

B-80 コンジョイント分析を用いた 暑熱緩和事業の多側面効用の評価

○中川 秀治^{1*}・中谷 隼¹・栗栖 聖²・花木 啓祐¹

¹東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

²東京大学先端科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1)

* E-mail: s_nakagawa@env.t.u-tokyo.ac.jp

1. 研究の背景と目的

近年、都市化の進展に伴い顕著となりつつなる高温化現象は、地球温暖化に加えヒートアイランド現象によって主に引き起こされている。夏期においては日最高気温や日最低気温の上昇によって都市生活上の快適性が低下し、熱中症等の健康への被害が生じている。光化学オキシダント生成の助長や、短時間集中豪雨との関連も懸念されており、その緩和・解決へ向けた対策が急がれている。¹⁾

ヒートアイランド現象の主な原因には大きく分けて「緑・水面の減少」「地表面の人工化」「人工排熱の増加」が挙げられる。これまで建物の屋上や壁面に緑化を施したり、ドライミスト噴霧装置を設置する、あるいは都市空間に風の流れを作る、路面に保水性舗装を使用するなどの暑熱緩和事業を通じて都市高温化の緩和が試みられてきた²⁾。ただし、これらの事業によってもたらされる効果は暑さ低減に限らず、生物種を増加させる、浸水を緩和するなど他の環境面での効果も存在し、このような環境属性からも市民は効用を得ているものと考えられる。

そこで、事業に関連する環境属性に焦点を当てた評価を通じて市民の価値体系を明らかにするために、各属性に対する評価の重み付けと貨幣換算が可能なコンジョイント分析を適用し、各属性に対するMWTP (Marginal Willingness-to-pay: 限界支払意思額) を定量的に評価し、暑熱緩和事業を暑熱緩和以外の効果も含めて評価できる手法を構築することを本研究の目的とする。

2. 評価の方法

(1) コンジョイント分析

コンジョイント分析とは、アンケート調査によって、多属性の代替案 (プロファイル) の選択結果から属性ご

とのMWTPを明らかにする統計的手法である³⁾。本研究のように、暑熱緩和事業による効用を享受する主体、すなわち市民がいかなる効用を求めているかを把握する場合には有効な手法である。コンジョイント分析の設問形式にはいくつかあるが、本研究ではペアワイズ評定型を用いて分析を行った。ペアワイズ評定型とは、2つの対立プロファイルを提示して、どちらがどのくらい好ましいかをリッカート尺度で採点してもらう方式である。

(2) 対象事業と評価属性

本研究においては、暑熱緩和事業として屋上緑化、水辺創出、ドライミスト、保水性舗装を対象とし、これらの事業に関連する環境属性から得られる効用の定量化手法に関して検討する。

屋上緑化では、植物の蒸発散に伴う屋外の暑さ低減効果や、野鳥の移動・採食・休息拠点の創出による生物種の増加効果、土壌の雨水貯留による浸水の緩和効果等が期待される。水辺創出では、市街地に水路を設けることにより、水の蒸発散作用による周囲の暑さ低減効果や、水辺の点在が都市全体の生物種の増加に寄与したり、浸水被害を和らげる効果が期待される。ドライミストとは、ミスト装置から噴射後にすばやく蒸発するマイクロミストの気化熱吸収作用により周辺空気の冷却化が図れるものである。保水性舗装とは、従来のアスファルト・コンクリート舗装を見直し、自然の土壌のように水分が内部に浸透し、かつ保水材によりこれを保持する機能を持たせたものである。雨天時などに舗装表面に保持された水分の蒸発に伴い歩行環境の高温化を抑制でき、さらに雨水を蓄えたり周辺の地盤に雨水を浸透させたりするため、雨水流出を和らげる効果も期待できる。²⁾

上記の事業に関連する環境属性としては、暑さ低減、生物種の増加、浸水の緩和があり、これらをコンジョイント分析の評価属性とする。

(3) コンジョイント分析の質問

コンジョイント分析のプロファイルでは、評価属性のうち、暑さ低減については提示方法による結果の差異の有無を確認するため、2通りの指標を設定した。1つは日最高気温の8月平均値が現状（2006-2009年の平均値）に比べて何度低下するか、もう1つは8月の真夏日日数（日最高気温が30℃以上の日数）が現状（同上）に比べて何日減るかを指標とした⁴⁾。生物種の増加については、鳥類種数の増加数を指標とした。浸水の緩和についても暑さ低減と同様に、10 cm程度の浸水が起きる頻度と、20年に1度レベルの雨量の際の浸水深さの2通りの指標を設定した。加えて、MWTPを算出するための貨幣単位の属性として、事業負担金属性を設けた。

プロファイルの各属性の水準を表1にまとめた（各列の第1行目が現状の水準を示す）。暑さ低減と浸水緩和はそれぞれ2通りの指標で尋ねるため、暑さ低減を日最高気温、浸水緩和を浸水頻度で尋ねた回答者群（以下、A群と記述）と、暑さ低減を真夏日日数、浸水緩和を浸水深さで尋ねた回答者群（以下、B群と記述）に分けてアンケートを実施した。また、これらの属性水準の組合せより、直交性と現実性を考慮して、現状維持プロファイルを含む24のプロファイルを作成した。ペアワイズ評定型コンジョイント分析の質問では、2つの対立プロファイルを提示して、プロファイルの好ましさを5段階で質問した。A群およびB群それぞれについて、25問ずつの質問を作成し、それぞれ5種類の調査票に振り分け、各回答者には5問ずつの質問が提示されることとした。ペアワイズ評定型コンジョイント分析の質問例を図1に示す。

また本研究においては、市民がそれぞれの暑熱緩和事業から得る効用が、各プロファイルに提示された環境属性（暑さ低減、生物種の増加、浸水緩和）だけでは説明できない可能性を検討するために、プロファイルにおいて事業名も同時に示すことにした。

(4) 調査の概要

インターネット調査会社のサービスを利用し、調査実施期間は2010年7月10日から13日までの4日間として、オンラインアンケートを実施した。東京駅周辺地区（千代田区大手町1, 2丁目、千代田区丸の内1, 2, 3丁目、千代田区有楽町1, 2丁目、中央区八重洲1, 2丁目、中央区日本橋1, 2, 3丁目、中央区京橋1, 2, 3丁目）に勤務する15歳以上の男女計500名のパネルモニタを抽出した。A群およびB群それぞれ250名から回答を得た。

表1 プロファイルの各属性の水準

A 群			
日最高気温	鳥類種数	浸水頻度	1人1年当たりの負担金
31℃	やや少ない(1-5種)	20年に1度	0円
30℃	やや多い(5-15種)	40年に1度	1,000円
29℃	多い(20-30種)	60年に1度	3,000円
28℃			5,000円
			10,000円
			20,000円
B 群			
真夏日日数	鳥類種数	浸水深さ	1人1年当たりの負担金
22日	やや少ない(1-5種)	10cm	0円
18日	やや多い(5-15種)	5cm	1,000円
14日	多い(20-30種)	1cm	3,000円
10日			5,000円
			10,000円
			20,000円

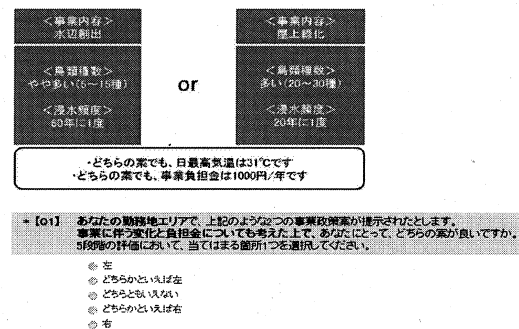


図1 コンジョイント分析の質問例

3. 調査結果の解析

(1) ペアワイズ評定型コンジョイント分析のモデル

調査結果は、ランダム効用理論に基づく順序プロビットモデルによって解析した。効用関数として、表2に示す、4属性に加え各事業に関するダミー項からなる線形モデルを設定した。ただし、保水性舗装には予め設定した環境属性以外に特別な効用が無いものと仮定し、保水性舗装のダミー変数は含めなかった。

(2) パラメータの推定結果

モデルのパラメータ推定結果を表3に示す。まず、A群における効用関数については、HOT（日最高気温）、PAY（負担金）、GRd（屋上緑化ダミー）、MSd（ドライミストダミー）の係数は1%水準で有意であった。環境属性に関しては日最高気温の低下に対して回答者は効用を感じており、屋上緑化とドライミストの実施に対しては、提示された環境属性以外にも回答者は何らかの効

表2 コンジョイント分析の効用関数

$$V = \beta_{HOT}HOT + \beta_{BS}BS + \beta_{FLD}FLD + \beta_{PAY}PAY + \beta_{GRd}GRd + \beta_{Wfd}Wfd + \beta_{MSd}MSd$$

<i>HOT</i>	日最高気温 [°C] or 真夏日日数 [日]
<i>BS</i>	鳥類種数 [種]
<i>FLD</i>	浸水頻度 [年] or 浸水深さ [cm]
<i>PAY</i>	負担金 [円/ (年・人)]
<i>GRd</i>	屋上緑化ダミー (実施しない: 0, 実施する: 1)
<i>Wfd</i>	水辺創出ダミー (実施しない: 0, 実施する: 1)
<i>MSd</i>	ドライミストダミー (実施しない: 0, 実施する: 1)
$\beta_{HOT}, \dots, \beta_{MSd}$	パラメータ

表3 パラメータ推定結果

	A 群		B 群	
β_{HOT}	-0.128	(0.000)	-0.024	(0.004)
β_{BS}	-0.005	(0.208)	-0.002	(0.332)
β_{FLD}	-0.001	(0.306)	-0.016	(0.071)
β_{PAY}	-0.299	(0.000)	-0.372	(0.000)
β_{GRd}	0.376	(0.000)	0.383	(0.000)
β_{Wfd}	0.134	(0.054)	0.093	(0.132)
β_{MSd}	0.172	(0.008)	0.237	(0.001)
α_1	-1.072	(0.000)	-1.089	(0.000)
α_2	-0.211	(0.000)	-0.286	(0.000)
α_3	0.244	(0.000)	0.222	(0.000)
α_4	1.033	(0.000)	1.033	(0.000)
BIC	3,905.1		3,920.2	
対数尤度	-1,927.6		-1,935.1	
標本数	1,250		1,250	

注) ()内は*t*分布における片側の*p*値。

用を感じていることが示された。一方、*BS* (鳥類種数), *FLD* (浸水頻度) の係数は10%水準で有意ではなく、*Wfd* (水辺創出) についても5%水準で有意ではないため、鳥類種数の増加や浸水頻度の低下は、回答者の選好に影響を与えているとは言えず、水辺創出の実施に対しては、提示された環境属性以外に回答者が何らかの効用を感じているとは言えなかった。同様に、B群における効用関数についても、*HOT* (真夏日日数), *PAY*, *GRd*, *MSd* の係数は1%水準で有意であり、真夏日日数の減少に対して回答者は効用を感じており、屋上緑化とドライミストの実施に対しては、提示された環境属性以外にも回答者が効用を感じていることが示された。一方、*BS* と *Wfd* は10%水準で有意ではなく、*FLD* (浸水深さ) も5%水準で有意でないため、鳥類種数の増加や浸水深さの低下は、回答者の選好に影響を与えているとは言えず、水辺創出の実施に対しては、提示された環境属性以外に回答者が何らかの効用を感じているとは言えなかった。

以上の結果より、日最高気温、真夏日日数のいずれの指標で質問しても、暑さ低減に対しては回答者が効用を

感じていることがわかった。一方、鳥類種数の増加や浸水の緩和については、回答者が効用を感じているとは言えず、これらの環境属性に対して回答者が無関心である可能性が示唆された。提示された環境属性以外の効用に関しては、水辺創出の実施については存在しているとは言えなかったが、屋上緑化やドライミストの実施に対しては存在していることが分かり、これらの事業の実施に対して回答者は何らかの関心や期待感を感じていることが示唆された。フォローアップの質問において、本調査を実施する以前に知っていた事業を尋ねたところ、A群およびB群を合わせた回答者500名のうち、屋上緑化事業を知っていた回答者が414名、ドライミスト事業は255名であるのに対し、水辺創出事業を知っていた回答者は126名と比較的少なかったことから、上記の解釈は支持されるものと考えられる。

(3) MWTP (限界支払意思額) の算出

パラメータ推定結果 (表3) と係数の有意性の結果をもとに、各環境影響の改善に対するMWTPを求めた。まずA群においては、日最高気温の8月平均値が現状に比べて1°C低下することに対して4,270円/ (年・人)、各環境属性の改善の他に、屋上緑化事業の実施に対して12,560円/ (年・人)、ドライミスト事業に対して5,770円/ (年・人) のMWTPがあると算出された。B群においては、8月の真夏日日数が現状に比べて1日減少することに対して650円/ (年・人)、各環境属性の改善の他に、屋上緑化事業の実施に対して10,300円/ (年・人)、ドライミスト事業に対して6,380円/ (年・人) のMWTPがあると算出された。

4. 結論

解析結果から、東京駅周辺地区の勤務者は、暑熱緩和事業に対して、屋外環境の暑さ低減を望んでいることがわかった。同時に、鳥類種数の増加や浸水の緩和に対しては価値を感じていないことが示唆された。また、環境属性の改善の他にも、屋上緑化やドライミストのような事業の実施に対して、何らかの付加価値的な効用を感じていることも示唆された。

参考文献

- 1) 気象庁 (2008) . ヒートアイランド監視報告.
- 2) 森山正和 (2004) . ヒートアイランドの対策と技術. 学芸出版社.
- 3) 大野栄治. 環境経済評価の実務. 勁草書房. 2000
- 4) 気象庁ホームページ.

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>