ダイヤル錠の秘密

西山 豊

1. 解は2通りある

右へ4回まわして 53 にあわせ，左へ3回まわして 79 にあわせ，右に2回まわして 33 にあわせ，最後に左へ1回まわして 81 にあわせる．

これは，金庫なんかに取り付けられてあるダイヤル錠をあける場合の操作の一例である．右にまわしたり，左にまわしたりしているうちに錠はあけられる．まわす方向や，回数や，あわせる数字を一つでも間違えれば，もうあかない．まるで手品のようである．

私は，この錠のしくみを深く考えてみたことはなかった．関心がなかったわけではない．金庫など立派なものを持てる身分でもないので，考えてみる機会がなかったのかも知れない．

先日，中学生の H 君にくさり式の錠をもらった．私の愛用している原付バイクの盗難よけに，ぜひ一つ欲しいと思っていたところである．

その錠はダイヤル型式になっていた．よくある数字をあわせるだけのものではなく，右に何回，左に何回といった金庫と同じ方式の錠であった．

止め金が簡単にこじあけられたので，錠を分解して中身を探ることができた．しくみは，なるほどと感心できるほど立派なものであった．構造についてはあとで詳しく説明するが，それよりもっと重大なことを発見するに至ったのである．

それは，ダイヤル錠にはあけ方が必ず2通りあるということである．錠を購入したとき，あける番号を教えられるが，その他にもう1通りのあける番号があるというのである．

このことは恐らく誰も知らないだろう．金庫やさんと私だけが知っている秘密ではないだろうか．

2. 錠と鍵が同居

錠の歴史は古く，紀元前 2000 年ごろすでに使用されていたと推定され，アッシリアの遺跡コルサバードより発見されたり，またエジプトではカルナクの古神殿の壁画にもその使用がみられる．

ローマ時代になると，現在の南京錠程度の小型のものもつくられ，鍵は指輪として指にはめて持ち運ばれたりした．中世にはいって美術的にすぐれたものが登場するが，構造的にはたいした進歩はなく，錠というよりはむしろ工芸品に近く貴族の占有物であった．現在使用されているような錠の様相を整えたのは 18 世紀末になってからである．

現在の錠のほとんどは，ウォード錠とよばれるもので錠函(かん)内部にウォード（障害物）を設けて，異なった鍵による挿入や回転操作を妨げるようになっている．この構造はロウで形をとり，鍵を作ることが容易であるという難点がある．

最近では，この難点を克服するためにシリンダー錠や，文字合せ機構をもつ錠が普及しつつある．なかでもダイヤル錠は金庫やロッカーにみられ，自転車やオートバイのチェーン錠としても用いられている．

錠と鍵という言葉は，意外と混同して使われている．扉やふたに取りつけてある金具が錠であり，それを開閉するのが鍵であるダイヤル錠の場合は，錠と鍵が同居していることになる．

従来の錠は鍵を失うとあけられなくなったが，ダイヤル錠はその心配はない．鍵を持ち歩く必要はなく，使用者の記憶にしたがってあけられる．ただし，あわせる数字を忘れてしまえばもうダメである．一長一短というところか．

ダイヤル錠の構造について簡単に説明しよう．

錠は図1に示すように5つの部品で構成されている．外輪と3枚の内輪と固定軸がそれである．そして，これらの部品を立体的にみれば図2のようになる．

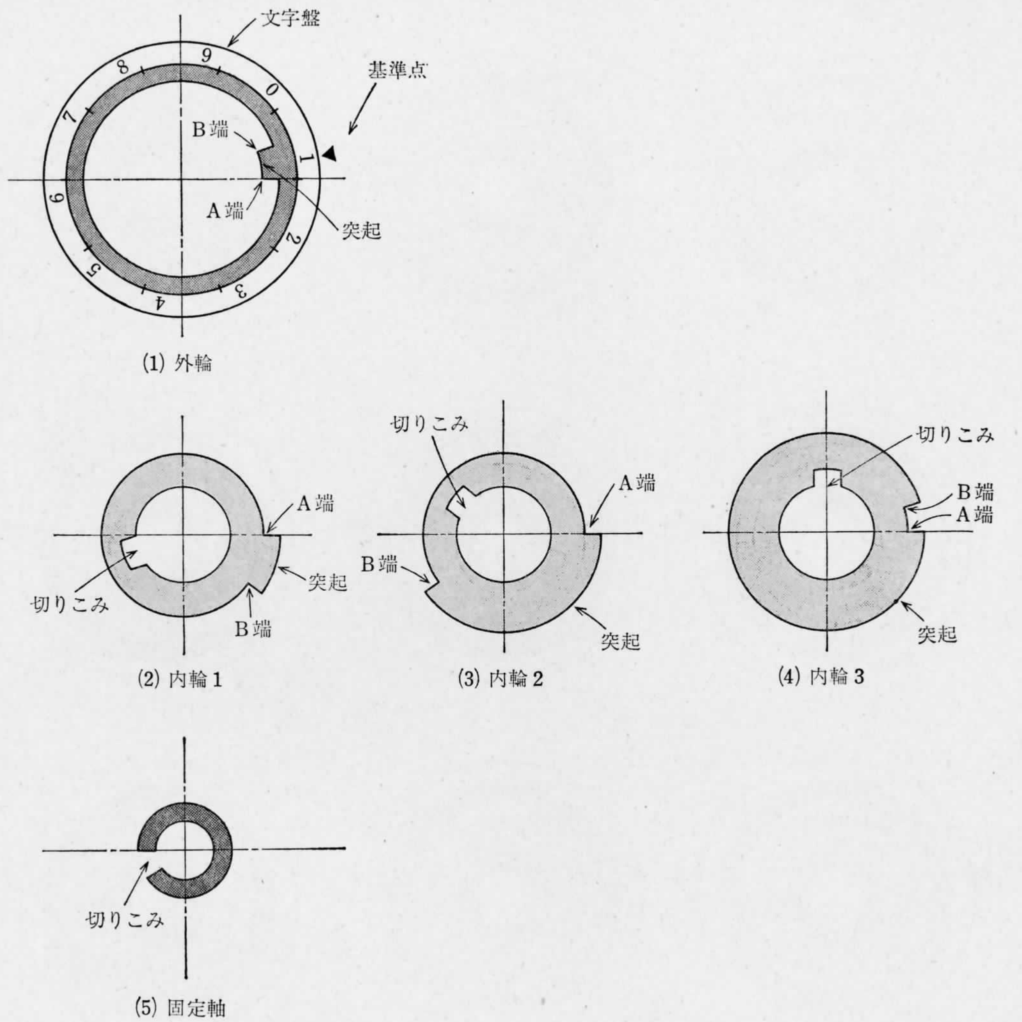

図 1 部分品

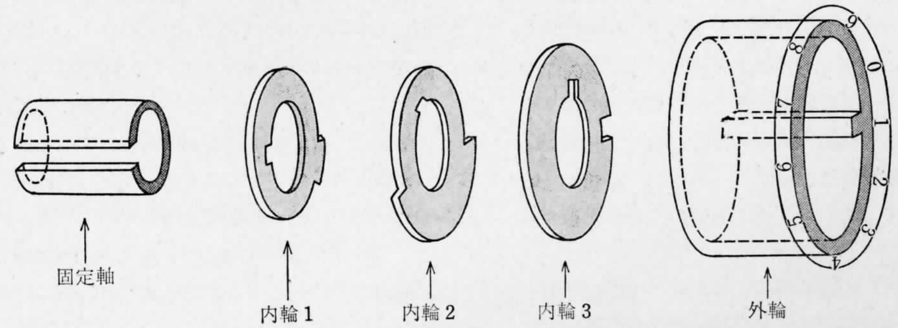

図 2 組みたて図

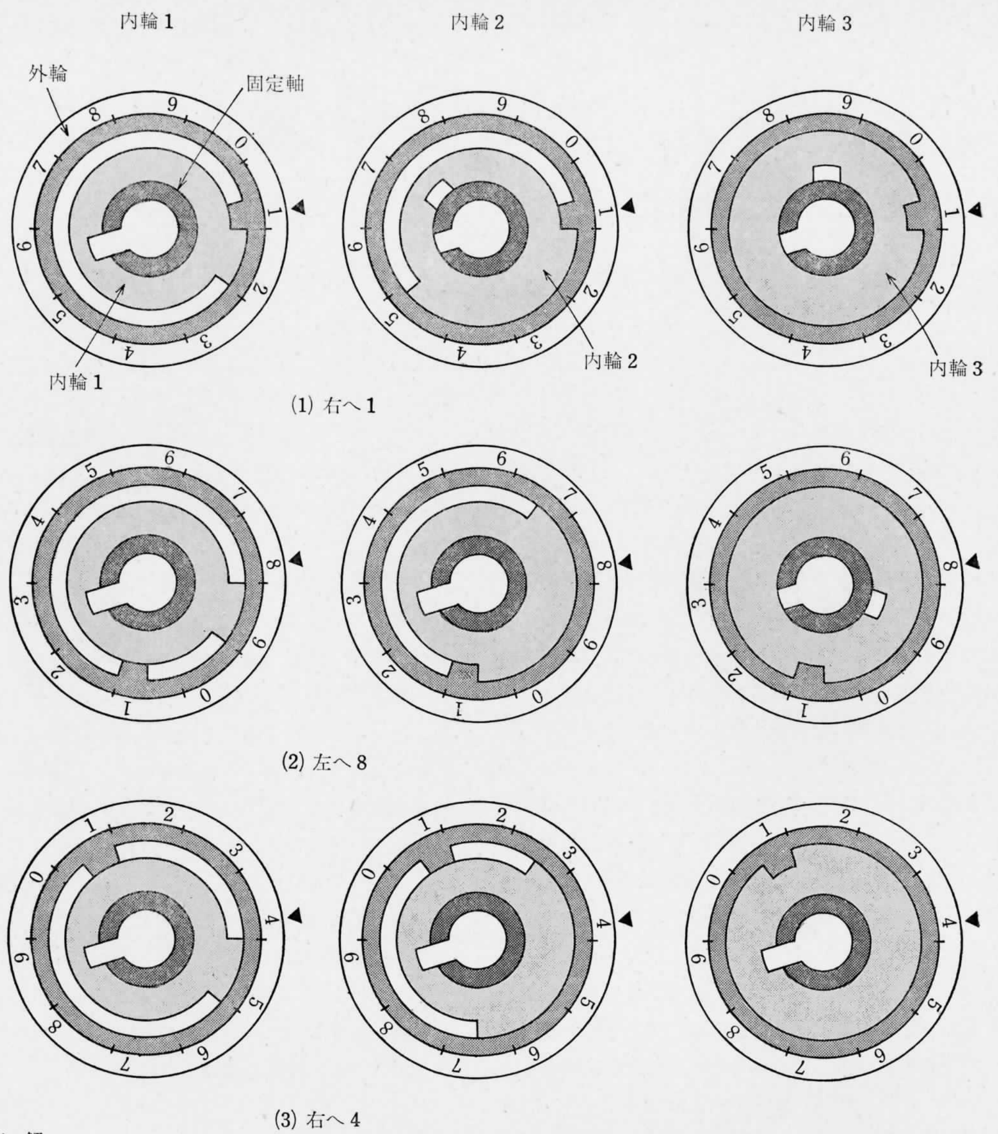

図 3　表の解

外輪は目に見える部分で，使用者が直接手に触れる部分である．外輪には文字盤がついていて，0から9までの 10 個の数字が右まわりに刻まれている．外輪は右まわり，左まわりの両方向の回転が可能であり，黒矢印の基準点にあわせながら操作をおこなうのである．図1では1をさしている．外輪の内側には，目盛りの間隔では 0.5 に相当する幅の突起をもっている．この突起は内輪を動かす役目をもっている．つまり鍵の役目を果している．

内輪は3枚ある．内輪の外側には，それぞれ幅の違った突起がある．突起の幅と残りの部分を比率で示せば次のようになる．

	(突起の部分)		(残りの部分)
内輪 1——	1	対	9
内輪 2——	4	対	6
内輪 3——	9.5	対	0.5

この突起は，外輪の突起とかみあったときは動き，かみあわないときは静止することによって，内輪の回転を制御している．内輪の内側にはそれぞれ切りこみの部分がある．この切りこみが内輪の3枚とも，固定軸の切りこみと完全に一致したとき，錠はあけられることになる．

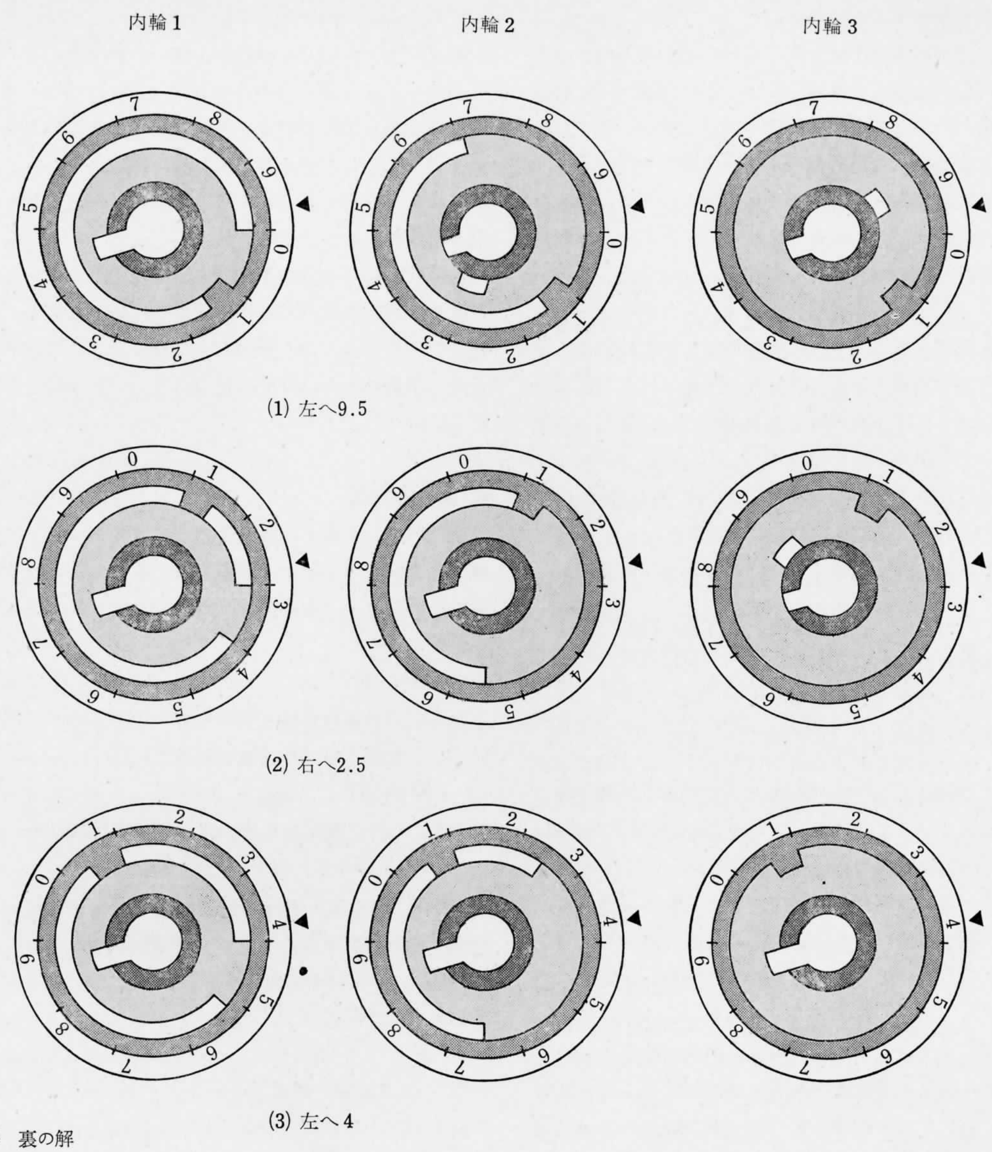

図 4　裏の解

3. 表の解と裏の解

それでは，錠があけられていく過程を説明していこう．

錠を購入したとき知らされているあけ方を「表の解」とよび，私が考えだしたあけ方を「裏の解」とよぼう．まずは表の解から説明する．

この錠は，右に2回以上まわして1にあわせ，左にまわして8にあわせ，右にまわして4にあわせるとあく．「右に」とは時計まわりの方向を，「左に」とはその逆の方向をいう．

図3に示したのは，各操作を施したあとの状態図である．9個の図をグループわけするならば，よこ方向にみれば上段が1回目の操作を，中段が2回目の操作を，下段が3回目の操作を施したあとの外輪と内輪の位置関係が示されてある．また，たて方向にみれば左側の列は内輪1の動きが，真中の列は内輪2の動きが，右側の列は内輪3の動きが示されてある．

1回目の操作は，2回以上右にまわして1にあわせるのであるから，外輪の突起 A 端に内輪の突起 A 端が3枚ともかみあっている．そして内輪1だけが固定軸の切りこみと一致している．

2回目の操作は，左にまわして8にあわせるのであるから，外輪の突起 B 端に内輪2と内輪3の突起 B 端がかみあっている．つまり，内輪1は動かずに内輪2と内輪3が動き，この結果内輪2の切りこみが固定軸の切

りこみと一致することになる.

最後に3回目の操作は，右にまわして4にあわせるのであるから，内輪1と内輪2は動かずに内輪3だけが動き，内輪3の切りこみが固定軸の切りこみと一致する.

1回目の操作で内輪1が，2回目の操作で内輪2が，3回目の操作で内輪3があわされることになる. 一旦あわされた内輪は動かないようになっているのが，このダイヤル錠のみそである.

この関連図をじっくり眺めるならば，この錠にはもう一通りのあけ方があることを自ずと知らされるであろう. すなわち図4に示す裏の解である.

答を示せば次のとおりである.

2回以上左にまわして 9.5 にあわせ，右にまわして 2.5 にあわせ，左にまわして4にあわせる.

表の解と裏の解を整理すれば次のとおりである.

	(表の解)	(裏の解)
1回目の操作	右に1	左に 9.5
2回目の操作	左に8	右に 2.5
3回目の操作	右に4	左に 4

まわす方向は，表の解では右左右であるが，裏の解では左右左とまったく逆になっている. 最後の仕上り手(?)である3回目の操作であわせる数字は両方とも4で等しいが，1回目，2回目の操作であわせる数字は違っている. この数字の違いは外輪と内輪の突起の幅から正確に計算される. 表の解と裏の解を結びつけるのは突起の幅である.

1回目の操作は内輪1のみに，2回目の操作は内輪2のみに，3回目の操作は内輪3のみに関係していると考えてもよい. そうすれば，表の解，裏の解と内輪，外輪の突起の幅には次のような関係がある.

1回目操作 (内輪 1)　$\underline{9.5}-1 \;= 9-0.5$

2回目操作 (内輪 2)　$8 \;-\underline{2.5} = 6-0.5$

3回目操作 (内輪 3)　$\underline{4} \;-4 \;= 0.5-05$

これは，

(左まわりの解)－(右まわりの解)

＝(外輪の作動可能な幅)－(外輪の突起の幅)

＝(10－内輪の突起の幅)－(外輪の突起の幅)

である. 下線を引いたのが裏の解である. 図3と図4を重ねあわせて眺めれば，この式の意味は一目瞭然であろう.

外輪と内輪の突起の幅がすべてわかっているものとする. そうすれば，表の解に対応する裏の解がたちどころに計算されるであろう.

私はこのようにして裏の解を導いたのである.

ボール紙で外輪と内輪をつくり，それに竹串をさし込んでダイヤル錠の模型をつくってみた. ああでもない，こうでもないと思いながらも，錠の型状からして，必ず対になるあけ方があるはずだという強い信念のもとに，裏の解を見つけたのである.

何時間もいじくり回した結果，錠はついにあいた. このときの感激をどのように表現すれば皆さんにわかっていただけるだろうか. そのときの私の心は，くぎやピン止めで南京錠をあけては自慢しあっていた小学生の頃に戻っていた.

4. 共役複素数

複素数という概念は高校生のときにでてくる. 二次方程式を解いているとき，根が実数で表わせないときはじめてあらわれる. 複素数 z は，α, β を実数，i を虚数単位とするなら，

$$z = \alpha+\beta i \tag{1}$$

という形であらわされる. そしてこのとき必ず，共役ということを教わる. 共役複素数 $\bar{z}$ は，

$$\bar{z} = \alpha-\beta i \tag{2}$$

であり，二つの複素数の和および積は実数になるという.

$$z+\bar{z} = (\alpha+\beta i)+(\alpha-\beta i) = 2\alpha \tag{3}$$

$$z\times\bar{z} = (\alpha+\beta i)\times(\alpha-\beta i) = \alpha^2+\beta^2 \tag{4}$$

さて，実数を係数とする n 次代数多項式，

$$f(z) = a_0+a_1z+a_2z^2+\cdots+a_nz^n \tag{5}$$

を考える. 方程式

$$f(z) = 0 \tag{6}$$

の根 z は複素数の領域で必ず存在することは，代数学の基本定理として有名であるが，複素数 z が一つの根であるならその共役複素数 $\bar{z}$ も根であることを示そう. つまり，

$$f(\alpha+\beta i) = 0 \quad \text{ならば} \quad f(\alpha-\beta i) = 0 \tag{7}$$

なのである.

これを証明するために複素数 (1) および (2) を直接 (5) 式に代入して展開してもよいが，曲座標を用いたほうが簡単である. 半径 r と偏角 θ を使えば複素数は，

$$z = r(\cos\theta+i\sin\theta) \tag{8}$$

$$\bar{z} = r(\cos(-\theta)+i\sin(-\theta)) \tag{9}$$

とあらわされる. (8) 式を (5) 式に代入し，実数部と虚数部をわければ，

$$\begin{aligned} f(z) &= a_0+a_1\{r(\cos\theta+i\sin\theta)\}+a_2\{r(\cos\theta+i\sin\theta)\}^2 \\ &\quad +\cdots+a_n\{r(\cos\theta+i\sin\theta)\}^n \\ &= (a_0+a_1r\cos\theta+a_2r^2\cos 2\theta+\cdots+a_nr^n\cos n\theta) \\ &\quad +i(a_1r\sin\theta+a_2r^2\sin 2\theta+\cdots+a_nr^n\sin n\theta) \end{aligned} \tag{10}$$

となる. 一方，(9) 式を (5) 式に代入すれば，

$$\begin{aligned} f(\bar{z}) &= a_0+a_1\{r(\cos(-\theta)+i\sin(-\theta))\} \\ &\quad +a_2\{r(\cos(-\theta)+i\sin(-\theta))\}^2 \\ &\quad +\cdots+a_n\{r(\cos(-\theta)+i\sin(-\theta))\}^n \\ &= (a_0+a_1r\cos\theta+a_2r^2\cos 2\theta+\cdots+a_nr^n\cos n\theta) \\ &\quad -i(a_1r\sin\theta+a_2r^2\sin 2\theta+\cdots+a_nr^n\sin n\theta) \end{aligned} \tag{11}$$

となる. (10) 式 (11) 式において実数部を A，虚数部を B とするならば，

$$f(z) = A+Bi \tag{10$'$}$$

$$f(\bar{z}) = A-Bi \tag{11$'$}$$

となり，函数の値も共役の関係になっていることがわかる. さて複素数 z が代数方程式 (6) の根であるためには，実数部，虚数部がともにゼロでなければならない. すなわち，

$$A = 0 \quad \text{かつ} \quad B = 0 \tag{12}$$

でなければならない. この条件は共役複素数 $\bar{z}$ も根であることを示している.

式の展開にはド・モアブルの定理，

$$(\cos\theta+i\sin\theta)^n = \cos n\theta+i\sin n\theta \tag{13}$$

を用いた.

実数を係数とする代数方程式の根の関係は，先に説明したダイヤル錠の関係によく似ている. 代数方程式を錠にたとえるなら，2つの共役な複素根は2通りのあけ方に対応している. 解は常に対になって存在し，一方がわかれば必ず他方がわかるのである.

5. 何回であけられるか

ふたたび錠の話に戻ろう.

錠前はもともと盗難よけにつくられたものであるが，それ以外にアクセサリーやおもちゃとしての性格ももっている. 子供のころは錠をいじって遊んだことがある. 変わった錠があれば仲間に披露したりした. 錠をあける楽しみはどこか数学の問題を解く楽しさに似ていたように思われる.

遊びとしての錠をみるならば，何回の試行であけられるのかということが，専ら興味の対象になるだろう. 子供のころに出会った文字あわせ錠は単純なもので，0から9までの数字を刻んだ3枚の外輪からなっていた. だから，000 から 999 までの 1000 通りの数字を順次試していけばよかった. すなわち時間さえかければあいたのである. 今日では，これでは困るので5桁のものが出まわっている. 00000 から 99999 までの 100000 通りの組みあわせを全部あたってみるなどの暇人はいないであろう.

さて，ダイヤル錠について何回であけられるかを検討してみよう. 操作は3回，右まわりからはじめるという仮定でいけば，

$$10\times10\times10 = 1000 \text{ 通り}$$

と答えるであろう. ダイヤル錠の内部構造をよく知っている者は，2回目と3回目の試行回数をそれ以下とするだろう. つまり図1で示した外輪と内輪の突起の幅から，2回目は9まで，3回目は6までである. したがって，

$$10\times9\times6 = 540 \text{ 通り}$$

と短縮されることになる.

昔，「金庫破り」という映画をみたことがある. 錠前屋を本職とする主人公が，どんな金庫でもつぎつぎにあけてしまうといった非常に痛快な喜劇であった. 今日のスパイものの映画でも金庫破りは一つの見せ場になっている. そしてよく見る光景は，金庫に聴診器のようなものをあてている行為である. 何をしているのだろうか. あんなものでよくあけられるなあと不思議に思ったことがある. 恐らくあれは，内輪の枚数，各内輪の突起の幅を計算しているに違いない. さらに切りこみの位置も聴きとっていることになるのだろう. しかしあれは映画の中だけの話であろう.

6. 錠のない世界

錠の発達は金庫の発達とともにある.

初期のかんぬき式のものから南京錠，シリンダー錠からダイヤル錠へと，盗みの技術（?）が進めば進むほど錠の構造は高度で複雑なものになってきている. 盗もうとする者と盗まれまいとする者のいたちごっこのようなものである.

錠前は本当に必要なのであろうか.

もし，物資や財貨が豊富であり，均等に与えられているなら盗みはおこらないのではないだろうか. したがって錠自身もこれほど発達しなかったのではないだろうかと思ったりする.

都会で今日，自転車に鍵をかけずに一日放置しておけば，必ず明日自転車はなくなっているであろう. それを防ぐため前輪に鍵をかけ，さらにチェーン錠でしっかりと守っておかねばならない. かなしむべきことだ.

鍵をかけあう必要のなかった古代の世界に戻りたいものだ.　　(にしやま ゆたか／日本アイ・ビー・エム)