

積雪寒冷期の屋外オープンスペースにおける滞留行動特性とデザインガイドライン
-積雪寒冷都市における都市デザイン その29-

正会員 〇林 拓実*
正会員 瀬戸口 剛**
正会員 渡部 典大***

積雪寒冷都市 屋外オープンスペース 歩行者行動
機械学習 動画解析 デザインガイドライン

1. 研究の背景と目的

都市のオープンスペース（以下、OS）などの屋外空間の利用は気温や日照などの環境要素に左右される。積雪寒冷都市では夏季に冷涼で快適である一方で、冬季の厳寒で積雪がある環境要素は人々の行動にネガティブに作用すると考えられてきた。しかし、冬季には雪を利用した遊びやイルミネーションなどの冬季特有の行動が行われ、屋外空間に賑わいをもたらす。積雪寒冷都市特有の冬季の環境要素をポジティブに捉え、特有の行動を促進するための屋外空間のデザインが求められる。積雪寒冷都市の冬季特有の行動を引き出す魅力的な空間設計は、夏の都市とは異なるアプローチが必要である¹⁾。

一方で目視による分析では時間や場所の制約が大きく、より広範な結果が見込めない。近年 AI の計算能力向上に伴い、画像解析技術の応用が期待される。これを利用行動解析に応用して大量のデータを処理し、利用行動という定性的な情報を数値化して分析することが可能となる。

本研究では、積雪寒冷都市における都心の屋外 OS の利用行動を調査し、AI を用いた解析を通して冬季の環境要素と空間構成との関係性を明らかにし、利用行動を促進するデザインの方針を明示することを目的とする。

2. 研究の方法

2.1. 調査方法

本研究では札幌市唯一の都市計画広場として整備され、市民の滞留やイベントの場所として利用が想定される北3条広場アカプラを対象とし（図1）、気温が低下し積雪が見込まれる期間である秋季から冬季にかけての屋外 OS の利用状況をカメラを用いて動画撮影を行った。調査は2023年及び2024年の10月から12月にかけて行い、カメラは街灯に設置し俯瞰する画角で撮影を行った（図2）。



図1 調査対象地の概況

2.2. 分析方法

調査時に撮影した動画を、AI を活用した人物の検出と

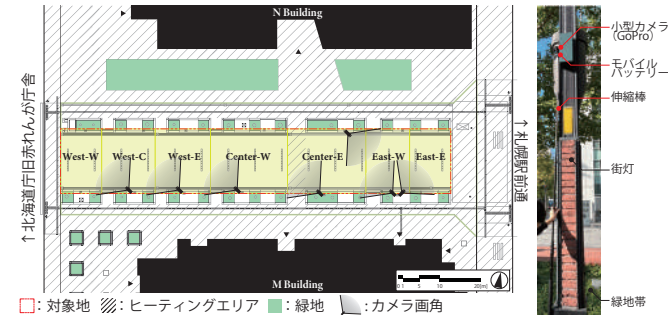


図2 調査対象地とカメラの設置

追従を行い、広場利用者の行動を捉えた。人物の検出にはYOLOv.8、追従には StrongSORT を用いた。

YOLOv.8 では、第1段階で MSCOCO のデータセット²⁾ を使用して検出、第2段階では独自の学習データを作成して広場利用者の姿勢を着座と起立に分類して検出した。AI 解析では検出のフレーム数、姿勢、バウンディングボックスの座標及び寸法を結果で書き出した（図3）。

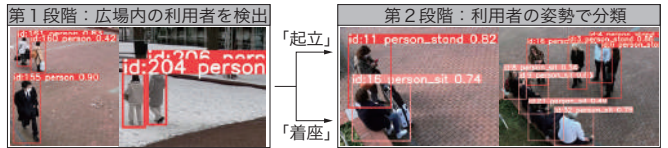


図3 AIを用いた動画解析解析

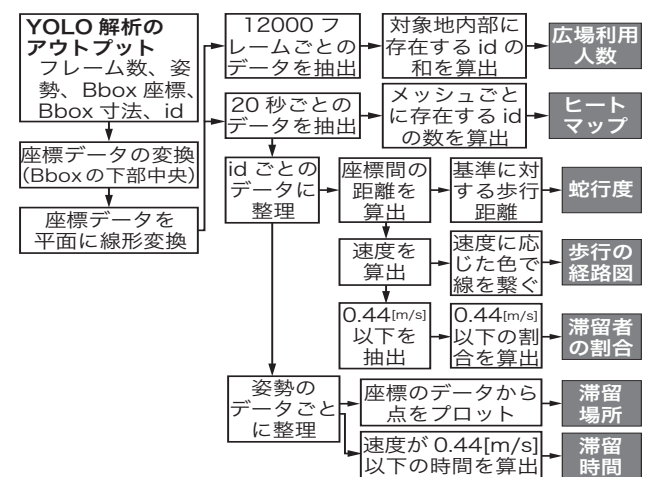


図4 分析フロー

分析対象は温暖期と比較した冬季の行動を詳細に分析するため温暖期2日間、寒冷期3日間、積雪期4日間とし、12:00 から13:00 を昼間、18:00 から19:00 を夜間とした。分析項目を広場利用人数、ヒートマップ、歩行を楽

しむ指標として蛇行度^{注1)}、歩行経路、滞留者^{注2)}の割合、滞留場所と姿勢、滞留時間とし、分析を行った(図4)。

3. 対象地の屋外環境要素

分析対象日の屋外環境要素を表1に示す。広場の利用に影響を及ぼすと予想される屋外環境要素として調査時の天気及び気温を気象庁のホームページより参照し整理した。さらに広場内でのイベントの実施状況や広場路面の積雪の有無について整理した。

表1 分析対象日の屋外環境要素

期間	温暖期		寒冷期		積雪期				
	2023		2023		2024		2023		
日付	10/25 水	11/04 土	12/02 土	12/06 水	12/04 水	12/13 水	12/16 土	12/27 水	12/13 金
イベント	キッチンカー					イルミネーション			
積雪の有無	--	--	--	--	--	○	○	○	○
00	天気	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	雪	晴れ
12	気温	19.4	10.1	2.0	8.1	3.0	-0.5	-0.8	-1.3
18	天気	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	雪	曇り
00	気温	15.3	7.2	1.2	8.3	-0.7	-3.1	-1.3	-3.0

4. 広場の利用行動の分析結果

4.1. 広場利用人数

広場の利用人数と気温の関係を図5に示す。気温が低下するについて広場利用人数は減少する傾向にあった。広場の利用人数と気温の間には相関が見られた。(決定係数 $R^2=0.87$)。また、2023年10月25日は気温が19.4℃と高かった上、キッチンカーの出店を伴うイベントが実施されていたことが影響し、広場利用人数が多かったと考えられる。

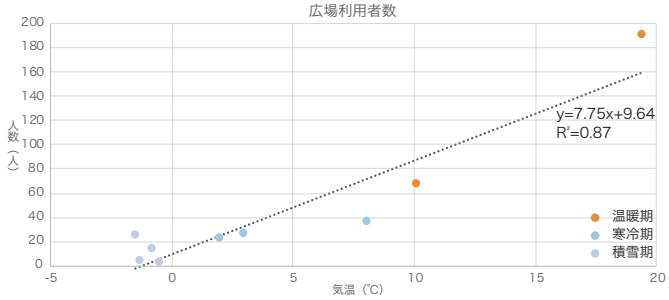


図5 広場の利用人数と気温の関係

4.2. 広場での通行行動

4.2.1. 広場内の歩行経路

広場利用者の歩行経路を図6に示す。温暖期では非常に多くの人々が広場内を通行し、滞留者は南北のベンチに沿った場所で目立った(図6(a))。寒冷期になると、斜めの方向に進む移動が目立ち、最短経路での単調な歩行が顕著になる。また、滞留者はあまり多くなく、滞留場所は主にベンチに沿った場所に限定される(図6(c))。積雪期になると歩行経路が極めて限定的になり、融雪されたエリアに偏る。また、その動線に隣接する雪のあるエリアで滞留が発生している(図6(e))。さらに積雪が増加し道状に除雪がされると除雪帯に沿って歩行経路が広がり、広場全体の利用が見られる(図6(e))。

イルミネーションを実施している夜間になると、寒冷期では歩行経路は昼間と酷似している一方で、滞留が増加しベンチ付近で目立つ(図6(d))。また、積雪期では広場の中央の通行が比較的多くなる(図6(f))。また、積雪の増加する時期でも昼間同様に除雪帯に沿った歩行が見

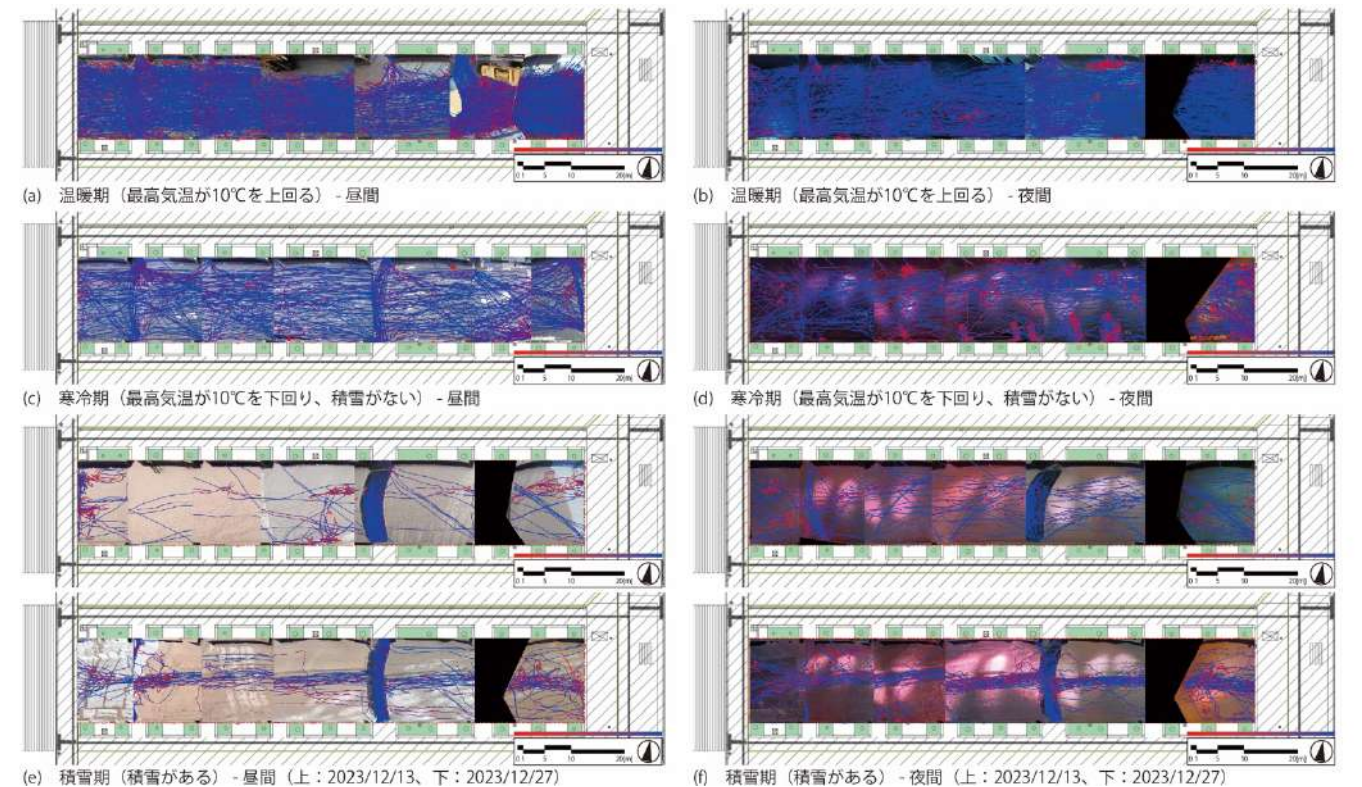


図6 広場の利用者の歩行経路と速度

られ、広場全体の利用が見られた（図6(f)）。

4.2.2. 通行者の歩行の容態

広場内の歩行の容態を把握するため、検出者の移動距離に対する総歩行距離の割合を「蛇行度」と定義して評価した（図7）。

日別の平均蛇行度は寒冷期で最も低く、単調な歩行が目立つと言える。積雪期の蛇行度の割合は 20～30%前後であり、温暖期とあまり差がない。さらに週末を比較すると、積雪期が温暖期よりも 10%以上高くなっていることから、積雪期週末では多くの広場利用者が楽しみをもった歩行をしていることが明らかとなった。広場内で比較すると、広場を南北に貫くヒーティングエリアに隣接する Center-W で顕著に高いことが明らかになった。

寒冷期夜間の蛇行度の割合は 40%近くであり、イルミネーションの影響が大きいと考えられる。積雪期夜間においても温暖期夜間と同等の値である 20%程度であり、積雪が多くなると蛇行度は 47.6%と最大であり、温暖期夜間の倍以上の値であった。

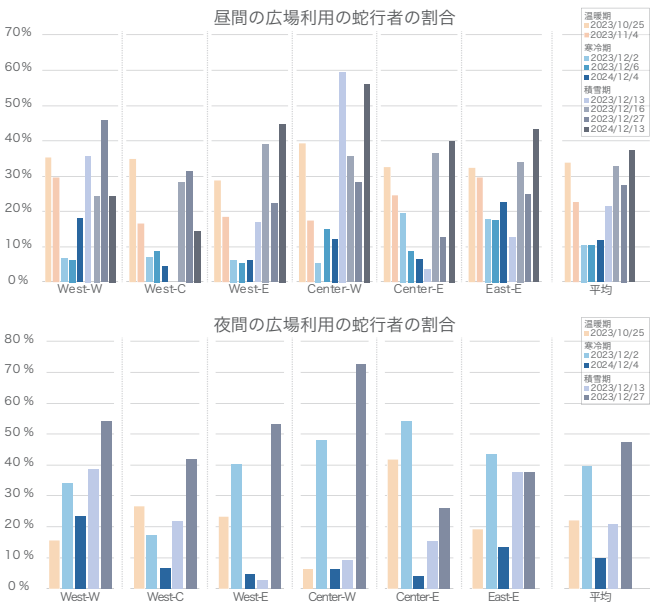


図7 広場利用者の蛇行の割合

4.3. 広場での滞留行動

4.3.1. 利用者全体に対する滞留者の割合

広場利用者全体に対する滞留者の割合を日別で分析した（図8）。寒冷期では滞留者の割合が 15%前後であり、最も低い。積雪期の滞留者の割合は 35～45%であり、温暖期の滞留者割合の 30～40%を上回った。特に週末において滞留者の割合が高く、温暖期平日にイベントを実施した日よりも高い。

寒冷期の夜間では滞留者の割合が 50.6%であり、冬季のイルミネーションを実施していることが広場利用者の半数以上を滞留するように促した。積雪期夜間では滞留者の割合が 35.1%であり、温暖期夜間を上回った。さらに積雪が増加すると滞留者の割合が 57.0%であり、広場利用者

のうち半数以上が滞留することが明らかとなった。

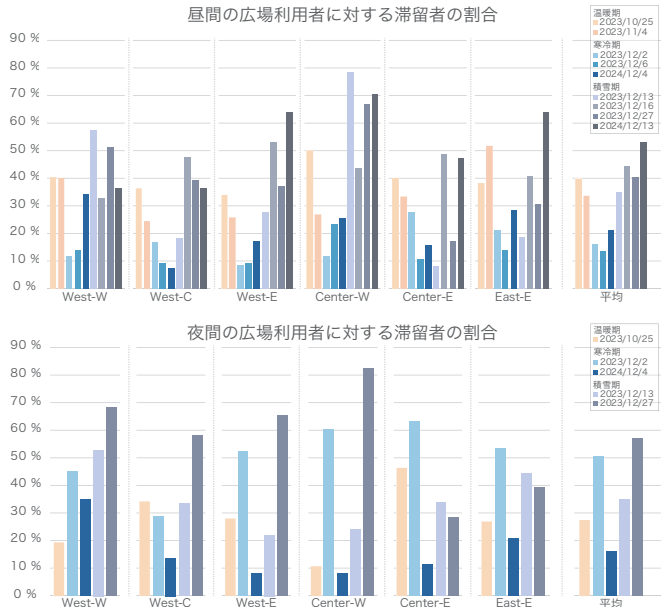


図8 広場利用者に対する滞留者の割合

4.3.2. 滞留者の滞留場所と姿勢

各期において滞留者の割合が大きい日について滞留者の滞留場所と滞留時の姿勢を分析した（図9）。温暖期には多くの人が広場のベンチを利用している一方で寒冷期及び積雪期にはほとんど見られない。また、温暖期には随所で滞留が起こっていたのに対し寒冷期では札幌駅前通に面した箇所に集中し、その他のエリアではまばらである。一方で積雪期では広場内のヒーティングエリアに隣接するエリアで起立の滞留者が多く見られた。

夜間では温暖期は昼間同様に着座による滞留が見られ、イルミネーションが実施された寒冷期では昼間に見られなかった着座による滞留が見られたほか、ベンチ付近での広範囲の滞留が目立った。

4.3.3. 滞留者の滞留時間

滞留者の滞留

時間の平均を分析した（図10）。期間を通して温暖期の滞留時間が最も長く、平均して1分ほど滞留している。寒冷期は極端に滞留時間が短くなるが、積雪期には回復し起立滞留で平均して20秒以上滞留していることとなる。エリア別では、温暖期では広場西側で滞留時間が長くなる傾向が見られ、積雪期では広場の中央付近で長くなる傾向が見られた。

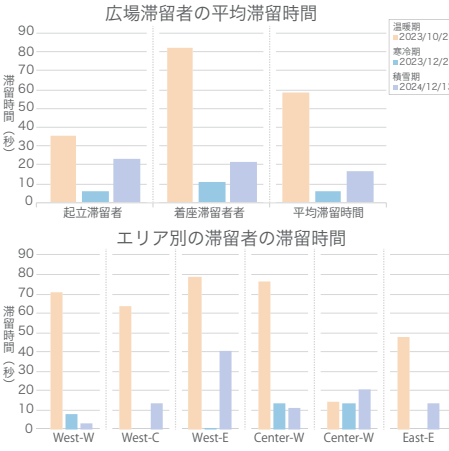


図10 滞留者の滞留時間

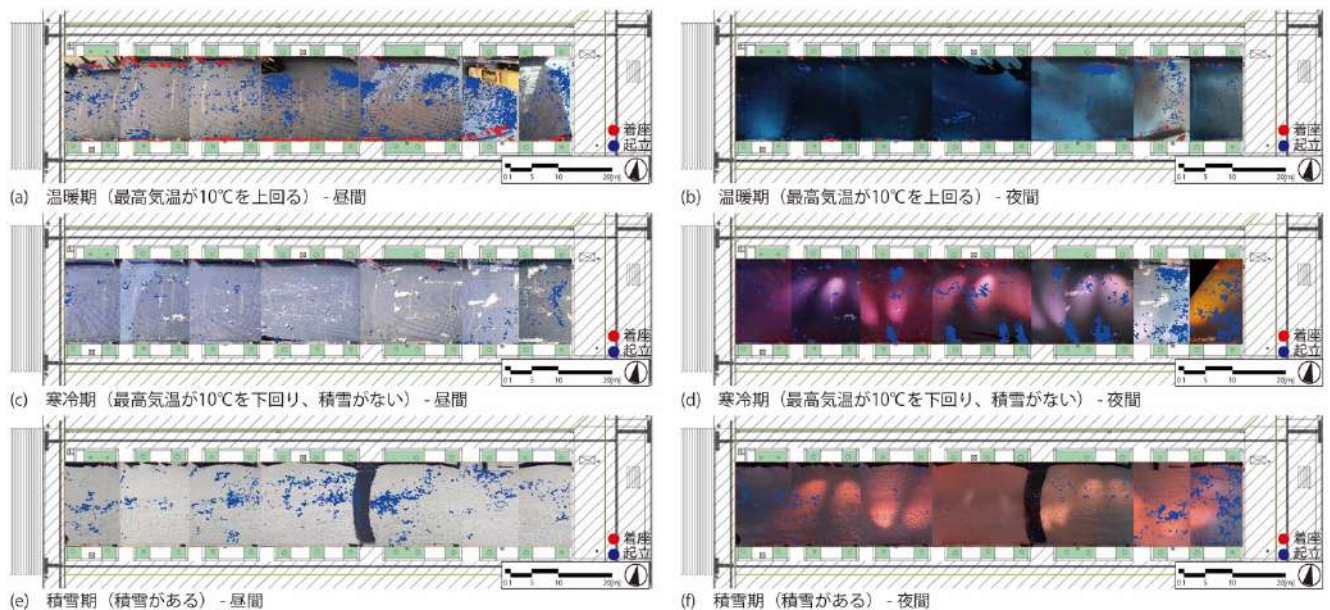


図9 滞留者の滞留場所と姿勢

5. 積雪寒冷都市の屋外 OS の利用行動特性

積雪寒冷都市の屋外 OS の利用行動の特性について、いかに得られた痴漢の概略を示す。

1)気温の低下とともに屋外 OS における利用者数が減少し、両者には強い相関が見られた。

2)寒冷期には最短経路で通過する歩行が目立ち、蛇行度は10%程度と極めて低い。さらに利用者全体に対する滞留者の割合は15%程度にとどまり、利用者の行動が極めて単調になることが明らかになった。

3-1)積雪があることで利用者の歩行経路は融雪エリアに限定されるが、周辺の雪のあるエリアで滞留が促進される。滞留者の割合は温暖期を上回り、蛇行度は温暖期と同等であり、滞留者の滞留時間が寒冷期より長くなった。したがって、積雪があることで寄り道のような楽しみのある歩行や広場での滞留行動を促すことがわかった。

3-2)積雪が多くなると除雪されたエリアに沿って歩行経路が広がり、非除雪エリアでは滞留が見られなかった。滞留者の割合は40%を超え、温暖期以上となった。すなわち、積雪が多くなる時期で一部のみを除雪することで広場の利用を促すことがわかった。

4)イルミネーションが実施された冬季夜間では、寒冷期の蛇行度が温暖期に匹敵する値となり、滞留者の割合から広場利用者のおよそ半数が滞留し、昼間には見られなかった着座による滞留も見られた。また、積雪期には温暖期と同程度の寄り道的な歩行が見られ、歩行経路が広場全体に広がった。すなわち、イルミネーションの実施が広場の利用を促すことが明らかとなった。

5)積雪が多くなる時期の夜間では、多積雪とイルミネーションの相互作用により滞留者の割合が最大となったことから、利用を促進する要素として効果が確認された。

6. 積雪寒冷都市の屋外 OS のデザイン

冬季の広場

利用を促進する屋外 OS のデザインガイドラインとして以下の5点が挙げられる(図11)。①

融雪エリアと

耐雪エリアの接続、②広場境界部の着座装置の設置、

③着座装置の間隔と広場侵入口の確保、④多雪時の歩行

を促進するような除雪と非除雪エリアのマネジメント、

⑤冬季夜間のイルミネーションの実施

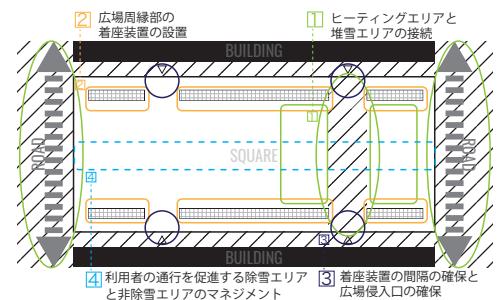


図11 適切なデザインガイドライン

7. 本研究の成果と課題

本研究ではAI解析により屋外 OS の利用行動を広範囲かつ長時間にわたって分析をした。さらに利用行動という定性的な情報を数値化して分析し評価することを可能とした。一方で利用行動の種類を解析するには至らず、より詳細な行動の解析が求められる

(図12)。また利用行動には複数の要因が関係しており、

これらを念頭に置いた分析を行う必要がある。

(注釈) 注1) 検出者の座標変化に対する総歩行距離の割合とした 注2) 歩行速度が0.44[m/s]以下を滞留者とした

(参考文献) 1) 北国のまちづくりと景観 (N. プレスマン/2002)

2) Microsoft COCO: Common Objects in Context, <https://cocodataset.org>

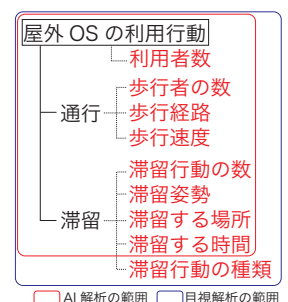


図12 AI解析の範囲

*清水建設株式会社 工修

**北海道大学理事・副学長

大学院工学研究院 教授 博士 (工学)

***北海道大学大学院工学研究院 准教授 博士 (工学)

*Shimizu Corporation, M.Eng.

** Executive Vice President,

Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng

*** Assoc. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng