

2-3 都市環境気候図の作成手法の検討

都市環境気候図では、必要に応じて、圏域スケール、都道府県スケール、市区町村スケールの各スケールで作図を行う。都市環境気候図としては、市区町村スケールの作図が基本であるが、より広域での各特性を把握することで、地域の環境についてより適切な考察が可能となる。

都市環境気候図は、要素図（気温分布図等の気象図、標高等の地形図、植生分布等の土地利用・被覆図）、大気・熱汚染図（大気汚染濃度分布図、大気汚染源分布図、排熱分布図等）、熱環境評価図（地表面温度分布図等）及び考察図の4種で構成される。考察図は、要素図等3種の地図群を組みあわせて都市の熱環境・大気環境を考察するものである。

2-3-1.都市環境気候図の作成対象スケール

都市環境気候図を作成するスケールとして、本調査では 圏域（首都圏、中京圏、関西圏等）、都道府県、市区町村の3段階を設定した。

都市環境気候図の対象スケールと、各スケールにおいて使用されるデータ種類および作成される地図種類の対応を表 2.1 に示す。圏域スケールの都市環境気候図および都道府県スケールの都市環境気候図は、市区町村スケールの都市環境気候図が作成される検討対象地区を含む広域の気候特性等を把握するための地図として位置づけられる。

表 2.1 都市環境気候図の対象スケールと適用データ・アウトプットの対応

対象スケール	広域	←	→	狭域
	圏域	都道府県		市区町村
使用される データ種類 ^{*1}	気象	気象	気象	気象
	地形	地形	地形	地形
作成される 都市環境気候図 ^{*2}	大気汚染濃度	(土地利用・被覆)	土地利用・被覆	土地利用・被覆
		大気汚染濃度	(大気汚染濃度)	
		(汚染源)	汚染源	
		(排熱)	排熱	
		(地表面温度)	地表面温度	
	要素図	要素図	要素図	要素図
	大気・熱汚染図	大気・熱汚染図	大気・熱汚染図	大気・熱汚染図
		熱環境評価図	熱環境評価図	
		(考察図)	考察図	

*1 括弧のついたデータは必要に応じて使用する

*2 括弧のついた都市環境気候図は必要に応じて作成する

上記の各スケールにおいて都市環境気候図を作成する目的を以下に整理する。

1) 圏域スケール

圏域スケールの都市環境気候図は、検討対象地区を含む数十～数百 km 四方のエリアを対象として、広域的な気候特性やヒートアイランド現象の発生状況の把握を目的として作成されるものである。対象が広範囲に亘る場合には、それに対応したスケールにて作成する。

都市気候はその都市を含む広域的な気候特性の影響下にあり、都市気候の解析に際しては、まず広域的な気候特性の把握が必要である。緯度や海拔高度、地形、海陸分布等の影響により形成される広域的な気温分布や、海陸分布や山岳の分布が影響する局地風（海風、山風等）の出現状況等の把握のためには、数十～数百 km 単位の空間規模を検討対象とする必要がある。更に、局地風によって発生する大気汚染物質の長距離輸送は、広域スケールで都市の大気汚染現象に影響を及ぼしている。

よって圏域スケールでは、要素図および大気・熱汚染図を作成する必要がある。

2) 都道府県スケール

都道府県スケールの都市環境気候図は、検討対象地区を含む数km～数十 km 四方のエリアの気候特性や、気候特性に影響する地形、土地利用、土地被覆の分布状況、熱汚染や大気汚染の負荷因子となる排熱発生状況や汚染物質濃度の分布の把握および評価を目的として作成されるものである。

都市環境気候図の最終的な検討対象である市区町村スケールの都市気候は、その周辺地域の土地利用状況等の影響を強く受けており、検討対象地区の周辺の土地利用状況が、建物の密集する市街地が連続している場合と、住宅と農地から構成される郊外型の土地利用の場合とでは、気温分布に相対的な違いが生じる可能性が高く、また検討対象地区での気流交換による排熱や大気汚染物質の拡散が異なる可能性も高くなる。このため、検討対象地区をその周辺地域を含む都市環境気候図を作成し、都市気候への影響因子となる土地利用や土地被覆、エネルギー消費実態等の把握と、その影響を受けて生じる気温分布や気流分布を把握することが必要である。

よって都道府県スケールでは、要素図および大気・熱汚染図、熱環境評価図を作成する必要がある。また、都道府県スケールで熱環境および大気質の改善対策について考察する場合には、考察図を作成する必要がある。

3) 市区町村スケール

市区町村スケールの都市環境気候図は、検討対象地区内の気候特性や、熱環境特性に影響する地形、土地利用、土地被覆の分布状況、熱汚染や大気汚染の負荷因子となる排熱発生状況や汚染物質濃度の分布の把握および評価を目的として作成されるものである。

市区町村スケールの気候については、都市内の局所的な気流に影響する谷筋や丘陵地帯等の地表面起伏や建物群の配置・形状、蒸散作用によってクールスポットとして機能する緑地や開水面の分布、熱収支に影響する地表面・建物表面被覆の状況、直接的な負荷因子となる各種施設や運輸機関等から発生する排熱や大気汚染物質の分布等の様々な気候的な要素が関

与しており、都市の熱環境および大気質の改善のためにはこれらの影響因子の把握が必要となる。

よって市区町村スケールでは、要素図および大気・熱汚染図、熱環境評価図、考察図を作成する必要がある。

2-3-2.都市環境気候図の構成要素

都市環境気候図の構成要素を以下に示す。

1) 要素図

要素図とは、気温および気流などの気候特性の分布、気候に影響する地形、土地利用および土地被覆状況の分布の把握を目的として作成されるものである。各構成要素の概要を以下に示す。

(1) 気象図

ヒートアイランド現象に関わる気象要素として、気温、気流（風況）、日射の分布を把握するために気象図を作成する。

a. 気温分布図

気温：対象地域内における気温の分布状況を示す。ヒートアイランド現象に伴って生じる高温域の把握等に用いるもので、同じ気温を示す観測点を結んでできる等温線図として表現される。主要な指標としては、主に日中の気温を代表する日最高気温平均値、夜間の気温を代表する日最低気温平均値、期間中の平均気温の分布図が挙げられる。また、時刻別の気温分布図を作成し、気温場の時刻変動を把握することも可能である。

長期平均気温変動：過去からの気温変動状況を表す地図で、指標としては現在の平均気温から過去の平均気温を差し引いたものなどが用いられる。過去からの気温上昇が著しいエリアの把握が可能となる。

夏日／真夏日／熱帯夜出現数：ある地点において高温に曝される程度を表す指標として、各観測点における夏日や真夏日、熱帯夜の出現数から分布図を作成する。類似の指標として、期間中に一定の気温を超えた時間の延べ数を用いることも可能である。

冬日／真冬日出現数：冬季におけるヒートアイランド現象を把握するための指標として、各観測点における冬日や真冬日の出現数から分布図を作成する。

b. 気流分布図

風配図：風配図はある期間における各方位の風向の出現率を放射状のグラフに表したもので、期間中に最も頻繁に現れる風向より卓越風向の把握を行う。風速別の風配図を作成することで、一定以上の風速に関する風向出現率の把握も可能である。

風向・風速場：観測点における風向を方向、風速を長さとする風ベクトルを作成して地図上に配置する。風ベクトルの分布より、対象期間中におけるエリア内の風の流れの把握が可能となる。時刻別の風ベクトルを作成することで、風系場の時刻変動を把握することも可能である。

c.日射分布図

日射量：対象地域内における日射量の分布状況を示す。日射量が多いほど表面温度や気温が上昇することから、日射量の多いエリアの把握等の日射対策や、体感指標の算出のための基礎資料として利用する。

日照時間：対象地域内における日射時間の分布状況を示す。日射量の分布とあわせて日射の気温への影響を把握するための基礎資料として利用する。

(2) 地形図

気温や風況に影響する地形要素として、標高と水面分布を把握するために地形図を作成する。

標高図：対象地域内の地表面の起伏状況を示す。気温に影響を及ぼす海拔高度や、気流に影響する山や谷等の位置や規模、逆転層が生じやすい盆地の有無などの確認に用いる。

水面分布図：対象地域内における河川や湖沼、水路等の開水面の分布状況を示す。水面には周辺空間の冷却効果があり、また河川は風の道としても機能することが多く、水面分布図によってヒートアイランド現象を緩和する地域資源の把握が可能である。

(3) 土地利用・被覆図

都市気候に影響する土地利用・被覆要素として、土地利用、植生、建物、道路、土地被覆の分布を把握するために、土地利用・被覆図を作成する。

土地利用分布図：対象地域内の土地利用状況を示す。土地利用と表面温度および気温との関係はよく知られており、地表面の温度環境の分布状況を表すものとみることができる。

植生分布：対象地域内における樹木や草地等の緑地の分布を示す。植生には蒸散作用による気候緩和効果や、日射の遮蔽による表面温度上昇の抑制、大気汚染物質の吸着等のヒートアイランド現象を緩和する効果があり、植生分布図によってヒートアイランド現象を緩和する地域資源の把握が可能である。

建物分布：対象地域内における建物分布状況を示す。建物の配置、形状の他、建物用途や建物構造に関する属性情報も利用する。気流に影響する構造物としての建物の空間分布の把握や、事業系施設や住宅等からの排熱発生量の推計等の基礎資料として利用する。

道路分布：対象地域内における道路の分布状況を示す。道路の空間分布とともに交通量や路盤材に関する属性情報を用いることで、自動車からの排熱発生量や大気汚染物質排出量、地表面被覆の把握のための基礎資料として活用する。また、道路上の空間は風の通り道として機能する可能性があることから、気流分布図とあわせて風の道の抽出にも利用できる。

土地被覆分布：対象地域内の土地被覆状況を示す。土地被覆を緑地や水面、裸地などの自然的な地表面被覆や、アスファルト舗装面、建物等のコンクリート面の人工物に分類して分布図を作成する。地表面の熱収支の変化を把握するために利用する。

2) 大気・熱汚染図

大気・熱汚染図は、大気汚染や人工排熱の発生・分布状況の把握を目的として作成されるものである。各構成要素の概要を以下に整理する。

(1) 大気汚染濃度分布図

大気汚染状況を把握するための要素図であり、各種の大気汚染物質濃度の観測データを用いて分布図を作成する。

NO_x：対象地域内における大気中の NO_x（窒素酸化物）濃度の分布を示す。ヒートアイランド現象に伴い発生する冬季の大気安定時におけるダスト・ドームの出現状況や、大気汚染物質の長距離輸送の把握等に用いる。

SPM：対象地域内における大気中の SPM（浮遊粒子状物質）の分布を示す。冬季の大気安定時におけるダスト・ドームの出現状況や、大気汚染物質の長距離輸送の把握等に用いる。

光化学オキシダント：対象地域内における大気中の光化学オキシダントの分布を示す。夏季の光化学大気汚染の状況や、大気汚染物質の長距離輸送の把握等に用いる。

(2) 汚染源分布図

都市熱環境および大気質への負荷因子となる排熱や大気汚染物質の発生源の空間分布を示す要素図であり、交通量とばい煙施設を対象とする。

交通量：対象地域内の道路を通過する交通量を示す。道路の空間分布とともに交通量から燃料消費量を算出することで、自動車からの排熱発生量や大気汚染物質排出量の推計が可能となる。

ばい煙施設：対象地域内におけるばい煙施設の分布状況を示す。燃料消費量のデータを用いることで、ばい煙施設からの排熱発生量や大気汚染物質排出量の推計が可能となる。

(3) 排熱分布図

ヒートアイランド現象の主原因の一つである人工排熱の発生密度の分布を示す。排熱については顕熱と潜熱に分けて要素図を作成する。

顕熱排熱：産業、民生、運輸の各部門から排出される人工排熱のうち、顕熱として大気中に排出される熱量を示す。顕熱排熱は直接的な気温上昇の要因となるものであり、顕熱排熱分布図によってヒートアイランド対策の必要な排熱密度の高いエリアの抽出等が可能となる。

潜熱排熱：人工排熱のうち、潜熱として大気中に排出される熱量を示す。特に空調排熱として大気中に排出された潜熱については、ヒートアイランド現象の軽減に寄与するものとして扱う。

3) 熱環境評価図

熱環境評価図は、熱環境の評価結果の表現を目的として作成されるものである。各構成要素の概要を以下に示す。

(1) 地表面温度分布図

土地利用や土地被覆による熱環境への影響を把握するために、地表面温度分布図を作成する。

地表面温度：対象地域内における地表面温度の分布を示す。地表面温度が高いほど気温上昇への影響が大きく、土地利用や土地被覆によるヒートアイランド現象への影響に関する評価指標として利用する。また、夜間の地表面温度から日射エネルギーの蓄熱による影響の評価も可能である。

(2) 体感指標分布図

ヒートアイランド現象に伴う人体へのストレスを把握するために、体感指標分布図を作成する。

体感指標：人間が体を感じる温度を表す指標で、気温、湿度、気流、輻射等の要素を含む。代表的な指標としては、SET*(**S**tandard **E**ffective **T**emperature)やPMV(**P**redicted **M**ean **V**ote)が挙げられる。ヒートアイランド現象の人体への影響の観点からみた都市熱環境の評価に用いる。

都市環境気候図の構成要素である地図種類と具体的な評価項目、対象スケールとの対応を表2.2に整理した。都市環境気候図を作成する際には、検討対象となる都市の特性を踏まえてこれらの構成要素から必要な地図を選定し、改善事項の抽出と改善方法の検討に利用することとなる。

表 2.2 都市環境気候図の一覧

区分	地図種類		評価項目	各スケールとの対応			目的・内容等
				圏域	都道府県	市区町村	
要素図	気象図	気温分布図	● 気温(季節別・時間帯別)				・ヒートアイランド現象の確認
			● 長期平均気温変動				
			● 夏日/真夏日/熱帯夜出現日数			-	
			● 冬日/真冬日出現日数			-	
		気流分布図	● 風配図(季節別・時間帯別)				・気流分布状況の把握(風の道の可能性等) ・風況の把握(卓越風、季節風等)
			● 風向・風速場(季節別・時間帯別)				
	日射分布図	● 日射量(季節別・時間帯別)			-	・気象条件としての日照状況の把握 ・日射制御の可能性の把握	
		● 日照時間(季節別・時間帯別)			-		
	地形図	● 標高				・地形的な特徴の把握(盆地気候や山谷風の可能性等)	
		● 水面分布		-		・地形的な特徴の把握(微気象緩和の可能性等)	
	土地利用・被覆図	● 土地利用分布		-		・地域の気温特性と土地利用状況、土地被覆状況の 関連性の把握 ・気流への影響の把握(風の道の可能性等)	
		● 植生分布		-			
● 建物分布			-				
● 道路分布			-				
● 土地被覆分布			-				
大気・熱汚染図	大気汚染濃度分布図	● NO _x (年間、季節別)				・大気汚染状況の把握	
		● SPM(年間、季節別)					
		● 光化学オキシダント(年間値)					
	汚染源分布図	● 交通量(平日/休日、昼/夜)		-		・熱・大気汚染への影響因子の把握	
		● ばい煙施設		-			
	排熱分布図	● 顕熱排熱(年間値、ピーク値)		-		・都市活動による排熱量および排熱特性の把握	
● 潜熱排熱(年間値、ピーク値)			-				
熱環境評価図	地表面温度分布図	● 地表面温度(昼/夜、季節別)		-		・人工物による熱環境への影響の把握	
	体感指標分布図	● 体感指標		-	-	・SET*等の体感指標	

凡例 : 作成 : 必要に応じて作成 - : 非対象

4) 考察図

(1) 考察図について

これまで検討した要素図、熱環境評価図、大気・熱汚染図をもとにして、都市の熱環境および大気質の改善方策を考察することが可能になる。この考察結果を上記図と適切に重ね合わせて表現した図が考察図である。

考察図を作成することにより、都市計画や建築計画等に基づくまちづくりにおいて、考慮すべき事項（構造物の形状・配置、地表面・構造物表面の選択、植生や水面の導入、排熱形態の制御等）を提案することが可能となる。

(2) 考察図の記載内容

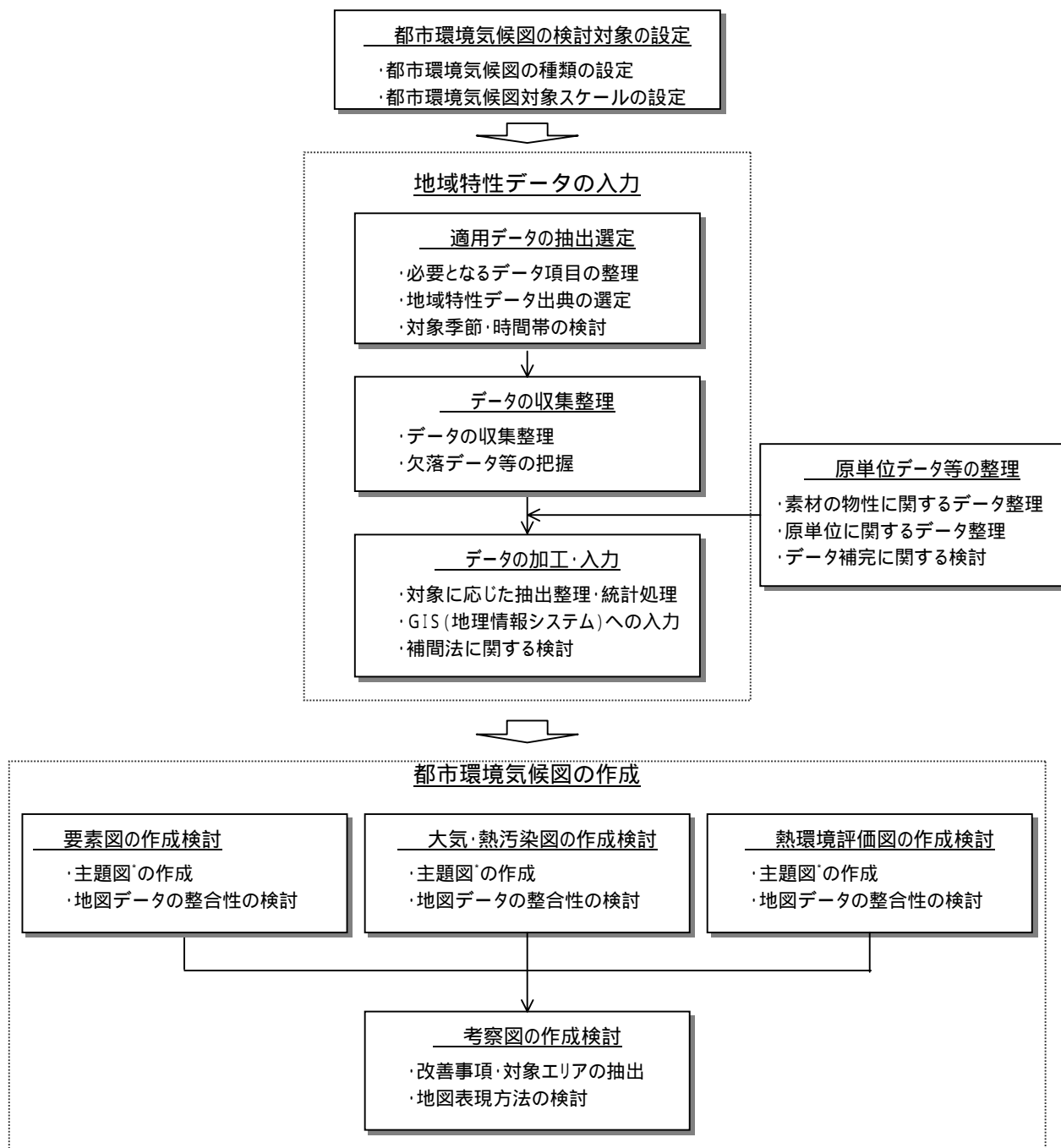
考察図において記述される内容は、作成の目的、地域ごとの特性等に応じて多様なものとなると考えられるが、代表的と思われる内容を表 2.3 に整理した。

表2.3 考察図におけるヒートアイランド現象抑制のための提案内容

分類	考察図の提案内容（例）
気流交換の促進による熱・大気汚染物質の放散	<ul style="list-style-type: none">・ 卓越風の風向に配慮したオープンスペースや緑地帯等の配置・ 建物間の通風を確保するための容積率・建物配置の制御（低層密集 高層化+オープンスペース等）・ 郊外への緑地・農地帯の整備（郊外風の活用）等
表面被覆の制御による気温上昇の抑制	<ul style="list-style-type: none">・ 排熱密度の高い地区への緑地・水面の配置・ 緑地と街路樹の連続による緑のネットワークの形成・ 密集地域における建物緑化の促進・ 植栽による地表面への直達日射の抑制・ 高アルベド材の使用による反射率の改善 等
エネルギー消費の制御による排熱量および排熱形態の転換	<ul style="list-style-type: none">・ 地域冷暖房導入による排熱源のコントロール（未利用エネルギー活用、蓄熱による時間帯シフト、都市キャノピー層外での排熱）・ 建物空調システムの排熱形態の転換（水冷システムの採用、蓄熱システムの採用）等

2-3-3.都市環境気候図の作成手順

都市環境気候図を作成する一般的な手順と検討内容、ならびに各種の地図の作成に必要なデータ種類について整理した。都市環境気候図の作成の一般的な手順を図 2.4 に示す。



* 特定の主題（気温分布や土地利用分布等）について、その地理的特徴を表現した図

図 2.4 都市環境気候図の作成フロー

都市環境気候図の各作成過程における検討内容について、図 2.4 のフローに沿って整理すると以下ようになる。

都市環境気候図の検討対象の設定

- ・ 夏季の熱環境対策や光化学スモッグ対策、冬季の大気安定時の大気汚染対策など、対象地域において必要となる都市熱環境および大気質に関する検討課題に応じて、作成する都市環境気候図の種類やスケールを選定する。

適用データの抽出選定

- ・ 作成する地図の種類に対応した地理情報などのデータ項目を抽出・整理する。
- ・ 必要となるデータ項目が含まれる統計資料や電子データベースなどを選定する。
- ・ 地図の対象となる季節（夏季、冬季等の季節別、1ヶ月単位等）や時間帯（昼間、夜間別、1時間単位等）を設定する。

適用データの収集整理

- ・ データ内容を確認し、気象データ等に見られる観測値の欠落状況を把握する。

原単位データの収集整理

- ・ 人工排熱量等の算出に必要な原単位データや物性データを収集整理する。
- ・ データ内容を確認し、データの不足等があれば原単位データの補完に関する検討を行う。

データの加工・入力

- ・ 先に設定した対象スケールや対象季節、対象時刻に適合するデータの抽出整理や統計処理を行う。
- ・ 必要に応じて GIS (**G**eographic **I**nformation **S**ystem ; 地理情報システム) 等を利用して空間データを整理する。
- ・ 空間的に離散しているポイントデータ値から、ポイントのない空間上のデータを求めるための補間法について、使用するデータの性質等を踏まえて適用する方法を検討する。その際、地図の作成対象エリア内のポイント数やポイントの分布状況についても確認する。

要素図の作成検討

- ・ 加工、入力したデータに基づき要素図を作成する。
- ・ 作成された地図上のデータの分布状況等を確認し、特異データ等があればデータの修正を行う。

大気・熱汚染図の作成検討

- ・ 加工、入力したデータに基づき大気・熱汚染図を作成する。
- ・ 作成された地図上のデータの分布状況等を確認し、特異データ等があればデータを修正する。

熱環境評価図の作成検討

- ・ 加工、入力したデータに基づき熱環境評価図を作成する。
- ・ 作成された地図上のデータの分布状況等を確認し、特異データ等があればデータを修正する。

考察図の作成検討

- ・ 作成した地図およびその組み合わせから、対象地域における改善事項および改善対象地区を抽出する。
- ・ 改善対策方法の検討、改善メニューの選定を行い、考察図として整理する。

(参考) 使用可能なデータの種類および内容

一般的に都市環境気候図の作成に必要なデータは、地域の気候特性に関するデータ(気象、地形地質、土地利用)と、熱環境に影響を及ぼす建材や路盤材、植生の物性に関するデータや人工排熱に関するエネルギー消費等の原単位データに大別される。

表 2.4 は、空間分布を表現する地図作成に必要なに関連するデータについて、電子地図情報として利用可能なデータの種類とその概要について整理したものである。

表2.4 地域気候特性関連データの一覧

区分	データ名称	データ作成機関	データ種類 ^{*1}	データ内容
気象	アメダス統計年報	気象庁	ポイント	時刻別風向(16方位)・風速データ 時刻別気温データ 時刻別日照時間
	拡張アメダス気象データ	(社)日本建築学会	ポイント	絶対湿度 日射量
	大気汚染常時監視データ	環境省 地方自治体	ポイント	時刻別風向(16方位)・風速データ 時刻別気温データ
標高	数値情報メッシュ標高	国土地理院	メッシュ	250mメッシュ標高、50mメッシュ標高
土地利用	細密数値情報	国土地理院	メッシュ	10mメッシュ土地利用項目(15分類)
	1/10 細分区画土地利用データ	国土地理院	メッシュ	100mメッシュ土地利用項目
	東京都都市計画 地理情報システム ^{*2}	東京都	ポリゴン	土地利用用途(30分類)
土地被覆	東京植生分布図 ^{*2}	東京都	ポリゴン	植生区分(74分類)
建物	東京都都市計画 地理情報システム ^{*2}	東京都	ポリゴン	建物用途(30分類)、建物階数、 建物構造(4分類)
	住宅地図	地図メーカー	ポリゴン	建物階数
大気汚染	大気汚染常時監視データ	環境省 地方自治体	ポイント	大気汚染物質(15項目)
交通	道路交通センサスデータ	国土交通省	ライン	種類別交通量(12h・24h、平日・休日)、 混雑度、路面種類(6分類)
地表面温度	Aster プロダクツ 2B03	(財)資源・環境観 測解析センター	メッシュ	90mメッシュ地表面温度

*1 ポイント:空間上での位置を示す図形で、大きさを伴わない ライン:2 つ以上のポイントを結んでできる線

ポリゴン:直線がつながってできる多角形 メッシュ:地表面を網目状に分割してできる図形

*2 土地利用や土地被覆については各自治体が整備している GIS データを用いることが可能である。表中では東京都の事例を示す。