

2017 年度
特別講演会

ハッカー道

～元祖？ハッカーが示す生き方とこれから～

講演者：竹内郁雄
東京大学名誉教授

パネルディスカッション：
年吉聡太
WIRED JAPAN 副編集長

講演日 2017/12/20

モデレーター：玉城絵美
アーカイブ担当 本山理梨子
宮西祐香子

2017 年度特別講演会では、「ハッカー道～元祖？ハッカーが示す生き方とこれから～」をテーマに、竹内郁雄先生からお話を頂きました。さらに、共催である WIRED JAPAN 副編集長の年吉聡太様とのパネルディスカッションとリーディング生との交流会を行いました。



竹内郁雄(たけうち いくお)先生ご略歴

1946 年、富山県生まれ。東京大学名誉教授、IPA「未踏」統括プロジェクトマネージャ (PM)。日本における Lisp の草分け的な存在であり現役のハッカーでもある。東京大学大学院理学系研究科数学専攻修士課程を修了後、日本電信電話公社（現・NTT）電気通信研究所に入所。著名な「竹内関数」の考案、マルチパラダイム言語「TAO」の開発などの業績を残す。1997 年より電気通信大学教授。2005 年より東京大学大学院教授、早稲田大学大学院教授を歴任。

■ 第 1 部 講演

■ イン트로ダクション

モデレーター：本日は皆様お越しいただき、ありがとうございます。大勢の皆さんに来ていただき。席も満席となっております。本日講演をいただく竹内郁雄先生のご紹介をさせていただきます。竹内郁雄先生は、1946 年富山県生まれで、東京大学の名誉教授、IPA の未踏統括プロジェクトマネージャを務められています。日本における Lisp の草分け的な存在であり、現役のハッカーでもあります。東京大学院修士課程を修了後、NTT 研究所に入り、竹内関数の考案、マルチパラダイム言語 TAO 等の開発の業績を残しております。1997 年より電気通信大学教授、2005 年より東京大学院教授かつ早稲田大学大学院教授を兼任されております。本日はハッカー論と題しまして、ご講演いただきます。

竹内：ご紹介ありがとうございます。たくさんの方がいらっしゃって驚いています。スライドが結構多いので、早口で喋るかもしれません。私は早稲田にもお世話になっていて、その時はエジプトに行っていました。数学科を卒業した後、研究所に入所し、電通大を経て、いまは IPA の未踏人材育成のプロダクトマネージャをしています。その他の仕事に作問があります。作問というのは学生さんのためのプログラムの問題作成のことです。私はプログラムを解くよりも問題を作る方が好きなのです。

■ ハッカーの遺言状

サイボウズ株式会社のメディアにて、「ハッカーの遺言状」という連載をずっと書いておりました。49回も連載したんですけれども、ちょうど四十九日と同じで、いい区切りだろうということで、そこで最終回にしました。連載の副題は「竹内郁雄の徒然苔」です。この副題は新しいアイデアだったと思ったのですが、二番煎じでした。

第1回は、NTT 研究所退職直前の私の生前葬の話題でした。タイトルは「ハッカーは二度死ぬ？」です。第1回は、生前葬に加えて、プログラマ 35 歳定年説に関する抵抗についても書きました。写真の中で受付に立っているのは畏友尾内理紀夫先生で、現在私の後任としてエジプトに行ってらっしゃる方です。研究所の中の部屋で、紅白の垂れ幕を下げて生前葬を行ったわけです。顔が土色で死んでいそうな竹内が写真に写っております。これは死にそうというわけではなくて、ずっとサッカーをやっていたので黒いだけなんです。こんな感じで皆さんに拝んでいただきました。私もビールを飲みながら参加していました。

もっと若い時、広報ビデオを撮りたいと、神主の衣装を着せられて祈祷をあげたりしました。その時の神社の物品が研究所の中に私が辞めても残っていて、整理のとき、捨てたらバチが当たりそうだと、私が電通大から東大に移る時に遷宮されてきました。これが教授室に置いてあったので、お客様が一瞬ぎょっとなさるわけです。お亡くなりになったんですかと。はい、何回も死んでおります。というわけで、要するに、研究所とか大学に勤めていると言いながら、本当は仕事していなかったのではないかという疑いを持たれるかと思いますが、実際のところそうです。より正確には楽しんでいました。ハックは楽しいということで、今日のお話につながるのです。



■ いろはかるたのハック例 1

プログラムをハックするのは難しい。これに関しては、ハッカーの遺言状の最後 2 回の話題にしたんですけども、「精密に書かれた正しいプログラムをハックするのは非常に難しいけれども、日本語みたいがいい加減な自然言語ですと、解釈に多様性があるので、ハックするのは易しい」のです。バグがなく精密に正しく書かれたプログラムのハックは難しいんですけども、ほとんどのプログラムはだいたい不完全で冗長なので、ハックしやすいというオチがあります。というわけで、もう知っている方もいらっしゃるかもしれませんが、この講演の間奏曲のような形で、いろはかるたや諺のハック例を紹介します。

「馬にも衣装」．「馬子にも衣装」が正しい古典的な諺、あるいはいろはかるたなのですが、これを現代的な観点で改訂したものです。馬子というのは差別用語なので、馬にしたのです。実際、菊花賞とか天皇賞に勝った馬ってすごく綺麗に着飾りますよね。

「弘法も木から落ちる」「猿も筆の誤り」．これは、2 つの諺を遺伝子交配すると、クロスオーバーによりこうなるということですね。どちらも意味が深そうな気がします。歳をとってから木に登ってはいけないということですね。

「仏の顔にも三度笠」．これは、雪が降ったときの恩返しのいい話ですよ。

「何買っても銭失い」．これは「安物買いの銭失い」の亜流のようですが、高いものを買っても銭を失うんだから論理的にはこれが正しい。つまり論理的に正しい諺に修正したということです。

「縁の下の力餅」．縁の下の力餅は必ず腐っているから食べてはいけない、ということです。手を出してはいけません、無視すべきは縁の下の力餅なのです。

「鬼にカネボウ」．女性がいっぱいいらっしゃるから、言いにくいんですけども、「鬼にカネボウ化粧品」の短縮形です。というわけで、あまり見たくないものの比喻ですね。

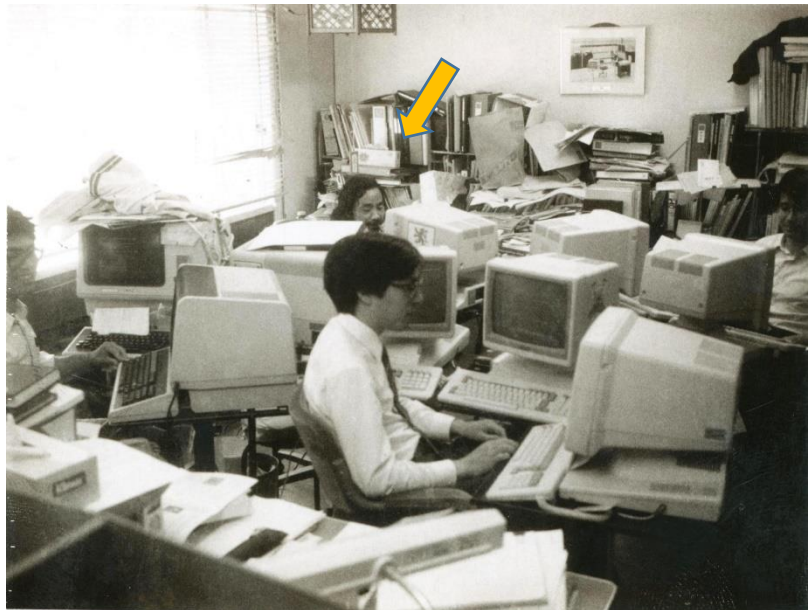
「目上はたんこぶ」．目上というのはうるさいもので、触ると痛い、無視するとさらに腫れてくるというものです。

「地獄のサンタも金次第」．地獄に行っても、サンタクロースはお土産を持って来るらしいんですが、金を払わないと来ない。これを証明するのは難しい。地獄に行ってからレポートしないといけないからです。地獄に行くのは簡単なんですけれどもレポートするのが難しい。

■ NTT 研究所時代

話を元に戻しまして、ハックの昔話です、私が NTT 研究所に入所した当初、奥乃博先生と一緒に Lisp という言語の方言を開発しておりました。

LIPQ, LIPX, TAO という順でした。LIPQ (リップク) は、ふざけた名前だと思うんですけども、ふざけていることによって少し世間受けしました。これは当時の研究室の写真ですが、私がいるのは矢印のところです、端末の海の中に埋もれて仕事をして



いました。いかにもハッキングの雰囲気が漂っていますね。左端に写っているのが奥乃先生です。

2人で色々な開発をしたのですが、その中の1つに2人用 StarTrek というものがありました。Lisp で割り込み処理ができるようにして、リアルタイムの対戦型ゲームを作ったのです。ただし、当時はディスプレイというものがなくて、紙にバタバタ打っていました。2台のプリンタで対戦型ゲームをやると紙をたくさん使うんです。研究所に見学に来られた方に、2人用 StarTrek を見せる時、説明のために動かし始めると、奥乃先生と私は説明そっちのけで試合をしてしまっていました。それを見たほうが分かりやすかったかもしれませんが。

```
@ 1 SE 5      1号機 Romilas センサ
UNOCCUPIED QUADRANT 3 4
=====
          *
          *
          *
* @ * * * F
          *
          *
=====
/ 2 YELLOW      2号機 Romilas に 爆撃
@ TO 3          魚雷発射 (1号機 方向)
/ 1 HIT ROMILAS
/ 2 COLLISION   2号機 衝突防止ミサイル
@ PH 5 1000     Phaser 発射
/ 1 DESTROY: ROMILAS
@ 2 SE 5        2号機 channel 変更
UNOCCUPIED QUADRANT 3 1
```

しまうゲームでした。

これは2人用 StarTrek の拡大画面です。このような8×8の小宇宙があって、これらがまた8×8くらいの大きな宇宙になっています。1つの小宇宙の中では周りが見えます。宇宙全体には味方の宇宙船、敵の宇宙船、敵味方共通の邪魔者などが色々あって、味方の宇宙船を何台もコントロールします。味方の宇宙船をコマンドでコントロールすると非同期にレポートが印刷されます。違う小宇宙で味方の3号機が魚雷で撃たれたとか、邪魔者から金属腐食光線が出てきたとか、そのレポートが紙の上にバタバタ打たれるのを見ながら、コントロールを1号機から3号機に変更をするなど、とにかくタイピングを速くしないとダメだったんです。本当に熱中して

こういうことをやって遊んでいたんですけれども、もう少しちゃんとした Lisp を作ろうということで、4 人の仲間と ELIS という Lisp マシンを作りました。この手書き論文は私の字ではなく、奥乃先生の字です。ELIS の上に載る言語 TAO は Lisp と Prolog と Smalltalk の調和平均と書いてあるんですけれども、調和平均というのは分子が 3 でないといけないのに、ここでは 1 になっています。これはアメリカの計算機学会に出したときにはちゃんと 3 になりました。しかし、分子を 1 にするのと、3 にするのではそれぞれ独自の意味があります。分子を 1 にするのは抵抗、プログラミングのしにくさを抵抗として考えることですが、3 だと、調和平均、つまり、3 つの言語が調和していると考えられます。言い訳は何でもできますね。

さて、どっちがよかったのか…

$$TAO = \frac{1}{1/Lisp + 1/Prolog + 1/Smalltalk}$$

$$TAO = \frac{3}{\frac{1}{Lisp} + \frac{1}{Prolog} + \frac{1}{Smalltalk}}$$

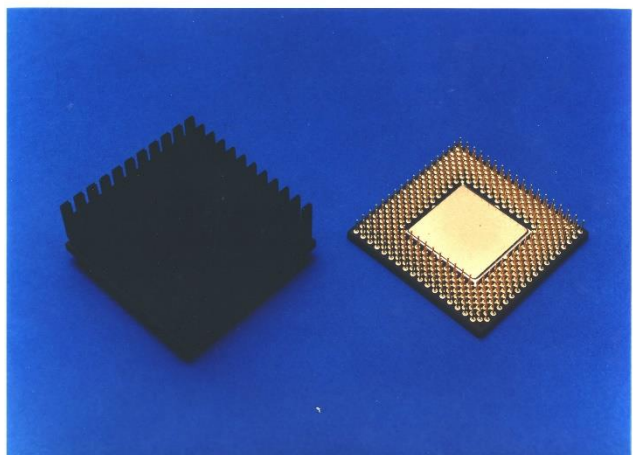
プログラミングに対する「抵抗値」と考えるか、
言語の「調和平均」と考えるか

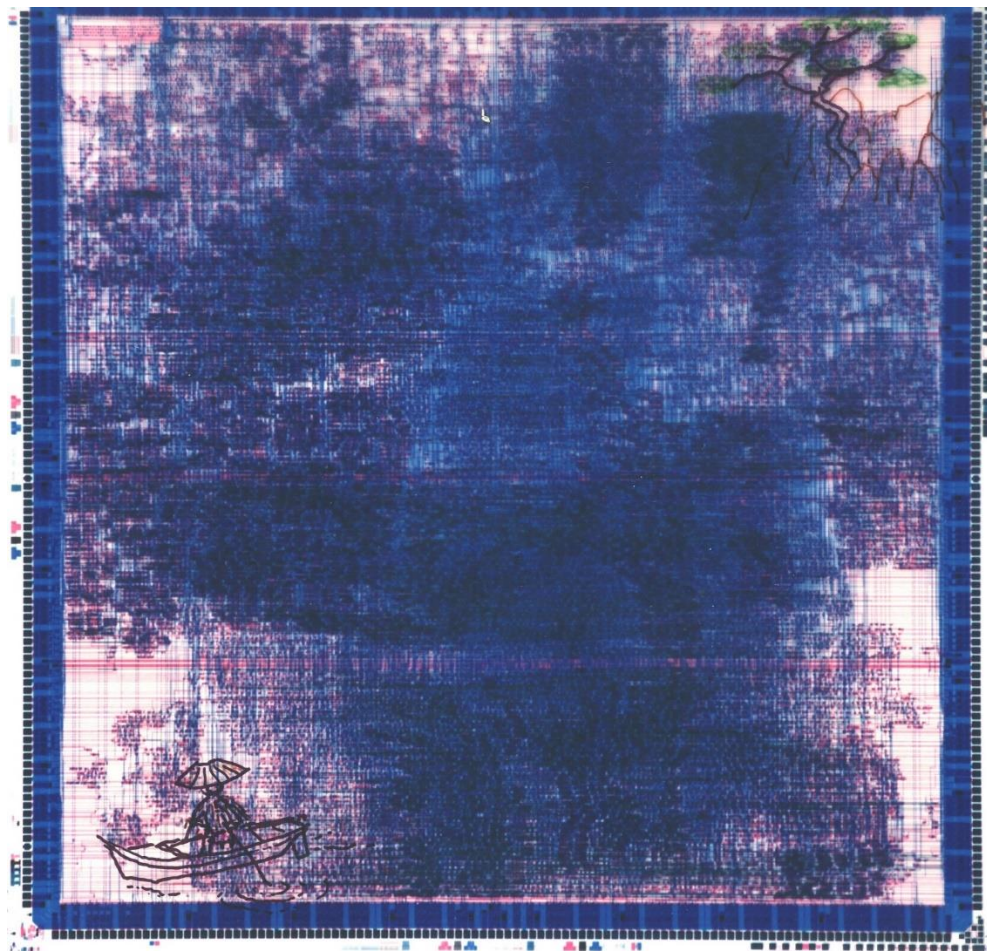
私たちが積み上げた成果は、NTT が民営化した後の最初の先端技術開発系子会社を生み出しました。私はその後も新しいシステムを開発していました。そして 1990 年頃から、オブジェクト指向、論理型、実時間プログラミングを新しく自分たちでデザインした 40 ビットマシンで実現するシステムを開発しました。

SILENT というマシンを、全然違う言語けれども名前は同じ TAO を載せるために作りました。そのチップ

がこれです。当時の技術からしてピン数が非常に多く、391 本のピンが麻雀というウーピン型の配置で並んでいます。これを刺すウーピン配置のケースの方が、チップより高かったです。当時、チップが 10 万円でこのケースが 100 万円だったと思います。

ハードを実際に担当してくれた同僚が、セルライブラリを全く使わないパターンで高速化をしてくれました。LSI 業界の人が見たら、何これ？って言う設計です。全部フリップフロップで作ったのです。この雲のようなパターンを見た私は、山水画の世界を感じました。昔は OHP というものがありましたから、透明のシートに絵を描いてパターンの写真に重ねてみました。右上に松が生えていますね。左下に船頭さんがいます。何と言いますか、最新鋭の技術を使って山水画が描けるということです。





五里霧中船頭往来図

松尾

■ いろはかるたのハック例2

「口は問題の門」．普通は「口は災いの門」と言いますが，やはり災いも問題も同じような言葉です．子供に漢字を教えるときに，門に口を入れると問題になるということで，これは漢字教育用の諺です．

「濡れ手であわや感電」．栗っていうのは皆さんあまり見たことがないですよ，「濡れ手に栗」なんて言っても嬉しくないし，感心もしないんですけれども，「濡れ手であわや感電」という言葉は極めて現代的で，注意を呼びかけることができます．実体情報学の学生さんたちはハードに触るでしょうから，感電には注意しましょう．トイレに行った時は必ず手を洗ってからよく拭きましょうという話ですね．

「転んだ先に杖」．「転ばぬ先の杖」は当たり前ですが，実際にはマーフィーの法則が成立していて，必要な時は，杖を探しても見つからない．しかし，転んだらその先に杖があるということですね．

「陰で糸を引け」．私は納豆嫌いなので，目の前で納豆を食べられると嫌なんです．だから，「見えないところで糸を引いてくれ」と言いたいのですが，そのうち謙虚な人が出てきて，納豆を嫌いな人の前では陰で糸を引かなければならないと言ってくれます．こういう謙虚の鏡みたいなことを，陰で糸を引くと呼ぶことになったのであります．

「女心と上の空」．これは、非常に繊細な心を持っている女性と、その女性の話を聞かない男性の組み合わせを表しています．

「まことしやかに説法」．「釈迦に説法」という有名な諺がありますが、実はその元となったのがこれです、最近の研究により、「釈迦に説法」は「まことしやかに説法」の派生であるということが分かっています．

「アホにつける薬はないが飲む薬はある」．これはビールのことです．すみません．

「芽には目を、葉には歯」．学生さんたちの育成に関する諺です．まだ芽生える前の学生さんたちには目をかけてあげないといけない．でもちょっと成長して生意気になったときには、歯をむいて教えないといけない．育成の基本を物語っています

「下手の考え休むより悪い」．「休むに似たり」なんていう生易しいことはもう言っていない時代になりました．あの下手クソが休まずに何かやってくれたらやばい、だからあの下手クソには仕事をさせるな．

■ 問題作成について

ハックは奥深いです．私はプログラミングの問題を作っていると言いましたが、他の問題もよく作ります．答えも自分で用意するんですけど、私が作る答えよりも良い答えを作る人が世の中にいるんですよね．そういったハック例を紹介しようと思います．

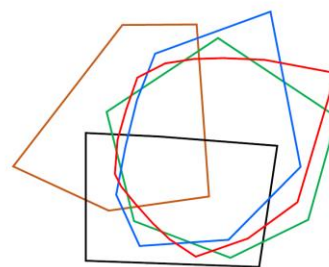
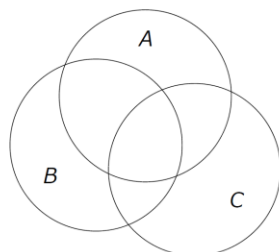
● 凸 Venn 図の問題

凸 Venn 図を知っていますか？ A, B, C が集合を表していて、集合 A, B, C のすべての組み合わせがこれによって表現されています．これを見ると、4 つ集合があったらどう書くか、5 つあったらどうするかと考えたくなりますよね．ただしそれぞれの集合は凸図形で表示したい．くにくにくにやっとした凹図形でもよければできそうですが、全部凸にしたままでやるのは大変です．先に言っておきますと、5 つじゃなくて、6 つでも 10 個でも 100 個でも必ず書けるということが証明できます．でも 5 つの場合を具体的に書いてみようというのは結構大変です．

凸 Venn 図

- 集合が3つだったら楽
- 4つだったらどう？
- 5つだったら？
- どこまで行ける？

ただし、
それぞれの集合は
凸図形にしたい！



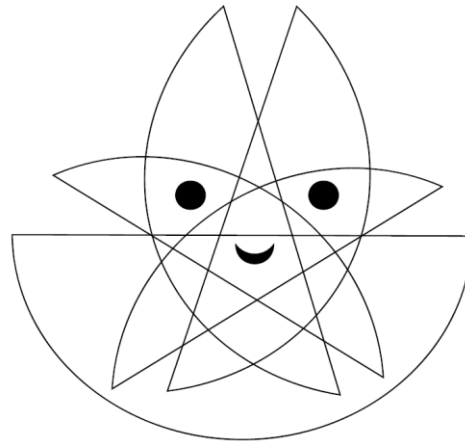
苦労して書いた
5個の集合の例

実は任意個の集合の凸Venn図が可能

自分で作った問題なのに、もう一度やってみようと思って解いてみたところ、非常に苦労しました．一応 5 つの集合があって、全部凸図形で、全部の組み合わせがこの図の中に出尽くしています．

ところが、昔この問題を出した時に、すごくいい答えを出してくれた人がいました。出版社に頼んで送ってもらいました。5つの場合なのですが、この答えを見ると本当に感心します。これで、2の5乗、つまり32通りの組み合わせが表されています。これは永井元浩さんという方が考えてくれました。これを見て私は目が点になりました。よくこんなの思いついたなと思いました。

ちょっとこれに落書きしてみましよう。これどう見ても、お椀に乗った宇宙人ですよね。では、お椀を取ったらどうなるでしょうか。実は4つの凸Venn図になっています、非常に見事な答えですね。永井さん、すごい。



5個の場合の美しい解（永井元浩氏）

● 直線プローブの問題

直線プローブの問題というのも作りました。原点が中心で半径が1という単位円を考えましよう。高校数学で必ず出てきますね。単位円を、いろんな直線と

の交点の数だけで決められるでしょうか。例えば1番目の条件を見てみます。中心を通るすべての直線は無限にありますけれども、単位円は必ずその直線と2点で交わりますよね。それでは逆に、中心を通るすべての直線と、2点で交わればいいかというと、そうではないですよね。

では、条件を増やしていきましょう。単位円に接するすべての直線、単位円があった時に、ちょうどそれに接する直線を見た時には、必ずその円とは1点で交わります。つまり単位円に接するすべての直線とちょうど1点で交わる図形という、2番目の条件を入れたらどうでしょうか。

そして、3番目は、 x 軸に平行なすべての直線との交点となります。中心から距離が1の x 軸に平行な直線は接線だから1点で交わります。そして、遠いところにあるのは交わりません。また、円の中心に近い x 軸に平行なすべての直線はちょうど2点で交わります。同じことを今度 y 軸で指定したのが4番目の条件です。

1番目の条件はあまりにも簡単ですが、この1番目に、2番目の条件を加えたら、反例が出てくるかどうか、さらに3番目の条件を加えると反例があるかどうか、そして4番目の条件を入れても反例があるかどうかを考えます。

直線プローブの問題

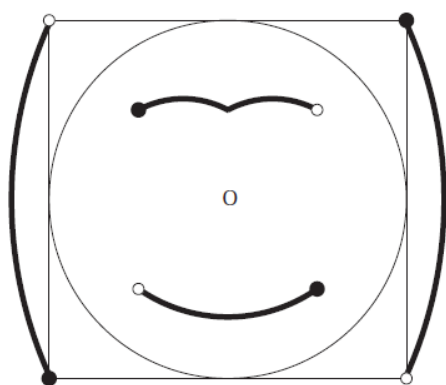
- 円（中心が原点，半径が1，つまり単位円）であること
を直線との交点の数だけで決められるか？

1. 中心を通るすべての直線
2. 単位円に接するすべての直線
3. x 軸に平行なすべての直線
4. y 軸に平行なすべての直線

- どれを使っても単位円と同じ「挙動」をする反例がある
- 反例を見つけるのが楽しい問題

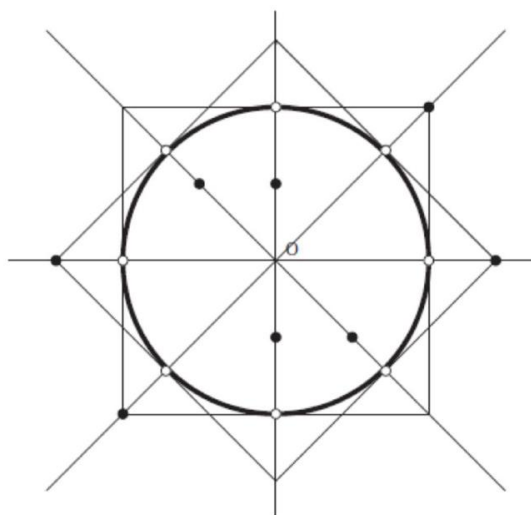
すべての直線と1点でしか交わらないというのは（条件2），円周上の点をいくつかずらすと，条件を満たします．例えばこの図です．このようにやっていると，だんだんコツが分かってきて，面白い反例が作れるようになります．

次の図は1番目と2番目の条件での反例別解です．単位円の上に1点もないという変な図形ですが，条件1と2については円と同じ挙動をします．これ，こち亀の両津勘吉とよく似てませんか？

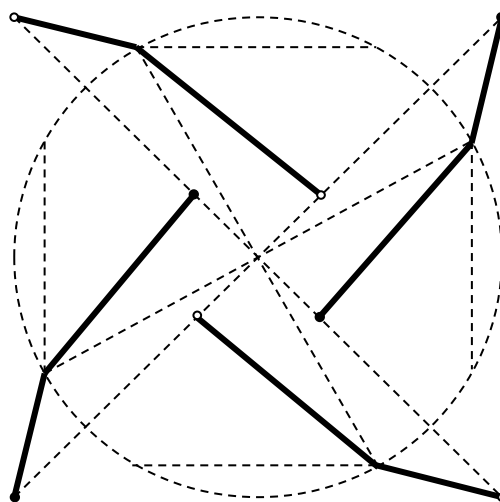


ところが，ある人が次のような絵を書いてくれました．滑らかで綺麗な絵ですね．これも1から4の条件を満たします．これを見ていると，一般化できそうですね．要するにこの羽をどんどん小さくしていくと，斜めの線の類も含めてみんな単位円と同じ挙動をする

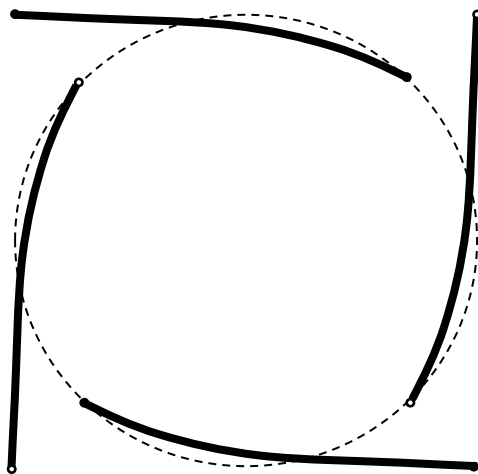
これは結構楽しい問題で，一度上田和紀先生の研究室にこの話を紹介したとき，その場で学生さんが1番目と2番目の条件については反例を作ってくれました．作るのに少し時間がかかったんですけども，思いつけば簡単です．例えば原点を通るすべての直線と2点で交わり（条件1），単位円に接する



では条件1から4をすべて使うとどうなるでしょうか．やっぱり反例があります．頑張って作ったのがこれです．風車みたいな図ですが， x 軸 y 軸に平行な直線を全部考慮に入れてもちゃんと反例になっています．



ようにできます。実はこれ結構教訓的ですが、いろんなそのプローブを入れて敵の正体が分かったと思っても、そうじゃないという例が、いくらでもあるという教訓です。この図を作ったのは、千葉隆さんという方です。彼は、羽をどんどん細かくして、直線の種類をどんどん増やしても、円のふりをすることをできる図形があると証明してくれました。

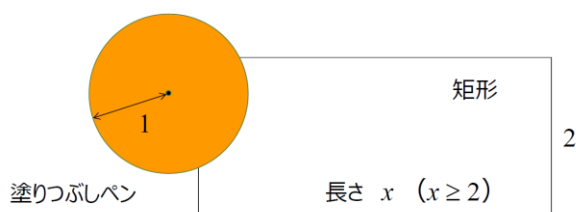


● 検閲最適化の問題

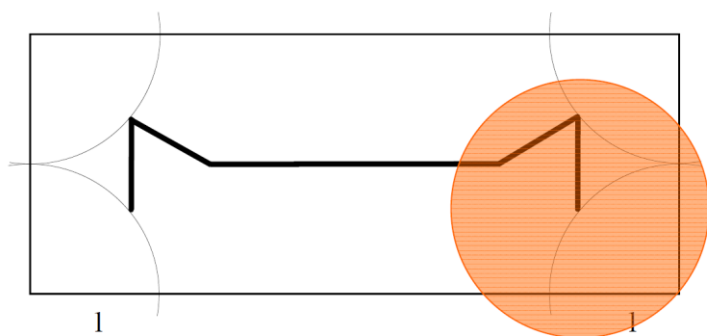
検閲というのは不適切なところを塗りつぶすという仕事です。この問題では、縦が 2、横が x ($x \geq 2$) の四角い部分を不適切なところとします。半径 1 の円を筆として、この四角を塗りつぶしたいのです。

検閲最適化の問題

半径 1 の円を一度に塗りつぶせる太ペンを**一筆書き**して、縦 2、横 x ($x \geq 2$) の**不適切な矩形**を塗りつぶすには、ペン軸を最短でいくら移動すればいいか、 x の関数で表せ。ペン軸は円の中心。始点、終点は自由に選んでよい。



こうやって折れ線に従って筆を動かすと、確かに塗りつぶせています。しかもこれは、筆の中心が $x-0.45$ 程度の距離しか動いていないんです。つまりこっちのほうが検閲官は楽できるということですね。これが私の答えでした。これより短い答えはないだろうと思って、問題を出したら、なんとこれより短い解答を出した人がいました。

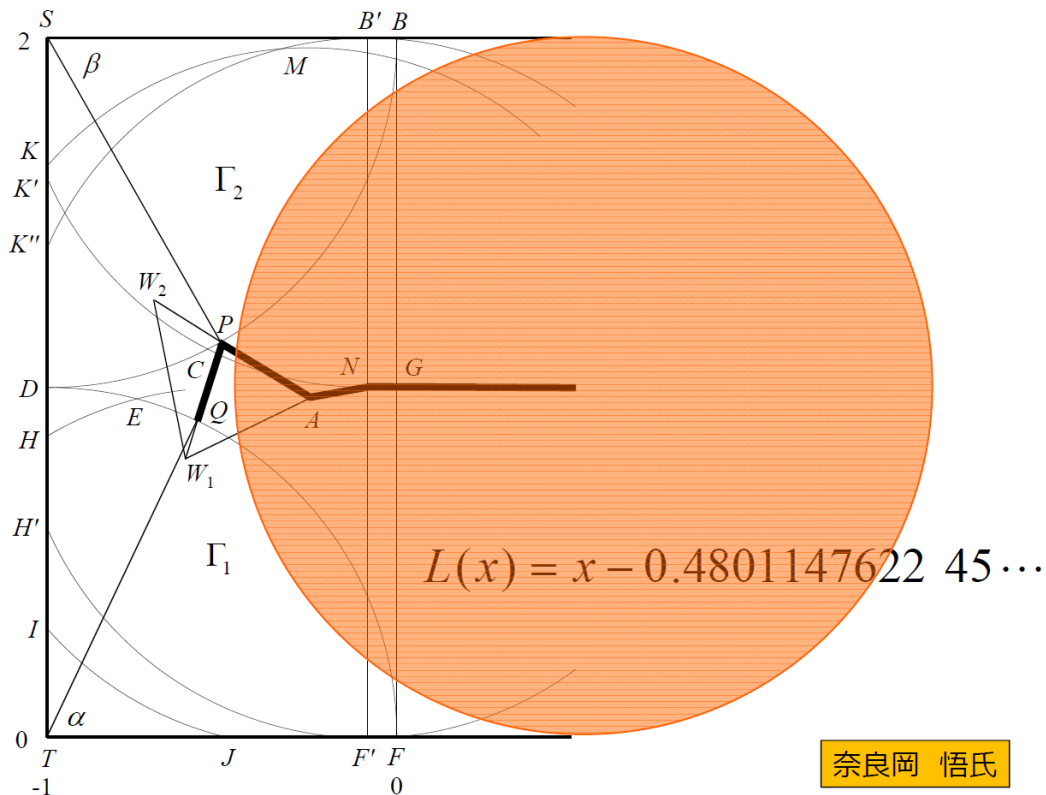


$$L(x) = x - 0.45 \dots$$

やってみましょう。筆を右端から左端まで真横に動かすと、移動距離が x で塗りつぶせます。でももっと短い塗り方があるんじゃないかと疑問に思うことが必要です。みんながこれでいいと思っている中で、それよりも短い方法があるかもしれないと考えることが、エンジニアもしくは科学者のやることですね。

私が考えたのは下の図です、四角の真ん中の、 $x-2$ の長さの部分、つまり四角の両端 1 ずつを除いた部分は、真っ直ぐ引くしかないですよ？ 問題は両端です。左右対称だから、片方だけを考えれば十分です。これを 1 か月間執念深く考えたのが奈良岡悟さんで

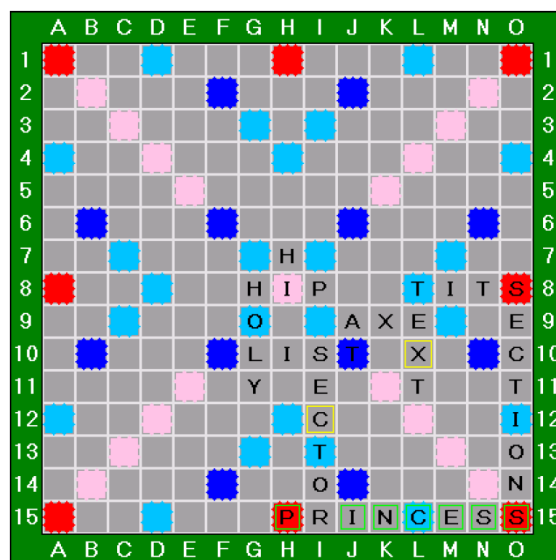
す。答えを見せてもらった瞬間、私は驚きで気絶しそうになりました。端の部分でまず下がつて、斜めにちょっと上がって、そして斜めに下がるという軌道です。ものすごい作図なんですけれども、これで移動距離が $x-0.45$ だったのが $x-0.48$ 程度に減りました。もう趣味の世界です。しかし、これでも最短とは証明できていません。世の中にこのようなオープン問題がたくさんあって、やってもやっても問題の種は尽きないということです。



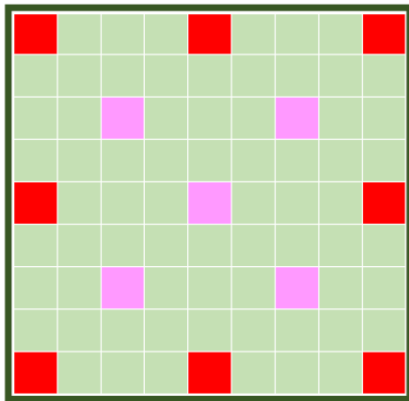
● 素数 Scrabble の問題

スクラブルというゲームをご存知でしょうか。手持ちのアルファベットの札を並べて英単語を作り、得点を競うゲームです。色のついた所に札が乗ると、点が2倍になったり3倍になったりします。

私は辞書がなくてもできる、素数を使った素数スクラブルというパズルを作りました。0から9の札をそれぞれ5枚ずつ、全部で50枚の札を使います。この札で5桁あるいは3桁の素数を作り、ボード上に並べていきます。元のスクラブルは単語を連結させないといけな



素数Scrabble



- 1人ゲームの問題
- 0~9の札をそれぞれ5枚ずつ持つ
- 5桁あるいは3桁の素数が単語
- 0は2点
- 赤は3倍, ピンクは2倍
- 可逆素数は2倍
- 最大得点を目指せ

いのですが、これは連結しなくてもよいことにします。0は素数の端にはならないので、使いにくい数ですよ。だから0は2点で、他の数字は1点と数えます。それから赤のマスに素数が入ったら3倍します。つまり、0を含まない5桁の素数は本来5点ですが、5点の3倍で15点になるのです。3桁だったら本来3点ですが、その3倍

で9点になります。そしてピンクのマスは2倍のボーナスがつきます。それから、可逆素数というものがあります。実は素数は結構多いので、逆さまから読んでも素数になることが多いのです。ひっくり返しても素数になるものも可逆素数と言います。これは得点を2倍にします。こうしてなるべく大きな得点になるようボードに札を並べるのです。これはコンピュータプログラムで解くに相応しそうな問題ですけれども、闇雲にやると非常に時間がかかります。なので、まず設計図を作ります。なるべく赤のところを使うとか、ピンクのところを使うとか。0が2点なので、なるべく素数が交差するところに0を入れるだとか、そういうこと加味しないと高い得点は目指せません。設計図が良いと、後は計算機で計算したら、答えが秒の単位で次々と出てきます。

もちろん可逆素数を使わないといけません。可逆素数に絞ることで、得点が2倍になることに加え、逆に探索空間を減らせるメリットがあります。可逆素数だけで行けるというのは予備実験で気が付きます。

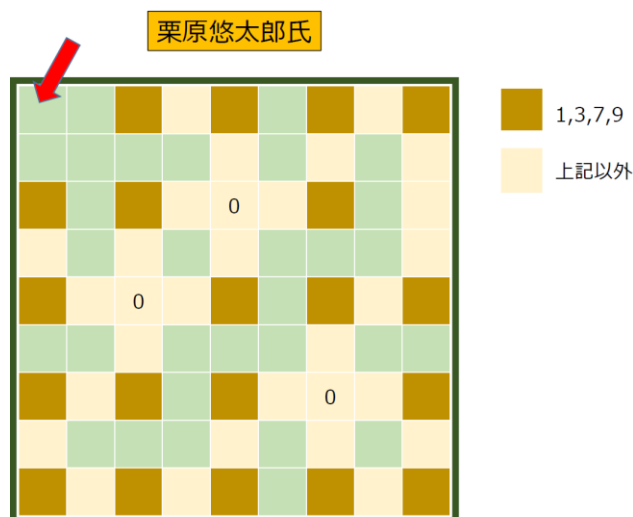
例えば、右の図が設計図です。濃い茶色のところには1,3,7,9のいずれかを入れます。可逆素数しか使わないので、例えば端に5のような数は入りません。5は1番末尾だと5で割り切れますから。よって1,3,7,9しか濃い茶色の所には入らない。また、0をなるべく交差するところに置きます。このような条件を決めて、あとは探索をするプログラムを書きます。そんな難しいプログラムではありません。

3	8	3	5	1		7	5	7
0		2		0				6
0		1	8	0	8	9		6
2		4		6		2		5
9	5	3		7	8	0	4	1
						4		
9				3	6	1	8	7
2				5				6
9	4	7	2	3		1	4	9

- 1,3,7,9
- 上記以外
- 上記と0以外

406点

私の作った設計図では最高 406 点でした。この 406 点の得点の解だけでも数百以上はあると思います。なので、ここに示した解はその中の一例ですね。私はこれが最高得点だと思っていました。しかし、最高点ではありませんでした。



この問題は計算機のプログラムで解くということを前提に作ったのですが、実は手でも解けたのです。これを最近の「数学セミナー」に出したら、みんな手で解いてくれました。その中の解法の 1 つ、栗原悠太郎さんの設計図は、得点が 3 倍になる一番左上の赤を使いません。私は度肝を抜かれました。これは私の間違っただけを覆したといっていいいでしょう。その代わりに、0 の共有が 3 個あります。これのおかげで、解の得点

が 408 点になりました。若い人が、赤のマスを全部使わないといけないという私の誤った常識的推論をひっくり返したということになります。

● たらい回し関数の問題

次に、たらい回し関数です。先ほどご紹介されたように竹内関数とも呼ばれています。この関数 t は二重再帰で定義されています。やっている演算は、大小比較と 1 を引く計算と、if then else が 1 個。それから再帰呼び出しです。これだけなんですけれども、計算すると非常に時間がかかります。 n を

x, y, z の一番大きな x と一番小さな z の差としましょう。すると n の n 乗という、アルゴリズム論をご存知の方だと、とんでもない時間がかかります。今の最高速度の計算機を使っても、例えば $t(40, 20, 0)$ は何年経っても終わらないと思います。それくらい時間がかかります。でもこの関数は、 x, y, z の大小関係によって、 x か y か z 、つまり最初に与えた引数のどれかにしかならないという、とても馬鹿馬鹿しい関数なのです。これにスーパーコンピュータが何年かかっても結果が出てこないというのは、完全な時間の無駄遣いです。この関数は、私がある日の午前中に 2 時間くらいで思いついたものなんですけれども、それだけで有名になってしまいました。

たらい回し関数 (Takeuchi function)

$$t(x, y, z) = \begin{cases} y & \text{if } x \leq y \\ t(t(x-1, y, z), t(y-1, z, x), t(z-1, x, y)) & \text{else} \end{cases}$$

このたらい回し関数から、音楽を生成してくれた人がいます。竹内関数の異分野応用ということですね。初音ミクで有名なクリプトンフューチャーメディアという会社の音楽プログラ

マをしていた、藍圭介さんです。今、彼はそこを辞めて、スマイルブームというところにいます。彼は $t(10,5,0)$ において3つの変数が呼ばれるたびにどのように変化するか調べていました。そして x, y, z の組み合わせに三和音進行と似たようなものがあることを発見したんです。彼は、これをペンタトニックという音楽になりやすい音階にマッピングしました、ドを抜いて、 $-1=\text{レ}$, $0=\text{ミ}$, $1=\text{ファ}$, $2=\text{ソ}$ という割り当てをして、音楽を鳴らしたのです。そのために専用の TaraiLanguage を開発したそうです。そこまで行くと病膏肓だという感じがしますが、なぜそうしたかという、JavaScript では音楽の音符のリアルタイムの処理がしにくいということで、それを改良して、時間進行をきちんと制御できるような言語を開発したとのことです。TaraiLanguage を検索しても出てこないのですが、もしご興味があれば教えて差し上げます。

その音は

- Steve Reichのようなミニマルミュージック
- しかし純粋に数学的に生成！
- $t(10, 5, 0)$ から、343,073小節の音楽



とある60小節

<http://soundcloud.com/aike-3/tarai-function-music>
(Creative Commons License)

その後、さらに発展

<http://aikelab.net/tarai/> いろいろな引数で少しずつ異なる音楽が聞ける

20 世紀の音楽家で、Steve Reich という有名な人がいます。彼はミニマルミュージックを提案した人なのですが、その音楽はこれに非常に似ています。藍さんがやってくれたことによって、竹内関数の再帰関数呼び出しのシーケンスから音楽が作れるということが分かりました。私は意図せずとして音楽を作曲したことになるのですかねえ？ その音楽をお聞かせしようと思います（音楽が流れる）。

検索すれば、皆さんのお手元でも、これは聞けます。というわけで、**ハックはみんなでするものだ**という結論となりました。

■ いろはかるたのハック例 3

そろそろ終わりに近づいております。いろはかるたのハック例の最後です。コンピュータに関係したものを紹介しましょう。

「Bluetooth お前もか」。これを今朝経験しました。講演の準備をされていて Bluetooth のマウスがピタリと止まってしまったのです。再コネクションとかいろいろやっただんですがダメでした。Bluetooth はよく裏切ります。

「虫の居所が悪い」。これが何を言っているのか説明します。虫というのはなかなか見つからない、居所が悪いとすぐには見つけれないということです。そこから派生して、デバグをしている人の虫の居所が非常に悪くなる意味にもなりますね。先ほどの「まことしやかに説法」と同じような経緯で作られた諺です。

「さわらぬバグに祟りなし」。これは言うまでもないですね。

「虫は取らねど高楊枝」．馬の骨プログラマは世の中に多くいますけれども，彼らは昼飯に焼肉定食を食べたあと，高楊枝でシーハーシーハーやっているだけで全然虫は取っていません．

「二階からデバグ」．これは，いわゆる SE と称する職業に由来します．彼らは下っ端プログラマに早くバグを取れと言います，これを二階からデバグと言います．バグは取れません．

「船頭多くして客が乗れない」．これはプロジェクトに関する諺です．船頭が乗りすぎて満席になり，客が乗れない．つまり，ユーザ無視のソフトウェア開発を意味しています．

「船頭多くして船が沈む」．でも実際のプロジェクトはこちらの方が多いですね．口を出す船頭が多すぎるのはプロジェクトが沈没する一番の理由というわけです．

「諸氏完徹」．これはソフトウェアハウスでよく見られる状況です．みんな完徹するのですが，昼は昼寝している．つまりまったく生産性が上がっていないことを表しています．

「論よりコード」．これはちょっと危険な諺です．論を知らずにプログラムを書くのは良くないことを看過しているんですけれども，理屈をこねるだけでプログラムを書かないプログラマのほうがやっぱり役に立たないということを表しています．



■ 閑話休題ーテクで見えるものー

最後にちょっと面白いものを紹介します，科学技術の進歩で見えるようになったものは沢山あります．例えば宇宙とかです．あとは，ミクロのものとか，昔の人は見られなかったけれど，現代の人には見えるものがたくさんあります．

私，最近カメラを買いました．24mm から 600mm というズームがついています．その割には結構画質が良いとの評判で，買いました．これで私は生まれて初めて天体写真を撮ってみました．望遠鏡を使わずカメラだけで撮ったのです．満月を撮るというのは，カメラをオートにすると駄目で，月が光り過ぎてダメなんですよね．ちょっとだけ工夫しました．

普通のカメラで月がこれだけ写るのでびっくりしました．ところで，ここからが月面鑑賞のハックです．みなさん月の中に何が見えますか？ 私には熊がいるように見えます．両目があって，口があって，鼻があって，耳があってですね，手足がちゃんとあって，後ろにレッサーパンダみたいな長い尻尾があるんです．胸には光り物が輝いています．そして，右側には熊に追いかけて慌てて逃げている人がいます．帽子をかぶっています．ベルトをしています．帽子をかぶっている人の目から星が出ているのが見えます．要するに，月に見えるのはうさぎなどという情緒のあるものではなく，熊に人が追いかけているという，非常に危ない光景なのです．



■ おわりに

そしてこれが最後のスライドです．ここまで何の役にも立たない話を延々とさせていただきました．さっきの諺のハックですけれども，もう 1 つ，「日々これ口実」，これが私の人生でございました．

でも、最後に一言くらいいいことを言っておかないとこの特別講演は一体何だったのかと言われそうなので、最後に1つ紹介します。「一寸先は闇でも二寸先は明るい」。これを皆さんの座右の銘としていただけるように祈念して講演を終わります。ありがとうございました。

■ Q&A

モデレーター：時間が押していますので、2つほど質問を受け付けます。学生の皆さんは後ほどラムダックスビルで質問を受け付けますので、社会人の方でどうしても質問がしたいという方は質問してください。

Q. ご講演ありがとうございました、とても感銘いたしました。子供を教育する時に先生のような、あるいは先生を超えるような自由な発想を持つ子供を育てるために必要な秘策があれば教えてください。

A. 秘策ですか、私、幼稚園を3日で退園しているんですけども。先生から「右手を上げて、下ろして」って言われた時に。上げてから全然下ろさなかったことがありました。

Q. 言うことは聞かない方がいいということでしょうかね。

A. そうかもしれません、私の孫娘は私に似ていると言われていて、保育園で先生方に迷惑をかけているようです。誰に似ているのかと、孫娘の母親、つまり私の娘が、聞かれた時に、おじいちゃんに似たのだと答えたそうです。人のことを勝手にダシにするなど言いたくなります。

Q. 生徒と先生の関係というのはどうあるべきなのでしょう。例えば大学でも高校でも。

A. 鋭い質問ですね、これを短い時間で答えるのは難しいです。私は電気通信大学に8年間いたんですけども、ある年、1年のうち100日くらいが出張だった年がありました。しかし、その年の学生が一番育ちましたね。先生はいないらしいと危機意識を持ったのでしょう。自分で勉強しないとだめだ、と思った、結果的にその年代の学生達が一番良かったです。

モデレーター：お時間となりましたので、竹内先生の特別講演会は以上となります。引き続き5分後に竹内郁雄先生、WIREDの年吉聡太様のパネルディスカッションが始まります。竹内郁雄先生、どうもありがとうございました。