

自動車交通がヒートアイランド現象に与える影響に関する研究*

A study on influence that motor traffic gives heat island phenomenon*

石山岳瑠**・浅野光行***

By Takeru ISHIYAMA**・Mitsuyuki ASANO***

1. 研究の背景と目的

モータリゼーションの発達は、経済の発展を支え国民の生活レベルの向上に大きく貢献してきた。しかし、車への依存が高まるにつれ、都市では慢性的に渋滞が発生し、排出ガスによる大気汚染や、騒音公害などの様々な環境問題が引き起こされた。このような自動車のもたらす環境問題の一つとして、近年ヒートアイランド現象が注目されている。

ヒートアイランド現象とは、地表面被覆の人工化や、エネルギー消費の増加などが原因で、都心部の気温が郊外に比べて高くなり、健康被害などの様々な悪影響をもたらす熱環境問題である。このような現象は、東京のような大都市に限らず、中小規模の地方都市でも起こっており、各自治体レベルでの取り組みによる早急な解決が求められている。

しかし、ヒートアイランド現象についてはその大部分が研究段階であり、各都市における諸要因の影響の程度については必ずしも明確にされていない。対策を講じる上で、これら影響の程度を把握し、対策の効果を検証することは重要であると考えられる。

このような背景を踏まえ、本研究では、自動車交通がヒートアイランド現象に与える影響について、マクロ的な視点から数量的に把握することを目的とする。また、これらの結果を用いて、将来の気温にどの程度影響を与えるのかを考察する。

*キーワード：ヒートアイランド現象、自動車交通、重回帰分析

**学生員，早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻

***フェロー会員，工博、早稲田大学理工学部社会環境工学科教授

(〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1，

TEL:03-5286-3408，FAX03-5272-9723)

2. 研究の概要

本研究は、ヒートアイランド現象に関する現況を既存の研究やデータよりまとめ、影響を及ぼすとみられる諸要因について調査する。そしてヒートアイランド現象が顕著な地域として東京 23 区を選出し、23 区における影響要因と気温の時系列的な変化を捉え、その相関関係から各要因の影響を把握するモデルを重回帰分析により構築する。特に自動車交通に着目し、具体的な施策の導入による将来の気温の変化について検討し、交通によるヒートアイランド現象への寄与の程度について言及する。

3. 東京 23 区のヒートアイランド現象の概況

(1) 気温・熱帯夜

東京 23 区における年平均気温の推移と熱帯夜数の推移を示す。なお、区部の平均として、東京、練馬、新木場の三地点の平均値をとった。

図 1 より、区部の年平均気温は上昇傾向にあるといえる。過去 20 年で約 1.6 の上昇がみられる。

図 2 より、熱帯夜数も増加傾向があることが分かった。しかし、年平均気温と比べて年によるばらつきが大きい。

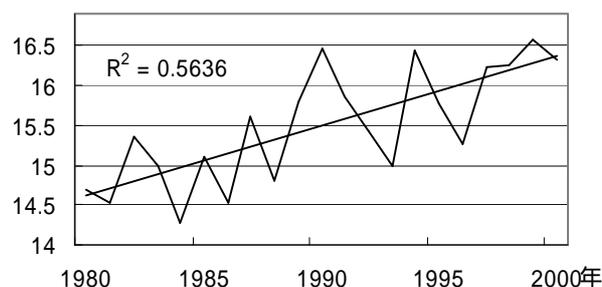


図 - 1 年平均気温の推移 (区部平均)
(アメダスデータより作成)

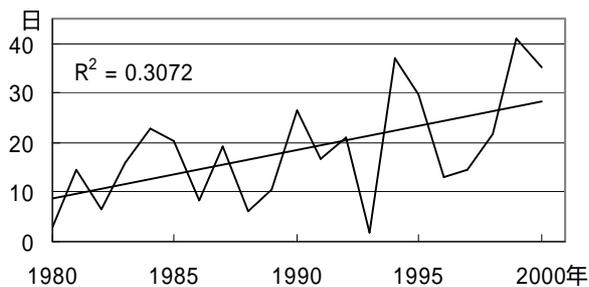


図 - 2 熱帯夜数の推移 (区部平均)
(アメダスデータより作成)

(2) 人工被覆

東京都区部における人工被覆面積の経年変化を道路面積と建物面積とについて調べた。

a) 道路舗装状況

区部における道路面積は、この40年間で、総面積で約1.7倍の伸びを示しており、舗装面積では2倍以上の伸びとなっている。砂利道は減少傾向にあり、1980年代にはほとんど人工舗装にかわっている。

b) 建物による被覆

宅地面積については住宅地区が大部分を占め、緩やかに増加している。総数では、この20年で目立った増加は見られない。

建物延べ床面積については著しく増加しており、過去40年で約4.5倍の伸びを示している。内訳を見ると、木造建築は1960年代には主流であったが、総数はほとんど変化していない。それに対し非木造建築は継続して増加傾向を示し、1980年あたりからは総面積で木造建築を上回っている。

これらより、建物による被覆は縦への伸びと、非木造化が著しく、より都市を暖めやすい形態へと転換していることがうかがえる。

(3) 人工排熱

エネルギー消費は、大きく運輸、業務、家庭、産業の部門に分けることができる。これら部門別に東京都の区部におけるエネルギー消費量の経年変化を調べた。

東京都のエネルギー消費の推移を部門別にみると、各年運輸部門が最もエネルギー消費量が多い。産業部門のエネルギー消費量は減少しており、変わって業務部門、家庭部門が伸びている。これは産業構造の変化や、生活レベルの向上によるものと思

われる。

エネルギーの種類別に消費量の推移をみると、燃料油の消費が最も大きく、次いで電力、ガスの消費が大きい。

次に、運輸部門のエネルギー消費量は自動車類総走行台キロと相関があると考えられる。区部の自動車走行台キロは、やや減少した年もあるが、全体として増加傾向である。

4. 分析

(1) モデルの構築

これまでの調査をふまえ、年平均気温と各要因との相関を表す重回帰式を構築する。その構造は下図の通りである。

$$\text{年平均気温} = \text{人工被覆} + \text{人工排熱} + \text{定数項}$$

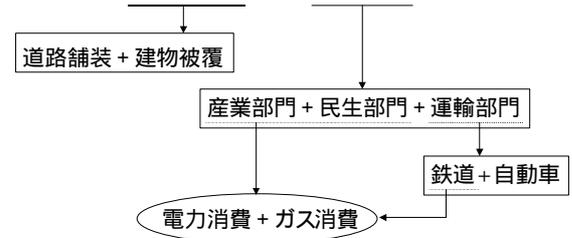


図 - 3 重回帰式の構造

(2) 目的変数

図 - 1、図 - 2 より、年平均気温のほうが、ヒートアイランド現象をよく説明するため、目的変数には年平均気温を用いる。ただし、気温は年によってばらつきが大きく、先に挙げた影響要因だけで説明しにくい。そこで過去20年(1980年~2000年)の気温推移のグラフに一次回帰近似線をひき、この線を気温上昇のトレンドと捉え、各年の値を目的変数とする。

(3) 説明変数の選択

既存研究などにより、ヒートアイランド現象に影響を与える要因として、人工被覆と人工排熱の影響が大きいと考えた。その中で、人工被覆の影響では道路舗装面積、建物面積の2要因を考え、人工排熱の影響では産業、民生(家庭・業務)、運輸の三部門で考えた。

ここで、建物面積について、階層と材質の影響が

大きいと考え、宅地面積に、係数K（K = 非木造建築延べ床面積 / 木造建築延べ床面積）をかけた。これにより、階層・材質を考慮した。

人工排熱の影響について、東京都のエネルギー消費は燃料油、電力、都市ガスの三分野で表すことができる。

都市ガスについては、消費量は著しく増加傾向にあり、特に商業用の増加が激しい。

電力消費量の推移は、著しく増加傾向にある。

(4) 重回帰分析計算結果

以上のデータより、重回帰分析を行う。

計算に用いた各データを以下に示す。

表 - 1 目的変数と説明変数

目的変数	年平均気温 (近似値)		
説明変数	人工被覆	道路面積	被覆面積合計
		建物面積	
	人工排熱	電力消費	エネルギー消費
		都市ガス消費	
	自動車排熱	走行台キロ	

得られた結果は次のようになった。

表 - 2 計算結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数
面積合計 (m ²)	1.28788E-09	0.4234
ガス・電力 (TJ)	4.47335E-06	0.4525
走行量 (千台 ^{キロ})	6.07992E-08	0.1286
定数項	12.36760144	

表 - 3 精度

決定係数	0.9972
修正決定係数	0.9951
重相関係数	0.9986
修正重相関係数	0.9976
タービントソ比	1.5955
赤池のAIC	-23.3895

これらより得られた重回帰式を示す。

$$T = 12.36760144 + 6.07992 \times 10^{-8} \times S + 4.47335 \times 10^{-6} \times E + 1.28788 \times 10^{-9} \times V$$

T : 年平均気温

S : 被覆面積合計

E : エネルギー消費合計

V : 自動車走行台キロ

これらより、人工被覆の影響は、全体の 42.1% であった。人工排熱の影響は、全体の 57.9% であった。その中でも、ガス・電気の影響は、全体の 45.0%、

自動車の影響は、全体の 12.8% であった。また、人工排熱に限ってみると、ガス・電気の占める割合は、77.9% で、自動車の割合は 22.1% であった。

表 - 4 各要因の寄与率

	標準偏回帰係数	比率 (%)	比率 (%)	比率 (%)
道路・建物	0.42339	42.1	42.1	
ガス・電力	0.45255	45.0	57.9	77.9
自動車	0.12861	12.8		22.1
合計	1.00	100	100	100

5 将来予測

(1) 対数近似による予測

以上の結果から、将来における気温の変遷を検討する。説明変数に用いた各要因の 2010 年までの将来値を対数近似により予測する。その予測値を用いて、2010 年までの気温の将来値を予測する。

各要因についてこのままの増加が続いたとき、2010 年には、東京 23 区の年平均気温は、17.41 まで上昇することが予想される。2000 年を基準とすると、10 年で約 1 の上昇である。

交通量に着目しその増加をみると、2000 年を基準として、2010 年は 1.09 倍の増加となっている。

(2) 交通施策の実施による気温への影響

これまでの研究により、東京 23 区では全影響項目のうち、自動車の影響は 12.8% であることが推測された。1980 年から 2000 年までのデータと、2010 年までの推計値から、交通面で対策を施したときにどの程度の効果があるのかを検証した。

自動車交通量の削減には、TDM など数多くの施策がある。このうち、ロードプライシングをとりあげる。

東京都ロードプライシング検討委員会の 4 つのケースでの推測効果を用いて、それら対策がヒートアイランド現象による気温の上昇にどの程度効果があるか検証する。

対象区域は以下の 4 地域であった。

ケース 1 . 環状 2 号・隅田川区域

ケース 2 . 山手線・隅田川区域

ケース 3 . 環状 6 号・隅田川区域

ケース 4 . 環状 7 号・荒川区域

ケース別の予想削減交通量と 2010 年のシミュレーション結果を以下に示す。

表 - 5 施策実施による削減交通量（12h）
（東京都ロードプライシング検討委員会資料）

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
一般道	44万台km	80万台km	95万台km	118万台km
首都高速	10万台km	41万台km	60万台km	78万台km
合計	73万台km	156万台km	197万台km	258万台km
年間削減量	26645万台km	56940万台km	71905万台km	94170万台km

表 - 6 施策を実施したときの2010年気温推測値

実施ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
2010年走行量(万台km)	20,435,260	20,132,310	19,982,660	19,760,010
2010年平均気温(℃)	17.40	17.38	17.37	17.36

この結果より、ロードプライシングの実施により、最大0.05の気温の上昇を抑えることが出来る。交通の影響から、気温の上昇を抑えるには、より一体となった施策の導入による、交通量の大幅な削減が望まれる。

（3）気温低減を目指した目標交通削減量

交通の観点から気温の低減へむけた目標削減量を設定するため、いくつかのケースを想定し、将来気温の推定値を示す。前述のとおり、2010年の交通量は、2000年を基準として1.09倍の増加となっている。2010年の時点で、この伸びを105%に抑制したとき、現状を維持し、増加が無かったとき、

95%まで削減できたとき、の3ケースに分けて検証した。その結果を以下に示す。なお、他の影響要因は、これまでと同様のトレンドを示すものとする。

走行量を現状のまま維持した場合には、何もしない状態より、0.1程度の気温低減が期待でき、95%まで削減できた場合には0.15程度の気温の低減が期待できる。

表 - 7 仮想交通量における気温の推測値

ケース	2010年における走行量	気温推測値
109%に増加	20,701,710	17.41
105%に抑制	19,883,317	17.36
現状維持	18,936,492	17.30
95%に抑制	17,989,668	17.25

6. まとめ

本研究で、都市の年平均気温と地表面被覆やエネルギー消費との関係を経年変化で捉えることにより、各影響要因の寄与率を導くことができた。

本研究で対象とした東京23区においては、自動車

の影響は、全体の12.8%であった。他の要因についてみると、人工被覆の影響は、全体の42.1%であった。人工排熱の影響は、全体の57.9%であった。その中でも、ガス・電気の影響は、全体の45.0%、また、人工排熱に限ってみると、ガス・電気の占める割合は、77.9%で、自動車の割合は22.1%であった。

これらの結果を用いて、自動車交通量の削減による気温上昇緩和への効果を試算したところ、大規模なロードプライシングの実施によって、2010年の気温上昇を0.05抑えることが出来る結果となった。

このような単発的な施策での気温上昇緩和効果はやや小さいものであり、より複合的な施策が望まれる。

また、本研究では自動車の影響を走行台kmでとらえたが、近年燃費の向上や低公害車の開発など、車両本体の改良が大幅に進んでいる。これらの改善効果を反映できなかったのは残念であり、今後の課題である。そして、このようなマクロ的、時系列的な把握によるモデルの汎用性について、他の地域で確かめる必要がある。また、これら影響の寄与率をもとにした具体的な対策手法の確立も今後の課題である。

参考文献

- 1) 環境省ヒートアイランド対策手法調査検討委員会・社団法人環境情報科学センター「平成13年度ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書」、(2001年)
- 2) 尾島俊雄「ヒートアイランド」、東洋経済新報社(2002年)
- 3) 東京都総務局「東京都統計年鑑」、(昭和35年 - 平成12年)
- 4) 大都市統計協議会「大都市比較統計」、(昭和35年 - 平成12年)
- 5) 建設省道路局編・(社)交通工学研究会「道路交通センサス」、(昭和55・58・60・63年、平成2・6・9・11年)
- 6) 資源エネルギー庁長官官房企画調査課「総合エネルギー統計」、(平成10・11・12年)
- 7) 東京都環境局「都におけるエネルギー需要構造調査報告書」、(2001年)