● 免責

本書に記載された内容は、情報の提供だけを目的としています。したがって、本書を用いた運用は、必ずお客様自身の責任と判断によって行ってください。これらの情報の運用の結果について、技術評論社および著者はいかなる責任も負いません。

本書記載の情報は、2016年8月現在のものを掲載していますので、ご利用時には、変更されている場合もあります。

また、ソフトウェアに関する記述は、特に断りのない限り、2016年8月現在でのバージョンをもとにしています。ソフトウェアはバージョンアップされる場合があり、本書での説明とは機能内容や画面図などが異なってしまうこともあり得ます。本書ご購入の前に、必ずバージョン番号をご確認ください。

以上の注意事項をご承諾いただいた上で、本書をご利用願います。これらの注意事項をお読みいただかずに、お問い合わせいただいても、技術評論社および著者は対処しかねます。あらかじめ、ご承知おきください。

● 商標、登録商標について

・本書に登場する製品名などは、一般に各社の登録商標または商標です。なお、本文中に™、®などのマークは特に記載しておりません。

はじめに

今、この文章を読んでいる皆さんは、何らかの形でLinuxサーバーの構築、運用にかかわっている、もしくは、かかわろうとしていることでしょう。お客様先ではじめてLinuxサーバーを構築した時、インストールメディアからサーバーが起動せずに途方に暮れた経験はありませんか？

導入が終わってバックアップを取ろうとしたら、どうしてもテープドライブが認識できずにマシンルームで一夜を明かしたことはありませんか？　お客様から、サーバーの障害の原因を調べるように突然依頼されて、お客様の視線を背中に感じながら、震える手で、何度も同じコマンドを叩いたことは？　問題を解決しようと思って、設定ファイルを修正していく間に、どこを修正したかもわからなくなってしまいその場から逃げ出したくなったことなどは……？

本書は、業務システムとしてのLinuxサーバーの構築、運用に携わるエンジニアの皆さんに向けた書籍です。趣味のLinuxサーバーを構築するための本や雑誌が書店にあふれる今、Linuxをインストールするだけなら、誰でも手軽に体験できるようになりました。その一方で、これまでは商用のUnixサーバーやメインフレームシステムが担っていたさまざまな業務システムでLinuxが採用される時代になりました。一般企業の基幹業務システムはもちろんのこと、金融機関の勘定系システムや証券取引システムなど、私たちの生活を支えるさまざまな社会インフラをLinuxサーバーが支えています。今、まさに本格的な業務システムとしてのLinuxサーバーを扱える、「プロのLinuxエンジニア」が求められています。

これまで多くの若手のエンジニアの方が、前述のような苦い経験をしながら「プロのLinuxエンジニア」を目指す姿を見てきました。本書は、そんなあなたのための一冊です。Linuxサーバーの構築、運用に始まり、ストレージとネットワークの管理、そして、Linuxの内部構造と問題判別まで、プロのLinuxエンジニアとして身につけておきたい —— 現場で求められる —— 本物の知識とテクニックを網羅した上で、ビジネスを支える業務システムを扱う「プロの考え方」を随所にちりばめています。「Linuxのインストールはできるけれど、もう一歩先に進むにはどうすればいいのかわからない」、そんな若手のエンジニアの方を思い浮かべながら書き上げました。少し高度な内容も含んでいますが、現実のLinuxサーバーの構築、運用で直面する課題を厳選して、わかりやすく根本から解説しています。

Linuxの知識とスキルは、私のエンジニア人生にさまざまな感動と喜びをもたらしてきました。本書のタイトルに興味を持って、今この文章を読んでいる皆さんも、きっと私と同じ思いと志を持っていることでしょう。本書と共に、ぜひ一歩進んだ「プロのLinuxエンジニア」を目指してください。

2010年 初冬
中井悦司

改訂にあたり

「はじめに」の日付にもある通り、本書の初版は2010年に出版されました。それから約6年の歳月を経て、改訂版を出版させていただくことになりました。対象とするLinuxディストリビューションは、Red Hat Enterprise Linux 5から、Red Hat Enterprise Linux 7へと変わり、各種のツールやコマンドは新しいものへと置き換わりました。しかしながら、6年前に書いた「はじめに」を読み返すと、驚くべきことに、その内容はまったく古くなってはいないようです。

パブリッククラウドの活用が広がり、物理サーバーに一からOSをインストールする機会は減りました。コンテナ技術を活用して、OSの存在を意識することなく、気軽にアプリケーションをデプロイできるようになりました。Linuxサーバーを活用する上で必要となるOSの知識は、どんどん減っているかのようにも感じられます。その結果――思わぬ「落とし穴」にはまる機会が大きく増えました。

誰でも手軽にLinuxサーバーが活用できるようになった今こそ、ストレージ、ネットワーク、そして、内部構造を含めた「OSの全体像」を把握することが、何よりも求められています。Linuxを専門とする方々はもちろんのこと、Linuxを基礎から勉強しようと思いながら、そのきっかけがなかった皆さんに、最新バージョンのRed Hat Enterprise Linuxに対応した本書をお届けしたいと思います。

改訂版の執筆にあたり、「はじめに」に加えて、本書末の「おわりに」、そして、本文中のコラムについては、用語の表記をのぞいて、あえて、初版の内容をそのままにしてあります。Unix/Linuxの世界で受けつがれる、今も変わらない「本質」の存在を感じていただければ幸いです。

謝辞

本書の出版にあたり、お世話になった方々にお礼を申し上げます。

まずは、初版の執筆時から5年以上にわたり、筆者の執筆活動を支援していただいている技術評論社の池本公平氏に、あらためて感謝いたします。実体の伴わないバズワードが生まれては消える業界において、「本当に必要とされる知識」を見いだし、書籍という形に残すことができたのは、ひとえに池本氏のおかげです。

また、森優輝さん（電気通信大学）、中西建登さん（電気通信大学）、市川遼さん（東京農工大学）、黒崎優太さん（株式会社サイバーエージェント）には、本書の原稿を査読していただきました。読者視点での有用なコメントをいただいたことを感謝します。

そして最後に ―― 初版執筆時には、２歳だった愛娘の歩実も、今では小学生になりました。家族の時間を削りながら執筆に没頭する筆者を変わらず支えてくれる妻の真理には、もう一度、同じ感謝の言葉を送ります。いつもありがとう！

本書が対象としている読者

本書は、Linuxのインストール経験があり、基本的なコマンド操作とviエディターの操作ができる方を対象としています。プロとしてLinuxサーバーの構築・運用にかかわろうとしている方にとって、業務システムとしてのLinuxサーバーは、学ぶべきことがとても多く、どこから手をつけてよいか途方に暮れるものです。本書には、プロのLinuxエンジニアとして学ぶべき内容が高密度に（しかもわかりやすく！）凝縮されています。本書を読破することが、プロとしての自信につながる第一歩になることでしょう。

ある程度Linuxの経験があり、次のステージへの突破口を求めている方には、今の実力を再確認する意味で一読していただくのも大歓迎です。

本書の読み方

本書の内容は、第１章から順に読み進むことを想定した構成になっています。ただし、よく理解できない部分があれば、最初は気にせずに読み飛ばしてもかまいません。一度、全体を読み終えた後に、理解が足りないと思われる部分を再度読み返すことで、より理解を深めることができます。同じことがらについて複数の解説を読むことも有用です。ぜひ各セクションに関連する情報や解説文をインターネットで検索しながら、本書を読み進めてください。

本書で紹介する具体的なコマンドや設定手順は、「Red Hat Enterprise Linux 7」を前提としています。しかしながら、基本的な考え方はすべてのLinuxに共通です。このような共通の本質を学ぶことで、さまざまな種類のLinuxディストリビューションを自由に取り扱えるエンジニアになることを目指してください。

各章概要

第１章 Linuxサーバーの構築

Linuxサーバー構築の基礎となるサーバーハードウェアの仕組みから始まり、業務システムとしてのLinuxサーバーを構築する上での確認ポイントと基本設定項目を説明します。さらに、多数のLinuxサーバーを効率的に構築するために活用できる、キックスタートによる自動インストールの方法を詳しく解説します。

第２章 Linuxサーバー運用の基礎

システム監視、バックアップ、セキュリティ管理など、高品質なサービスを提供するために欠かせない運用業務を支える技術について、具体的な設定方法を含めて、基礎から解説します。Linuxサー

バーで利用できる運用ツールについても、具体的な使い方を紹介します。また、プロのエンジニアとして知っておくべき、構成管理、変更管理、問題管理などの運用プロセスの考え方を説明します。

第3章 Linuxのストレージ管理

SANストレージを使用する上での基礎となる、ゾーニングの考え方とSANストレージの機能、そして、LinuxサーバーからSANストレージを使用する際の注意点を説明します。また、Linuxにおける論理ボリュームマネージャー（LVM）の使用方法と、iSCSIの利用方法を具体例で解説します。さらに、RHEL7からサポート対象となった、Device Mapper Thin-Provisioningの機能を解説します。

第4章 Linuxのネットワーク管理

L2/L3スイッチによるパケット転送の仕組み、ルーティングテーブル、VLANなど、Linuxサーバーを扱う上で必須となるIPネットワークの基礎を根本から解説します。また、さまざまなネットワーク設定とチームデバイスによるNICの二重化の手順に加えて、TCPセッションのタイムアウト時間など、ネットワークの問題に対処するための高度な設定についても説明します。

第5章 Linuxの内部構造

Linuxの内部構造に関する話題として、Linuxサーバーで発生する問題を判別する上で特に役に立つ、プロセス管理、メモリー管理、ファイルシステム管理について、わかりやすく説明します。少し高度な内容ですが、プロのLinuxエンジニアとして必須の知識です。Linuxカーネルの学習の出発点にもなります。

第6章 Linuxサーバーの問題判別

Linuxサーバーの問題判別の進め方と、その基礎となる考え方、そして、問題判別に必要な情報収集の方法について説明します。特に、RHEL7より導入されたjournaldとrsyslogdを連携したロギングシステムの仕組み、カーネルの問題判別で必要になるカーネルダンプの取得方法、そして、パフォーマンスの問題判別について、詳しく解説します。

※デザインのご確認をおねがいします。
つきあわせは明日対応します。

目次 contents

はじめに iii
改訂にあたり iv
謝辞 iv
本書が対象としている読者 v
本書の読み方 v
各章概要 v

第1章 Linuxサーバーの構築 1

1.1 サーバーハードウェア 2
1.1.1 ハードウェアから見たOSの役割 2
1.1.2 サーバーハードウェアの基礎 3
デバイスドライバーの役割 3
システムBIOS/UEFIとファームウェア 5
1.1.3 ブートローダーと初期RAMディスク 7
ブートローダー（GRUB2）の役割と設定方法 8
初期RAMディスクの役割 10
デバイスドライバーの提供モデル 11
1.1.4 UEFIでのGRUB2の動作 12
●コラム トラブルを起こさないプロのシステム管理作業 14

1.2 Linuxの導入作業 15
1.2.1 導入前の準備作業 15
サポートバージョンとデバイスドライバーの確認 15
インストールディスクのパーティション構成 16
インストールメディアの準備 18
1.2.2 導入作業の実施 19
システムBIOS/UEFIの初期設定 19

RAIDの構成 20
Linuxのインストール 20

1.3 導入後の基本設定作業 23

1.3.1 導入直後の基本設定項目 23
RPMパッケージのアップデート 23
ログイン用ユーザーの作成 26
最低限のセキュリティ設定 27

1.4 キックスタートによる自動インストール 30

1.4.1 サーバーデプロイメントの考え方 30
1.4.2 キックスタートの仕組み 31
キックスタートサーバーの機能 31
PXEブートとネットワークインストールの仕組み 31
●コラム 深夜のマシンルームのときめき?! 33
1.4.3 キックスタートサーバーの構築 34
キックスタートサーバーの準備 34
キックスタートファイルの作成 38
ネットワークインストールの実行 41

第2章
Linuxサーバー運用の基礎 43

2.1 システム監視 44

2.1.1 システム監視の目的 44
障害監視 44
リソース監視 45
セキュリティ監視 46
2.1.2 システム監視の方法 47
ハードウェア監視ツール 48
ログファイル監視ツール 50
システム稼働情報の収集 52

2.2 バックアップ 54

2.2.1 バックアップの種類と方式 54
システムバックアップとデータバックアップ 54
バックアップの方式 56
オンラインバックアップとオフラインバックアップ 57
2.2.2 データバックアップの機能 58
テープメディアの管理機能 58
仮想テープライブラリー 59
アプリケーション専用モジュール 60
Linux標準コマンドによるデータバックアップ 60
●コラム「ベーマガ」を覚えていますか?! 64
2.2.3 システムバックアップ 64
レスキューブートによるRHEL7のシステムバックアップ 65
レスキューブートによるシステムバックアップの手順 67
システムバックアップのリストア手順 71

2.3 セキュリティ管理 74

2.3.1 psacctの利用方法 74
2.3.2 PAMの利用方法 75
PAMが提供する機能 75
PAMの設定ファイル 76
2.3.3 よく利用されるPAM設定例 78
パスワードの最低文字数などの指定 79
同一パスワードの再利用禁止 80
認証失敗回数の記録 80
shadowファイルのパスワードポリシーの利用 81
2.3.4 SSHの利用方法 82
そのほかのPAMモジュール 82
SSHによる通信の暗号化 83
SSHによるサーバー認証とユーザー認証 83
SSHの公開鍵認証の設定手順 86

2.4 構成管理・変更管理・問題管理 88

2.4.1 Linuxサーバーの運用プロセス 88

構成管理の考え方 88
変更管理プロセス 89
問題管理プロセス 91

第 3 章
Linuxのストレージ管理 93

3.1 ストレージエリアネットワークの基礎 94
3.1.1 SANの概要 94
SANファブリック 94
WWNとゾーニング 95
●コラム 英語の技術情報を活用していますか？ 98
3.1.2 SANストレージの機能 98
RAIDの構成とLUNの作成 98
LUNのサイズ拡張 100
LUNの物理コピーと論理コピー 100
マルチパスドライバーの利用 102

3.2 LVMの構成・管理 103
3.2.1 LVMの概要と基本操作 103
LVMの考え方 104
LVMの基本操作 105
LUNの拡張 109
3.2.2 LVMの高度な操作 111
ボリュームグループの状態 111
構成情報のバックアップ 112

3.3 Device Mapper Thin-Provisioningの活用 114
3.3.1 dm-thinの動作原理 114
3.3.2 シンプロビジョニングの利用方法 116
シンプロビジョニング方式の論理デバイス作成 116
CoW方式のスナップショット作成 117

3.4 iSCSIの活用 120
3.4.1 SAN環境へのネットワーク技術の適用 120
iSCSIの基礎 120
ハードウェアイニシエーターとソフトウェアイニシエーター 122
ソフトウェアターゲットとソフトウェアイニシエーターの使用手順 123

第 4 章
Linuxのネットワーク管理 129

4.1 IPネットワーク 130
4.1.1 IPネットワークの基礎 130
ネットワークの物理接続図と論理接続図 130
●コラム「許されていない」の本当の意味 133
サブネット内の通信 134
ルーティングの仕組み 137
複数ネットワークへの接続 139
4.1.2 ネットワークアーキテクチャー 140
ネットワークスイッチの二重化 141
VLAN 144
●コラム ネットワークケーブルの乱れは運用の乱れ？ 146

4.2 Linuxのネットワーク設定 147
4.2.1 ネットワークの基本設定 147
NICのネーミングルール 147
NetworkManagerによるネットワーク管理 148
物理NICの基本設定 149
VLANデバイス 155
NICの通信速度の設定 157
4.2.2 チームデバイスによるNICの二重化 160
リンク障害の検知方法 161
チームデバイスの作成手順 162

- 「自動切り戻しあり」の設定 163
- 「自動切り戻しなし」の設定 165
- ARPテーブルとMACテーブルの更新について 167
- ブレードサーバーで使用する際の注意点 168

4.3 高度なネットワーク設定 169

4.3.1 ソケット通信 169
- ソケット通信の概要 169
- TCPセッションの状態遷移 171

4.3.2 TCPセッションのタイムアウト時間 173
- クライアントの使用ポート 173
- 「TCPセッション確立」フェーズのタイムアウト 174
- 「TCPデータの転送」フェーズのタイムアウト 174
- 「TCPセッションの切断」フェーズのタイムアウト 176
- ●**コラム** カーネルのソースコードを読む! 176

4.3.3 利用可能なソケット数の上限 178
- ファイルディスクリプタ数の上限 178
- ファイルオブジェクト数の上限 180

第5章
Linuxの内部構造 181

5.1 プロセス管理 182

5.1.1 プロセスシグナルとプロセスの状態遷移 182
- プロセスシグナル 182
- プロセスの状態遷移 184
- プロセスの優先度とNiceレベル 186

5.1.2 プロセスのリソース制限 187

5.1.3 systemdによるプロセスの起動処理 189
- SysVinitの復習 189
- Unitを用いたシステム起動処理 191
- Unit間の依存関係 192
- Unitの設定ファイル 194

5.2 メモリー管理 195

5.2.1 x86アーキテクチャーのメモリー管理 195
- 物理アドレス空間と論理アドレス空間 195
- 32ビット版でのメモリー容量制限 197
- ●**コラム** コンテキストスイッチの瞬間を捉える 198
- メモリーのオーバーコミット 199
- x86_64アーキテクチャーとの違い 200

5.2.2 ディスクキャッシュとスワップ領域 201
- ディスクキャッシュ 201
- スワップ領域 202

5.2.3 物理メモリーの割り当てロジック 203

5.3 ファイルシステム管理 205

5.3.1 ファイルシステムの基礎知識 205
- ファイルシステムの種類 205
- ファイルシステムの構造 205
- ジャーナリングファイルシステム 207

5.3.2 ext4/XFSファイルシステムの利用 208
- ファイルシステム作成時のオプション 208
- システム起動時の整合性チェック 209

5.3.3 NFSのデータバッファリング 210

第6章
Linuxサーバーの問題判別 213

6.1 問題判別の基礎 214

6.1.1 問題判別の考え方 214
- 「初期調査」の進め方 215
- 「基本情報の収集」の進め方 217
- 「詳細調査」の進め方 217

6.1.2 システム構成情報の収集 218
6.1.3 システムログの収集 221
journaldとrsyslogdの連携 222
カーネルログの出力経路 225
jounraldによるログ検索 226
ログファイルのローテーション 226
6.1.4 コマンドによる情報収集 228
基本情報の確認 229
カーネルパラメーターの設定 231
コアダンプの取得 232
●コラム 事例で学ぶ「問題判別の心」 233
6.2 カーネルダンプの取得 234
6.2.1 カーネルパニックとカーネルダンプ 234
6.2.2 カーネルダンプの設定 235
6.3 パフォーマンスの問題判別 238
6.3.1 パフォーマンスの問題とは 238
6.3.2 CPUのボトルネックの判別 241
6.3.3 ディスクI/Oのボトルネックの判別 242
6.3.4 メモリー使用量の問題の判別 243
6.3.5 ネットワーク通信速度の問題の判別 243
6.3.6 プロセス情報の確認 243
6.4 緊急モードによる障害対応 245
6.4.1 緊急モードによるサーバー起動処理 245
サーバー起動処理の流れ 245
緊急モードの起動手順 246
おわりに 248
索引 249
参考文献 256