

歴史的な街並を有する市街地における空地化とその環境影響の評価

数値シミュレーションによる空地化が夏季熱環境と建物熱負荷量に及ぼす影響の解析

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF VACANT LOT IN A HISTORICAL URBAN DISTRICT
Analysis of the Impact of Vacant Lot on Thermal Environment and Building Heat Load in Summer Using Numerical Simulation

梅干野 晃*, 浅輪 貴史**, 佐藤 理人***, 河合 英徳****, 中村 勉*****

Akira HOYANO, Takashi ASAWA, Rihito SATO, Hidenori KAWAI and Ben NAKAMURA

This study evaluates the impact of the vacant lots on the outdoor thermal environment and building heat load in the summer in an historical urban district using the 3D CAD-based thermal environment simulator. In this study, The spatial geometry and material data in 1979 and 2009 are collected and the 3D CAD model of the site scaled 1:500 is completed. As a result of numerical simulation, Heat Island Potential, which is the evaluation index of the sensible heat flux to the atmosphere, of the site where the adjacent site became vacant lots in 2009 is 20°C at a maximum higher than that in 1979. Furthermore, the heat loads of the buildings adjacent to vacant lots is about 1.2~1.4 times as large as that of other buildings that have the equivalent total floor area and heat insulation capacity. Therefore, the increase of the vacant lots affects the changes of the outdoor thermal environment in the site and the heat load of the buildings adjacent to the vacant lots.

Keywords : townscape, vacant lot, thermal environment, numerical simulation, environmental impact, built-up area

まちなみ, 空地, 熱環境, 数値シミュレーション, 環境影響, 既成市街地

1. はじめに

地方都市の中心市街地では、人口減少や商業施設の集客力低下、空地の増加といった衰退が問題となっている。中心市街地における空地の増加の中でも平面駐車場の増加は代表的な事例として取り上げられている^{1)~3)}。特に、かつて城下町や宿場町等であった地区は、それぞれの地域における重要な歴史的資産を含んでいるにもかかわらず、町家や蔵造りの建物が取り壊され、駐車場や戸建住宅への建替が進み、歴史的まちなみが消失する事例が報告されている⁴⁾。これに対し国は、2008年に歴史まちづくり法を制定することにより、景観法と併せて、地方自治体が歴史的なまちなみの保存を積極的に推進していくための法整備を行った。

これまで中心市街地における空地化や歴史的なまちなみ保存に関する研究は、社会的・歴史的側面から捉えられてきたが^{5) 6)}、空地化は都市環境や居住者の生活環境にも影響を及ぼすことが予想される。加えて、今後人口の減少が顕著となり、都市の縮小が予想される中では、現在の空地が建物敷地や駐車場として利用されるだけでなく、地域の環境改善に寄与する活用方法も必要であると考えられる。

そこで本研究では、快適で環境負荷の小さいまちづくりにおける空地のあり方について検討するための現状分析として、空地化が夏季の屋外熱環境と建物熱負荷量に及ぼす影響を明らかにする。

対象街区としては、地方自治体が積極的に歴史的なまちなみ整備

を行っているが、商店街の衰退と空地化に伴う平面駐車場の増加が顕著な事例として土浦市の旧水戸街道沿道に立地する中城通り^{注1)} 一帯を取り上げる。そして市街地形成が進み、空地化が顕著となる前の状態として30年前に着目し、当時のまちなみと、現在の夏季における屋外熱環境と建物熱負荷を数値シミュレーションにより比較することで、空地化の問題を建物内外の熱環境の視点から評価する。

2. 対象街区及び対象時期

対象とする旧水戸街道沿道の中城通り一帯の街区(図1)は、土浦駅前から約1km離れた場所に立地し、古くから土屋藩の城下町、水戸街道の主要な宿場町の中心として栄え、沿道には明治・大正期に建てられた町家や蔵造りの建物等が残されている⁷⁾。しかしながら戦後、土浦の中心市街地が土浦駅前へと移動したことや、不足した駐車場の設置や店舗の移転に伴い、かつての町家や蔵が取り壊され



図1 対象街区 (約3.4ha)

*東京工業大学 教授・工博
**東京工業大学 准教授 博士(工学)
***東京工業大学 特別研究員 博士(工学)
****東京工業大学 大学院生
*****工学院大学 教授

Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Postdoctoral Fellow, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Graduate Student, Tokyo Institute of Technology
Prof., Kogakuin University

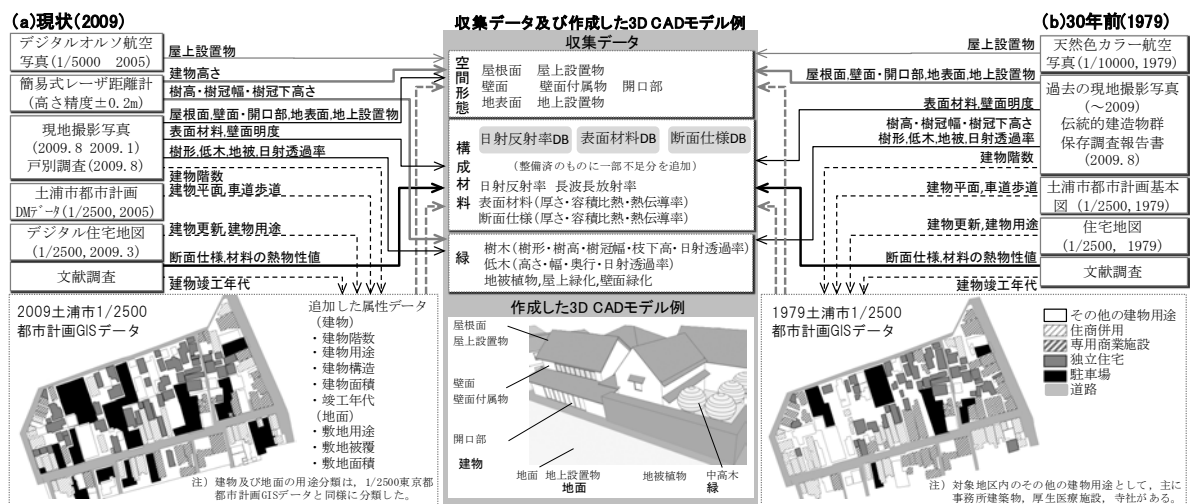


図2 30年前と現在の空間形態及び構成材料データの収集フロー

てきた⁹⁾。その後も、中心市街地から郊外へとスプロール化が進み、現代の戸建住宅への建替や平面駐車場へと変わっている。

また1975年以降、文化庁の文化財保護法の改正を契機として、伝統的建造物群調査が全国各地で進められ、土浦市においても1979年に同調査が行われている⁹⁾。その中でも中城通りは最も多くの建物が調査対象となっている。

これまで中城通りにおいては、一部建物の県文化財としての指定や明治・大正期の建物の市への移譲が行われている。また近年土浦市では、中城通りを中心にまちづくり交付金の助成による電線の地中化や道路の修景整備等の事業を行っている。これらのことから、街路等の公共空間に対するまちなみ整備は進んでいるが、指定文化財や移譲された建物を除き、民有地の空地化に対する具体的な対策は実施されていない。また図2内に示す30年前と現在の建物と駐車場の分布(GISデータの作成方法は次章で示す)からも30年前では空地の駐車場としての利用がまだ少ないことがわかる。

そこで本研究では、歴史的な建造物の調査が行われている中城通り周辺街区を対象として、空地化が進行する前の状態である30年前(1979年)と空地化が進行した現在(2009年)の空間形態及び構成材料を3D CADを用いて再現した上で、空地化を中心とする30年間の土地利用・土地被覆の変化と屋外熱環境及び建物熱負荷との関係を数値シミュレーションにより分析する。

3. 3D CADを用いた30年前と現在のデータ整備

本章では、現在の建物・地面・緑に関する空間形態及び構成材料を3D CADにより整備するとともに、前述の伝統的建造物群保存調査や30年前の住宅地図、航空写真等により30年前の情報を整備する。

3-1 使用する数値シミュレーションツールの概要

本研究で使用する3D CAD対応熱環境シミュレータ¹⁰⁾は、筆者らが開発したツールで、3D CADを用いて建物・地面・緑を再現し、構成要素の断面仕様とその熱物性値を付加することで計算用の街区モデルを作成し、熱収支計算により全ての面の表面温度分布を算出する。さらに、屋外熱収支計算より得られる建物外表面の受熱日射量と長波長放射量を境界条件として建物熱負荷計算¹¹⁾を行うことで屋外空間の熱放射環境の影響を考慮した建物熱負荷量を算出する。

熱負荷計算自体のプログラムは多数室計算に対応しているが、隣接敷地の空地化に伴う建物全体の熱負荷量の変化を分析するため、各階を一室として計算し、内部の間仕切り等は再現していない¹²⁾。

3-2 現在の空間形態及び構成材料データの収集・整備方法

筆者らは既往研究にて、東京都内の約26haの実在市街地を対象として、空間形態や構成材料を3D CADにより再現するために、窓面やベランダ等を含む空間形態及び構成材料データを収集・整備する手法を示し、その熱環境の特徴を明らかにしている¹²⁾。本研究においては、本手法をベースとして、一部入手困難なデータを現地調査により補うことでデータを収集・整備する。また再現精度は、建物の凹凸等の空間形態や構成材料の分布が屋外熱環境や建物熱負荷に与える影響を検討できるサイズとして、0.2m¹³⁾とした。

図2(a)に現在の空間形態・構成材料のデータ収集方法を示す。まず整備済の情報として、1/2500都市計画基本図GISデータ、1/5000デジタルオルソ航空写真¹³⁾、1972年~2008年の約10年ごとの住宅地図¹⁴⁾を入手した。ただし土浦市においては、東京都都市計画GISデータとは異なり、建物用途等の属性データが付加されていない。そこで、不足データである建物階数、階毎の用途、建物構造を現地調査から取得した。また、伝統的建造物群保存調査⁹⁾において調査済の建物・地面・緑については、本報告書に記載されている敷地図面と航空写真を参考に、空間形態及び構成材料を決定した。建物高さ及び樹高は簡易式レーザー距離計(NIKON社製, 550AS, 高さ精度±0.2m)による実測データを基に設定した。構成材料データは、建物用途、竣工年代等に基づく既往研究の構成材料データベース¹²⁾を一部修正し、設定した。また地面、緑に関しても既往研究¹²⁾と同様の手法により設定した。

3-3 30年前の空間形態及び構成材料データの収集・整備方法

次に30年前の空間形態・構成材料データの収集方法を示す。図2(b)に示すように、1979年当時の住宅地図、航空写真及び伝統的建造物群調査の報告書⁹⁾を用いて、現在の建物に対して当時と異なる建物及び敷地を抽出した。次に当時の都市計画基本図をデジタル化し、1979年のGISデータを属性データとともに整備した。そして、当時と異なる建物及び敷地について、航空写真及び住宅地図、現存する当時の建物写真¹⁵⁾により、形状及び材料を推定した¹⁴⁾。

3-4 構成材料を付加した 3D CAD モデルの作成

前節までに示した収集データに基づき、1/2500 都市計画基本図の建物平面図をベースとして、建物の窓面やベランダ等を再現した、3D CAD モデルを作成した上で、部位ごとの構成材料を設定した。

以上より、2009 年と 1979 年の空間形態・構成材料データを、既存データ、既往文献や現地調査に基づき再現し、屋外熱環境及び建物熱負荷の計算が可能な 3D CAD モデルを整備した。

4. 30 年前から現在の土地利用と土地被覆の変遷

本章では、前章で整備した 3D CAD モデルや文献等に基づき、屋内外の熱環境に影響を及ぼす土地被覆に着目して、当街区の 30 年前から現在への変遷について考察する。このとき、まず道路や建物敷地形状といった対象街区全体にみられる土地利用と土地被覆の特徴を示した上で、建物敷地内の被覆の変遷について示す。

4-1 30 年前及び現在の道路及び敷地形状の変遷

図 3 に 1979 年の道路及び敷地割り分布図、図 4(カラー頁)に江戸時代後期の土地利用と現在の市街地を比較した結果を示す。図 3 より旧水戸街道沿道には短冊状の敷地が連なっている。これは 4 間未満の間口の狭い江戸時代の敷地形状が依然として残っていることによる。一方、江戸時代に対象街区のほぼ中央を東西に通っていた水路があった位置よりも北側の敷地では、形状が短冊状ではない。これは図 4 に示すようにかつては武家地であったことから、短冊状の敷地とはならなかった。なお水路は、明治初年～20 年に「せぶり」と呼ばれる個人による無秩序な埋立により消滅している⁹⁾。

また 1979 年から 2009 年にかけて空地化した敷地は全てアスファルト舗装の平面駐車場となった。さらに 30 年前から駐車場の敷地は、被覆が土や砂利からアスファルト舗装面に変化した。駐車場の大部分は専用駐車場であり、一時駐車場は少ない。現在の敷地割りも 30 年前とほぼ変化はなく、図 3 内の 2009 年迄に駐車場化した敷地において、複数敷地が一駐車場になる事例がみられる程度である。

道路は、図 4 に示す江戸時代の土地利用状況と比較して、30 年前・現在とも形状はほぼ一致している。これらの変化により対象街区全体の土地利用は、図 5 に示すように駐車場の割合が 8%から 18%に増加し、建物や敷地内の庭等のその他面積が 4%～6%減少した。

4-2 敷地内の建物・地面・緑の空間形態・構成材料の変遷

次に 30 年前と現在の敷地内の建物・地面・緑の空間形態・構成材料の変遷について考察する。図 6 に 30 年前から現在にかけての建物の消失及び建替事例を示す。また図 7 に現在の駐車場分布と駐車場に隣接する建物分布を示す。前節で述べたように、30 年前に建物が存在していた敷地が駐車場化したことにより、建物棟数は 198 棟から 159 棟に減少した。但し、木造建物の比率は 30 年前が 70%であるのに対し、現在が 76%と大きな変化はなかった。また現在の建物のうち、108 棟が 30 年前と同一建物で、建替が 43 棟、新築が 8 棟となっている。つまり、現在の建物は多くが築 30 年を超えている。

さらに、30 年前から現在にかけて建物の消失や建替が起こった際に、最も多くみられた変化としては、図 6 に示す (a)密集した木造建物が消失し駐車場化した敷地、(b)庭が消失し南北に縦長の建物となった敷地であった。虫食い状に駐車場が増加した結果、図 7 のように隣接敷地が駐車場となった建物も全建物の半数程度となった。

以上より、30 年前と現在の土地利用・土地被覆を比較した結果、

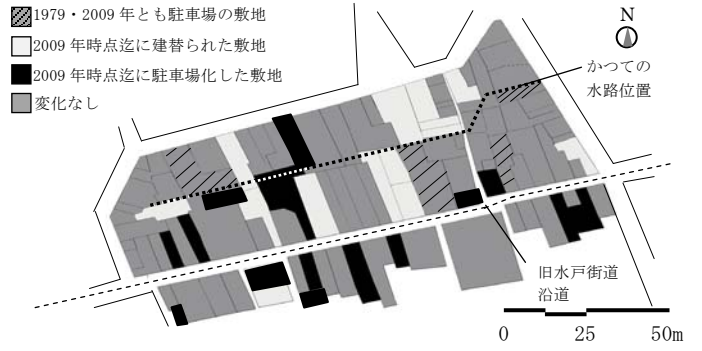


図 3 1979 年の道路及び敷地割り分布

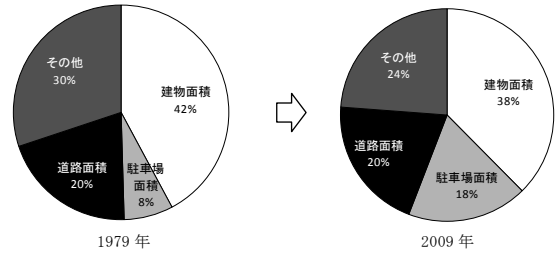
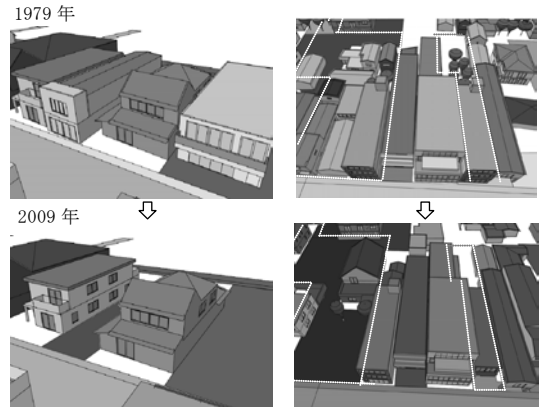


図 5 1979 年と 2009 年における敷地用途の変化



(a) 建物が消失し駐車場化した敷地 (b) 庭が消失し建替られた例

図 6 建物の消失及び建替事例

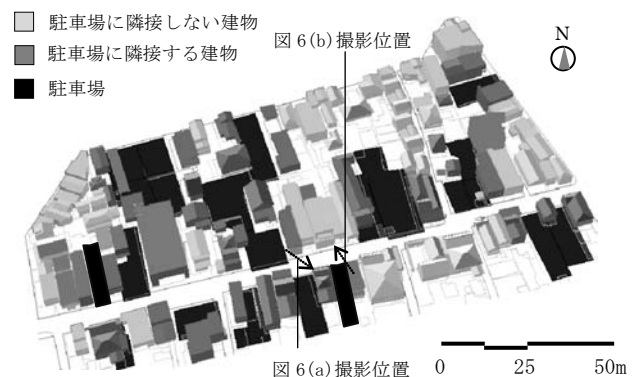


図 7 現在の駐車場分布と駐車場に隣接する建物分布

- ①道路や建物敷地形状はほぼ変化していない。
- ②現在も旧水戸街道沿道では、江戸時代にみられた短冊状の敷地の名残がみられる。
- ③30 年前から現在迄に空地化した敷地は全てアスファルト舗装された駐車場に変化し、全敷地面積の 18%を占める。
- ④現在の建物のうち、木造建物が約 3/4 を占める。
- ⑤現在の建物の約 2/3 が 30 年前と同一建物である。
- ⑥旧水戸街道沿道の蔵を含む数棟が 1 棟の南北に

縦長の建物に建替る事例がみられる。⑥虫食い状に駐車場化した結果、駐車場に隣接する建物が半数存在することが明らかとなった。

5. 30年前と現在の夏季熱環境の比較

次に前章で述べた土地利用・土地被覆の変化が夏季熱環境に及ぼす影響について、空地化に着目して分析を行う。

5-1 使用する数値シミュレーションツールと計算条件

使用する数値シミュレーションツールは、3次元の形状を再現した建物と緑及び2次元の地表面の全表面をメッシュ分割（本研究では0.2m）し、各メッシュの質点において、表面の熱収支計算（直達日射、天空日射、反射日射、大気放射、周辺地物との長波長放射の授受、対流熱伝達、潜熱輸送）と各面断面方向の一次元非定常熱伝導計算を行い、全表面温度分布、生活空間の熱的快適性に関する評価指標として、生活空間高さの平均放射温度(MRT)分布^{注5)}、大気への顕熱負荷の評価指標として、敷地のヒートアイランドポテンシャル(HIP)^{注6)}を算出する。このとき、弱風日を解析対象とすることで、対流熱伝達率は空間分布一様として設定する^{注7)}。

気象条件は、30年前と現在の屋外熱環境の変化を比較するため、同一条件で計算し^{注8)}、日本建築学会拡張アメダス気象データ(2000年版)の標準年気象データの中から、土浦の夏季晴天日(8月7日)を設定する。計算は4日間助走計算させ、5日目の結果を周期定常解として採用する。外表面温度計算の際の建物内部の境界条件である室温、地中温度、樹冠表面温度の算出方法は既往研究¹⁶⁾と同様の方法を用いる。計算では、対象街区の周囲に隣接する建物を街区内の熱収支計算に影響を及ぼす境界条件として計算範囲に含めた。

5-2 街区の表面温度分布の特徴

図8(カラー頁)に現在の夏季晴天日(12時)における全表面温度分布を示す。12時においては、地表面の約18%を占めるアスファルト舗装の駐車場の表面温度が約60℃となり、建物の約3/4を占める木造建物の瓦屋根面の表面温度も65℃前後と高温化している。駐車場となる前は、大部分が瓦屋根をもつ木造建物が密集していたことから、高木が植栽されている中庭空間を除き、表面温度が高温となる個所が30年前においても対象街区全域にみられた。

しかし、歯抜け状に空地が増加することにより、図9(a)(カラー頁)に示すように、西日が当たる15時では、空地東側に隣接する建物の西壁面が50℃以上に高温化している。また敷地と建物の多くが南北に縦長であるため、西日が当たる西壁面の面積が大きく、午後から夜間にかけて表面温度が高い壁面の割合が多い。夜間は熱容量の小さい木造建物屋根面が気温相当またはそれ以下に低下するのに対し、日射吸収率が高く熱容量の大きい駐車場では、図9(b)に示すように気温よりも表面温度が約5℃高い。

5-3 大気への顕熱負荷の評価

次に図3で示した敷地割りを基に、敷地単位で大気への顕熱負荷の変化をヒートアイランドポテンシャル(HIP)を用いて評価した。図10に、最も表面温度が高くなる時間帯である日中(12時)と日中の蓄熱の影響がみられる夜間(20時)の30年前と現在のHIPを示す。

街区全体のHIPで評価した場合の空地化による大気への顕熱負荷の違いはごくわずかであったが、各敷地で評価した場合、受熱日射量が大きく変化するため、空地化による大気への顕熱負荷は図10のように大きく変化する。木造建物が駐車場に変化した敷地では、

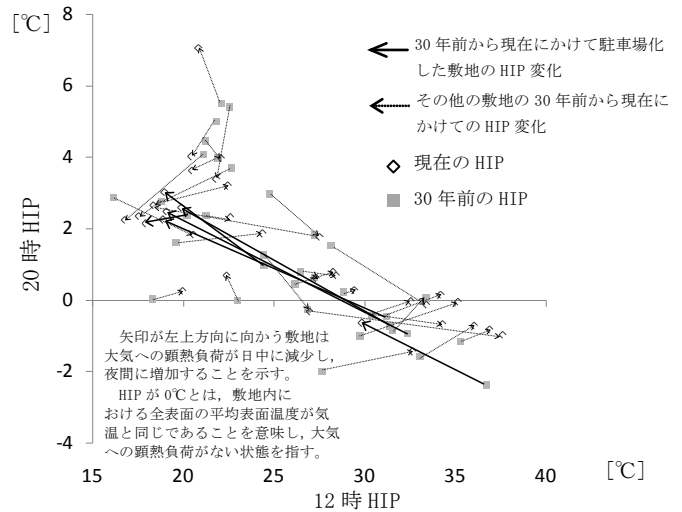


図10 日中及び夜間の30年前と現在の敷地別HIP算出結果

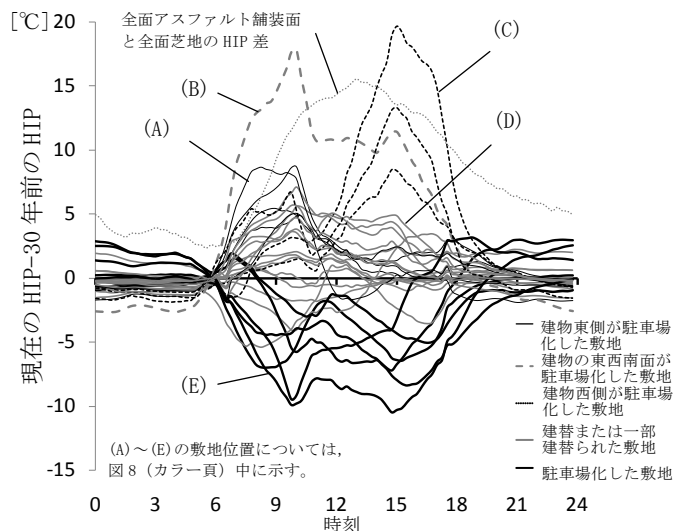


図11 全敷地(41ヶ所)における30年前と現在のHIP差

日中のHIPは10℃~15℃程度減少するが、夜間のHIPは2℃~3℃程度高くなる傾向がみられる。また、建替建物の敷地の多くでHIPは高くなり、緑の減少や隣接敷地が空地化したこと等が影響していた。

また30年前と現在のHIP差を時系列で算出した結果を図11に示す。木造建物から駐車場化した敷地のHIP差(敷地Eを含む類型)は、日中最大で10℃程度マイナスとなる一方、夜間を通して2℃~3℃程度プラスとなる傾向がみられた。また、各敷地のHIP差と比較するため、全面アスファルト舗装と全面芝地を想定した場合のHIP差を算出したところ、最大15℃程度の差であるのに対し、建物の西側が駐車場化した敷地(敷地Cを含む類型)のHIP差は最大20℃程度のプラスとなった。これは、図12(カラー頁)に示すように、これまで密接し、ほとんど西日が当たらなかった西壁面の受熱日射量が大幅に増加したことに加えて、敷地と建物が南北に縦長であり、西壁面の面積が大きいこと、熱容量の小さい木造建物で構成されていることが影響している。

これらのことから、密集市街地における空地化は、空地となった敷地だけではなく、その周囲の敷地における大気への顕熱負荷にも当該敷地と同等の影響を与えることが明らかとなった。

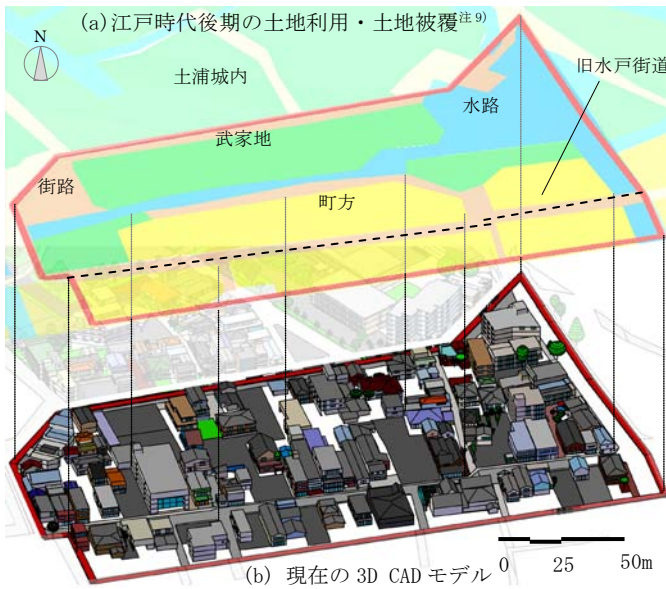


図4 江戸時代後期の土地利用・土地被覆と現在の市街地の比較

(a) 1979年

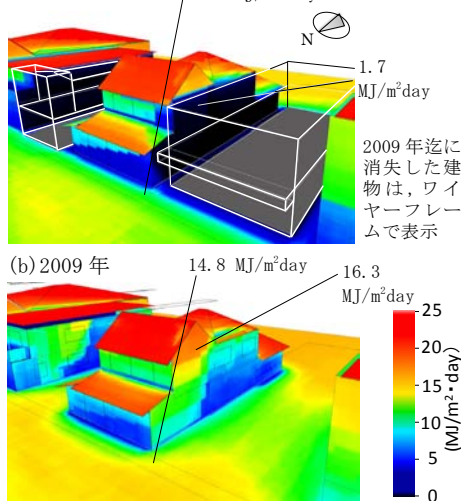


図12 30年前と現在の日積算受熱日射量分布

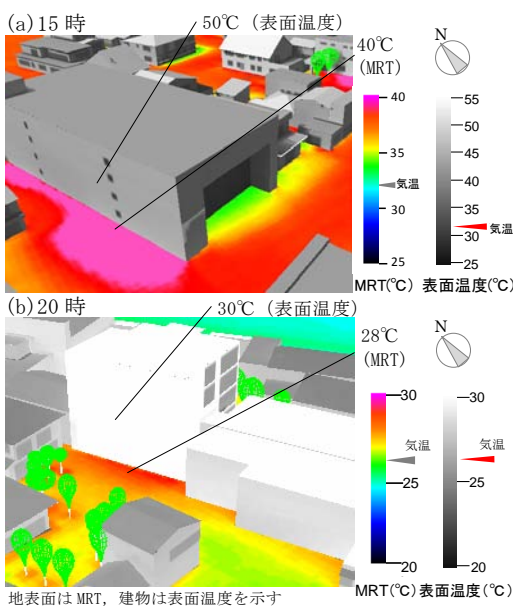


図15 現在の全表面温度分布と高さ1.5mのMRT分布(15時・20時)

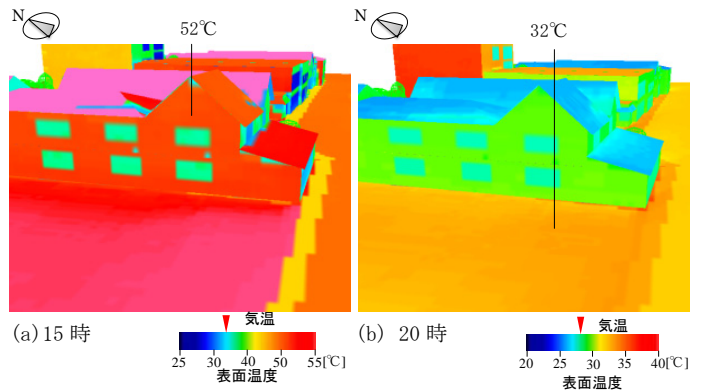


図9 駐車場に隣接する現在の全表面温度分布(15時・20時)

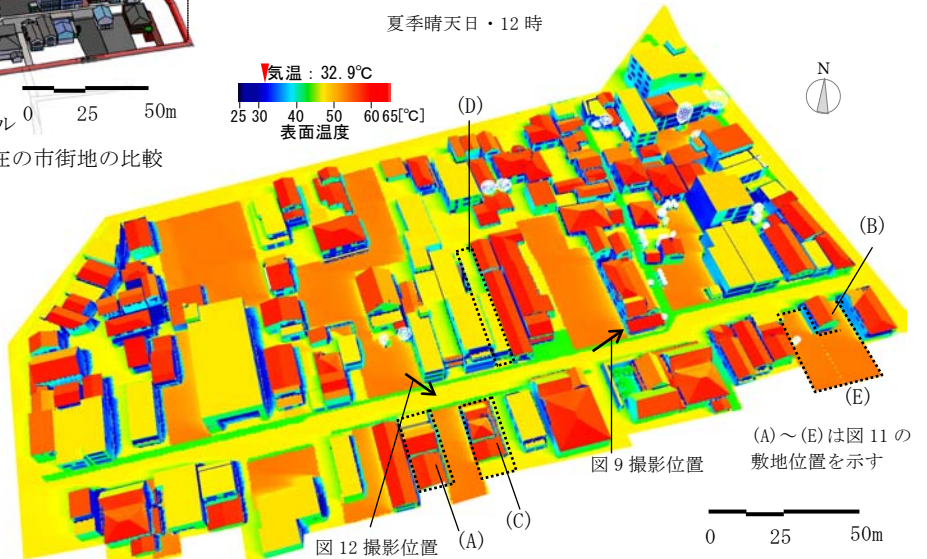


図8 対象街区の現在の全表面温度分布(12時)

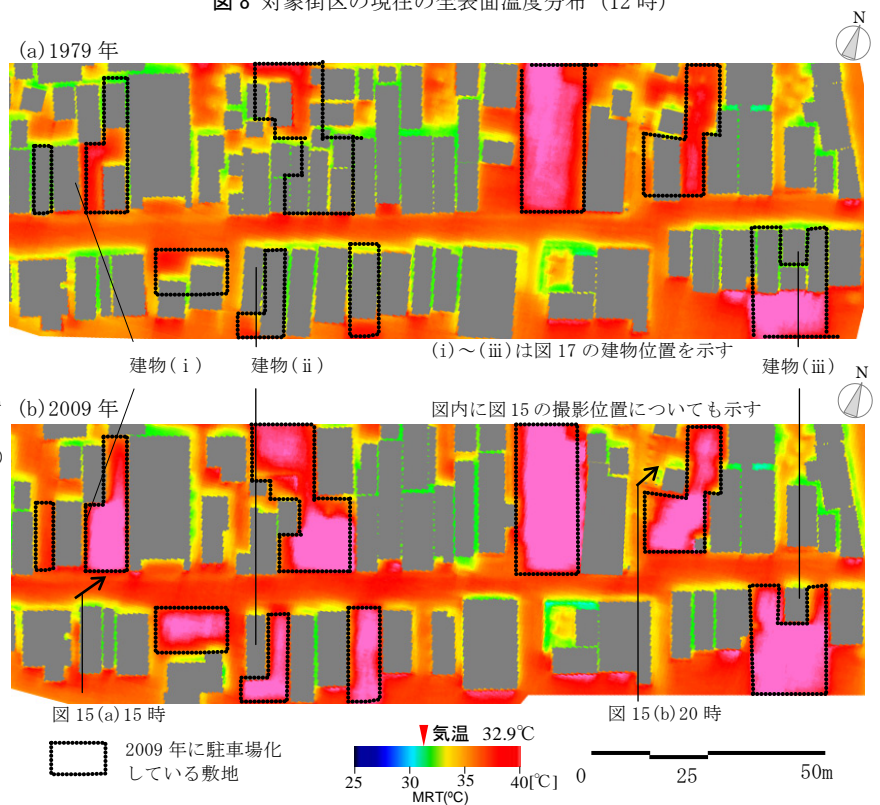


図13 旧水戸街道沿道における30年前及び現在の高さ1.5mのMRT分布図(12時)

5-4 屋外生活空間における熱放射環境の評価

生活空間高さ(1.5m)の平均放射温度(MRT)を算出し、考察する。ここでは空地、建物敷地内、道路上の全てを屋外生活空間と設定する。図13に旧水戸街道沿道のMRTの算出結果(現在と30年前)を示す。図14には、現在と30年前におけるMRT値の出現数の違いを、画素数のヒストグラムとして示す。なお、12時と西日の当たる時間帯である15時について算出した結果である。

12時のMRT分布について30年前と現在を比較すると、屋外生活空間の面積の半数以上が気温より4℃以上高いMRTを示し、30年前の1.2倍の面積となっている。原因として、表面温度の高いアスファルト舗装の駐車場が増加したこと、樹木等がほとんどないこと、東西道路沿道にある建物の大部分が2階以下で日射遮蔽空間が少ないことが挙げられる。またMRTが38℃以上の空間の多くは南北に縦長の形状をした駐車場で、南側に隣接する建物による日射遮蔽の影響が少ないことも要因として挙げられる。その結果、図14のように、駐車場が増えた現在では、MRTが気温より5℃以上高い38℃～41℃となる空間が増加している。なお、30年前に37℃前後であった空間が減少しているが、これは旧水戸街道沿いの建物が減少し、表面温度が相対的に低い建物壁面の影響が減少したことが原因である。

15時においては、図15(a)に示すように駐車場の東側に隣接する建物の西壁面の表面温度が上昇することにより、駐車場東端のMRTが38℃を超える熱放射環境となっている。これにより、図14のMRT値のヒストグラムに示すように、30年前から現在にかけて駐車場で隣接建物の日射遮蔽の影響を受けMRTが34℃～36℃となる空間の他に、MRTが気温より5℃以上高い38℃～40℃となる空間が増加している。また、12時と同様に37℃前後の空間が減少している。

20時においても、図15(b)(カラー頁)のように熱容量の大きいRC建物の西壁面や駐車場内において蓄熱の影響がみられ、気温よりも高い約30℃以上のMRTとなる空間がみられる。

6. 空地化が建物の室内顕熱負荷量に与える影響

空地の増加による夏季の熱放射環境の悪化は、空地に隣接する建物の室内熱負荷に対しても影響を与えることが予想される。そこで、現在の対象街区区内において、1979年から建物自体は変わっておらず、周辺環境が変化した建物のみ(約100棟)を抽出した。そして、図7に示した駐車場に隣接する建物と、それら以外の建物に分類した上で、3章で述べた数値シミュレーションツールを用いて屋外の熱放射環境の影響を考慮した室内顕熱負荷量を算出した。室内顕熱負荷は、夏季晴天日(前記8月7日)を対象とし、屋外の熱放射環境の変化が建物熱負荷に及ぼす影響を、30年前と現在とで同一条件で比較するため、窓を閉じた状態を想定し、冷房時の設定温度として26℃を終日想定した室内温度条件で算出した^{注9)}。また換気に基づく換気負荷(換気回数1回/h)も計算する。室内の熱容量、内部発熱量は、日本建築学会住宅用標準問題¹⁹⁾を基に設定した。

図16では、現在について、縦軸に1棟ごとの日積算の室内顕熱負荷量を、横軸に建物の延床面積をとり、関係を示した。各建物の顕熱負荷量は、延床面積に応じて増加する傾向にあり、隣接敷地が駐車場である建物の方が、同等の延床面積、断熱性能であるその他の建物に比べ、単位延床面積あたりの日積算熱負荷が平均で約1.2～1.4倍大きい。この要因として、顕熱負荷が大きい建物は、竣工年

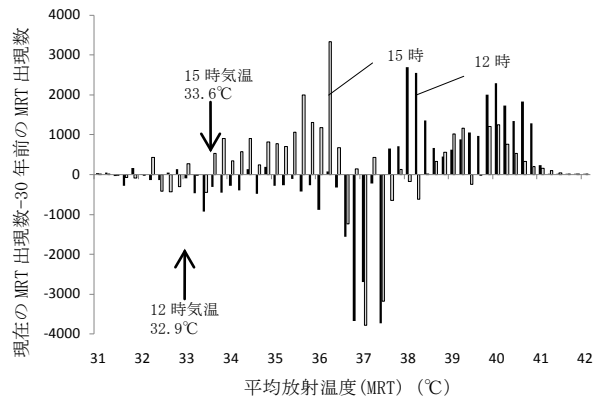


図14 30年前及び現在のMRT値の出現数の差(12時及び15時)

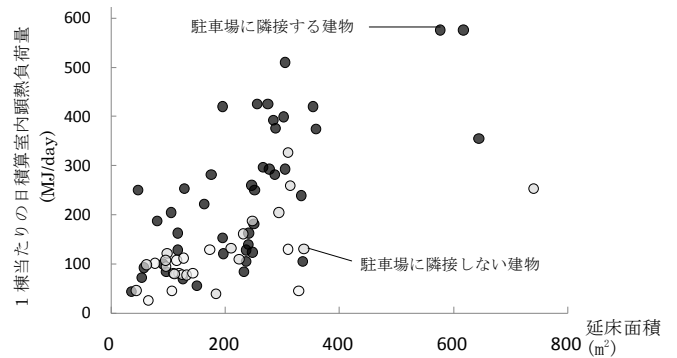


図16 駐車場隣接の有無による現在の一日当たりの室内顕熱負荷

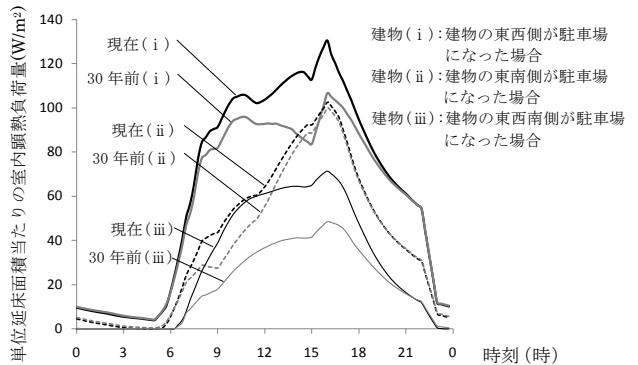


図17 駐車場に隣接する敷地の単位面積当たりの室内顕熱負荷

代が古く建物の断熱性能が低いことに加えて、①建物の西面または東面に日射を遮るものがないと、②建物が南北に縦長で、西面または東面の面積が大きく、日射負荷が大きいことが影響していた。

そこで、30年前と現在とも同一建物で、図13内に示す隣接敷地が空地化した建物(i)～(iii)を抽出し、30年前と現在の室内顕熱負荷の時系列変化を算出した。その結果、図17のように、いずれの建物においても顕熱負荷は増加傾向にあり、日射負荷が大きい午前または午後の時間帯で最大10W/m²～20W/m²程度増加していた。このとき駐車場の表面温度が日中高温化し、駐車場からの長波長放射による受熱量が増加していることも影響していた。ただし、西側に道路(幅員4m)を挟んで駐車場化した敷地(建物(ii))については、午後の時間帯における受熱日射量の変化が小さく、顕熱負荷の増加も小さい。以上より、30年前は密集した市街地形態であったことから、隣接敷地の空地化による熱放射環境の悪化が、夏季の建物熱負荷の増大をもたらす結果を得た。

7. 結論

空地の増加が進行する旧水戸街道沿道の土浦市中城通り一帯を対象に、空地が増加する前の30年前と現在について、3D CADモデルを整備し、空地化が夏季屋外熱環境と建物熱負荷量に与える影響を数値シミュレーションにより分析した結果、以下の知見が得られた。

- 30年前から現在迄に空地化した敷地は全てアスファルト舗装の駐車場となり、現在では全敷地面積の約2割を占めていた。
- 建物が消失し、駐車場が歯抜け状に分布した結果、隣接敷地が駐車場の建物が全建物数の半数程度となった。
- 建物から駐車場へと変化した敷地と、建物の東側または西側が駐車場化した敷地の大気への顕熱負荷の変化量を比較した結果、同等もしくは、建物西側の敷地が駐車場化した敷地の変化量の方が大きい時間帯がみられ、西側が駐車場化した敷地では大気への顕熱負荷を示すHIPが最大で約20℃上昇した。
- 屋外生活空間の熱放射環境に関して、現在は空地化された敷地が、日中に表面温度が高温化するアスファルト舗装の駐車場となっていることから、一日を通して気温より高いMRTを示す空間が増加し、現在の12時において屋外生活空間の面積の半数以上が気温より4℃以上高いMRTを示し、30年前の1.2倍の面積となっていた。
- 駐車場に隣接した建物では、隣接敷地の駐車場化による熱放射環境の悪化によって夏季における建物熱負荷が増大し、同等の延床面積、断熱性能であるその他の建物に比べ、単位延床面積あたりの日積算熱負荷が平均で約1.2～1.4倍となっていた。

以上より、密集市街地における空地の増加は、空地化した敷地における屋外熱環境の変化だけではなく周囲の建物に与える影響も大きい。そのため、空地の利用を考える際には、単なる利用面のみを考えるのではなく、緑化等により本研究で示されたような周辺環境への影響を抑え、快適な生活空間を生み出す方法も十分考えられる。

今後は冬季や年間を通しての評価を加えた上で、環境面からの存在価値に着目した空地のあり方について検討していく。

謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費(E-0808)の支援により実施された。日本建築学会低炭素社会特別委員会の新潟工科大学深澤大輔先生、生活科学研究所持田昭子氏、中村勉総合設計事務所中村美和子氏をはじめとする委員の方々には、貴重なご意見をいただいた。また土浦市環境保全課の方々には、様々な情報を提供していただいた。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 例えば樋口秀, 仲条仁: 地方都市中心部の低未利用地の実態把握と有効活用方策の検討 - 屋外駐車場に着目した長岡市におけるケーススタディ, 日本都市計画学会都市計画論文集 No. 37, pp. 595-600, 2002. 10
- 2) 大貝彰, 江本晃美: 豊橋中心市街地における土地及び建物所有者の土地活用意識, 日本建築学会技術報告集 No. 24, pp. 371-376, 2006. 12
- 3) 嶋心治, 中園真人, 柏野慶子, 小林剛士: 地方都市中心市街地の駐車場敷地の実態と地権者意識に関する研究, 日本建築学会技術報告集 No. 19, pp. 275-278, 2004. 6
- 4) 増田達男: 金沢市中心市街地における歴史的住宅の外観様式に関する研究, 日本建築学会北陸支部研究報告集(51), pp. 313-316, 2008. 7
- 5) 越澤明: 歴史まちづくり法制定の意義, 背景および今後の政策展開, 都市計画 58(1) 277, 日本都市計画学会, pp. 5-10, 2009. 2
- 6) 刈谷勇雅: 「修景」をめぐって—その現代的意味と可能性, 建築雑誌 Vol. 125

No. 1598, pp. 38-39, 2010. 1

- 7) 土浦市: 土浦市都市計画マスタープラン, 2004. 10
- 8) 土浦市編纂委員会: 土浦市史, 土浦市, 1975
- 9) 土浦市教育委員会: 土浦の町並—伝統的建造物群調査概要—, 1979. 3
- 10) 梅干野晃, 浅輪貴史, 中大窪千晶: 3D CADと屋外熱環境シミュレーションを一体化した環境設計ツール, 日本建築学会技術報告集, No. 20, pp. 195-198, 2004. 12
- 11) 浅輪貴史, 梅干野晃: 屋外の空間形態と構成材料を考慮した建築伝熱シミュレーションモデルの開発, 日本建築学会環境系論文集 No. 578, pp. 47-54, 2004. 4
- 12) 梅干野晃, 浅輪貴史, 村上暁信, 佐藤理人, 中大窪千晶: 実在市街地の3D CADモデリングと夏季における街区のヒートアイランドポテンシャル数値シミュレーションによる土地利用と土地被覆に着目した実在市街地の熱環境解析その1, 日本建築学会環境系論文集 No. 612, pp. 97-104, 2007. 2
- 13) 土浦市: 1/5000デジタルオルソ航空写真, 2005. 1
- 14) 例えばゼンリン: ゼンリン電子住宅地図デジタル土浦市1, 2008. 3
- 15) 例えば土浦市教育委員会: むかしの写真・土浦, 1990. 3
- 16) 梅干野晃, 浅輪貴史, 高田真人, 円井基史: 土地利用と熱環境対策からみた都市街区におけるヒートアイランドポテンシャルの特徴, 日本建築学会計画系論文集, No. 559, pp. 63-70, 2002. 9
- 17) 高田徹: 土浦城の構造—縄張り復元の基礎的検討を中心に—, 土浦市立博物館紀要第15号, 2005. 3
- 18) 上高津貝塚ふるさと歴史の広場: 発掘された土浦城, 2004. 10
- 19) 宇田川光弘: 標準問題の提案 住宅用標準問題, 日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回熱シボシウム, pp. 23-24, 1985. 9
- 20) Akinaru IINO and Akira HOYANO: Development of a method to predict the heat island potential using remote sensing and GIS data, Energy and Buildings 23, pp.199-205, 1996
- 21) 例えば, 佐藤鑑, 後藤滋他: 環境工学における市街地風の変動とその影響に関する総合的研究-7 自然風による建築物外表面の対流熱伝達に関する研究その1, 日本建築学会論文報告集 No.191, pp.27-36, 1971.1

注

- 注1) 中城通りとは、旧水戸街道の中でも本研究の対象地区内にある通りの名称であり、土浦の中では最も昔から繁栄した地区である。
- 注2) 本研究では、屋外空間の変化が建物の熱負荷に与える影響を考察することを目的としており、建物の仕様等は変更がないものとして計算を行う。
- 注3) 屋外熱環境を算出した既存の手法¹²⁾では再現する空間サイズを0.4mとしているが、本研究では建物熱負荷計算を行うことから、浅輪¹¹⁾の検討より、再現する空間サイズを0.2mとした。
- 注4) 30年前の空間形態及び構成材料を再現するにあたって、1979年前後に撮影されたことが明らかな写真で、1979年において存在する建物写真については、CADモデル作成用の参考データとした。
- 注5) MRTの算出式は下式の通りである。また天空放射温度は、表面温度算出時の気象条件の下で、Brunt式より算出した値を用いる。
$$MRT = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot T_{s_i}^4}{4} - 273.2}$$

MRT: 平均放射温度 [℃]
F_i: 解析メッシュから微小面への形態係数 [-]
T_{s_i}: 微小面の表面温度 [K]
N: 参照する微小面の総数
- 注6) ヒートアイランドポテンシャルは筆者らが提案した指標²⁰⁾であり、ある敷地の全表面から大気への顕熱負荷を、温度の次元で表したもので、敷地内の全ての建物・地面・樹木の樹冠の表面温度と気温との差の積算を、敷地の水平面投影面積で除したものであり、下式で表せる。

$$HIR[℃] = \frac{\int (T_s - T_a) dS}{A}$$

T_s: 表面温度 [℃] T_a: 外気温 [℃]
dS: 微小面積 [㎡] A: 敷地の水平投影面積 [㎡]

- 注7) 本ツールにおいては、第一次近似として気温・風速ともに空間分布一様として扱っているが、ヒートアイランド現象が顕在化しやすい弱風条件下に限定すれば十分議論が可能であると考えている。本研究の計算対象日における上空風速は2.2m/s以下で、既往研究²¹⁾を参照すれば壁面近傍の風速は大きく見積もっても0.9m/s程度であり、その場合、対流熱伝達率への影響は1~4W/m²・K程度、表面温度についても局所的に6℃前後の差を生じることがあり得るが第一次近似として取り扱える範囲である。
- 注8) 空地化が隣接建物に与える影響として風環境、外気温の変化も予想されるが、この点は今後の課題とする。
- 注9) 本図は既往研究¹⁷⁾¹⁸⁾に基づき、スキャンした画像について道路形状を基準として幾何補正した上で重ね合せ、3D CAD上でポリゴン化し、作成した。