

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04819

研究課題名（和文）環境配慮型都市の実現に向けた都市環境気候図・計画指針図とデジタル環境カルテの作成

研究課題名（英文）Creation of urban environmental climate map, planning guide map and digital environmental chart for the realization of environment-conscious city

研究代表者

円井 基史（Marui, Motofumi）

金沢工業大学・建築学部・教授

研究者番号：80508341

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：環境配慮型都市の実現に向け、石川県金沢市中心市街地を対象とした上で、1）都市計画・建築設計の実務者が活用できる都市環境気候図およびそのGISデータの作成、2）実務者との意見交換会を通じた計画指針図の作成、3）タクティカルアーバニズムの提案とその一部実践としての用水を用いた道路散水実験、4）建築設計支援教材としてのデジタル環境カルテと環境シミュレーションを用いた建築設計手順書の作成およびそれらの授業活用を行なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市環境気候図に関しては、金沢市中心市街地を対象に、実測と実務者との意見交換を重ね、環境シミュレーション評価と費用対効果を含めた計画指針図を作成したこと、さらにタクティカルアーバニズムの提案のみならず、通行人への意識調査を含めた街なかでの散水実験を行なったこと等に学術的・社会的意義がある。デジタル環境カルテに関しては、敷地調査で活用できる教材を作成したこと、さらに建築設計における気候分析・ボリューム検討・室内環境評価の一連の手順書作成とそれらを用いた授業を行なったこと等に学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In order to realize an environmentally friendly city, the following were carried out in the central urban area of Kanazawa City, Ishikawa Prefecture: 1) Urban environmental climate maps and their GIS data were prepared for use by practitioners of urban planning and architectural design; 2) Planning guideline maps were prepared through opinion exchange meetings with practitioners; 3) Tactical urbanism was proposed and a road sprinkling experiment using water was conducted as part of its practice; 4) A digital environmental chart as an architectural design support material and an architectural design procedure using environmental simulation were developed and used in teaching.

研究分野：建築環境

キーワード：都市環境気候図 気候分析図 計画指針図 タクティカルアーバニズム 環境シミュレーション評価  
デジタル環境カルテ 建築設計教育 手順書

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

地球の平均気温は 100 年間で 0.7℃のペースで上昇している。世界人口の 55%が居住するといわれる都市部では、さらにヒートアイランドの影響で、より高温化が進んでいる。東京ではこの 100 年間で平均気温が 3.0℃上昇しており、0.7℃が地球温暖化、2.3℃がヒートアイランドによると考えられる。国内では 2004 年にヒートアイランド対策大綱が閣議決定され、関係各府省や地方自治体の取り組みがなされているが、熱中症搬送者数や熱帯夜はいまだ多い状況にある（例えば 2018 年 7 月 16-22 日の 1 週間で、熱中症搬送者数は全国で 23,000 人超（死者 67 人））。地球温暖化の原因は産業活動による「CO<sub>2</sub> 排出量の増加」が指摘され、ヒートアイランドの原因は「土地被覆の改変（人工化）」「人工排熱の増加」「都市形態の変化（風通しの悪化等）」とされる。これらは都市・建築のつくり方と住まい方が大きく関わっている。

本研究は、都市高温化を緩和する環境配慮型都市の実現に向け、石川県金沢市を対象とし、1) 都市計画・建築設計の実務者が活用できる「都市環境気候図」と「計画指針図」の作成、2) 建築設計支援のための「デジタル環境カルテ」の作成と設計教育での展開、を行う。都市環境気候図（クリマアトラス）および計画指針図は、ドイツのシュトゥットガルトにおいて都市計画で使用されたものが始まりとされ、日本では森山らを中心とした日本建築学会ワーキンググループで作成が進められた。ただ、国内で実際の都市計画に結びついた例は少ない。一方、建築設計に関わる「環境カルテ」は、建築家の末光らが提唱し、設計に用いている。ただし他の一般の建築設計者への認知や、その作成・使用は限定的である。

### 2. 研究の目的

本研究では環境配慮型都市の実現に向け、都市環境気候図・計画指針図およびデジタル環境カルテの作成を行う。具体的には、石川県金沢市を対象とし、1) 都市計画・建築設計の実務者が活用できる「都市環境気候図」と「計画指針図」の作成、2) 建築設計支援のための「デジタル環境カルテ」の作成と設計教育での展開を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 都市計画・建築設計の実務者が活用できる「都市環境気候図」と「計画指針図」の作成

申請者らがこれまで金沢市街で行ってきた熱環境実測、数値解析のデータを用いて都市環境気候図（気候分析図と計画指針図）を作成し、さらに地方自治体や都市計画コンサルタント、建築家などの実務者と意見交換会を重ねた上でその改善を進める。

(2) 建築設計支援のための「デジタル環境カルテ」の作成と設計教育での展開

末光らの考え方を参考にした上で、申請者らが作成する都市環境気候図を汎用 GIS ソフト上で編集し、ウェブ上で誰でも情報取得可能とするデジタル環境カルテを作成する。また同時に、申請者が所属する金沢工業大学での建築設計教育への接続と展開を行う。学生に対する試用テストを行いながら改善ならびに教材としての有効性も確認していく。

### 4. 研究成果

(1) 金沢市中心市街地における都市環境気候図（気候分析図・計画指針図）

申請者らが 2017 年度に金沢市中心市街地を対象に作成した都市環境気候図（気候分析図）をベースにした上で、気候分析図については、2018 年度以降の熱環境実測、交通量データ、人工排熱に関する数値解析、また研究期間内に作成した夏季日中の気温分布傾向図（図 1）を追加し、さらにそれらの閲覧・操作性を高めるため GIS データを整備した（図 2）。一方で、気候分析図をもとにまちづくりアドバイスを行う計画指針図について、行政やまちづくり実務者との意見交換会（図 3）を重ねた上で、環境シミュレーション評価と費用対効果を含めた指針図とその具体策資料を作成した（図 4）。また意見交換会で提案されたタクティカルアーバニズム（低コスト・短期的な小さな社会実験を行いながら、長期的なまちづくりの変化へ繋げる手法）の金沢型を提案し（図 5）、その 1 つとして用水の利活用と暑熱環境緩和を目的に、街なかで用水を用いた道路散水実験を行い、通行人への意識調査も行なった（図 6）。

これら地域に密着した都市環境気候図（クリマアトラス）の研究としては神戸市、横浜市などが類似事例として挙げられる。今後の展望としては、地方自治体や地域とより連携し、タクティカルアーバニズムのような実践を進めることが望まれる。

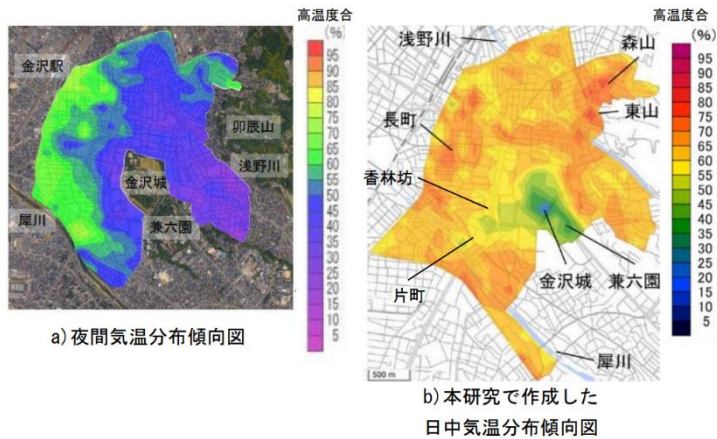


図1 実測により作成した夏季夜間・日中の気温分布傾向図

(a) 気候分析		
要素	名前	エリア
背景地図	行政地図	世界全域
	標準地図	
	淡色地図	
	白地図	
建物情報	航空地図	金沢市全域
	建物用途別現況図	
熱環境	建物構造別現況図	金沢市中心市街地
	建物階数別現況図	
	日中人工排熱	
	夜間人工排熱	
	日中気温傾向図	
	夜間気温傾向図	
風環境	夜間道路敷水前後気温分布	香林坊・片町周辺
	夜間気温分布	香林坊周辺
風環境	海陸風シミュレーション	金沢市中心市街地
	冷気流シミュレーション	香林坊周辺
(b) 計画指針		
熱環境	夜間道路敷水前後気温分布	香林坊・片町周辺
風環境	冷気流シミュレーション	香林坊周辺

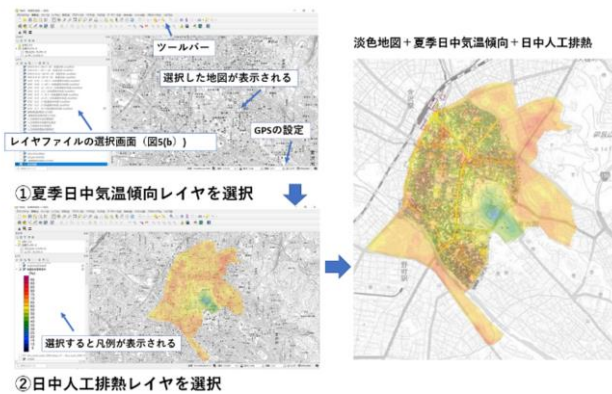


図2 作成した気候分析図のGISデータ



図3 まちづくり実務者との意見交換会



図4 作成した計画指針図と環境シミュレーション解析の例



図5 金沢型のタクティカルアーバンイズムの提案



図6 タクティカルアーバンイズム実践としての用水による道路敷水実験と通行人への意識調査

なお、得られた具体的な結果・知見および今後の課題を以下にまとめる。

- ① 夏季日中の気温分布実測および気温分布傾向図について、各実測での最高気温（東山周辺）と最低気温（金沢城森林内）の差の平均は約 5.3℃あり、最大で約 6.5℃の差が認められた。気温分布傾向図から日中は金沢城や兼六園の緑地による冷却効果は夜間ほど広範囲に影響を与えておらず、緑地付近の狭い範囲のみで冷却効果が確認された。WBGT 実測において日による地点の傾向はみられたが、全体を通すと気温・WBGT の高低に関して地点による傾向はみられなかった。限られた気象条件内であるが、金沢市中心市街地の夏季の気温と WBGT との関係性を把握した。
- ② 気候分析図について、既往研究データを追加した上で、熱環境・都市情報を自由に重ね合わせられる GIS データを作成した。PC 上で地図情報の拡大、透過度の調整、背景画像の変更等が可能となり、熱環境の現況とその要因データを合わせてみることができる。今後の課題として、3 次元データの利用、各データの解像度や閲覧性の向上、解説書の作成などが挙げられる。
- ③ 計画指針図について、日中高温化対策、冷気流誘導、人工排熱削減、緑地・河川保全等を盛り込んだ指針図とその具体案を提示した。またそれらを用いて実務者らと意見交換を行い、まちづくりにおける計画指針図の一定の有用性を確認した。さらに夏季の日中高温化エリアと夜間冷気流誘導エリアを対象に、具体策とその妥当性を、気温低減効果と費用対効果の面で検討した。なお、日中高温化対策の気温低減効果については文献値を用いたが、気象条件や空間特性に影響を受ける。冷気流の数値解析について、より物理現象に則した数値モデルが望まれる。また自動車の影響が考慮されていない。これらは今後の課題である。
- ④ 地域性を考慮したタクティカルアーバニズムの具体案を提示し、さらにその一部実践として用水を活用した散水実験と熱環境実測、通行人の意識調査を行なった。今後は、まちや気候の変化を把握するモニタリング手法の検討や、市民の意識・行動の変化を促すタクティカルアーバニズムの実践を進める。

## (2) デジタル環境カルテと環境シミュレーションを用いた建築設計支援教材

金沢市で作成した都市環境気候図(気候分析図)データをもとに、建築設計における敷地調査、さらに大学での建築設計教育での活用を見据え、GIS ソフトを用いたデジタル環境カルテの 3D ビューアー、動画教材、解説書を作成した(図 7)。さらに建築設計教育における次の展開として、環境シミュレーションを用いた建築設計支援教材を作成した。具体的には、対象敷地の気候分析、建物ボリューム検討、室内環境評価といった一連の設計プロセスにおける分析・評価の手順書を作成した(図 8、9)。また授業で活用し(図 10)、それらの有用性を確認するとともに、改善を図った。

デジタル環境カルテのような 3D ビューアーによる情報の可視化研究の事例はあるが、大学授業での実践活用はあまり例がない。また建築設計の気候分析、建物ボリューム検討、室内評価の一連の流れにおいて環境シミュレーションを用いた授業の実践も例がなく、先駆的であるといえる。

	3Dビューアー(GIS)	動画コンテンツ	環境設計の手引き(PDF)
図(抜粋)	 <p>冬季表面温度分布 風向風速分布</p>  <p>建物構造種別 日影分布</p>	 <p>気流アニメーション</p>  <p>敷地紹介 使い方説明</p>	 <p>風環境情報</p>  <p>熱環境比較 ビューアーの使い方</p>
主眼・位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D建物モデルと風・熱環境情報等を360°から確認可能</li> <li>PC上で操作可能な自由度の高いツール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光・風環境のアニメーションを収録し、3Dビューアーだけでは分かりにくかった情報が分かるように</li> <li>3Dビューアー内の情報をスマホでも手軽に閲覧が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dビューアー内の風・熱・光環境を静止画像として掲載</li> <li>PC、スマホに加えて紙面でも利用可能</li> </ul>

図 7 作成したデジタル環境カルテに関する教材

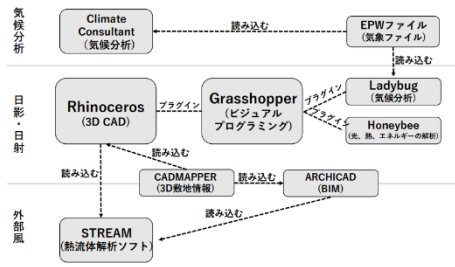


図8 気候分析と建物ボリューム検討で用いるシミュレーションソフトの相関図

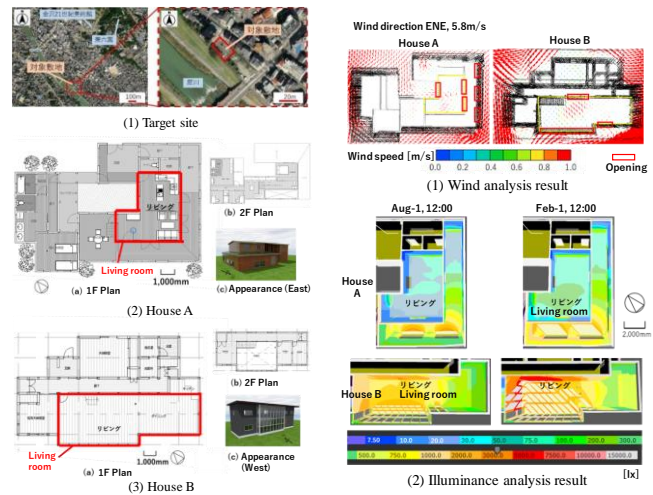


図9 作成した室内環境評価手順書の一部

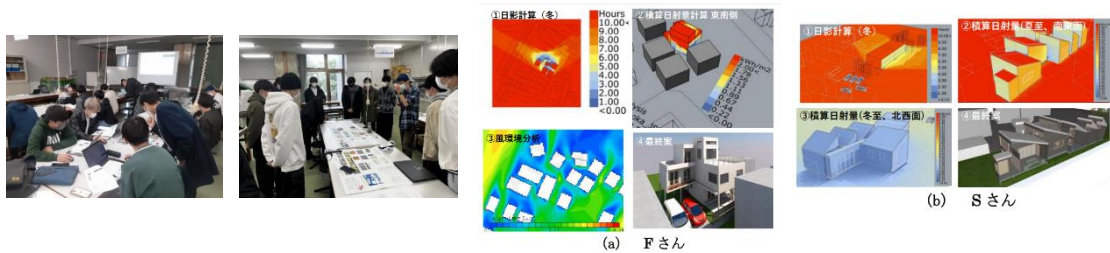


図10 本研究で作成した教材を活用した建築設計演習授業の様子と学生成果物の一部

なお、得られた具体的な結果・知見および今後の課題を以下にまとめる。

- ① 建築設計における敷地調査での活用を想定したデジタル環境カルテについて、対象敷地周辺における建築設計に関する基本情報と、既往研究で得られた風環境解析結果、気温分布実測データ、建物表面温度解析結果等をGISソフト上で統合した3Dデジタル環境カルテを作成した。授業での使用感調査結果などを踏まえ、3Dビューアーでは風環境の気流表現改善を行なった。またスマートフォンでの利用を可能とするため、動画教材およびPDF・紙面で閲覧できる解説書を作成した。使用感調査により一定の有効性は確認されたが、受講学生による使用率が低いのが課題である。
- ② フロントローディング概念に沿った建築設計を行うため、気候分析、建物ボリューム検討、室内環境評価に着目した上で、環境シミュレーションを用いた建築設計の手順書を作成した。ボリューム検討における解析項目としてRhinoceros、Grasshopperを用いた日影と積算日射量の計算、STREAMを用いた外部風計算の3つを選定した。室内環境評価については、中間期の通風、年間を通じた昼光利用、夏季の日射遮蔽、冬季の日射熱取得の4点に着目した解析評価方法・基準・プロセスを提案し、それらを示した手順書を作成した。また、これらを用いた授業を展開し、使用感調査により一定の有用性を確認した。ボリューム検討部分においては評価基準が示されていないこと、室内評価においては日射を照度で評価していること、床面積割合による基準の妥当性などが今後検討すべき課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 円井基史
2. 発表標題 計画指針図における具体策の数値解析と費用対効果による評価 金沢市における地域気候特性を考慮したまちづくりに関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 円井基史
2. 発表標題 初学者に向けた建築設計における環境評価手順書の作成
3. 学会等名 日本ヒートアイランド学会第16回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 円井基史
2. 発表標題 環境配慮型まちづくりに向けた計画指針図の作成 - 地方自治体の関連部署および専門家との意見交換 -
3. 学会等名 日本ヒートアイランド学会第15回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤優至、円井基史、大音師洋実
2. 発表標題 建築設計支援を目的とした3Dデジタル環境カルテの作成
3. 学会等名 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金沢環境カルテ  
<https://maruilab.wixsite.com/mysite/3d>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------