

「都市・建築空間における雪氷災害対策 に関する特別研究委員会」

委員長 持田 灯(東北大学工学研究科)

委員会設置の背景

雪氷災害による甚大な被害

平成18年豪雪による被害 (27道府県)

- ・死傷者 1395名(死者152名)
- ・建築物被害 7159棟



死者の64%が高齢者

雪対策のための重い財政的負担

札幌市: 約150億円/年(過去10年平均)

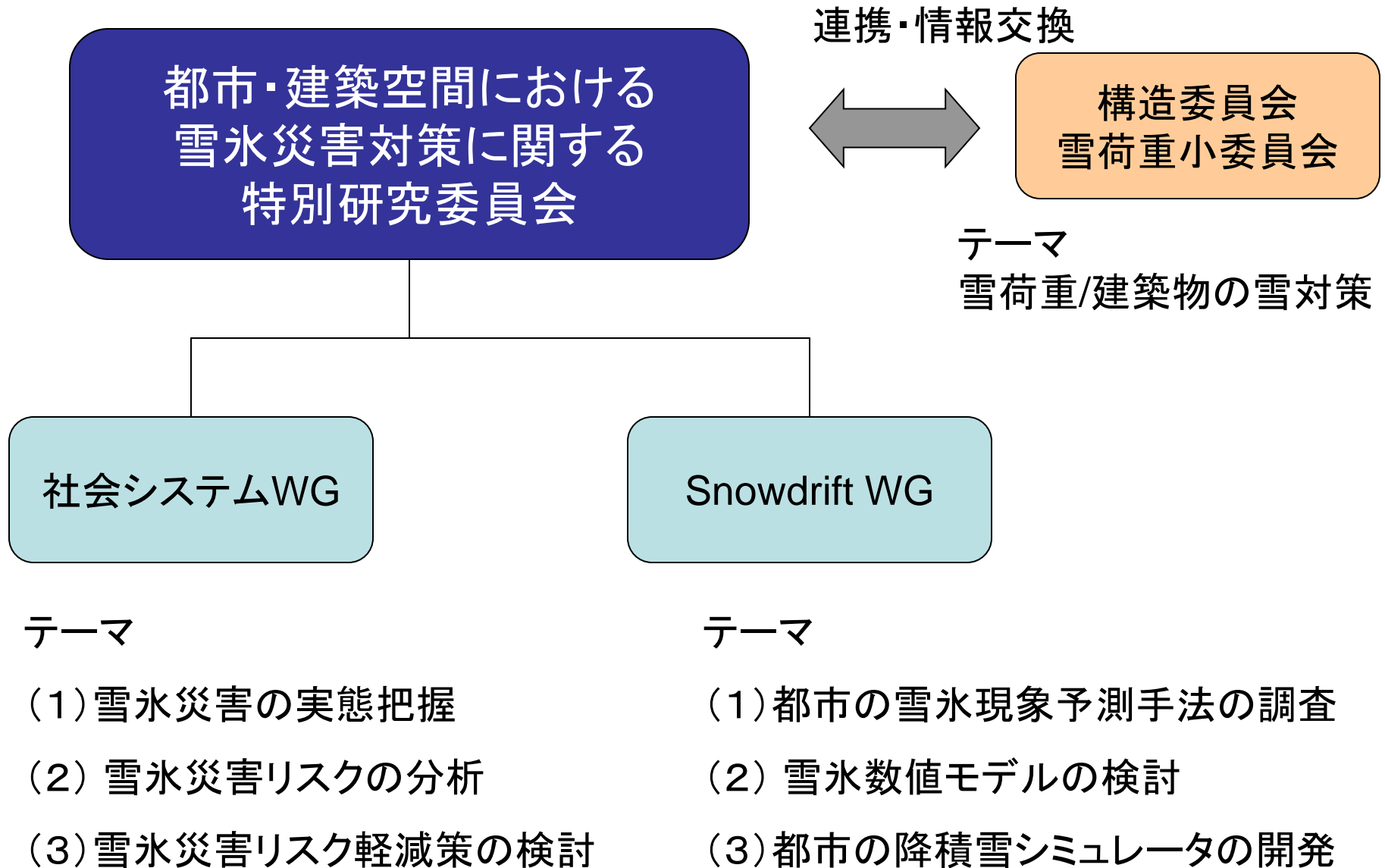
新潟県: 約132億円/年(平成18年度)



莫大な財政的支出

都市・建築空間における被害軽減に向けた検討が必要

委員会体制



社会システムWG 目的と活動内容の概要

**目的: 雪氷災害に係る人的活動の分析および社会的制度的考察、
リスク分析に基づく対応策を検討する**

活動内容

(1) 雪氷災害の実態把握(深澤、上村、諸橋)

- ・過去の豪雪災害における人的被害と住家被害の実態把握**
- ・豪雪による地方自治体の損失と分析

(2) 雪氷災害リスクの分析 (上村、高橋、堤、寺内、植松)

- ・人間を対象としたリスクの分析**
- ・建築物を対象としたリスクの分析
- ・道路交通を対象としたリスクの分析

(3) 雪氷災害リスク軽減策の検討 (沼野、苫米地、谷口、佐藤、持田、吉野)

- ・雪対策の現状と課題の整理
- ・落雪の危険度評価手法の検討
- ・雪対策データベースの構築**

委員構成

社会システムWG

13名

沼野夏生(東北工大)

佐藤 威(防災科技研)

植松 康(東北大)

吉野 博(東北大)

高橋 徹(千葉大)

寺内義典(国土館大)

諸橋和行(日本システム開発研)

堤 拓哉(北方総研)

深澤大輔(新潟工大)

苫米地司(道工大)

谷口尚弘(道工大)

上村靖司(長岡技大)

持田 灯(東北大学)

(1) 雪氷災害の実態把握

○過去の災害記録と気象条件の整理

昭和38, 52, 56, 59年, 平成17, 18年の資料収集と気象条件の整理

○被災地の現地調査および自治体ヒアリング

平成18年豪雪による主要被災地（北海道、秋田県、山形県、新潟県、岐阜県、滋賀県、島根県、広島県の8道県、8市町村）を対象とした調査

○ヒアリング調査

平成19年度冬季に起きた雪害による犠牲者(本人、家族)を対象としたヒアリング調査
一次ヒアリング:129件、二次ヒアリング:36件



積雪関連の人的被害と住家被害の実態を把握

○被災地の現地調査および自治体ヒアリングの結果

多雪地域 (北海道、東北) のH18豪雪による被害の特徴

雪下ろし作業



落雪事故



住家被害は過去の災害時に比べ少ないが人的被害が多い

⇒ 高齢者による雪下ろし、除雪中の事故が極めて多い
地方の過疎化・高齢化が影響

◎雪下ろし、除雪中の事故に対するリスク分析と対策検討が必要

○被災地の現地調査および自治体ヒアリングの結果

少雪地域（岐阜、滋賀、島根、広島）のH18豪雪による被害の特徴



住家被害が極めて多い ⇒ ・雪に弱い建物が多い
・豪雪への備えが不十分

◎建物の耐雪化、雪対策に関する情報整備が必要

個人的リスク
10⁻⁵人/年

FAFR
10⁻⁸人/時間

	個人的リスク 10 ⁻⁵ 人/年	FAFR 10 ⁻⁸ 人/時間
人身雪害 ブロック1	1.8	28.0
ブロック2	0.3	18.6
交通事故	7.1	—
労働災害	3.2	1.68

ク
F(16冬季)

ブロック1:新潟県内の山間部
ブロック2:新潟県内の山間部以外

FAFR (Fatality Accident Frequency Rate):
労働1億時間当たりの死亡確率

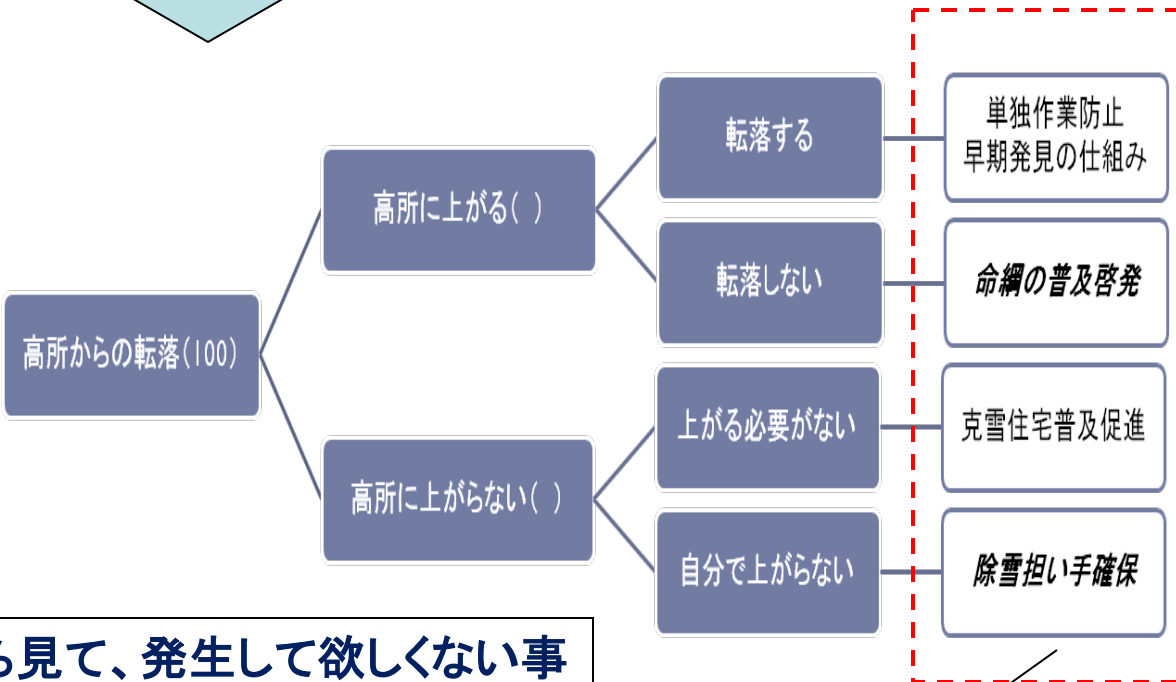
リスクは交通事故と同程度、労働災害の16倍以上

(2) 雪氷災害リスクの分析

ヒアリング調査(延べ165件)により、人身事故発生時の状況を把握

FTA(Fault Tree Analysis)による雪下ろし作業リスクの分析と 具体的対策の検討

屋根の雪下ろし作業の分析例



FTA: 信頼性、安全性の両面から見て、発生して欲しくない事象に関し、その発生の経過を遡って樹形図に展開し、発生経路、および発生原因、発生確率を解析する技法のこと

具体的対策

(3) 雪氷災害リスク軽減策の検討

雪対策データベースの基本構成のとりまとめ

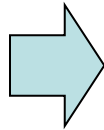
豪雪災害発生時に迅速で効果的な初期対応の実施を支援する 情報システム

データベースの仕組み

豪雪災害の恐れ



行政職員、市民等が
データベースにアクセス



豪雪	市街地	北見市	積雪深135cm	発生日:2004年2月
----	-----	-----	----------	-------------

過去の災害時の状況と
対応策を表示

状況	被害・障害	自治体の対策	住民の対応	企業の対策
歩道が雪で埋没	歩道の利用が困難	除雪車の手配	町内会による除雪	除雪機材の提供
	交通事故の危険	住民への広報 融雪剤の散布	外出を避ける 早く外出する	従業員への連絡 カーシェアリング
道路車線の埋没	渋滞の発生	交通規制	カーシェアリング	時差出勤を行う
	緊急車両の遅延	渋滞情報の把握	自家用車を使わない	車両の使用を控える

具体的対策の提示



新聞記事情報の表示



■社会システムWG 成果のまとめ

(1) 雪氷災害の実態把握

過去の豪雪災害を対象に資料調査、現地調査、ヒアリング調査を行い、被害の特徴、地域性を明らかにし、対策の方向性を示した。

(2) 雪氷災害リスクの分析

雪氷災害を対象としたリスク分析手法を検討し、人身雪害を対象としたリスクの試算を行った。

(3) 雪氷災害リスク軽減策の検討

雪氷災害のリスク軽減策を検討し、雪対策データベースの基本構成を取りまとめた。

Snowdrift WG 目的と活動内容の概要

目的: 都市・建築空間の雪氷現象を正確に予測し、災害の低減に利用可能な雪氷シミュレーションモデルについて検討する。

活動内容

(1) 都市の雪氷現象予測手法の調査

- ・国内外の研究動向のレビュー(全員)
- ・学際的な研究者の情報交換による人的ネットワークの形成(全員)

(2) 雪氷数値モデルの検討

- ・人工降雪風洞を用いた数値モデル検証用データの取得(富永、持田、根本)
- ・高精度な雪の飛散・堆積モデルの研究(富永、持田、根本)

(3) 都市の降積雪シミュレータの開発

- ・メソスケールから融雪過程までも含んだスケールや物性の異なる雪氷物理モデルの連結(根本、山崎、本谷、本間、中井)
- ・雪氷災害予測に利用可能な都市空間の総合的降積雪シミュレータの構想(富永、持田、植松)

委員構成

Snowdrift WG

富永禎秀(新潟工大)

持田灯(東北大・工学研究科)

根本征樹(防災科学技術研究所・雪氷防災技術研究所)

山崎剛(東北大・理学研究科)

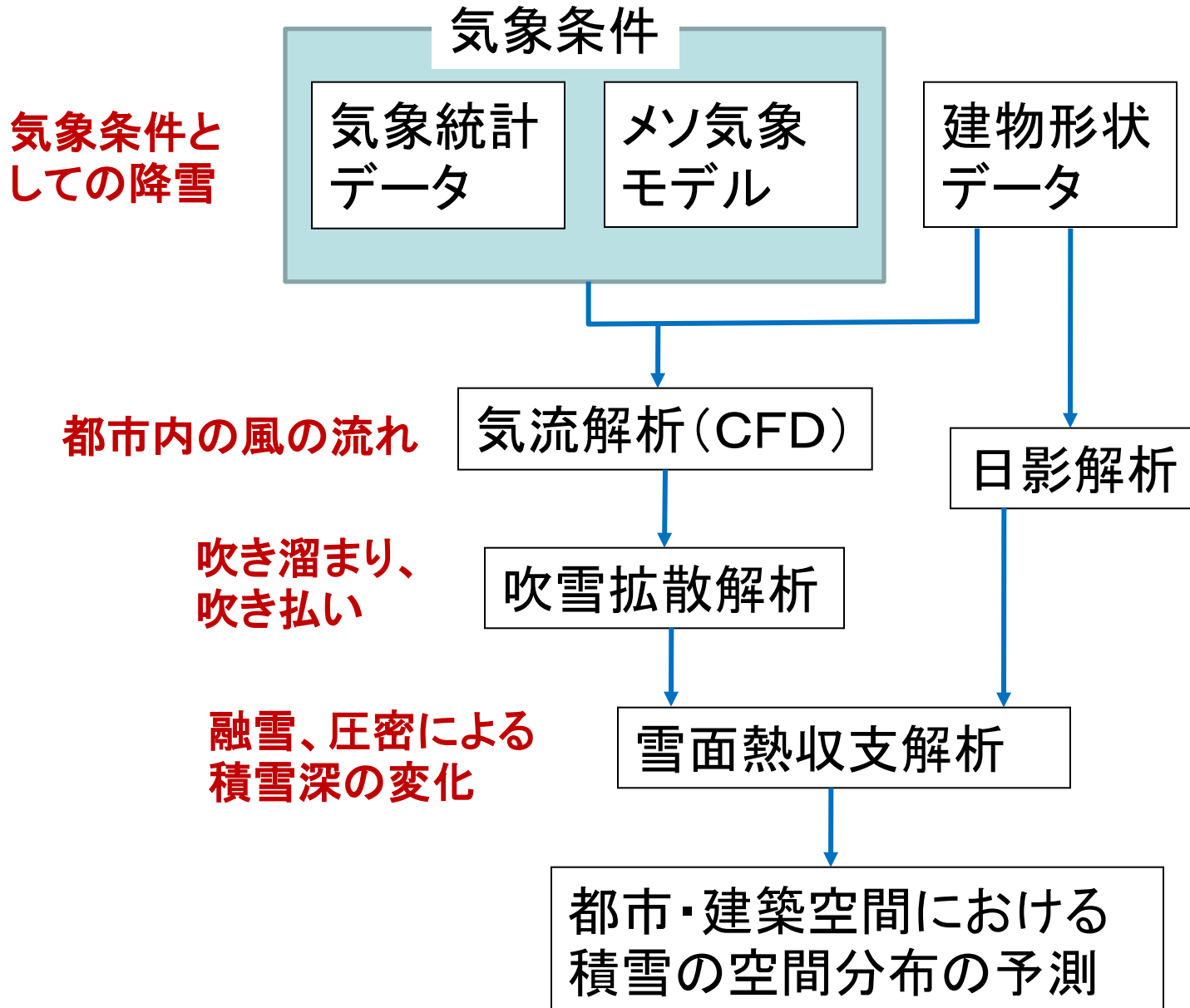
本谷研(秋田大・教育文化学部)

本間義規(岩手県立大)

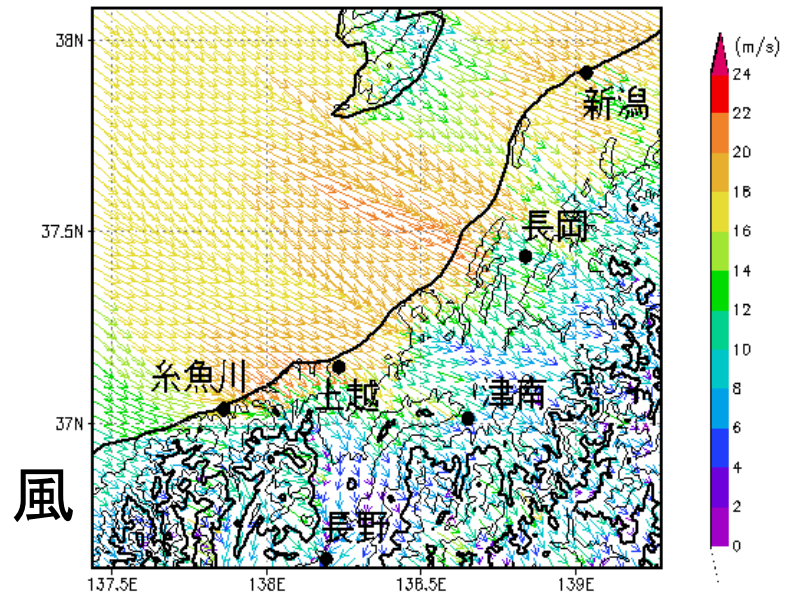
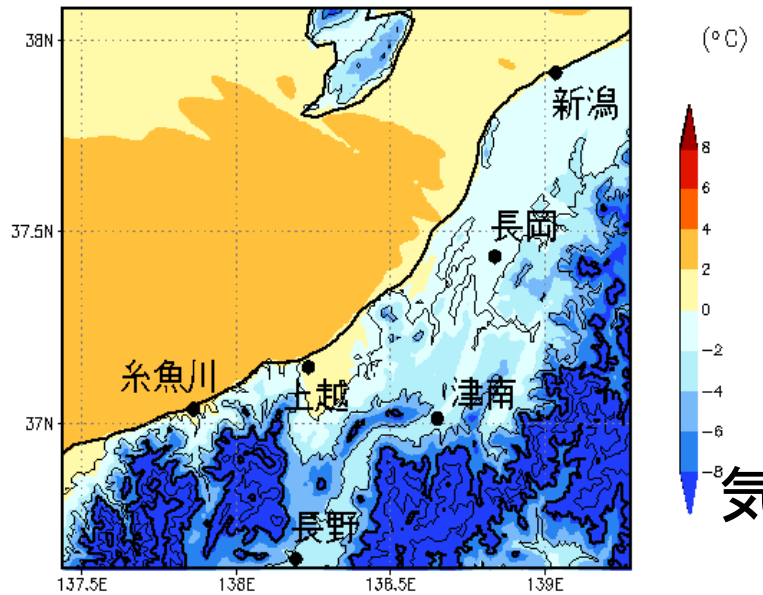
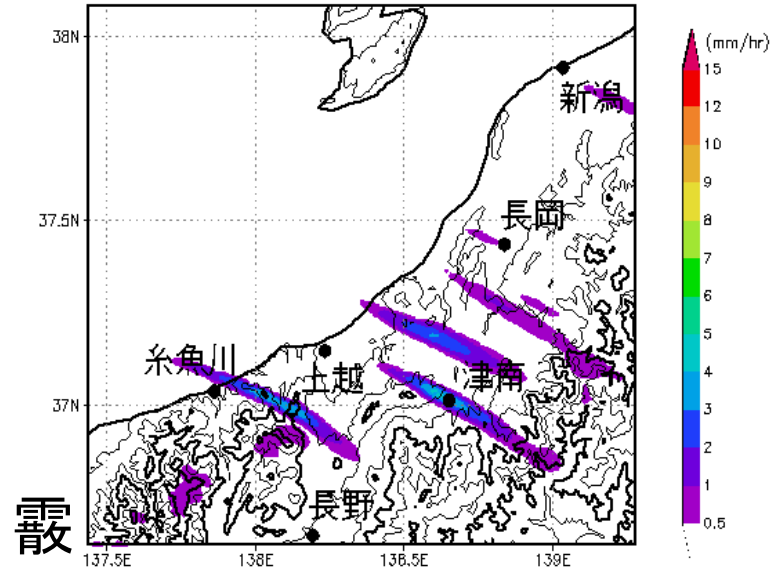
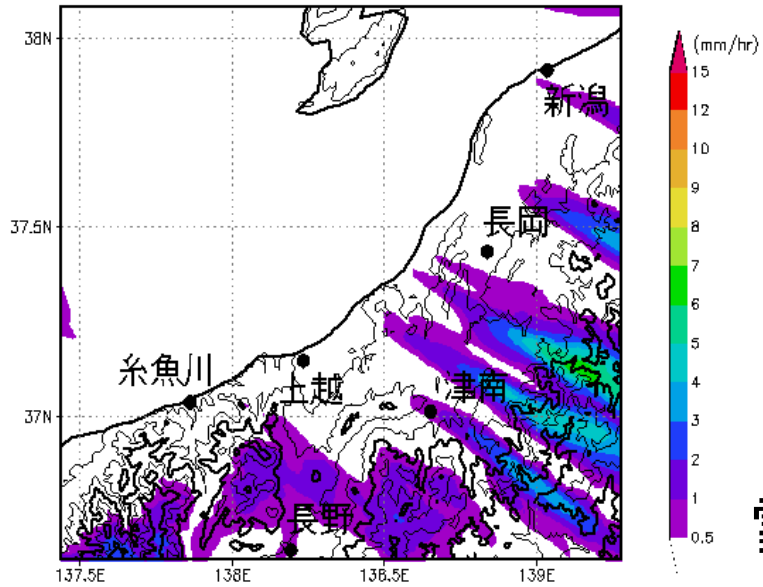
植松孝彦(雪研スノーイーターズ)

中井専人(防災科学技術研究所・雪氷防災技術研究所)

都市・建築空間における雪氷現象の予測モデル



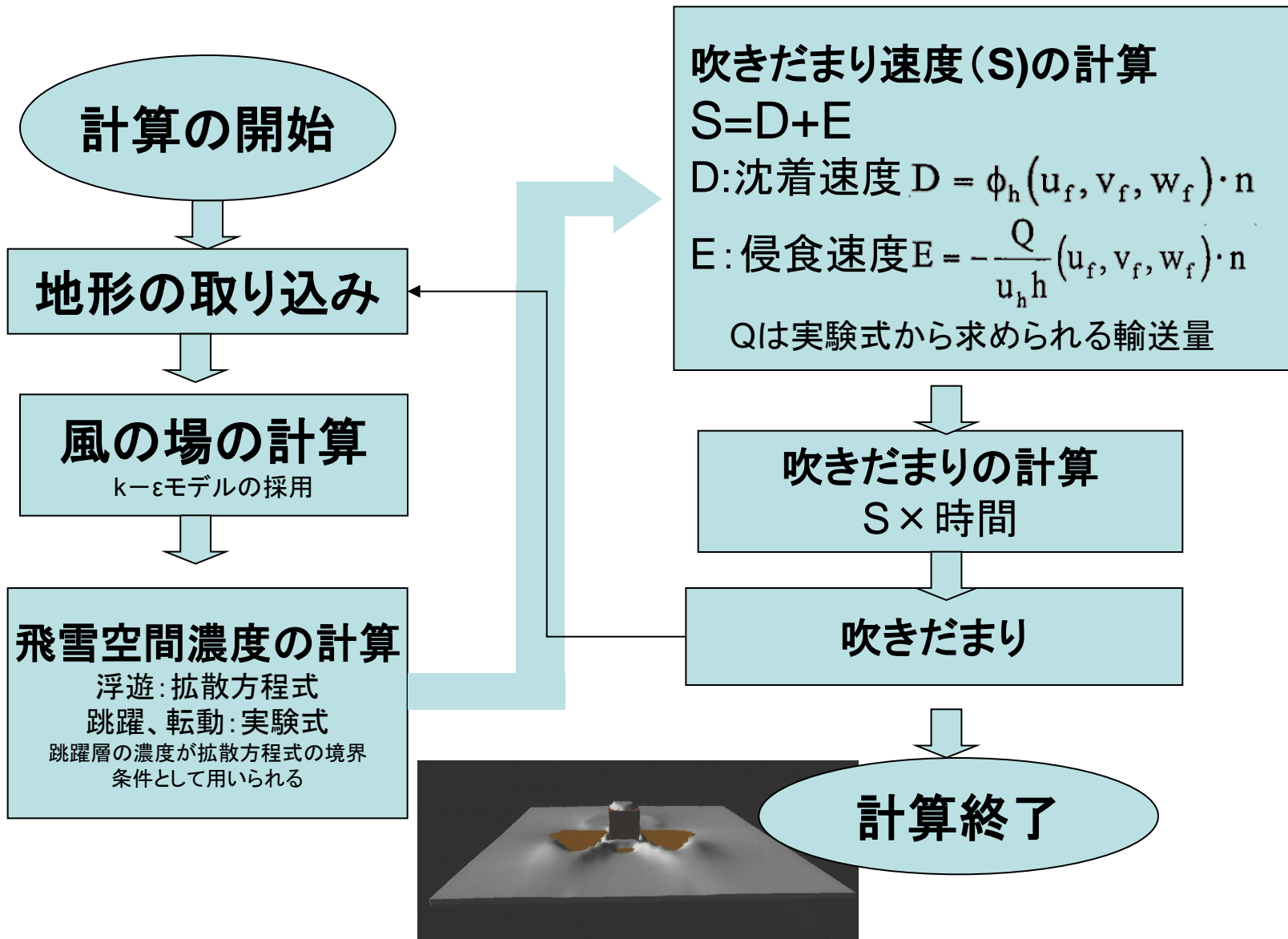
降雪過程を含むメソ気象モデル



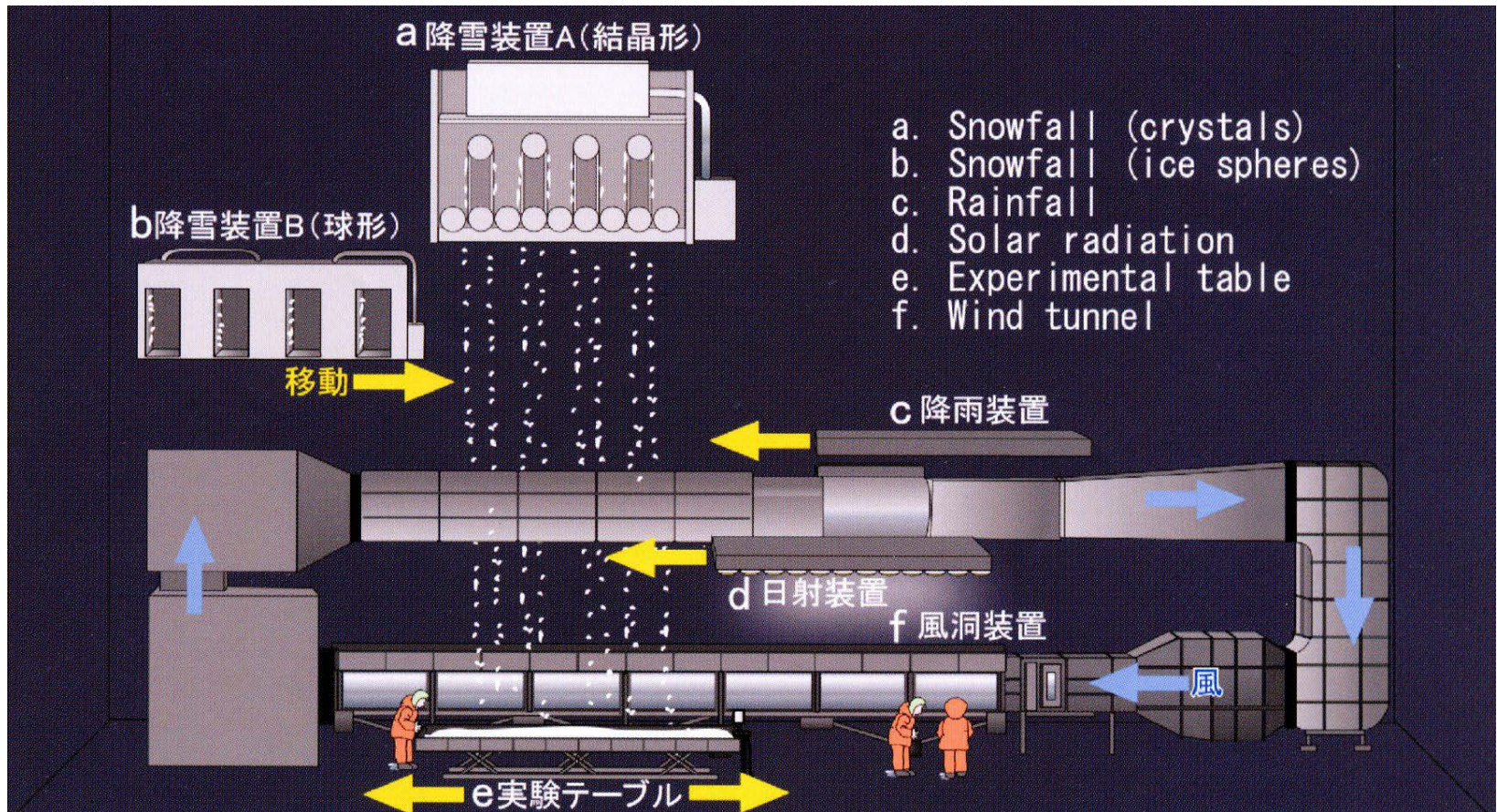
2008/12/2609JST

15 (m/s)

吹き溜まりの数値シミュレーション

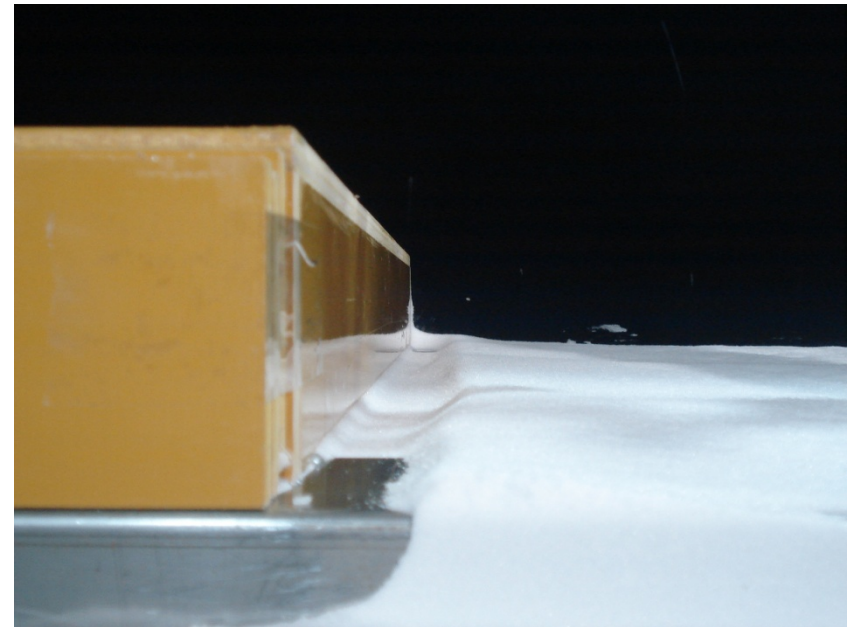
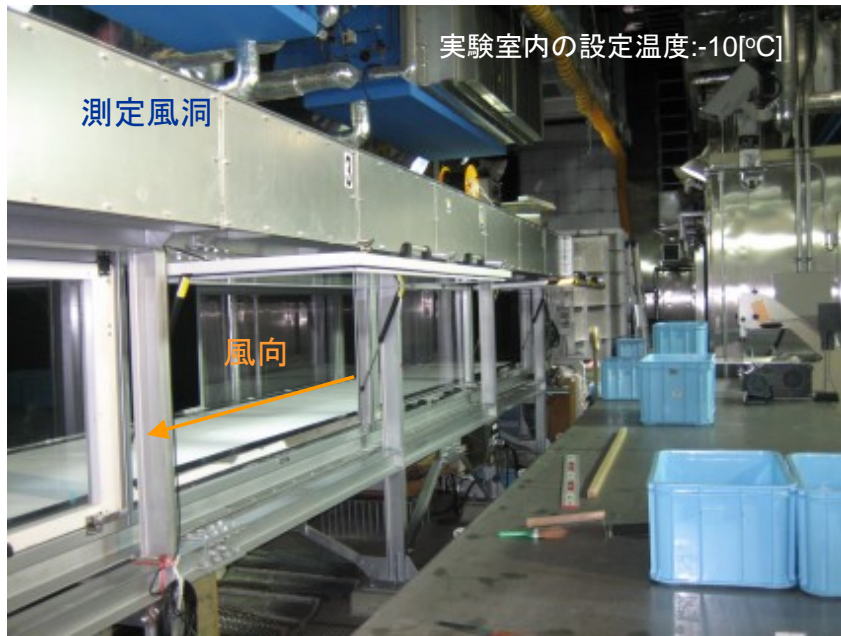


防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄支所の 低温風洞装置にて風洞実験を実施



積雪地域で起こる様々な現象を実験室レベルで再現できる
世界最大規模の実験施設

風洞実験の様子



浮力と乱れの消費の影響を組み込んだ 高精度のSnowdriftモデルの開発

運動方程式

$$\frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial \langle p \rangle}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(v_t \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} \right) - \underbrace{g \frac{\rho_i - \rho_a}{\rho_i \rho_a} \langle \Phi \rangle \delta_{i3}}_A \quad (1)$$

kの輸送方程式

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \underbrace{P_k + G_k}_A - \underbrace{\varepsilon + S_k}_B \quad (2)$$

εの輸送方程式

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + \frac{\varepsilon}{k} \left(\underbrace{C_{\varepsilon 1} P_k - C_{\varepsilon 2} \varepsilon + C_{\varepsilon 3} G_k}_A \right) + \underbrace{S_\varepsilon}_B \quad (3)$$

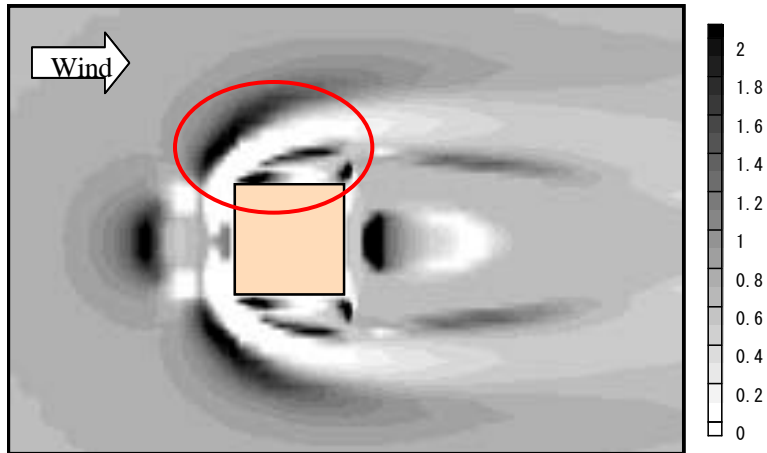
$$P_k = v_t \left(\frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle u_j \rangle}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} \quad (4)$$

$$\underbrace{G_k = -g \frac{\rho_i - \rho_a}{\rho_i \rho_a} \langle u_i' \Phi' \rangle \delta_{i3}}_A \quad (5)$$

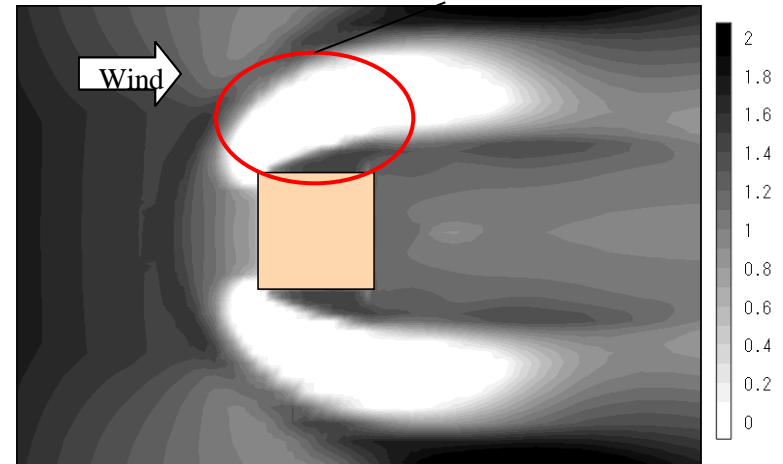
A項: 負の浮力(重力)の影響

B項: 侵食・雪粒子輸送による乱流エネルギーkの消費

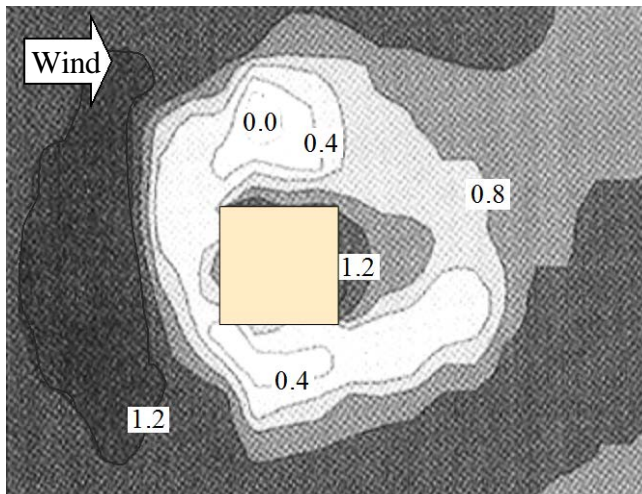
立方体建物モデル周辺の積雪深比の解析結果



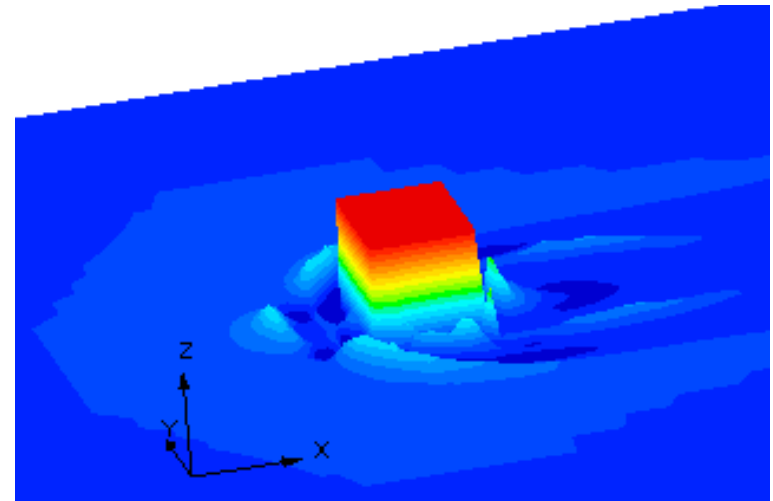
従来モデル



新しいモデル

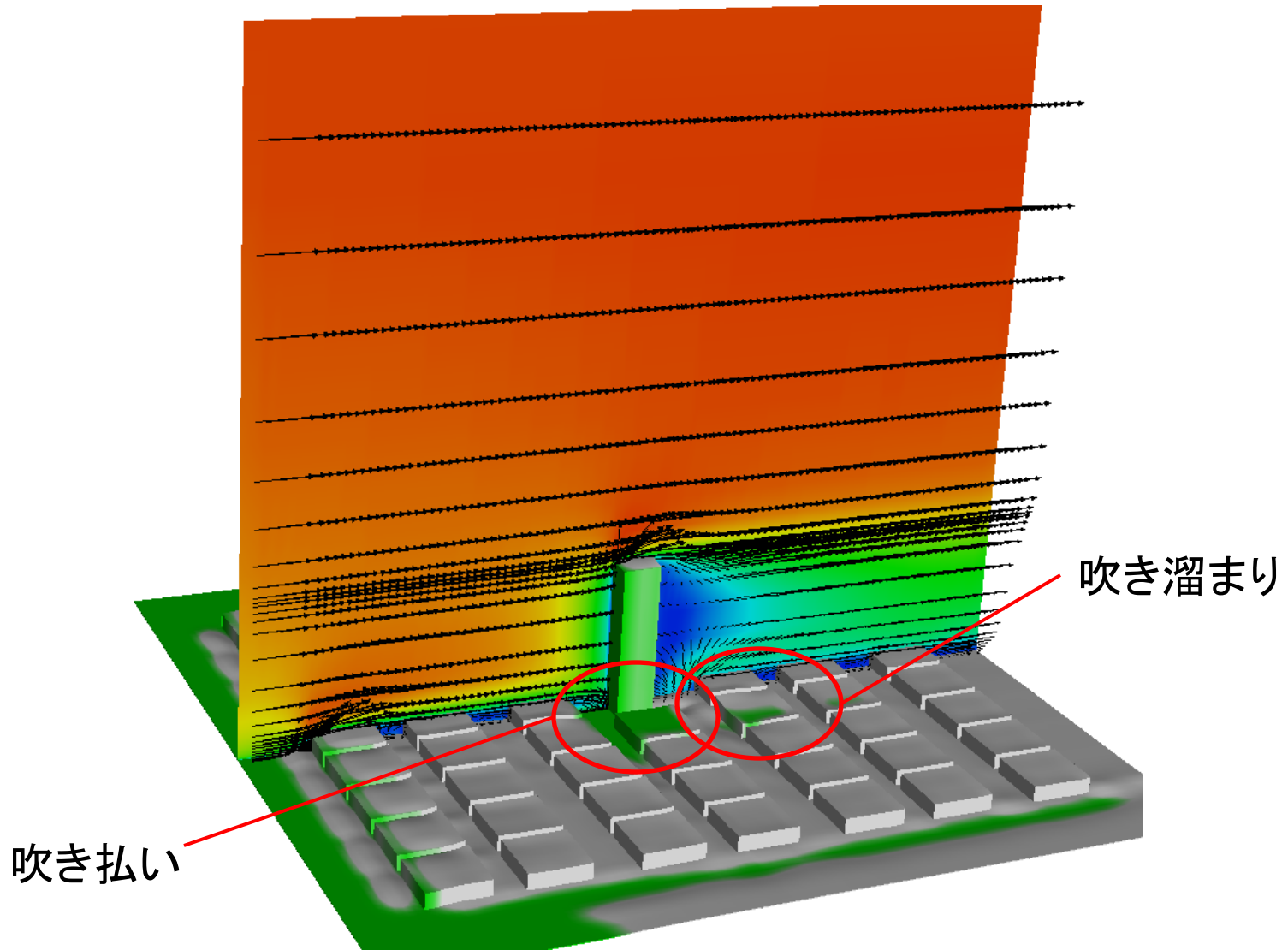


屋外観測

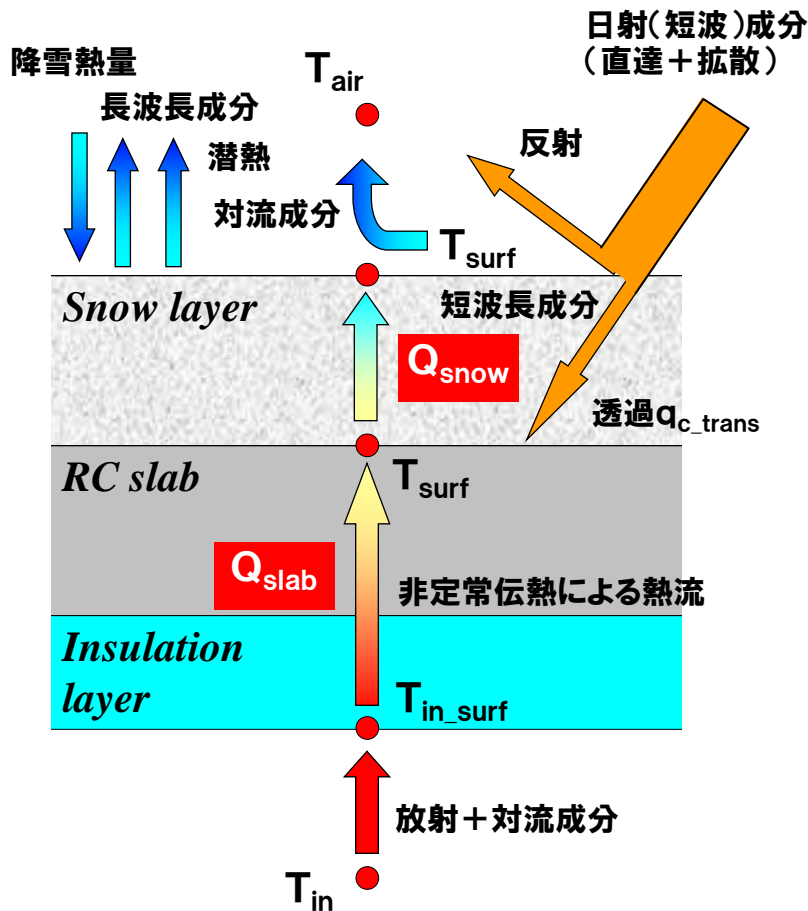


CFDの結果

街区モデルの解析結果



建物屋根および地盤上の雪氷伝熱モデル



建物屋根の伝熱モデル (一次元伝熱)

積雪部を考慮した1次元非定常伝熱基礎式

一般部
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

日射透過成分
$$q_{c_trans} = J_s \cdot (1 - \Gamma) \cdot R_{trans}$$

屋根スラブ表面(積雪下面)の熱収支

$$Q_{slab} - Q_{snow} + q_{c_trans} = 0$$

積雪下面熱収支から T_{surf} を算出。積雪層への熱流を積雪部融雪モジュールへの入力とする

積雪表面
$$q_{total} = q_a + q_b + q_c + q_d + q_e + q_f$$

対流熱伝達
$$q_a = \alpha \cdot (T_{air} - T_{surf})$$

潜熱成分
$$q_b = R \cdot \alpha' \cdot (X_{air} - X_{surf})$$

短波長成分
$$q_c = J_s \cdot (1 - \Gamma) \cdot (1 - R_{trans})$$

長波長成分
$$q_d = -J_l$$

熱伝導成分
$$q_e = (\lambda_{snow} / l_{snow}) \cdot (T_{surf} - T_{sd})$$

降雪熱量
$$q_f = c_w \cdot \rho_w \cdot r \cdot (T_{wb} - T_{surf})$$

Snowdrift WG 成果のまとめ

- 都市空間の雪氷現象のモデリング手法について国内外の研究動向を把握した。
- 国内で開発された各種の雪氷数値モデルの精度や適用範囲について検討し、それらを組み合わせた雪氷災害予測に利用可能な都市空間の総合的降積雪シミュレータの基本構想を得た。

今後の展開

「国土交通省・建設技術研究開発助成制度」への
提案課題が採択された(研究期間：平成20～22年度)

代表者：吉野 博(東北大学)

課題名：「都市空間における雪氷災害に伴う費用軽減を
目指したリスクマネジメントシステムの構築」

研究予算：総額 4,650万円(平成20年度1,872万円)

◎サブテーマ

- (1)都市・建築空間のリアルタイム降積雪シミュレータの開発
- (2)都市における雪氷災害リスク評価手法の構築
- (3)雪氷災害リスクマネジメントシステムの構築

雪氷災害リスクマネジメントシステムの構築

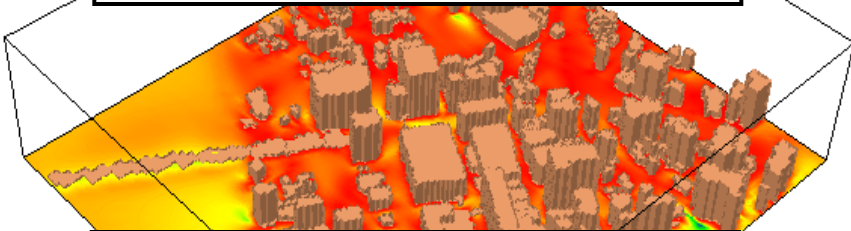
「雪氷対策データベース」を整備し、「降積雪シミュレータ」、「雪氷災害リスク評価手法」と統合することにより「雪氷災害リスクマネジメントシステム」を構築する。

雪氷災害リスクマネジメントシステムの概要

【要素技術の統合】

降積雪シミュレータ

都市内の積雪分布と
雪氷災害の空間情報の明示



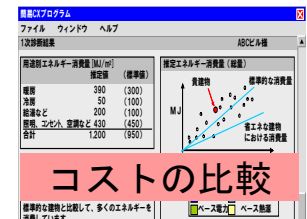
雪氷災害リスク評価手法
対象都市の雪氷災害による
リスクの算出

+

雪氷災害対策データベース

各種雪氷災害対策のデータ
を集約し一元的管理

- ・ 人的被害対策データベース
- ・ 建築物の対策データベース
- ・ 交通対策データベースなど

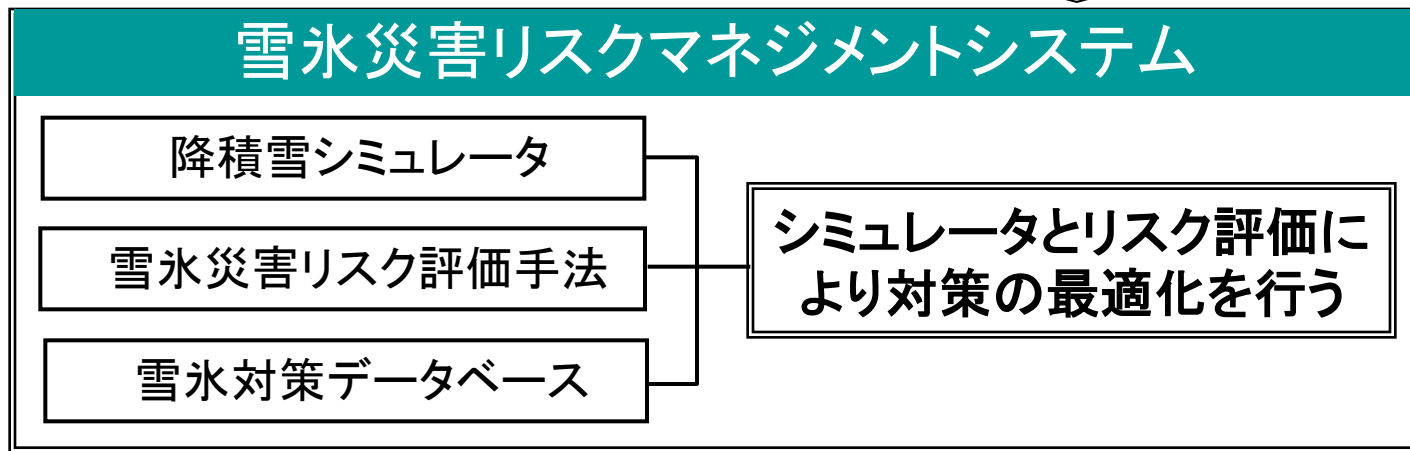


雪氷災害リスクマネジメントシステムの活用

行政的課題



システムの活用



活用効果

費用対効果の高い雪対策の実施

迅速な情報提供と災害対応の実施

都市空間で発生する雪氷災害による経済的損失の軽減