

## 屋外熱環境の実務設計支援システムの開発（その2）

### Development of a Technical Design Support System for Optimizing Outdoor Thermal Environments ( Part 2 )

河野俊樹<sup>1</sup> 神山健二<sup>2</sup> 足永靖信<sup>3</sup> 成田健一<sup>4</sup>  
Toshiki Kohno Kenji Kamiyama Yasunobu Ashie Ken-ichi Narita  
植松康<sup>5</sup> 戸松征夫<sup>6</sup> 佐々木亮治<sup>6</sup>  
Yasushi Uematsu Yukio Tomatsu Ryoji Sasaki

#### 【要旨】

地球環境に対する負荷低減の方策のひとつとして建物周辺の熱環境の改善が有効な手段と考えられている。筆者らは建物周辺の熱環境の改善を快適性向上の側面から検証し、ヒートアイランド対策等へも貢献できる設計ツールとして「屋外熱環境の実務設計支援システム」を開発した。本システムは実務設計者が屋外熱環境の快適性を確認しながら設計作業を進めることを可能にするシステムである。本報では、前報で報告した本システムに機能強化を目的とした改良を行った内容と実物件への適用を試みた結果について報告する。

【キーワード】 屋外熱環境 快適性 評価 設計支援システム

#### 1. はじめに

筆者らは、実務設計者自らが屋外熱環境向上の観点から設計中の建物を迅速かつ簡単に評価することを目的に、建物周辺の温熱快適性の評価と熱的に最適な住棟の配置計画の検討を可能にする屋外熱環境の実務設計支援システム（以下システムと称する）を開発し、前報にて報告した<sup>1)</sup>。本システムは集合住宅内の小公園や建物エントランス等、住民が集い憩う場所が快適な空間となるような建物の配置や周辺の植栽計画を検討するための設計ツールとして活用するほか、敷地外については事業実施による日影、風害などの環境対策ツールとしての利用を目指している。前報で報告したシステムはこれらの機能を満足させるための簡易エキスパートソフトのプロトタイプである。本報では、設計ツールとしての機能強化を目的として、データベースと評価方法の追加・修正による

改良を行った内容および実物件への適用を試みた結果について報告する。

#### 2. システムの改良点

##### 2.1 システムの特徴

屋外熱環境を改善する手法としては、緑陰による日影効果の利用や、建物や樹木配置の工夫による風の制御等が有効と考えられる。近年、風速分布の予測にはCFD解析が多用されるようになってきているが、解析の実施には風環境に関する専門的知識が必要な上、PC環境によっては計算の実行に多くの時間を費やしてしまうのが現状である。本システムでは、屋外熱環境を評価する上で不可欠な風環境の検討に要する負担を軽減するため、基本的な建物形状および樹木配置について事前にCFD

1. 技術研究所 環境研究室 2. 関東建築支店 南古谷プロジェクト作業所 3. 独立行政法人 建築研究所  
4. 日本工業大学 5. 東北大学 6. 西松建設株式会社

解析を行い気流解析結果のデータベース化を行うことで実務設計者への負担軽減と評価に要する時間の短縮を図っている。本システムは前報で報告した通り、対象となる地域の気象条件等が登録されている「気象条件データベース」と建物形状データと風速データ（水平断面の3次元気流解析結果）が登録されている「建物データベース」、およびそれらのデータから快適度を計算する演算ルーチンによって構成されている<sup>2),3)</sup>。これらのデータベース化した建物形状別の「風速」データと、日本各地の気象条件から地域毎の「温度」、「湿度」、「日影」を総合的に考慮した快適性の評価を行い、熱的に条件の良い建物配置計画を検索することができる。なお、データベースにあてはまらない建物の形状・配置については、別途CFD解析を行わなくてはならないが、解析した風速データを所定の書式でデータベースに追加することで次回以降は対応可能となる。

## 2.2 改良した機能の概要

以下に改良した機能の概要を示す。

### (1) 既存データベースの変更

気象条件データベースに気象データを登録した都市を追加するとともに、建物データベース（プロトタイプでは二棟直列配置とL型配置およびタワー型形状〔正方形平面断面〕に平板型形状〔長方形平面断面〕を追加した。また、プロトタイプでは建物形状の対称性を考慮し、4方位分または8方位分のみ風速データを登録していたのに対し、後述の評価方法の変更（16風向の重み付けをした快適性評価）に対応させるため、全ての建物データに16方位分の風速データの追加を行った。さらに、データの軽量化を図るため、二棟直列配置とL型配置の建物高さの見直しを行った。各データベースの変更点を以下にまとめた。

### 気象条件データベースの対象地域追加

気象条件データベースには、対象となる地域の気象条件（気温、湿度、風速、卓越風向）と太陽高度および太陽位置の時刻ごとのデータが含まれている。プロトタイプでは首都圏およびその近郊10地域のみを登録していたが、バージョンアップでは利用頻度の高い都市の追加を行い、関東地方と全国主要都市を中心に計23都市の気象データをデータベースに追加した。バージョンアップによる変更内容を含む気象条件データベースの登録内容を表1に示す。これらの登録地域以外の気象条件についても、今後随時登録を進めていく予定である。

### 建物データベースの追加と修正

新たに平板型形状の建物をモデルとした建物形状データとその建物形状でCFD解析した風速データをデータベースに登録した。また、二棟直列配置とL型配置についてはデータの軽量化と実用的なデータの精査を目的として、建物高さを20mと40mの2パターンに絞り込むとともに、前述の通り、16風向全ての風速データを追加した。建物データベースの内容を表2に示す。

### (2) 快適度評価方法の変更

#### 評価対象時間帯の追加

プロトタイプでは評価対象時間を「10時～16時」としているが、さらに評価対象時間を拡大し、「9時～17時」とした。これに伴い、各地点の気象条件データベースに「9時」と「17時」のデータを追加した。

#### 対象風向の拡大

プロトタイプでは評価対象風向を「卓越風向（1風向）」のみとしているが、快適性評価結果の活用範囲を広げるため、「16風向の重み付け」と「任意の風向」による評価およびその選択を可能にした。

「16風向の重み付け」... 選択した評価対象時間内の各時刻において16風向分の快適度を算出し、各風向出

表1 気象条件データベース登録内容

地域	水戸、宇都宮、前橋、熊谷、さいたま、越谷、所沢、我孫子、船橋、千葉、木更津、大手町、練馬、府中、八王子、横浜、辻堂、海老名、名古屋、大阪、神戸、広島、福岡
季節	夏季(8月)、冬季(2月)
時刻	9時～17時(1時間単位)
気象条件	風速(m/s)、気温( )、湿度(%)、太陽高度(deg)、太陽方位(deg)、卓越風向(deg)、風向補正值(deg)、風速補正係数、風向別出現頻度

表2 建物データベース登録内容

建物形状	二棟直列配置		L型配置	
建物間距離 (W1) または 建物角度 ( 1 )	建物間距離 (W1)	0 m 3 m 6 m 9 m 18 m 27 m 36 m 45 m	建物角度 ( 1 )	90° 105° 120° 135° 150° 165°
建物方位 ( 2 )	0° ~ ±180° (11.25° 単位)			
建物高さ	20 m、40 m			
樹木の有無	あり、なし			
建物形状	超高層単独建物		平板単独建物	
建物方位 ( 2 )	0° ~ ±180° (11.25° 単位)			
平面形状	幅30m、奥行き30m		幅45m、奥行き15m	
建物高さ	60m、100m		20m、40m	
樹木の有無	あり、なし			

現頻度による重み付けをして平均した後，各時刻の快適性を評価対象時間帯で平均する。

「任意の風向」... 対象地点の評価対象時間毎の風向出現頻度（風配）表を示し，それを基に任意の風向を1～16風向選択する。

(3) 風環境評価の追加

16風向の風速データを活用するため，快適性評価とは別に風環境評価の機能を追加した。評価方法は，「風工学研究所手法」と「村上手法」の2通りとした。

3. システム機能の改良点

データベースの修正，快適性評価方法の変更に伴うメニュー構成の見直しにより，処理の流れを以下のように変更した。

3.1 熱的快適性評価

基本的な機能はプロトタイプの「データベース検索による建物周辺の快適性評価」に準ずる。機能の改良点として，評価対象時間帯の追加(9時と17時を追加。)と，対象風向の拡大(16風向による重み付けと任意風向の選択を追加。)を行っている。

3.2 環境評価

入力項目を快適性評価と共通とし，風環境評価用気象データベースおよび風環境データから，「風工学研究所の式」または「村上の式」のどちらかを選択し，評価する。なお，快適性評価と風環境評価を同時に実行することも可能である。

3.3 データベース検索による最適配置検討

風向の選択が追加された他は，プロトタイプの「デー

データベース検索による最適配置の検討」と同じ機能を持つ。  
バージョンアップによるデータベースの構成およびソフト内で処理される演算機能の改良点を以下に示す。

#### 4. 各機能の処理の流れ

ソフトの各機能毎に処理の流れを以下に示す。

##### 4.1 熱的快適性評価

熱的快適性評価の処理の流れを図1に、処理の流れに沿ったソフトの表示画面を図2～図4に示す。

はじめに、メニュー画面にて「熱的快適性評価・風環境評価」の項目を選択し、熱的快適性・風環境評価画面を表示させる。次に検索条件として、評価対象となる建物の諸条件（建物条件）を選択する。最初に「地域」を選択した後、「建物種別」を選択し、その種別に応じて「建物角度」や「棟間距離」の各値を選択する。（「建物種別」で個別物件を選択した場合は入力が必要な条件の説明が画面右側に凡例として表示される。）さらに「建物方位」、「建物高さ」、「樹木配置の有無」を選択する（図2参照。）

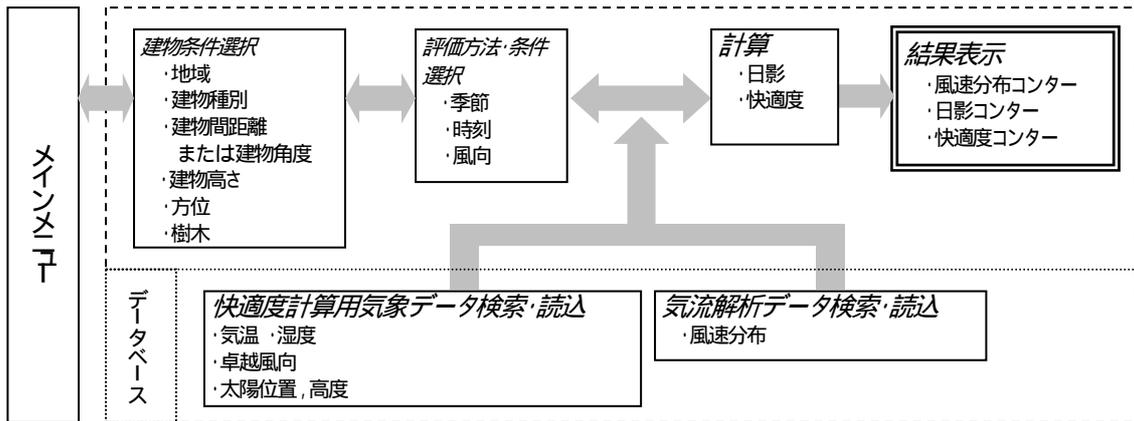


図1 熱的快適性評価の処理の流れ

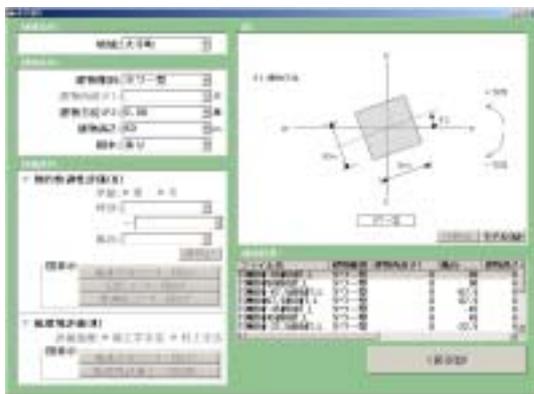


図2 熱的快適性評価画面  
(建物条件の入力)

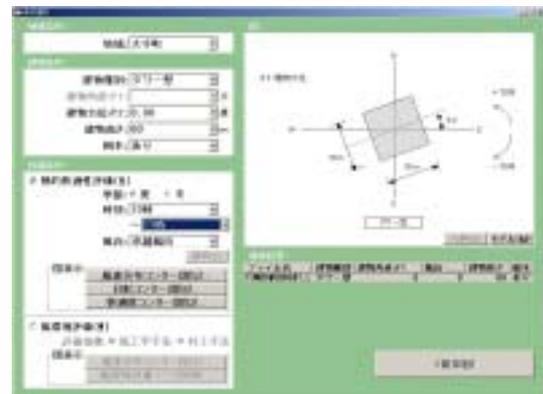


図3 熱的快適性評価画面  
(評価方法の入力)

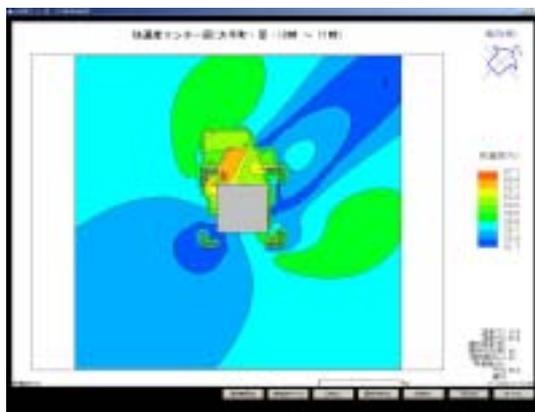


図4 熱的快適性評価画面  
(快適度コンター図の表示)

建物条件入力後、「評価設定」から熱的快適性評価を選択し、「季節」、「時刻」、「風向」の各値を選択する。風向については卓越風向の他、16風向と任意の風向（複数風向選択可）が選択可能である。（図3参照。）

各条件を入力後、図化メニュー選択ボタンから、表示したい図を選択する。選択可能な図は、風速分布コンター、日影コンター、快適度コンターである。表示したい図を選択すると日影計算と快適度計算が実行され、選択した図を表示する。（図4参照。）

#### 4.2 風環境評価

風環境評価の処理の流れを図5に、処理の流れに沿ったソフトの表示画面を図6～図7に示す。

熱的快適性・風環境評価画面の表示と建物条件の選択については、熱的快適性評価と同様の手順で行う。建物条件入力後、「評価設定」から風環境評価を選択する。（図6参照。）

各条件を入力後、図化メニュー選択ボタンから、表示したい図を選択する。選択可能な図は、風速分布コンター、風環境評価ランク図である。表示したい図を選択すると評価ランク計算が実行され、選択した図を表示する。（図7参照。）

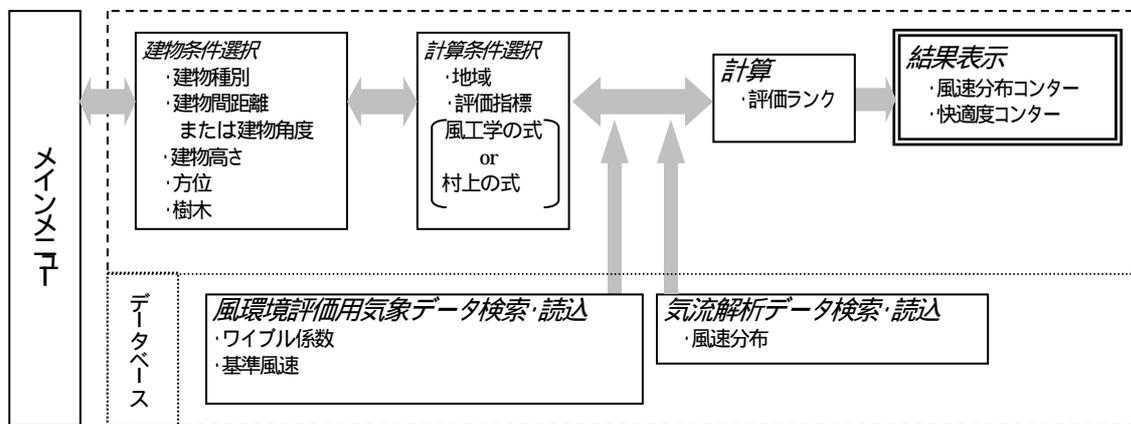


図5 風環境評価の処理の流れ

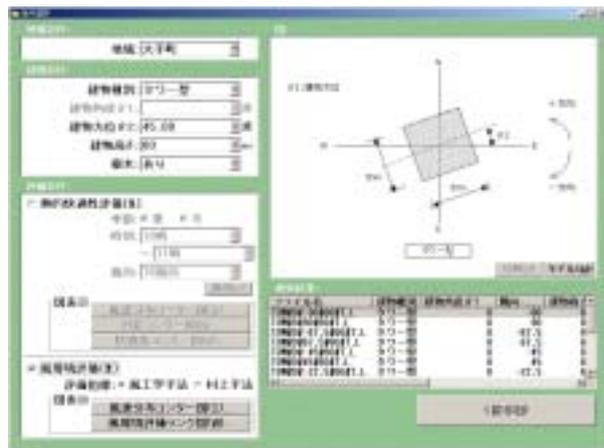


図6 風環境評価画面  
（建物条件の選択）

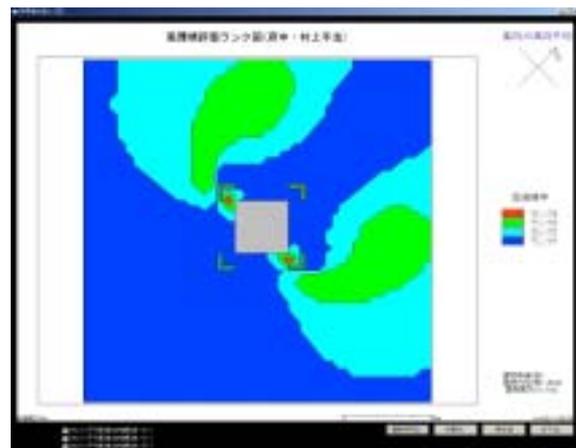


図7 風環境評価画面  
（風環境評価ランク図の表示）

### 4.3 データベース検索による最適配置の検討

データベース検索による最適配置の検討における処理の流れを図8に、処理の流れに沿ったソフトの表示画面を図9～図11に示す。

はじめに、メニュー画面にて「データベース検索による最適配置検討」の項目を選択し、最適配置検討画面を表示させる。基本的にはプロトタイプと同様の処理の流れであるが、検索条件1に「風向」の選択が追加されている。他の手法と同様に検索条件1は全て設定する。次

に検索条件2の項目の中で、比較したい事項のみを選択する。(図9参照。) 選択したデータファイルについて、領域全体を平均した快適度が高い順に表示される(図10参照。) 快適度のコンター図を表示する。また小公園や建物エントランス等の快適性を重視する場所のみ検討するときは、画面上で任意の形状の領域を設定し、その快適度を求めることも可能である。この領域の位置と形状に関する情報は保存可能なため、他のパターンとの比較が容易に行える。(図11参照。)

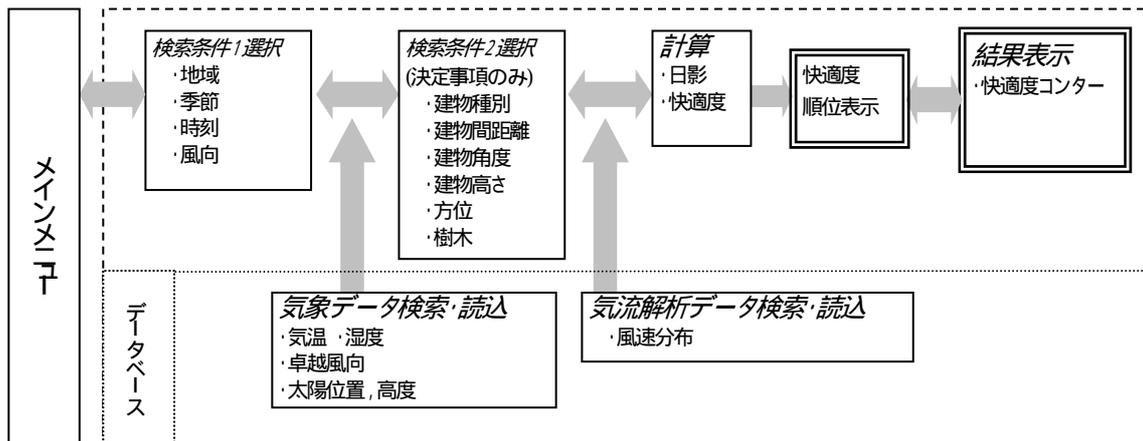


図8 熱的快適性評価の処理の流れ

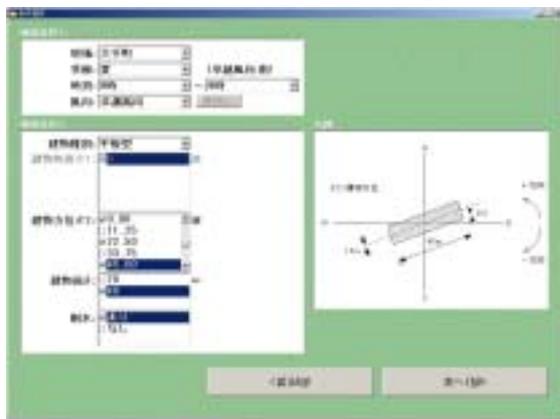


図9 最適配置検索画面  
(条件選択, 必要事項の入力)



図10 最適配置検索画面  
(快適度順位の表示, 選択)

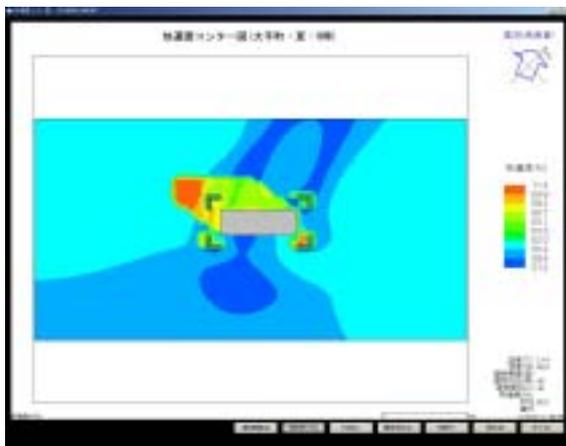


図11 最適配置検索画面 (快適度コンター図の表示)

## 5. システムの適用例

本システムの有効性を検証するため、実際の物件への適用を試みた結果を以下に示す<sup>4)</sup>。

### 5.1 対象建物の概要

検証に用いた対象建物は高さ約 100m の超高層マンションである（西松建設株式会社施工物件，所在地：東京）。対象建物の配置図と立面図を図 1 2 に示す。対象建物の東側には駐車場が計画されており、対象建物を囲むように北、西、南側には樹木が配置されている。建物エントランスは対象建物の北側にあり、対象敷地西側の道路より動線が結ばれている。

### 5.2 解析方法

本システムのデータベースの中で、平面形状に若干の相違があるが、設計初期では様々な建築計画のパターンを想定する必要があり、周辺建物などについてはある程度の簡略化はやむを得ないとして、高さ 100m の超高層単独建物データを本事例に適用して評価を行った。使用する気象データは最も近隣の気象観測点となる大手町とし、評価時間は 10 時～16 時の日中の時間帯とした。なお、解析は夏季、冬季毎に 16 風向のうち、評価時間内で最も出現頻度の高い風向のみを対象として行った。

### 5.3 解析結果

図 1 3 に風速コンター図を示す。夏季は南からの風が卓越するために、風上側隅角部で風速が高く、建物前面と後面において風速が低いことが分かる。

図 1 4 は日影図である。夏季は太陽高度が高いため、高層棟の日影の影響範囲は比較的狭い。

夏季の快適度コンター図に建物略図を加えて図 1 5 に示す。日影が快適度に与える影響は大きいとその影響範囲は建物周辺のみに限られている。それに対して風が快適度に与える影響は広範囲に及んでいることが分かる。また、この時期は建物エントランスへの動線と駐車場付近で快適度が高いことが分かる。

冬季の快適度の結果を図 1 6 に示す。冬季には主風向が北北西となり風速分布が図 1 3 とは大きく異なる。また太陽高度が低くなることから、日影の影響範囲が夏季と比べて大きくなる。建物エントランスでは快適度が高いが、駐車場ではかなり低くなる。

年間を通しては、駐車場では夏季の快適性は高く冬季に低いのに対し、建物エントランス付近では夏季も冬季

も高い快適性を示している。建物エントランスの快適度が高いことは計画上重要であり、本システムを用いた検討から、本計画における建物エントランスの位置は適切であることがわかる。

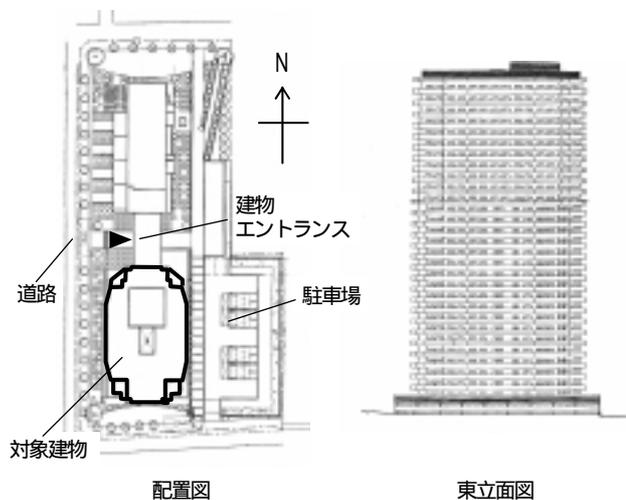


図 1 2 解析対象建物概要

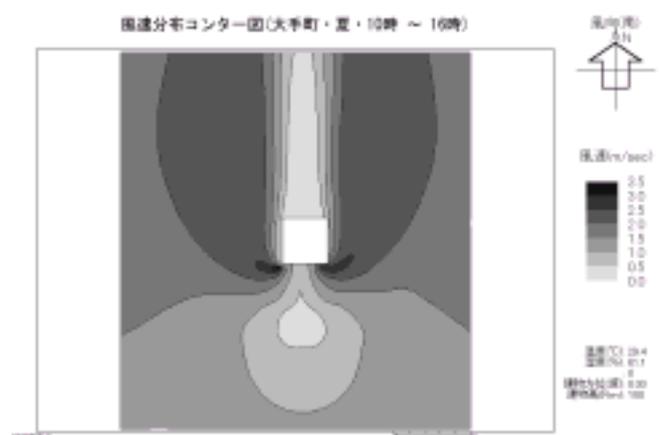


図 1 3 風速コンター図（夏季）

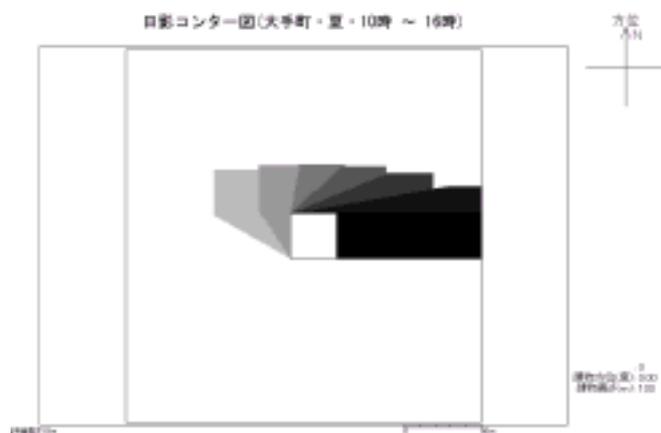


図 1 4 日影コンター図

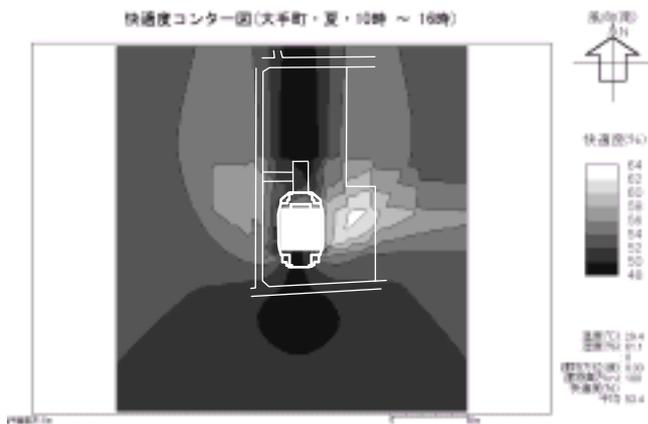


図 15 快適度コンター図(夏季)

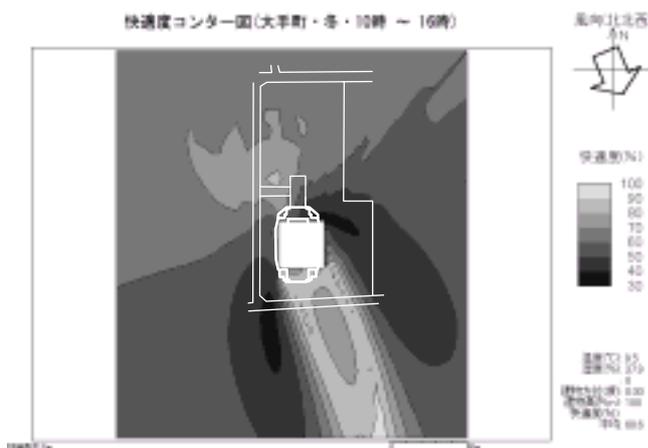


図 16 快適度コンター図(冬季)

## 6. おわりに

本報では前報で報告した屋外熱環境設計支援システムの改良点の概要と適用例を示した。今後はさらに実物件への適用による建物データベース拡充と、気象データを

蓄積していくとともに実務設計上有用となるようなシステムの改良を順次行っていく予定である。

備考：本研究は「屋外通風を考慮した熱環境設計研究会（平成 12～14 年度）」（事務局：建築研究振興協会）の研究成果をとりまとめたものである。研究会のメンバーは次の通りである。足永靖信（独立行政法人建築研究所上席研究員）、成田健一（日本工業大学教授）、植松康（東北大学教授）、滝川浩一（元飛鳥建設株）、河野俊樹（飛鳥建設株）、神山健二（飛鳥建設株）、戸松征夫（西松建設株）、佐々木亮治（西松建設株）

## 【参考文献】

- 1) 神山健二, 他: 屋外熱環境の実務設計支援システムの開発 (その 1), とびしま技報<建築>No.35, pp31～38, 2003.
- 2) 佐々木亮治, 植松康: 体感に基づいた屋外空間環境評価手法とその建築計画への応用 - 東北地方と関東地方の比較 -, 2002 年北方都市会議 IN あおもり「冬の都市フォーラム」, 2002, pp.371-376
- 3) 佐々木亮治, 他: 良好な屋外熱環境形成のための最適配置に関するエキスパートシステムの開発 - その 3 快適性評価式と S E T\* の比較 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 2003, pp.559～600
- 4) 神山健二, 他: 屋外熱環境の実務設計支援システムの開発とその適用, 日本建築学会技術報告集 第 17 号, pp283～286, 2003.

**Summary** This report outlines a building design support system improvement version that evaluates the outdoor thermal environment. The improvement of the heat environment around buildings is considered to be an effective means to reduce the load on the global environment. The authors developed this system as a design tool that improves the heat environment around buildings and makes pedestrians feel comfortable. This system enables designers to easily evaluate the thermal comfort of pedestrians in the vicinity of the buildings being designed.

**[Keywords]** outdoor thermal environment, thermal comfort, evaluation, design support system