

ETC2.0データを活用したMFDによる 冬期交通状況のモニタリング手法について

建設部 道路計画課 ○佐々木 優太
建設部 道路計画課 佐藤 優
株式会社ドーコン 交通事業本部 交通部 松田 真宜

2022年、札幌市では短時間に集中した降雪により、札幌都市圏全体にわたる交通渋滞が発生し、市民生活などに大きな影響を与えた。このことから、降雪による交通状況の変化を簡便な方法で面的に把握することを目的として、札幌市での大雪の事例について、ETC2.0プローブデータをを用いたMFDによる分析を試みた。その結果、札幌市内での大雪による交通状況について、ある程度の再現性を有していることが推察された。

キーワード：ETC2.0、プローブデータ、MFD、冬期交通状況、モニタリング

1. はじめに

北海道内の市町村は、豪雪地帯対策特別措置法に基づき、国土交通大臣、総務大臣及び農林水産大臣が政令で定める「豪雪地帯」または「特別豪雪地帯」に指定されている。本稿で対象とする札幌市は、豪雪地帯に指定されており、年間の累積降雪量は4 mを越え、図-1に示すように、世界の100万人以上の都市で類を見ない降雪量となっている。

札幌市のような豪雪地帯において、都市の機能維持を図るためには、冬期の円滑な移動環境の確保が非常に重要である。しかしながら、近年では短時間に集中した降雪により、除排雪の能力を超え、札幌都市圏全体にわたる交通渋滞により公共交通ダイヤに大幅な乱れが発生し、市民生活や経済活動、観光客の行動に大きな影響を与えている。

このことから本稿では、円滑な冬期の交通行動の支援を念頭に、降雪による交通状況の変化を簡便な方法で面的に把握することを目的として、2022年2月に発生した2回の大雪時の気象データや、ETC2.0プローブデータから冬期の降雪と札幌市内の交通状況をモニタリングする手法を検討する。



図-1 世界の大都市における降雪量¹⁾

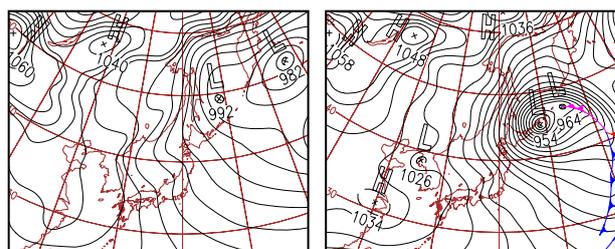
2. 2022年2月の大雪について

(1) 2回の大雪の気圧配置

2022年2月、札幌市では2回の大雪があった。図-2にその大雪時の天気図を示す。1回目は2月5日(土)から6日(日)にかけて、西高東低の冬型の気圧配置(図-2(a))により北海道の上空に強い寒気が流入し、石狩湾で発達した雪雲が5日(土)昼過ぎから6日(日)にかけて、札幌市を中心とした石狩地方へ断続的に流入し、局地的な大雪となった。2回目は2月20日(日)から23日(水)にかけて、急速に発達した低気圧が千島近海へ進み、北海道付近は強い冬型の気圧配置(図-2(b))となった。このとき石狩地方では、北西の風により強い雪雲の流入が続き、大雪となった。

(2) 2回の大雪による積雪深の変化と大雪による影響

図-3は2022年2月の札幌管区气象台における積雪深と海面気圧の変化を示したものである。5日(土)から6日(日)にかけての大雪と、20日(日)から23日(水)にかけての大雪により、積雪深が著しく増加していること



(a) 2022年2月6日午前9時 (b) 2022年2月21日午前9時

図-2 大雪時の気圧配置²⁾

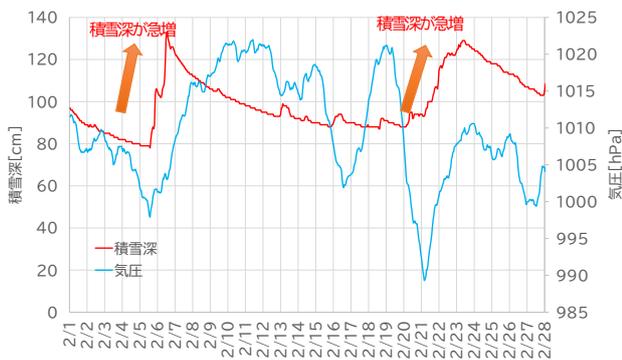
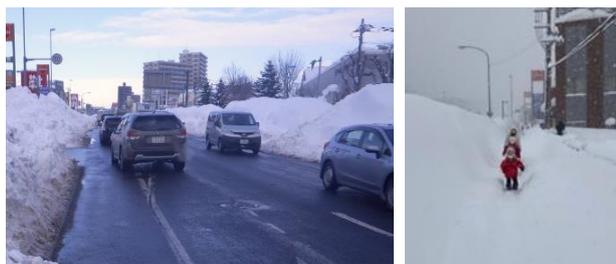


図-3 2022年2月の札幌管区気象台の積雪深と海面気圧変化



(a) 札幌市内での道路状況 (b) 歩道の状況

写真-1 2022年2月の大雪による影響

がわかる。大雪の影響により、札幌市内では道路脇への堆雪がみられ、写真-1に示すような車線幅員の減少や、積雪による凹凸路面・凍結が発生した。また札幌市内の広範囲において交通渋滞が発生したほか、JR、バスの運休や大幅なタイヤの乱れも発生し、市民生活に大きな影響を与えた。

3. 広範囲なエリアでの交通状況の把握手法

(1) MFDについて

降雪は広範囲のエリアにわたるため、交通への影響も広範囲となる。大雪時の交通状況は、時々刻々と変化する道路状況（堆雪や路面、視程）や交通量により変化的ことから、個別の場所での状況だけではなく、広範囲なエリアでの状況把握に着目することとした。Daganzo³⁾らは広範囲なエリアの交通状況の把握のために、エリアで集計した交通量 Q （台/h）と交通密度 K （台/km）の関係からネットワークの交通状況を捉える巨視的な指標（ Q と K をグラフでプロットしたもの）として、MFD（Macroscopic Fundamental Diagram）を提案している。図-4に示すように、一般的な交通状況の把握としては、「断面」や「区間」を対象とするが、MFDは「面」を対象としており、都市全体で道路パフォーマンスが低下するような交通状況を理解することが可能な指標とされている。本稿においては、大雪時の交通状況の理解としてMFDを用い、札幌都心部の降雪と交通流の状態の把握を行う。

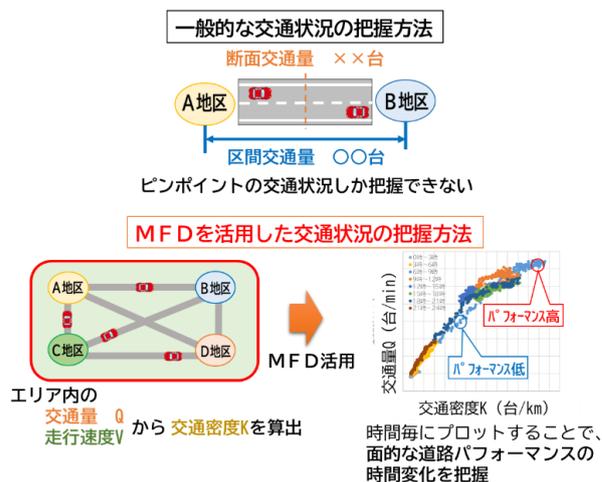


図-4 MFDを活用した交通状況の把握方法



図-5 分析対象エリアの交通状況 (22)

(2) 使用データについて

交通への影響把握のため、札幌管区気象台の気象データ（降雪量、積雪深、気温）を取得した。また、ETC2.0プローブデータから図-5に示す分析対象エリアの交通量 Q （走行車両台数）、個別走行車両の平均速度 v_i を取得する。MFDは、縦軸に Q 、横軸に k （平均交通密度）をプロットするが、 k は、(1)式で計算する V （エリア全体の平均速度）を用いて、(2)式から計算を行った。

$$V = \frac{Q}{\sum_{i \in F} v_i} \quad (1)$$

$$k = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

ここに、 v_i ：車両 i の平均速度（km/h）

F ：分析対象エリアに存在する車両集合

Q ：分析対象エリアの交通量（台/h）

V ：分析対象エリアの平均速度（km/h）

k ：分析対象エリアの平均交通密度（台/km）

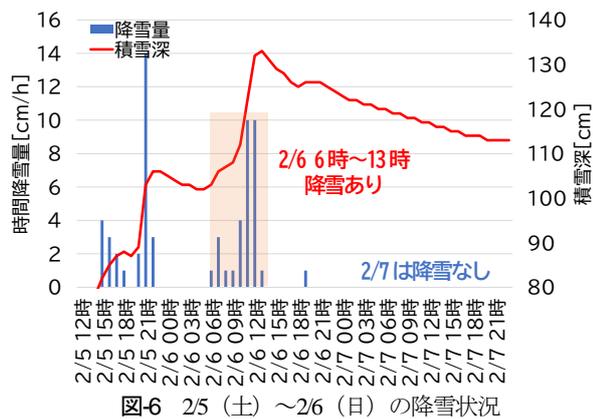


図-6 25(土)～26(日)の降雪状況



図-7 26(日)の交通量Qと速度V

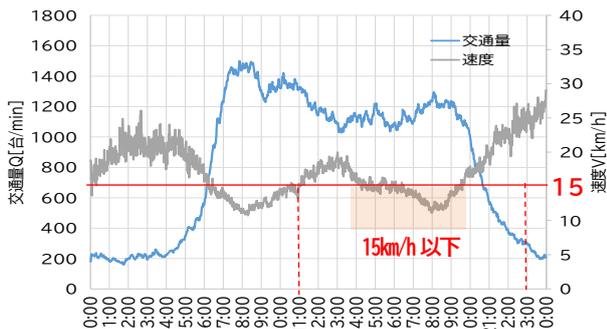


図-8 27(月)の交通量Qと速度V

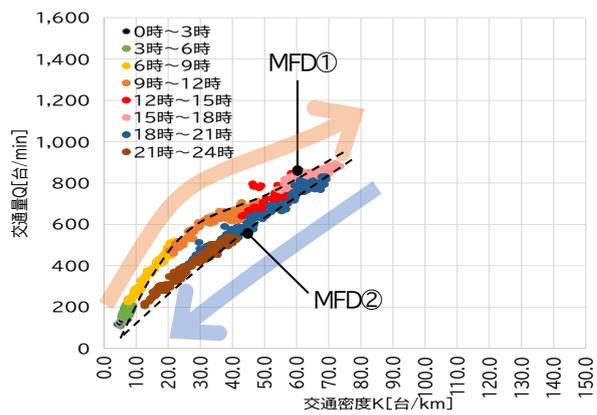


図-9 26(日)のMFD

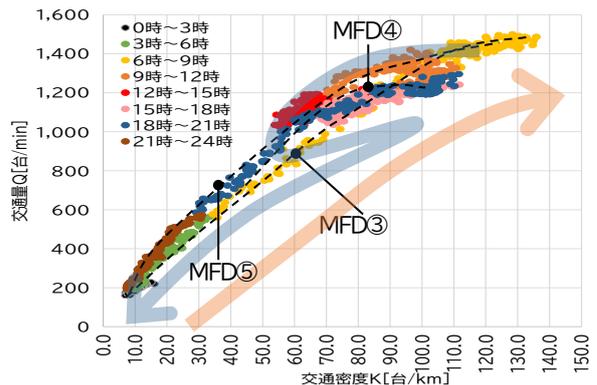


図-10 27(月)のMFD



写真-2 堆雪による車両の速度低下(26 15時札幌市内)

4. MFDによる大雪時の札幌都心エリアの状況把握

(1) 1回目の大雪時

1回目の大雪は、図-6に示すように、2月5日(土)夜間及び6日(日)午前の降雪量が多く、短時間の降雪が特徴となっている。また図-7・8の交通量Qと走行速度Vの関係より、6日(日)は7日(月)と比較し、6時から13時にかけての降雪によって、11時から23時頃の走行速度Vが15km/h以下となっており、降雪による長時間の速度低下が確認できる。

次に、計算により算出された6日(日)、7日(月)のMFDを図-9・10に示す。6日(日)は、9時～12時台にMFD①の形状が緩やかとなったあとに、下側のMFD②にすり付く状態となっており、午前から午後にかけて道路パフォーマンスの低下が確認された。この変化に伴い、MFDのプロットされる点がループするヒステリシス・ループ(同一平均密度に対して複数の平均交通量が生じる現象)も確認できる。実際に、写真-2に示すとおり、

札幌市内では同日15時頃に、堆雪による車両の速度低下が発生していたことから、MFDは大雪時の交通状況を表現可能な指標の一つであると考えられる。また7日(月)においても、6時から8時過ぎ頃までは交通量Qの増加と走行速度Vの低下によりMFDは③で推移しており、写真-2のような交通状況が継続していたと考えられる。それ以降、走行速度Vの回復によりMFDが④へシフトしたものの、13時頃に再び走行速度Vが低下し、MFD⑤のように再び道路パフォーマンスが低下している。

(2) 2回目の大雪時

2回目の大雪は、図-11に示すように、2月20日(日)から23日(水)にかけて断続的な降雪により、積雪深も増加していることがわかる。また図-12・13の、大雪の影響を受けていない14日(月)と大雪時の21日(月)の交通量Qと走行速度Vの関係より、出勤・帰宅時間外である12時～16時の交通量Qは、14日(月)で1,000～1,200台/min程度であるが、21日(月)は、900台/min程度に減少していることがわかる。

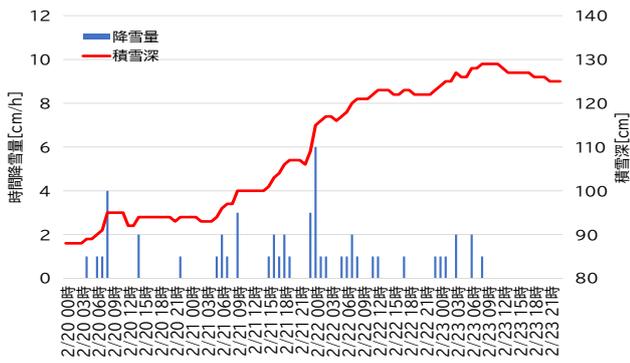


図-11 2/20 (日) ~2/23 (水) の降雪状況

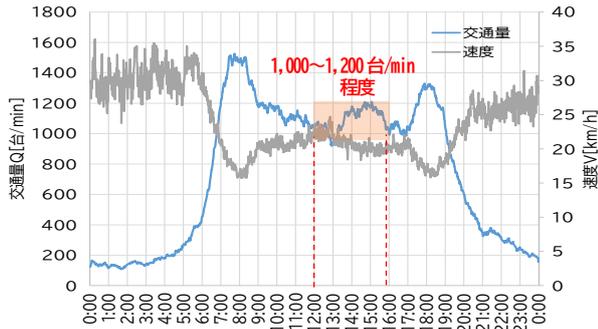


図-12 2/14 (月) の交通量Qと速度V

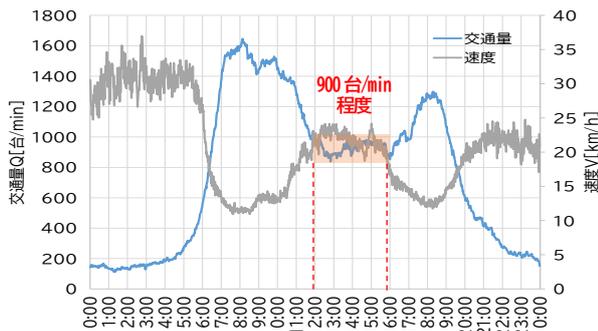


図-13 2/21 (月) の交通量Qと速度V

次に、14日(月)と21日(月)のMFDを図-14・15に示す。また両者のMFDの傾きを比較するため、線形近似にて近似式を導出した。その結果、21日(月)は、大雪の影響を受けていない14日(月)よりも傾きが小さく、エリア的に走行速度Vが低いことがわかる。また午前9時頃からMFDが⑨から⑩へ遷移し、道路パフォーマンスが向上したが、15時頃からの降雪によりMFDが⑪へ遷移し、再び道路パフォーマンスが低下している。このことより、平常時と大雪時の交通状況の差異についても、MFDにて把握可能であると考えられる。

5. まとめ

広範囲の大雪時の交通状況を把握する手法として、札幌市での2事例の大雪について、ETC2.0プローブデータを用いたMFDによる分析を試みた。その結果、札幌市

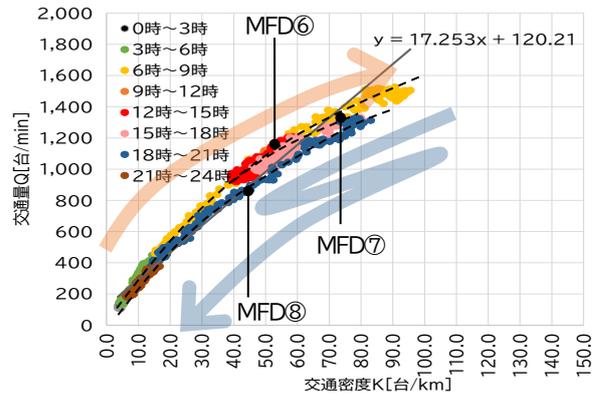


図-14 2/14 (月) のMFD

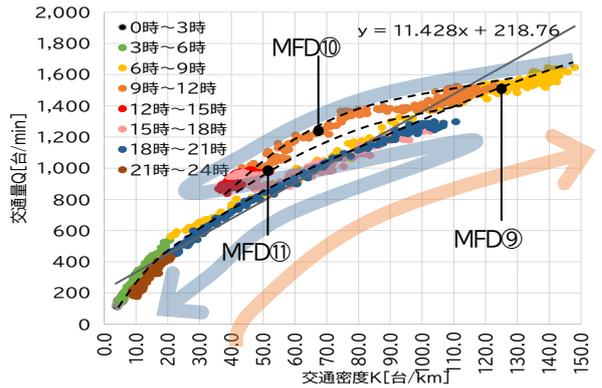


図-15 2/21 (月) のMFD

内での大雪による交通状況について、ある程度の再現性を有していると推察された。MFDは、平均速度と平均交通密度のみを用いてエリアの交通状況を簡便に把握することができるため、リアルタイムな交通制御に繋がる有効な指標であると考えられる。また、ETC2.0プローブデータは日々取得されることから、冬期の気象条件の良好日及び不良日のMFDデータを蓄積することにより、予想降雪量などの気象予想データや、現時点の積雪量、道路の堆雪状況のデータを入力することで、エリア全体の交通状況に関する予測MFDが出力されるような、交通状況予測モデルを構築することが可能になると考えられる。本モデルの構築により、例えば大雪が予想される場合に、エリア全体の交通状況を予測することで、都市全体が渋滞状態に陥る危険性がある場合に、行政側が不要不急の行動抑制を行うべきか判断する際の1指標になると考えられる。

これらの検討も含め、今後も都市全域の渋滞回避に向けて研鑽を行いたい。

参考文献

- 1)札幌市：わたしたちのくらしと雪、札幌市公式HP、https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/kids/kids_seikatsu2.html (2023年10月4日閲覧)
- 2)気象庁：日々の天気図、No.241、2022.
- 3)Nikolas Geroliminis, Carlos F. Daganzo, Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings, Transportation Research Part B 42 (2008) 759-770.