
**帝塚山学院大学**  
TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

情報セキュリティ論(3)  
**暗号(2):公開鍵暗号**

中野秀男  
帝塚山学院大学非常勤講師  
 大阪市立大学名誉教授、堺市情報セキュリティアドバイザー

1
情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22

---

---

---

---

---

---


---

---


1

今日の話

- ▶ 暗号の復習(3回目の暗号の基礎などをもう一度視聴)
- ▶ 公開鍵暗号
- ▶ 電子署名の仕組み
- ▶ RSA暗号



▶ 2


**帝塚山学院大学**  
TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

---

---

---

---

---

---

---


---

2

暗号の種類

- ▶ 慣用(共通鍵)暗号
  - ▶ 暗号化鍵も復号化鍵も秘密(秘密鍵)
  - ▶ 1980年前までは、暗号はこれだけ
- ▶ 公開鍵暗号
  - ▶ 暗号化または復号化鍵を公開する暗号
    - ▶ もう1つの鍵は秘密
  - ▶ 暗号化鍵を公開: 秘匿
  - ▶ 復号化鍵を公開: 電子署名
  - ▶ ちよつと過去を
    - ▶ 1970年代に計算量の研究が盛んに
    - ▶ 解ける問題と解けない問題
    - ▶ P≠NP
    - ▶ この研究の流れからRSA暗号ができた

▶ 3


**帝塚山学院大学**  
TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

---

---

---

---

---

---

---

---

3

公開鍵暗号

- ▶ 暗号解読の難易度を数学的に示す
- ▶ 1方向性関数(逆計算が難しい)を利用
- ▶ RSA暗号(Rivest,Shamir,Adleman)
  - ▶ 合成数の素因数分解の難しさが暗号の強度
- ▶ 処理速度は一般的に慣用暗号より遅い
- ▶ 秘匿化だけでなく署名(認証)にも使える
- ▶ 電子署名だけならハッシュ(Hash)も使える
  - ▶ ハッシュは暗号と違って元に戻らない
  - ▶ 戻らない利点を使って匿名化技術に

4 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

4

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

公開鍵暗号のインパクト

- ▶ 暗号が秘匿化だけでなく認証に使える
- ▶ デジタルなものに電子署名
- ▶ インターネット上でビジネス
- ▶ 慣用暗号と組み合わせると実用的
  - ▶ 鍵の交換は公開鍵
  - ▶ データ伝送時は慣用暗号
- ▶ 数学的な難しさに依存する安心感



5 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

5

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

公開鍵暗号・デジタル署名の基礎

- ▶ 数学的な難しさ
  - ▶ 素因数分解:合成数を素数分解する難しさ
    - ▶ 素数の判定はランダムアルゴリズムで解ける
- ▶ 1方向性関数
  - ▶  $y=f(x)$  で、 $x$ を与えたとき $y$ は簡単に見つかるが、 $y$ が与えられたとき $x$ を見つけるのは難
  - ▶  $f(\cdot)$ が暗号化で、 $f^{-1}(\cdot)$ が復号化



6 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

6

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

公開鍵暗号の原理(1)暗号通信

- ▶ 初期化
  - ▶ A(Alice)は公開鍵と秘密鍵のペアを生成して、公開鍵は公開鍵簿に登録
- ▶ 暗号化
  - ▶ B(Bob)は公開鍵簿からAの公開鍵を入手し、その鍵で暗号化してAに送る
- ▶ 復号化
  - ▶ Aは自分だけの秘密鍵で復号化する
  - ▶ これができるのはAだけ



7 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

---

---

---

---

---

---


---

---

7

公開鍵暗号の原理(2)電子署名

- ▶ 初期化
  - ▶ A(Alice)は公開鍵と秘密鍵のペアを生成して、公開鍵は公開鍵簿に登録
- ▶ 署名して送る
  - ▶ Aは自分の秘密鍵で暗号化してB(Bob)に送る
- ▶ 復号化
  - ▶ Bは公開鍵簿からAの公開鍵を見つけ、Aから送られてきたものをAの公開鍵で復号化する
  - ▶ このような伝送文を送れるのはAだけ



8 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

---

---

---

---

---

---


---

---


8

RSA暗号

- ▶ 1977年MITのRivest,Shamir,Adleman



- ▶ 鍵生成
  - ▶ 2つの素数 $p, q$ :  $n = p \times q$ ;  $\lambda(n) = \text{LCM}(p-1, q-1)$
  - ▶  $Z_{\lambda(n)}$ のある $e$ に対して、 $d = 1/e \pmod{\lambda(n)}$ 
    - ▶ ただし、 $\text{GCD}(e, \lambda(n)) = 1$
  - ▶ 秘密鍵 ( $d$ または $p, q$ ) : 公開鍵 ( $e, n$ )
- ▶ 暗号化:  $c = m^e \pmod{n}$
- ▶ 復号化:  $m = c^d \pmod{n}$
- ▶  $n$  は200桁程度の数が使われている



9 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

---

---

---

---

---

---


---

---

9

RSA暗号(例題)

- ▶ 数学的準備
  - ▶  $Z_3 = \{0,1,2\}$  3進数
- ▶ 鍵生成
  - ▶  $p=7, q=11: n=p \times q=77: \lambda(n)=\text{LCM}(6,10)=30$
  - ▶  $Z_{\lambda(n)}=\{0,1,\dots,29\}$ のある $e=7$ に対して、
    - ▶  $d=1/e \bmod \lambda(n)=13, \lambda(n)=30, 7 \times 13 = 91 = 1 \bmod 30$
    - ▶ ただし、 $\text{GCD}(e, \lambda(n))=\text{GCD}(7, 30)=1$
  - ▶ 秘密鍵( $d$ または $p, q$ ) (13または7, 11)
  - ▶ 公開鍵( $e, n$ ) (7,77)
- ▶  $M=\{0,1,2,\dots,76\}$
- ▶ 暗号化:  $c=m^7 \bmod 77$
- ▶ 復号化:  $m=c^{13} \bmod 77$



10 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

その他の公開鍵暗号

- ▶ ナップザック暗号
  - ▶ 破られた公開鍵暗号: 1983年
  - ▶  $1+2+4+8+16+32+64+128=255$
  - ▶  $(01010101) = ?$
- ▶ 楕円暗号: 楕円関数を利用




11 情報セキュリティ論 暗号(2) 2020/5/22 帝塚山学院大学 TEZUKAYAMA GAKUIN UNIVERSITY

11

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---