



テクニカル レポート

『最新SANのベストプラクティス』

ONTAP 9

NetApp
Michael Peppers
2023年9月 | TR-4080

概要

このテクニカルレポートでは、NetApp® ONTAP® 9データ管理ソフトウェアのブロックプロトコルの概要と推奨されるベストプラクティスについて説明します。

<<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

概要	8
対象者	8
注意事項	8
ベストプラクティスのまとめ	8
ONTAP 9の新機能	9
事前定義済みのAFF SAN構成	10
高速フェイルオーバー	10
プロビジョニングワークフローの簡易化	10
パフォーマンス容量	11
低レイテンシの一貫したパフォーマンス	11
igroup ping	12
クラスタ間コピーオフロード	12
SANのパフォーマンスの向上	12
ONTAP 9.1の新機能	12
12ノードSAN	13
SAP HANA	13
AFF ForeignLUNImportのサポート	13
32Gb FCターゲット	13
ONTAP 9.2の新機能	13
ONTAP 9.2のSAN固有の機能	13
ONTAP 9.2のSAN固有でない機能	14
ONTAP 9.3の新機能	18
iSCSIのパフォーマンスの向上	18
分散配置	19
ONTAP 9.4の新機能	20
ONTAP 9.5の新機能	20
SnapMirror Synchronous	21
ONTAP 9.5の非対称ネームスペースアクセスのサポート	21
新しいNVMe/FC認定ホスト	21
ONTAP 9.6の新機能	21
512バイトのブロックサイズのサポート	22
NVMeによるVMware Compare and Writeのサポートの追加	22
NVMeによる無停止ボリューム移動の追加	22

NVMeによるQoSの最大サポートの追加.....	22
ONTAP 9.7の新機能.....	22
オールSANアレイ	23
RDMA over Converged Ethernet POC	23
新しいSystem Managerバージョン	23
ONTAP 9.8の新機能.....	23
SnapMirrorビジネス継続性	23
仮想マシンID.....	24
NVMe-oFプロトコルの共存	25
LUNの最大サイズが大きい	25
永続ポート	25
ONTAP 9.9.1の新機能.....	27
AFFからASAへのインプレース変換	27
ASAの最大クラスタサイズが単一のHAペアから12ノードに拡張	27
単一LUNのパフォーマンスの向上.....	28
ネストされたigroup	28
FLI IMTスクリプト	29
NVMe/FC VVOLのサポート	32
NVMeリモートI/Oのサポート	32
ASAによるNVMe/FCのサポートの追加	33
Active IQ Unified ManagerでのAnsible Playbookのサポート	33
ONTAP 9.10.1の新機能.....	35
TCPのNVMeプロトコルのサポート	35
ONTAP 9.11.1の新機能.....	35
iSCSI LIFフェイルオーバー	35
LUNからNVMeネームスペースへのシステム停止なしの変換（またはその逆）	35
ONTAP 9.12.1の新機能.....	36
NVMeの最大数が増加	36
NVMe/TCPによるセキュアな認証のサポート	36
MetroCluster IPでのNVMeのサポート	36
ONTAP 9.12.1 P2の新機能	36
LUN、ファイル、およびボリュームの最大サイズの拡大.....	36

ONTAPおよびSANプロトコル	36
ONTAPの概要	36
SANパフォーマンスの最適化に関する考慮事項	37
LUN	38
スケーラブルSAN	40
ボリューム構成	40
ホスト接続	41
パス選択	41
パス選択の変更	42
FCおよびNPIV	45
パス管理と選択的LUNマッピング	47
選択的LUNマッピング	47
ポートセット	48
管理インターフェイス	48
NetApp DataMotion for LUN	50
パス管理のベストプラクティス	53
拡張性に優れたSANの主な価値提案と機能	54
統合ターゲットおよび管理ユニットとしてのSVM	54
ノードレベルとクラスタレベルでの拡張性	54
クラスタ全体の整合グループ	54
クラスタ内のLUNとLIFの移動	54
Foreign LUN Import	55
FabricPoolとONTAP SAN FabricPoolの併用	56
ステージ1：適切なFP階層化ポリシーを選択する方法	57
ステージ2：FPで階層化されたボリュームのSANワークロードの健常性を確認する方法	59
ステージ3：S3階層化接続が失われた場合のSANワークロードの障害への対処方法	60
ステージ4：S3接続が復元されたら、SANワークロードを回復して再起動する方法	61
FabricPoolリファレンス	61
ホスト統合	61
NetApp Host Utilitiesキット	61
Microsoft Windows	61
UNIXまたはLinux	64
クロスプラットフォームユーティリティ	65
その他のリソースの入手方法	65

バージョン履歴	65
謝辞	66
お問い合わせ	66

表一覧

表1) 高速フェイルオーバーのテイクオーバーとギブバックのタイミングのガイドライン	10
表2) アプリケーション対応のデータ管理パフォーマンス階層	15
表3) ONTAPの拡張性	54
表4) SAN FabricPool環境での基本的な注意事項	56
表5) FabricPool階層化ポリシーに関する考慮事項	57
表6) FabricPool階層化オプションの影響	58

図一覧

図1) 使用済みパフォーマンス容量と最適ポイントを示すパフォーマンス容量	11
図2) ONTAPの継続的なパフォーマンス向上	12
図3) アプリケーション対応データ管理の初期画面	16
図4) OnCommand System Managerの基本的なアプリケーションプロジェクト	16
図5) OnCommand System ManagerアプリケーションDMの初期画面	17
図6) AIQ System Managerのアプリケーション対応データ管理VMware	18
図7) A700 iSCSI 8kランダムリードONTAP 9.2と9.3	19
図8) FCフレームとNVMe/FCフレームの比較	20
図9) SMB3トポロジ	24
図10) VMID	25
図11) 永続ポート	26
図12) 永続ポートのゾーニング例	27
図13) 12ノードASA	28
図14) FLIフィールド認定のスクリプト	30
図15) FLIに関するフィールドの絞り込みのフローチャート	31
図16) SCSIクエリで使用するFLIフィールドの条件	32
図17) リモートI/OをサポートしないNVMe-oF	33
図18) リモートI/OをサポートするNVMe-oF	33
図19) Active IQ Unified ManagerのLUNの追加ワークフロー	34
図20) Active IQ Unified ManagerのLUNの追加 : Ansible Playbookに保存	34
図21) Active IQ Unified Managerで生成されたLUN Ansibleの追加YAMLファイル	35
図22) より多くのボリュームに作業を分散した場合の影響	38
図23) 複数のLUNに作業を分散した場合の影響	39
図24) ONTAPでのパスの概要	42
図25) HAフェイルオーバー時のパス	43
図26) ポートまたはスイッチの障害時のパス	43
図27) ボリュームまたはLUNの移動中のパス	44
図28) ボリュームまたはLUNの移動後のパス	44
図29) System ManagerのFCアダプタ	46

図30) System Managerのネットワークインターフェイス.....	47
図31) SVM作成時の管理LIFの作成	49
図32) 既存のSVM用の管理LIFの作成	50
図33) 管理LIFの詳細	50
図34) FabricPool階層化ボリュームのSANワークロードの健常性の表示	59
図35) SANワークロードにおけるS3階層化接続の損失の影響	60
図36) Windows Server 2012のMPIOのプロパティ	62
図37) Windows iSCSIイニシエータでのマルチパス接続	62
図38) Windows iSCSIイニシエータの複数のターゲットポート	63

概要

NetApp ONTAP 9.8は、ONTAP 8.1での導入以降、SANプロトコルをサポートする12番目のメジャーリリースです。本書では、SAN接続ホストの観点から見たクラスタSANの実装の概要について説明します。8.3.x以降に追加された新機能と、事前定義済みのNetApp AFF SAN構成を使用してパフォーマンスを最適化する方法について説明します。また、ONTAPデータ管理ソフトウェアの高可用性機能とデータモビリティ機能を活用するためのベストプラクティスについても説明します。

対象読者

本ドキュメントは、ONTAP 9.0.x以降を実行するNetAppストレージソリューションを使用してiSCSI、FC、FCoEのソリューションを設計するシステムアーキテクトおよびストレージアーキテクトを対象としています。また、読者が次の知識を持っていることを前提としています。

- NetAppのハードウェアとソフトウェアのソリューションに関する一般的な知識を持っている
- FCやiSCSIなどのブロックアクセスプロトコルに精通している

注意事項

本ドキュメントはONTAPの管理の概要を説明することを目的としたものではありません。概要については、『[ONTAP 9システムアドミニストレーションリファレンス](#)』および『[ONTAP 9 SANアドミニストレーションガイド](#)』を参照してください。SANプロトコルを使用するONTAPクラスタのSAN関連の制限については、『[ONTAP 9 SAN構成ガイド](#)』を参照してください。

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を確認するには、NetApp Support Siteの[Interoperability Matrix Tool \(IMT\)](#)を参照してください。テスト済みでサポートされるSAN構成の完全なマトリックスを定期的に更新してください。NetApp IMTには、NetAppがテストして動作確認を行った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。

ベストプラクティスのまとめ

NetAppの各ベストプラクティスの詳細については、次のリンクを参照してください。

- [SVM \(Storage Virtual Machine\) の作成と同時にFCPまたはiSCSIサービスを作成します。](#)
- [関連する、パフォーマンス要件が似ている、管理 要件が似ているLUNを1つのボリュームに統合することで、管理作業を軽減し、整合グループとして機能し、ストレージ効率を最大限に高めることができます。](#)
- [ボリュームの数とLUNの数を増やしてパフォーマンスを最適化します。ほとんどの場合、最適なレイアウトは、約8個のボリュームと8~16個のLUNです。](#)
- [FCPまたはiSCSIを使用してデータを提供するために、LUNを含むボリュームをネームスペースにジャンクションする必要はありません。](#)
- [SVMには、iSCSIまたはファイバチャネルを使用してデータを提供するすべてのストレージコントローラ上のイーサネットネットワークまたはファイバチャネルファブリックごとに1つのLIFが必要です。](#)
- [clustered Data ONTAPストレージクラスタに接続されたファイバチャネルファブリックでは、N_Port ID Virtualization \(NPIV\) を有効にする必要があります。](#)
- [ファイバチャネルファブリックゾーニング構成では、NPIV仮想World Wide Port Name \(WWPN ; ワールドワイドポート名\) のみをターゲットとして使用します。ターゲットポートの物理WWPNは使用しないでください。](#)
- [選択的LUNマッピングでは、ほとんどのLUNにパスが4つ（ストレージコントローラとそのハイアベイラビリティ \(HA\) パートナーに対応する2つの直接パスと2つの間接パス）あります。このデフォルトの場合には、LUNを同じクラスタ内の新しいHAペアに移動するたびにLUNマッピングを変更します。](#)
- [データ移動処理を容易にするため、または追加のI/Oリソースを活用するために、必要に応じてパスを追加します。ただし、ホストOSがサポートできるパスの最大数を超えないようにしてください。](#)

- LUNマッピングを変更する場合は、ホストの標準手順に従い、新しいパスを検出して削除されたパスを破棄します。
- FCPまたはiSCSIを使用してデータを提供するSVMには、SVM管理インターフェイスが必要です。
- 重複排除または圧縮されたLUNでLUNの移動を使用する場合は、デスティネーションボリュームでもこれらのポリシーが有効になっていることを確認してください。
- LUN moveを使用して、NetApp Snapshot™コピーの管理に使用するソフトウェアで保護されているボリュームからLUNを移動する場合、そのソフトウェアは、ローカルでないSnapshot コピーを持つLUNの可能性を認識する必要があります。
- LUN moveの一時停止機能とスロットル機能を使用して、LUNレプリケーションをよりきめ細かく制御できます。
- LUNの移動を使用して、既存のデータ移動とレプリケーションのワークフローを短縮します。
- 『SAN構成ガイド』に記載されている、SANデータを提供するクラスタのクラスタサイズ制限を超えないようにしてください。
- LUNにアクセスするホストにHost Utilities Kit (Microsoft Windowsの場合はData ONTAP DSM) をインストールします。
- NetApp Active IQ Unified Managerのアプリケーション対応データ管理機能を使用して、ベストプラクティスに基づいて新しいワークロードをプロビジョニングしたり、保護ポリシーを設定したり、特定のパフォーマンス階層をターゲットにしたりできます。
- Active IQ Unified Manager (旧OnCommand Unified Manager) を使用して、クラスタ内のすべてのノードがパフォーマンス容量以下であることを確認します。vol moveを使用して、performancecapacityがオーバープロビジョニングされたノード上のワークロードをリバランスします。
- ファブリック内のすべてのファイバチャネルスイッチで、[Guarantee in Order Delivery]を設定します。

ONTAP 9の新機能

ONTAP 9には、SAN関連の新機能がいくつか追加されています。追加された機能には、ストレージ管理者、設計者、ユーザが意識されにくいものと、そうでないものがあります。意識されにくい機能には、次のようなものがあります。

- クラスタの保護対策。
- いくつかの自動修復機能など、クオーラム処理が改善されました。
- 最初の障害検出と、信頼性、可用性、保守性 (RAS;Reliability, Availability, and Serviceability) の強化。
- パフォーマンスの向上を検証するためのForeign LUN Import (FLI)。インポートしたLUNの検証ワークフローでは、パフォーマンスの向上が図られており、検証をより迅速に完了できます。
- FLIの強化：インポートが保持され、テイクオーバーまたはギブバック後にリスタートされるようにFLIが強化されました。以前はインポートのリスタートが要求されました。

これらの強化は、主に次の2つのカテゴリに分類されます。

- **強化と耐障害性**：これらは、障害発生時のONTAPの耐障害性を高めるために、ONTAPのコードに加えられた機能強化です。障害が発生しても、多くの場合、ONTAPは人間の介入なく自動で障害を解消できます。
- **RAS**：これらの機能強化は、主にメッセージングの作成と適切なカウンタの収集に分類されるものです。この強化により、障害の分離、認識、診断が容易になります。ストレージ管理者とNetAppサポートは、障害状況をより迅速に診断、解決できます。多くの場合、影響が外部に認識される前に対処できます。

ストレージアーキテクト、プロフェッショナルサービス、ストレージ管理者にとって魅力的と思われる他の注目すべき機能には、次のものがあります。

- 事前定義済みのAFF SAN構成
- 高速フェイルオーバー
- すぐに使用できる環境

- 簡易プロビジョニング ワークフロー
- パフォーマンス容量
- 低レイテンシの一貫したパフォーマンス
- igroup ping
- クラスタ間コピー オフロード
- SANのパフォーマンス向上

これらの機能については、以降のセクションで説明します。ONTAP 9のすべての機能強化の概要については、ONTAP 9のリリースノートを参照してください。

事前定義済みのAFF SAN構成

事前定義済みのAFF SAN構成の制限や構成を使用することを選択したお客様は、一貫した低レイテンシの運用と高速フェイルオーバーが保証されます。事前定義済みのAFF SAN構成の詳細については、[TR-4480 : 『AFF FAS SAN向けに最適化された構成』](#)を参照してください。TR-4480に記載されている事前定義に準拠することで、ストレージプロフェッショナルはSANのパフォーマンスを最適化し、高速フェイルオーバーとギブバックによって一貫した低レイテンシのパフォーマンスを実現できます。これは、オブジェクト数を一定以下に抑え、特定の構成アイテムを選択することで可能になります。そうすることで、管理者は1ミリ秒未満のレイテンシを確保できます。フェイルオーバーとギブバックについては、計画的なフェイルオーバーとギブバックの場合は2~10秒以内、計画外のフェイルオーバーとギブバックの場合は2~15秒以内に完了します。事前定義済みの構成要件と設定の詳細については、[TR-4480 : 『AFF FAS SAN向けに最適化された構成』](#)を参照してください。

高速フェイルオーバー

ONTAP 9でも、引き続きコードの最適化と強化が行われ、ONTAP HAペアがパートナーワークロードのティクオーバーとギブバックに要する時間が短縮されました。事前定義済みのAFF SAN構成で運用する場合、計画的なティクオーバーとギブバックは2~10秒以内に完了します。計画外のティクオーバーとギブバックは2~15秒以内に完了します。これらの測定値はどちらも、HAペアの一方のノードがもう一方のノードからフェイルオーバーまたはギブバックするまでにかかる時間です。テストでは、ほとんどのオペレーティングシステムスタックで、ティクオーバーイベントまたはギブバックイベントが開始してから4~7秒後にI/Oが再開しました。この値は、ONTAP 8.3.xのティクオーバー / ギブバックのパフォーマンスと比べると、大幅に改善されています。ONTAP 8.3.xでは、事前構成済みのAFF構成で、計画的および計画外のティクオーバー / ギブバックにかかる時間は約15~30秒以内でした。表1に、プラットフォームタイプおよびONTAPのバージョン別のフェイルオーバー時間を示します。いずれの数値も、[TR-4515 : 『ONTAP AFF All SAN Array Systems』](#)で定義されている事前定義済みのSAN構成にHAペアが含まれていることを前提としています。

表1) 高速フェイルオーバーのティクオーバーとギブバックのタイミングのガイドライン

プラットフォーム	計画的なティクオーバー	計画外のティクオーバー
AFF ONTAP 9	10 秒	15秒
AFF ONTAP 8.3.x	15秒	30 秒
Flash Pool™アグリゲートまたはSSDアグリゲートを使用したFAS	30 秒	60 秒

注：NetApp FlexArray® ソフトウェアを使用するFASシステムには、関連するティクオーバーとギブバックの所要時間に関するガイドラインはありません。

簡易プロビジョニング ワークフロー

ONTAP 9で導入された簡易プロビジョニングワークフローが大幅に改善され、アプリケーション対応データ管理（AppDM）ワークフローの一部となりました。このワークフローについては、セクション[4.3 「アプリケーション対応データ管理」](#)で説明します。

パフォーマンス容量

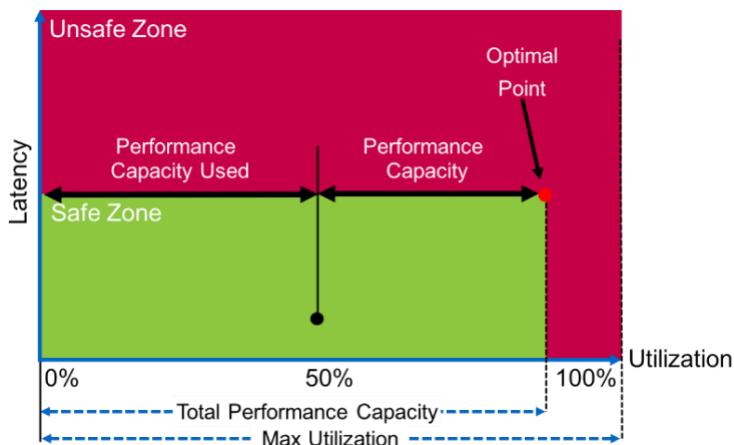
パフォーマンス容量は、コントローラによって収集されたカウンタマネージャの統計情報を使用する新機能です。この統計情報は、OnCommand® Performance Managerによってパフォーマンスカウンタを分析するために使用され、一貫した低レイテンシを維持しながら生成可能な最大IOPSに合わせて動的に最適化されます。これにより、ストレージ管理者は、ワークロードを追加するためのパフォーマンス能力がコントローラまたはHAペアに十分に残っているかどうかを推測する必要がなくなります。

AFF SANのビジネスクリティカルな構成では、OnCommand Performance Managerは、ONTAPによって生成されたパフォーマンス容量の計算値を使用してIOPSを最大化し、レイテンシを1ミリ秒未満に抑えることができます。フェイルオーバーが発生するとレイテンシが多少高くなることがあります、ワークロードの計画ではこの点を考慮する必要があります。

パフォーマンス容量データとOnCommand Performance Managerの可視化機能を使用すると、テイクオーバー時のパフォーマンスを許容可能なレイテンシ内に維持しながらIOPSを最適化できます。パフォーマンス容量とOnCommand Performance Managerが導入されるまでは、安定状態のCPUとディスクの利用率を50%未満に抑えることが推奨されていました。これにより、テイクオーバーが発生して1台のコントローラがパートナーのワークロードを自身に追加しなければならなくなつた場合でも、レイテンシが許容範囲を超えないようにすることができます。このようなアドバイスは、与えやすくわかりやすいものの、安定状態とデグレード状態の両方のパフォーマンスを最適化するには大まかすぎるものでした。このアドバイスを実行しても、多くの場合は、テイクオーバーの発生時、追加のパフォーマンス容量がアイドル状態のままになるか、または容量が足りずにレイテンシの急上昇を防げませんでした。パフォーマンス容量の詳細、およびOnCommand Performance Managerを使用したストレージパフォーマンスの最適化と一貫した低レイテンシの維持については、[ビジネスクリティカルなワークロード向けのAFF SANベストプラクティス \(TR-4515\)](#) を参照してください。図1はパフォーマンス容量を示しています。安全なゾーンと安全でないゾーン（レイテンシで定義）、現在の使用済みのパフォーマンス容量と最適なポイントを示しています。最適なポイントは、レイテンシターゲットを維持しながらIOPSを最大化できるポイントです。この図から容易にわかるとおり、パフォーマンス容量とは、最適なポイントから使用済み容量を引いた残りのパフォーマンス容量です。

注： OnCommand Performance Managerは、OnCommand Unified Manager 7.2（2017年6月リリース）に統合されました。

図1) 使用済みパフォーマンス容量と最適ポイントを示すパフォーマンス容量



低レイテンシの一貫したパフォーマンス

ONTAP 9では、標準化されたAFF SAN構成ガイドラインに従い、パフォーマンス容量とOnCommand Performance Managerを使用することで、一貫した低レイテンシのパフォーマンスを実現し、保証することができます。事前定義済みのSAN構成、およびパフォーマンス容量とOnCommand Performance Managerの使用の詳細については、[TR-4515 : 『ONTAP AFF All SAN Array Systems』](#) を参照してください。

igroup ping

igroup pingは、ONTAP 9で提供される新しい機能拡張です。ストレージ管理者は、igroupで指定されたLIFを介して、マッピングされたLUNにFC igroupのメンバーがアクセスできることを確認できます。この実現にFC pingが使用されます。

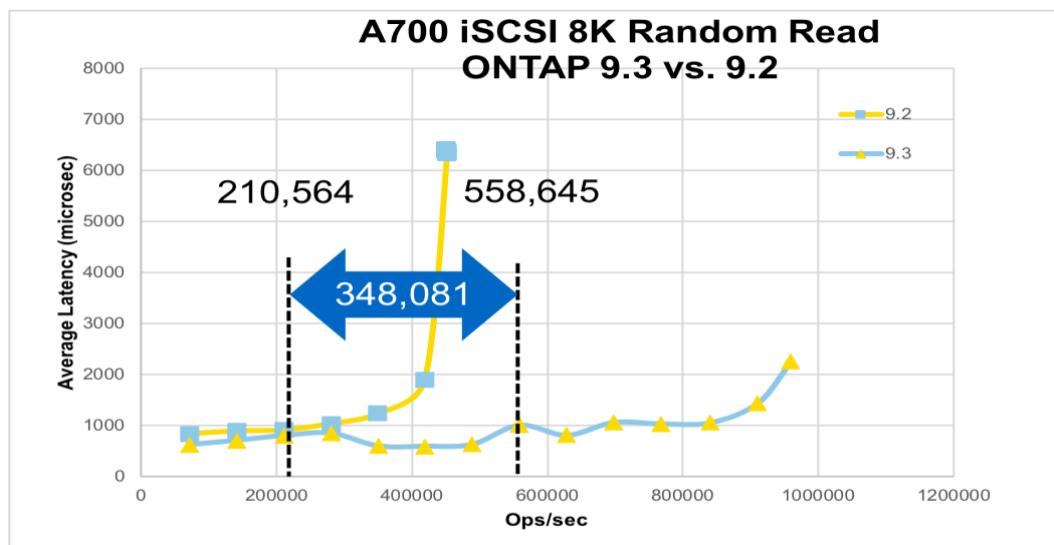
クラスタ間コピー オフロード

クラスタ間コピー オフロードはONTAP 9の機能です。この機能を使用すると、WindowsでLUN間のブロックコピーを無停止でオフロードできるため、CPU負荷、ネットワーク帯域幅、移動期間を大幅に削減しながら、移動中もオンラインのままLUNへのアクセスを維持できます。この機能は、Microsoft Windows Server 2012のコピー オフロード機能 (ODX) の拡張機能です。SANでは、Windows LUNでのみサポートされます。

SANのパフォーマンス向上

図2に示すように、ONTAP 9では、ONTAPの新しいバージョンごとに見られる一連のパフォーマンス向上が継続されています。バージョンが新しくなるたびに、パフォーマンス IOPS / レイテンシ曲線の平坦化が進み、曲線が折れ曲がる点が右側に移動しています。曲線が折れ曲がる点は、IOPSの増加によってレイテンシが急速に増加する場所です。つまり、NetAppのお客様は、ONTAPのバージョンをアップグレードするだけで、現在のワークロードと既存のハードウェアを使用してパフォーマンスが向上します。8.0でONTAPが登場して以来、NetAppはバージョンごとに約8~15%のパフォーマンス向上を続けています。

図2) ONTAPの継続的なパフォーマンス向上



2.6x performance increase @1ms

ONTAP 9.1の新機能

ONTAP 9.1では、ONTAP環境でのSANの実行に関して、いくつかの新しい機能拡張が追加されました。ONTAP 9と同様に、これらの拡張機能の多くは、レイテンシを解消するためのコードの最適化や、クラスタとクオーラムの強化など、ストレージ管理者にはすぐには認識されません。ここでは、いくつかの意識されやすい機能拡張について説明します。

12ノードSAN

ONTAP 9.1では、ONTAP SANの最大径が8ノードから12ノードに増加しました。ノードの数は50%増加しましたが、クラスタがサポートするLUNの最大数は、これまでと同じく98,304個です。つまり、すべてのノードが最大数を使用している場合、ノードあたりのLUNの最大数は、12個のコントローラそれぞれで12,288～8,192個になります。

SAP HANA

SAP HANAワークフローが、OnCommand System Managerから実行できる簡易プロビジョニング ワークフローに追加されました。

AFFのForeign LUN Importサポート

ONTAP 9.1より前のバージョンでは、AFFはFLIをネイティブにサポートしていませんでした。AFFをデステイネーションとしてFLIを使用するには、アカウントチームがProduct Variance Request (PVR) を申請する必要がありました。要求が承認されると、AFFでFLIサポートを有効にするために実行する必要があるコマンドの詳細が記載された承認書が送信されました。ONTAP 9.1では、AFFでFLIがサポートされるようになったため、これは不要になりました。

32Gb FCターゲット

ONTAP 9.1では32Gb FCターゲットが導入されています。これにより、使用可能な帯域幅が増え、NetAppコントローラの物理FCポートに関連付けられたLIFの数が増えるほど、帯域幅が十分に確保されます。

ONTAP 9.2の新機能

ONTAP 9.2ではいくつかの新機能が追加されましたONTAP 9や9.1の場合と同様に、これらの機能には、ストレージ管理者や消費者にはほとんど意識されない内容が多く含まれています。また、これらの機能には、パフォーマンスを向上させ、クラスタ、基本コンポーネント、およびクオーラムの保守を強化するためのコードのレビューと最適化に対する多大な投資も含まれています。ストレージ管理者のプロビジョニングと管理を改善するために、いくつかの機能拡張が目に見えるようになりました。これらの機能拡張には、SAN固有のものとSAN固有でないものがありますが、どちらもONTAP 9.2でのブロック プロトコルストレージのプロビジョニング、管理、最適化に大きな効果をもたらします。以降のサブセクションでは、SAN固有の機能をはじめとして、これらの機能拡張について説明してから、NetAppのSANのエクスペリエンスを大幅に向上させるその他の機能拡張について説明します。

ONTAP 9.2のSAN固有機能で

32Gbpsのエンドツーエンドのサポート

ONTAP 9.2では、NetAppで32Gb FCのエンドツーエンドのサポートが追加されました。このサポートには32GBのターゲットアダプタが含まれ、AシリーズのAFF、FAS8200、FAS9000シリーズのコントローラなど的一部の新しいコントローラに搭載されているか、拡張カードとして使用できます。また、32GB FCターゲット拡張カードも追加されました。NetAppは、32Gbスイッチと32Gbホストバスアダプタ（イニシエータ）も再販します。

8ノードSAN NetApp MetroCluster

ONTAP 9.2では、8ノードのSAN MetroClusterTMおよびディザスタークリティカルソフトウェアがサポートされるようになりました。

iSCSIアクセス制御

ONTAP 9.2では、iSCSIアクセス制御が導入されています。これにより、管理者は、LUNマスキング

(igroup) およびチャレンジハンドシェイク認証プロトコル (CHAP) に加えてアクセス制御リストを使用して、iSCSI接続のセットアップをゲートできます。iSCSIのエンドポイントセキュリティがクラスタノードのコマンドラインインターフェイスから定義されるため、IPアドレスのリストまたはアドレス範囲を指定できます。iSCSIイニシエータがNetApp iSCSIターゲットに接続しようとすると、IPのリストがチェックされ、一致するものが存在する場合にのみ接続が確立されます。このような手順により、不明なiSCSIイニシエータのNetAppのiSCSIターゲットへの接続を防ぎ、セキュリティを強化しています。

```
aff::: iscsi security
      add-initiator-address-ranges      create
      default                           delete
      modify                            prepare-to-downgrade
      remove-iminitiator-address-ranges show
```

ONTAP 9.2のSAN固有でない機能

最小Quality of Service (QoS)

ONTAP 9.2では、Quality of Service (QoS ; サービス品質) の最小値が導入され、これがONTAP 8.2で導入されたQoSの最大値に追加されました。これらは、共有ストレージ環境でのワークロードの調節に役立つ強力なツールです。管理者は、QoSの最大値（上限）を使用して、ワークロードに割り当てることができるIOPSまたはデータ速度の最大値を割り当てることができます。これにより、ワークロードの急増時に、隣接するワークロードのリソース不足を防止できます。最小QoSはその逆です。最小値がワークロードに関連付けられている場合、そのワークロードのI/Oが他のI/Oよりも優先されるため、パフォーマンス要件を満たすことができます。最小値と最大値を組み合わせることで、共有環境でワークロードを効果的に調節し、優先順位を付けることができます。ONTAP 9.2では、AFFプラットフォーム上のSANオブジェクト（ボリュームおよびLUN）で最小QoSを使用できます。

QoSの使用の詳細については、[TR-4211 : 『NetAppストレージパフォーマンス入門』](#) を参照してください。

分散配置

分散配置は、ONTAP 9で導入された既存の簡易アプリケーションプロビジョニングを強化するものです。2つのメトリックを使用して、新しくプロビジョニングされたワークロードの最適な場所を決定することで、初期ワークロードの配置を最適化します。最適なワークロードの配置は、各クラスタノードの使用可能なスペースとすべてのノードの残りのパフォーマンス容量を分析し、利用可能リソースに基づいて決定します。

OnCommand System Managerでアプリケーション対応データ管理 (AppDM) を使用する場合は、分散配置アルゴリズムによってLUNまたはボリュームの最適な場所が決定されます。ここでは、使用されている手法の概要を示します。

クラスタ内の各アグリゲートが評価され、現在使用可能な（空き）IOPS（パフォーマンス容量の残りまたはヘッドルーム）が算定されます。これは、QoSヘッドルームの計算値からアグリゲートの最適な最大IOPSをまず求めてから、（QoSヘッドルームから求めた）アグリゲートの現在のIOPSか、モデル化されたIOPS（アグリゲート内のすべてのボリュームのモデル化されたIOPSの合計）のどちらかの最大値を引くことによって行われます。モデル化されたIOPSは、最大IOPSの10%（ボリュームのQoSポリシーによって設定されている場合）か、TBあたりIOPSの10%に最適なストレージサービスに基づくボリュームサイズを掛けた値（QoSポリシーが設定されていない場合）のどちらかです。

アグリゲートは、ドライブタイプ（コストが低いものを優先）、空きIOPS、空き容量に基づくリスト形式で並べられます。リストが巡回され、IOPSと容量の要件を満たす最初のアグリゲートが選択されます。

ボリュームをプロビジョニングすると、定義したサービスレベルに基づいて最大QoSが設定されます。

アプリケーション対応のデータ管理

アプリケーション対応のデータ管理機能は、OnCommand System Managerの分散配置、QoS、アプリケーションプロビジョニングワークフローの概念を組み合わせることで、プロビジョニングを簡易化します。アプリケーションプロビジョニングワークフローを使用し、分散配置に関する情報を追加して、リソースの可用

性、残りのパフォーマンス容量、3つのパフォーマンス階層を定義するQoS管理サービス レベルに基づき、ワークコードの配置を最適化します。3つのパフォーマンス階層とは、最高レベル、パフォーマンス、バリューで、それぞれに最大QoS、最小QoS、レイテンシしきい値が定義されています。各ティアの概要については、表2を参照してください。

アプリケーション対応のデータ管理機能により、アプリケーションのプロビジョニングと管理が大幅に簡易化され、(NetAppとアプリケーションベンダーの両方が定義している)ストレージインフラの実装に関するベストプラクティスが実現します。

ONTAP 9.2のアプリケーション対応データ管理画面は、次の2つのパフォーマンス階層に分かれています。

基本 : Basicのアプリケーションプロビジョニングは、ONTAP 9のプロビジョニングテンプレートと同じように機能します。ワークフローアイコン(回答約10問)からアプリケーションを選択し、[ストレージのプロビジョニング]を選択します。OnCommand System Managerは、選択されたストレージアプリケーション環境のベストプラクティスインスタンスをプロビジョニングします。Basicでは、次のワークフローを使用できます。

- SMB SQL Server
- SAN SQL Server
- NAS Virtual Desktop Infrastructure
- SAN Virtual Desktop Infrastructure
- SAP HANA

表2) アプリケーション対応のデータ管理パフォーマンス階層

アプリケーションに応じたストレージサービスレベル			
サービス レベル	Value	パフォーマンス	Extreme
ワークコード タイプ	Eメール、Web、ファイル共有、バックアップ	データベース、仮想アプリケーション	レイテンシの影響を受けやすいアプリケーション
最小SLA (割り当て済みTBあたりのIOPS)	128	2,048	6,144
最大SLO (保存TBあたりのIOPSで示したQoS制限)	512	4,096	12,288
レイテンシ (ミリ秒)	17	2	1
フラッシュによる高速化、SANとNAS、システム停止のない可用性と保持、無停止での移動			

図3) アプリケーション対応データ管理の初期画面

The screenshot shows the 'Application Provisioning' section of the NetApp OnCommand System Manager. At the top, there are tabs for 'Enhanced' and 'Basic'. Below them, five icons represent different application types: SMB SQL Server, SAN SQL Server, NAS Virtual Desktop In..., SAN Virtual Desktop In..., and SAN SAP HANA. A large button labeled 'Template to provision storage for SAP HANA over SAN' is visible. The main configuration area is titled 'Database Details' and includes fields for 'Database Name (SID)', 'Active SAP HANA Nodes' (set to 1), 'Memory Size per HANA Node' (1 TB), and 'Data Disk Size per HANA Node' (0 Byte). Other sections like 'Initiator Details' and 'Host Access Configuration' are also present.

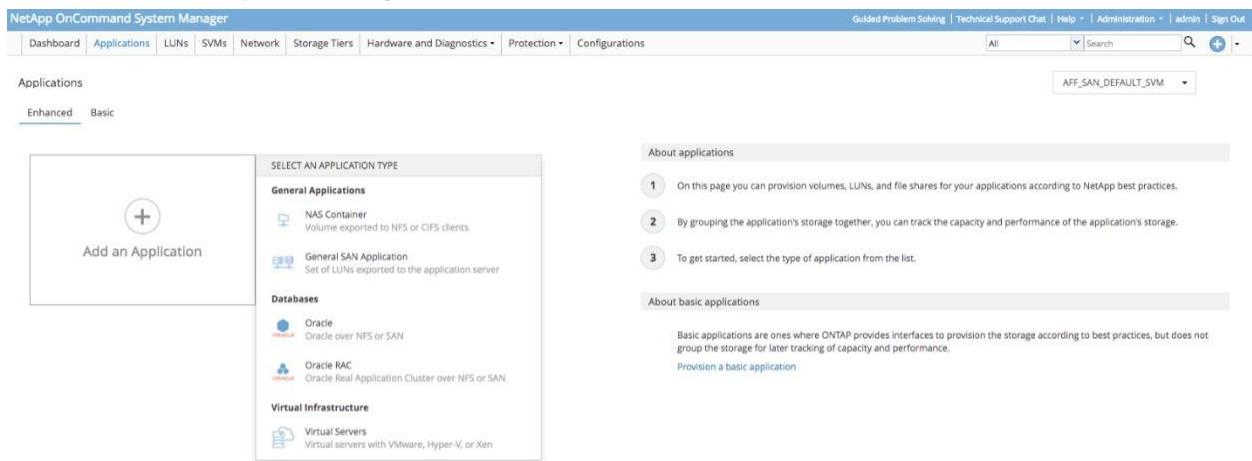
注: ONTAP 9で導入されたアプリケーションプロビジョニングテンプレートを使用する場合は、[基本]（左上）または[基本アプリケーションのプロビジョニング]を選択します。選択すると、ONTAP 9と同じプロビジョニング画面が開きます。回答の質問は約10~12問あり、ONTAPは選択したアプリケーションに適したストレージ環境のベストプラクティスインスタンスをプロビジョニングします。

図4) OnCommand System Managerの基本的なアプリケーションプロビジョニング

The screenshot shows the 'Basic Application Provisioning' interface. It features a central panel with a '+' icon and the text 'Add an Application'. Above this, a green arrow points from the 'Basic' tab (circled in green) to the text 'Select either of these links to use Basic (ONTAP 9 style application provisioning workflows)'. To the right, two callout boxes provide details: 'About applications' (listing 3 steps: provision volumes, track capacity, select application type) and 'About basic applications' (explaining basic applications are ones where ONTAP provides interfaces to provision storage according to best practices). A green arrow points from the 'About basic applications' box to the 'Provision a basic application' link, which is also circled in green.

拡張。 [Enhanced Application Provisioning]画面には、画面右側に3行の手順と[Add an Application]ボタンが表示されます。[Add an Application]の[+]をクリックして、Enhanced (アプリケーション対応データ管理) ワークフローを選択します。

図5) OnCommand System ManagerアプリケーションDMの初期画面



アプリケーション対応データ管理機能の画面は、[Add an Application]ボタンの[+]をクリックすると表示されるウィンドウから選択できます。使用可能なワークフローは次のとおりです。

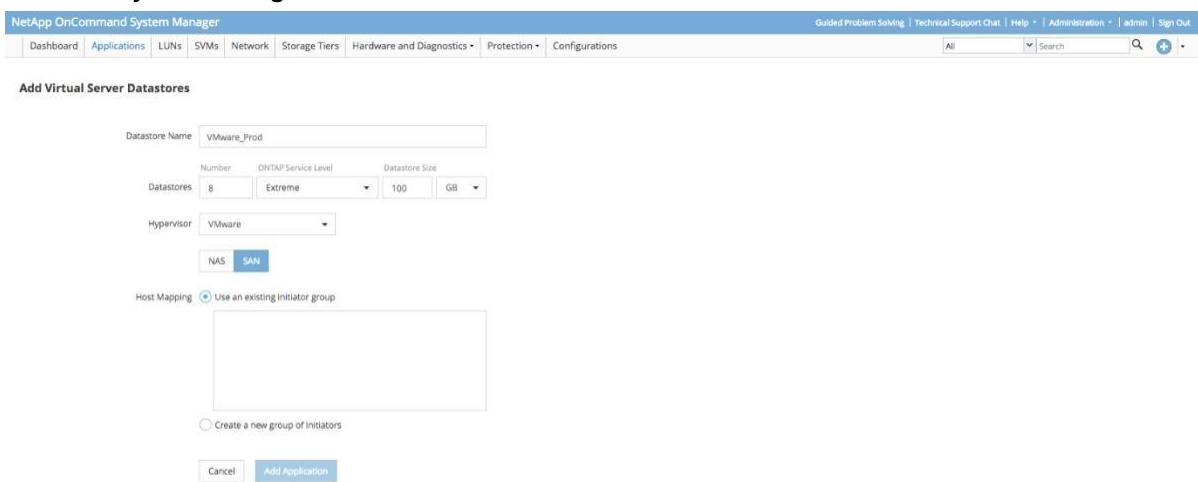
- 汎用アプリケーション：
 - NAS コンテナ
 - 汎用の SAN アプリケーション
- データベース：
 - Oracle
 - Oracle RAC
- 仮想インフラ：
 - VMware
 - Hyper-V
 - Xen

2つの汎用ワークフローでは、セットアップするアプリケーションのベストプラクティスに基づく（NetApp）汎用ストレージ環境をプロビジョニングできます。

その他のワークフローでは、ベストプラクティス（NetApp、Oracle、VMware、Microsoftなど）をプロビジョニングできます。また、どのワークフローも、クラスタ内の各コントローラを分析し、次の基準に基づいてアプリケーションの配置を最適化します。

- 必要なスペース
- 各ノードの残りのパフォーマンス容量
- プロビジョニングするアプリケーションに指定されたパフォーマンス サービス レベル

図6) AIQ System Managerのアプリケーション対応データ管理VMware



ONTAP 9.3の新機能

ONTAP 9.3では、SANに焦点を当てた改善点が次の3つに集約されています

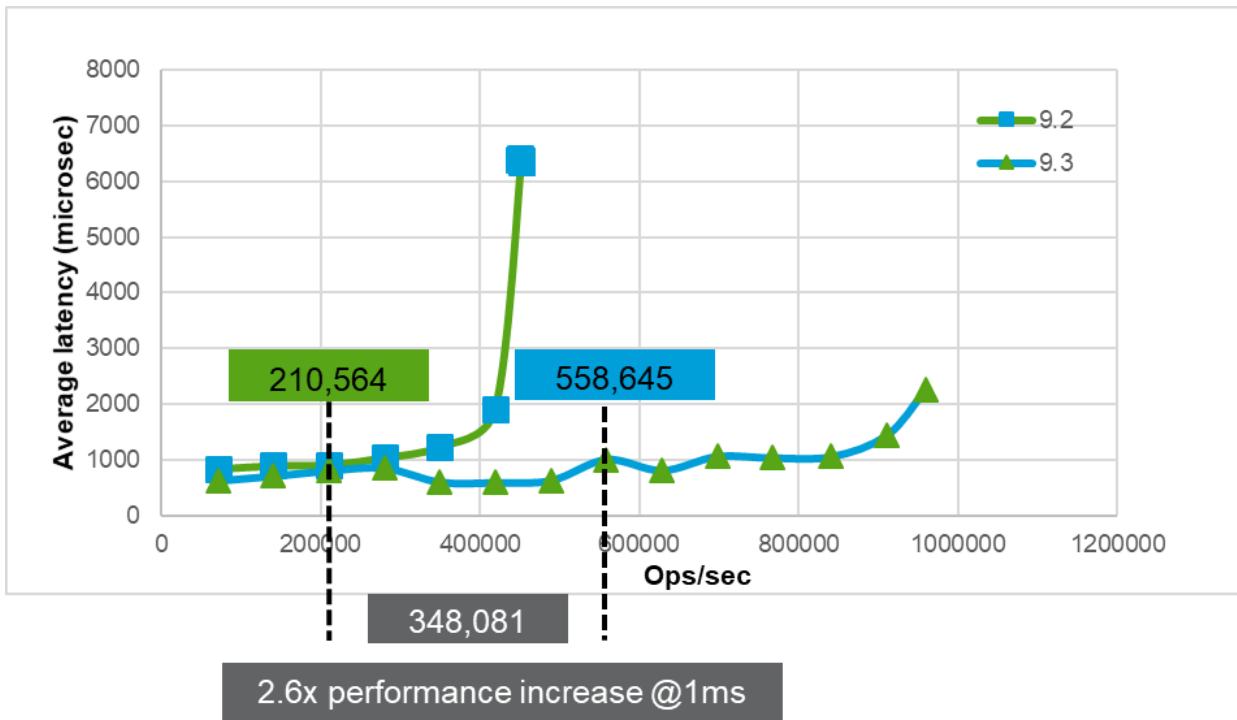
- iSCSIのパフォーマンスの大幅な向上
- アプリケーション対応のデータ管理プロビジョニングワークフローが強化されました。
- 分散配置の強化

iSCSIのパフォーマンスの向上

iSCSI STACK全体がONTAP 9.3用に書き換えられました。これを行ったのは、並列化を強化し、NetAppが最近リリースしたコア数の多いコントローラをiSCSI処理で利用できるようにするためです。書き換え前は、一部のiSCSI処理がシングルスレッドで実行されていたため、処理がシングルプロセッサコアの速度に依存するというボトルネックが発生していました。NetAppのソフトウェアiSCSIターゲットをマルチスレッドiSCSI処理に合わせてリファクタリングすることで、iSCSIが多数のCPUコアを活用できるようになり、各CPUコアがiSCSIスレッドを同時に処理できるようになりました。

また、おそらくそれほど重大ではないものの、マルチスレッド化の向上やその他の改善点も追加されました。これには、ロックやコンテキストスイッチの削減や排除、その他の継続的改善などが含まれます。前述のソフトウェアiSCSIターゲットのリファクタリングによるiSCSIのパフォーマンスの向上が、iSCSIスレッドの同時処理に使用できるコアの数が多い大型コントローラで見られる最大の改善点です。図7は、ONTAP 9.3 iSCSIで見られるパフォーマンス向上の程度を示しています。

図7) A700 iSCSI 8kランダムリードONTAP 9.2と9.3



ONTAP 9.3では、新しいMongoDBワークフローが追加され、AppDMワークフローが強化されました。ONTAP 9.3では、AppDMで作成されたアプリケーションオブジェクト（ONTAP 9.3を実行しているシステムで作成されたオブジェクトに限定されます）のすべてのストレージ要素にアダプティブQoSが提供されます。

また、AppDMでは、crash-consistentローカルアプリケーションのSnapshotコピー（オプション）が追加されています。また、MetroClusterのミラーされたアグリゲートをアプリケーション配置場所として指定することで、MetroClusterによるリモート配置と保護がサポートされます。ONTAP 9.3のAppDMでは、最大QoSと最小QoSの両方がサポートされます（AFFのみ）。ONTAP 9.2では最大QoSのみが適用されました。

AppDMはアダプティブQoSもサポートしています。アダプティブQoSでは、選択したサービスレベルに基づいて、格納されるデータのIOPS/TBの固定比率が使用されます。比率は固定されており、特定のアプリケーションが使用するI/Oは、アプリケーションフットプリントのサイズに応じて動的に増減できます。ONTAPでは、QoS値を動的にインスタンス化することで、アプリケーションのパフォーマンス管理と動的な制御を実現し、管理フットプリントを大幅に削減します。

AppDMのワークフローは、適切なアプリケーションオブジェクトを自動的に構築し、分散配置アルゴリズムに基づいて配置を最適化します。このワークフローでは、要求されたサービスレベルが容量とパフォーマンスの利用可能なシステムリソースで満たされていないことが判明した場合、アプリケーションプロジェクトの要求が拒否されます。

そのため、AppDMは配置とサイジングを最適化し、ワーカーロードのI/O要件を保護し、NetAppとアプリケーションパブリッシャの両方のベストプラクティスに従ってプロビジョニングを完了します。AppDMには、SANとNASの両方のアプリケーションに対応したワークフローがあります。

分散配置

ONTAP 9.3では、分散配置に関する次の機能拡張も導入されています。

- アダプティブQoSのサポート
- AppDMで作成されたアプリケーションオブジェクトでサポートされるボリュームの数が10から16に増加しました。

- 既存のアプリケーションコンポーネントのストレージのサービスレベルコミットメントを変更し、要求が適切に満たされない場合は拒否する機能を分散配置に導入。使用可能リソースに基づいてサービスレベルコミットメント要求を満たすことができない場合、変更はロックされ、ストレージ管理者はリソースを追加するか、リソースの配置を手動で調整するか、要求された変更を破棄する必要があります。

ONTAP 9.4の新機能

ONTAP 9.4では、NVMe over Fabrics (NVMe-oF) プロトコルとして初めてサポートされるNVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) が導入されました。NVMe/FCでは、NVMeコマンドセットがFCフレーム内にカプセル化され、既存のSCSI-3コマンド記述子ブロックが置き換えられます（図8を参照）。

図8) FCフレームとNVMe/FCフレームの比較

- FCP - SCSI-3 command set encapsulated in an FC frame



- FC-NVMe - NVMe command set encapsulated in an FC frame

新しいNVMeコマンドセットは、次のとおりです。

- コマンドの合理化
- すべてのソフトウェアロックの削除
- コンテキストスイッチの削減
- マルチスレッディングの向上-最大キュー深度が64Kの64Kキュー

これらの最適化により、はるかに効率的で高性能なプロトコルが生まれました。使用されているブロックプロトコルを置き換えるだけで、スループットが向上し、ワークロードのレイテンシが低減します。新しいプロトコルの利点を得るためにアプリケーションを書き換える必要はありません。NVMe/FCの詳細については、以下を参照してください。

- [『NVMeによる最新SAN入門』](#)
- [TR-4684 『Implementing and Configuring Modern SANs with NVMe/FC』](#)

ONTAP 9.5の新機能

ONTAP 9.5でONTAPブロックプロトコルに追加された主な機能拡張は次のとおりです。

- NetApp SnapMirror®同期 (SM-S)
- NVMe/FCターゲットスタックへの非対称ネームスペースアクセス (ANA) のサポートの追加
- NVMe/FC IMTに2つの新しいホストオペレーティングシステムが追加されました（そのうちの1つにANAサポートが追加されました）。

SnapMirror Synchronous

ONTAP 9.5では、SM-S（NetApp SnapMirror Synchronous）の導入に伴い同期レプリケーションが導入されました。MetroClusterは同期レプリケーションを提供しますが、すべてのデータをミラーリングする必要があります。ONTAP 9.5でリリースされた新しい同期レプリケーション機能により、従来のオールオアナシングアプローチではなく、同期レプリケーションを必要とするワークロードを選択できるようになりました。SM-Sには、次の属性と機能があります。

- FCとiSCSI向けのボリューム単位の同期データレプリケーション
- ゼロ目標復旧時点（RPO）と非常に低い目標復旧時点（RTO）。ビジネス継続性解決策ではありません。
- 追加の外部ハードウェア、ソフトウェア、ネットワークは必要ありません。
- レプリケーションエラーが発生しても、プライマリボリュームへのアプリケーションI/Oは中断されません。レプリケーションエラーが修正されたら、自動的にリカバリおよび再同期されます。
- strictモードでは、プライマリボリュームとセカンダリボリューム間の100%の同期が保証されます。
- SM-Sは、クラスタ全体をレプリケートするのではなく、ボリュームレベルでレプリケーションとデータ保護をきめ細かく管理したいお客様に適しています（その場合はMetroClusterを使用）。
- SM-Sは、必要なSnapMirrorライセンスに加えて追加のライセンスです。16GB以上のメモリを搭載し、ONTAP 9.5以降をサポートする出荷中のすべてのAFF / FASおよびONTAP Selectプラットフォームでサポートされます。

ONTAP 9.5の非対称ネームスペースアクセスのサポート

ONTAP 9.5では、NVMe/FCターゲットの一部としてANAが導入されました。Asymmetric Logical Unit Access (ALUA；非対称論理ユニットアクセス) と同様に、ANAはイニシエータ側とターゲット側の両方の実装を使用して、ホスト側のマルチパス実装が各OSスタックで使用されるストレージの高可用性マルチパスソフトウェアと連携するためのすべてのバスとバスの状態情報を提供できるようにします。ANAが機能するには、ターゲット側とイニシエータ側の両方がANAを実装し、サポートしている必要があります。どちらかの側が使用できないか実装されていない場合、ANAは機能しなくなり、NVMe/FCはストレージの高可用性をサポートしない状態に戻ります。このような状況では、アプリケーションは冗長性のために高可用性をサポートする必要があります。

NVMe/FCは、バスとターゲットの両方のフェイルオーバーに必要なマルチバスとバス管理機能を、ANAプロトコルを使用して提供します。ANAプロトコルは、NVMeサブシステムがバスとサブシステムのエラーをホストに伝える方法を定義します。これにより、ホストはバスを管理し、あるバスから別のバスへのフェイルオーバーを実行できます。ANAは、FCP（ファイバチャネルプロトコル）とiSCSIの両方のプロトコルに対してALUAが果たしているのと同じ役割をNVMe/FCで果たします。マルチバスI/O (MPIO) やDevice Mapper Multipathing (DM-Multipath) などのホストOSバス管理機能を備えたANAは、NVMe/FCのバス管理機能とフェイルオーバー機能を提供します。

NVMe/FCおよびANAの詳細については、[TR-4684 : 『Implementing and Configuring ModernSANs with NVMe/FC』](#) を参照してください。

新しいNVMe/FC認定ホスト

ONTAP 9.5では、NVMe/FC IMTに次の2つのホストが追加されました。

- SUSE Enterprise Linux 15 (SLES 15イニシエータ スタックにANAを実装することで、ストレージ HAサポートが追加されます)
- Red Hat Enterprise Linux 7.6 (ANAサポートは今後のリリースで追加されるため、ストレージHAは含まれません)。

ONTAP 9.6の新機能

ONTAP 9.6 SANの機能拡張には、次のものがあります。

- ONTAP SANとクラスタの耐障害性と強化

- NVMeの機能拡張：
 - NVMeのボリュームの移動
 - NVMeの相互運用性の拡大
 - 512バイトのブロック サイズのサポート
 - NVMeにより、VMwareのコピーと書き込み（Compare and Write / Atomic Test and Set [CAW/ATS]）のサポートが追加されました。

512バイトのブロック サイズのサポート

ONTAP 9.6では、NVMeネームスペースに、ONTAPが標準でサポートする4Kブロックサイズに加えて、512バイトのブロックサイズオプションが追加されました。この機能は、VMwareデータストアや512バイトブロックを使用するOracle Automatic Storage Management (ASM) ディスクグループなど、既存の512バイト構成との統合を簡易化するために追加されました。デフォルトは引き続き4096バイト（4K）ブロックです。ただし、vserver nvme namespace create コマンドと一致するAPIの両方で、新しいブロックサイズ引数と512バイトと4096バイトの両方の値を使用できるようになりました。

NVMeによるVMwareの比較と書き込みのサポートの追加

ONTAP 9.6では、VMware Compare and Write/Atomic Test and Set (CAW / ATS) の統合処理のサポートがONTAPに追加され、VMware Storage vMotionなどの機能がサポートされるようになりました。VMware vStorage APIs - Array Integration (VAAI) : ATSプリミティブは、CAWを使用してNVMeの比較コマンドとNVMeの書き込みコマンドを融合し、最初に比較処理を実行します。比較処理が成功すると書き込みは完了し、失敗すると書き込みは中止されます。

NVMeによる無停止ボリューム移動の追加

NVMe-oFではボリューム移動のサポートが追加されました。これにより、ストレージ管理者は、NVMeネームスペースを含むボリュームをアグリゲート間で無停止で移動できます。以前のリリースでは、1つ以上のマッピングされたNVMeネームスペースを含むボリュームの移動処理を行うことはできませんでした。この問題を回避するには、移動を実行する前に、サブシステムからネームスペースのマッピングを解除する必要がありました。この回避策が不要になりました。

NVMeによるQoSの最大サポートの追加

ONTAP 9.6では、ボリュームレベルのQoSポリシーのサポートが追加されました（Storage Virtual Machine[SVM]レベルのポリシーは暗黙的にサポートされています）。上限または最大QoSを使用できますが、下限とネームスペース単位のQoSはサポートされません。

NVMeのQoSサポートにより、新しいEvent Management Service (EMS;イベント管理サービス) イベント、nvmf.qos.mismatched.policyが追加されました。EMSは、ポリシーの不一致がある場合にユーザに警告するために開発されました。このイベントはソフトに適用され、vserver nvme subsystem map add 操作中にのみ検証されます。このイベントには次の制限事項があります。

- サブシステム内のすべてのネームスペースは、同じQoSポリシーを持つボリュームに存在する必要があります。
- サブシステム内のすべてのネームスペースは、正常に機能するために、同じQoSスロットリングポリシーを持つボリュームに存在する必要があります。

ONTAP 9.7の新機能

ONTAP 9.7 SANでは、オールSANアレイ (ASA) とコンセプトの実証 (POC) 、リモートダイレクトメモリアクセス (RDMA) over Converged Ethernet (RoCE) の実装が導入されました。SANに影響を与える他の機能拡張は次のとおりです。

- ノードあたりの最大ボリューム数が1,000から2,500に増加
- SM-SでNVMe-oFのサポートを追加

- 新しいバージョンのSystem Manager

すべての SAN アレイ

ASAは、対称アクティブ/アクティブ構成のSAN専用のHAペアです。つまり、ASAは、両方のコントローラを経由するパスを基盤となるすべてのLUNにアドバタイズして使用します。このアーキテクチャの変更により、HAペアのいずれかのコントローラでホストされているすべてのLUNへのアクティブパスが常にホストに確保されます。これは、計画的または計画外のフェイルオーバーとギブバックがほぼ瞬時に発生するため、重要なポイントです。これにより、2つのノードの1つをスタンバイモードで孤立させるなど、妥協することなく、フレームアレイ機能を最新のモジュラーアレイアーキテクチャに提供します。詳細については、[TR-4515 : 『ONTAP AFF All SAN Array Systems』](#) を参照してください。

RDMA over Converged Ethernet POC

ONTAP 9.7では、ONTAP NVMe-oFソリューションにPOC RoCEオプションが追加されました。POCステータスは、これがRoCEのマルチリリース展開の基本的な第1フェーズであることを示します。このリリースは基本的なテストと評価に使用できますが、ONTAPの次のリリースではより完全な実装が期待されます。RoCEは、ONTAPが提供する初のNVMe-oFプロトコルであり、転送にFCではなくイーサネットを利用する画期的なプロトコルです。RoCE POCの詳細については、[TR-4684 : 『Implementing and Configuring Modern SANs with NVMe/FC』](#) を参照してください。

新しいSystem Managerバージョン

この新機能は、複数リリースでSystem Managerを書き換え、運用の簡易化を主な目的としています。新しいバージョンは、よりクリーンでモダンな外観を獲得しています。System Managerで、実行されたすべての操作について残りのAPI呼び出しを表示できるようになりました。この機能は、ワークフローのスクリプト作成や構文のチェックを行う管理者を支援します。一般に実行される処理は強化され、簡易化されます。たとえば、新しいLUNをigroupにマッピングするように求められると、候補となるすべてのigroupが表示されます。または、igroupでWWPNを指定するように求められた場合は、表示されている既存のWWPNがすべて表示されて選択できます。これにより、時間を節約し、入力ミスを減らすことができます。System Managerの書き換えの詳細については、[ONTAP 9.7のリリースノート](#)を参照してください。

ONTAP 9.8の新機能

ONTAP 9.8では、いくつかの新機能が追加されています。その一部は、ユニファイドプラットフォームとASAプラットフォームの両方で使用できます。その他の機能は、当初はSAN専用ASAで導入されています。これらの機能は、今後のONTAPリリースでUnified ONTAPクラスタに追加される予定です。ONTAPの新しいSAN機能は次のとおりです。

- SnapMirrorビジネス継続性 (SMBC)
- 仮想マシンID (VMID) -仮想マシン (VM) のテレメトリ機能の強化
- NVMe-oFプロトコルの共存

ASAのみで最初に提供されたその他の新機能は次のとおりです。

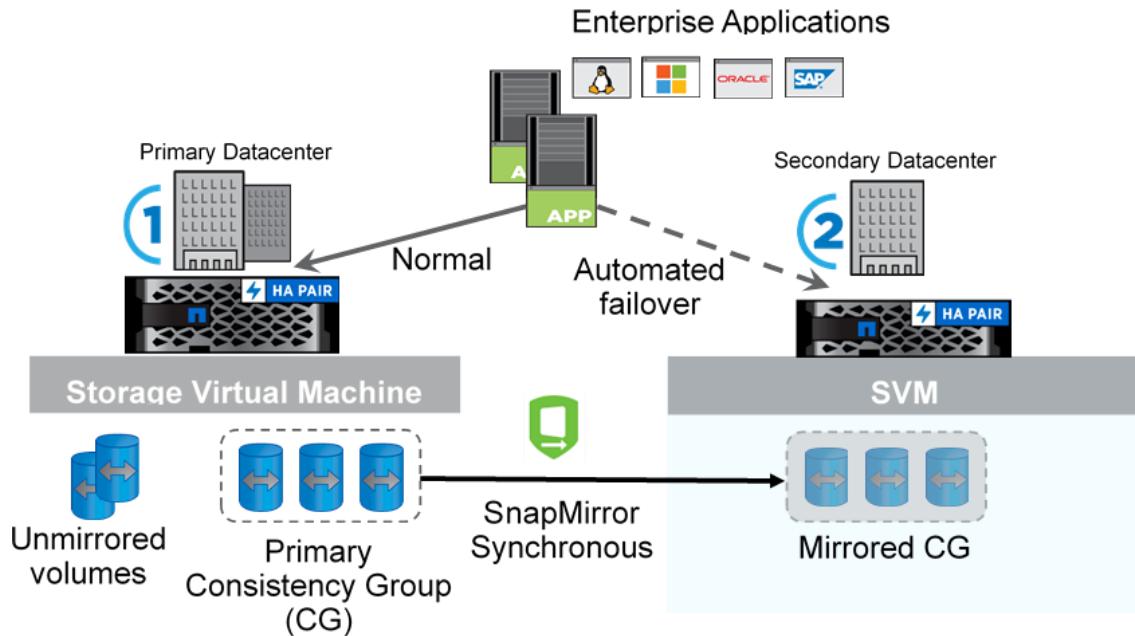
- 最大LUNサイズの増加
- 永続ポート

SnapMirror ビジネス継続性

ONTAP 9.8では、SMBCが導入されました。SMBCでは、SnapMirror Synchronousを使用して、アプリケーション整合グループを使用してアプリケーションを同期的にレプリケートし、2つのサイト間のすべてのアプリケーションオブジェクトを管理およびレプリケートします。SMBCを使用すると、同期的にレプリケートされた2つのサイト間の自動フェイルオーバーが可能になります。これにより'停止期間が短縮され'ミラーの維持と自動

フェイルオーバーの管理に関する管理コストが大幅に削減されます図9にSMBCトポロジを示します。詳細については、[TR-4878 : 『SnapMirror Business Continuity \(SM-BC\) for ONTAP 9.8』](#)を参照してください。

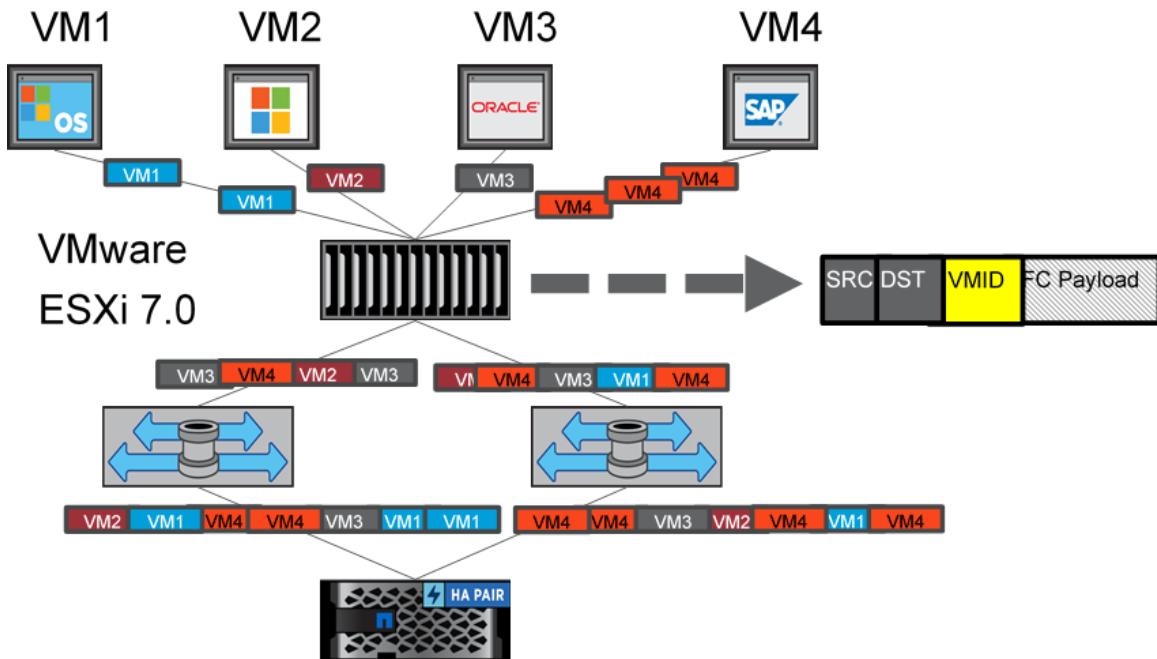
図9) SMBCトポロジ



仮想マシンID

VMwareは、ホストしている各VMに対してグローバルに一意な識別子を生成します。これらをヘッダーフィールドに書き込み、各FCフレームにタグ付けして、特定のVMに関連付けられるようにします。これにより、管理者はFC LUNベースの共有データストアを使用して、各VMのI/Oを識別して追跡できます。VMID機能が導入される前は、I/Oが関連付けられているデータストアを特定する機能が最も細かく設定されていました。VMIDを使用すると、データストアを共有している各VMのI/O特性を個別に識別して追跡できます。この機能により、エンドツーエンドのQoSが可能になり、トラフィックパターン、ワークロード特性、大幅に強化されたトラブルシューティング、より詳細なVMトラフィック分析とレポート作成が可能になります。この機能は、Brocade Gen 6および7スイッチで最初にサポートされています。

図10) VMID



FCファブリックを介して共有データストア内の各VMからのI/Oを追跡する手順は、次のとおりです。

1. ハイパーバイザーは各VMにグローバルに一意のIDを割り当てます。
2. VMIDはVMの各フレームにタグ付けされます。
3. スイッチノードとストレージノードが伝播され、各フレームとVMIDが反映されます。

NVMe-oFプロトコルの共存

ONTAP 9.8では、独自のSVM内でNVMe/FCを他のブロックプロトコルやファイルプロトコルから分離するという要件が廃止されました。この削除は当初、NVMe/FCのリリースに必要なQA回帰テストを減らすことで、NVMe/FCのリリースを高速化するために行われました。プロトコルを分離することで、NVMe-oFプロトコルをより迅速にリリースできるようになりました。これは、エンジニアリングQAチームがFCP、iSCSI、NFS、SMB、S3などの他のプロトコルに対するNVMe-oFの影響をテストする必要がないためです。プロトコルの共存に必要な回帰テストがQAテスト計画に追加され、ONTAP 9.8およびそれ以降のすべてのリリースのONTAPで実行されました。

LUNの最大サイズが大きい

ONTAP 9.8で、最大LUNサイズが16TBから128TBに拡張されました。これに対応して、ボリュームのサイズも100TBから300TBに拡張されます。このような大規模なLUNの最も一般的な用途は、ハイパーバイザーのデータストアをバックアップするLUNです。

永続ポート

永続ポートにより、テイクオーバーの影響が軽減されます。そのためには、HAパートナーの対応する物理ポートにシャドウLIFを作成します。ノードがテイクオーバーされると、対応するパートナーノードのシャドウLIFにWWPNなどの元のLIFのIDが引き継がれます。

永続ポートは、以前のパスステータスがdown（障害）に変わる前に、シャドウLIFをアクティブ最適化済み（AO）としてホストのMPIOスタックにアドバタイズできるため機能します。

ホストのMPIOスタックは、I/Oの中断を最小限に抑えるために、次のAOパス（以前のシャドウLIF）にI/Oを移行します。ホストが認識するターゲットへのパスの数は、ターゲットの状態（安定状態またはテイクオーバー中）に関係なく常に同じです。

永続ポートは、ASAのONTAP 9.8で導入されました。ノードをONTAP 9.8にアップグレードすると、この機能がデフォルトで有効になります。

永続ポートのベストプラクティスでは、FCPポートの特性がHAペア内で同じである必要があります。

- FCPポートの数
- FCPポートの名前
- FCPポートの速度
- FCP LIFのWWPNベースのゾーニング
- アクティブLIFとシャドウLIFの両方が、イニシエータと同じゾーンに配置されている必要があります。

これらのベストプラクティスのいずれかに違反すると、次の本文を含むEMSメッセージが生成されます。

```
EMS : scsiblade.lif.persistent.ports.fcp.init.error
```

永続ポート機能はFCでは使用できますが、iSCSIでは使用できません。ゾーンメンバーシップはWWPNで識別される必要があります。これは、WWPNが基本的にシャドウLIFでもスプーフィングされるためです。

図11に、永続ポートを示します。

図11) 永続ポート

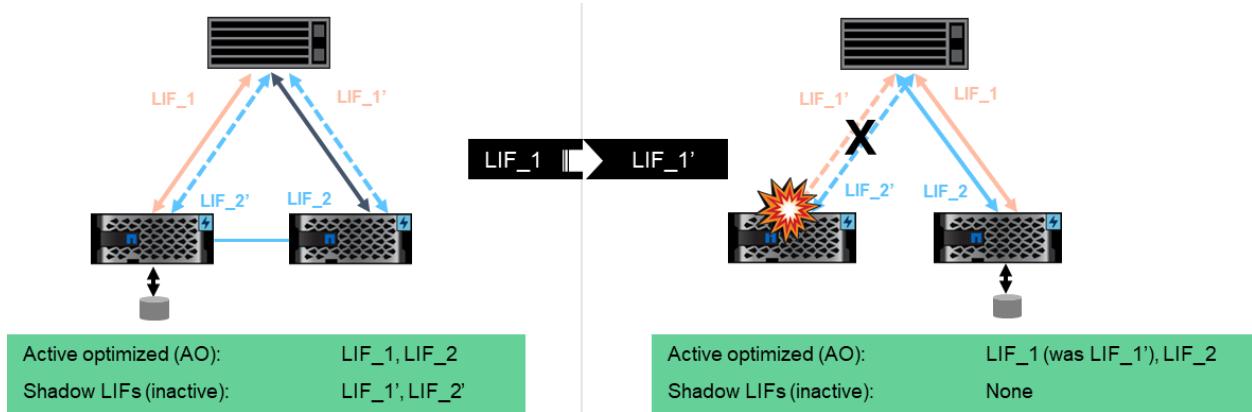
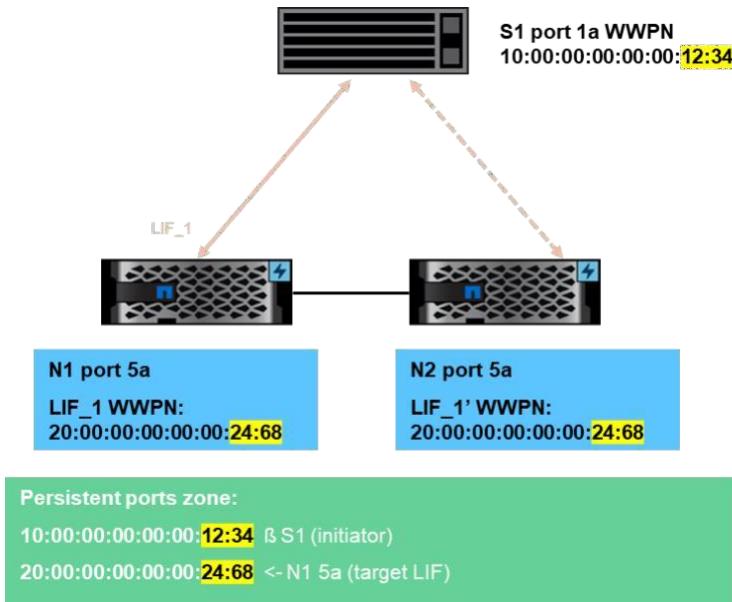


図12に、永続ポートのゾーニング例を示します。

図12) 永続ポートのゾーニング例



ONTAP 9.9.1の新機能

ONTAP 9.9.1では、ONTAP SANに次のような機能拡張が追加されています。

- 非破壊的なAFFからASAへのインプレース変換
- ASAの最大クラスタサイズが単一のHAペアから12ノードに増加
- 単一LUNのパフォーマンスの向上
- ネストサレタigroup
- FLIフィールド認定スクリプト
- VMware vSphere Virtual Volumes (VVOL) によるNVMe/FCのサポート
- NVMe-oFリモートI/Oのサポート
- NVMe/FCをASAに追加
- AIQ System Manager Ansible Playbookの生成

AFFからASAへのインプレース変換

ONTAP 9.9.1では、サポート対象のAFFコントローラモデルを使用しているAFFのお客様が、システムを停止することなくインプレース移行でAFF（ユニファイドプロトコル）からASAに変換できるようになりました。この移行は一方方向のみで、AFFペソナリティがASAに変更されます。また、HAペアが非対称構成から対称構成（アクティブ/アクティブ）に変更され、ASAでNASプロトコルをホストまたは実行する機能が削除されます。

コンバージョンの詳細については、NetAppアカウントチームにお問い合わせください。

ASAの最大クラスタサイズが単一のHAペアから12ノードに増加

単一のHAペアよりも大規模な構成では、ASAクラスタは基本的に、クラスタ化されたASA HAペアのフェデレーションであり、単一の管理計画を共有することを理解しておくことが重要です。このレイアウトでは、ONTAPクラスタの通常のノンストップオペレーション（NDO）とその他の機能をすべて使用できます。ただし、それらのノードではNASプロトコルや機能がサポートされないほか、ASA固有の仕様もあります。ASAを定義する主な機能は、対称アクティブ/アクティブアクセスを提供することであるため、大規模なクラスタに

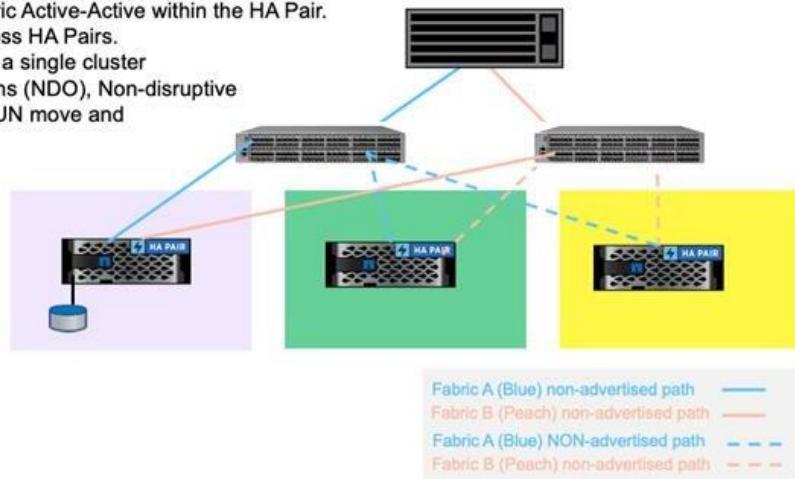
ASAを組み合わせた場合のアクセスとパスの仕組みを理解しておくことが重要です。単一のHAペア内のASAは、両方のノードを経由するすべてのパスをAOまたは優先パスとしてアドバタイズするため、ホストのMPIOスタックはすべてのAOパスを使用します。単一のHAペアよりも大規模なASAクラスタの場合、各HAペアは、そのペアでホストされるLUNへのすべてのパスをAOとしてアドバタイズします。ただし、ホストしているHAペアに含まれていない他のコントローラを経由するパスは、アクティブな非最適化パス(ANOまたは非優先パス)としてアドバタイズされます。これらのパスはホストMPIOスタックでは使用されません。さらに、ONTAPには、ホストしているHAペア経由のパスのみをアドバタイズする選択的LUNマップ(SLM)と呼ばれる機能がデフォルトで用意されています。そのため、追加のパスをアドバタイズするようにSLMが設定されていないかぎり、ホストは他の最適化されていないパスや

SLMの詳細については、「選択的LUNマッピング」セクションを参照してください。詳細なリストについては、[TR-4515 : 『ONTAP AFF All SAN Array Systems』](#)を参照してください。

図13) 12ノードASA

12-node NetApp AFF All SAN Array (ASA) introduced in ONTAP 9.9.1

- ASA HA pairs are Symmetric Active-Active within the HA Pair.
- Pathing is asymmetric across HA Pairs.
- All Nodes are managed as a single cluster
- All Non-disruptive operations (NDO), Non-disruptive upgrades (NDU) and vol/LUN move and copies are supported.



単一LUNのパフォーマンスの向上

ONTAP 9.9.1では、単一LUNのパフォーマンスが大幅に向上去っています。これらの改善は主に、より多くの処理を同時に実行できるように、より多くのLUN I/O処理を並列化することで実現されます。より大きなメモリ/CPUコントローラでは、パフォーマンス向上の度合いが大きくなる傾向があります。単一LUNのパフォーマンスに対するメリットの大部分は、次の2つの領域で最も価値があると予想されます。

- データストアがLUNによってバックアップされている仮想化。
- 単一LUNへのI/Oを実行し、それらのパフォーマンス値を使用してパフォーマンスを推定するように設定されていないPOC。NetAppの競合企業の中には、以前の弱点を活用できる可能性があるため、この方法で競合POCを定義しようとしている企業もあります。

ほとんどの場合'ほとんどのLUNは論理ボリューム・マネージャまたはその他のアプリケーション・アグリゲーションを使用して一緒にストライプされるため'単一LUNのパフォーマンスの向上はほとんどのお客様には影響しません一般的な使用パターンである多数のLUNを使用する場合、単一LUNのパフォーマンスはパフォーマンスに影響しません。

ネストサレタigroup

ONTAP 9.9.1では、ネストされたigroupが追加され、LUNマスキングが簡易化されました。ネストされたigroupを使用すると、既存のigroupを新しいigroupに追加できます。この機能により、どのイニシエータがどのLUNにアクセスできるかをより簡単に定義できます。これにより、ストレージ管理者にとって意味のあるigroupの命名とエイリアスに関して、ユーザがより創造的に作業できるようになります。igroupのその他の機

能拡張には、次のものがあります。

- igrupとイニシエータにコメントが割り当てられている場合がある
- lun igrup initiators show (イニシエータを表示する新しいCLIのみのコマンド)

次の例では、コメントを追加し、新しいコメントを含むイニシエータを表示します。

```
tme-a700s-clus::> lun igrup initiator modify -initiator 10:00:00:10:9b:34:9f:34 -comment "This  
is a comment about 10:00:00:10:9b:34:9f:34"  
  
tme-a700s-clus::> lun igrup initiator show  
Initiator Vserver  
Comment  
-----  
svm0 10:00:00:10:9b:34:9f:34 This is a comment about 10:00:00:10:9b:34:9f:34  
svm0 10:00:00:10:9b:34:9f:35 -  
svm0 10:00:00:90:fa:d1:ea:f7 -  
svm0 10:00:00:90:fa:d1:ea:f8 -  
4 entries were displayed.
```

igroupに最大3つのレベルのネストを含めることができますようになりました。

- 祖父母igroup
- 親igroup
- 子igroup

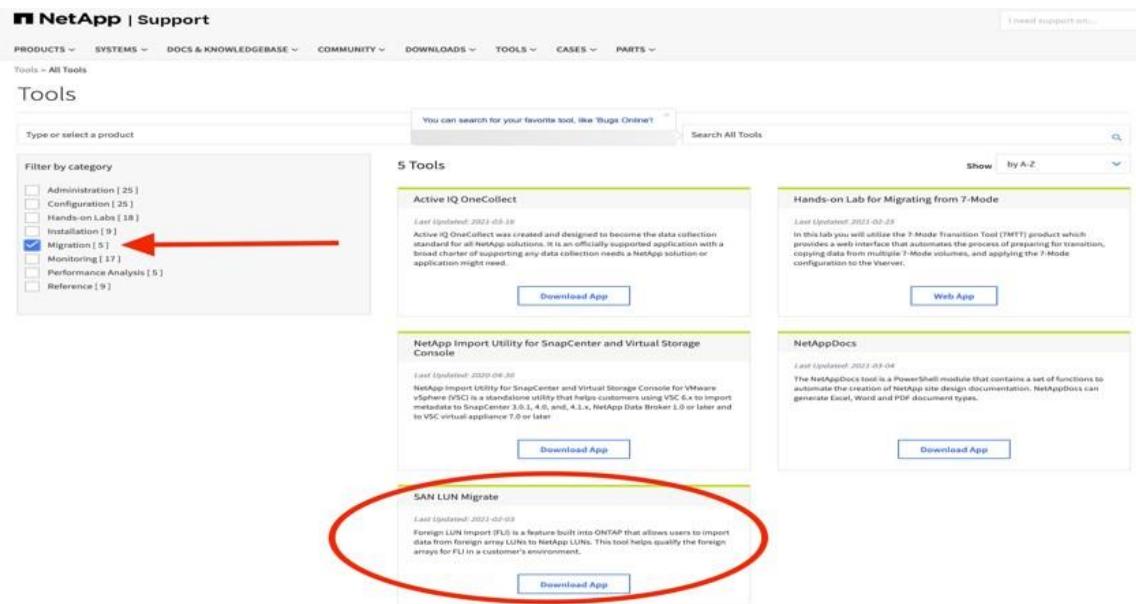
ネストされたigroupに関するその他の注意事項は次のとおりです。

- オペレーティングシステムとプロトコルが一致している必要があります。変更されない可能性があります。
- allow_delete_while_mapped = True SIによってマッピングされている場合は、UNNESTが実行 lun: igrup_nested_deleteされてigroupが削除されることがあります。igroup_delete.
- 親のいずれかがマップされている場合、子をUNNESTまたは削除することはできません。
- 子がマップされている場合は、親をUNNESTまたは削除できます。
- ネストされた関係にあるigroupを削除 (igroup delete) することは可能で、削除されていないigroupは維持されます (マッピングされていない場合) 。

FLI IMTスクリプト

また、ONTAP 9.9.1では、外部ソースアレイをFLIの対象として認定するために使用できる新しいFLIフィールド認定スクリプトも導入されています。このスクリプトは、目的の外部アレイがFLI IMTにリストされていない場合に使用できます。認定スクリプトは 図14に示されており、[NetAppサポートツール](#)からダウンロードできます。

図14) FLIフィールド認定のスクリプト



ダウンロードしたスクリプトは、ソースアレイへのブロックアクセスが可能なLinuxホストから実行する必要があります。FCまたはiSCSIのいずれかです。スクリプトを実行すると、18個のSCSIクエリが外部アレイに送信されます。次に、応答を評価します。これらの応答が正気で期待される場合、スクリプトは緑のチェックマークでこれを示し、そうでない場合は赤いXが表示されます。結果がすべてパスの場合、ソースアレイはフィールド修飾されているため、サポートされているソースアレイになります。障害が発生した場合は、エンジニアリングチームがソースアレイがサポートされているかどうかを確認して手動で判断できるように、結果を送信できるNetAppグループ（ng）があります。

お客様がサポート対象のFLI構成を所有しており、FLI問題に関連するNetAppのサポートが必要な場合に、サポート用に提供できるように、スクリプトの結果とコミュニケーションはすべて保管しておく必要があります。図15にFLIフィールド認定のフローチャートを示し、図16にSCSIクエリのFLIフィールド認定の詳細を示します。

図15) FLIに関するフィールドの絞り込みのフローチャート

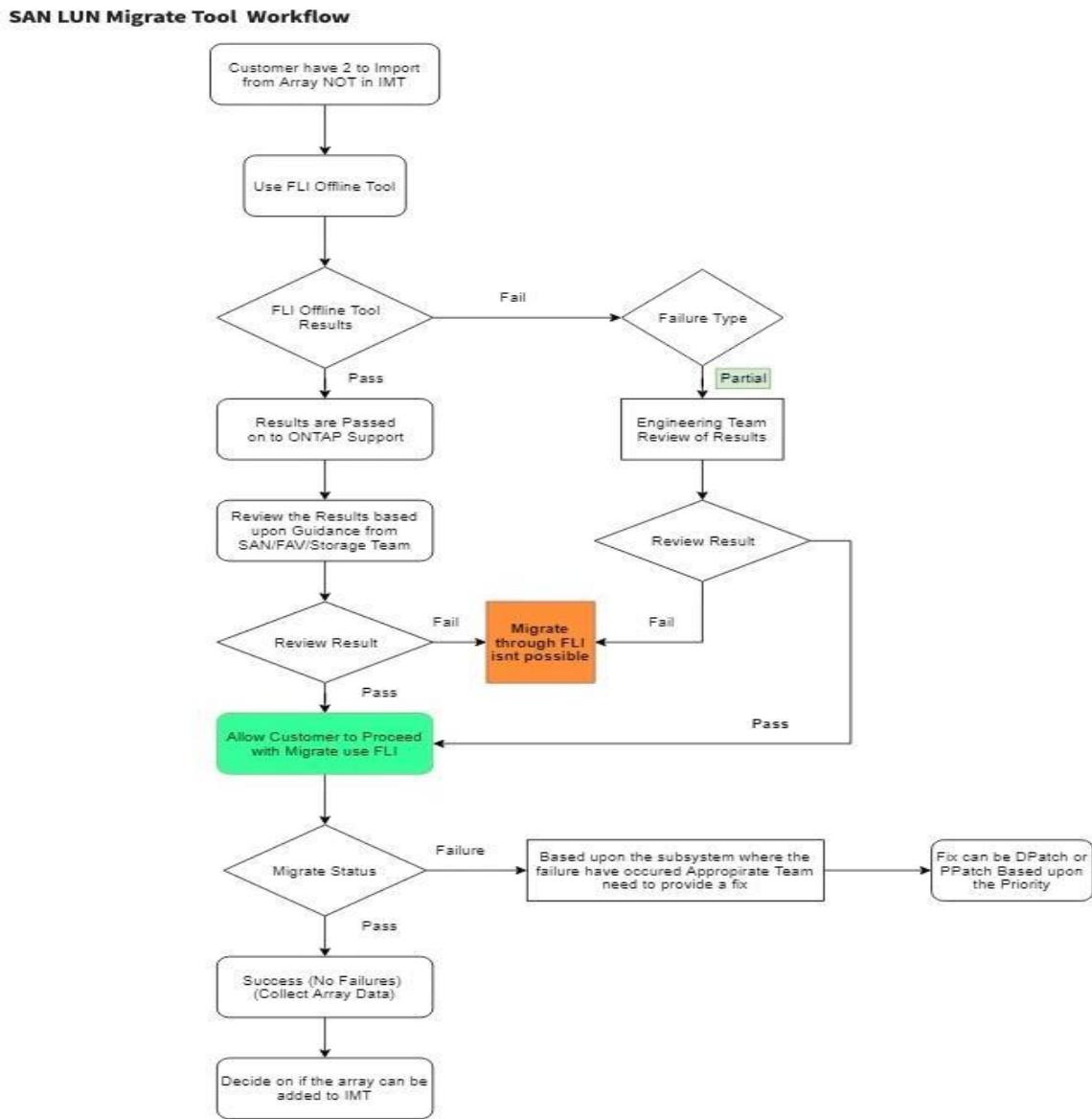


図16) SCSIクエリで使用するFLIフィールドの条件

The following is the list of tests that need to be performed to validate if the Foreign LUN can be imported to the NetApp array:

Tests	Test Description	Expected Results	Extended Validations
Test Unit Ready	-	Pass	-
Standard Inquiry Page	-	Pass	Serial Number of the device must exist
Report LUNs	-	Pass	
Inquiry Page : Device Identification Page-		Ignore	
Inquiry Page : Iterate all Supported Page -		Ignore	
Mode Sense	-	Ignore	
Read Capacity (10)	-	Pass	Block Length : 512 Bytes Max Capacity : <4t
Read (10)	-	Pass	
Write (10)	-	Pass	
Report Target Portal Group	-	Pass	
Task Abort	-	Pass	
Report Device Identifier	-	Pass	
Report Aliases	-	Pass	
Report Supported Operation Codes	-	Pass	
Report Supported Task Management	-	Pass	
LUN Reset	-	Pass	
Read Capacity (16)	-	Pass	Block Length : 512 Bytes Max Capacity : <4t
Log Sense	-	Pass	

NVMe/FC VVOLのサポート

ONTAP 9.9.1で、NVMe/FC VVolのサポートが追加されました。この機能強化により、vSphereがvVol / vCenter内でvVolをサポートしたあとで、VMwareの管理チームがvVolを使用してストレージを管理および自動化できるようになります。

NVMeリモートI/Oのサポート

ONTAP 9.9.1では、NVMe-oFによってリモートI/Oのサポートが追加されました。これにより、NVMe-oFバスの設定がアクティブ非アクティブモデルから、他のすべてのONTAPプロトコルで使用されるAO/ANOモデルに変更されます。

図17は、リモートI/OをサポートしていないNVMe-oFを示しています。

図17) リモートI/OをサポートしないNVMe-oF

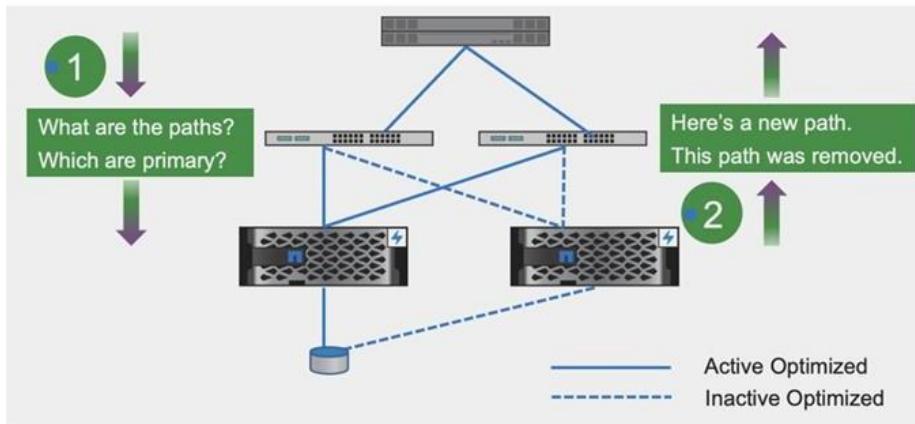


図18) リモートI/OをサポートするNVMe-oF

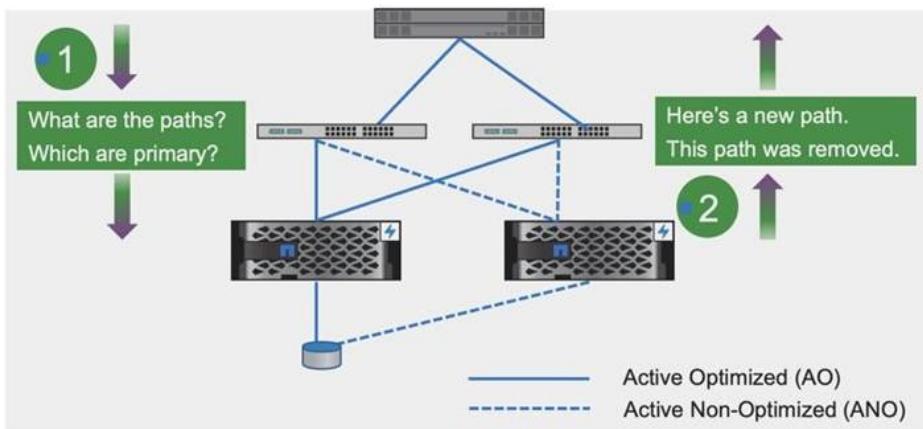


図17と図18を比較すると、違いが微妙であるため、それほど大きな違いには見えません。NVMe-oFでのリモートI/Oのサポートでは、すべてのパスがアクティブになっています。つまり、いずれかのパスに送信されたI/Oが確認応答され、応答または応答されます。これまででは、リモートI/Oがなければ非アクティブなパスは使用できず、使用できませんでした。

ASAによるNVMe/FCのサポートの追加

ONTAP 9.9.1では、ブロックプロトコルとしてNVMe/FCが追加されました。FCやiSCSIとは異なり、ASA上のNVMe/FCは引き続き非対称（AO / ANO）です。これは、NVMe-oFがリモートパスとローカルパスで動作する方法が異なるためです。

Active IQ Unified ManagerでのAnsible Playbookのサポート

Active IQ Unified Managerでは、すべてのSystem ManagerワークフローにAnsible Playbookの自動作成が追加されています。この機能は、DevOpsの手法とプロセスを拡大しようとしているチームに非常に役立ちます。

図19、図20、および図21は、System Managerの[Add LUNs]ワークフローからAnsible YAMLプレイブックを生成する例です。

図19) Active IQ Unified ManagerのLUNの追加ワークフロー

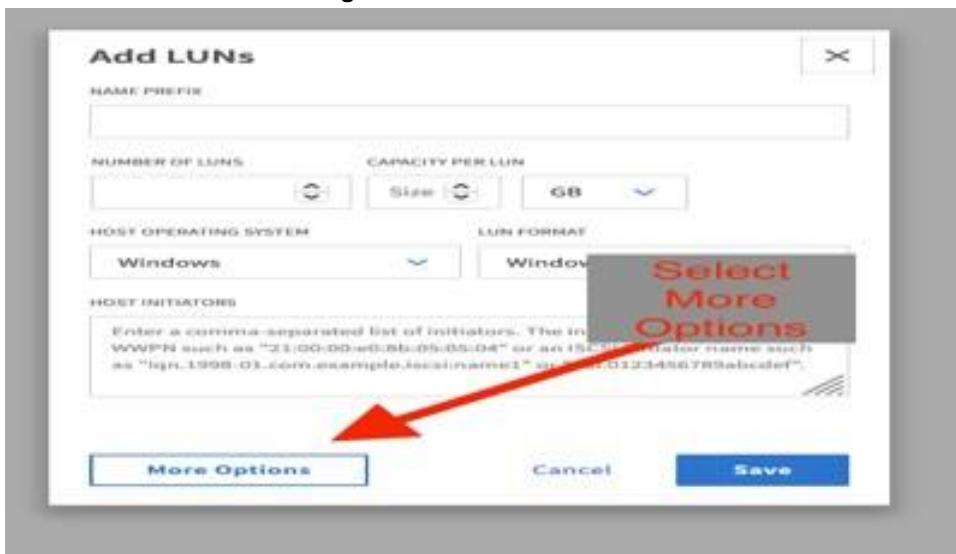


図20) Active IQ Unified ManagerのLUNの追加 : Ansible Playbookに保存

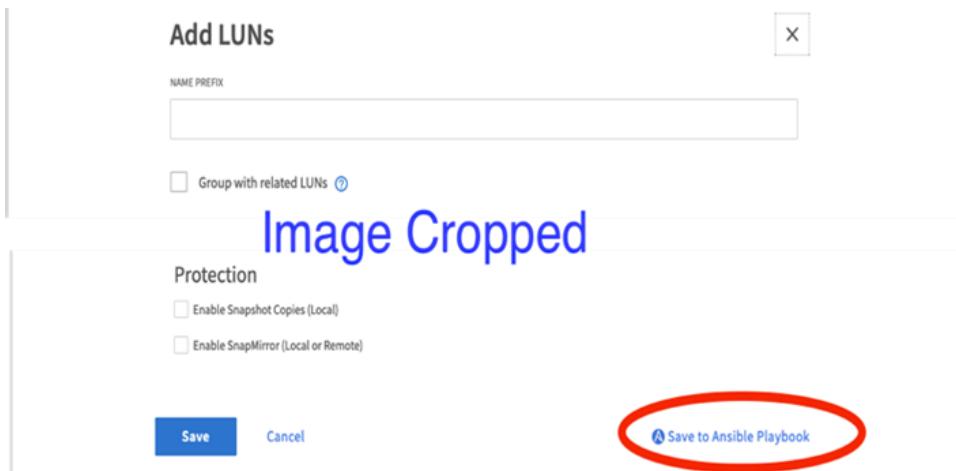


図21) Active IQ Unified Managerで生成されたLUN Ansibleの追加YAMLファイル

```

lunAdd.yaml
1
2   - hosts: localhost
3     vars_prompt:
4       - name: "netapp_username"
5         prompt: "Enter Username"
6         private: no
7       - name: "netapp_password"
8         prompt: "Enter Password"
9         private: yes
10
11   vars:
12     login:
13       hostip: "{{ host.ip }}"
14       username: "{{ netapp_username }}"
15       password: "{{ netapp_password }}"
16       https: true
17       validate_certs: false
18
19     vars_files:
20       - lunAdd_variable.yaml
21
22   collections:
23     - netapp.onap
24
25   tasks:
26
27     - name: Prompt remote cluster IP
28       pause:
29         prompt: Please enter the remote cluster IP for creating Snapmirror relationship
30       when: UserInputs.snapmirror is defined and (UserInputs.remoteClusterIP|default(None)) == None
31       register: remoteClusterHostIP
32
33     - set_fact:
34       remoteClusterIP: "{{ UserInputs.remoteClusterIP if (UserInputs.remoteClusterIP|default(None)) != None else UserInputs.snapmirror }}"
35       when: UserInputs.snapmirror is defined
36
37     - name: Create new iLif
38       when: UserInputs.san_application_template.new_igroups is defined
39       netapp.onap.iSCSI_lif:
40         state: present
41         name: "{{ UserInputs.san_application_template.new_igroups.name }}"
42         ostype: "{{ UserInputs.san_application_template.new_igroups.os_type }}"
43         initiators: "{{ UserInputs.san_application_template.new_igroups.initiators | default([]) }}"
44         iscsi_ip: "{{ UserInputs.san_application_template.new_igroups.iscsi_ip | default("") }}"
45         initiator_group_type: "{{ UserInputs.san_application_template.new_igroups.initiator_group_type }}"
46         vserver: "{{ svm.name }}"
47         <>i_login
48       - set_fact:
49         maxthroughput: "{{ UserInputs.new_qos_info.max_throughput_mbps + 'MB/s' }}" if{{(UserInputs.new_qos_info.max_throughput_mbps + 'MB/s') > 0}} else "0"
50         minthroughput: "{{ UserInputs.new_qos_info.min_throughput_mbps + 'MB/s' }}" if{{(UserInputs.new_qos_info.min_throughput_mbps + 'MB/s') > 0}} else "0"
51
variable_overrides.yaml
1
2   # Do not format or change the spacing of keys in the variable files. It is recommended that you specify strict mode.
3
4   host:
5     name: "localhost"
6     ip: 10.193.39.125
7
8   SVM:
9     name: "MTP-SAN-sv0"
10
11   # Ensure the properties you want to apply to the selected object are not in the comments.
12   UserInputs:
13     type: "FC_LUNS"
14     san_application_template:
15       name: "FC_LUNS"
16       os_type: "Linux"
17       os_version: "7.0"
18       # Specify only an integer value.
19       total_size: 4294967296
20       total_size_unit: "bytes"
21       lun_count: 4
22       igrq_name: "SAN_Linux01"
23       # Setting scope to 'application' is required to convert an existing volume to a smart container.
24       scope: "auto"
25       # Cloud tiering policy.
26       tiering:
27         # The expected values are 'required', 'best_effort' or 'disallowed'.
28         control: "disallowed"
29         # Expected values are 'all', 'auto', 'none' or 'snapshot-only'.
30         #policy: ""
31         # The list of object store names for tiering.
32         object_stores:
33           -
34             storage_service:
35               # The performance service level (PSL) for this volume. The expected values are 'value', 'performance' or 'extreme'.
36               name: "extreme"
37               qos:
38                 policy:
39                   #name: ""
40                   protection_type:
41                     # Local policy is to enable Snapshot Copies(Local). The expected values are 'default' or 'none'.
42                     local_policy: "none"
43                     local_snapshots:
44                       name: "SAN_Linux01"
45                       initiators: "10:00:00:10:9b:21:b5:bc,10:00:00:10:9b:21:b5:bd"
46                     igrqgroups:
47                       name: "SAN_Linux01"
48                       initiators: "10:00:00:10:9b:21:b5:bc,10:00:00:10:9b:21:b5:bd"
49                     initiator_group_type: "mixed"
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
5

```

ONTAP 9.10.1の新機能

TCPでのNVMeプロトコルのサポート

ONTAP 9.10.1では、2つ目のNVMe over Fabrics (NVMe-oF) 転送が追加されました。NVMe/TCPがNVMe/FCに追加されました。現在、ONTAP NVMe-oFのサポートでは、それぞれファイバチャネルまたはイーサネット/ TCP / IPを使用できるプロトコルが提供されています。NVMeおよびNVMe/TCPの詳細については、[TR-4684 : 『Implementing and configuring Modern SANs with NVMe-oF』](#)を参照してください。

ONTAP 9.11.1の新機能

iSCSI LIFフェイルオーバー

LIFを自動または手動でHAパートナーノードにフェイルオーバーする機能が追加されました。この機能はASAに追加された機能で、ティクオーバーやギブバックが発生したときのiSCSIクライアントのI/O再開時間を短縮できます。

ONTAP 9.11.1には、高速なインプレース変換ユーティリティが標準搭載されており、NVMeネームスペースとSCSI LUNの間で双方向のインプレース変換を実行できます。このユーティリティはデータを変更せず、LUNまたはネームスペースを記述するメタデータのみを変更するため、非常に効率的です。組み込みの変換ユーティリティの詳細については、[TR-4684 : 『Implementing and configuring Modern SANs with NVMe-oF』](#)を参照してください。

ONTAP 9.12.1の新機能

NVMeの制限の引き上げ

NVMeの制限は、少なくともSCSIブロックの制限（iSCSIおよびFCP）と同等にすることを目標に、増え続けています。ONTAP 9.12.1で増加した制限は次のとおりです。

- 1つのSVMまたはクラスタに最大8,000個のサブシステム
- NVMeは、SCSIブロックプロトコルと同様に、最大12ノードのクラスタまで拡張できるようになりました。
- NVMe/FCはノードあたり最大256台のコントローラをサポート
- NVMe/TCPはノードあたり最大2,000台のコントローラをサポート

NVMe/TCPのサポートによるセキュアな認証

ONTAP 9.12.1では、DH-HMAC-CHAP認証プロトコルが導入されています。これにより、NVMe/TCPホストとコントローラの間でセキュアな単方向/双方向認証が可能になります。

MetroCluster IPでのNVMeのサポート

4ノードのMetroCluster IPでは、NVMeのMetroCluster IPサポートが追加されました。

ONTAP 9.12.1 P2の新機能

LUN、ファイル、およびボリュームの最大サイズの拡大

ONTAP 9.12.1P2では、すべてのONTAPプラットフォームで、LUN、ファイル、およびボリュームの最大サイズが新しく追加されました。新しい最大サイズは次のとおりです。

- LUNの最大サイズ：128TiB
- 最大ファイルサイズ：128TiB
- 最大ボリュームサイズ：300TiB

ONTAP 9.12.1P2以降にアップグレードしたあと、新しい最大サイズまで新しいLUN、ファイル、およびボリュームを作成できます。既存のLUN、ファイル、およびボリュームを新しい最大サイズに拡張することもできます。

ONTAPプロトコルとSANプロトコル

ONTAPの概要

ONTAPを実行するストレージコントローラは、ノードと呼ばれます。これらのノードの集合が「クラスタシステム」です。クラスタ内のノードは相互に継続的に通信し、クラスタのアクティビティを調整し、2つの10ギガビットイーサネット（10GbE）スイッチで構成される専用のクラスタネットワークへの冗長パスを使用してノード間で透過的にデータを移動します。

クラスタの基本単位はノードですが、ノードはHAペアの一部としてクラスタに追加されます。HAペアは、（専用のクラスタネットワークとは別の）HAインターフェースを介して相互に通信し、HAペアのディスクへの接続を冗長化することで、高可用性を実現します。シェルフにはHAペアのどちらかのメンバーに属するディスクを格納できますが、HAペア間でディスクが共有されることはありません。

クラスタは、ノード単位ではなくクラスタ全体が管理され、1つ以上のSVMからデータが提供されます。各SVMは、物理アグリゲートからプロビジョニングされたボリューム（およびLUN）という形式で専用のストレージと

して構成され、**LIF**は物理イーサネットネットワークまたは**FCターゲットポート**に割り当てられます。**LUN**は**SVM**のボリューム内に作成され、ホストにマッピングされてストレージスペースが提供されます。**SVM**はノードに依存せず、クラスタベースです。クラスタ内の任意の物理リソース（ボリュームやネットワークポートなど）を利用できます。

SANパフォーマンスの最適化に関する考慮事項

ONTAPは、可能な限り多くの処理を同時に処理するために、できるだけ多くのプロセッサコアを使用するように最適化されています。多くの**ONTAP**処理は、利用可能な複数のプロセッサコアに分散することができます。ただし、複数のプロセッサコアに分割できない処理もあり、最大のパフォーマンスが低下する可能性があります。これらの分散不可能なスレッドは、ワークロードが複数のオブジェクトに適切に分割されている場合に達成できる最大パフォーマンスを制限する可能性があります。より多くのオブジェクトを使用することで、特定のワークロードに対してプロビジョニングされるボリュームと**LUN**の数を増やすことで、使用可能なすべてのコアでパフォーマンスを最適化できます。

ボリューム

特定のアプリケーションに対してプロビジョニングするボリューム数を検討する場合は、**SAN**環境でボリュームを使用する目的を最初に検討することが重要です。検討するストレージベンダーによっては、ボリュームという言葉はさまざまな意味で使用されます。**ONTAP**環境でボリュームについて説明する場合は、**ONTAP SAN**環境でどのボリュームが使用されるかを理解することが重要です。**ONTAP**では、ボリュームは次の機能を提供します。

- ホストするすべての**LUN**の管理コンテナ。これは、ボリュームに複数の**LUN**が格納されている場合に便利です。これにより、ボリューム内でホストされている複数の**LUN**の管理が簡易化されます。
- Snapshot**コピーはボリュームレベルで作成されるため、ボリューム内のすべてのロックがキャプチャされるため、**ONTAP**ボリュームを整合グループとして使用できます。つまり、同じボリュームでホストされている複数の**LUN**は、いずれも**Snapshot**コピーを同時に作成します。これにより、**LUN**グループ全体でのワークロードの一貫性の維持が大幅に削減されます。
- Storage Efficiency**機能は、主にボリュームレベルで実行されます。これは、データセットが大きいほど、共通のブロックが見つかる可能性が高いことを意味します。つまり、ボリュームのサイズが大きいほどストレージ効率が向上します。

ここまででは、管理が容易になるボリューム、整合グループとして使用できるボリューム、ストレージ効率の向上について説明しましたが、パフォーマンスを最適化するためにプロビジョニングするボリュームの数についても検討する必要があります。

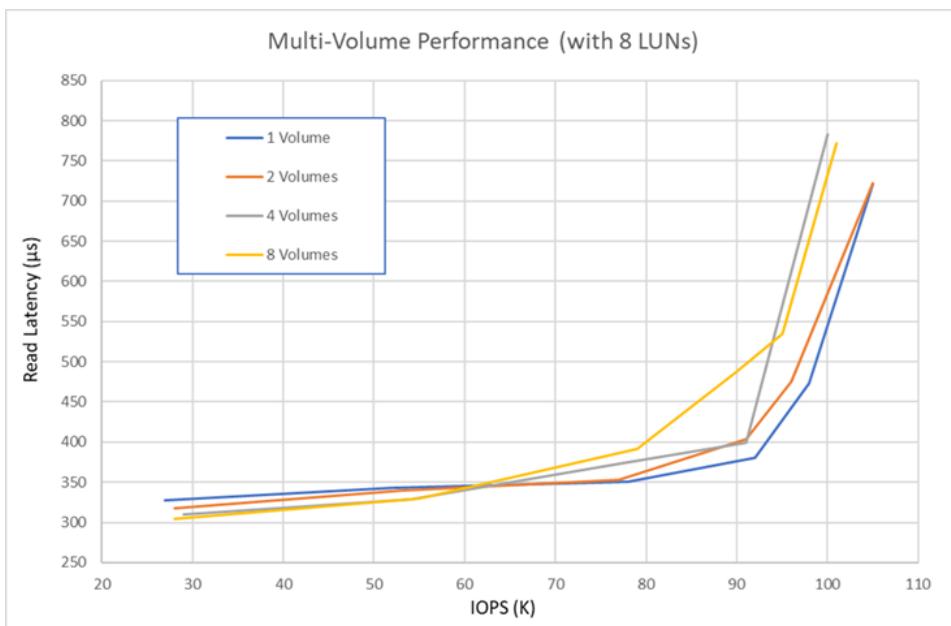
前述したように、一部の処理スレッドは複数のプロセッサコアに分散できません。この処理を複数のコアに分散できない場合は、ワークロードを複数のボリュームに分散することで管理できます。これを行うことで、単一のコアによって行われなければならない非配布可能な作業の量を分割することができます。各ボリュームには独自の分散不可能なスレッドがあるため、分散されるボリューム数が多いほど、これらの分散不可能なスレッドの多くを複数のプロセッサコアで同時に処理できるため、スループットが向上します。

つまり、同じボリューム内の複数の**LUN**をグループ化するか、ボリューム数を増やすかのバランスをとる必要があります。一般的に、かなりのテストと長年の顧客経験から、**NetApp**は、ほとんどの場合、ボリューム数をポイントまで増やすことでパフォーマンスを最適化できるというガイドラインを提供することができました。その後、ボリュームを増やすとパフォーマンスは向上しませんが、複雑さが増し、ストレージ効率が低下することがわかりました。

NetAppでは、4~16個のボリュームを使用することを推奨しています。推奨されるボリューム数は8~16個です。

注：図22と図23は、ボリュームと**LUN**を追加した場合の影響を示しています。これらは説明を目的として表示されています。特定のワークロードの保証やベンチマーク、パフォーマンスの見積もりなどを目的としたものではありません。

図22) より多くのボリュームに作業を分散した場合の影響



ベストプラクティス

- ほとんどの場合、NetAppでは、パフォーマンスを最大化するために8~16個のボリュームを使用することを推奨しています。この推奨構成では、これらのボリュームが特定のコントローラ上の唯一のボリュームであることを前提としています。他のボリュームが存在する場合は、パフォーマンスを最大化するために、一般に最大8つのLUNを追加で使用することを検討できます。
- 相互に関連付けられており、パフォーマンス要件や管理要件が同等のLUNは、単一のボリュームでホストできます。同じボリュームを使用することで、組織は次のメリットを実現できます。
 - 共通の管理コンテナを使用して管理の複雑さを軽減
 - Snapshotコピーとデータ保護、またはSnapshotコピーを基盤とするレプリケーション機能は、ボリュームレベルで管理されます。特定のアプリケーション（または特定のホスト）がすべて共通のボリュームでホストされている場合、そのボリュームは実質的に整合グループとして機能できます。Snapshotコピーのコンテキストはボリュームであり、そのボリュームでホストされているすべての項目がすべてのSnapshotコピーによってキャプチャされます。
 - Storage Efficiencyでは、ボリュームが整理コンテナとして使用され、Storage Efficiencyオブジェクトとメタデータはすべてボリュームレベルで格納されます。したがって、ボリュームに含まれるLUNが多いほど、効率性（重複排除されたブロック、圧縮、コンパクションなど）が向上します。
- 同じボリューム内の複数のLUNを組み合わせることは理にかなっていない場合もあります。ただし、関連性が高く、パフォーマンス要件が似ており、共通の整合グループに含めることでメリットが得られるLUNを組み合わせる場合は、グループ化する必要があります。

LUN 数

LUN (iSCSIまたはFC) には、複数のプロセッサコアに分散できないスレッドがあります。そのため、パフォーマンスを第一に考慮する場合、NetAppでは、より小さいLUNを使用し、より小さいLUNを使用することを推奨します。より小さいLUNを使用することを推奨します。ボリュームと同様に、複数のLUNに作業を分散することで、ワークロードパフォーマンスを最適化できます。これにより、より多くのプロセッサコアを使用してワークロードI/Oを同時に処理できるようになります。

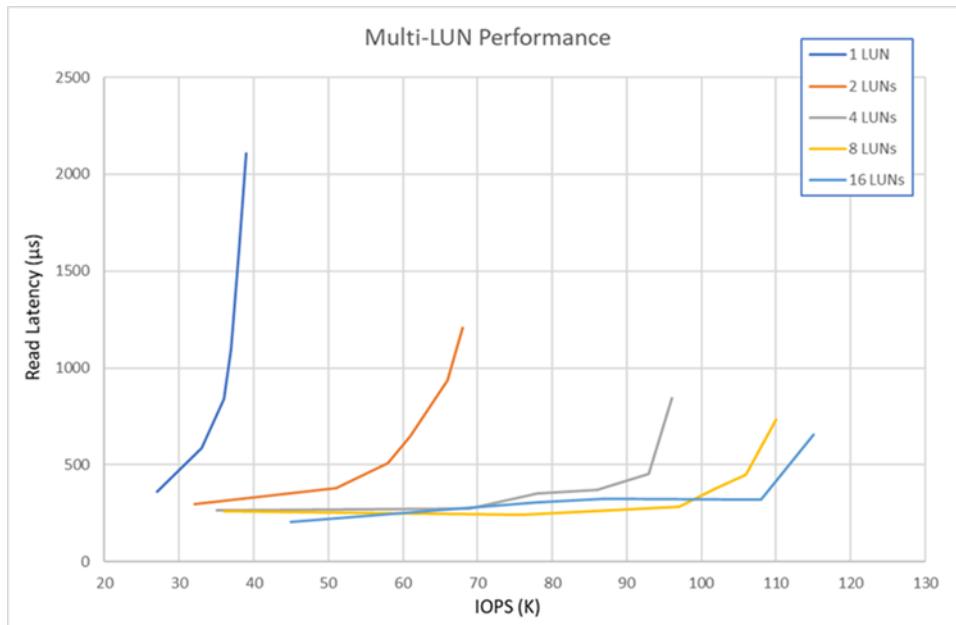
アプリケーションが使用するLUNの数を増やすために使用できる方法は次のとおりです。

- Logical Volume Manager (LVM ; 論理ボリュームマネージャ) は、複数のLUNを1つのボリュームにまとめ、ホストのOSまたはアプリケーションに提供します。LVMは、LinuxおよびUNIX OSで一般的に使用されます。Oracle ASMでは、複数のLUNを单一のストレージオブジェクトとして集約することもできます。
- 提示されたLUNをOSまたはアプリケーションが基本的に管理している場合は、1つのOSまたはアプリケーションに複数のLUNをアドバタイズした方が理にかなっていることもあります。

ベスト プラクティス

NetAppでは、サイズの大きいLUNよりも小さいLUNを使用することを推奨しています。8~16個のLUNが理想的です。

図23) 複数のLUNに作業を分散した場合の影響



FCインオーダー配信

インオーダー配信 (IOD) が行われるようFCスイッチを設定する必要があります。この手順はONTAP操作には必要ありませんが、アウトオブオーダーまたはドロップフレームが発生した場合、ONTAPは交換をドロップするため、ベストプラクティスです。そのため、ONTAPは、イニシエータがSCSIタイムアウトしきい値に達したときに、イニシエータ（ホスト）にフレームを再送信する必要があります。このプロセスには60秒かかることがあります。ONTAPは存続してこの状況から回復しますが、SCSIタイムアウトと再送信時間が原因でレイテンシが発生します。

ファブリック内のすべてのFCスイッチでIODが設定されている場合、ONTAPは順不同のフレームを受信しないため、フレームの再送信を待機している間はホストのSCSIタイムアウトが長く続くことはありません。

まとめ

ボリュームを追加しても、パフォーマンス上のメリットはほとんどありません。どのような変化も誤差の余白にすぎません。図22と図23は、8個のLUNを含む単一のボリュームが、10万IOPSのランダムIOPSを低レイテンシで簡単に提供していることを示しています。ここからわかる推論は、特定のアプリケーションで使用するLUNの数を増やすことでアプリケーションのパフォーマンスを向上できるということです。ボリューム数を増やすことである程度のパフォーマンス向上が得られますが、LUN数を増やすことで得られるパフォーマンス向上よりもはるかに小さくなります。どちらの場合も、ボリューム数を増やすことによるリターンはどちらも小さくなる傾向があります。さらに、ボリューム数を増やすと、スケールへのリターンが減少する可能性があります。

注： まれに、ワークロードが複数のボリュームに分散していることがあります。これはほとんどの場合、1つのアプリケーションがコントローラのすべての機能を消費している環境のケースです。たとえば、50万IOPSをプッシュする必要がある大規模なデータベースが1つあり、レイテンシをマイクロ秒単位で最小限に抑えたい場合は、複数のボリュームが必要になります。このような場合は、解決策アーキテクトと協力して、使用中のボリューム数だけでなく、構成のあらゆる側面について検討する必要があります。

上記のデータに基づいて、次の推論を導き出すことができます。

- 複数のLUNに作業を分散すると、パフォーマンスが大幅に向上がります。
- 1つのLUNで約35,000 IOPSをサポートできます。2つのLUNでは、制限がほぼ2倍になります。
- LUNが8個に達すると、メリットは減少し始めます。そのため、[TR-3633 : 『Oracle Databases on ONTAP』](#)では、データベースに4~8個のLUNを使用することが推奨されています。4つのLUNを使用しても問題ありませんが、8つのLUNを使用した方が
- 単一のボリュームに8つのLUNを配置すると、10万IOPSのランダムIOPSを低レイテンシで簡単に実現できます。これは、すべてのデータベースで必要とされるI/Oの99%以上に相当します。

注： 図22と図23は、前に説明した結論の数値が特定のテストから得られたものであることを示しています。結論は有効であり、NetAppのベストプラクティスの推奨事項を示しています。ただし、概念と推奨事項を説明するために、具体的な番号を記載しています。特定のボリューム、LUN、またはアプリケーションがパフォーマンスに関して何を達成できるかを保証またはガイドラインとしてとらえるべきではありません。

スケーラブルSAN

SVMを初めて作成してブロックプロトコル（FCまたはiSCSI）を有効にすると、SVMはFC World Wide Name (WWN；ワールドワイド名) またはiSCSI Qualified Name (IQN；iSCSI修飾名) をそれぞれ取得します。この識別子は、ホストによってアドレス指定されている物理ノードに関係なく使用されます。ONTAPでは、すべてのクラスタノードのSCSIターゲットポートが連携して、ブロックストレージにアクセスしているホストに仮想の分散SCSIターゲットを提供します。

そのため、実際には、通信している物理ノードに関係なく、ホストは同じSCSIターゲットと通信します。このアクセス方法は、データの耐障害性とデータ移動の新しい可能性を提供します。また、クラスタでブロックプロトコルを使用してデータにアクセスする場合のベストプラクティスにも影響します。

ベスト プラクティス

既存のSVMに対してiSCSI LIFまたはFC LIFを初めて作成する場合は、fcp show iscsi show コマンドまたはコマンドを使用するか、OnCommand System Managerの[Storage Virtual Machine] > [Configuration] > [Protocols]ペインに移動して、そのSVMのFC / iSCSIサービスが作成されて有効になっていることを確認します。

注： System Managerの[SVM Setup] ウィザードなどの自動プロセスを使用して、SVMがこれらのプロトコルを提供するように最初にセットアップされている場合は、この手順は必要ありません。

ボリューム構成

クラスタでボリュームをプロビジョニングする場合、重複排除、スペースリザベーション、Storage Efficiencyに関する多くの考慮事項は同じです。大きな違いの1つは、ONTAPストレージクラスタ上のボリュームは、個々のノードではなくSVMコンテナを指向している点です。そのため、ONTAPストレージクラスタ上のボリュームは、NFSプロトコルまたはCIFSプロトコルを使用してファイルシステムをエクスポートするために、SVM全体のグローバルネームスペースにマッピングすることができます。ただし、グローバルネームスペースに特定のボリュームがあるかどうかは、FCまたはiSCSIを使用して提供されるデータには影響しません。

ベストプラクティス

LUNを含むボリュームは、ブロックプロトコルを使用してデータを提供するためにグローバルネームスペースに接続する必要はありません。必要となるのは、**igroup**とLUNマッピングのみです。

ホスト接続

ブロックプロトコルを使用してONTAPストレージクラスタが提供するデータにアクセスするホストでは、SCSIプロトコルに対するALUAの拡張を使用して、どのパスが直接パスで、どのパスが特定のLUNに間接パスであるかを判断する必要があります。ALUA規格では、直接パスを「アクティブ / 最適化パス」と呼び、間接パスを「アクティブ / 非最適化パス」と呼びます。すべてのALUA情報は、データに使用されているのと同じiSCSI接続またはFC接続を使用して、インバンドで要求および配信されます。

特定のパスのステータスは、特定のLUNで検出された各パスにパスステータス照会を送信するホストで検出できます。このパスステータス照会は、パスのステータスが更新されたことと、パスの優先順位を再検出する必要があることをホストに通知するSCSIリクエストの結果を、ストレージシステムが追加データとともに送信したときにトリガーできます。

ALUAはよく知られ、広く導入されている標準であり、ONTAPが提供するブロックデータへのアクセスの要件です。ONTAPのブロックアクセスプロトコルとの互換性がテストされて認定されたオペレーティングシステムは、ALUAをサポートしています。

パスの選択

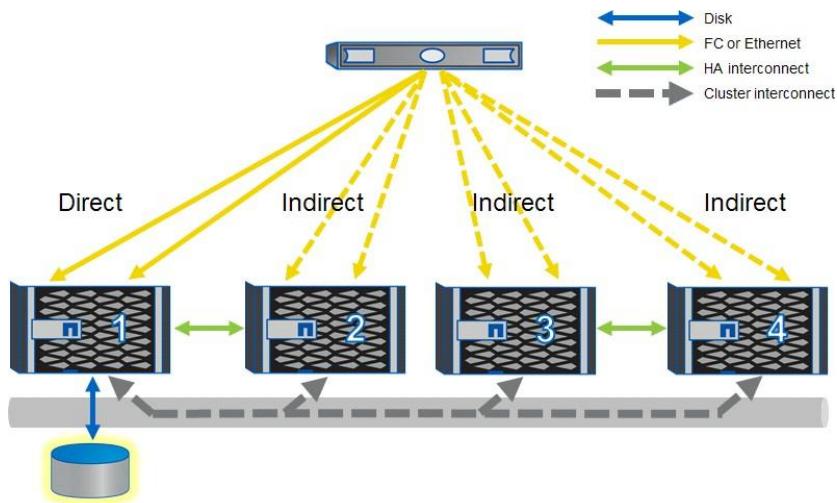
SVMが所有するすべてのLIFは、LUNの書き込み要求と読み取り要求を受け入れますが、そのLUNのベースとなるディスクを実際に所有しているクラスタノードは常に1つだけです。これにより、LUNに対する使用可能なパスは、直接パスと間接パスの2種類に効果的に分けられます。

LUNの「直接パス」とは、SVMのLIFとアクセス対象のLUNが同じノードに存在するパスです。物理ターゲットポートからディスクへ移動する場合、クラスタネットワークを経由する必要はありません。

図24は、直接パス上の1というラベルのノードが所有するLUNのデータにアクセスするホストを示しています。LUNがストレージアグリゲート上にあるため、このノードへのパスはすべて直接パスです。SANプロトコルを設定する場合、LUNへの直接パスを複数設定するのが一般的です。冗長性とデータアクセスの耐障害性を確保するために、通常は別々のイーサネットネットワークまたはFCファブリックを経由する2つ目のパスを使用し、スループットを確保するためにネットワークまたはファブリックごとに追加のパスを使用します。

ALUAを使用すると、間接パスを使用せずに、ホストが利用可能な任意の直接パスを経由してトライフィックを転送できるため、障害シナリオ以外で間接パスを使用することはほとんどありません。

図24) ONTAPでのパスの概要



「間接パス」とは、SVMのLIFとアクセス対象のLUNが異なるノードに存在するデータパスです。物理ターゲットポートからディスクに移動するには、データがクラスタネットワークを経由する必要があります。クラスタネットワークは高速で可用性が高いため、ラウンドトリップには大きなレイテンシは発生しないものの、間接パスは効率的なデータパスではありません。適切に構成されたSAN環境では、ホストによる間接パスの使用は最小限に抑えられています。

すべてのホストは、クラスタ内の物理リソースを使用するSVMとのみ通信するため、実際には、クラスタへのすべての接続はLUNにアクセスするホストで実行されているMPIOソフトウェアで管理され、通常運用時は直接パスのみが使用されます。

ベスト プラクティス

すべてのSVMに、各クラスタノード、および各FCファブリックまたはイーサネットネットワークのLIFを割り当てる必要があります。たとえば、4ノードクラスタが3aと4aのFCターゲットポートを使用して2つの独立したFCファブリックAとBに接続されている場合、FCを使用してデータを提供するSVMには、node1 : 3a、node1 : 4a、node2 : 3a、node2 : 4aの8つのLIFが必要です。ノード3 : 3a、ノード3 : 4a、ノード4 : 3a、およびノード4 : 4a。ノードが5つ以上あるクラスタでは、管理性を向上させるために、オペレーティングシステムのパス数の制限に従い、特定のLUNへのアクセスに使用するパスの数を制限する必要があります。詳細については、「パス管理と選択的LUNマッピング」のセクションを参照してください。

管理者が以前からONTAPストレージクラスタをNFSやCIFSなどのNASプロトコルと組み合わせて使用していた場合は、これらのプロトコルを提供するLIFとブロックiSCSIまたはFCを提供するLIFを区別する必要があります。NAS LIFは、ノード間で自由に移動でき、HAフェイルオーバーまたはポートフェイルオーバー時に移動するノードとポートを指定するフェイルオーバー グループに属することができます。一方、SAN LIFは複数のパスのエンドポイントを表します。すべてのパスはSCSIイニシエータとSCSIターゲットの間で同時に確立され、ホストのMPIOソフトウェアがI/Oを実際に受信するパスを管理します。そのため、NAS LIFとは異なり、SAN LIFはフェイルオーバーできません。SANのフェイルオーバーメカニズムでは、複数のパスをプロビジョニングし、ホスト上でマルチパス(MPIO)ソフトウェアを使用して、ホストに提供される複数のパスを管理します。

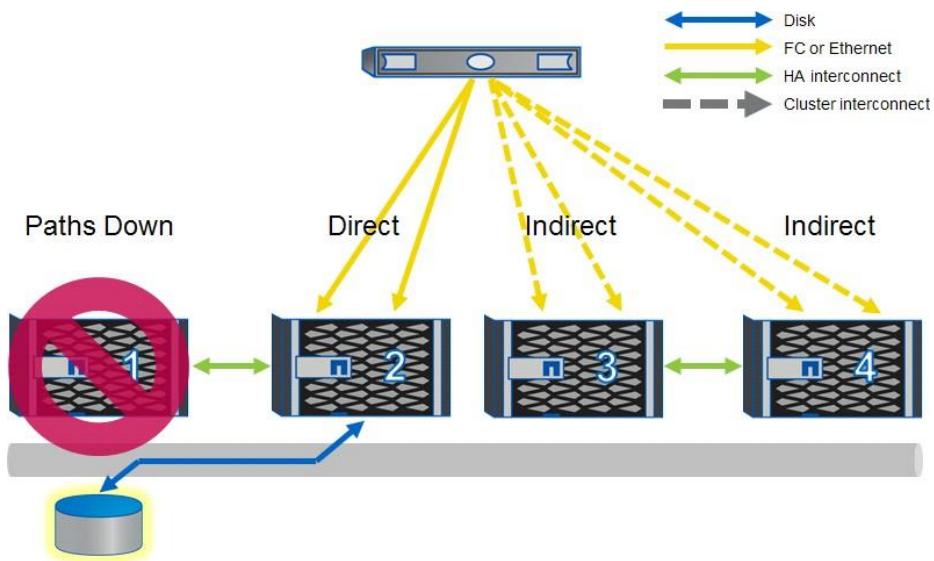
このような動作の違いがあるため、iSCSIプロトコルを使用してデータを提供するイーサネットLIFも、NASプロトコルを使用してデータを提供することはできません。

パス選択の変更

次の3つイベントでは、クラスタ上のデータにアクセスするために、ホストが選択したパスが変更される可能性があります。

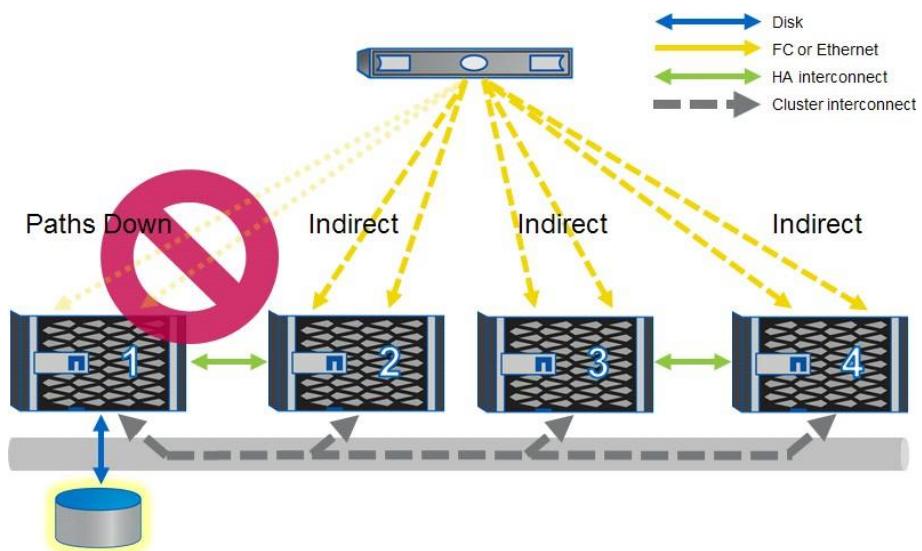
HAフェイルオーバー : HAフェイルオーバー イベントでは、ダウンノードのLIFはオフラインとみなされ、ダウンノードを引き継いだHAパートナーのLIFが直接パスになります。パスの状態は、ALUAパス照会によって自動的に変更されます。管理者による変更は不要です。図25は、HAフェイルオーバー時のパスを示しています。

図25) HAフェイルオーバー時のパス



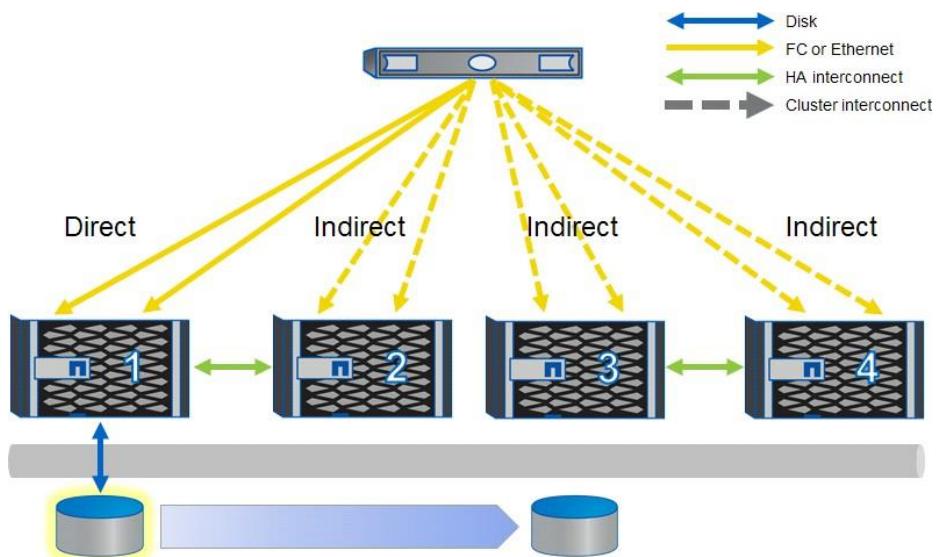
ポートまたはスイッチの障害。 ポートまたはスイッチに障害が発生した場合、直接パスが使用できなくなります。パスの優先順位は変わりません。直接パスが再び使用可能になるまで、ホストで実行されているMPIOソフトウェアが代替の間接パスを選択します。ALUAパスの状態は変化しません。図26は、ポートまたはスイッチに障害が発生したときのパスを示しています。

図26) ポートまたはスイッチの障害時のパス



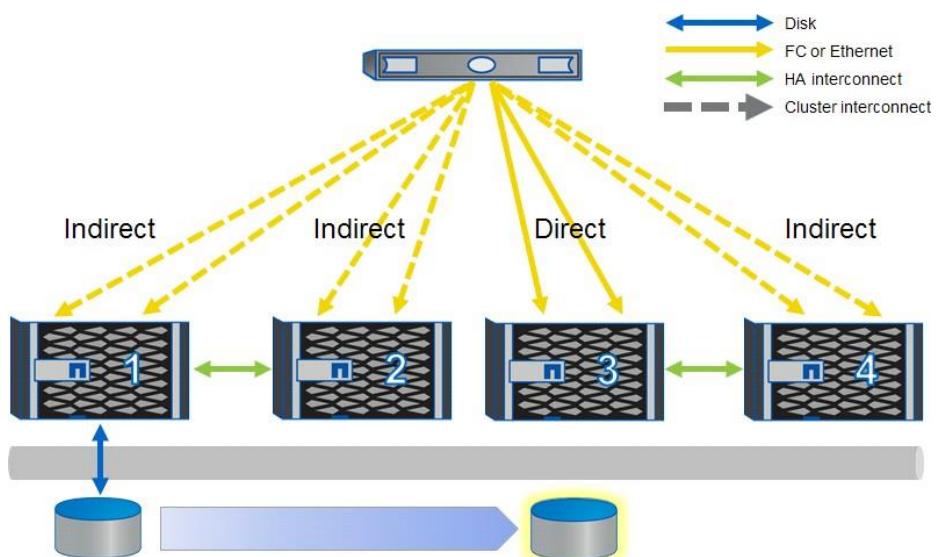
ボリュームまたはLUNの移動：ボリュームは volume move 、機能を使用してノード間で透過的に移動されます。LUNは、を使用してノード間で透過的に移動され lun move ます。図27は、ボリュームまたはLUNの移動中のパスを示しています。

図27) ボリュームまたはLUNの移動中のパス



ボリュームの移動の場合、カットオーバーが発生し、ボリュームの新しいノードが読み取り要求と書き込み要求を処理し始めると、パスの状態が更新され、新しいノードに直接パスが設定され、古いノードに間接パスが設定されます。常にすべてのパスを使用できます。図28は、ボリュームまたはLUNの移動後のパスを示しています。

図28) ボリュームまたはLUNの移動後のパス



LUNの移動の場合、カットオーバーはすべてのデータがデスティネーションに転送される前に行われ、読み取り要求はクラスタネットワークを経由してソースノードに渡されて処理されます。LUNの移動機能の動作の詳細については、「NetApp NetApp DataMotion forLUN」の項を参照してください。

FCおよびNPIV

ONTAPノードでは、7-Modeのように、単一のWorld Wide Node Name (WWNN；ワールドワイドノード名) およびHAペアの物理FCターゲットアダプタのアドレスに基づく関連付けられたWWPNを使用する代わりに、NPIVを使用してすべての論理インターフェイスが独自のWWPNでFCファブリックにログインできるようにします。これにより、どの物理ノードがどのLIFを所有しているかに関係なく、同じFCファブリックに接続されているホストが同じSCSIターゲットと通信できるようになります。仮想ポートはSCSIターゲット サービスを提供し、データを送受信します。

ベスト プラクティス

FC LIFが正しく動作するためにはNPIVが必要です。FC LIFを作成する前に、ONTAPシステムに接続されているファブリックでNPIVが有効になっていることを確認してください。

Cisco NX-OSを使用している場合は、次のコマンドを実行してNPIVのステータスを確認できます。show npiv status コマンド。

```
N5K-A# show npiv status
NPIV is enabled
```

Brocade FabOSを使用している場合は、portcfgshow コマンドを使用すると、NPIVの機能とステータスが表示されます。

Ports of Slot 0																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Speed	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	10	10	10	10	10	10	10	10
Fill Word	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
AL_PA Offset	13	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Trunk Port	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	-	-	-	-	-	-	-
Long Distance	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
VC Link Init	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Locked L_Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Locked G_Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Disabled E_Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Locked E_Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ISL R_RDY Mode	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
RSCN Suppressed	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Persistent Disable	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
LOS TOV enable	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
NPIV capability	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
NPIV PP Limit	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
QoS E_Port	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	..	..	..	..	..	..	..	..
EX Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Mirror Port	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Rate Limit	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Fport Buffers	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Port Auto Disable	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
CSCTL mode	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

ストレージ管理コンソールから、接続されているスイッチのNPIVステータスを直接照会することはできませんが、ローカルFCトポロジ調べると、ファブリックスイッチポートでNPIVが有効になっているかどうかを確認できます。次の例では、仮想ポートを含む複数のWWPNがポート2/1に設定されているため、NPIVを有効にする必要があります。

cluster::> node run -node node01 fcp topology show					
Port	Port WWPN	State	Type	Attached WWPN	Port ID

2/1	20:01:00:0d:ec:b4:94:3f	Online	F-Port	50:0a:09:83:8d:4d:bf:f1 0xc80033 20:1c:00:a0:98:16:54:8c 0xc80052* 20:0e:00:a0:98:16:54:8c 0xc80034* 20:10:00:a0:98:16:54:8c 0xc8003f
2/3	20:03:00:0d:ec:b4:94:3f	Online	F-Port	50:0a:09:83:8d:c0:1c 0xc8002c

ベストプラクティス

物理WWPN（50:0a:09:8xで始まるWWPN）は、ファブリックにログイン済みと表示されますが、SCSIターゲットサービスを提供しないため、FCファブリックのゾーン設定には含めないでください。これらのWWPNは `fcp adapter show -fields fc-wwpn`、コマンドを使用するか、System Managerの[Cluster]>[Configuration]>[Network]にある[FC / FCoE Adapters]ペインで確認できます（図29を参照）。

代わりに、`network interface show` 図30に示すように、コマンドの出力およびSystem Managerの[Cluster]>[Configuration]>[Network]>[Network Interfaces]ペインに表示される仮想WWPN（20:で始まるWWPN）のみを使用します。

図29) System ManagerのFCアダプタ

The screenshot shows the ONTAP System Manager interface with the 'FC Ports' page selected. The left sidebar is collapsed, and the main area displays two nodes: 'tme-a700s-clus-01' and 'tme-a700s-clus-02'. Each node has two ports listed under '2a' and '2b'. The table provides detailed information for each port, including WWPN, Network Interface, Data Link Rate, Port Address, Protocol, and Throughput.

Node	2a	2b
tme-a700s-clus-01	WWPN: 50:0a:09:81:80:92:c2:b9 Network Interface: 1 Data Link Rate: 16 Gb/s Port Address: a2300 Protocol: FC, NVMe Throughput (MB/s): 0 MB/s	WWPN: 50:0a:09:82:80:92:c2:b9 Network Interface: 1 Data Link Rate: 16 Gb/s Port Address: b2300 Protocol: FC, NVMe Throughput (MB/s): 0 MB/s
tme-a700s-clus-02	WWPN: 32 Gb/s	WWPN: 32 Gb/s

図30) System Managerのネットワークインターフェイス

Node	e0M	e0a	e0e	e0f
tme-a700s-clus-01	1 Gb/s	40 Gb/s	40 Gb/s	
Enable/Disable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MTU	1500	9000	1500	9000
Network Interface	2	1	0	1
Broadcast Domain	Default	Cluster		Cluster
iPspace	Default	Cluster		Cluster
Type	Physical	Physical	Physical	Physical
Throughput (MB/s)	0.01 MB/s	0.06 MB/s	0 MB/s	0.05 MB/s

パス管理と選択的LUNマッピング

ノードが3つ以上あるクラスタでは、従来よりも多くのパスが使用される可能性があります。複数のファブリックに接続されているクラスタ、または1つのファブリックに対してストレージコントローラが複数接続されているクラスタでは、使用可能なパスの数が急増することがあります。

これにより、ストレージ管理者にとって、次の潜在的な問題が発生します。

- 多数のターゲットポートを使用すると、冗長性を確保しやすくなりますが、運用上の負担が大きくなる可能性があります。FC環境では、より大規模で複雑なゾーンとゾーンセット、追跡するクラスタSVMに属するWWPNの大規模なテーブルが必要になります。iSCSI環境の場合は、LUNを必要とするすべてのホストに対して大量のセッションを確立する必要があります。
- 多くのオペレーティングシステムでは、アクセス可能なパスの数に上限があります。特に、多数のパスと多数のLUNを持つホストでは、LUNの列挙やパスステータスの問題が発生する可能性があります。
- 要求の厳しい高スループットのワークロードの中には、競合を軽減するためにトラフィックを重要度の低いトラフィックから分離することでメリットを得られるものもありますが、ALUAのパスステータスには、ある直接パスを別のパスよりも優先させるメカニズムはありません。
- ONTAPストレージOSには、確立されたパス(Initiator-Target Nexus[ITN];イニシエータ-ターゲット接続)の総数に、テスト済みの上限があります。NetAppストレージコントローラの制限の詳細については、[SAN構成ガイド](#)または[Hardware Universe](#)のサイトを参照してください。

提供されるパスの総数は制限することを推奨します。ただし、HAフェイルオーバーまたはパス障害が発生した際にデータへの直接パスおよび可用性と冗長性を確保するには、少なくとも、アクセスされるデータを含むボリュームを格納するノードと、そのHAパートナーがパスを提供する必要があります。

LUNから提供されるパスを制限する方法には、FCゾーニングまたはiSCSIセッション管理のみを使用する方法とは異なり、ストレージOSの機能を使用して制限する方法が2つあります。デフォルトで有効になっている選択的LUNマッピング(ONTAP 8.3以降)とポートセットです。

選択的LUNマッピング

SLMは、Data ONTAPクラスタにすでに存在するLUNマッピングテーブルに追加された機能です。このテーブルは、LUNパス、igroup、およびLUN IDのすべての論理リンクで構成されます。このテーブルは、(特にホストベースのクラスタリングシナリオでは) LUNが複数のigroupにマッピングされている可能性があり、igroupに複数のLUNがマッピングされている可能性があるため、すべてのLUNマッピングの概要を完全に取得するた

めに必要です。

これらのプロパティに加えて、**Data ONTAP 8.3**を実行しているストレージクラスタ 各マッピングには、レポートノードのリストも含まれています。レポートノードには、そのLUNが同じマッピングで指定されたigroupにリストされているストレージコントローラから存在することが示されます（次の図を参照）。

vserver	path	igroup	lun-id	reporting-nodes
SAN_Default_SVM	/vol/host1/lun0	linux1	0	node-01, node-02
SAN_Default_SVM	/vol/host2/lun0	linux2	0	node-01, node-02
SAN_Default_SVM	/vol/host2/lun1	linux2	1	node-03, node-04

注：Data ONTAP 8.3で作成されたLUNマッピングには、デフォルトでデフォルトの選択的LUNマッピングポリシーが適用され、LUNが配置されているボリュームが含まれているノードとそのHAパートナーからLUNが提供されます。

注：以前のバージョンのData ONTAPストレージOSで作成されたLUNマッピングでは、ストレージクラスタ内のすべてのノードからLUNが提供されるという以前のデフォルト動作を反映するため、レポートノードのリストにワイルドカードエントリが表示されます。

ただし、LUNマッピングには、HAペアでグループ化されているかぎり、クラスタ内に任意のノードまたは他のすべてのノードを含めることができます。また、空白またはワイルドカードを使用することもできます。この場合、LUNはクラスタ内のすべてのノードから存在すると報告されます。このようにして、ストレージ管理者は、パスを提供するストレージコントローラを非常に細かく選択できます。

ポートセット

ポートセットを使用すると、管理者はインターフェイスグループをマスクして、使用可能なターゲットポートの一部でそのグループにマッピングされているLUNにアクセスできるようにすることができます。この機能は、clustered ONTAPと7-Modeの両方で利用できます。ONTAP 8.2以前では、ポートセットはパス管理で大きな役割を果たしましたが、Data ONTAP 8.3ストレージOSでは、ストレージコントローラとSVMでFCファブリックまたはイーサネットネットワークごとに使用可能なターゲットLIFが複数ある場合に、提供されるパスの数を制限する目的で使用されます。たとえば、一連のホストまたはアプリケーションのトラフィックを、ターゲットポートの総数のうち専用のサブセットに制限することが望ましいと考えられる場合があります。

注：現在ポートセットのメンバーであるLIFは、ポートセットから削除するまで変更できません。変更後にポートセットに追加することができますが、データへのパスに関するホストの要件を満たす十分な数のLIFをポートセットに残しておくように注意する必要があります。

HAフェイルオーバーまたはノンストップオペレーション時にデータへの直接パスと可用性と冗長性を確保するために必要なパスは、アクセス対象のデータが格納されたボリュームが格納されたノードとそのHAパートナーへのパスだけです。

管理インターフェイス

ブロックプロトコルを使用してデータを提供するSVMに属するLIFは、管理目的には使用できません。また、ONTAPストレージクラスタの論理的な管理単位はSVMであるため、ブロックプロトコルを使用してデータを提供するインターフェイスに加えて、管理インターフェイスが各SVMに必要です。

ベストプラクティス

ブロックデータを提供するSVMの管理インターフェイスには、次のプロパティが必要です。

- dataのLIFタイプ
- データプロトコルが割り当てられていない (-data-protocols none)

-
- 管理アクセスを許可するファイアウォールポリシー(-firewall-policy mgmt)
 - Snapshot® コピーの作成や管理など、データ管理目的でLIFへの接続が必要なホストからLIFへのアクセスを維持するフェイルオーバーグループとポリシー（フェイルオーバーグループの詳細については、『ONTAP ネットワーク管理ガイド』の「[LIFのフェイルオーバーグループとポリシーの設定](#)」を参照してください）。

また、SVMレベルの管理アカウントも使用できる必要があります。SVMの作成時に作成されるデフォルトのアカウントは vsadmin アカウントですが、最初に security login password コマンドでパスワードを割り当ててから、security login unlock コマンドを使用してロックを解除する必要があります。詳細については、『[ONTAP システムアドミニストレーションガイド](#)』の「[SVM管理者への管理の委譲](#)」を参照してください。

System Managerを使用してクラスタを管理する場合、SVM管理LIFはSVMの作成時に作成できます。また、通常のLIF作成時に管理LIFとして指定することもできます。図31、図32、および図33を参照してください。

図31) SVM作成時の管理LIFの作成

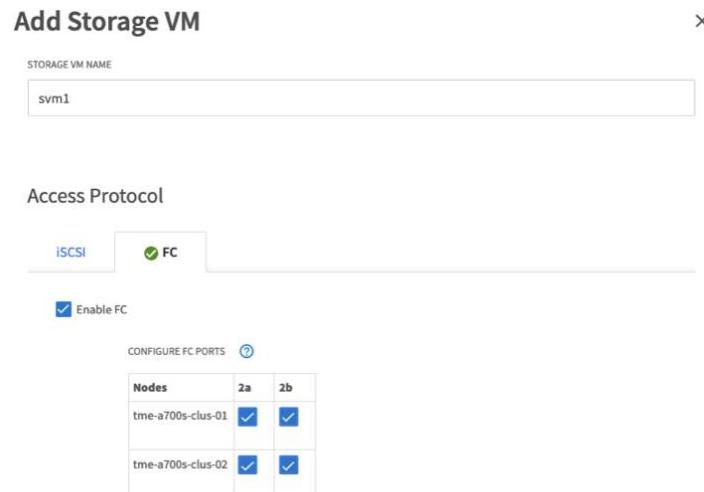


図32) 既存の SVM用の管理LIFの作成

Add Network Interface

INTERFACE ROLE (?)

Data Intercluster Storage VM Management

PROTOCOL

iSCSI FC

NAME

HOME NODE

IP ADDRESS

SUBNET MASK

Save **Cancel**

管理LIFの詳細は図33のようになります。

図33) 管理LIFの詳細

Network Interfaces									+	Search	Download
Name	Status	Storage VM	IPspace	Address	Current Node	Current P...	Protocols	Type			
tme-a700s-clus-02_mg...	✓		Default	10.193.39.85	tme-a700s-clus-02	e0M		Cluster/No...			
tme-a700s-clus-02_clus1	✓		Cluster	169.254.166.37	tme-a700s-clus-02	e0a		Cluster			
tme-a700s-clus-02_clus2	✓		Cluster	169.254.172.22	tme-a700s-clus-02	e0f		Cluster			
cluster_mgmt	✓		Default	10.193.39.81	tme-a700s-clus-01	e0M		Cluster/No...			
lif_svm0_452	✓	svm0		20:01:d0:39:ea:04:ff:68	tme-a700s-clus-01	2a	FC	Data			
lif_svm0_105	✓	svm0		20:03:d0:39:ea:04:ff:68	tme-a700s-clus-02	2a	FC	Data			

NetApp DataMotion for LUN

Data ONTAP 8.3以降では lun move、コマンドと lun copy コマンドを使用するか、API呼び出しを使用して、ボリューム単位ではなく LUN 単位で、ボリューム間、アグリゲート間、ストレージコントローラ間、HAペア間で LUN の移動やコピーを実行できます。

この方法を使用して移動またはコピーした LUN は、ほぼ瞬時に使用可能になります。デスティネーション LUN が作成され、そのメタデータと属性が到達すると、LUN は「昇格」され、ホストからの I/O 要求を受信できるようになります。その間に、ソースのデータがクラスタインターコネクトを介してバックグラウンドでコピーされます。デスティネーションにまだ到達していないデータの受信読み取り要求は、読み取り要求を実行する前に、デスティネーションからソースへの通信をトリガーします。受信書き込み要求は、デスティネーションに直接書き込まれます。

LUNの移動とコピーの比較

NetApp DataMotion for LUNを使用してLUNを移動する場合と、そのLUNを使用してLUNをコピーする場合には、いくつかの違いがあります。

LUNは、同じSVM内のボリューム間で、または他のSVM内のボリュームにコピーできます（クラスタ管理者が実行した場合）。LUNの移動は、同じSVM内のボリューム間でのみ可能です。これは、デスティネーションSVMの構成がソースと同じであるとは想定できないためです。デスティネーションSVMは、まったく別のFC WWNNまたはiSCSIターゲット名を持っています。LUNのコピーでは、合致する必要のあるLUNマッピングがデスティネーションにないため、SVM間のコピーも問題なく実行できます。

LUNの移動のソースは、アクティブ ファイル システムに存在する必要があります。LUNのコピーのソースは、Snapshotコピー内に存在していてもかまいません。Snapshotコピーは変更できないため、データを移動することはできません。

デフォルトでは、LUNのコピーは昇格が早く、LUNの移動は昇格が遅くなります。

- 昇格が早い場合、LUNはI/Oを受信できますが、Snapshotコピーは作成できません。
- 昇格が遅い場合、LUNはI/Oを受信でき、Snapshotコピーも作成できます。

Storage Efficiencyに関する考慮事項

NetApp DataMotion for LUNを使用して移動またはコピーしたLUNは、圧縮や重複排除が適用された状態でデスティネーションに到着しません。

ベスト プラクティス

デスティネーションボリュームに重複排除済みデータや圧縮済みデータが含まれていない場合は、重複排除または圧縮を有効にすると、次のStorage Efficiency実行時に処理されるブロックのリストに到達したLUNのブロックが追加されるため、ブロックスキヤンで検出する必要はありません。

データを共有するには、ボリューム内の重複排除またはクローニングを使用する必要があります。コピーされたLUN内のデータは、ソースボリューム内のデータの複製であり、ソースボリューム上のSnapshotコピーでロックされているLUNに属するデータは、そのSnapshotコピーが期限切れになるか削除されるまで、LUNが移動されても、ディスク上に残ります。

インライン圧縮が有効になっているボリュームでは、NetApp DataMotion for LUNの処理によって到着するLUNは圧縮されません。

データ保護に関する考慮事項

データ保護に関する考慮事項は、主にLUNが移動されてコピーされていない場合に該当します。これは、コピーによってソースデータがソースボリュームに残っていることがわかるためです。

移動されたLUNには、関連付けられたSnapshotコピーが含まれませんが、そのデータはソースボリュームにまだ存在している可能性があります。ソースボリュームのSnapshotコピー内のLUNデータも移動する必要がある場合は、LUNコピーを使用してSnapshotコピーからLUNをコピーできます。重複排除後も、コピーされたLUNは、使用可能なすべての重複ブロックを、そのボリュームに移動されたLUNと共有しています。

また、移動されたLUNは、ソースボリュームに関連付けられているデータ保護関係に加わっていない場合があることも考慮する必要があります。そのため、SnapMirror関係の新規作成などのフォローアップアクションが必要になる場合があります。デスティネーションですでにこのような関係が確立されている場合は、データレプリケーションのデスティネーションで消費されるスペースの増加に対処する必要があります。

ベスト プラクティス

LUNの移動をONTAPストレージクラスタの外部にあるソフトウェアと組み合わせて使用し、LUNを含むSnapshotコピーを管理する場合は、そのソフトウェアがNetApp DataMotion for LUNの機能を認識しており、LUNが存在しなくなった可能性があるボリューム内のSnapshotコピーからLUNをリストアします。これがで

きない場合、LUNの移動がデータ保護ワークフローに影響する可能性があります。

拡張性とスループットに関する考慮事項

LUNの移動処理またはコピー処理は、`-max-throughput` 引数を使用して処理ごとに調整できます。スロットルは `lun copy modify lun move modify`、コマンドまたはコマンドを使用して、処理の開始時または既存の処理に適用できます。

同時に実行できる移動またはコピー処理の最大数は50です。それ以上の処理はキューに登録されます。この制限は、移動またはコピー処理のデスティネーション側に適用されます。

ベストプラクティス

LUNのコピー処理や移動処理は、バックグラウンドでデータのコピーが開始されたあと、いつでも一時停止および再開できます。移動またはコピーを一時停止すると、バックグラウンドでデータが移動されなくなりますが、まだ到達していないデータの要求は、その実行に向けてソースLUNに転送されます。

データ管理とワークフローに関する考慮事項

NetApp DataMotion for LUNを使用する場合は、他のONTAP機能とのやり取りもいくつか考慮する必要があります。

- LUNの移動またはコピーのソースとして使用されているLUNは、処理中は削除できません。
- LUNの移動またはコピーのソースとして使用されているLUNは、処理の実行中はSnapRestore®を使用して置き換えることはできません。

LUNの移動またはコピーのソースとして使用されているLUNが、ボリューム移動処理で移動されているボリュームにある場合、移動されているボリュームのカットオーバー期間中にLUNの移動またはコピーが一時停止します。

ベストプラクティス

一部の既存のワークフローでは、NetApp DataMotion for LUNを使用して必要な手順を短縮できます。

- 以前は、LUNを含むボリュームを複製するには、ボリューム全体のクローンを作成する必要がありました。これで、空のボリュームやすでに占有しているボリュームには、別のボリュームのSnapshotコピーのLUNコピーを格納できます。これは、そのボリュームが別のSVMにある場合でも同様です。これまでボリューム内で使用できたサブボリュームLUNクローニング機能を、実質的に、他のボリュームに拡張できるようになりました。
- 以前は、LUNとボリュームの既存のレイアウトと比率を変更するには、ボリュームをクローニングして不要なLUNを削除するか、ボリューム管理機能を使用し、ホスト側のコピーを使用して新しいLUNに古いLUNのデータを格納する必要がありました。現在では、LUNを少数のボリュームに統合することでストレージ効率を向上できる場合や、他のLUNが含まれているボリューム内の1つのLUNを、パフォーマンスやストレージ階層化のニーズを満たすために再配置する必要がある場合は、ボリューム間でLUNを無停止でオンザフライで移動できます。

NetApp DataMotion と選択的LUNマッピング：パスの検出と破棄

ストレージクラスタのLUNマッピングを変更し、新しいパスを作成したり、既存のパスを削除したりする場合、そのLUNに接続されているホストで、SCSIバスの再スキャンを実行する必要があります。そのため、HAペア間でLUNを移動する場合は、次の手順を実行する必要があります。

1. `lun mapping add-reporting-nodes` コマンドを使用して、LUNマッピングを変更し、新しいレポートノードを追加します。

- 2 LUNにアクセスするホストでSCSIバスの再スキャンを実行し、新しいパスを検出します。
- 3 LUNを無停止で移動します。ALUAはパスステータスの変更をホストに通知し、ホストは新しい直接パスへのI/Oの移動を開始します。
- 4 `lun mapping remove-reporting-nodes` コマンドを使用して、LUNマッピングを変更し、古いレポートノードを削除します。
- 5 LUNにアクセスしているホストでSCSIバスの再スキャンを実行し、古いパスを破棄します。

再スキャン時には、複数のLUNで新しいパスの検出や古いパスの削除を行うことができます。

サポートされているすべてのオペレーティングシステムでホストSCSIバスの再スキャンを実行する手順については、[NetApp Support Site](#)の手順に関する[技術情報](#)を参照してください。

注意

LUNの移動が完了し、SCSIバスの再スキャンなどのホスト修復手順が完了するまで、レポートノードを削除しないでください。新しいレポートノードを追加し、LUNの移動を完了して、すべてのホスト修復手順を完了する前にレポートノードを削除すると、移動したLUNへのアクセスが失われる可能性があります。

パス管理のベストプラクティス

ONTAPの機能を使用して、ストレージ管理レベルで使用可能なパスの数を制限する必要があります。

ベストプラクティス

- 接続されているFCファブリックまたはイーサネットネットワークごとにターゲットLIFが1つあるストレージコントローラの場合 LUNマッピングによって提供されるデフォルトのパス数は、アクセス対象のボリュームとLUNを含むストレージコントローラからの2つの直接パスと、HAパートナーからの2つの間接パスで、合計4つです。
- 選択的LUNマッピングは、デフォルトでは、LUNを所有するストレージコントローラとそのHAパートナーにLUNのパスを制限しますが、一時的または永続的に追加のノードをマッピングに含めることができます。
- 接続されているFCファブリックまたはイーサネットネットワークごとに複数のターゲットLIFがあるクラスタでは、追加のパスを使用してLUN単位で帯域幅やキュー深度を増やすことができます。または、ポートセットを使用して、`igroup`単位でトラフィックを特定のLIFに転送することもできます。
- デフォルトのLUNマッピングよりも多くのパスが必要となるLUNでも、8パスで十分であることがほとんどです。これは、すべてのホストSAN実装でサポートされているパス数です。さらに多くのパスが必要なLUNの場合は、『[SAN構成ガイド](#)』に、サポートされている各ホストOSでテスト済みの最大パス数が記載されています。
- `vol move lun move` クラスタ内のHAペア間でLUNの移動を伴うやなどのLUN移動イベントには、移動イベントが開始される前に、デステイネーションストレージコントローラを使用してLUNが提供されていることを確認する手順が含まれている必要があります。`lun mapping add-reporting-nodes` コマンドを使用すると、新しいパスを追加できます。移動が完了したら、`lun mapping remove-reporting-nodes` コマンドを使用して、直接パスではなくなった元のパスを削除します。
- LUNに提供されるパスを変更する場合、新しいパスを検出して古いパスを破棄するために、ホストのSCSIバスの再スキャンを実行する必要があります。パスの変更に関するホスト側のベストプラクティス、および現在パスを提供していないHAペアへの移動に対応するためにLUNマッピングを変更する必要がある場合に使用する手順については、次のセクションを参照してください。「[NetApp NetApp DataMotionと選択的LUNマッピング：パスの検出と破棄](#)」
- LUNマッピングの変更には、LUNにアクセスするホストの変更が必要なため、ホストで実行する管理手順が望ましくない場合や、HAペア間でLUNの移動が頻繁に発生する場合は、LUNマッピングのノードのリストを拡張することを検討してください。

拡張性に優れたSANの主な価値提案と機能

このセクションでは、NetAppの主な設計目標の一部を紹介します。目標には、データモビリティ、パフォーマンスの最適化、キャパシティプランニング、さらにはシステムレベルのハードウェア交換のためのノンストップオペレーションを可能にする、大規模なユニファイドアーキテクチャの提供が含まれています。これは現在利用可能な主な機能の完全なリストではありませんが、拡張性に優れたSAN機能とONTAPが他のストレージ市場とどのように差別化されているかを示しています。

統合ターゲットおよび管理単位としてのSVM

Data ONTAP 7-Modeを実行しているストレージコントローラでは、HA構成のメンバーである場合、接続されたFCファブリックに1つのWWNNがすでに提供されています。ストレージクラスタは、この1つのWWNNをSVM単位でクラスタのすべてのメンバーに拡張します。これにより、すべてのノードが同じターゲットを提供し、同じ物理ハードウェア上で複数のターゲットを共存させることができます。

同じ概念はストレージ管理にも適用されます。すべてのデータは、SVMに関連付けられているボリュームからと、SVMの一部として設定されたiSCSIターゲットまたはFCターゲットから提供されるため、クラスタは、一度に1つずつストレージノードを管理するという時間のかかる方法ではなく、SVM単位で管理されます。

SVMレベルでの管理に重点を置いていたため、ストレージ管理のセキュアマルチテナントモデルを導入することが可能です。

ノードレベルおよびクラスタレベルでの拡張

ONTAPは、ノードレベルとクラスタレベルの両方で拡張でき、Data ONTAP 8.1でSANプロトコルが導入されて以来、両方の拡張性が向上しています。SAN構成の制限に関する詳細な最新情報については、『[SAN構成ガイド](#)』を参照してください。概要については、表3を参照してください。

表3) ONTAPの拡張性

ONTAPのバージョン	9	9.1	9.8
クラスタあたりのノード数	8	12	12
ノードあたりのLUN数	12,288	8,192	8,192
クラスタあたりのLUN数	98,304	98,304	98,304
ノードあたりのiSCSIセッション数	8,192	8,192	8,192
ノードあたりのFC ITN数	8,192	8,192	8,192

クラスタ全体の整合グループ

Snapshot整合グループはONTAP 8.2で導入されました。整合グループは、複数のストレージコントローラ上のSnapshotコピーを同時に作成する方法の1つです。これを使用すると、SVM内の複数のボリュームからLUNを提供されているホストで、Snapshotコピーの作成を同期できます。これにより、LUNが複数のクラスタノードに存在する場合でも、複数のLUN間で整合性のあるSnapshotコピーを作成できます。

複数のストレージコントローラ上で一斉にSnapshotコピーを作成するのではなく、1つのコマンドを使用して複数のクラスタノードとボリュームで1つのコピーを同時に作成できます。整合グループはSVM単位で機能するため、コマンドを受信するSVMが所有するすべてのボリュームがSnapshotコピーの候補になります。

クラスタ内のLUNとLIFの移動

以前のバージョンのONTAPでは、ボリュームを任意のノードからクラスタ内の他のノードに無停止で移動できました。ONTAP 8.3以降では、ボリューム単位ではなくLUN単位で、ボリュームとストレージコントローラの間でLUNをコピーや移動することもできます。LUNのコピー機能を使用し、LUNを即座に利用できるよ

うにすることで、クローニング処理を短縮できます。

通常運用時は、**LIF**またはボリュームをクラスタノード間で移動する必要はありませんが、状況によっては、ボリュームまたは**LIF**をノード間で無停止で移行することが望ましい場合があります。

ノード間で**LUN**やボリュームを移行するには、デスティネーションノードがホストに直接パスを提供できる必要があります（「パスの選択」の項を参照）。

あるノードとポートから別のノードとポートに**LIF**を移行する場合は、**LIF**を削除して再作成するのではなく、変更することで管理上の負担を軽減できます。**LIF**のIPアドレスまたは**WWPN**は変わらないため、ファブリックのゾーニングやホストの変更は必要ありません。**SAN LIF**は、対象の（ポートではなく）**LIF**がオフラインの場合にのみ変更できます。`network interface modify -status-admin down` コマンドを使用すると、**SAN LIF**を意図的にオフラインに設定できます。

ベスト プラクティス

クラスタ メンバーシップを変更する場合は、クラスタ サイズの制限を超えないようにしてください。

ブロックプロトコルを使用する場合のクラスタサイズ制限については、『[ONTAP 9 SAN構成ガイド](#)』を参照してください。

Foreign LUN Import

Data ONTAP 8.3以降では、**FC**を使用するサードパーティ製アレイ、および**E**シリーズおよび**EF**シリーズのストレージコントローラから**LUN**をインポートできます。

この機能はData ONTAP 8.3ソフトウェアに含まれており、使用ライセンスや追加の機器は必要ありません。インポートプロセスでストレージコントローラの**FC**ポートまたは**UTA2**ポートの一部をイニシエータモードに設定するだけで済みます。**UTA2**ポートを使用する場合は、これらのポートを**FCP**パーソナリティに設定する必要があります。これは、**FC**が**FLI**でサポートされる唯一のトランスポートであるためです。

FLIを実行するストレージコントローラは、**FC**ターゲットから提供された**LUN**を調べて、独自のストレージ上の既存ボリューム内に同じサイズとジョメトリの**LUN**を作成し、次にソース**LUN**のすべてのデータのブロック単位のコピーを作成します。適切なブロックアライメントを維持するために必要な場合はオフセットを使用します。ONTAPで作成した**LUN**はプロトコルに依存しないため、**FC**を使用してインポートした**LUN**は、ネイティブの**LUN**と同じ方法で*SCSI*を使用してホストに提供できます。

このインポート手順は、オンライン モード（Data ONTAP 8.3.1以降）またはオフライン モードで実行できます。オンライン**FLI**インポートでは、**LUN**がオフラインになるのは、ソース**LUN**とデスティネーション**LUN**の間にインポート関係を作成し、ホストが新しい場所にストレージをマウントするために必要な場合のみです。その**LUN**へのI/Oは通常どおり継続できます。インポートが完了して関係が解除されるまで、ONTAPはソースとデスティネーションの両方への受信データを多重化します。オフラインでの**FLI**インポート中は、インポートが完了してインポート関係が解除されるまで、ソース**LUN**とデスティネーション**LUN**の両方にアクセスできません。

サポートされている他社製アレイについては、**FLI**の[Interoperability Matrix Tool \(IMT\)](#) を参照してください。

Data ONTAP 8.3.1以降では、**7-Mode**を実行しているNetAppストレージコントローラをソースとして使用してインポートを実行できます。これは、移行中に**LUN**のアライメントを修正する必要がある場合や、**LUN**が存在するアグリゲートを32ビットに維持する必要がある場合に役立つデータの移行戦略です。このバージョンの**FLI**手順の詳細については[TR-4380](#)を、移行戦略の詳細については[TR-4052](#)を参照してください。

FabricPoolとONTAP SAN FabricPoolの併用

SCSIやNVMe-oFなどのSANプロトコルでは、どちらも最大120秒のシステム停止に耐えることができます。この制限があるため、最初の120SでFabricPool (FP) S3階層化接続が停止している場合、ONTAPは再試行可能なエラーを報告し、この120Sウィンドウ全体でSANホストアプリケーションからのI/Oが再試行されます。この120Sウィンドウの最後に、ONTAPターゲットが再試行できないエラーを報告し始めます。これにより、SANホストアプリケーションでI/Oの中止が発生します。この再試行不可能なエラーは、LUN単位ではなく、サブルUN単位（ブロック/LBAレベル）で報告されます。そのため、この間、ホットデータ（階層化されていないローカルストレージ）に対するI/O処理は成功しますが、コールドデータ（階層化されているデータ）に対するI/O処理は失敗します。ONTAPターゲットによってさまざまな障害動作が発生すると、SANホストファイルシステムに対して原因の不整合が発生する可能性があり、S3階層化接続がリストアされた後のリカバリ時に考慮する必要があります。

このFPの動作は、FCP、iSCSI、NVMe/FC、NVMe/TCPを含むすべてのONTAP SANプロトコルで一貫しています。

メモ：

- FPを超える動作では、読み取り/書き込み (rw) と読み取り専用 (ro) の両方のONTAPボリュームが環境になります。同じことが、ONTAPのすべてのディザスタリカバリ (DR) 機能とデータ保護 (DP) 機能にも当てはまります。
- 「すべて」または「自動」階層化ポリシーの使用を主張するSAN FPのお客様は、S3階層化接続の停止シナリオでSANホストアプリケーションに関連する潜在的なリスクに注意する必要があります。LUNをホストしているONTAPでは、「すべて」の階層化ポリシーを使用することは推奨されません。また、LUNが重要なデータ (SANboot LUN、ホストクラスタクオーラムLUNなど) に使用されている場合は、「自動」階層化ポリシーも使用しないでください。

表4) SAN FabricPool環境における基本的な注意事項

段階		注意事項
1	構成	I/OプロファイルとLUNの目的に基づいて適切な階層化ポリシーを選択
2	設定後	関連するONTAP LUNの統計を確認して、S3階層化接続の健全性を監視します。

3	S3階層化の接続が失われている間	<p>LUN（データLUN、SANboot LUN、ゲストオペレーティングシステム（GOS）LUNなど）とSANホストタイプのそれぞれの組み合わせで動作が異なる場合があります。このS3接続が失われた場合、SANホストとONTAPターゲットでリカバリ処理を実行することは推奨されません。このS3接続が失われると、ホストファイルシステムの不整合がトリガーされ、ユーザーにホストファイルシステムのスキャン/修正(chkdsk, fsckなど)を実行するように促すことがあります。しかし、これらは、このような接続損失シナリオ中にすべてのコストで厳密に回避する必要があります。</p> <p>S3接続がリストアされたあとにのみ実行されるようにしてください。</p> <p>詳細については、『FP SANホスト解決ガイド』を参照してください。</p>
4	リカバリ後	<p>LUNとSANホストタイプの組み合わせごとに、SANホストで異なるリカバリ手順が必要になる場合があります。詳細については、『FP SANホスト解決ガイド』を参照してください。</p> <p>注：S3接続がリストアされた直後にONTAPターゲットでWAFLスキャナがトリガーされ、I/Oが遅くなる可能性があります。これは、仮想SANホストでのGOS起動時間が遅いことが原因で発生する可能性があります。</p>

ステージ1：適切なFP階層化ポリシーを選択する方法

注：SANに適したFP階層化ポリシーを決定するためのハードかつ迅速なルールはありません。しかし、この選択を行う際には、以下にリストされている基本的なガイダンスだけです。

表5) FabricPool階層化ポリシーに関する考慮事項

LUNのユースケース/タイプ	ワークロード概要	ワークロードのフォールトレランス	推奨される階層化ポリシー
ハイパーバイザーのGOS	<p>重要：</p> <p>データに定期的にアクセスできないGOSの場合、コールドデータが発生する可能性があります。このような場合にS3階層化接続が失われると、GOSにアクセスできなくなるだけでなく、GOSに接続されているデータLUN（データストア/ RDM LUNなど）にも影響する可能性があります。</p>	低	なし/スナップショット
SANBoot LUN (Baremetal)		低	なし/スナップショット

Windowsフェイ ルオーバークラ スタクオーラム LUN/任意のホス トクラスタクオ ーラムLUN	重要： 注-クオーラムLUNのI/Oは比較的少なくなる場合があります。	低	なし/スナップシ ヨット
ROデータLUN	重要ではありません。 ROワークロードとアプリケーションのみ	高	すべて/自動
データLUN	重要ではありません。 すべてのデータブロックではなく、ア クセス頻度が高い (rw)。	低	自動/スナップシ ヨット
	重要： アクセス頻度の高い (rw) データブロ ックとすべてのデータブロック：	高	なし/スナップシ ヨット
	重要ではありません。 アクセス頻度の低い (RW)。	高	自動/スナップシ ヨット
その他の種類	重要： データベースまたはその他のアプリケー ションで特定の目的に使用されるLUN。 (グリッドまたはログデータベースに使 用されるLUNなど)。	低	なし/スナップシ ヨット

次の表は、特定のFP階層化ポリシーについて、さまざまな指標がどのように積み重ねられているかと、そのような環境でのホストアプリケーションへの影響を示しています。「すべて」階層化ポリシーと「自動」階層化ポリシーの基本的な経験則では、以下の指標の影響は、階層化されるデータの量とどのデータ（ホットまたはコールド）に比例します。S3階層化が停止しているときにアプリケーションがアクセスを試行しています。

表6) FabricPool階層化オプションの影響

S3階層化接続が停 止している場合の 指標	なし	Snapshot	自動	すべて
-----------------------------	----	----------	----	-----

データ整合性	データ損失 ゼロ	データ損失 ゼロ	データ損失 なし ¹	データ損失 なし ¹
データの可用性	無停止で の運用	無停止で の運用	中断 ²	中断 ²
ユーザエクスペリ エンス- I/Oパフォ ーマンスの低下	なし	なし	最小 ²	最大 ²
ユーザエクスペリ エンス-リカバリ後 の修復	不要	不要	必須	必須

注：

- 実際のデータ損失はありませんが、S3階層が突然使用できなくなった場合、ターゲットにまだ書き込まれていないホストキャッシュに残っているデータは失われます。ホストアプリケーションはI/Oを再試行する必要があります。
- S3階層化の接続が失われた場合の対応する影響は、階層化されたデータの量に比例します。階層化ストレージのブロック数が多いほど、SANホストアプリケーションに影響が出る可能性があります。また、このS3階層化接続が失われたときにホストアプリケーションがアクセスを試行していたデータの種類（ホットまたはコールド）にも依存します。

ステージ2：FPで階層化されたボリュームのSANワークロードの健常性を確認する方法

ONTAP LUNの統計情報で「TASK_ERR_DATA_Tier_UNAVAILABLE」カウンタを確認します。一般に、このカウンタの値が比較的大きい場合は、FP S3階層化の接続が不安定であり、I/O障害が断続的に発生する可能性があります。

図34) FabricPool階層化ボリュームのSANワークロードの健常性の表示

```
a400-01ab : *-> statistics show -object lun -instance /vol/esxi_vmtree/linxfsboot -counter task_errors_hist -raw
オブジェクト : LUN
インスタンス :
/vol/esxi_vmtree/linxfsboot Start -
time : 9/8/2023 09 : 02 : 22
終了時間 : 2023年9月8日09 :
02 : 22範囲 : FP-ESXi
コンステイチュエントの数 : 2
(complete_aggregation) カウンタ値
----- -task_errors_hist -
TASK_ERR_NONE 632976
TASK_ERR_DATA_Tier_Unavailable 2979<<<< 高
TASK_ERR_DATA_Tier_Prolonged_Unavailable 7
SCSI_UA_POR 4
```

他にもオブジェクトストアの統計があり、S3接続の全体的な健常性を測定できます。たとえば、次のONTAP EMSエントリは、S3接続が失敗し、最終的に接続がリストアされたことを示しています。

a400-01ab : : *-> event log show -message-name obj

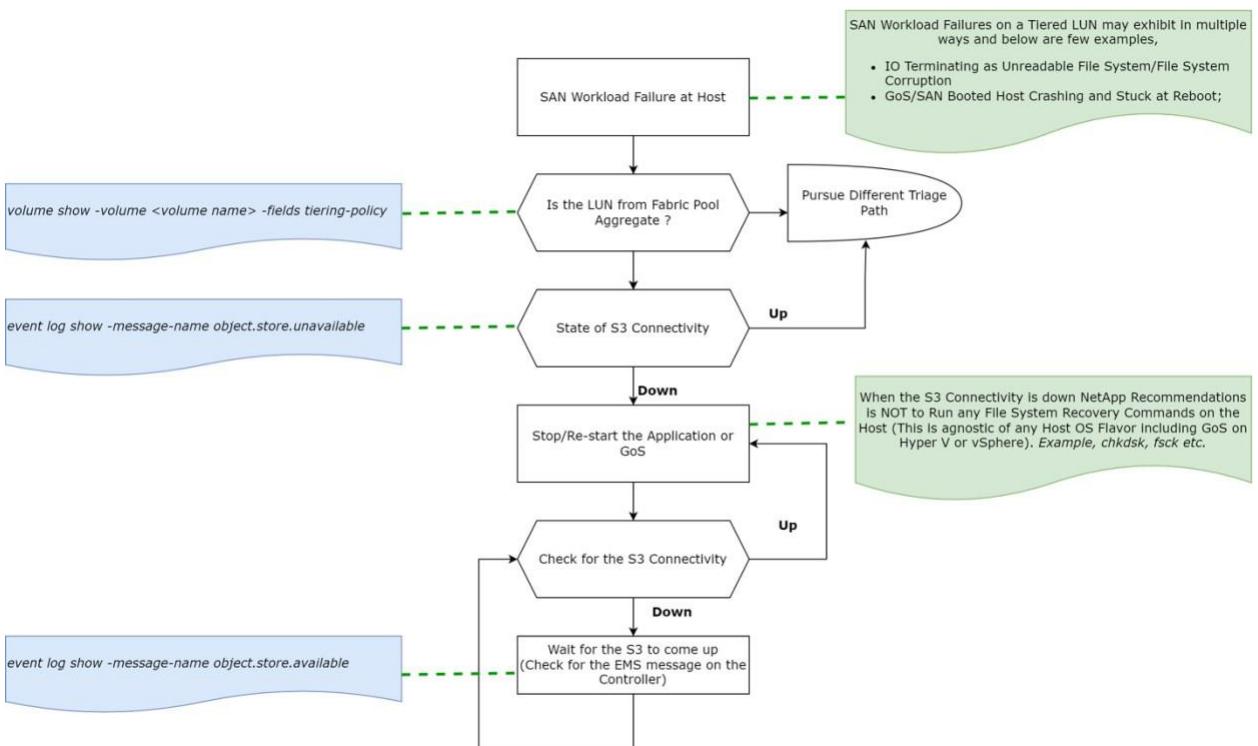
*時間ノード重大度イベント

2023年8月11日16:59:45 a400-01b Emergency object.store.unavailable : ノード2416d09f-985d-11ed-8d43-d039ea9fc6f3からオブジェクトストア「s3-FP」に接続できません。理由：クラスタ間LIFが設定されていません。

2023年8月11日16:59:45 a400-01b error objstore.interclusterlifDown: Object-store client could not find an operational intercluster LIF (IPspace ID : -1) on node 2416d09f-985d-11ed-8d43-d039ea9fc6f3 .2023年8月11日16:53:10 a400-01b notice object.store.available : ノード2416d09f-985d-11ed-8d43-d039ea9fc6f3からオブジェクトストア「s3-FP」に接続できます。

ステージ3：S3階層化接続が失われた場合のSANワークロードの障害への対処方法

図35) SANワークロードにおけるS3階層化接続の損失の影響



ステージ4 : S3接続が復元されたら、SANワークロードを回復して再起動する方法

次の基本的な健全性チェックを実行する必要があります。

- ホストストレージを再スキャンし、ホスト上でそれぞれのLUNにアクセスできることを確認します。
- ホストOSの種類に応じて、適切なホストファイルシステムチェック (chkdsk、fsckなど) を実行します。詳細については、『[FP SAN Host Resolution Guide](#)』に記載されているホスト固有のリカバリ手順を参照してください。
- ホストアプリケーション/GOSを再起動します。
- ONTAP LUNの統計を継続的に監視し、S3接続の問題が原因で発生したI/O障害がないかどうかを確認します (カウンタ : `task_errors_hist`) 。

FabricPoolリファレンス

- [NetApp FP TR 4598](#)
- [NetApp SAN TR 4080](#)
- [FP SANホスト解決ガイド](#)
- [FP S3接続の停止中にWindows FSが破損する](#)
- [最適なクラウド階層化ポリシー](#)

ホスト統合

NetApp Host Utilities Kit

Host Utilities Kitをインストールすると、タイムアウトなどのオペレーティングシステム固有の値が推奨されるデフォルト値に設定されます。このキットには、NetAppストレージ（クラスタ構成か7-Mode構成か）が提供するLUNを検証するユーティリティが含まれています。NetAppでテストおよびサポートされる特定の構成の詳細については、[NetApp Interoperability Matrix Tool](#)を参照してください。

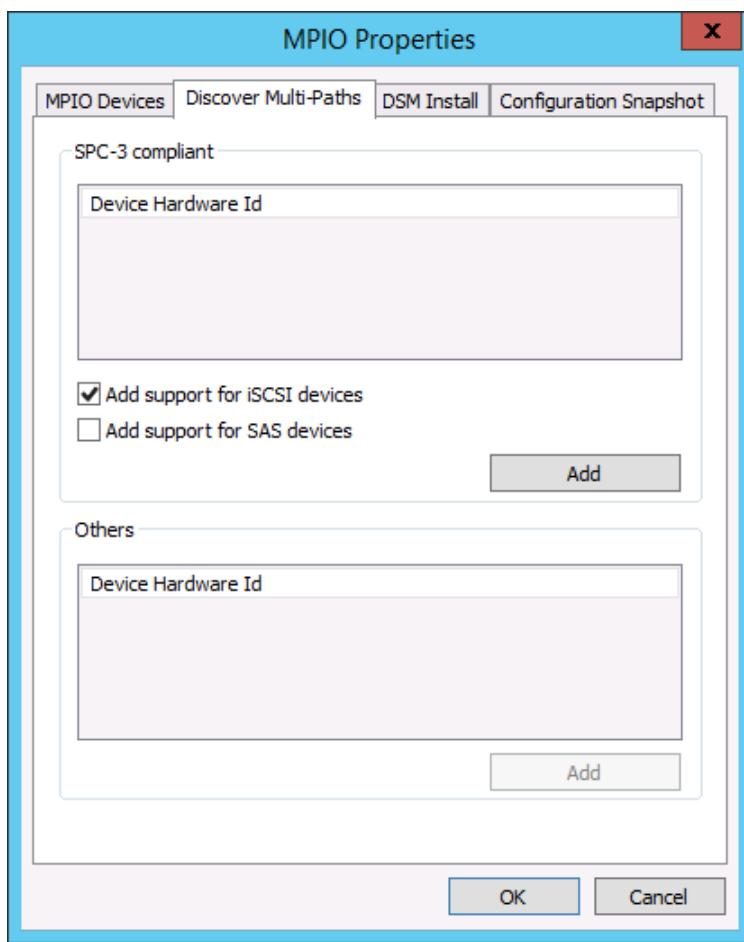
Microsoft Windows

Microsoft WindowsとネイティブMPIO

ONTAPストレージクラスタへのアクセスを意図したとおりに機能させるためには、ホストがMPIOとALUAを使用している必要があります。Microsoft Windows 2008およびWindows 2012では、マルチパスI/O機能がインストールされていれば、MPIOとALUAはネイティブでサポートされます。

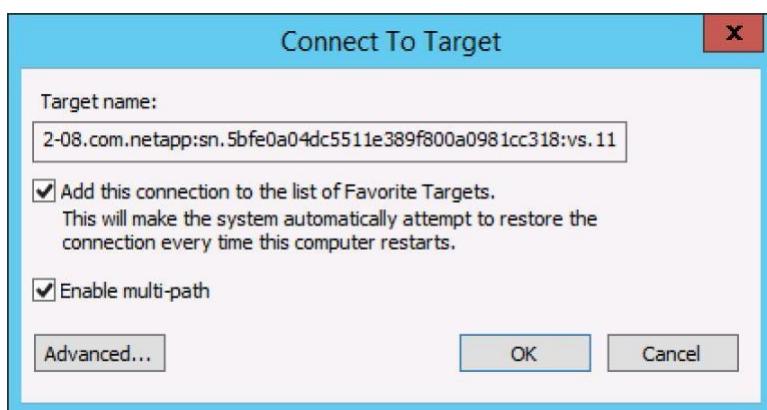
iSCSIプロトコルを使用する場合は、MPIOプロパティ管理アプリケーションでマルチパスサポートをiSCSIデバイスに適用するようにWindowsに指示する必要があります。図36に示すように、[Discover Multi-Paths]タブで[Add Support for iSCSI Devices]オプションを選択し、[Add]をクリックします。

図36) Windows Server 2012のMPIOのプロパティ



また、ホストイニシエータからストレージクラスタ上のターゲットiSCSI LIFへのセッションを複数作成する必要があります。これは、ネイティブのiSCSIイニシエータを使用して実行できます。ターゲットへのログオン時に[Enable Multi-path](マルチパスを有効にする)オプションを選択します(図37を参照)。

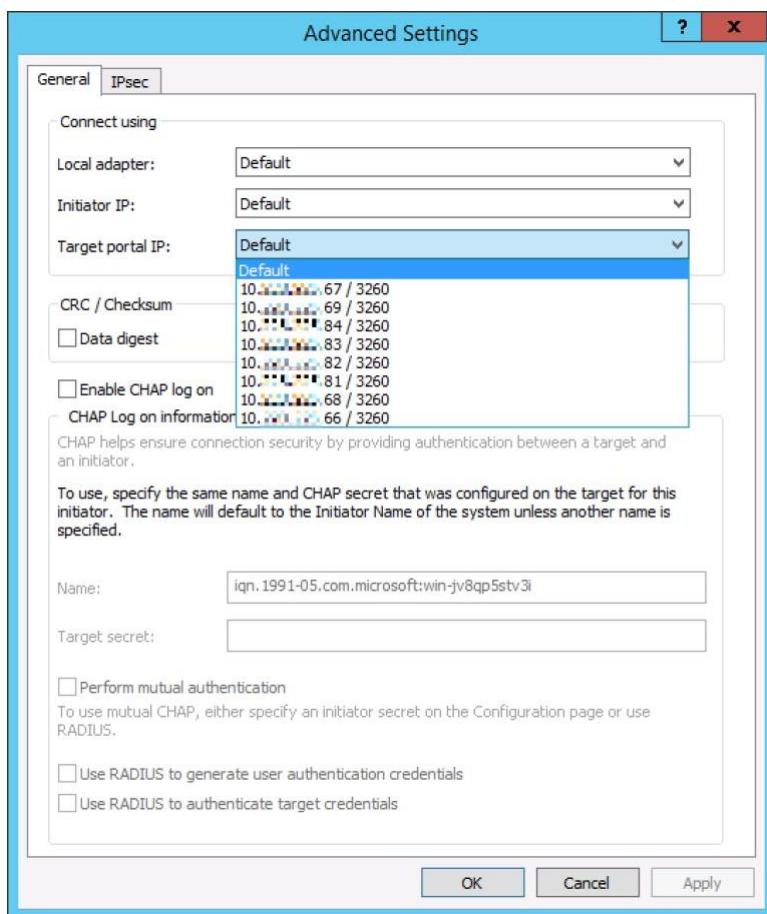
図37) Windows iSCSIイニシエータでのマルチパス接続



追加のセッションを手動で作成するには、iSCSIイニシエータの[Targets]ペインで、該当するターゲットを強調表示し、[Log on]をクリックします。次回のリブート後にセッションが自動的に復元され、新しいセッションがマルチパス セッションとして識別されるように、両方のチェックボックスをオンにします。

[Advanced]をクリックします。[Target Portal IP]ドロップダウンメニュー（図38を参照）から、新しいiSCSIセッションのターゲットである論理インターフェイスのIPアドレスを選択します。

図38) Windows iSCSIイニシエータの複数のターゲットポート



セッションは、NetApp SnapDrive® iSCSI管理ペインを使用して管理することもできます。SnapDriveはセッションがすでに確立されたターゲット論理インターフェイスを認識して未使用的ターゲット ポートを自動的に選択するため、SnapDriveを使用することを推奨します。

Host Utilities Kit

NetApp Host Utilities Kitをインストールすることもできます。Data ONTAP DSMと同様に、パフォーマンスを最適化し、フェイルオーバー時に適切な処理を提供するために、Windowsレジストリで該当する値が変更されます。ただし、Data ONTAP DSMがすでにインストールされている場合、Host Utilities KitはWindowsレジストリを変更しません。その代わりに、Data ONTAP DSMを利用して、正しい値が設定されていることを確認します。

UNIXまたはLinux

Host Utilities Kit

Host Utilities Kitには、NetApp設定をSVMレベルで確認するのに役立つユーティリティが含まれています。Host Utilities Kitを使用すると、SVMコンテキスト内のボリュームとパス名に加えて、接続されているLUNが属するSVMに関する詳細情報を確認できます。

```
# sanlun lun show all
controller(7mode) /           device      host      lun
vserver(Cmode)   lun-pathname filename    adapter   protocol size mode
-----
vs              /vol/vol1/linuxx1 /dev/sdcx  host1     FCP      25g   C
vs              /vol/vol2/linuxx2 /dev/sdcw  host1     FCP      25g   C
vs              /vol/vol3/linuxx3 /dev/sdck  host1     FCP      25g   C
```

また、Host Utilities Kitを使用すると、SVMの論理インターフェイスのうち、特定のLUNに直接パスと間接パスを提供しているものを表示できます。直接パスはprimary、間接パスはsecondaryと表示されます。

```
# sanlun lun show -p
ONTAP Path: vs:/vol/vol1/linuxx1
        LUN: 0
        LUN Size: 25g
        Mode: C
        Host Device: 3600a09803246664c422b2d51674f7470
        Multipath Policy: round-robin 0
        Multipath Provider: Native
-----
host    vserver
path    path      /dev/
state   type      node    host   vserver
       adapter   LIF
-----
up      primary   sdfo    host0  fcoe_lif_1
up      primary   sdfk    host1  fcoe_lif_2
up      secondary  sdga   host0  fcoe_lif_3
up      secondary  sdge   host1  fcoe_lif_4
up      secondary  sdgm   host1  fcoe_lif_5
up      secondary  sdgj   host0  fcoe_lif_6
up      secondary  sdfw   host0  fcoe_lif_7
up      secondary  sdgq   host1  fcoe_lif_8
```

NetApp SnapDrive

Microsoft Windowsと同様に、SnapDriveおよびONTAPのストレージクラスタを使用する場合も、ノードレベルやクラスタレベルではなく個々のSVMで管理が行われます。SnapDrive config set 接続されているホストからiSCSIまたはFCを使用して接続されたLUNを管理するには、このコマンドを管理論理インターフェイスおよびSVM管理ユーザ（「管理インターフェイス」の項を参照）と組み合わせて使用する必要があります。

```
# snapdrive config set vsadmin vs
Password for vsadmin:
Retype password:

# snapdrive config list
username    appliance name    appliance type
-----
vsadmin     vs                  StorageSystem
```

IBM AIXおよびONTAP

ONTAP 8.2以降のストレージクラスタでは、FCを使用してクラスタ上のデータにアクセスするIBM AIXがサポートされます。サポートされているAIXテクノロジのレベルとサービスパックについては、[NetApp Interoperability Matrix](#)を参照してください。

注：iSCSIプロトコルはAIXおよびONTAPではサポートされていません。

クロスプラットフォームユーティリティ

RBAC User Creator

SVMレベルで管理するためにData ONTAPストレージクラスタを設定する場合は、NetAppユーティリティToolchestにあるRBAC User Creatorを使用します。では、特定のアクションに対して特定のユーザにロールを付与することをきめ細かく制御できるだけでなく、また、Data ONTAPクラスタの外部にあるオーケストレーションツール、監視ツール、バックアップおよびリカバリツールに、クラスタとの相互運用に必要なアクセス権を簡単に付与できます。具体的には、SnapDrive for Windows、OnCommand Insight Balance、Virtual Storage Console for VMware vSphereのRBAC（ロールベース アクセス制御）ユーザを作成できます。

その他のリソースの入手方法

このドキュメントに記載されている情報の詳細については、以下のドキュメントやWebサイトを確認してください。

- TR-4515 : 『All SAN Array systems』
<https://www.netapp.com/pdf.html?item=/media/10379-tr4515.pdf>
- TR-4878 : 『SnapMirror Business Continuity (SM-BC) for ONTAP 9.12.1』
<https://www.netapp.com/media/21888-tr-4878.pdf>
- ONTAP 9 SAN Configuration Guide
<http://docs.netapp.com/ontap-9/topic/com.netapp.doc.dot-cm-sanconf/home.html>
- ONTAP 9 SANアドミニストレーションガイド
<http://docs.netapp.com/ontap-9/topic/com.netapp.doc.dot-cm-sanag/home.html>
- ONTAP 9 システムアドミニストレーションリファレンス
<http://docs.netapp.com/ontap-9/topic/com.netapp.doc.dot-cm-sag/home.html>
- ONTAP 9ネットワーク管理ガイド
<http://docs.netapp.com/ontap-9/topic/com.netapp.doc.dot-cm-nmg/home.html>
- エクスプレスガイド
<http://docs.netapp.com/ontap-9/index.jsp?topic=%2Fcom.netapp.doc.dot-cm-sanconf%2Fhome.htm>
- NetAppサポートサイトにあるHost Utilitiesに関するドキュメント
<https://docs.netapp.com/us-en/ontap-sanhost/>

バージョン履歴

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	2012年6月	clustered Data ONTAP 8.1ストレージオペレーティングシステムのスケーラブルSANに関する説明を追加しました。テクノロジの概要と、7-Modeとclustered ONTAPストレージOSの比較を追加しました。clustered Data ONTAPストレージOSで使用されるマルチパスモデルに関する説明を追加しました。
バージョン2.0	2013年6月	clustered Data ONTAP 8.2ストレージOSのスケーラブルSANに関する説明を追加しました。大規模なクラスタおよびポートセットのパス管理に関するセクションがあります。

バージョン	日付	ドキュメントの改訂履歴
バージョン3.0	2015年5月	ONTAP 8.3ストレージクラスタのスケーラブルSANに関する説明を追加しました。 NetApp Data Motion™ for LUN と 選択的LUNマッピング について紹介します。
バージョン3.1	2015年8月	ONTAP 8.3.1ストレージクラスタのスケーラブルSANに関する説明を追加しました。 オンラインFLI機能が導入されました。
バージョン4.0	2016年8月	ONTAP 9の新機能である、事前定義済みのAFF SAN構成、高速フェイルオーバー、一貫したパフォーマンス、簡易プロビジョニングに関する説明を追加しました。
バージョン5.0	2017年6月	ONTAP 9.2用に更新しました。
バージョン6.0	2017年11月	ONTAP 9.3用に更新。
バージョン7.0	2017年10月	ONTAP 9.4用に更新。
バージョン8.0	2018年12月	ONTAP 9.5用に更新。
バージョン9.0	2019年4月	ONTAP 9.6用に更新。
バージョン10.0	2019年11月	ONTAP 9.7用に更新。
バージョン11.0	2020年12月	ONTAP 9.8用に更新。
バージョン12.0	2021年6月	ONTAP 9.9.1用に更新。
バージョン13.0	2023年4月	ONTAP 9.10.1~9.12.1 P2用に更新
バージョン14.0	2023年9月	FabricPoolおよびマイナーアップデートを追加して更新

謝辞

本ドキュメントの作成に協力してくれたAnn HarroldとJoe Sundayに感謝します。

お問い合わせ

本テクニカル レポートの品質向上について、ご意見をお寄せください。

docfeedback@netapp.comまでお問い合わせください。

ご連絡の際は、件名に「TECHNICAL REPORT 4080」を含めてください。

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 © 2023 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隨時、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。

TR-4080-0423-JP

