

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間： 2007年 ～ 2008年
 課題番号：19760405
 研究課題名（和文） 地域環境性能向上のための気候資源・既存インフラの有効活用に関する研究
 研究課題名（英文） Research on effective use of the climate resources and the existing infrastructure for the improvement in local environment
 研究代表者
 鍋島 美奈子（NABESHIMA MINAKO）
 大阪市立大学・大学院工学研究科・講師
 研究者番号：90315979

研究成果の概要：主に大阪の熱環境性能を向上させるために「気候資源と既存インフラのデータベース群」「人間活動のデータベース群」の整備をおこなった。地理情報科学分野で体系化された空間分析手法と GIS を適用することにより、気温の日変化特性にもとづいた地域類型や、気温の水平分布に関する空間的相関構造の分析、気温の形成要因の分析をおこない、地域の特徴を活かした環境改善策を提案することできた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	0	1,500,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	420,000	3,320,000

研究分野：都市気候、建築環境工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：地理情報システム、データベース、空間解析、ヒートアイランド現象、緑被率、平均連結度数、移動観測、クリギング補間

1. 研究開始当初の背景

H13年に内閣に都市再生本部が設置され、環境、防災、国際交流の観点から都市再生をめざすプロジェクトが全国的に推進されている。東京、大阪に代表される大都市圏では、質の高い都市生活を実現するために「都市環境インフラの再生」が重視され、自然環境を保全・再生・創出することにより、臨海部や市街地に水と緑のネットワークを構築し、生態系の回復や、ヒートアイランド現象の緩和を図るべきと指摘した（H13年12月第3次決定）。これを受けて、東京湾や大阪湾では緑の拠点創出計画が発表され、東京の渋谷川

や大阪の道頓堀川で再生プロジェクトが動き出している。また、H16年12月には、「都市再生事業を通じた地球温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」（第8次決定）が打ちだされ、全国13地域が対策モデル地域に指定された。「エネルギー消費合理化・排熱抑制」として、河川や地下水などの熱交換により大気中への排熱をゼロにする取り組みや、「地表面の熱環境の集中改善」として、屋上緑化や保水性舗装の推進、中水利用による道路散水などの実証実験が実施されている。

学術的な背景として、ヒートアイランド対

策技術とその評価については森山正和編著「ヒートアイランドの対策と技術」(学芸出版)でまとめられたように、地表の緑の対策、建物や道路の対策、人工排熱の対策など、多数の実測や数値計算によって対策技術の効果検証がすすめられている。また、三浦昌生らは街区の風通しとグロス建蔽率との関係を数値シミュレーションや模型実験によって検証し、風通しを考慮したグロス建蔽率の基準値を示している。東京・品川再開発プロジェクトでは、足永靖信らの風環境シミュレーションや実測が行われ、風通しのよい環境都市の実現に向けたアセスメントがおこなわれている。この様に、建築・都市環境工学分野での研究成果の蓄積により、街区の形状や表面素材などが都市の熱環境形成に大きな影響力を持つことが認識され、都市計画担当者への助言が求められる機会は圧倒的に増えている。

地域の環境性能向上に向けた取り組みは全国の既成市街地に共通の課題であるものの、その方策や手段には地域固有の最適解が存在する。地域の気候資源や既存インフラの情報を有効に活用し、環境工学分野で蓄積された研究成果を活かすためには、情報のデータベース化を進めると同時に、地域に応じた最適解(あるいは最良解)を導くための仕組みがもう一段階必要である。

2. 研究の目的

地域の環境性能向上に向けた取り組みは全国の既成市街地に共通の課題であるものの、その方策や手段には地域固有の最適解が存在する。地域の気候資源や既存インフラの情報を有効に活用し、環境工学分野で蓄積された研究成果を活かすためには、情報のデータベース化を進めると同時に、地域に応じた最適解(あるいは最良解)を導くための仕組みがもう一段階必要である。地理情報科学分野で体系化された空間分析手法と地理情報システム(GIS)を適用することにより、単なるデータベースの重ね合わせからは読み取れない地域固有の資源や課題の抽出が可能となる。本研究では、地域の気候資源や既存のインフラを有効に活用した計画を提案するために、各種のデータベースを整備し、資源や課題を抽出し、対策の最適解または最良解を導くことを目的としている。

3. 研究の方法

(1) GISによるデータベース(DB)の構築

対象地域は広域:大阪平野、中域:大阪市、狭域:新町・堀江地区である。以下に示すDBを整備した。

人間活動のデータベース群:国や自治体が無償で提供しているデータや、商用のデータを収集し、以下のDBを整備した。

広域:地形DB、人口DB、道路・鉄道DB
中域:建物用途DB(用途、構造、階数、延べ床面積など)街区形状DB(グロス建蔽率、グロス容積率)

狭域:街区形状DB(高さ方向平均グロス建蔽率)人工排熱DB(空調、交通)天空率DB

気候資源・既存インフラのデータベース群:既存の気象観測点や自前の調査により、気温、湿度、風向風速、放射環境などのデータを収集した。また、自治体が無償提供している航空写真や緑地情報を活用して緑被率データを作成した。

広域:気象観測点DB

中域:地下インフラDB、地下水DB、緑被DB(緑被率、エントロピー)

狭域:温熱環境DB(気温、路面温度、赤外放射量など)緑被DB(緑被率、平均連結度数)

(2) 実測調査

狭域の温熱環境DBを作成するため、大阪市西区新町・堀江地区(約1.5km四方)において、2007、2008年8月に定点観測と移動観測をおこなった(図1)。定点観測点は河川敷、街区公園、長堀通の中央分離帯公園に設置し、気温、湿度、風向風速、日射量、赤外放射量などの観測をおこなった。

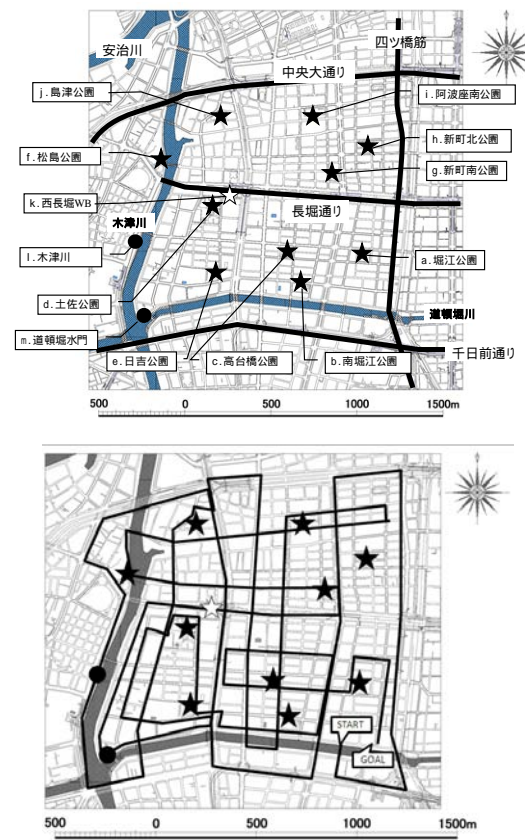


図1 狭域の定点観測点と移動観測ルート

移動観測は、自動車に気温、路面温度、日射量、赤外放射量の計測センサーを搭載し、移動しながら2秒間隔でデータを位置情報とともに記録していく方式である(図2)。8月の海風日と非海風日の日中14時半～、夕方19時半～、早朝4時～の3回実施し、各回約1時間半程度で対象地区の計測をおこなった。

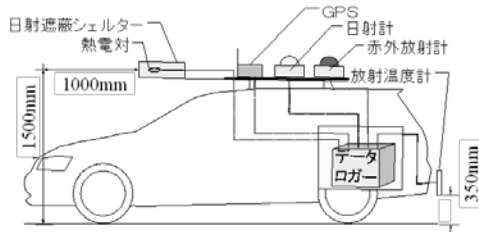


図2 移動観測車概要

(3) 空間分析

広域：大阪平野周辺の固定観測点約80点で観測された気温データを収集し、日変化特性から水平分布を分析し、地域類型をおこなう。気温の日変化特性の指標として、平均気温、最高気温、最低気温、日較差、熱帯夜デグリーアワー、真夏日デグリーアワーを用いた。主成分分析とクラスター分析により観測点を分類し、気温の日変化特性から見た大阪平野の地域類型をおこなう。

中域：大阪市全域を対象に緑地の分布状況を分析する。解像度1mの航空写真(可視、近赤外)を元に作成された緑被画像データから、緑被ポリゴンの作成や緑被率の算出をおこなった。分散と集中の程度を示す指標エントロピーや連続性の指標平均連結度数を用いて、500mメッシュデータとして大阪市域の緑被分布の特徴を整理する。

狭域：移動観測で得た気温データをもとに、地球統計学の手法を用いて気温の水平分布に関する空間的相関構造の分析をおこなう。また、その結果を反映したクリギング補間により気温の水平分布図を作成し、海風の気温上昇抑制効果などの考察をする。さらに重回帰分析を用いて、市街地における気温分布の形成要因を探る。

4. 研究成果

(1) 広域：大阪平野

2005年の夏季(6~9月)について、大阪平野周辺の固定観測点約80点で観測された気温データを収集し、日変化特性を示す6種類の指標を用いて気温の水平分布を分析し、大阪平野の地域類型をおこなった。主成分分析の結果、第1主成分は「昼間中心の気温特性」第2主成分は「深夜の気温特性」と解釈

でき、第2主成分までで累積寄与率が98%を越えていることがわかった。この構造は6~9月の夏季と8月の盛夏期で共通であった。また、8月については、62観測点の主成分得点を用いてクラスター分析を行った結果、大阪平野の観測点は5つに分類された。これらの結果を地図上に示すと、「内陸平野部」「都心部」「沿岸部」「平野周縁部」「内陸平野周縁部」と地理的特徴でも説明できることがわかった。最終的に、昼間中心の気温の高さを示す第1主成分は地形要因、深夜の気温の高さを示す第2主成分は都市化の程度に関連していることを明らかにした。

大阪市の場合、海岸線から3km程度の範囲が「沿岸部」、その他は大半が「都心部」と分類された。気温の日変化特性としては、「沿岸部」は海風の影響で日中の気温上昇が抑制される特徴があり、「都心部」は夜間の気温が下がりにくく、ヒートアイランド現象が顕著であることがわかった[雑誌論文(1)参照]

(2) 中域：大阪市

正規化植生(NDVI)画像データ(解像度1m)より、緑被率、塊状緑被率、エントロピーなどの指標を用いて大阪市域の緑被分布に関する分析をするための500mメッシュのGISラスターデータベースを作成した。エントロピーは分散と集中の度合いを表す指標であり、一般市街地エリア(グロス建蔽率約33%、緑被率は約10.9%)ではエントロピーが約3.6、中心市街地エリア(グロス建蔽率約48.5%、緑被率約3.9%)でもエントロピーは約3.5と高い値を示している。つまり、街路樹などの樹木はあるものの、まとまった緑地が少ない傾向を示している。一方で、在来臨海エリア(グロス建蔽率約18%、緑被率約7.4%)ではエントロピーが約2.5、新臨海エリア(グロス建蔽率は約11.2%、緑被率は12.3%)でもエントロピーは約2.2と低い値を示した。エントロピーという指標を用いて地域ごとの緑被分布の特徴を示すことができた。[学会発表(1)参照]

(3) 狭域：新町・堀江地区

緑被分布

市街地の夏期熱環境改善を目的として、西区堀江地域を対象に、緑被率、グロス建ぺい率を10mメッシュで算出し、GISデータベースを作成した。小林祐司らによって提案された平均連結度数C値(0 C 9)はGISを用いた分析に有効な指標であり、これを用いてオープンスペースと緑被の連続性を分析することができた[学会発表(2)(3)参照]

図3に緑被率の平均連結度数C値の分布を示す。図4は緑被率の平均連結度数C値と細街路における気温(2008年8月5日14時半

の移動観測結果)との関係を示す。大通り以外、緑の連続性(C値)が低い点は気温が高く、緑の連続性(C値)が高い点は気温が低くなった。大通りは緑の連続性に関わらず高い気温を示した。また、川沿いは海風の影響により、全体的に低い気温を示した。



図3 緑被率の平均連結度数分布

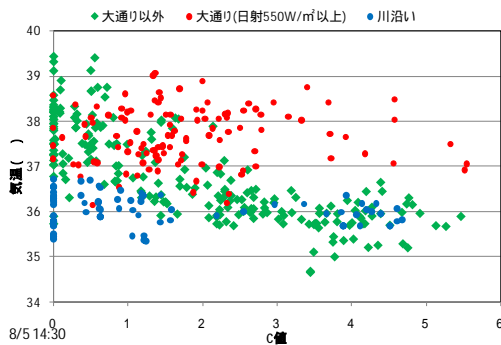


図4 緑被率の連続性と街路の気温

気温分布

堀江・新町地区での移動観測、定点観測データから気温水平分布構造を調査した結果、以下のことが明らかになった。

- ・セミバリオグラムを用いた分析によって、時間帯や風向風速の条件が変化すると、気温の相関構造が変化することがわかった。
- ・観測回ごとに相関構造を反映した重み w を算出し、空間補間をおこなった。
- ・気温の空間依存性を示す Q 値は海風日の14時半が最も大きく、レンジ(100m)の範囲外に比べて、レンジ範囲内の近接したデータ対の相関が高いことがわかった。
- ・本研究の移動観測で得られた気温データの空間代表性は100~200mであった。
- ・堀江、新町地区は海風日では夕方、早朝共に東側より西側の方が気温の低い傾向が見られた。特に、海風日夕方は西から進入する海風と風上側の木津川の影響で気温の上昇が抑制されたと考えられる。
- ・移動観測データのみを用いて公園内部の気温を推定した場合、日中に最大で約1程度

高めに推定してしまう可能性があることがわかった。

表1 標本セミバリオグラムの近似式パラメタ

日時	ナゲット(σ_0)	シル($\sigma_0 + \sigma_1$)	レンジ(σ_2)	Q値
8/2 14時半	0.08	0.35	100	0.77
8/2 19時半	0.1	0.2	200	0.50
8/3 4時	0.025	0.05	200	0.50
8/5 14時半	0.4	0.75	100	0.47
8/6 4時	0.04	0.07	100	0.43

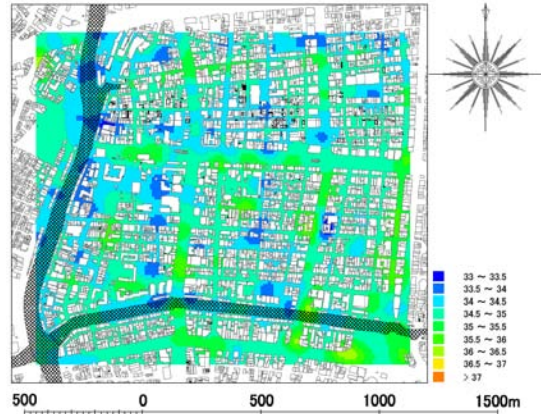


図5 8月2日14時半の気温分布図

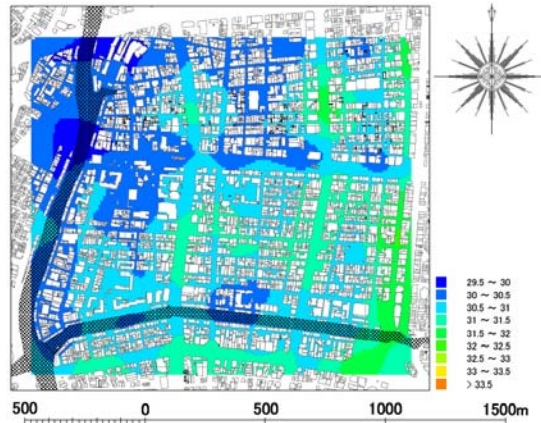


図6 8月2日19時半の気温分布図

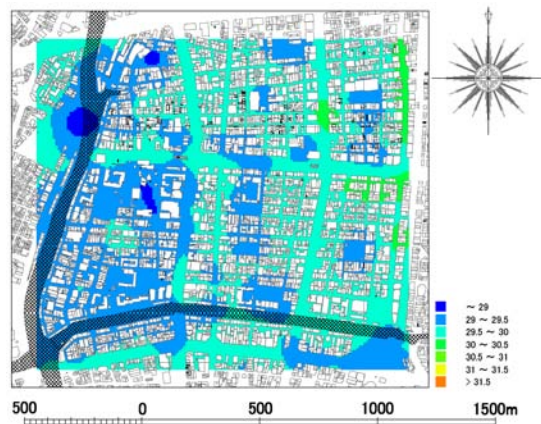


図7 8月3日4時の気温分布図

重回帰分析による気温形成要因の分析
 気温に影響を与える要因を定量的に把握するために重回帰分析を行う。

表2に説明変数の一覧を示す。移動観測の結果(気温、路面温度、赤外放射量、全天日射量)は気温のみ時刻補正をおこない、幹線道路と細街路に分類して街路ごとに平均を求めた。観測を行った8/2の15時、20時、8/3の4時、8/5の15時、8/6の4時について考察する。目的変数を街路の平均気温とし、説明変数は交通排熱、路面温度、赤外放射量、D(街路幅) H(建物高さ)、高さ方向平均グロス建蔽率³⁾、緑被率、木津川からの距離とした。ここで高さ方向平均グロス建蔽率、緑被率は対象道路を中心とし両側100mの範囲内に含まれる100mメッシュグロス建蔽率、緑被率の平均である。幹線道路の交通量は前述の通り車両感知器の交通量より求め、細街路は大阪府資料による3次メッシュコード別の発生集中交通量を用いて算出する。

表2 変数一覧

項目	変数	記号
気温	区間平均気温[]	T
交通	道路長100m範囲の交通排熱[kW]	Eht
放射環境	路面温度[]	Tr
	日射量[W/m ²]	S
	赤外放射量[W/m ²]	L
風通し	D(街路幅)[m]	D
	H(建物高さ)[m]	H
	緑被率[%]	Gc
	高さ方向平均グロス建蔽率[%]	Bc
	川からの距離[m]	Dr

説明変数間の多重共線性を考慮するため、説明変数同士の相関係数が0.7以上の変数は目的変数である気温との相関係数が高い方を変数として残した。日射量と路面温度は常に相関係数0.9と高い相関を示しており、路面温度を変数として選択した。暫定的に回帰モデル式を決め回帰係数の推定を行った後、AIC(赤池情報量基準)を用いて最適な変数を選択後、回帰係数t検定のp値が有意水準10%以下となるものを説明変数とした。8/2~8/3の15時、20時、4時における重回帰分析の結果、選択した説明変数とその標準偏回帰係数、モデルの自由度調整済み決定係数を表3、4に示す。

表3 幹線道路の標準偏回帰係数

	8/2(15時)	8/2(20時)	8/3(4時)	8/5(15時)	8/6(4時)
交通排熱	0.47	0.80	0.52	-	0.34
路面温度	0.41	-	0.31	0.25	-
赤外放射量	0.37	-	-	0.61	-
街路幅員(D)	0.52	-	-	0.55	0.39
建物高さ(H)	-	-	-	0.23	-
グロス建蔽率	-	-	0.32	-	-
緑被率	-0.37	-	0.31	-	-
川からの距離	-	-	-	-	-
調整済み決定係数	0.45	0.63	0.50	0.34	0.21

表4 細街路の標準偏回帰係数

	8/2(15時)	8/2(20時)	8/3(4時)	8/5(15時)	8/6(4時)
交通排熱	-	-	-	-	-
路面温度	-	-	-	-	0.27
赤外放射量	0.47	-	-	0.64	0.59
街路幅員(D)	-	-	-	-	-
建物高さ(H)	-	-	-	-	-
グロス建蔽率	-	-	0.48	-	-
緑被率	-	-	-	-	-
川からの距離	-	0.69	0.49	-	-
調整済み決定係数	0.26	0.44	0.68	0.41	0.70

幹線道路上ではどの時間帯も交通排熱の影響が無視できない。特に、日没後の8/2(20時)では交通排熱の影響が大きい。日中は路面温度や赤外放射量、街路幅員の影響が大きいことがわかる。日射の影響による路面温度、壁面温度の上昇が気温上昇につながっていると考えられる。また、街路幅員Dは回帰係数が正の値で選択されている。街路幅員が広いと風通しは良くなるが、日射を受ける面積が増大することの影響が大きいと考えられる。緑被率は海風日の8/2(15時)は負の回帰係数で選択されているが、逆に8/3(4時)は正の回帰係数となっており、さらなる精査が必要である。

8/6(4時)は前日の夕立の影響で分析対象地域の気温が一樣に近づいたため、自由度調整済み決定係数が0.21と極端に小さくなった。

細街路では幹線道路と異なり、交通排熱は説明変数として選択されていない。海風日の8/2は深夜まで西風であったことから、8/2(20時)、8/3(4時)においては木津川からの距離の影響が大きく、日没後は川に近い方が気温が低くなっている。8/3(4時)では高さ方向平均グロス建蔽率の影響も大きい。高さ方向平均グロス建蔽率は風通しの指標として用いられているが、放射冷却の指標にもなっていることが推察される。8/2、8/5(15時)において赤外放射量が選択されたが、路面温度は選択されていない。細街路では日中、日射の影響による路面温度の上昇より壁面温度の上昇の方が気温に与える影響が大きいと考えられる。

以上より、幹線道路では交通排熱の影響が大きいことがわかった。日中は日射の影響により路面温度、壁面温度が上昇し気温に影響することがわかった。細街路では日没後は木津川に近いほど気温が低くなることがわかった。日中は日射の影響で壁面温度が上昇し気温に影響を与えることがわかった。

(4) 温熱環境改善策の提案

上記の研究成果をふまえ、地域の気候的資源や既存インフラを活かした温熱環境改善策の提案をおこない、研究成果のまとめとする。

【広幅員の東西道路：長堀通（風通しがよく、日当たりも良い）】

(ア) 緑陰や反射材料などにより、日中の路面温度や壁面温度の上昇や蓄熱を防ぎ、海風進入による気温上昇抑制効果を最大限に活かす

(イ) 北側の歩道や公園状分離帯では枝幅の大きい街路樹を育て、緑の形態係数をあげて緑陰により体感温度の低下をはかる。ただし、道路中央部の天空率が高い場所では、放射冷却や風通しを妨げないように樹木等を配置する

(ウ) 海風進入による気温低下が夕方顕著になる場所であるため、日没直前に道路散水（打ち水）をおこなうことにより夕涼み空間が創設できる

(エ) 交差点など街路樹の新設が困難な場所では、歩行者の体感温度低下のためにミスト散布などの手段も有効である

【周辺街区：堀江地区、新町地区】

(ア) 木津川や道頓堀川に近い風下側の街区への海風進入を妨げないよう、川沿いの高層化、高密度化を防ぐ

(イ) 現存する河川敷の緑道、街区公園や神社、学校の校庭などのオープンスペースを維持保全し、さらなる緑化をすすめる

(ウ) 総合設計制度による公開空地进行を近接する敷地で連携するように誘導し、新たなオープンスペースを確保し、既存街区の風通しを改善する

【その他】

(ア) 交通排熱を上空へ速やかに排出するため、交通量の多い道路（四ツ橋筋など）は天空率を上げて換気を促進する。短期的には交通量の規制、長期的には建物壁面を後退、建物高さの規制、道路幅員の拡幅などを検討する

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) 鍋島, 西岡, 中尾: 大阪平野における夏季気温の水平分布構造、空気調和・衛生工学会論文集、140, 1~10, 2008年11月、査読あり

〔学会発表〕(計4件)

(1) Nabeshima, M., Nishioka, M., Nakao, M.: Characteristics of the green coverage in the central urban area of Osaka City, 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, pp.107-112, 2008 Oct. 6th, Germany

(2) 十倉、鍋島、西岡、中尾: 地域環境性能向上のための気候資源・既存インフラの有効活用に関する研究 その1 オープンスペース・緑の連続性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集環境系、pp.999-1000、2008年9月20日、広島

(3) 鍋島、十倉、西岡、中尾: 地域環境性能向上のための気候資源・既存インフラの有効活用に関する研究 その2 連続性評価指標「平均連結度数」の算出方法、日本建築学会大会学術講演梗概集環境系、pp.1001-1002、2008年9月20日、広島

(4) 水野、鍋島、中尾、西岡: GPSを用いた気温の移動観測その6 堀江地区の気温水平分布の夏季調査、日本建築学会学術講演梗概集環境系、pp.867-868、2008年9月18日、広島

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鍋島 美奈子 (NABESHIMA MINAKO)
大阪市立大学・大学院工学研究科・講師
研究者番号: 90315979

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: