

中国保定市地域開発計画における 計量モデルとリモートセンシングの応用

Application of Remote Sensing and Metrical Model
for the Regional Development Planning of Baoding, China

星 仰^{*}、趙 暉^{**}

by Takashi Hoshi, Zhao Hui

The purpose of this study is to develop a simulation model for regional development and planning particularly suitable for Baoding, China. It is noted that China is currently facing several substantial problems in development of simulation models such as : only limited numbers of statistical data is available since China has started to record statistical data very recently, and the model developed and being in practice in the other countries may not be applied to China directly, because the government of China, in compare with the countries in market-oriented economy, has a direct control over urban population and land use plan in urban areas. In this context, this paper illustrates the development of a new model which considers the current situation of growing economy and urbanization process in China by attempting balanced capital distribution for urban and rural areas in regional development planning. In order to sophisticate the simulation models, this paper includes application of a composited color image map using remote sensing techniques.

1. 背景と目的

中国における地域開発計画策定のための予測モデルを構築する際、二つの新しい問題を解決しなければならない。第一に、中国において地域計画のための計量的手法を用いた歴史が浅く、統計データも十分に整備されていない状態にある。1980年代に入ってから統計データが整備し始められ、近年になって統計分析に必要な時系列データの蓄積がなされてきた。このような時系列データを用いた地域分析のモデルの事例は少ない。^{1) 2)} 第二に、市場経済の国に比べて、中国の地域開発計画の計画要素と手段の範囲が広いものであるため、従来の計画手法をそのまま適用できない。³⁾

市場経済の場合では、産業投資促進の手段は税の優遇などの間接的で誘導的なものである。従来の予測モデルではこれらの誘導策の雇用促進効果を推計し、地域の居住魅力を考慮して、人口移動等を予測している。このため、正確に地域の人口移動、土地利用を予測するのは難しいことである。一方、中国では資源配分が計画的に行われ、地域別、部門別の産業投資が直接的な計画要素となっている。このため計画予測モデルでは、これらの計画要素の人口移動、土地利用の変化量への直接的な作用を明確に表現しなければならない。

本論文では、経済成長と、都市化が急速に進んでいる中国の地方都市において、生産関連と、生活関連の投資分配、都市部と農村部の投資分配といった地域開発計画のシミュレーションモデルを作成することに試みる。また、このモデルを実施していくに当たり、リモートセンシング技術の応用が十分考えられることから、その応用性についても考察する。

*正会員 工博 筑波大学電子・情報工学系

(〒305 つくば市天王台1-1-1)

** 工博 国際連合地域開発センター

(〒450 名古屋市中村区那古野1-47-1)

2. 予測モデルの作成

1) モデル作成の条件

モデルは中国河北省保定市地域を対象とする。市域は市区と市の管轄する県を含み、1市3県からなる。保定市は北京から南150キロのところに位置し、市域人口が199万人で、そのうち市区の人口が58万で中国の中都市に相当する。

モデルの方程式の回帰分析に用いるデータは保定市政府が提供した1980～1989年の10ヶ年間に於ける時系列データで、1市3県別のものである。モデルは1市3県別に、合計4つのモデルを作成することにする。このモデルはシステムダイナミックスの手法を用い、⁴⁾そのプログラムは利便性を考慮して、QUICK-BASICで作成することとし、NEC・PC-98系で稼働するものである。

2) モデルの基本的な考え方

モデルの基本的な考え方は図-1に記述している。このモデルは国民收入使用・分配の部分、国民收入の部分、人口の部分および土地利用などの資源利用などの4つ部分に分かれている。基本的な考え方は中国の地方都市の成長構造を繁栄するものであって、以下の5つの原則に基づく。

第一に、都市の成長過程はストックの蓄積の過程であり、都市成長の状態を生産固定資本の規模、土地規模、人口規模のストック変数で記述する。

第二に、計画経済の特徴を示し、国民收入の分配の部分で政策制御の操作変数を明確に設ける。資本の蓄積率は経済成長の決定的な要因として、部門間の投資分配は産業別の成長に対し強く作用することとする。

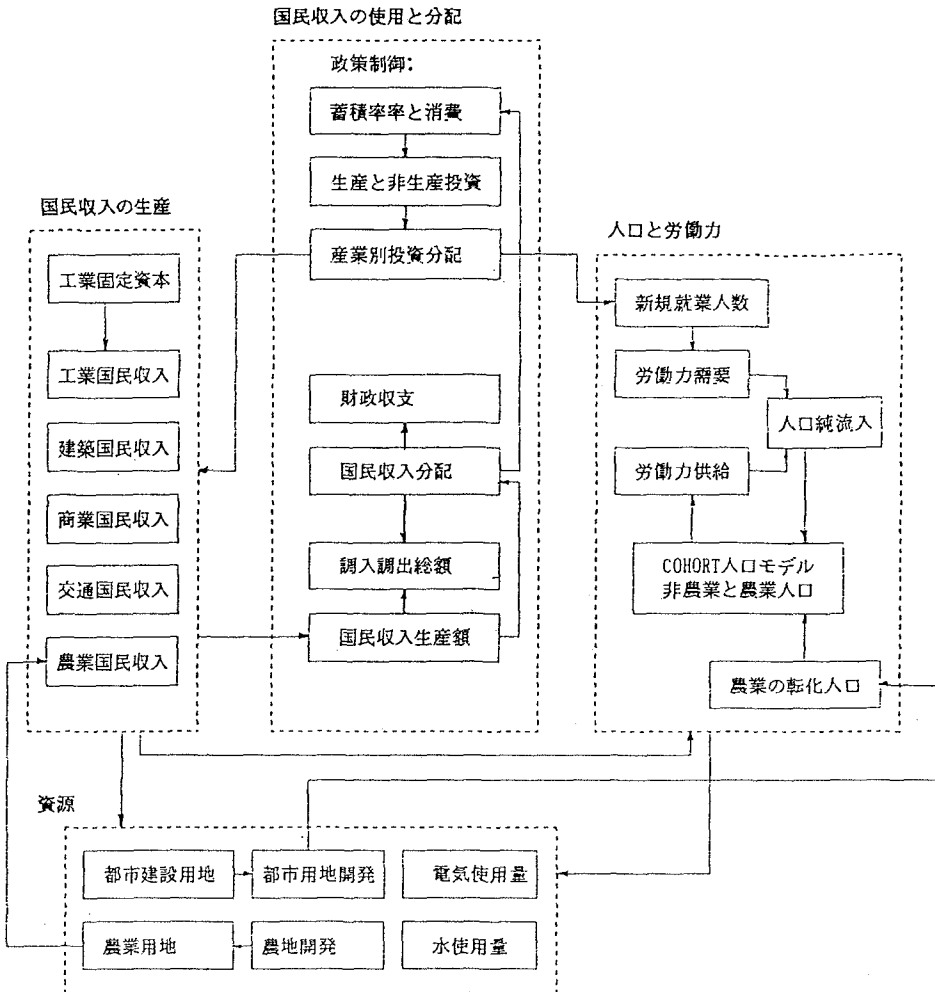


図-1 保定市域開発計画予測モデルの枠組み

生活関連と生産関連の投資分配およびその段階的な分配傾斜の調整は重要な計画要素とする。国民収入は資本の蓄積規模を決定し、再生産拡大の原理が働くこととする。

第三に、都市人口は戸籍制度によって管理され、社会増加分は投資計画による新規就業者を加えた労働需要と、CO-HORTOモデルからの都市内自然人口に基づいて算出した労働供給の差によって決定される。

第四に、土地利用と水、電気の使用は生産活動の結果として決定される。また、対象地域は産業発展と都市人口の規模の拡大により、市街地の拡大と農地の減少が進行している過程にある。

第五に1市3県のモデルの連係は主に生産部分にあるとした。県の工業などの生産は市区の生産規模に最も作用される。市県別の人口移動の方向に関する資料はなく、モデルで市県別にそれぞれの人口移動量を算定することとし、その市県別の方向性を決めない。

3) モデルの構造

(1) 国民収入の決定

市区部の国民収入を決定する部分の構造式について以下に示す。ただし、資料である国民収入のデータは十時点存在するが、国民生産のデータが三時点しか存在しない。そこで、直接的に国民収入について定式化することを試みることにする。

$$PDI = 0.6253 * KI - 31270$$

PDI:工業国民収入

KI:工業固定資本

$$TI = JLL * TPD_{t-1}$$

TI:全社会固定資本投資総額

JLL:対前年度国民収入の蓄積率 (政策変数)

$$IKI = RII * TI$$

IKI:工業固定資産投資

RII:工業投資分配比例 (政策変数)

$$OKI = ROKI * KI$$

OKI:工業固定資本減価償却

ROKI:工業固定資本減価償却 (外生変数)

$$KI_t = KI_{t-1} + RPDLI * IKI_t - OKI_t$$

RPDLI:生産性投資率 (政策変数)

$$ZNLI = RLA * IKI$$

ZNLI:新規工業労働人数

RLA:投資装備率

$$RLA = TABLE(t)$$

$$LI_t = LI_{t-1} + ZNLI_t$$

LI:工業労働人数

$$PDB = 0.1214 * TI + 2092$$

PDB:建築業国民収入

$$RLB = (3+10*EXP(-.4601*t+913.9))$$

$$/(1+EXP(-.4601*t+913.9))$$

RLB:建築業労働生産率の逆数

$$LB = RLB * PDB$$

LB:建築業労働人数

$$IKC = RIC * TI$$

IKC:商業固定資本投資

RIC:商業固定資産投資分配率 (政策変数)

$$PDC_t = 0.0388 * TPD_{t-1}$$

$$+ 6.6832 * IKC_t - 1072$$

PDC:商業国民収入

$$ZNLC = RLC * IKC$$

ZNLC:新規商業労働人数

RLC:商業投資装備率

$$LC = LC + ZNLC$$

LC:商業労働人数

$$PDA = 0.03742 * RZNA * ARAA$$

PDA:農業国民収入

RZNA:耕地生産性伸び率

ARAA:耕地面積

$$IKT = RIT * TI$$

IKT:交通運輸業固定資本投資

RIT:交通運輸業固定資産投資分配率

$$PDT = 0.064 * (PDI + PDA + PDB + PDC)$$

$$+ 1.177 * IKT - 1214$$

PDT:交通運輸業国民収入

$$ZNLT = RLT * IKT$$

ZNLT:新規交通運輸業労働人数

RLT:商業投資装備率

$$LT = LT + ZNLT$$

LT:交通運輸業労働人数

$$TPD = PDI + PDB + PDC + PDA + PDT$$

TPD:国民収入総額

生産関数については、工業の場合において生産能力によって規定されるので供給決定型とする。そこで、工業固定資本を説明変数とする。また、労働力は生産規模の決定要素として考えない。建築業、商業、交通運輸業の場合において、それぞれの国民収入は需要決定型とする。農業について現地の動向からして、農地の生産性は年3%で成長するものとする。

産業別の従業者数の決定は、中国の特徴を考慮し、生産規模の変動によって従業者数は大幅に調整されることなく、既存の従業者数に新規固定投資によって発生する新規従業者を加えるものとする。投資準備率は時間のテーブル関数を用いて移動していく。ただし、建築業の場合では臨時工員の場合があり、建設業生産規模によって従業者数の変動が大きいという実態にあり、生産規模をその説明変数とする。

国民収入の部分では、特に生産関数について、資本の技術進歩に関する資料が不十分であるため、基本的

に簡単な線形方程式を採用しており、長期予測には限界が出てくるものと思われる。

(2) 人口

人口の部分には二つのブロックがある。第一ブロックは自然人口を求めるCO-HORTOモデルである。もう一つのブロックは人口の社会増と農業人口の都市人口への転化を決定するブロックである。

CO-HORTOモデルの構造式はよく知られているので省略する。ここでは戸籍制度を考慮し、一つの地域において、都市人口と農業人口については別々にCO-HORTOを作成し求めている。また、このモデルで中国の一人子政策が予測期間まで実行されるとし、年齢別女性の生育率は1982年の人口調査のデータを用いて、それを定数とする。都市人口の社会増と農業人口の都市人口への転化を決定する市区部の構造式を以下に示す。

$LABM = \sum UPMEV$
 LABM: 男性非農業労働力供給
 $i: i=18, \dots, 60$
 $LABM = \sum UPMEV$
 LABM: 女性非農業労働力供給
 $i: i=18, \dots, 55$
 $LAB = LABM + LABW$
 LAB: 非農業労働力供給
 $APTOUP = AKEIA * DISAA$
 APTOUP: 農業人口の非農業人口への転化人数
 AKEIA: 単位耕地面積当りの非農業人口
 DISAA: 耕地の都市用地への転化面積
 $MIG = POLIPO * (TL - (1 - OUTWOK) * LAB - 1 / RFEYAN * APTOUP) * RFUYAN$
 MIG: 人口社会増加
 POLIPO: 人口社会増加コントロール指標
 (政策変数)
 TL: 社会労働総人数 (労働需要)
 LAB: 労働力供給
 OUTWOK: 待業率
 RFEYAN: 扶養率
 $EPT = \sum (UPMEV_i + UPMEV_i / PTIU * MIG + UPMEV_i + UPMEV_i / PTIU * MIG)$
 EPT: 非農業人口総数
 PTIU: 社会増加流入前の非農業人口総数
 $APT = \sum (APMEV_i - APMEV_i / PTIA * APTOUP + APMEV_i - APMEV_i / PTIA * APTOUP)$
 APT: 農業人口総数
 PTIA: 非農業人口転化前の農業人口
 $MIGS = 0.299 * PDC + 1.0098 * PDB + 16204$
 MIGS: 短期滞在人口

人口の社会増と地域内の農業人口の都市人口への転化は、個別の概念であるため別々に求める。地域内の農業人口の都市人口への転化人数は、農業耕地の都市用地への転化の面積に基づいて算定する。地域内への社会増加が国民収入の決定部分で求めた労働需要から農業人口の都市人口への転化を含めた都市労働供給の差から求めたものである。労働供給は定年制度に基づいて、男性の18-60才、女性の18-55才のもの合計とする。ただし待業率 (失業率) は5%と規定する。

(3) 土地、水、電気

都市用地は工業用地、生活用地および公共事業用地の三つに分けて算出している。新規都市用地は農業耕地の減少分と等しいとする。この部分の市区部構造式を以下に示す。

$ARAI = 0.02868 * KI + 12359$
 ARAI: 工業用地面積
 $ZNARAI_i = ARAI_i - ARAI_{i-1}$
 ZNARAI: 各期工業用地の増加
 $ARAL = EVPA * UPT$
 ARAL: 生活用地面積
 EVPA: 一人当りの生活用地
 $ZNARAL_i = ARAL_i - ARAL_{i-1}$
 ZNARAL: 各期生活用地の増加
 $ARAPS = 0.049 * LNP + 11945.6$
 ARAPS: 公共事業等用地
 $ZNARAPS_i = ARAPS_i - ARAPS_{i-1}$
 ZNARAPS: 各期公共事業等用地
 $EDEV = ZNARAI + ZNARAL + ZNARAPS$
 EDEV: 新規都市用地の開発
 $UARAT = ARAI + ARAL + ARAPS$
 UARAT: 都市用地総面積
 $ARAA = ARAA + ADEV - EDEV * 1.5$
 ARAA: 農業耕地 (単位: μ)
 ADEV: 農業耕地の開発
 (水と電気の使用量は省略)

(4) 国民収入使用・分配

国民収入使用と分配部分の市区部の構造式を以下に示す。この部分で蓄積と消費、生産関連と生活関連の投資、社会消費と個人消費、財政収入と支出を決定する。そのうち、財政支出対財政収入の比率は中央政府が決めた財政収入交納率によって定められており定数とする。生産と非生産投資配分率と住宅への投資配分率は政策変数である。また、生産関連投資のうち、産業別の分配率が政策変数であり、モデルの初めの政策操作のところで考慮してある。以下に関係式を示す。

$FANIN = 0.1847 * TPD + 5279$
 FANIN: 財政収入
 $FINOUT = RFINOUT * FANIN$
 FINOUT: 財政支出
 RFINOUT: 中央財政調出率 (外生変数)
 $IPD = RPDLI * TI$
 IPD: 生産性固定資本投資
 $RPDLI$: 生産性投資率 (政策変数)
 $ILI = TI - IPD$
 ILI: 非生産性固定資本投資
 $JLLT = TI / TPD * 100$
 JLLT: 対当年国民収入蓄積率
 $EXPEN = REXPEN * TPD$
 EXPEN: 国民収入消費
 REXPEN: 消費率
 $CEXPEN = 0.83 * EXPEN$
 CEXPEN: 居民消費
 $IHOI = RIHOI * ILI$
 IHOI: 住宅投資
 RIHOI: 住宅投資分配率
 $LNP = 1.4923 * FANIN + 8834$
 LNP: 非物質生産部門労働人数
 $TL = LI + LB + LT + LC + LNP + SA$
 TL: 社会労働総人数 (労働需要)
 SA: その他社会労働人数

4. 計量モデルの具体化

リモートセンシングの画像図から農業開発地の選定や都市の拡大地区の選定の情報抽出法を述べる。

保定市地域開発のための計量モデルを実施していくためには一市三県を取り扱う各レベル 1) 地域レベル、2) 都市レベル、3) 市街レベルで有機的に関連づけられる必要があり、人口増加に伴う生産性向上の場の確保も重要な検討事項である。市域レベルでは少なくとも下記の条件を満足するような土地利用の場の検討が必要とされる。

1) 農業生産高 (年3%) の向上を裏付ける資料と情報。
 2) 保定市が52万から60万に増加したときの都市拡張面積 (49から65 km²の差) の確保を裏付ける資料と情報。

そこで、本稿では上記の情報提供の資料として、リモートセンシングにおけるカラー合成画像図の利活用の方性について論述する。なお、カラー合成画像図はLANDSAT衛星のTM画像データから供給されるBand 2, 3, 4を用い、これらにシアン、イエロー、マゼンタを割り当てて作成されるもので、幾何補正により縮尺: 1/5万の地形図と位置の同定がなされているものである。⁶⁾

a) 大土地被覆分類の情報

中国の市域計画では都市・農村等を同時に観測する巨視的視野が要求され、林地、農耕地、村落、水域などの大土地被覆分類をする視点としてリモートセンシング衛星画像の活用がある。この画像データから処理されるカラー合成画像図は土地被覆の現状を正確に、季節的に与えてくれるため、中国の市域計画には日本より、適応性が高い。その理由は、地形図、基本図の公開性の問題が大きいが、これ以外に土地利用単位面積が大きく土地管理が個別的でないため、土地被覆パターンが簡素化され、大土地利用の現状を季節的に把握することが容易といえる。たとえば、1984年7月の画像データからは下記の土地被覆が判読され区分できる。

- | | |
|-------------|-----------|
| 1) 山林地区 | 8) 鉄道 |
| 2) 山礫地区 | 9) 道路 |
| 3) 河川堤内砂礫地区 | 10) 湖沼 |
| 4) 河川水、用水域 | 11) 集落地区 |
| 5) 主要穀物地区 | 12) 旧城壁地区 |
| 6) 都市近郊野菜地区 | 13) 公園地区 |
| 7) 都市建造物地区 | 14) その他 |

この市域では1)と2)、3)と4)、5)と6)の区別がリモートセンシング衛星画像データのスペクトル特性から可能であるという特徴を有している。

b) 農業開発の適地選定情報

農業の生産性向上には基本的に2つの基本条件を満足させながら、経済投資額に対する生産高を土地被覆の種類ごとにメッシュ位置で提示することができる。2つの基本条件とは式 (1) ~ (2) に示すように、開発コストHを最小にし、収量Jを最大にすることでこれらは最適化モデルで定式化できる。

$$H = \sum_{NETL} a_n h_n + \sum_{NETW} a_n h_n \rightarrow \min \quad (1)$$

$$J = \sum_{NETL} a_n f_n + \sum_{NETW} a_n f_n \rightarrow \max \quad (2)$$

この収量モデルを解くためには農産物の生産性に関する要因である、有効土壌厚、礫含量、土地被覆の種類、気温、降水量、傾斜度等の属性が既知であり、かつ農学の専門家による最小バスペクトルの情報を検討する必要がある。リモートセンシング情報としては農業開発地区の土地被覆分類項目名をメッシュ単位に提供することができる。この最適化問題では水域の埋め立てによる農耕地化も含めることが可能である。⁶⁾

さらに、モデルが複雑になるが、カイガン水路敷設を包含した土地開発計画にも応用可能である。

c) 都市開発拡張域の情報

都市人口が増加する中で住宅地の整備や工場の誘地が検討される。物理的に都市面積を拡大する必要があるとき、その地域をどこにすべきかという情報は重要であるが、かなりあいまいな部分があり、地域特性に影響されたりして、その要因を規定することは困難といえよう。そこで、カラー合成画像図を用いて下記の位置を線引きすることを推奨する。

- 1) 空港建設位置 3) 新工場用の住居地
- 2) 工場誘地位置 4) 下水処理場の位置

縮尺：1/1万の航空写真（1988年）から作成された保定市の土地利用現状図では16種の凡例の下で色分けして作成されている。わが国の土地利用が用途地区主体であるのに対して、保定市域では農業、林業、都市を対象にして凡例が作成されているため、都市部では工場用地、特種用地、都市開拓地、公園等が区分されているにとどまり、かつ地域的に線引きがなされていない傾向にある。今後は用途地区の概念を詳細に取り入れた土地利用現状図の作成が必要と考えられるので、土地現況の農地区分界を利用した線引きが可能となろう。

5. 結 論

1983～1989年の7年間ににおける一部の主要指標の実際値とモデルの計算値との誤差率を表－1に示す。これを見ると非農業人口や、都市用地の推計において、実際値に近い計算結果が得られたことは比較的良好な結果といえよう。また、人口の純流入において、実際値は毎年6千から1万人であるのに対して、計算値は毎年3千～1万5千人の範囲内の結果が得られた。このことは、このモデルが中国地方都市の構造を部分的であるにしろ説明できるし、中国の地方都市の規模は基本的に計画経済のもとで、コントロールされているといえよう。

また、中国の地方都市における主要な指標の時系列データ（10時点）を用いて簡単な構造のモデルを作成

することができた。この意味でパラメーターの推計における統計信頼度やモデルの精度が進歩した。しかし構造的には市県間の人口移動方向量の資料の不備もあって市県間の連結を明確にすることが残余している。

- 一方、リモートセンシングの応用から計量モデルに対して援助できる事柄をまとめると下記の項目となる
- a) . 衛星画像データから縮尺：1/5万の図面を作成し、これを大土地被覆分類の情報源に活用できる。
 - b) . 大土地被覆分類項目として山林と山礫地区が区別できる。この情報から緑化対策地区を抽出できる。
 - c) . 河川堤内地区と河川水域を区別できるため、河川敷の農耕開発可能地区を選定できる。
 - d) . 農耕地の中で、季節（7月頃）を選定することにより衛星画像図から、野菜畑と主穀物畑を区別でき都市の拡張域の選定に利用できる。
 - e) . 農業開発の適地選定のための土地被覆分類図をメッシュ単位で作成することができる。
 - f) . 工場誘地と空港など大規模施設の位置選定に地形図と共にカラー合成図が直接役に立つ。

最後に、本論文を作成する資料は国際連合地域開発センター（UNCRD）と保定市域の関係者の協力によるものである。上記のUNCRDの所長・佐々波秀行氏、保定市の魏華氏、葉枚氏らに感謝の意を表明する。

参 考 文 献

- 1) 新井健：中国蘇南・上海地域を対象にした地域成長過程の多地区動態モデル，都市計画学会論文集、No. 24, 1989.
- 2) 中国國務院發展研究センター：中国經濟發展とモデル，中国財政經濟出版社，1988.
- 3) 江沢、金子：地域經濟の計量分析、勁草書房、1973.
- 4) 趙暉、深海隆恒：大都市圏における住宅ストック形成に関するSDモデルによる戦後日本の住宅政策の分析、日本不動産学会誌、Vol. 3, No. 3, 1988.
- 5) 星 仰：最新のカラー-LANDSAT画像、中央地図、1985.
- 6) 稲垣、星、秋山、石田、池辺：衛星画像データから広域的農業開発適地選定、オリエント・オリオン、Vol. 31, No. 8, 1986.

表－1 モデル予測値と実際値の誤差率

年 次	国民収入	非農業人口	農業人口	人口純流入	都市用地面積
1983	3.1	0.0	0.6	-44.3	0.2
1984	3.1	0.8	0.7	-137.1	0.7
1985	5.0	1.1	0.5	-116.1	0.3
1986	1.1	1.4	0.8	32.9	0.0
1987	2.1	3.5	1.3	35.9	0.0
1988	2.1	1.4	1.3	14.0	0.6
1989	1.1	2.6	7.0	148.1	0.1