

Raspberry Pi Zeroによる IoT入門

Zero W対応

博士(情報学) 今井 一雅【著】

コロナ社

本書では、以下の機器やシステムを用いて機能を確認して執筆しています。

Raspberry Pi Zero, Raspberry Pi Zero W, Raspberry Pi Zero WH, Raspbian (Raspberry Pi 用の OS で、2018-03-13-raspbian-stretch.img を使用)。

本書の内容を適用した結果生じたことや、適用できなかったことに関しまして、著者ならびにコロナ社は一切の責任を負いません。あらかじめご了承ください。

本書に掲載されている情報は、2018年3月時点のもので (URL も含む)。実際にご利用になる際には、変更されている場合があります。変更点があった際は、下記のサポートページでお知らせする予定ですので、本書を購入された方は、最初にサポートページをご確認ください。

本書で紹介される団体名、会社名、製品名などは、一般に各団体、各社の商標または登録商標です。本書では、TM、®マークは明記していません。

■本書のサポートページについて

コロナ社の以下の Web ページより、本文中で紹介しているプログラムやファイルの内容変更箇所のテキストデータがダウンロードいただけます。また、著者などにより開発されている IoT 教材についても、このサポートページで情報提供する予定です。なお、プログラムファイルおよびテキストデータをダウンロードして利用する権利は、本書の購入者に限らせていただきます。

また、プログラムの著作権はすべて著者にあります。本プログラムを著者、株式会社コロナ社の許可なく配布、販売することを禁止します。

<http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339009019/>

(上記 URL のページへは、コロナ社 Web ページ → 『Raspberry Pi Zero による IoT 入門』で書名検索 → 本書の「書籍詳細」ページで行くことができます。)

まえがき

IoT (Internet of Things) は、いろいろなモノをインターネットに接続してデータを収集し処理することにより、生活を豊かにしたり、仕事を効率化する仕組みです。本書は、この IoT の中核としてマイコンボードの Raspberry Pi Zero (ラズパイ Zero と略します) を用いて、幅広い年齢層の皆さんにネットワークを使った遠隔計測制御を学んでもらうために書かれた入門書です。

Raspberry Pi (ラズベリーパイ) は、青少年のコンピュータ科学教育の促進のために設立された英国ラズベリーパイ財団 (Raspberry Pi Foundation) が開発した、小型のマイコンボードです。2012 年に財団が設立されて以来、わずか 5 年間で 1000 万台を超える Raspberry Pi が、教育だけでなくさまざまな分野で使われています。

ラズパイ Zero は、2015 年 11 月に登場した 5 ドルという超低価格な Raspberry Pi で、初代のものから比べて CPU が高速化され、さらに小型になりました。そして、Linux の OS である Raspbian 上で、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) でも操作できる、とても魅力的なマイコンボードです。また、2017 年 2 月には、無線 LAN と Bluetooth が内蔵された 10 ドルのラズパイ Zero W が登場し、大変脚光を浴びています。

本書では、このラズパイ Zero とラズパイ Zero W をフルに活用するさまざまなノウハウを紹介します。特に、ラズパイ Zero とラズパイ Zero W だけが可能な「Zero over USB」では、本書のカバー写真にありますように、USB ケーブル 1 本でパソコンにラズパイ Zero を接続してソフトウェア開発が可能となります。この Zero over USB を使うための設定手順を 2 章で紹介し、3 章では VNC を使った GUI の利用、そして 4 章ではラズパイ Zero やラズパイ Zero W を便利に使う方法について説明します。また、5 章ではラズパイ Zero でも可能

な音楽再生とインターネットラジオの聴取について、6章ではラズパイ Zero の入出力インタフェースである GPIO の制御について、7章ではラズパイ Zero にカメラを接続した実用的な見守りシステムを紹介し、8章では気軽に IoT を試すことのできる Blynk を使った遠隔計測制御について説明し、さらに9章では、ラズパイ Zero に接続できる Karacrix 拡張 I/O ボードや HAT について紹介します。巻末の付録では、よく使う Linux コマンドやエディタの使い方などについても説明します。

以上のように、本書ではラズパイ Zero を中心とした広範囲な IoT の知識を身に付けることができます。また、本書の Zero over USB の部分以外の内容は、他の Raspberry Pi 2 や 3 にも応用することができます。本書が、多くの方にとって、プログラム作成だけでなく、ラズパイ Zero に接続する周辺回路の電子工作を楽しむきっかけになればと思っております。

本書は、文部科学省・平成 26 年度宇宙航空科学技術推進委託費・実践的若手宇宙人材育成プログラムに採択された「国立高専超小型衛星実現に向けての全国高専連携宇宙人材育成事業」(代表：高知高専・今井一雅)で、学生グループが開発する超小型衛星の心臓部にラズパイ Zero を使う先進的な取り組みの成果でもあります。この事業が目指す宇宙人材育成のための宇宙開発の試みが、IoT 教育につながったことを大変うれしく思っております。

最後に、本書の執筆に際して、Karacrix 拡張 I/O ボードを開発されたエスアイ創房の高柳雅行氏、ラズパイ Zero のプログラムなどの開発にご協力いただいた今井研究室 OB の森山博氏と佐々木渉氏には、大変お世話になりました。また、本書の執筆にあたって、いろいろなご支援をいただいたコロナ社に感謝致します。

2017 年 8 月

著者 今井一雅

目 次

1. ラズパイ Zero による IoT について

1.1	ラズパイ Zero とは	1
1.2	4 種類のラズパイ Zero の接続方式について	5
1.2.1	Zero over USB 方式	5
1.2.2	無線 LAN 接続方式 (ラズパイ Zero W の場合)	6
1.2.3	無線 LAN 接続方式 (ラズパイ Zero の場合)	7
1.2.4	ローカル有線 LAN 接続方式	8
1.2.5	有線 LAN 接続方式	9
1.3	ラズパイ Zero の OS とインタフェース	10

2. マイクロ SD カードのイメージ作成と設定

2.1	準備するもの	13
2.2	Windows 10 の場合の事前準備	14
2.2.1	圧縮ファイル解凍ソフトウェア Lhaplus のインストール	15
2.2.2	マイクロ SD カードのフォーマットソフトウェアのインストール	16
2.2.3	Win32DiskImager のインストール	16
2.2.4	Bonjour のインストール	19
2.2.5	通信ソフトウェア Tera Term のインストール	20
2.2.6	Real VNC Viewer のインストール	21
2.2.7	テキストエディタ TeraPad のインストール	23
2.2.8	RNDIS ドライバのインストール	24
2.2.9	Raspbian イメージのダウンロード	26

2.2.10	Raspbian イメージのマイクロ SD カードへの書き込み	28
2.2.11	Zero over USB のための Windows での初期設定	30
2.2.12	ラズパイ Zero の起動	34
2.2.13	RNDIS ドライバのインストールができていない場合の対応	36
2.2.14	インターネット共有の設定	38
2.2.15	ラズパイ Zero に SSH 接続	41
2.2.16	インターネット接続の確認	44
2.2.17	ラズパイ Zero のシャットダウン	46
2.3	Mac OS X 10 の場合の事前準備	47
2.3.1	Raspbian イメージのダウンロードと設定	47
2.3.2	Mac での Zero over USB	51
2.3.3	Real VNC Viewer のインストール	54
2.3.4	ApplePi-Baker のインストール	54
2.4	Raspbian のパスワード変更とアップデート	55

3. VNC による GUI の利用について

3.1	VNC 接続のための準備	58
3.2	VNC 接続と各種設定	60
3.2.1	VNC 接続の手順	60
3.2.2	VNC を使ったラズパイ Zero の各種設定	62
3.2.3	日本語入力の設定	67
3.2.4	マイクロ SD カードのバックアップ	68

4. ラズパイ Zero とラズパイ Zero W を便利に使う方法

4.1	ラズパイ Zero W での Bluetooth の接続方法	69
4.2	無線 LAN の設定方法について	72
4.3	Samba によるファイル共有	74

4.4 シャットダウン機能の追加	76
------------------------	----

5. ラズパイ Zero による音の再生について

5.1 準備するもの	78
5.2 USB スピーカーの設定	80
5.3 Radio Tray でインターネットラジオを聴く	80
5.4 VLC メディアプレイヤーで MP3 ファイルなどの音を聴く	82

6. ラズパイ Zero の GPIO の制御について

6.1 GPIO の設定方法	85
6.2 GPIO コマンドの使い方	87
6.3 RPi.GPIO ライブラリを使った Python プログラム	91
6.4 WiringPi を使った Python プログラムについて	98
6.5 PHP を使った GPIO 制御について	108

7. ラズパイ Zero による見守りシステム

7.1 ラズパイ Zero 見守りシステムのコンセプト	115
7.2 準備するもの	115
7.3 プログラム	117
7.3.1 MP4 への変換ソフトウェアのインストール	117
7.3.2 録画プログラム	117
7.3.3 Web サーバソフトウェア Apache と PHP のインストールなど	122
7.3.4 Web 公開用プログラム	123
7.3.5 自動起動と古いファイルの自動削除について	129
7.4 組み立て	130
7.4.1 カメラユニットの動作確認	130

7.4.2 人感センサと LED の動作確認	131
7.4.3 トリガーモードの変更	133
7.4.4 組み込みについて	134
7.5 見守り HAT の紹介	136

8. Blynk による IoT について

8.1 Blynk について	137
8.2 ラズパイ Zero 側の準備	138
8.3 Blynk アプリのインストール	139

9. ラズパイ Zero の拡張ボードと HAT について

9.1 Karacrix 拡張 I/O ボード	146
9.1.1 拡張 I/O ボードの特徴と使用方法	146
9.1.2 拡張 I/O ボードの Python ライブラリ	151
9.1.3 フリーソフトウェア KaracrixBuilder の利用	152
9.2 ラズパイ Zero 用の HAT の紹介	154

付 録

A.1 よく使う Linux コマンド	156
A.2 テキストエディタの使い方	160
A.2.1 nano エディタの使い方	160
A.2.2 vi エディタの使い方	162
A.2.3 ng エディタの使い方	163
A.3 マイクロ SD カードのイメージのリサイズ	164

索 引	166
-----	-----



ラズパイ Zero による IoT について

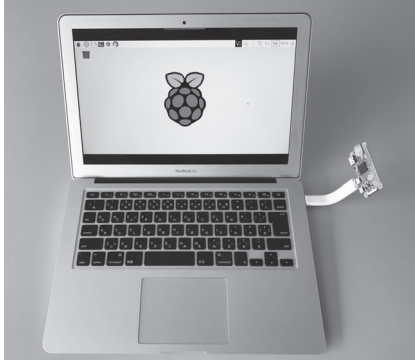
本章では、ラズパイ Zero の概要と Zero over USB などの接続方式、そして IoT に使われる入出力インタフェースについて紹介します。

1.1 ラズパイ Zero とは

Raspberry Pi Zero (ラズパイ Zero) は、イギリスのラズベリーパイ財団 (Raspberry Pi Foundation) が、2015 年 11 月にリリースした 5 ドルという超低価格・超小型・低消費電力のマイコンボードです。2017 年 2 月には、Wi-Fi や Bluetooth まで内蔵した 10 ドルの Raspberry Pi Zero W (ラズパイ Zero W) が登場しました。

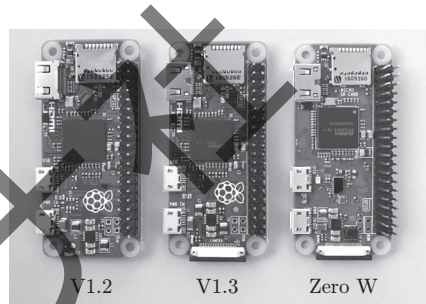
マイコンボードとは、文字通りマイコンが載った基板 (ボード) のことです (次ページの写真参照)。私たちの身の回りのさまざまな電子機器にはマイコンが組み込まれており、マイコンが電子機器を制御しています。それと同じように、マイコンボードにモータを接続すればモータの動作を制御することができますし、センサに接続すれば計測をすることができます。このとき、そのマイコンボードがインターネットに接続されていれば、計測・制御をインターネットを通して行うことができます。つまり、IoT です。そしてラズパイ Zero は、まさにそのようなことが可能なマイコンボードであり、本書ではその方法を紹介していきます。

ところで、マイコンボードを使って計測や制御をするには、まずパソコンを使ってマイコンボードにプログラムを書き込む必要があります。しかし、初心者にとってはこの「プログラムをマイコンボードに書き込む」ということが最



初の壁となります。そんな初心者にとってラズパイ Zero の登場はまさに福音で、左の写真のように、パソコンの USB 端子に USB ケーブルを 1 本接続するだけで、GUI (グラフィカルユーザインタフェース) によるソフトウェア開発環境が使えるようになるという大きな特長があります。

右の写真は、2015 年 11 月にリリースされた最初の V1.2, 2016 年 5 月にリリースされたカメラモジュールとの接続が可能となった V1.3, そして 2017 年 2 月にリリースされた Zero W を左から順に並べたものです。



下に、ラズパイ Zero と Zero W の仕様をまとめた表を示します。

【ラズパイ Zero / Zero W の仕様】

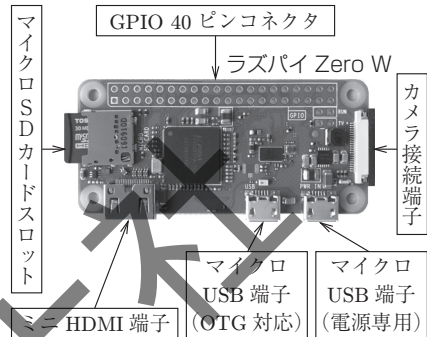
価格	5 ドル (Zero V1.3) / 10 ドル (Zero W)
大きさ, 重量	65 mm × 30 mm, 9 g
プロセッサ	1 GHz シングルコア CPU BCM2835
メモリ	512 MB (RAM)
消費電力	Zero : 0.4~1.0 W (5 V, 80~200 mA) Zero W : 0.6~1.2 W (5 V, 120~240 mA)
入出力	汎用入出力用 40 ピンコネクタ GPIO (General Purpose Input/Output) 付加機能 : I2C SPI UART
コネクタ	マイクロ USB 端子 × 2 (一つは電源専用) ミニ HDMI 端子 (ディスプレイ接続用) カメラ接続端子 (Camera Module V2 用)
ストレージ	マイクロ SD カード
OS	Linux (Raspbian) ほか
【Zero W のみの機能】	IEEE 802.11 b/g/n 2.4 GHz Bluetooth 4.1 (Bluetooth Low Energy)

仕様の表にあるように、ラズパイ Zero の基板の面積は、他の Raspberry Pi 2 や Raspberry Pi 3 の基板の大きさ (名刺サイズ) の 1/2.5 と小型になっています。また CPU は Broadcom の BCM2835 で、ARM (Advanced RISC Machines) と呼ばれる命令セットを採用しており、非常に消費電力が小さくなっています。実際の消費電力は、ラズパイ Zero が 0.6 W 程度、ラズパイ Zero W が 0.8 W 程度となります。それから、ラズパイ Zero のボードには、右の写真に示すようにマイクロ USB 端子が二つありますが、片方は電源接続専用の端子になりますので、基本的に USB 端子 (USB 2.0 で OTG 対応^{†1}) は一つだけになります。

ラズパイ Zero は、Linux の OS である Raspbian を使えることから、Linux の多くのソフトウェア資産を活用することができます。それ以外に、ラズパイ Zero には、つぎのような特徴があります。

- 1 本の USB ケーブル接続で、USB OTG による LAN 接続が可能です (他の Raspberry Pi のモデルではできません)。本書では、この機能を「Zero over USB」と呼んでいます。
- 超小型で軽量ですので、小さな箱に入れたりして、小型のシステムを構築することが簡単にできます。
- 低消費電力ですので、小さなモバイルバッテリーで動かすことが可能です (低消費電力の特徴を生かして、超小型衛星も含めて、太陽電池と組み合わせた自立型のシステムの構築も可能です)。

なお、ラズパイ Zero は 2 章で説明するように、設定したマイクロ SD カードを挿し、さらにミニ HDMI 端子に HDMI 入力可能な外部ディスプレイや TV を接続し^{†2}、マイクロ USB 端子 (OTG 対応) に、USB レシーバ^{†3}タイプ



^{†1} OTG 対応については、1.2.1 項を参照してください。

^{†2} ミニ HDMI から HDMI への変換コネクタが必要です。

^{†3} マイクロ USB から USB への変換コネクタが必要です。

4 1. ラズパイ Zero による IoT について

のワイヤレスキーボードとマウス（例えば、Logicool MK245nBK など）を接続することで、パソコンと同じように使うこともできます。しかし本書では、このような外部ディスプレイには接続せずに、ノートパソコンで簡単にラズパイ Zero や Zero W を使う接続方式を中心に説明していきます。

豆知識 ラズパイ Zero やラズパイ Zero W の入手方法



【国内の場合】

国内でのラズパイ Zero の発売は、2017 年 2 月から開始されました。また、ラズパイ Zero W も同年 7 月から購入できるようになりました。執筆時点では、購入は一人 1 個までと限定されていますが、ラズパイ Zero は 1 個 650 円程度（税込、送料別）、ラズパイ Zero W は 1 個 1300 円程度（税込、送料別）で、下記のサイトから購入できます。

- ・ケイエスワイ (Raspberry Pi Shop by KSY)

<https://raspberrypi.ksyic.com/>

- ・スイッチサイエンス

ラズパイ Zero : <https://www.switch-science.com/catalog/3190/>

ラズパイ Zero W : <https://www.switch-science.com/catalog/3200/>

なお、単品購入ができなくてもケースセットやカメラセットなどは複数セット購入可能な場合もありますので、確認してみてください。

【外国からの場合】

外国（イギリスやアメリカなど）からも入手可能です（執筆時点では一度に一人で 1 個しか注文することができません）。発売当初は売り切れの場合があったりして入手が難しい状況が続いていましたが、最近では比較的入手も容易になっています。クレジットカードや PayPal を使って注文できますので、下記の URL を参考にしてください。

- ・Pimoroni（イギリス）[一人 1 個の購入に限定]

ラズパイ Zero :

<https://shop.pimoroni.com/products/raspberry-pi-zero/>

ラズパイ Zero W（技適番号が必要）:

<https://shop.pimoroni.com/products/raspberry-pi-zero-w/>

- ・Adafruit（アメリカ）[一人 1 個の購入に限定]

ラズパイ Zero W（技適番号が必要）: <https://www.adafruit.com/product/3400/>

ラズパイ Zero W Camera Pack : [複数セット購入可能]

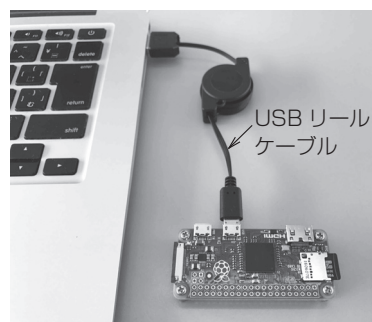
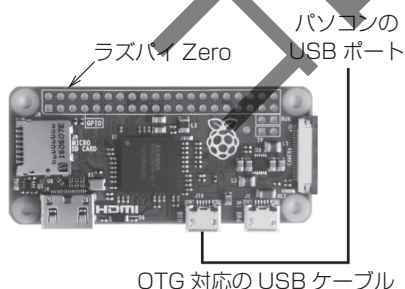
<https://www.adafruit.com/product/3414/>

1.2 4種類のラズパイ Zero の接続方式について

パソコンとラズパイ Zero の接続方式には 4 種類あり、このうち Zero over USB 方式（本書のカバーの写真にも示した接続方法）は、Raspberry Pi の中でラズパイ Zero だけが可能な方式です。2 章ではこの方式を中心に説明していきます。

1.2.1 Zero over USB 方式

Zero over USB 方式とは、下の写真のように OTG 対応の USB ケーブル 1 本で、最もシンプルに接続できる方式です。OTG 対応の USB ケーブルとは、USB On-The-Go (OTG) または USB ホストケーブルという配線方式になっているものです。市販されている OTG 対応 USB ケーブルを購入する場合は、「充電・通信」という表示や「データ転送可能」という表示のあるものを選びます[†]。写真で紹介したのは、100 円ショップで購入した「USB リールケーブル」と呼ばれる、長さが調整できるものです。



なお、パソコンには USB ポートが複数ありますが、ラズパイ Zero からの USB ケーブルを接続するパソコンの USB ポートは、後述の「インターネット共有」の関係で、1 か所に固定した同じ USB ポートの使用をお勧めします。

[†] Zero over USB の場合、データ転送と同時に電源供給も同じケーブルで行っています。

索引

【あ】		【し】		【ひ】	
圧電スピーカー	97	ジャイロセンサ	155	ピン番号	85
【い】		シャットダウン	46	【ふ】	
イメージ	13	シャットダウン機能	76	フォトカプラ接続	147
イメージファイル	26	照度センサ	150	【へ】	
インターネット共有	38	人感センサ	95	ペアリング	7, 71
【う】		シンボリックリンク	139	【ほ】	
ウォッチドッグ	147	【す】		ポート番号	85
【お】		スクリーンセーバー	66	【む】	
オープンコレクタ接続	147	【せ】		無線 LAN	6
温度センサ	149	接続方式	5	【ゆ】	
【か】		【て】		ユニバーサル基板	155
拡張 I/O ボード	146	抵抗入りの LED	97	【ら】	
仮想ファイル	86	電子ブザー	149	らじるらじる	81
加速度センサ	155	【と】		【り】	
カメラユニット	130	トリガーモード	133	リサイズ	164
缶サット	155	【に】		リピートモード	133
【き】		日本語化	63	リレー出力	149
気圧センサ	155	日本語入力	67		
【く】		【ね】			
クリーンアップ処理	112	ネットマスク	43		
【さ】		【の】			
再起動	46	ノンリピートモード	133		
◇-----◇					
【A】		ApplePi-Baker	54	Bluetooth	6
alias	158	A/D 変換	147	Blynk	137
Apache	108	【B】		Bonjour	19
apache2	108	BCM 番号	85		

[C]					
Calendar-beta	122	KaracrixBuilder	146	rm	157
cat	156		152	rmdir	157
cd	157	[L]		RNDIS	24
chmod	157	less	157	rpi-update	57
cmdline.txt	30	Linux	10	RPi.GPIO ライブラリ	91
config.txt	30	ls	156	[S]	
cp	156	LXTerminal	66	Samba	74
crontab	158			SDFormatter	16
CubeSat	155	[M]		SSH	20
CUI	58	MAC アドレス	31	sudo	158
		man	156	[T]	
[D]		mg エディタ	163	tail	157
DHCP	19	mkdir	157	TeraPad	23
dir	158	more	157	Tera Term	20
dist-upgrade	56	MP4	117	touch	156
		MP4Box	117	[U]	
[E]		mv	157	UART	12
emacs	163			uname	57
env	158	[N]		update	56
export	158	nano エディタ	160	upgrade	57
		ng エディタ	163	USB スピーカー	80
[G]		NTP	45	UTF-8	94
GPIO	10, 85	ntp4	45	[V]	
GPIO コマンド	87			vi エディタ	162
		[O]		vim エディタ	162
[H]		OBC	155	VLC メディアプレイヤー	82
HAT	136, 154	OTG アダプタ	6	VNC	21
HDMI	3			[W]	
H264	117	[P]		Win32DiskImager	16
		PHP	108	WiringPi	98
[I]		php-pear	122	Wi-Fi	6
ifconfig	42	php5	110	wpa_passphrase	72
IoT	10	ping	44	wpa_supplicant.conf	72
IP アドレス	19	poweroff	158	[X]	
I2C	11	PWM	99	xscreensaver	66
		Python	90	[Z]	
[J]				Zero over USB	3
JAIST	27	[R]			
Jessie	27	Radio Tray	80		
Jessie-Lite	27	Raspbian	10		
		raspistill	130		
[K]		raspivid	131		
Karacrix 拡張 I/O ボード		Real VNC	21		
		reboot	158		

—— 著者略歴 ——

1977年 電気通信大学電気通信学部応用電子工学科卒業
1979年 電気通信大学大学院電気通信学研究科修士課程修了
1979年 高知工業高等専門学校助手
1988年 高知工業高等専門学校助教授
1990年 フロリダ大学天文学科客員助教授（長期在外研究員）
2003年 博士（情報学）（京都大学）
2004年 高知工業高等専門学校教授
現在に至る

専門：情報通信ネットワーク，宇宙電波工学（木星電波）
著者の名の付いた星：小惑星 Kazu（11294 Kazu（1992 CK））
<https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=11294>

Raspberry Pi Zero による IoT 入門 — Zero W 対応 —

Introduction to IoT using Raspberry Pi Zero/W

© Kazumasa Imai 2017

2017 年 10 月 27 日 初版第 1 刷発行



検印省略

著者 今井 かず まさ
雅
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来 真也
印刷所 三美印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844 ・ 電話 (03) 3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00901-9 C3055 Printed in Japan

(柏原)



< 出版者著作権管理機構 委託出版物 >

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。