

8

リスク工学シリーズ

暗号と情報セキュリティ

工学博士 岡本 栄司 共著
博士(工学) 西出 隆志

コロナ社

「リスク工学シリーズ」編集委員会

編集委員長 岡本 栄司 (筑波大学)
委 員 内山 洋司 (筑波大学)
(五十音順) 遠藤 靖典 (筑波大学)
鈴木 勉 (筑波大学)
古川 宏 (筑波大学)
村尾 修 (筑波大学)

(所属は 2008 年 2 月現在)

刊行のことは

世界人口は現在 65 億人を超え、わずか 100 年で 4 倍にまで増加し、今も増え続けています。この間の経済成長は、日本を例にとると 44 倍にまで達しています。現代社会は約 80 万年の人類史上から見ると凄まじい成長を遂げており、その成長はグローバル化の進展と技術革新によって加速されています。

膨張し続ける社会の人間活動によって世界の持続可能な発展が懸念されています。地球規模ではエネルギーの大量消費による地球環境問題や資源ナショナリズムが台頭し始めています。一方、国レベルでは都市化の進展によって交通渋滞、地震や洪水被害の拡大、水・環境汚染といった問題が発生しています。また、変化の速さがあまりにも速いために経済や技術の格差が社会にもたらされています。そういったひずみは世界各国にさまざまなリスクを生み出しています。グローバル経済による金融リスク、グローバル化した人や物の移動による BSE や鳥インフルエンザなどの感染症リスク、情報化によるサイバーリスクなど人為的なリスクも広がっています。リスクの不確実性と影響の大きさは増大する傾向にあり、それぞれが複雑に絡み合っています。

世界が持続可能な発展を遂げていくためには、地球規模かつ地域で直面しているさまざまなリスクを解決していくための処方箋を何枚も何枚もつくり、解決に向けて行動していかなければなりません。また、多様なリスクを科学的・工学的な方法により解明できる能力をもった研究者や技術者の養成も求められています。

そういった社会のニーズに応えるために、筑波大学では 2002 年に全国の大学で初めてリスク工学専攻を設置しました。専攻の教育目標として、① リスク工学の解析と評価のための基礎理論と情報処理技術の習得、② 現実のリスク問題

についての豊富な知識の習得，③ リスク問題に対して広い視野と強いリーダーシップをもって問題設定から解決までの一連のプロセスを理解し，具体的な解決手段を考案・開発する能力育成，を掲げています。設立から6年が経ちカリキュラムも次第に充実してきており，これを機会に，本専攻で実施されている教育内容を本学以外の多くの学生や研究者にも役立たせたいと考えました。

本シリーズ発行の目的は，社会のリスク問題を工学の立場から解決していくことに関心のある人々に役立つテキストを世に出すことです。本シリーズは全10巻から構成されています。1巻から4巻まではリスク問題を総論的に捉えており，リスク工学の勉強を登山に例えれば，1巻は「登山の楽しさ」，2巻は「どんな山があるのか」，3巻は「山に登るための道具」，そして4巻は「実際に登るときの道具の使い方」に対応しています。5巻から10巻までは各論として，「トータルリスクマネジメント」，「環境・エネルギーリスク」，「サイバーリスク」，「都市リスク」の四つの専門分野からリスク工学の基礎と応用を幅広く紹介しています。

本シリーズは，大学生や大学院修士課程の学生はもとより，リスクに関心のある研究者や技術者，あるいは一般の人々にも興味をもっていただけるよう工夫した画期的なものです。このシリーズを通じて，読者がリスクに関する知識を深め，安全で安心した社会をどのように築いていけばよいかを考えていただければ幸いです。

2008年2月

リスク工学専攻長 内山 洋司

ま え が き

現代のネット社会において、情報セキュリティはキーテクノロジーの一つであることは間違いない。ネットワークはきわめて重要なインフラであるが、それを有用にするもしないも情報セキュリティ次第である。ネットワークがすべてのものに浸透しつつある現在、もしセキュリティで守られていなかったらどうなるであろうか。すべての機器が丸見えである。機器の数は膨大だからチェックしきれないと思うかもしれないが、現在の検索能力からすればどうということはない。個人情報も丸見えだけでなく、個人がどこでなにをしたかも一目瞭然である。クラウドももちろんセキュリティなしには成立しえない。情報セキュリティ技術があるからこそ、ネット社会が成り立っているのである。

しかし、それで100%守れるわけではないことに注意する必要がある。100%に近づく急激に費用が上昇するため、実現不可能となる。そこで、リスク的な考え方が必要となってくる。リスクでは確率を加味して議論する。本リスク工学シリーズではさまざまな分野におけるリスク工学手法を提供しているが、本書の「暗号と情報セキュリティ」もその重要な応用の一つとなる。例えば暗号技術を例にとってみよう。非常に解読に強い暗号はいくらでも作ることができる。しかし、度がすぎると処理時間がかかるようになり装置も大きくなってしまう。それでも、100%完全とは言えない。鍵長が k ビットなら 2^k 通りのパターンを全数探索すれば解読可能なので、 k を大きくすれば解読成功の可能性は限りなく小さくなるが完全に零ではない。リスク的な考え方が必要となるゆえである。

さて、本書ではリスク工学の一環として情報セキュリティ技術を取り上げる。じつは情報セキュリティといっても対象は広く、全部をカバーするには何冊もの解説書が必要となる。そこでここでは、核となる技術、すなわち「暗号技術とその周辺」を中心に、その基礎と応用を解説していく。

Part I の基礎編では暗号技術の基礎をわかりやすく解説する。Part II の応用編ではまず一般論として情報セキュリティの必要性，すなわち情報に対する脅威を述べ，つぎにその対策を解説する。さらには標準化動向についても触れる。また暗号だけでなく，関連するネットワークセキュリティについてもある程度カバーしていく。

なお，本書の執筆は，Part I を西出が，Part II を岡本が担当した。

本書は情報セキュリティを専門にしている人を対象にしているが，大学や大学院の教科書として使えるように記述してある。皆様のお役に立てれば幸いである。

2016 年 3 月

岡本 栄司

目 次

—— Part I (基礎編) ——

1. 暗号の数学的基礎

1.1	モジュロ演算	1
1.2	最大公約数	4
1.3	拡張ユークリッド互除法	5
1.4	オイラーの発見	7
1.4.1	オイラー関数	7
1.4.2	オイラーの定理	8
1.4.3	フェルマーの小定理	9
1.5	中国剰余定理	10
1.5.1	例による直観的な説明	10
1.5.2	中国剰余定理とその証明	12
1.5.3	中国剰余定理の解の具体的な計算方法	13
1.6	オイラー関数の性質	15
1.7	高速べき乗計算	16

2. 公開鍵暗号の構成と関連技術

2.1	RSA 暗号	20
2.1.1	構成方法	20

2.1.2	復号がなぜ上手くいくのか	21
2.1.3	RSA 暗号はなぜ安全か	22
2.1.4	RSA 暗号は決定性暗号	22
2.2	離散対数問題と暗号方式	23
2.2.1	離散対数問題で用いる数学的構造	23
2.2.2	Diffie-Hellman 鍵共有	25
2.2.3	ElGamal 暗号	26
2.2.4	復号がなぜ上手くいくのか	26
2.2.5	ElGamal 暗号は確率的暗号	27
2.3	Paillier 暗号	27
2.3.1	構成方法	27
2.3.2	復号がなぜ上手くいくのか	28
2.3.3	Paillier 暗号はなぜ安全か	28
2.3.4	Paillier 暗号は確率的暗号	29
2.3.5	準同型暗号	29
2.4	ハイブリッド暗号	30
2.5	電子署名	30
2.6	PKI	32
2.6.1	PKI の原理	33
2.6.2	PKI に基づく https 通信の仕組み	34

3. 暗号の安全性

3.1	確率	36
3.2	識別不可能性の概念	37
3.2.1	識別不可能性に関するさまざまな定義	37
3.2.2	ハイブリッド論法	42

3.3 計算量的困難性仮定	47
3.4 暗号の選択平文攻撃に対する安全性証明	49
3.4.1 IND-CPA ゲーム	50
3.4.2 Paillier 暗号の IND-CPA 安全性	52

4. 素数生成

4.1 群の基礎	55
4.2 ラグランジュの定理	57
4.3 素数判定	58
4.3.1 フェルマーテスト	59
4.3.2 ミラー・ラビン素数判定法	59

5. ゼロ知識対話証明と秘匿計算

5.1 ゼロ知識対話証明	65
5.1.1 公開鍵暗号を用いた一見よさそうな認証方式	66
5.1.2 ゼロ知識証明が満たすべき性質	68
5.1.3 対話型チューリングマシン	68
5.1.4 Schnorr 認証方式	69
5.2 秘密分散	73
5.2.1 多項式補間	75
5.2.2 秘密分散の安全性	77
5.2.3 しきい値法の特別な性質	78
5.2.4 整数上での秘密分散	78
5.3 しきい値復号	81
5.4 秘匿計算	84

5.4.1	秘密分散に基づく秘匿計算	84
5.4.2	準同型暗号に基づく秘匿計算	87
5.4.3	秘密データの表現方法	90
5.4.4	秘匿計算でよく使用される基礎的道具	91
5.4.5	秘密データの等値性判定	92
5.4.6	秘密データの大小比較	93
5.4.7	Yao's garbled circuit	97

—— Part II (応用編) ——

6. 情報に対する脅威事例

6.1	脅威の例	105
6.2	情報犯罪の量刑	129

7. 情報セキュリティ対策技術の応用

7.1	マルウェア対策	132
7.2	その他のサーバ攻撃対策	137
7.3	パスワード	137
7.4	電子商取引セキュリティ対策	139
7.4.1	ネットショッピング	139
7.4.2	ネットオークション	140
7.4.3	ネット投票	141
7.4.4	電子政府	143
7.5	ネットワーキングセキュリティ対策	145
7.5.1	接続経路匿名化技術	145

7.5.2 IP トレースバック	150
------------------------	-----

8. 標 準 化

8.1 情報セキュリティ国際標準	153
8.1.1 ISO	154
8.1.2 IEC	157
8.1.3 IETF	157
8.1.4 そ の 他	158
8.2 アメリカおよび日本の暗号標準	159
8.2.1 NIST	159
8.2.2 CRYPTREC	161
8.3 評価認証制度	161
付 録	163
引用・参考文献	167
索 引	173

— Part I (基礎編) —

1

暗号の数学的基礎

本章では情報セキュリティの基盤技術の一つである暗号について、公開鍵暗号を中心に、その基礎となる数学的知識について述べる。公開鍵暗号技術はネットワーク上での安全性確保に必要な認証や電子署名などの要素技術となっており、暗号を専門としない研究者や技術者にとってもその概念を正しく理解することは重要と考える。

本章では数学的に厳密な記述は必ずしも追求せず、例を含めた直観的な記述も多く用いている。それにより初学者が、公開鍵暗号の数理的側面の理解に必要な最小限の知識を、短期間で得ることを目的としている。

暗号研究は、セキュリティ基盤技術として社会への大きな貢献をなし得るといふ実用的な重要性と同時に、理論的な美しさももち、魅力的でパズルを解くような楽しさをもつ研究分野である（と筆者らは感じている）。本書で基礎知識を得ることで、暗号研究に興味を抱かれた読者には、より高度な暗号技術や、本書で触れなかった内容を含む論文、文献^{†1}などで、さらに暗号研究に触れられることを期待する。

1.1 モジュロ演算

公開鍵暗号の世界で利用するモジュロ演算^{†2}について説明する。これは割り

^{†1} 例えば巻末の文献(7), (13), (23), (24), (27), (29), (32), (35), (36), (41), (42), (44), (47)~(49), (64) などがある。

^{†2} 剰余演算, mod 計算など呼び方は複数ある。

2 1. 暗号の数学的基礎

算と余りからなる計算の世界である。まず記号 $|$ について説明する。

$$n|a$$

と書くとき整数 n が整数 a を割り切ることを意味する。例えば $4|8$ である。

つぎにモジュロ演算でよく使用される \equiv という記号について説明する。整数 a, b, n があるとき

$$a \equiv b \pmod{n}$$

は $n|(a-b)$ が成り立つことを意味する。別の言い方をすると a と b は n で割ったときに余りが同じであるともいえる。例えば以下が成り立つ。

$$17 \equiv 7 \pmod{5}$$

ときに誤解を招かない状況では \equiv の代わりに $=$ が用いられる場合もある。ときに以下のような表記も行う。

$$7 \pmod{5} = 2$$

簡単に確認できることとして、例えば以下のようなことが成り立つ。

$$a \equiv a \pmod{n}$$

$$a \equiv b \pmod{n} \Rightarrow b \equiv a \pmod{n}$$

$$a \equiv b \pmod{n} \wedge b \equiv c \pmod{n} \Rightarrow a \equiv c \pmod{n}$$

\pmod{n} の計算では n が 0 となる世界を考え、 n で割った余りを値として用いるため n 種類の数のみが存在すると想像するとわかりやすい。つまり、 $\{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ の種類の値のみが存在すると考えるとわかりやすい[†]。例え

[†] 暗号研究では場合によっては、(ここでは n が奇数として) $\{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ の代わりに $\left\{-\frac{n-1}{2}, -\frac{n-1}{2} + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, \frac{n-1}{2} - 1, \frac{n-1}{2}\right\}$ を考えることもある。

ば mod 5 の世界を考えたとき、7 は 5 を引いて 2 と考えればよく、-1 は 5 を足して 4 と考えればよい（つまり 7 は 2 と、-1 は 2 と同一視する）。つまり mod 5 の世界では $5 = 0$ と考え、ある値に 5 を足したり引いたりしてもその値の意味は変わらないのだと直観的には理解するとよい^{†1}。

また簡単に確認できるが以下のようなことも成り立つ。

$$(a_1 + a_2) \bmod n \equiv \{a_1 \bmod n + a_2 \bmod n\} \bmod n$$

$$(a_1 - a_2) \bmod n \equiv \{a_1 \bmod n - a_2 \bmod n\} \bmod n$$

$$(a_1 \times a_2) \bmod n \equiv \{a_1 \bmod n \times a_2 \bmod n\} \bmod n$$

つまり余りを計算する処理は、途中の計算結果に行っても、最後に行ってもよいということである（計算結果はどちらで行っても変わらない）。

以下に加算の例を見てみよう（mod 5 の場合）。

$$(7 + 8) \bmod 5 \equiv 15 \bmod 5 \equiv 0 \bmod 5$$

これは最後に余りを計算した例である。つぎに

$$(7+8) \bmod 5 \equiv (7 \bmod 5 + 8 \bmod 5) \equiv (2+3) \bmod 5 \equiv 5 \bmod 5 \equiv 0 \bmod 5$$

これは $7 + 8$ を計算する前に 7 と 8 に対して余りを先に計算している例である^{†2}。また別の例として

$$3^3 \equiv 27 \equiv 2 \bmod 5$$

であり

$$3^3 \equiv 9 \times 3 \equiv 4 \times 3 \equiv 12 \equiv 2 \bmod 5$$

となる（ $9 \equiv 4 \bmod 5$ 、 $10 \equiv 0 \bmod 5$ であることを使った）。

^{†1} そのような計算が成り立つ数学的構造を公開鍵暗号では扱う。

^{†2} 厳密に証明しなくても、このような例から直観的には成り立つことが理解できよう。

1.2 最大公約数

ここではモジュロ演算に関連する知識として最大公約数 (gcd, greatest common divisor) について復習する。

ここでは記号 gcd を以下のように使う。例えば $\text{gcd}(15, 21) = 3$ である。これは $15 = 3 \times 5$, $21 = 3 \times 7$ より明らかである。つまり最大公約数は、この例の場合 15 と 21 の両方を割り切る最大の整数である。

また例えば $\text{gcd}(8, 15) = 1$ である。このように gcd が 1 の場合、8 と 15 は「たがいに素」であるという。

gcd の定義より $\text{gcd}(a, b) = \text{gcd}(b, a)$ は明らかである。

じつは、最大公約数はこのような素因数分解を行わなくても求めることができる。その方法はユークリッド互除法と呼ばれている。ユークリッド互除法は以下の性質を用いている。

$$\text{gcd}(a, b) = \text{gcd}(b, a \bmod b)$$

これは以下のように証明できる。

証明 a を b で割った商を q , 余りを r としたとき $a = qb + r$ となる。よって $a \bmod b = r$ である。よってここで示したいことは $\text{gcd}(a, b) = \text{gcd}(b, r)$ である。

いま $d_1 = \text{gcd}(a, b)$ としよう。 $r = a - qb$ であるから r は d_1 の倍数であり、 $d_1 | r$ である。また $d_1 | b$ でもある。よって $d_1 \leq \text{gcd}(b, r)$, つまり

$$\text{gcd}(a, b) \leq \text{gcd}(b, r) \tag{1.1}$$

である。つぎに $d_2 = \text{gcd}(b, r)$ としよう。 $a = qb + r$ であるから a は d_2 の倍数であり、 $d_2 | a$ である。また $d_2 | b$ である。よって $d_2 \leq \text{gcd}(a, b)$, つまり

$$\text{gcd}(b, r) \leq \text{gcd}(a, b) \tag{1.2}$$

である。式 (1.1) と (1.2) より $\text{gcd}(a, b) = \text{gcd}(b, r)$ がいえる。 \square

この性質を使うと、例えば $\text{gcd}(63, 27)$ は以下のようなアルゴリズムで計算できる (素因数分解を必要としないことに注意されたい)。

$$\begin{aligned}\gcd(63, 27) &= \gcd(27, 63 \bmod 27) = \gcd(27, 9) = \gcd(9, 27 \bmod 9) \\ &= \gcd(9, 0) = 9\end{aligned}$$

1.3 拡張ユークリッド互除法

モジュロ計算の世界での乗算に関する逆数を考える^{†1}。通常整数の世界では $8 \times x = 1$ となるような整数 x は存在しない。では $\bmod 11$ の世界ではどうだろうか。つまり、 $8 \times x \equiv 1 \pmod{11}$ となる整数 x は存在するだろうか。

例えば $8 \times 7 \equiv 1 \pmod{11}$ であることが確認できる。

一般的に $a \times a' \equiv 1 \pmod{n}$ であるとき a' は a の逆数 (あるいは逆元) といひ、 a^{-1} という記号で表す。つまり

$$a \times a^{-1} \equiv 1 \pmod{n}$$

である^{†2}。

公開鍵暗号の計算において a と n が与えられたときに、 a^{-1} を計算しなければならないことがしばしばある。 a と a^{-1} は整数上においては定義より

$$a \cdot a^{-1} + k \cdot n = 1 \tag{1.3}$$

を満たしている。ここで k もある整数である。つまり a と n から a^{-1} を計算することは、式 (1.3) を満たすような整数 a^{-1} と k を計算することと同じである。

ここでまず a が a^{-1} をもつ条件を考えてみよう。式 (1.3) より $\gcd(a, n) = 1$ であることが必要であることがわかる。なぜなら $\gcd(a, n) \neq 1$ であれば式 (1.3) の右辺は $\gcd(a, n)$ の倍数となり、1 とはなりえないからである。また $\gcd(a, n) = 1$ であれば、後述する拡張ユークリッド互除法により式 (1.3) を満たす整数 a^{-1}, k を求めることができ、 a は $\bmod n$ で逆数 a^{-1} をもつ。

^{†1} a の加算に関する逆数 x は、 $a + x \equiv 0 \pmod{n}$ となる x で簡単に $-a$ と計算できる。例として、 $3 + x \equiv 0 \pmod{5}$ なる 3 の逆数 x は $-3 (\equiv 2 \pmod{5})$ である。

^{†2} 乗算は $a \cdot a^{-1} \equiv 1 \pmod{n}$ のように書くこともある。

索引

【あ】		【き】		【さ】	
暗号の安全性証明	49	擬素数	59	最小公倍数	22, 28
【い】		逆元	5	最大公約数	4
位数	24, 55	逆数	5	算術回路方式	90
一方向性関数	22	共通鍵暗号	19	【し】	
一様チューリングマシン	44	強秘匿性	49	シェア	75
【う】		【く】		識別不可能性	37
ウイルス検査	133	クレジットカード	107	巡回（部分）群	56
【え】		クロスサイトスクリプ ティング	113	準同型暗号	29, 87
エルガマル暗号	23	群	55	証拠保全ガイドライン	159
【お】		【け】		情報漏洩	127
オイラー関数	8	計算量的識別不可能性	40	証明者	66
オイラーの定理	7, 8	結合律	55	証明書発行機関	33
【か】		決定性チューリングマシン	68	署名鍵	30
拡張ユークリッド互除法	6	ゲームベース定義	49	【す】	
確率的暗号	27	検証鍵	30	スパイウェア	119
確率的素数判定法	59	検証者	66	スパムメール	125
確率的多項式時間アルゴ リズム	39, 72	健全性	68	【せ】	
確率的多項式時間チュー リングマシン	39	【こ】		生成元	24, 56
確率的パケットマーキン グ手法	150	公開鍵	19, 81	セキュリティバッチ	133
確率分布	36	公開鍵暗号	19	ゼロ知識証明	66
確率変数	36	公開鍵基盤	32	ゼロ知識性	68, 72
確率変数族	36	公開鍵証明書	34	選択平文攻撃	49
完全識別不可能性	40, 73	合成数剰余判定仮定	48	【そ】	
完全性	68	高速べき乗計算	16	素数	15
		コミットメント	67, 73	素数定理	58
		コンピュータウイルス	117	【た】	
				対話型チューリングマシン	68

多項式補間	75	バッファオーバーフロー			
		攻撃	116		【む】
【ち】		鳩の巣原理	13	無視できる関数	37
チェーンメール	126				【め】
チャレンジ	70	【ひ】			
中国剰余定理	10	非一様チューリングマシン		迷惑メール	125
著作権法違反	127				【も】
		ビット表現乱数生成	44		
【つ】		秘匿計算	84, 88	モジユロ計算	5
通信履歴	68	秘密鍵	19, 81		【ゆ】
		秘密分散	74	ユークリッド互除法	4
【て】		評価認証制度	161		
適応的選択暗号文攻撃		【ふ】			【ら】
(CCA2)	49	ファージング	115	ラグランジュ係数	76
電子署名	30	フィッシング	109	ラグランジュの定理	57
電子政府	143	フェルマーの小定理	9	ラグランジュ補間	75
		不正アクセス	117	乱数生成	91
【と】		ブル回路方式	90	ランダムビット生成	91
統計的距離	37	分散情報	75		【り】
統計的識別不可能性	40			離散対数問題	24
		【へ】		リプライ	70
【な】		変形 ElGamal 暗号	87	リワインド	71
なりすまし	71				【れ】
		【ほ】		レスポンス	70
【ね】		ボット	120		【わ】
ネットオークション	140			ワクチン	132
ネットカフェ	105	【ま】		ワンクリック詐欺	107
ネット脅迫	109	マイナンバー	144		
ネットショッピング	107, 139	巻き戻す	71		
ネット投票	141	マルウェア	104, 132		
		【み】			
【は】		ミラー・ラビン素数判定法			
ハイブリッド論法	42				
パスワード	137				

【A】

AES	19, 160
Arithmetic circuit	90

【B】

Bitwise-less-than	91
Boolean circuit	90
BYOD	159

【C】

CC	161
CGI	113
closure property	38
CMVP	162

CPA	49	ISO	153, 154	P2P	119, 127
CRYPTREC	161, 163	ISP	106	【R】	
CVSS	116	ITU-T	153	ROM	104
C & C	120	【J】		【S】	
【D】		JCMVP	162	secure comparison	93
DDoS 攻撃	123	JISEC	162	secure equality test	92
DES	160	【K】		SEO	105
Diffie-Hellmann 公開鍵 配送方式	147	karp	158	SET	140
DNS キャッシュポイズ ニング	115	【L】		SHA	160
DoS 攻撃	123	LSB	95	sidr	158
drive-by download	105	【M】		special honest-verifier zero-knowledgeness	73
DSS	160	Mebroot	121	SQL インジェクション	114
【E】		Mix-net	143	SSL	34, 110, 139
ECDSA	160	【N】		【T】	
Exponny	127	n 次剰余	48	TCG	158
【G】		negligible function	37	TDES	160
garbled circuit (GC)	97	NISC	159	Telecom-ISAC Japan	125
Geimini	123	NIST	159	TLS	34
【H】		non-negligible function	39	(t, n) しきい値法	74
hidden service	148	noticeable function	39	Tor	145
httpauth	158	【O】		Torpig	121
【I】		OAuth	158	TPM	158
ID/パスワード窃盗	111	oblivious transfer (OT)	97	TTL	116
identification フィールド	151	Onion routing	145	【W】	
IEC	153, 157	【P】		WAF	137
IEEE	153	Paillier 公開鍵暗号	27	Web PKI OPS	158
IETF	153, 157	PIA	157	Winny	127
IND-CPA	49	PKI	32	~~~~~	
IP トレースバック	150	PP	162	【数字】	
ISMS	154	precise	158	1 進数表記	48
		PushDo	121		

—— 著者略歴 ——

岡本 栄司 (おかもと えいじ)

西出 隆志 (にしで たかし)

1973 年 東京工業大学工学部電子工学科卒業
1978 年 東京工業大学大学院理工学研究科
博士課程修了 (電子工学専攻)
工学博士 (東京工業大学)
1978 年 日本電気株式会社勤務
1992 年 北陸先端科学技術大学院大学教授
1999 年 東邦大学教授
2002 年 筑波大学教授
2016 年 筑波大学名誉教授

1997 年 東京大学理学部情報科学科卒業
1997 年 日立ソフトウェアエンジニアリング
株式会社 (現株式会社日立ソリューションズ) 勤務
2003 年 南カリフォルニア大学修士課程修了
2008 年 電気通信大学大学院電気通信学研究
科 (社会人博士課程) 単位取得退学
博士 (工学) (電気通信大学)
2009 年 九州大学助教
2013 年 筑波大学准教授
現在に至る

暗号と情報セキュリティ

Cryptography and Information Security

© Eiji Okamoto, Takashi Nishide 2016

2016 年 5 月 2 日 初版第 1 刷発行



検印省略

著 者 岡 本 栄 司
西 出 隆 志
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 978-4-339-07928-9 (高橋) (製本: 愛千製本所)

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