

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21330052

研究課題名（和文） 神経科学を考慮した仮想市場法の理論構築と調査手法の改善

研究課題名（英文） Improvement of Contingent Valuation Method Considering Neuro Mechanism

研究代表者

肥田野 登 (HIDANO NOBORU)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授

研究者番号：90111658

研究成果の概要（和文）：

本研究は仮想市場法（CVM）の問題点を克服する理論の構築と改善を目的に、特に神経科学の知見を考慮した分析を行った。これまでのCVMなどの表明選好法の主要な問題点は仮想性の存在と incentive compatibility（誘因両立性）の困難性にあった。仮想性は表明選好法に特有な問題で、これを減らす方法として、調査結果が少なくとも現実社会に影響を与えるようにする、あるいは表明時点になるべく現実の意思決定に近い状況を設定するなど、様々な試みがなされている。これらは現実的な手法の改善としては有効である。本研究では consequentiality に着目した。一方 Incentive compatibility は公共財の供給に関しては、不可避の課題である。しかしこの解決は現在の経済学ではほとんど絶望的である。さらに表明選好においては、表明額そのものに、ウォームグロー（warm glow）含まれる可能性が高くその同定は、費用便益分析を実施する観点からは極めて重要な課題である。本研究ではこの点に関して、仮想ではなく、実支払いを伴う実験を行い、その行動の解明を試みた。その結果は warm glow は存在し、その動機は対人的な関係性に極めて依存していることが判った。また、これらの人間行動の解明は社会調査や実験室実験だけでは不可能であり神経科学的な方法論の適用が考えられる。そこで本研究では社会状況は複雑すぎるので、まず個人的な状況下での、刺激と意思決定の関係を分析した。その結果は、意思決定がなされる前に、身体状況に反応があらわれ、かつ行動に現われるまえに、神経的な反応が現れることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research is twofold, i.e., to investigate how to improve contingent valuation method for environmental and public economics considering warm glow and to find basic neuro-scientific findings related such emotional feelings in decision-making. Although we found there exists non-rational decision-making in neuroscience, we showed that we could estimate such decision-making by introducing an emotional factor, e.g., superiority illusion in utility function.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000

2010年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2011年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			0
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：環境経済学、CVM

1. 目的

本研究は仮想市場法（CVM）の問題点を克服する理論の構築と改善を目的に、特に神経科学の知見を考慮した分析を行った。

2. 社会調査と謝礼選択

仮想市場法（CVM: 仮想評価法）等の表明選好法では、社会調査をもとに評価を行う。そこで、社会調査の回答、また、回答に際して被験者がとる行動に着目し、より正確な社会調査を行うための留意点を検討した。CVM 研究では、正確な回答を得る条件の一つとして、調査結果が被験者の効用水準に影響を与えること (consequentiality) の重要性が指摘されている。加藤・肥田野(2011)では、この点に関して、調査回答時間に着目した新たな研究枠組みを提示した。当該研究では、温暖化対策に関する調査の被験者（大学生および大学院生）を無作為に2群に分け、それぞれに異なる調査の目的を提示した。第1群には、調査結果が国の政策の参考となると伝え、第2群には教育上の資料とすると伝えた（調査結果は、実際に関係機関に伝達した）。調査は会場に被験者を集め、HTML形式の調査票を用いて行った。各ページの回答に要した時間を自動的に計ることにより、回答時間のパネルデータを得た。この結果、第1群において平均回答時間が伸びた。また、各ページの文字数や質問数などの説明変数と回答時間との関係をパネルデータ分析により調べたところ、第1群では、あらかじめ予想された関係性が見いだされたが、第2群では、そのよ

うな関係性がみられなかった。この結果は、第1群の方がより真剣な回答がなされたことを示唆している。このように consequentiality の内容によって回答者の行動が変わることが回答時間を用いた分析により示された。なお、同調査では、地球温暖化対策に対する支払い意志を二肢選択形式で尋ねており、この回答分布にも両群の間で差が生じた。このほか、加藤・中村・肥田野(2012)では、社会調査の謝礼選択という実際に財のやりとりがなされる場面を利用し、選択肢の順序効果について検討した。この結果、謝礼選択用の用紙に書かれた3種類の謝礼から1つを選択するという簡単な選択問題においても順序効果が生じた。この効果の内容は、これまで、順序効果を説明する有力な理論とされてきた weak satisficing では説明できず、contrast effect によって説明可能であることがわかった。

これらの知見は極めて重要である、前者は時間という資源の配分に関して、consequentiality が影響を与えることが実証された。後者は現実の貨幣的効用が発生する状況下において、つまり CVM に比較して真剣度が高い場合はより類似の代替案の相違が重要となる。

3. 神経科学からのアプローチ

神経科学を CVM 研究に適用した例はほとんどない。それは CVM 自体が極めて複雑な意思決定であるためである。そこで、ここではまず、意思決定と生理的現象の関係を先ず捉える

ことを試みた。

1) . 身体反応メカニズム

意思決定に際して、人間はしばしば合理性から逸脱し、感情や直観に基づいたいわゆる非合理的な選択を行う。それは状況が不確実な場合や、選択肢間の一次元的比較が困難な場合に顕著である。我々は、そうした感情的意思決定の背後にある脳と身体反応のメカニズムを検討した。確率学習課題、逆転学習課題、リスク選択課題、最後通牒ゲーム、職業選択課題など多様な意思決定課題において共通して、選択に伴う葛藤が交感神経系活動などの身体的反応を惹起することが分かった (Ichikawa et al. 2010; Osumi & Ohira, 2009; Murakami et al. 2009)。さらにそうした身体的反応は、脳の島皮質や前部帯状皮質に投射されて表象され、最終的には意思決定に影響しうることを示した (Nakao et al. 2012; Ohira et al. 2011; Nakao et al. 2010; Ohira et al. 2010; Nakao et al. 2009)。また、サイコパシー傾向者のように感情反応が惹起しない、あるいは弱い個人では、感情的意思決定が誘導されず、いわゆる合理的な選択がなされやすいことが明らかになった (Osumi & Ohira, 2012)。こうした知見を、ダマシオのソマティック・マーカー仮説を基盤とし、これを理論的に拡張するように考察した (Ohira, 2010; 大平, 2010a, 2010b, 2010c)。こうした感情的意思決定の機能的・適応的意義の解明が今後の課題として挙げられる。ここで得た知見は、感情的な意思決定が身体反応をとうして、なされることを示しており、CVM の改善にあたって、感情面を考慮することが極めて重要なことを示唆している。

2) . 言語刺激

言語刺激による fMRI 賦活データの認知数理モデルの構築実験を行った。これは、計算神

経言語学の分野における国際共同研究(カーネギーメロン大学・トレント大学)であり、その成果は、Frontiers in Neuroinformatics 誌に Decoding semantics across fMRI sessions with different stimulus modalities: a practical MVPA study として発表し、Science News の一面にも掲載された。http://www.sciencedaily.com/releases/2012/10/121005134328.htm 2012年9月24日付 日刊工業新聞、9月28日付 科学新聞にも掲載されている。この実験では、言語刺激として、日本語の名詞40個(哺乳類20種、道具類20種、Murphy et al, 2009の日本語版である)を表す「写真」と「名前読み上げ音声」を同期させたものを利用している。そして、実験参加者にそれぞれの対象の典型的な属性・印象を想起させて得られた脳画像データを機械学習にかけ、実験参加者が考えている内容を予測するという解読モデルを構築して、80~90%の分類精度を得た。この手法は、一般に Multivariate Pattern Analysis (MVPA) と呼ばれ、一定の刺激に対して脳が応答するパターンを fMRI データから抽出し、機械学習により予測モデルを計算してその精度を評価するものであり、一言で「人間の心を読む」ことを目標にしている。これが、神経経済学を始めとする実験経済学に導入されれば、実験参加者に明示的な返答を要求しなくても、偽装のない反応を直接的に取得することができ、この分野が飛躍的に発展することが予想される。その意味でこの研究は方法論的な基礎を固めると言う点で意義があると考えられる。この点は CVM 研究に対して示唆的で、言語による回答を要さない表明選好法の開発につながる可能性がある。

4. 経済実験分析

本研究は仮想市場法の改善を目的に実支払いを伴う実験調査を行った。完全にクラウド

イングアウトする状況下での環境保全団体および慈善団体への寄付行動を実験によって確認した結果、fair shareの社会的規範となる配分額の半額を寄付するという Andreoni, Bernheim ((2009) Social image and the 50-50 norm, Econometrica)の主張に対して、他者も寄付することを意識させるフレーム(社会フレーム)のもとでは、規範は多様化し、最低寄付額、半額、配分額全額となる可能性があり、かつ他者より高額を支払うことによる満足感のために半額を超える額を支払う実験参加者の存在が確認された(Hidano, Ogiso(2012))。これは他者を想定した signalingではなく自己だけに完結する self image signal や、自己が他者より優れているという感情が効用をもたらすことを示唆している。今回の分析では、特に高位にあるという幻想、superiority illusionのあるひとが、社会フレームのもとだけに50-50規範を超えて支払っていることが判明した。つまり superiority illusion は他者との関係が明確に存在するときに強く現れる。

5. まとめ

合理性を物質的効用に限定すれば、所謂非合理的行動も、感情を介しておこることが示された。しかし、効用関数に superiority illusion などの要素を加えれば、決して非合理といえないだろう。従って、基本的な問いかけは、いかなる状況下での人間行動や、それを仮想的に導出する仮想市場法を想定するかということになる。公共的意思決定に関しての状況想定の高さは、その機会そのものが限定的で、通常の財の取引経験とは著しく異なる点にある。一方で公共財を利用する局面は日常的である。それが無い状況の想定が寧ろ困難と言える。本研究で明らかになっ

た CVM 理論に対する貢献は、ワームグローは実行動でも存在し、感情によりそれは左右されることである。CVM からこれを除くことは原理的に不可能である。従って可能なことは現実的な CVM の手法の改善である。税支払いの場合は本研究の実験の寄付とはことなり、superiority illusion のある人が多く支払うことは考えにくい、従って、superiority illusion のある人の表明額にワームグロウがより多く含まれることが考えられる。CVM 調査表にこれをテストする項目含むことは有用である。今後の課題は神経科学の方法論を活用し、superiority illusion などのバイアスが現実の行動と表明選好法で異なる場合を同定し、これらのバイアスを減少させる調査票の設計を具体的に検討することである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

1. 肥田野登(2013) 環境経済学における心理的社会的要因を考慮した環境質の評価、環境科学会誌, 26(1), 68-72 (査読なし)

2. Hidano, N, Ogiso, T(2012) Why People Donate More Than Fair Share? Discussion Paper, Department of Social Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2012-04, pp1-35 (査読なし)

3. 肥田野登(2012)環境経済評価における異質性(Heterogeneity in Environmental Economic Valuation),環境科学会 25(6),448-450 (査読なし)

4. Osumi T, Nakao T, Kasuya Y, Shinoda J, Yamada J, Ohira H. Amygdala dysfunction attenuates frustration-induced aggression in psychopathic individuals in a non-criminal population. J Affect Disord.

- 2012 Dec 15;142(1-3):331-8. doi: 10.1016 (査読あり)
5. Nakao T, Ohira H, Northhoff G. Distinction between Externally vs. Internally Guided Decision-Making: Operational Differences, Meta-Analytical Comparisons and Their Theoretical Implications. *Front Neurosci.* 2012;6:31. doi: 10.3389 (査読あり)
6. Akama H et al (2012) Decoding semantics across fMRI sessions with different stimulus modalities: a practical MVPA study, *Frontiers in Neuroinformatics.* (査読あり)
7. 加藤尊秋、肥田野登(2011): 仮想評価法における回答時間は、合理的な要因で説明されるか? 地球温暖化対策を例に、環境経済・政策研究、Vol.4, No.1, pp.23-31. (査読あり)
8. Ohira H, Matsunaga M, Kimura K, Murakami H, Osumi T, Isowa T, Fukuyama S, Shinoda J, Yamada J. Chronic stress modulates neural and cardiovascular responses during reversal learning. *Neuroscience.* 2011 Oct 13;193:193-204. doi: 10.1016 (査読あり)
9. Ohira, H. (2010). The somatic marker revisited: brain and body in emotional decision making. *Emotion Review*, 2, 245-249. (査読あり)
10. Ichikawa N, Siegle GJ, Dombrovski A, Ohira H. Subjective and model-estimated reward prediction: association with the feedback-related negativity (FRN) and reward prediction error in a reinforcement learning task. *Int J Psychophysiol.* 2010 Dec;78(3):273-83. doi: 10.1016 (査読あり)
11. Nakao T, Osumi T, Ohira H, Kasuya Y, Shinoda J, Yamada J, Northhoff G. Medial prefrontal cortex-dorsal anterior cingulate cortex connectivity during behavior selection without an objective correct answer. *Neurosci Lett.* 2010 Oct 4;482(3):220-4. doi: 10.1016 (査読あり)
12. Nakao T, Mitsumoto M, Nashiwa H, Takamura M, Tokunaga S, Miyatani M, Ohira H, Katayama K, Okamoto A, Watanabe Y. Self-knowledge reduces conflict by biasing one of plural possible answers. *Pers Soc Psychol Bull.* 2010 Apr;36(4):455-69. doi: 10.1177 (査読あり)
13. Ohira H, Ichikawa N, Nomura M, Isowa T, Kimura K, Kanayama N, Fukuyama S, Shinoda J, Yamada J. Brain and autonomic association accompanying stochastic decision-making. *Neuroimage.* 2010 Jan 1;49(1):1024-37. doi: 10.1016 (査読あり)
14. Osumi T, Ohira H. Cardiac responses predict decisions: an investigation of the relation between orienting response and decisions in the ultimatum game. *Int J Psychophysiol.* 2009 Oct;74(1):74-9. doi: 10.1016 (査読あり)
15. Murakami H, Ohira H, Matsunaga M, Kimura K. Influence of attention to somatic information on emotional and autonomic responses. *Percept Mot Skills.* 2009 Apr;108(2):531-9. (査読あり)
16. Nakao T, Osumi T, Ohira H, Kasuya Y, Shinoda J, Yamada J. Neural bases of behavior selection without an objective correct answer. *Neurosci Lett.* 2009 Jul 31;459(1):30-4. doi: 10.1016 (査読あり)
- [学会発表] (計 9 件)

1. Kato, T, Nakamura, H, Hidano, N(2013)
Investigating response-order effects in an actual choice, EAERE 20th conference, Toulouse, July 29.
2. 肥田野登 2012 環境経済評価における異質性, 環境科学会シンポジウム、環境科学会2012年会、2012.9.13、横浜国立大学 招待講演
3. 加藤尊秋、中村秀規、肥田野登(2012): 環境に関する選択質問における順序効果と異質性、環境科学会シンポジウム、環境科学会2012年会、2012.9.13、横浜国立大学、p.131.
4. 大平英樹 2012 意思決定に伴う脳と身体の機能的関連 第14回日本ヒト脳機能マッピング学会 7月6日 札幌. 招待講演.
- 5 Ohira, H. 2012 Brain-body interactions in emotional decision making. Annual Conference of Organization of Human Brain Mapping. 14, June, Beijing, China.
6. Ohira, H. 2011 Beneficial Roles of Emotion in Decision Making: Functional Association of Brain and Body. 3rd International Congress of Emotional Intelligence. 10 September 2011, Opatija, Croatia. 招待講演.
7. Ohira, H. 2010 Functional association of brain and body in emotional decision making. 4th Annual Meeting of the Social & Affective Neuroscience Society 31st, October 2010, Chicago. USA. 招待講演.
8. Ohira, H. 2009 Functional Association of Brain and Body in Emotional Decision Making. Workshop: Development of the Social Brain. 23rd, January, Tokyo, Japan.
9. Ohira, H. 2009 Body knows decision: Neural and physiological bases of emotional decision-making in the Ultimatum

Game. Annual Conference of International Society for Research on Emotion. 3rd, August, Leuven, Belgium.

[図書] (計 4 件)

1. Ohira, H. 2011 Functional association between the brain and physiological responses accompanying negative and positive emotions and its regulation by genetic factors. M. Inoue-Murayama, S. Kawamura & A. Weiss (Eds.). *From genes to animal behavior. Primatology Monographs.* Springer. pp. 367-387.
2. 大平英樹 (編) 2010a 「感情心理学・入門」 有斐閣.
3. 大平英樹 2010b 感情と意思決定—ソマティック・マーカーの脳・身体基盤— 平木典子ら編 「児童心理学の進歩」 金子書房 pp. 251-271.
4. 大平英樹 2010c 感情と身体—ジェイムズ、スピノザ、ダマジオー— 中村靖子 (編) 「交響するコスモス」下巻 松籟社 pp. 67-100.
6. 研究組織
 - (1) 研究代表者
肥田野 登 (HIDANO NOBORU)
東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授
研究者番号：90111658
 - (2) 研究分担者
加藤 尊秋 (KATO TAKAAKI)
北九州市立大学・国際環境工学部・准教授
研究者番号：20293079
 - 小谷 泰則 (KOTANI YASUNORI)
東京工業大学・社会理工学研究科・助教
研究者番号：40240759
 - 大平 英樹 (OHIRA HIDEKI)
名古屋大学・環境学研究科・教授
研究者番号：90221837
 - (3) 連携研究者
赤間 浩之 (AKAMA HIROYUKI)

東京工業大学・社会理工学研究科・准教授
研究者番号：60242301