

成蹊大学アジア太平洋研究センター叢書

# 分散システム：P2Pモデル

滝沢 誠  
榎戸智也 共著

コロナ社

# ま え が き

本書は、成蹊大学アジア太平洋研究センター（CAPS）の一叢書であり、著者の一人（滝沢）が成蹊大学理工学部にて在職していた、2009年度から2012年度の4年間にわたり行われた同センターの共同研究プロジェクト「アジア太平洋地区のPeer-to-Peer（P2P）オーバーレイ・ネットワークでのピア間の信用可能性の研究」の成果を同センターの助成を受けてまとめたものである。

インターネットの普及・発展により、コンピュータ、携帯電話、家電製品、センサといった世界中のさまざまな情報機器がネットワークにより相互接続され、多様な分野で幅広く利用されるようになってきている。複数のコンピュータ上のプロセスがたがいにメッセージ通信を行いながら協調動作するわけであるが、膨大な数のプロセスから構成されるシステムでは、システムを構成するすべてのプロセスの状態を把握することが困難となる。本研究では、分散システムの状態の中で、各プロセスが対等であるP2Pモデルを対象としている。ここでは、対等なプロセスをピア（peer）という。各ピアは、自分が通信を行える他のピア（知人ピア）との交信を通じてシステムの状態を把握する必要がある。ここで、知人ピアが保有している情報は最新のものではないかもしれないし、故障などにより誤っているかもしれない。したがって、各ピアは、知人ピアをどの程度信用できるかを決定することが重要となる。ピアが知人ピアの信用可能性を決めることは、人間社会で、各個人が他人をどのように信用するかに類似している。本研究プロジェクトは、人間社会で個人間の信用関係が形成される過程を考察することを通じて、P2Pモデルの分散システムにおいてピアが協調動作するのに必要なプロトコルを開発することが目的だった。このプロジェクトは、成蹊大学、立正大学、福岡工業大学といった国内の大学のみならず、ラトローブ大学（豪）、モナシュ大学（豪）、カーテン大学（豪）、ウィーン工科大学

(オーストリア), <sup>タシカシ</sup>淡江大学 (台湾) などの海外の大学も加えた国際プロジェクトであり, 会議やセミナーも各国で開催し, 研究成果をとりまとめてきた。

本書では, 共同研究の成果だけでなく, 情報システムにおいて中心的な役割を果たす「分散システム」の基礎となるアーキテクチャ, 概念, 理論, 方式についてもまとめている。分散システムを学習・研究しようとするときに必要となる基礎的な知識を本書から得ることができる。

本書の刊行にあたり, 共同プロジェクトのスポンサーである成蹊大学アジア太平洋研究センターに, まず感謝の意を表したい。特に, 滝沢が2013年4月に成蹊大学理工学部から法政大学理工学部へ異動したにもかかわらず, 共同プロジェクトの研究成果を書籍としてまとめることを温かくご支援いただいた。本書の図表などの作成, 整理を行った法政大学大学院理工学研究科の研修生 Dilawaer Doulikun 氏に感謝する。最後に, 編集, 校正などに尽力いただいたコロナ社に感謝したい。

2014年2月

滝沢 誠・榎戸智也

# 目 次

## 1. はじめに

1.1 情報システムの動向 .....	1
1.2 本書の構成 .....	4

## 2. 分散システムの基礎

2.1 分散システムとは .....	6
2.1.1 分散システム .....	6
2.1.2 同期型と非同期型システム .....	9
2.1.3 制 御 .....	12
2.2 プ ロ セ ス .....	13
2.3 イベントの順序 .....	15
2.4 全 体 状 態 .....	17
2.5 論 理 時 計 .....	19
2.5.1 時 計 .....	19
2.5.2 線 形 時 間 .....	20
2.5.3 ベ ク タ 時 間 .....	22

## 3. ネットワーク

3.1 プ ロ ト コ ル .....	26
3.1.1 OSI参照モデル .....	27
3.1.2 TCP/IP と OSI 参照モデル .....	29
3.2 ネットワークインタフェース層 .....	31
3.2.1 ネットワーク形態 .....	31

3.2.2	信号伝送方式	32
3.2.3	媒体アクセス制御	32
3.2.4	フレームの転送形態	34
3.2.5	イーサネット	34
3.2.6	その他のデータリンクプロトコル	37
3.3	ネットワーク層	38
3.3.1	I P	38
3.3.2	A R P	46
3.3.3	I C M P	47
3.4	トランスポート層	47
3.4.1	ポート番号	48
3.4.2	T C P	48
3.4.3	U D P	53

## 4. グループ通信

4.1	グループ	55
4.2	マルチキャスト	56
4.2.1	基本マルチキャスト	57
4.2.2	信頼性のあるマルチキャスト	58
4.3	メッセージの順序保証	62
4.3.1	送信順序	62
4.3.2	全順序	63
4.3.3	因果順序	67

## 5. トランザクション管理

5.1	トランザクション	69
5.2	同時実行制御	71
5.2.1	トランザクションの実行方式	71
5.2.2	直列可能性	73
5.2.3	アポートからの復旧	78

5.2.4	二相ロック	81
5.2.5	デッドロック	84
5.2.6	時刻印順序方式	88
5.2.7	楽観的同時実行制御	90
5.3	コミットメント制御	92
5.3.1	障害	92
5.3.2	二相コミットメントプロトコル	92
5.3.3	終結プロトコル	95
5.3.4	復旧	97

## 6. セキュリティ

6.1	安全なシステム	98
6.1.1	主体とオブジェクト	98
6.1.2	オブジェクトの安全性	99
6.1.3	安全な通信路	100
6.1.4	分散システムの安全性	101
6.2	暗号	102
6.2.1	暗号化と復号	102
6.2.2	秘密鍵暗号	102
6.2.3	公開鍵暗号	104
6.3	認証	104
6.3.1	デジタル署名	104
6.3.2	デジタル証明書	105
6.4	アクセス制御	107
6.4.1	アクセス規則	108
6.4.2	アクセスマトリクス	108
6.4.3	アクセス制御方式	110
6.5	情報流制御	113
6.5.1	不正な情報流	113
6.5.2	束モデル	114
6.5.3	強制アクセス制御モデル	117

## 7. フォールトトレラント分散システム

7.1 故 障	118
7.1.1 故障の種類	118
7.1.2 信頼性と可用性	120
7.2 多重化方式	121
7.3 チェックポイント	122
7.3.1 チェックポイントの取得	122
7.3.2 ロールバック	126
7.4 プロセスの複製	127
7.4.1 プロセスの複製方法	127
7.4.2 能動的複製化	127
7.4.3 受動的複製化	128
7.4.4 準能動的複製化	130
7.5 合 意	131
7.5.1 合意プロトコル	131
7.5.2 非同期型システムでの合意	132
7.5.3 ビザンティン合意	132
7.5.4 署名付きビザンティン合意	137

## 8. P 2 P システム

8.1 P 2 P モデル	139
8.2 信用可能性	142
8.2.1 主観的信用可能性	143
8.2.2 客観的信用可能性	146
8.2.3 自信度	148
8.3 エコ分散システムのモデル	149
8.3.1 消費電力測定実験結果	149
8.3.2 計算ピアの消費電力モデル	154
引用・参考文献	159
索 引	165

# 1 | はじめに

クラウドコンピューティングシステムなどの現在の情報システムは、ネットワークによって相互接続された種々のコンピュータにより構成されている。こうした情報システムは、分散システム（distributed system）と呼ばれる。分散システムを構成するコンピュータ上で、応用プログラムが実行される。

## 1.1 情報システムの動向

インターネット（Internet）の普及と発展により、TCP/IP などのプロトコルの国際標準化と、Linux や Windows などのプラットフォームの共通化が進み、情報システムの相互運用性（interoperability）が高まってきている。これにより、世界中のコンピュータが相互接続され、世界規模での大規模な情報システムが構築され、種々の応用（アプリケーション）が利用されるようになる。さらに、PC（personal computer）、サーバといったコンピュータに加えて、携帯電話、家電製品、センサ、車載機器といった多種多様な情報機器が、インターネットなどのコンピュータネットワークにより相互接続される。「もののインターネット」（internet of things; IoT）といわれるように、情報機器のみならず、洋服、家畜などのあらゆる「もの」が相互接続される時代になる。

1960年代には、IBMなどが開発した大型汎用コンピュータにデータベースシステムが実装され、応用プログラムが実行され、複数の端末からアクセスされる集中型のシステムが企業などで広く利用された。1980年代には、PCなどの



## 2 1. はじめに

小型のコンピュータが登場し、イーサネットを中心としたローカルエリアネットワーク (local area network; LAN) が普及し、情報システムはネットワークを中心とした形態に変化した。ネットワークにより、1台の大型汎用コンピュータに頼るより、複数の小型コンピュータを相互接続するシステム構成にするほうが、価格対性能比の点で有利になった。このことを、情報システムのダウンサイジング (downsizing) という。

このように、現在の情報システムは、ネットワークで相互接続された複数の種々のコンピュータから構成される。これらのシステムの多くは、サーバ (server) がデータベースシステムなどのサービスを提供し、クライアント (client) がアプリケーションプログラムを実行する、「クライアント/サーバモデル」であった。クライアントのアプリケーションプログラムは、サーバにサービス要求しながら処理をする。また、アプリケーションプログラムを実行する応用サーバと、利用者インタフェースのクライアントに分離した3階層 (3-tier) モデルも用いられてきた。さらに、クラウドコンピューティングシステム (cloud computing system) では、HDDなどの2次記憶装置などのハードウェア、OS、さらにデータベースシステムなどのミドルウェアといった種々のサービスを提供する数千台から数十万台のサーバが相互接続されたクラウドを、利用者インタフェース機能のみを備えた軽量のクライアント (thin client) が、ウェブなどを介して利用する。

クライアント/サーバモデルに対して、各コンピュータがサーバにもクライアントにもなれる対等なものでピア (peer) と呼ばれる P2P (peer-to-peer) モデルも、Skypeなどで利用されてきている。クライアント/サーバモデルは、企業などが統合的な管理体制のもとで運用管理するシステムであるが、P2Pモデルでは、統合的な管理体制はなく、各ピアが自律的に動作する分散型の管理が行われている。P2Pモデルは、大規模性 (scalability) や耐故障性に優れ、今後の情報システムの新しいモデルとなってきた。さらに、P2Pモデルの分散システムは、中央コントローラが存在しない完全分散型かつ大規模なものであり、自律的なピアから構成されることから、各ピアはシステム全体の構成を知ることができない。このため、各ピアは通信を行えるピア (知人ピア) に問

い合わせ、さらに知人ピアがその知人ピアに問い合わせるというように、ネットワーク内に問合せを拡散させる。ここで、ピアが知人ピアをどの程度信用できるかが重要となる。この問題は、人間社会で個人が信用関係を形成していく過程を考察することにより解決できる。

さらに、京都議定書に示されているように、エコな社会を実現するために、情報システムでの消費電力を低減することが求められている。CPU、メモリ、HDDなどのハードウェアの低電力化が進められているが、これに加えて、ソフトウェア実行時における情報システム全体の電力の節減が必要である。これまで、計算時間、通信時間といった性能面の最適化を目的としたアルゴリズムが研究され、利用されてきた。性能についての最適化に加えて消費電力を最小化する新しいアルゴリズムが求められている。例えば、クライアントの要求を処理するサーバを複数の中から一つ選択するとき、応答時間のみならず消費電力も最小化するサーバ選択アルゴリズムである。

こうした情報システムを利用するためには、ネットワーク上に分散する複数のコンピュータ上に応用を構築していく必要がある。各コンピュータで実行される応用プログラムをプロセス (process) という。このように、複数のコンピュータ上で実行されるプロセス同士がネットワーク上でメッセージを送受信して協調動作するシステムを、分散システム (distributed system) という。分散システムでは、各プロセスはネットワークを介して、メッセージを送受信することで他のプロセスと通信が行われる。このことから、各プロセスが送信したメッセージが他のプロセスに届くまでの遅延時間が必ず存在する。プロセス間のルータの数、輻輳の具合などにより、プロセス間の遅延は大きくなることもある。また、他のプロセスの状態は、そのプロセスからメッセージが届かない限りわからない。さらに、各プロセスが読むことができるコンピュータの物理時計は、同一時刻を示さない。複数のコンピュータ上の複数のプロセスから構成される分散システムは、こうした制約のもとで、複数のプロセスの協調動作を実現していかなければならない。分散システムでは、一つのコンピュータ上で複数のプロセスが実行されるシステムに対して、これらの点を新たに考え

ることが必要となる。

本書では、こうした分散システムの基礎となるアーキテクチャ、概念、理論、方式についての体系的な解説を行う。

## 1.2 本書の構成

2章では、分散システムを考える上で重要な基本概念について述べる。分散システムとはなにかを述べ、プロセス、分散システムの全体状態、および論理時間について述べる。特に、分散システムでプロセス間の同期をとるために重要な役割を果たす論理時間として、線形時間とベクタ時間を解説する。

3章では、初めに、分散システムを構築する上で重要な基盤システムとなるネットワークの Protokol 階層構造について述べる。ISO (国際標準化機構) で開発された OSI (Open Systems Interconnection) 参照モデルの Protokol 階層化の考え方を説明する。つぎに、分散システムを構築するための汎用通信基盤である Protokol 体系 (スタック) として、TCP/IP について述べる。TCP/IP は二つのプロセス間の 1 対 1 の通信サービスを提供するが、分散システムでは、複数プロセス間での多対多の通信サービスが必要になる。

4章では、信頼性および順序性を保証した複数プロセス間での多対多の通信サービスを実現するグループ通信 (group communication) について述べる。上述のように、分散システムでは、複数のプロセスがたがいに送受信し合うグループ通信が新たに必要となる。特に、グループ通信では、各プロセスはメッセージを因果順序順に配送しなければならない。そこで、論理時間を用いた因果順序配送方式について説明する。

5章では、ネットワーク上に分散したファイルやデータベースなどの情報資源 (オブジェクト) を操作する処理単位であるトランザクション (transaction) と、その制御方法について述べる。複数のトランザクションが、あるデータを競合して利用するための同時実行制御を解説する。複数のトランザクションを

並行して実行するときの正しさの根拠となる直列可能性を説明し、同期方式として、ロック、時刻印、楽観的方式について述べる。また、複数のデータベースシステムを原子的に操作するためのコミットメント制御について考える。

6章では、安全な (secure) 分散システムおよびアプリケーションを実現するための技術について述べる。システムの安全性を考えるとときに重要になる暗号技術、認証技術を解説する。つぎに、利用者がオブジェクトを操作するためのアクセス権 (パーミッション) を付与するアクセス制御モデルについて説明する。利用者とオブジェクト間で生じる不正な情報流を制御する問題について考える。

7章では、分散システム内で生じる種々の故障に対処する方法について考える。初めに、分散システムでの故障について述べる。つぎに、故障に対して分散システムを正しく動作させるための技術である多重化方式、具体的には時間多重化と空間多重化について述べる。時間多重化として、複数のプロセス間で同期をとりながらチェックポイントを取得する手法を説明する。ついで、プロセスの複製 (replica) プロセスを複数設ける方法について述べる。

8章では、分散システムを考える上で重要なモデルの一つである P2P (peer-to-peer) モデルについて述べる。P2P モデルは対等なプロセス (ピア; peer) から構成され、各ピアが自律的に動作する完全分散型のシステムである。P2P モデルが分散型であることから、各ピアは、自分が通信できるピア (知人ピア) からネットワーク内の情報資源についての情報を得なければならない。このために、ピア間の信用可能性 (trustworthiness) について考える。さらに、P2P モデルの分散システムは膨大な数のコンピュータから構成されるため、各コンピュータでピアを実行するための消費電力を抑えたエコモデルが重要である。そこで、各コンピュータがプロセスの実行に消費する電力に関するモデルを解説する。

# 2

## 分散システムの基礎

分散システムは、複数のプロセスが相互にメッセージ通信を行いながら協調動作するシステムである。プロセスが複数のコンピュータに分散していることにより、一つのコンピュータから構成されるシステムとは異なるさまざまな特徴がある。本章では、分散システムを考えるとときに重要な基本概念として、プロセス、システムの状態、論理時間などについて述べる。

### 2.1 分散システムとは

#### 2.1.1 分散システム

一つのコンピュータ内の種々の計算資源が複数の利用者により利用されるシステムは、**集中システム** (centralized system) と呼ばれている。データベースシステムなどの計算資源は、一つのコンピュータに存在する。これに対して、近年の情報システムでは、複数のコンピュータがインターネットなどのコンピュータネットワークにより相互接続されて、利用されるようになってきた。例えば、データベースサーバを複数の端末 PC から利用するシステムでは、サーバや PC といった複数のコンピュータが、イーサネットのようなローカルエリアネットワーク (LAN)、無線ネットワーク、広域ネットワークなどの種々のネットワークを介して相互接続されている。このように、複数のコンピュータから構成される情報システムは、一般に分散型 (distributed) のシステムと呼ばれている。本章では、分散システム (distributed system) とはなにかについて考える。ネッ

# 索引

<b>【あ】</b>		<b>【き】</b>		孤児メッセージ	18
アクセス規則	99	汚い読出し	78	故障	119
アクセス権	112, 141	偽デッドロック	87	—の種類	119
アクセス制御	107	揮発性記憶装置	122	コネクション型	48, 51
アクセスマトリクス	108	基本マルチキャスト	57	コネクションレス型	53
アクセスリスト	109	機密性	98	コミッション故障	119
暗号化	102	客観的信用可能性	143, 146	コミットメント制御	92
暗号ブロック連鎖	102	競合	74	コンテンツン方式	33
安全性クラス	114	強制アクセス制御	112	<b>【さ】</b>	
安全な通信路	101	強制アクセス制御規則	117	サーバ	12
<b>【い】</b>		強制アクセス制御モデル	117	サービス	28
イーサネット	34	共有メモリ	7	サービスアクセスポイント	
一般ピア	149	距離ベクトル型	44		28
イベント	14	<b>【く】</b>		最小上界	116
因果順序配送	67	空間多重化	122	再送信	11
インタリーブ実行	72	クライアント	12	最大下界	116
<b>【う】</b>		クライアント/サーバモデル	12	サブネットマスク	40
嘘つき故障	120	クラス方式	40	<b>【し】</b>	
<b>【え】</b>		グループ通信	55	時間多重化	122
遠隔手続き呼出し	12	<b>【け】</b>		時刻印順序方式	88
エンティティ	27	計算イベント	14	自信度	148
<b>【お】</b>		計算ピア	149	支配関係	115
応答時間	10	ケーパビリティリスト	109	終結プロトコル	95
オブジェクト	69, 141	決定論的プロセス	15	自由裁量	142
オMISSION故障	119	厳格な時刻印順序方式	89	自由裁量アクセス制御	110
<b>【か】</b>		厳格な二相ロック方式	83	集中型	12
開放グループ	55	厳格な履歴	80	集中システム	6
拡散	140	権限付与	99, 142	周波数分割多重	32
拡張単純電力消費モデル	156	権限付与者	108	主観的信用可能性	143
カプセル化	141	原子的なマルチキャスト	58	受信イベント	14
可用性	98, 120	<b>【こ】</b>		受動的複製化	127, 128
仮チェックポイント	124	合意	131	主複製プロセス	128
完全性	98	合意プロトコル	131	順序グラフ	77
		公開鍵	104	準能動的複製化	127, 130
				紹介	145
				障害	118
				状態	14

状態遷移	14	知人ピア	141		
情報流制御	113	直列可能	77		
署名付きビザンティン合意				<b>【は】</b>	
	137			パーミッション	141
自律的	140	<b>【つ】</b>		配 送	56
真正性	106	通信イベント	14	バックオフ	33
信用可能性	143	通信ピア	149		
信頼性	120			<b>【ひ】</b>	
		<b>【て】</b>		ピ ア	140
<b>【す】</b>		停止故障	119	ヒープ	13
スキュー	19	デジタル証明書	106	非決定論的プロセス	15
スタック	13	デジタル署名	104	ビザンティン合意	120, 133
ストリーム暗号	102	データ部	13	非同期型システム	11
スライディングウィンドウ		データリンク層	30	秘密鍵	104
方式	51	テキスト部	13	秘密鍵暗号	102
スリーウェイハンドシェイク	51	デッドロック	84	評 判	146
		転送時間	9	平 文	102
		転送速度	9		
		<b>【と】</b>		<b>【ふ】</b>	
<b>【せ】</b>		同期型システム	11	フォールトトレラント	119
静的経路制御	43	同 時	16	不確定状態	94
世界標準時間	19	同時実行制御	71	不可能性定理	11
セグメント	48	動的経路制御	43	不揮発性記憶装置	122
線形時間	20	トークン	33	復 号	102
先行関係	15	トークンバス	34	複 製	127
全体状態	17	トークンパッシング方式	33	副複製プロセス	128
全体チェックポイント	124	トークンリング	34	不整合検索	73
		トポロジ	31	復旧可能	79
<b>【そ】</b>		トランザクション	69	物理時計	19
送信イベント	14	トランスポート層	30	フレーム	31, 36
束モデル	115			フロー制御	51
		<b>【な】</b>		ブロードキャスト	56
<b>【た】</b>		雪崩現象	124	ブロードバンド方式	32
ダイジェスト	105			プロセス	13
対等なプロセス	140	<b>【に】</b>		プロセス間通信	7
タイムアウト	10	二相コミットメント	92	プロセス複製	127
多階層モデル	114	二相ロック方式	82	ブロック暗号	102
多重化	121	認証	100	ブロック状態	95
正しい全体状態	19	認証局	106	プロトコル	27
正しい全体チェックポイント				分散システム	3, 7
	124	<b>【ね】</b>		紛失更新	72
単純計算モデル	154	ネットワークインタ			
単純電力消費モデル	156	フェース層	30	<b>【へ】</b>	
		ネットワーク層	30	平均修復時間	120
<b>【ち】</b>				平均障害間隔	120
チェックポイント	122	<b>【の】</b>		閉鎖グループ	55
チェックポイント方式	122	能動的複製化	127	並列システム	7
遅延時間	9			ベースバンド方式	32

ベクタ時間	22
<b>【ほ】</b>	
ポート番号	30, 48
<b>【ま】</b>	
待ちグラフ	84
マルチキャスト	56
マンチェスタ符号	32
<b>【む】</b>	
矛盾	18
<b>【め】</b>	
メッセージ通信	8

<b>【ゆ】</b>	
有限状態機械	14
ユーザデータグラム	54
ユニキャスト	56
<b>【ら】</b>	
楽観的同時実行制御	90
<b>【り】</b>	
流出可能	115
<b>【る】</b>	
ルータ	42
ルーティング	30, 38

<b>【れ】</b>	
連鎖的アボート	79
<b>【ろ】</b>	
ローカル状態	17
ローカル履歴	74
ロール	112
ロールバック	122
ロールベースアクセス制御	112
ログ	122
ロック方式	81
ロックモード	83
論理時間	20
論理時計	20

<b>【A】</b>	
ACK	48, 49
ARP	38, 46
<b>【C】</b>	
CIDR	41
CRC	36
CSMA/CA	38
CSMA/CD	33
<b>【F】</b>	
FCS	36
FDDI	37
<b>【G】</b>	
grant	111
<b>【H】</b>	
happened-before	16
<b>【I】</b>	
ICMP	38, 47
IP	30, 38

IP アドレス	30, 39
IPv4	38
<b>【M】</b>	
MAC アドレス	35
MTBF	120
MTTR	120
MTU	45
<b>【N】</b>	
NIC	35
NTP	9
<b>【O】</b>	
OSI 参照モデル	27
<b>【P】</b>	
PAD	36
PCI	29
PDU	29
PPP	37
PPPoE	37
P2P システム	141
P2P モデル	139

<b>【R】</b>	
revoke	111
RIP	44
RPC	13
<b>【S】</b>	
SAP	28
SDU	29
<b>【T】</b>	
TCP	30, 48
TCP/IP	29
TCP/IP プロトコル スイート	29
TLS	106
<b>【U】</b>	
UDP	30, 53
<b>【W】</b>	
WDM	32



—— 著者略歴 ——

滝沢 誠 (たきざわ まこと)  
1973年 東北大学工学部応用物理学科卒業  
1975年 東北大学大学院工学研究科修士課程修了(応用物理学専攻)  
1975年 財団法人日本情報処理開発協会勤務  
1984年 工学博士(東北大学)  
1986年 東京電機大学教授  
2008年 成蹊大学教授  
2013年 法政大学教授  
現在に至る

榎戸 智也 (えのきど ともや)  
1997年 東京電機大学理工学部経営工学科卒業  
1999年 東京電機大学大学院理工学研究科修士課程修了(システム工学専攻)  
1999年 株式会社 NTT データ勤務  
2003年 博士(工学)(東京電機大学)  
2003年 東京電機大学助手  
2005年 立正大学講師  
2007年 立正大学准教授  
2013年 立正大学教授  
現在に至る

成蹊大学アジア太平洋研究センター叢書

## 分散システム：P2Pモデル

Distributed Systems : Peer to Peer Models

© Seikei University Center for Asian and Pacific Studies 2014

2014年4月21日 初版第1刷発行

検印省略

著者 滝沢 誠  
榎戸 智也  
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

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 978-4-339-02477-7 (新井) (製本：愛千製本所) G

Printed in Japan



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おります。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おりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします