特集

市街地風環境評価の課題と「都市の風影響評価研究会」の取り組み

市街地風環境評価の課題と「都市の風影響評価研究会」の取り組み

Issues of Evaluation of Pedestrian Wind Environment and Activities of the Study Group of Wind Effect on Urban Environment

富永禎秀*

Yoshihide TOMINAGA

1. はじめに

高層建築物が各地に建て始められ、高層建物周辺で発生するビル風が、「風害」としてマスコミ等で扱われるようになってから、約50年が経とうとしている。その間の社会や行政、学会等の動向については、本特集の原稿¹⁾において年譜として整理されている。年譜に見られるように、市街地の風環境の問題に関して、本学会が果たしてきた役割は小さくないものの、「行政や一般住民の理解が不可欠であり技術論だけでは完結しにくい」、「社会や生活様式の変化といった時代背景の影響を強く受ける」といった市街地風環境特有の性質もあり、課題解決へのプロセスが複雑な面もある。

日本風工学会・都市の風影響評価研究会は、都市において風が建物や環境、生活へ及ぼす影響を総合的にかつ適切に評価する新しいフレームについて議論することを目的として、2005年に設置され、これまで活動を進めてきた。本特集は、これまでの研究会の活動を総括するとともに、現状の市街地風環境の課題を整理し、今後の展望を明らかにすることを目的としている。

本稿では、特集のイントロダクションとして、市街地風環境を「予測」「評価」「制御」の3つのステップに分けて、それぞれの課題を概説し、それに対する本研究会の成果、そして残された課題を示したい。

2. 市街地風環境の予測における課題

(1) CFDの利用拡大

コンピュータの高速化及び流体解析ソフトの普及に伴い、CFD (Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学) は、流体力学の強力な解析ツールとして、工学の様々な分野で用いられるようになってきた。CFDは風洞実験のような特殊な実験装置を必要とせず、またかかる時間や材料費、労力等を考えると、コスト面で大いに有利であることが期待される。また風洞実験では限られた測定点での風速情報しか得られないのに対し、CFDでは詳細かつ三次元的な風速の空間分布性状が把握できるというメリットがある。すなわち風洞実験では捉え切れない風環境上の問題点をCFDでは捉えられたり、より効果的な対策を計画できる可能性がある。また風洞実験には実験の不確かさ(計測器の誤差、偶然誤差、センサー設置位置の誤差等)が避けられないが、CFDではこのような不確かさが介在する要因が少ない。

一方、CFDにおいては、シミュレーション結果が、計算で用いる数値パラメータや境界条件に強く依存することに注意しなければならない。すなわち、CFDの精度や不確かさに細心の注意を払う必要がある。そのためには、各種パラメータやグリッド分割、境界条件の感度解析及び実験結果を用いての検証が極めて重要である。CFDの解析結果に影響を及ぼす各種の数値パラメータや境界条件について、その適切な与え方の目安を与えるガイドラインが様々な学会や分野において提案されている。市街地風環境の問題に対しては、2007年に日本建築学会からCFDを適切に利用するための注意点や解析精度の検証方

* 新潟工科大学 教授 tominaga@abe.niit.ac.jp
Professor, Niigata Institute of Technology

法について解説したガイドブック「流体数値解析による市街地風環境の予測・評価ガイドブックー検証用データベース付きー」が刊行された²⁾。このガイドブック及びCFD 適用のためのガイドライン³⁾は、国内外で広く引用されているが、基本的にアンサンブル平均された流れ場を解析対象とするRANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations) モデルの強風問題への適用を対象としており、濃度・温度などの拡散問題やLarge Eddy Simulation (LES) 等の非定常解析の風環境問題への適用については、殆ど触れられていなかった。これらのCFD の適用に対する最近のユーザの関心の高まりを踏まえたガイドラインの拡張のための検討が現在行われている⁴⁾。

(2) 最大瞬間風速の予測

現在のところ、実務的には、風洞実験及び数値解析とともに、平均風速が予測される場合が殆どである。従って、後述する「日最大瞬間風速の超過確率に基づく評価尺度」⁵⁾のように最大瞬間風速を評価したい場合、ガストファクター（最大瞬間風速と平均風速との比、以下GF）を仮定することが便法として行われてきた。しかしながら、最近では、計測器の精巧化（熱線風速計やPIV など）や計算能力の向上（LES などの非定常かつ高分解能のCFD）によって、最大瞬間風速を評価すること自体は実用的にも不可能ではない。最大瞬間風速を直接予測することができれば、GF に寄らずに、最大瞬間風速が評価できることになる。しかしながら、風洞実験や非定常数値解析において、風環境評価に適用できる最大瞬間風速を得るための評価時間、平均時間をどのように取ればよいか、十分なコンセンサスは得られてはおらず、さらなる検討が必要と思われる。

(3) 標準気象データの整備

風洞実験であってもCFD であっても、ビル風評価に用いるいわゆる上空風の気象データは、建設地に最も近い気象観測所（気象官署やアメダス観測点）等で得られた観測値が用いられる。しかし、よく知られているように、気象観測所で観測されたデータは周辺の建築物や地表面近くの地形の影響を受けている場合が多く、周辺の状況なども考慮して、利用可能な観測データの中から取捨選択し、採用しているのが実情である。当然のことながら、異なる上空風データを用いれば、風環境評価結果も異なる。すなわち、どの上空風気象データを用いるかは、結果の信頼性に大きな影響を及ぼすが、必ずしも明確なルールがある訳ではなく、評価の客観性の面で問題がある。そのような課題を踏まえ、本研究会の活動の一環として、気象モデルを用いて、地表面近くの地物の影響を受けな

い都市上空風気象データの整備を検討した⁶⁾。こうしたデータを用いることによって、風環境評価の一般性や公平性が向上するものと期待される。

3. 市街地風環境の評価における課題

(1) 風環境評価尺度

国内外でこれまでに提案されている風環境の評価尺度は、文献7 に詳細にまとめられている。高層建物周辺の歩行者レベルの風環境評価尺度として、村上ら⁵⁾による「日最大瞬間風速の超過確率に基づく評価尺度」及び風工学研究所による「10 分間平均風速の発生頻度に基づく評価尺度」⁸⁾がよく用いられている。

村上らの評価尺度は、高層建物周辺で実施した詳細な風の実測と同時に実施した市街地の風環境状態についてのモニター調査から、①風速と一日の風環境の良し悪しの関係、②風速と発生する現象の関係、③強風と判断される風環境レベルを示す日数の年間に許容される限度、を明らかにし、日最大瞬間風速の許容頻度を規定したものである。

風工学研究所の評価尺度も同様であるが、これらの評価尺度は、ランク分けされた風の予測される出現頻度によって判定される。確率による評価は住民にとっては理解し難く、結果的にビル風問題の解決を困難にしている場合がある。最近では、より住民の理解のしやすい風環境の評価方法が、スマートフォンやSNS といったツールを活用した住民参加型の調査に基づいて検討されている^{9,10)}。またこうした新しいツールを活用した都市の暑さ・涼しさを把握しようとする試みも行われている¹¹⁾。一方、既存の評価尺度は、日常的な快・不快に主眼があるのに対して、歩行者の転倒等の事故に着目した風安全指標が提案されている¹²⁾。

(2) ガストファクターGF の設定

前述の通り、現状の実務における風洞実験または数値シミュレーションでは、ほとんどの場合、瞬間風速ではなく平均風速を求めている。そのため、最大瞬間風速を求めたい場合、GF（最大瞬間風速と平均風速との比）が必要となる。GF は、地表面近くでは一般に1.5～2.5 の値を採るとされている⁵⁾。この範囲は非常に広く、評価結果に大きい影響を及ぼすが、適切にその値を決定することは難しく、評価尺度の分りにくさの要因の一つとなっていた。都市の風影響評価研究会では、この評価尺度において、日最大平均風速と日最大瞬間風速を関係づけるために必要となるGF の評価式を提案した¹³⁾。

(3) 環境影響評価制度における「風害」の扱い

本特集中原稿¹⁴⁾で報告されている通り、全国の環境影響評価条例を有する自治体のうちの約 1/3 で市街地風環境（ビル風、風害）に関する評価項目がある。実際にこの制度が適用される物件を有している自治体数は、さらにその 1/3 程度と多くはない。自治体の担当者へのアンケート結果を見ると、全体的には現行の風環境の影響評価の体系に大きな問題はないとも読み取れるが、一方、いくつかの課題も指摘されている。学術的な精度向上を図るだけでなく、学会の研究成果等を行政や住民に対して分かりやすく情報発信していく工夫も一層必要と思われる。

4. 市街地風環境の制御における課題

風環境を事前に予測・評価した結果（あるいは建物建設後に実際に観測した結果）、建築物建設により風環境が悪化し、風による障害が生じる（あるいは生じている）と判断されたときは、強風を防除するための対策、すなわち、防風対策を講ずる必要がある。

建物の配置や形状自体を変更すれば（1 次的対策と呼ばれる）、より積極的に風を「制御」することによって大きな効果が期待できるが、一般に建物の形状、配置などは、ビル風害の面からのみ決定されるものではなく、さらに時間的・経済的な制約もあり実際には容易でない場合が多い。また既に建設された建物の場合、このような対策を行うことは困難である。その結果、植栽やフェンス等の遮へい物を設置して風を弱める 2 次的な対策が行われる場合が多い。

ただし近年、CFD を利用することによって、建物配置や形状の変更が周辺風環境に及ぼす影響を調べることは、以前と比べて、格段に短時間かつ高精度に行えるようになってきている。建物計画の初期段階において、1 次的対策として積極的に周辺風環境に配慮されることが期待される。一方、2 次的対策である植栽やフェンスを CFD においてどのようにモデル化するかについては、必ずしもコンセンサスが得られている訳ではない。これらのモデル化に際しては、抗力を規定するパラメータの設定が風速の低減効果に大きな影響を持つため、恣意的に扱われる可能性が無いとは言えない。適正な使用上のガイドライン等の整備が求められる。

5. まとめ

本特集号では、上記で述べたような市街地風環境の予測・評価における課題を改めて整理することを目的として、最近、都市の風影響評価研究会で検討した成果を、

以下の特集記事として報告する。

1) ビル風問題の年譜¹⁾

ビル風が問題となって以降、約 50 年間の出来事や研究、資料等を調べた結果を年譜として示す。

2) 各自治体のビル風の環境影響評価に関する条例の調査¹⁴⁾

自治体の環境影響評価担当者へのアンケート調査、インターネットを利用した制度の現状調査によって、現在の我が国における風環境（ビル風）に関する環境影響評価（アセスメント）の実態を整理した結果を報告する。

3) 住民参加型の風環境調査事例の紹介¹⁵⁾

これまでに行われている、住民の風に対する感じ方や意識を調査した研究成果をレビューする。

4) 日本ヒートアイランド学会の「暑さマップ」の取り組みについて¹⁶⁾

日本ヒートアイランド学会が開発した、スマートフォンでその場の暑さや涼しさなどの感覚を入力し Google Map 上に視覚的に結果が表示されるアプリ、及びそれを活用した取り組みについて紹介する。

謝辞

都市の風影響評価研究会に、これまで参加された方々は以下の通りである（五十音順、敬称略）。委員の皆様のご協力に深く感謝するものである。

飯塚 悟（名古屋大学）

石原 孟（東京大学）

伊藤 真二（（株）鴻池組 技術研究所）

岡田 創（（株）泉創建エンジニアリング）

片岡 浩人（（株）大林組 技術研究所）

小見 崇之（東急建設（株）技術研究所）

喜々津 仁密（当時：建築研究所／現在 国土交通省国土技術政策総合研究所）

作田 美知子（三井住友建設（株）技術研究開発本部）

佐々木 澄（清水建設（株）技術研究所）

白澤 多一（大妻女子大学）

竹見 哲也（京都大学 防災研究所）

東城 理恵（（独）都市再生機構 技術・コスト管理部技術研究所）

富永 禎秀（新潟工科大学）

中村 良平（大成建設（株）技術センター）

西村 宏昭（京都大学）

野田 博（当時：三井住友建設（株）技術研究所／現在 近畿大学）

林 宏典（（財）日本気象協会 調査部）

林田 宏二 (当時: 鹿島建設 (株) 技術研究所/現在 同
環境本部)
藤井 邦雄 ((株) 風環境リサーチ)
宮下 康一 ((株) 風工学研究所)
山中 徹 (鹿島建設 (株) 技術研究所)
義江 龍一郎 (東京工芸大学)
吉川 優 (大成建設 (株) 技術センター)

参考文献

- 1) 中村良平, 宮下康一「ビル風問題の年譜」日本風工学会誌, 第43巻2号, pp. 29-33, (2018)
- 2) 日本建築学会, 「市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック」, 日本建築学会, (2007)
- 3) Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M., Shirasawa, T., "AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 96, no. 10-11, pp. 1749-1761, (2008)
- 4) 大風翼, 菊本英紀, 小野浩己, 今野雅, 挟間貴雅, 岸田岳士, 中尾圭佑, 池谷直樹, 田畑侑一, 富永禎秀, LES による市街地風環境予測のためのガイドライン策定に向けて その1 1:1:2 単体建物周辺流れのベンチマーク テスト概要, 2017 年度日本建築学会大会 学術講演梗概集 (中国), pp. 947-948, (2017)
- 5) 村上 周三, 岩佐 義輝, 森川 泰成, 「居住者の日誌による風環境調査と評価尺度に関する研究: 市街地低層部における風の性状と風環境評価に関する研究-III」, 日本建築学会論文報告集, 第325号, pp. 74-84, (1983)
- 6) 義江 龍一郎, 三浦 翔, 望月 政法, 「風環境評価のための標準上空風データの整備に向けた領域気象モデル WRF の検証」, 日本風工学会論文集, 第40巻4号, pp. 113-122, (2015)
- 7) 日本建築学会, 「都市の風環境評価と計画—ビル風から適風環境まで」, 日本建築学会, (2002)
- 8) 風工学研究所, 「これだけは知っておきたい 新・ビル風の知識」, 鹿島出版会, (1989)
- 9) 白澤 多一, 義江 龍一郎, 藤井 邦雄, 福留 伸高, 吉田 真紗子, 「住民参加型風環境マップの作成 (その1) 風環境マップの作成方法」, 日本建築学会大会 学術講演梗概集, pp. 783-784, (2016)
- 10) 赤星 明紀, 猿川 明, 佐々木 亮治, 中村 修, 宮下康一, 植松 康, 「超高層建物を有する都市域における風観測結果とアンケート調査結果の関係 その1 調査および検討の概要」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 151-152, (2017)
- 11) 日本ヒートアイランド学会 HP
<http://www.heat-island.jp/ThermalMap/about.html>
(2018.2)
- 12) 中村 修, 田村 幸雄, 日比 一喜, 徐 曉達, 楊 慶山, 宮下 康一, 「都市域 320 地点の歩行者レベルの風観測データに基づく風安全指標の提案」, 日本風工学会論文集, 第41巻3号, pp. 103-111, (2016)
- 13) 日本風工学会 都市の風影響評価研究会: 義江 龍一郎, 富永 禎秀, 伊藤 真二, 岡田 創, 片岡 浩人, 喜々津 仁密, 佐々木 澄, 西村 宏昭, 野田 博, 林田 宏二, 宮下 康一, 山中 徹, 吉川 優, 「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクターの提案」, 日本風工学会論文集, 第39巻2号, pp. 29-39, (2014)
- 14) 作田美知子, 白澤多一, 富永禎秀「自治体におけるビル風に関する環境影響評価の実態調査」日本風工学会誌, 第43巻2号, pp. 34-39, (2018)
- 15) 白澤 多一, 義江 龍一郎, 藤井 邦雄「住民参加型の風環境調査事例」日本風工学会誌, 第43巻2号, pp. 40-44, (2018. 4)
- 16) 浅輪 貴史, 中大窪 千晶, 親川 昭彦, 「スマホでつくる “暑さマップ”」日本風工学会誌, 第43巻2号, pp. 45-49, (2018)