

大都市圏住宅政策評価のための シミュレーションモデル (その1)

小 栗 幸 夫

1. 都市計画とOR

本論は、東京大都市圏を対象として、そこに住む世帯の居住行動をシミュレートするモデルを作製し、それによって東京圏の住宅政策を評価する研究[1]を紹介するものである。この研究は、すなわち、都市計画へのOR手法の適用事例であるが、「都市計画」と「OR」とは、少なくともつぎの2つの点において、互いになじみにくい性格があるように思われる。1つは、「都市」という対象がきわめて漠然としていることで、空間的にもどこまでを都市とよぶかを厳密に定義することが困難であるし、また、都市を構成する物理的な施設やそこに活動する主体も多様であり、それらの互いの関連も複雑である。他の1つは、そのような都市を「計画」する際に計画の目標を設定することが困難なことである。道路ネットワークや上下水道システムなど都市を構成する個々のサブシステムについては各々のかなり明確な目的のもとに計画の手順を求めることが可能であろうが、都市全体についての目標を定義することは困難であるし、たとえ目標を設定することができたとしても都市に活動する個々人の行動のすべての側面をその目標のもとにコントロールすることはできない。

このようにシステム化と最適化問題への翻訳の困難な都市を最もエレガントにモデル化したのは理論経済学者たちであり、その研究の分野は、ニュー・アーバン・エコノミクスとよばれた[2]。しかし、経済学者たちが都市に関して付した諸仮定（就業機会が立地する都心が単一であること、都心からの交通はあらゆる方向に等質であること、都市活動者、すなわち世帯や交通事業者など、が市場状態に瞬時に反応して個人均衡を達成させることなど）は都市の人口分布などについての数理的な均衡解を得るためには必要であったが、都市の空間的、歴史的現実をあまりにも単純化したものであるし、また、

そのような単純化の仮定のもとに設計された都市の最適化モデル（ここでは、都市を維持するための費用——交通費用と農地の都市的利用地への変換のための地代——の最小化や、都市に居住する世帯の効用の和の最大化などが目的関数とされた）から得られる解（交通費補助、混雑税、都市空間の最適な拡がりなど）から現実的な計画のための補助情報を得ることは困難である。

漠然とした都市という対象に理論経済学者は仮定の単純化と厳密な均衡条件および最適化手法によってアプローチしたのであるが、一方、つぎのような視点から都市にアプローチすることによって、より現実的な計画情報をOR手法から得ようとする立場が存在するだろう。まず複雑な都市現象から計画行為を必要とする問題を識別し、それを生起させる都市のサブシステムを定義する。サブシステムを構成する要素の多くは外生変数とされるがそれらは、将来の内生化を考慮し、必要で十分な現実性をもたねばならない。これは、現在問題としているサブシステムを、都市の他のサブシステムの解析と連動する可能性を配慮するからである。サブシステムの定義にあたってとくに重要なのはサブシステムを構成し、そこで活動する主体を明らかにし、その行動原理を定義することである。分権的社会における計画行為とは、実際、各々が個別の(あるいは勝手な)目標をもって行動する社会集団の中に計画のための諸手段を投げ込むことであり、計画効果とはそのような手段が個人の行動をどのように変え、その結果、個人の集合体としての社会の状態がいかに変わるかによって測られるものである。そのような視点からすると、行動原理の定義にあたって計画手段と個人行動との関連を明示的に示しうる定式化を行なうことが、また個人行動を集計することによって社会（この場合はサブシステム）の状態が適切に記述しうるということが、そして社会状態を記述する情報が意志決定者にとって適切な計画評価のための情報であることが、それぞれ必要である。

以上の立場は、すなわち、都市システム全体を最適化

おぐり・ゆきお 筑波大学

問題に定式化することによって計画手段を明らかにするのではなく、都市のサブシステムについてさまざまな計画手段の効果をシミュレーションモデルによって検討しているというものである。しかしこの場合のシミュレーションモデルは、都市地域でみられる、たとえばグラビティ法則といった、集計的規則性を組みこんで定式化されるもの[3]ではない。事実、このようなモデルの計画上の価値については多くの懐疑論が示されている。計画手段が何らかの効果をもたらす重要な要は、計画手段が個人行動に何らかの影響を与える点にあり、シミュレーションモデルは個人行動の記述とその集計という手続きを含むものとして設計されることが適当であろう。本研究のモデルがモンテカルロ法による世帯行動のシミュレーション・ルーチンを核として設計されたのはこのような視点からである[4]。

2. 問題の所在とモデルの対象

この研究の課題は、さまざまな住宅政策を居住水準への影響という視点から検討し評価することである。

東京圏における住宅の貧しさはここで改めていうまでもないが、都市における居住水準は単に住宅規模によってのみ測られるのではなく、通勤に要する時間やライフサイクル・ステージに応じた住宅の入手の容易さなどからも評価されるべきものであり、それらの点における劣悪さもまたここで改めて述べる必要がない。この居住水準の低さに関連するさまざまな重要な事象の1つは東京圏居住者の1戸建持家に対する強い指向で、その潜在的需要の多くは通勤限界と思われる地点に立地する郊外住宅や都心近傍の狭小住宅(いわゆるミニ開発)として顕在化し、また1戸建持家の需要が実現できない階層の多くは、低質な民間賃貸住宅に居住している。第2は、東京圏における地価やその上昇率の非常に高さでこれは1戸建持家への強い需要と互に関連している。第3は、大都市圏への人口流入がゆるやかになり、圏域内で新しく住宅を需要する人の多くが以前からその圏域内に住んでいた人々たちであること、すなわち、住み替えに伴う需要が住宅需要の主要な部分を占めるようになってきたことである。実際、1戸建持家の取得を最終ゴールとして、ライフサイクルの変化に伴い民間賃貸住宅から公社、公団等の賃貸住宅、給与住宅、マンションへとさまざまな種類の住宅をつぎつぎと住み替えていくことは大都市圏住宅市場の顕著な特色である。

一方、このような特色をもつ大都市圏の住宅市場に対して政府はどのような政策対応をしてきたのだろうか。主要な政策の第1は公的機関、とくに日本住宅金融公庫を通じての持家取得のための低利の住宅ローンの貸し付け

であるが、これが政府の財政投融资の主要な部分を占めることから、居住水準の改善というよりむしろ景気調整の手段として運用されたという性格が強く、その結果都市郊外のスプロールや地価上昇に拍車を掛けたとも批判される。第2は地方公共団体の公営住宅や公社・公団等の賃貸住宅の供給であるが、前者はその絶対量が少なく、後者については「高・遠・狭」の批判が強く、郊外では多くの空家が発生している。第3は、都市計画法等による宅地開発の規制であるが、これによってむしろ宅地供給量が制限され、地価上昇の要因となるとの見方もある。大都市圏の居住水準の改善のために必要なことは、前述したような事象に特徴づけられる住宅市場において、さまざまな住宅政策がどのような効果をもたらすかを多面的に理解し、よりよい政策複合(policy mix)を模索していくことである。

このような政策課題に答えようとするのが本研究のシミュレーションモデルであり、このモデルは、大都市圏の住宅市場の上記の諸特徴に対応して、世帯のライフサイクル・ステージの変化、住み替え希望の発生、世帯の住宅選好および住宅立地、地価および住宅価格などの相互関係を記述するものである。このモデルにおける活動主体は世帯であり、世帯は大都市圏内の産業活動の立地や交通ネットワークを所与のものとして行動することとする。そして土地や住宅については、その供給量について一定の制限が考慮されているが、供給者の行動の内生的な記述はされない。このように、このモデルは住宅市場の需要サイドのパフォーマンスを主に記述するもので、より総合的な住宅需給モデルの一部を構成するものとみなされるべきである。政策評価の対象となる住宅融資、公的賃貸住宅供給、宅地開発規制などが外生変数として扱われることは言うまでもない。

このように、この研究のモデルは世帯の居住行動、とくに住宅を移り変わる住み替え行動に焦点を合わせるので、このモデルを大都市圏住宅住み替えモデル(Metropolitan Residential Relocation Model)と名づける。

3. 大都市圏住宅住み替えモデルの構成

3.1 モデル対象の定義

ここで大都市圏住宅住み替えモデルが対象とするシミュレーション期間、東京大都市圏の空間的拡がりゾーン構成、世帯の種類、住宅の種類を定義しよう。

モデルの対象期間は1970年から1975年であり、後述するような繰り返し計算(iteration)によって70年から75年への状態の変化を一気にシミュレートする。東京大都市圏は、通勤圏の拡がりなどから、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県の184市区町村からなるものと

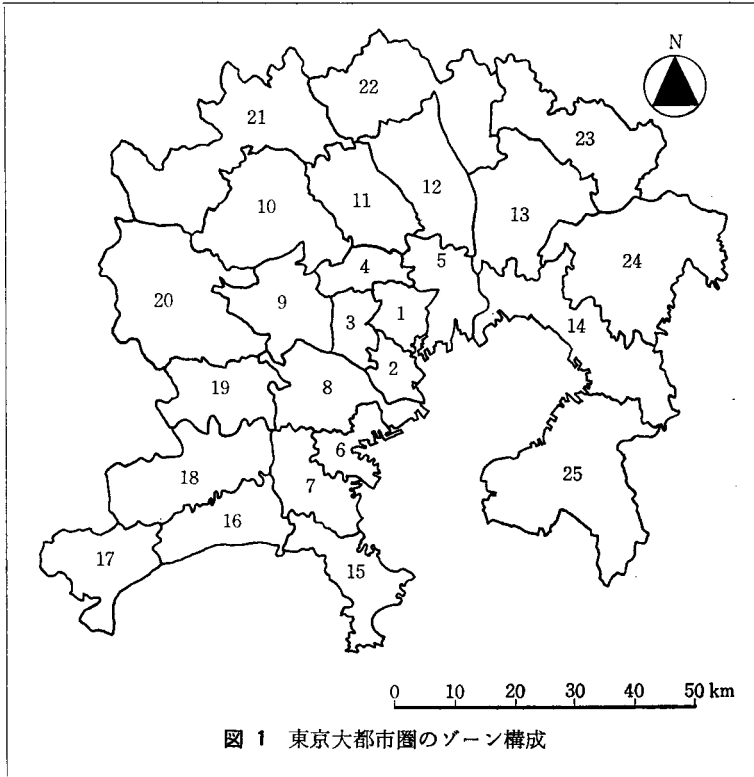


図 1 東京大都市圏のゾーン構成

し、都心からの距離、方向によって25のゾーンに分割する(図1)。1975年国勢調査によれば、このように定義された東京圏の面積は7310.3km²であり、そこに2519万205人、766万3158世帯が居住し、1201万7230人が就業している。

1つの大都市圏内で、一定期間内に住宅を需要する世帯は圏域への転入世帯、圏域内での新規形成世帯(両者を合わせて新世帯とよぶ)、および住み替えを希望する

表 2 住宅タイプの定義

番号	住宅タイプ	床面積	定義
1	1戸建持家	100㎡以上	
2	同	100㎡未満	
3	公社公団等の分譲住宅		
4	民間の集合分譲住宅(マンション)	50㎡以上	
5	同	50㎡未満	
6	1戸建貸家	75㎡以上	
7	同	75㎡未満	
8	給与住宅		
9	公社公団等の賃貸住宅	25㎡以上	
10	同	25㎡未満	
11	民間賃貸住宅	15㎡以上	
12	同	15㎡未満	
13	間借り(下宿)・寄宿舎(寮)		

表 1 世帯タイプの定義

番号	家族人員	世帯主年齢
1	1人	30歳未満
2	1人	30~39歳
3	1人	40~49歳
4	1人	50歳以上
5	2人	30歳未満
6	2人	30~39歳
7	2人	40~49歳
8	2人	50歳以上
9	3~4人	30歳未満
10	3~4人	30~39歳
11	3~4人	40~49歳
12	3~4人	50歳以上
13	5人以上	30歳未満
14	5人以上	30~39歳
15	5人以上	40~49歳
16	5人以上	50歳以上

転居希望世帯からなる(これらを移動世帯と総称する)。住み替えモデルでは、これらの世帯を4つの世帯主年齢層と4つの家族規模との組合せからなる16のタイプ(表1)に分け、これによって世帯のライフサイクル・ステージを表わす。さらに世帯が属する所得階層は13とする。一方、移動世帯が探索対象とする住宅は、所有関係、建て方、供給主体、床面積の組合せによって13のタイプ(表2)に分けることとする。

以上の定義のための記号をリストしたのが表3である。ここでは期首年(1970年)がJで、また、期末年(1975年)がKで示される。この定義によって、世帯のライフサイクル・ステージの変化は世帯タイプの変化(JHL→KHL)で、新世帯の住宅・居住地決定はK年の住宅タイプおよび居住ゾーン(KHT, KRZ)の決定で、また、転居希望世帯の住み替えは住宅タイプおよび居住

表 3 ゾーン、世帯、住宅分類の記号

ゾーン、世帯、住宅の分類	J=1970	K=1975
居住ゾーン(1~NZN=25)	JRZ	KRZ
就業ゾーン(1~NZN=25)	—	KBZ
世帯タイプ(1~NHL=16)	JHL	KHL
所得階層(1~NYM=13)	—	KYM
住宅タイプ(1~NHT=13)	JHT	KHT

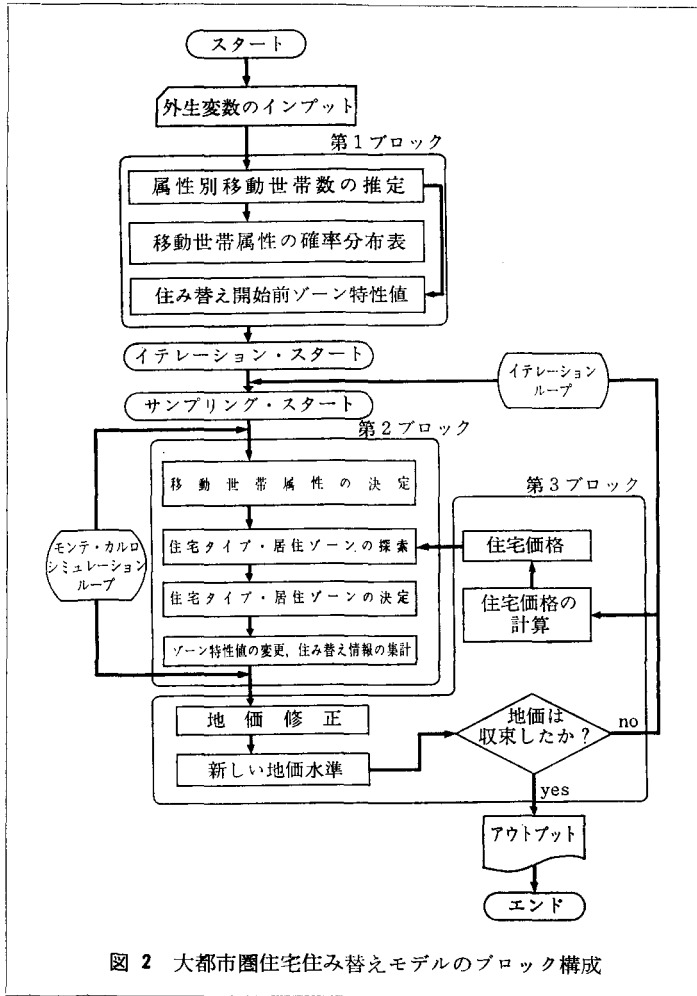


図 2 大都市圏住宅住み替えモデルのブロック構成

できる。また、J年からK年の間には、住み替えや新世帯流入などを無視しても、世帯消滅、転出、空屋取り壊しあるいは就業者数の変化などで、各ゾーンの世帯数、人口、都市的土地利用地（宅地＋業務地＋公共用地）面積などが変化するはずである。この推計を行なうのも第1ブロックの仕事である。

第2ブロックでは、第1ブロックで推計された移動世帯から適当な数のサンプルを取り出し、各サンプルの住宅・居住地探索行動をシミュレートし、その結果を集計する。このブロックはモンテカルロ法で設計され、いわばモデルのマイクロ・パートである。モデル内のサンプルについては、それが転居希望世帯であるのか新世帯であるのか、前者であればそのJ年における住宅（JHT）や居住地（JRZ）、あるいはK年のその世帯タイプ（KHL）がいずれなのか、などその属性を決定しなければならない。その属性決定のために、第1ブロックで推計された移動世帯の属性分布表が使われる。このように属性が決定されたサンプル世帯の住宅・居住地探索過程をシミュレートするのであるが、その方法は手短かに言って、「住宅および居住ゾーンを選好の強さの順に識別し、経済的制約を満たす最初の住宅および居住ゾーンを選択対象とする」こと

ゾーンの変化（JHT→KHT, JRZ→KRZ）で、それぞれ表わされることになる。

3.2 モデルのブロック構成

住み替えモデルは、図2に示すようにつぎの3つのブロックからなる。

第1ブロック 移動世帯数の推計

第2ブロック 住宅および居住地の探索

第3ブロック 住宅および住宅価格の決定

第1ブロックは、住み替え行動をまだ始めていない転居希望世帯数をJ年の居住ゾーン（JRZ）、住宅タイプ（JHT）およびK年の世帯タイプ（KHL）別に、また住宅探索行動をまだ始めていない新世帯をK年の世帯タイプ（KHL）別にそれぞれ推計するブロックである。このブロックは第2、第3のブロックに対してはいわば初期設定を行なうもので、推計はマトリックス演算によって行なわれる。移動世帯総数が推計されればそれを母数として移動世帯の属性分布を示す確率表を推計することが

で、経済的制約を満たすか否かは、住宅の市場価格と需要価格の比較によってチェックされる[5]。このルーチンは住み替えモデルの核をなす部分であり、後に詳しく述べる。世帯が転出したり転入したりすることによって各ゾーンの世帯数、人口、都市的土地利用地が変化するので、その集計を行なうこともこのブロックの仕事である。

第2ブロックでは、世帯が住宅の市場価格を所与のものとして住宅探索を行なう様を記述するのであるが、第3ブロックは世帯の住宅需要に対応して地価を調整し、それを基礎に新たに住宅価格を計算するもので、モデルのマクロ・パートである。第1回目の住宅探索行動シミュレーションは、J年の地価によって計算された住宅価格のもとに実行されるが、第2回目以後のシミュレーションは第3ブロックで改定された住宅価格のもとに実行され、第i回目のシミュレーションの結果各ゾーンで推定された地価と第(i-1)回目の推定地価との差異が任意の幅に納ったとき地価は収束したとみなされて演算は打

ち切れ、逆に収束条件が満たされないとき、再度新しい価格のもとに第2ブロックの演算が行なわれる。

以上のように、住み替えモデルは、図2に見るように、第2ブロック内のモンテカルロ・シミュレーション・ループが、第3ブロックを経由するイテレーション・ループ内にネストされた構造になっている。このようなモデル構造は、ミクロな世帯行動とマクロな市場の状態の相互依存関係、および、それを通じての両者の同時的均衡の達成を記述するためのものである。すなわち、個々の世帯は市場の状態を所与のものとして行動するが、その行動の集計の結果は市場の状態を変化させ、それからのフィードバックを受けて行動が調整され、その繰り返しの結果として新しい市場状態が生み出される様を記述しようとするのである。

さて、このようなモデルを実際に稼動するためには、期間内の世帯タイプの変化、新世帯形成、住み替え希望、住宅選好等に関する詳細なデータが必要であるが、このモデルの構造に完全に適合する既存データは存在しない。そこで、新しいデータと、既存データを加工するパラメータとを得るために、大都市圏住宅住み替え調査(Metropolitan Residential Relocation Survey)を実施した[6]。この調査がモデルといかに対応するかは、モデルブロックの詳細説明の際に触れる。

3.3 政策評価のためのアウトプット

住み替えモデルは、モンテカルロ法で設計されているため、住宅を求める個々のサンプル世帯の属性や取得した住宅についてのさまざまな情報を組み合わせて多様なアウトプットを生み出すことができるし、また、ゾーンに関する情報を得ることもできる。では、住宅政策を評価するためには、どのようなアウトプットを得ることが適当だろうか？

このモデルは大都市圏の住み替え行動を主な記述対象とするものであり、このモデルから得るべき重要な情報は、住み替えに伴う居住水準の変化の程度である。住宅規模が狭小であり、また、住宅立地の遠隔化に伴って通勤時間が過大となっている東京圏では、居住水準を1人当たり床面積と通勤時間という基本的な指標で測ることに大方の合意が得られるであろう。そこで、政策評価のために、サンプルごとの住み替えに伴う1人当たり床面積の変化量、

$$(FA(KHT) - FA(JHT)) / FS(KHL)$$

ここで、FA(KHT)=取得した住宅(タイプ KHT)の床面積、FA(JHT)=期首の住宅(タイプ JHT)の床面積、および、FS(KHL)=サンプル世帯(タイプ KHL)の世帯人員数を求めてサンプル平均を推計し、一方、各サンプルごと

に住み替えに伴う通勤時間の変化、

$$DS(KRZ, KBZ) - DS(JRZ, KBZ)$$

ここで、DS(KRZ, KBZ)=就業ゾーン(KBZ)から住宅を取得したゾーン(KRZ)までの時間距離、および、DS(JRZ, KBZ)=就業ゾーン(KBZ)から期首の居住ゾーン(JRZ)までの時間距離

を求め、サンプル平均を推計する。ここには、床面積のより大きい住宅をよりコンパクトにまとめた都市空間を作りあげる政策をよりよい政策とみなすという価値観がある。さらに住み替えモデルの住宅・居住ゾーン探索ルーチンは転居希望世帯が住み替えを^{あきらめる}行動も説明するもので、転居希望を実現した世帯の割合も政策評価のアウトプットとする。一方、東京圏では地価水準の抑制自体もひとつの政策的課題である。そこで、圏域の平均地価をつぎのように求める。

$$\sum_{KRZ=1}^{NZN} PLNDK(KRZ) \\ * (AUK(KRZ) / \sum_{KRZ=1}^{NZN} AUK(KRZ))$$

ここで、PLNDK(KRZ)=ゾーンKRZの地価、および、AUK(KRZ)=ゾーンKRZの都市的土地利用地面積。

次稿では、住み替えモデルの各ブロックに含まれる特徴的なルーチンをやや詳細に説明し、政策シミュレーションの結果を示す。

参考文献

- [1] 大都市交通分析調査委員会：大都市における都市機能と交通機能の関連分析調査報告書、騰写刷、1971。
- [2] Goldner, W.: The Lowry Model Heritage. *Journal of American Institute of Planners*, Vol. 37, No. 2 (1971), 100-110.
- [3] Hansen, W. C.: How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of American Institute of Planners*, Vol. 25, No. 1 (1959), 73-76.
- [4] 熊田禎宣, 他: 住宅立地シミュレーションモデル, 住宅, 第17巻, 第11号(1968), 22-35.
- [5] Lowry, I. S.: *A Model of Metropolis*. Memorandum, RM-4035-RC, The RAND Corporation, 1964.
- [6] Mills, E., and Mackinnon, J.: Notes on the New Urban Economics. *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 4 (1973), 583-601.

[7] Oguri, Y.: *A Metropolitan Residential Relocation Model for the Evaluation of Housing Policies of the Tokyo Region*. Unpublished Ph. D. Dissertation, Department of City and Regional Planning, University of Pennsylvania, 1978.

[8] 小栗幸夫: 大都市圏住宅住み替えモデルにおける住宅・居住地探索ルーチンの設計. 都市計画, 別冊第14号(1979), 刊行予定.

[9] 小栗幸夫, 他: 東京大都市圏居住世帯の潜在的住み替え需要と住宅選好パターンの調査および解析. 都市計画, 別冊, 第13号(1978), 85-90.

注

1) この研究はペンシルヴァニア大学提出学位論文研究(Oguri [7], 指導教官 Prof. Britton Harris) としすすめられたものである. 東京工業大学における研究の期間指導にあられた社会工学科梶秀樹助教授, 原科幸彦氏(現国立公害研究所), 和泉潤助手, 研究助

成を与えられた鹿島学術振興財団, データ収集等に協力された各位に感謝の意を表する.

2) ニュー・アーバン・エコノミックスの名称は Mills and Mackinnon [6] によってつけられた. その特徴についても同文献参照.

3) グラビティ法則を援用した大都市圏モデルは Hansen [3], Lowry [5] などによってプロトタイプが開発され, 以後多くのモデルの開発が試みられた. Goldner [2] 参照.

4) モンテカルロ法による居住行動シミュレーションモデルは名古屋大都市圏を対象とした熊田禎宣他のモデル(熊田他[4]), 南関東を対象とした伊藤滋他のモデル(大都市交通分析調査委員会[1])などがあり本研究はこれらの業績に負うところが大きい. これらのモデルとの関連については小栗[8]参照.

5) 住み替えモデルの住宅・居住地探索ルーチンについては小栗[8]参照.

6) 大都市圏住宅住み替え調査については小栗他[8]参照.

● グラフを楽しむ ●

max-non H-path

前回(11月号)の答 $K_{8,3}$ の辺の数は9なので, たての位置はこれで決まる. 辺の数が9のグラフは20個あるが, 図中上下に各1本線で結ばれている点は1コであり, これが $K_{8,3}$ に対応する. すなわち $K_{8,3}$ に任意の辺を加えてできるグラフはすべて同型なので上に線は1本だけ. 同様に任意の辺を除いてみれば, 下にも線は1本しかでない.

さて, 前回と同じ図を用いて, ある性質をもつグラフ(たとえばハミルトン路をもつグラフ)をいもづる式に引き出してみよう. 同様に性質をもたないグラフも明らかとなる. 極大(これ以上, 辺を加えると性質がこわれる)なグラフはどんな顔をもつのだろうか.

(寺野隆雄・坂内広蔵)

