

# ボランティア労働供給曲線を用いた里山林の経済評価\*

Evaluation of a "SATOYAMA" Forest Using a Voluntary Labor Supply Curve

寺脇 拓<sup>†</sup>・村中 亮夫<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

「里山」は、奥山自然地域と都市地域の間位置する、人間の干渉の大きい二次的自然を意味する地域概念であり、具体的には、水田、雑木林、溜池、水路などから構成される日本古来の農村空間を指す言葉である。そこでは、人間の持続的な農業生産活動と密接に関わる形で、多様な動植物が生息しており、近年多くの生態学者が、その里山における生物多様性の大きさを指摘している<sup>1</sup>。しかし一方で、高齢化や後継者不足によって農業を継続的に行うことができなくなり、農地が放置されるケースや、生活様式、農業生産様式の変化から、かつては燃料や肥料の採取地として利用されてきた雑木林が放置されるケースが増加しており、現在そうした人間の干渉が小さい里山における生物多様性の損失が懸念されている。特に「里山林」と呼ばれる雑木林の放置の問題は深刻である。化石燃料や化学肥料が利用される現在の生活・生産様式においては、里山林はエネルギー供給源としてほとんど利用されないため、下草刈りや定期的な伐採が行われず、植生が単調になることが危惧されている。

こうした中、近年多くの森林ボランティア団体が、里山保全を目的とした活動を活発に行っている。彼らは、生物多様性水準の高い里山環境を維持するため、手入れされなくなった里山林で下草刈りや伐採を行う。このような活動が行われるのは、参加者が里山林の保全に対して価値を見出しているからに他ならず、ボランティア活動にかかる費用は、その里山林保全の代わりに失う犠牲である。この考え方に基づき、本研究では、後述する方法で、人々が提供するボランティア労働量のデータから、里山林の価値を経済学的に評価することに取り組む。

ボランティアの自発的行動は、経済学的には公共財供給の観点からモデル化される。このモデルでは、基本的に公共財の生産（から得られる効用）のみがボランティア活動の目的となる。しかし、通常ボランティアの目的はそれだけではなく、活動そのものを一種のレクリエーションとして楽しむ、すなわちボランティア活動を私的に消費することもその目的の一つとしてあげられる。実際、本分析対象である兵庫県の森林ボランティア団体「ひょうご森の倶楽部」で聞き取り調査をしたところ、代表者の方から、レクリエーション目的でボランティアを行う会員が多いという話が聞けた。こうした観点から、近年では、ボランティアの行動をモデル化する際に、公共財供給の観点だけでなく、私的消費、すなわちレクリエーション消費の観点を混合する試みがなされている<sup>2</sup>。

重要なことは、ボランティアの目的が公共財供給であれ、私的消費であれ、ボランティアの労働供給の増大によって（公共財供給を通して間接的に、あるいは私的消費により直接的に）効用が増大するという関係である。そしてその犠牲となるのは、活動時間と活動地までの旅行費用である。従って直感的には、ボランティア労働の機会費用と労働供給量との関係を表すボランティア労働供給曲線は、通常的需求曲線のように右下がりになることが予想され、そこから消費者余剰が計算されうる。里山林が失われ

\*Version: 平成 15 年 10 月 1 日 ©2003 Taku TERAWAKI, Akio MURANAKA

いまだ草稿段階の原稿ゆえ、著者の許可なく無断で引用・転載・複製しないよう宜しくお願い申し上げます。

<sup>†</sup>立命館大学経済学部, URL: <http://www.taku-t.com/>

<sup>‡</sup>立命館大学大学院文学研究科地理学専攻・日本学術振興会特別研究員

<sup>1</sup>里山における生物多様性の現状については、武内・鷲谷・恒川 [14] 第 3 章、広木 [10] 第 3 章を参照。

<sup>2</sup>例えば、Andreoni[1], Duncan[7] などが挙げられる。

るか、立ち入ることができなければ労働供給量はゼロになることから、この消費者余剰は、ボランティアにとっての里山林の経済価値を表すものとなる。しかし一方で、ボランティア労働の時間費用は通常賃金率で表されるため、その増大は所得の増大を招き、所得効果が働く世界では逆にボランティア労働供給量を増大させる方向にも作用する。これはつまり、ボランティア労働供給曲線が後屈的、あるいは右上がりになりうることを意味する。その場合には、市場需要曲線から消費者余剰を導くことが基本的に不可能となる。

本研究では、上述の「ひょうご森の倶楽部」の代表的な活動地である、兵庫県多可郡中町奥中の「観音の森」を事例として、里山林保全についてのボランティア労働供給関数を推定し、そこから里山林がボランティアにもたらす便益を明らかにすることに取り組む。CVM (Contingent Valuation Method) の領域では、ボランティア労働供給量を用いて環境資産の価値を評価する試みがいくつかみられるが、本研究のようなボランティア労働供給曲線を用いるアプローチは、筆者の知る限りこれまで例がない<sup>3</sup>。

ボランティア労働供給曲線の推定には、「ひょうご森の倶楽部」が独自に纏めた、観音の森における1999年度のボランティア活動実績データを用いる。また、居住地から活動地までの距離の算定には、地理情報システム (Geographic Information Systems: GIS) を活用する。GISは、地図のデジタル化に基づく一連の地図・地域データベースを意味するものであり、1980年代後半以降、地理学を中心に、地理情報を扱う様々な学問分野で利用されてきている<sup>4</sup>。本分析では、居住地から活動地までの距離をGISを用いて計算し、できる限り正確な距離を導くことに努める。

本稿の構成は次のようである。第2節では、ボランティア労働供給の理論モデルについて述べる。第3節では、本分析で採用するボランティア労働供給曲線の計測モデルについて述べる。第4節では、ボランティア労働供給曲線の計測結果について述べる。第5節では、本稿の結論と今後の課題を述べる。

## 2 理論モデル

高い生物多様性水準をもつ里山林は、多様な遺伝子資源だけでなく、美しい自然景観や天然のレクリエーション空間を我々にもたらす。ここでは、こうした我々の効用にプラスの影響を及ぼすような里山林を公共財  $Z$  として捉え、それを作り出すのに必要不可欠なもとの林 (人間によって管理されていない里山林) を  $Q$  で表す。いま、公共財  $Z$  の生産関数が  $Z(V, Q)$  で表されるものとしよう。ここで、 $V$  は  $n$  人のボランティア労働供給量 (活動時間)  $v_i$  の合計であり、 $V := \sum_{i=1}^n v_i$  である。 $Q$  は  $Z$  を生産するのに必要不可欠な資源であることから、 $Z(V, 0) = 0$ 、かつ全ての  $i$  について  $\partial Z(V, 0) / \partial v_i = 0$  を仮定する。

ボランティア活動者は、公共財  $Z$  から効用を得るだけでなく、ボランティア活動そのものから効用を得ると仮定する<sup>5</sup>。 $x_i$  をニューメーラルとしての合成私的財、 $l_i$  をレジャーとして、効用関数は  $U_i(x_i, l_i, Z(V, Q), v_i)$  で表されるものとする。但し、 $Q$  がなければ、ボランティア活動そのものから得られる効用が発生しないことから、全ての  $i$  について  $\partial U_i(x_i, l_i, Z(V, 0), v_i) / \partial v_i = 0$  を仮定する。また、ボランティア活動地までいくのにかかる往復の旅行費用を  $c_i$ 、往復の旅行時間を  $m_i$ 、一回あたりのボランティア活動時間を  $t_v$ 、賃金率を  $w_i$ 、不労所得を  $y_i$  とする。他人の総自発的労働供給量  $V_{-i}$  を所与として、個人は次の制約付き効用最大化問題に直面する。

$$\max_{x_i, l_i, v_i} U_i(x_i, l_i, Z(V, Q), v_i) \quad (2.1)$$

$$\text{s. t.} \quad y_i + w_i \left( t - l_i - v_i - \frac{v_i m_i}{t_v} \right) \geq x_i + \frac{c_i v_i}{t_v} \quad (2.2)$$

$$x_i \geq 0, \quad t > l_i \geq 0, \quad t > v_i \geq 0 \quad (2.3)$$

<sup>3</sup>CVMを用いた研究としては、Swallow and Woudyalew[13]、Echessah *et al.*[8]、Hadker *et al.*[9]、Kamuanga *et al.*[11]などが挙げられる。

<sup>4</sup>GISの詳細な説明については、矢野[15]を参照のこと。

<sup>5</sup>Andreoni[1]はこのような効用関数を半利他的 (impurely altruistic) と呼んでいる。

個人は時間  $t$  を保有しており、その制約下で  $x_i, l_i, v_i$  を選択する。(2.2) 式はその制約条件を表している。この式は、若干の変形により  $y_i + w_i t \geq x_i + w_i l_i + (c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v)v_i$  と表され、これは、 $c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v$  をボランティア労働供給量  $v_i$  の価格と解釈した場合の予算制約式のようにみえる。しかし、 $w_i$  は所得水準を規定するものであるため、その変化には初期保有効果が伴うことになり、 $w_i$  についてのボランティア労働供給曲線が後屈的、あるいは右上がりになることも起こりうる。

もう少し詳しく述べよう。この効用最大化問題を解くためのラグランジュアンは次のようになる。

$$L(x_i, l_i, v_i) = U_i(x_i, l_i, Z(V, Q), v_i) + \lambda \left\{ y_i + w_i(t - l_i - v_i) - x_i - \frac{c_i v_i}{t_v} \right\} \quad (2.4)$$

クーン・タッカー定理により、一階の条件式は次のようになる。

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial U_i}{\partial x_i} - \lambda \leq 0, \quad x_i \geq 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial l_i} = \frac{\partial U_i}{\partial l_i} - \lambda w_i \leq 0, \quad l_i \geq 0 \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial v_i} = \frac{\partial U_i}{\partial Z} \cdot \frac{\partial Z}{\partial v_i} + \frac{\partial U_i}{\partial v_i} - \lambda \left( \frac{c_i}{t_v} + w_i + \frac{w_i m_i}{t_v} \right) \leq 0, \quad v_i \geq 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = w(t - l_i - v_i) - x_i - c v_i \geq 0, \quad \lambda \geq 0 \quad (2.8)$$

いずれの式も相補スラック性をもつ。(2.7) 式から、 $v_i > 0$  のもとでは次式が成立する。

$$\frac{c_i}{t_v} + w_i + \frac{w_i m_i}{t_v} = \left( \frac{\partial U_i}{\partial Z} \cdot \frac{\partial Z}{\partial V} + \frac{\partial U_i}{\partial v_i} \right) / \lambda \quad (2.9)$$

$\partial U_i / \partial x_i > 0$  を仮定すると、 $x_i > 0$  のもとでは、(2.5) 式から  $\lambda$  は正の符号を持つ所得の限界効用として捉えられる。このとき、(2.9) 式の右辺は  $v_i$  と所得との限界代替率を、左辺は、 $c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v$  を  $v_i$  の価格とみなせば、それらの価格比を表すものとなり、(2.9) 式は通常限界代替率・価格比均等化条件を表す式となる。いまかりに、この効用関数が  $x_i, l_i, v_i$  について強分離可能であり、かつ  $x_i$  については準線形であるとしよう。このとき、若干の変形により、(2.9) 式は  $c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v$  を価格とした  $v_i$  の市場需要関数となり、所得効果が生じないことからそれは補償需要関数に一致することになる。構造上は通常需要関数と同じであるが、実際には  $v_i$  はボランティア労働供給量を表しているため、以後はこの関数をボランティア労働供給関数と呼ぶ。公共財の限界生産性逓減、限界効用逓減、およびボランティア活動の限界効用逓減を仮定して、 $\partial^2 Z / \partial v_i^2 < 0$ 、 $\partial^2 U_i / \partial Z^2 < 0$ 、 $\partial^2 U_i / \partial v_i^2 < 0$  とすると、このボランティア労働供給関数は右下がりの曲線で描かれることになる。

ボランティアはそれぞれ独立に自身の活動量を決定するが、公共財はその活動の合計により供給されるため、個々の  $x_i, l_i, v_i$  の選択は、他人の総ボランティア活動量  $V_{-i}$  に影響を受けることになる。従って市場では、(2.1)、(2.2)、(2.3) 式の  $V_{-i}$  を所与とした各個人の効用最大化問題を、全ての  $i$  について解いたナッシュ均衡解が達成されることが予想される<sup>6</sup>。

ここで、 $Q = 0$  の状態を考えよう。これは、具体的には、里山林が全く存在しないか、存在していても、ボランティアが利用できない状態を意味している。先述のように、 $Q = 0$  のとき、 $\partial Z / \partial v_i = 0$ 、 $\partial U_i / \partial v_i = 0$  であることから、(2.7) 式の第一式は負となり、第二式は  $v_i = 0$  となる。つまり、自明ではあるが、里山林が開発されるか、その所有者がボランティアの立ち入りを認めないとき、効用最大化の帰結としてボランティアはその活動を行わないことになり、その活動によって得られるはずの消費者余剰は失われてしまう。言い換えれば、上述のボランティア労働供給関数から導かれる消費者余剰は、ボランティアの立ち入りを認める里山林のもたらす社会便益として捉えられるのである。

たとえ効用関数が  $x_i$  について準線形でなかったとしても、通常、正常財のマーシャルの需要曲線は右下がりとなり、それを用いて消費者余剰を計算することができる。しかしながら本モデルにおいては、 $c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v$  に含まれる  $w_i$  の変化によって初期保有効果が働き、ボランティア労働供給曲線が

<sup>6</sup>例えば、Bergstrom, Blume, and Varian[4] 参照。

後屈的，あるいは右上がりになることが十分予想される．このことを以下に示そう．図1には  $x_i$  と  $v_i$  についての一般的な無差別曲線と予算制約線が描かれている．(2.2) 式から，簡単な計算により，この予算制約線は必ず  $(v_i, x_i)$  平面において  $(\frac{t_v(t + \bar{l}_i)}{t_v + m_i}, y_i - \frac{c_i(t + \bar{l}_i)}{t_v + m_i})$  を通ることがわかる．但しここでは， $\bar{l}_i$  は  $v_i$  から独立に決定されるものとして，定数  $\bar{l}_i$  で表している． $y_i = 0$  とすれば，この点は第4象限に位置することになる．

図1の太線は， $w_i$  についての価格消費曲線を示したものである．この図から  $w_i$  が上昇するにつれて，はじめはボランティア労働供給量は減少するが，その後増加していくことが直感的に理解できる．

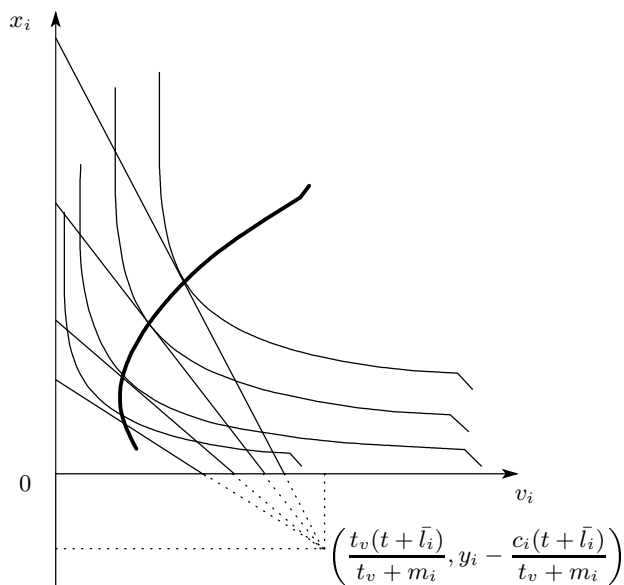


図1: 一般的な効用関数における  $w_i$  についての価格消費曲線

一方で，準線形の効用関数の場合は，このような現象は起きない．その一例を図2に示す．この図からわかるように，効用関数が準線形であるとき， $w_i$  が上昇するにつれてボランティア労働供給量は減少する．

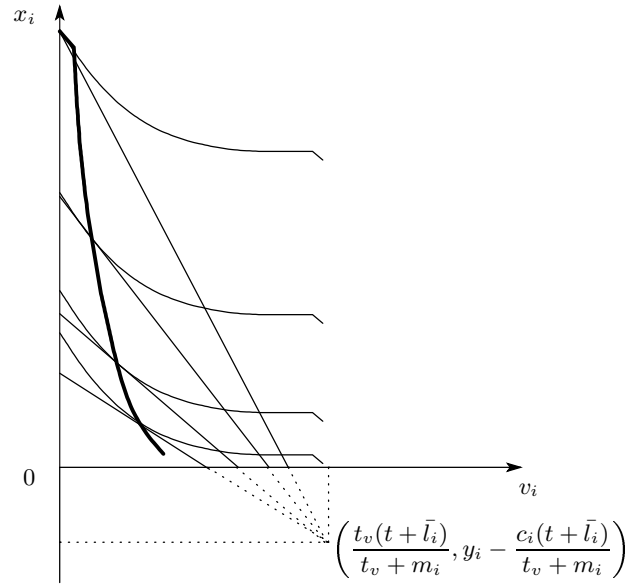


図 2: 準線形効用関数における  $w_i$  についての価格消費曲線

もしボランティア労働供給関数が  $v = v(c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v)$  という形で表され、それが  $c_i/t_v + w_i + w_i m_i/t_v$  について減少関数であるならば、この関数から消費者余剰を計算することが可能になる。本分析では、ボランティア労働供給関数を推定し、それが実際にどのような形状をもつのかを明らかにする。

### 3 計測モデル

ボランティア活動が組織的に行われるとき、その活動地での一日あたりの活動時間は固定されていることが多いため、活動量のデータはしばしば活動日数として非負の整数値で表される。こうした状況においては、ボランティア労働供給関数を推定する場合に、従属変数が連続となる通常の線形モデルよりも、従属変数が非負の整数値をとるいわゆるカウントデータモデルをその回帰モデルとして適用することが望ましい<sup>7</sup>。カウントデータモデルの最も基本的なものは、次の確率関数で表されるポワソン回帰モデル (Poisson regression model) である。

$$\text{Prob}(Y_i = y_i) = \frac{\exp(-\lambda_i) \lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.1)$$

$$\ln \lambda_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} \quad (3.2)$$

ここで、 $Y_i$  は被験者  $i$  のボランティア活動日数のポワソン確率変数であり、 $y_i$  はその実現値を表している。  $\mathbf{x}_i$  は被験者  $i$  の属性ベクトル、 $\boldsymbol{\beta}$  は  $\mathbf{x}_i$  の係数パラメータベクトルである。ポワソン確率変数  $Y_i$  の平均は  $\lambda_i$  となるため、最終的には最尤法によって推定された  $\boldsymbol{\beta}$  を下に、(3.2) 式で表される連続な需要関数が得られることになる。

ポワソン回帰モデルの欠点は、平均と分散が等しくなることである。しかしこの制約は、一般に個人間の非観測な異質性を考慮したモデルを作ることによって緩和することができる。いま、 $\lambda_i$  が (3.2) 式ではなく次の (3.3) 式で表されるとしよう。

$$\ln \lambda_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i \quad (3.3)$$

<sup>7</sup> カウントデータモデルについては、例えば Cameron and Trivedi[6] を参照のこと。

この式に含まれる確率変数  $\varepsilon_i$  の分布の仮定により，様々なモデルを作ることが可能になる．最もよく利用されるのが， $\exp(\varepsilon_i)$  を平均 1，分散  $\alpha$  をもつ i.i.d. のガンマ確率変数とするモデルである．このモデルの下で，先のポワソン確率関数は  $\exp(\varepsilon_i)$  についての条件付確率関数となるので，その期待値計算を行うことで， $Y_i$  の周辺確率関数が導かれる．この確率関数は次のように表される．

$$\text{Prob}(Y_i = y_i) = \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})\Gamma(y_i + 1)} \left( \frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left( \frac{\lambda_i}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.4)$$

$$\ln \lambda_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} \quad (3.5)$$

このモデルは，一般に負二項回帰モデル (negative binomial regression model) と呼ばれる．負二項回帰モデルにおける  $Y_i$  の平均は  $\lambda_i$ ，分散は  $\lambda_i(1 + \alpha\lambda_i)$  である． $\exp(\varepsilon_i)$  の分散  $\alpha$  は，平均と分散の乖離の程度を表すパラメータとなるため，しばしば過剰分散 (overdispersion) パラメータと呼ばれる． $\alpha \rightarrow 0$  のとき，負二項回帰モデルはポワソン回帰モデルに退化することになる．

一方で，(3.3) 式の  $\varepsilon_i$  が，平均ゼロ，分散  $\sigma^2$  をもつ i.i.d. の正規分布に従うと仮定することもできる．これはすなわち， $\exp(\varepsilon_i)$  を平均  $\exp(\sigma^2/2)$ ，分散  $\sigma^2(\exp(\sigma^2) - 1)$  をもつ i.i.d. の対数正規確率変数と仮定することに他ならない．このとき  $Y_i$  の周辺確率関数は次のように表される．

$$\text{Prob}(Y_i = y_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \text{Prob}(Y_i|\varepsilon_i) \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right) d\varepsilon_i \quad y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.6)$$

$$\ln \lambda_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} \quad (3.7)$$

ここで， $\text{Prob}(Y_i|\varepsilon_i)$  は条件付ポワソン確率関数， $\phi(\cdot)$  は標準正規密度関数を表している．確率関数は陽に得られず，このモデルはポワソン・(対数)正規混合モデル (Poisson-(log)normal mixture model) と呼ばれる．同様に，先の負二項回帰モデルをポワソン・ガンマ混合モデル (Poisson-gamma mixture model) と呼ぶこともできる．ポワソン・正規混合モデルにおける  $Y_i$  の平均は  $\lambda_i \exp(\sigma^2/2)$ ，分散は  $\lambda_i \exp(\sigma^2/2) + \lambda_i^2(\exp(2\sigma^2) - \exp(\sigma^2))$  であり，同様に  $\sigma$  は過剰分散パラメータとなる． $\sigma \rightarrow 0$  のとき，ポワソン・正規混合モデルはポワソン回帰モデルに退化する．

## 4 データ

### 4.1 調査地の概要

本分析では，兵庫県の森林ボランティア団体「ひょうご森の倶楽部」の代表的な活動地である，兵庫県多可郡中町奥中「観音の森」を事例として，その里山林がボランティア団体にもたらす便益を計測することに取り組む．ここではまず，この「観音の森」の概要について述べる．

兵庫県のほぼ中央に位置する「観音の森」は，県の「里山林整備事業」のもとで平成 8 年に整備が行われ，観音寺の裏山にあたることから，その名がつけられた．コナラ，アカマツを中心とする典型的な二次林で構成されており，その 20ha が整備事業地区として指定されている．

平成 8 年に設立されたひょうご森の倶楽部は，平成 9 年に「観音の森」を活動地として指定して以来<sup>8</sup>，この活動地をひょうご森の倶楽部のシンボルとして位置付け，様々なボランティア活動を行っている．また平成 10 年からは，この活動地において「里山再生プロジェクト」を提案し，国土緑化推進機構の「緑の募金公募事業」に採択されている．現在では，湿地植物の森づくり，炭焼き，散策の森づくり，ログハウスづくりの四つのグループに分かれて活動が行われており，参加者が楽しみながらボランティア活動ができるよう工夫されている．

<sup>8</sup>正確には，ひょうご森の倶楽部は，県の里山林整備事業によって整備された「観音の森」を含む一帯の里山林 29ha を活動地としている．

## 4.2 サンプル

本分析では、1999年度の中町奥中「観音の森」におけるボランティア活動実績のデータを用いた。このデータは、アンケート調査に基づくものではなく、ひょうご森の倶楽部が毎回現地で収集した参加者の名前と住所をもとに、各個人の年間の活動回数を集計したものである。会員名簿から「観音の森」でのボランティア活動に参加しない会員の住所も得られるため、全てのひょうご森の倶楽部の会員について、住所と活動回数の情報が得られることになり、ここでのサンプルは母集団（全サンプル）を表すものとなる。

ひょうご森の倶楽部の会員数は1999年時点で1131人であるが、東京、岐阜、福岡に住む三人の会員については、活動地までの距離が極端に大きいことから、サンプルから除外した。それ以外の会員の住所は、兵庫、大阪、京都、奈良となっている。結果、サンプルサイズは1128となる。なお、1999年度の「観音の森」におけるボランティア活動者数は51人であり、この51人をサンプルとした分析も併せて行う。

## 4.3 距離計算

旅行費用の算定には、被験者の居住地からボランティア活動地までの距離をいかに正確に計算するかが一つの大きな課題となる。本分析では、GISを用いて、道路ネットワークに基づく最短距離を計算した<sup>9</sup>。

距離計算に用いるデータは、各会員の住所データと（財）日本地図センター『JMCマップ（日本）』の道路データである。まず、会員の住所データをGIS上で利用可能なものにするために、東京大学空間情報科学研究センターの『CSVアドレスマッチングサービス』<sup>10</sup>を用いて、それらの座標変換を行った。その上で、ESRI社のArc View 3.2を用いてGISによる距離計算を行った。地図の投影法については、角度が正確で、中緯度では歪の小さいユニバーサル横メルカトル（UTM）図法 53 帯を採用し<sup>11</sup>、準楕円体としては、2002年改正測量法以前に日本の測量基準として使用されていたベッセル楕円体を用いた。以下の図3は、居住地から活動地までの最短経路の一例である。

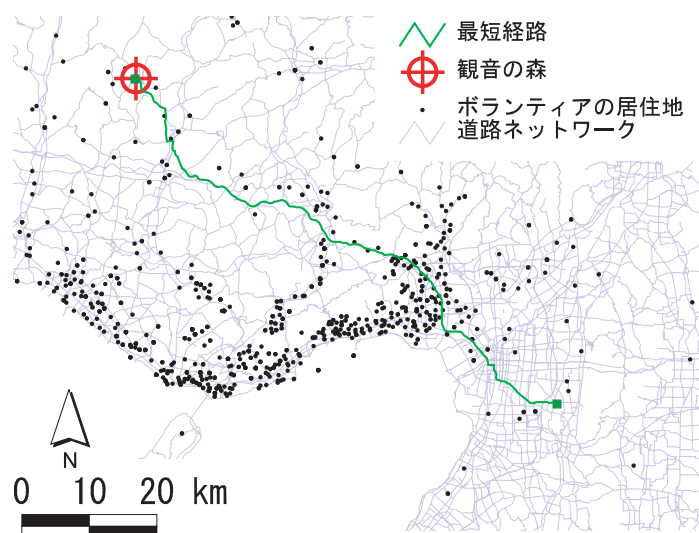


図 3: 最短距離の計測例

<sup>9</sup> トラベルコスト計算に GIS を適用した研究事例は、Bateman *et al.* [2], Bateman *et al.* [3] においてサーベイされている

<sup>10</sup> URL は、<http://spat.csis.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/geocode.cgi> である。

<sup>11</sup> UTM 図法は、経度 180° から東回りに 6° 区切りで地帯区分されており、近畿地方は、緯度 32-36°、経度 132-138° の範囲を表す NI-53 に区分される。UTM 図法 53 帯で投影するということは、世界地図を東経 135° を中央経線とする楕円体で投影するということの意味する。

## 4.4 費用計算

第2節で述べたように、ボランティア労働供給関数の価格に対応するものは、旅行費用、ボランティア労働の時間費用（賃金率）、そして旅行の時間費用の合計である。本分析では、個人  $i$  の一回あたりの旅行費用  $TRC_i$ 、一回あたりのボランティア労働の時間費用  $VLC_i$ 、一回あたりの旅行の時間費用  $TMC_i$  を次のように計算する。

$$TRC_i = \frac{d_i g}{f} \quad (4.1)$$

$$VLC_i = w_i h \quad (4.2)$$

$$TMC_i = \frac{d_i w_i}{s} \quad (4.3)$$

ここで、 $d_i$  は個人  $i$  の居住地からボランティア活動地までの往復距離、 $g$  はガソリンの価格、 $f$  は自動車の燃費、 $w_i$  は個人  $i$  の時給、 $h$  は一日当たりのボランティア活動時間、 $s$  は自動車の平均時速を表している。データの制約から、 $d_i$  と  $w_i$  のみを変数とし、それ以外のものは定数として捉えている。 $d_i$  については、前小節で述べた距離計算に従って各個人のネットワーク距離が得られるが、 $w_i$  については各個人のデータが得られないため、個人  $i$  が居住する市町村の1999年度の納税者一人あたり課税対象所得額を同年度の総実労働時間で除した値でこれを代用する<sup>12</sup>。 $g$  については、石油情報センター近畿局の「給油所石油製品市況調査」による1999年度のレギュラーガソリン（店頭価格）の年平均値、95.25円を用いる<sup>13</sup>。 $f$  については、国土交通省近畿地方整備局の「平成11年度一般交通量調査」による休日の平均時速、33.3km/hを用いる<sup>14</sup>。 $h$  については、現地での聞き取り調査の結果から、平均的な活動時間である4時間を用いる。 $s$  については、国土交通省調べによる1999年度のガソリン乗用車10・15モード燃費平均値、13.2km/lを用いる<sup>15</sup>。

なおここでは、 $VLC_i$  と  $TMC_i$  の計算において時間費用の割引率を考慮していないが、これらはパラメータとして陰伏的に含まれている。もしボランティア労働供給関数が  $v = v(\theta_1 TRC_i + \theta_2 VLC_i + \theta_3 TMC_i)$  という形で推定され、 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  が全て負値となるとき、 $\theta_2/\theta_1, \theta_3/\theta_1$  をそれぞれ  $VLC_i, TMC_i$  の割引率として捉える<sup>16</sup>。

また、(4.1)、(4.2)、(4.3)式より、次の関係が得られる。

$$TMC_i = \frac{f}{sgh} \times TRC_i \times VLC_i \quad (4.4)$$

次節では、 $TRC_i, VLC_i, TMC_i$  を変数とするボランティア労働供給関数を推定するが、(4.4)式に示されるように、 $TMC_i$  は  $TRC_i$  と  $VLC_i$  の交差項として捉えられる。

## 5 分析結果

### 5.1 全会員についての推定結果

本分析では、ボランティア労働供給曲線が後屈的になる可能性を考慮して、第3節で述べたモデルの独立変数の候補として、 $TRC, VLC, TMC$  とそれらの二乗項を用意する。そして、ポワソン回帰モデル、負二項回帰モデル、ポワソン・ガンマ混合モデルのそれぞれについてAICを基準に変数選択を行い、最もAICの小さいモデルを選択する。まず、全サンプルを用いて推定された労働供給関数を表1に示す。

<sup>12</sup>納税者一人あたり課税対象所得額のデータは、日本マーケティング教育センター編、市町村税務研究会監修『2001年版個人所得指標』から得た。総実労働時間は、労働省『平成12年毎月勤労統計調査』から事業所規模5人以上の年間総実労働時間、1839.6時間を用いた。

<sup>13</sup>データは石油情報センターのホームページ（<http://oil-info.ieej.or.jp/>）から得た。

<sup>14</sup>データは国土交通省近畿地方整備局のホームページ（<http://www.kkr.mlit.go.jp/>）から得た。

<sup>15</sup>データは国土交通省の「自動車燃費一覧について」のページ（<http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpelist/nenpelist.html>）から得た。

<sup>16</sup>これは、McConnel and Strand[12]が行った方法である。

表 1: 全サンプルについての回帰分析結果

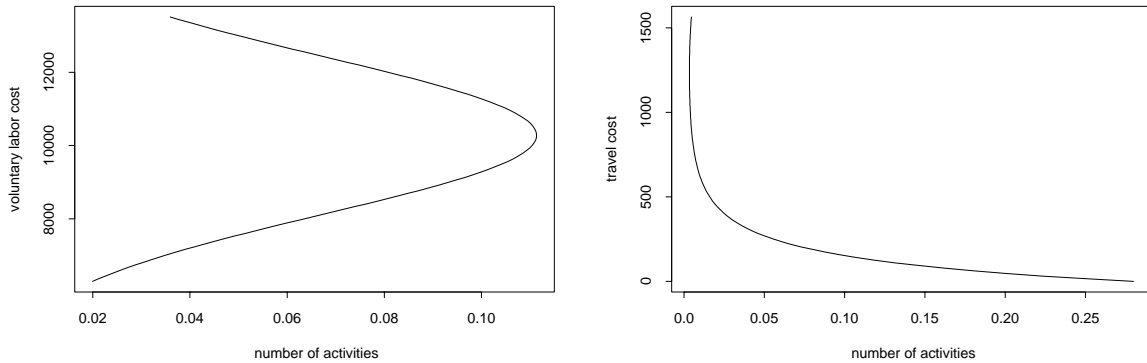
変数	ポワソン回帰モデル		負二項回帰モデル		ポワソン・正規混合モデル	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
constant	-8.127	-2.060	-8.127	-2.020	-8.127	-2.882
$TRC \times 10^{-3}$	-7.181	-9.273	-7.181	-4.679	-7.181	-9.948
$VLC \times 10^{-3}$	2.222	2.411	2.222	2.412	2.222	3.465
$TMC^2 \times 10^{-7}$	0.367	5.742	0.367	2.952	0.367	4.996
$VLC^2 \times 10^{-7}$	-1.313	-2.596	-1.313	-2.657	-1.313	-3.854
overdispersion			4.947	4.468	0.569	9.459
対数尤度	-491.942		-332.925		-424.875	
AIC	993.884		677.849		861.751	

本分析では、これらの三つのモデルの中で、AIC が最も小さい負二項回帰モデルを採択する。得られた関数に  $TRC$  の平均値を代入することで、平均的な旅行費用をもつ個人の  $VLC$  についてのボランティア労働供給関数が推定され、 $VLC$  の平均値を代入することで、平均的な賃金率をもつ個人の  $TRC$  についてのボランティア労働供給関数が推定される。これらは次のように表される。

$$V = \exp(-0.0000001081VLC^2 + 0.002222VLC - 13.6131) \quad (5.1)$$

$$V = \exp(0.000002910TRC^2 - 0.007181TRC + 1.2737) \quad (5.2)$$

これらをデータが得られた範囲について図示すると、以下の図 4 のようになる。



(a)  $VLC$  についてのボランティア労働供給曲線

(b)  $TRC$  についてのボランティア労働供給曲線

図 4: 全サンプルについてのボランティア労働供給関数

パネル (a) から、 $VLC$  についてのボランティア労働供給曲線は、明らかに理論と不整合な形状になっていることがわかる。一方パネル (b) についても、 $TRC$  についてのボランティア労働供給曲線は、観測データの範囲においてはほぼ右下がりであるが、全体としては後屈型になっており、非常に起こりにくい形になっている。

## 5.2 活動者についての推定結果

次に、「観音の森」での活動回数がゼロである個人を除いてボランティア労働供給関数の推定を行う。ひょうご森の倶楽部の会員である以上、おそらく多くの個人は何らかの活動を行っていることが考えら

れ、当然その活動地は「観音の森」とは限らない。「観音の森」での活動回数がゼロである個人は、別のより近い、あるいは活動内容が質的に異なる場所での活動に対して価値を見出しており、そもそも「観音の森」を選択肢に含めていないかもしれない。その場合には、彼らを「観音の森」の受益者に含めず、それらの観測値をサンプルから除外することが適切となる。

サンプルを「観音の森」における活動者に限定する場合には、従属変数となる活動回数のデータが1以上になるため、ゼロで左側に切断されたモデルを適用する必要がある。切断されたポワソン回帰モデルは次のように表される。

$$\text{Prob}(Y_i = y_i | Y_i > 0) = \frac{\text{Prob}(Y_i = y_i)}{\text{Prob}(Y_i > 0)} = \frac{\exp(-\lambda_i)\lambda_i^{y_i}}{y_i! \{1 - \exp(-\lambda_i)\}} \quad y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (5.3)$$

$$\ln \lambda_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} \quad (5.4)$$

同様の計算により、負二項回帰モデル、ポワソン・正規混合モデルについても、切断されたモデルを作ることができる。活動者のサンプルを用いて推定された労働供給関数を表2に示す。

表 2: ボランティア活動者についての回帰分析結果

変数	ポワソン回帰モデル		負二項回帰モデル		ポワソン・正規混合モデル	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
$TRC \times 10^{-3}$			-1.339	-1.646		
$TMC \times 10^{-3}$	-0.144	-4.330			-0.123	-2.689
$VLC \times 10^{-3}$	0.211	9.554	0.172	2.907	0.195	6.841
overdispersion			0.984	1.134	0.460	3.029
対数尤度	-104.807		-95.748		-104.502	
AIC	213.614		197.496		215.004	

ここでも、AIC が最も小さい負二項回帰モデルを採択する。平均的な旅行費用をもつ個人の  $VLC$  についてのボランティア労働供給関数と、平均的な賃金率をもつ個人の  $TRC$  についてのボランティア労働供給関数は次のように表される。

$$V = \exp(0.0001715VLC - 0.7843) \quad (5.5)$$

$$V = \exp(-0.001339TRC + 1.4230) \quad (5.6)$$

これらをデータが得られた範囲について図示すると、以下の図5のようになる。

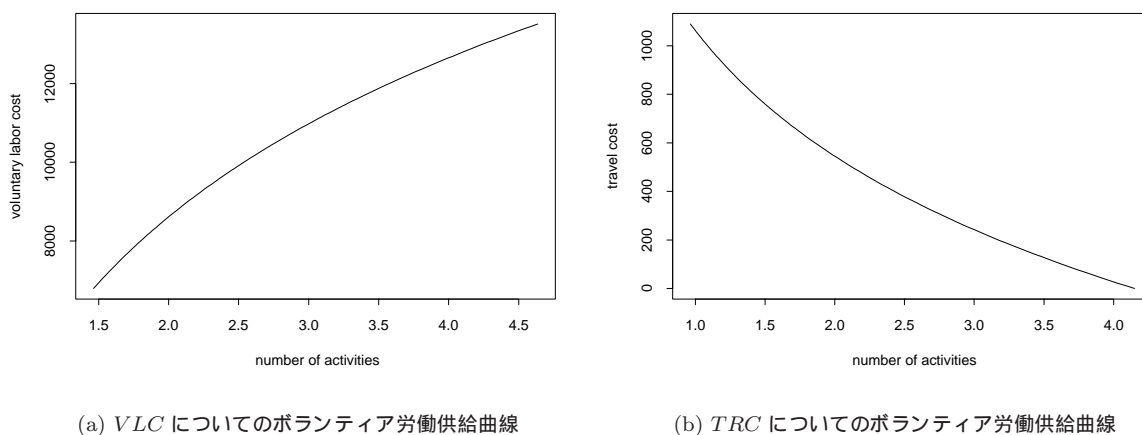


図 5: 「観音の森」活動者についてのボランティア労働供給関数

$TRC$  についてのボランティア労働供給曲線は通常の需要曲線と同様に右下がりになるが、 $VLC$  についてのボランティア労働供給曲線は、初期保有効果により右上がりになっている。従って、ここでのボランティア労働供給関数から消費者余剰を計算することは基本的に不可能である。

### 5.3 評価額の推定結果

前小節で得られたボランティア労働供給関数から厳密に消費者余剰を計算することはできないが、 $TRC$  の係数から、ボランティア活動の総費用が 1 円上昇したときの活動回数の減少量は導かれる。そこで改善の策として、 $TRC$  の係数にのみ注目し、そこから導かれる消費者余剰を里山林がボランティアに与える便益の推定値として代用する。推定されたボランティア労働供給曲線を  $V = \exp(\hat{\alpha} + \hat{\beta}TRC)$  で表すとすると、旅行費用が  $TRC_i$  である個人  $i$  の消費者余剰  $CS_i$  は次のように計算される。

$$CS_i = \int_{TRC_i}^{\infty} \exp(\hat{\alpha} + \hat{\beta}TRC) dTRC \quad (5.7)$$

$$= \frac{1}{\hat{\beta}} \exp(\hat{\alpha} + \hat{\beta}TRC_i) \quad (5.8)$$

$$= \frac{1}{\hat{\beta}} V(TRC_i) \quad (5.9)$$

この式から、訪問一回当たりの消費者余剰  $CS_i/V(TRC_i)$  は  $1/\hat{\beta}$  となり、個人に渡って均一となる。表 2 の負二項回帰モデルの結果から、活動一回当たりの評価額の点推定値は 747 円となる。

## 6 むすび

本研究では、兵庫県中町の「観音の森」を事例として、里山林保全についてのボランティア労働供給関数を推定し、そこから里山林がボランティアにもたらす便益を導出することに取り組んだ。しかし、一般的な効用関数のもとでは、ボランティア労働の時間費用についてのボランティア労働供給曲線は後屈的、あるいは右上がりになる可能性が高く、実際に右上がりの曲線が推定された。それゆえ、本分析の下ではボランティア労働供給関数から消費者余剰を推定することが不可能となり、この結果から、ボランティア労働供給曲線を用いて里山林の価値を評価することは極めて難しいということが結論づけられる。

但し、本研究には時間の機会費用の算定についていくつかの課題が残されている。第一に、機会費用の算定に各個人の賃金率データを用いることがあげられる。本分析では、ボランティア活動者の賃金率を、その居住地における平均賃金率で代用しており、こうしたデータ精度の低さがここでの結果を招いた可能性がある。第二に、労働時間の調整が可能な個人と不可能な個人を区別し、Bockstael, Strand, and Hanemann[5] が提案したような不均衡労働市場モデルを採用することがあげられる。このモデルを適用する際には、労働時間の調整が可能かどうかを判別するためのデータが必要である。今後、アンケート調査によりこれらのデータを収集し、本研究の結果を検証する必要がある。

## 引用文献

- [1] Andreoni, J., "Impure Altruism and Donations to Public Goods: A Theory of Warm-glow Giving," *The Economic Journal*, Vol.100, 1990, pp.464-477.
- [2] Bateman, I.J., A.P.Jones, A.A.Lovett, I.R.Lake, and B.H.Day, "Applying Geographical Information Systems(GIS) to Environmental and Resource Economics," *Environmental and Resource Economics*, Vol.22, 2002, pp.219-269.
- [3] Bateman, I.J., A.A.Lovett, J.S.Brainard, *Applied Environmental Economics: A GIS Approach to Cost-benefit Analysis*, Cambridge Univ. Press, 2003.

- [4] Bergstrom, T., L.Blume, and H.Varian, "On the Private Provision of Public Goods," *Journal of Public Economics*, Vol.29, 1986, pp.25-49.
- [5] Bockstael, N.F., I.E.Strand, and W.M.Hanemann, "Time and the Recreational Demand," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.69, 1987, pp.293-302.
- [6] Cameron, A.C. and P.K.Trivedi, *Regression Analysis of Count Data*, Cambridge Univ. Press, 1999.
- [7] Duncan, B., "Modeling Charitable Contributions of Time and Money," *Journal of Public Economics*, Vol.72, 1999, pp.213-242.
- [8] Echessah, P.N., B.M.Swallow, D.W.Kamara, and J.J.Curry, "Willingness to Contribute Labor and Money to Tsetse Control: Application of Contingent Valuation in Busia District, Kenya," *World Development*, Vol.25, 1997, pp.239-253.
- [9] Hadker, N., S.Sharma, A.David, and T.R.Muraleedharan, "Willingness to Pay for Borivi National Park: Evidence from a Contingent Valuation," *Ecological Economics*, Vol.21, 1997, pp.105-122.
- [10] 広木詔三編 『里山の生態学』名古屋大学出版会, 2002.
- [11] Kamuanga, M., B.M.Swallow, H.Sigue, and B.Bauer, "Evaluating Contingent and Actual Contributions to a Local Public Good: Tsetse Control in the Yale Agro-pastoral Zone, Burkina Faso," *Ecological Economics*, Vol.39, 2001, pp.115-130.
- [12] McConnel, K.E. and I.Strand, "Measuring the Cost of Time in Recreation Demand Analysis: An Application to Sportfishing," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.63, 1981, pp.153-156.
- [13] Swallow, B.M. and M.Woudyalew, "Evaluating Willingness to Contribute to a Local Public Good: Application of Contingent Valuation to Tsetse Control in Ethiopia," *Ecological Economics*, Vol.11, 1994, pp.153-161.
- [14] 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史編 『里山の環境学』東京大学出版会, 2001.
- [15] 矢野桂司 『地理情報システムの世界 - GIS で何ができるか - 』ニュートンプレス, 1999.