

2010年3月修了

ヒートアイランド現象に伴う熱中症の現状とその将来予測

環境システム学専攻 学籍番号：47-086676 氏名：茂泉 優

指導教員：吉田好邦 准教授

Keywords: UrbanHeat Island, CVM, Hyperthermia, Thermal Stress, forecast in the future,

1. はじめに

近年日本の都市部におけるヒートアイランド現象が顕著である。ヒートアイランド現象とは、都市部の気温がその周辺の郊外部に比べて異常な高温を示す現象であり、高温により自然環境が影響を受け、住民の生活や健康にも影響を及ぼす事から、近年問題視されている。人口が集中する地域で起こる現象であり、都市の規模が大きい程ヒートアイランド現象の影響も大きい傾向があると言われている。

具体的にこのヒートアイランド現象は、今日では冷房需要を増加させて二酸化炭素排出量の増大をもたらしたり、熱中症を増加させて人体に直接影響を与えたりする環境問題として認識されている。

熱中症の被害評価に関する既往研究としては、井原ほか¹⁾や Ihara, et al²⁾が、ヒートアイランド現象が顕著であり、かつ統計資料が整備されている東京都区部（東京都 23 区）全域を対象とし、東京における日気温 30℃以上延べ時間数と熱中症による 65 歳未満死亡数との関係（ただし労働災害での熱中症のみ、Ihara, et al では熱中症全体と日最高気温との関係）を定式化している。65 歳以上においては熱ストレスによる死亡リスクを、日最高気温を説明変数として評価している。さらに、他のカテゴリエンドポイントも含めて、ヒートアイランド現象による東京都 23 区の最近 20 年間（あるいは 30 年間）の高温化に伴う環境影響を貨幣換算している。一連の評価は、LIME³⁾の枠組みに従っており、カテゴリエンドポイント（ミッドポイント）である熱ストレスを、保護対象（エンドポイント）である人間健康に換算している。

夏季の高温化は、疲労感やだるさ、無気力やいらいら感など気分にも及ぼすもの、寝苦し

さなど、死亡や重症には至らない程度の健康被害を引き起こしているが、これらも軽度の熱中症（あるいは高温障害）であり、罹患数は重度の被害に比べてはるかに大きいと考えられている⁴⁾。岡野ほか⁵⁾は、軽度の障害のひとつである睡眠障害の被害をエンドポイントにて評価し、その被害が大きいことを示したが、高温化に伴う他の軽度の被害はまだ評価されていない。また、ヒートアイランドや地球温暖化に伴う夏季の高温化の将来予測をもとに、どれだけ熱中症死亡リスク及び軽度の熱中症による被害リスクが高まるのか、不確実性を考慮して評価した事例もない。

以下、軽度の熱中症を夏季の不快感とも表記する。

2. 目的

本研究の目的は、以下の 2 つである。

一つ目は、夏季の不快感を具体的に定量化する事である。具体的には、アンケートをとり、その結果をミッドポイントで評価する。その際、日最高気温（℃）と定量化困難である夏季の不快感の関係を導出する。不快感の被害量は貨幣で表現する。また、夏季の不快感に対し、夏季の行動意識や属性がどのような関連性を持っているのかも調べ、夏季の行動意識等の向上を促したい。ただし、本研究で提示するミッドポイントでの被害額の評価は、前節で述べたエンドポイントでの既往の研究結果との間で被害額を単純には相互に比較評価することはできないことを付記しておく。

二つ目は、夏季の高温化の将来予測を元に、前述のアンケートより得られる気温と不快感との関係を用いて、どれだけ夏季の不快感による被害リスクが高まるのかを将来予測の不確実性も考慮して評価する。同様に、文献 6 を元に導出された日最高気温と熱中症死亡率

の関係を用いて、熱中症死亡リスクの将来予測を行う。

3. アンケート調査

3.1 調査概要

夏季の不快感を評価するため、アンケート調査を行った。アンケートは、前半部分は主に回答者の属性（性別・職業・世帯収入など）に関する設問、後半部分は CVM に用いる設問、夏季の行動意識に関する設問によって構成されている。調査対象は東京都 23 区居住者とし、居住者の性別年代別構成に応じたサンプリングをおこなった。

CVM に用いる設問作成に当たっては、病院に搬送されない程度の、既存のデータとしては捉えられないいわば夏季における人々の不快感を調べ上げ網羅し、不快感の項目ごとにその回避のための WTP を尋ねている。その際、不快感が自力である程度温度コントロール可能な場所での事かそうでないか評価するため、不快感を覚えたのは主に自宅内か自宅外かまたは両方においてかも質問している。予定変更の回避の WTP も、夏季の不快感に含まれると考えた。

夏季の行動意識に関する設問では、室内では適切な空調設定にしているかなど、夏季の暑さ対策をきちんとしているかを聞いている。

3.2 調査詳細

調査は、2009 年度 8 月中旬～9 月上旬の中の計 15 日間、インターネット調査により実施した。できるだけ最高気温が高くかつ雨が降らない日を予測して調査日を設定した。得られた総サンプル数は 774 であり、抵抗回答を除いた 772 サンプルを解析に用いた。

文献 0 を参考に夏季の不快感を設定した。調査票は、8 種類の症状の回避、及び暑さによる予定変更事例がある場合にその回避に対する支払意思額を尋ねる質問で構成される。CVM 支払カード方式⁸⁾を用いた質問とした。具体的な症状の内容は、4.1 節図 1 を参照されたい。

各々の症状に対する支払いカード方式の価格範囲の中央値を合算し、すべての症状の質問後に『〇円支払うことにより全ての症状がなくなる。よろしいでしょうか。』として、総額に対する支払意思額の確認もおこなうよう

にした。ここで同意を得た場合、症状 8 項目を全て回避することに対する支払意思額がその額となる。同意を得られなかった場合には、再度同じ質問を提示し修正された回答を得た。

夏バテ症状 8 項目のそれぞれの質問については、前日にその症状に見舞われたかどうかと、見舞われたならば今後 1 ヶ月続くとしてそれを回避する事に対する支払意思額を尋ねている。

また、回答時の前日を対象として回答してもらうことにより、その回答日からその回答者が症状に見舞われた日が分かり、日最高気温も特定できる。また、1 ヶ月に対する回避を尋ねることにより、支払意思額を月額と見なせる。

4. アンケート解析

4.1 軽度の熱中症である夏季の不快感の現状

以下アンケート解析において、夏季の不快感症状 8 項目全てを回避することに対する一人当たり平均支払意思額 [円/月・人] が 20000 [円/月・人] 以上の回答を裾切りして得られた 715 サンプルで算出した。

以下は、夏季の不快感症状ごとの回避に対する平均支払意思額である。

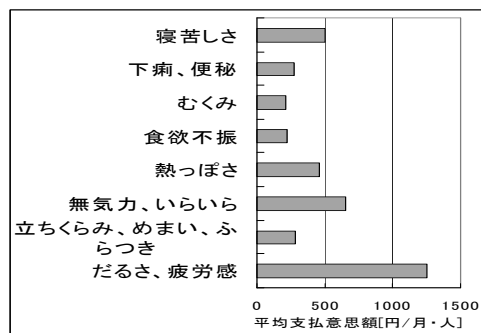


図 1 軽度の熱中症項目ごとの平均支払意思額 [円/月・人]

図 1 から、だるさ・疲労感が大きく、寝苦しさは予想とは反しそれ程大きくない結果となった。また、だるさ・疲労感や寝苦しさ以外の夏季の不快感は、それらと同程度かそれ以下の不快感がある事が言えた。

4.2 日最高気温と夏季の不快感の関係

以下図 1 に、夏季の不快感症状 8 項目全部を回避することに対する一人当たり平均支払意思額 [円/月・人] と、日最高気温の関係を示す。8 項目全てを回避する事に対する平均支

払意志額[円/月・人]が20000円以上だった回答は省き、サンプル数は全体で715、各々の日最高気温につき50程度である。日最高気温は、練馬区の気温を基準にした。

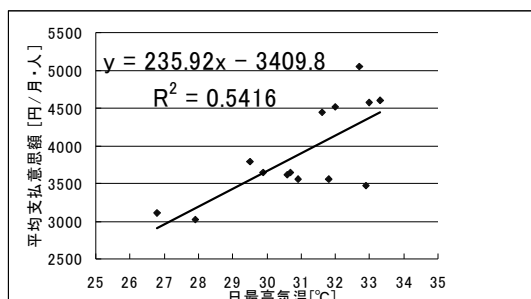


図2 日最高気温[°C]と8項目症状全ての回避に対する平均支払意思額[円/月・人]の関係

(注) 項目2~7については、気温に依らず全体の平均値を支払意思額として用いている。

事前に8項目の症状ごとに日最高気温と平均支払意思額の関係を出した結果、項目1と項目8に有意な相関が得られ、その他は有意な相関が得られなかった。なお、項目8の寝苦しさよりも、項目1の疲労感・だるさの方が日最高気温の上昇とともに平均支払意思額が高くなった。

図1は、項目1と項目8については日最高気温に対する支払意思額の平均値を、項目2~7については気温に依らず支払意思額の平均値を用いて、項目1~8の合計値を縦軸の支払意思額としている。

図1から、平均支払意思額[円/月・人]で考えると1°C上がるごとに一人当たり約240[円/月・人]高くなることになる。参考だが、東京都区部の人口を乗算する事により、東京都区部全体では、1°C上がるごとに約20億[円/°C・月・東京都区部]だけ夏場の不快感症状8項目回避に対する支払意思額が高まる事になる。つまり、東京都区部にヒートアイランド対策を導入し、その結果、1ヶ月通して日最高気温が平均1°C下がれば、約20億円だけ夏季の不快感に伴う損失が防げると言える。

5 熱中症被害リスクの将来予測

5.1 WRF及び疑似温暖化手法

WRF⁹⁾は、完全圧縮形の非静力モデルである。そのWRFに疑似温暖化手法を適用し、A2シナリオを仮定した地球温暖化による気温上昇の予測を行った。

ダウンスケールにおける疑似温暖化の手順を表1に示す。現在までの気候の境界条件は、客観解析データを用いた観測値となり、疑似温暖化手法による将来の気候の境界条件は、それに地球温暖化前後のGCMの差分を加えたものとなる。

表1 ダウンスケールにおける疑似温暖化の手法

(1)	GCMによる現在気候と将来気候の偏差(月別平均値)
(2)	客観解析データに(1)を加えて疑似温暖化データ(6時間ごと)を作成
(3)	領域気候モデルに現在の客観解析データを境界値として出力し観測データと比較、調整
(4)	(3)で得た領域モデルに(2)の疑似温暖化境界値データを入力し将来の気候予測

力学的ダウンスケーリングにより、水平解像度を3kmとした。東京都練馬区の標高は29.86mである。その他計算条件は以下の通りである。

表2 計算条件

鉛直層数	37層
時間積分	6秒
雲微物理過程	WSM-3
長波放射	RRTM
短波放射	Dudhia
地表面モデル	NoahLand-Surface Model
積雲パラメタリゼーション	Kain-Fritsch

5.2 熱中症死亡リスク及び夏季の不快感リスクの将来予測

以下図3は、計算結果による東京都練馬区の2000-2008年8月(以下現状と呼ぶ)の各日にちの日最高気温の出現頻度分布、及びその特定日がA2シナリオにより温暖化した場合の2050-2060年8月(以下温暖化後と呼ぶ)の10年間の日最高気温の出現頻度分布となる。サンプル数は各々31×9=279となる。ここで、日変化の現状の気温のデータは、10年間の平均値である。境界条件は現状の平均の客観解析データではなく、2000年代8月について年ごとに境界条件として与え、計9回計算を行っている。

現状の日最高気温平均は約30.9°C、温暖化後の日最高気温平均は約33.9°Cとなった。また

温暖化後では 40°C を超える場合も予想された。

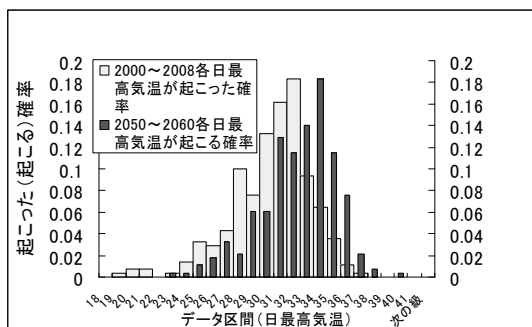


図3 各日最高気温が起こった(起こる)確率

以下図4は、文献6を元に導出された日最高気温と熱中症死亡率の関係を用い、実際に温暖化後の日最高気温にヒートアイランド現象によりさらに1°C増加したときの熱中症による死亡リスクの増分の関係となる。

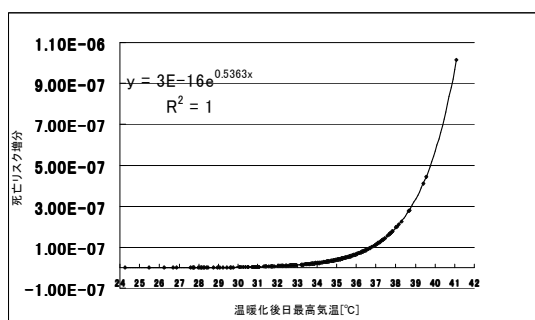


図4 日最高気温とその気温から1°C上昇した時の死亡リスク増分(人・日)

図4の結果に、現状及び温暖化後の日最高気温平均及び温暖化後一番高い日最高気温となった約40.7°Cを図4に代入し、現状との死亡リスク増分の比較を行った。結果は温暖化後は現状の約5.1倍、そして40.7°C時には約194.8倍になった。

この結果は、高温になればなるほどその状況からのわずかな気温上昇が熱中症死亡リスクに大きな影響を与える事を示唆している。

同様にして、図2で得られた結果を元に、夏季の不快感リスクを求めた。結果は1°C上昇によるリスクの増分は一定で、約7.6[円/月・人]となった。

6. まとめと提言

本研究はCVM支払カード方式を用いたミッドポイント評価で、軽度の熱中症の定量化を行った。また、WRFによる疑似温暖化手

法を用いた地球温暖化予測(A2シナリオ)結果を元に、軽度の熱中症リスク及び熱中症による死亡リスクの将来予測を行った。

高温に伴う目にはなかなか見えにくいが薄く広い夏季の不快感の被害量は大きかった。症状により日最高気温にも相関が見られた。このような不快感は他にも様々な切り口から存在すると考えられる。また、高温時からさらに気温上昇した時の熱中症死亡リスクは大きかった。

以上を通じ、ヒートアイランド現象による弊害の大きさがより詳細に示される事を期待する。そしてヒートアイランド現象対策が進む事を願う。

参考文献

- 1)井原智彦・玄地裕;被害算定型ライフサイクル影響評価手法によるヒートアイランド現象の環境影響評価,日本建築学会環境系論文第73巻第634号,1407-1415(2008)
- 2) Tomohiko Ihara, Yutaka Genchi; Environmental impact assessment of urban air temperature increase based on endpoint-type life cycle impact (part2)・Quantification of environmental impact in Tokyo, The proceedings of the seventh International Conference on Urban Climate, (CD-ROM) (2009)
- 3)伊坪徳宏・稲葉敦(編);ライフサイクル環境影響評価手法,産業環境管理協会,(2005)
- 4)国立環境研究所;温暖化に関するアンケート調査(平成15年度実施)
http://www.nies.go.jp/impact/jp_quest.html (2003)
- 5)岡野泰久・井原智彦・玄地裕;インターネット調査を用いた夜間のヒートアイランド現象による睡眠障害の影響評価、日本ヒートアイランド学会論文集Vol.3, 22-33 (2008)
- 6)小野 雅司;気候変動によって顕在化する健康へのリスク:公民の役割と対応について、
<http://www.iges.or.jp/ip/be/pdf/activity12/ono.pdf>(2008)
- 7)夏バテ防止、対策&解消法! ;夏バテの症状
<http://natsubate.x8q.net/001/ent1062.html> (2006)
- 8)栗山浩一;環境の価値と評価手法—CVMによる経済評価,(1998),57-63 北海道大学図書
- 9)日下博幸;領域気象モデルWRFについて(2009)