

# 持続可能な人口の原理：成長の限界と人口波動モデル

The Principle of Sustainable Population: Limit of Growth and Population Wave Model

原 俊彦 (札幌市立大学 名誉教授)

Toshihiko HARA (Sapporo City University, professor emeritus)

E-mail : t.hara@scu.ac.jp

## はじめに

国連推計 (World Population Prospects 2019) (中位) によれば、世界の人口は 2005 年の 65.4 億人から 2015 年には 73.8 億人へ過去 10 年間で約 8.4 億人増加、依然、成長は続き、(2019 年) 現在の約 77 億人余りから 2030 年の 85 億人へ、さらに 2050 年には 97 億人、2100 年には 109 億人へ増加すると予想されている。しかし数百万年にわたる人類史全体を俯瞰すれば、このような指数関数的増加が始まったのは、最後の 1 万年、それも 17 世紀末頃からであり、地球環境の持続可能性という観点からも成長の限界あるいは終末論的な未来を示唆するものとなっている。

## 絶滅曲線あるいは指数関数的増加のフラクタル性

コーエン (Joel E. Cohen) は『新人口論』の中で、紀元前 100 万年から現在までの世界人口の変化をグラフ化し、離陸した飛行機が垂直な壁に沿い急上昇しているような、逆 L 字型のロングテールな曲線として描いている。垂直に近い人口増加後の 10 万年ほどが空白なので、この通りであれば人類は消滅する。確かにこの絶滅曲線は指数関数的増加の爆発的性質を示すものではあるが、実は過去の 1 万年のどの時点においても同じ形で描くことができる。つまり人口が指数関数的に増加する限り、初期値と直近値に十分な時間的距離を取り作図すれば常に逆 L 字型のロングテールな曲線となる。これは人口に限らず、指数関数的増加の曲線にフラクタル性 (どこを取っても同じ形になる) があるためと考えられる。

## 人口波動モデルのフラクタル性

マルサスが「幾何級数的」と形容した指数関数的増加のダブリングタイムは年率 1% で約 72 年、2% で 35 年ほどであり、1960 年代の人口爆発の時期 (1965 - 70 年 2.05%) には世界人口は 35 年 (約一世代) 毎に倍増する状況にあったことがわかる。しかし、このような爆発的な人口増加は人類史的な時間スケールで見れば一瞬の変化であり、遠からず成長の限界に直面し、成長率は 0% に漸近し人口増加は収束せざるを得ない。

つまり、指数関数的増加の爆発的性質から考え人口増加は短期間しか続かず、結果的に持続可能な人口はロジスティック曲線を描く。また歴史的に世界人口の増加がエポックごとに起きたことから、このロジスティック曲線がは 1 つではなく複数の曲線が連続したものであると想像できる。そこで簡単な (人口、人口成長率、成長限界からなる) ロジスティックモデルを作成し、一定の時間的間隔で成長限界が 10 倍に増加するシナリオでシミュレーションを行った。結果は想定通り、ロジスティック曲線が多段階で連なる人口成長カーブとなったが、この多段階のロジスティック曲線は全体としては 1 つのロジスティック曲線を描くことがわかった。つまり連続するロジスティック曲線にも指数関数的増加と同じようなフラクタル性があること、また成長限界後の収束期間を短く (あるいは全体の時間を十分に長く) 取れば、指数関数的増加のカーブと区別が付かないことが判明した。

## まとめ

人口は指数関数的に増加する (増加が人口にフィードバックされるため) が、成長率が 0 かマイナスでない限り、十分な時間があれば、いずれ成長限界に達しロジスティック曲線を描く。何らかの事情で成長の限界が上昇すれば、次のステージの成長に移行する。人口成長は複数の波動の連続ないし合成されたものである。また、このような運動が人口の持続可能性を生み出しているといえる。