

コンジョイント分析を適用した地球温暖化対策及びヒートアイランド対策の 社会的価値の計測に関する調査研究

RESEARCH ON SOCIAL VALUE MEASUREMENT OF GLOBAL WARMING AND HEAT ISLAND COUNTERMEASURES APPLIED CONJOINT ANALYSIS

大濱 淳司*, 萩島 理**, 谷本 潤***
Junji OHAMA, Aya HAGISHIMA and Jun TANIMOTO

A systematical field survey applied Conjoint Analysis (CA) concerned on two specified social issues: global warming and heat island problems is conducted. We applied the so-called website survey to secure both quantity and quality of a series of acquired data sets. Both obtained Marginal Willing to Pay (MWTP) for the global warming and heat island issues seems plausible. Interestingly, it is observed an evident tendency that younger subjects incline to pay more than older subjects, which implies younger people paying much attention to the environmental issues. We found that the level range of payment in a questionnaire significantly affects MWTP, which means how design a payment range would bring considerable bias in some cases. Also a principle problem whether a subject's payment was questioned by explicit as a form of additional payment to the public or implicit as a form of re-allocation of already-collected tax from the people, is observed significantly influential in the MWTP. The result also suggests that three-choice type CA seems better than pairwise type CA to obtain plausible MWTP when a questionnaire relates to a certain ideal issue that is difficult for subjects to understand its trade-off structure in proper way.

Keywords: *Environmental economics, Conjoint Analysis, Marginal Willing to Pay, Global warming, Urban heat island*

環境経済学, コンジョイント分析, 限界支払意志額, 地球温暖化, ヒートアイランド現象

1. 緒言

近年、地球温暖化に代表される環境問題は国際的な緊急的課題となっており、国民の関心度も高まっている中で、二酸化炭素排出量の削減やエネルギー消費量の削減等の環境対策が行政、事業者等の各主体の連携により進められている。地球温暖化は、特定の事業や事業所に起因する局所的な生活環境問題（例えば大気汚染、騒音・振動、水質汚濁）とは異なり、様々な社会経済活動が複雑に起因する広域的な現象である。このような問題に対して各種対策を効果的・効率的に進めていくには、現状における環境負荷軽減に向けた円滑な環境施策の展開が重要であるとともに、これらが持続的に作用する社会経済システムの構築の促進が重要である。

地球温暖化と同様に、様々な社会経済活動により広域的に問題となっている現象として、ヒートアイランド現象が挙げられる。ヒートアイランド現象も、複合的な要因が複雑に作用しているため、現象の改善に向けては、予測手法を確立したうえで、各要因による影響を定量的に把握することが重要であり、各種の研究事例が報告されている^{1),2)}。

こうした各種環境施策を社会経済システムに円滑かつ持続的に取り込んでいくためには、市場経済における「環境」の経済価値を適切に計測することが重要と考えられる。環境経済学の分野では、価

格による直接的評価が困難な「環境」の価値を定量的に把握する事を目的とした様々な調査手法が提案され、多くの適用事例が報告されている³⁾⁻¹⁰⁾。

そこで本研究では、現在進められている各種環境対策のうち、温熱環境に係るものとして地球温暖化対策及びヒートアイランド対策に着目し、トレードオフの関係にある施策に係るコスト（＝税金）とその効果（＝環境の改善量）に対する人々の意識構造を把握するためのアンケート調査及び解析を行った。

アンケートの主たる質問内容は、様々な属性が形成する「環境」の価値構造を貨幣単位で定量的に解析できるコンジョイント分析理論に基づきデザインした。コンジョイント分析は、施策や商品に対する個人の満足度（効用）は、複数の因子（属性）により得られる効用に確率的な誤差項を加えた効用和で表現され、個人は効用最大化を基準に施策の賛否や商品の購買等の行動を決定しているというランダム効用理論に基づいたもので、各属性の水準が異なる複数の選択肢を繰り返し提示し回答者の選好を調査することで、各属性により得られる部分効用の強弱を推定するものである。調査の手法としてはペアワイズ評定型と選択型の大きく2種類が挙げられる。ペアワイズ評定型は、アンケート調査時にプロファイルのペアを示して、回答者にどちらをどれだけ選好するかを評定させる手法であり、

* 八千代エンジニアリング(株) 工修

** 九州大学大学院総合理工学研究院 准教授・工博

*** 九州大学大学院総合理工学研究院 教授・工博

Yachiyo Engineering Co., Ltd., M. Eng.

Assoc. Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Dr. Eng.

Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Dr. Eng.

選択型は、複数のプロフィールを示して最も嗜好するものを選択させる手法である。

コンジョイント分析は、現実には実施されていない政策や事業等、仮想的な事象に対して、金銭換算でその投資効果を推定することができる利点があり、近年、公共事業等の行政施策の評価等に広く活用されている。しかしながら、一方で、アンケート調査票における説明の方法やプロフィールデザイン等が解析結果に及ぼす影響については、十分に検証されていないのが現状である。そこで本研究では、各種環境対策のうち、ヒートアイランド対策と地球温暖化対策に着目し、人々が認識する経済価値の計測を行うとともに、複数のプロフィールデザインや質問方法を設定し解析結果を比較することで、調査・解析手法そのものの課題点についても検討を行った。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査方法及び調査対象

調査方法は Web アンケートによるものとした。Web アンケートとは、インターネットを利用したアンケート調査であり、予めモニター登録したインターネット利用者のうち、任意の個人属性のモニターに対してアンケート調査票を e-mail で配信・回収するものである。郵送や電話によるアンケート調査と比較して、低コストかつ、配信・回収を迅速に行えるため、必要な回答数を回収する点では有効的な手段である。一方で、回答者が特定層に偏り、分析結果にある種のバイアスが生じる可能性があるが、後述するとおり、本研究では複数ケースの分析結果を相対的に比較することを優先し、Web アンケートを適用した。利用した Web アンケートの概要を表 1 に示す。

表 1 利用した Web アンケートの概要

名称	goo リサーチ	
運営会社	エヌ・ティ・ティ レゾナント株式会社	
モニター数	総数	約 64 万人
	内訳	性別：男性 46.0%、女性 54.0% 年齢：10 代 2.3%、20 代 20.2%、30 代 36.3%、40 代 25.3%、50 代 10.9%、60 代 3.9%、70 代～1.2%

調査対象は、ヒートアイランド現象が現状で特に問題となっており、地球温暖化を含む環境対策に対して住民の関心度が比較的高いと想定される東京都内（島嶼部は除く）とし、事前登録されたモニターの個人属性より、東京都内（島嶼部は除く）の居住者にアンケート調査票を配信した。アンケートの配信・回収は、平成 21 年 9 月 28 日から 10 月 1 日にかけて実施し、305 人の回答を回収した。

2.2 サーベイデザイン

2.2.1 属性の設定

質問方法やプロフィールデザインの異なる複数ケースの比較を容易にするために、コンジョイント分析の対象とする属性は可能な限り単純化するという方針を取り、表 2 に示すとおり、環境対策に関する属性は温熱環境に焦点を絞り、ヒートアイランド対策及び地球温暖化対策の 2 属性とし、それに各対策への支払額を加えた 3 属性に対して 3 水準を設定した。

なお、支払額に関しては、環境の貨幣価値である限界支払意志額 (MWTP) に対して大きな影響を与えると推測される。そこで本研究では、支払額に対する回答者の意識構造を比較するため、税金を

負担金（一人当たりの賦課金）として追加的に徴収する場合と、既に一年間で支払った税金の一部が負担金として利用される場合の 2 種類の調査票を用意し、支払手段の違いによる分析結果の比較を行った。また、後述するとおり、支払額の水準の設定も、高いレンジで提示した場合と低いレンジで提示した場合の 2 種類の水準を設定し、合計 4 ケース（支払手段 2 ケース×支払額 2 ケース）の調査を実施した（表 3 参照）。

表 2 属性と水準

属性	水準 1	水準 2	水準 3
ヒートアイランド対策 (気温の低減)	現状	気温 0.5℃低減	気温 1.0℃低減
地球温暖化防止対策 (CO ₂ 排出量の削減)	現状	CO ₂ 排出量 3%削減	CO ₂ 排出量 6%削減
支払額	¥1,000	¥2,000	¥3,000
	¥5,000	¥10,000	¥15,000

表 3 検討ケース

検討 ケース	質問内容		質問形式
	支払手段	支払額の水準	
①	税金再配分	¥1,000, ¥2,000, ¥3,000	ペアワイズ評定 型+選択型
②		¥5,000, ¥10,000, ¥15,000	
③	追加負担金	¥1,000, ¥2,000, ¥3,000	
④		¥5,000, ¥10,000, ¥15,000	

2.2.2 水準の設定

地球温暖化対策の水準は、京都議定書での CO₂ 排出量の削減目標である 1990 年比で「6%削減」を最大値とし、その半数の「3%削減」及び「現状」の 3 水準としている。一方、ヒートアイランド対策に関しては地球温暖化対策とは異なり国及び地方自治体による具体的な数値目標が定められていないため、東京都における過去 100 年間の年平均気温の上昇分 3.0℃のうち、回答者が一般的に理解しやすい値として夏季の気温「1℃低減」を最大値とし、その半数の「0.5℃低減」及び「現状」の 3 水準とした。

提示する支払額の水準は各対策に係る予算を参考に、低額と高額との 2 通りの設定を行った。まずヒートアイランド対策に関しては、東京都における平成 20 年度におけるヒートアイランド対策に係る事業として、保水性舗装、遮熱性舗装、河川護岸緑化、街路樹再生、公園・広場整備、屋上緑化、壁面緑化及び校庭芝生化が挙げられており、総事業費は約 109 億円とされている¹¹⁾。これを東京都の世帯あたりに換算すると、約 1,700 円/世帯となる。また、地球温暖化対策については、平成 21 年度の京都議定書達成計画関係予算で京都議定書 6%削減約束に直接的な効果があるものとして、エネルギー転換部門の取り組み、森林吸収源対策、産業部門（製造事業者等）の取り組み及びその他が挙げられており、総事業費は約 6,199 億円とされている¹²⁾。これを国民全体の世帯あたりに換算すると約 13,000 円/世帯となる。以上により、支払額の水準は低額のケースとして「¥1,000、¥2,000、¥3,000」、高額のケースとして「¥5,000、¥10,000、¥15,000」の 2 通りを設定した。

なお、東京都環境科学研究所の報告¹³⁾によると、ヒートアイランド対策として緑化推進、保水性舗装、高反射率塗装、建物・道路交通排熱削減を行った場合の導入効果を見込んだ 2030 年時点で、最大で日中の都心部で 0.8℃が低減されるものと試算している。対策導入量の

うち、例えば緑化促進については屋上緑化 2,463ha が見込まれているが、東京都における平成 20 年度の実績では屋上・壁面緑化を併せて 5.3ha で大きく乖離している。今回の調査票で提示した支払額は 1 年間あたりの値であり、これに対して水準として設定した気温低減量は 1 年間の対策による効果量としては整合性が図られていないが、本調査では、各環境対策の比較を行うために可能な限り回答者に対して分かりやすい数値を提示することを優先した。地球温暖化対策の CO₂ 排出量の削減量についても同様である。

2.2.3 プロファイルデザイン

コンジョイント分析に必要なプロファイルの数は、3 属性 3 水準を設定したため、理論的には $3^3=27$ となるが、実験計画法理論¹⁴⁾に基づき直交表 L₉(3⁴) を用いることで 9 種類のプロファイルに縮約した³⁾。属性や水準の内容に関わらず機械的にプロファイルを作成しているため、気温低減又は CO₂ 排出量が削減されているにも関わらず追加負担ゼロ、といった非現実的なプロファイルも含まれるが、谷本らと同様¹⁰⁾統計的効率性を優先して設計を行った。

調査票は、質問方法の違いを比較するため、ペアワイズ評定型と選択型の 2 つの異なる手法の質問を全回答者に提示した。両手法ともに、各回答者に対して直交性が保存されるとともに縮約した全てのプロファイルの組み合わせを網羅するよう以下のとおり作成した。

ペアワイズ評定型は、2 つのプロファイルを提示し、どちらがどれくらい望ましいかを 1~8 までのスケールで選択、又は「どちらも望ましくない」を選択する質問を各回答者に 6 回行った。提示するプロファイルは、直交表による前述の 9 プロファイルに対して全ての 2 つのプロファイルの組み合わせ 36 パターン ($9 \times 8 \div 2 = 36$) から、乱数により 6 パターンを抽出した 6 種類の質問票を作成した。

選択型は、3 つのプロファイルを提示し、回答者が最も望ましいと判断したプロファイルを選択、又は「どれも望ましくない」を選択する質問を各回答者に 6 回行った。提示するプロファイルは、9 プロファイルに対して全ての 3 つのプロファイルの組み合わせ 84 パターン ($9 \times 8 \times 7 \div (3 \times 2) = 84$) から、乱数により 6 パターンを抽出した 14 種類の質問票を作成した。

実際の調査票は、選択型の質問票 14 種類に、ペアワイズ評定型の質問票 6 種類をランダムに均等割付けしたものを、検討 4 ケース分 (支払手段 2 種類 × 支払額 2 種類) 作成しており、合計 56 種類 ($14 \times 4 = 56$) となる。

2.2.4 調査票の全体構成

調査票のサンプルを附録の A1 に、主な質問内容を表 4 に示す。前段でヒートアイランド現象、地球温暖化の問題点及び現在行われている対策のイメージを例示したうえで、各対策に対して負担金を求められた場面を回答者に想定してもらい、対策効果及び支払額の異なる複数のプロファイルを提示して、ペアワイズ型の質問 (問 1) 及び選択型の質問 (問 2) より望ましいと思われるプロファイルを回答させた。また、コンジョイント分析に関する質問に加えて、両対策に対してどちらがどれくらい望ましいか 8 段階の順位付けを行う質問 (問 3) と、両対策に対してどの程度の負担金を許容できるか直接尋ねる質問 (問 4) (問 3、問 4 とともに以下「直接法」とする) により、コンジョイント分析の結果との比較を行った。また、回答

者の属性による比較を行うために、年齢や性別などの一般的な回答者の属性に関する質問(問 5)及び日常生活における環境意識に関する質問 (問 6) を行った。

表 4 アンケート調査の主な内容

調査内容	
問 1	ペアワイズ評定型コンジョイントによる質問 (計 6 回)
問 2	選択型コンジョイントによる質問 (計 6 回)
問 3	「ヒートアイランド対策」及び「地球温暖化対策」についてどちらがどれくらい望ましいか尋ねる質問
問 4	「ヒートアイランド対策」及び「地球温暖化対策」についてどの程度の負担金を許容できるか尋ねる質問
問 5	個人属性に関する質問(性別、年齢、居住場所、世帯年収、職業)
問 6	日常生活における環境意識に関する質問 (日常生活における節電状況、節水状況に関する内容)

3 アンケート結果

3.1 回答者の内訳

インターネット調査による Web アンケートとしており、56 種類ある調査票に対して 5 票程度の割付回収とし、目標回収票数 280 (=56 × 5) に対して、305 部を回収した。調査票の配信は、全ての調査票を各 30 票程度配信し、その時点で回収票数が 5 票以上得られなかった調査票については更に 30 票追加配信し、最終的に全種類の調査票で 5 票以上の回収票数を確保した (総配信数 2,076 部、回収率 14.7%)。

回答者の性別、年齢、居住場所、世帯年収の内訳を図 1 に示す。

性別でみた場合、男性・女性の回答者ともに概ね全体の半数程度である。年齢別にみると、Web アンケートという手法のためか 30 歳代が最も多い (37.4%)。また居住場所については、都市中心部が最も多く (56.1%)、世帯年収は 400~700 万円が最も多い (38.4%) 結果となった。

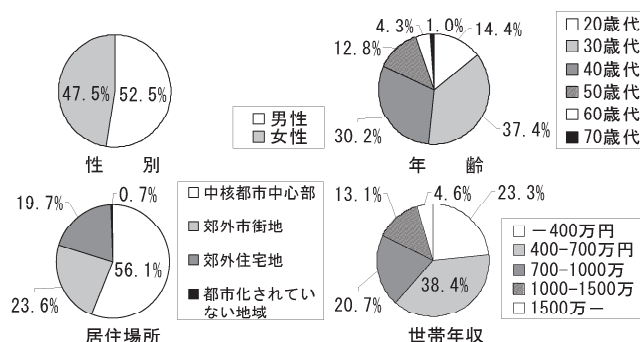


図 1 アンケート回答者の内訳

3.2 コンジョイント分析の結果

回収した 305 部の調査票のうち未回答のものや、同じ選択肢番号を連続して全ての質問に対し選択しているような不自然な回答を除くと、ペアワイズ評定型では各検討ケースで 372~456 サンプル、選択型では 360~456 サンプルを得ることができた。これらのサンプルを用いて、ペアワイズ評定型は条件付きロジットモデル、選択型は順序プロビットにより推定を行った結果を表 5 に示す。

ペアワイズ評定型、選択型のいずれも全ての属性が 1%水準で有意となった。また、係数 β の符号は、支払額はマイナス、それ以外はプラスとなり、一般通念との整合が図られている。

表 5 の結果をもとに各属性の限界支払意思額 (MWTP) を算出した結果を表 6 に、水準別の支払意思額を算出した結果を図 2 に示す。

表5 コンジョイント分析の結果

検討ケース	項目	選択型		ペアワイズ評定型		
		係数β	T値	係数β	T値	
①	属性	ヒートアイランド対策	1.954	3935.221	0.892	20.264
		地球温暖化対策	0.316	358.308	0.167	22.206
		支払額	-0.636	566.548	-0.055	3.468
	サンプル数		456		450	
	対数尤度		-429.038		-946.490	
	的中率		0.570		0.790	
	McFadden Ratio		0.320		0.826	
②	属性	ヒートアイランド対策	2.200	498.560	0.996	21.403
		地球温暖化対策	0.357	187.223	0.162	21.644
		支払額	-0.170	114.887	-0.036	14.391
	サンプル数		396		384	
	対数尤度		-337.180		-803.488	
	的中率		0.606		0.719	
	McFadden Ratio		0.384		0.809	
③	属性	ヒートアイランド対策	2.144	1422.995	0.812	19.188
		地球温暖化対策	0.339	963.450	0.165	23.074
		支払額	-0.820	347.821	-0.129	8.094
	サンプル数		390		456	
	対数尤度		-342.687		-965.782	
	的中率		0.618		0.769	
	McFadden Ratio		0.364		0.817	
④	属性	ヒートアイランド対策	1.887	1311.305	1.059	22.976
		地球温暖化対策	0.344	73.207	0.173	22.545
		支払額	-0.237	102.660	-0.054	21.556
	サンプル数		360		372	
	対数尤度		-313.108		-747.975	
	的中率		0.669		0.745	
	McFadden Ratio		0.371		0.810	

表6 限界支払意志額

検討ケース	属性	ペアワイズ評定型	選択型	単位
①	ヒートアイランド対策	16.229	3.074	千円/気温低減℃
	地球温暖化対策	3.032	0.497	千円/CO ₂ 削減%
②	ヒートアイランド対策	27.824	12.910	千円/気温低減℃
	地球温暖化対策	4.534	2.093	千円/CO ₂ 削減%
③	ヒートアイランド対策	6.318	2.614	千円/気温低減℃
	地球温暖化対策	1.286	0.413	千円/CO ₂ 削減%
④	ヒートアイランド対策	19.678	7.974	千円/気温低減℃
	地球温暖化対策	3.207	1.456	千円/CO ₂ 削減%

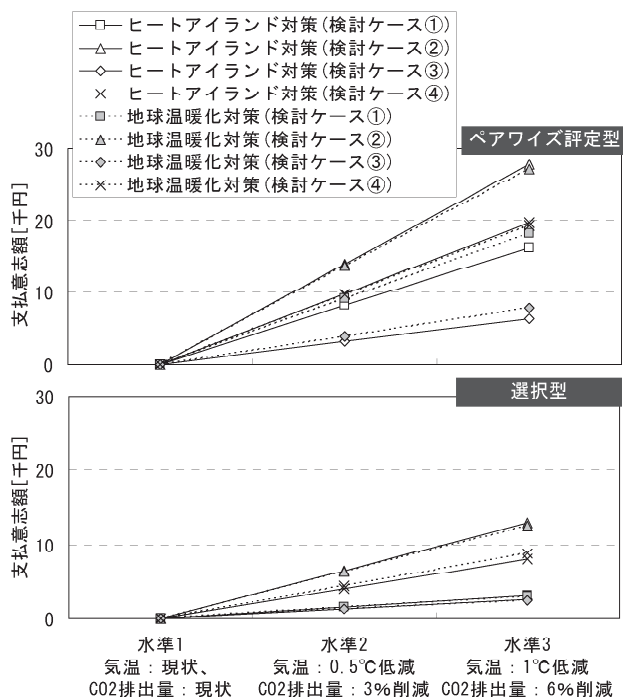


図2 水準別の支払意志額

表6から、各対策による単位効果あたり（ヒートアイランド対策は気温の低減量1℃あたり、地球温暖化対策はCO₂削減量1%あたり）の限界支払意志額（MWTP）を比較すると、各検討ケース、ペアワイズ評定型及び選択型ともにヒートアイランド対策の方が地球温暖化対策より高い値となった。一方で、アンケート調査票で提示した両対策の水準3に対する支払意志額に関しては、各検討ケース、ペアワイズ評定型及び選択型の何れの場合でも、両対策間で大きな差はない。後述する直接法の結果でも両対策への負担額の許容に大きな差がないと考えあわせると、回答者はアンケート調査票で提示した両対策の対策効果量を絶対値として認識している訳ではなく、アンケート前段で説明した対策効果量の上限値（地球温暖化対策：CO₂排出量6%削減、ヒートアイランド対策：気温1℃低減）に対する重要度を相対的に同程度と認識してプロフィールを選択している可能性がある。

3.2.1 分析手法（ペアワイズ評定型、選択型）による比較

ペアワイズ評定型と選択型の分析結果の比較を行った（表5、表6参照）。ペアワイズ評定型の対数尤度は Kuriyama ら¹⁹と同様に選択型に比べ低い。一方、的中率は、選択型の方がペアワイズ評定型の値より低く、各検討ケースで7～8割程度の値となった。しかしながら、選択型の中率は3つのプロフィールに「どれも望ましくない」（＝現状）を加えた4つの選択肢の効用差に対する回答から算出しているのに対して、ペアワイズ評定型は2つのプロフィールに「どれも望ましくない」（＝現状）を加えた3つの選択肢に対する回答から算出しているため、一概には選択型の推定精度が低いとは判断できない。

限界支払意志額（MWTP）については、ペアワイズ評定型はヒートアイランド対策 6.318～27.824 千円/℃、地球温暖化対策 1.286～4.534 千円/%、選択型はヒートアイランド対策 2.614～12.910 千円/℃、地球温暖化対策 0.413～2.093 千円/%であり、二つの対策のいずれも全ての検討ケースでペアワイズ評定型の方が選択型より高い値となった。こうした傾向を示した原因については、3.4.3節で改めて詳細に検討する。

3.2.2 支払額の質問内容（検討ケース①～④）による比較

限界支払意志額（MWTP）について、支払手段を税金再配分とした場合（検討ケース①、②）と、追加負担金とした場合（検討ケース③、④）を比較する。支払額の水準設定に依らず、回答者にとっては金銭負担の実感がより強い追加負担金の徴収の方が限界支払意志額（MWTP）は低い値となった。なお、アンケート調査票では、税金再配分とする場合であっても、質問の前に徴収された税金の一部を環境対策に配分することにより、他の行政サービスへ回される額が減少する旨を記載している。

次に支払額の水準を、低いレンジで設定した場合（検討ケース①、③）と高いレンジで設定した場合（検討ケース②、④）を比較する。支払手段を、追加負担金と税金再配分とした場合のそれぞれで比較した結果（税金再配分は検討ケース①と②、追加負担金は検討ケース③と④を比較）、両者とも支払額の水準を高いレンジで設定した場合の方が高い値となった。いずれの検討ケースも提示したプロフィールに対して「どちらも望ましくない」（＝現状）の選択肢を入れて

おり、回答者には負担金の支払い自体を拒否する選択肢が含まれているにもかかわらず、提示された支払額のプロフィールにより無意識的に誘導され、回答者が認識する支払額のレンジが変化し、その結果、限界支払意志額（MWTP）は大きく変化する結果になったものと考えられる。

アンケート調査票で提示するプロフィールのうち、負担金の支払手段及び負担金の水準の大小により、限界支払意志額（MWTP）の値は大きく変化する結果となった。特に負担金の水準の設定の影響は大きいため、絶対値として限界支払意志額（MWTP）を取り扱う場合は、慎重な設定が必要となる。

3.3 回答者カテゴリによる限界支払意志額(MWTP)の比較

回答者の性別や年齢といった情報（以下、「回答者カテゴリ」とする）に関する質問（問5）の結果を用いて、回答者カテゴリ別の限界支払意志額（MWTP）を算出した結果を、表7、図3及び図4に示す。なお、ペアワイズ評定型及び選択型の両手法で各検討ケースの分析を行った結果のうち、全ての回答者カテゴリで部分効用が1%有意と認められた結果として、ペアワイズ評定型の検討ケース②及び④の結果を掲載している。なお、ペアワイズ評定型は選択型に比べ、1%有意と認められた計算結果が多く、少ないサンプル数でも比較的安定して有意な結果が得られる、という傾向は既往論文¹⁰⁾でも報告されている。

性別で比較すると、両対策、各検討ケースともに男性の値が女性の値と比較して高い値となっている。また、女性の方が税金再配分（検討ケース②）に対する追加負担金（検討ケース④）の低減が顕著に見られた。

年齢別で比較すると、地球温暖化対策の検討ケース④を除いて、40歳未満の値が40歳以上の値と比較して高い値となった。一般的には年齢が高い方が年収も高くなり、支払いに対する許容も高くなることが想定されるが、逆の傾向を示しており、年齢が低い方が環境対策に対する意識が高い傾向が明確に見られる結果となった。今回のアンケート調査結果からは、この理由についての明確な根拠となるデータは得られていないが、地球温暖化や都市気温の上昇は比較的長い時間スケールで緩やかに進行する現象であるため、低い年齢層の方が、将来の環境のための対策の重要性を高く認識していることが原因の一つとして考えられる。

世帯年収については、世帯年収400万円及び700万円を境界に世帯年収の高低を2区分した場合、部分効用が1%有意と認められなかった。そこで、世帯年収700万円未満の「高所得ではない回答者群」、400万円以上を「低所得ではない回答者群」としてカテゴリを設け、各回答者カテゴリのサンプル数を増加させることにより部分効用が1%有意な結果を確保し、世帯年収の高低による相対的比較を行った。その結果、低所得ではない回答者群の方が高所得ではない回答者群に比べ税金再配分（検討ケース②）の値が高い一方で、追加負担（検討ケース④）については逆の傾向を示した。低所得ではない回答群は、日常の税金の負担金額が比較的高く、課税の負担感が強いいため、税金の追加徴収に対する心理的な抵抗感が作用したものと考えられる。

居住場所について比較すると、ヒートアイランド対策の検討ケース④を除いて、郊外の値が都市部の値より高い値となった。この理

由についての明確な根拠となるデータは得られていないが、原因の一つとして、一般的に郊外は都市部より居住環境が良好で、都市部は郊外より生活利便性が高いと解釈した場合、都市部に居住する回答者は、居住環境に対してはある程度許容したうえで、生活利便性を重視し、逆に郊外に居住する回答者は居住環境を重視するため、支払い意識が高くなっている可能性が考えられる。また、特に都市部で問題となっているヒートアイランド対策に対する郊外居住者の支払意志額は、税金再配分（検討ケース②）に対して追加負担額（検討ケース④）の値が5割程度で極端に低く、税金再配分としての支払意識はあるものの、金銭負担の実感がより強い追加負担額の徴収に対しては支払意欲が低下する傾向がみられる。

表7 回答者カテゴリ別の限界支払意志額の比較

回答者カテゴリ	限界支払意志額 (MWTP)				
	ヒートアイランド対策 (千円/°C)		地球温暖化対策 (千円/%)		
	検討ケース②	検討ケース④	検討ケース②	検討ケース④	
性別					
	男性	33.589	29.221	6.560	5.204
	女性	25.045	16.087	3.386	2.292
年齢					
	40歳未満	32.420	25.905	5.674	3.130
	40歳以上	24.909	14.992	3.781	3.285
世帯年収					
	700万円未満	23.975	21.498	4.209	3.802
	400万円以上	27.794	20.636	4.428	3.208
居住場所					
	都市部	24.072	20.705	4.457	2.640
	郊外	35.091	18.201	4.645	3.922
	全体	27.824	19.678	4.534	3.207

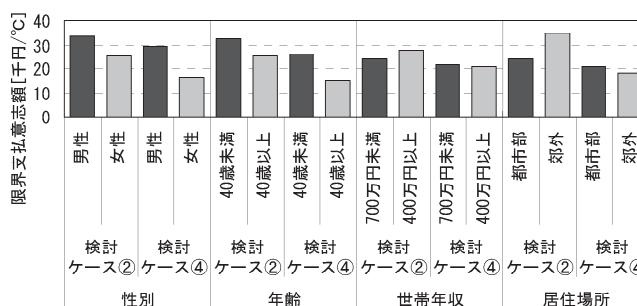


図3 回答者カテゴリ別の限界支払意志額の比較 (ヒートアイランド対策)

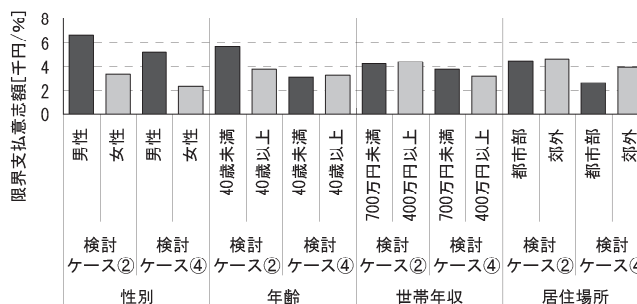


図4 回答者カテゴリ別の限界支払意志額の比較 (地球温暖化対策)

3.4 直接法とコンジョイント分析の比較

3.4.1 直接法による属性の重要度の比較

直接法による質問のうち、両対策について、どちらの対策を行うことが望ましいかを尋ねる質問（問3）の結果を図5に示す。検討

ケース別に明確な傾向の違いはみられないが、各検討ケースとも地球温暖化対策の方がやや望ましい（選択肢 5）を選択した回答者が最も多い結果となった。

両対策に対する負担金の許容に係る質問（問 4）の結果を図 6 に示す。検討ケース別に明確な傾向の違いはみられないが、各検討ケースとも両対策への負担金を許容する回答者が最も多く、地球温暖化対策のみへの負担金を許容する回答者と、ヒートアイランド対策のみへの負担金を許容する回答者は同程度である。このことは、コンジョイント分析の水準 3 に対する支払意志額が両対策で大きな違いがなかったことと整合性が図られる結果となった。

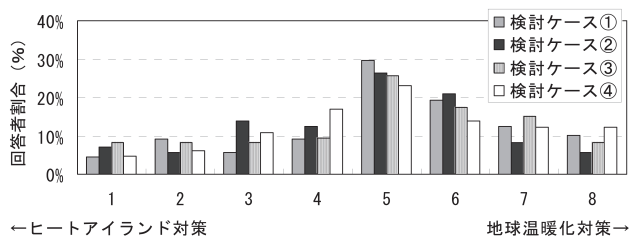


図 5 直接法の回答結果（環境対策の重要度）

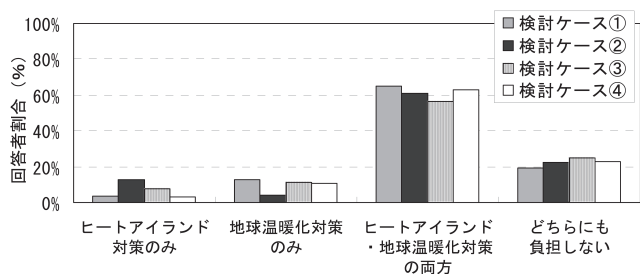


図 6 直接法の回答結果（環境対策に対する負担金の許容）

3.4.2 直接法とコンジョイント分析の検討ケース別比較

両対策に対する負担金の許容を直接問う設問（問 4）から得られた検討ケース別の負担金額を図 7 及び図 8 に、負担金額の検討ケース別の全回答の平均値と、コンジョイント分析結果から得られた支払意志額（図 2）を比較した結果を、表 8 に示す。ここで、直接支払額を問う設問（問 4）は、各対策の効果量を具体的に提示したうえ負担金額を問うものではなく、各対策に対する漠然とした負担金額を直接回答させているものであるが、アンケートの前段のコンジョイントに関する質問にて提示した各対策の効果量の最大水準を念頭においた回答であるものと想定し、比較する支払意志額は、水準 3（地球温暖化対策：CO₂排出量 6%削減、ヒートアイランド対策：気温 1℃低減）の値とした。

両対策ともに、0～500 円の回答者が最も多く、金額が高くなるにつれて、回答者数が減少している。問 4 の調査票には負担金の支払手段を明記しており、支払手段を税金再配分とした場合（検討ケース①及び②）と、追加負担金とした場合（検討ケース③及び④）を比較すると、回答者割合の分布に明確な相違は見られなかったが、負担金額の平均値で見た場合、追加負担金とした場合の方が概ね低い値となり、コンジョイント分析と整合した結果となった。

また、前段のコンジョイント分析に係る質問（問 1、2）で提示したプロフィールで、支払額の金額を低いレンジで提示した場合（検

討ケース①及び③）と、高いレンジで提示したケース（検討ケース②及び④）を比較すると、¥1,000 未満と答えた割合は、低いレンジを提示した場合の方が高いのに対して、¥1,000 以上と答えた割合は高いレンジで提示した場合の方が高い。同様に、各検討ケースの平均値で見た場合も、低いレンジ（検討ケース①、③）では、両対策で 1,651～1,993 円、高いレンジでは（検討ケース②、④）5,088～6,702 円となり、高いレンジで提示した場合の方が高い値となった。

当該質問はコンジョイント分析に係る質問のように、提示されたプロフィールの中から選択するものではなく、直接金額を任意に回答する形式であるにも関わらず、前段のコンジョイント分析に係る質問で提示したプロフィールの影響を受けて、高いレンジで提示した場合は、無意識的に負担金を高めに回答したと言える。

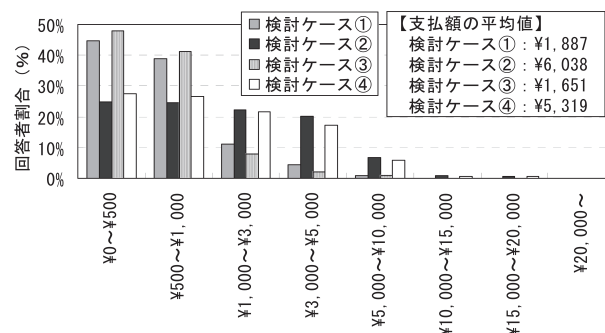


図 7 許容する負担金額（ヒートアイランド対策）

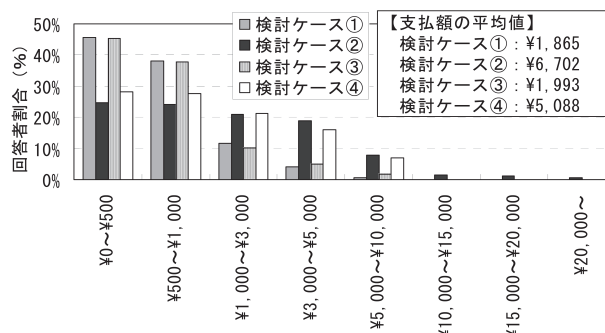


図 8 許容する負担金額（地球温暖化対策）

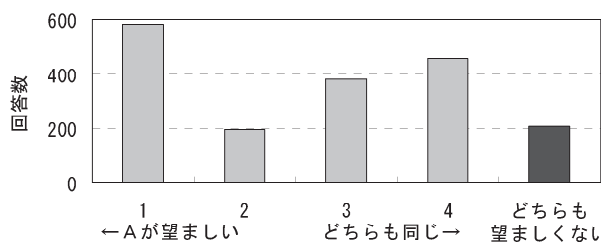
表 8 直接法による負担金額と支払意志額の比較結果

検討 ケース	ヒートアイランド対策			地球温暖化対策		
	負担金額	支払意志額（水準 3）		負担金額	支払意志額（水準 3）	
	直接法	選択型	ペアワイズ 評定型	直接法	選択型	ペアワイズ 評定型
①	1,887	3,074	16,229	1,865	2,982	18,189
②	6,038	12,910	27,824	6,702	12,560	27,205
③	1,651	2,614	6,318	1,993	2,478	7,719
④	5,319	7,974	19,678	5,088	8,733	19,240

3.4.3 直接法とコンジョイント分析の手法別比較

直接法とコンジョイント分析の結果を比較すると、全ての検討ケースにおいて、両対策ともにコンジョイント分析の水準 3 に対する支払意志額の方が直接法に比べ高い値となった。特にペアワイズ評定型は高い値を示しており、全て検討ケースにおいて、調査票で提示した負担金の水準 3 の値（検討ケース①、②：¥3,000、検討ケース③、④：¥15,000）を大きく上回る結果となった。

負担金の許容に係る質問（問 4）の結果では、二つの対策両方への負担金を許容する回答者が最も多かったこと（図 6）、前述のとおり回答者が二つの環境対策の効果の絶対値の意味を十分に認識できていなかったと推測されることから、コンジョイントの質問形式では、ペアワイズ評定型、選択型ともに、回答者は提示された負担金の金額によらず、対策の効果量がより大きいプロフィールが選択されやすかった可能性が考えられる。その結果、両対策の支払意志額が高くなったのであろう。特にペアワイズ評定型では、提示した 2 つのプロファイルのうち、どちらがどのくらい望ましいかを選択する際に、極端な回答を選択する傾向がみられ（図 9）、特に顕著な結果になったものと考えられる。これに対して選択型は、あくまでも提示したプロファイルの 3 者択一であり、極端な回答を選択することがないため、水準 3 に対する支払意志額はペアワイズ評定型と比較して低い値になったものと考えられる。



※質問票では 2 つのプロファイルのどちらがどれだけ望ましいかを 1~8 のスケールで回答する形式としているが、5~8 という回答を 4~1 に計上し、片側 4 段階のスケールに修正した結果を示す。

図 9 ペアワイズ評定型のアンケート回答数の集計結果

本検討のように、両者優劣を付け難い属性（対策）を対象とし、現実性の低い支払いを想定した場合、仮にアンケート前段で解説を行ったとしても、回答者がトレードオフの関係を適切に認識することができず、極端に偏った回答を行うことがあるため、選択肢が限られた選択型の方が、得られた限界支払意志額（MWTP）の妥当性は高くなると推測される。

4. 結語

本稿では、ヒートアイランド対策及び地球温暖化対策といった行政の環境対策に係る税金の支払いに対する意識構造を定量的に把握することを目的に、複数のアンケート設問形式を設定し、ペアワイズ評定型及び選択型の 2 つ手法によるコンジョイント分析を行った。

Web アンケートという性質上、得られた回答は特定層から抽出されており、分析結果にもある種のバイアスが係っている可能性はあるが、コンジョイント分析そのものに対する一般的な特性として、以下の知見が得られた。

1. 直接効用を問う設問より得られた負担金額より、コンジョイント分析で得られた支払意志額の方が高い値となった。これは、回答者にとって重要度の優劣を付け難い対策を属性とし、現実性の低い支払いを想定したコンジョイント分析を行った結果、回答者がトレードオフの関係を適切に認識することが難しく極端な回答を行ったためと考えられる。特にペアワイズ評定型は選択型に比べその傾向が顕著である。

2. アンケート調査票で提示するプロファイルのうち、支払手段及び支払額の水準を変えて比較した結果、支払手段を税金再配分とした場合と、支払額の水準を高いレンジで提示した場合に MWTP は高い値となった。市場にて販売される商品のような実態価格がない場合、回答者は初めて目にしたプロファイルの支払額を対象アイテムの価格の相場として無意識的に捉える傾向があると考えられる。また、税金再配分として負担する場合、金銭負担の実感が薄いため、負担金の金額によらず対策の効果量がより大きいプロファイルが選択されやすくなり MWTP は大きくなる傾向がある。これは質問票の文面の細部やプロファイルデザインにより、アンケート実施者の意図に近い結果を導ける可能性を示唆しており、コンジョイントアンケートの結果の取り扱いには十分な注意を要する。

3. 直接法による質問をコンジョイント分析の質問の後に行った結果、回答者は任意に金額を回答できるにも関わらず、前段のコンジョイント分析に関する質問で提示されたプロファイルの支払額の影響を受け、高い負担金のプロファイルを採用した場合には直接回答の支払い額も高くなる傾向が見られた。

謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究(C) 20510044（代表 近畿大 依田浩敏教授）による。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 例えば、谷本潤、林徹夫、片山忠久、大濱淳司、笠間幹雄：建築-都市-土壌連成系モデルによる都市高温化要因の定量的比較に関する研究 第 2 報 数値実験による要因効果特性、日本建築学会計画系論文集、第 510 号、pp.53-60、1998.8
- 2) 例えば、寺澤千尋、鳴海大典、下田吉之、水野稔：ヒートアイランド熱負荷簡易評価ツールの構築に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、環境工学 D-1、pp.775-776、2007.8
- 3) 鷲田豊明：環境評価入門、勁草書房、1999
- 4) 栗山浩一：公共事業と環境の価値 CVM ガイドブック、築地書館、1997
- 5) 田口誠、坂上雅治：コンジョイント分析による潜在的グリーンコンシューマーに関する研究、環境科学会誌、13(2)、pp.181-192、2000.5
- 6) 栗山浩一、石井寛：リサイクル商品の環境価値と市場競争力カーコンジョイント分析による評価、環境科学会誌、12(1)、pp.17-26、1999.2
- 7) 田中伸治、舟橋弥生、齋藤博之、安田佳哉：コンジョイント分析を用いた社会資本整備の経済的評価に関する研究、土木計画学研究発表会講演集、No.24、pp.481-484、2001.11
- 8) 大野栄治：地球温暖化に伴う住環境変化の経済評価ーコンジョイント分析によるアプローチ、地球環境、11(1)、pp.95-102、2006.5
- 9) 宇治川正人、讃井純一郎：スキーリゾート計画への部分効用関数の適用 スキーリゾート施設に対する利用者の評価に関する研究 その 2、日本建築学会計画系論文集、第 477 号、pp.47-52、1995.11
- 10) 谷本潤、萩島理：コンジョイント分析による環境開発を伴う空港整備事業の住民評価に関する試論的事例報告建設公共事業の人間-環境-社会システムの考察、日本建築学会環境系論文集、第 578 号、pp.63-69、2004.4
- 11) 20 年度・都区市によるヒートアイランド対策事業予定一覧 <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat/summerpress/080724heat20.pdf>、(2009.6.23 参照)
- 12) 平成 21 年度京都議定書目標達成計画関係予算概算要求について http://www.env.go.jp/earth/ondanka/kptap/budget_h21.html、(2009.6.23 参照)
- 13) 田村英寿、石井康一郎、横山仁、岩坪哲四郎、平口博丸、安藤晴夫、山口隆子、市野美夏、秋山祐住里、三上岳彦：東京 23 区におけるヒートアイランド対策導入効果の数値予測、東京都環境科学研究所年報、2005

- 14) 山口玄一：実験計画法 下，丸善，1977
- 15) Koichi Kuriyama, Yuraka Ishii：Estimation of the Environmental Value of Recycled Wood Wastes：A Conjoint Analysis Study，Journal of Forest Research，5(1)，pp.1 6，2000
- 16) 秋島理，谷本潤，高園洋行：戸建住宅の選好における環境性能の影響把握のための基礎的検討，日本建築学会環境系論文集，第 586 号，pp.53-59，2004.12
- 17) 大野栄治：環境経済評価の実務，勁草書房，2000

附録

A1. アンケート調査票

最初にこちらをお読み下さい。
問[1～3]に答えるための説明です。

現在、環境問題に対して国や自治体における施策の中で各種対策が行われています。

そこで、行政により下記の対策を行うために皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂く場合を想定してください。

- (A) 都市の高温化（ヒートアイランド）対策
- (B) 地球温暖化対策

2つの対策の内容については以下に詳しく説明していますので、ご覧になったうえで、この負担金によってあなたが普段購入している商品への支出に使える金額が減ることを十分に念頭において以下の質問にお答え下さい。

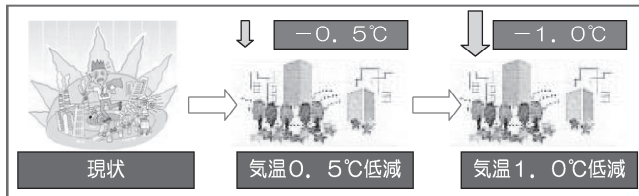
- ※下線部はアンケート調査票により以下の2パターンを設定
- ① 皆様が一年間に支払った税金の一部が負担金として利用される場合
 - ② 皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂く場合
- ① この対策に税金の一部が利用されることによって、あなたが普段受けている公共サービス（医療・福祉やインフラ整備等）に利用されていた費用の一部が減少する
 - ② この負担金によってあなたが普段購入している商品への支出に使える金額が減る

A 都市の高温化（ヒートアイランド）対策

ヒートアイランド現象とは、都市部の気温が郊外に比べて高くなる現象で、平成15年に行った調査で、東京の年平均気温は、過去100年で3.0℃、他の大都市では2.4℃、中小規模の都市では1.0℃の上昇がみられています。

ヒートアイランド現象により熱中症の増加などの人の健康、生態系の変化、大気汚染濃度の上昇、集中豪雨の発生、エネルギー消費の増大等が懸念されています。

これに対して、屋上緑化、壁面緑化、保水性舗装・遮熱性舗装の敷設、散水・打ち水等の対策によりヒートアイランドが改善された場合を想定して下さい。



【参考：対策のイメージ】



【屋上緑化・壁面緑化】
日射をさえぎるとともに、植物の蒸散作用により屋上・壁面温度の上昇を抑制する効果があります。

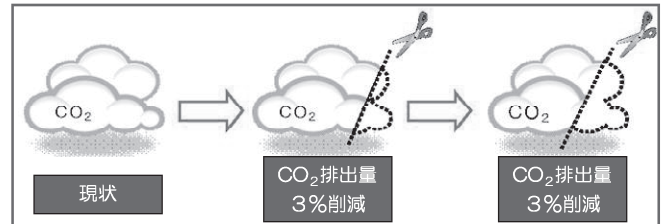
【保水性舗装・遮熱性舗装】
雨天時等に吸収した水分を晴天時に蒸発させ、気化熱を奪うことにより、路面の温度を低下させます。

B 地球温暖化防止のため、CO₂の排出量を削減

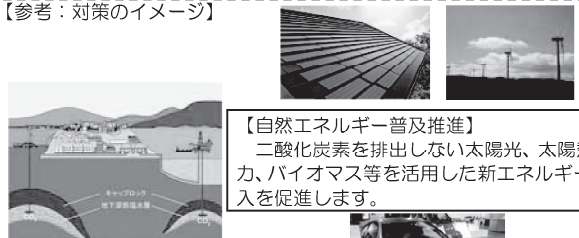
人間活動の拡大に伴って二酸化炭素、メタン等の温室効果ガスが人為的に大量に大気中に排出されることで、地球が過度に温暖化するおそれが生じており、世界平均気温が1906年～2005年の間に0.74℃上昇し、さらに100年後には1.8℃～4.0℃上昇するとの説もあります。

地球温暖化により平均海面水位の上昇、気象現象への影響、人の健康への影響、生態系への影響、農業への影響、水資源への影響が懸念されています。

これに対して、自動車の燃費改善、機器の効率改善、住宅・建築物の省エネ性能の向上等の対策により温室効果ガスが削減された場合を想定して下さい。



【参考：対策のイメージ】



【自然エネルギー普及推進】
二酸化炭素を排出しない太陽光、太陽熱、風力、バイオマス等を活用した新エネルギーの導入を促進します。

【革新的技術開発】
発電所等から発生するCO₂を、安定した地層や海洋に貯留することにより、CO₂を大気から長期間隔離する等の革新的技術開発を推進します。

【次世代自動車の普及促進】
石油依存度の低減やCO₂排出量の削減を目的とし、電気自動車および充電設備、ハイブリッド自動車、クリーンディーゼル自動車の普及を促進します。

【問1】

環境問題に対する施策に対して、皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂くものとします。

その場合、下記の示す左右の組合せを比較すると、あなたはどちらがどの程度好ましいとお考えですか。【必須】

(1)		(2)
気温 ●℃低減	ヒートアイランド対策 (気温の低減)	気温 ●℃低減
CO ₂ ●%削減	地球温暖化防止対策 (CO ₂ 排出量の削減)	CO ₂ ●%削減
¥●	負担金の金額 (一世帯あたり)	¥●
(1) が望ましい	← 1 2 3 4 5 6 7 8 → どちらも望ましくない	(2) が望ましい

- ※下線部はアンケート調査票により以下の2パターンを設定
- ① 皆様が一年間に支払った税金の一部が負担金として利用される
 - ② 皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂く

・・・水準（●の値）を変えて同様の質問を6回実施・・・

【問2】

環境問題に対する施策に対して、皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂くものとします。

その場合、下記の示す1～3の組合せを比較して、あなたが一番好ましいと思うものにそれぞれ1つつチェックをつけて下さい。どれも好ましくないときは、「どれも好ましくない」にチェックをつけて下さい。
【必須】

	○	○	○	○	
	(1)	(2)	(3)	(4)	
ヒートアイランド対策 (気温の低減)	気温 ●℃低減	気温 ●℃低減	気温 ●℃低減		どれも 好ましくない
地球温暖化防止対策 (CO ₂ 排出量の削減)	CO ₂ ●%削減	CO ₂ ●%削減	CO ₂ ●%削減		
負担金の金額 (一世帯あたり)	¥●	¥●	¥●		

※下線部はアンケート調査票により以下の2パターンを設定
①皆様が一年間に支払った税金の一部が負担金として利用される
②皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂く

・・・水準（●の値）を変えて同様の質問を6回実施・・・

【問3】

環境問題に対する施策に対して、あなたはどちらがどの程度好ましいとお考えですか。【必須】

(1)		(2)
ヒートアイランド対策 (気温の低減)		地球温暖化防止対策 (CO ₂ 排出量の削減)
(1) が望ましい	←————→	(2) が望ましい
	1 2 3 4 5 6 7 8	
	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	

ヒートアイランド対策と地球温暖化対策に対して、皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂くものとします。

【問4】

あなたはどの程度までの負担金を許容できますか。どちらの対策にも負担したくない場合は、「どちらにも負担しない」にチェックをつけて下さい。【必須】

- ヒートアイランド対策 円（1年間・1世帯あたり）
- 地球温暖化対策 円（1年間・1世帯あたり）
- どちらにも負担しない

※下線部はアンケート調査票により以下の2パターンを設定
①皆様が一年間に支払った税金の一部が負担金として利用される
②皆様からの一律の負担金（一人当たりの賦課金）を頂く

・・・以下略・・・

A2. コンジョイント分析¹⁷⁾

本研究で採用した選択型コンジョイント分析、ペアワイズ型コンジョイント分析の2つの手法について解析方法の概略を紹介する。

A2.1 選択型コンジョイント分析

選択型コンジョイントは、回答者に複数のプロファイルの中から望ましいプロファイルを選択してもらうことで、属性別の嗜好を推定する手法である。部分価値の推定は条件付きロジットによる。プロファイル*j*を選択した時の全体効用 U_j はランダム効用モデルにより(1)式で表される。

$$U_j = V_j + \varepsilon_j = \beta \cdot X_j + \varepsilon_j \quad (1)$$

V_j : 効用のうち観察可能な部分
 X_j : プロファイル*j*の属性ベクトル
 β : 部分効用を表現するパラメータ
 ε_j : 誤差項（観察不可能な部分）

ここで誤差項がガンベル分布に従うと仮定すると、回答者がプロファイル*j*を選択する確率 P_j は(2)式で、対数尤度関数は(3)式で表される⁴⁾。部分効用を表現するパラメータ β は、(3)式より最尤法により推定される。

$$P_j = \frac{\exp(\lambda V_j)}{\sum_k \exp(\lambda V_k)} \quad (2)$$

$$\log L = \sum_i \sum_j d_{ij} \ln \frac{\exp(V_j)}{\sum_k \exp(V_k)} \quad (3)$$

d_{ij} : 回答者 *i* がプロファイル *j* を選択したときに1となるダミー変数
 λ : スケールパラメータ(通常は1)

A2.2 ペアワイズ評定型コンジョイント

ペアワイズ評定型では、2つの対立するプロファイルを回答者に提示して、どちらのプロファイルがどのくらい望ましいかをたずねる。このとき、2つの対立するプロファイル *j* と *k* の効用差 dU_{jk} は(4)式で表される。

$$dU_{jk} = dV_{jk} + \varepsilon_{jk} = \beta \cdot (X_j - X_k) + \varepsilon_{jk} \quad (4)$$

dV_{jk} : 観察可能な効用差関数
 ε_{jk} : 誤差項

ペアワイズの評定データは、効用差と関連しているとみなすことができる。誤差項 ε_{ik} が標準正規分布に従うと仮定すると、順序プロビットにより、対数尤度関数は(5)式で表され、最尤法により効用関数のパラメータ β は推定される。

$$\log L = \sum_i \sum_s d_{is} \ln [\Phi(\alpha_s - dV_{jk}) - \Phi(\alpha_{s-1} - dV_{jk})] \quad (5)$$

d_{is} : 回答者 *i* が評定 *s* を回答したとき1となるダミー変数
 α_s : 閾値パラメータ (α_1 は $-\infty$, α_9 は $+\infty$ に基準化される)
 Φ : 標準正規分布の分布関数

(2010年8月6日原稿受理、2010年10月29日採用決定)