

システム・ダイナミクスモデルを用いた中国における都市化の超長期分析

○金 仁宝 兼田 敏之 (名古屋工業大学)

The Super Long-term Analysis of the Urbanization in China with System Dynamics Model

* Renbao Jin and Tosiuyuki Kaneda (Nagoya institute of Technology)

Abstract— The population in China is 13.3 billion in 2010, and the economic was increased 1.28 times as much, and urbanization progresses with it from 2000 to 2010. the urbanization's rate raises to 51.5% is a policy of the promotion when the China government devised a plan in the twelfth 5 year in 2010 because it is with a big factor of the economic growth. The study makes the system dynamics that added an economic section to the population section. And, based on data analysis from 2000 through 2010, The study predicts the population than the economic disparity between city - farm until 2050 and at this chance examine how many scenarios.

Key Words: Urbanization, SD model, Economic sector, population sector, Long-term prediction

1 背景と目的

中国の人口は2010年の時点で13.3億人であり、この2000年—2010年の間で経済規模も2.28倍になった。それに伴って都市化が進行している。都市化は経済成

長の大きな要因となるため、中国政府も2010年に第12次5ヵ年計画を策定した際、都市化率を2015年までに51.5%にするという促進の政策を掲げた。

本研究では人口部門に経済部門を加えたシステム・

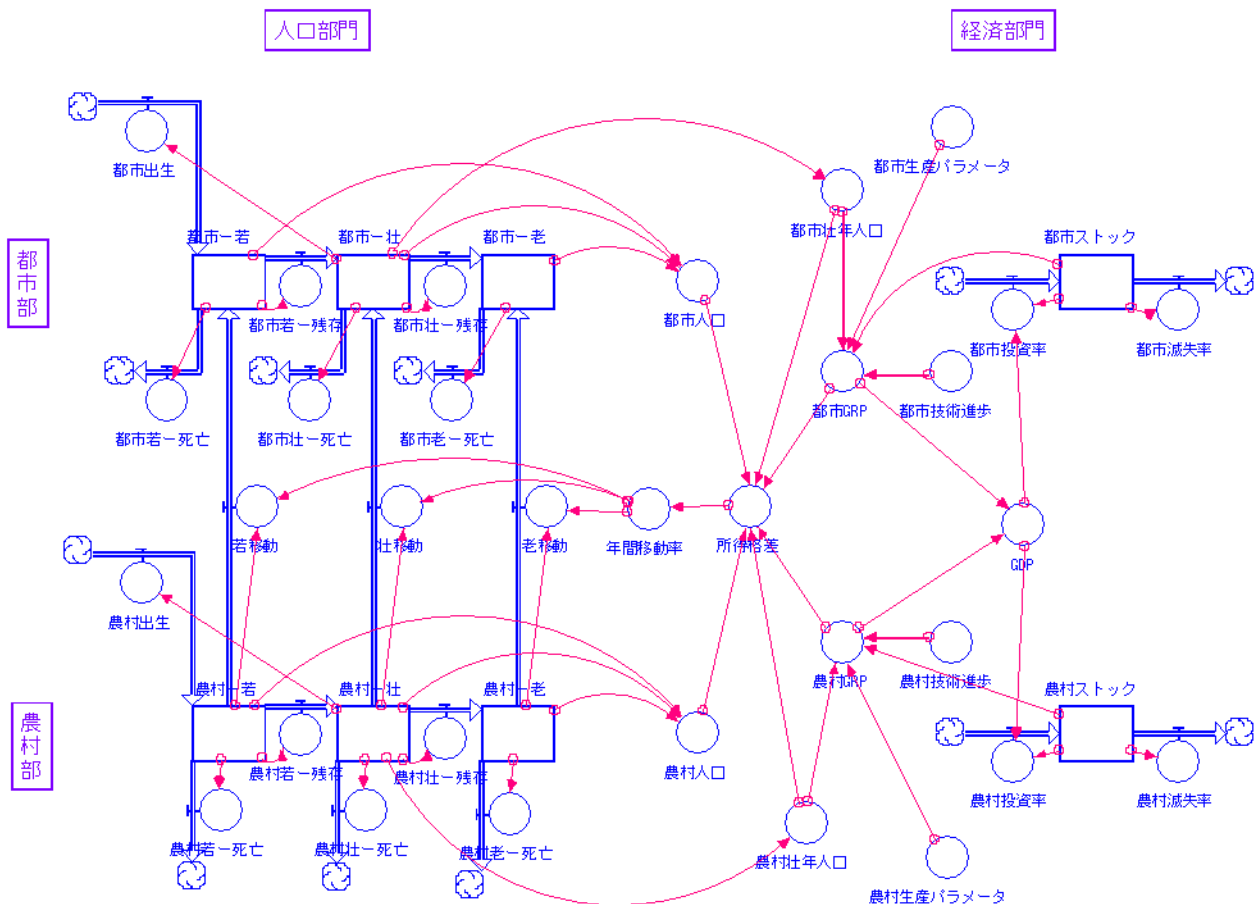


Fig. 1: the diagrammatical view of the model.

ダイナミクスを作成する。2000年から2010年のデータ分析を踏まえて、2050年まで都市—農村間の経済格差より人口流入を説明するモデルを作成し、人口の超長期予測を試みる。この際、いくつかのシナリオについて検討する。

2 モデルの構成

本研究のモデルの概略を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 について説明を補足する。人口部門は都市—農村別・性別・年齢別（1歳刻み）で表現した。経済部門は都市部と農村部を分け、技術進歩項を付加したコブ=ダグラス型生産関数を用いて、それぞれの経済成長を表現する。都市部と農村部の間の労働力一人当たりの所得比によって、農村部の人口が都市部に移動することとした。

3 シミュレーションについて

3.1 シミュレーションの主な変数について

レベル変数（人口部門）：各歳の男女人口数。

レイト変数（人口部門）：年間出生数、年間死亡数。

定数（人口部門）：年齢別・性別年間出生率、年齢別・性別年間死亡率。

補助変数（人口部門）：都市化率。

レベル変数（経済部門）：資本ストック。

レイト変数（経済部門）：資本ストック投資額、資本ストック減失額。

定数（経済部門）：コブ=ダグラス型生産関数パラメータ、技術進歩パラメータ。

補助変数（経済部門）：GRP、所得格差、年間移動率。

各歳の男女人口数と資本ストックの初期値は基準年により異なる。年間出生率、年間死亡率は政策パラメータとするが、各ケースの中では固定した。資本ストック投資率、資本ストック減失率には想定値を用いた。GRP、所得格差は人口部門と経済部門を連結する変数である。補助変数はいろいろな考察のために設定した変数である。年間移動率は基本移動関数により決定されることとした。移動率以外のパラメータと変数は都市部・農村部別に計算する。

なお、基本移動関数は

$$k = K * \left(\frac{E}{F} - 1 \right)$$

と設定する。その中に E：都市部一人当たり GRP

F：農村部一人当たり GRP

K=0.01（2000年から2010年

のデータより推定）

3.2 政策シミュレーションと説明

政策ケースを八つ用意して、Table 1 に示す。

Table 1 中の C は 2010 年の出生率と死亡率である。

D は 2000 年の出生率と死亡率である。

ケース 1 を基本ケースとし、ケース 1、3、5、7 は経済格差による人口流入ケースで、ケース 2、4、6、8 はケース 1、3、5、7 に対応する封鎖人口（人

Table 1: the policy case.

ケース	基準年	人口データ	出生率、死亡率	経済	2010 前の移動率	2010 からの移動率
1	2010 年	2010 年	C	2010 年		0.5k
2	2010 年	2010 年	C	2010 年		0
3	2000 年	2000 年	C	2000 年	k	0.5k
4	2000 年	2000 年	C	2000 年	k	0
5	2000 年	2000 年	0.5*(C+D)	2000 年	k	0.5k
6	2000 年	2000 年	0.5*(C+D)	2000 年	k	0
7	2000 年	2000 年	D	2000 年	k	0.5k
8	2000 年	2000 年	D	2000 年	k	0

口流入がゼロと仮定) ケースである。

本研究の予測期間は、ケース3～ケース8では2000年を基準年とし、2050年まで予測する。ケース1とケース2では2010年を基準年とし、2050年まで予測する。1年1ステップである。

シミュレーションに用いた経済部門のデータは付録Aと付録Bを参照されたい。

4 結果

Table 2: the result of simulation.

ケース	年	都市化率	全人口 (億人)	GDP (兆円)	壮年人口 (億人)	労働力率	都市労働力一人当たり GRP (万元)	都市 GRP (兆円)	農村労働力一人当たり GRP (万元)	農村 GRP (兆円)
1	2010	50%	13.33	32.56	9.93	74%	4.87	25.50	1.50	7.06
2	2010	50%	13.33	32.56	9.93	74%	4.87	25.50	1.50	7.06
3	2010	47%	13.19	31.74	9.80	74%	5.16	24.24	1.47	7.51
4	2010	47%	13.19	31.74	9.80	74%	5.16	24.24	1.47	7.51
5	2010	47%	12.92	31.70	9.77	76%	5.17	24.21	1.47	7.49
6	2010	47%	12.92	31.70	9.77	76%	5.17	24.21	1.47	7.49
7	2010	47%	13.18	31.65	9.74	74%	5.18	24.18	1.47	7.47
8	2010	47%	13.18	31.65	9.74	74%	5.18	24.18	1.47	7.47
1	2050	89%	11.13	164.03	6.86	62%	26.67	160.44	4.24	3.60
2	2050	51%	10.97	134.36	6.84	62%	38.44	123.80	2.92	10.56
3	2050	90%	10.40	173.56	6.26	60%	30.75	170.26	4.60	3.30
4	2050	47%	10.24	135.51	6.15	60%	47.68	124.74	3.05	10.77
5	2050	89%	9.87	170.34	5.98	61%	31.56	167.16	4.65	3.19
6	2050	47%	9.72	132.81	5.90	61%	49.00	122.34	3.08	10.48
7	2050	73%	11.34	43.35	6.94	61%	7.34	36.31	3.53	7.04
8	2050	43%	11.41	40.87	6.98	61%	10.23	28.68	2.92	12.19

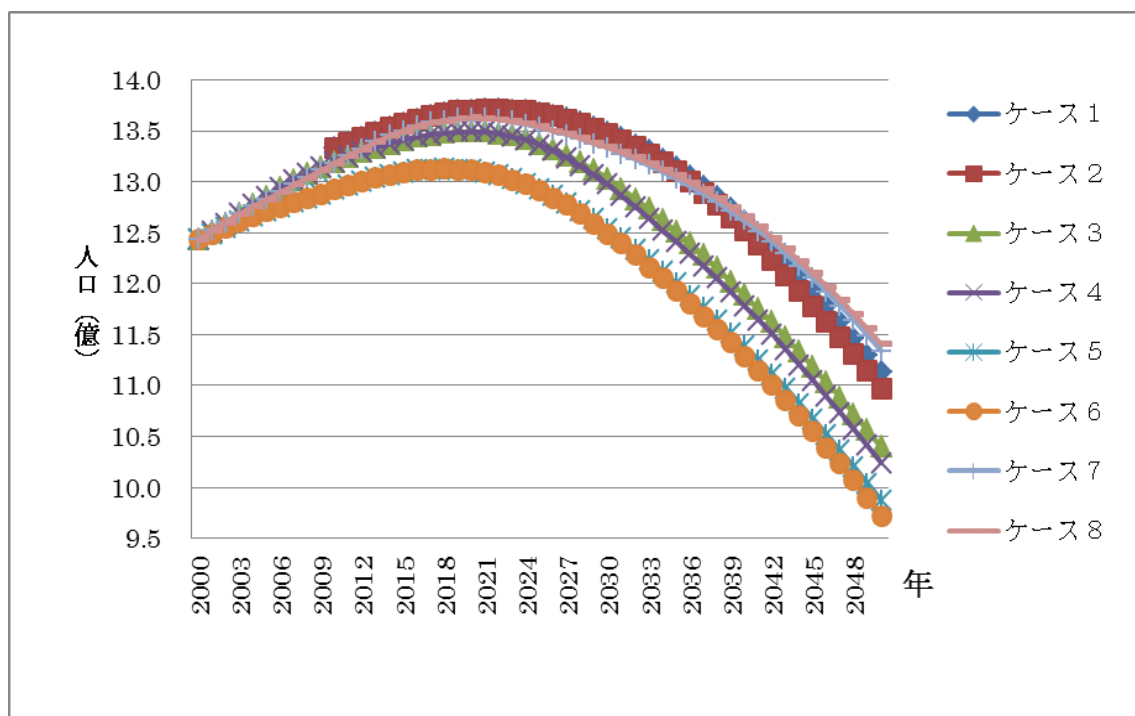


Fig. 2: the prediction of the population

シミュレーション結果を Table 2 に示す。示した結果は 2010 年と 2050 年の二時点のみである。Table 3、Table 4、Table 5 は各ケースの結果の比べる結果である。

都市化率への考察について、今の中国の都市化は高速で進んである。

5 結論

シミュレーションの結果を以下に要約する、Fig. 2 より、

① 人口移動しないケースと移動するケースの人口は、同じ条件で、ほぼ同じである。

② 移動するケースの中で、2010 年の人口データと最も近いのはケース 3 とケース 7 である。2050 年の予測結果を比べると、ケース 3 (少ない) とケース 7 (多い) がケース 1 と近いである。

③ 最大人口は 2020 年から 2024 年にかけて最大の 14 億人弱になる。

Table 3、Table 1 より、

④ 2010 年の都市化率の予測値は、移動するケースの中で、各 2000 年ベースで、都市化率は同じである。しかし、2010 年の実際の都市化率と比べたら、また

2010 年の 94.0% である。2050 年の予測値の中で、一番近いのはケース 5 の 100% である。二番目の、ケース 3 の 101.12% である。

付録 A 定義と説明について

本稿で使ったデータについて、人口に係るデータは 2000 年と 2010 年人口センサスである。経済に係るデータは中国都市統計年鑑である。経済に関するデータは全部 2000 年を基準年として実質化してある。

定義：鎮レベルと鎮レベル以上の地域は都市部とする。

鎮レベル未満の地域は農村部とする。

鎮を設置する基準：

1. すべての県級の地方国家機関の所在地。
2. 総人口 2 万以下の郷で郷政府の所在地が非農業人口二千を超えるもの。

Table 3: the comparison (the ratio) with case 1 in 2010

ケース	都市化率の比	全人口の比	GDP の比	労働力の比	労働力率の比	都市労働力一人当たり GRP 比	都市 GRP 比	農村労働力一人当たり GRP 比	農村 GRP 比
3	94%	98.95%	97.48%	98.69%	100.0%	105.95%	95.06%	98%	106.37%
5	94%	96.92%	97.36%	98.39%	102.7%	106.16%	94.94%	98%	106.09%
7	94%	98.87%	97.21%	98.09%	100.0%	106.37%	94.82%	98%	105.81%

Table 4: the comparison (the ratio) with case 1 in 2050 (movement case)

ケース	都市化率の比	全人口の比	GDP の比	労働力の比	労働力率の比	都市労働力一人当たり GRP 比	都市 GRP 比	農村労働力一人当たり GRP 比	農村 GRP 比
3	101.12%	93.44%	105.81%	91.25%	96.77%	115.30%	106.12%	108.49%	91.67%
5	100.00%	88.68%	103.85%	87.17%	98.39%	118.34%	104.19%	109.67%	88.61%
7	82.02%	101.89%	26.43%	101.17%	98.39%	27.52%	22.63%	83.25%	195.56%

Table 5: the comparison (the ratio) with case 2 in 2050 (blockade case)

ケース	都市化率の比	全人口の比	GDP の比	労働力の比	労働力率の比	都市労働力一人当たり GRP 比	都市 GRP 比	農村労働力一人当たり GRP 比	農村 GRP 比
4	92.16%	93.35%	100.86%	89.91%	96.77%	124.04%	100.76%	104.45%	101.99%
6	92.16%	88.61%	98.85%	86.26%	98.39%	127.47%	98.82%	105.48%	99.24%
8	84.31%	104.01%	30.42%	102.05%	98.39%	26.61%	23.17%	100.00%	115.44%

Table 6: the data of 2010

	A ₁ : 都市	A ₂ : 農村
B ₁ : 人口一人当たり収入 (元)	19109.44	5919.01
B ₂ : 労働力 (億人)	5.23	4.69
B ₃ : GDP (兆億円)	32.48 (2000 年ベース実質値)	
B ₄ : GRP (兆億円)	25.42	7.057

3. 総人口 2 万以上の郷で郷政府の所在地の非農業人口が人口の 10% 以上を占めるもの。

4. 少数民族の居住地、人口の疎らな辺境地域、山岳地域と小型工業地区、小さな港、景勝観光地、国境の口港地区などで非農業人口が 2 千足らずでも必要に応じて。

本稿で都市とは中国の城市と鎮の合称である。鎮は県政府か工商業貿易活動が多い居住地。城市と鎮以外の住民地は農村地区である。

シミュレーションについて、いくつかの仮定を設けた。

1. 人口の出生率と死亡率は変化なし。
2. 人口は農村から都市への純移動である。そして、各年齢の移動率は同一とする。純移動率は所得格差を基づいて計算する
3. 国間の人口移動はゼロと仮定する。

シミュレーションは都市・農村別にして計算し、GRP も各で求める。なお、データ設定の際、都市と農村の一人当たり収入額を基準として都市と農村の一人当たり GRP を推定する。計算例：

Table 6 中の B₄ は A₁B₁*A₁B₂ と A₂B₁*A₂B₂ の比率の按分法で GDP を都市部と農村部の GRP を求める (都市部と農村部の一人当たり GRP も求められる)。

付録 B GRP について

GRP の計算は技術進歩付きのコブ=ダグラス型生産関数

$$Y = (1 + \beta)^t * L^\alpha * C^{(1-\alpha)}$$

を用いる。その中で、Y は GRP、β は技術進歩、t は経過年数、L は労働力、C は資本ストック、パラメータ α は 0 から 1 の間の実数とある。

付録 A の通り、Table 7 のデータを見ると、Y と L が常数で、α、β と C が未知数である。今の状況で技術進歩付きコブ=ダグラス型生産関数を使って未知数を決められないので、都市部と農村部の部分的な範囲で計算する。

都市部は第二次産業を部分代表として計算する。Table 8 は第二次産業に関するデータである。

第二次産業に関して、α、β を 0.5、0.02 と仮定して、技術進歩付きコブ=ダグラス型生産関数で資本ストックを計算する。

即ち

$$3.33 = (1 + 0.02)^{10} * 1.35^{0.5} * \left(\frac{C_{2010}}{C_{2000}} \right)^{(1-0.5)}$$

$$\therefore \frac{C_{2010}}{C_{2000}} = 5.528 = 1.186^{10}$$

資本ストックは 10 年間で 5.528 倍伸びた。都市部全体の技術進歩と資本ストックの年伸び率も 0.02 と

Table 7: the data to use

	GDP (億元)	都市部 GRP (億元)	都市部労働力 (億人)	農村部 GRP (億元)	農村部労働力 (億人)
2010 年	32.477	25.42	5.23	7.057	4.69
2000 年	9.922	5.396	2.25	4.526	5.25
倍率	3.28=1.126 ¹⁰	4.71=1.168 ¹⁰	2.33=1.088 ¹⁰	1.56=1.06 ¹⁰	0.894=0.989 ¹⁰

Table 8: the data about the secondary industry

	生産額 (億元)	第二次産業労働者 (万人)	技術進歩	資本ストック
2010 年	151780.4	21842.1		
2000 年	45555.88	16219.1		
倍率	3.33=1.128 ¹⁰	1.35=1.03 ¹⁰	(2.46=1.09 ¹⁰) 参考用	

Table 9: the farm food amount of production

	食糧産量 (kg/hm ²)
2010年	4973.58
2000年	4261.15
倍率	1.167=1.015 ¹⁰

Table 10: the data for simulation

	α	β	資本ストック の年伸び率	ストック (2000)	ストック (2010)
都市部	0.42	0.02	18.6%	6.91*10 ¹⁵ 元	5.39*10 ¹⁶ 元
農村部	0.74	0.015	0 (15.8%)	9.42*10 ²³ 元	7.29*10 ²⁴ 元

0.186 と考えられる。そして、都市部全体をみると、次の式も考えられる。

$$\frac{Y_a}{Y_b} = (1+\beta)^{(a-b)} * \left(\frac{L_a}{L_b}\right)^\alpha * \left(\frac{C_a}{C_b}\right)^{(1-\alpha)}$$

$$4.71 = (1+0.02)^{10} * 2.33^\alpha * 5.528^{(1-\alpha)}$$

$$\therefore \alpha = 0.415$$

と推計できる

農村部は農業を代表として計算する。

農業は工業と違って、農地の農作物の産量の指標 (Table 9 で示す) で農業の技術進歩を計算する。

しかし、β=0.015 の場合は以下の考えられる。

$$\therefore 2.157 = (1+0.015)^{10} * 0.795^\alpha * \left(\frac{C_{2010}}{C_{2000}}\right)^{(1-\alpha)}$$

$$\therefore \alpha = 0.5 \text{ の時 } \left(\frac{C_{2010}}{C_{2000}}\right) = 4.345 = 1.158^{10}$$

全農村の技術進歩率と資本ストック伸び率は部分範囲の農業と同じなら、

$$1.56 = 1.015^{10} * 0.894^\alpha * 4.345^{(1-\alpha)}$$

$$\therefore \alpha = 0.742$$

農村部の資本ストックの年伸び率は 0 とする理由は二つある。

1、農地は 1.062 億 hm² より減らないで、あまり増えない (国家土地政策により)。

2、投資額は資本ストックの滅失部分と同じくする。

以上によって、

資本ストックはコブ=ダグラス型生産関数で逆算する。

$$Y = (1+\beta)^b * L^\alpha * C^{(1-\alpha)}$$

$$C = e^{\frac{\ln Y - \alpha \ln L}{1-\alpha}}$$

以上により、シミュレーションに代入するコブ=ダグラス

型生産関数に関するパラメータは Table 10 のようである。

参考文献

- 1) 英『エコノミスト』編集部：『2050年の世界—英エコノミスト誌は予測する』, 8/5 (2012)
- 2) ヨルゲン・ランダース, 訳者 野中香方子：『2052 今後40年のグローバル予測』, 1/15 (2013)
- 3) ナイジェル・ギルバート, グラウス・G・トロイチュ, 訳者 井庭崇, 岩村拓哉, 高部陽平：『社会シミュレーションの技法』, 2/25 (2003)
- 4) 中国国家统计局：(人口センサス事務室)「人口センサス報告書」, (2000, 2010)
- 5) 中国国家统计局：(都市社会経済調査所)「中国統計年鑑」, 中国統計出版社, (2001, 2011)
- 6) 小玉陽一, 内海武士, 合川周平：『システム・ダイナミックス』, 共立出版 (株), 6/15 (1972)
- 7) 小玉陽一：『システム・ダイナミックス入門』, (1983)
- 8) Donella H.Meadows, Dennis L.Meadows, Jorgen Randers, William W.Behrens：『成長の限界』, (1972)