

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	希少および大規模な環境変化の経済評価
Title(English)	
著者(和文)	中西勇人
Author(English)	Hayato Nakanishi
出典(和文)	学位:博士（学術）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9917号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:肥田野 登,樋口 洋一郎,大和 毅彦,松井 知己,松下 幸敏
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9917号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

2014 年度 博士論文 要約

希少および大規模な環境変化の経済評価

An economic valuation of rare and large scale environmental changes

東京工業大学 大学院社会理工学研究科 社会工学専攻

中西 勇人

指導教員 肥田野 登 教授

背景・従来の研究とその問題点

環境に対する選好は様々であり、直接あるいは間接的に環境を変化させ得る政策は、各個人の効用水準を上昇させることもあれば同様に減少させることもある。しかし、これらの正あるいは負の便益が測定されなければ、立案または施行された政策が社会的に望ましいか否かについても議論できない。とくに、近年の大地震の発生や地球温暖化に伴う気候変動から、希少及び大規模な環境変化に対する効用水準の変化の正確な計測は重要な課題となっている。これまでも、環境質の経済評価や、環境質水準を変化させる政策の経済評価は環境経済学における主要な研究テーマの一つであり、大気汚染（Bayer, Keohane, and Timmins, 2009 など）などの通常の環境質ばかりでなく、希少及び大規模な環境変化に関して、洪水リスク（Bin, Crawford, Kruse, and Landry, 2008; Bin and Landry, 2013 など）や地震リスク（Nakagawa, Saito, and Yamaga, 2007; Nakagawa, Saito, and Yamaga, 2009; Naoi Seko, and Sumita, 2010 など）、火災リスク（Donovan, Champ, and Butry, 2007; Stetler, Venn, and Calkin, 2010 など）も環境質として扱われ、環境改善に対する経済評価がなされてきた。さらに、地球温暖化による気候変動の防止のような規模の大きい政策の評価も報告されている（Layton and Brown, 2000 など）。これらの環境評価に用いられる手法はデータの観測方法に着目して分類すると、表明選好法と顕示選好法の2つのグループに分類される。表明選好法では、質問票を用いて被調査者の選好を回答させることでデータを得る。一方、顕示選好法では、実際の市場等で観測される、不動産の価格等のデータを用いる。

仮想評価法（Contingent Valuation Method、仮想市場法ともいう。たとえば肥田野 1999）はもっとも一般的に使用されている表明選好法の一つである（Louviere, Hensher, and Swait, 2000）。この方法では、調査票調査を用いて直接的に仮想的政策変更の価値を被調査者に尋ねる。調査票調査によって実行できるという調査の容易性や、仮想政策に関しても被調査者が調査票に回答するだけで付け値データが直接得られることから、仮想評価法は環境評価において広く適用されている。とくに、隕石が原子力発電所を直撃したり、大潮の満潮時にマグニチュード9の地震と津波が襲うような希少かつ激甚な災害のリスクに関しては、実験室実験による被験者の行動観察が倫理的に不可能であることから積極的に仮想評価法が用いられてきた（Chanel and Chichilnisky, 2009; 2013）。本論文では、通常の期待効用において生起する確率密度関数を変化させないが、発生時の被害が激甚であるものを希少激甚災害と呼ぶ。しかし、仮想評価法が仮想的な調査票調査をデータとして用いることは、同時に問題を発生させている。特に、調査票調査が政策や購買行動の実効性を伴わないことに起因する仮想バイアスが重大である。また、Hausman (2012)で指摘される通り、調査表の設計によって支払意思額が大きく変化してしまうことも仮想評価法の信頼性に疑問を投げかけている。更に、調査票調査への回答は強制力を持たないことから、特定の選好を持ったグループが回答を拒否した場合には得られたデータは調査母集団のランダム標本としての正当性が保証されない場合もあ

る。これらの仮想評価法の問題点は他の表明選好法に対しても当てはまる。

一方顕示選好法では、ヘドニック法とトラベルコスト法が環境評価で広く利用されている。これらの方法は、実際の行動あるいは経済データから環境質の価値を推定するので、表明選好法とくらべデータの信頼性が保証される。トラベルコスト法は環境のレクリエーション価値を推定するのに用いられ、環境財が提供される地点への訪問コストと訪問頻度からこれを推定する。このため、環境のレクリエーション価値以外への適用は不可能である。ヘドニック法による環境評価は **Rosen (1974)** によるヘドニック価格の理論に基づく方法が中心で、財の市場価格がその属性の関数であるとしてモデル化をおこない、価格関数の推定から属性の評価を行う手法である。環境評価では、通常不動産価格が環境質を含む不動産の属性の関数として推定を行う。本論文では、この方法を構造的ヘドニック分析と呼ぶ。**Rosen (1974)**はヘドニック価格関数が消費者の付け値関数の包絡線であることを示し、付け値関数を推定するための2段階推定法の原型を提案した。**Ekeland, Heckman, and Nesheim (2004)** により、現実的な設定のもとでの2段階法を用いた付け値関数の推定法が示されている。1段階目では価格関数を推定し、2段階目では操作変数法を用いて付け値関数を推定するというものである。1段階目の価格関数の推定によって限界支払意思額を識別することは可能であるが、環境変化が限界的でない場合には環境評価が不可能であるため2段階目の推定が必要となる。しかし、ただしこの2段階推定は関数形の選び方や妥当な操作変数の選び方といった技術的・実用的問題点があり通常は1段階目の価格関数の推定のみが行われている。これに対して直接付け値関数を推定する方法として離散選択モデルを用いる分析も行われ、近年では **Bayer et al. (2009)**がこの方法を用いている。しかし、付け値関数の特定化の誤りも起こりやすいという特徴がある。さらに環境経済学分野への適用はないが、**Paarsch and Hong (2006)**が指摘するように競売データからミクロ経済理論と整合的な価値関数を求めることが出来る。ここで価値関数とは、競売をゲームとして定式化した際の入札者にとっての競売にかけられる財の価値が財の属性の関数と仮定したものであり、効用関数や付け値関数に対応する概念である。この方法には、仮想評価法と同じく直接付け値が観察されるという利点がある。更に、競売は現実の経済行動であり、仮想バイアスは存在しない。したがって、価値関数の推定が一度行われれば、単純な予測値の計算により仮想的政策評価が可能となり、また、付け値の分布など平均値以外のパラメタを推定できる利点も有する。

近年のヘドニック法を用いたデータ分析において、構造的ヘドニック分析の頑健な代替物としての準実験法の重要性が高まっている。実際、**Parmeter and Pope (2010)** がまとめたとおり、ヘドニック法と準実験法の併用による環境評価や政策評価は近年数多く報告されている。準実験法とは、観察データに対して疑似的にランダム化を行うことで、処置以外の要因の与える効果（交絡によるバイアス）を排除し、純粋な処置の因果的な効果を推定する方法である。ランダム化により理想的な実験と同様、処置群と実験群

の交絡因子を固定して2群を比較することで処置効果が識別・推定される。ランダム化の方法には、マッチング法、回帰不連続法、DD法（Difference in differences）、操作変数法などがある。環境質の変化によって引き起こされた因果的な不動産価格の変化を分析したものとして Chay and Greenstone (2005) や Greenstone and Gayer (2009) などがある。準実験アプローチの利点は、構造的ヘドニック法では価格関数の関数形の仮定の恣意性が問題となりうるが、準実験アプローチではこれを仮定することなく因果効果を推定できることや、2段階法とくらべると計算が容易であることが挙げられる。しかし Heckman (2010) で指摘されているように準実験法による分析は、経済学的な構造や意思決定を不問にすることから、推定結果の解釈やそれを用いた政策効果の事前予測に関しては問題がある。したがって、過去に経験したことのない新たな政策の効果の事前予測のために準実験法を用いるのは困難である。以上より、顕示選好法に基づいた希少および大規模な環境変化の経済評価に関する従来の研究には問題点が多いといえる。

次に、希少激甚リスクが人の行動に与える影響の理論的枠組みについて議論する。これまで解析的な性質の良さから、経済学において不確実な事象をモデル化する際には、ほとんどの場合フォンノイマン-モルゲンシュテルンの提案した期待効用理論が適用されている。環境分野では Brookshire Thayer, Tschirhart, and Schulze (1985)、Naoi et al. (2009) などの研究がある。しかし、この期待効用理論の妥当性に関しては理論および実証の双方から疑問が呈されている。たとえば Tversky and Wakker (1995) や Kahneman and Tversky (1979) では通常の期待効用による行動予測は、実際に観測される行動と必ずしも一致しない可能性を報告している。この、理論と観察される行動の差異の理由としては多様な指摘がなされているが、代表的なものとして客観的な確率分布と主観的な確率分布のずれや、通常の期待効用理論が希少事象に対し反応しないことが挙げられている (Chichilnisky, 2009)。とくに、通常の期待効用が希少事象に対し反応しないことは、経済主体の行動が希少激甚災害に関する認識に影響されているならば、通常の期待効用に基づく予測は誤った予測につながる。実際、Chanel and Chichilnisky (2009) は激甚でないリスクに対して計算された期待効用は、恐怖心を呼び起こすような激甚リスクがほんの少しでも存在する場合、観測された意思決定の説明には不十分であることを報告した。また、Chanel and Chichilnisky (2013) では仮想評価法を用いて、個人の自分の生命への評価は期待効用から導かれる個人の生命の価値とくらべて高いことが指摘されている。しかし、Chanel and Chichilnisky (2009; 2013) で用いられた仮想評価法に関しては前述のとおり Hausman (2012) に代表されるように、得られるデータへの信頼性に対する疑問が報告されており、より信頼のおけるデータによる検証が望まれている。

本論文の目的

本論文では以上の問題点を解決し希少および大規模な環境の経済評価を正確に行うため、以下の3点を目的として、顕示選好データを用いた実証手法を考察した。

1. 希少だが発生時の被害が激甚である災害が個人や企業の行動に関して期待効用理論および Chichilnisky 理論の妥当性を検証するため、これらの災害情報が不動産価格関数に与える影響を定式化し、準実験法の一つである DD 法を用いて実際のデータからこれらの理論を検証する。
2. 大規模な環境変化に対する環境評価を行うための方法の一つとして、不動産競売データを用い、直接付け値を表す価値関数を推定する方法を提案し、その有効性を示す。
3. 環境政策の事後評価手法として、政策実施による価値関数の変化を DD 法を用いて推定する方法を提案し、その有効性を示す。

目的に対する本論文でのアプローチと結果

目的 1 に対して 2 章では Chanel and Chichilnisky (2009; 2012) による希少激甚災害に対する実験参加者の過大評価が実際の経済データでも発生しているか検証した。特に、2012 年に発表された南海トラフ巨大地震に関する被害想定が、以前の震源モデルでは考慮されなかった、1000 年に 1 回かそれよりもさらに小さい確率でしか発生しないが発生時の被害が激甚な地震と津波を対象としていることに着目して、Chanel and Chichilnisky (2009; 2012) の結果の検証をおこなった。

分析の結果、報告書の地価に対する統計的に有意な効果が認められた。特に、希少激甚災害のリスクが低い地域では正の効果、希少激甚災害のリスクが高い地域では負の効果が観察された。また、過去最大級の津波が襲った際浸水高 5m となる場所に位置する土地区画は 0m となる場所に位置する土地区画とくらべ 0.8% 地価が減少することが明らかになった。希少激甚災害に関する情報更新が地価に影響を与えたことは、無視できるほど確率が低い事象でも経済主体の行動に影響を与え得ることを意味している。これは、通常の期待効用理論からは Chichilnisky (2009) が示した通り支持されず、希少激甚災害に対して反応する目的関数の最大化として意思決定を定式化する必要性を示唆した。

目的 2 に対して 3 章では、データの信頼性が高い顕示選好法による環境評価において、大規模または仮想的な評価が現行手法では困難であることに着目し、不動産競売データを用いた代替案の提案を実際の東京都のマンション競売データを用いて行った。

結果、Naoui et al (2009) や Nakagawa et al. (2007, 2009) などの日本における不動産価格と環境を含む属性に関する価格関数の推定結果と矛盾しない価値関数が推定された。現在の平均価値が 5,000,000 JPY で、周辺の不燃領域率が 0.5 である物件の数値目標 0.7 達成時の平均価値の増加量を指数分布モデルと対数正規分布モデルの下で推定した。さらに、推定において分布の仮定が結果を左右しやすいことを明らかにし、セミパラメトリック法の重要性や、情報開示の意義を示した。

2 章での地価の変化を用いた分析は、価格関数の報告書による因果的变化から希少激甚

災害のリスクが無視できないことを示したが、価値の変化については明らかにできていなかった。これを踏まえ、目的3に対して4章では愛知県のマンション競売データを用い南海トラフ巨大地震に関する報告書を例に、3章の推定法を用いて報告書による価値の因果的变化の推定を試みた。

津波浸水想定地域とされた地域は、報告書の発表以前から、津波による浸水が想定されない地域と比較してマンションの価値が低下していたことが明らかとなった。は係数は有意水準を10%としても有意ではなかったが符号は負であった。とくに、情報更新前の平均価値が5,000,000JPYのマンションの場合、3mの浸水高が見込まれる物件は49,000(JPY)の平均価値の減少が観測され一方1mの浸水高が見込まれる物件は3,410,000(JPY)の平均価値の増加が観測された。これらは、報告書によって希少なうえに津波浸水想定が小さい地域に位置すると明らかになったマンションは価値を回復しており、被害の上限が明らかになったことの効果と推察されるほか、激甚災害リスクを含まない場合での期待効用理論の妥当性を示唆している。

今後の課題

3章の結果から、競売データを用いた環境評価の可能性が示された一方で、価値の従う分布の仮定によって、推定される支払意思額が変化することが観察され、様々な分布族による推定結果を比較する必要性が明らかとなった。この問題は裁判所が入札額の分布を公開することで緩和可能であり、環境評価の観点から研究者への限定的な公開が望まれる。しかし、公開されない可能性も大きい。この場合、特定化の誤りを防ぐために混合分布などを許した競売データの推定量開発が望まれる。また、本論文での簡単化のための仮定が推定結果に与えるバイアスの量的評価が今後望まれる。

4章では2章の結果に加え、DD法による価値関数への希少激甚災害リスク更新が推定できることを見た。しかし、推定結果は解釈可能なものであったが、南海トラフ巨大地震に関する報告書の対象が広範囲にわたることから、処置群と対照群の設定など改善すべき点が多い。考えられる対処方法は、都市の属性がマハラノビスの距離などの意味で類似する太平洋に面した都市と、報告書における被害想定が微小である都市を選びそれぞれ処置群と対照群とする方法などがある。また、Chichilnisky (2009)やChanel and Chichilnisky (2009;2013)の検証の観点から考えれば、処置効果が十分な有意水準で統計的に有意であったか否かが重要だが、この点に関しては対象とした名古屋市の津波到達時間に地震発生から余裕があることが一因と考えられる。これは、例えば浜松市周辺などより避難が困難である地域と南海トラフ巨大地震に関する報告書を用いた検証や、異なる情報更新処置を用いた検証が考えられ、今後の研究課題である。

参考文献

- [1]. Abadie, A. (2005). Semiparametric difference in differences estimator. *Review of Economic Studies*, 72, 1-19.
- [2]. Bayer, P., Keohane, N. and Timmins, C. (2009). Migration and hedonic valuation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58, 1-14.
- [3]. Bin, O., Crawford, T.W. Kruse, J.B., and Landry, C.E. (2008). Viewsapes and flood hazard: Coastal housing market response to amenities and risk. *Land Economics*, 84, 434-448.
- [4]. Bin, O. and Landry, C.E. (2013). Changes in implicit flood risk premiums: empirical evidence from the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65, 361-376.
- [5]. Brookshire, D. S., Thayer, M. A., Tschirhart, J. and Schulze, W. D. (1985). A test of the expected utility model: Evidence from earthquake risks. *Journal of Political Economy* 93(21), 369-389.
- [6]. Campo, S., Perrigne, I. and Vuong, Q. (2003). Asymmetry in first-price auctions with affiliated private values. *Journal of Applied Econometrics*, 18, 179-207.
- [7]. Chanel, O. and Chichilnisky, G. (2009). The influence of fear in decisions: Experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty*, 39, 271-298.
- [8]. Chanel, O. and Chichilnisky, G. (2013). Valuing life: Experimental evidence using sensitivity to rare events. *Ecological Economics*, 85, 198-205.
- [9]. Chay, K.Y. and Greenstone, M. (2005). Does air quality matter? Evidence from the housing market. *Journal of Political Economy*, 113, 376-424.
- [10]. Chichilnisky, G. (2000). An axiomatic approach to choice under uncertainty with catastrophic risks. *Resource and Energy Economics* 22, 221-231.
- [11]. Chichilnisky, G. (2009). The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics*, 45, 807-816.
- [12]. Clapp, J. M. and Giaccotto, C. (1992). Estimating price indices for residential property: A comparison of repeat sales and assessed value methods. *Journal of American Statistical Association*, 87(418), 300-306.
- [13]. Dominguez, M.A. and Lobato, I.N. (2004). Consistent estimation of models defined by conditional moment restrictions. *Econometrica*, 72, 1601-1615.
- [14]. Donovan, G. H., Champ, P. A. and Butry, D. T. (2007). Wildfire risk and housing prices: A case study from Colorado Springs. *Land Economics*, 83(2), 217-233.
- [15]. Ekeland, I., Heckman, J.J. and Nesheim, L. (2004). Identification and estimation of hedonic models. *Journal of Political Economy*, 112, 60-109.
- [16]. Fujimoto, K. and Midorikawa, S. (2005). Relationship between average shear-wave

- velocity and site amplification inferred from strong motion records at nearby station pairs. *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, 6, 11-22. (in Japanese)
- [17]. Gourieroux, C. and Monfort, A. (1997). *Simulation-based econometric methods*. Oxford University Press.
- [18]. Greenstone, M. and Gayer, T. (2009). Quasi-experimental and experimental approaches to environmental economics. *Journal of Environmental Economics and Management*, 57, 21-44.
- [19]. Hausman, J. (2012). Contingent valuation: From dubious to hopeless. *Journal of Economic Perspectives*, 26(4), 43-56.
- [20]. Heckman, J.J. (2010). Building bridges between structural and program evaluation approaches to evaluating policy. *Journal of Economic Literature*, 48, 356-98.
- [21]. Heckman, J.J., Ichimura, H. and Todd, P. E. (1997). Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. *Review of Economic Studies*, 64, 605-654.
- [22]. Heckman, J.J., Ichimura, H. and Todd, P. E. (1998). Matching as an econometric evaluation estimator. *Review of Economic Studies*, 65, 261-294.
- [23]. 肥田野登 (1997) 環境と社会資本の経済評価-ヘドニック・アプローチの理論と実際, 勁草書房.
- [24]. Hidano, N. (2002). The economic valuation of the environment and public policy: A hedonic approach, *New Horizons in Environmental Economics*, Edward Elgar.
- [25]. Hoshino, T. (2013). Partial Identification in binary response models with nonignorable nonresponses. *Economics Letters*, 121, 74-78.
- [26]. Kahneman, M., and Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decisions under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-292.
- [27]. Kanemoto, Y. (1988). Hedonic prices and the benefits of public projects, *Econometrica*, 56, 981-989.
- [28]. Kask, S. B. and Maani, S. A. (1992). Uncertainty, information, and hedonic pricing. *Land Economics*, 68(2), 170-184.
- [29]. Krasnokutskaya, E. (2011). Identification and estimation of auction models with unobserved heterogeneity. *The Review of Economic Studies*, 78, 293-327.
- [30]. Krishna, V. (2009). *Auction theory*. Academic press.
- [31]. Laffont, J.J., Ossard, H. and Vuong, Q. (1995). Econometrics of first-price auctions. *Econometrica*, 63, 953-980.
- [32]. Layton, D. F. and Brown, G. (2000). Heterogeneous preferences regarding global climate change, *The Review of Economics and Statistics*, 82(4), 616-624.
- [33]. Lee, M. J. (2005). Micro-econometrics for policy, program, and treatment effects, *Oxford*

University Press.

- [34]. Levitt, S. D. and List, J. A. (2007). What do laboratory experiments measuring social preferences reveal about the real world? *Journal of Economic Perspectives*, 21(2), 153-174.
- [35]. Li, Q. and Racine, J. S. (2004). Nonparametric estimation of regression functions with both categorical and continuous data. *Journal of Econometrics*, 119, 99-130.
- [36]. Li, T. (2005). Econometrics of first-price auctions with entry and binding reservation prices. *Journal of Econometrics*, 126, 173-200.
- [37]. Louviere, J.J., Hensher, D.A. and Swait, J.F. (2000). *Stated choice methods and analysis and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [38]. Ma, S. and Swinton, S. M. (2012). Hedonic valuation of farmland using sale prices versus appraised values. *Land Economics*, 88(1), 1-15.
- [39]. Menezes, F. M. and Monteiro, P. K. (2005). *An introduction to auction theory*, Oxford University Press.
- [40]. Nakagawa, M., Saito, M. and Yamaga, H. (2007). Earthquake risk and housing rents: evidence from the Tokyo Metropolitan Area, *Regional Science and Urban Economics*, 37, 87-99.
- [41]. Nakagawa, M., Saito, M. and Yamaga, H. (2009). Earthquake risks and land prices: evidence from the Tokyo Metropolitan Area, *Japanese Economic Review*, 60, 208-222.
- [42]. Nakanishi, H. (2014). How the change of risk announcement on catastrophic disaster affects property prices, *The economics of global environment – Catastrophic risks in theory and policy*. Springer, accepted.
- [43]. Naoi, M., Seko, M. and Sumita, K. (2009). Earthquake risk and housing prices in Japan: Evidence before and after massive earthquakes. *Regional Science and Urban Economics*, 39(6):658-669.
- [44]. Paarsch, H.J. and Hong, H. (2006). *An introduction to the structural econometrics of auction data*. MIT Press.
- [45]. Pakes, A. and Pollard, D. (1989). Simulation and the asymptotics of optimization estimators. *Econometrica*, 57, 1027-1057.
- [46]. Parmeter, C.F. and Pope, J.C. (2009). Quasi-experiments and hedonic property value methods. *SSRN working paper series* (<http://ssrn.com/abstract=1283705>).
- [47]. Robinson, P. M. (1988). Root-n consistent semiparametric regression. *Econometrica*, 56, 511-534.
- [48]. Riley, J.G. and Samuelson, W.F. (1981). Optimal auctions. *The American Economic Review*, 71, 381-392.
- [49]. Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure

- competition. *The Journal of Political Economy*, 82, 34-55.
- [50]. Smith, V.K. and Huang, J.C. (1995). Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models. *Journal of Political Economy*, 103, 209-227.
- [51]. Starret, D. A. (1981). Land value capitalization in local public finance, *journal of Political Economy*, 89(2), 306-327.
- [52]. Stelter K.M., Venn, T.J. and Calkin, D.E. (2010). The effects of wildfire and environmental amenities on property values in northwest Montana, USA. *Ecological Economics*, 69, 2233-2243.
- [53]. Tsutsumi, M. and Seya, H. (2009). Hedonic approaches based on spatial econometrics and spatial statistics: Application to evaluation of project benefits. *Geographical Systems*, 11, 357-380.
- [54]. Tversky, A. and Wakker, P. (1995). Risk attitudes and decision weights. *Econometrica* 63(6), 1255-1280.