

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：20105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26350014

研究課題名（和文）積雪寒冷地における住宅地の雪処理に配慮した住戸設計システムの開発

研究課題名（英文）DEVELOPMENT OF A HOUSE DESIGN SYSTEM THAT CONSIDERS EASY SNOW MANAGEMENT IN SNOWY COLD REGIONS

研究代表者

湯川 崇（YUKAWA, Takashi）

札幌市立大学・デザイン学部・専門研究員

研究者番号：60624690

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は新興住宅地で空中写真撮影によるサーモカメラを搭載したマルチコプターによる3つの項目（風雪，日射，住戸の放熱）を分析し、著者らの「雪処理に配慮した住戸の設計手法」の実用化に向けた評価手法の構築を目的に研究を進めた。その結果、敷地内の雪は風雪による住戸屋根上の雪堆積に大きな影響を受け、屋根の向きを考慮することで雪が堆積しないことが明らかとなった。特に日射による融雪は敷地内に落雪する雪堆積を減少させることから屋根の方位に対する向きは重要である。この結果から、これまで構築した設計手法に「屋根上の雪処理計画」を加えることで、設計者が雪処理に配慮した住戸の設計が可能になる。

研究成果の概要（英文）：In this research, aerial photographic images were taken in a new residential area using a thermographic camera-equipped multicopter for analysis of how three survey items affect snow accumulation. The aim is to establish an evaluation method to achieve the practical application of “a house design method that considers easy snow management”, developed by the authors. The analysis found that the amount of snow on the premises is greatly affected by snow that drifts and accumulates on the roof and that snow accumulation can be prevented by designing the roof to have a certain orientation. In particular, because snowmelt caused by solar radiation decreases the amount of snow falling from the roof onto the premises, roof orientation is important. This finding suggests that the introduction of a “rooftop snow management plan” as a step prior to applying the design method we have developed enables architects to design houses in consideration of easy snow management in snowy cold regions.

研究分野：デザイン

キーワード：住宅地計画 建築計画 雪堆積形成 吹きだまり 空中写真撮影 サーモカメラ 積雪寒冷地 設計手法

1. 研究開始当初の背景

積雪寒冷地域である北海道において、雪処理問題は重要で深刻な住宅地問題の一つであり、近年の住宅地調査結果をみても、つねに「雪問題」がトップの問題として居住者から提起されている。しかし、雪対策を取り巻く環境は厳しく、「住民の除雪ニーズの高度化」、「高齢社会に伴う住民個人の除雪能力低下」、「地域コミュニティの崩壊」、「雪捨て場の減少と郊外化」、「厳しい財政状況」などから雪対策事業に対する全ての要望を自治体だけで担うのは不可能な状況になっている。これまでは、敷地内の雪を貯められる空地以上の降積雪量になった場合、敷地外に排雪されている状況が多くみられていた。しかし、北海道では「敷地内の雪は敷地内で処理する」という原点に立ち、住宅地での除排雪の規制が厳しくなっている。これらのことから、各住戸の計画時点において除雪量を軽減できる手法すなわち、「除排雪に配慮された住戸および敷地の評価システムの開発」が重要であるという認識から本研究は進めている。

2. 研究の目的

著者らはこれまでの研究データから「雪処理に配慮した住戸の設計手法」を確立している。しかし、この手法には街区全体を鳥瞰的に捉えた敷地内の積雪深の増減（吹きだまりおよび吹き払い、日射や住戸からの放熱による分析）要素が不足している。そこで、本研究は既に構築した設計手法の実用化を図るため、継続的に調査している冬期間における住宅地の空中写真撮影に「画像処理解析」、「三次元画像」、「サーモ画像」、「積雪深および風向風速」の調査を加え、敷地内における積雪深の増減に影響を与えている要因を分析し、自治体および一般住民へ提供する「雪対策に配慮した新たな設計手法」の構築を目的としている。

3. 研究の方法

研究フローを図1に示す。研究方法は大きく分けて二つの方法から構成されている。空中写真撮影ではこれまで撮影した写真から光沢調整により街区内部に入る風雪に関する影響と住戸周辺の雪堆積形成を鮮明に捉え住戸周辺の雪堆積形成の画像分析を行った。さらに本研究の空中写真撮影ではこれまで捉えることが難しい部分の撮影を実施するため、飛行ルート事前にプログラムし正確な画像から住宅地の三次元に成功した。また、無人飛行機（ドローン）に搭載可能なサーモカメラの検討をメーカー側と行い、動画撮影と画像撮影から住戸周辺と屋根面の熱解析も実施した。地上からの現地調査ではサーモカメラによる住戸壁面の温度分布調査とGPS測量を用いた積雪ピーク時の街区内部の積雪深の調査、風速風向調査（風上側と風下側の二つ

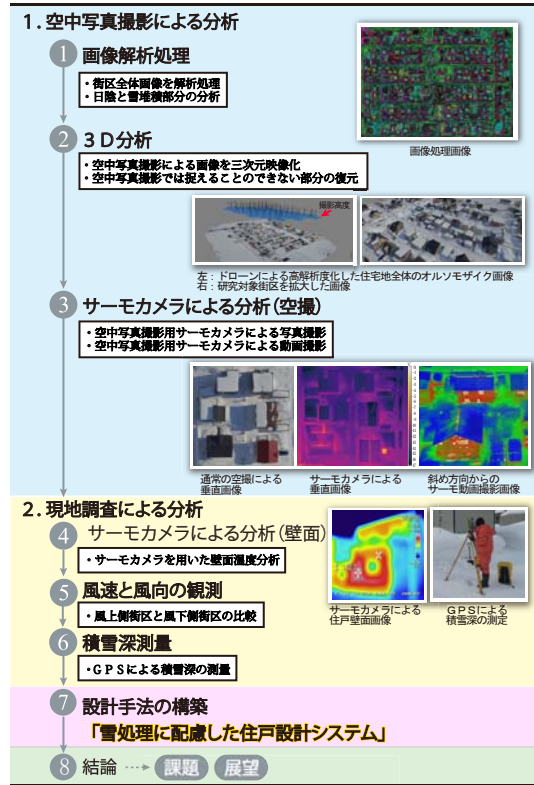
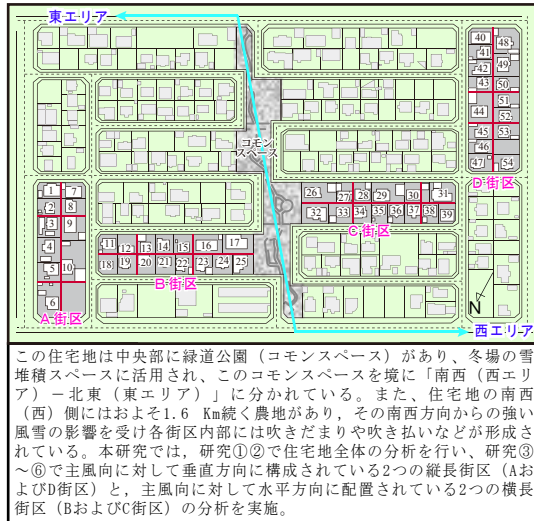


図1 本研究の流れ



※ 赤線 積雪深測定ライン

図2 研究対象住宅地

の街区)を実施した。なお、本研究対象住宅地はこれまで著者らが調査・分析してきた鷹栖町の新興住宅地である「たかすハーモニーパーク」とした(図2)。

4. 研究成果

①画像処理解析による雪堆積形成の分析

写真1に画像処理解析された積雪ピーク時の住宅地全体写真を示す。写真には日射による住戸周辺の日陰部分が赤なり、日射の影響を受けない部分が明らかとなっている。この部分を詳細に分析すると東向き住戸の前面部分（除雪されている部分）において、日射の影響で雪が減少していることがわかる。しかし、南向き住戸の背面部分や北側向きの住戸正面では雪が堆積し日射の影響は確認できない。この結果から、

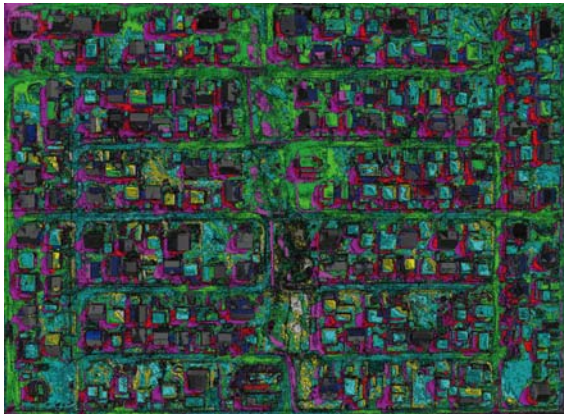


写真1 画像解析処理された街区全体写真

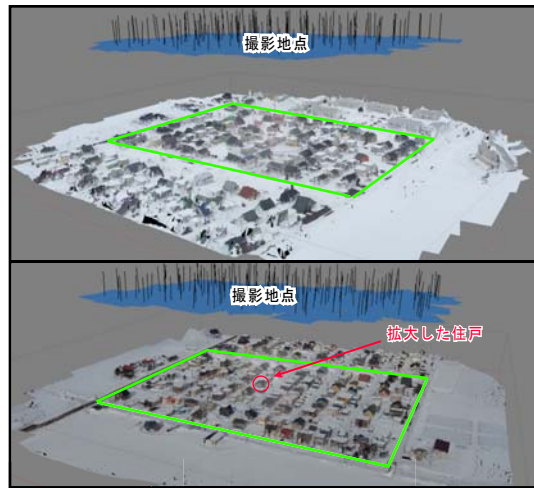
日射の影響を受けていない部分に屋根から落雪する雪が堆積された場合や終日日射の影響を受けないスペースに堆積した雪は残雪となり春先まで雪が堆積する可能性があることが推測できる。

② 3D画像による雪堆積形成の分析

写真2に平成29年2月の積雪ピーク時に撮影した空撮写真の三次元化画像を示す（写真上の青い部分は撮影ポイントであり正確な撮影が実施された証である）。この三次元化により写真を回転させることが可能となり、写真3のように個々の住戸周辺の雪堆積部分が分析可能となる。個々の住戸を分析すると写真3のように住戸側面の周辺部分では主風向に対して風上側に吹き払いが発生し、屋根から落雪した雪山周辺には吹きだまりが発生することがわかる。とりわけ、この住宅地では街区外部からの強い風雪の影響を受ける西側エリアの住戸で風雪が住戸や車庫、物置、屋根からの落雪で遮られる部分に吹きだまりが発生している。このことから、住戸の配置が原因で吹きだまりが発生することが明確となった。

③ サーモカメラによる空撮画像の分析

サーモカメラを搭載した無人飛行機（ドローン）の熱動画撮影した画像を写真4に示す。この撮影では風雪のレベルから4つの街区に選定し、日射の影響を受けない夜間飛行で調査を実施した（撮影時の気温は -7.8°C ）。なお、動画撮影を実施した目的は、地上および垂直撮影では捉えることが難しい住戸軒先部分を撮影するためである。この方法で個々の住戸を分析すると、夜間時の外壁温度は日射の熱が蓄熱されていないことが明らかとなった。外壁の温度は室内暖房の影響を受け 0°C 前後の外壁が多く、軒下の基礎部分から熱が漏れるような住戸もあった。以上のことから住戸の外壁から放出される熱は住戸周辺の雪に影響を与えていないことが明らかとなった。また、これまでの空中写真撮影では雪堆積形成は盛土部分と雪堆積部分の判別が困難となっていたが、写真5に示すサーモカメラによる垂直撮影を実施したところ、雪堆積部分は温度が低く表示され雪堆積形成の判別が可能となった。このことから、空中写真撮影におけるサーモカメラの撮影は雪



上段：東エリア、下段：西エリア
写真2 三次元（3D）処理した写真

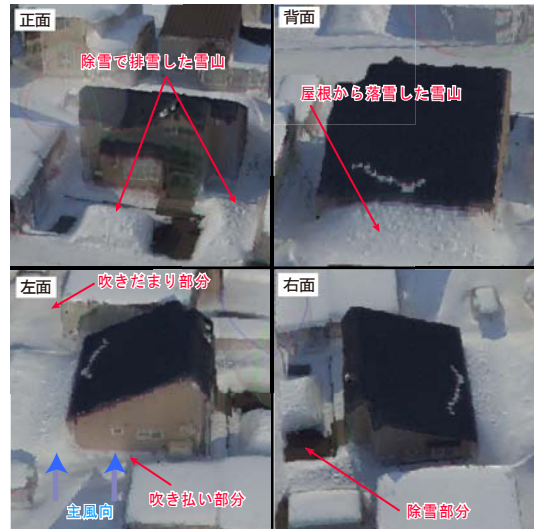


写真3 写真2のO印住戸周辺の雪堆積状況

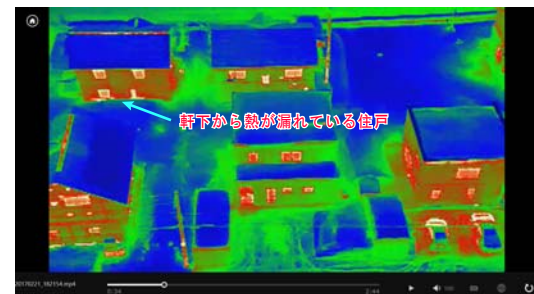


写真4 サーモカメラによる動画映像の写真

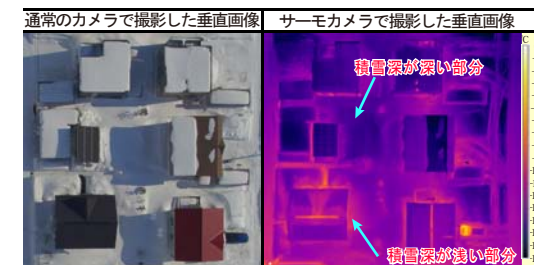


写真5 サーモカメラによる垂直画像

堆積形成を判別する有効な手法であると言える。

④ 壁面部分の温度測定

表1に日中における4街区の住戸正面部分の壁面および屋根部分のサーモカメラで捉えた画像を示す。表中の写真を見ると、住

戸向きで壁面温度に差が生じていることがわかる。また、屋根部分では日射が直接照らされる部分とされない部分とでは屋根部分の積雪深に差が生じている。このことから、この差が屋根から落雪する雪の量に影響を与えていると考える。すなわち、屋根上での雪処理すると、敷地内部に落雪する雪が減少し吹きだまり形成も減少するといえる。

⑤街区内部の風速測定

図4に「風雪の影響が大きいD街区」と「風雪の影響が少ないA街区」の風向と風速の分析結果を示す。D街区では主風向側からの風速3~5m/sの風速を受け街区内部で風向を変化させ風下側に風が流れることが明らかとなった。特に④④~④⑥まで住戸周辺では風向を変化させ同時に吹きだまりの発生が大きい。一方、A街区では主風向側からの風は風上側の街区の影響もあり風速が小さいことがわかる。しかし、風上側の隣接する道路部分からの強い風を受ける住戸周辺では風速が大きくなり風向を変化させる結果が得られた。このことから、風速の影響を受けやすい街区においては住戸の配置などの工夫が必要であるといえる。

⑥積雪深さの測定

図3に積雪深実測結果を示す。図上段はそれぞれの街区を長手方向に実測した積雪断面A-A'断面（A街区とD街区は主風向に対して垂直方向、B街区とC街区は主風向に対して水平方向）である。縦長街区であるA街区とD街区を比較すると、A街区では積雪深228cmの吹きだまりが1カ所、D街区では積雪深179~193cmの吹きだまりが3カ所と中央部分に吹き払いが形成されている。このことから、主風向側からの強い風雪によって積雪深の増減が発生したと考える。一方、横長街区であるB街区とC街区を比較すると、B街区に比べC街区で積雪深が深い。B街区の積雪深においては実測時の鷹栖町積雪深とほぼ変わらない傾向であるのに対して、C街区では屋根からの落雪する雪堆積が少ない状況（無落雪屋根住

戸が多い）ではある。つまり、実測時の鷹栖町積雪深よりも積雪している。このような積雪深相違が生じている一要因としては、B街区に比べC街区の南側住戸群（住戸26~31）と北側住戸群（住戸32~39）の隣等間隔が狭く、風雪が障害物（住戸および物置）によって流れ難くなり吹きだまりが形成されたと考える。

図下段はそれぞれの街区を短手方向に実測したB-B'およびC-C'断面（A街区とD街区は主風向に対して水平方向、B街区C街区は主風向に対して垂直方向）である。縦長街区であるA街区とD街区を比較するとD街区においてB断面およびC-C'断面で風上側の積雪深が減少している。また、D街区のB-B'断面では風下側には実測時の積雪深の2倍である202cmの大きな吹きだまりが形成されていることがわかる。一方、横長街区であるB街区とC街区を比較すると、屋根から落雪した雪堆積や除雪による雪堆積の増減はあるものの概ね積雪深は調査時の鷹栖町積雪深と同じ程度になっている。以上の結果から、風速が大きいD街区が最も吹きだまりが発生しやすい環境にあるといえる。また、吹きだまりの大きさは風雪の影響が大きい街区で、風雪の影響が小さい街区は吹きだまりも小さい（短い）傾向にあることが明らかとなった。

⑦雪処理に配慮された住戸設計システム

これまでの①~⑥の検証から「雪処理に配慮した住戸設計システム」を構築した検討フローを図5に示す。検討の流れを以下に述べる。

最初の検討は住宅地の「街区的要素」（A）である。ここでは風雪に対する住戸の配置方法を検討する。大きな吹きだまりは主風向に対して建築物（住戸や車庫、物置などの障害物）の風上側に発生することから、主風向に対する障害物は避け街区外部からの風雪は街区外に通り返ける建築物の配置が望ましい。

次に「住戸的要素」（B）である屋根形

表1 壁面温度測定結果



態の検討をする。本研究の結果から屋根上の雪が落雪し、その雪が障害物となり吹きだまりが形成されることから、屋根形態は勾配屋根よりも無落雪屋根の方が敷地内の雪堆積が少ない傾向にある。このことから、勾配屋根に関しては十分な検討が必要である。設計時に勾配屋根を検討する場合には、可能な限り屋根上に積ませ日射による融雪を施した方が望ましい。また、勾配屋根を選定する場合は図Aのように方位に対する検討が必要であり、さらに図Bのような風上側の屋根の長さに関する必要がある。

最後に「雪堆積スペースの要素」(C)を検討する。まずは敷地構成の検討が必要である。縦長敷地であれば雪堆積可能面積が少なくなる傾向になるため注意が必要となる。一方、横長敷地であれば雪堆積可能面積が大きくなる反面、日常除雪面積が大きくなる傾向にあるため、車庫などの外構物により日常除雪面積の軽減が必要となる。屋根形態においては、落雪屋根および複合屋根では、屋根からの落雪面積により雪堆積可能面積が縮小する傾向にあるため、落雪方向の検討が必要である。

次に住戸配置によりアプローチ除雪面積、外構物設置に伴う車庫前除雪面積、居住者の車所有台数に伴う青空駐車面積の算出を行い、それぞれの合計を日常除雪面積とする。また、前面部分における雪堆積可能面積は前面面積から前面方向に落雪する

落雪面積、日常除雪面積、外構物面積を引いた値を算出する。これにより、「日常除雪面積」、「雪堆積可能面積」、「外構物面積」の割合を、三角座標の敷地構成および屋根形態にプロットし、Aグループにプロットしていれば雪処理に配慮した住戸設計と判断される。一方、Bグループにプロットされる場合は、雪処理に配慮されていない住戸と判断し再検討が必要であり、融雪装置の検討も必要となる。また、Cグループにプロットされる場合は、外構物を過剰に設置したことにより建ぺい率が超えている可能性があるため、再検討が必要と判

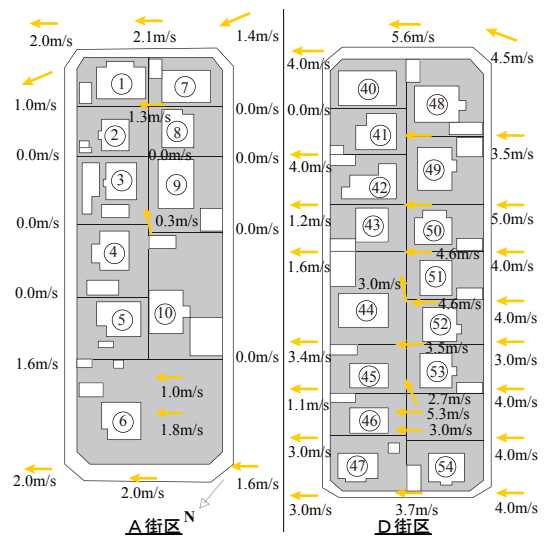
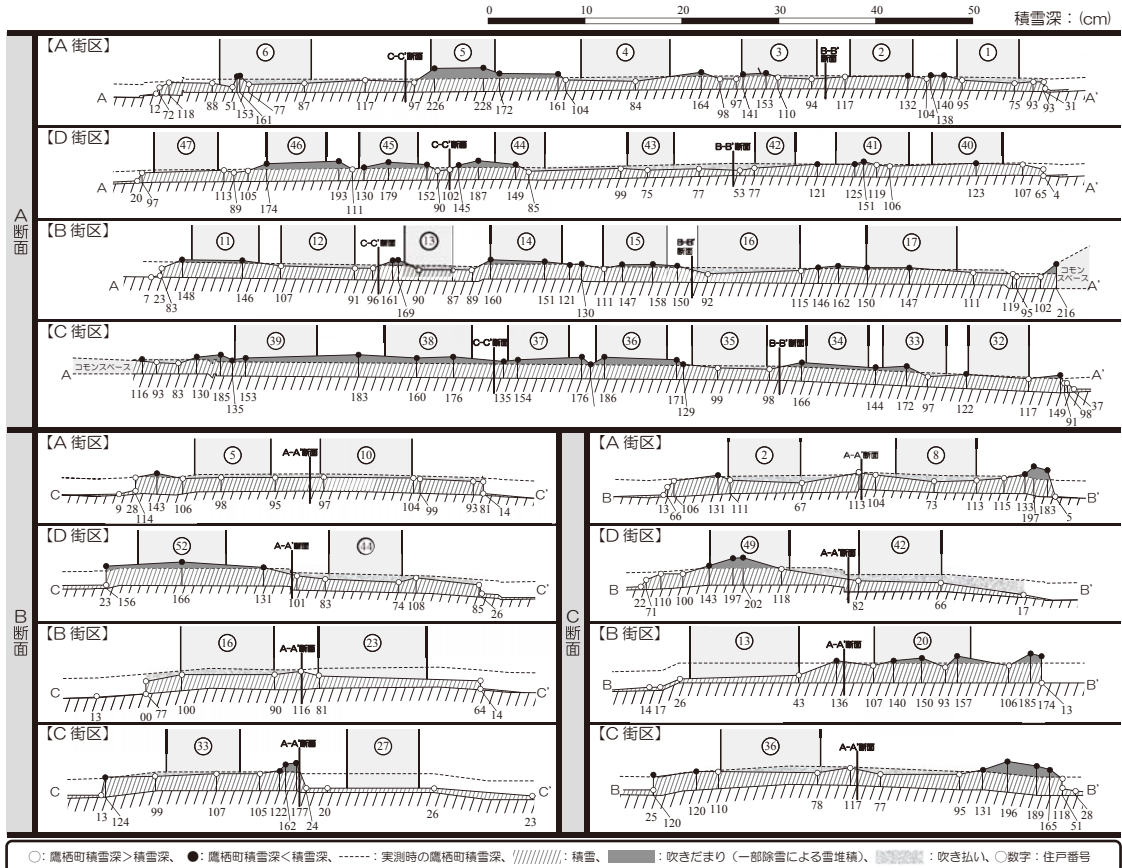


図3 A街区およびD街区の風速と風向の状況



上段：A-A' およびC-C' 断面、下段：B-B' およびD-D' 断面

図4 積雪断面図

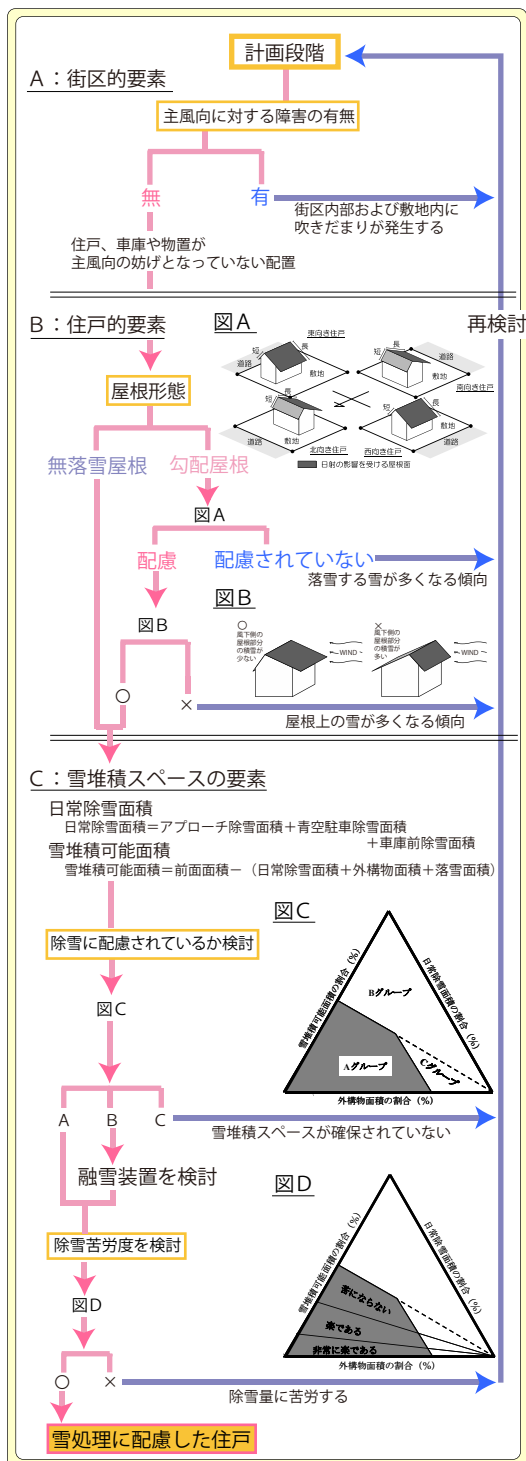


図5 雪処理に配慮した住戸設計システムのフロー図

断される。さらに、居住者の除雪労力の苦労を軽減する判断としては、既往研究の除雪苦労度データから、雪堆積可能面積の充足度が1を境界に除雪苦労度が減少することから、雪堆積可能面積が81~100%を「非常に楽である」、61~80%を「楽である」、50~60%を「苦にならない」と判断可能となる。

このように、本研究で構築した「雪処理に配慮された住戸設計システム」を活用することで、北海道の戸建住宅に住む居住者が住宅完成前に雪処理に配慮されているか判断が可能となり、除雪に対する苦労が回避可能となる。さらに、除雪に対応された

戸建住宅地の設計への実現料が可能である。

最後に、本研究は「雪処理に配慮された住戸設計システム」を構築するため、空中写真撮影を活用した雪堆積形成の分析を行った。研究当初は操縦士による手動飛行で撮影を実施してきたが、近年においては事前に無人飛行機（ドローン）の飛行ルートをプログラムでき、正確な飛行と正確な撮影により無人飛行機による雪堆積形成の分析方法も確立しつつある。最近では冬場と夏場のデータを確保すれば、GPSと三次元化により雪堆積量の測定まで可能になっている。今後はこの技術を活用し正確な雪堆積量の分析を行い、積雪寒冷地における雪堆積形成に関する研究を進める予定である。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計2件)

- ①湯川崇、谷口尚弘、苫米地司：戸建住宅地における街区外部環境の相違によって発生する雪堆積状況、日本建築学会講演梗概集E-2、2015.9.5、pp.1273-1274、東海大学湘南キャンパス（神奈川）
- ②湯川崇、細川和彦、斉藤雅也、谷口尚弘：積雪寒冷地における住宅地街区内部の雪堆積形成に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会北海道支部研究報告集No87、2014.6.28、pp.365-368、釧路工業高等専門学校（釧路市）

[その他] (計3件)

- ①湯川崇：雪の住宅地を三次元映像化—吹きだまり解析・雪処理負担の軽減—、北海道住宅新聞、第1178号、2017.5、p7
- ②湯川崇：積雪寒冷地における除排雪に考慮した住戸配置およびカーポートの設置方法のあり方について（「北海道エクステリアミッションズ」）YKKap(株)札幌支店セミナー、2015.6
- ③湯川崇：吹雪も想定して計画を—カーポート・横長敷地・短いアプローチ—、北海道住宅新聞、第1102号、2015.4、p8

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯川 崇 (Yukawa, Takashi)
札幌市立大学・デザイン学部・専門研究員
研究者番号：60624690

(2) 連携研究者

斉藤 雅也 (Saito, Masaya)
札幌市立大学・デザイン学部・准教授
研究者番号：20342446

(3) 連携研究者

谷口 尚弘 (Taniguchi, Naohiro)
北海道科学大学・工学部・教授
研究者番号：80337013

(4) 連携研究者

細川 和彦 (Hosokawa, Kazuhiko)
北海道科学大学・工学部・准教授
研究者番号：10347750