

平成 23 年 6 月 20 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20404012

研究課題名 (和文) 中国におけるクリマアトラスを通じた都市熱環境配慮型都市開発の実現

研究課題名 (英文) Realization of urban development considering urban thermal environment based on Klimaatlas in China

研究代表者

一ノ瀬 俊明 (ICHINOSE TOSHIAKI)

独立行政法人国立環境研究所・社会環境システム研究センター・主任研究員

研究者番号：30231145

研究成果の概要 (和文)：華中科技大学と共同で、中国・湖北省・武漢市の長江兩岸地区（武昌と漢口）において再開発が想定される地域を対象に、夏季と冬季の集中気象観測、ならびに街区スケールの気流等に関する数値計算を行った。観測からは、河道上の風速が強まるのと連動し、直交する街路上の風速が強まり、同期して気温の変動が生じていることが示された。また、気象観測や数値計算の結果にもとづき、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地の整備プランを提案した。

研究成果の概要 (英文)：Numerical simulation of air flow and intensive meteorological observation in summer and winter were performed in cooperation with Huazhong University of Science & Technology, for blocks where the redevelopment was estimated in the riversides of Yangtze River in Wuhan. In the observation, temperature fluctuations and synchronized wind speed variability on orthogonal streets for the river channel clarified the fact that cool and fresh air mass penetrated to riverside blocks in synchronizing with increase of wind speed on the river channel. Moreover, "Urban redevelopment plan including the outdoor thermal mitigation plan" based on the meteorological observation and the numerical simulation was proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：熱環境、都市計画、中国、クリマアトラス、ワークショップ

1. 研究開始当初の背景

昨今、わが国をはじめ世界の様々な都市で、涼しく快適な都市環境の実現、開発に伴う夏季の暑熱緩和に向けたまちづくりを進めるため、開発の計画段階で都市気候や都市熱環境の知見を取り入れる取り組みが進められている。わが国では、これまで日本建築学会

のクリマアトラス¹ワーキンググループが中心となり、日本国内の複数の都市²を対象と

¹ 都市環境気候図ともいい、都市計画に気候調査の結果を活かすために、その重要な要点を地図上に表現したものである。効果的な風の道の確保や緑地配置を行うことにより、熱環境や大気環境を考慮したまちづくりを意識した都市計画図を作成するために活用されている。

² 神戸、北九州、仙台、長野等を対象に開催されている。

したクリマアトラスワークショップと称する市民参加型の会議を開催し、それぞれの地域に即した都市環境気候図を作成し、それを活用した都市計画について検討を進めてきた。しかしながらわが国では、経済的なメリットを最大化するための開発が主流であり、実地においてクリマアトラスにもとづき、快適な都市環境の実現への効果が検証された機会に極めて乏しく、その実現に向けた合意形成のための説得材料が希求されていた。

2. 研究の目的

中国のように行政トップの判断が民意に優先するような国家では、合意形成のための手続きは、わが国のそれにくらべ格段に簡素なものであり、行政トップが「気候変動影響緩和策」を盛り込んだ市街地の整備プランに対して理解を示した場合、関連研究の成果を反映した都市開発が実現する可能性が高いものと考えられる。

本研究は、実地でのクリマアトラスにもとづく快適な都市環境の実現の成果を、わが国をはじめとする世界各国の都市開発の現場へと還元しようとするものであり、わが国と体制・制度・自然条件の異なる中国の都市において、制度的有利性に依拠した形での新たな都市開発の方向性を模索することを目的とする。本研究において、屋外での現地観測や市街地整備プランの提案等は、華中科技大学建築・都市計画学院との共同で実施した。

3. 研究の方法

本研究においては、夏季に暑熱の著しい武漢市を調査対象都市として選定した。都市熱環境に配慮した都市開発の実現に向け、屋外温熱環境の現地観測等から得られた気温分布や気流等のデータをもとに、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランを立案し、実用化に向けて政策担当者の意向に反映する研究を進めた。

4. 研究成果

(1) 屋外温熱環境の現地観測

(1)-1: 観測条件

中国・湖北省の武漢市において、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地の整備プランを作成するため、プランに活用できる気温分布や気流等の屋外温熱環境データを収集でき、今後再開発が想定される長江兩岸に位置する武昌(800m×800m)と漢口(500m×500m)の2地区を選定し、夏季³⁾に気温・湿度、風向・風速、黒球温度、地表面温度等の現地観測を行った。

³⁾ 夏季の観測日は以下のとおりである。

武昌：4日間(2010年7月27日～7月30日)

漢口：2日間(2010年7月31日～8月1日)



図1：屋外温熱環境の現地観測地区(武昌と漢口)

(1)-2: 観測結果

観測の結果、河道沿いと周辺の気温分布や気流等について、主に以下の知見が得られた。

①河道上の空気は直交する街路にまで及ぶ

河道上の空気は周辺の市街地よりあきらかに低温で、風速も強い。また河道上の空気は、直交する街路へ200m～300mほど侵入する。

②河道上の風速が強まるのと連動し、直交する街路上の風速が強まる

河道に直交する街路上の

地点(地点2)と街区内に位置する地点(地点3)の気温変化を比較すると、図3に示すとおり、風速の強い地点2では気温の変動が大きく、風速の弱まる地点3では気温の変動が小さい。

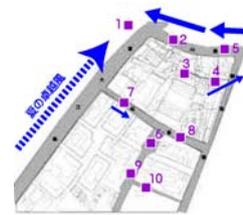


図2：調査地点(武昌)

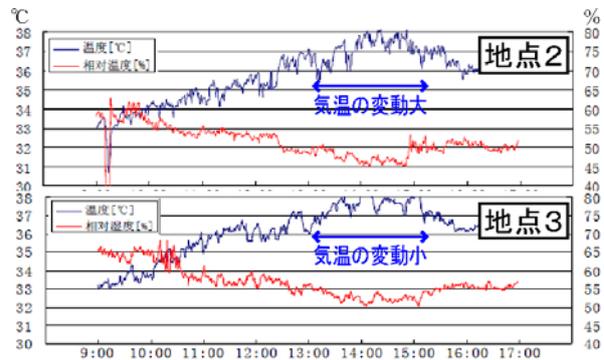


図3：武昌2地点における気温・湿度(7月30日)

③河道に近接する市街地周辺では2種類の空気の流れが存在する

河道に直交する街路周辺の気温と風向の観測結果によると、河道から冷涼な空気が吹き出されるケースと、市街地からの暖まった空気が河道側に引き込まれるケースの、2種類の空気の流れが存在する可能性が高く、この知見は都市計画やまちづくり等にかかわるプラン作成にも応用できる。

(2) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの提案

(2)-1: 設計要件

(1)の結果を活かしたヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの作成にあたり、設計要件を表1のとおり設定した。

表1:設計要件

主旨	<ul style="list-style-type: none"> 武昌と漢口のどちらかにおいて、気候条件を改善する都市デザイン、すなわち、日照と通風等の気候特性に配慮した街区設計を行うこと。 河道上の冷涼な空気を街区に引き込み、街区の熱環境の改善に有意に資するよう、街区の空間デザインや建物の向き、形態、棟間空地の関係を示すこと。
建築規制等	<ul style="list-style-type: none"> 武昌は「商業・業務地区」、漢口は「商業・住宅地区」の土地利用へ誘導していくことを想定する。 容積率は300%以上、緑地率は30%以上とする。
気象等	<ul style="list-style-type: none"> 武昌：一般風は南西・南南西、4m/s 漢口：一般風は南西西、4m/s

(2)-2: ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの提案

表1の設計要件を満たしたヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランを以下のとおり提案した。

提案A【対象地区：武昌】

設計主旨：夏季の卓越風と直交するように建物を配置し、冷涼な空気を街区に取り入れつつ、武昌の古い街並みを活かしたデザインである。商業地区では、歩行者スケールで外部空間の設計を考え、歴史的価値の高い建物と融合させ、住宅地区では緑地空間を設け、換気や日照を確保できるシステムを導入した。

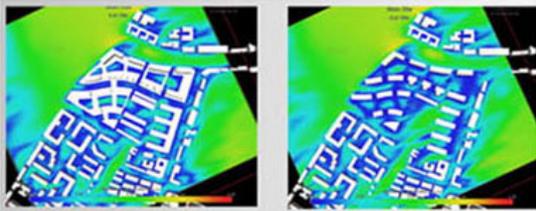
■概観図



■地上高度別風速のシミュレーション

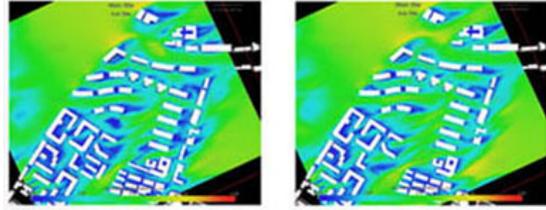
地上0m

地上5m



地上10m

地上20m



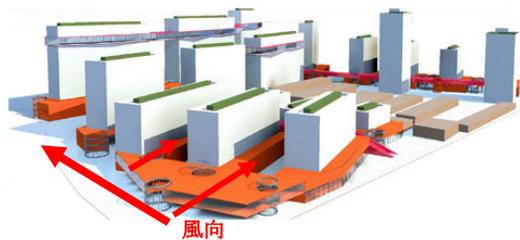
■シンプルな動線上に四季折々の景観や花を楽しめる緑地空間を創出



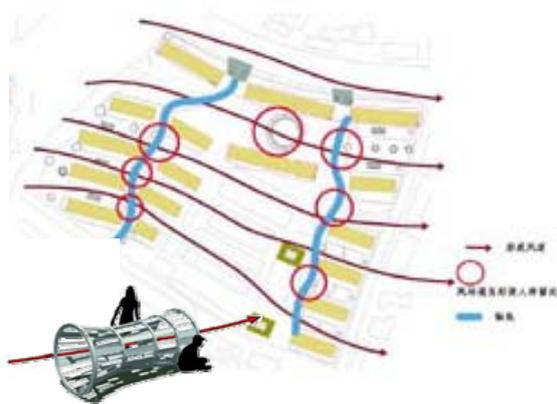
提案B【対象地区：武昌】

設計主旨：夏季の卓越風と直交するように建物を配置することで、冷涼な風を通す外部空間を形成している。建物間は歩行空間を二層にし、また建物内部の排熱を逃がすため風筒を設置し、人工的な風の通り道を創出している。

■概観図



■建物の排熱を意図して水平・鉛直方向に設置した風筒のイメージ図と設置箇所

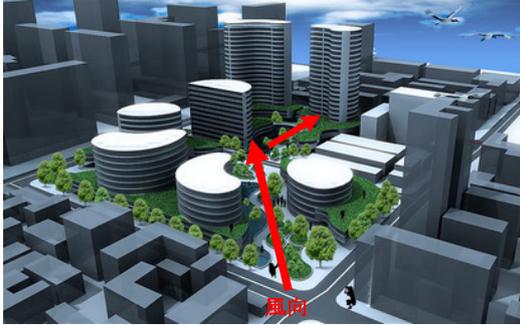


提案C【対象地区：漢口】

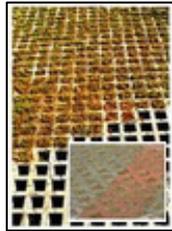
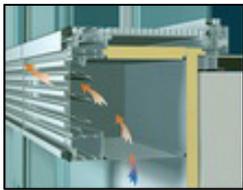
設計主旨：夏季の卓越風の方向に沿って、低

層から高層へ高さを調整しつつ建物を配置したデザインである。河道からの冷涼な空気をよりよく街区内へ運ぶため、風の通り道に水辺・緑地のオープンスペースを設置したり、屋上緑化や駐車場緑化を計画している。

■概観図



■建物内の排熱を外に逃がす装置の設置・駐車場等の緑化



■風の通り道沿いに水辺・屋上緑化・オープンスペース等を創出



(3) ワークショップの開催

提案A～Cのプランに対し、開発にかかわる市政府等の政策関係者・デザイナー・地域住民等の関係者間の合意形成を図るワークショップを開催し、プランの実用化を図った。

表2：ワークショップの概要・結果

開催日	平成23年3月5日
開催場所	華中科技大学建築・都市計画学院
出席者	関係者約160名
	①研究者
	・(独) 国立環境研究所 1名
	・東京大学 1名
	・首都大学東京 1名
	・華中科技大学 2名
	②政策関係者・設計者等
	・武漢都市計画設計院 1名
	・武漢建築設計院 1名
	・中国科学院都市環境研究所 1名
	・中国気象局北京気象研究所 2名
	③学生、地元住民等 150名

主な意見

地域毎の特性を活かしたまちづくりについて

- ・近年都市の発展に伴うエネルギー消費が増大しており、住まいの快適性を保ちながら省エネにも配慮したまちづくりは社会全体の発展に重大な意義がある。
- ・土地毎の気象の特性を活かしたプラン構築は、新たなまちづくりのモデルとして役割を果たしており、他都市の発展にも貢献する。
- ・街区・都市レベルで微気象についての科学的理論や、それを活かした設計戦略の既往知見を増やすため、一層研究を深めるべきだ。

都市の熱環境に配慮した都市開発について

- ・熱・風・日照等のシミュレーションソフトの精度をあげ、より精緻化されたデータでデザインを検討していくべきである。
- ・河道に直交した建物配置は、建物間に大きな間口を創出でき、冷涼な空気を誘引できる。
- ・河道から市街地へ徐々に高層化する建物配置は、敷地内の風環境を良好にする。
- ・夏季・冬季の両季節の快適性を得るためには、都市の東西方向の建物密度を低くし、南北方面の密度を高くすべきである。

周辺環境との調和について

- ・対象地区の南側を低層群、北側を高層群としているプランは、日照や換気の面を十分考慮しているが、周辺には悪影響の生じるエリアもあり、周辺環境もあわせた建物配置を考えていく必要がある。
- ・熱環境に配慮したまちづくりの際は、既存の歴史文化性の高い建物等との融合も検討していくべきだ。

(4) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの評価

(4)-1：快適性や利便性からみた評価指標の設定

提案A～Cのプランは、河道からの冷涼な風を活かし、都市熱環境の改善を主眼においたプランであるが、日常生活における人間の快適性や利便性等も確保されているかを評価するため、表3の指標を設定した。

表3：快適性・利便性等を評価する指標

評価指標	評価の視点
①風・換気環境	・風の流れを活かす建物配置や換気装置がデザイン化されているか。
②緑地環境	・河道沿いからの冷涼な風の効果を一層高めるための地上・屋上・壁面緑化や並木プラン等が意図的に計画されているか。
③動線環境	・風の通り道として機能しつつ歩行者にわかりやすい動線計画となっているか。風を体感できる憩いの場や公園等が設けられているか。
④地区のシンボル性	・「風を活かしたまち」が、外部にアピールできるよう、風環境を活かしたデザインが施されているか。(例)風の道がメインストリートになっている。風のゆらぎが感じられるオブジェ等

(4)-2: ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの評価

表3で設定した4つの指標により、提案A～Cの快適性・利便性を評価した。

表4: 快適性・利便性からみた評価指標による評価

快適性・利便性からみた評価	
A	<p>特長: 風を取りこむ建物配置であり、風の流れと同方向に主要道路が計画されており、わかりやすい。</p> <p>改善点: 主要道路沿いの建物が高層であり、休憩スペース等も確保されていないため、歩行者は圧迫・閉塞感を感じやすい。外部へ「武昌の古い街並みを活かした街区」としてアピールするために、ファサードの統一等により個々の建物のデザイン性を高めていく必要もある。</p>
B	<p>特長: 風を取りこむ建物配置であり、建物間にも換気装置として風筒を設置することにより、換気環境も良好であるとともに、風の流れを視覚化しておりアピール性が高い。主要動線は風の流れと直交する形でわかりやすく計画されている。</p> <p>改善点: 建物自体のデザイン性が低く、全体的に緑地や人が憩える場が少ないため、画一的な空間となっている。</p>
C	<p>特長: 個々の建物が有機的・個性的なデザインであるとともに、街区としてのまとまりがあるため、明確な場所性を持っている。風の流れに沿った主要道路に緑地・水辺等のオープンスペースを広く確保しており、行き交う人が風を体感しながら憩える場所もあるため、人の動きに配慮したデザインといえる。</p> <p>改善点: 一つ一つの建物が大きく、建物内部の利用が難しい。また採光が確保されづらくなるため、日照確保のための建物内部の設計にも検討の余地がある(トップライトの導入等)。</p>

(4)-3: 総合評価

都市熱環境に配慮した整備プランを実行した際も、人間の生活上の快適性や利便性はおおむね確保できる。しかしながら街区内に風を取り込む建物配置を優先的に検討する必要があるため、建物の設置・向きや形状・デザイン等に制限がかかりやすい。画一的な空間とならないように、敷地内では緑や花等による色彩豊かな空間の確保、風環境をデザインした仕掛け等により、変化に富み個性的な空間形成を進めていく必要がある。

(5) 成果と今後の課題

中国の都市を舞台とした屋外温熱環境の現地観測により、河道沿いの気流と気温分布に関する相互性について新たな科学的知見を蓄積することができた。また、それらの知見を活かし、快適性や利便性も確保しながら、

ヒートアイランド対策としての市街地整備プランを立案できることも検証できた。さらに、事業主体によって開発設計にあたり重点と考える項目が異なるため、熱環境改善事業の実用化に向けては、関係者同士の共同作業が重要なプロセスであることを裏づけた。

一方で、プラン化に活用する風環境や熱環境のシミュレーション結果は一層精緻化し、快適な都市の実現に資する条件を、可能な限り一般化していくことが必要であることもあきらかとなった。また、計画にあたっては周辺地域との調和を図り、デザイン面にも十分配慮した有機的な街区・都市形成を進めていくことも必要である。

1995年に発生した阪神・淡路大震災後に神戸で行ったクリマアトラスワークショップにおいて、市民等の関係者間で合意形成を図りながら実地の環境にもとづく都市計画を進めていくことの有効性を議論できたが、実際の復興には十分活かせなかった。今年3月11日に発生した東日本大震災にともない、沿岸部の都市は壊滅しており、復興計画に本研究成果が十分に活用されることを希望する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

- ① 一之瀬俊明、人と自然和諧相处的城市規劃策略(中国語)、天地人、11、6-7、2010、無
- ② 一之瀬俊明、中国環境問題的國際化与日本的學術貢獻(中国語)、ICCS Journal of Modern Chinese Studies、2、240-247、2010、有
- ③ 一之瀬俊明・鈴木一令・鈴木高二朗・清野聡子、東京湾を媒体とした熱循環による暑熱緩和効果に関する研究、地球環境研究論文集、17、1-9、2009、有
- ④ Ichinose, T. and O. Matuschek, Today`s Biometeorology for Tourism/Recreation, Global Environmental Research, 13, 79-85, 2009, 有
- ⑤ 松本太・一之瀬俊明・白木洋平・李龍太、都市内河川の大規模復元による「風の道」の効果に関する気候学的研究～韓国ソウル市清溪川を事例として～、日本生気象学会雑誌、46、69-80、2009、有
- ⑥ Matsumoto, F., T. Ichinose, Y. Shiraki, I. Harada, Climatological study of mitigation on thermal environment by a large restoration of inner-city river - A case of Cheong-Gye Stream in Seoul City, Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg, 18, 87-94, 2009, 無
- ⑦ Ichinose, T., O. Matuschek, Y. Jing, Biometeorology for Tourism/Recreation

- in Japan, Global Environmental Research, 12, 123-128, 2008, 有
- ⑧ Ichinose, T., Y. Shiraki, F. Matsumoto, J. Lu, K. Hanaki, ATTEMPT TO EVALUATE THERMAL ENVIRONMENT IN THE AREA WITH A LACK OF URBAN SPATIAL INFORMATION DATABASE, ICB, Proceedings; (CD), 2008, 無
- ⑨ 一ノ瀬俊明、都市と農村の調和した循環システム：未来都市の概念、ランドスケープデザイン、62、111-111、2008、無
- ⑩ Hsieh, C.M., T. Aramaki, K. Hanaki, The improvement of building energy use and thermal environment by countermeasures of cooling system, Proc. Sustainable Development to Save the Earth, 2008, 無
- ⑪ 泉岳樹・齋藤仁、風の道「都江堰市周辺都市気候図」、都江堰市震災復興グランドデザイン（東京大学、慶應義塾大学、西南交通大学）、41-41、2008、無

[学会発表] (計 17 件)

- ① 一ノ瀬俊明・陳宏、中国における都市熱環境配慮型都市開発の実現、日本地理学会学術大会、平成 23 年 3 月、東京
- ② 一ノ瀬俊明、「中国城市是“環境政策実験性基地”」（中国語）、自然生態系統与城市設計研討会招聘講演、平成 23 年 3 月、武漢
- ③ 中川秀治・中谷隼・栗栖聖・花木啓祐、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、土木学会第 47 回環境工学研究フォーラム、平成 22 年 11 月、高知
- ④ Ichinose, T., Urban warming and low carbon cities, International Workshop on “Impact of Asian Megacity Development on Local to Global Climate Change” (1st MOST-JST Project Meeting) 招待講演、平成 22 年 10 月、北京
- ⑤ Lei, L., T. Ichinose, H. Imura, Study on the Strategic Urban Planning and Assessment of Low-Carbon Cities; Part 4 Energy implications due to shading effect from nearby buildings and trees、日本建築学会大会、平成 22 年 9 月、富山
- ⑥ 泉岳樹・齋藤仁・中山悠・中村和彦・福本壘・佐々木龍郎・ヨコミヅマコト・片桐由希子・石川幹子、FOSS4G を活用した新たな都市計画支援ツールの開発と実践的利用に関する研究—ランドスケープデザイナーと建築家の協働を目指して—、日本地理学会学術大会、平成 22 年 3 月、東京
- ⑦ 一ノ瀬俊明、中国環境問題の国際化と日本の学術貢献（中国語）、愛知大学国際シンポジウム「現代中国の国際的影響力拡大に関する総合的研究」招聘講演、平成 21 年 12 月、名古屋

- ⑧ Ichinose, T., L.-T. Lee, F. Matsumoto, Y. Shiraki, I. Harada, Mechanism of mitigation of atmospheric environment by a large restoration of inner-city river (Cheong-Gye Stream in Seoul), ICUC-7, 平成 21 年 6 月、Yokohama
- ⑨ 一ノ瀬俊明・原田一平・片岡大祐・松本祐・久世宏明・近藤昭彦・浜田崇、都市環境気候図（クリマアトラス）の内容充実に向けた大気汚染観測による環境評価、環境リモートセンシングシンポジウム、平成 21 年 2 月、千葉

[図書] (計 4 件)

- ① Grubler, A., X. Bai, T. Buettner, S. Dhakal, D.J. Fisk, T. Ichinose, J. Keirstead, G. Sammer, D. Satterthwaite, N.B. Schulz, N. Shah, J. Steinberger, H. Weisz, Cambridge University Press, Urban Energy Systems: IN The Global Energy Assessment, 2011
- ② Blake, R., A. Grimm, T. Ichinose, R. Horton, S. Gaffin, J. Shu, D. Bader, C. DeWayne, Cambridge University Press, Urban climate: Processes, trends, and projections, pp. 43-81: IN Rosenzweig, C., W.D. Solecki, S.A. Hammer, S. Mehrotra (Eds.), Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, 286, 2011
- ③ Ichinose, T., Springer, Urban heat islands: IN Japan Environmental Council (Eds.), The State of the Environment in Asia 2006/2007, 327, 2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

一ノ瀬 俊明 (ICHINOSE TOSHIAKI)
独立行政法人国立環境研究所・
社会環境システム研究センター・
主任研究員
研究者番号：30231145

(2) 研究分担者

花木 啓祐 (HANAKI KEISUKE)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：00134015
泉 岳樹 (IZUMI TAKEKI)
首都大学東京・都市環境学部・助教
研究者番号：10336513

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

陳 宏 (CHEN HONG)
華中科技大学・建築・都市計画学院・教授