



# Exadata Database Machineを使用した Oracle Maximum Availability Architectureのデプロイ

---

2020年7月14日  
Copyright © 2020, Oracle and/or its affiliates  
機密性：公開ドキュメント

## 本書の目的

このホワイト・ペーパーでは、Oracle Exadata Database Machineで実行されるOracle Databaseの高可用性機能とディザスタ・リカバリ機能の概要を、Oracle Maximum Availability Architecture (Oracle MAA) リファレンス層に照らしながら説明します。本書は、高可用性ソリューションとデータ保護ソリューション、およびベスト・プラクティスを通じてリカバリ時間目標 (RTO) とリカバリ・ポイント目標 (RPO) を達成するために、アプリケーションとデータベースを導入し、構成することで得られるビジネス上の利点と技術上の利点を評価することのみを目的としています。

アーキテクチャの一部としてOracle Databaseを活用するアプリケーション（重要なシステムから、開発システムやテスト・システムに至るまで）のメンテナンスやライフサイクルを担当するあらゆるユーザーが対象読者です。データベース管理知識があれば、より奥深い一部の概念を理解するのに役立ちますが、ソフトウェアやデータベースの基本的な操作、高可用性、ディザスタ・リカバリのアーキテクチャを理解していれば、本書の大部分を読むことができます。

## 免責事項

本文書には、ソフトウェアや印刷物など、いかなる形式のものも含め、オラクルの独占的な所有物である占有情報が含まれます。この機密文書へのアクセスと使用は、締結および遵守に同意したOracle Software License and Service Agreementの諸条件に従うものとします。本文書と本文書に含まれる情報は、オラクルの事前の書面による同意なしに、公開、複製、再作成、またはオラクルの外部に配布することはできません。本文書は、ライセンス契約の一部ではありません。また、オラクル、オラクルの子会社または関連会社との契約に組み込むことはできません。

本書は情報提供のみを目的としており、記載した製品機能の実装およびアップグレードの計画を支援することのみを意図しています。マテリアルやコード、機能の提供をコミットメント（確約）するものではなく、購買を決定する際の判断材料にならないでください。本書に記載されている機能の開発、リリース、および時期については、弊社の裁量により決定されます。

製品アーキテクチャの性質上、コードが大幅に不安定化するリスクなしに、本書に記載されているすべての機能を安全に含めることができない場合があります。

## 目次

本書の目的	1
免責事項	1
概要	3
Exadata MAAリファレンス・アーキテクチャ	3
Exadata固有のHAの利点	5
ハードウェア・コンポーネント	5
冗長データベース・サーバー	5
冗長ストレージ	6
冗長接続	6
冗長電源	7
ソフトウェア・コンポーネント：	7
ファームウェアとオペレーティング・システム	7
データベース・サーバー層	7
ストレージ層	7
高パフォーマンス	7
Exadataのその他のHA機能と利点	7
デプロイメント後のExadata MAA構成	16
Exadata MAAにおける運用のベスト・プラクティス	16
テスト環境の重要性	17
結論	18
付録1：Exadata MAAの停止とソリューションのマトリックス	19
計画外停止	19

## 概要

Oracle Maximum Availability Architecture (Oracle MAA) の運用および構成に関するベスト・プラクティスをOracle Exadata Database Machineと統合すると (Exadata MAA) 、オンプレミスまたはクラウドのOracle Database用のもっとも包括的な高可用性ソリューションが提供されます。

Exadata Database Machine、Exadata Cloud at Customer (ExaCC) 、およびExadata Cloud Service (ExaCS) は、ソフトウェア、サーバー、ストレージ、およびネットワーキングを統合した成熟したシステムで、これらすべての要素が、データベースおよびアプリケーションの最高の可用性とパフォーマンスを実現するようにOracle MAAのベスト・プラクティスに従って事前構成されています。あらゆる業種の公的機関および民間企業のミッション・クリティカルなアプリケーションがExadata MAAを利用しています。すべてのExadataシステムはハードウェアとソフトウェアが統合されており、オラクル社内および世界中のミッション・クリティカルなお客様による広範な可用性テストを通過してきました。このグローバルなコミュニティの体験から得た教訓は、あらゆるExadata環境とすべてのExadata顧客に利益をもたらすさらなる機能拡張へつながっています。

このホワイト・ペーパーは、データベース管理者、システム管理者、ストレージ管理者、エンタープライズ・アーキテクトなどの技術者を対象とし、Exadata Database Machineを迅速にデプロイして効率的に運用するためのExadata MAAのベスト・プラクティスに関する知識を提供することを目的としています。このホワイト・ペーパーは、次の4つの主要領域に分かれています。

- » Exadata MAAのアーキテクチャ
- » Exadata HA固有の利点
- » デプロイメント後：Exadata MAA構成
- » Exadata MAAにおける運用のベスト・プラクティス

このホワイト・ペーパーに記載されているExadata MAAのベスト・プラクティスを補足する資料として、次のものがあります。

- » My Oracle Support Note 757552.1。Oracle MAAの継続的な検証テストと本番環境でのデプロイメントで得られた最新情報をお客様に提供するために、オラクルの開発部門が直接情報を入力することで頻繁に更新されています。
- » Exadataヘルス・チェック (exachk) およびそれに関連するOracle Exadata評価レポートとOracle MAAスコア・カード。このツールは四半期ごとに更新され、お使いのExadataハードウェア、ソフトウェア、構成の完全かつ包括的なレビューを表示するために利用されます。詳しくは、My Oracle Support Note 1070954.1を参照してください。
- » 追加のOracle MAAのベスト・プラクティス関連の資料。<https://www.oracle.com/jp/database/technologies/high-availability/maa.html>で公開されている特定の領域またはトピックの具体的な技術的側面について、深く掘り下げて説明しています。

## Exadata MAAリファレンス・アーキテクチャ

Exadataは、あらゆる計画外停止と計画メンテナンス作業に対処するすべてのOracleデータベースにとって、最適なMAAデータベース・プラットフォームです。Exadataは、Exadata MAAの実装向けに構築されたソフトウェア、サーバー、ストレージがあらかじめ最適化され、事前構成された統合システムです。詳しくは、[Oracle Exadata Database Machine : Maximum Availability Architecture \(MAA\) プрезентーション](#)および[Oracle Cloud: Maximum Availability Architecture プрезентーション](#)を参照してください。

オンプレミスのExadataとクラウドのExadataを使用するお客様に、可用性とデータ保護に関するさまざまな要件を満たす詳細な計画を提供します。

Exadataによってエンド・ツー・エンドのアプリケーション可用性を達成する方法と、さまざまなハードウェアとソフトウェアの機能停止による一時停止をほぼゼロにする方法の実例については、このExadata MAAのテクニカル・ビデオ<sup>1</sup>で説明している障害テスト、またはExadata MAAの多数の顧客事例（<https://www.oracle.com/database/technologies/ha-casestudies.html>）を参照してください。

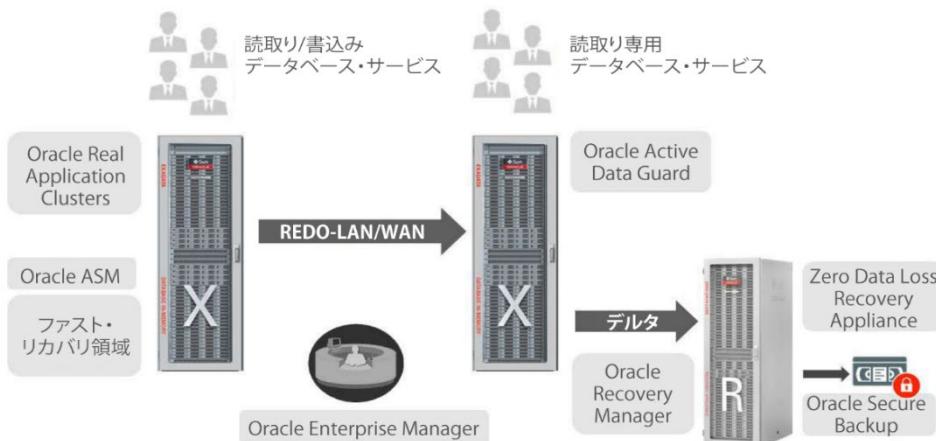


図1：Oracle Exadata Database Machineの基本構成

Exadata MAAのアーキテクチャである"ゴールド・リファレンス・アーキテクチャ"は、次の主要要素で構成されています。

- » 本番Exadataシステム（プライマリ）。本番システムは、データウェアハウス、OLTP、または統合データベース環境のパフォーマンス要件およびスケールアウト要件を満たすため、必要に応じて、1台のExadataで柔軟に構成されるか、相互接続された1台以上のExadata Database Machineで構成されます。
- » プライマリExadata Database MachineのレプリカであるスタンバイExadataシステム。Oracle Data Guardを使用することで、プライマリ・システム上でホストされる本番データベースの厳密な物理レプリカである同期されたスタンバイ・データベースが維持されます。これにより、計画外停止のためにプライマリ・システムが使用できない場合でも、最適なデータ保護と高可用性が提供されます。スタンバイのExadataシステムは、プライマリ・サイトの障害からスタンバイを分離することでディザスター・リカバリ（DR）を行うために、ほとんどの場合、地理的に異なる場所か別のデータセンターに配置されます。スタンバイ・システムをプライマリと同じ容量で構成することで、スイッチオーバーまたはフェイルオーバー操作後もパフォーマンス品質保証契約に適合することが保証されます。Oracle Active Data Guardの多くの利点については、ドキュメント『高可用性の概要』のOracle Data Guardのセクションを参照してください。

*Data Guard*は1つの構成で最大30のスタンバイ・データベースをサポートする能力を備えています。ますます多くのお客様が、この柔軟性を利用してローカル（HA用）とリモート（DR用）の両方の*Data Guard*スタンバイをデプロイするようになっています。ローカルの*Data Guard*スタンバイ・データベースにより、Exadata内部のHA機能が補完されます。スタンバイ・データベースでは、プライマリ・サイトが引き続き運用可能であっても、想定外の出来事や人為的エラーによって本番データベースが使用できなくなったら場合に、追加のHAレイヤーを提供します。ネットワーク待機時間が短いため、フェイルオーバーが必要な場合にローカル・スタンバイへの同期レプリケーションでデータ損失が発生することではなく、新しいプライマリ・データベースに対して迅速にアプリケーション・クライアントをリダイレクトできます。

- » プライマリおよびスタンバイのExadataシステムから独立した開発用またはテスト用のExadataシステム。このシステムでは、本番アプリケーションのサポートに使用される多数の開発用またはテスト用データベースがホストされます。このテスト・システムには、本番環境を完全に反映したテスト構成を作成する目的で、独自のスタンバイ・システムが備わっている場合もあります。以下を実現するためには、本番システムと同様のテスト・システムを構成することが理想的です。

1 <http://vimeo.com/esgmedia/exadata-maa-tests>

- » 本番ワークロードを再現できるワークロード・フレームワーク（Real Application Testingなど）の使用。
- » 本番環境に変更を反映する前の、テスト環境での変更の検証（変更による影響とフォールバック手順の評価を含む）。
- » 運用およびリカバリのベスト・プラクティスの検証。

Exadataはテスト環境および開発環境の作成に使用できるスペース効率に優れたデータベース・スナップショットもサポートします。

一部のユーザーは、これらのアクティビティをスタンバイのExadataシステムに集約することでコストを削減しようと試みます。この判断は、コスト、運用の容易さ、柔軟性のトレードオフに対するビジネス上の意思決定に委ねられます。スタンバイのExadataシステムを使用して、その他の開発データベースやテスト・データベースもホストする場合、本番ニーズに備えてシステム・リソースを温存するには、フェイルオーバー時に特別な対策が必要になります。たとえば、障害の発生したシステムが修復されて本番環境に戻るまで、クリティカルでないテスト作業や開発作業を遅らせる必要があります。

## Exadata固有のHAの利点

Exadataは、FAN、PDU、バッテリ、スイッチ、ディスク、フラッシュ、データベース・サーバー、マザーボード、DIMMなど、どのようなハードウェアに障害が発生した際にも、アプリケーションとデータベースのエンド・ツー・エンドの可用性を実現し、達成するように設計および事前構成されています。毎日実行される数百回の統合HAテストを含む広範なエンジニアリング・テストと統合テストにより、システムのあらゆる面が検証されます。次の項では、Exadataに固有のHA特性について説明します。

## ハードウェア・コンポーネント

ハードウェアとコンポーネントに関する次の冗長性は、Exadata X8M、X8、X7、X6、X5、X4、X3、X2、および今後のExadata世代のすべてのモデルに共通です。

## 冗長化されたデータベース・サーバー

Exadataは、業界標準の複数のOracle Databaseサーバーが事前構成され、Oracle RACとお客様が選択したOracleデータベース・リリース（Oracle Database 19cリリースなど）が各サーバーで実行されている状態でお客様サイトに届けられます。オラクルのエンジニアリング・チームとテスト・チームが、高可用性とスケーラビリティを実現するようにファームウェア、ソフトウェア、ハードウェアの構成をチューニングして事前構成します。データベース・サーバーはクラスタ化されており、高帯域幅で待機時間が短いRemote Direct Memory Access（RDMA）ネットワーク・ファブリックを使用して各サーバーと通信します。この構成により、データベース・サーバーやOracle RACインスタンスの障害による影響を最小限に抑えられるため、アプリケーションの障害耐性が強くなっています。

これまででは、データベース・ノードの障害によって一般的なデータベース・ノードが排除されると、データベース・ノード停止の宣言前であっても、CSS misscountで待機することになりました（ほとんどのシステムにおいて、デフォルトで30秒または60秒）。その間はクラスタ全体がフリーズし、アプリケーションが停止します。Exadata独自のInstant Failure Detectionの仕組みである超高速で安全なノード排除によって、一時停止の時間が2秒以下に短縮されます。

図2のテスト結果では、Instant Failure Detection機能のおかげで、アプリケーションの停止はわずか2秒でした。Exadata以外のシステムの場合、お客様は、30秒間または60秒間のアプリケーションの一時停止を観測することになります。

また、帯域幅が広く待機時間が短いExadataのPMEMキャッシュとライトバック・フラッシュ・キャッシュを使用すると、データベース初期化パラメータFAST\_START\_MTTR\_TARGETを短く設定して、インスタンスやノードの障害全体でアプリケーションの一時停止時間をさらに短縮できます。データベースのパラメータに変更を加える場合は、本番システムで変更する前に、同等のテスト・システムでパフォーマンスへの影響を評価することを推奨します。

## ほとんどのワークロードを読み取り、css misscount=60のときのデータベース・ノード電源障害

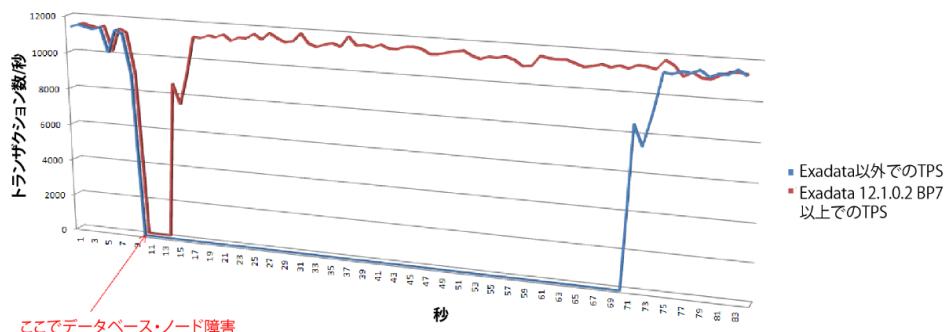


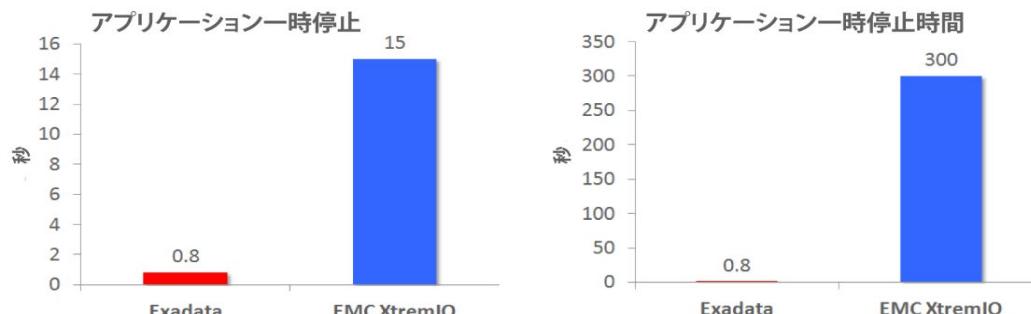
図2：データベース・ノードの電源障害

## 冗長化されたストレージ

データベース・サーバーのディスク・ドライブ、Exadata Storage Serverのディスク・ドライブ、Exadata Storage Serverのフラッシュ・M.2ドライブ、Exadata Persistent Memory Modules、Oracle Exadata Storage Server（Exadataセル）などのExadataストレージ・コンポーネントは、すべて冗長性を備えています。Exadata Storage ServerはOracle ASMによって管理され、ハード・ディスク、フラッシュ・ディスク、フラッシュ・カード、およびストレージ・サーバー全体の障害に対処できるように構成されています。Exadata Storage Serverは、ネットワークからアクセス可能なストレージ・デバイスであり、Oracle Exadata Storage Server Softwareが事前にインストールされています。データベースのデータ・ブロックとメタデータはセル全体でミラー化されており、Exadataセルのコンポーネントやセル全体の障害によってデータや可用性が失われることのないようにしています。M.2ドライブ、フラッシュ・ドライブ、およびハード・ディスク・ドライブはホット・プラグ可能です。

Exadataストレージのハードウェアとソフトウェアは、ストレージ障害時のアプリケーションの一時停止時間が最小限に抑えられるように設計されており、Exadata HARD、Exadataディスク・スクラビング、ASMスクラビングによって広範なデータ保護機能を提供します。他のプラットフォームでの従来のストレージ障害と比較すると、ディスク、フラッシュ、またはストレージ・サーバーの障害でのExadataのアプリケーションの影響は著しく低く抑えられています。たとえば、Exadata Storage Serverの障害によるアプリケーションの停止および一時停止の時間は1秒未満であるのに対し、Oracleデータベースとアプリケーションが実行されている他のストレージの場合は数秒から数分になっています。

## OracleおよびEMCから公表された結果



## ストレージ・サーバーの障害によるサービス停止

図3：ストレージ障害

## 冗長化された接続

冗長化されたRDMAネットワーク・ファブリック・アダプタと冗長化されたRDMAネットワーク・ファブリック・スイッチは事前に構成されています。Linuxチャネル・ボンディングを使用したデータベース・サーバーへのクライアント・アクセスのためにネットワークの冗長性を構成することが推奨されており、デプロイメント時に構成できます。

Exadataシステム内でネットワーク障害が発生した場合、アプリケーションの一時停止時間は通常0秒から10秒未満です。

## 冗長化された電源

Exadataでは、冗長型の電源分散ユニット（PDU）と電源ユニット（PSU）を使用して高可用性を実現しています。PDUでは個別の電源を使用でき、次のPSUに対して冗長電源を提供します。

- » Oracle Databaseノード
- » Exadataストレージ・セル
- » InfiniBandスイッチ
- » Ciscoネットワーク・スイッチ

Oracle Databaseノード、Exadataストレージ・セル、InfiniBandスイッチおよびCiscoスイッチの電源ユニットは、すべてホットスワップに対応しています。

## ソフトウェア・コンポーネント：

次に示すのは標準のOracleソフトウェア・コンポーネントで、Exadata Database Machine向けに明示的に最適化および検証されています。

## ファームウェアとオペレーティング・システム

すべてのデータベースとExadataストレージ・サーバーには、検証済みのファームウェアとオペレーティング・システム・ソフトウェアがパッケージ化されて事前にインストールされています。

## データベース・サーバー層

Grid Infrastructure（Oracle ClusterwareとOracle ASM）とOracle RACソフトウェアがインストールされており、導入時に推奨されるソフトウェア・バージョンまでのパッチが適用されているため、アプリケーションの耐障害性が実現し、インスタンス障害やノード障害時に自動的に対応し、アプリケーションの一時停止がほとんど、またはまったく発生しません。[付録1](#)で説明されているように、Grid Infrastructureのすべてのパッチとデータベースのほとんどのパッチはローリング方式で適用できます。

## ストレージ層

- ハード・ディスク、フラッシュ・ディスク、フラッシュ・カード、Exadataセルの障害に対処
- ローリング方式でソフトウェアの変更を適用
- Exadataストレージ・セルにはOracle Hardware Assisted Resilient Data（Oracle HARD）が搭載されているため、物理ディスクに書き込まれる前に、データ・ブロック・アドレス、チェックサム、マジック・ナンバーなどのOracleブロック・データ構造を独自のレベルで検証できます。ExadataによるHARD検証は自動的に実行されます（チェックサム検証を有効にするには、DB\_BLOCK\_CHECKSUMを設定する必要があります）。HARDチェックでは、Oracle ASMディスクのリバランス操作やディスク障害を含むすべてのケースが透過的に処理されます。

## 高パフォーマンス

Oracle Developmentチームは、OLTPアプリケーションとデータウェアハウス・アプリケーションのパフォーマンスを高めることに焦点を合わせており、Exadataに設定されるデフォルト構成を最適化してきました。場合によっては、Exadataシステムの世代が異なると、デフォルト設定も異なります。これらの設定は、オラクル・ラボと本番デプロイメントの両方においてさまざまなワークロードで実施された大規模なパフォーマンス・テストの結果です。

## Exadataのその他のHA機能と利点

Exadata固有のHA機能と利点の概要については、表1を参照してください。これらの機能の詳細と全一覧については、[Oracle Exadata Database Machineシステム概要](#)、[Oracle Exadata Database Machineメンテナンス・ガイド](#)、[Oracle Exadata System Softwareユーザーズ・ガイド](#)などのExadataドキュメントを参照してください。

表1：HAの機能と利点

領域	機能	HAの利点	依存関係
HAの一時停止時間の短縮	短時間でのデータベースノードの障害検出とフェイルオーバー（Fast Node Death Detectionないしは Instant Failure Detection）	ノード障害検出時間が60秒前後からわずか2秒以下に短縮されます。Instant Failure Detectionは透過的に機能する独自のテクノロジーであり、OLTPアプリケーションの優れた可用性を実現します。	Exadata System Software 19.3以降のExadata X8Mと統合 Grid Infrastructure 12.1.0.2 BP7以降
	Exadataストレージの障害をアプリケーションへの影響が少ない状態で自動検出（Instant Failure Detectionに名前が変更）	Exadata Storage Server 障害の自動検出とリバランス。 アプリケーションへの影響は1~2秒の遅延	Exadataソフトウェアのリリースごとに継続的に改善
	アプリケーションへの影響が少ない状態でExadataネットワークの障害を自動検出	ネットワーク障害の自動検出とフェイルオーバー。 アプリケーションへの影響は0~5秒の遅延	Exadataソフトウェアのリリースごとに継続的に改善
	Exadata Storage Serverの再起動およびExadata Storage Softwareの更新における停止時間ゼロ	ストレージの再起動が発生した場合のDB通知を最適化することで、アプリケーションの停止時間ゼロを実現します。	Grid Infrastructure 12c以降 Exadata 12.1以降
	インスタンス障害時の一時停止の短縮	帯域幅が広く待機時間が短いExadataのPMEMキャッシュとライトバック・フラッシュ・キャッシュを使用することで、データベース初期化パラメータFAST_START_MTTR_TARGETを短く設定して、アプリケーションに影響を与えずにインスタンス障害やノード障害時のアプリケーションの一時停止時間をさらに短縮できます。	Exadataデータベース・ソフトウェアのリリースごとに継続的に改善
	3つまたは4つのストレージ・セルによる、OracleファイルおよびOracle Clusterware投票ファイルの高冗長性の利点	5台未満のストレージ・サーバーでOracle投票ファイルを高冗長性ディスク・グループに配置し、OracleデータベースとOracleクラスタの両方でデータ保護と冗長性の利点を完全に活用できます。高冗長性ディスク・グループを作成すると、Oracle Exadataデプロイメントによって自動的に実行されます。	Exadata 12.1.2.3.0以降
AD/ゾーンの障害	ストレッチ・クラスタ	Exadata上にデプロイされたOracle 12.2 Extended Clusterにより、局所的なサイト障害の場合も可用性が保たれ、HAの利点を十分に活用できます。これは、分離サイトや可用性ドメイン（独立した電源、冷却、リソースを備える“防火セル”と呼ばれることがある）が、1つのデータセンター内または2つの都市に分かれたデータセンター間にある場合に特に有益です。Oracle Extended ClusterをExadataで適切に構成すれば、アプリケーションとデータベースは完全なサイト障害にも耐えられます。また、その他のExadataストレージ・セルやExadataデータベース・サーバーの障害にも持ちこたえることができます。	Exadata 12.2.1.1.0以降

領域	機能	HAの利点	依存関係
<b>データ保護</b>	ハード・ディスクの自動的なスクラップと修復 (Automatic Hard Disk Scrub and Repair)	ハード・ディスクがアイドル状態のときに、ハード・ディスクの検査と修復が自動的かつ定期的に実行されます。ハード・ディスクで問題のあるセクターが見つかると、Exadataは別のミラー・コピーからデータを読み取ることで不良セクターを修復するよう、ASMにリクエストを自動送信します。ハード・ディスク・スクラップはデフォルトで2週間に実行されます。	Oracle DatabaseおよびGI 11.2および12c Exadata 11.2.3.3以降
		Adaptive Scrubbing Schedule機能によって、問題のあるセクターが検出された場合のディスク・スクラビングの頻度を自動的に変更できます。現在のスクラビング・ジョブでハード・ディスクに問題のあるセクターが見つかった場合は、Oracle Exadata Storage Server Softwareによって、フォローアップ・スクラビングがスケジューリングされます。そのディスクのスクラビング・ジョブで問題のあるセクターが見つからない場合は、hardDiskScrubInterval属性で指定されているスクラビング・スケジュールにスケジュールがフォールバックされます	Exadata 12.1.2.3.0以降
	Exadata H.A.R.D.	Exadata Hardware Assisted Resilient Data (HARD) によって、データ・ブロック・アドレス、チェックサム、マジック・ナンバーなどのOracleブロック・データ構造の物理ディスクへの書き込みが許可される前に、非常に高レベルの検証が実施されます。ExadataによるHARD検証は自動的に実行されます。HARDチェックでは、Oracle ASMディスクのリバランスマネージャー操作やディスク障害を含むすべてのケースが透過的に処理されます。	DB_BLOCK_CHECKSUM = TYPICALまたはTRUEに設定 (すべてのExadata HARDチェックを有効にする場合)。
	ASMスクラビング	ASMにより、すべてのミラー・エクステント・セットでデータの整合性をチェックする機能が提供されます。 Oracle Supportの支援の下で書き込み損失を検出できます。	Grid Infrastructure 19c以降
	Secure Erase	データベース・サーバーとストレージ・サーバーの両方のデータをすべて消去し、InfiniBandスイッチ、イーサネット・スイッチ、および電源分散ユニットを工場出荷時のデフォルト設定に戻します。Oracle Exadataマシンを廃棄または用途変更する場合に、この機能を使用します。Secure Eraseを使用すると、マシンのあらゆるコンポーネントのデータとメタデータのすべてのトレースが完全に消去されます。	Exadata 12.2.1.1.0以降
<b>サービス品質</b>	セル間のリバランス発生時のPMEMキャッシュ上のデータの保持 (Cell-to-Cell Rebalance Preserves PMEM Cache Population)	データのリバランスはさまざまな理由で発生する可能性があります。たとえば、ハード・ディスクが実際の障害または予測障害 (predictive failure)状態に陥ると、データの冗長性を維持するためにリバランス処理が発生する場合があります。リバランス処理によってデータが別のストレージ・サーバーに移動する場合に、一部のデータはライトパック・フラッシュ・キャッシュと永続メモリ (PMEM) キャッシュ (Persistent Memory Data Accelerator) 上に保存されている場合があります。リバランスに関連するPMEMキャッシュ上のエントリは、リバランス処理によってデータが別のストレージ・サーバーに移動するとき、ターゲット・ストレージ・サーバーのPMEM上にも自動的にレプリケートされます。この新機能により、リバランス処理発生後のアプリケーション・パフォーマンスが常に安定します。	Oracle Exadata System Software リリース20.1.0 Oracle Exadata Database Machine X8M
	セルの停止および障害時におけるOLTP処理の高可用性の向上 (Enhanced OLTP High Availability During Cell Outages, and Failures)	プライマリーミラーのStorage Serverに障害が発生した場合、Oracle Exadata System Softwareによって、セカンダリ・ミラーのデータがフランシュ・キャッシュに自動的に移入されます。セカンダリ・ミラーのフランシュ・キャッシュは、Oracle Exadata System Softwareによって適切かつ自動的に管理されため、より新しい、すなわちよりアクティブなセカンダリ・ミラーのデータがフランシュ・キャッシュ上のコード・データに入れ替わります。つまり、この機能は、セルやフランシュ・デバイスの障害時、およびフランシュ・デバイスの交換時におけるセカンダリ・ミラーのフランシュ・キャッシュ・ミスを大幅に削減することで、可用性とアプリケーション・パフォーマンスを向上します。	Oracle Exadata System Software リリース19.1.0 Oracle Database 19c Exadata High Capacity Storage ServerのWrite-Back Flash Cache
		この機能はOLTPワークロードでのみ有用です。Oracle Exadata System Softwareは、スキャン・データのセカンダリ・ミラーをキャッシュしません。また、この機能はライトパック・フランシュ・キャッシュでのみ有効です。ライトスルー・フランシュ・キャッシュでは、セカンダリ・ミラーのキャッシュは行われません。	Exadata Database Machine X6以降 (フランシュ・キャッシュのサイズ要件のため)

領域	機能	HAの利点	依存関係
フラッシュ・デバイス障害後の高可用性の改善(Improved High Availability After Flash Failures)	フラッシュ障害後の全体的なシステム・パフォーマンスが改善されました。以前は、Oracle ASMはフラッシュ・デバイスの障害後、フラッシュの同期が完了するとすぐに、影響を受けたExadata Storage Serverのディスクからデータの読み込みを開始していました。しかしながら、Exadata Storage Serverには依然として通常よりもフラッシュ・デバイスの数が少ないため、そのExadata Storage Serverのパフォーマンスが影響を受けていました。Oracle Exadata System Software 18c (18.1.0) 以降は、Oracle ASMがディスクから読み込みを開始するのは、障害が発生したすべてのフラッシュ・デバイスがそのExadata Storage Serverで交換され、フラッシュ・キャッシュが十分にウォームアップされた後に限るようになりました。		Exadata Storage Software 18c (18.1.0) 以降
データベース側のI/O取消し (Database Side I/O Cancellation )	データベース・サーバーの読み取りおよび書き込みI/Oは、停止時間が長引かないようバインドされます。読み取りI/Oの場合は、セカンダリ・エクステントで再試行されます。すべてのエクステントに書き込みを実行する書き込みI/Oでは、冗長性がない場合を除いて、ターゲット・ディスクはオフラインになります。	読み取りI/Oの取消しでは、Grid Infrastructure 18c以降 書き込みI/Oの取消しでは、Grid Infrastructure 19c以降	
読み取り操作のI/Oレイテンシーの制限 (Exadata I/O Latency Capping for Read Operations)	読み取りI/Oのレイテンシーが予想より大幅に長い場合に、読み取りI/O操作が別のセルにリダイレクトされます。このため、デバイス・ドライバ、コントローラ、ファームウェアの問題、障害の発生、または停止しているディスクやフラッシュ、問題のあるストレージ・セクターなどによる、読み取りI/Oのハングや大幅な速度低下に対応できます。		Exadata 11.2.3.3.1以降 Oracle DatabaseおよびGI 11.2.0.4 BP8以降
書き込み操作のI/Oレイテンシーの制限 ( Oracle Exadata System Software I/O Latency Capping for Write Operations)	書き込みI/O操作のレイテンシーが長い場合、ミラーコピーの別の正常なフラッシュ・デバイスにリダイレクトされます。このため、書き込みI/Oのハングや大幅な速度低下に対応できます。		Exadata 12.1.2.1.0以降 Oracle DatabaseおよびGI 11.2.0.4 BP8以降 Write-Back Flash Cacheが有効
ExadataセルのI/Oタイムアウトのしきい値 (Oracle Exadata Storage Server I/O Timeout Threshold)	I/Oタイムアウトのしきい値(iotimeoutthreshold)を設定できるため、長時間実行されているI/Oをキャンセルして別の有効なミラー・コピーにリダイレクトできます。		Exadata 11.2.3.3.1以降 Oracle DatabaseおよびGI 11.2.0.4 BP8以降
予測障害のあるディスク・ドロップのためのヘルスファクター (Health Factor for Predictive Failed Disk Drop)	Exadataセルでハード・ディスクが予測障害状態(predictive failure)になると、ExadataによってOracle ASMリバランスが自動的にトリガーセれ、ディスクからデータが再配置されます。Oracle ASMのリバランスでは、まず正常なミラーから読み取りをして、冗長性をリストアします。他のすべてのミラーが使用できない状態の場合は、Oracle ASMリバランスは、予測障害(predictive failure)が発生されたディスクからデータが読み取られます。このため、可能な場合は予測障害が発生したディスクからのリバランス読み取りを防ぎ、リバランス・プロセス中のデータ冗長性を最大限に保ちながら、最適な状態でリバランスを実行します。I/Oタイムアウトのしきい値を設定できるため、長時間実行されているI/Oをキャンセルして別の有効なミラー・コピーにリダイレクトできます。		Exadata Storage 11.2.3.3以降
低パフォーマンス・ディスクの特定と自動除去 (Disk Confinement機能) (Identification of Underperforming disks and Automatic Removal)	I/O負荷はすべてのディスクに対して均等に分散されるため、低いパフォーマンスのディスクが存在すると、すべてのディスクのパフォーマンスに影響します。低パフォーマンスのディスクが検出された場合は、アクティブな構成から除外されます。Exadataによって、内部パフォーマンス・テストが実行されます。ディスクの問題が一時的なものでありテストに合格した場合は、ディスクがDiskGroupの構成に戻されます。ディスクがテストに合格せず、低パフォーマンス(poor performance)のマークが付けられた場合は、ディスク交換のため、自動サービス・リクエスト (ASR) のサービス・リクエストが開始されます。この機能は、ハード・ディスクとフラッシュ・ディスクの両方に適用されます。		Exadata Storage 11.2.3.2以降

領域	機能	HAの利点	依存関係
I/Oリソース管理		<p>I/Oリソース管理 (IORM) によって、ディスクおよびフラッシュのIOPSと、プラガブル・データベースまたは物理データベースごとの最小/最大フラッシュ・キャッシュ・サイズが管理可能です。さらに、永続メモリ (PMEM) もプラガブル・データベースまたは物理データベースごとの最小/最大PMEMサイズが管理できるようになりました。</p> <p>すべてのリリースで、新しいリソース管理機能が導入されました。</p>	<p>フラッシュおよびフラッシュ・キャッシュ領域のリソース管理用のI/Oリソース管理機能利用の場合：</p> <p>Exadata Storage 12.1.2.1.0以降 Exadata X2世代以降のハードウェア</p>
ネットワーク・リソース管理 (Network Resource Management)		<p>ネットワーク・リソース管理によって、Exadataネットワーク・ファブリック経由の重要なデータベース・ネットワーク・メッセージの優先順位が自動的かつ透過的に決定されるため、待機時間が重要な操作の応答時間が短縮されます。優先順位付けはデータベース、RDMAネットワーク・ファブリック・アダプタ、Exadataソフトウェア、Exadataネットワーク・アダプタ、RDMAネットワーク・ファブリック・スイッチに実装されているため、Exadata内部ネットワーク・ファブリック全体で優先順位付けできます。</p> <p>Oracle RAC Cache Fusionメッセージなどの待機時間が重要なメッセージは、バッチ、レポート、バックアップのメッセージより優先されます。ログ・ファイルの書き込み操作は、トランザクション処理の待機時間の短縮のため、最優先されます。</p>	<p>Exadata Storage 11.2.3.3</p> <p>Oracle Database 11.2.0.4以降</p> <p>InfiniBandスイッチ・ファームウェア・リリース2.13-4以降</p> <p>新しいX8M RoCEファブリックに組込</p>
セル間のリバランス発生時のフラッシュキャッシュ上のデータの保持 (Cell-to-Cell Rebalance Preserves Flash Cache Population)		<p>ハード・ディスクで予測障害(predictive failure)または実際の障害が発生し、ディスクからデータをリバランスする必要がある場合は、このハード・ディスクにあるデータの一部をフラッシュ・ディスクにキャッシュして、このデータの待機時間を短縮し、アクセス用の帯域幅を増やすことができます。アプリケーションの現在のパフォーマンスSLAを維持するには、セル間でオフロードされたリバランスの間に、ハード・ディスク上の各種領域のフラッシュへのキャッシング・ステータスを維持しながらデータをリバランスすることが重要です。</p> <p>このセル間のリバランス機能によって、ディスク障害やディスク交換によるリバランス中のアプリケーション・パフォーマンスが、以前のリリースより大幅に改善しています。</p>	<p>Exadata Storage 12.1.2.2.0以降</p> <p>Oracle DatabaseおよびGI 12.1.0.2 BP11以降</p>
Exadata Smart Flash Logging		<p>Exadata Smart Flash LoggingによってREDO書き込みの待機時間が短くなります。これはデータベース・パフォーマンス (特にOLTPワークロード) にとって重要です。Exadata Smart Flash Loggingではハード・ディスクとフラッシュにREDOログが書き込まれます。フラッシュをREDOログ・データ用の一時ストア (キャッシング) として使用することで書き込み時間が常に短くなり、書き込みの外れ値が小さくなります。</p> <p>Exadata Smart Flash LoggingはExtreme Flash (EF) 構成にも必要です。フラッシュ・デバイスの速度が低下する場合があるためです。EFの外れ値を防ぐため、複数のフラッシュ・ドライブを選択して書き込む際のREDOログ書き込みは非常に選択的です。</p>	<p>Exadata Storage 11.2.2.4</p> <p>EFはExadata X5世代以降でのみ使用可能</p>

領域	機能	HAの利点	依存関係
パフォーマンス	Persistent Memory Data Accelerator	<p>Oracle Exadata Storage Serverで、フラッシュ・キャッシュの前に永続メモリ（PMEM）キャッシュを使用できるようになりました。</p> <p>Persistent Memory Data Acceleratorとして知られるPMEMキャッシュは、Intel Optane™ DC Persistent Memory Module（DCPMM）を使用しています。Database Serverでは、Remote Direct Memory Access（RDMA）の使用により、リモート永続メモリへのアクセス待機時間が10分の1に短縮されます</p> <p>永続メモリは共有キャッシュとして使用されるため、永続メモリ・モジュールを高額なストレージとして直接使用する場合と比較して、キャッシュ容量が実質的に10倍増加します。これにより、コスト効率の優れた方法で、数テラバイト級のデータベースで永続メモリの利点を享受できます。</p>	Oracle Exadata System Software リース19.3.0 Oracle Database 19c
	Persistent Memory Commit Accelerator	<p>REDOログの書き込みの待機時間が常に短いことは、OLTPデータベースのパフォーマンスにおいて極めて重要です。REDOログが保存される場合のみ、トランザクションがコミットされるためです。さらに、REDOログの保存に時間がかかると、重要なデータベース・アルゴリズムに影響が及ぼします。Persistent Memory Commit Acceleratorにより、Oracle Database 19cはRemote Direct Memory Access（RDMA）を使用してREDOレコードを複数のストレージ・サーバーの永続メモリに書き込みます。RDMAを使用することで、REDOログの書き込み速度は最大で8倍向上します。また、REDOログが複数のストレージ・サーバーに保持されたため、優れたレジリエンスが実現します。</p> <p>各ストレージ・サーバーでは、永続メモリ領域には最近書き込まれたログ・レコードのみが保持されます。永続メモリ領域はすべてのREDOログで不要です。そのため、数百のデータベースが永続メモリ領域を共有でき、安定したパフォーマンスの統合が実現します。</p>	Oracle Exadata System Software リース19.3.0 Oracle Database 19c Oracle Exadata Storage Server X8M-2
	Smart Flash Log Write-Back	<p>Smart Flash Log Write-Back機能は、Exadata Smart Flash Cacheをライトバック・モードで使用して、REDOログ・ファイルの全内容を自動かつ透過的に保存します。これにより、HDDがパフォーマンスのボトルネックになり得る可能性が無くなります。システムのワークロードによっては、全体的なログの書き込みスループットを最大で250%向上できます。Smart Flash Log Write-Backは、Exadata Smart Flash Logとともに透過的に機能します。Smart Flash Log Write-Backによって、全体的なログの書き込みスループットが押し上げられ、同時にExadata Smart Flash Logによって、ログの書き込み待機時間の外れ値が継続的に回避されます。この機能は、プライマリ・データベースとスタンバイ・データベースで使用できます。</p>	Oracle Exadata System Software リース20.1.0 Oracle Exadata Database Machine X7 ライトバック・モードのExadata Smart Flash Cache
	インメモリー列指向キャッシュの迅速な作成 (Fast In-Memory Columnar Cache Creation)	<p>この機能により、特にハード・ディスクのI/O帯域幅を利用している同時ワークロードが存在する場合は、列指向キャッシュ作成のパフォーマンスが大幅に向上します。たとえば、バックアップの処理は、ハード・ディスクの帯域幅を利用していますが、インメモリー列指向キャッシュの作成とその帯域幅を共有する必要がなくなります。その結果、バックアップ処理とインメモリー列指向キャッシュの作成がどちらも、より高速に実行されます。</p>	Oracle Exadata System Software リース20.1.0
	アクティブボンディング・ネットワーク (Active Bonding Network)	<p>Exadataサーバーは、InfiniBandカードの両方のポートでアクティブ・アクティブのボンディング構成ができます。アクティブ・アクティブ・ボンディングでは、以前のリリースのアクティブ・パッシブ・ボンディングよりネットワーク帯域幅がずっと広くなります。両方のInfiniBandポートが同時にネットワーク・トラフィックの送信に使用されるためです。</p>	Exadata X4世代以降のハードウェア Exadata Storage 11.2.3.3以降

領域	機能	HAの利点	依存関係
セルの再起動後のスマートFlash Cacheの永続性(Exadata Smart Flash Cache Persistent After Cell Restart)		Exadata Smart Flash Cacheは、頻繁にアクセスされるデータを透過的かつインテリジェントに高速ソリッドステートストレージにキャッシュし、データベースのクエリと書き込みの応答時間とスループットを向上させます。フラッシュ・キャッシングに問題がある場合は、フラッシュ上のミラーハイブされたコピーにI/O操作が透過的にフェイルオーバーされます。ユーティリティによる操作は不要です。Exadata Smart Flash Cacheは電源停止、シャットダウン操作、セルの再起動などの間も継続します。フラッシュ・キャッシング中のデータは、セルの再起動後にディスクから読み込んで再度のpopulationは不要です。このため、ディスクに対するデータベースのI/O操作数を減少させることができます。	Exadata Storage 11.2.3.2以降
Data GuardのREDO Applyのパフォーマンスが10倍以上向上		Data GuardのREDO Applyのパフォーマンスは、Exadata Smart Flash Cacheと全体のI/Oおよびネットワーク帯域幅を利用しているため、REDO Apply速度がOLTPワークロードの場合は最大500 MB/秒、バッチおよびロード・ワークロードの場合は最大1,000 MB/秒になります。従来のストレージでは、ネットワークやストレージのIO帯域幅がボトルネックとなるため、REDO Applyのパフォーマンスは一般的に50 MB/秒未満でした。	速度は、社内のMAAテストとお客様の環境で観測された値です。速度は、データベースの統合量、使用可能なシステム帯域幅、Exadataの世代に応じて異なります。
インメモリーOLTPおよび統合アクセラレーション(In-Memory OLTP and Consolidation Acceleration)		Exadata Storage Serverで、フラッシュ・メモリの前に新しいメモリ・キャッシングが追加されます。現在のフラッシュ・キャッシングがハード・ディスクの前に追加されているのと同様です。この機能により、100マイクロ秒 ( $\mu$ s) のオンライン・トランザクション処理 (OLTP) 読取りI/O待機時間が実現します。250 $\mu$ sであるフラッシュのOLTP読取りI/O待機時間と比較して、2.5倍短縮されています。既存のメモリ・アップグレード・キットを使用してストレージ・サーバーにメモリを追加することで、この機能を活用できます。	Exadata Storage 18c (18.1.0) 以降 Exadata X6またはX7世代以降 Oracle Database version 12.2.0.1 April 2018 DBRU ないしは 18.1 以降
ストレージ・サーバーでのインメモリー列指向キャッシング(In-Memory Columnar Caching on Storage Servers)		Oracle Exadata System Softwareリリース12.2.1.1.0では、Hybrid Columnar Compression (HCC) を使用して圧縮された表に対して、ストレージ・サーバーでインメモリー列指向キャッシングがサポートされるようになりました。Oracle Exadata System Software 18c (18.1.0) では、ストレージ・サーバーでのインメモリー列指向キャッシングのサポートが拡張され、特に圧縮されていない表やOLTP表圧縮された表など、さらなる表タイプがサポートされるようになりました。  Oracle Database In-Memory形式を圧縮されていない表やOLTP表圧縮された表に拡張することで、より多くの表タイプへのSmart Scan問合せで、ストレージ・フラッシュ・キャッシングに保管されたデータにインメモリー・アルゴリズムを高速にベクトル処理する利点を享受できます。この形式では、結合や集計を含むSmart Scanで、ほとんどのインメモリー・パフォーマンスが向上します。Database In-Memory形式は領域の効率性が優れており、圧縮されていない表やOLTP表圧縮された表と比較して、通常は使用する領域が少なくてすみます。Database In-Memory形式にデータを保管すると、ストレージ・フラッシュ・キャッシング領域の使用効率が向上します。	Exadata Storage 18c (18.1.0) 以降 Oracle Database Release 12cリリース1 (12.1.0.2) バージョン 12.1.0.2.161018DBBP、または Oracle Database 12cリリース2 (12.2.0.1) 以降  Oracle Database 12cリリース1 (12.1.0.2) を使用している場合は バグ24521608用のパッチ  バグ26261327用の推奨パッチ（複雑な問合せでリバース・オフロード機能が向上）
Exadataストレージ・セル、Exadataデータベース・ノード、およびExadataスイッチへのパッチ適用		patchmgrユーティリティ（およびdbnodeupdate.sh）により、オンラインとオフラインの両方の状態で、Exadataストレージ・セル、Exadataデータベース・ノード、およびExadataスイッチにパッチを適用する場合のパッチ適用処理を調整および自動化できます。	patchmgrはExadataストレージ・セルをサポート patchmgrは、Oracle Exadata Storage 11.2.3.3.0以降でInfiniBandスイッチをサポートするように拡張 patchmgrは、Exadata Storage 18c (18.1.0) 以降のラック全体の更新をサポート

領域	機能	HAの利点	依存関係
	クラウド・スケール・パフォーマンスの自動監視 (Automated Cloud Scale Performance Monitoring)	<p>Exadata Database Machineでは、CPU、メモリ、ファイル・システム、I/O、ネットワークなど、さまざまなサブシステムを対象とする自動化されたクラウド規模のパフォーマンス監視機能が提供されます。この機能には、人工知能、長年にわたる実世界でのパフォーマンス・トリアージ経験、ベスト・プラクティスが組み込まれています。</p> <p>Oracle Exadata System Softwareは、人的な介入なしに、パフォーマンス問題を自動的に検出し、根本原因を突き止めることができます。たとえば、この機能は以下のように機能します。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● スピン・プロセスがシステムのリソースをすべて占有してしまい、データベースのパフォーマンスに影響を与えている場合、Oracle Exadata System SoftwareはCPUスピンを自動的に検知し、スピンを引き起こしているまさにそのプロセスを特定し、アラートを生成します。</li> <li>● Oracleデータベースがベスト・プラクティスの推奨事項に従つて、HugePagesを使用して適切に構成されていない場合、Oracle Exadata System Softwareは誤った構成を自動的に検出し、影響を受けるデータベース・インスタンスに対するアラートを生成します。</li> </ul> <p>この機能に必要な構成はありません。アラートを受信するには、通知メカニズムを構成する必要があります。詳しくは、「Oracle Exadata Storage Serverのリクエストおよびアラートの監視」および「ALTER DBSERVER」を参照してください。</p>	Oracle Exadata System Software 19.1.0
管理	Exadata X7 Storage Serverのオンライン・フラッシュ・ディスク交換 (Online Flash Disk Replacement for Oracle Exadata Storage Server X7)	<p>Exadata Database Machine X7-2およびX7-8より、High Capacity Storage Serverモデルもフラッシュ・ディスクを、サーバーを停止することなくオンラインで交換できるようになりました。</p>	Exadata Extreme Flash Storage Server または Oracle Exadata System Software 18c以降、およびExadata High Capacity Storage Server X7-2またはExadata Database Machine X7-8
	Storage Serverのクラウドスケールのソフトウェア更新 (Oracle Exadata Storage Server Cloud Scale Software Update)	<p>Storage Serverのクラウドスケールのソフトウェア更新機能により、ストレージ・サーバーに対する全く新しいクラウド規模のソフトウェア更新プロセスが導入されました。ストレージ・サーバーがソフトウェア・ストアを指定するようにすると、ストレージ・サーバーのバックグラウンドで新しいソフトウェアがダウンロードされます。ソフトウェア更新は任意の時間にスケジューリングできます。ストレージ・サーバーでは、データベースがオンラインのまま、Oracle Exadata System Softwareがローリング方式で自動的にアップグレードされます。単一のソフトウェア・リポジトリを数百のストレージ・サーバーで使用できます。この機能により、クラウドの顧客とオンプレミスの顧客はソフトウェア更新をより単純かつ迅速に行うことができます。</p>	Exadata Storage 18c以降
	Storage Serverソフトウェアの更新パフォーマンスの向上 (Performance Improvement for Oracle Exadata System Software Updates)	<p>Oracle Exadata Storage Serverソフトウェアの更新時間が大幅に短縮されています。内部処理をさらに最適化することで、セル更新プロセスが以前のリリースより最大で5倍高速化されています。Exadataのほとんどのパッチ適用はアプリケーションがオンラインの状態で実行されます。この機能強化によってパッチ適用時間が大幅に短縮されています。</p>	Oracle Exadata Storage Serverソフトウェア・リリース12.1.2.3.0以降
	Exadata DB Serverソフトウェアの更新パフォーマンスの向上 (Faster Oracle Exadata Database Server Software Update)	<p>データベース・サーバー・ソフトウェアの更新プロセスが、これまでよりも大幅に短い時間で実行されるようになり、前リリースと比較して、最大で40 %短縮されました。これにより、データベース・サーバーのソフトウェア更新に必要なコストと労力が削減されます。</p>	Exadata Storage 18c以降

領域	機能	HAの利点	依存関係
フラッシュおよびディスクのライフサイクル管理のアラート (Flash and Disk Life Cycle Management Alert)	セル・アラートのサマリー (Cell Alert Summary)	ディスクの障害や交換によるOracle ASMのリバランス操作を監視します。リバランス操作が正常に完了した場合、またはエラーが発生した場合に、管理サーバーからアラートが送信されます。ステータス管理が簡素化されます。	Oracle Database リリース12.1.0.2 BP4以降 Oracle Exadata Storage Server Software リリース12.1.2.1.0以降
ストレージ・サーバー・ディスクの取り外しに関するLED通知 (LED Notification for Storage Server Disk Removal)	交換のためのハード・ディスクのドロップ(Drop Hard Disk for Replacement)	ストレージ・サーバー・ディスクの取外しが必要な場合は、サーバーの青色のLEDライトが点灯します。青色のライトによって、メンテナンスが必要なサーバー・ディスクを簡単に特定できます。	Oracle Exadata Storage Server Software リリース11.2.3.0以降
交換のためのBBUのドロップ(Drop BBU for Replacement)	ディスク障害の誤検知の解消(Elimination of False Drive Failures)	管理者がExadataセルからハード・ディスクを取り外すためのシンプルなコマンドがあります。このコマンドによって、ディスク・グループが強制的にマウント解除されることなく、ハード・ディスク上のGrid DiskをOracle ASMから安全にオフラインにできるようになります。問題がなければ、ディスク上のサービスLEDが点灯して簡単に交換できます。	Oracle Exadata Storage Server Software リリース11.2.3.0以降
ExadataのAWRおよびアクティブ・レポート (Oracle Exadata Storage Statistics in AWR Reports)	ExadataのAWRおよびアクティブ・レポート (Oracle Exadata Storage Statistics in AWR Reports)	管理者がオンラインのBBU (バックテリ・バックアップ・ユニット) の交換を開始するためのシンプルなコマンドがあります。このコマンドを実行するとコントローラがライトスルー・キャッシングに変更され、電源喪失時のBBU交換の際にデータ損失が発生することはありません。	Exadata X3およびX4世代のみ。 Exadata X5以降のディスク・コントローラHBAには、BBUの代わりに、スーパーキャパシタ・ベースの1 GBの書き込みキャッシングが搭載されています。
		I/Oが自動的に正常なドライブにリダイレクトされます。異常のある対象ディスクの電源が入れなおされます。ドライブが正常な状態に戻ると、再有効化および再同期されます。電源を入れなおしてもドライブの障害が解決しない場合は、ドライブがドロップされます。ディスク障害の誤検知をなくし、データの冗長性を維持し、運用上の管理作業を減らして、ドロップのリバランスを回避します。	X5 Storage以降（シャーシで電源の入れなおしをサポートする必要があるため） 大容量ハード・ディスクとExtreme Flash SSDにのみ関連
		AWRレポートのExadata Flash Cache Performance Statisticsセクションが機能強化されました。1) 列形式フラッシュ・キャッシングとKeep Cacheのサポートが追加されました。2) フラッシュ・キャッシングのパフォーマンス・サマリーにセクションが追加され、Exadataストレージ・セルとデータベースの統計情報の概要を把握できるようになりました。	Oracle Exadata Storage Server Software リリース12.1.2.2.0以降
		AWRレポートのExadata Flash Log Statisticsセクションに、ディスクとフラッシュへの初回書き込みの統計情報が追加されました。	Oracle Database リリース12.1.0.2/バンドル・パッチ11以降

## デプロイメント後のExadata MAA構成

次のセクションでは、Exadata MAAのプラクティスを補完する参考資料を紹介します。

1. Exadataの包括的なヘルス・チェック：『Oracle Exadata Database Machine exachk or HealthCheck』（Doc ID 1070954.1）を参照してください。
2. 機能/ソリューションの概要とフォローアップ：  
[Oracle Exadata Database Machine : Maximum Availability Architecture \(MAA\) プrezentation](https://docs.oracle.com/en/database/oracle-database/19/high-availability.html)  
および関連のHAドキュメント (<https://docs.oracle.com/en/database/oracle-database/19/high-availability.html>)
3. Exadataデータベース統合のベスト・プラクティス：  
[Exadata Database Machine上でのデータベース統合に関するベスト・プラクティス](#)
4. Exadata VMのプラクティス：  
[Oracle Exadata Database Machine: RoCE／PMEMベース・システムのKVM仮想化ベスト・プラクティス Systems](#)  
または[Oracle ExadataおよびOVMベスト・プラクティス](#)
5. Exadataソフトウェア更新のベスト・プラクティス：[Exadataソフトウェアのメンテナンス](#)
6. Exadataメンテナンス・ガイドまたはExadataドキュメント：  
<https://docs.oracle.com/en/engineered-systems/exadata-database-machine/books.html>
7. バックアップおよびリストアのプラクティス：  
[Oracle Exadata Database Machineのバックアップおよびリストアの構成と運用のベスト・プラクティス](#)
8. 一般的なExadata MAAのホワイト・ペーパー：  
<https://www.oracle.com/jp/database/technologies/high-availability/exadata-maa-best-practices.html>
9. Oracle Cloud MAAの資料：<https://www.oracle.com/jp/database/technologies/high-availability/oracle-cloud-maa.html>
10. 一般的なMAAの資料（アプリケーション・フェイルオーバー、Active Data Guard、Oracle GoldenGate、移行プラクティスなど）：<https://www.oracle.com/jp/database/technologies/high-availability/oracle-database-maa-best-practices.html>

## Exadata MAAにおける運用のベスト・プラクティス

Exadataの導入を成功させるためには、運用に関する次のベスト・プラクティスに従う必要があります。このベスト・プラクティスは、6 可用性を最大化するための運用前提条件に記載されています。重要な要素を以下に明記します。

- » 高可用性およびパフォーマンスの品質保証契約 (SLA) を文書化し、品質保証契約にマッピングする停止/ソリューション・マトリックスを作成します。  
リカバリ時間目標 (RTO) とリカバリ・ポイント目標 (RPO) を決定するには、ビジネスへの影響と、システム停止やデータ損失によって生じるコストを理解することが基本となります。RTOは停止時間の許容値を表すのに対し、RPOはデータ損失の許容量を表します。また、RTOとRPOは、停止の種類ごとに値が異なる可能性もあります。たとえば、サーバー障害とディスク障害の場合、通常のRTO/RPOは0になります。完全なサイト障害では、RTO/RPOの値が大きくなるとともに、パフォーマンスSLAの厳格さが低くなります。こうなる理由は、潜在的な停止発生頻度と、HA/DRの実装コストまたは複雑性との間のトレードオフを管理するためです。
- » HAとパフォーマンスのSLAを検証します。単純なデータベース・ノード、データベース・インスタンス、およびデータベースの障害テストを実行して、自動の、自動化された、または手動の修復ソリューションすべてを含む予期されるHA応答を検証します。アプリケーションのRTO要件とRPO要件が満たされていることを確認します。アプリケーションのパフォーマンスが、コンポーネント障害のさまざまなシナリオで許容できるレベルであることを確認します。たとえば、ノード障害、Exadataストレージ・セルの障害、およびData Guardのロール移行の後もパフォーマンスのSLAを引き続き満たしていることを検証します。

- » [My Oracle Support Note 888828.1](#)で推奨されているように、Exadataとデータベース・ソフトウェアを定期的（少なくとも1年に1回など）にアップグレードします。

Exadataには、その時点で最新の推奨HAソフトウェアとシステム・コンポーネントが搭載されています。デプロイ後は、定期的にexachkを実行する必要があります。また、Oracle MAAスコア・カードのExadataソフトウェア保守のベスト・プラクティスの項を参照して、既存のExadataソフトウェアが推奨値の範囲内になっているかどうか評価します。exachk内のソフトウェア保守チェックでは、使用環境に関連している重大なソフトウェア問題が検出されると、ユーザーにアラートが送信されます（必ず、実行する前に最新バージョンのexachkをダウンロードしてください）。

次のexachkがリリースされるまでの間に、すぐに対処する必要のある新しい重大な問題がExadataで見つかり、解決され、その問題に関する情報が[My Oracle Support Note 1270094.1](#)で公開されることがあります。Exadataの重大な問題について新しく公開されたアラートの通知をMy Oracle Supportから自動的に受け取るには、[Oracle Exadata Storage Server Software製品のHot Topics電子メールを構成](#)します。

- » 安定性を保つのもっとも有効な方法の1つは、ソフトウェア・パッチの本番前検証とテストを実施することです。手順の概略は次のとおりです。
- » パッチとアップグレードに関するドキュメントを確認します。
  - » 計画停止時間を最小限に抑えるか、または不要にするため、ローリング・アップグレードを行う機会があるかどうか検討します。
  - » 対象パッチが、My Oracle Support Note 1265700.1でStandby-First Patchとして認定されているかどうかを確認します。
  - » テスト環境でアプリケーションを検証し、機能性、パフォーマンス、可用性に対する要件を満たしているか、または上回っていることを確認します。手順を自動化し、必ずフルバック手順を文書化してテストしてください。
  - » 変更を本番システムに反映する前に、必要に応じてData Guardのスタンバイ・データベース上で、すべての変更に対する最終的な本番前検証を実行します。
  - » 本番環境に変更を反映します。
- » [My Oracle Support Note 1070954.1](#)での説明に従って、Exadata MAAヘルス・チェック（exachk）を実行します。環境や構成に関する問題を検出するために、ソフトウェア・パッチを適用する前後、データベース・アップグレードを行う前後、または少なくとも月1回、最新リリースのexachkをダウンロードしてテスト環境と本番環境で実行します。このチェックはソフトウェアとハードウェアを検証して、MAA、Oracle RAC、もしくはExadataハードウェアおよびソフトウェア構成に関する新規または既存のベスト・プラクティスを実施する必要がある場合、警告を通知します。MAAスコア・カードがMAA構成チェックおよびベスト・プラクティスに追加されています。データベース・アップグレード前後の構成上の問題を予防的に検出するためのアップグレード・モジュールが追加されています。
- » Data Guardのロール移行を実行し、リストア操作とリカバリ操作を検証します。アプリケーションとData Guardのスイッチオーバーを定期的に実行し、すべてのロール移行手順を十分に検証します。ロール移行テストは、少なくとも四半期に1回は実施することを推奨します。
- » Exadataの監視とAutomatic Service Request <sup>(注2)</sup> を構成します。[OTNのWebサイト Enterprise Manager MAA](#)での説明に従って、監視のベスト・プラクティスを組み込みます。

---

2 <https://www.oracle.com/jp/support/premier/auto-service-request.html>

## テスト環境の重要性

十分な能力を備えたテスト・システム・インフラストラクチャへの投資は、Exadata MAAにとって不可欠です。Exadataのテスト・システムのデプロイに関する各種戦略の利点とトレードオフについては、表2を参照してください。

表2：さまざまなテスト環境とQA環境におけるトレードオフ

テスト環境	利点とトレードオフ
本番Exadataのフル・レプリカ	<p>すべてのパッチとソフトウェア変更点が検証されます。すべての機能テストが検証されます。本番規模での完全なパフォーマンス検証が実施されます。</p> <p>レプリカにスタンバイ・システムが含まれる場合には特に、完全なHA検証が実施されます。</p>
スタンバイExadata	<p>ほとんどのパッチとソフトウェア変更点が検証されます。すべての機能テストが検証されます。</p> <p>Data Guardスナップショット・スタンバイを使用している場合は完全なパフォーマンス検証が実施されますが、フェイルオーバーが必要な場合はリカバリ時間が長くなります。</p> <p>ロール移行の検証。</p> <p>リソースの管理とスケジューリングが必要です。</p>
共有Exadata	<p>ほとんどのパッチとソフトウェア変更点が検証されます。すべての機能テストが検証されます。</p> <p>本番環境と同様の十分なシステム・リソースを割り当てられる場合は、この環境がパフォーマンス・テストに適している可能性があります。</p> <p>ただし通常は、パフォーマンスのテスト/検証に適さない本番システム・リソースのサブセットです。</p> <p>リソース・スケジューリングが必要です。</p>
小規模なExadataシステムまたはExadataスナップショットを備えたExadata	<p>すべてのパッチとソフトウェア変更点が検証されます。すべての機能テストが検証されます。本番規模でのパフォーマンス・テストが実施されません。</p> <p>フルスケールの高可用性評価が制限されます。</p> <p>Exadataスナップショットのストレージ効率は非常に優れています。</p>
古いExadataシステム	<p>ほとんどのパッチとソフトウェア変更点が検証されます。ファームウェアのパッチ・テストが制限されます。一部の新しいハードウェア機能によって制限される場合を除き、すべての機能テストが検証されます。本番規模のパフォーマンス・テストが制限されます。</p> <p>フルスケールの高可用性評価が制限されます。</p>
Exadata以外のシステム	<p>データベースとグリッド・インフラストラクチャのソフトウェアおよびパッチのみが検証されます。データベースの汎用的な機能テストが検証されます。</p> <p>Exadata固有のソフトウェア機能 (HCC、IORM、ストレージインデックスなど) のテストが制限されます。</p> <p>本番規模のパフォーマンス・テストが大幅に制限されます。</p> <p>高可用性評価が制限されます。</p>

## 結論

Exadata MAAは、Oracle Database向けにパフォーマンスと可用性に優れたプラットフォームを提供する統合ソリューションです。このテクニカル・ホワイト・ペーパーでは、すべてのExadata Database Machineによって提供される事前構成されたHA機能を中心に、Exadata MAAの利点すべてを活用するために管理者が利用できる製品到着後の構成および運用上のベスト・プラクティスについて説明しています。

## 付録1：Exadata MAAの停止とソリューションのマトリックス

### 計画外停止

以下の表3に示す停止とソリューションのマトリックスは、オラクルが実施する広範な高可用性テストの一例です。Oracle MAAで推奨されるソリューションは、停止の種類ごとに、予想されるアプリケーション・リカバリ時間 (RTO) と一緒に提供されます。この場合、アプリケーションのパフォーマンスSLAを満たす十分なシステム・リソースを使用することができ、使用可能なサービスにアプリケーションが透過的にフェイルオーバーするように構成されていることが前提です。運用準備が整っていること、およびアプリケーションのパフォーマンスSLAが満たされていることを評価するために、Exadata MAAテスト・システムで実際のワークロードを（Real Application TestingとDatabase Replayを使用して）実行しながら、主要な障害（DRを検証するためにインスタンス障害、ノード障害、論理障害、ハング、完全なデータベース障害など）をシミュレーションすることを推奨します。優先順位列には、発生確率、運用準備の重要性、顧客テストの重要性に基づいて、（Oracleテストの優先順位ではなく）提案されるテスト優先順位が反映されます。ほとんどの停止でデータベース停止時間はゼロとなり、あらゆる接続に関するアプリケーションの一時停止も最小限で済みます。別のハードウェアまたはストレージ・ベンダーと比較する場合は、同じ同等の障害を注入し、両方の環境で同じワークロードを繰り返します。Exadataによってエンド・ツー・エンドのアプリケーション可用性を達成する方法と、さまざまなハードウェアとソフトウェアの機能停止による一時停止をほぼゼロにする方法の実例については、Exadata MAAのビデオ（<http://vimeo.com/esgmedia/exadata-maa-tests>）または最新のExadata MAAプレゼンテーション（<https://www.oracle.com/jp/a/tech/docs/exadata-maa-ja.pdf>）を参照してください。

手動または自動のいずれのフェイルオーバーをデプロイする場合でも、個々のコンポーネントがデータベースの可用性に与える影響を理解し、エンド・ツー・エンド・アプリケーションのフェイルオーバー時間や一時停止を評価します。アプリケーションへの影響を最小限に抑えるには、Continuous Availability - MAAソリューションにおける継続的サービスのアプリケーション・チェックリストを参照してください。

**計画外停止の後に十分なシステム・リソースが残されている場合、アプリケーションの影響は、以下の表に示すように非常に小さくなります。**

表3：計画外停止とソリューションのマトリックス

停止の種類	障害注入プロセス	EXADATA MAA	優先順位
<u>サイト障害</u>		<u>数秒～5分（注3）</u> <u>スタンバイ・データベースによるデータベース・フェイルオーバー</u> <u>サイト全体のフェイルオーバー</u> <u>アプリケーション・フェイルオーバー</u>	LOW BUT WORTH TESTING FOR DR READINESS（優先度低いが、DRへの準備を整えるためには価値あるテスト）
<u>クラスタ全体の障害</u> または 本番Exadata Database Machineの障害		<u>数秒～5分</u> <u>スタンバイ・データベースによるデータベース・フェイルオーバー</u> <u>サイト全体のフェイルオーバー</u> <u>アプリケーション・フェイルオーバー</u>	LOW BUT WORTH TESTING FOR DR READINESS（優先度低いが、DRへの準備を整えるためには価値あるテスト）
<u>コンピュートノード障害</u> (ノード) またはRACデータベース・ノード障害 (ハードウェア障害、RACノード排除、再起動、またはマザーボード障害の影響のシミュレーション)	1. データベース・ノードの電源プラグを引き抜くか、強制的に電源をオフにします 2. 30秒以上待ちます 3. 必要に応じて、電源を復元してデータベース・ノードの電源をオンにします 4. データベース・ノードが完全に起動するまで待ちます	クラスタ障害の検出、クラスタの再構成、およびインスタンス・リカバリのための短いアプリケーション停止時間。Exadataの場合、クラスタ障害検出に要する時間は2秒です。 <u>計画外の停止の場合にOracle RACリカバリによって自動的に管理されます</u>	HIGH（優先度高い）

3 記載されたリカバリ時間は、データベースと既存接続のフェイルオーバーにかかる時間です。ネットワーク接続が変更され、他のサイト固有のフェイルオーバー・アクティビティにより全体的なリカバリ時間が長くなる可能性があります。

停止の種類	障害注入プロセス	EXADATA MAA	優先順位
データベース・インスタンス障害 またはRACデータベース・インスタンス障害	pmon バックグラウンド・プロセスに対してkill-11 PMONを実行するか、ターゲット・インスタンスに対してshutdown abortを実行します	影響を受ける接続でのアプリケーション停止時間が短くなります。障害の発生したインスタンスの影響を受ける接続の場合、ブラウンアウトはクラスターの再構成（1秒）とインスタンス・リカバリで構成され、Exadata Write-Back Flash Cache を利用したExadataでは大幅に削減されます。  データベース停止時間なし（注4）。 <u>計画外の停止の場合にOracle RACリカバリによって自動的に管理されます</u>	HIGH（優先度高い）
Exadata Storage Server障害（ストレージコントローラー障害のシミュレーション）	1. ストレージ・セルの電源プラグを引き抜くか、強制的に電源をオフにします 2. Oracle ASM のdisk_repair_timeより長い時間待機します	InfiniBandファブリック高速検出メカニズム（Fast Node Death Detection）を使用する場合、セル・ストレージ遅延は1秒未満で、アプリケーションへの影響が小さくなります。	LOW（優先度低い）
Exadataディスク取出しとその後の取付け	1. ディスクを取り出して10秒以上待ちます 同じディスク・ドライブを同じスロットに取り付けます  2. Oracle ASM のdisk_repair_timeより長い時間待機します	Exadataライトバック・フラッシュ・キャッシングを使用する場合、アプリケーションの一時停止がゼロになります。ExadataおよびOracle ASMはストレージ障害に対応し、I/Oを迅速にミラーにリダイレクトして、サービス・レベルへの影響を最小限に抑えます。  Oracleでは、ユーザーによる正常なディスクの取出しと、実際に障害が発生したディスクを区別できます。ディスクの取出しと取付けの場合は、差分変更のための単純なOracle ASM再同期が実行されます。	LOW（優先度低い）
Exadataディスク障害	次のシミュレーション・コマンドを使用します。  1. alter physicaldisk <disk controller:disk slot #> simulate failuretype=fail 2. 1分待ちます 3. alter physicaldisk <disk controller:disk slot #> simulate failuretype	実際のディスク障害の場合は、障害の発生したディスクがすぐに除去され、その後、サービス・レベルに影響を及ぼすことなくOracle ASMリバランスが実行されます。 Exadataセル11.2.3.2.0以降では、青のLEDライトにより、障害の発生したディスクが交換可能なことが確認できます。	HIGH（優先度高い）
Exadataフラッシュ・ディスクまたはフラッシュDOM障害	1. フラッシュ・ディスクを物理的に取り出すことはできません。シミュレーション・コマンド：alter physicaldisk <physicaldisk name of flash module> simulate failuretype=fail 2. 1分待ちます 3. 終了シミュレーション・コマンド： alter physicaldisk <physicaldisk name of flash module> simulate failuretype=none	ライトバック・フラッシュ・キャッシングと古いデータの高速修復を使用する場合、アプリケーションへの影響は小さくなります。	MEDIUM（優先度中）

4 データベースは引き続き使用可能ですが、障害の発生したシステムに接続しているアプリケーション部分は一時的に影響を受けます。

停止の種類	障害注入プロセス	EXADATA MAA	優先順位
コンピュータまたはExadataセル・ストレージ・サーバーの電源障害、PDU障害、または電源供給喪失	1. いざれかのPDUの電源を抜きます。	冗長電源障害によるアプリケーション一時停止なし。	LOW
<u>人為的エラー</u>	30分未満		HIGH
		<u>人為的エラーからのリカバリ</u>	
<u>ハングまたは速度低下</u>		計画外停止に対するソリューションについては、 <i>Oracle Database高可用性概要ドキュメント</i> 、および <u>アプリケーション・フェイルオーバー</u> を参照してください。	HIGH

5 人為的エラーからのリカバリ時間はおもに検出時間に依存します。DMLやDLLの悪意のあるトランザクションを数秒で検出できる場合、適切にリハーサルしていれば、通常は適切なトランザクションを数秒でフラッシュ・バックできます。参照や整合性に関する制限事項も考慮する必要があります。

## オラクルの情報を発信しています

+1.800.ORACLE1までご連絡いただくな、oracle.comをご覧ください。

北米以外の地域では、oracle.com/contactで最寄りの営業所をご確認いただけます。



Copyright © 2020, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved. 本文書は情報提供のみを目的として提供されており、ここに記載されている内容は予告なく変更されることがあります。本文書は、その内容に誤りがないことを保証するものではなく、また、口頭による明示的保証や法律による默示的保証を含め、商品性ないし特定目的適合性に関する默示的保証および条件などのいかなる保証および条件も提供するものではありません。オラクルは本文書に関するいかなる法的責任も明確に否認し、本文書によって直接的または間接的に確立される契約義務はないものとします。本文書はオラクルの書面による許可を前もって得ることなく、いかなる目的のためにも、電子または印刷を含むいかなる形式や手段によつても再作成または送信することはできません。

OracleおよびJavaはOracleおよびその子会社、関連会社の登録商標です。その他の名称はそれぞれの会社の商標です。

IntelおよびIntel XeonはIntel Corporationの商標または登録商標です。すべてのSPARC商標はライセンスに基づいて使用されるSPARC International, Inc.の商標または登録商標です。AMD、Opteron、AMD Opteronロゴは、Advanced Micro Devicesの商標または登録商標です。UNIXは、The Open Groupの登録商標です。0120

Exadata Database Machineを使用したOracle Maximum Availability Architectureのデプロイ

2020年7月

著者 : Lawrence To

共著者 : Michael Nowak、Glen Hawkins