

都市温暖化緩和のための都市環境デザインガイドラインの作成：広島市都心部における専門家協働ワークショップ実践とアドバイスマップ作成

課題責任者

田中 貴宏 広島大学大学院先進理工系科学研究科

著者

横山 真*¹, 井上 莞志*², 田中 健太*², 田中 貴宏*³, 松尾 薫*⁴, 杉山 徹*⁵, 吉原 俊朗*⁶

*¹ 福山市立大学都市経営学部, *² 広島大学大学院工学研究科, *³ 広島大学大学院先進理工系科学研究科, *⁴ 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科, *⁵ 海洋研究開発機構付加価値情報創生部門, *⁶ 中国地域創造研究センター

本研究では地球シミュレータを用いた都市熱環境の大規模数値計算の結果から都市温暖化緩和に配慮した都市づくり実現のために、「どのようなエリア」に「どのような都市環境デザイン」を用いれば良いかを示す「都市環境デザインガイドライン」を国内のいくつかの都市域を対象として作成することを最終目的とする。本稿では都市温暖化が進む広島市都心部（以降、都心部）を対象に MSSG を用いて熱環境特性を面的に把握し、ゾーニングと対策方針の作成を行った。さらにこれらの結果を提供情報の 1 つとした専門家協働ワークショップを実践し、適材適所の都市熱環境デザイン導入を支援するアドバイスマップを作成した。

キーワード：都市温暖化, MSSG, ワークショップ, 計画支援ツール, 環境配慮都市

1. はじめに

近年、都市ヒートアイランド現象と地球温暖化に伴う都市温暖化が各地の都市域で見られ、これらの影響に配慮した都市づくりが求められている。都市温暖化対策には多数の手法が存在するが、効果的な対策は対象地の気候特性により異なるため、気候特性を踏まえた適材適所の対策導入が重要である。そこで本研究では地球シミュレータ上の大気海洋結合モデル Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment²⁾ (MSSG) による都市熱環境の大規模数値計算の結果を用いて対象エリアの高温域および気候特性を広域かつ高解像度に把握し、この結果をベースに「どのようなエリア」に「どのような都市環境デザイン」を用いれば良いかを示す「都市環境デザインガイドライン」を国内外のいくつかの都市域を対象として作成することを最終目的としている。

本稿では都市温暖化が進む広島市都心部（以降、都心部）を対象に MSSG を用いて熱環境特性を面的に把握し、ゾーニングと対策方針の作成を行った。さらにこれらの結果を提供情報の 1 つとした専門家協働ワークショップを実践し、適材適所の都市熱環境デザイン導入を支援するアドバイスマップを作成した。

2. 熱環境特性に基づくゾーニングと対策方針作成

MSSG を用いて図 1 に示す都心部を対象に空間解像度 2m で都市熱環境の数値計算 (LES) を行った³⁾。なお数値計算は東西の 2 領域に分けて行った。対象日は晴天日であった 2020 年 8 月 21 日 13 時～14 時とし、後半 30 分の結果を分析に用いた。大気境界条件には MSSG による気象計算の結果 (100m 解像度) を用い、地表面条件は広島市の都市計画基礎調査 GIS データ等を基に作成した。

図 2 に計算結果の一例として平均気温・風速の水平分

布図を示す。広幅員の南北道路や東西道路の北側で高温域が生じている。またスーパーブロック内に位置する道路幅員の小さい建物密集エリアの気温が高く、風速は小さい。これは高密度化による風通し悪化の影響と考えられる。

都心部を利用する人々への影響を考えると、本通り周辺エリアで人通りが多く、多数の人が高温環境下に曝されているため、このエリア内の広幅員街路における日陰づくりや、建物密集街区における風通し改善策の導入が必要と考えられる。

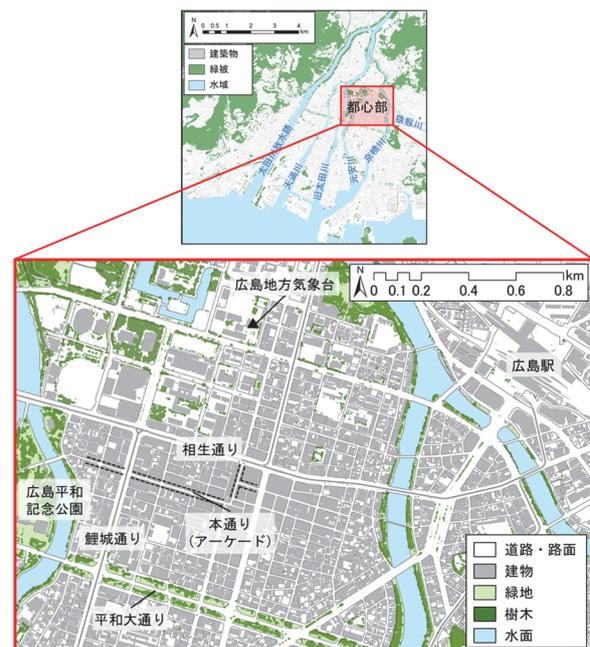


図 1 広島都心部

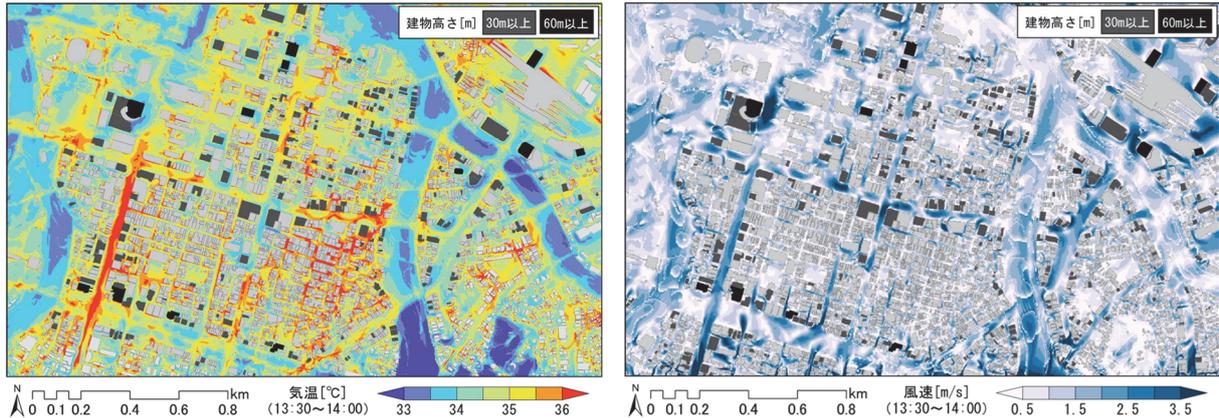


図2 計算結果 (左：地上気温の水平分布、右：地上風速の水平分布)

以上の数値計算結果を踏まえ、都心部のゾーニングを行った。具体的には、対象エリアを200mメッシュに分割し、気温の形成要因分析より抽出された「街路幅員」と「緑量」を説明変数としたクラスター分析の結果に基づいてメッシュを分類した³⁾。また幅員の大きい南北大通りおよび東西大通りはそれぞれ別のゾーンとして分類した。各ゾーンの分布を図3に示す。さらにこれらの各ゾーンに対して、対策方針をそれぞれ作成した。これらの検討結果をまとめたものを表1に示す。なお対策方針の内容は形成要因分析の結果から①緑に関するもの、②風通しに関するものを、気温およびWBGTの水平分布の傾向から③日陰に関するものをそれぞれ作成した。また各ゾーンにおける典型的かつ対策導入が望まれる具体的な対象として、モデル街区をそれぞれ設定している。

3. 専門家協働ワークショップによる対策デザインメニュー抽出と熱環境改善都市モデル作成

前章で作成した対策方針のリストを基に、今後各ゾーンで導入が考えられる対策の具体的な配置やデザインを抽出するため、都心部の都市づくりに携わる専門家を参加者とした協働ワークショップ(以降、WS)を実施した。表2に概要を示す。WSは2回実施し、1回目に各ゾーンの対策デザインメニュー抽出を、2回目に熱環境改善都市モデル作成をそれぞれ行った。以下に各回の流れを示す。

第1回WSでは、熱環境特性の異なる各ゾーンに対して、現実的な(今後10年間で導入可能な)対策デザインメニューの抽出を行った。具体的には、まず①熱環境現況マップ(地上気温・風速の数値計算結果)、②熱環境特性ゾーニングマップ(図3と表1の組み合わせ)、③社会環境マップ集(歩行者量、街路幅員、オープンスペース、駐車場、建物高さ、街区建蔽率、密集街区、築年数、緑地)を印刷したものを提供し、これらの内容の説明を行った。次に各ゾーンのモデル街区(表1参照)の白地図(A1サイズ)をベースマップとして提示し、各種地図を参照しつつ意見交換しながら対策デザインメニューの抽出を進めた。結果として、6ゾーン合計で59個の対策デザインメニュー(例えば、打ち水電車や建物1階部のピロティ化等)が具体案とともに抽出された。

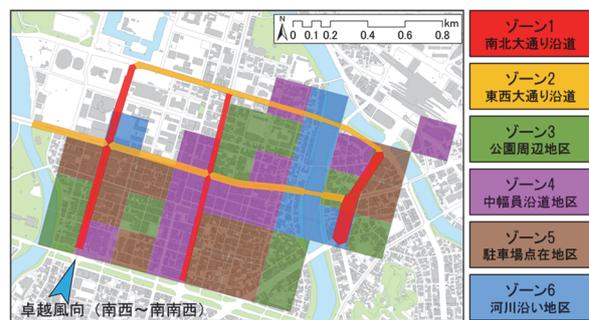


図3 都心部のゾーニング結果

表1 各ゾーンの特性・評価・対策方針

	モデル街区	特性		評価			対策方針
		緑量	幅員	建物高さ	気温	風速	
通り	ゾーン1	少ない	大きい	高い	高い	良い	日射が多い A' : 緑を増やす B : 吹いている風を活かす C' : 日陰づくり
	ゾーン2	少ない	大きい	高い	高い	比較的悪い	日射が多い(特に北側) A' : 緑を増やす B' : 風通しを良くする C' : 日陰づくり(北側等)
地区	ゾーン3	比較的多い(公園)	小さい	比較的低い	低い(公園)	悪い	日陰が多い A : 緑の活用と整備 B : 吹いている風を活かす C : 日陰の活用
	ゾーン4	基本通り周辺	少ない	比較的大きい	比較的低い	高い	比較的良い A' : 緑を増やす B : 吹いている風を活かす C : 日陰づくり
	ゾーン5	西平塚町周辺	少ない	小さい	低い	高い	悪い A' : 緑を増やす B' : 風通しを良くする C : 日陰づくり
	ゾーン6	京橋川河川敷	多い(河川敷)	小さい	比較的低い	低い	良い A : 緑の活用と整備 B : 吹いている風を活かす C : 日陰の活用

表2 WSの開催概要

	第1回		第2回	
	日時	2021年1月19日(火) 19時~21時	日時	2021年2月3日(水) 19時~21時
場所	KIRO広島 by THE SHARE HOTELS			
参加者	<ul style="list-style-type: none"> 建設コンサルタント(2名) 都市環境・建築デザイン(1名) シンクタンク(1名) ランドスケープデザイン(1名) 地域コミュニケーションデザインを専門とする大学教員(1名) 都市気候を専門とする大学教員(1名) 			
内容	<ul style="list-style-type: none"> メニュー抽出支援地図集の説明 広島市都心部の各ゾーンを対象とした対策デザインメニューの抽出 			
様子				

第2回WSでは、人通りが多い本通り周辺に位置するゾーン2（東西大通り沿道）とゾーン3（公園周辺地区）を取りあげ、これらのモデル街区（ゾーン2：相生通り沿道、ゾーン3：袋町公園周辺）における熱環境改善都市モデルの作成を行った。具体的には、まず第1回WSで抽出された対策デザインメニューをまとめ、MSSGによる数値計算で導入効果（気温、表面温度、温熱指標の改善効果）を検証した結果と併せて提供し、内容の説明を行った。次に2つのモデル街区の白地図（A1サイズ）をベースマップとして提示し、参加者で意見交換しながら対策デザインメニューの具体的な配置案を白地図上に記入した。ゾーン2（相生通り沿道）の成果物を図4に示す。ここでは主に8個の対策デザインメニューが採用され、それぞれ配置された。配置案を考えていく過程の中で、複数の対策デザインメニューの相乗効果を狙った提案がいくつか見られた。これらの検討結果を両モデル街区における熱環境改善都市モデルとした。



図4 第2回WSの成果物（相生通り沿道）

4. アドバイスマップの作成と有効性評価

前章までの成果をもとに適材適所の都市熱環境デザインを支援するアドバイスマップを作成した（図5）。これは①地区スケールの熱環境特性ゾーニングマップ、②対策デザインメニュー、③熱環境改善都市モデルから構成される。さらに前章で作成した熱環境改善都市モデルを対象にMSSGによる数値計算を行い、現状モデルとの比較を通してその対策効果を検証した。図6に結果の一部を示す。対策を施したゾーン2の相生通り内では平均気温が0.24℃下がり、局所的には約1～2℃気温が低下した。また暑さ指数WBGTは、樹冠下などで約2～3℃低下し、熱環境改善の有効性が確認できた。

最後に有効性評価として、都心部の都市づくりに携わる民間事業者および行政関係者を対象としたヒアリング調査を行い、作成したアドバイスマップの活用方法や改善点を抽出した。以下に結果の一例を示す。

- (1) エリアマネジメントにおいて、ステークホルダー合意による計画策定を行う際に、エリアの価値向上（熱環境改善）に向けた一つのエビデンスとなる。対策デザインメニューや対策モデルが直感的にイメージしやすいことから、熱環境改善を考えるきっかけとして有効。今後、コストや事例、効果が詳細に示された「アドバイスマップ詳細版」が必要。
- (2) 行政のフレームワークプランとして「アドバイスマップ」を位置付け、ラベリング等を行うことで、熱環境改善策を取り入れた都市環境デザインを民有地に反映させることが可能。また、総合設計制度の許可基準に熱環境改善項目を組み込むことも可能。
- (3) 行政の緑地配置計画の根拠となる（従来は、誘致距離を根拠）。

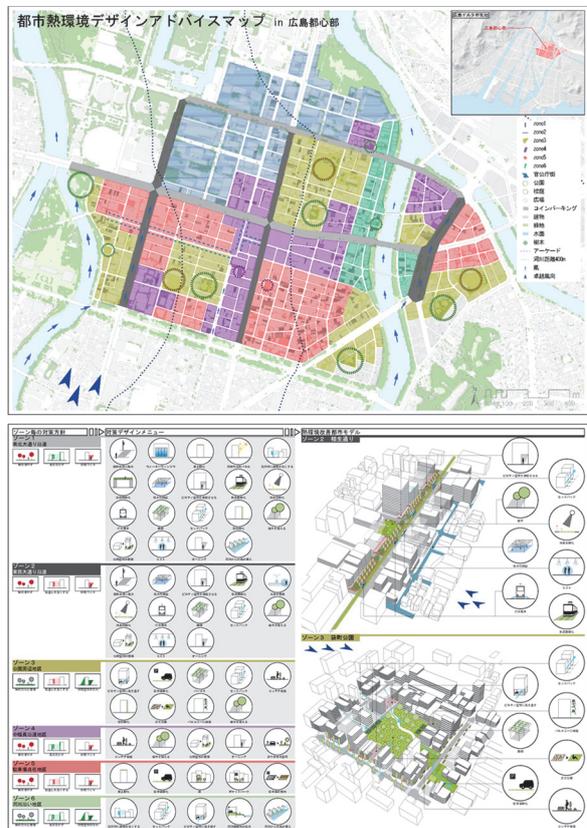


図5 適材適所の都市熱環境デザインを支援するアドバイスマップ（広島都心部版）

4. おわりに

本稿では広島市都心部を対象とし、MSSGによる都市熱環境の数値計算結果を基にゾーニング、対策方針作成、専門家間協働ワークショップをそれぞれ行い、適材適所の都市熱環境デザイン導入を支援するアドバイスマップを作成した結果について報告した。

広島都心部を対象とした今後の展開としては、他ゾーンにおける検討や対策コスト等を含めた詳細版のアドバイスマップ作成が必要と考えている。

謝辞

本研究は、(公財) 中国地域創造研究センターと広島大学の共同研究「夏季の都市熱環境改善のための都市緑地デザインに関する研究—広島都市部の人通りを考慮して—」及び JSPS 科研費 (20H02331、20K14913) による成果の一部である。大規模数値計算には(国研) 海洋研究開発機構の支援により、地球シミュレータ及び大型計算機システムを用いた。また広島市都市整備局より、都市計画基礎調査関連のデータをご提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

文献

- 1) 日本建築学会編, ヒートアイランドと建築・都市—対策のビジョンと課題, 日本建築学会, 2007.
- 2) Takahashi, R. Onishi, Y. Baba, S. Kida, K. Matsuda, K. Goto and H. Fuchigami, "Challenge toward the prediction of typhoon behavior and down pour", Journal of Physics: Conference Series, vol.454, no.1, 2013.
- 3) K. Matsuda, R. Onishi and K. Takahashi, "Tree-crown-resolving large-eddy simulation coupled with three-dimensional radiative transfer model", Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, Vol.173, p.53-66, 2018.
- 4) 井上莞志, 田中健太, 田中貴宏, 松尾薫, 横山真 "夏季の熱環境改善策を支援する都市環境デザインアドバスマップ作成に関する研究—広島市都心部における熱環境と歩行者量の現状分析—", 日本建築学会中国支部研究報告集, vol.44, pp.461-464, 2021.3

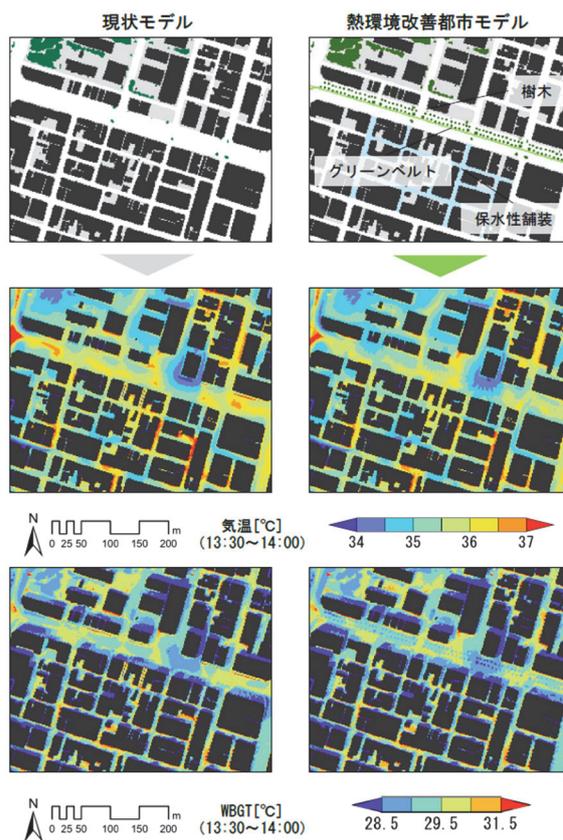


図6 現状—熱環境改善都市モデルの数値計算結果

Making Urban Environmental Design Guideline for Urban Warming Mitigation: Practice of Expert Collaborative Workshop and Making Advice Map for Urban Warming Mitigation in the Urban Central Area in Hiroshima

Project Representative

Takahiro Tanaka

Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Authors

Makoto Yokoyama^{*1}, Kanji Inoue^{*2}, Kenta Tanaka^{*2}, Takahiro Tanaka^{*3}, Kaoru Matsuo^{*4}, Toru Sugiyama^{*5}, Toshiro Yoshihara^{*6}

^{*1} Faculty of Urban Management, Fukuyama City University, ^{*2} Graduate School of Engineering, Hiroshima University

^{*3} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University,

^{*4} Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University,

^{*5} Research Institute for Value-Added-Information Generation, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

^{*6} Chugoku Regional Innovation Research Center

In this paper, we executed numerical calculation used Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment (MSSG) to understand the characteristics of the thermal environment in the urban central area in Hiroshima, where urban warming is advancing, and performed city block zoning and suggestion of countermeasure policies based on these results. In addition, we held a collaborative workshop with experts of urban development and management in target area and made an advice map to support the introduction of urban environment design in the right place.

Keywords : Urban warming, MSSG, Workshop, Planning support tool, Environmentally friendly city

1. Introduction

In recent years, the effects of urban warming have been observed in various urban areas, and there is a demand for urban planning considering urban warming mitigation. On the other hand, effective countermeasures to urban warming may differ depending on the climatic characteristics of the target area, so it's necessary to introduce appropriate countermeasures in place. From this background, the goal of this study is making urban environmental design guidelines that show effective urban warming countermeasures in each region.

In this paper, we executed numerical calculation used Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment (MSSG) to understand the characteristics of the thermal environment in the urban central area in Hiroshima, where urban warming is advancing, and performed city block zoning and suggestion of countermeasure policies based on these results. In addition, we held a collaborative workshop with experts of urban development and management in target area and made an advice map to support the introduction of urban environment design in the right place.

2. Zoning and suggesting countermeasure based on numerical calculation results

Figure 1 shows the horizontal distribution of the surface air temperature as an example of the calculation results (spatial resolution is 2m). Since many people use around Hondori St. and spend in a high-temperature environment, creating cool shade along sidewalk of wide streets and introducing wind path

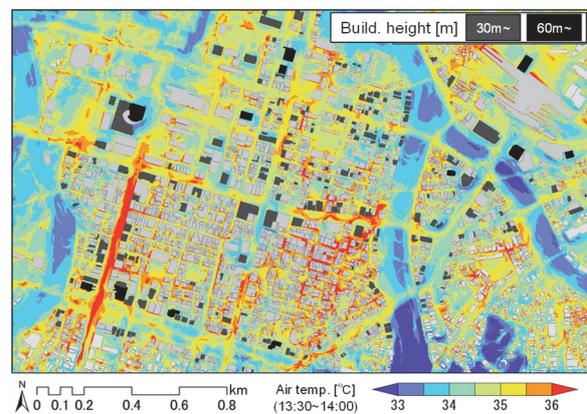


Fig. 1 Surface air temperature distribution
(2020/8/21 13:30-14:00)

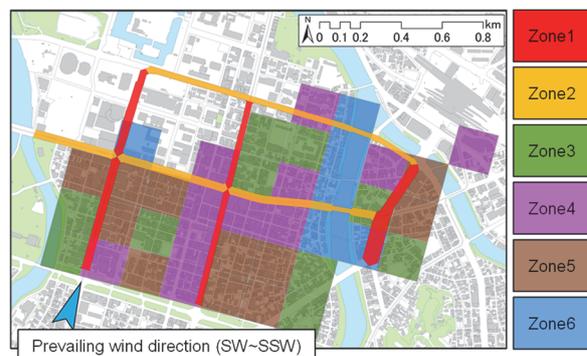


Fig. 2 Zoning map of target area

in densely built-up areas is especially necessary. Next, target area was zoned based on the numerical calculation results (Figure 2). Furthermore, countermeasure policies to urban warming were suggested for each zone. The results of these analysis are summarized in Table 1. Suggested countermeasure policies were classified into increasing greenery, improving ventilation in city block, and creating shade.

3. Extraction of design menu considering urban warming mitigation through expert collaborative workshop

To extract the specific method and layout of countermeasures to urban warming that could be introduced in each zone in the next ten years, a collaborative workshop with experts of urban development and management in the target area. Here, two workshops were held, the first one is to identify the design menu for each zone, and the second one to create a specific city model for improving the thermal environment. The Maps show results of numerical calculation and the analysis in the previous chapter were used as the information for participants of these workshops. Figure 3 shows the one of the deliverables of the 2nd workshop. In this map, eight countermeasure design menus were adopted and placed respectively.

4. Making an advice map for urban warming mitigation and evaluation of its possibility of use

Based on the analysis results of the previous chapters, an advice map to support urban thermal environment design in the right places was created (Figure 4). This map consists of a district-scale zoning map of thermal environment characteristics, a design menu of countermeasures, and a 3D city model showing specific layout of environmental design.

Finally, an interview survey was performed to stakeholder such as city officials and private business operator involved in urban development and management in the target area to identify how this advice map could be utilized in the process of urban planning and what improvements could be necessary. As results, it is clarified this advice map has possibility as an effective tool improving the value of area in area management and a basis and standard for administrative planning.

5. Summary

In this paper, numerical calculations are performed by MSSG and an advice map to support the introduction of urban environment design in the right place are created through collaborative workshop with experts of urban development and management in urban central area of Hiroshima.

In the future, preparing a detailed version of the advice map for example showing the cost of countermeasures is necessary.

Table 1 Urban form, environment, and countermeasure policy of each zone

	Urban form			Environment			Countermeasure policy	
	Greenery	Road width	Building height	Air temperature	Ventilation	Solar radiation		
Street	Zone1	Much	Wide	High	High	Good	Much	A : Increase greenery B : Use blowing wind C : Creating shade
	Zone2	Little	Wide	High	High in north side	Relatively bad	Much in north side	A : Increase greenery B : Improving ventilation C : Creating shade (north side)
Block	Zone3	Relatively much in the park	Narrow	Relatively low	Low in the park	Bad	Little	A : Utilization and maintenance of greenery B : Improving ventilation C : Use present shade
	Zone4	Little	Relatively wide	Relatively low	High	Relatively good	Relatively much	A : Increase greenery B : Use blowing wind C : Creating shade
	Zone5	Little	Narrow	Low	High	Bad	Much	A : Increase greenery B : Improving ventilation C : Creating shade
	Zone6	Much in riverside	Narrow	Relatively low	Low	Good	Little	A : Utilization and maintenance of greenery B : Use blowing wind C : Use present shade



Fig.3 Map of the results from the 2nd WS (along Aoi St.)

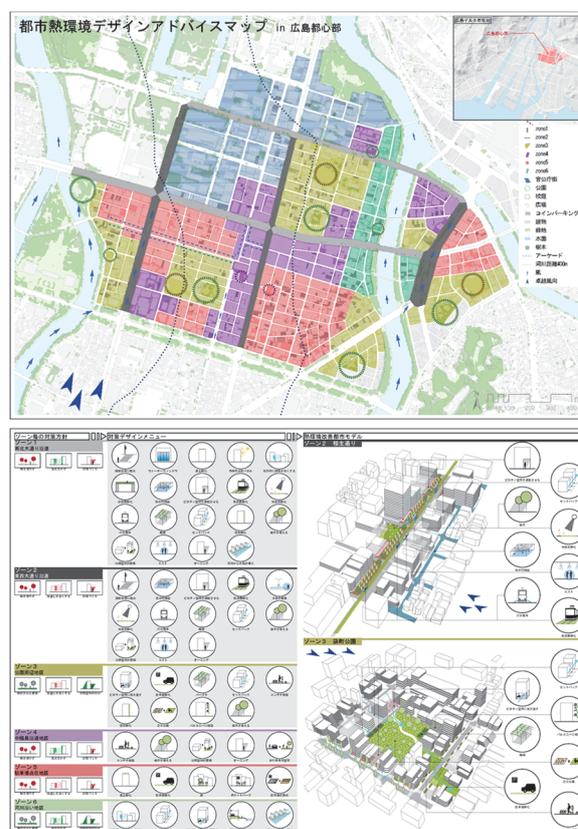


Fig. 4 “Advice map” for urban central are in Hiroshima