

名古屋都市圏の将来温暖化に伴う健康被害予測

明星大学 理工学部 環境・生態学系 4年 12t7-004 秋友勇二

指導教員 亀卦川 幸浩

1. はじめに

近年、地球温暖化によりヒートアイランド現象や気温上昇が問題となっている。東京年平均気温が著しく上昇している。それに伴い、健康影響（熱中症、 Dengue 熱等の感染症）の深刻化。東京における熱中症救急搬送車数が年々増加していることが問題となっている。それによって熱中症は社会的に認知され、様々な対策がとられている。また熱中症は気温と死亡率との関係も明確となっている。その他に気温上昇により発生する健康影響は、熱中症だけでなく「だるさ」や「眠れない」といった睡眠障害もあげられる。このように気温上昇に伴う健康影響被害は社会問題になっている。

2. 先行研究

- (1) 井原 (2011) では、東京を対象とした仮想評価法 (CVM) による支払意思額のアンケート調査に基づき熱中症よりも睡眠障害に伴う健康被害のほうが大きいとの推定がなされている。熱中症による被害額は 9.32 億円で、睡眠障害による被害額は、21.8 億円と推定された。
- (2) 内山他 (2007) では、睡眠障害に伴う「生産性の低下」、眠気のある時は男性では 40.1%、女性で 37.0%の低下を招くことも判明している。
- (3) Ihara et al. (2015) では、東京を対象に熱中症被害量を DALY (障害調整生命年) で定量化している。
- (4) 岡野 (2008) では、夜間の睡眠の質に関するアンケートを取り、そのアンケートから睡眠の質 SQIDS を使用し得点化。同得点と気温の関係性を解析し、深夜 0 時気温から睡眠障害の回帰式を提案。
- (5) 日下他 (2013) では、CVM に 2070 年代までの将来気候予測を組み合わせて、東京・名古屋・大阪の 8 月における健康被害額が推計されている。その結果、睡眠障害は熱中症に比べどの都市・いずれの年代でも 2 倍程度の被害額を示すとの予測がなされている。

3. 研究目的

先行研究では、夏季の気温上昇に伴う我が国大都市圏での健康影響として、熱中症に比し睡眠障害による被害が大きいとの推定がなされている。そこで、本研究では猛暑日の出現頻度が最多である名古屋を対象に、独自のアンケート疫学調査にもとづき、将来温暖化に伴う睡眠障害の被害量予測を行う事を目的とした。

4. 研究手法

健康被害量の推計には、「DALY」と称される指標を用いる。DALY (Disability-Adjusted Life Year) とは障害調整生命年を意味し、病的状態・障害・早死により元々生存するはずだった年数の損失分を表す。疾病負荷を総合的に示す指標として、世界保健機関 (WHO) が採用しており、定義は次式の通りである。

$$\begin{aligned}
 \text{DALY} &= \text{YLL} + \text{YLD} \\
 &\begin{array}{l} \text{早死による損失余命} \\ \text{(year of lost life)} \end{array} + \begin{array}{l} \text{障害生命年数} \\ \text{(year lost due to disability)} \end{array} \\
 \text{YLL} &= N \times L \\
 &\begin{array}{l} \text{死亡数} \\ \text{(number of deaths)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{死亡年における平均余命} \\ \text{(standard life expectancy} \\ \text{at age of death in years)} \end{array} \\
 \text{YLD} &= I \times \frac{DW}{L} \\
 &\begin{array}{l} \text{疾病の事例数} \\ \text{(number of} \\ \text{incident cases)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{重篤度} \\ \text{(disability weight)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{治癒・死亡までの平均期間} \\ \text{(average duration of the case} \\ \text{until remission or death)} \end{array}
 \end{aligned}$$

5. 研究の流れ

5.1 睡眠障害による被害量の算出

睡眠障害は、死亡にいたるほどの被害ではないので、DALY=YLD が成り立つ。よって DALY の推計のため、I (疾病の事例数) と DW (重篤度) と L (治癒・死亡までの平均期間) の 3 つが必要となるのである。以上のパラメーターを定量化する必要がした。

① I (疾病の事例数) の算出

疾病の事例数の算出には、SQIDS (Sleep Quality Index for Daily Sleep) と呼ばれる毎日の睡眠の質をアンケート得点化したものを使用した。SQIDS とは日本語版ピッツバーグ睡眠質問票 (PSQI-J) を参考に作られた毎日の睡眠の質を評価する質問票である。SQIDS の質問項目として、(1) 睡眠の質 (2) 入眠時間 (3) 睡眠時間 (4) 睡眠効率 (5) 中途覚醒 (6) 睡眠剤の使用 (7) 日中覚醒困難 の 7 項目を使用する。各 7 項目とも 0~3 点の 4 段階で評価し、合算 (21 点満点) することで睡眠を評価する (得点が高いほど悪い睡眠)。以降、この合算点を S と表す。

表 1 アンケート疫学調査の概要

調査概要	2011	2012
調査方法	インターネット調査	
調査期間	8/2~8/11	8/2~8/16
調査対象	名古屋在住の成人男女	
対象数	636 人	700 人
対象外	旅行者、鬱病・高血圧症を患っている人、睡眠剤の使用者	

アンケート結果にもとづき、アンケート回答者の居住地域における午前 0 時気温 (θ) と S 得点の関係式を回帰分析により求める。具体的には、以下の式を導出した。

$$S = S_0 + \left[\frac{\Delta S}{\Delta \theta} \right] (\theta - \theta_0) \cdots \text{式 1}$$

※when $\theta > \theta_0$

式 1 中、 $(\Delta S/\Delta \theta)$ が気温上昇に伴う S 得点の増加率（睡眠の質の低下の度合い）であり、一方 S_0 は気温に依存しないベース得点である。この得点 S_0 の回答者群の中には気温とは無関係に睡眠障害を発症する慢性的罹患者数が含まれる。この慢性的罹患者数については、先行研究（土井他, 2011）における罹患者率（28.79%）をもとに推計し、得点が S_0 の回答者群の中の慢性的罹患者について期待される S 得点の下限值 (S_L) を推定し、 $\theta \geq \theta_0$ の気温範囲で S_L を超える S 得点の回答者を気温上昇のみの影響を受けた睡眠障害の発症事例とみなした。

以上の方法による S の回帰分析結果を表 2 に示す。

表 2 回帰分析結果

	2011	2012
気温感応度 ($\Delta S/\Delta \theta$ [点/°C])	0.14	0.51
ベース得点 S_0 [点]	6.094	4.784
閾値気温 θ_0 [°C]	26.9	26.4
睡眠障害者得点 (S)	7.79	6.49

さらに、I と θ の関係式を最小二乗法により求める。この関係式は将来気候下でも成り立つものと仮定する。

下記の図 1 のような方法で、気温上昇のみの影響を受けた睡眠障害者の発生確率を正規分布より求め、閾値気温 θ_0 °C から 30°C における各気温での発生確率を平均傾き（睡眠障害者の増加割合 [Δy]) から求めた。

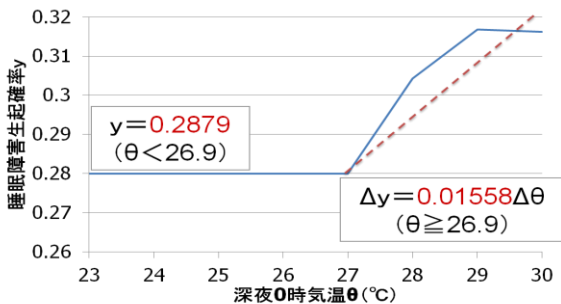


図 1 2011 年名古屋、深夜 0 時気温における睡眠障害発生確率図

この増加割合に名古屋市総人口をかけることにより疾病の事例数 (I) が算出された。

② DW(重篤度)の算出

重篤度は先行研究 Fukuda et al (2013) より 0.1 を採用した。

③ L(治癒・死亡までの平均期間)の算出

治癒・死亡までの平均期間は先行研究 Fukuda et al (2013) 罹患者期間を 1 日とした。

次に睡眠障害に伴う夏季 (8 月) 下記の式 2 を使用し実際の被害金額を算出した。

$$\sum_{i=1}^{31} \Delta y (\theta_i - \theta_0) P \cdot DW \cdot L \cdot DC$$

- θ_i 8 月 i 日における名古屋の 0 時気温
- P 名古屋市人口 (現況、2030 年、2070 年)
- DC 1 年の DALY 損失を回避するための日本人平均の支払い意思額 (1470 万円)

・・・式 2

5.2 将来予測

先行研究 (高根他, 2015) において気候シミュレーションにより推計された将来の気温上昇量を、I と θ の関係式に代入する方法で将来の I の増加量 (将来的な睡眠障害の発症事例の増加量) を推計した。

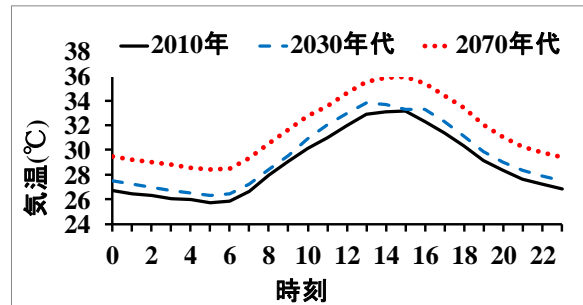


図 2 名古屋都市圏における地上 2m 気温の時刻別アンサンブル平均 (都市グリッド平均、解析期間: 8/2~8/8)

6. 解析結果とまとめ

解析の結果、名古屋では将来的に睡眠障害に伴う夏季 (8 月) の健康被害額が、2011 年は 29.7 億円、2012 年は 21.6 億円と推定された。現況被害額と比べ、名古屋の人口が現況と変わらない場合の将来の被害額は 2030 年代に 30.6 億円、2070 年代には 140.1 億円へ温暖化に伴い増加するものと予測された。但し、将来の人口減少を考慮した場合の被害額は 2030 年代に 29.8 億円、2070 年代には 107.6 億円にと止まるものと推計された。

以上の結果は、睡眠障害の被害額が熱中症死亡の倍程度に達するとの知見も勘案した場合、都市緑化等による昼間気温の低減 (熱中症対策) だけでなく、夜間の屋外・屋内気温の低減による睡眠障害対策の重要性を示唆するものである。

7. 参考文献

1. 井原他 4 名, 問題比較型影響評価手法を用いた都市気温上昇に伴う健康影響の推定, 2011, 日本建築学会環境系論文集, 第 76 巻, 第 662 号.
2. 岡野他 2 名, 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, 2008, 日本ヒートアイランド学会論文集, Vol. 3
3. Ihara et al (2015) 温暖化に伴う健康被害 (だるさ、寝苦しさ、熱っぽさ)
4. 内山他 3 名, 睡眠障害が社会に及ぼす影響と経済損失, 2007
5. 日下他 5 名, 2070 年代 8 月を対象とした東京・名古屋・大阪における熱中症および将来予測, 日本建築学会環境系論文集 第 78 巻 第 693 号
6. 高根他 6 名, 領域気候・都市気候・建物エネルギー連成数値モデルを用いた名古屋市における夏季の電力需要および温熱快適性の将来予測, 2015, 日本建築学会環境系論文集, 第 80 巻, 第 716 号