

平成22年5月19日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19360266
 研究課題名（和文） 積雪シミュレーションを用いた雪処理エネルギー低減へ向けた都市デザイン技術の開発
 研究課題名（英文） The Development of New Urban Design Approaches Focus on Snow Reduction with the Wind Tunnel Snow Simulation for Northern Regions
 研究代表者
 瀬戸口 剛（SETOGUCHI TSUYOSHI）
 北海道大学・大学院工学研究科・准教授
 研究者番号：20226674

研究成果の概要（和文）：積雪寒冷都市では、冬季における除雪エネルギーを低減し、快適な都市空間の創造は大きな課題である。本研究では北海道内都市を対象に、都心部の公共空間での堆雪量と除雪エネルギーを低減させる都市デザイン手法、およびプロセスを開発した。都心部でも高層ではなく中層を主体とした街区空間をデザインが望ましい。さらに、堆雪量と除雪エネルギーの低減には、風雪シミュレーションを並行させた都市デザインプロセスが重要である。

研究成果の概要（英文）：Enhancing saving energy for snow cleaning and providing desirable public space environment against snow and strong wind, and protecting people's activities in winter is one of the big issues on urban design in snow and cold cities. Author developed the original and unique approaches for the environmental assessment and the way of reducing snow energy on public space on the urban design process in the cold and snowy regions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2008年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	15,600,000	4,680,000	20,280,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学／都市計画・建築計画

キーワード：都市計画，都市デザイン，積雪寒冷都市，風洞実験，環境都市，コンパクトシティ

1. 研究開始当初の背景

わが国は北海道から沖縄まで各々異なる気候条件にありながら、都市デザインの目標像はあまり変わらない。しかし本来、都市デザインの目標像は地域の気候を反映して導き出されるべきである。特に北海道の気候は、わが国の他地域と比べて、雪や寒さが著しく厳しく、都市デザインにおいても、雪や寒さ

の影響が十分考慮されるべきである。

都市デザインにおいては都市空間に適した建築形態が重要で、それを都市建築というならば、都市建築の形態は3つのプロセスで決められる（図1）。1段階目は容積率制によるボリュームコントロール、2段階目は地区計画などによる形態コントロール、そして3段階目の設計で具体的な都市建築の形

態が決められる。1968年の新都市計画法から、市街地においては絶対高さ規制に代わって、容積率制によるボリュームコントロールがされている。しかし、多くの市街地では形態コントロールが抜けており、いきなり建築設計のプロセスへと進むため、指定容積率には収まるが、高さなどで周辺市街地と調和しない建築物が多々見られる。周辺市街地と調和しない高層建築は地区の環境問題を引き起こす。とりわけ積雪寒冷都市では、高層建築と中層建築が混乱する都市空間では、公共空間に雪の吹きだまりを多く発生させることが想定される。そのため、吹きだまった雪の除雪エネルギーの負担は大きく、それを低減させるための都市デザインの検討や、都市デザインプロセスの開発は今まで開発されておらず、極めて重要である。

2. 研究の目的

(1) 高層および中層建築街区の除雪量の比較

積雪寒冷地を対象として、周辺市街地と調和しない高層建築が周辺環境に与える風雪の影響を考察する。ボリュームコントロールのレベルでは指定容積率が大きければ、高層建築および中層建築の双方とも許容される。同じ容積率であっても、風雪による影響を考慮することで、積雪寒冷地に適合した、独自の望ましい形態コントロールのあり方を考察する。具体的には、風雪や雪の吹きだまりの影響が少ない、雪に強い街区単位の都市空間像を、風雪シミュレーションによって明らかにし、積雪寒冷地における都市建築のための形態コントロールの基本的な考え方を示すことを目的とする。本論では札幌都心部を考察の対象とし、高層および中層建築街区による開発の、街区内部および周辺の公共空間に与える風雪の影響について比較を行う。図1のなかで、風雪の影響を考慮した形態コントロールの考察を行う。

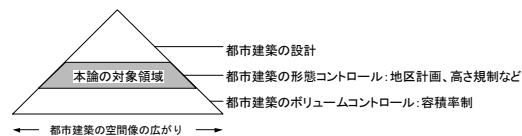


図1 都市建築のデザインプロセスにおける本論の位置づけ

(2) 風雪環境評価を関連づけた都市デザインプロセスの開発

雪や寒さなどの屋外環境評価が重要な意味を持つ積雪寒冷都市において、都市デザインと風雪環境評価を関連づけた、雪処理エネルギーの低減と、新たな都市デザインプロセスの開発を目的としている。本研究では、稚内駅拠点施設の再開発計画と同時並行で風雪環境評価を行い、その結果を再開発計画案

にフィードバックさせ、計画案を検討する過程を明らかにし、都市デザインと風雪環境評価を関連づけた、新たな都市デザインプロセスの開発を行った。

本研究では、都市デザインの計画案が固まる以前に風雪環境評価を行い、その結果を反映させた計画案を策定するプロセスを示すことが特徴である。風雪環境評価の結果により計画案を再検討や改善することが可能となり、都市デザインに十分に反映することができる計画プロセスとなっている。

3. 研究の方法

本研究では、粉体風洞実験による風雪シミュレーションを行なった。使用した風洞実験装置は、北海道立北方建築総合研究所所有の回流型風洞装置である(図2)。測定部の断面は幅150cm、高さ70cm、測定洞の長さは7.0mである。雪の堆積を再現するために、模擬雪を測定部風上の粉体供給ノズルから、コンプレッサーによる圧搾空気を用いて風路内に供給している。

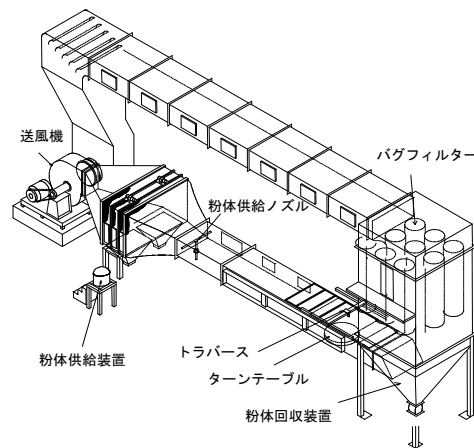


図2 粉体風洞実験装置 (北海道立北方建築総合研究所)

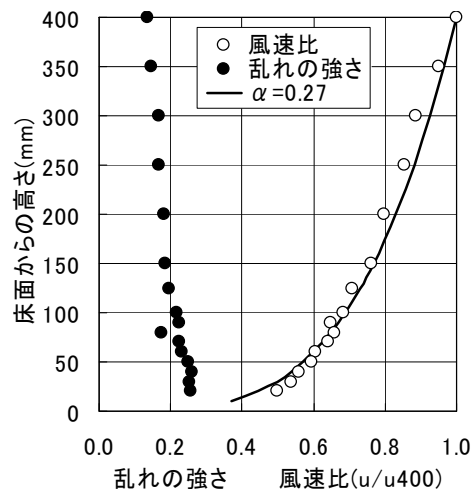


図3 風洞実験の実験気流

4. 研究成果

(1) 街区デザインによる堆雪量の比較

① ツインタワー直列型は、高層ビルの足元に風雪の影響を大きく受けている。風上の北西に向かってほぼ直列に配置されているために、北西の卓越風を北西タワーで強く受け、ビル風がその足元に吹き込み、隣接する歩道にまで広がっている。その結果高層ビルの足元に大きな吹き払いを形成した(図4中A)。

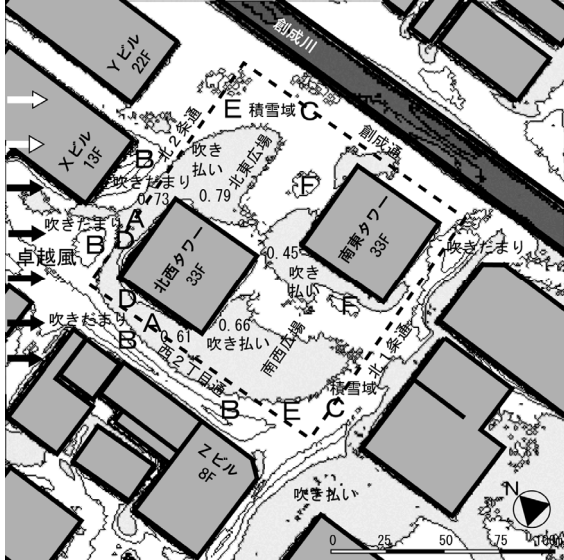


図4 「ツインタワー直列型」の風雪シミュレーション結果

② ツインタワー並列型は、2つの高層建築が北西の卓越風に向かって並列に建っているために、それぞれの足元に吹き払いと吹きだまりを形成している。2棟の高層建築によって吹き払われた雪は、卓越風側にある北西広場から周辺街路の広範囲にわたって広がっている(図5中G)。

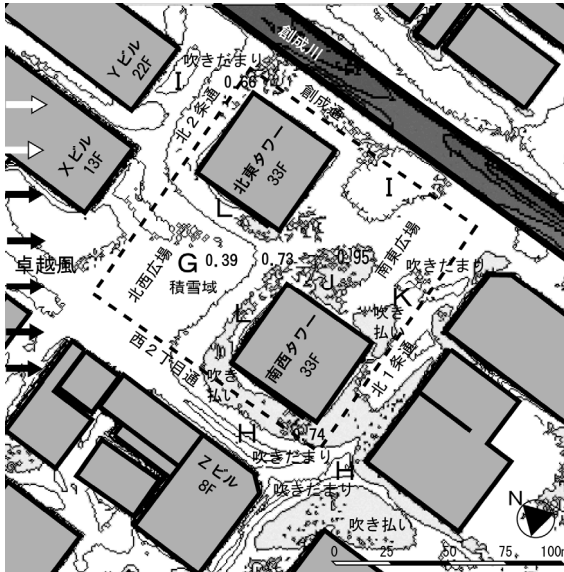


図5 「ツインタワー並列型」の風雪シミュレーション結果

③ ブロック型では、2つのツインタワー型と

同じ北西の卓越風を受けて、ビル風は建築物の足元に吹き込むが、対象街区周辺の雪の吹き払いや吹きだまりの影響は、ツインタワー直列型やツインタワー並列型に比べて少ない。歩行者街路や車道などの屋外公共空間への風雪の影響は、2つのツインタワー型よりも比較的小さいことが明らかになった。

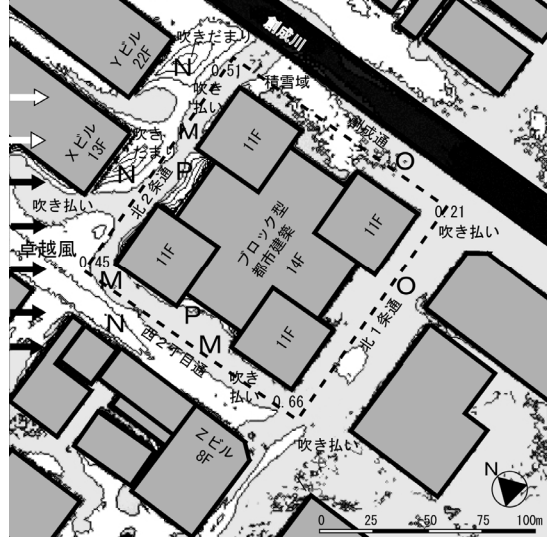


図6 「ブロック型」の風雪シミュレーション結果

(2) 除雪エネルギーに関わる堆雪量の検討

3つの都市建築タイプが、周辺の歩道へ与える風雪の影響を定量的に比較するために、歩道上の積雪深を比較した。周辺にある4つの歩道上で、それぞれ等間隔に7点、合計28点を抽出し比較した。比較のために、ブロック型を基準1.00とした積雪深比を、2つのツインタワー型で求めている。その結果、表1に示すように、ブロック型1.00に対して、ツインタワー並列型1.16、ツインタワー直列型1.25となり、2つのツインタワー型は歩道上での積雪が多いことが明らかになった。特に、ツインタワー直列型は、街区周辺の歩行者空間に大きな風雪の影響を与えることが、定量的にも明らかである。

積雪深比の3乗が堆雪比になると仮定して、想定される堆雪比となる想定堆雪比は、ブロック型1に対して、ツインタワー並列型で1.56、ツインタワー直接型で1.95になる。堆雪量そのまま除雪エネルギーに比例すると仮定すると、ブロック型に比べて、ツインタワー並列型は約1.5倍、ツインタワー直列型は約2倍もの雪処理エネルギーを要することが明らかになった。それぞれ除雪すべき空地面積は大きく異なるため、実際には上記以上の雪処理エネルギーの差が生じると考えられる。中層建築を主体とするブロック型の街区デザインは、高層建築による街区デザインに比べて、雪処理エネルギーを大きく

低減できることが明らかになった。

表1 3つの都市建築タイプの周辺歩行者街路における積雪深比

都市建築雪タイプ	ツインタワー直列型	ツインタワー並列型	ブロック型
積雪深比	1.25	1.16	1.00
想定堆雪比	1.95	1.56	1.00
雪処理エネルギー比	1.95	1.56	1.00

高層建築で構成される2つのツインタワー型では、多くの雪が建築物の壁面に当たり、そのまま建築物の足元に降りて建築物周辺の歩道や街路上に拡がる。高層建築は吹き下ろす気流が多くなるため、周辺街路に吹き込む雪の量が多く、風が強いため、街路上の広範囲で雪の吹き払いや吹きだまり、および積雪域ができると考えられる。2つのツインタワー型の高層建築は、周辺の建築物よりも抜き出て高いため、多くの風雪を受けてビルの周辺に大きな吹き払いと吹きだまりをつくらせている。ツインタワー並列型は、卓越風に直面する高層建築が2棟になるため、それぞれが建築物の足元に大きな吹き払いと吹きだまり、および積雪域を形成している。2つのツインタワー型ともに、隣接する街路の歩道上に吹き払いを、車道上に吹きだまりを形成しており、風雪の影響は大きい。一方ブロック型の場合、北西の卓越風は建築物の北面や西面に当たって建築物の足元に吹き込むが、中層建築は吹き降ろしの風が弱いため、周辺街路に吹き込む雪の量が高層建築に比べると少なく、強風が発生しにくく、街路での雪の吹き払いや吹きだまり、および積雪域が比較的少なくなると考えられる。また、建築物の隅角部に吹き払いを形成し、凹部分に吹きだまりを形成しているが、それらは建築物のデザインで解決できると考えられる。

これらの結果から、ツインタワー複合型など、街区レベルでの都市デザインを考慮することにより、公共空間への堆雪量を減少させることができ、除雪エネルギーの低減につながるということが明らかになった。

(3) 風雪環境評価を関連づける計画プロセス

冬季の積雪や吹雪の影響を受けにくい都市デザインを進めるために、粉体風洞実験装置を用いた風雪シミュレーションを行い、その結果を都市デザインに反映させる。図7は都市デザインに風雪環境評価をフィードバックさせるプロセスと、本論の構成を示している。都市デザインはプロセスa)～f)で進められ、それらに対応する風雪環境評価にはア)とイ)が求められる。以下に個々のプロセスを概説する。対象として、再開発が進展している稚内駅拠点整備を取り上げた。

① a) 稚内駅拠点施設整備の計画課題の設定

まず、拠点施設整備の計画課題を設定する。対象敷地の場所や面積、計画する施設の面積や位置などの、建築計画的な計画条件から、拠点施設の地区での都市計画的な位置づけなど、様々である。

② a) 風雪環境評価項目の設定

稚内駅拠点施設整備の計画課題に対応して、風雪環境評価の項目を設定する。本論では例えば、施設アプローチへの歩行者動線を確保するために、雪の吹きだまりができないこと、などを取り上げた。

③ b) 施設形態とデザイン条件

ア) で設定した風雪環境評価項目に基づいて、稚内駅拠点施設の基本形態を検討する。本論では2つの基本形態を示している。さらに、風雪環境評価以外の観点から、稚内駅拠点施設のデザイン条件を提示する。

④ c) 基本スタディ案(複数案)の検討

b) の基本形態およびデザイン条件をもとに、稚内駅拠点施設整備の基本スタディ案を複数検討する。この段階で施設の大まかな形態およびデザインイメージが決まる。基本スタディ案は基本形態をもとに、いくつかのバリエーションが提示される。

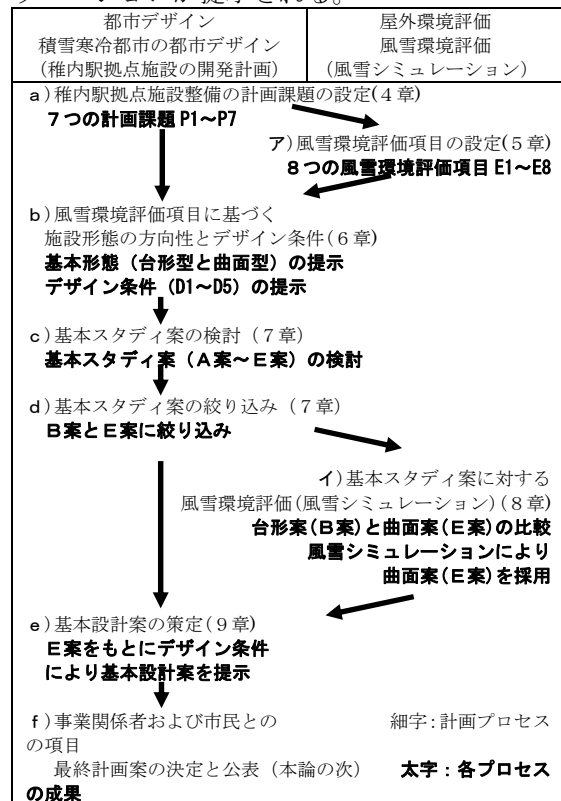


図7 風雪環境評価を関連づけた都市デザインプロセス

⑤ d) 基本スタディ案の絞り込み

複数の基本スタディ案をもとに、施設計画上の観点から相互に比較検討を行い、計画案を絞り込む。絞り込まれた計画案には、後に風雪シミュレーションを行う。また絞り込む過程では、稚内駅拠点施設整備の事業関係者

と協議を行う。

⑥イ) 基本スタディ案の風雪シミュレーション

絞り込まれた基本スタディ案に対する、風雪環境評価として風雪シミュレーションを行う。ここで、拠点施設周辺に雪の吹きだまりや吹き払いができていない、基本スタディ案を選定する。また、吹きだまりを防止するための方策も検討する。

⑦e) 基本設計案の策定

イ) で選定された基本スタディ案の風雪シミュレーション結果や、計画課題およびデザイン条件をもとに、基本設計案の策定を行う。

⑧f) 事業関係者および市民との最終計画案の決定と公表

基本設計案について再開発事業の関係者と調整したのち、基本計画案を公表して市民との合意形成を行い、最終計画案を決定する。この部分は本論の次のプロセスとなる。

(4) 都市デザインと風雪環境評価を関連づけた計画プロセスの考察

都市デザインと風雪環境評価を関連づけた計画プロセスは、それぞれの段階で以下の長があげられる。

①都市デザインのための計画課題の設定

都市デザインのための計画課題の設定が重要である。7つの計画課題が設定されることで、重視すべき都市デザインの目標が明らかになる。この点は、従来の都市デザインプロセスと同じである。

②都市デザインに対応の風雪環境評価項目

積雪寒冷都市の都市デザインを進める際に、8つの風雪環境評価項目を設定していることが大きな特徴である。7つの計画課題に対して、8つの風雪環境評価項目を設定し、冬季でも有用な計画課題を検討した。これら8つの風雪環境評価項目は、そのまま風雪シミュレーションの環境評価項目ともなり、都市デザインプロセスのなかで一貫している。

③風雪環境評価項目から基本スタディ案

施設デザインを検討する基本スタディ案の段階で、風雪環境評価項目を考慮した。計画課題で、拠点施設北側の歩行者動線や、拠点施設と駅前広場との動線を重視したため、その部分に雪の吹きだまりを形成させないことが重要な風雪環境評価項目となり、基本スタディ案において拠点施設の北側ファサードの形態が重視された。また、基本スタディ案の検討が風雪環境評価項目を反映しているために、当初から施設形態の大きな方向性を、台形型と曲面型に導くことができた。風雪環境評価項目を考慮した基本スタディ案を、基本設計よりも前に行うことで、雪の吹きだまりが形成されにくい拠点施設の形態を、あらかじめ把握できた。

④施設形態による5つの基本スタディ案

台形型と曲面型の施設形態の方向性をも

とに、5つの基本スタディ案(A~E案)を選択肢として導き出した。台形型から3タイプ、曲面型から2タイプ出している。

⑤総合的な視点からの計画案の絞り込み

5つの基本スタディ案を2つに絞る過程では、風雪の問題だけでなく、地域性やシンボル性、建設および維持管理コストなど、総合的なデザインの視点が求められる。5つのデザイン条件が、台形型と曲面型の2案に絞り込む段階で有用となった。

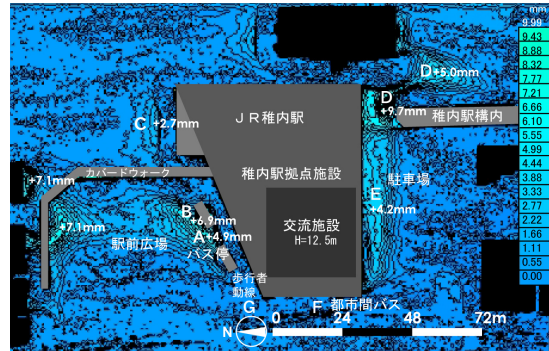


図8 台形型の風雪シミュレーション結果
(数字は模擬雪の堆積量、+は堆積点)

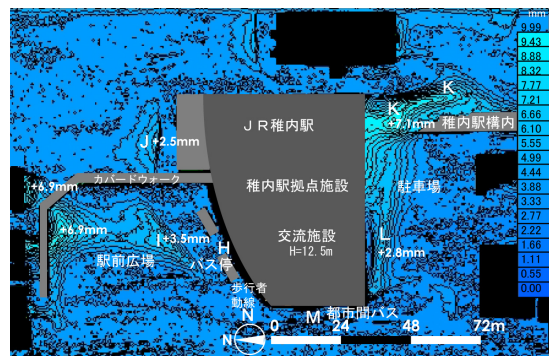


図9 曲面型の風雪シミュレーション結果
(数字は模擬雪の堆積量、+は堆積点)

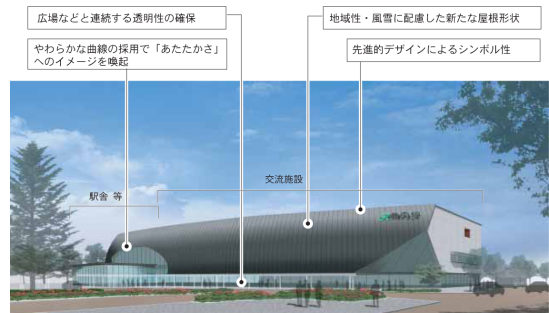


図10 稚内駅拠点施設設計案 (計画は更新中)

⑥風雪シミュレーションによる選定

台形型と曲面型から最終の基本スタディ案を絞り込む過程で、風雪シミュレーションを行い、風雪の影響が比較的少ない曲面型を選定した。風雪の影響は稚内駅拠点施設の利用形態を大きく左右するため、風雪シミュレーションの結果が最終の基本スタディ案を選定する大きな判断材料となり得た。この過程

では事業関係者が参加しており、風雪シミュレーションの結果は参加者にビジュアルに提示され、最終の基本スタディ案を決める手がかりとして認識された。わかりやすく提示された風雪環境評価の結果は、計画案を決定するプロセスで有力な判断材料となる。

⑦基本設計案への5つのデザイン条件

選定された曲面型を基本設計案へと発展させるためには、事業関係者や市民に理解できるよう総合的な視点が求められ、5つのデザイン条件が用いられた。市民に対しても、風雪環境評価の結果のみではなく、拠点施設のデザインを決める総合的な説明が求められる。5つのデザイン条件には、7つの計画課題や8つの風雪環境評価も考慮された。

(5) 雪処理エネルギーを低減させる都市デザインプロセスの評価

①都市デザインのプロセスで、拠点施設の施設形態を検討する前に、風雪環境評価項目を設定したため、地域の風雪環境を考慮した基本的な施設形態を、早い段階で導き出したことは評価できる。基本設計を始める前に風雪環境評価を関連づけた、本論の都市デザインプロセスは極めて重要である。

②風雪シミュレーションを行う段階以前に、風雪の影響を避けるべきポイントを、風雪環境評価項目で確認している。風雪環境評価項目により施設形態の方向性が示され、さらに5つの基本スタディ案を導き出した。

③風雪シミュレーションの結果から、台形型よりも曲面型の方が、雪の吹きだまりの影響を受けにくいことが明確になった。この結果を都市デザインプロセスにフィードバックしたことで、選定された曲面型E案の基本設計で、風雪の影響を受けるポイントが明確となった。仮にその後基本設計案が変更されても、風雪の影響を考慮すべき点は明確である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計10件)

- 1) 瀬戸口剛：積雪寒冷都市の拠点施設計画における風雪環境評価を関連づけた都市デザインプロセスの開発，日本建築学会計画系論文集，第642号，PP.1777-1786，2009年8月，査読有
- 2) Xiang Wang MENG, Tsuyoshi SETOGUCHI：URBAN DESIGN EVALUATIONS IN DOWNTOWN AREA FOR WINTER CITIES USING WIND TUNNEL SIMULATIONS，Journal of Architecture and Planning，Vol.74, No.646, PP.2647-2655, 2009.12, 査読有
- 3) Xiang Wang MENG, Tsuyoshi SETOGUCHI：Climate Responsive Urban Design Approaches for Lively Downtown Areas in Winter Cities, Urban Design Asia, Urban Design Institute of Korea, No.1,

PP.41-49, 2009.11, 査読有

- 4) 瀬戸口剛：風雪シミュレーションを用いた高層建築開発の屋外公共空間に与える風雪の影響－積雪寒冷都市における都市デザイン研究－，日本都市計画学会都市計画論文集，第43号，PP.697-702，2008年11月，査読有
- 5) Xiang Wang MENG, Tsuyoshi SETOGUCHI：From SPACE to PLACE - New Downtown Revitalization Design Approaches in Winter Cities -，International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, Architectural Institute of China, No7, PP.456-460, 2008.10, 査読有
- 6) 瀬戸口剛：夕張における公営住宅の集約・再編による都市コンパクト化，日本都市計画学会都市計画，第275号，PP.64-68，2008年10月，査読有
- 7) Tsuyoshi SETOGUCHI：Elderly Urbanization from the Disappearing Villages to the City Area in Japanese Local Regions, International Federation for Housing and Planning, No.52, PP.52-60, 2008.9, 査読有
- 8) Tsuyoshi SETOGUCHI：New Urban Design Approaches with Snow Simulations for Cold and Snowy Cities, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Architectural Institute of Japan, Vol.7, No.1, PP.93-99, 2008.5, 査読有
- 9) 瀬戸口剛，堤拓哉：積雪寒冷都市のための風雪シミュレーションを用いた高層街区と中層街区の風雪影響の比較，日本建築学会計画系論文集，第619号，PP.101-108，2007年9月，査読有
- 10) 瀬戸口剛，堤拓哉：風雪シミュレーションを用いた高層建築街区と中層建築街区が周辺の公共空間に与える風雪環境評価，日本建築学会計画系論文集，第614号，PP.167-174，2007年4月，査読有

[学会発表] (計3件)

[図書] (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸口 剛 (SETOGUCHI TSUYOSHI)
北海道大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：20226674

(2) 研究分担者

小林 英嗣 (KOBAYASHI HIDETSUGU)
北海道大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70002003
堤 拓哉 (TSUTSUMI TAKUYA)
北海道立北方建築総合研究所・研究員
研究者番号：40462345