「桁数が直線的に向上することの危険性」

札幌創成高校　外山尚生

§０　はじめに

先日、とある模擬試験の問題にこのような記述があった。「…コンピューターが処理できる桁数が毎年直線的に向上していくと仮定して…」。この記述を見たとき私のペンが止まった。はたして桁数が直線的に向上するということがあり得るのだろうか？

このレポートでは桁数が直線的に向上するとどうなるのかを数学的に考えていきたい。

§１　問題の分析

今回考えてみたい問題は次のような問題である。

高校の将棋部に所属する太郎さんは、コンピュータがチェス、将棋、囲碁のチャンピオンやプロに勝つらしいということを聞いた。そこで調べてみると、次のようなことがわかった。

・チェスは一手あたり可能な指し方が約 30 通りあり、一局の平均手数が約 80 手である。よって、一局あたりの試合展開のパターンが約 30^{80} 通りある。
・将棋は一手あたり可能な指し方が約 80 通りあり、一局の平均手数が約 115 手である。よって、一局あたりの試合展開のパターンが約 80^{115} 通りある。
・囲碁は一手あたり可能な指し方が約 250 通りあり、一局の平均手数が約 150 手である。よって、一局あたりの試合展開のパターンが約 250^{150} 通りある。

以下、一局あたりの試合展開のパターンを
チェスはちょうど 30^{80} 通り
将棋はちょうど 80^{115} 通り
囲碁はちょうど 250^{150} 通り
として考える。

【中略】

太郎さんがインターネットで調べたところ、次のようなことがわかった。

・1997年に「Deep Blue」というチェス専用のスーパーコンピュータがチェスの世界チャンピオンに勝った。
・2015 年に「AlphaGo」という囲碁のAIソフトがプロ棋士に勝った。
【脚注略】

しかし、将棋についてはわからなかった。そこで、この二つの年をそれぞれ、チェス、囲碁において「コンピュータが人間に追いついた年」とし、コンピュータが処理できる桁数が毎年直線的に向上していくと仮定して、将棋において「コンピュータが人間に追いついた年」を計算してみることにした。

【中略】

将棋において「コンピュータが人間に追いついた年」は $\boxed{}$ 年と考えられる。

最初のパターンの仮定については手数が進んでいくと可能な指し方がだんだん減っていくような気がするが、ここは正しいものと認めることにしよう。まずはこれを解いてみよう。

$\log_{10}2=0.3010$ 、 $\log_{10}3=0.4771$ とする。

$\log_{10}30^{80}=80(1+\log_{10}3)=118.168$ より $10^{118}<30^{80}<10^{119}$ 。したがってチェスの一局あたりの試合展開パターンの数の桁数は 119 桁である。

$\log_{10}80^{115}=115(1+3\log_{10}2)=218.845$ より $10^{218}<80^{115}<10^{219}$ 。したがって将棋の一局あたりの試

合展開パターンの数の桁数は219桁である。

$\log_{10}250^{150}=150(3-2\log_{10}2)=359.7$ より $10^{359}<250^{150}<10^{360}$ 。したがって囲碁の一局あたりの試合展開パターンの数の桁数は360桁である。

コンピュータが処理できる試合展開パターンの数の桁数を y 、コンピュータが人間に追いついた年を x とするとコンピュータが処理できる桁数が毎年直線的に向上していくから、

$$y-119=\frac{360-119}{2015-1997}(x-1997)$$

$$y=\frac{241}{18}x-\frac{479135}{18}$$

$y=219$ のとき $x=2004.4\cdots$

よって将棋においてコンピュータが人間に追いついた年は2004年である。

この模擬試験においては概算を使ってもっと大雑把に計算しているが、このレポートで考えてみたいのははたして「コンピュータが処理できる桁数は毎年直線的に向上していく」のだろうかということだ。このことを仮定すると大変なことになる。

§２　桁数が直線的に向上することの危険性

そもそもこの問題はコンピュータの処理できる試合展開のパターンを考えていた。すると、コンピュータの処理できるパターンの数の桁数をコンピュータの能力とするのはいささか疑問が残る。コンピュータの処理できるパターンの数を p として桁数が直線的に向上することの危険性を考えてみたい。

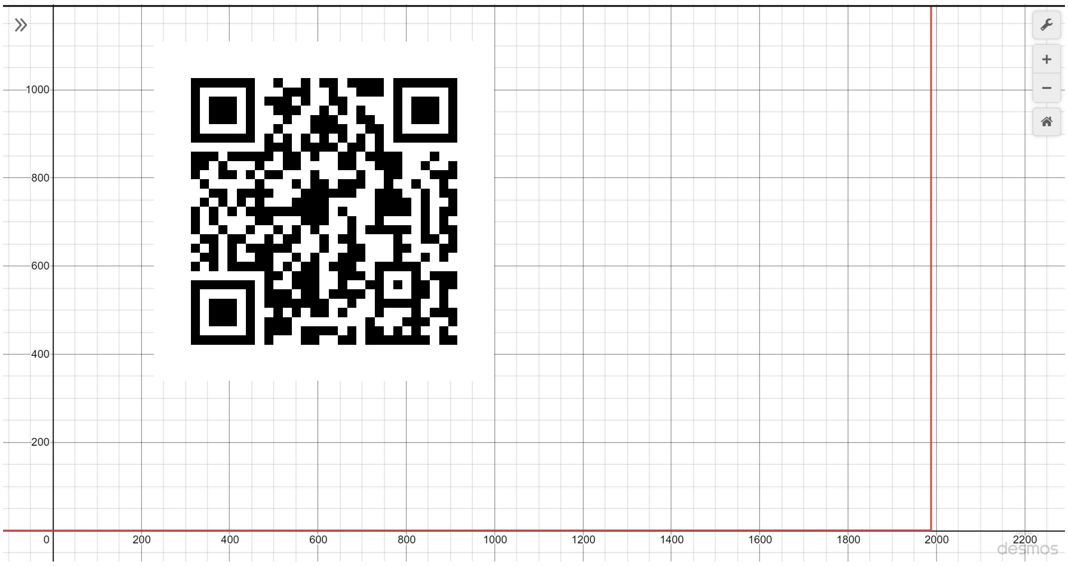
まず、p と y には $y=[\log_{10}p]+1$ の関係があるから、 $y-1\leqq\log_{10}p<y$ より $10^{y-1}\leqq p<10^{y}$ となる。例えば、 $y=1$ のときは $1\leqq p<10$ となるが、 $y=360$ のときは $10^{359}\leqq p<10^{360}$ となり、 p の有効範囲の幅はかなり大きい。すなわち y が大きければ大きいほど有効範囲が大きくなり、誤差が大きくなってしまう。

これだけでも結構危険であるが、ここは大雑把に考えて $y=\log_{10}p$ として考えてみよう。

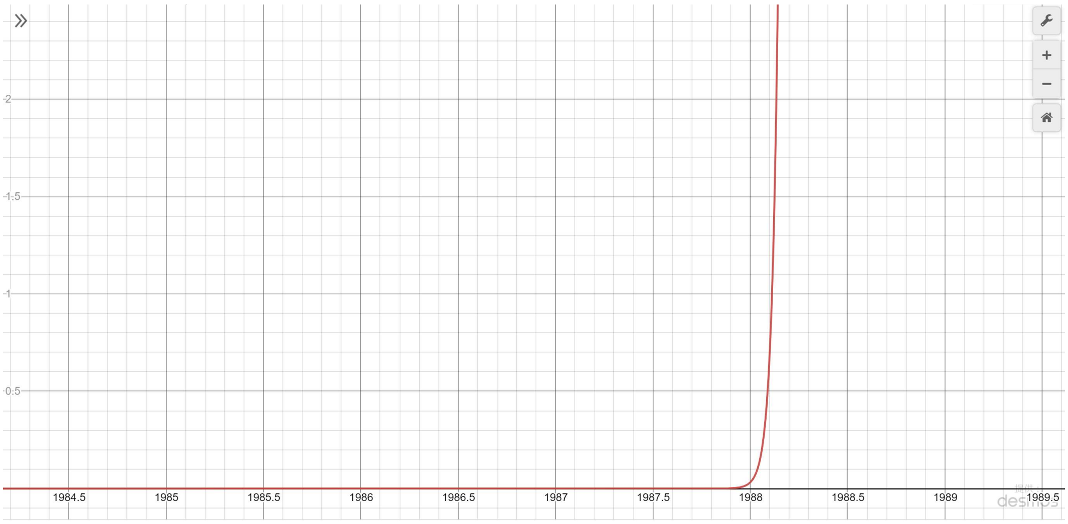
$y=\frac{241}{18}x-\frac{479135}{18}$ の関係があるから $p=10^{\frac{241x-479135}{18}}$ の関係がある。つまり年を追うごとにコンピュータの処理できるパターン数は指数関数的に伸びる。

1年間でコンピュータの能力は $10^{\frac{241}{18}}\fallingdotseq 2\times10^{13}=20000000000000$ 倍になるのだ。かなり危険そうだ。

グラフにしてみた。



かなり危険だ。グラフが増え始めるところを拡大してみると次のようになる。



グラフが増え始めるのは大体１９８８年ころらしい。結構最近だ。１９８８年にやっとコンピュータは１パターンの計算ができるようになる。

ちなみに１９８８年はラップトップ型のパソコンにCDROMが搭載されたころらしい。もはやフロッピーディスクとかワープロとか、PC−9801とかの立場がない。

せっかくなので２０２１年の現在のコンピュータの性能も計算してみよう。

$p=10^{\frac{241\times 2021-479135}{18}}=10^{440.3}\fallingdotseq 2\times 10^{440}$ パターンの計算ができる。ものすごい量の計算ができる。

でも、油断してはいけない。来年には $p=10^{\frac{241*2022-479135}{18}}=10^{453.7}\fallingdotseq 5\times 10^{453}$パターンの計算ができるようになる。今すぐにもパソコンを買い替えなければならない。

§３　まとめ

コンピュータの性能が爆発的に成長していくのは「桁数が直線的に向上していく」と仮定したからで、コンピュータの能力が指数関数的に成長していると仮定したからである。その結果、かなり危険なコンピュータの成長を見ることができた。これもまた、指数関数が爆発的に成長していくからであり、鼠算の凄さを考えてしまう。そういう意味では太郎さんの仮定はかなりの危険をはらんだ仮定であるといえよう。指数関数には危険がいっぱいだ。ご利用には注意して…。

【参考資料】

・とある共通テスト模試の問題。

・コンピュータの歴史（年表）（https://www.komazawa−u.ac.jp/~kobamasa/reference/nenpyo/computerHis_UeyamaS/computerHis_UeyamaS.htm）