

# 社会のマクロダイナミクス 世界システムの成長とコンパクト・マクロモデル

## Introduction to Social Macrodynamics: Compact Macromodels of the World System Growth

Andrey Korotayev

Artemy Malkov

Daria Khaltourina

Russian State University for the Humanities, Faculty of History, Political Science and Law  
Russian Academy of Sciences, Center for Civilization and Regional Studies, Institute of Oriental Studies

丘 雄二 / 訳

はじめに:社会のマクロモデルと人口動態

1. 世界人口増加のマクロトレンド
2. 世界人口増加のコンパクトなマクロモデル

はじめに:社会のマクロモデルと人口動態(注1)

人間社会は絶えず変化と発展を続ける複雑な非平衡システムである。社会進化は複雑で、多くの変数が絡み合っており、また矛盾に満ちている。多岐にわたる要素を単純化したり、間引いたり、あるいは無視すれば、誤差が増幅されたり、研究対象のプロセスを大きく誤って理解すると多くの研究者は考えがちである。言い換えれば社会進化に関しては、シンプルな一般法則などというものは在りえないという前提がアカデミアの世界では支配的なのである。とくに人文科学の研究者で、社会プロセスの予見不能性に直面している人々には、そのような傾向が強いように見える。

きわめて複雑なシステムとしての人間社会にアプローチする方法として、さまざまなレベルでの抽象度やタイムスケールを認識する必要がある。もし科学的分析の主な目的が、ある程度高い抽象度での諸法則の発見を通じて、諸システムに影響を及ぼす主要な諸力を見出すことにあるとすれば、一般法則からディテイルや逸脱(偏差: deviation)を抽出することは、諸法則からの計測可能な偏差やディテイルを、より短いタイムスケールや詳細度で量的に把握することに役立つであろう。数学的モデリングの分野での最近の成果によって、社会進化を正確で十分にシンプルなマクロ法則としてあらわすことができるようになった。現段階のわれわれの目的は、数学的諸モデルの族(a family)について議論し、計測可能な変数や実証可能な関係性の検証に向けて、これをいっそう特定化することである。

物理学が(他の諸科学との比較において)多大な成果を上げ、目覚しい進歩を遂げたのは、数学的方法と対象事象についての知見とを、うまく統合することができからである。数学の導入によって物理法則の本質に深く踏み込み、科学技術革命に向けて基礎の構築ができたのは近代以降のことである。その統合は、ある重要な条件が満たされなければ実現しなかった。数学は式と数で演算をおこなう。物理学の世界でも、方程式と数という言葉への置き換えが必要であった。そのために物理量を測定する効率的な方法の開発と、度量単位(測度)の導入が必要になった。物理学者は、長さ、重さ、時間などの基本的な変数を手始めとして、電荷、粘度、インダクタンス、スピン、その他の変数の測定方法を確立していった。これらはその後の重要な物理理論の発展に不可欠のものであった。

これとの類比で言えば、社会科学と数学との建設的な統合についても、社会的変数の適切な測定方法の導入が必要である。社会科学においても、物理学の場合と同様に、比較的簡単に測定可能な変数もある一方で、測定方法について工夫を要する変数や、補助的なモデルの設定を要する場合もあるであろう。

直接の測定が比較的容易な社会的変数の一つに人口がある。人口の動態分析は科学的理論の計量分析について何らかの可能性を示唆するようであり、したがって社会科学者の特別な関心を集めてきたのも驚くべきことではない。生物学の分野における数学的手法の導入が、かなりの程度、個体数のダイナミクスの記述に際して始まったという点にも注目すべきである。

ここでのデータが基本的に測定可能であるということはきわめて明白である。また人口動態ダイナミクスを表す次の基本式(0.1)も、保存則に由来するものだけにかなり簡明である。

$$\frac{dN}{dt} = B - D \quad (0.1)$$

ここに、Nは人口数、Bは一定期間中の出生数、Dは同じく死亡数である。ミクロのレベルでは、出生数と死亡数は、膨大な数の社会的パラメーターの影響を大きく受ける。そのようなパラメーターには、個々人が行う意思決定といった定型化がきわめて難しい「ヒューマン・ファクター」が含まれている。

(0.1)式では人間の空間的な移動が考慮されていない。したがって次のように新たな項を加える。

$$\frac{dN}{dt} = B - D - \text{div}J \quad (0.1')$$

ここでベクトルJは移民の流動を示す。この場合、移民のプロセスは外的要因の影響を受け易いことから問題は複雑さを増すことになる。

ミクロレベルでの人口動態を形式的に表現しようとする、個人や(世帯や核家族といった)少集団の行動に影響を及ぼす経済的、政治的、倫理的、その他の諸要素を関連付ける社会法則の定式化が十分に進んでいないために、ただちに深刻な問題に逢着する。さしあたって人口動態の諸過程の細かいディテールに踏み込まないとすれば、大規模な人口集団のダイナミクスを扱うマクロレベルでの表現が唯一の利用可能なアプローチになるであろう。大きな人口集団では、粗いメッシュでの抽象化を経たヒューマン・ファクターの影響が長いタイムスケールで表われることになる。

出生や死といった生物学的なプロセスは、人間だけでなく動物すべてに共通する特徴である。したがって人口動態のモデル化に際しては、生物学が用いているポピュレーション・モデル(Riznichenko 2002)を検討するのが自然なやりかたといえよう。

動物の個体数のダイナミクスを表現する基本的なモデルは、Verhulst(1838)が提案したロジスティック・モデルである。

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (0.2)$$

上の式は次のように表すことができる。

$$\frac{dN}{dt} = (a_1 N) - (a_2 N + bN^2) \quad (0.3)$$

ここに $a_1 N$ は、(0.1)式中の出生数 $B$ に対応し、また $a_2 N + bN^2$ は死亡数 $D$ に対応する。また $r$ 、 $K$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b$ は正の係数であり、それら相互には次の関係がある。

$$R = a_1 - a_2 \quad \text{および} \quad b = \frac{r}{K} \quad (0.4)$$

(0.3)式の考え方は次の通りである。出生率 $a_1$ は定数である。したがって出生数 $B = a_1 N$ は個体数のサイズに比例する。自然死亡率 $a_2$ も同じく一定と考えられが、総死亡数 $D = a_2 N + bN^2$ 中に2次の項 $bN^2$ があるのは資源には限界があり、個体数が無限に増えるのを抑えることを意味する。この係数 $b$ は種間競争係数と呼ばれる。

ロジスティック方程式で表されるポピュレーション・ダイナミクスは次のような特性を有する。初めのうち動物の個体数サイズがまだ小さい間は、指数 $r$ を $a_1 - a_2$ とする指数関数的な成長を示す。その後、生態的ニッチが埋まっていくにつれて、個体数増加率は低下し、最終的には定数 $K$ になる。「所与の個体数における生態的ニッチの環境収容力」と呼ばれるパラメーター $K$ の値は重要である。この値が資源に一定の制約がある場合のポピュレーション・ダイナミクスの平衡状態を決定し、成長の限界を定めることになる。

これとは別のポピュレーション・ダイナミクス・モデルとして良く知られたものに、ロトカ・ヴォルテラ方程式(Lotka 1925, Volterra 1926)がある。この方程式は「捕食 被食」モデルとも呼ばれる。この方程式は、2種類の相互に作用し合っている生物のうち、一方が他方の主な食餌である場合の、両種の個体数のダイナミクスをあらわすもので、(0.1)式に似た次の二つの方程式からなる。 $x$ は被食種の個体数、 $y$ は捕食種の個体数、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ は係数である。

$$\frac{dx}{dt} = Ax - Bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = Cxy - Dxy$$

このモデルは(0.2)と同じく、被食種の出生数とその個体数に比例すると想定している。また捕食種の死亡数もその個体数に比例する。被食種の死亡率と捕食種の繁殖率については、システム効果として処理している。つまり被食種が死亡するのは主に捕食種に遭遇することによるものであり、捕食種の繁殖率は餌(つまり被食種)の入手可能性に依存している。このモデルでは、被食種が捕食種に遭遇する平均回数は、主に両種の個体数サイズに依ると仮定して、被食種死亡数を $Bxy$ 、捕食種出生数を $Cxy$ とあらわしている。

このモデルは循環的なダイナミクスを示す。すなわち被食種個体数の増加は、捕食種個体数の増加を

もたらす。捕食種個体数の増加は、次に被食種個体数の減少をもたらす。被食種個体数の減少は、捕食種個体数の減少をもたらす。捕食種個体数が非常に少なくなれば、被食種個体数は急速に増える。このポピュレーション・モデルは生物学の研究では広く用いられている。人類も生物としての特質を持つことから、人間集団にも、これと類似の関係もしくは類推的な関係があてはまるかもしれない。

実際に人類の祖先が動物とあまり変わらなかった大昔であれば、(0.2)~(0.4)のモデルをほとんど無条件で適用できたかもしれない。しかし人類が新たな社会・技術的な環境に置かれるようになってからは、このようなモデルを直接適用することはできなくなった。とりわけ(0.2)モデルでは、環境収容力を外的諸要因で決定している。しかし人類の歴史を見れば、土地の収容力は大幅に向上してきた。したがって長期的に見た場合、環境収容力が一定であり、もっぱら外的諸要因によって決定されると想定することはできない。人間集団は、この諸要因に働きかけて環境の収容力に影響を及ぼすことができるのである。

(0.4)モデルについても人間集団への直接的な適用はきわめて限定されている。なぜなら人類は進化の非常に早い段階で捕食者から身を守る術を獲得しているからである。したがってこのモデルで言うところの被食種とはなり得ない。他方で人類は、被捕食種の個体数の変動に左右されない術も体得しているので、(0.4)モデルの想定するような「被食種個体数の変化にきわめて敏感な捕食種」にもなり得ない。(ただし高度な技能をもつ狩猟民族など非常に稀なケースについては、このモデルにも直接的な適用の余地があるであろう。)

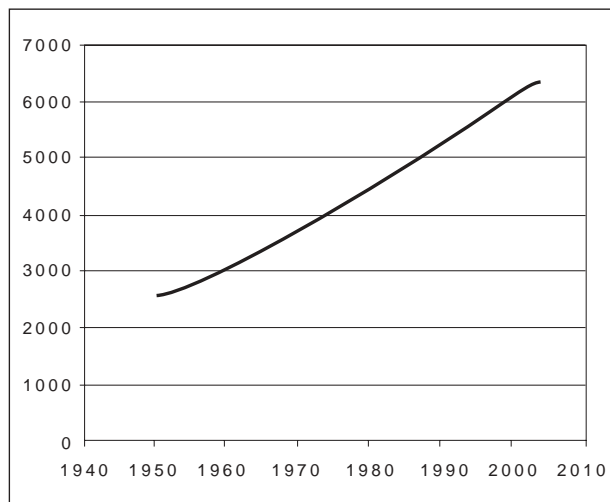
他方で、(0.4)モデルについては、人口動態モデルとして、これまでとは違った適用が可能かもしれない。具体的に言えば、ほとんどすべての農業社会の歴史的ダイナミクス(これに関連したデータは存在する)に見られる人口動態サイクルを表現するために、このモデルを利用することが可能である。この場合、「人口」が「餌(被食種)」の役割となり、「捕食種」の役割は人口の増加が環境収容力の上限に近づくにつれて発生の蓋然性が高まる、政治・社会的不安定、内戦、飢饉、疫病などに擬せられる。(詳細はKorotayev, Malkov, Khaltourina 2005: 211~54頁を参照。)人口動態にあらわれるサイクル自体も、数学上の研究対象として非常に興味深いテーマであり、近年活発な研究がなされている。(Usher 1989; Chu and Lee 1994; Malkov and Sergeev 2002, 2004; Malkov 2002; Malkov 2002, 2003, 2004; Malkov, Selunskaja, Sergeev 2005; Turchin 2003; Turchin and Korotayev 2006; Nefedov 2002, 2004; Korotayev, Malkov and Khaltourina 2005.)

複雑系の研究において知られていることであるが、ミクロ・レベルでのカオスのダイナミクスは、高度に決定論的なマクロ・レベルでの挙動を生じさせる。(Chernavskij 2004)密閉容器中の数10個の気体分子の行動をあらわすには、非常に複雑な数学的モデルを必要とする。そのようなモデルでも、カオスの要因を全部除去することはできないため、そのシステムの長期的なダイナミクスを予測することは不可能である。しかし莫大な数の気体分子の行動については、きわめてシンプルな方程式の表現があって、すべての基本的パラメーターのマクロ・ダイナミクスをほぼ完璧に記述することが可能である。誰も同じような法則性が人間の社会でも見られないものかと考えるであろう。つまり少数のごく簡単な方程式を使って、世界で最大の社会システムであるところの「世界システム」について、そのマクロ変動の多くの部分を説明することはできないのかということである。

## 1. 世界人口増加のマクロトレンド

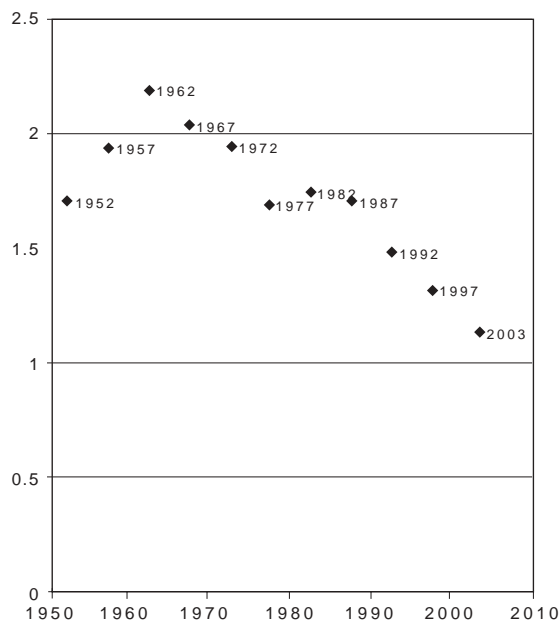
世界の人口は1950年から2003年にかけて次のグラフのような形で増加してきた。(グラフ1.1 注2)

グラフ1.1 世界人口の増加:1950年~2003年【単位:100万人】



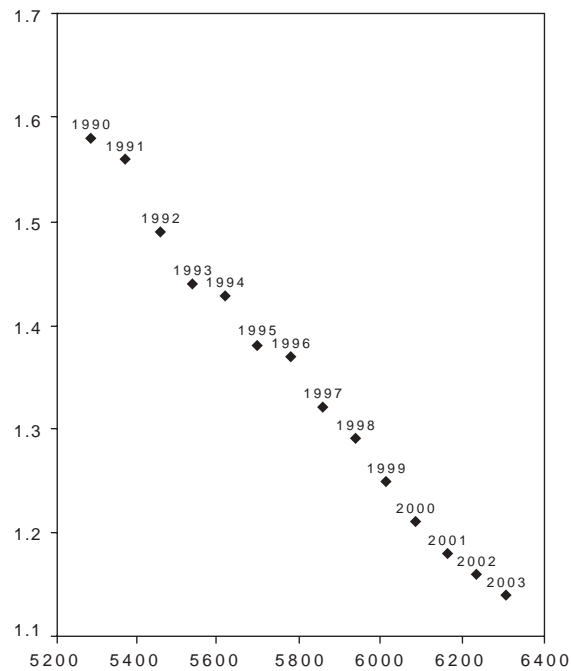
1950年から2003年にかけて、世界人口の増加は一見、ほぼ完全な直線になっている。しかし実際には、その年間増加率のダイナミクスを簡単に分析して見るだけでも、はるかに複雑な様相を呈していることがわかる。

グラフ1.2 世界人口の年間増加率のダイナミクス 1950~2003年【単位:%】



「グラフ1.2」に見る通り、1962年以前には人口増加率にかなり急な加速が見られた。しかし1963年以降には明らかな反転傾向があらわれて、年間増加率は着実に、また急速に減速している。実際のところ1990年から2003年にかけては、世界人口と世界人口増加率との間に、きわめて強い負の相関関係があらわれている。

グラフ1.3. 世界人口のサイズと年間増加率との相関関係 1990～2003年



「グラフ1.3」のデータの回帰分析の結果は、次の「表1.2」に示す通りである。

表1.2. 世界人口のサイズと年間増加率との相関関係 1990～2003年

(回帰分析)

モデル	非標準化係数		標準化係数	t	有意確立
	B	標準誤差	ベータ		
1 (定数)	3.903	0.064		61.290	0.0000000000000003
世界人口	-0.441	0.011	-0.996	-40.259	0.0000000000000004

従属変数:世界人口の年間増加率(%)

注記:R = 0.996 R<sup>2</sup> = 0.993

これは1990～2003年の間における世界人口のマクロ動態的变化の99.3%までを、次のきわめてシンプルな式で予測できることを意味する。

$$r = 3.9 - 0.44N \quad (1.1)$$

ここにNは10億人単位で表した世界人口であり、rは年間人口増加率(%)である。この見方によれば、最近のNとrとの関係がそのまま継続した場合に、今後の世界人口がどうなるのかを、次の式(「モデル1」)で予測することが可能になる。

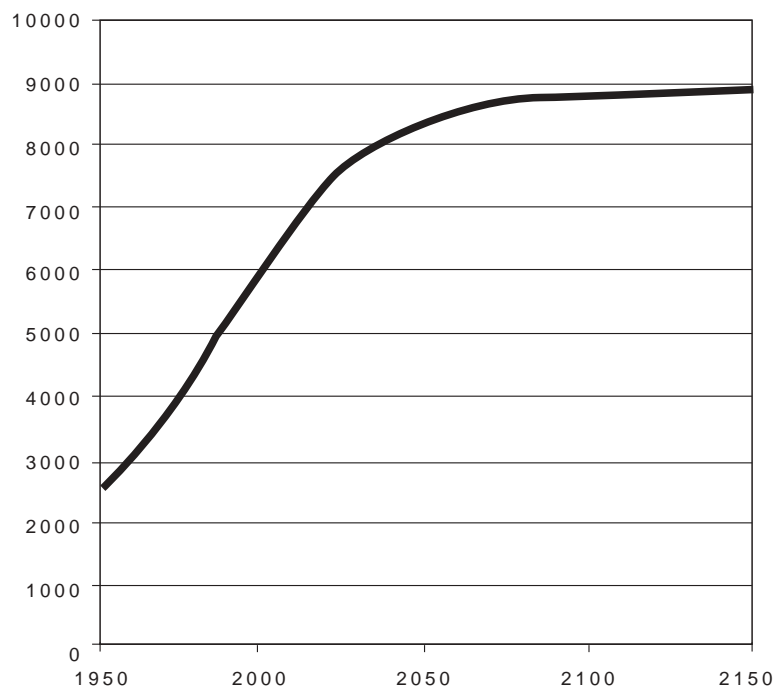
(モデル1):  $N_{i+1} = N_i (1 + (3.9 - 0.44N_i) / 100)$

2003年のN = 6,305,144,680人を初期値として各年の数値をシミュレートすると、次の「表1.3」および「グラフ1.4」のようになる。

表1.3 今後の世界人口(百万人):「モデル1」によるシミュレーション

年	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070
人口	6785.6	7360.6	7801.6	8126.0	8356.8	8517.2	8826.8
年	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2150
人口	8700.9	8750.6	8783.8	8805.8	8820.5	8830.2	8840.8

グラフ 1.4 世界人口の1950～2003年の推移と1990～2003年の動態的トレンドの外挿による予想



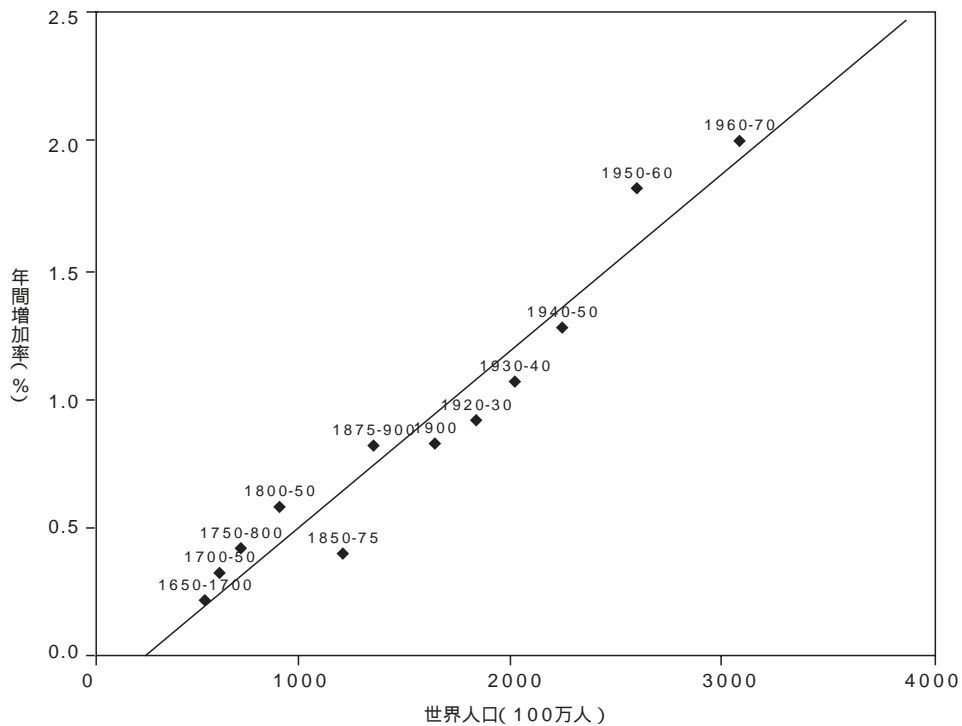
それでは、世界人口の実際の増加は、どの程度の確かさで、このパターンをたどるのであろうか。以下の節で見るように、このようなパターンを必ずしも根拠無しとはし得ない理論上および経験上の理由がある。まず1990～2003年の期間に見られた世界人口のサイズと増加率との強い線形関係のパターンは、過去の世界の人口動態の歴史では珍しいことではない。実際のところ人類の歴史の少なくとも直近2000年のほとんどの期間は、このようなパターンが支配してきた。(Kapitza 1992,1999; Kremer 1993)たとえば1650～1960年の期間において、この関係は次の「表1.4」および「グラフ1.5」のパターンを示していた。

表1.4 世界人口のマクロダイナミクス 1650～1960年

期間	各期初における世界人口(100万人)	当該期間中の年間増加率(%)
1650～1700	545.0	0.2253
1700～1750	610.0	0.3316
1750～1800	720.0	0.4463
1800～1850	900.0	0.5754
1850～1875	1200.0	0.3964
1875～1900	1325.0	0.8164
1900～1920	1625.0	0.8306
1920～1930	1813.0	0.9164
1930～1940	1987.0	1.0777
1940～1950	2213.0	1.2832
1950～1960	2555.4	1.8226
1960～1970	3039.3	2.0151

Kremer(1993:683頁)による推定

グラフ 1.5 世界人口のサイズと年間増加率との相関関係 1650～1970年





Kremerの1650～1970年のデータセットの回帰分析の結果は「表1.5」の通りである。

表1.5 世界人口のサイズと年間増加率との相関関係 1650～1970年

(回帰分析)

モデル	非標準化係数		標準化係数	t	有意確立
	B	標準誤差	ベータ		
2 (定数)	-0.172	0.099		-1.744	0.112
世界人口(百万人)	0.691	0.057	0.967	12.074	0.0000003

従属変数:世界人口の年間増加率(%)

R = 0.967 R<sup>2</sup> = 0.936 (1900～1970年では R = 0.981 R<sup>2</sup> = 0.962)

これは1650～1970年の期間の世界人口のマクロ動態的变化の93.6%を、次のようなもう一つのシンプルな式で予測できることを意味する。Nは10億人単位で表した世界人口であり、rは年間人口増加率である。

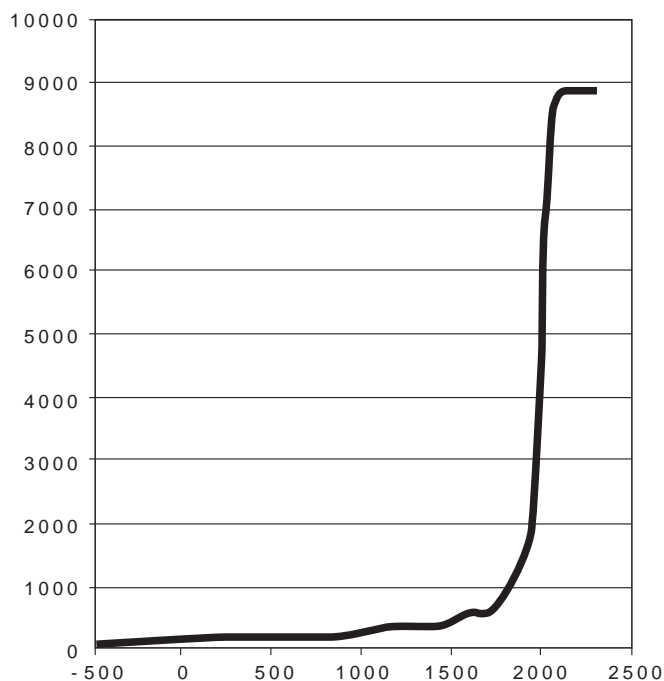
(モデル2):  $r = 0.69 N - 0.17$

また1900～1970年の間の世界人口のマクロ動態的变化についてはその96.2%までを、同期間のデータを同様に回帰分析した次のモデル3の式で予測できる。

(モデル3):  $r = 0.92 N - 0.71$

以上のように歴史的データの中に、世界人口のサイズと年間増加率の間に非常に明瞭で、またかなり均一な線形関係を数10年単位、あるいは場合によっては数100年単位で見出すことができる。世界人口増加の1990～2003年のデータを基にした外挿予測値と、紀元前500年から2003年までの人口増加のデータ(Kremer 1993、US Bureau of the Census 2004〔注3〕)とを組み合わせると、次の「グラフ1.6」が得られる。

グラフ 1.6 世界人口の増加 紀元前500年～西暦2300年【単位:100万人】



世界人口の増加のパターンについて、1990～2003年の期間と1962～3年以前の期間には、一つの大きな違いがある。1990～2003年の期間には、世界人口のサイズと年間増加率との間には強い負の相関関係がある。1962～3年以前の期間にも両変数の間には非常に強い相関関係があるが、こちらの関係は正である。1962～3年以前の世界の人口増加の長期的トレンドはハイパーボリック(hyperbolic: 双曲線関数的)であった。人口のハイパーボリックな成長とは、人口増加の絶対値が(人口とリニアに比例する指数関数的成長とは異なり)人口の自乗に比例することをいう。指数関数的な成長にあって、世界人口が1億人レベルの時に年間の増加数の絶対値が10万人であるとしよう。この場合、10億人のレベルでは年間100万人の増加を示す。(人口が10倍になれば、人口増加の絶対値も同じく10倍になる。)これに対してハイパーボリックな成長の場合には、世界人口が1億人レベルの時に年間の増加数の絶対値が10万人であるとすれば、10億人レベルでは年間1000万人の増加を示すことになる。(人口が10倍になれば、人口増加の絶対値は100倍になる。)指数関数的な成長の場合には、相対的な人口増加率は一定値のまま(上の例では0.1%)であるが、ハイパーボリックな成長の場合には、人口の絶対値のレベルにリニアに比例して変化する。(上の例では、人口が10倍に増えれば、年間の相対的増加率も(0.1%から1%へと)10倍増加する。)これに対して1990～2003年の期間の世界人口増加は逆双曲線関数(inverse hyperbolic、すなわち単純なロジスティック関数)として捉えられる。

## 2. 世界人口増加のコンパクトなマクロモデル

1960年代までの世界の人口増加が、ハイパーボリックな趨勢を示していることはかなり以前から知られていた。(von Foerster, Mora and Amiot 1960; von Hoerner 1975; Kremer 1993; Kapitza 1992, 1999年)1960年にvon Foerster, Mora and Amiotは、当時入手し得た世界人口のデータに基づいて統計分析を行い、世界人口(N)増加の一般的な形は、次の式で表される曲線でもっとも良く近似されることを見出した。

$$N = \frac{C}{t_0 - t} \quad (2.1)$$

ここにCと $t_0$ はそれぞれ定数であって、 $t_0$ はNが無限大になるような、この人口の趨勢における限界点に対応する。つまりこれは、そのような時点に達するよりかなり前に、成長トレンドの増加は止まるであろうという経験的な結論を理論的にあらわしている。(von Foersterはこの予想される $t_0$ を、皮肉に"Doomsday, Friday, 13 November, A.D. 2026"と名付けた。)

von Foerster, Mora and Amiotは、このプロセスを表現する際に、人口ダイナミクスの議論の通常の出発点である(0.1)および(0.3)の両式を修正することによって、彼らの経験的な観察を説明づけようとした。

$$\frac{dN}{dt} = B - D \quad (0.2)$$

ここに、Nは人数、Bは一定期間中の出生数、Dは同じく死亡数である。

$$\frac{dN}{dt} = (a_1 N) - (a_2 N + b N^2) \quad (0.3)$$

$a_1 N$ は、(0.1) 式中の出生数 $B$ に対応し、また  $a_2 N + bN^2$ は死亡数 $D$ に対応する。また  $r$ 、 $K$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b$  は正の係数であり、それら相互には次の関係がある。

$$r = a_1 - a_2 \quad \text{および} \quad b = \frac{r}{K} \quad (0.4)$$

集団中の個人同士が限られた環境内で競争をしている場合、競争をしている人数 $N$ が増えるにしたがって、人口増加率は顕著に減少するという観察から、彼らの議論は出発する。この状況が典型的にあてはまるのは、適切なコミュニケーションを欠くために、競争的なゼロサム多人数ゲームを展開する以外にはないという状況である。彼らの主張によれば、人口集団中の諸要素が『コミュニケーション・システムを有しており連合( coalitions )を形成できる場合』、あるいはとくに『すべての要素が相互に強くリンクしているために、特定の人口集団全体が、自然( nature )を相手側として、ゲーム理論で言うところの2人ゲームを行っている単一の人間だとみなせる』場合には、この状況はあてはまらない。( von Foerster, Mora and Amiot 1960 )このような場合、人口(  $N$ が連合の構成員、ただし $k > 1$  )が増えるにしたがって自然からの脅威は減少し、人口の増加率は高くなる。彼らはこのような状況については、次のような非線形性をとりいれたモデルを提唱した。

$$\frac{dN}{dt} = (a_0 N^{\frac{1}{k}})N, \quad (2.2)$$

$a_0$  および  $k$  は、実験的に決定される定数である。von Foerster, Mora and Amiotは実験データを分析して、 $a_0 = 5.5 \times 10^{-12}$ 、 $k = 0.99$ と定め、世界人口について次のような双曲線関数を得た。

$$N = N_1 \left( \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t} \right)^k, \quad (2.3)$$

この式で $k = 1.0$ ( von Hoerner 1975 )にすれば、より簡単な(2.1)式となり、また同じく次の式( Kapitza 1992,1999 )も導かれる。

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} \quad (2.4)$$

von Foerster、von Hoerner、Kapitza の各モデルは経験値には見事にフィットするが、ハイパーボリックな趨勢のメカニズムについては説明していない。これに対して次節でとりあげるKremer( 1993 )のモデルはこの点を説明している。しかしその説明はかなり複雑である。実際には世界人口の成長ダイナミクス的一般的な形を、以下で説明するような、われわれのきわめて簡単なモデルや、Tsirel ( 2004 )のモデルで表現することができる。(注4)

われわれは、Kremer ( 1993 )やKomlos and Nefedov ( 2002 )と同様の見解に立って、(この他にHabakkuk 1953; Postan 1950, 1972; Braudel 1973; Abel 1974, 1980; Cameron 1989; Artzrouni and Komlos 1985 )『人口は利用可能な技術によって限界づけられているというマルサスの仮説を前提とし、したがって人口の増加率は技術の発展速度に比例する』( Kremer 1993:681~2頁 )と想定する。(注5) さらにその上で、『人口が多ければ技術革新は加速する。なぜなら潜在的な発明家の数も増えるからである。(注6) 人口が多ければ幸運や賢明さによって新しいアイデアに行き着く人の数も比例して増えるであろう』( Kremer 1993:685頁 )という仮説を取り入れる。(注7)つまり『技術の発展速度は総人口

に比例する』(注8)と考えるのである。( Kremer 1993 : 682頁。この他にKuznets 1960; Grossman and Helpman 1991; Aghion and Howitt 1992, 1998; Simon 1977, 1981, 2000; Komlos and Nefedov 2002; Jones 1995, 2003, 2005なども参照。)このような二つのサブシステムの間を、数学的に最もシンプルにモデル化する方法(これについては、われわれの知る限りでは、まだ誰も提唱していない(注9))は、次の二つの微分方程式を組み合わせることである。

$$\frac{dN}{dt} = a(bk - N)N \quad (2.5)$$

$$\frac{dK}{dt} = cNK \quad (2.6)$$

この式でNは世界人口、Kは技術の水準である。bkは、地球が所与の技術水準(K)でサポートできる人間の数(N)に対応する。このようにコンパクトなモデルによって、1962 3年以前の世界人口の長期的なハイパーボリックな成長をかなりうまく再現することができる。上述の連立微分方程式から得られる次の差分方程式を用いて、1650年からシミュレーションを開始し、毎年の数字を計算した。

$$K_{i+1} = K_i + cN_iK_i,$$

$$N_{i+1} = N_i + a(bK_{i+1} - N_i)N_i$$

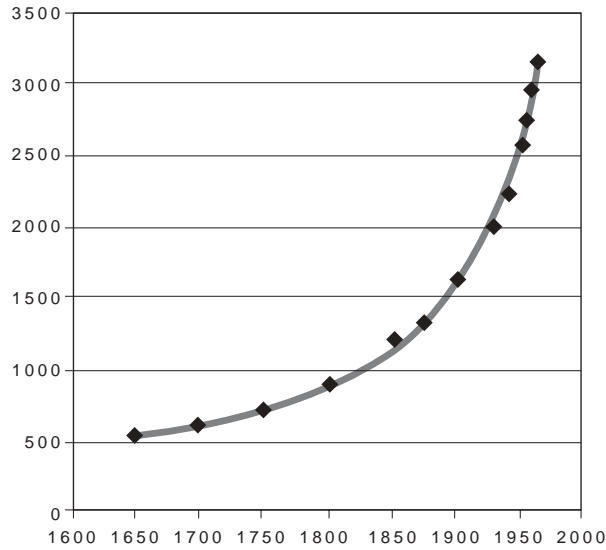
定数と初期条件には次の数値を用いた。

$$N = 0.0545 \text{ 百億人 (5億4500万人) (注10) }、a = 1、b = 1、K = 0.0545 \text{ (注11) }、C = 0.05135$$

このシミュレーションの結果は「グラフ2.1」および「グラフ2.2」に示すとおりである。このモデルはシンプルであるにもかかわらず、Kremer(1993)、US Bureau of the Census (2004)、その他の資料( Thomlinson 1975; Durand 1977; McEvedy and Jones 1978; Biraben 1980; Haub 1995; UN Polulation Division 2005、World Bank 2005 )が記述するような人口推定の各種の特徴や重要な転換点を十分に再現している。

グラフ2.1 世界人口増加のダイナミクス:予測値と観測値 1650~1962年 【単位:100万人】

グレーの実線はこのモデルにしたがって作成した。黒いマークは、1950年以前の期間についてはKremer(1993)の世界人口推定、1950~1962年についてはUS Bureau of the Census(2005)の世界人口データをプロットした。

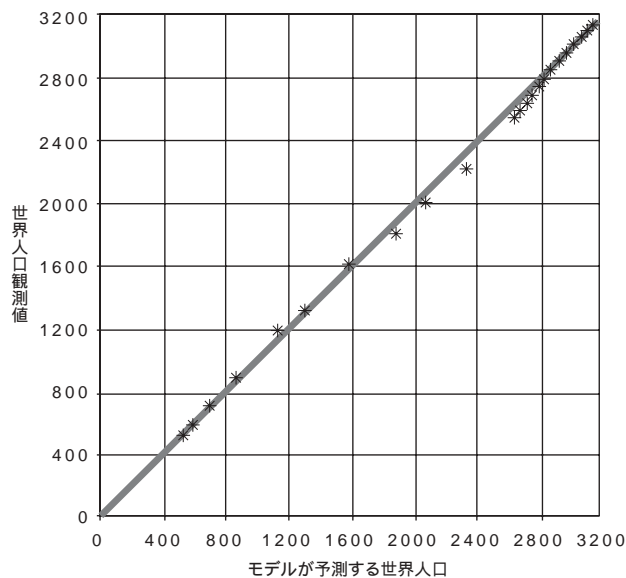


このシミュレーションの予測値と観測値の間の相関度は次のとおりである。

$$R = 0.9989, R^2 = 0.9978, p < < 0.0001$$

この数値は、最も複雑な社会システムである人口動態マクロダイナミクスを説明するためのシンプルなモデルとしては異例の適合度を示している。(「グラフ2.2」参照)

グラフ2.2 予測値と観測値との相関関係 1650~1962年



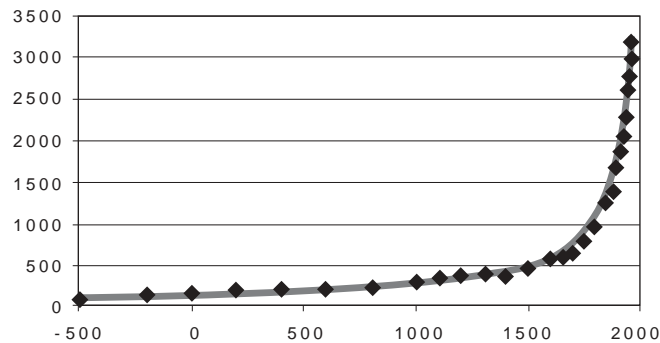
2番目のシミュレーションは紀元前500年から始めた。定数と初期条件には次の数値を用いた。

$$N = 0.01 \text{ 百億人 (すなわち1億人)}, a = 1, b = 1, K = 0.01, C = 0.04093$$

このシミュレーションの結果は、「グラフ2.3」および「2.4」に示すとおりである。本モデルがシンプルであるにもかかわらず、またこのような長期間についてでも、Kremer(1993)、US Bureau of the Census(2004)その他の資料が記述している特徴の多くと重要な転換点を、なお相当程度再現できることを示している。

グラフ2.3 世界人口増加のダイナミクス: 予測値と観測値  
紀元前500年～西暦1962年 【単位: 100万人】

グレーの実線は本モデルにしたがって作成した。黒いマークは、1950年以前の期間についてはKremer(1993)の行なった世界人口推定、また1950～1962年についてはUS Bureau of the Sensus(2005)の世界人口データをプロットした。

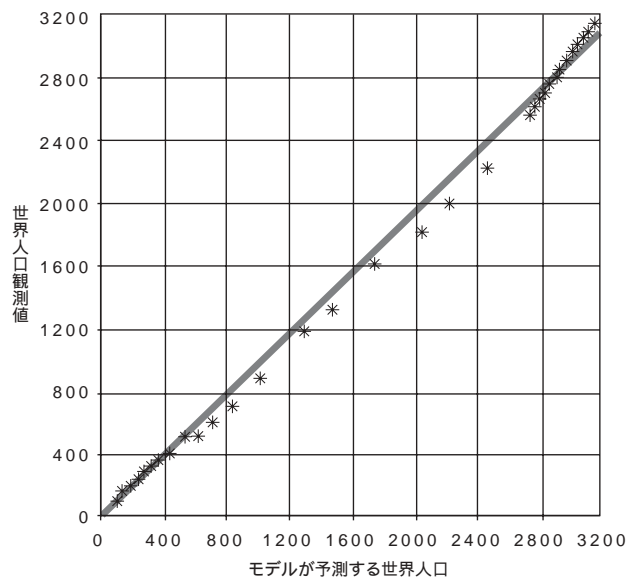


このシミュレーションの予測値と観測値の間の相関度は次のとおりである。

$$R = 0.9983, R^2 = 0.9966, p < < 0.0001$$

これらの数値もまた、最も複雑な社会システムである人口動態について、その2500年間のマクロダイナミクスを説明するためのシンプルなモデルとしては異例の適合度を示している。(グラフ2.4参照)。

グラフ2.4 予測値と観測値との相関関係



紀元前25000年からシミュレーションを開始した場合にも、予測値と観測値は0.981という高い相関度 ( $R^2 = 0.9662, p < 0.0001$ ) で一致した。(注12)以上の結果から、前述の一組の微分方程式は、過去25000年間における世界の人口動態ダイナミクスの変動の96.2%を、紀元前500年から西暦1962年のマクロ変動の99.66%を、1650~1962年についてはその99.78%を説明することが分った。

コンパクト・マクロモデルが、紀元前500年から西暦1962年に間の予測値と観測値に、このように高い相関度をもたらすのは偶然ではないとわれわれは確信している。それでは紀元前500年以前の時期を加えると、なぜ相関度は大幅に低下するのであるのか。世界人口の増加モデルを最初に見たとき、当然ながら生ずる疑念がある。このようなモデルは、世界の人口を単一のシステムとして取り扱えるという前提に立脚している。しかしながら分析のある段階で、その妥当性が問題になる。実際には、旧世界、新世界、オーストラリア、タスマニア、あるいはハワイなどでの人口の成長は、他の地域とほぼ完全に独立して進行していた。つまり人類は、最近にいたるまで(特に1492年以前は)真の単一のシステムを構成していなかったのである。たとえば最初の西暦1000年期の西ユーラシアの人口動態プロセスが、タスマニアの同時代の人口動態のダイナミクスに、いささかの影響も与えることがなかったということはきわめて明白である。

他方で、われわれは近代の世界人口の増加が示しているパターンについては偶然のものではないと確信している。これらのパターンは「世界システム」という、きわめてリアルな実体の人口の動態を反映しているのである。われわれは「長い16世紀」を起点とする単一の世界システムに関しては、どちらかというWallerstein(1974)よりもAndre Gunder Frank(Frank and Gills 1994)に与するものである。

実際には、本稿のモデルから導かれる世界人口と、観測値との間に強い相関関係が存在する前提条件は、世界の人口の大部分を占めるような、ある程度統合された世界システムの存在である。たとえば世界人口Nが4倍(4N)に増えるが、完全に孤立した各人口Nの四つの地域に分裂する場合を考えてみよう。われわれのモデルでは、世界人口が4倍に増えれば、相対的な技術発展の速度も4倍になる。しかしわれわれのモデルが予測している効果は、四つの地域のどこかでなされたイノベーションが、他のすべての人々に共有される場合にのみ期待できるのである。四つの地域の人々が互いに完全に孤立して生きているという前提の下では、共有は行われず、期待されるような技術発展速度の加速が生じることはないだろう。このためにわれわれのモデルによる予測と実際の観測データとの間に大きなギャップが生まれるのである。

世界システムの統合が質的に新たな水準に達したのは紀元前の最初の1000年期であったように見える。その有力な証拠が「鉄の革命」であって、製鉄技術は、数世紀(数1000年期ではない)のうちに、大西洋から太平洋にいたる広大な空間に広まった。製鉄技術は、形成途中の世界システムの主要なセンター(地中海沿岸、中東、南アジア、東アジア)で多くの同一方向の変革をもたらした。(これはJaspers(1953)が述べている。)これ以後の各センターの発展については、各センターが、それらを含み真の全体である「世界システム(World System)」の構成部分であったという事実を無視しては、正しく理解したりモデル化することはできない。

ここで2、3の関連するポイントについて触れておきたい。Wallerstein(1974)が提唱する基礎商品(bulk goods)(注13)の基準を適用するならば、西暦の最初の1000年期の初頭に世界システムが大西洋から太平洋にまで広がっていたとする根拠はない。当時中国とヨーロッパとの間にこのような商品の移動はなかったからである。(われわれとしては、1世紀にヨーロッパにもたらされていた中国の絹を奢侈品(luxury goods)として扱うWallersteinの分類に同意せざるをえない。)他方で、Chase-Dunn and Hall(1997)が提唱する「ソフトな」情報ネットワーク基準を適用するならば、西暦1世紀には、(また紀元前1000年期

でさえも、間違いなく単一の世界システムに該当するものがあつた。われわれの分析では、世界システム全体をカバーする情報ネットワークが存在していれば条件を十分に満たすことになり、このシステムを単一の進化する実体と考えることができる。確かに紀元前の最初の1000年期においては基礎商品がユーラシアの太平洋岸から大西洋岸まで浸透するという事はほとんどあり得なかつたであろう。しかし世界システムは、その頃までに、例えば製鉄技術が世界システム全体に数世紀のうちに広まるというような統合のレベルに到達していたのである。

もう一つのポイントは、西暦1世紀になつても、世界システムがカバーしていたのは、地球上の陸地面積の5割をはるかに下回つていたということである。しかしそれよりも重要なのは、西暦1世紀初めの時点で、世界の人口の9割以上が、西暦1世紀における世界システム( World System )を構成する諸地域( 地中海周辺域、中東、南・中央・東アジア )に集中していたということである。( Durand 1977:256 頁などを参照。)このために紀元前の最初の1000年期以降から、世界人口の動態は、単純に世界システムの人口動態を反映することになったと考えられる。

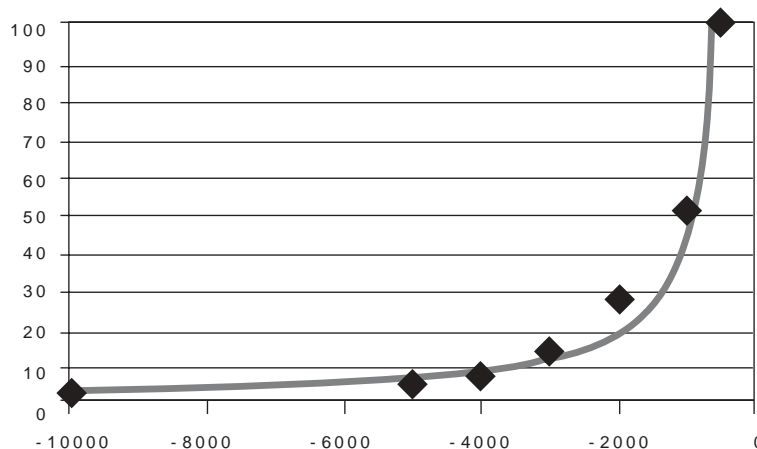
他方で、双曲線関数的な成長の趨勢が、紀元前25000年まで遡れるというのは偶然ではないかもしれない。もちろんわれわれは、ここでいう世界システムが紀元前15000年頃に存在していたと主張するつもりはない。しかしながら世界人口の双曲線関数的な成長が、紀元前40000年から10000年の時期にあつたという証拠はまったくない。ここでいう紀元前25000年間の双曲線関数の効果は、実際には同期間の最後の10000年間における世界人口の動態によって産み出されたものである。この10000年間は既述の数学モデルにかなり良くフィットしている。( もちろん紀元前500年から西暦1962年 1650~1962年はさておき の世界の人口動態ほどのフィットではない。)

紀元前10000年~500年についてのシミュレーションには次の定数と初期条件を用いた。

$$N = 0.0004 \text{ 百億人 (すなわち4億人) } , a = 1, b = 1, K = 0.0004, c = 0.32$$

このシミュレーションの結果は「グラフ2.5」のとおりである。このモデルは紀元前10000年~500年の期間についてMcEvedy and Jones ( 1978 ) およびKremer( 1993 )の人口推定をかなりうまく再現している。

グラフ2.5 世界人口増加のダイナミクス:予測値と観測値 単位:100万人 紀元前10000年~500年  
グレーの実線は本モデルにしたがつて作成した。黒いマークはMcEvedy and Jones( 1978 )およびKremer( 1993 )の世界人口推定をプロットした。



このシミュレーションの予測値と観測値の間の相関度は次のとおりである。

$$R = 0.982, R^2 = 0.964, p = 0.0001$$



紀元前10000年～500年についての相関度は、なおかなり高い値を示してはいるが、前出の紀元前500年～西暦1962年の期間、特に1650～1962年の期間の相関度に比べれば、相当低いことに注目されたい。(注15)この点については、特別な統計的分析をするまでもなく、グラフ「2.1」「2.3」「2.5」から読み取ることができる。)紀元前10000年～500年の世界システムの統合度は、紀元前500年～西暦1962年の統合度に比べて、はるかに低かったと思われるので、この結果は別段驚くには値しない。注目すべきは、紀元前10000年～500年についてベストなフィットが、大きく異なった係数 $c$ の値で得られていることであろう。これは当時の世界システムの発展パターンが、紀元前500年～西暦1962年の頃のパターンとは大きく違っていたことによるものと思われる。そしてこれは紀元前の最初の1000年間に世界システムに急激な変化が起きたことを意味する。

このようにコンパクト・マクロモデルは、世界システムの分析に新しいアプローチを提示しているように見える。紀元前10000年以降の世界の人口増加に見られる双曲線関数的な趨勢は、主としてその当時、新石器革命を直接の契機として、西アジアで始まった世界システムの成長の所産だと考えられる。双曲線関数的な趨勢が見られるということは、対象地域の大部分に、何らかのシステムティックな一体性があったことを意味するもので、その一体性については証拠がある。すなわち重要なイノベーション(穀物栽培、牛、羊、ヤギ、馬の牧畜、鋤、車輪、銅、青銅、少し遅れて製鉄技術など)が、紀元前の数1000年期的間に、北アフリカからユーラシア・オイクメネ(すなわちギリシア人の認識する世界)の全土に広まったとする証拠がある。(Chubarov 1991; Diamond 1999)このように、この地域の各社会の進化は、当時から真に独立したものとは見なせなくなっていた。紀元前の最初の1000年期的終わりまでには、農業を主体とする驚くほど類似した文化的複雑さを呈するベルト地帯が、大西洋から太平洋にまで続いており、そこでは小麦や、その他の穀物の栽培、牛、羊、ヤギ、鋤、製鉄、さらに、ほぼ同じような武器や騎兵を擁する職業的な軍隊、先進的な官僚組織など これらを全部列挙すれば何頁にもなろう が見られた。つまり数1000年前から、驚くほど類似した文化的な複雑さと性格を持つ諸社会からなるベルト地帯が、バルカン半島からインダス峡谷の境界まで続いていたのである。(このような社会的諸単位は世界人口の大部分をカバーするものであった。)われわれとしてはこれを世界システムが機能していたことの明らかな証左であると解釈したい。これを代替する説明としては次のような若干、奇蹟的なシナリオになるであろう。すなわち、驚くほど類似したレベルと性格をもった諸文化が、広範で連続した領域に全く独立に発展したが、同様な文化は、世界システムを構成していない世界の他の地域においてはまったく出現しなかった、というものである。しかしこのような説明に説得力がないのは明らかである。

このような新しい見解では、説明の力点がイノベーションの発生と伝播に移ったと考えられる。ある社会が、その社会システムにとって重要な技術革新を借用した場合、その社会の進化を真に独立のものだと考えることはできなくなる。つまりその社会は、より大きな進化する実体の一部であり、その実体の中で諸革新が組織的に産み出され、また伝播していくのである。世界システム分析の主要な着想は進化する実体を見出すことにあった。言い換えれば、特定の社会の進化は、その社会がより大きな全体の一部であることを考慮しなければ正しく理解できないということである。従来の世界システム分析(world-system analysis)は、基礎商品の移動や、中心と周辺の搾取関係に焦点をあてることが多く、本稿で記述したような視点を欠いていた。実際には、情報ネットワークは、世界システム(World System)統合の最古のメカニズムである。情報ネットワークは、歴史全体を通じてきわめて重要であったし、また現在でもそうである。筆者の見解によれば、情報の拡散と普及は、中心と周辺の搾取関係よりも重要である。たとえば、このメカニズムを考慮に入れないならば、20世紀の人口爆発については説明できない(人口爆発

発の直接の原因は死亡率の劇的な低下であるが、さらにその原因は世界システムの中心で生じた技術革新の普及である。)このことは世界システムの中心について再定義が必要だということの意味するかもしれない。すなわち中心とは、世界システムの他の地域を搾取する地域のことではなく、技術革新の供給 / 受容比率が最も高い地域、あるいは主たるイノベーションの提供者の役割を果たしている地域だということができるであろう。

---

(注1)本稿はKorotayev, A., A. Malkov, D. Khaltourina, Introduction to Social Macrodynamics: Compact Macromodels of the World System Growth, 2006 Moscow; URSS の序章、第1章、第2章を、著者の許可を得て翻訳したものである。この本はロシア語の同名の出版物(2005年)の第1部に加筆修正を加えた英訳になっている。

(注2)本グラフその他本稿中に引用する1953年から2003年までの間の世界の人口ダイナミクスに関するデータは米国商務省国勢調査局のデータベース(2004年)に依るものである。

(注3)これら以外に参考にした資料は次のとおりである。Thomlinson 1975; Durand 1977; McEvedy and Jones 1978: 342~51; Biraben 1980; Haub 1995; United Nation Population Division 2004; World Bank 2004.

(注4)世界人口の双曲関数的成長に関するこれら以外のモデルについては、Cohen 1995、Johansen and Sornette 2001、Podlazov 2004を参照。

(注5)このほかに増加率の絶対値は人口そのものに比例する。つまり所与の相対的成長率の下では、人口が多いほど、人口が少ない場合に比べて、増加率の絶対値は大きい。

(注6)『この点は技術の非競争性から当然にいえることである。(中略)新たな技術を発明するコストはそれを利用する人の数とは無関係である。このため研究に向けられる資源の割合を一定とすれば、人口の増加は技術の変化の増加をもたらすことになる。』(Kremer 1993:681頁)

(注7)この2番目の仮説は、マルサス派ではなくボーズラップ派の考え方である。(Boserup 1965; Lee 1986)

(注8)ここで「技術の発展速度」とは相対的な成長速度(すなわちある一定の期間内に、その期初における技術の水準に比例して、技術が発展して到達する水準)のことをいう。これは一定の期間内における技術発展の絶対的速度は、人口サイズに比例するだけでなく、当該期間の期初における絶対的技術水準にも比例することを意味する。

(注9)これに最も近いモデルを提唱したのはTsire(2004)である。この興味深いモデルについてのわれわれの意見についてはKorotayev, Malkov, and Khaltourina 2005:38~57頁を参照。

(注10)ここでは世界人口を(100万単位などではなく)100億単位で計算することとした。これはコンピューターの不連続なデジタル特性がもたらすラウンディング誤差を最小限に抑えるためである。(われわれのケースでは、本モデリングの対象が明らかに爆発型の特性を有しているため、この点に特に留意した。)

(注11)計算を簡単にするために、a、bがともに1の値を選んだ。したがってこのシミュレーションでは、Kを所与の技術水準において地球がサポートできる人間の数として直接測定した。

(注12)このシミュレーションでは紀元前24939年から開始して1962年まで100年毎に合計269回の繰り返し計算をした。ここでは定数と初期条件に次の数値を使用した。

$N = 0.00334$ 十億人(334万人)、 $a = 1$ 、 $b = 1$ 、 $K = 0.00334$ 、 $C = 2.13$

(注13)【訳注】穀物や木材といった嵩張る商品を指している。

(注14)【訳注】原論文のBCE(Before Common Era)を紀元前、CEを西暦と訳している。

(注15)本稿の双曲線関数成長モデルの観測データとのフィットは、紀元前10000年~500年について、ベスト・フィットの指数関数的モデル( $R^2 = 0.737$ 、 $p = 0.0003$ )に比べればきわめて高い。

---

## 【参考文献】

- Abel, W. 1974 *Massenarmut und Ungerkrise im vorindustriellen Europa, Versuch einer Synopsis*, Hamburg: Parey.
- Abel, W. 1980 *Agricultural Fluctuations in Europe from the Thirteenth to the Twentieth Centuries*, New York, NY: St. Martin's.
- Aghion, P., and P. Howitt 1992 *A Model of Growth through Creative Destruction*, *Econometrica* 60: 323-52.
- Aghion, P., and P. Howitt 1998 *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Artzrouni, M., and J. Komlos 1985 *Population Growth through History and the Escape from Malthusian Trap: A Homeostatic Simulation Model*, *Genus* 41:21-39.
- Biraben, J.-N. 1980 *An Essay Concerning Mankind's Evolution*, *Population* 4: 1-13.
- Boserup, E. 1965 *The Conditions for Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*, Chicago, IL: Aldine.
- Braudel, F. 1973 *Capitalism and Material Life, 1400-1800*, New York, NY: Harper and Row.
- Cameron, R. 1989 *A Concise Economic History of World*. New York, NY: Oxford University Press.
- Chase-Dunn, C., and T. Hall 1997 *Rise and Demise: Comparing World-Systems*, Westview Press.
- Chu, C.Y.C., and R.D. Lee. 1994 *Famine, Revolt, and the Dynastic Cycle: Population Dynamics in Historic China*, *Journal of Population Economics* 7: 351-78.
- Cohen, J.E. 1995 *Population Growth and Earth's Carrying Capacity*, *Science* 269(5222): 341-6.
- Diamond, J. 1999 *Guns Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*, New York, NY: Norton.
- Durand, J. D. 1960 *The Population Statistics of China, A.D. 2-1953*, *Population Studies* 13: 209-56.
- Foerster, H. von, P. Mora, and L. Amiot 1960 *Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026*, *Science* 132: 1291-5.
- Frank, A.G., and B. Gills. 1994 (eds.) *The World System: 500 or 5000 Years?*, London: Routledge.
- Grossman, G., and E. Helpman 1991 *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Habakkuk, H. J. 1953 *English Population in the Eighteenth Century*, *Economic History Review* 6: 117-33.
- Hatt, G. 1949 *Asiatic Influences in American Folklore*, Kobenhavn: Ejnar Munksgaard, Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. *Historisk-filologiske meddelelser*, 31: 6.
- Haub, C. 1995 *How Many People have ever Lived on Earth?*, *Population Today* 23(2): 4-5.
- Heine-Geldern, R. von 1964 *Traces of Indian and Southeast Asiatic Hindu-Buddhist Influences in Mesoamerica*, *Proceedings of the 35th Int. Congress of Americanists* 1: 47-54.
- Jaspers, K. 1953 *The Origin and Goal of History*, New Haven, CT: Yale University Press.
- Johansen, A., and D. Sornette 2001 *Finite-time Singularity in the Dynamics of the World Population and Economic Indices*, *Physica A* 294(3-4): 465-502.
- Jones, Ch. I. 1995 *R & D-Based Modes of Economic Growth*, *The Journal of Political Economy* 103: 759-84.
- Jones, Ch. I. 2003 *Population and Ideas: A Theory of Endogenous Growth, Knowledge, Information, and Expectations in Modern Macroeconomics: In Honor of Edmund S. Phelps*, P. Aghion, R. Frydman, J. Stiglitz, and M. Woodford, eds. pp. 498-521, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Jones, Ch. I. 2005 *The Shape of Production Functions and the Direction of Technical Change*, *The Quarterly Journal of Economics* 120: 517-49.
- Komlos, J., and S. Nefedov 2002 *A Compact Macromodel of Pre-Industrial Population Growth*, *Historical Methods* 35: 92-4.

- 
- Kremer, M. 1993 Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990, *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681-716.
- Kuznets, S. 1960 Population Change and Aggregate Output, *Demographic and Economic Change in Developed Countries*, G. S. Becker, ed., pp. 324-40, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Lee, R. D. 1986 Malthus and Boserup: A Dynamic Synthesis, *The State of Population Theory: Forward from Malthus*, D. Coleman and R. Schofield, eds., pp. 96-130, Oxford: Blackwell.
- Lotka, A. J. 1925 *Elements of Physical Biology*, Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Mcevedy, C., and R. Jones 1978 *Atlas of World Population History*, New York: Facts on File.
- Nefedov, S.A. 2004 A Model of Demographic Cycles in Traditional Societies: The Case of Ancient China, *Social Evolution & History* 3(1): 69-80.
- Podlazov, A. V. 2004 Theory of the Global Demographic Process, *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics*, M. G. Dmitriev and A. P. Petrov, eds., pp. 269-72, Moscow: Russian State Social University.
- Postan, M. M. 1950 Some Economic Evidence of Declining Population in the Later Middle Ages, *Economic History Review*. 2nd ser. 2: 130-67.
- Postan, M. M. 1973 *Essays on Medieval Agriculture and General Problems of the Medieval Economy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Simon, J. 1977 *The Economics of Population Growth*, Princeton: Princeton University Press.
- Simon, J. 1981 *The Ultimate Resource*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Simon, J. 2000 *The Great Breakthrough and its Cause*, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Thomlinson, R. 1975 *Demographic Problems: Controversy over Population Control*, 2nd ed., Encino, CA: Dickenson.
- Tsirel, S. V. 2004 On the Possible Reasons for the Hyperexponential Growth of the Earth Population, *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics*, M. G. Dmitriev and A. P. Petrov, eds., pp. 367-9, Moscow: Russian State Social University.
- Turchin, P. 2003 *Historical Dynamics: Why States Rise and Fall*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Turchin, P., and A. Korotayev 2006 Population Density and Warfare: A reconsideration, *Social Evolution & History* 5 (forthcoming).
- U.S. Bureau of the Census 2005 World Population Information.  
(<http://www.census.gov/ipc/www/world.htm>)
- UN Population Division 2005 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.  
(<http://www.un.org/esa/population>).
- User, D. 1989 The Dynastic Cycle and the Stationary State, *The American Economic Review* 79: 1031-44.
- Verhulst, P.-F. 1838 Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement, *Correspondance mathematique et physique* 10: 113-21.
- Volterra, V. 1926 Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi, *Mem. R. Accad. Naz. Dei Lincei* 2: 31-113.
- Wallerstein, I. 1974 *The Modern World-System, Vol. 1, Capitalist Agriculture and the Origin of the European World-Economy in the Sixteen Century*, New York: Academic Press.
- World Bank. 2005 *World Development Indicators*, Washington, DC: World Bank.