGroupのサポートが最初から提供されています。GUIの[Volumes]ページに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ボリュームを管理したり、2回のクリックでFlexGroupボリュームを作成したりできます。ONTAP 9.4では、FlexGroupボリュームをサポートする堅牢なGUIが追加され、FlexVolボリュームとほぼすべてのタスクを実行できるようになりました。

FlexGroupボリュームの作成（ONTAP 9.1）

ONTAP 9.1のSystem Managerで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、[ボリューム] > [FlexGroups]をクリックします。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。必須フィールドは[Name]と[Size]のみです（図31）。

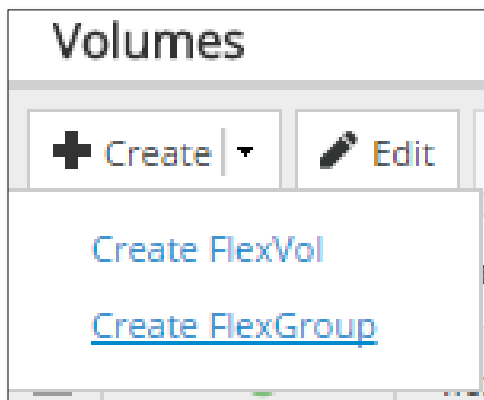
図31) ONTAP 9.1でのFlexGroupボリュームの作成



FlexGroupボリュームの作成 (ONTAP 9.2)

ONTAP 9.2以降では、[FlexGroups]タブが削除され、[Create]ボタンのドロップダウンボックスに置き換えられました。ONTAP 9.2以降では、このドロップダウンボックスから[Create (FlexVolの作成)]または[Create (FlexGroupの作成)]を選択します (図32)。

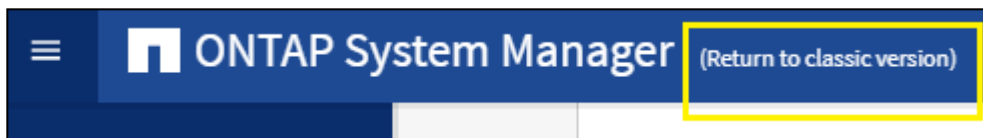
図32) ONTAP 9.2以降でのFlexGroupボリュームの作成



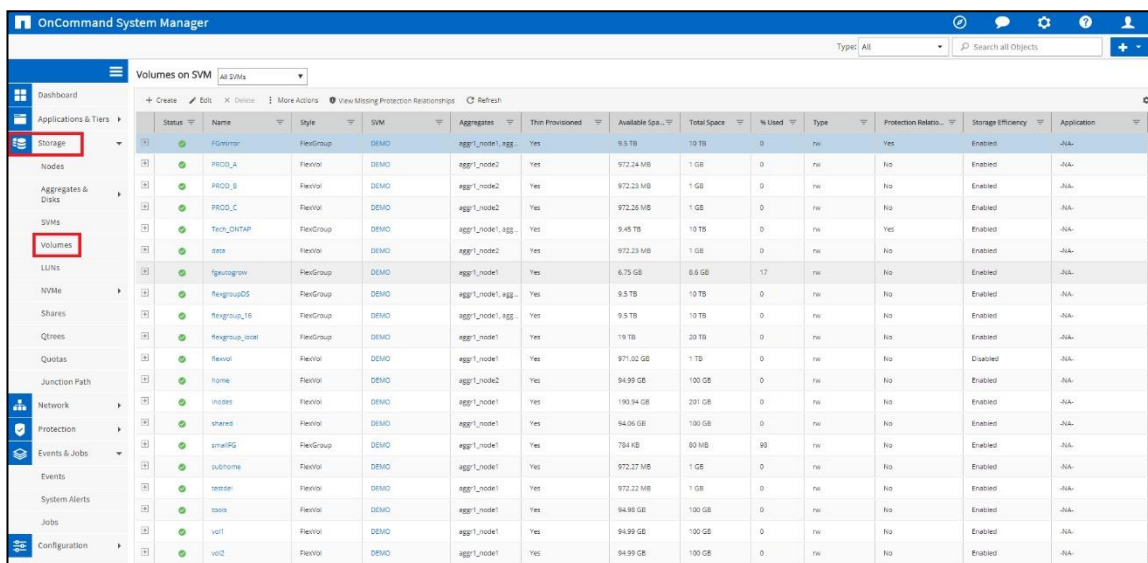
FlexGroupボリュームの作成 (ONTAP 9.4以降-クラシックビュー)

ONTAP 9.7では、設定処理を簡易化するONTAP System Managerの再設計が導入されました。ただし、この再設計では、使用可能な高度な設定オプションも少なくなります。従来型のSystem Managerを使用する場合は、ページ上部のリンクをクリックします (図33を参照)。それ以外の場合は、CLIまたはREST APIを使用して高度な設定を行います。

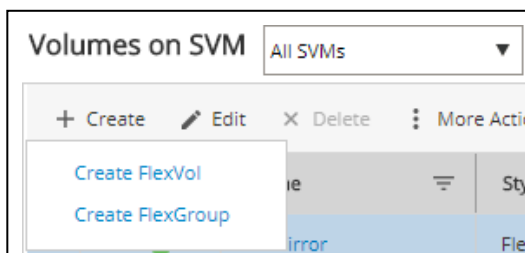
図33) クラシックビューへの切り替え



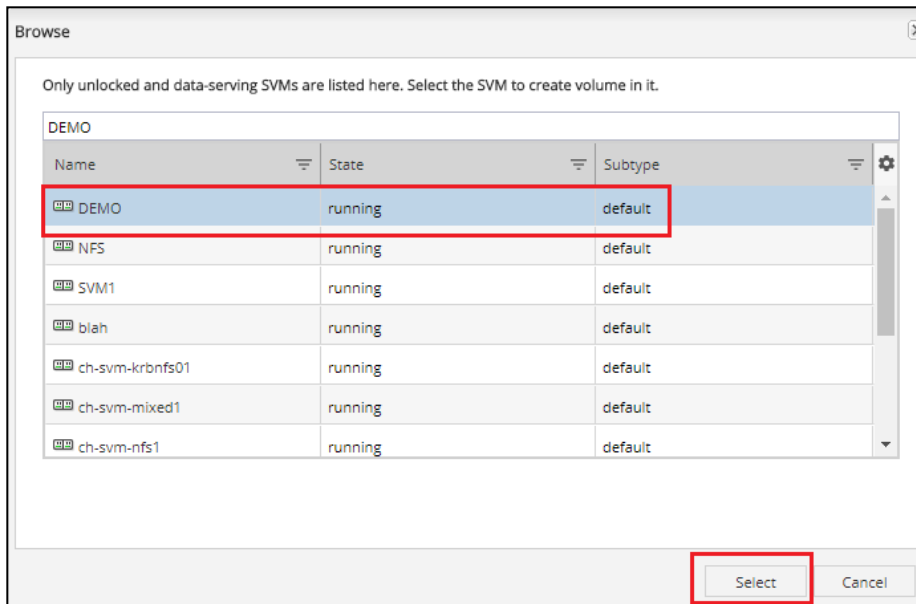
1. ONTAP 9.4では、[ストレージとボリューム]を選択してFlexGroupの作成プロセスを開始します。



2. **[+ Create]** メニューアイコンから、**[Create (FlexGroupの作成)]**を選択します。



3. 目的のSVMを選択してFlexGroupボリュームを作成し、**[Select]**をクリックします。



4. FlexGroupボリュームの名前と必要な容量を入力します。

このウィンドウでは、次の機能やオプションを設定することもできます。

- NetApp Volume Encryption
- ボリュームの保護

このウィンドウではアグリゲートを選択できなくなりましたが、[Advanced Features]ページでアグリゲートを選択できます。このページにアクセスするには、このウィンドウの右上にある歯車アイコンをクリックします。



次の設定が可能なページが開きます。

- スペースリザベーション
- アグリゲートの選択
- セキュリティ形式
- UNIX 権限
- atimeアップデート
- フラクショナル リザーブ
- ボリュームの自動拡張
- Storage Efficiencyとポリシー
- QoS（最小、最大、アダプティブQoS）

ONTAPシステムマネージャのFlexGroupの設定オプション（基本オプション）名前。

FlexGroupボリュームに名前を付けます。

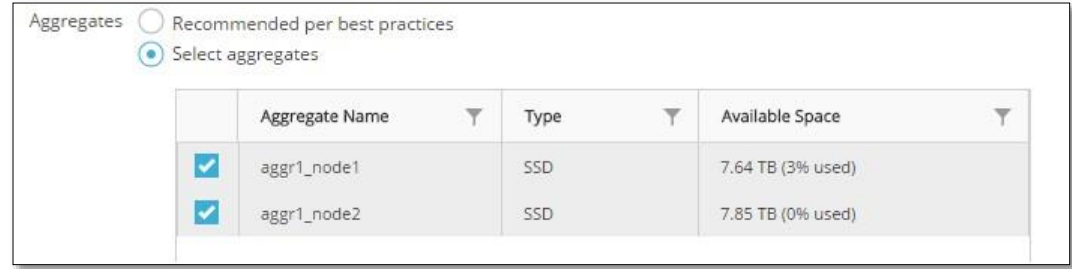
有効なプロトコル。 ここで設定するものではありません。プロトコルは、SVMで有効になっているデータ プロトコルが自動的に表示されます。このフィールドにiSCSIまたはFCPが表示されても、FlexGroupボリュームをLUNに使用できるわけではありません。SVMで許可されているプロトコルが表示されているだけです。

アグリゲート（ONTAP 9.4の高度な機能に移動） 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。NetApp AFFシステムでは、メンバーコンスティチュエントは同じアグリゲートに配置されます。それ以外の構成では、各ノードのアグリゲートごとに4つのメンバーコンスティチュエントが作成されます。このオプションを選択した場合、AFFの場合はノードあたり1つのアグリゲート、その他の構成の場合はノードあたり2つのアグリゲートが必要です。要件を満たしていないとの作成は失敗し、ストレージ管理者はアグリゲートを手動で選択する必要があります。

ストレージ管理者がFlexGroupボリュームのレイアウトを制御したい場合があります。GUIでは、[Select Aggregates]ボタンを使用してアグリゲートを手動で選択できます (図34)。

図34) アグリゲートの手動選択



スペースリザベーション (ONTAP 9.4の高度な機能に移動)。 ストレージ管理者は、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。 このフィールドは、FlexGroupボリュームの合計サイズを示します。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。

使用可能なサイズは、クラスタで使用可能なアグリゲートの総数、および使用しているノードのタイプとONTAPのバージョンによって異なります。System Managerでは、アグリゲートごとに4つのメンバーボリュームが導入されます。クラスタ内で使用可能なアグリゲートが2つしかない場合、作成されるメンバーは8つだけで、メンバーあたりの最大容量は100TB です (表5)。次の表に、9.4以降を実行している大規模ノードでのメンバーボリューム数を示します。

表5) FlexVolメンバーとアグリゲートの比率 : System Manager、ローエンドシステム

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

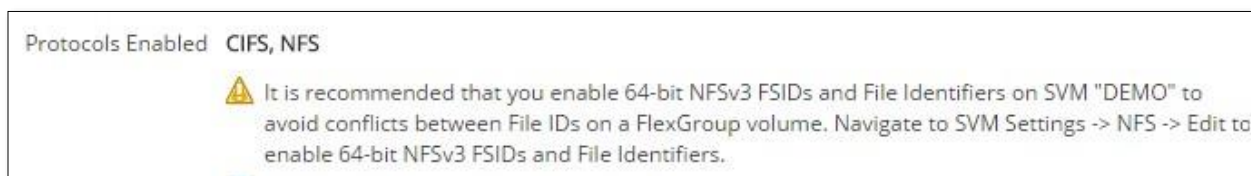
表6) FlexVolメンバーとアグリゲートの比率 : System Manager、ハイエンドシステム (ONTAP 9.4以降)

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	8
2	16
3	24

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
4	32

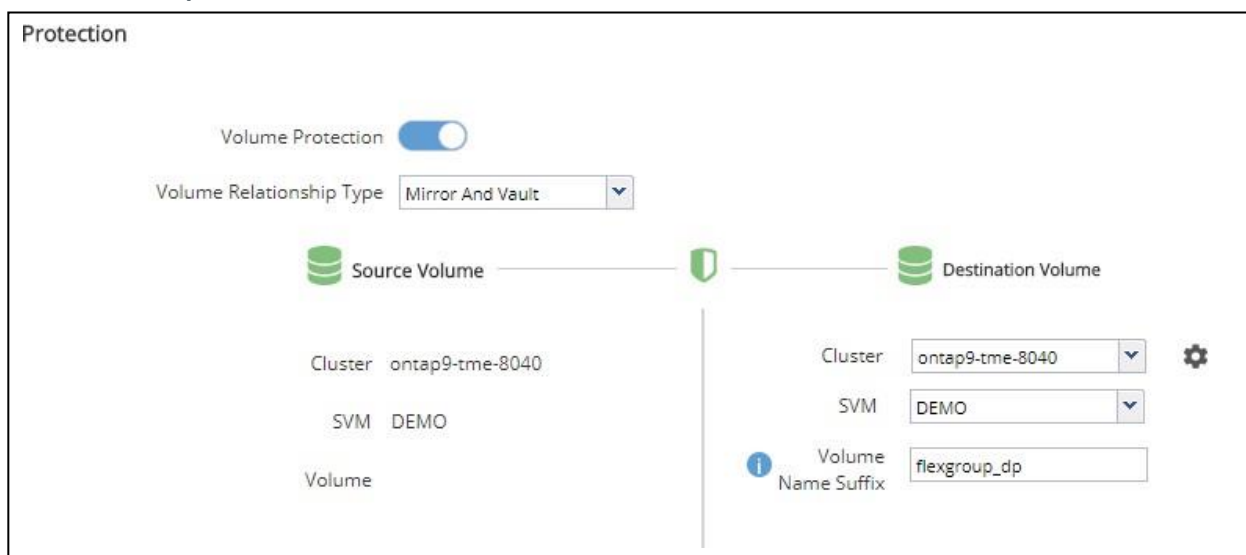
また、ONTAP 9.2では、NFSサーバで64ビットのファイルIDが有効になっている場合に警告が追加されました。意図的に無効にした場合は、この警告を無視してかまいません。このオプションは、ONTAPシステムマネージャの[SVMの全般的な設定]セクションにあります（図35）。

図35) ONTAPシステムマネージャでの64ビットファイル識別子の警告



ボリュームの保護：このセクションでは、ストレージ管理者が数回クリックするだけで、FlexGroupボリュームのデータ保護を自動的に設定できます。クラスタ/SVMがソースクラスタ/SVMとすでにピア関係にある場合は、FlexGroupボリュームを作成したときと同じウィンドウでSnapMirror関係またはSnapVault関係を設定できます（図36）。

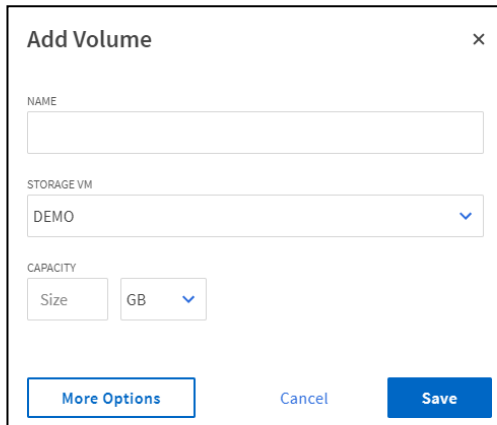
図36) FlexGroupボリュームの保護



FlexGroupボリュームの作成（ONTAP 9.7以降）

ONTAP 9.7では、設定処理を簡易化するためにONTAP System Managerが再設計されました。このセクションでは、ONTAP System Manager 9.7以降でFlexGroupボリュームを作成する方法について説明します。

1. ボリュームは、ONTAPシステムマネージャの複数の場所から作成できます。以前のバージョンでは、ウィザードの開始時にFlexVolまたはFlexGroupを指定していました。これで、両方のボリュームタイプに対応するウィザードは1つだけになりました。基本的なウィザードはname/svm/sizeのように簡単ですが、デフォルトではFlexVolボリュームが作成されます。FlexGroupボリュームを作成するには、[More Options]ボタンをクリックします。



Add Volume [Close]

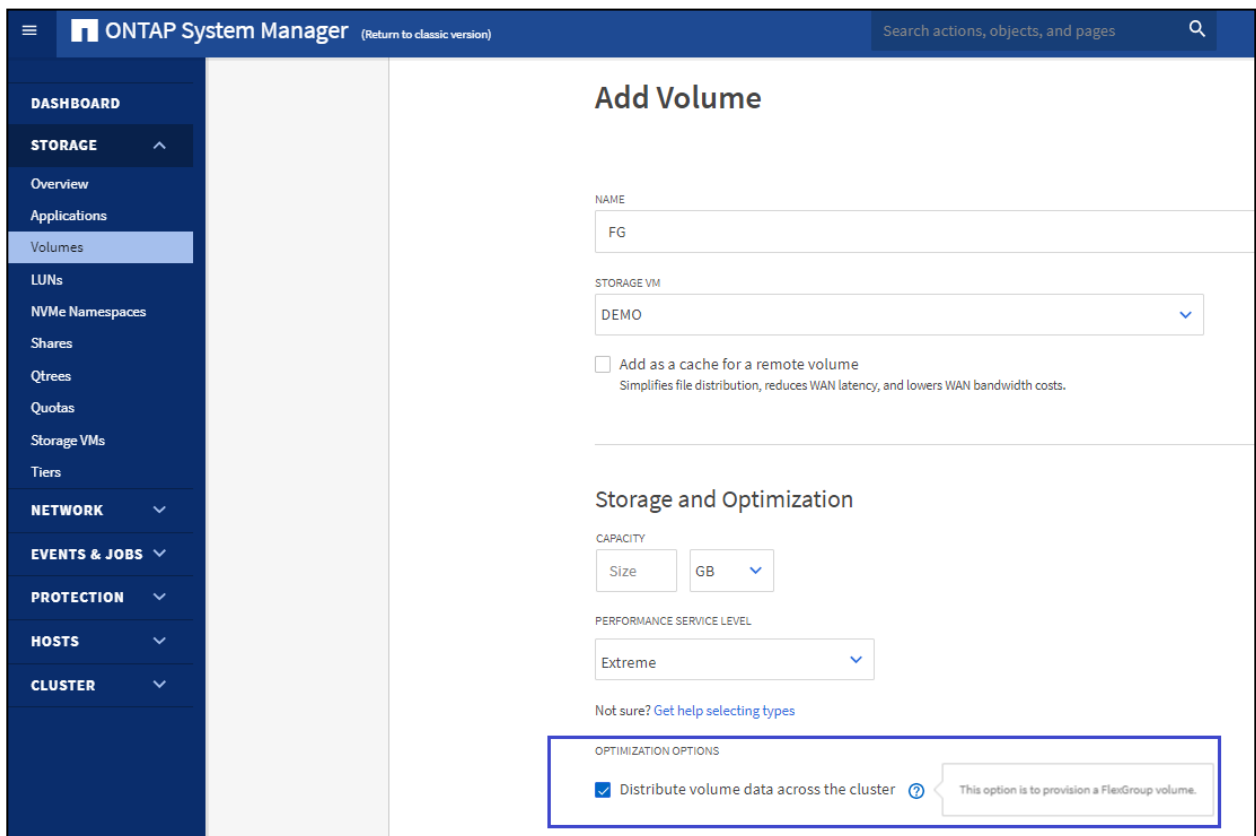
NAME

STORAGE VM
 DEMO [v]

CAPACITY
 Size GB [v]

[More Options] [Cancel] [Save]

2. [その他のオプション]を選択したら、サイズ、共有、エクスポートポリシー、データ保護などの使用可能なオプションを使用してボリュームを設定します。ボリュームをFlexGroupボリュームにするには、[最適化オプション]の[ボリュームデータをクラスタに分散]チェックボックスを使用します。



ONTAP System Manager (Return to classic version) Search actions, objects, and pages

DASHBOARD

STORAGE [^]

Overview

Applications

Volumes

LUNs

NVMe Namespaces

Shares

Qtrees

Quotas

Storage VMs

Tiers

NETWORK [v]

EVENTS & JOBS [v]

PROTECTION [v]

HOSTS [v]

CLUSTER [v]

Add Volume

NAME
 FG

STORAGE VM
 DEMO [v]

☐ Add as a cache for a remote volume
 Simplifies file distribution, reduces WAN latency, and lowers WAN bandwidth costs.

Storage and Optimization

CAPACITY
 Size GB [v]

PERFORMANCE SERVICE LEVEL
 Extreme [v]

Not sure? [Get help selecting types](#)

OPTIMIZATION OPTIONS

☒ Distribute volume data across the cluster [?] This option is to provision a FlexGroup volume.

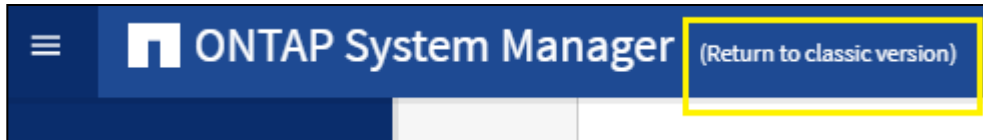
3. [Save]をクリックします。

ONTAPシステムマネージャの設定オプション（詳細オプションークラシック表示）

ONTAP 9.7では、設定処理を簡易化するためにONTAP System Managerが再設計されました。ただし、この再設計では、使用可能な高度な設定オプションも少なくなります。従来型のSystem Managerを使用する場合は、ページ上部のリンクをクリックします（図37を参照）。

それ以外の場合は、CLIまたはREST APIを使用して高度な設定を行います。

図37) クラシックビューへの切り替え



FlexGroupボリュームを作成するときに、ページの右上にある小さな歯車アイコン（図38を参照）をクリックして、FlexGroupの詳細設定オプションを表示します。このセクションでは、ONTAPシステムマネージャでFlexGroupボリュームに使用できる詳細オプションについて説明します。

図38) [Advanced FlexGroup Volume]オプションのアイコン-クラシックビュー



詳細オプションは複数のセクションに分かれています。

一般的な詳細-詳細オプション

- **スペースリザーベーション（ONTAP 9.4より前の基本オプションで使用）。**ストレージ管理者は、このフィールドで、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てボリュームのサイズを設定できることを意味します）。
- **アグリゲート（ONTAP 9.4より前の基本オプションに含まれていました）。**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つのメンバー コンスティチュエントが作成されます。AFFシステムでは、メンバーコンスティチュエントは同じアグリゲートに配置されます。それ以外の構成では、各ノードのアグリゲートごとに4つのメンバーコンスティチュエントが作成されます。このオプションを選択した場合、AFFの場合はノードあたり1つのアグリゲート、その他の構成の場合はノードあたり2つのアグリゲートが必要です。要件を満たしていないとの作成は失敗し、ストレージ管理者はアグリゲートを手動で選択する必要があります。
- **ボリュームのセキュリティ形式。**セキュリティ形式とは、単に「FlexGroupボリュームに適用される権限の形式」を意味します。使用可能なオプションは、unix、ntfs、およびmixedです。UNIXセキュリティでは、UNIXモードビット（rwx）が使用されます。NTFSセキュリティ形式では、Windows NTのアクセス制御リスト（ACL）を使用します。mixedセキュリティ形式は、クライアントが最後に設定したACLのタイプに応じて、UNIXとNTFSを切り替えます。FlexGroupボリュームのボリュームのセキュリティ形式の詳細については、[TR-4571](#)を参照してください。

注：mixedセキュリティ形式は推奨されません。詳細については、[TR-4571](#)を参照してください。

- **UNIX権限。**UNIXまたはmixedセキュリティ形式のボリュームに対して、作成時にrwx権限を設定できます。
- **ファイルの読み取り時にアクセス時間を更新します。**このチェックボックスでは、ファイルの読み取り時にファイルのアクセス時間（atime）を更新するかどうかを指定します。

スペースの最適化-詳細オプション

- **フラクショナルリザーブを有効にします。**このオプションはNASボリュームには関係ありません。LUNが存在する場合にボリュームのスペースの一部をリザーブするために使用され、スペースのオーバーランから保護されます。FlexGroupボリュームは現在SANをサポートしていないため、このオプションは無視してかまいません。
- **ボリュームの自動拡張：**ONTAP 9.3以降では、FlexGroupボリュームでボリュームの自動拡張がサポートされるようになりました。これにより、使用可能な空きスペースがしきい値に達した時点でボリュームが自動的に拡張されます。FlexGroupボリュームでは拡張または縮小を使用できますが、サポートされるのは自動拡張のみです。

Storage Efficiency -詳細オプション

Storage Efficiencyオプションの詳細については、[TR-4476](#)を参照してください。

- **バックグラウンドの重複排除**：ONTAP 9.4以降のFlexGroupボリュームでは、自動バックグラウンド重複排除スケジュールがサポートされています。このスケジュールでは、重複排除タスクを実行するようにポリシーを設定できます。その目的は、データの取り込み速度に基づいて、ONTAPが重複排除ジョブを実行する最適なタイミングを決定できるようにすることです。または、手動の重複排除スケジュールを使用することもできます。

バックグラウンド圧縮とインラインの重複排除/圧縮を有効または無効にするStorage Efficiencyオプションも用意されています。インラインコンパクションなどのStorage Efficiency機能を使用する場合は、CLIを使用します。

Quality of Service (QoS ; サービス品質) -詳細オプション

ストレージQoSオプションの詳細については、[TR-4211](#)を参照してください。

- **QoSポリシー**：このオプションでは、FlexGroupボリュームのQoSを有効または無効にしたり、QoSポリシーグループを設定または作成したりできます。

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開き、CIFS共有を作成するか、**[Done]**をクリックしてプロセスを完了するかを選択できます（図39）。

図39) ONTAPシステムマネージャでFlexGroupボリュームへの共有を作成

The image shows a 'Summary' dialog box with the following details:

Name	netapp_flexgroup
SVM	SVM1
Protocols Enabled	CIFS, NFS
Aggregates	aggr1_node1, aggr1_node2
Size	800 TB

At the bottom, there are two buttons: 'Create Share' (highlighted in blue) and 'Done'.

管理者は、そこからFlexGroupタブでFlexGroupボリュームを管理できます。ONTAP System Managerには、FlexGroupボリュームの概要が表示されます（図40）。

- 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40) System ManagerでのFlexGroupの概要

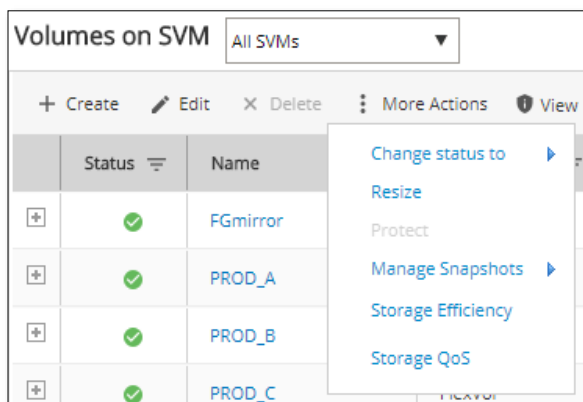


詳細情報を表示するには、ハイパーリンクされたボリューム名をクリックするか、[詳細を表示]をクリックします。このビューには次のような情報が表示されます。

- ボリュームの概要
- NetApp Snapshotコピー
- データ保護の詳細
- Storage Efficiencyの詳細
- パフォーマンスの詳細（リアルタイムのみ）

また、FlexGroupボリュームは、System Manager GUIの[Edit]ボタンと[More Actions]ボタンを使用して管理できます（図41）。

図41) 既存のFlexGroupボリュームの管理



Active IQパフォーマンスマネージャ

ONTAPシステムマネージャのサポートに加えて、Active IQパフォーマンスマネージャを使用して、FlexGroupボリュームとそのメンバーを詳細なレベルで監視できます。

Performance Managerでは、FlexGroupボリュームはSVM内の他のボリュームと一緒に見つけることができます。目的のオブジェクトをクリックすると、メンバーボリュームの概要を示す画面が表示されます。これらのメンバーは、指定した期間にわたってグラフィカルビューに追加することもできます（図42）。

図42) Performance ManagerのFlexGroupメンバーボリューム

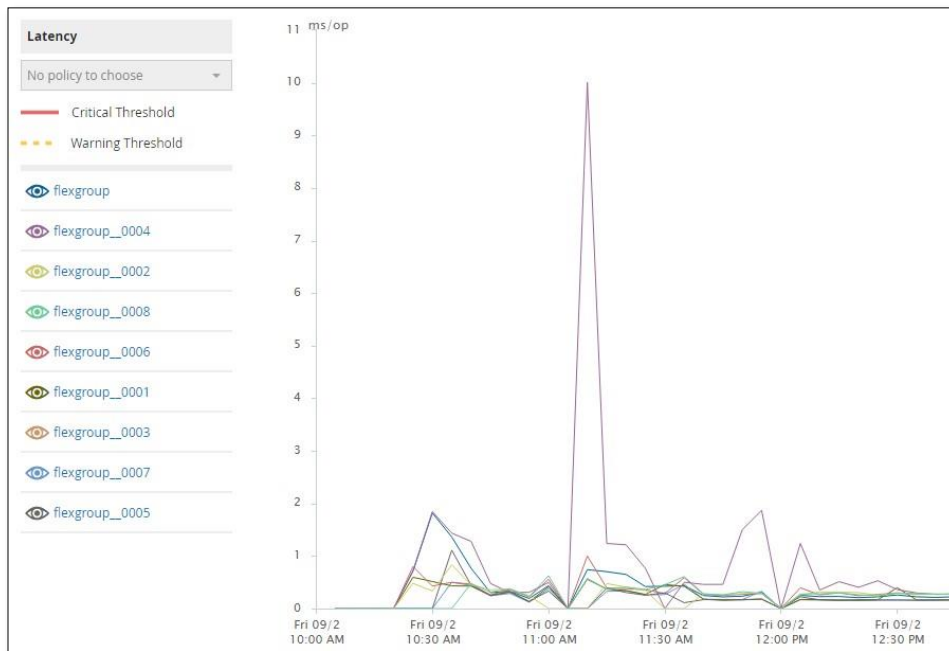
View and compare		Constituents of this FlexGroup ▼		Filtering ▼
Volume	Latency	IOPS	MBps	
flexgroup_0004	0.311 ms/op	56.9 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0002	0.273 ms/op	49.4 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0008	0.271 ms/op	107 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0006	0.27 ms/op	103 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0001	0.164 ms/op	9.12 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0003	0.161 ms/op	64.9 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0007	0.159 ms/op	82.8 IOPS	< 1 MBps	Add →
flexgroup_0005	0.159 ms/op	47.5 IOPS	< 1 MBps	Add →

Performance Managerのグラフィカルビューにメンバーボリュームが追加されると、グラフ内で区別できるように異なる色の折れ線が割り当てられます。この方法で、想定されるパフォーマンスから逸脱したメンバーを調査して修正できます（図43 および 図44）。

図43) Performance ManagerでのFlexGroupメンバーボリュームのグラフ表示



図44) Performance ManagerでのFlexGroupメンバーボリュームのグラフ表示 (拡大表示)



REST API

REST APIのサポートはONTAP 9.6で導入されました。REST APIを使用すると、独自のインターフェイス (NetApp Manageability SDKなど) を操作する代わりに、クラスターへのアクセスと操作に汎用的な標準を使用できます。

REST APIのドキュメントは [http://\[your_cluster_IP_or_name\]/docs/api](http://[your_cluster_IP_or_name]/docs/api) あり、サンプルや、独自のREST APIを生成できる対話型の「試してみる」機能が用意されています。

REST APIの詳細については、[TR-4571 : 『NetApp ONTAP FlexGroup Volume BestPractices and Implementation Guide』](#) を参照してください。

NetApp Cloud Volumes ONTAP

ONTAP 9.6では、クラウドで実行されるONTAP 解決策 であるNetApp [Cloud Volumes ONTAP](#)の公式サポートが導入されました。つまり、Cloud Volumes ONTAPにFlexGroupボリュームを導入できるようになりました。

Cloud Volumes ONTAPで実行されているFlexGroupでは、Cloud Volumes ONTAPインスタンスに導入されたONTAPバージョンと同じ機能セットを使用できます。Cloud Volumes ONTAPとFlexGroupの一般的なユースケースには、次のようなものがあります。

- 分析用データレイク
- Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) コンピューティングインスタンスで使用するEDAリポジトリ
- オンプレミスのSnapMirrorで使用するデータバックアップ/アーカイブ

FlexGroupボリュームはオンプレミス環境の場合、単一のネームスペースで数ペタバイトをサポートできますが、Cloud Volumes ONTAPインスタンスはインスタンスあたり最大368TBで、FlexGroupボリュームは複数のインスタンスにまたがることはできません。また、現在FlexGroupを作成するには、System ManagerまたはCLIを使用する必要があります。現在、NetApp Cloud ManagerでFlexGroupボリュームを作成する方法はありません。詳細については、<https://cloud.netapp.com/ontap-cloud> を参照してください。

単一の透過的ネームスペース

FlexGroupは、通常のFlexVolボリュームを超える大容量を提供し、複雑なアーキテクチャを実装する必要はありません。ボリューム全体を単一のエクスポートまたは共有としてマウントできるため、ストレージを追加しても、アプリケーション側でこれ以上変更す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。

qtree

ONTAP 9.3では、FlexGroupボリュームでqtreeと呼ばれる論理ディレクトリがサポートされるようになりました。ストレージ管理者は、qtreeを使用してONTAPのGUIまたはCLIからフォルダを作成し、大規模なパケット内でデータを論理的に分離できます。qtreeはホームディレクトリのワークロードに役立ちます。フォルダには、データにアクセスするユーザのユーザ名を反映した名前を付けたり、ユーザ名に基づいてアクセスを提供する動的共有を作成したりできるためです。qtreeは、通常のフォルダとほぼ同じ方法でFlexGroupボリューム全体に分散されます。クォータの監視はqtreeレベルで適用でき、ONTAP 9.5以降ではクォータの適用ポリシーを適用できます。qtreeの作成と管理は、FlexVol qtreeの管理と同じ方法で行います。FlexGroupボリュームあたり最大4、995個のqtreeがサポートされます。

クォータの適用の例

qtreeまたはユーザに対してクォータの適用が有効になっている場合、ONTAPはクォータを超過した後に新しいファイルの作成または書き込みを禁止します。また、クォータ違反についてストレージ管理者に通知するためのEMSメッセージがDEBUG重大度レベルで記録されます。これらのEMSメッセージは、システムがSNMPトラップまたはsyslogメッセージとして転送するように設定できます。

この例では、クォータに1GBのハードリミットと10ファイルのハードリミットが設定されています。

```
cluster::*> quota policy rule show -vserver DEMO
```

Vserver: DEMO			Policy: tree		Volume: flexgroup local			
Type	Target	Qtree	User Mapping	Disk Limit	Soft Disk Limit	Files Limit	Soft Files Limit	Threshold
tree	qtree	""	-	1GB	-	10	-	-

ユーザが1.2GBのファイルをqtreeにコピーしようとすると、ONTAPから「スペース不足」エラーが報告されます。

```
[root@centos7 qtree]# cp /SANscreenServer-x64-7.3.1-444.msi /FGlocal/qtree/  
cp: failed to close '/FGlocal/qtree/SANscreenServer-x64-7.3.1-444.msi': No space left on device
```

ファイルは部分的に書き込まれていますが、データがないため使用できません：

```
# ls -alh  
total 1.1G  
drwxr-xr-x 2 root root 4.0K Jul 19 15:44 .  
drwxr-xr-x 11 root root 4.0K Jun 28 15:10 ..  
-rw-r--r-- 1 root root 14M Dec 12 2017 First Draft TTDD Slide Deck on ONTAP 9.3 - Parisi.pptx  
-rw-r--r-- 1 root root 0 Dec 12 2017 newfile1  
-rw-r--r-- 1 root root 0 Dec 12 2017 newfile2  
-rw-r--r-- 1 root root 1021M Jul 19 2018 SANscreenServer-x64-7.3.1-444.msi
```

次に、ONTAPはクォータを超過したと報告します。

```
cluster::*> quota report -vserver DEMO  
Vserver: DEMO
```

Volume	Tree	Type	ID	-----Disk----- Used Limit	-----Files----- Used Limit	Quota Specifier
flexgroup_local						

qtree	tree	1	1.01GB	1GB	5	10	qtree
-------	------	---	--------	-----	---	----	-------

ファイル数の制限についても同じ動作が発生します。この例では、ファイル数の上限は10で、このqtreeにはすでに5個のファイルが含まれています。余分な5つのファイルが私たちの制限を満たしています。

```
[root@centos7 /]# su student1
sh-4.2$ cd ~
sh-4.2$ pwd
/home/student1
sh-4.2$ touch file1
sh-4.2$ touch file2
sh-4.2$ touch file3
sh-4.2$ touch file4
sh-4.2$ touch file5
touch: cannot touch 'file5': Disk quota exceeded
```

```
cluster::*> quota report -vserver DEMO
Vserver: DEMO
```

Volume	Tree	Type	ID	-----Disk-----	Used	Limit	-----Files-----	Used	Limit	Quota Specifier
flexgroup_local	qtree	tree	1							
				1.01GB	1GB		5	10		qtree
home		user	student1,	NTAP\student1						
				4KB	1GB		10	10		student1

2 entries were displayed.

イベントログでは、クォータ違反を確認できます。

```
cluster::*> event log show -message-name quota.exceeded
Time          Node          Severity      Event
-----
7/19/2018 16:27:54 node02
                                DEBUG          quota.exceeded: ltype="hard", volname="home",
app="", volident="@vserver:7e3cc08e-d9b3-11e6-85e2-00a0986b1210", limit_item="file",
limit_value="10", user="uid=1301", qtree="treeid=1", vfiler=""
7/19/2018 15:45:02 node01
                                DEBUG          quota.exceeded: ltype="hard",
volname="flexgroup_local", app="", volident="@vserver:7e3cc08e-d9b3-11e6-85e2-00a0986b1210",
limit_item="disk", limit_value="1048576", user="", qtree="treeid=1", vfiler=""
```

8.2 統合データ プロテクション

FlexGroupは、NetApp RAID DP® ソフトウェア、RAIDの3重レイジャーコーディング（NetApp RAID-TECテクノロジー）、Snapshotテクノロジー、SnapMirrorレプリケーションテクノロジー、NFSまたはCIFSマウントのテープバックアップなど、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、ドライブに障害が発生しても、別のパリティドライブでデータが保護されます。

RAIDの3重レイジャーコーディング（RAID-TEC）はONTAP 9.0の新機能で、大容量のドライブを使用するRAIDグループ用にパリティドライブを追加します。この機能を使用すると、大容量ドライブのリビルド時間が長くなってもドライブ障害から保護できます。RAID-TECでは、ドライブ数の点でもRAIDグループのサイズが大きくなります。

FlexGroupでは、すべてのRAID保護機能がサポートされています。

NetApp Snapshotテクノロジー

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。

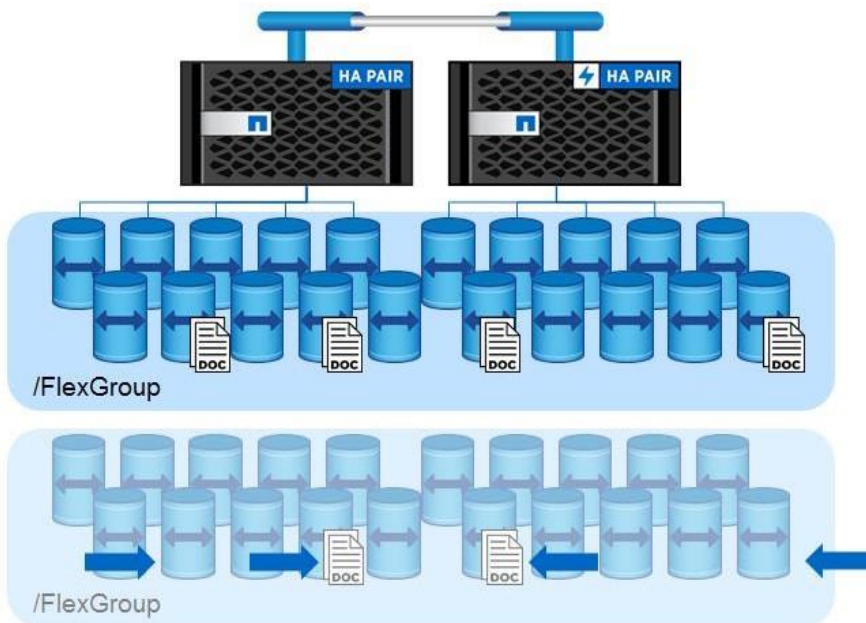
FlexGroupボリューム内にSnapshot処理を実行できないメンバーがある場合（スペース不足、オフライン、ビジーなため完了できない）は、FlexGroupのSnapshotコピー全体が完全ではなく、失敗したとみなされます。ONTAPは、試行されたSnapshotコピーの残りをクリーンアップし、EMSイベントを発行します（図45）。

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テクノロジーを使用してFlexGroupボリューム全体をリストア
- .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はサポートされておらず、単一のFlexGroupメンバーボリュームのリストアもサポートされていません。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だけでなく、ボリューム全体がリストアされます。現時点では、Snapshotのフルリストアを実行できるのはdiag権限のみです。

図45) FlexGroup Snapshotコピー



SnapMirrorとSnapVault

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。NetApp SnapVaultは、Snapshotコピーの非同期保持機能を提供し、データ保護やバックアップ/アーカイブのユースケースに対応します。

FlexGroupでのSnapMirrorのサポートは、ONTAP 9.1以降で提供されています。FlexGroupボリュームのSnapVaultサポートは、ONTAP 9.3で追加されました。

SnapMirrorとSnapVaultは、Snapshotコピーと同様に機能します。すべてのメンバーボリュームでSnapshotコピーが正常に作成される必要があります、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せん。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。

FlexGroupを使用したSnapMirrorおよびSnapVaultのベストプラクティスと制限の詳細については、テクニカルレポート [TR-4678 : 『FlexGroupボリュームデータ保護のベストプラクティス』](#) を参照してください。

CIFS / SMBまたはNFSでのテープバックアップ

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。ONTAP 9.7以降のバージョンでは、NDMPもサポートされます。FlexGroup上のNDMPのパフォーマンスは、FlexVolとほぼ同じです。バックアップのサービスレベル目標（SLO）を維持するために、バックアップされるファイルの総数に注意してください。必要に応じて、フォルダレベルでバックアップして、バックアップジョブを小さなチャンクに分割します。

FlexGroupボリュームでのNDMPサポートの詳細については、[TR-4678 : 『Data Protection and Backup-NetApp FlexGroup Volumes』](#) を参照してください。

MetroCluster

ONTAP 9.6では、MetroCluster環境（ファイバチャネルおよびIP）でFlexGroupがサポートされるようになりました。

NetApp MetroClusterソフトウェアは、アレイベースのクラスタリングと同期レプリケーションを組み合わせたソリューションであり、最小限のコストで継続的な可用性を実現し、データ損失をゼロに抑えます。MetroClusterを使用するFlexGroupについては、ここに記載されている制限事項や注意事項はありません。

MetroClusterの詳細については、[TR-4705 : 『NetApp MetroCluster 解決策Design and Architecture』](#) を参照してください。

8.3 Storage Efficiency

FlexGroupでは、次のStorage Efficiencyテクノロジーもサポートされています。

- **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。
- **インラインアグリゲート重複排除（またはボリューム間重複排除）** は、アグリゲートレベルでインラインのストレージ効率化を実現します。これにより、同じアグリゲート内の複数のFlexVolボリュームに重複ブロックが存在する場合、重複ブロックを減らすことができます。ONTAP 9.2で導入されたFlexGroupメンバーボリュームは、この機能の優れたユースケースです。ONTAP 9.3の自動スケジュール設定とスケジュールされたバックグラウンドのインラインアグリゲート重複排除。
- **インラインアダプティブ圧縮** は、データベースやデスクトップの仮想化などのプライマリワークロード向けにONTAP 8.3.1で導入されました。8.3.1以降のAFF製品ファミリーでは、インライン圧縮が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テクノロジー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** は長年にわたって使用されてきた機能で、ストレージ管理者は物理ストレージ（アグリゲート）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。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ONTAPによってメンバーボリュームレベルで個別に適用されますが、管理を容易にするためにストレージ管理者がFlexGroupレベルで設定します。以前のリリースのONTAPでは、機能はFlexVolメンバーレベルで適用されていたため、表7に、これらの機能のFlexGroupレベルでの管理をサポートするONTAPのバージョンと、メンバーボリュームごとに効率化をよりきめ細かく管理する必要があるONTAPのバージョンに関するガイダンスを示します。

注： NetAppでは、FlexGroupボリュームでストレージ効率を最大限に高めるために、ONTAP 9.3以降を使用することを強く推奨します。

表7) ONTAPバージョンのFlexGroupでのStorage Efficiencyに関するガイダンス

	9.1RC1	9.1RC2以降	9.2RC1以降
シンプロビジョニング	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
インラインの重複排除	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
ポストプロセス重複排除	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
インライン データ コンパクション	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
インライン データ圧縮	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
ポストプロセスデータ圧縮	FlexVol メンバー	FlexGroup レベル	FlexGroup レベル
アグリゲート インライン重複排除	N/A	N/A	FlexGroup レベル

注： Storage Efficiencyのベストプラクティスと注意事項については、[TR-4476](#)を参照してください。

FlexGroupメンバーボリュームごとのStorage Efficiencyの適用

FlexGroupレベルでStorage Efficiencyを有効にすることが現在FlexGroupボリュームでサポートされていない場合は、次のコマンドを使用して、すべてのFlexVolメンバーでStorage Efficiencyを有効にします。これは、ONTAP 9.1RC1でのみ必要です。

```
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.
```

変更するには：

```
cluster::*> volume efficiency modify -vserver SVM -volume flexgroup4* -compression true -data-
compaction true -inline-compression true -inline-dedupe true
```

```
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

ONTAPでのStorage Efficiencyの詳細については、[TR-4476：『NetApp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シンプロビジョニング導入および実装ガイド』](#)を参照してください。

FabricPool

ONTAP 9.2では、SSDアグリゲート上のコールドデータブロックをクラウドまたはオンプレミスのAmazon Simple Storage Service (Amazon S3) オブジェクトストレージに自動的に階層化する機能がFlexVolボリューム用に追加されました。この機能により、ストレージ管理者はアクティブなワークロードに高コストのSSDを保持しながら、コールドデータや未使用データを対費用効果の高いクラウド階層に移動することができました。この機能はFabricPoolと呼ばれます。この機能の詳細については、[TR-4598：『FabricPool Best Practices』](#)を参照してください。

ONTAP 9.5では、FlexGroupボリュームでFabricPoolがサポートされるようになりました。FlexGroupボリュームについて特別な考慮事項はありません。同じFlexVolに関する考慮事項が適用されます。

8.4 保存データの暗号化

ONTAP 9.2では、FlexGroupボリュームでNetApp Volume Encryption (NVE) がサポートされるようになりました。この機能をFlexGroupで実装する場合は、FlexVolボリュームの場合と同じ推奨事項とベストプラクティスに従います。ONTAP 9.5以降では、既存のFlexGroupボリュームのキーを変更できます。ONTAP 9.5より前のバージョンで既存のFlexGroupボリュームを暗号化するには、暗号化が有効なボリュームを作成し、ファイルレベルでボリュームにデータをコピーする必要があります。これは、[NetApp XCP移行ツール](#)などのユーティリティを使用して実行できます。FlexGroupを使用したNVEの詳細については、[TR-4571：『NetApp ONTAP FlexGroup Volumes Best Practices and Implementation Guide』](#)を参照してください。

NVEの一般的な要件は次のとおりです。

- 有効なNVEライセンス
- キー管理サーバ (ONTAP 9.3以降は標準搭載または標準搭載)
- クラスタ全体のパスフレーズ (32~256文字)
- AES-NIオフロードをサポートするAFFまたはFASハードウェア
- ONTAP 9.5以降で既存のFlexGroupボリュームのキーを変更

FlexGroupボリュームとFlexVolボリュームを含むNVEの実装と管理については、ご使用の[リリースのONTAPのサポートサイト](#)で、NetApp暗号化パワーガイドおよびFlexGroupボリュームを使用した拡張性とパフォーマンスパワーガイドを参照してください。

ONTAP 9.6では、アグリゲートレベルで暗号化できるNetAppアグリゲート暗号化 (NAE) が追加されました。FlexGroupでは、メンバーボリュームを含むすべてのアグリゲートが暗号化されていれば、NAEを使用できます。

8.5 Quality of Service (QoS)

ONTAP 9.3以降では、ストレージQoSポリシーの最大数をFlexGroupボリュームに適用して、FlexGroupがONTAPでBullyワークロードとして機能しないようにすることができます。ストレージQoSは、パフォーマンス目標の達成に伴うリスクへの対応に役立ちます。ストレージQoSを使用して、ワークロードに対するスループットを制限し、ワークロードのパフォーマンスを監視します。パフォーマンスの問題に対処するために事後対応としてワークロードを制限したり、パフォーマンスの問題を回避するために事前対応としてワークロードを制限したりすることができます。ストレージQoSの詳細については、[TR-4211：『ストレージパフォーマンス入門』](#)を参照してください。

最大ストレージQoSのFlexGroup Volumeとの相互運用性

FlexGroupでは、ストレージQoSポリシーがFlexGroupボリューム全体に適用されます。FlexGroupボリュームには複数のFlexVolメンバーボリュームが含まれ、複数のノードにまたがることができるため、クライアントが

ストレージシステムに接続すると、QoSポリシーがノード間で均等に共有されます。図46 および図47 は、クラスタ内の複数のノードにまたがるFlexGroupボリュームにストレージQoSを適用する方法を示しています。

図46) FlexGroupでのストレージQoS : シングルノード接続

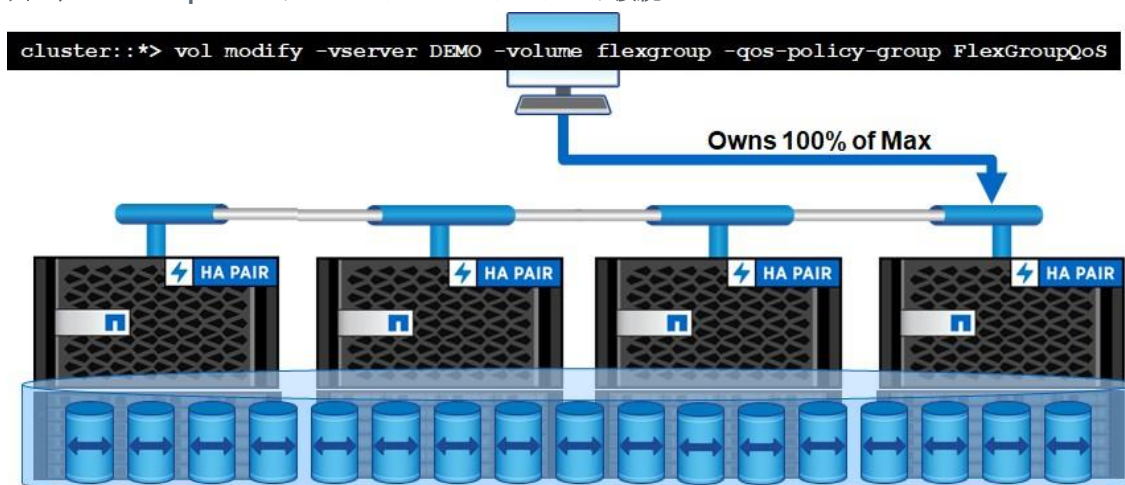
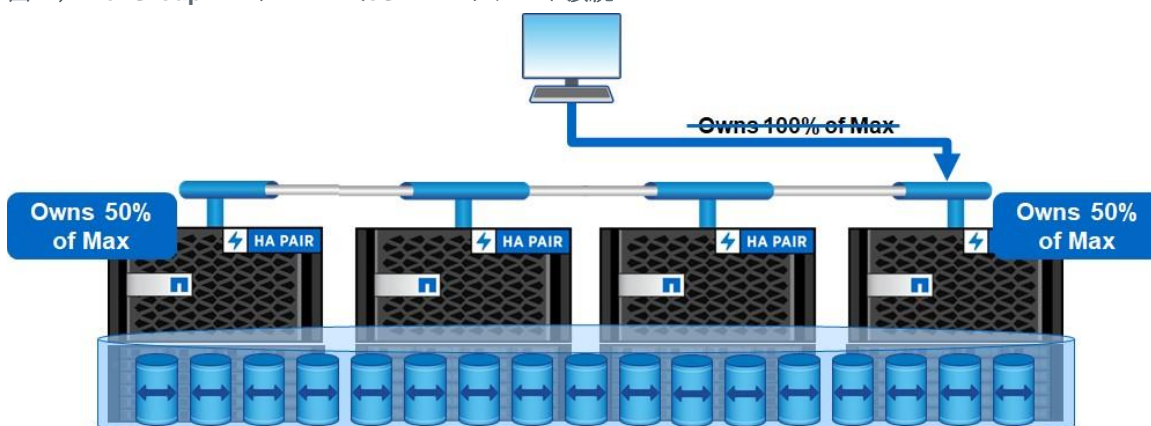


図47) FlexGroupのストレージQoS : マルチノード接続



FlexGroup Volumeを使用する場合のストレージQoSに関する考慮事項

現時点では、ストレージQoSはFlexGroupレベルでのみ適用され、最大QoSのみがサポートされます。FlexGroupボリュームでは、QoSの最小値、アダプティブQoS、ファイルレベルのQoS、ネストされたポリシーは現在サポートされていません。ポリシーは現在、コマンドラインでのみ適用されます。FlexGroupボリュームQoSのGUIサポートは、ONTAPの今後のリリースでサポートされる予定です。

サービス品質 (QoS) の最小要件

ONTAP 9.4では、FlexGroupボリュームでQoSの最小値（ギャランティまたは下限とも呼ばれる）がサポートされるようになりました。最小QoSでは、指定したオブジェクトに割り当てられるパフォーマンスのしきい値が設定されます。この機能はAFFシステムでのみサポートされます。この機能の詳細については、[TR-4211 : 『Storage Performance Primer』](#)を参照してください。

アダプティブQuality of Service (QoS)

ONTAP 9.4では、FlexGroupボリュームに対するアダプティブQoSのサポートも導入されました。これにより、ボリューム容量の調整に合わせてONTAPでQoSポリシーのIOPS/TBの値を調整できます。この機能の詳細については、[TR-4211 : 『ストレージパフォーマンス入門』](#)を参照してください。

付録

次のセクションでは、このドキュメントの前のセクションでは説明していないFlexGroup情報について説明します。次に例を示します。

- NetApp ONTAP FlexGroupの作成および管理のコマンドライン例
- 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

ここでは、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。flexgroup deploy次のコマンドを使用してFlexGroupボリュームを作成します。

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

ONTAP 9.2 auto-provision-as オプションの使用：

```
cluster::> vol create -auto-provision-as flexgroup -vserver SVM -volume flexgroup92  
-junction-path /flexgroup92 -size 100t -space-guarantee none -security-style unix
```

複数のノードにまたがる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のSnapshotポリシーを変更しています。

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

FlexGroupボリュームのサイズを変更します。

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

FlexGroupボリュームにメンバーを追加しています。

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

ストレージQoSを適用しています：

```
cluster::> volume modify -vserver DEMO -volume flexgroup -qos-policy-group FlexGroupQoS
```

ボリュームの自動拡張を適用しています：

```
cluster::> volume autosize -vserver DEMO -volume Tech_ONTAP -mode grow -maximum-size 20t -grow-  
threshold-percent 80
```

```
cluster::> volume autosize -vserver DEMO -volume Tech_ONTAP  
Volume autosize is currently ON for volume "DEMO:Tech_ONTAP".  
The volume is set to grow to a maximum of 20t when the volume-used space is above 80%.  
Volume autosize for volume 'DEMO:Tech_ONTAP' is currently in mode grow.
```

FlexGroupの統計

ONTAP 9では、という統計オブジェクトが flexgroup 追加されました。オブジェクトはdiag権限でのみ使用できます。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
inextable_factory_enomem	inextableload_factory_enomem
inextablesave_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**ボリュームに固有であり、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およびディレクトリの数、更新カウンタ、および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。で統計の収集を開始する必要があります `statistics start`。これにより、**sample_id**ファイルが作成されます。これが完了したら、を使用して統計を表示できます `statistics show`。

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。 `statistics start` **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` **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
```

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

qtreeの統計

ONTAP 9.5以降では、FlexGroupボリュームでqtreeの統計を使用できるようになりました。これらの統計は、FlexGroupとそのqtreeに関する詳細なパフォーマンス情報を提供します。次の例は、大規模なNFSワークロードを実行しているFlexGroupボリュームの統計のキャプチャを示しています。

```
cluster::> statistics qtree show -interval 5 -iterations 1 -max 25 -vserver DEMO -volume flexgroup_local

cluster : 11/7/2018 15:19:15
```

	Qtree	Vserver	Volume	NFS Ops	CIFS Ops	Internal Ops	*Total Ops	
DEMO: flexgroup	local/	DEMO	flexgroup	local	22396	0	0	22396
DEMO: flexgroup	local/qtree							
		DEMO	flexgroup	local	0	0	0	0

FlexGroupでのデータ取り込み負荷分散の表示

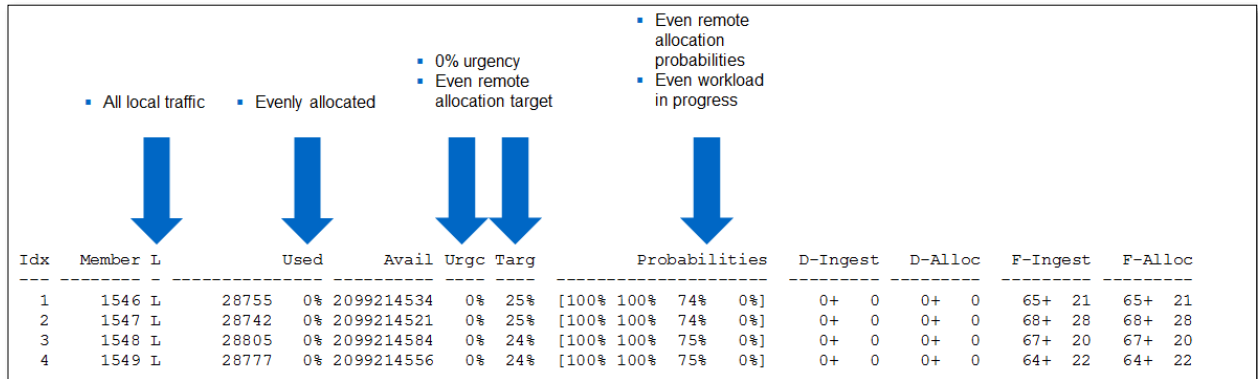
コマンドラインを使用すると、diag権限のノードレベルのコマンドを使用して、ワークロード時のFlexGroupデータの取り込み状況をリアルタイムで確認し、メンバーボリュームの均等な割り当て状況を確認 flexgroup show できます。さらに、緊急性および許容差の割合と、ファイルおよびフォルダの配置がリモートになるかローカルになるかについての可能性も算出して表示できます。詳細については、「FlexGroupロードバランシングの概念」を参照してください。

このコマンドは、複数のノードのクラスタシェルCLIで実行できます。

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

次の図は、flexgroup show トラフィックが均等に分散されている「理想的な」出力を示しています (図48)。

図48) 理想的なFlexGroup取り込み



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。私たちのラボテストで使用したベンチマークの1つは、Linuxソースコードコンパイルを使用した[基本的なGitベンチマーク](#)でした。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。

逆に、dd bashスクリプトなどの一般的なファイル作成ユーティリティを使用してファイルやフォルダを作成するのは理想的ではありません。これらはシングルスレッドのテストであり、クライアントやストレージのCPU機能やスループット機能を十分に活用してはなりません。

FlexGroupボリュームに多数のファイルを作成し、十分な負荷を生成してそのメリットを確認する簡単な方法の1つは、NetAppのシニアパフォーマンスソリューションエンジニア（SE）であるChad Morgensternが作成したPythonスクリプトを使用することです。

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、サブディレクトリを1,000個ずつ含むディレクトリを1,000個作成します。その下には、5つの小さなテキストファイルが書き込まれ、合計で500万個のファイルが書き込まれます。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](#) で利用できますが、NetAppサポートによって公式にサポートされていません。このスクリプトは、負荷生成を測定したり、FlexGroupボリュームのパフォーマンスを最大化したりすることを目的としたものではありません。

詳細情報の入手方法

このセクションには、FlexGroupボリュームに関連するコンテンツへのリンクが記載されています。

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
<https://www.netapp.com/us/media/tr-3982.pdf>
- TR-4037 『NetApp Infinite Volume入門』
<https://www.netapp.com/us/media/tr-4037.pdf>
- NFSv3 / v4実装ガイド
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4067.pdf>
- TR-4379 : 『Name Services Best Practices Guide』（ONTAP 9.3より前）
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4379.pdf>
- TR-4668 : 『ネームサービスベストプラクティスガイド』（ONTAP 9.3以降）
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4668.pdf>
- NetApp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 ONTAP FlexGroup Volume : ベストプラクティスおよび実装ガイド
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4571.pdf>
- NetApp ONTAP FlexGroup Volume : 主なベストプラクティス
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4571-a.pdf>
- 電子設計自動化のベストプラクティス
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4617.pdf>
- データ保護とバックアップ : NetApp ONTAP FlexGroup Volume
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4678.pdf>
- 『FabricPoolのベストプラクティス』
<http://www.netapp.com/us/media/tr-4568.pdf>

その他

- Tech OnTap®ポッドキャストエピソード46 : FlexGroup
https://soundcloud.com/techontap_podcast/episode-46-flexgroups-1
- Tech OnTapポッドキャストエピソード188 : FlexGroupアップデート
https://soundcloud.com/techontap_podcast/episode-188-flexgroup-update
- Tech OnTapポッドキャストエピソード219 : FlexVolからFlexGroupへの変換
https://soundcloud.com/techontap_podcast/episode-219-flexvol-to-flexgroup-conversion

- ONTAP 9.3のFlexGroup Volumeの新機能
<https://blog.netapp.com/whats-new-for-netapp-flexgroup-volumes-in-ontap-9-3/>
- FlexGroup Volume : NASの進化
<https://newsroom.netapp.com/blogs/netapp-flexgroup-volumes-an-evolution-of-nas/>
- NetApp ONTAP FlexGroup Volumeに関する7つの俗説
<https://blog.netapp.com/blogs/seven-myths-about-netapp-ontap-flexgroup-volumes/>
- ボリュームアフィニティ : ONTAPとCPU利用率の推移
<https://blog.netapp.com/volume-affinities-how-ontap-and-cpu-utilization-has-evolved/>
- FlexGroup ライトボードのビデオ
<https://www.youtube.com/watch?v=Wp6jEd4VkgI&t=4s>

バージョン履歴

バージョン	日付	ドキュメント バージョン履歴
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
バージョン1.3	2017年6月	ONTAP 9.2RC1
バージョン1.4	2017年11月	ONTAP 9.3RC1
バージョン1.5	2018年5月	ONTAP 9.4RC1
バージョン1.6	2018年12月	ONTAP 9.5
バージョン1.7	2019年6月	ONTAP 9.6
バージョン1.8	2020年1月	ONTAP 9.7

本ドキュメントに記載されている製品や機能のバージョンがお客様の環境でサポートされるかどうかについては、NetApp サポート サイトで [Interoperability Matrix Tool \(IMT\)](#) を参照してください。NetApp IMT には、NetApp 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。

機械翻訳に関する免責事項

原文は英語で作成されました。英語と日本語訳の間に不一致がある場合には、英語の内容が優先されます。公式な情報については、本資料の英語版を参照してください。翻訳によって生じた矛盾や不一致は、法令の順守や施行に対していかなる拘束力も法的な効力も持ちません。

著作権に関する情報

Copyright © 2024 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。

NetApp 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、NetApp によって「現状のまま」提供されています。NetApp 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。NetApp 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。

NetApp 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。NetApp 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、NetApp は責任を負いません。この製品の使用または購入は、NetApp 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り保護されている場合があります。

本書に含まれるデータは市販の製品および / またはサービス（FAR 2.101 の定義に基づく）に関係し、データの所有権は NetApp, Inc. にあります。米国政府は本データに対し、非独占的かつ移転およびサブライセンス不可で、全世界を対象とする取り消し不能の制限付き使用権を有し、本データの提供の根拠となった米国政府契約に関連し、当該契約の裏付けとする場合にのみ本データを使用できます。前述の場合を除き、NetApp, Inc. の書面による許可を事前に得ることなく、本データを使用、開示、転載、改変するほか、上演または展示することはできません。国防総省にかかる米国政府のデータ使用権については、DFARS 252.227-7015(b) 項で定められた権利のみが認められます。

商標に関する情報

NetApp、NetApp のロゴ、<https://www.netapp.com/company/legal/trademarks/> に記載されているマークは、NetApp, Inc. の商標です。その他の会社名と製品名は、それを所有する各社の商標である場合があります。