

【研究ノート】

# 森林都市構想： 社会的費用便益分析の練習問題

赤尾 健一

はじめに

現在は立ち消えの状態のようであるが、バブル景気のころ、林野庁は「森林都市構想」なるものを提案していた。この構想は、「森林と人間との新たな共存関係を構築するという発想をもとにした街づくり」をコンセプトとしている。その高邁な理念はさておいて、具体的には国有林を利用して新たな居住スペースを創造しようというものであり、森林都市に居住地を得た人は、一定期間その国有地を排他的に利用することができる。つまりそれは、国民の共有物である国有地に私的な権利を設定するものである。

当然のことながら、このような構想が社会に受け入れられるためには、森林都市の居住者のみならず、それ以外の人々にとってもそれが望ましいものであることが示されねばならない。したがって、構想の実現に先立って、実行されようとしている森林都市が果たして社会にとって望ましいものかどうかを検討したり、あるいは社会にとって最も望ましい森林都市像を検討することが必要とされる。

このノートでは、第一にこのような検討を行うための理論的、実践的枠組みを提供する（第Ⅰ章）。第二に、社会的に望ましい森林都市がどのようなものになるかについて、その一例をシミュレーションによって示す（第Ⅱ章）。

## I 森林都市創設の費用便益分析：理論

ここでは、森林都市を創設することの望ましさを判断するための理論的枠組みを議論する。はじめに I-1 では、社会全体にとっての望ましきという規範的な問題に対する判断基準として、パレート基準、補償基準、そして社会厚生基準を紹介する。I-2 では、verbal model の形で、森林都市構想が社会に及ぼす影響を記述する。I-3 では、モデルを数学的に表現し、パレート基準あるいは補償基準の立場から、森林都市の創設の社会的望ましさを判断するための基準を定式化する。また、I-4 で、より実践的な判断基準を提案し、その利用に関する留意点を明らかにする。

### I-1 社会的な望ましきの判断基準

厚生経済学では、ある政策が社会にとって望ましいか否かを検討するために、パレート基準、補償基準、そして社会厚生基準という3つの判断基準が考えられてきた。ここでは、これらを解説するとともに、このような判断基準を適用する際に重要な役割を果たす、効用変化の貨幣尺度について紹介する。

#### (1) パレート基準

政策の社会的望ましさを判断するための一つの考え方として、その政策（例えば森林都市の創設）によって社会のすべての人の効用が低下することなく、少なくともある人の効用が高まるならば、政策は社会にとって望ましいとみなすものがある。このような判断基準はパレート基準と呼ばれる。また、パレート基準をパスするような政策は、社会をパレート改善するという。

パレート基準は非常にもっともらしい考え方である一方で、すべての人の効用が、政策によって現状以上になるか、現状以下になるような状況しか、社会的望ましさを判断できない。一方で、そのような状況を発生させる政策は稀であり、多くの場合、その政策によってある人は利得を得、ある人は損失をこうむる。また、実際問題として、その実行によって効用が増加する人と効用が低下する人が混在する状況においてこそ、政策の社会的望ましさを判断が求められる。したがって、このようなケースにもパレート基準を適用するための方策が必要となる。

このような方策の一つは、政策の実行あるいは断念にともなって利得者から損失者への補償が行われるようにすることである。言い換えれば、損失者の効用低下を補う補償によって、損失者を消去すること、あるいは利得者から利得相当分を取りたてることで利得者を消去することによって、パレート基準が適用可能な状況が発生させる。この場合、パレート基準の適用は、政策の実行とともに補償が行われた状況と政策が行われない状況を比較して、あるいは、政策の断念とともに補償が行われた状況と政策が実行された状況を比較して行われることになる。

このような補償の政策への導入をより具体的に解説しよう。

例えば、利得者の政策実施後の所得からある貨幣量を徴収し、その効用水準を実施前の状態にとどめる。一方で、損失者の効用水準を政策実施前のそれにとどめるために必要な貨幣量を調べる。もし、利得者から徴収される貨幣量の合計が、損失者の補償に必要な貨幣量の合計を上回れば、政策を実施することで、すべての人の効用水準を実施前の状態にとどめ、かつ幾許かの貨幣が社会に残される。この貨幣を人々に再配分することで、人々の効用水準は以前の状態よりも向上する。したがって、パレート基準の観点から（補償を伴った）政策は望ましいものと見なされる。ここで人々の効用水準を政策前の状態にとどめるために徴収され

たり、補償される貨幣量は補償変分 (CV; Compensation Variation) と呼ばれる。

この補償に関して、もう一つ別の考え方もできる。政策が行われることを前提とし、政策後の人々の効用水準を基準として考える。もし、政策が実施されなければ、政策の利得者は政策実施後の状態よりも効用水準は低下する。そこで、利得者の効用水準を実施後の状態にとどめるために必要な補償額を調査する。一方、政策の損失者からは、政策の断念の代償として彼らの効用水準を実施後の状態にとどめるだけの貨幣量を徴収する。もし、補償額の合計が徴収される貨幣量の合計よりも大きいならば、政策の断念はいかなる補償を行っても人々の効用水準を政策実施後の状態以上にすることはできない。したがって、パレート基準の観点から政策の実施は望ましいと考えられる。ここで、人々の効用水準を政策実施後の状態に保つために、人々に補償したり人々から徴収したりする貨幣量は等価変分 (EV; Equivalent Variation) と呼ばれる。

## (2) 効用変化の貨幣尺度

以上、パレート基準の適用範囲を広げるために、利得者から損失者への補償について考察した。その過程で、二つの貨幣量、CV と EV が導入された。ここで、間接効用関数の概念を用いて、CV と EV を厳密に定義しておこう。

間接効用関数とは、ある社会経済状態で家計あるいは個人が実現する効用水準を表す関数であり、 $V(y, \cdot)$  と表現される。ここで  $y$  は家計あるいは個人の可処分所得を示す。“ $\cdot$ ” はその他の社会経済状態である。今、政策実施前の社会経済状態が、 $(y^0, A)$  で表され、実施後のそれが  $(y^1, B)$  で表されるとする。このとき、CV、EV は次の恒等式を満たす貨幣量として定義される。

$$V(y^0, A) = V(y^1 - CV, B),$$

$$V(y^0 + EV, A) = V(y^1, B).$$

このように定義された CV, EV は、効用変化の貨幣尺度と呼ばれる。それは、効用変化という誰にも観察ができない、そして他の人との間で比較ができないものを、貨幣という観察可能で比較可能な単位に変換したものである。

貨幣尺度として CV, EV は次のような望ましい性質を持っている。

第 1 に、CV, EV は、所得の増加が常に効用を増加させるという仮定が許される限り、効用変化に対する符号保存性を有する。つまり、もしある人の効用が政策の実施によって増加するならば常に正の値を示し、反対に低下するならば負の値を示すという性質を持っている。したがって、これらの貨幣尺度は、効用の変化の方向を常に正しく表現する。効用変化に対する貨幣尺度の符号保存性は、貨幣尺度に要求される一つの基礎的な特質である。

第 2 に、CV, EV は、政策実施によって生じる複雑な社会経済の変化に対して、変化前の状態と変化後の状態だけによってその値が定まるという性質を持っている。変化が生じる経路がいかなるものであれ、その値は不変であるという性質は経路独立性と呼ばれる。経路独立性は、パレート基準が変化前後の人々の効用水準を判断材料とするものであることに対応して、効用変化の貨幣尺度に必要とされる性質である。

CV と EV の違いは、基準となる人々の効用水準を政策前のそれとするか、政策後のそれとするかにある。この参照効用水準の違いのために、一般に CV と EV の値は異なる。そのため、政策に対する社会的望ましさの判断は、いずれの貨幣尺度を用いるかで異なる可能性がある。ただし、これらのいずれを選択するかは、経済理論上の問題というよりは社会の倫理的な問題である。政策が行われることが当然と見なされているならば EV が用いられるであろうし、そうでなければ CV が用いられる

であろう。なお、もし政策による社会経済状況の変化が小さければ小さいほど、CV と EV の差は小さくなる。

一方で、CV と EV の間には重要な理論上の相違点がある。複数の政策から一つの政策を選択しなければならない状況において、EV はパレート基準の観点から最も望ましい政策を選択することができる。一方、CV は必ずしもそうではない。したがって、最適な森林都市像を求めるといったタイプの問題に対しては CV よりも EV に基づく判断が適切である。他方、ある森林都市がつくられるべきか否かといった問題に対しては、CV も EV もそれぞれの基準とする効用水準に応じて、適切な判断を示す（以上の CV と EV の性質に関する詳細はヨハンソン、1994を参照）。

### （3）補償基準

政策の社会的望ましさを判断にパレート基準を適用しようとするれば、多くの場合で、利得者から損失者への補償が、政策とともに実行される必要がある。しかし、このような補償を実際に行うことは必ずしも容易ではない。社会のすべての人々や家計に対して、その CV や EV を調べ上げ、それを実際に徴収、補償するには莫大な費用がかかるかもしれない。

この問題に対処するために、判断基準として、補償がもし行われたならば、すべての人の効用水準を現状以上とすることができるかどうかで政策の望ましさを判断しようとする考え方が提案されている。このような判断基準は補償基準と呼ばれる。補償基準をパレート基準と区別する重要な相違点は、前者では補償が実際に行われるかどうかを問わないことにある。

厚生経済学の基本定理によって、所得分配（補償）の問題は、資源配分（パレート効率性）の問題と分離可能である。そして、補償基準は後

者のみの観点から政策の望ましさを判断しようとする。つまり、適切な所得分配さえ行われるならば、社会をパレート改善できる状態を選択することが、社会的に望ましいというのが補償基準の根底にある価値判断である。このような考え方に対応して、補償基準をパスする政策は、社会を「潜在的に」パレート改善するといわれる。ただし注意として、現実には補償が行われないならば、(補償を伴わない)政策の実行や(補償を伴わない)政策の断念は、利得者と損失者を発生させることになる。そのような状況では、補償基準に基づく判断が社会的に望ましいとする根拠は、曖昧なものとなる。

補償基準(そしてパレート基準)による社会的望ましさを判断は、上述の貨幣尺度を用いると次のようになる。

政策前の効用水準を基準とする場合、社会に存在する各家計の補償変分を  $CV^h$  とする。もし、 $\sum_h CV^h > 0$  ならば、政策の実行は社会的に望ましい。

政策後の効用水準を基準とする場合、社会に存在する各家計の等価変分を  $EV^h$  とする。もし、 $\sum_h EV^h > 0$  ならば、政策の実行は社会的に望ましい。

#### (4) 社会厚生基準

以上の二つの判断基準とは異なる判断基準として、社会厚生基準がある。社会厚生とは社会全体の望ましさを表す一元的な指標のことである。社会厚生基準では、政策の実行によって社会厚生値が向上するならば、政策は望ましいと考える。

この基準を利用するためには、人々の効用水準を社会厚生に変換する関数(社会厚生関数)が存在することが前提となる。このことは同時に人々の効用水準に対する比較可能性を認めることを意味している。さらに通常、社会厚生関数は次の4つの性質を持つことが仮定されている。

第1に、社会厚生関数は社会に存在する人々の効用水準のすべて、そしてそれらのみを変数とする。第2に他のすべての人の効用水準を維持して、ある人の効用水準が増加するなら社会厚生は増加する（パレート原理）。第3に社会厚生関数は凹関数である（衡平性）。第4に各変数はそれが誰の効用水準であるかは問わない（匿名性）。

このような仮定に加えて、社会厚生関数及び効用関数が連続微分可能であることを仮定すると、ある政策の実行による社会厚生の変化は、効用変化の貨幣尺度によって表現することができる。すなわち、政策実施前の社会厚生を  $W^0$ 、実施後の社会厚生を  $W^1$  で表すと、政策による社会厚生の変化は

$$W^1 - W^0 = \sum_h (a^h \times CV^h) = \sum_h (b^h \times EV^h)$$

と表すことができる。ここで、 $a^h$ 、 $b^h$  は各家計に与えられる非負のウェイトであり、 $CV^h$  と  $EV^h$  は各家計の補償変分と等価変分である。もし、

$$\sum_h (a^h \times CV^h) > 0$$

あるいは

$$\sum_h (b^h \times EV^h) > 0$$

ならば、政策の実行は社会厚生を向上させるという意味で社会的に望ましい。

社会厚生基準とこれまでの二つの判断基準との相違点は、政策に対する各家計の補償変分や等価変分にウェイト付けをして集計するか、あるいはウェイト無しに集計するかにある。想定されている社会厚生関数の具体的な式に応じて、例えば、社会で最も恵まれない人に非常に大きな値のウェイトが与えられ、恵まれた人々に極めて小さなウェイトが与えられるかもしれない。このようにウェイトは、社会厚生関数を持っている衡平性に対する倫理観を反映している。



このような衡平性の観点は、パレート基準や補償基準では配慮されないものである。社会厚生基準は、人々の間での効用水準の比較可能性という不自然な仮定を受け入れることを代償として、衡平性という社会の不平等の問題を考慮することができる。パレート基準との関係として、もし、パレート基準によって政策が望ましいと判断されるならば、社会厚生関数の第2の性質から、そのような政策は常に社会厚生基準の観点からも望ましい。しかし、社会厚生基準によって政策が望ましいと判断されたとしても、その政策はパレート基準をパスするとは限らない。二つの基準で判断に違いが生じるのは、社会厚生基準が効率性ととも衡平性を考慮することによる。一方、補償基準と社会厚生基準との関係について整理すると、補償基準とはすべての人々に等しいウェイトを与える特殊な社会厚生関数を想定した社会厚生基準であるということが出来る。つまり、補償基準は衡平性に関するある特定の倫理観＝特定の社会厚生関数を反映した判断基準であり、社会厚生基準の観点からそれを解釈する場合、その適用の妥当性はそのような倫理観が社会的に認められるか否かに依存している。

#### (5) 判断基準の選択

以上、社会的望ましさに関して、厚生経済学において提案されている3つの考え方を紹介した。厚生経済学では、これらの判断基準に対する批判的検討が数十年にわたって行われてきており、今日、これらはいずれも理論的な問題を抱えていることが知られている。

例えば、パレート基準に関しては、補償、徴収の手続きが必要になる場合、比較すべき状態は理論的には補償、徴収をとまなう政策の実行(CVを用いる場合)、あるいは補償、徴収をとまなう政策の見送り(EVを用いる場合)となる。一方で、補償額と徴収額を決めるには、あらかじめ比較される二つの状態が定められていなければならない。補

償基準に関する問題のひとつは、パレート改善のために補償、徴収が必要であるにもかかわらず実際には行われないならば、例えばCVを用いて政策実行が支持され、政策が実行されたのち、同じCVを用いた補償基準は政策実行前の状態に戻すことを支持するといった状況が生じる可能性があることである（スキトフスキー・パラドックス）。最後に、社会厚生基準については、個人間の効用の比較可能性を認めたとしても、何が望ましい社会厚生関数かを理論的に決めることはできない（それは社会の倫理に依存する）という問題がある。

一方で、これらの判断基準以上に適切で、かつ操作性に富む判断基準は未だ知られていない。このため、上述のような欠陥に注意深く配慮しながら、これらの判断基準を利用することが現実的な選択であろう。

そのような選択を前提とすると、次の課題として、これら3つの判断基準のうちどれを選択するかを検討する必要がある。ここでは、森林都市の創設を念頭にこの点を検討しよう。

もし人々が見過ごすことのできない不平等な状況に置かれていたり、政策が不平等の格差をますます拡大するものならば、衡平性の観点は非常に重要となる。時にはパレート効率性を犠牲にしても衡平性が優先されるであろう。したがって、3つの判断基準のうち、社会厚生関数アプローチの採用が推奨される。

一方、そうではない状況や問題では、パレート基準や補償基準の採用が許されるだろう。つまり衡平性を捨象して、単にパレート効率性の観点からのみ社会的望ましきの判断を下すことが許されると考えられる。特に、政策実施の損失者の表明する効用変化の貨幣尺度が非常に小さなものにとどまるならば、現実の補償を必ずしも伴わない補償原理に基づいて判断されることも許されるであろう。

おそらく、本研究で対象とするような森林都市構想は、パレート基準

や補償基準の採用が許されるケースに該当する。第1にそれは例えば地球温暖化問題のような先進国と途上国の間の顕著な所得格差が存在する問題ではなく、所得水準の不平等が他の先進国と比較しても相対的に小さな日本国内での選択問題である。第2に森林都市への移住が人々の自由な選択によって行われるものである限り、その移住者は政策実行の損失者になることはない。よって、政策実行による損失者は、森林都市に移住しない人々のなかに存在する。創設の対象となる森林を慎重に選択して、貴重な動植物種の保護などを配慮するならば、森林都市の創設が、そうした損失者に生じる効用の低下は、非常に小さなものととどまるだろう。

## I-2 森林都市創設の社会的費用と便益

森林都市の創設は社会のどのような人々に利得を及ぼし、一方どのような人々に損失を及ぼすであろうか。あるいは、森林都市の創設によって社会にどのような便益と費用が発生するだろうか。本節ではこの問題を定性的に考察する。

### (1) 森林都市創設が人々の効用に及ぼす影響

まず考えられるのは、森林都市への移住それ自身がもたらす効用変化である。

居住を希望する人々が存在すれば、彼らは間違いなく森林都市創設の利得者である。また、そうした人々が過密に悩む都市の住民ならば、彼らの移住は過密の幾分か解消をもたらす、残された都市住民は便益を得る。

第2に森林都市創設は、部分的であれ森林の消失あるいは生態系の破壊を意味する。したがって、この森林の変化に関連する効用変化が考えられる。

例えば、森林都市に予定されている森林には貴重な生態系が存在するかもしれない。そのような生態系が森林都市の創設によって損なわれるならば、自然愛好者をはじめとして、その生態系を利用している、あるいは利用しようとする人々は損失を被る。さらにその森林が生態学的にはとるに足りないものであったとしてもなお、その森林、景観、そして森林内の諸生物に愛着を感じている人々が存在するかもしれない。彼らもまた損失者である。また、森林はさまざまな公益的機能を有している。森林都市の創設がもしそうした機能を低下させるならば、その結果として損失者が発生する。

第3の効用変化の要因として、森林都市創設のため必要な具体的費用に関連するものがある。

森林都市の創設のために労働を含むさまざまな財が投入される。それらの財は、もし森林都市が創設されなければ他の生産に用いられ、何らかの最終消費財を生み出す。それらの消費財を消費することで効用を増加させることになったであろう人々は、潜在的な森林都市創設の損失者である。

最後に第4の効用変化の要因として、森林都市の創設及びそこへの人口移動によって発生する、市場を通じた波及的な影響がある。

森林都市の創設のために諸財が投入される。また、森林都市へ移住した人々及びそうでない人々は、状況が変化することで消費パターンを変更する。それにあわせて企業は諸財の生産量、要素需要量を変化させる。こうして、さまざまな財の需給関係が森林都市創設の影響を受ける。その結果、諸財の価格は変化し、さらに人々の消費の変化を引き起こす。また、諸財を生産する企業はそれによって利潤が変化する。例えばある企業は利潤を増加させるかもしれない。反対に利潤を減少させる企業も存在するであろう。このような利潤の変化は、最終的にその分配先の家

計の所得に影響を及ぼす。したがって、さらなる人々の消費の変化が引き起こされ、財の需給関係が変化する。こうした市場を通じた波及的な影響もまた、森林都市創設の利得者と損失者を発生させる。

## (2) 社会的費用便益分析

以上のように森林都市の創設は複雑多岐にわたる経路を通じて、社会経済に変化をもたらす。しかし、その複雑な変化は、最終的には人々の効用水準の変化に一元化される。そして、既に見たように、このような効用水準の変化に基づいて、パレート基準、補償基準、あるいは社会厚生基準の観点から、政策の社会的望ましさが判断される。

森林都市の創設によって最終的に効用が増加する人の（正の）貨幣尺度は便益と呼ばれる。一方、効用が低下する人の（負の）貨幣尺度は費用と呼ばれる。3つのいずれの判断基準を用いるのであれ、政策の社会的望ましさを判断は、社会のすべての人々、あるいは家計の便益と費用を（ウェイト無しであるいはウェイト付きで）集計したものの符号によって行われる。

このような判断方法は、社会全体で発生する便益と費用を検討するという意味で、社会的費用便益分析と呼ばれる。特に、上述のように森林都市創設がもたらすさまざまな波及効果を考慮した完全な社会的費用便益分析は、一般均衡社会的費用便益分析と呼ばれる。

本質的に一般均衡社会的費用便益分析の遂行は複雑かつ大規模な計算を必要とする。これは、前項で示した森林都市構想が引き起こす効用変化のさまざまな経路を思い起こせば明らかであろう。

しかし、その計算はある条件の下では大幅に簡略化できる。その条件とは、

- ①社会に存在するすべての私的財に関して均衡（需要と供給の一致）が生じていると想定できる場合、

- ②補償基準あるいはパレート基準に基づいて判断が行われる場合、つまりウェイト無しで社会の人々の貨幣尺度を集計する場合、
- ③政策実施による社会経済の変化がごく小さなものに限られる場合、したがって人々の効用変化が微量に限られる場合

である。これらの条件が満たされるならば、一般均衡社会的費用便益分析は市場を経由して波及する影響を無視して、政策実施前の価格体系を用いて、政策が直接影響を及ぼす部分の費用と便益のみから行えることが知られている (Johansson, 1993を参照)。

実践上の要請から、一般均衡社会的費用便益分析が、政策実施後に生じる社会経済の変化を知ること無しに行えることは非常に重要である。なぜなら、そうした将来の社会経済の状況を予想するためには、さまざまな仮定と膨大なデータと、そして複雑な計算を要するからである。

森林都市構想の場合、小規模プロジェクトであり、また前節の最後で検討したように、パレート基準や補償基準に基づいて社会的望ましさの判断を行うことが許される。このことは、上述の簡便な方法の適用が可能であることを示唆する。しかし、森林都市に居住する人々の効用変化、そして森林都市創造にともなう生態系の改変の影響を受ける人々の効用変化は、必ずしも微小なものとはいえない。つまり、上述の3つの条件は、完全には満たされてはいない。このような状況での簡便な一般均衡費用便益分析の方法を開発することは、重要な課題である。次節はこの課題を検討するものである。

### I-3 森林都市構想のための一般均衡社会的費用便益ルール

本節では、森林都市創設の社会的望ましさ、あるいは最も望ましい森林都市像を検討するための、一般均衡社会的費用便益分析の枠組みを提示する。その際、理論上の厳密さとともに実践上の簡便さを追求するこ

とを課題とする。

(1) 記号と仮定

[社会を構成する財]

家計の効用に影響を与える可能性のあるすべての財をベクトル  $(x, X, g, z, Z)$  ( $\geq 0$ ) で表す。

ここで  $x$  は市場で自由に購入できる財の量 (ベクトル) である。

$X$  は森林都市の創設によって提供される宅地あるいは住居の量 (スカラー) を示す。したがって  $X$  は森林都市へ移住する家計の効用への影響を及ぼす変数である。さらに  $X$  の水準は政府によって決められているとする。つまり、森林都市の宅地あるいは住居は数量制約された財であることを想定している。

$g$  は政府が提供する行政サービスの量 (ベクトル) を示す。行政サービスは市場で自由に調達できない数量制約された財であり、非競争性を有する公共財とみなす。

次に  $z$  は自然が無償で提供するさまざまなサービス (例えば森林の公益的機能) の供給量 (ベクトル) であり、やはり数量制約され、非競争性を有する公共財とみなす。

最後に  $Z$  は森林都市創設によって改変される固有の生態系 (数量制約された財の一種) を表す。 $Z$  は特定の家計の効用水準にのみ影響を及ぼす公共財であり、森林都市創設によって引き起こされるその変化は微小量ではない離散的なものとみなす。

[家計]

社会に存在する家計を添え字  $1, 2, \dots, H$  で区別する。つまり、社会には  $H$  戸の家計が存在する。任意の  $h$  番目の家計の効用関数を

$$u^h(x, X, g, z, Z)$$

で表す。 $u^h$  は単調増加準凹関数であることを仮定する。また、任意の

$X > 0$ なる財の束  $(x, X, g, z, Z)$  に対して

$$u^h(x, X, g, z, Z) = u^h(x', 0, g, z, Z)$$

を満たす消費の束  $(x', 0, g, z, Z)$  が常に存在することを仮定する。つまり、森林都市は各家計にとって non-essential 財であると仮定する。

家計は労働  $L^h$  単位を非弾力的に提供して  $w \cdot L^h$  の所得を得る。ここで  $w$  は労働のタイプ別賃金率を表すベクトルである。家計は、企業からの利潤配当により  $\pi^h$  なる所得を得る。さらに、政府による税の徴収がある。税は一括税 (lump-sum tax) の形で徴収されると仮定し、その金額を  $\tau^h$  で表す。

以上より、家計の可処分所得を  $y^h$  とすると、

$$y^h = wL^h + \pi^h - \tau^h$$

である。

自由に購入できる財の価格を  $P$ 、森林都市の宅地あるいは住居の価格を  $P$  とすると、予算制約式が

$$y^h - px - PX = 0$$

と表される。

家計は、この予算制約と数量制約された財の固定的な供給量の下で、自らの効用  $u^h(x, X, g, z, Z)$  を最大にする消費パターン  $(x^*, X^*)$  を選択する。したがって、家計が実現する効用水準は、 $(y^h, p, P, g, z, Z)$  によって完全に決定される。このことを家計が実現する効用水準を  $V^h$  で表して表現すれば、

$$V^h = V^h(y^h, p, P, g, z, Z) = V^h(wL^h + \pi^h - \tau^h, p, P, g, z, Z)$$

である。ここで  $V^h(y^h, p, P, g, z, Z)$  は、間接効用関数である。仮定として、間接効用関数は以下で必要とされる微分計算が十分に可能なだけ滑らかであるとする。この仮定の下で、自由に購入できる財に対する  $h$  家計の需要量  $x^{hd}$  は、



$$x^{hd} = x^{hd}(y^h, p, P, g, z, Z) = -V^h_p / V^h_y$$

で表される (Roy の恒等式)。ここで  $V^h_p = \partial V^h / \partial p$ ,  $V^h_y = \partial V^h / \partial y$  である。

[企業]

ここでは、社会に存在する個々の企業を単一の企業にまとめ上げたものを想定する。このような想定は表現の単純化のためのものであり、想定をより現実的にしても得られる結果の本質は変わらない。

企業は、生産要素として労働  $L^i$  と数量制約された財  $z$  を用いて、第  $i$  財を  $x^{is}$  (スカラー) 生産する。企業の目的は利潤の最大化である。第  $i$  財の生産関数を  $F^i(L^i, z)$  で表せば、企業が得る最大利潤  $\Pi$  は、 $(p, w, z)$  の関数として

$$\Pi = \Pi(p, w, z) = \text{Max} \sum_i [p_i \cdot F^i(L^i, z)] - w \cdot \sum_i L^i$$

で表される。仮定として、利潤関数  $\Pi(p, w, z)$  は 1 回連続微分可能とする。

この仮定の下で、Hotelling のレンマにより、

$$x^s = \Pi_p,$$

$$L^d = -\Pi_w$$

が成立する。ここで、 $x^s$  は自由に購入できる最終消費財の供給量 (ベクトル) を示し、 $L^d$  は企業の労働需要量 (ベクトル) を示す。また、 $\Pi_p = \partial \Pi / \partial p$ ,  $\Pi_w = \partial \Pi / \partial w$  である。

[政府]

政府は、家計から徴収された税金をもとに、家計と企業に行政サービスを提供している。また森林都市創設という新事業によって利潤を得る。この利潤は、家計に対する税額を軽減するために用いられる。

行政サービス  $g^j$  を生産するための政府の生産関数を  $G^j(L^j, x^j, N)$  で表すことにする。変数  $N$  は森林都市以外に居住する家計の数である。

ここでは、森林都市の創設が都市の過密を減少させ、結果として行政サービスの供給量を増加させることを想定しており、人口移動によって発生する外部性をすべて行政サービス生産において生じるものとして処理している。

行政サービスの提供に関する政府の目標を、行政サービスの一定の供給水準を最少の費用で提供することと想定する。政府の支出額を  $C$  とするとき、その費用関数は次のように表される。

$$C = C(p, w, N, g) = \text{Min } p(\sum_j x^j) + w(\sum_j L^j) \\ \text{s.t. } g^j \leq G^j(L^j, x^j, N), \forall j$$

費用関数  $C$  は 1 回連続微分可能とすると、Shephard のレンマにより、

$$x^G = \partial C / \partial p = C_p, \\ L^G = \partial C / \partial w = C_w$$

が成立する。ここで、 $x^G$ 、 $L^G$  は政府による要素需要量を示す。

次に森林都市創設者としての政府の行動を定式化する。政府は、一区画あたり  $X$  の森林住居を  $n$  区画創設し、単位価格  $P$  で販売するものとする。したがって森林都市の総供給量  $X^G$  とすれば、

$$X^G = nX$$

であり、販売収入は

$$PX^G = PnX$$

である。

政府の目的は森林都市創設の利潤を最大にすることである。この利潤を  $R$  で表せば、

$$R = R(p, w, X^G) = PX^G - C^f(p, w, X^G)$$

である。ここで  $C^f$  は森林都市創設の費用関数、つまり要素価格が  $p$ 、 $w$  のとき、 $X^G$  なる森林都市を供給するために必要な最少費用を表している。費用関数  $C^f$  は、それを 1 回連続微分可能とすると、Shephard

のレンマにより、

$$x^f = \partial C^f / \partial p = C^f_p,$$

$$L^f = \partial C^f / \partial w = C^f_w$$

が成立する。ここで、 $x^f$ 、 $L^f$ は森林都市創設のための要素需要量を示す。

[森林都市創設による社会経済の変化]

森林都市創設が社会的に望ましいか否かは、最終的に家計の効用変化によって示される。したがって、森林都市創設による社会経済の変化は、家計の効用に影響を及ぼす変数の変化として表現される必要がある。そこで、

$$(wL^h + \pi^h - \tau^h, p, P, g, z, Z) = (w^0L^h + \pi^{h0} - \tau^{h0}, p^0, P^0, g^0, z^0, Z^0)$$

を森林都市創設前の  $h$  家計が直面する社会経済の状況とし、

$$(wL^h + \pi^h - \tau^h, p, P, g, z, Z) = (w^1L^h + \pi^{h1} - \tau^{h1}, p^1, P^1, g^1, z^1, Z^1)$$

を森林都市創設後の社会経済の状況とする。価格体系( $p^0$ ,  $w^0$ ), ( $p^1$ ,  $w^1$ )は変化前後それぞれの均衡価格であることが想定されている。つまり、自由に購入できる財と労働に関する需給均衡がここでは仮定されている。

森林都市創設は社会全体から見れば、ごく小さなプロジェクトである。このことを反映して、社会全体におよぶ変化は微小量であると考えてよい。そうした変化に関連する変数については、微小量を示す  $d^*$ を用いて

$$w^1 = w^0 + dw, \pi^1 = \pi^0 + d\pi, p^1 = p^0 + dp, z^1 = z^0 + dz$$

で表す。また、政府は変化前後を通じて等しい行政サービスを提供すると想定しているので、

$$g^0 = g^1$$

である。

森林都市創設にともなう生態系の改変は、

$$Z^0 \rightarrow Z^1$$

によって表される。注意として、もし改変される森林が（ルーズな言い方だが）一般的なもの、例えばその宅地化が単に日本の森林面積の減少といった意味しかもたないならば、この変化を微小量とみなすことができる。ただし、ここでは、その森林に対して特別の存在意義を見出す人々が社会に存在することを想定し、その変化を微小量ではないと考える。

最後に森林都市の宅地あるいは住居に対する変化前の価格  $P^0$  は、その社会全体の需要量が0となるだけ十分高い価格に設定されているとする。このような価格の存在は、森林都市が non-essential 財であるという仮定によって保証されている。ここではこのような価格を設定することで、森林都市が供給される以前の社会の状況を表すことにしている。一方、変化後の価格  $P^1$  は政府によって決められた森林都市販売価格である。 $P^0 \rightarrow P^1$  の変化は微小量ではない。

以上の森林都市創設による社会経済の変化について、次の点に注意しておこう。

$p$ ,  $w$  及び  $z$  の変化は微小であり、微分による線形近似の操作が許される。一方、 $Z$  と  $P$  に関しては変化は微小量ではないので、そのような操作はできない。しかし、その変化の影響を受ける家計は特定のグループに限られる。すなわち、 $Z$  の変化は森林都市の生態系に対して特別の価値を見出す家計にのみ影響を与える。また、森林都市の宅地価格あるいは住居価格の変化は、森林都市に移住する家計の効用にのみ影響を与える。ただし、議論を不必要に複雑化することを避けるために、 $Z$  の変化の影響を受ける家計と  $P$  の変化の影響を受ける家計は異なっていることを仮定しよう。このとき、社会に存在する家計は次の3つのグ

ループに分割される。すなわち、

第1のグループ： $Z$ と $P$ のいずれの変化にも効用が影響されない家計

第2のグループ： $P$ の変化には効用が影響されないグループ

第3のグループ： $Z$ の変化には効用が影響されないグループ

である。

## (2) 効用変化の貨幣尺度の導出

[第1のグループ]

はじめに第1のグループ、つまり $Z$ と $P$ のいずれの変化にも効用が影響されない家計のグループについて、森林都市創設に関する効用変化の貨幣尺度を導出する。このような家計の森林都市創設前後の効用水準は次のように表される。

$$\text{森林都市創設前： } V^0 = V(wL + \pi - \tau, p, z),$$

$$\text{森林都市創設後： } V^1 = V[(w + dw)L + (\pi + d\pi) - (\tau + d\tau), \\ p + dp, z + dz].$$

ここでは、家計を示す添え字と変化前の均衡価格及び数量制約された財の供給量を示す添え字、それに不変の変数 ( $g$ ) と家計の効用水準に影響を及ぼさない変数 ( $P$  と  $Z$ ) は省略されている。

はじめに、このような家計に対して補償変分を求める。それを  $dCV$  で表すと、

$$V^0 = V[(w + dw)L + (\pi + d\pi) - (\tau + d\tau) - dCV, p + dp, z + dz]$$

が成立している。右辺を全微分することで、

$$V^0 = V(wL + \pi - \tau, p, z) \\ + V_y \cdot (L \cdot dw + d\pi - d\tau - dCV) + V_p dp + V_z dz.$$

したがって、

$$\begin{aligned}
dCV &= (L \cdot dw + d\pi - d\tau) + (V_p/V_y) \cdot dp + (V_z/V_y) dz \\
&= (L \cdot dw + d\pi - d\tau) - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz
\end{aligned}$$

を得る。ここで右辺の第1の項(・)は森林都市創設によって生じる家計の可処分所得の変化を表している。第2項に現れた  $x^{d0}$  は森林都市創設前の家計の自由に購入できる財の需要量である。最後に第3項に現れた  $(V_z/V_y)^0$  は、森林都市創設前における自然が提供する公共財の供給量に対する限界支払意志額である。

同様のテクニックを使って、家計の等価変分を求めよう。等価変分を  $dEV$  で表せば、

$$\begin{aligned}
&V(wL + \pi - \tau + dEV, p, z) \\
&= V[(w + dw)L + (\pi + d\pi) - (\tau + d\tau), p + dp, z + dz]
\end{aligned}$$

である。両辺に全微分を施せば

$$V^0 + dEV \cdot V_y = V^0 + V_y \cdot (L \cdot dw + d\pi - d\tau) + V_p dp + V_z dz.$$

左辺と右辺に現れている所得の限界効用  $V_y$  はいずれも森林都市創設前の状況で評価されているから、 $V^0$  を両辺から消去した後、 $V_y$  で割ってやれば、

$$\begin{aligned}
dEV &= (L \cdot dw + d\pi - d\tau) + (V_p/V_y) \cdot dp + (V_z/V_y) dz \\
&= (L \cdot dw + d\pi - d\tau) - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz (= dCV)
\end{aligned}$$

を得る。

この導出から明らかのように、森林都市創設による離散的な影響を受けない家計にとっては、補償変分と等価変分は一致する。そしてそれは、可処分所得の変化と自由に購入できる財の価格変化に関連する項、そして自然が提供する公益的サービスの変化に関連する項を合計したものとなる。

なお、自由に購入できる財の需要量  $x^d$  と  $z$  に対する限界支払意志額  $(V_z/V_y)$  は、森林都市創設後におけるもの（つまり森林都市が創設され

ることによってさまざまな社会経済変化が生じた後のもの) という解釈もできる。変化後のそれらを  $x^{d1}$ ,  $(V_z/V_y)^1$  で表すならば、常に

$$x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz = x^{d1} dp + (V_z/V_y)^1 dz$$

である。ただし、必ずしも

$$(x^{d0}, (V_z/V_y)^0) = (x^{d1}, (V_z/V_y)^1)$$

とは限らない。

[第2のグループ]

第2のグループは、森林都市が創設されてもそこに移住しないが、森林都市創設にともなう生態系の破壊に対して特別の影響を受けるグループである。このような家計の効用は次のように表される。

$$\text{創設前： } V^0 = V(wL + \pi - \tau, p, z, Z^0),$$

$$\text{創設後： } V^1 = V[(w + dw)L + (\pi + d\pi) - (\tau + d\tau), \\ p + dp, z + dz, Z^1].$$

ここでは、以前と同じ方針により表記上の簡潔さを優先していくつかの添え字と変数を省略している。

このような家計の効用変化の貨幣尺度を導出するためには、支出関数を導入することが便利である。支出関数は次のように定義される。

$$e(p, P, X, g, z, Z, V) = \text{Min } px + PX \text{ s.t. } u(x, X, g, z, Z) \geq V.$$

ここで  $px + PX = \pi + wL - \tau$  であり、支出関数はある効用水準  $V$  を実現するために必要な最小限の可処分所得を表す関数である。

この支出関数を用いると、ここで考察の対象とされている家計について、効用変化の貨幣尺度は次のように表現される。

$$CV = [(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)] - e(p + dp, z + dz, Z^1, V^0),$$

$$EV = e(p, z, Z^0, V^1) - (\pi + wL - \tau).$$

ここでは、この家計の効用水準あるいは支出関数の値に影響を及ぼさない  $P$  及び不変にとどまる  $g$  が省略されている。また、 $V^0$  は森林都市創

設前の家計の効用水準を表し、 $V^1$ は創設後の家計の効用水準を表している。

CVについて上の式を変形しよう。

$$\begin{aligned}
 CV &= \{[(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)] - (\pi + wL - \tau)\} \\
 &\quad + [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p + dp, z + dz, Z^1, V^0)] \\
 &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) \\
 &\quad + [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\
 &\quad - x^{d'} dp + (V_z/V_y)' dz.
 \end{aligned}$$

ここで最後の式の第1行目は、森林都市創設によって生じる可処分所得の変化を示す。第2行目は、森林都市創設がもたらす生態系の変化だけを考慮した家計の受容補償額、つまり部分均衡CVである。最後に第3行目の項は均衡価格の変化と自然が提供するサービスの変化に関連する部分である。ただし、ここに現れている補償需要量 $x^{d'}$ と、補償限界支払意志額 $(V_z/V_y)'$ はともに、 $(p + dp, z + dz, Z^1, V^0)$ （あるいは $(p, z, Z^1, V^0)$ ）で評価されたものであり、変化前あるいは変化後に家計が表明する補償需要量や限界支払意志額とは異なっている。この点には注意が必要である。

次にEVについて、上の式を変形しよう。

$$\begin{aligned}
 EV &= e(p, z, Z^0, V^1) - (\pi + wL - \tau) \\
 &= \{[(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)] - (\pi + wL - \tau)\} \\
 &\quad + [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p + dp, z + dz, Z^1, V^1)] \\
 &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) \\
 &\quad + [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\
 &\quad - x^{d1} dp + (V_z/V_y)^1 dz.
 \end{aligned}$$

ここで最後の式の第1行目は、森林都市創設によって生じる可処分所得の変化を示す。



第2行目は、森林都市創設がもたらす生態系の変化だけを考慮した家計の受容補償額、つまり部分均衡EVである。ただし、この部分均衡EVは通常用いられるものとは異なっている。通常の部分均衡EVでは参照効用水準が、

$$V' = V(\pi + wL - \tau, p, z, Z^1)$$

であり、これに対して、ここでは、

$$V^1 = V[(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau), p + dp, z + dz, Z^1]$$

である。点 $(p, z, Z^0, V^1)$ と点 $(p, z, Z^1, V^1)$ における $\partial e/\partial V$  (所得の限界効用の逆数)の違いが無視できるほど小さくない限り、参照効用水準を $V^1$ とする場合と $V'$ とする場合の部分均衡EVの値を同一とみなすことはできない。また、 $V^1$ と $V'$ の大小関係はここでは決められない。

最後に第3行目の項は、均衡価格の変化と自然が提供するサービスの变化に関連する部分である。ここに現れている $x^{d1}$ は変化後のこの家計の需要量であり、 $(V_z/V_y)^1$ は変化後の $z$ に対する限界支払意志額である。

以上で示された、第2のグループの家計に対する効用変化の貨幣尺度は、第1のグループのそれよりも複雑な内容を持っている。他方、実践的な観点からは、貨幣尺度は変化前の諸変数の水準を用いて表せることが望まれる。このような観点から、上で導出したCVとEVを書き直せば次のようになる。

$$\begin{aligned} CV = & (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\ & - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz + \Delta'^0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EV = & (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\ & - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz + \Delta^{10}. \end{aligned}$$

ここで

$$\Delta'^0 = -(x^{d1} - x^{d0}) dp + [(V_z/V_y)' - (V_z/V_y)^0] dz,$$

$$\Delta^{10} = -(x^{d1} - x^{d0}) dp + [(V_z/V_y)^1 - (V_z/V_y)^0] dz$$

である。ただし、これらの残差項が無視できるほど小さいとする保証はない。

さらなる近似操作がEVには必要であろう。それは部分均衡EVの項に、現時点では知ることのできない参照効用水準  $V^1$  が含まれているからである。この効用水準を現在の効用水準  $V^0$  に置き換えるときのバイアスの方向について、次に検討しよう。

$V^1$  と  $V^0$  の関係については、われわれは次のような情報を利用できる。ここで考察されている第2のグループは、森林都市の創設＝生態系の改変によって損失を受ける人々から構成されている。したがって、 $V^1 < V^0$  と考えることができる。そして、 $Z^1 < Z^0$  なので、もし  $\partial^2 e / \partial Z \partial V > 0$  ならば、

$$[e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] - [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] > 0$$

である。なぜなら、この不等式の左辺は支出関数が連続微分可能であることを前提として、

$$\int_{z^0}^{z^1} \int_{v^0}^{v^1} (\partial^2 e / \partial Z \partial V) dV dz$$

と変形できるからである。ここで、

$$\partial^2 e / \partial Z \partial V = \partial [(u_z / V_y) / \partial y] \cdot [\partial e / \partial V].$$

$[\partial e / \partial V] > 0$  なので、 $z$  に対する限界支払意志額  $(u_z / V_y)$  が所得の増加関数ならば、上述の不等号が成立する。言い換えれば、自然サービス  $z$  が正の所得効果を持つならば上の不等号が成立する。自然のサービスがそのようなものであると考えることはおそらく適切だろうから、部分均衡EVを部分均衡CVに置き換えた場合、その貨幣尺度は正確なEVを過小評価することになると結論づけることができる。つまり、

$$EV \geq (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\ - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz + \Delta^{10}$$

である。

[第3のグループ]

第3のグループは森林都市へ移住する家計である。このタイプの家計に関する効用変化の貨幣尺度は、支出関数を用いて次のように表される。

$$CV = [(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)]$$

$$- e(p + dp, P^1, X, z + dz, V^0),$$

$$EV = e(p, P^1, 0, z, V^1) - (\pi + wL - \tau).$$

ただしこれまでと同様、家計の効用水準あるいは支出関数の値に影響を及ぼさない変数は省略されている。また森林都市の宅地あるいは住居の価格は、創設前後で  $P^1$  で示した。これは創設前の森林都市の宅地、あるいは住居の供給量（割当量）は0であり、いかなる価格をそれに設定しても支出関数の値には変化は生じないからである。

さて、CVについて上の式を変形すると次のようになる。

$$CV = \{[(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)] - (\pi + wL - \tau)\}$$

$$+ [e(p, P^1, 0, z, V^0) - e(p + dp, P^1, X, z + dz, V^0)]$$

$$= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, P^1, 0, z, V^0) - e(p, P^1, X, z, V^0)]$$

$$- x' dp + (V_z / V_y)' dz.$$

ここで最後の式の第1行目は森林都市創設による可処分所得の変化を示す。第2行目は単に森林都市が供給されることだけが考慮された（部分均衡）CVである。最後に第3行目には価格変化と自然のサービスの変化による影響が示されている。以前の注意と同様、ここに現れている補償需要量と限界支払意志額は、 $(p + dp, P^1, X, z + dz, V^0)$ 、あるいは $(p, P^1, X, z, V^0)$ で評価されており、森林都市創設前後に家計が表明するものとは異なっている。

次に EV の式を変形しよう。

$$\begin{aligned}
 EV &= e(p, z, P^1, 0, V^1) - (\pi + wL - \tau) \\
 &= \{[(\pi + d\pi) + (w + dw)L - (\tau + d\tau)] - (\pi + wL - \tau)\} \\
 &\quad + [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p + dp, z + dz, P^1, X, V^1)] \\
 &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\
 &\quad - x^{d1} dp + (V_z/V_y)^1 dz.
 \end{aligned}$$

ここで最後の式の第1行目は、森林都市創設によって生じる可処分所得の変化を示す。第2行目は、森林都市創設がもたらす変化だけを考慮した家計の支払意志額である。この部分均衡 EV は通常の部分均衡 EV とは参照される効用水準が異なっていることには注意が必要である。最後に第3行目の項は均衡価格の変化と自然が提供するサービスの変化に関連する部分である。ここに現れている  $x^{d1}$  は変化後のこの家計の需要量であり、 $(V_z/V_y)^1$  は変化後の  $z$  に対する限界支払意志額である。

以上で示された、第3のグループの家計に対する効用変化の貨幣尺度は、第2のグループと形式的に一致する。実践的な要請から、第2のグループに対して行なったものと同様の変形を施すと次のようになる。

$$\begin{aligned}
 CV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\
 &\quad - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz + \Delta'^0, \\
 EV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\
 &\quad - x^{d0} dp + (V_z/V_y)^0 dz + \Delta^{10}.
 \end{aligned}$$

ここで

$$\Delta'^0 = -(x^{d'} - x^{d0}) dp + [(V_z/V_y)' - (V_z/V_y)^0] dz,$$

$$\Delta^{10} = -(x^{d1} - x^{d0}) dp + [(V_z/V_y)^1 - (V_z/V_y)^0] dz$$

である。ただし、これらの残差項が無視できるほど小さいとする保証はない。

さらに、第2のグループに対して行なったように、部分均衡 EV を部

分均衡 CV で置き換えるという近似操作を EV に施そう。

部分均衡 EV の項について、われわれは次のように考えることができる。 $V^1$ と  $V^0$ の関係は、 $V^1 > V^0$ である。なぜなら、人々は森林都市への移住を望ましいと考えるから移住する。つまり、効用水準は増加する。一方、 $0 < X$ である。

第2のグループに対しては、交差微分係数が正であることが、部分均衡 EV が部分均衡 CV よりも大なることと同値であることを示した。残念ながら、ここではこのアプローチは利用不可能なようである。人々が移住しようとする森林都市の区画には最小サイズが存在し、それよりも区画が小さければ人々は住居しようとはせず、それより大きくなれば移住すると考えられる。このように人口移動をともなう問題では、人々の選択に離散的選択が含まれると考えることが妥当であろう。その結果、支出関数はある点（最小区画サイズ）で微分不可能であり、交差微分係数は存在しない。

このため、ここでは森林都市の宅地（あるいは住居）が正の所得効果を持つことを仮定しよう。つまり、所得が高ければ高いほど人々はより広い面積の住居を求めると考える。このとき、人々の森林都市の宅地あるいは住居に対する補償需要曲線（ただし Neary and Roberts, 1980によって開発された virtual price の意味でのそれ）は、次のように描かれる。

もし、 $V^1 > V^0$ 、そして森林都市の宅地あるいは住居の所得効果が正ならば、補償需要曲線は  $V^1$ のそれの方が  $V^0$ のそのの外側に必ず位置する。なぜなら、ある価格に対して  $V^1$ に対する需要量  $X^1$ が  $V^0$ に対する需要量  $X^0$ よりも小さいとすれば、 $V^1 > V^0$ のとき対応する最小可処分所得  $y^1$ 、 $y^0$ は必ず、 $y^1 > y^0$ なので、所得効果が正であることに矛盾してしまう。

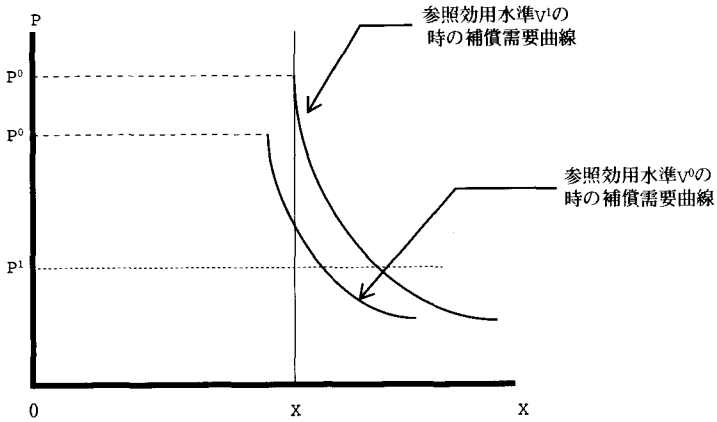


図-1 森林都市の補償需要曲線

さて、部分均衡 EV ;  $[e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)]$  の値は、補償需要曲線と  $X=X, P=P^1$  で囲まれた部分の面積で表される。したがって、部分均衡 EV は部分均衡 CV より大きい。つまり

$$\begin{aligned}
 & [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\
 & \geq [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)]
 \end{aligned}$$

を得る。あるいは、

$$\begin{aligned}
 EV \geq & (d\pi + L \cdot dw - dr) + [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\
 & - x^{\alpha_0} dp + (V_z/V_y)^0 dz + \Delta^{10}
 \end{aligned}$$

である。

### (3) 企業の利潤の変化

企業の利潤関数は

$$\Pi = \Pi(p, w, z) = \text{Max} \sum_i [p_i \cdot F^i(L^i, z)] - w \cdot \sum_i L^i$$

で表された。森林都市の創設によって、社会経済が  $(p, w, z)$  から  $(p + dp, w + dw, z + dz)$  へと変化するとき、企業利潤の変化  $d\Pi$  は

$$d\Pi = \Pi_p dp + \Pi_w dw + \Pi_z dz$$

$$= x^{s0} dp - L^{a0} dw + \sum_i p_i \cdot F^{i0}_z dz$$

で表される。ここで  $x^{s0}$  は森林都市創設前の諸財の供給量であり、 $L^{a0}$  は森林都市創設前の労働需要量、そして  $\sum_i p_i \cdot F^{i0}_z$  は森林都市創設前の状況での自然サービス  $z$  の増加によって生じる利潤の限界的な変化である。

なお、企業利潤の変化は森林都市創設後の要素需要量と限界利潤を用いても表すことができる。すなわち、

$$d\Pi = x^{s1} dp - L^{a1} dw + \sum_i (p_i + dp_i) \cdot F^{i1}_z dz$$

である。

#### (4) 政府の収入の変化

森林都市の創設によって、政府の収入は二つの経路を通じて変化する。第1に人口移動が生じることで都市の過密がある程度解消され、その結果公共サービス供給の費用が節約される。この節約額  $\Delta C$  は次のように表される。

$$\begin{aligned} \Delta C &= C(p, w, N) - C(p + dp, w + dw, N - n) \\ &= -x^{G0} dp - L^{G0} dw + C_N^0 \cdot n \end{aligned}$$

ここで、 $x^{G0}$  と  $L^{G0}$  は森林都市創設前の政府の要素需要量を示している。また、 $C_N^0$  は森林都市創設前の価格体系で評価された、人口移動による限界的な費用節減額である。ここでは、森林都市への人口移動は社会全体からすればごくわずかな量であるものとみなされている。なお、費用節減分を森林都市創設後の要素需要量と価格体系で表せば

$$\Delta C = -x^{G1} dp - L^{G1} dw + C_N^1 \cdot n$$

である。

次に森林都市創設による政府の利潤を定式化する。政府の利潤関数は

$$R = R(p, w, X^G) = PX^G - C^f(p, w, X^G)$$

で表された。実際に政府が得る利潤は、森林都市創設後の均衡価格体系

におけるものである。したがって、

$$\begin{aligned} R &= R(p + dp, w + dw, X^G) = PX^G - C^f(p + dp, w + dw, X^G) \\ &= R(p, w, X^G) - [x^f dp + L^f dw] \end{aligned}$$

ここで、最後の式の第1項は森林都市創設前に予想された政府の利潤であり、実際に得られる利潤はそれから諸財の価格変化に関する第2項を差し引いたものとなる。

### (5) 一般均衡社会的費用便益分析

以上の導出された結果を用いて、森林都市創設に関する一般均衡費用便益分析がいかなるものになるかを示そう。

はじめに3つのグループに分けられた家計の効用変化の貨幣尺度を合計する。第1のグループの貨幣尺度は

$$CV = EV = (d\pi + L \cdot dw - d\tau) - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz,$$

第2のグループの貨幣尺度は

$$\begin{aligned} CV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\ &\quad - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz + \Delta^1 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\ &\quad - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz + \Delta^1 0, \end{aligned}$$

第3のグループの貨幣尺度は、

$$\begin{aligned} CV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\ &\quad - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz + \Delta^1 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EV &= (d\pi + L \cdot dw - d\tau) + [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\ &\quad - x^{d0} dp + (V_z / V_y)^0 dz + \Delta^1 0 \end{aligned}$$

であった。

これらを社会のすべての家計について合計したものを  $CV^s$ 、 $EV^s$  とすると

$$CV^s = \sum_h CV^h = (\sum_h d\pi + \sum_h L dw - \sum_h d\tau - \sum_h x^{d0} dp)$$



$$\begin{aligned}
 & + \Sigma_h (V_z / V_y)^0 dz + \Sigma_h \Delta^0 \\
 & + \Sigma_{h2} [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\
 & + \Sigma_{h3} [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)], \\
 EV^s = \Sigma_h EV_h = & (\Sigma_h d\pi + \Sigma_h Ldw - \Sigma_h d\tau - \Sigma_h x^{d0} dp) \\
 & + \Sigma_h (V_z / V_y)^0 dz + \Sigma_h \Delta^{10} \\
 & + \Sigma_{h2} [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\
 & + \Sigma_{h3} [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\
 \geq & (\Sigma_h d\pi + \Sigma_h Ldw - \Sigma_h d\tau - \Sigma_h x^{d0} dp) \\
 & + \Sigma_h (V_z / V_y)^0 dz + \Sigma_h \Delta^{10} \\
 & + \Sigma_{h2} [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\
 & + \Sigma_{h3} [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)]
 \end{aligned}$$

である。ここで、総和記号  $\Sigma$  の添え字  $h2$  は第 2 のグループに属する家計について集計することを示し、 $h3$  は第 3 のグループに関して集計することを示す。また、最後の不等式は部分均衡 EV を部分均衡 CV で置き換えた場合の結果である。

次に、 $\Sigma_h d\pi + \Sigma_h Ldw - \Sigma_h d\tau - \Sigma_h x^{d0} dp$  の部分に対して、企業と政府の行動から得られた式を代入して整理する。

$\Sigma_h d\pi$  は企業の利潤の変化に等しい。つまり、

$$\Sigma_h d\pi = x^{s0} dp - L^{d0} dw + \Sigma_i p_i \cdot F_z^i dz.$$

一方、 $-\Sigma_h d\tau$  は政府の費用節減分と森林都市創設による利潤に等しい。つまり、

$$-\Sigma_h d\tau = -x^{c0} dp - L^{c0} dw + C_n^0 \cdot n + R(p, w, X^c) - [x^f dp + L^f dw].$$

これらを代入すれば、

$$\begin{aligned}
 & \Sigma_h d\pi + \Sigma_h Ldw - \Sigma_h d\tau - \Sigma_h x^{d0} dp \\
 = & (x^{s0} dp - L^{d0} dw + \Sigma_i p_i \cdot F_z^i dz) + \Sigma_h Ldw \\
 & - x^{c0} dp - L^{c0} dw + C_n^0 \cdot n + R(p, w, X^c) - [x^f dp + L^f dw] - \Sigma_h x^{d0} dp
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (x^{s0} - \sum_h x^{d0} - x^{G0}) dp \\
&\quad + (\sum_h L - L^{d0} - L^{G0}) dw \\
&\quad + \sum_i p_i \cdot F^i_z{}^0 dz \\
&\quad + C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^G) - [x^f dp + L^f dw] \\
&= \sum_i p_i \cdot F^i_z{}^0 dz + [C_N \cdot n + R(p, w, X^G)] - [x^f dp + L^f dw].
\end{aligned}$$

である。ここでは、森林都市創設前の状態が一般均衡であることを反映して、価格変化の項が消去されている。残された項は、現在の価格体系で評価した企業の利潤の変化（部分均衡生産者余剰）、そして現在の価格体系で評価した人口移動と森林都市創設の直接的な便益、最後に、森林都市創設の利潤が価格変化によって影響を受ける項である。ただし、この最後の項は、森林都市創設の均衡価格体系に及ぼす変化を知らなければ、正確に評価することはできない。

以上の結果を加えて、森林都市創出に関する一般均衡社会的費用便益分析のルールを示そう。

CV を用いる場合は、

$$\begin{aligned}
CV^s = \sum_h CV_h = & [\sum_i p_i \cdot F^i_z{}^0 + \sum_h (V_z/V_y)^0] dz + [C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^G)] \\
& + \sum_{h2} [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\
& + \sum_{h3} [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\
& + \sum_{h2, h3} \Delta'^0 - [x^f dp + L^f dw]
\end{aligned}$$

である。

EV を用いる場合は、

$$\begin{aligned}
EV^s = \sum_h EV_h = & [\sum_i p_i \cdot F^i_z{}^0 + \sum_h (V_z/V_y)^0] dz + [C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^G)] \\
& + \sum_{h2} [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\
& + \sum_{h3} [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \\
& + \sum_{h2, h3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw] \\
\geq & [\sum_i p_i \cdot F^i_z{}^0 + \sum_h (V_z/V_y)^0] dz + [C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^G)]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \Sigma_{h_2} [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\
 & + \Sigma_{h_3} [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\
 & + \Sigma_{h_2, h_3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw]
 \end{aligned}$$

である。

森林都市構想は、もし  $CV^s > 0$  ならば、あるいは  $EV^s > 0$  ならば、(パレート基準あるいは補償基準の意味で) 社会的に望ましい。さらに、複数の森林都市構想が存在する場合、その中から  $EV^s$  の値が最も大きくなるものが最も社会的に望ましい。

#### I-4 実践的な費用便益ルール

以上、森林都市創設に関する一般均衡社会的費用便益ルールを導いた。それが実践的な意味で有用であるためには、現在の状態を基準にすべての評価を行なえることが望まれる。しかし、この政策によって離散的な影響を受ける家計や政府の森林都市創設セクターについては、現在の状態だけで評価することはできない。これに対して、ここで得られた結果は、この評価できない部分を明らかにする。すなわち、CVを用いる場合には、

$$\Sigma_{h_2, h_3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw]$$

がそれにあたる。一方、EVを用いた場合には、部分均衡CVを取り入れた過小評価値において、

$$\Sigma_{h_2, h_3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw]$$

がそれにあたる。残念ながら、これらの項が結果に重要な影響を及ぼすか否かは明らかではない。しかし、離散的な変化を受ける家計が社会で極く少数派にとどまり、森林都市が小規模なプロジェクトであればあるほど、その重要性は低下するであろう。また、これらはいずれも量的な差に価格の差を乗じたものであり、微小変化のケースには極めて小さな

値となる。

ここでは、 $\Sigma_{h_2, h_3} \Delta^0 - [x^f dp + L^f dw]$  と  $\Sigma_{h_2, h_3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw]$  の項が無視できるほど小さいものであることを前提として、森林都市創設の一般均衡社会的費用便益ルールを整理しておこう。

パレート基準あるいは補償基準の観点から、森林都市創設が社会的に望ましいとされるのは、CVを貨幣尺度に用いて

$$\begin{aligned} CV \equiv & [\Sigma_i p_i \cdot F^i_z{}^0 + \Sigma_h (V_z/V_y)^0] dz \\ & + [C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^C)] \\ & + \Sigma_{h_2} [e(p, z, Z^0, V^0) - e(p, z, Z^1, V^0)] \\ & + \Sigma_{h_3} [e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)] \\ & > 0 \end{aligned}$$

となるケースである。この条件は、EVを貨幣尺度に用いる場合には森林都市創設が社会的に望ましいための十分条件となる（ただし、森林都市創設によって失われる生態系と森林都市の住居が正の所得効果を持つことを前提とする）。

したがって森林都市の創設を検討するためには、次の4つのパートの費用便益を評価することが必要となる。なお、以下はすべて森林都市創設前の価格体系に基づいて評価される。

第1に森林都市創設で損なわれる自然のサービス（森林の公益的機能）に関わる部分がある。それが企業の生産量に及ぼす変化  $F^i_z{}^0 dz$  を調べ、現在の価格  $p$  で評価する。また、自然のサービスが損なわれることに対する全家計の受容補償額  $(V_z/V_y)^0 dz$  を調べ、それを集計する。

第2に政府収入に関する部分がある。人口移動によって節約される行政サービスのコストを計算する。また森林都市創設によって得られる利潤を計算する。

第3に、森林都市創設にともなう生態系の改変を問題とする人々に関

する部分がある。生態系の改変に異議を唱える人々に対して、彼らの（部分均衡）補償変分を計算する。

第4に森林都市へ移住する人々に関連する部分がある。そうした人々に対して、彼らの（部分均衡）補償変分を計算する。

次に、これらを評価するための実践的な方策を検討しよう。

第1の部分は、社会全体の企業、家計を調査する必要がある。このことは膨大なデータ収集と知識の集積を必要とする。しかし、ここでの対象である森林に関しては、この作業を回避できるかもしれない。そのような都合のよいケースは、森林都市創設の対象とされている森林が保安林に指定されている場合である。もし、それが保安林ならば、森林都市創設は保安林解除を必要とする。そして森林法によって制度的に、保安林解除に際してはその森林が発揮していた機能と同じ機能を発揮するような施設の設置ないしは森林の制御が必要である。これらのための追加的な事業は、第2の部分の、森林都市創設の利潤に費用として繰り込まれ、第1の部分は消去される。ただし、そのような費用負担をすべきか、それとも自然サービスが変化した状態を選択するか、どちらが社会的に望ましいことなのかという問題が発生する。また、そうした事業によって、自然サービスの供給量を完全に維持することが可能かどうかという問題がある。これらの点には、注意が必要である。

第2の部分は、政府の行政サービスと森林都市創設に関する費用関数に関わる部分である。それは技術的なものなので、現在の状態と価格体系の下で評価することは可能と考えられる。

第3の部分は、人々の意識に関わる部分である。環境経済学での最近の見解からすれば、その評価にはCVM (Contingent Valuation Method) を用いることが適切であろう。この方法では、森林都市創設によって生態系がどのように変化するかを人々に正確に提示し、それに

対していくら補償してほしいかを人々に尋ねることになる。CVMの詳細は Mitchell and Carson(1989) を参照のこと。

第4の部分では、宅地あるいは住居に対する人々の支払意思額を評価することになる。そのような方法として、宅地や住居の価格をそのさまざまな属性で回帰する hedonic 法がある（詳細は次の章を参照）。問題は、hedonic 価格式から計算される森林都市の宅地あるいは住居の価値が、真の CV の過大推定値となることである。正確な CV を求めるためには、各家計の付け値関数を求めなければならない。しかしそのためには、各家計の効用関数に関する制約的な仮定を設け膨大なデータを収集しなければならない。つまり、それを行なうことは容易ではなく、また結果の信憑性も先験的な仮定の妥当性によって規定される。このため、現実的な選択としては、hedonic 価格式から計算される価値を利用することになる。

この近似評価は貨幣尺度として CV を用いる場合には、過大評価をもたらすことになる。しかしバイアスの方向が確定しているので、問題はそれほど深刻ではない。一方、貨幣尺度として EV を用いる場合には、バイアスの方向は曖昧である。なぜなら、EV の近似計算のために部分均衡 CV を用いることは過小評価を意味する。一方で、hedonic 価格式による評価は過小評価ではなく、過大評価を意味するからである。この点には注意が必要であろう。

## II 森林都市の最適デザイン

この章では、一定面積の森林都市が創設されることを前提に、森林と宅地の最適配置（最適デザイン）問題を検討する。はじめに II-1 では、前章で導出した森林都市創設の一般均衡社会的費用便益分析の観点から、

最適デザイン問題を定式化する。そこでは、一定の仮定の下で問題が森林都市へ移住する人々の貨幣尺度（部分均衡等価変分）の合計を最大にするようなデザインが最適であることが導かれる。と同時に、最適デザインの決定にまつわる困難な問題のいくつかが明らかにされる。II-2では、このような貨幣尺度を近似的に評価する手法として、hedonic法を解説する。II-3では、ある hedonic 価格式を用いた最適デザインの例を示す。

## II-1 最適デザイン問題

ある森林に対して、特定の面積を開発して森林都市を創設することがすでに決まっている状況を想定する。ここでの問題は、開発面積（宅地化面積）を一定とするとき、宅地と森林をどのように配置することが社会的に望ましいかを明らかにすることである。社会的望ましきの基準には、前章の議論にしたがって、パレート基準あるいは補償基準を採用する。

まず第1に指摘できるのは、この問題が実施すべきか否かという all or nothing 型の問題ではなく、複数の選択肢からひとつを選択する問題であることである。

前章で導入した支出関数

$$e(p, P, X, g, z, Z, V) = \text{Min } px + PX \text{ s.t. } u(x, X, g, z, Z) \geq V$$

を用いると、補償変分 CV と等価変分 EV は、それぞれ

$$CV = e(p^1, P^1, X^1, g^1, z^1, Z^1, V^1) - e(p^1, P^1, X^1, g^1, z^1, Z^1, V^0),$$

$$EV = e(p^0, P^0, X^0, g^0, z^0, Z^0, V^1) - e(p^0, P^0, X^0, g^0, z^0, Z^0, V^0)$$

で表される。添え字 0 は政策実施前の状況を表し、1 は実施後の状況を表す。ここでは、CV が変化後の状況を基準として 2 つの効用水準  $V^0$ 、 $V^1$  に対応する補償可処分所得の差として表されるのに対して、EV で

は変化前の状況を基準に表されることに注意しよう。

もし2つの政策  $A, B$  があり、対応する政策後の効用水準  $V^{1A}$ ,  $V^{1B}$  が、

$$V^{1A} > V^{1B}$$

の関係、つまり  $A$  は  $B$  よりも望ましい関係にあるならば、

$$\begin{aligned} EV^A - EV^B &= e(p^0, P^0, X^0, g^0, z^0, Z^0, V^{1A}) \\ &\quad - e(p^0, P^0, X^0, g^0, z^0, Z^0, V^{1B}) > 0 \end{aligned}$$

が成立する。このようにEVは2つの政策の望ましきの順序を正確に表現する。

一方、CVでは

$$\begin{aligned} CV^A - CV^B &= [e(p^{1A}, P^{1A}, X^{1A}, g^{1A}, z^{1A}, Z^{1A}, V^{1A}) \\ &\quad - e(p^{1A}, P^{1A}, X^{1A}, g^{1A}, z^{1A}, Z^{1A}, V^0)] \\ &\quad - [e(p^{1B}, P^{1B}, X^{1B}, g^{1B}, z^{1B}, Z^{1B}, V^{1B}) \\ &\quad - e(p^{1B}, P^{1B}, X^{1B}, g^{1B}, z^{1B}, Z^{1B}, V^0)] \end{aligned}$$

であり、 $V^{1A} > V^{1B}$  のとき必ずしも  $CV^A - CV^B > 0$  とは限らない。

この結果が示すように、複数の選択肢から最も望ましいものを選ぶようなタイプの問題では、補償変分は必ずしも適切な判断を示すとは限らない。つまり、森林都市の最適デザインを選択においてその社会的望ましさを検討するための指標は、補償変分ではなく等価変分に基づくものを用いることが適切である。

このような等価変分を用いた一般均衡社会的費用便益ルールの指標は、前章で導出されている。すなわち、

$$\begin{aligned} EV^s = \sum_n EV^n &= [\sum_i p_i \cdot F^i z^0 + \sum_n (V_z/V_y)^0] dz + [C_N^0 \cdot n + R(p, w, X^0)] \\ &\quad + \sum_{n2} [e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)] \\ &\quad + \sum_{n3} [e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] \end{aligned}$$



$$+\sum_{h2, h3} \Delta^{10} - [x^f dp + L^f dw]$$

で定義された集計等価変分  $EV^s$  の値が最も大きくなる政策が、社会にとって最も望ましい。したがって森林都市の最適なデザインは、集計等価変分  $EV^s$  を各デザインに対して計算し、その中から最も大きな値となるものを選択することで得られる。もちろんその最大値が0を超えなければ、いかなるデザインも社会的に望ましくなく、森林都市創設を断念することが望ましいことになる。

森林都市の最適デザイン問題を単純化するために、次の3つの仮定を置こう。すなわち、一定面積の開発が行なわれる限り、森林と宅地の配置に関わらず、第1にそれによる生態系の改変の程度は不変であり、第2に、開発による自然サービスの変化も不変、そして第3に開発に必要な要素投入量も同じであるとする。

このような状況では、森林都市に移住する人々以外の人々にとって、森林都市のさまざまなデザインはまったく無差別となるはずである。さらに、このことはデザインの違いが森林都市創設後の均衡価格体系の及ぼす影響が無視できるほど小さいことを示唆する。

以上の点に注意して、上述の集計等価変分  $EV^s$  の式を検討しよう。

第1に、もし開発面積が等しければ森林都市に移動する家計の数も同じである。つまり、森林都市のデザインがいかなるものであれ、人口移動による政府の行政サービス費用の節約分（過密解消の便益） $C_N^0 \cdot n$  は不変である。

第2に  $dz$ （自然サービスの変化）がデザインに影響されないので、関連する企業の利潤の変化と家計の補償受容額  $[\sum_i p_i \cdot F_z^i + \sum_h (V_z/V_y)^0] dz$  はデザインに対して不変である。

第3に森林都市創設後の均衡価格体系及び生態系の改変がデザインによって影響を受けないため、生態系の変化に異議を唱える人々の部分均

衡EV, すなわち  $\Sigma_{h2}[e(p, z, Z^0, V^1) - e(p, z, Z^1, V^1)]$  もまたデザインに対して不変である。さらに均衡価格体系のデザインに対する不変性を考慮することで, これらの人々の森林都市創設後の消費選択はデザインに対して不変となる。したがって残差項  $\Sigma_{h2}\Delta^{10}$  もまた不変である。

第4に森林都市創設セクターの価格変化による利潤変化の項,  $[x^f dp + L^f dw]$  もまた  $dp, dw$  がデザインに対して不変なため, デザインの影響を受けない。

以上から, ここで想定した仮定が許される限り, 森林都市の最適デザイン問題は, 集計等価変分の残された部分, すなわち

$$\Sigma_{h3}\{[e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)] + \Delta^{10}\}$$

によって完全に決定される。つまり, 森林都市へ移住する人々の等価変分の一部のみを考慮すればよいことになる。

このように本章の設定においては問題は大幅に単純化される。しかしなお, いくつかの問題点が存在する。

第1に, 本論文では, 森林都市創設によって供給される宅地ないしは住居は数量制約された財であることを想定してきた。このことは森林都市に対して社会に超過需要が発生することを意味する。このため, 居住希望者の中から誰を森林都市に割り当てるかという課題が生じる。現実にはそれは抽選によって行なわれるだろう。もし, 森林都市の最適デザイン問題が確率的な等価変分の期待値によって評価できるならば, 移住希望者間の, 各デザインに対する等価変分の経験分布を調べるといふプロセスが必要となる。これは実践上, 非常に手間のかかる作業となるだろう。さらにこの問題は, 移住不確実性下での(期待)効用変化に対する適切な貨幣尺度の選択に関する議論を考慮しなければならないかもしれない。その議論の中では, 上述のような等価変分の期待値は期待消費者余剰と呼ばれる。一方で, 不確実性下での適切な貨幣尺度は, オプシ

オン価格であり、期待消費者余剰は適切な貨幣尺度とは限らないことが知られている。もし、オプション価格を用いる必要があるならば、前章で行なったモデル構築の段階から検討し直さねばならないことになる。

第2に、森林都市への移住を認められた人々を、森林都市のどの区画に割り当てるべきかという問題が発生する。それによって、最適デザインは変化するかもしれない。つまり厳密な最適デザインには、森林と宅地の配置だけではなく宅地への各家計の配置が含まれている。この問題は、森林都市へ移住する人々が同質であると考えることができれば回避できるが、それは検証すべき仮説にすぎない。もう一つの回避方法は、森林都市の各区画が同質なものとなるクラスにデザインを限定することである。しかし、そこで得られる最適デザインは真の最適デザインと異なるかもしれない。

最後に第3として、森林都市へ移住する人々の集計部分均衡等価変分を実際にいかにして求めるかという問題がある。残差項

$$\Delta^{10} = -(x^{d1} - x^{d0}) dp + [(V_z/V_y)^1 - (V_z/V_y)^0] dz$$

つまり、森林都市創設前後での自由に購入できる財の需要量の変化に価格変化を乗じた項と自然サービスに対する限界支払意志額の変化に自然サービス供給量の変化を乗じた項を合計した部分は、森林都市のデザインによって、そして森林都市のどの区画に居住するかによって、影響を受けないと考えてもそれほど問題ではないであろう。したがって、森林都市の最適デザインを決定する主要な部分は、部分均衡 EV

$$[e(p, z, P^1, 0, V^1) - e(p, z, P^1, X, V^1)]$$

の項であり、その移住者全員の合計値が最も大きくなるように、森林都市をデザインすることが提案される。しかし、森林都市への移住によって実現する効用水準  $V^1$  を知ることは困難である。したがって、その近似として、その過小評価値である部分均衡 CV

$$[e(p, z, P^1, 0, V^0) - e(p, z, P^1, X, V^0)]$$

を用いることが考えられる。問題はこれをいかに具体的に求めるかである。

そのためのアプローチの一つは、前章でも少し触れた hedonic 法を利用することである。しかし、次節で示されるように、それによって得られる値は部分均衡 CV を過大評価する。したがって、その値と部分均衡 EV との大小関係は曖昧である。

もう一つのアプローチとして、CVM を用いることが考えられる。特定のデザインの森林都市と、そこでのある区画を示し、「この区画に居住することに対してあなたはいくらまで支払ってもよいですか」と尋ねることで、人々の部分均衡 CV を得ることができる。ただし、デザインの決定のためには、さまざまなデザインに関する CVM 調査が必要となる。このことはおそらく膨大な作業を必要とする。また、森林都市への移住を希望する人々が社会の極く少数派ならば、CVM の結果の信頼性は低いものとなるだろう。

以上のような課題については、短期的に解決できるものではない。おそらくさまざまな研究と情報の蓄積が必要となろう。前章での理論的考察とは対照的に、具体的な問題を考える場合にはさまざまな曖昧な議論が入り込んでくる。にもかかわらず、不十分な知識と曖昧な想定の下でも、森林都市の最適デザインを示すことは意義があると考えられる。少なくともそれは、今後の検討の出発点としては許されるであろう。このような理由から、ここでは hedonic 法を用いて、森林都市の最適デザインを具体的に示すことを考えたい。

## II-2 hedonic 法

hedonic 法を森林都市に応用するために、宅地という財に注目する。

宅地の価格は、周辺地域の公共施設の有無、通勤や通学の条件、森林や緑地といった生活環境によって決定されると考えられる。ここで宅地価格を  $P$  で表し、生活環境を構成するこれらの個々の要素（特性あるいは属性と呼ばれる）のベクトルを  $a$  で表す。もし、宅地価格  $P$  とその宅地の特性  $a$  に関する一連のデータセットが得られれば、宅地価格と特性を関係づける関数

$$P = P(a)$$

が得られる。この関数は hedonic 価格式と呼ばれ、このような関数で表現された宅地価格は hedonic 価格と呼ばれる。

この節では、この hedonic 価格で表された森林都市の宅地価格を、そこに居住する家計の部分均衡 CV と家計がその宅地のために支払う地代  $P^1 X$  を合わせたもの、すなわち

$$\text{部分均衡 CV} + P^1 X$$

と解釈できるかどうかを検討する。同時にその解釈がどのような問題を含んでいるかを明らかにする。

hedonic 価格に対する厳密な理論的検討は Scotchmer (1985) によって行なわれている。彼女は、さまざまな属性を持つ宅地が存在する交換経済において、経済学の標準的な仮定と社会に存在する宅地の属性の集合  $A$  が有限集合であるという仮定の下で、均衡人口配置が存在することを証明している。

その均衡における宅地価格を  $p(a)$  としよう。このとき、Scotchmer が証明しているように、均衡宅地価格  $p(a)$  に関して、次の条件が成立する。

$$p(a) = \max_h [\max_s b^h(a, s; y^{h0}, V^{h0}) / s]$$

ここで  $s$  は宅地のサイズを表す。関数  $b(\cdot)$  は付け値関数と呼ばれるものであり、可処分所得  $y$ 、効用水準  $V$  の下で、属性  $a$  なる宅地を面積

$s$  だけ購入する際の最大補償支払意志額を示す。 $h$  は家計を表す添え字である。

はじめに、この付け値関数と森林都市居住者の部分均衡 CV との関係を示す。森林都市における宅地の属性を  $a$  とし、宅地面積  $X$  と合わせて  $X(a)$  で表す。このとき部分均衡 CV は

$$\begin{aligned} & [e(p, P^1, 0, V^0) - e(p, P^1, X(a), V^0)] \\ &= y^0 - \min[px + P^1 X(a) \mid u(x, X(a)) \geq V^0] \\ &= \max[y^0 - px - P^1 X(a) \mid u(x, X(a)) \geq V^0] \end{aligned}$$

で表せる。ただし、変化前後で不変に保たれる政府サービス  $g$  と自然のサービス  $z$  は表記が省略されている。一方、付け値関数は定義により

$$b(a, X; y^0, V^0) = \max[y^0 - px \mid u(x, X(a)) \geq V^0]$$

と表される。したがって、

$$\text{部分均衡 CV} + P^1 X(a) = b(a, X; y^0, V^0)$$

である。

次に、均衡宅地価格  $p(a)$  と、均衡人口配置にある社会における hedonic 価格式  $P(a)$  の関係を示そう。 $P(a)$  は属性  $a$  の関数として計測されている。したがって  $P(a)$  の定義域は  $A$  の閉包  $cl(A)$  と見なすことが適切であろう。Scotchmer モデルの観点からすれば、 $P(a)$  は  $(a, p(a))$  の部分集合である有限個のデータセットから計測されるものである。 $p(a)$  の性質

$$p(a) = \max_h [\max_s b^h(a, s; y^{h0}, V^{h0})/s]$$

により、もし十分な数のデータによって hedonic 価格式  $P(a)$  が計測されるならば、それは、関数

$$W^h(a) = [\max_s b^h(a, s; y^{h0}, V^{h0})/s]$$

の上方包絡面を近似するものと考えられる。つまり、

$$P(a) \geq \max_h \max_s [b^h(a, s; y^{h0}, V^{h0})/s] \quad \text{any } a \in cl(A)$$

$$P(a) = p(a) \quad \text{if } a \in A$$

である。

以上、部分均衡 CV、付け値関数、均衡宅地価格、hedonic 価格式の関係を合わせれば、次の不等式が成立することがわかる。

$$\begin{aligned} P(a) &\geq \max_s \max_s [b^h(a, s; y^{h0}, V^{h0})/s] \\ &\geq b(a, X; y^0, V^0)/X \\ &= \text{部分均衡 CV}/X + P \end{aligned}$$

つまり、

$$\text{部分均衡 CV} \leq (P(a) - P) X$$

である。森林都市に存在する宅地の属性を要素とする集合を  $Q$  とし、属性  $q$  なる宅地の面積を  $X(q)$  とする。このとき、森林都市への移住によって発生する部分均衡 CV の集計値を  $CV^0$  とすれば、

$$CV^0 \leq \sum_{q \in Q} [P(q) - P] X(q)$$

である。ここで森林都市の総宅地面積を  $X^G$  で表せば、

$$X^G = \sum_{q \in Q} X(q)$$

であり、したがって、

$$CV^0 \leq \sum_{q \in Q} [P(q) X(q)] - P X^G$$

を得る。

以上からもし、

$$\text{集計部分均衡 EV} \equiv \text{集計部分均衡 CV} \equiv \sum_{q \in Q} [P(q) X(q)] - P X^G$$

ならば、森林都市の最適デザイン問題は、 $\sum_{q \in Q} [P(q) X(q)]$  を最大にする問題に変換される。この総和の式は、森林都市の地代合計を表している。つまり、森林都市の最適デザインは hedonic 価格式で評価した森林都市の総地代を最大にするデザインであるということが出来る。

残念ながら上述の近似式が成立する保証はない。これまでの考察によって明らかとなっているのは

集計部分均衡  $EV \geq$  集計部分均衡  $CV$

$$\text{集計部分均衡 } CV \leq \sum_{q \in Q} [P(q)X(q)] - PX^G$$

という不等号関係だけである。したがって森林都市の最適デザインを、hedonic 価格式を用いて行なおうとするには、近似式の成立についての注意深い検証が必要となる。また、II-1 で述べた最適デザインの選択問題にまつわる二つの問題、つまり、誰が森林都市への移住者として選ばれるか、そして移住者に森林都市内の宅地をどのように割り当てるかという問題は、この近似操作では捨象されてしまっていることにも注意が必要である。

なお、Scotchmer が指摘するように、かりに社会の人々がまったく同質であったとしても、集計部分均衡  $CV = \sum_{q \in Q} [P(q)X(q)] - PX^G$  が成立するとは限らない。これは、人々が宅地サイズを最適に選択することによる。また、森林都市への移住者が以前住んでいた宅地が  $X(a)$  と異なっていればいるほど、部分均衡  $CV$  と  $(P(q) - P)X(a)$  の乖離は大きくなる。

### II-3 シミュレーション分析

以上のように、理論そして評価手法の両面で、森林都市の最適デザイン問題には、無視できないさまざまな問題点が存在する。残念ながら、これらの問題点の解決策を提案するだけの準備はない。それを諦めるかわりに、ここでは数値例として森林都市の最適デザインを具体的に示すことにする。

ただし、以下で示されるシミュレーションは、これまで述べてきた未解決の困難な問題を無視している。このため、結果に数値例以上の意味を与えることは危険である。にもかかわらず、森林都市創設に関する議論がほとんど行われていない現状を考えれば、それは必ずしも無意味で



はないだろう。少なくとも、森林都市構想に関する研究の第1のステップとしては、それは許されると考えられる。

ここで用いるのは、赤尾・幡（1995）で計測された hedonic 価格式である。そこで推定された hedonic 価格式は、地代ではなく宅地価格をさまざまな自然環境特性と社会環境特性に関連付けている。しかし、ストック概念の地価とフロー概念の地代は、適切な割引率を介して容易に変換される。つまり地代と地価の概念上の相違はなく、森林都市の総地価の最大化を最適デザインの指標として用いることができる。

以下では、はじめにここで考察される森林都市の枠組みを示す。次に赤尾・幡で計測された hedonic 価格式を示し、いくつかの予備的考察を行う。最後にシミュレーション結果として森林都市の最適デザインを示す。

### （1）森林都市のシナリオ

一面に森林が広がる土地を考える。森林の中には、一本の鉄道が通り、一つの駅があると想定する。この駅を中心とする縦横2500mの正方形の区域（625ha）が森林都市として整備される。この区域を250m×250mの100個のメッシュに分割する。ここで検討されるのは、これらのメッシュのどれを宅地として開発し、森林として残すことが最適かである。

開発される宅地面積は一定で、225ha（100個中36個のメッシュ）とする。森林都市構想に関する新聞等の報道では、1戸あたり1000m<sup>2</sup>の定住住宅を1000～5000戸造成するとされている。ここでの想定はこの報道の平均よりやや小さい規模の森林都市である（1000m<sup>2</sup>の住宅ならば2250戸の宅地が造られることを想定している。なお林野庁の説明によれば、このような具体的な情報は一切公表していないとのことである）。

36個の宅地を100個のメッシュに配置する方法は、 ${}_{100}C_{36} \doteq 2 \times 10^{27}$ 通りある。これらの中から総地価を最大にする配置方法を選択するために

は、莫大な計算が必要となる。今回のシミュレーションでは、計算をパーソナルコンピュータで通常行える程度まで計算を単純化するために、駅（正方形の中心）を原点として対照的に宅地を配置するようなデザインのクラスに問題を限定することにした。その結果、検討すべき宅地の配置の組み合わせは $_{25}C_9=2,042,975$ まで軽減される。

駅周辺には、郵便局やちょっとしたスーパー・マーケットのような施設が整備されるものとする。道路の配置、上下水道や都市ガスの整備等についてはここでは明示的には配慮しない。問題は、単に100個のメッシュを森林として残すか宅地開発するかに限定する。

## (2) hedonic 価格式

赤尾・幡(1995)では、京都府南部と滋賀県南部の5市9町1村を対象として地価調査（平成3年7月1日現在）に示された144地点の地価を被説明変数とし、ステップワイズ最小二乗法によって二次形式を含む hedonic 価格式を推定している。最終的な hedonic 価格式は次の通りである。

$$P = \exp(\alpha + tX\beta X + 2\gamma X + cY)$$

ここで  $P$ ：地価(100円/m<sup>2</sup>)、 $X$ ：自然環境特性を示す5次列ベクトル、 $Y$ ：社会環境特性を示す5次列ベクトルであり、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $c$ は推定されるパラメータである。また、 $t$ は転置記号を示す。

自然環境特性の各要素は、

$X_1$ ：半径5km 以内の森林面積(/25ha)、

$X_2$ ：半径5km 以内の田畑面積(/25ha)、

$X_3$ ：半径5km 以内のゴルフ場面積(/25ha)、

$X_4$ ：半径1km 以内の緑被面積(/25ha)、

$X_5$ ：半径1km 以内の土崖の延長(/500m)、

である。一方、社会環境特性の各要素は、

$Y_1$ ：半径1km 以内の郵便局数(個数),

$Y_2$ ：最寄り駅から主要都市駅までの所要時間(分),

$Y_3$ ：宅地から最寄り駅までの距離(/1km),

$Y_4$ ：上下水道の有無(あり1, なし0),

$Y_5$ ：都市ガスの有無(あり1, なし0),

である。なお変数選択の結果省かれた変数(社会環境特性)として、半径1km 以内の病院数、半径1km 以内の神社仏閣数、住宅密集地の別、下水道の有無、小中学校までの距離がある。 $Y_1$ (半径1km 以内の郵便局数)と  $Y_3$ (宅地から最寄り駅までの距離)は、これらの省略された社会環境特性を表現する代理変数と解釈できるかもしれない。その理由は選択された社会環境特性の変数の中で、宅地との地理的な関係を表す変数はこれら2つだからである。

hedonic 価格式のパラメータは次のように推定された。

$$\alpha = 5.0993042,$$

$$\beta = \begin{bmatrix} -2.34847 & -1.70989 & 5.48804 & 2.08688 & 11.04681 \\ -1.70989 & -1.26462 & 4.42556 & 1.19940 & 3.43884 \\ 5.48804 & 4.42556 & -22.21602 & 2.11634 & 74.79088 \\ 2.08688 & 1.19940 & 2.11634 & -7.06176 & -84.73115 \\ 11.04681 & 3.43884 & 74.79088 & -84.73115 & -1129.71937 \end{bmatrix} \times 10^{-5}$$

$$2\gamma = (6.62399, 4.99914, -19.33152, -3.01767, 10.1094) \times 10^{-3},$$

$$c = (0.102721, -0.012877, -0.128508, 1.795352, 0.718189).$$

パラメータはいずれも5%水準で有意であった。また決定係数は0.77646であった。

シミュレーションに先立って、ここでいくつかの予備的考察をしておこう。

まず第1に、このシミュレーションでは上述の式のすべての変数を含

む必要はない。自然環境特性に関しては、ここでは田畑、ゴルフ場、そして土崖は（少なくとも宅地価格に影響を及ぼす範囲には）存在しないことを仮定している。従ってこれらに関する項は計算に含まれない。一方、社会環境特性では、例えば駅から大都市の駅までの所要時間は、森林都市と大都市との位置関係に依存して変化する。しかし、森林都市のすべての宅地にとってその所要時間は共通である。同様に、上水道、都市ガスの整備の有無といった項もすべての宅地に関して共通と見なしてよいだろう。このような状況では、これらの項を除いて算出した hedonic 価格に一定の定数を乗じることで、これらの項を含む完全な hedonic 宅地価格が得られる。ここでの課題、すなわち宅地配置のデザインに依存する総地価の最大値を求めることからすれば、これらの定数を乗じるか否かは最適解（最適デザイン）に影響を及ぼさない。つまり、これらの変数がいかなる値をとるかを考慮する必要はない。なお以下では、これらの変数の貢献を含まない hedonic 宅地価格を部分 hedonic 価格と呼ぶことにする。

第2に、この hedonic 価格式では宅地から半径5km 以内の森林面積がその価格に影響する。しかし、ここで考察されている縦横2.5km の正方形内のどこに宅地が建設されてもその面積は一定である。つまり半径5km の円は、その中心がこの正方形のどこにあっても、正方形を完全に含む。正方形内の宅地総面積は225ha であり、個々の宅地からみた森林面積は、その宅地がどこに位置するかとは独立に  $50 \times 50 \times \pi - 225 \approx 7629$ ha である。

第3に、以上の考察から森林都市の総地価を最大にする宅地の配置は、各宅地の中心（駅）までの距離と半径1km 以内の緑地面積によって完全に決定されることがわかる（郵便局は駅に隣接していると想定したことに注意）。

上述の hedonic 価格式では、 $Y_3$  (宅地から最寄り駅までの距離) の係数が負なので、駅までの距離が近ければ近いほど宅地価格は上昇する。また、 $Y_1$  (半径1km 以内の郵便局数) の係数は、正なので駅から半径1 km 以内に宅地は、その円外の宅地よりも価格は高くなる。

一方、緑地面積と宅地価格の関係は森林面積を含む二次式で表されている。そこで  $\partial P / \partial X_4$  を計算すれば、

$$\partial P / \partial X_4 = 2(-7.06176X_4 + 2.08688X_1)P = 2(-7.06176X_4 + 636.831)P$$

であり、 $X_4 \leq 2254.50$ ha である限り、緑地面積の増加は宅地価格を上昇させる。一方で半径1km 以内の緑地面積は314ha を超えることはないから、結局、緑地面積の増加は常に宅地価格を上昇させることがわかる。

以上の考察から、森林都市の最適デザインについて、一つの見通しを立てることができる。すなわち、駅までの距離という社会環境特性は、宅地の配置を駅周辺に集中する傾向を持つであろう。一方、緑地面積という自然環境特性は宅地の配置を可能な限り分散することを要求し、その結果、正方形の境界上に宅地を配置する傾向を持つであろう。図2と図3は各宅地から駅までの平均距離が最小となるデザインである。一方、図4には宅地にとっての平均緑地面積を最大化した宅地配置が示されている。駅までの平均距離を最小にする二つのデザインのうち、緑地面積がより大きいのは図2である。したがって、森林都市の最適デザインは図2と図4の二つのデザインを何らかのウェイトで混合したものとなることが予想される(ただし、図2、3が自然環境特性を無視した場合の適切な最適デザインである一方で、図4は社会環境特性を無視した場合の適切な最適デザインであるとは必ずしも保証されていない。これはここで用いている hedonic 価格式が社会環境特性については1次式である一方、自然環境特性については2次式となっているためである)。

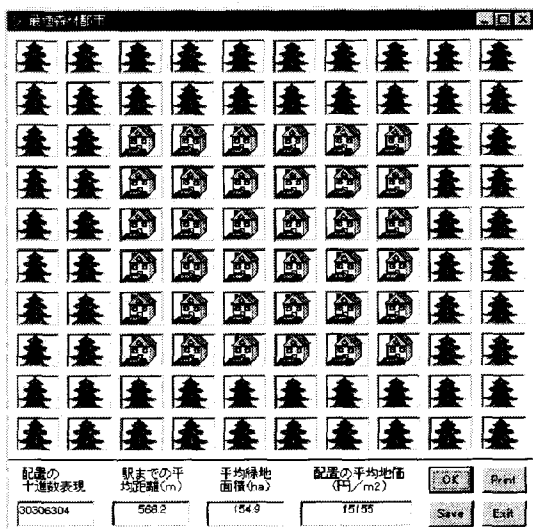


図 2 駅(中心)までの距離が最小となるデザイン(1)

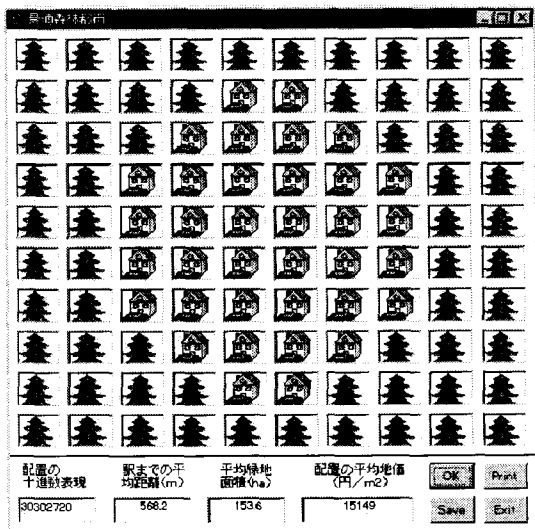


図 3 駅(中心)までの距離が最小となるデザイン(2)

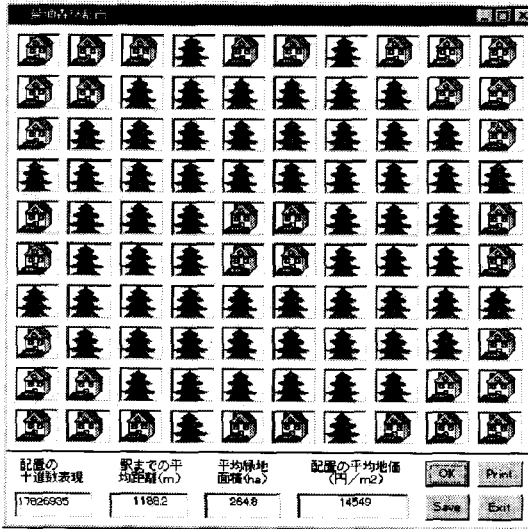


図4 平均緑地面積が最大となるデザイン

### (3) 計算手順

以上の子備的考察を踏まえて、森林都市の最適デザインを具体的に算出した。問題は $5 \times 5$ のメッシュに9個の宅地を配置して、そのhedonic 価格（ただし、いくつかの社会環境特性による価格への貢献は無視された）の合計を最大にするものを求めることである。

用いる hedonic 価格式が複雑な形式を持つため、この問題を解くために利用可能な数理計画法のテクニックは存在しないと思われる。このためここでは、すべての配置について hedonic 価格を計算し、最大値を持つ配置を選ぶという直接的な方法を採用した。

アルゴリズムは、まず、25個のメッシュについて森林と宅地を配置するすべての組み合わせを考える。これは2進数表記で0から11...1（1が25桁まで並んだもの）までの数字（10進数表記では0から33,554,431までの数字）で表される。なおここでは0を森林、1を宅地とみなし、左上か

ら右下（中心）に向かって横向きに1から25までの桁を配列している。

次に、1（宅地）が9回現れる配置をそれから選択する。さらにその配置の各メッシュを読み、もしそれが宅地ならば、そのメッシュから中心までの距離と周囲の緑地面積を計算する。その値を hedonic 価格形式に代入することで、その宅地の部分 hedonic 価格が得られる。9個の宅地についてこの計算を行い、それを合計したものを算出する。この合計値はある配置の9㎡当たりの平均部分 hedonic 価格（つまり、駅から都市までの所要時間等が宅地価格に貢献する部分は考慮されていない hedonic 価格）である。宅地化されるメッシュ数は36個で一定なので、最適配置を選択するにはこの値の大小を調べればよい。この合計値と対応する配置（10進数で表されたある数値）がメモリーに保存される。

以上の操作を0から11...1（1が25桁並んだもの）まで、33,554,432回繰り返す。各配置に対して算出された9㎡当たりの平均部分 hedonic 価格が、以前のそれ以上となれば、メモリーには新しい合計値と配置が上書きされる。

ただし、この方法では最適デザインに対応する2進数（あるいは10進数）表示で最大となる配置しかわからない。それを0とすると、最適デザインの一意性をチェックするためには、0から(o-1)までの配置を対象に、以上の計算を繰り返せばよい。もし、この配置の範囲で以前と同じ最大値が得られれば、最適デザインは一意ではない。そのような最大値が存在するとして、対応する最適デザインの配置の2進数表現をo'とする。今度は0から(o'-1)を配置の範囲として、上述の計算を再度行う。このような操作を繰り返すことで、すべての最適デザインを得ることができる。

#### （4）計算結果と代替シナリオ

以上の計算手順から見出された最適デザインは、前出の図2に示した



もの、すなわち駅までの平均距離を最小にする配置であった。注意として、この図2に示された平均地価15,155円/m<sup>2</sup>は、部分 hedonic 価格である。例えばもし仮に、上水道と都市ガスが整備され、主要都市の駅までの所要時間が60分とするならば、平均 hedonic 価格はその約5.7倍の86,423円/m<sup>2</sup>となる。

上述の最適解が一意かどうかをチェックしたところ、森林都市の最適デザインは一意であった。そこに示されているように、ここでのシナリオの下では可能な限り駅の近くに宅地を配することが総地価を最大にする。つまり結果として明らかとなったのは、このシナリオにおける森林都市の最適デザインは、駅までの距離という社会環境特性面によって完全に決定されるということである。反対に緑地面積のような自然環境特性はほとんど配慮されない。

この結果は、森林都市（ここでのシナリオに基づく）はあまりに自然が豊富なので、hedonic 価格は自然環境特性の変化に対してそれほど敏感に反応しないことによるものかもしれない。反対に、hedonic 価格は宅地から駅までの距離に敏感に反応すると解釈することもできるであろう。もし、森林都市対象森林が最寄り駅から十分に遠く離れているならば、社会環境特性は最適デザインにほとんど影響しなくなるかもしれない。

こうした予想に基づいて、ここで得られた森林都市の最適デザインがどれほど頑健なものかをチェックしておくことは有用と考えられる。そこで、代替的なシナリオとして次のようなものを考え、その最適デザインを計算した。

第1に、森林都市創設対象森林（10×10のメッシュ）の外側はすべて森林ではない（田畑やゴルフ場、緑地でもない）ことを想定した。これは、自然の希少性がより高いケースである。その結果は、以前の図3で

示されるものとなった。つまり、最適デザインが駅周辺に宅地を配置するという結果の本質は変わらなかった。ただし、各宅地の平均緑地面積がより小さくなる配置が選択されている。これは、想定の変更の結果、森林面積が16haに減少し、hedonic 価格を最大にする緑地面積が約118haまで小さくなったことによる。ここで用いられた hedonic 価格形式では、緑地面積が118haを超えると（自然が過剰に豊富なために）地価が下落する。なお、自然の希少性が高まった結果、最適デザインにおける平均部分 hedonic 価格は元のシナリオのそれよりも高くなり、18,426円となった。

次に第2の代替的シナリオとして、hedonic 価格形式の  $Y_3$ （宅地から最寄り駅までの距離）の係数を元のその10倍にした式を用いて最適デザインを計算した。これは、宅地から駅までの距離がより遠くなる、つまり駅に近接することによる hedonic 価格の上昇の効果をより弱める想定である。直接駅を遠ざけたシナリオを用いなかったのは、森林都市のデザインを、原点を中心として対象となるクラスに限定するというこれまでの想定と比較可能な配置を示すためである。その結果はオリジナル・シナリオの結果（図2）とまったく同じものとなった。なお、その平均部分 hedonic 価格は8,113円であった。

最後に第3の代替シナリオとして、 $Y_3$ の係数を元のその1000倍にした hedonic 価格形式を用いて森林都市のデザインを求めた。これは第2の代替シナリオよりもさらに駅までの距離の効果を弱めたシナリオである。図5に示したように、このシナリオではじめて宅地の配置が分散した最適デザインが得られた。ただし、その平均部分 hedonic 価格は  $2.6 \times 10^{-7}$  円/m<sup>2</sup> という、限りなくゼロに近い金額となった。これは、ここでのシナリオに対応する森林は、極めて交通の便の悪い場所に立地していることを反映している。森林都市を創設するために必要な造成費



図5 代替シナリオ3における森林都市の最適デザイン

用をはじめとする諸コストや、その創設によって失われる森林の公益的機能を考えれば、このような森林に対しては、森林都市を創設するよりも森林としてそのまま利用の方が社会的に望ましいことは、詳細な費用便益分析を待つまでもなく、あきらかであろう。

以上のシミュレーション結果から、可能な限り駅に近接するように宅地を配置することが最適であるとするオリジナル・シナリオの結果は、極めて頑健なものと考えられる。この結果は、ここでのシミュレーションで無視された理論上の諸問題が考慮されたとしても、ほとんど修正されないと考えてもよさそうである。つまり、赤尾・幡(1995)で計測されたhedonic価格が信頼できるものである限り、そして森林都市で形成される地価が常識的な水準のものである限り、移住者の社会環境的な利便性を重視して森林都市を創設することが、移住者の効用をより大きく改善することになる。

最後に、叙述の公平を期すためには、この結果が計測された hedonic 価格式に基づくものであることに注意を喚起しておくべきであろう。示された結果は、人々の居住地選択（宅地への値付け）を統計的に処理した計測式に基づいている。そこでは、社会環境の利便性を無視しても豊富な自然の中で生活したいと考える好事家の選好はほとんど反映されていない。計測された hedonic 価格式がこうしたタイプの人々の選好を無視する傾向は、これらの人々が社会の中で少数派であればあるほど強まる。森林都市が、このような好事家のために構想されているならば、上で得られた結果は必ずしも最適デザインとはいえない。おそらく、かかる特殊な選好を持つ人々を集めた CV 調査に基づいて最適デザインが検討されるべきであろう。

[付記]

この研究は、(財)第一住宅建設協会と(財)地域社会研究所によって研究助成を受けた「森林都市構想に関する研究」(研究代表者:京都大学農学研究科教授岩井吉彌)のなかの赤尾担当章を加筆・修正したものである。

引用文献

1. 赤尾健一・幡建樹(1995) 森林の生活環境価値の計測—ヘドニック法の適用—, 森林計画学会誌 25, 1-15.
2. ヨハンソン, P. -O./嘉田良平監訳(1994) 環境評価の経済学, 多賀出版.
3. Johansson, P. -O. (1993) *Cost-Benefit Analysis of Environmental Change*. Cambridge University Press.
4. Mitchell, R. C. and R. T. Carson (1989) *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Resources For The Future.
5. Neary, J. P. and K. W. S. Roberts (1980) The theory of household behavior under rationing. *European Economic Review* 13, 25-42.
6. Scotchmer, S. (1985) Hedonic prices and cost/benefit analysis. *Journal of Economic Theory* 37, 55-75.