

はじめに

ようこそ、MySQL運用の世界へ！

登場当初は「置くだけで気軽に使える」として利用が広がってきたMySQLも、より本格的な利用シーンへ対応するために、たくさんの進化を続けてきました。

今でももちろん、インストール直後のデフォルト状態のままMySQLを利用することはできます。しかし、より大量のデータを高速に安全に扱うには「ちゃんとした運用」が必須です。適切な運用を行うことで、MySQLがより生きてきます。ぜひあなたもMySQL運用の世界を楽しんで、MySQLの持つ力をめいっぱい引き出してあげてください。

「ちゃんとした運用」とはどういうことか

「ちゃんとした運用」。分かったような分からないような言葉ですね。ここで一旦、基本に立ち返って、データベースを利用する目的を考えてみましょう。

データを管理してもらうことがデータベースを利用する最大の目的であることは間違いありません。どのように管理してくれることを期待するのか、もう少し詳しく考えてみると……

- データを安全に管理する
 - ・データが奪われない、覗き見されない
 - ・データが壊れない、壊されない
- 高速にデータを扱う
 - ・データの件数が大量になっても速い
 - ・同時アクセス数が増えてもレスポンスが速い

ということが思いつきます。

これらの期待にこたえるようにMySQLに最大限の活躍をしてもらうには、

1. 自分たちの使用目的に合わせてMySQLサーバーを正しく設定・構成をすること
2. 常にMySQLサーバーの現在の状態を把握すること（監視）
3. MySQLの性格を知り、MySQLが嫌がることをしないこと

が重要です。

本書の構成

データベースに期待する動作を正しくMySQLに指示するために、本書の次の章が役に立ちます。

データを安全に管理する

第2章でユーザー管理について説明します。ここでは、データにアクセスできるアカウントの権限を適切に設定するコツを学ぶことができます。許可したユーザーのみがMySQLにアクセスできるようにする設定や、許可した範囲内での閲覧やデータ操作のみを可能とするような権限設定について詳細に解説します。

第5章で解説するレプリケーション、第6章で解説するバックアップは、いずれもデータ保全に関する話題です。サーバー本体やディスクが物理的に故障するのは、長く運用をしていると避けられないものです。その際、故障した機材以外の場所にもデータが存在する状態にしておくことで、データを失うことがないようにします。また、レプリケーションはデータ保全の用途以外に、大量のアクセスによる負荷を分散させる用途にも利用されます。

高速にデータを扱う

第4章で解説するMySQLのロックの仕組みを理解すると、同時アクセス数が増えた際にパフォーマンスが悪くなる原因の追求に役に立つでしょう。また、クエリ実行計画を読み解けるようになることで、MySQLのクエリ実行の仕組みの理解につながり、効率の良いSQLを記述できることにつながります。

MySQLに詳しくなる

第3章は、MySQL内部でデータがどのように保管されているかを解説します。内部の動作を正しく知ること、テーブル構造の設計時やトラブル時の解決に役に立つことでしょう。

第7章は、MySQLに健康に動作し続けてもらうための、MySQLの状態を把握する方法や監視など、MySQLを運用していく上で役に立つ情報をまとめて紹介します。

本書の活用方法

本書はMySQLを正しく設定し、状態を把握するといったMySQL運用のノウハウを詰め込んだ本です。運用というテーマの性質上、ある程度MySQLの利用経験のある「中級者以上」向けの話題が多めとなります。

しかし、新たにMySQLの運用担当者に任命されたばかりのあなたも心配しないでください。本書は、運用の初心者から中級者、上級者それぞれに向けて役に立つことを意識して書かれています。

運用というのは非常に多岐に渡るテーマですので、本書を一度読んだだけで全部は理解できないかもしれません。それで良いのです。分からなくてもぜひ一度はページをめくって読み通してほしいと思います。より良い運用のためにデータベース管理者として気にすべきことにはどのようなことがあるのかという情報にいったん触れておくことは、あなたのデータベース管理者としてのキャリアの中でも大きな下地になることでしょう。

本書は、MySQL運用者がデスクの上に置いて、必要となったときに必要なところをさっと調べるといった活用も目指しています。ぜひ机の上に置いて、ちょっと困ったときに、また新しいアイデアのきっかけにしたときに、こまめに開いてもらえたら幸いです。

| | | |
|------------|-----------------------------------|----------|
| | はじめに | iii |
| 第1章 | 運用を始める第一歩 | 1 |
| 1-1 | MySQLの基礎知識 | 2 |
| | ざっと見るMySQLの歴史 | 2 |
| | MySQLのバージョン | 2 |
| | 動作環境 | 3 |
| | インストール方法の種類 | 3 |
| | MySQL利用時の構成 | 3 |
| | ストレージエンジン・アーキテクチャ | 4 |
| | コマンドラインクライアント | 4 |
| | コラム1 » マネージドとアンマネージドのMySQL | 5 |
| 1-2 | MySQLサーバーの起動、停止方法 | 5 |
| | パッケージを使った場合のMySQLの起動、停止 | 5 |
| | バイナリ版を使用する場合のMySQLの起動、停止 | 6 |
| | 1.init.dを使用する場合 | 6 |
| | 2.mysql_safeを使用する場合 | 6 |
| | プロセス確認による稼働状態の確認 | 7 |
| | killによるMySQLサーバーの停止 | 7 |
| | kill -15 | 7 |
| | kill -6 | 7 |
| | kill -9 | 8 |
| 1-3 | 設定ファイルmy.cnf | 8 |
| | 設定ファイルmy.cnfの基本 | 8 |
| | my.cnfの読み込み順序 | 9 |
| | 設定ファイル以外での設定の変更方法 | 9 |
| 1-4 | MySQLサーバーの稼働状況、設定状態の確認 | 10 |
| | statusコマンド | 10 |
| | SHOW命令 | 11 |
| | SHOW STATUS | 11 |
| | SHOW VARIABLES | 12 |
| | SHOW ENGINE INNODB STATUS | 12 |
| | その他のSHOW命令 | 13 |
| | 情報スキーマ | 13 |
| | information_schema | 13 |
| | performance_schema | 14 |
| | sys schema | 14 |

| | | |
|-------|--|----|
| 第 2 章 | ユーザー作成、管理 | 15 |
| 2-1 | MySQLアカウントの原則 | 16 |
| | 用語の整理 | 16 |
| | 権限の評価順序 | 17 |
| | 接続元ホストの評価 | 18 |
| | これらの原則から導かれること | 19 |
| 2-2 | 認証プラグイン | 20 |
| | コラム 2 » 認証文字列の保管方法 | 21 |
| | コラム 3 » caching_sha2_passwordが 「初回のみセキュアな経路を必要とする」理由 | 22 |
| 2-3 | 権限操作 | 23 |
| | アカウント管理ステートメントの一覧 | 23 |
| | GRANTで指定するスコープ | 24 |
| | GRANTでよく使う権限と組み合わせ | 24 |
| | ALTER USERによるアカウントの「属性」 | 24 |
| | ACL_cacheとACL_table | 25 |
| 2-4 | アカウント、権限の応用Tips | 26 |
| | 最小権限の原則と運用 | 26 |
| | 重要な情報は別のスキーマに分離する | 26 |
| | アプリケーションサイドで暗号化する | 26 |
| | カラムスコープの権限を設定する | 26 |
| | 重要なカラムをDEFINERで隔離する | 27 |
| | 接続元ホストを大きく取るか、小さく取るか | 28 |
| | 接続元ホストをネットワークセグメントで指定する | 28 |
| | 接続元をMySQLで制限せず、ネットワークを分離する | 29 |
| | パスワードの変更 | 29 |
| | デュアルパスワード設定 | 30 |
| | 別アカウントを作成することによる結果的なローテーション | 31 |
| | 権限システムを応用したクォータの設定 | 31 |
| 第 3 章 | MySQLのデータ | 33 |
| 3-1 | 論理的なデータ | 34 |
| | 論理的なデータとは | 34 |
| | 名前空間と修飾 | 34 |
| | インデックス | 35 |
| | ストレージエンジン | 36 |
| | データ型 | 36 |
| | 文字列型のデータに関する注意事項 | 37 |
| | 制約 | 37 |
| | 正規化 | 38 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 正規化の前提 | 38 |
| 第1正規形 | 39 |
| コラム4 » Eメールアドレスは分割可能か不可能か | 41 |
| 第2正規形 | 41 |
| 第3正規形 | 44 |
| 3-2 物理的なデータ | 46 |
| 物理的なデータとは | 46 |
| 論理的なデータと紐づくデータファイル | 46 |
| 論理的なデータに紐づかないデータファイル | 47 |
| ibdファイル内部のデータ構造 | 47 |
| InnoDBとCRUD操作 | 49 |
| Create (INSERT) | 49 |
| Read (SELECT) | 50 |
| Update (UPDATE) | 50 |
| Delete (DELETE) | 52 |
| CRUDを支える仕組み | 52 |
| ページクリーナー | 52 |
| ページスレッド | 53 |
| クラッシュリカバリ | 53 |
| チェックポイント/ファジーチェックポイント | 54 |
| ダブルライトバッファ | 55 |
| チェンジバッファ | 55 |
| 書き込み速度を上げる危険なパラメータ | 56 |
| テンポラリテーブルに関するデータ | 57 |
| ユーザー定義のテンポラリテーブル | 57 |
| 内部テンポラリテーブル | 58 |
| 3-3 ログファイル | 61 |
| エラーログ | 61 |
| スローログ | 61 |
| ジェネラルログ | 61 |
| トレースログ | 62 |
| 3-4 それ以外の論理オブジェクト | 62 |
| 論理オブジェクトに特有の概念 | 62 |
| 運用上の論理オブジェクトの欠点 | 64 |
| マテリアライズドビューを考える | 66 |

第 **4** 章

ロックとクエリ実行計画 71

| | |
|----------------------|----|
| 4-1 MySQLのロック | 72 |
| InnoDBレイヤでのロック | 72 |
| トランザクション分離レベル | 74 |
| トランザクション分離レベルとロック | 74 |
| メタデータロック | 76 |

| | |
|---|-----|
| その他のロック | 78 |
| デッドロック | 79 |
| デッドロック検出の表示 | 80 |
| コラム5 » 本物のデッドロック | 81 |
| ロックの観測 | 81 |
| 4-2 クエリ実行計画 | 83 |
| インデックスアクセスとテーブルアクセス | 83 |
| オプティマイザの気持ちになる | 83 |
| コラム6 » filtered の表示 | 88 |
| EXPLAIN を読み解く | 89 |
| 単一テーブルの WHERE 句のない GROUP BY | 89 |
| 単一テーブルの WHERE 句および GROUP BY | 90 |
| 単一テーブルの ORDER BY LIMIT 最適化 | 93 |
| 単一テーブルの GROUP BY と集計結果カラムの HAVING、ORDER BY | 95 |
| シンプルな2テーブル JOIN | 96 |
| 2テーブル JOIN + WHERE + ORDER BY LIMIT 最適化 (同テーブル) | 97 |
| 2テーブル JOIN + ORDER BY LIMIT 最適化 (別テーブル) | 98 |
| ベーステーブル + FROM 句のサブクエリ (1) | 101 |
| ベーステーブル + FROM 句のサブクエリ (2) | 103 |
| ベーステーブル + WHERE 句のサブクエリ | 105 |
| コラム7 » インデックスマージ最適化 | 106 |
| EXPLAIN SELECT ..以外の EXPLAIN | 106 |
| 実行計画とロックの関連 | 108 |

第 **5** 章

レプリケーション 111

| | |
|---------------------------------|-----|
| 5-1 レプリケーションの目的 | 112 |
| 読み取り専用 | 112 |
| バッチ処理／分析 | 113 |
| バックアップ | 113 |
| 複数のMySQLを集約 | 113 |
| アップグレード | 114 |
| シャーディング構成の準備 | 114 |
| フェイルオーバー | 114 |
| 5-2 レプリケーションのアーキテクチャー | 115 |
| シングルスレッド方式 | 115 |
| バイナリログ | 116 |
| バイナリログダンプスレッド | 116 |
| レプリケーションレシーバーI/Oスレッド (I/Oスレッド) | 116 |
| リレーログ | 117 |
| レプリケーションSQLアプライヤースレッド (SQLスレッド) | 117 |
| MTA方式 | 117 |

| | |
|------------------------------|------------|
| バイナリログの形式 | 118 |
| STATEMENT | 118 |
| MIXED | 118 |
| ROW | 118 |
| ポジションと GTID | 121 |
| ポジションレプリケーション | 121 |
| GTIDレプリケーション | 121 |
| 応用アーキテクチャー | 123 |
| MTA方式 | 123 |
| カスケードレプリケーション | 124 |
| マルチソースレプリケーション | 125 |
| 循環レプリケーション | 125 |
| レプリケーション遅延 | 126 |
| 同時実行性の高いトラフィック | 126 |
| 一度に大量の行を更新するトランザクション | 126 |
| 行ベースレプリケーションの特性による遅延 | 126 |
| レプリケーション遅延の確認方法 | 127 |
| 5-3 レプリケーションの構築 | 128 |
| 設定の確認 (ソース) | 129 |
| ユーザーアカウントの作成 (ソース) | 129 |
| フルバックアップの取得 (ソース) | 130 |
| リストア (レプリカ) | 130 |
| レプリケーションの設定 (レプリカ) | 130 |
| ポジションレプリケーションの場合 | 131 |
| GTIDレプリケーションの場合 | 131 |
| レプリケーションの開始 (レプリカ) | 132 |
| レプリケーションの状態確認 (レプリカ) | 133 |
| 読み取り専用を設定 (レプリカ) | 133 |
| レプリケーションの一時停止 (レプリカ) | 134 |
| レプリケーションのリセット (レプリカ) | 134 |
| 5-4 レプリケーションとクラッシュ耐性 | 135 |
| ソースダウン | 135 |
| sync_binlog=0 | 135 |
| sync_binlog=1 | 136 |
| sync_binlog=0または1以外 | 136 |
| ソースダウンとフェイルオーバー | 136 |
| レプリカダウン | 137 |
| ポジションレプリケーションの場合 | 137 |
| GTIDレプリケーションの場合 | 138 |
| 準同期レプリケーション | 138 |
| 設定 | 139 |
| オプション | 140 |
| 運用における注意点 | 141 |
| 5-5 レプリケーションとマイグレーション | 142 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 構成の確認 | 142 |
| MySQL 8.0のMySQLサーバーを用意 | 143 |
| オプション値の確認 | 143 |
| ユーザーアカウントの作成 | 144 |
| データのコピー | 144 |
| レプリケーションの構築 | 145 |
| 切り替え前の確認 | 145 |
| 移行元と移行先のデータベースオブジェクトの比較 | 146 |
| 移行元と移行先のデータの比較 | 146 |
| 移行元と移行先のクエリの性能確認 | 147 |
| 切り替え | 147 |
| 移行元を読み取り専用にする | 148 |
| 移行元と移行先のデータの状態を確認する | 148 |
| 移行先のレプリケーションを停止する | 149 |
| Webアプリケーションの接続先を変更する | 149 |
| 移行先の書き込みを許可する | 150 |
| コラム8 » バックワードレプリケーション | 151 |

第 6 章

バックアップとリストア 155

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 6-1 バックアップの種類と方法 | 156 |
| 論理バックアップと物理バックアップ | 156 |
| オンラインバックアップとオフラインバックアップ | 156 |
| フルバックアップ、差分バックアップと増分バックアップ | 156 |
| MySQLサーバーのバックアップ方法 | 157 |
| 6-2 論理バックアップのフルバックアップとリストア | 158 |
| mysqldump | 158 |
| フルバックアップ | 158 |
| リストア | 159 |
| mysqlpump | 159 |
| MyDumper | 159 |
| インストール | 160 |
| フルバックアップ | 160 |
| リストア | 161 |
| MySQLShell ダンプロードユーティリティ | 163 |
| フルバックアップ | 163 |
| リストア | 164 |
| 6-3 物理バックアップのフルバックアップとリストア | 165 |
| MySQLサーバーの物理ファイルをコピー | 165 |
| フルバックアップ | 166 |
| リストア | 166 |
| Percona XtraBackup | 167 |
| インストール | 167 |

| | | |
|------------|--------------------------|-----|
| | フルバックアップ | 167 |
| | リストア | 169 |
| | Percona XtraBackupの仕組み | 170 |
| | バックアップ | 171 |
| | リストア | 172 |
| | フルバックアップの応用 | 172 |
| | 現場での利用例 | 174 |
| 6-4 | ポイントインタイムリカバリ | 175 |
| | 該当のイベントを探す | 175 |
| | フルバックアップからリストア | 176 |
| | mysqlbinlogコマンドを利用したPITR | 177 |
| | ポジション手法 | 177 |
| | GTID手法 | 177 |
| | レプリケーション機能を利用したPITR | 178 |
| | ポジション手法 | 178 |
| | GTID手法 | 179 |
| 6-5 | バイナリログのバックアップ | 180 |
| | 自動削除 | 180 |
| | バックアップ | 180 |
| | 物理ファイルバックアップ | 181 |
| | ライブバックアップ | 181 |
| | バイナリログと増分バックアップ | 183 |

第 **7** 章

監視 185

| | | |
|------------|-------------------------------|-----|
| 7-1 | 監視とは | 186 |
| 7-2 | MySQLが稼働するOS、ハードウェアの状態 | 186 |
| | プロセス | 186 |
| | ハードウェアリソースの利用状況 | 187 |
| | CPU利用率 | 187 |
| | メモリ利用率 | 188 |
| | ディスクに対するI/O量 | 188 |
| | NICごとのデータ転送量 | 189 |
| | パフォーマンストレーサー | 189 |
| | perf top | 189 |
| | Flame Graph | 190 |
| 7-3 | ログファイル | 192 |
| | エラーログ | 192 |
| | エラーログの定義の確認 | 193 |
| | スロークエリログ | 194 |
| 7-4 | MySQL内部の情報 | 195 |
| | SHOWコマンド | 195 |

| | |
|--|------------|
| SHOW [FULL] PROCESSLIST | 195 |
| SHOW ENGINE INNODB STATUS | 196 |
| SHOW STATUS | 197 |
| SHOW MASTER STATUS | 197 |
| SHOW REPLICA STATUS | 198 |
| performance_schema | 198 |
| events_statements_summary_by_digest | 198 |
| file_summary_by_instance | 199 |
| table_io_waits_summary_by_table | 200 |
| information_schema | 201 |
| INNODB_METRICS | 201 |
| INNODB_TRX | 202 |
| INNODB_TABLESPACES | 203 |
| 7-5 mysqld_exporter、Prometheusを設定する | 203 |
| mysqld_exporterを起動する | 203 |
| Prometheusを起動する | 206 |
| 7-6 死活監視と異常検知 | 207 |
| 死活監視 | 207 |
| ハードウェアリソースの監視 | 208 |
| CPU利用率 | 209 |
| ディスク利用率 | 209 |
| メモリ利用率 | 209 |
| ネットワーク帯域 | 210 |
| 異常検知 | 210 |
| auto_increment値 | 210 |
| 長時間実行されるトランザクション | 210 |
| スロークエリログの出力量 | 211 |
| レプリケーションの状態と遅延状況 | 212 |
| Appendix Linuxへのインストール | 213 |
| A-1 インストール方法の種類 | 214 |
| A-2 Red Hat Enterprise Linux、CentOS、Oracle Linux編 | 214 |
| yumリポジトリを使用する方法 | 214 |
| rpmパッケージファイルを使用する方法 | 214 |
| A-3 Debian、Ubuntu編 | 215 |
| aptリポジトリを使用する方法 | 215 |
| dpkパッケージファイルを使用する方法 | 215 |
| A-4 Linux共通： | |
| コンパイル済み実行ファイルを使用する方法 | 216 |
| 索引 | 217 |