

# 研究員 の眼

## 巨大数について(その1) — 数詞で表現される巨大数等 —

保険研究部 研究理事 中村 亮一  
TEL: (03)3512-1777 E-mail: nryoichi@nli-research.co.jp

### はじめに

今回は「巨大数」<sup>1</sup>について何回かに分けて説明していきたいと思っている。

「巨大数」というのは、まさにその言葉通りで、我々が日常生活で使用している数よりもはるかに大きな数、のことを指している。非常に巨大な数については「天文学的数字」と呼ばれることもある。ただし、その厳密な定義があるわけではない。巨大数についての研究は「巨大数論」とか、後に説明する「グーゴル (googol)」に因んで「グーゴロジー (googology)」と呼ばれている。

その世界はある意味で奥が深く、いまだ日々進化しており、どこまで説明しても切りがないところがあるように思われる。今回は、ある程度のところまで、またそれぞれの項目についての紹介も簡単に留めることにしたい。

まずは今回の研究員の眼では、数詞で表現される巨大数（あるいは巨大な数を表す数詞）を中心に、我々が通常、感覚的に認識可能で、指数関数で表現できるような巨大数について紹介したい。

### 無量大数

「無量大数 (むりょうたいすう)」という言葉はご存じの方も多いと思われる。無量大数は、漢字文化圏において名前が付与されている最大数を表している。無量大数がいくつを示すかは、時代や地域によっても異なっており、現在でも人によっては解釈が分かれるようであるが、一般的には「 $10^{68}$ 」を指しているとされている。そして、この場合の無量大数までの数詞は、次ページの図表の通りとなっている。

これらの数詞は中国から来ているが、恒河沙、阿僧祇、那由他、不可思議は仏教に由来しており、「無量大数」も元々は仏教用語の「無量数」（量ることができないほど大きな数）から来ている。「恒河沙」はガンジス川にある無数の砂<sup>2</sup>を意味しており、「阿僧祇」は「数えることができない」とい

<sup>1</sup> 巨大数に対する英語は「huge numbers」だと多くの人は思われるかもしれないが、英語のサイト等ではむしろ「大きな数」を意味している「large numbers」が使用されている。

<sup>2</sup> 実際のガンジス川の砂粒は  $10^{22}$  程度と見積もられているようである。

う意味を有し、仏典では、成仏するまでに必要な時間の長さを表すのに使用されている。「那由他」は、「極めて大きな数量」を意味しており、「不可思議」は、仏の智慧や神通力は思いはかったり言葉で言い表したりすることはできないことから、これが転じて、それほど大きい数字を表す、とされている。

この図表が示しているように、「万」までは1桁ごとに新たな数詞が付与されているが、「万」以降は、4桁ごとに新たな数詞が付与されるものとなっており、これを「万進法」と呼んでいる<sup>3</sup>。

なお、「無量大数」は、銀河系に含まれる原子の総数に概ね相当していると言われている。

因みに、宇宙の年齢は138億年と推定されているようだが、これを秒数で表すと1年が31,536,000秒(=365日×24時間×60分×60秒)となることから、宇宙の年齢は、 $4.351968 \times 10^{17}$ 秒となる。則ち、「無量大数」は言うに及ばず、「垓(=10<sup>20</sup>)」ですら、宇宙誕生以来、数を毎秒1回のペースで数えたとしても、未だたどり着けていない、ということになる。

数	数詞 (読み方)	数	数詞 (読み方)
10 <sup>0</sup>	一 (いち)	10 <sup>32</sup>	溝 (こう)
10 <sup>1</sup>	十 (じゅう)	10 <sup>36</sup>	澗 (かん)
10 <sup>2</sup>	百 (ひゃく)	10 <sup>40</sup>	正 (せい)
10 <sup>3</sup>	千 (せん)	10 <sup>44</sup>	載 (さい)
10 <sup>4</sup>	万 (まん)	10 <sup>48</sup>	極 (ごく)
10 <sup>8</sup>	億 (おく)	10 <sup>52</sup>	恒河沙 (ごうがしゃ)
10 <sup>12</sup>	兆 (ちょう)	10 <sup>56</sup>	阿僧祇 (あそうぎ)
10 <sup>16</sup>	京 (けい)	10 <sup>60</sup>	那由他 (なゆた)
10 <sup>20</sup>	垓 (がい)	10 <sup>64</sup>	不可思議 (ふかしぎ)
10 <sup>24</sup>	秭 (し) (じょ)	10 <sup>68</sup>	無量大数 (むりょうたいすう)
10 <sup>28</sup>	穰 (じょう)		

## 不可説不可説転

一般的には「無量大数」が最大の数詞と考えられているが、例えば、仏教経典の「華嚴経 (八十華嚴)」にはさらに大きな数も表す123の命数(数詞)が記述されており、n番目の命数は10の $7 \times 2^{(n-1)}$ 乗になっている。

これによれば、次ページの図表が示すように「俱胝(くてい)(=10<sup>7</sup>)」をスタートに、俱胝の俱胝倍(俱胝の二乗)(=10<sup>14</sup>)が「阿庾多(あゆた)」、阿庾多の阿庾多倍が「那由他(なゆた)」「(=10<sup>28</sup>)」という形で、べき乗の係数が倍々で増えていく形になっている。即ち、それまでの数詞を全て使用しても表現できない数を新たな数詞で表現する形になっている。

この最後の123番目の数詞が「不可説不可説転(ふかせつふかせつてん)」と呼ばれるもので、

$$1 \text{ 不可説不可説転} = 10^{7 \times 2^{122}} = 10^{37218383881977644441306597687849648128} \doteq 10^{3.7 \times 10^{37}}$$

となっている。

<sup>3</sup> 一方で、アラビア数字を使用して数値を表す場合には、三桁ごとにコンマや空白を設ける等の表記がなされ、英語等の西洋方式に準じたものとなっている。これらの状況については別途の研究員の眼で報告することとする。

「不可説」というのは、「悟りの境地は言葉では説明できない」ということを意味している。なお、これに至るまでの名称は、112 番「不可数」（数えることができない）、114 番「不可称」（称えることができない）、116 番「不可思」（思うこともできない）、118 番「不可量」（量ることができない）、120 番が「不可説」となっており、それぞれの文字が表す意味合いの重さのレベルが反映される形になっている。また、これらの数詞の後に「転」という漢字を最後に付与した数詞が使用されているが、これはべき乗を倍にすることを意味しているようだ。

いずれにしても、「不可説不可説転」は、無量大数とは比較にならないほど大きな数（無量大数の 5400 溝 ( $10^{32}$ ) 乗がおよそ 1 不可説不可説転) を表しており、後に紹介するように、これに相当するものを現実の世界で示すことは難しい。

従って、これらの数は、あくまでも実用的な数ではなく、計算できないほどの大きな数を示すことで、人間には想像もできず、また到達が困難な、悟りの功德の大きさを表している、とされているようだ。

八十華嚴における命数

数	名称
$10^7$	俱胝（くてい）
$10^{14}$	阿庾多（あゆた）
$10^{28}$	那由他（なゆた）
$10^{56}$	頻波羅（びんばら）
$10^{112}$	矜羯羅（こんがら）
$10^{224}$	阿伽羅（あから）
・・・	・・・・・・・
$10^{4652297985247205555163324710981206016}$	不可説（ふかせつ）
$10^{9304595970494411110326649421962412032}$	不可説転（ふかせつてん）
$10^{18609191940988822220653298843924824064}$	不可説不可説（ふかせつふかせつ）
$10^{37218383881977644441306597687849648128}$	不可説不可説転（ふかせつふかせつてん）

(注) 同じ「那由他」でも、前ページの図表とは異なっている。

## 英語の場合の巨大数の数詞

英語の命数法には、「short scale」と「long scale」と呼ばれる 2 種類があり、それぞれ次ページの図表の通りとなっている。short scale では、1,000 倍ごとに新しい名前が付与され、long scale では、1,000,000 倍ごとに新しい名前が付与される。

なお、英国やオーストラリア、ニュージーランド等では、以前は long scale が使用されていたが、最近では大部分が short scale に移行している。結果として、現在ではほぼ米国や英国等の英語圏では short scale が、英語圏以外の大陸欧州（中・西欧）では long scale が使用されているようである。

また、これによれば、最も大きな数詞は、「centillion」（ $=10^{303}$ ）となっている。即ち、「million」からスタートして、3 ないしは 6 ずつべき乗が増加していき、100 番目に相当するものが、数字の 100 を表す接頭辞である「centi」を使用した「centillion」となっている。

なお、図表にはないが、「vigintillion」の「viginti」は20（番目の）を意味しており、その次は21を意味する「unviginti」を使用した「unvigintillion（Short Scaleでは $10^{66}$ ）」等と続いていくことになる。これにより、無量大数（ $10^{68}$ ）は、英語（Short Scale）ではone hundred unvigintillionと表現されることになる。

#### 英語の数詞

	Short Scale	Long Scale		Short Scale	Long Scale
Million	$10^6$	$10^6$	Duodecillion	$10^{39}$	$10^{72}$
Billion	$10^9$	$10^{12}$	Tredecillion	$10^{42}$	$10^{78}$
Trillion	$10^{12}$	$10^{18}$	Quattuordecillion	$10^{45}$	$10^{84}$
Quadrillion	$10^{15}$	$10^{24}$	Quindecillion	$10^{48}$	$10^{90}$
Quintillion	$10^{18}$	$10^{30}$	Sexdecillion	$10^{51}$	$10^{96}$
Sextillion	$10^{21}$	$10^{36}$	Septendecillion	$10^{54}$	$10^{102}$
Septillion	$10^{24}$	$10^{42}$	Octodecillion	$10^{57}$	$10^{108}$
Octillion	$10^{27}$	$10^{48}$	Novemdecillion	$10^{60}$	$10^{114}$
Nonillion	$10^{30}$	$10^{54}$	Vigintillion	$10^{63}$	$10^{120}$
Decillion	$10^{33}$	$10^{60}$	.....	...	...
Undecillion	$10^{36}$	$10^{66}$	Centillion	$10^{303}$	$10^{600}$

#### googol（グーゴル）、googolplex（グーゴルプレックス）

なお、これらとは別に、以下の有名な数詞もある。

「googol（グーゴル）」は、20世紀に米国の数学者エドワード・カスナー（Edward Kasner）が広めた単位である。彼の9歳の甥のミルトン・シロッタが、1の後に100個のゼロがある名前を考えるように頼まれた時に提案したものとされている。なお、カスナーは1に0がグーゴル個続く「googolplex（グーゴルプレックス）」の命名もしている。

googolは、検索エンジンGoogleの名前の由来になっており、googolplexはGoogle本社社屋の愛称であるGoogleplexの名前の由来になっていることで知られている。

googol	$10^{100}$
googolplex	$10^{\text{googol}}$
googolduplex(googolplexplex)	$10^{\text{googolplex}}$
googoltriplex	$10^{\text{googolduplex}}$

1 googolは、下記で紹介するように、観測可能な宇宙に存在する素粒子の数よりも大きいですが、チェスや将棋や囲碁のゲーム木<sup>4</sup>（手法）の数よりは小さい、とされている。一方で、1 googolplexはとてつもなく巨大な数で、そもそも、観測可能な宇宙の質量を全て利用しても1 googolplexを十進法で印刷することはできない、とされている。

<sup>4</sup> 組合せゲーム理論において、ゲームの盤面を有向グラフのノード（点、節）で、手をエッジ（線、枝）で表したもの

## これまで紹介した数字の比較

なお、ここまで紹介してきた数詞単位を比較すると、以下の通りとなっている。

無量大数 < googol < Centillion < 不可説不可説転 < googolplex

仏教の世界で考えられていた最大の数詞である「不可説不可説転」も、「googolplex (グーゴルプレックス)」と比較すれば、(10<sup>63</sup>の桁数レベルの違いがある) 極めて小さな数ということになる。

## (参考)キロ, メガ, ギガ

ところで、コンピューターのメモリーやハードディスクの容量を表す際に、メガやギガといった用語が使用される。これは単位の接頭辞で、キロ (Kilo) は 10<sup>3</sup> (千)、メガ (Mega) は 10<sup>6</sup> (百万)、ギガ (Giga) は 10<sup>9</sup> (十億) となっており、それぞれ K、M、G で表される。

これも西洋型の命数法で、3 桁ごとに新しい名称が付与されていく。ギガ以降も含めて、以下の通りになっている。

キロ (Kilo)	10 <sup>3</sup>	ペタ (Peta)	10 <sup>15</sup>
メガ (Mega)	10 <sup>6</sup>	エクサ (Exa)	10 <sup>18</sup>
ギガ (Giga)	10 <sup>9</sup>	ゼタ (Zetta)	10 <sup>21</sup>
テラ (Tera)	10 <sup>12</sup>	ヨタ (Yotta)	10 <sup>24</sup>

## 身近(?)な巨大数

それでは、実際に身近(?)に見られる巨大数としては、どのようなものがあるのだろうか。

これについては、例えば以下のようなものが挙げられる (一部の数値については、各種の推定値がある中で、1つの例示数値を挙げているので、ここでの数値には異論があるかもしれない。あくまでも巨大数のレベル感を知るためのものとして、参考程度に留めていただきたい)。

### 1. 金融・経済関係

- ・日本の GDP (2020 年) 約 500~550 兆円 (=5.0~5.5×10<sup>14</sup> 円)
- ・世界の GDP (2020 年) 約 9 千兆円 (=9×10<sup>15</sup> 円)

### 2. 物理学・天文学関係

- ・地球の質量 約 5.9724×10<sup>24</sup>kg
- ・太陽の質量 約 1.989×10<sup>30</sup>kg (地球の約 33.3 万倍)
- ・アボガドロ定数 (物質 1 mol を構成する粒子の個数を示す定数) (高校の化学で出てくる)  
6.02214076×10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>
- ・地球上に存在する原子の数 100 極個 (10<sup>50</sup> 個) レベル
- ・エディントン数 (観測可能な宇宙に存在する陽子の数としてアーサー・エディントンが予想した数)

$$136 \times 2^{256} \doteq 1.575 \times 10^{79}$$

- ・観測可能な宇宙に存在する素粒子の数  $10^{97}$  個レベル  
 なお、「宇宙論で登場した最大の数」として、以下が挙げられている。
- ・宇宙のポアンカレ回帰時間（複数の宇宙の全質量を1個のブラックホールに圧縮して、その蒸発後に、ポアンカレの回帰定理に従い、再びブラックホールができるまで時間）

$$10^{10^{10^{10^{10^{1.1}}}}}$$

### 3. 生体関係

- ・人間の体の細胞数 約 60 兆個 ( $=6 \times 10^{13}$  個)
- ・人間のシナプス（神経細胞の接続）数 約 150 兆本 ( $=1.5 \times 10^{14}$  本)

### 4. 組み合わせ

- ・ $3 \times 3$  のルービックキューブの組み合わせ数 約 4325 京通り ( $=4.325 \times 10^{18}$  通り)
- ・トランプ 52 枚の組み合わせ数 (52!) 約 8066 不可思議通り ( $=8.066 \times 10^{67}$  通り)  
 (つまり、無量大数の 8 割程度)

以下のゲームの推定値は、各種の前提に基づくものであり、完全解析は困難とされているようだ。

- ・シャノン数（チェスのゲーム木（手法）のサイズ）  $10^{120}$  通り  
 (一方で、実現可能な局面数としては  $10^{43}$  通り)
- ・将棋のゲーム木（手法）のサイズ  $10^{220}$  通り（実現可能な局面数としては  $10^{62 \sim 70}$  通り）
- ・囲碁の実現可能な局面数  $2.081681994 \times 10^{170}$  通り

### 5. 数学関係

- ・巨大な素数（2018 年 12 月時点で確認されている最大素数）

$$2^{82,589,933} - 1 \quad (\approx 1.488 \times 10^{24862047}) \quad (24,862,048 \text{ 桁})$$

- ・なお、素数分布に関する「スキューズ数」と呼ばれるものもあり、以下の通りである。

$$\text{第 1 スキューズ数} \quad e^{e^{e^{79}}} \left( \approx 10^{10^{10^{33.947}}} < 10^{10^{10^{34}}} \right)$$

$$\text{第 2 スキューズ数} \quad e^{e^{e^{e^{7.705}}}} \left( < 10^{10^{10^{964}}} \right)$$

これ以外にも「グラハム数」等の有名な巨大数があるが、これらについては次回の研究員の眼で紹介することにする。

## 最後に

今回は、巨大数の中で、数詞で表現される巨大数（あるいは巨大な数を表す数詞）を中心に紹介してきた。数詞で表現されているとは言え、通常は馴染みのない巨大な数字の世界なので、そんなものか程度に思われたかもしれない。それでも、我々がある程度理解でき、観測可能な数字の世界の中でも、このような巨大数の世界があるのだということを、少しでも認識していただければと思っている。

今回の研究員の眼で紹介した巨大数は、何とか階段状の指数表記で表現できるようなものとなっているが、これは巨大数全体のスケール感から言えば、まだまだと言えるものである。次回の研究員の眼では、数詞や指数表記等では表現が難しい、さらなる巨大数を表現するために、四則演算やべき乗等の演算を一般化した「ハイパー演算」の概念等があるので、これらについて紹介する。