

# 積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた都心街区の空間デザイン - 低炭素都市実現に向けた都市デザイン その1 -

低炭素都市 積雪寒冷都市 風洞実験  
風雪シミュレーション 都市デザインプロセス 地区エネルギー

正会員○佐藤 公哉\*1 同 千葉 拓也\*5  
同 瀬戸口 剛\*2 同 増田 祥子\*6  
同 堤 拓哉\*3 同 山田 健介\*7  
同 渡部 典大\*4 同 野村 武志\*7

## 1. 研究の背景

日本の都市は、容積率制によるボリュームコントロール、建築単体のデザインを中心としたもので、都市全体として統一性のない煩雑な都市空間が形成されている。これからの都市デザインでは、敷地単位に加えて街区単位でコントロールを行い、周囲と調和させながら都市を形成する必要がある。また、全国各々の気候風土をもちながらも、現在の日本の都市デザイン手法は画一的なものであり、特に積雪寒冷都市では、冬の気候が都市デザインに与える影響を考慮すべきである。さらに、今後低炭素型都市の実現が求められている中においては、積雪寒冷都市の冬期に消費するエネルギーの低減も都市デザインとして考慮すべき項目と考えられる。

## 2. 研究の目的と方法

本論では、世界の積雪寒冷都市の中で極めて積雪が多く、人口密度が高い、札幌市都心部を対象とした。①札幌市都心部の街区分類を行い、街区の更新パターンを把握し、街区空間の対象を抽出した。②参考文献<sup>1)</sup>より評価視点を決定し、③街区空間の更新パターンに対して風雪シミュレーションを行う。④最後に、風雪環境とエネルギーの視点から街区空間を評価し、都市の新しいデザインを明らかにすることを目的としている。

## 3. 札幌都心の街区分類による将来像の把握

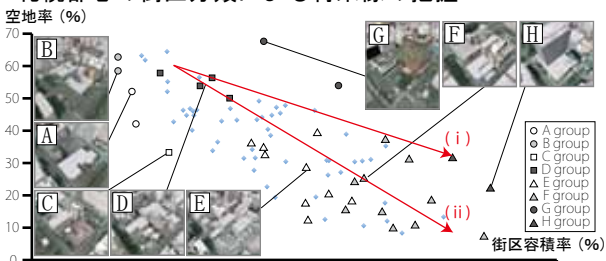


図1 札幌都心における街区容積率-空地率による街区分類

表1 札幌都心におけるグループ別の街区の空間像

種類	ボリューム	高さ	空地	街区像
A	大きい	低層	大	低層建築低密街区
B	細かい	低層	大	低層建築低密街区
C	混在	低中層	中/分散	低中層建築低密街区
D	細かい	中層	小/分散	中層建築低密街区
E	混在	低中層	小/分散	低中層建築高密街区
F	混在	中高層	小/分散	中高層建築高密街区
G	大きい	高層	大	高層建築高密街区
H	大きい	高層	小	高層建築高密街区

札幌市都心部の街区を街区容積率と空地率から位置付け(図1)、さらに建築のボリューム、高さ、空地の大きさから都心街区の空間像を8グループに分類した(表1)。現在の再開発は容積率を上げながら街区を更新するのが一般的である。図1中の矢印に示すように、街区を更新する方向性として i) 高層建築と空地を設ける高層建築街区(G,Hグループ)、ii) 中層建築と空地が少ない中層建築街区(E,Fグループ)の大きく2つに分けられる。ここで中層建築街区はE,Fグループのように、異なるボリュームや高さが混在しており(表1)、街区形態が多様である。従って、建築のボリュームや高さ

から適正な街区の空間像を決定していく必要がある。

そこで、本論では、既往研究<sup>①</sup>で明らかとなっている、積雪寒冷都市における中層建築街区の優位性を前提とし、その発展系として、中層建築街区の更新パターンを抽出し、風雪環境とエネルギーの評価を行った(6章)。

## 4. 街区空間の評価視点とその方法

参考文献1)より、「図4-1:評価視点」で示した以下の3つの視点を抽出した。A: デザイン性(D/H、ランドマーク性、都市の統一性)B: 風雪による歩行空間の快適性(吹き溜まり、風の強さ、風の乱れ)C: 雪処理エネルギーとした。

## 5. 風雪シミュレーションの概要

実験には、北海道立北方建築総合研究所の粉体装置、風洞装置を使用した。シミュレーションの風向は、過去5年(2005~2009)の気象データ<sup>2)</sup>より北西方向とした。また、



写真1 風雪シミュレーション実験状況  
シミュレーションには、縮尺1/500の模型を用いた。

## 6. 札幌都心の対象街区の選定と更新パターンの決定

### 6-1. 対象街区の選定

中層建築街区に該当し、また近年再開発の動きが活発化している狸小路3,4丁目の2街区を対象街区とした(図2)。

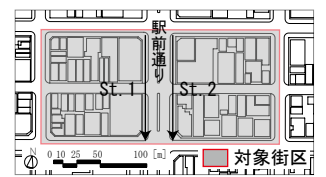


図2 狸小路3,4丁目街区図

### 6-2. 更新パターンの決定

4章の評価視点A: デザイン性(D/H、ランドマーク性、都市の統一性)から、同じ街区容積率600%で中層建築街区の更新パターンを決定した。街区単位でコントロールを行う高さ統一型、山型、囲い型、その比較対象としてコントロールを行わない現況更新型を更新パターンとした。各更新パターンの特徴は「図4-A: デザイン性」に示している。

## 7. 各更新パターンの評価(図3)

### 7-1. 現況更新型の評価結果(図3-1)

【吹き溜まり】他の更新パターンに比べ少ない。これは、歩行の危険が軽減されることが期待できる(b1-1)。【風の強さ】全体的に弱風(b2-1)。【風の乱れ】全体的に乱れは少ない(b3-1)。【雪処理エネルギー】積雪量が多く、CO<sub>2</sub>排出量が多い(C-1)。【総評】「吹き溜まり」「風の強さ」「風の乱れ」でよい評価だが、4つの更新パターンの中で最も積雪量が多く、「雪処理エネルギー」が膨大な点は問題である。

### 7-2. 高さ統一型の評価結果(図3-2)

【吹き溜まり】他の更新パターンに比べ少ない(b1-2)。【風の強さ】北側交差点付近で強風で、不快に感じる傾向が強い(b2-2)。【風の乱れ】急に突風が吹く場所が幾つかある(b3-2)。

I. 評価視点	A. デザイン性	B. 風雪による歩行空間の快適性			C. 雪処理エネルギー
		b1. 吹き溜まり	b2. 風の強さ	b3. 風の乱れ	
II. 評価方法	【概要】 街区空間を以下の視点で評価する	【概要】 各パターンでのSt.1、St.2において、歩道の積雪深を示すグラフ、積面の乱れを示す偏分布係数グラフを作成し、評価。	【概要】 積雪寒冷都市における屋外の風の感じ方の評価をもとに、風の強さを評価。	【概要】 歩道内にとった30点において、各点のガストファクター（以下GF）で風の乱れを評価。ガストファクターは突風率という。	【概要】 街区内部での1日の排雪に必要なエネルギー量(MJ)、二酸化炭素量(t)を算出。 ①運搬排雪：積雪の絶対量から、運搬排雪に必要なエネルギー量、二酸化炭素量を算出。 ②ロードヒーティング：歩道最高積雪高さを基準に歩道の雪全てを溶かすのに必要なエネルギー量、二酸化炭素消費量を算出。
	D/H D/Hがヒューマンスケールか	【設定】 積雪深グラフは、4街区について相対的に評価。偏分布係数グラフは、値が1に向かって高くなる山の形なら乱れは少なく、値が1に向かって低くなる谷の形なら乱れは大きい。	【設定】 室外における風の強さと人の快適性 <sup>3)</sup> ○ 1.5 m/s 未満 やや寒くや不快 ● 1.5 m/s以上 2.9m/s未満 寒く不快 ● 2.9m/s以上 非常に寒く非常に不快	【設定】 ・他の街区と比較しながら、各点の風の乱れを相対的に評価。	【設定】 ・降雪の処理について(面積比より)
	ランド 駅前通りに対してランドマーク性があるか	(歩道の積雪深の偏分布係数) = (ある点の積雪深) / (積雪深の平均値)	設定風速の条件(6 m/s) ・日最大風速を用いる ・対象日数の1/2以上の日数が該当 ・評価軸の数値に近いものになること	(GF) = (その点における最大瞬間風速) / (その点における平均風速)	10% 50% 30% 10%
	統一 その街区で都市を形成したとき統一性はありますか	現況更新 山型 高さ統一 囲い型	各点の最大瞬間風速	各点のGF(ガストファクター)	雪処理エネルギーのエネルギー量、二酸化炭素消費量
	1. 現況更新型	D/H D/Hが一定でなく評価できない ランド なし 統一 複雑なボリュームで統一性なし	駅前通り歩道の積雪深グラフ 駅前通り積雪深グラフ St.1(駅前通り)	各点のGF(ガストファクター)	運搬 E 885.7 [MJ/日] ロード E 115,809.8 [MJ/日] 雪処理 E 116,695.5 [MJ/日] 運搬 CO <sub>2</sub> 0.24 [t/日] ロード CO <sub>2</sub> 22.89 [t/日] 雪処理 CO <sub>2</sub> 23.13 [t/日]
2. 高さ統一型	D/H どの通りに対してもヒューマンスケールでない ランド 高さで一定でランドマーク性なし 統一 なし	駅前通り歩道の偏分布係数グラフ St.2(駅前通り)	各点のGF(ガストファクター)	運搬 E 930.3 [MJ/日] ロード E 121,643.9 [MJ/日] 雪処理 E 122,574.2 [MJ/日] 運搬 CO <sub>2</sub> 0.25 [t/日] ロード CO <sub>2</sub> 23.73 [t/日] 雪処理 CO <sub>2</sub> 23.98 [t/日]	
3. 山型	D/H 外側の通りに対してヒューマンスケールあり ランド あり 統一 あり	駅前通り歩道の偏分布係数グラフ St.1(駅前通り)	各点のGF(ガストファクター)	運搬 E 818.3 [MJ/日] ロード E 106,995.8 [MJ/日] 雪処理 E 107,814.0 [MJ/日] 運搬 CO <sub>2</sub> 0.22 [t/日] ロード CO <sub>2</sub> 24.58 [t/日] 雪処理 CO <sub>2</sub> 24.80 [t/日]	
4. 囲い型	D/H 内側の通りに対してヒューマンスケールあり ランド あり 統一 あり	駅前通り歩道の偏分布係数グラフ St.2(駅前通り)	各点のGF(ガストファクター)	運搬 E 798.6 [MJ/日] ロード E 104,424.0 [MJ/日] 雪処理 E 105,222.6 [MJ/日] 運搬 CO <sub>2</sub> 0.21 [t/日] ロード CO <sub>2</sub> 16.95 [t/日] 雪処理 CO <sub>2</sub> 17.16 [t/日]	
凡例	D/H 通りに対するD/H ランド 都市のランドマーク性 統一 都市の統一性	全開 街区全体での風の強さ 全開 駅前通りにおける風の強さ 全開 駅前通り交差点における風の強さ	全開 街区全体での風の乱れ 全開 駅前通りにおける風の乱れ 全開 駅前通り交差点における風の乱れ	算出 歩道面積4,490.6㎡/札幌市の雪の密度*200kg/㎡/融解熱*333kJ/kg【運搬排雪】狸小路から雪堆積所までの距離*4.0km/燃費(10tダンプ使用)2.0km/L(軽油)/二酸化炭素排出量*2.6kg/L/電気ロードヒーティング【熱効率20%/熱量(電気)9.38MJ/kWh/二酸化炭素排出量*0.378kg/kWh	

図3 各街区における風雪や風、雪処理によるエネルギー評価図

【雪処理エネルギー】積雪量は少ないが、歩道の吹き溜まりが大きく、ロードヒーティングによるロス<sup>5)</sup>が大きい(C-2)。【総評】現況更新型と、駅前通りに接する建築はほぼ同じたため、評価に大きな差は出なかった。

### 7-3. 山型の評価結果(図3-3)

【吹き溜まり】St.2での積もり方が大きく異なり、St.1の南側交差点付近に大きな吹き溜まりの場所がある(b1-3)。【風の強さ】他の街区に比べて強風。駅前通りでは、非常に不快に感じる傾向が強い(b2-3)。【風の乱れ】特に目立った特徴はない(b3-3)。【雪処理エネルギー】4つの更新パターンの中で最も大きな値を示した。街区内部での積雪量が最も多く、ロードヒーティングによるロス<sup>7)</sup>も最も大きい。山型は、建物高さが街区中心部に比べ側縁部が低い為、歩道に風が吹き下ろし、多くの雪が歩道に積雪したと考えられる(C-3)。【総評】全体的に積雪寒冷都市では不利な街区形態と言える。

### 7-4. 囲い型の評価結果(図3-4)

【吹き溜まり】積もり方に乱れがある(b1-4)。【風の強さ】北側交差点付近で強風で不快に感じる傾向がある(b2-4)。【風の乱れ】全体的に小さく、不快に感じる傾向が少ない(b3-4)。【雪処理エネルギー】4つの街区の中で最も少ない。街区内部での積雪量が少なく、且つロードヒーティングによるロス<sup>7)</sup>は最も小さい。囲い型は、街区中心部に比べ側縁部が高くなっていて、街区中心部に対して風が吹き下ろし、多くの雪が街区中心部の屋根に積雪したと考えられる(C-4)。【総評】「雪処理エネルギー」では最も優秀な数値を示し、その他の項目も全体的に良い結果が見られた。

## 8. 評価に基づく狸小路における街区の空間像

4つの更新パターンで比較を行った。【吹き溜まり】【風の強さ】

- \*1 7 北海道大学院工学院 修士課程
- \*2 北海道大学院工学院 教授・工博
- \*3 北海道大学院工学院 研究主任 博士・工学
- \*4 古市徹雄都市建築研究所
- \*5 竹中工務店
- \*6 札幌市役所
- \*1 7 Master's course, Graduate school of Eng., Hokkaido Univ.
- \*2 Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng
- \*3 Northern Regional Building Research Institute
- \*4 Furuichi & Associates, M. Eng.
- \*5 Takenaka Co., M. Eng.
- \*6 Sapporo city office, M. Eng.

山型が悪く、その他の更新パターンに目立った差は見られない。【風の乱れ】4つの更新パターンで一長一短であった。【雪処理エネルギー】囲い型が最も優秀な数値を示した。

狸小路3,4丁目の2街区における街区デザインの方向性として、「駅前通りの交差点に面する建物ランドマーク性」「多くの人が利用する駅前通りにおける冬期の歩行空間の快適性」「効率的な雪処理エネルギー消費」が重要であり、以上の評価より、囲い型が最も有利な街区形態といえる。

## 9. まとめ

本論では、以下のことが明らかになった。

- I. 札幌市都心部の街区形態の構成を街区容積率、空地、建築ボリューム、建築高さの要素から、8グループに分類できた。
- II. 中層建築街区では各更新パターンで、風雪の影響による歩行空間の快適性、雪処理エネルギーが異なる。積雪寒冷都市では、これらを新たに都市デザインのプロセスに組み込むことが重要である。
- III. 4つの更新パターンの中では「囲い型」が、デザイン性がよく、風雪による歩行空間への悪影響が少なく、雪処理エネルギーが少ない点で優れている。

以上の観点から積雪寒冷都市では風雪環境やエネルギー評価から街区単位で都市デザインを構築すべきである。本研究はシミュレーションのみに基づいており、現実の都市空間での評価をさらに行う必要がある。

(注釈)  
1) 北国の街づくりと景観/N.Pressman, 積雪寒冷気候に対応した都市デザイン/内田 正道, 屋外空間の生活とデザイン/J.ゲル2) 札幌管区気象台気象観測データ/気象庁3) Xiang Wang Meng/Development of Urban Design Guidelines with Wind Tunnel Simulations for Downtown Districts in Winter Cities - New Urban Design Approaches for Cold Region Cities.の試験データを引用4) 次世代北方型住宅の降雪に配慮した配置計画に関する研究/北海道北方建築総合研究所5) 札幌市雪たい積場開設状況一覧6) 京都府地球温暖化対策指針別表第2によるCO<sub>2</sub>排出係数7) 歩道の積雪最高高さを基準に道路全体のロードヒーティングが稼働すると仮定。従って、歩道の積雪量が同じであっても、平均的に積もった場合と、吹き溜まりをつくる場合では、後者の方がエネルギーのロスが大きい  
(参考文献)  
①瀬戸口 剛: 風雪シミュレーションを用いた高層街区と中層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, 167-174, 2007年4月