

Mental Jinro を支える暗号技術

Tsukuba.pm #3

吉村 優

https://twitter.com/_yyu_

<http://qiita.com/yyu>

<https://github.com/y-yu>

May 14, 2016

自己紹介



- 筑波大学 情報科学類 学士 (COINS11)
- WORD 編集部 OB
- プログラム論理研究室 OB
- 現在は Scala を書く仕事に従事

Mental Jinro とは？

“ *Mental Jinro* は人狼からゲームマスターを排除したゲームである ”

ゲームマスターとは何か？

そもそも人狼とは何か？

人狼とは？

人狼*

“

- プレイヤーはそれぞれが**村人**と村人に化けた**人狼**となり、自分自身の正体がばれないように他のプレイヤーと交渉して正体を探る
- ゲームは半日単位で進行し、昼には全プレイヤーの投票により決まった人狼容疑者の**処刑**が、夜には人狼による村人の**襲撃**が行われる
 - ▶ 全ての人狼を処刑することができれば村人チームの勝ち
 - ▶ 人狼と同じ数まで村人を減らすことができれば人狼チームの勝ち

”

Wikipedia — 汝は人狼なりや？

*人狼には様々なルールがあるが、このスライドではこのルールを用いる

人狼の役職

人狼に必要な役職

参加者を次の役職に分ける必要がある

- 村人
- 人狼
- **ゲームマスター**

ゲームマスターとは何か？

ゲームマスターと公平性

ゲームマスターの役割

- 人狼と村人のチーム分けをする
- 人狼に襲撃された村人を村人チームに宣告する
- 人狼と村人の数を管理し、どちらかのチームが勝利した時それを宣言する

ゲームマスターとは審判

ゲームマスターが不公平だったら？

大問題！

ゲームマスターを消そう！



ゲームマスターが消えると……

- チーム分けはどうする？
- 襲撃された村人の情報をどう伝える？
- 勝敗は誰が判断する？

Mental Jinroを支える暗号技術 コミットメント

コイントスゲーム

アリスとボブの二人がいるとする

- ① アリスがコインの“表”または“裏”を紙に書き、紙を**封筒**に入れる
- ② ボブはコインを投げる
- ③ 封筒から紙を取り出し、
 - ▶ アリスの予想とコインの結果が同じなら、アリスの勝利
 - ▶ アリスの予想とコインの結果が違えば、ボブの勝利
- ④ このゲームは**電話上**で行う

アリスが予想を**反故**にする？

封筒をどうやって実現する？

コイントスゲーム

プロトコル

- 1 ボブは $p = 2q + 1$ となる大きな素数 p, q をランダムに生成して、 $\mathbb{Z}_p^{*\dagger}$ の位数 q の部分群 G から**生成元** $\ddagger g, v$ をランダムに選択して p, q, g, v をアリスへ送信する
- 2 アリスは p, q, g, v を検証し、表と予想するなら $m := 1$ を選択し、裏と予想するなら $m := q - 1$ を選択し、乱数 $r \in \{1, \dots, q - 1\}$ を用いて $c := g^r v^m \pmod p$ 計算し c をボブへ送信する
- 3 ボブはコイントスをして、結果をアリスへ送信する
- 4 アリスは r, m を公開する
- 5 ボブは $c \equiv g^r v^m \pmod p$ を検証する

[†]整数 $x \pmod p$ かつ $xy \equiv 1 \pmod p$ となる逆元 y が存在する x の集合である

[‡]後述する

コイントスゲームの検証

アリスが予想を反故にする？

アリスは m をコミットした後で、 m' ($m' \neq m$) と偽れる

↓ ならば

アリスは $g^r v^m = g^{r'} v^{m'}$ となる r' を計算できる

↓ ならば

アリスは g を何乗したら v となるかという**離散対数**が求められる

$$g^r v^m \equiv g^{r'} v^{m'} \pmod{p}$$

$$v^{m-m'} \equiv g^{r'-r} \pmod{p}$$

$$\log_g (v^{m-m'}) \equiv r' - r \pmod{q}$$

$$\log_g v \equiv (r' - r) / (m - m') \pmod{q}$$

離散対数問題

離散対数問題

“ 次の条件を満す $g, p, y (y = g^x \pmod p)$ が与えられたとき、
 x を求める問題のことである ”

クラウドを支えるこれからの暗号技術 [2]

g, p が次を満すとき、離散対数問題を解くことは困難

- p は巨大な素数
- $p - 1$ の約数の中に、巨大な素数 q が含まれている
- g は全ての $i = 1, \dots, q - 1$ について、 $g^i \not\equiv 1 \pmod p$ となる \S

\S このような g のことを**生成元**と言い、生成元は全ての $i = 1, \dots, q - 1$ と $j = 1, \dots, q - 1$ について、 $i \neq j$ ならば $g^i \not\equiv g^j \pmod p$ となる

コイントスゲーム

プロトコル

- 1 ボブは $p = 2q + 1$ となる大きな素数 p, q をランダムに生成して、 $\mathbb{Z}_p^{*\dagger}$ の位数 q の部分群 G から**生成元** $\ddagger g, v$ をランダムに選択して p, q, g, v をアリスへ送信する
- 2 アリスは p, q, g, v を検証し、表と予想するなら $m := 1$ を選択し、裏と予想するなら $m := q - 1$ を選択し、乱数 $r \in \{1, \dots, q - 1\}$ を用いて $c := g^r v^m \pmod p$ 計算し c をボブへ送信する
- 3 ボブはコイントスをして、結果をアリスへ送信する
- 4 アリスは r, m を公開する
- 5 ボブは $c \equiv g^r v^m \pmod p$ を検証する

[†]整数 $x \pmod p$ かつ $xy \equiv 1 \pmod p$ となる逆元 y が存在する x の集合である

[‡]後述する

コイントスゲームの検証

アリスが予想を反故にする？

アリスは m をコミットした後で、 m' ($m' \neq m$) と偽れる

↓ ならば

アリスは $g^r v^m = g^{r'} v^{m'}$ となる r' を計算できる

↓ ならば

アリスは g を何乗したら v となるかという**離散対数**が求められる

$$g^r v^m \equiv g^{r'} v^{m'} \pmod{p}$$

$$v^{m-m'} \equiv g^{r'-r} \pmod{p}$$

$$\log_g (v^{m-m'}) \equiv r' - r \pmod{q}$$

$$\log_g v \equiv (r' - r) / (m - m') \pmod{q}$$

コイントスゲームの検証

アリスは m をコミットした後で、 m' ($m' \neq m$) と偽れる

↓ ならば

アリスは g を何乗したら v となるかという **離散対数** が求められる

離散対数問題を解くことは困難であるということに矛盾する

アリスは m をコミットした後で m' と偽ることは困難である

コイントスゲームの検証

封筒をどうやって実現する？

ボブは $g^r v^m$ から m を特定できる

↓ しかし

g, v は**生成元**である

⇓ 従って

$g^r \bmod p$ は $1, \dots, p-1$ の全ての値を取る

⇓ つまり

全ての m' には $g^r v^m = g^{r'} v^{m'}$ となる r' が存在する

⇓ つまり

ボブは正しい m を**区別**することができない

まとめ

- Mental Jinro はゲームマスターを排除した人狼である
- コミットメントを利用することで、コミットした情報を反故にしたり、コミットメントからコミットした情報を特定されることを防げる
- Mental Jinro はこのコミットメントによって成り立っている
- Mental Jinro の詳細は [Qiita](#) の記事を参照のこと

目次

1 自己紹介

2 Mental Jinro とは？

- 人狼とは？
- 人狼の役職
- ゲームマスターと公平性
- Mental Jinro

3 コミットメント

- コイントスゲーム
- コイントスゲームの検証
- 離散対数問題

4 まとめ

参考文献

-  H. デルフス, H. クネーブル.
暗号と確率的アルゴリズム入門 — 数学理論と応用.
シュプリンガーフェアラーク東京, 12 2003.
-  光成滋生.
クラウドを支えるこれからの暗号技術.
秀和システム, 6 2015.

このスライドは **Lua^AT_EX** と **Beamer** により作成され、**Travis CI** による自動コンパイルが行われている

ソースコード

<https://github.com/y-yu/mental-jinro-slide>

PDF (アニメーションあり)

https://y-yu.github.io/mental-jinro-slide/mental_jinro.pdf

PDF (アニメーションなし)

https://y-yu.github.io/mental-jinro-slide/mental_jinro_without_animation.pdf

Thank you for listening!
Any question?