

積雪時におけるラウンドアバウトエプロン端部の 可視化方法に関する検討

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 ○久慈 直之
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 舟橋 誠
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 新保 貴広

1. はじめに

ラウンドアバウトは、円形の平面交差点形式の一つで、環道を走行する車両が環道へ進入しようとする車両に対し優先権を持ち、環道交通流が信号機や一時停止などにより中断されない交差点制御方式である(写真-1)。一般的な無信号交差点と比較すると、車両どうしの交錯点が少なく、安全性に優れた交差点で欧米では広く普及している。

日本においても、近年、道路交通法の改正により、環状交差点の通行方法が定められたことから、徐々に普及し、今後、更なる導入が期待されている。



写真-1 ラウンドアバウト(北海道上ノ国町)

しかし、積雪寒冷地域では、道路管理者がラウンドアバウトの導入を検討する際には、除雪に関する課題やその対応策の検討が必要である。

本稿では、除雪作業時に除雪装置がエプロン端部への接触による損傷を抑制するため、環道とエプロンの境界にある段差を、視覚的に認知できる技術の検討を行ったので報告する。

2. ラウンドアバウトのエプロン

ラウンドアバウトの幾何構造は、環道、エプロン、中央島、分離島、流入部、流出部等で構成されている(図-1)。

環道は、小型自動車等が通行可能な幅員であり、エプロンは環道のみ幅員では通行が困難な牽引

車両等が、環道と合わせた幅員として通行して良いエリアで、環道の内側の中央島寄りに設置する。ラウンドアバウトは、このエプロンがあることで、利用者に対して走行速度の抑制ができる交差点である。

しかし、利用者がエプロンと環道の違いを認知できなければ、小型自動車等がエプロン上を走行して交差点内を直線的に通行する状況が生じる。

この状況を抑制し、通行車両の走行位置を安定させ走行速度の抑制効果を発揮するには、環道とエプロンの境界に段差を設けることが有効とされており、段差の高さを5cmとすることで、通行の抑制効果が高い評価事例もある¹⁾。

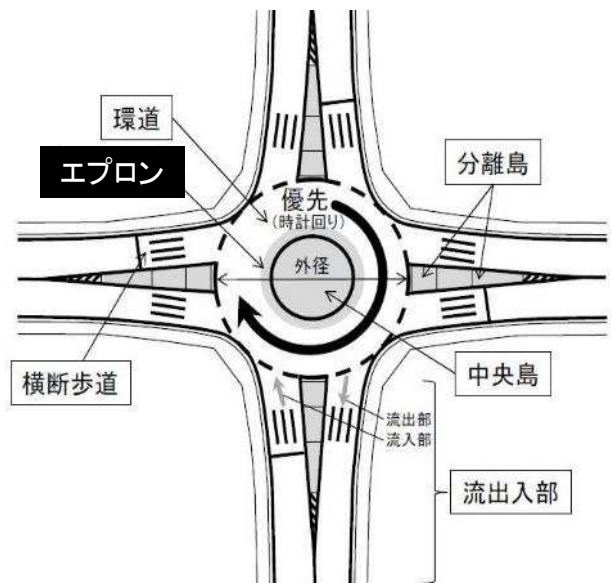


図-1 ラウンドアバウト標準図²⁾

3. エプロン端部可視化試験

3.1 ラウンドアバウトの除雪に関する課題

積雪寒冷地域では、エプロン端部の段差は、積雪時に埋没するため、段差位置の把握は難しくなり、除雪の際に除雪装置の接触による損傷が懸念される。過年度の試験では、エプロン端部の段差が鉛直形状において、除雪装置による損傷が確認されている³⁾(写真-2)。また、エプロン端部をコンクリート製のすりつけ形状(図-2)にすること

で、すりつけの角度と除雪機械の種類によっては、損傷を軽減できることが確認されている³⁾。しかし、すりつけ形状で5cmの鉛直形状と同等の乗り上げ抑制効果を発揮するには、エプロン高さが5cm以上必要であることも確認されている⁴⁾。

そこで、積雪で埋没してもエプロン端部の位置を把握でき、除雪装置のエプロン端部への接触を防げる方法を検討し、除雪車による試験施工を行った。

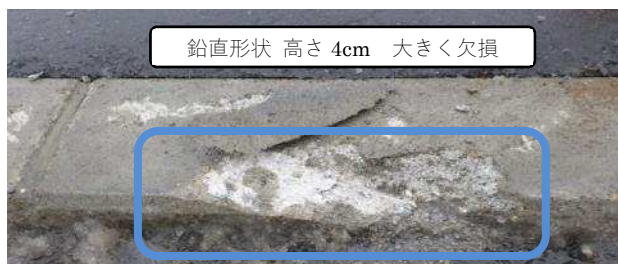


写真-2 除雪車によるエプロン端部損傷試験³⁾

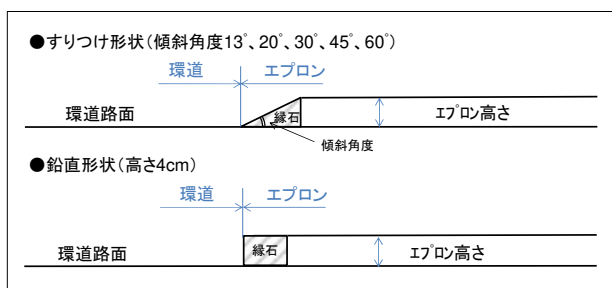


図-2 エプロン端部形状 (過年度試験)³⁾

3.2 試験概要

試験は、寒地土木研究所苫小牧寒地試験道路のラウンドアバウト (以下、「試験道路」という) に中央島の半径が6m、エプロンの幅が2mになるようにコースを作成し、その上に国道における一般的な除雪出動基準である10cm程度の雪で覆い、エプロン端部が認識できない状態で実施した。

試験は、積雪によりエプロン端部が確認できない状態をレーザー照射による方法でカバーできるかを検証するため、除雪車でエプロン周りの除雪を実施する際の作業性や視認性、安全性の評価を行った。

3.3 試験条件

試験に使用した機器の選定条件としては、極力商用電源を用いないもの、除雪車側の加工を必要としないものとした。今回は、電源の供給は電池で、ラウンドアバウトに設置可能なレーザー照射による可視化方法とした。

レーザーによる可視化は、色の違いによる比較のため、緑と赤の2色のレーザーを使用した。使用した機器は、車両の追突防止用として市販されている赤色レーザーと、道路の視線誘導標に用いられている緑色レーザーを用いた。試験の実施に

当たっては、周辺照度におけるレーザーの視認性を確認し、視認可能な照度 (時間帯) で行った。

試験に使用する除雪車は、主に国道の除雪に使用している除雪トラックと、交差点等の間口処理に使用している除雪ドーザとした。また、一般ドライバーからの視認性や安全性を検証するため乗用車も使用した (写真-3)。



写真-3 試験車両

3.4 試験方法

3.4.1 試験及び機材設置方法

試験は、レーザーによる視認性や作業性を検証するため、レーザーの他、無対策及び赤色のスプレーマーキングによる試験も実施した (写真-4)。



写真-4 無対策試験 (左) とマーキング試験 (右)

無対策試験では、エプロンの幅をオペレータに伝えるのみとし、マーキング試験では、雪面の赤色マーキングに沿っての除雪とした。

レーザー照射試験は、レーザー照射口を中央島とエプロン境界部1mの高さに設置して行った。照射口は、エプロン端部から10cm外側の雪面上を照射し、円弧状の照射エリアを形成できるように複数台 (2.5m長/1ブロック) 配列した。また、レーザーの色による視認性の違いを検証するため赤色と緑色の2色を並べて設置した。照射位置には、除雪の精度を測るための計測用マーカーを取り付けた (図-3)。

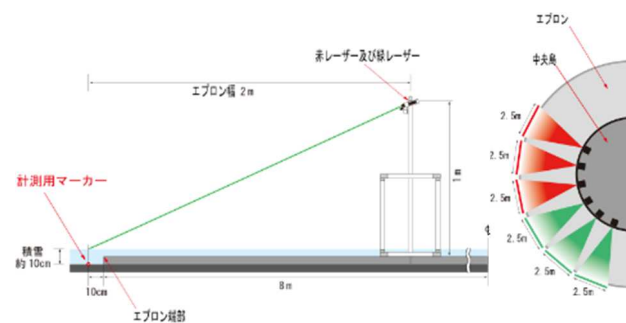


図-3 レーザー機器設置方法

3.4.2 車両走行方法

除雪トラック及び除雪ドーザの走行ルートは、

流入部からラウンドアバウト内に侵入しエプロン端部を除雪しながら反対側へ流出する（往路）ものとし、その後、Uターンし同様に走行した（復路）。赤色と緑色のレーザーは、往路と復路で配置順を逆にして設置した（図-4）。

除雪方法は、除雪ドーザはバケットで、除雪トラックはグレーダ装置でエプロン端部を目標にしながら走行した。

乗用車の走行に関しては、ラウンドアバウトを走行する上でレーザーの視認性や安全性を確認するため、環道を走行した場合と、エプロンに乗り上げて走行した場合を想定して実施した。



図-4 車両走行方法

3.4.3 評価方法

一般的な除雪作業は、交通量が少なく、通勤・通学の時間帯を避けた早朝に行うことが多い。また、冬季間であるため、夜明け前の薄暗い時間帯でもある。そこで、日没後の薄暗い時間帯から試験を実施した。

なお、試験を行う前には、周辺の明るさの違いによるレーザーの視認性を確認するため、照度試験を実施した。

走行試験の評価方法としては、視認性及び安全性は、レーザーが除雪作業中のオペレータに与える影響について、アンケート及びオペレータ目線の動画撮影により検証した。

作業性は、試験走行後の計測用マーカの位置から除雪跡との距離を測定し正確さの評価を実施した。

4. 試験結果

4.1 照度試験

照度試験は、周辺照度の影響により積雪面に照射したレーザーが、どの程度視認できるか確認した。

試験方法は、照射したレーザー付近に照度計を設置し、周辺照度を一定時間観察することにより、照度とレーザーの見え方を主観的な評価で整理した。

その結果、緑色レーザー・赤色レーザーともに、周辺照度が3,500lx前後から視認できることを確認した（表-3）。

日の出1時間後の照度でも概ね2,000lx程度である⁵⁾ので、早朝の除雪作業時には、照射したレーザーは、十分に視認できると考えられる。

表-3 照度試験結果

時間	周辺照度 (lx)	レーザー照射状況
16:20	14,300	
16:30	8,400	
16:40	3,500	
16:50	1,600	
17:00	700	

(試験日の日没時間) 令和2年2月13日 17:01:27

4.2 無対策走行試験

エプロン端部の無対策走行試験は、除雪トラック（往路）及び除雪ドーザ（復路）ともにエプロン端部に沿った除雪走行ができなかった（図-5、図-6）。特に除雪ドーザは、エプロン上に除雪装置がはみ出した除雪走行となった。事前にエプロンの幅を情報として得た上での試験走行であったが、

目視により除雪の目標位置が確認できないため（写真-4）、エプロン端部に沿った除雪走行は、難しいと考える。

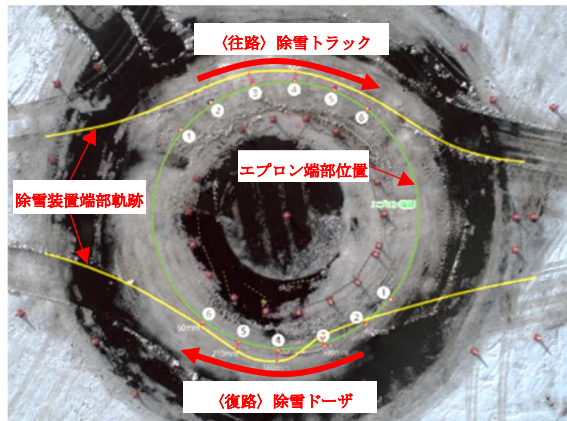


図-5 無対策試験の除雪走行軌跡

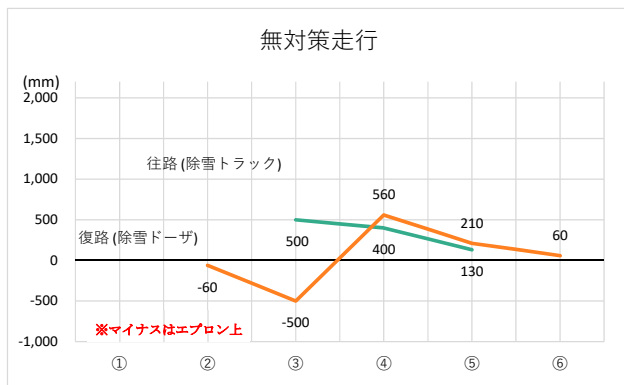


図-6 無対策試験の除雪精度の計測



写真-4 無対策試験の除雪走行状況

4.3 マーキングによる走行試験

カラスプレーでエプロン端部をマーキングした場合の走行試験は、除雪トラック及び除雪ドーザともに往復走行で行った。

除雪トラック及び除雪ドーザともにマーキングに沿った除雪走行ができた（図-7, 8）。しかし、除雪ドーザは、除雪トラックに比べると除雪の精度が低い結果となった（図-9, 10）。

これは、除雪トラックの除雪装置は、オペレータがミラー越しにマーキング位置と除雪装置の端部を視認できるのに対して、除雪ドーザは、マーキング位置が除雪装置の影となり直接視認することができなかったためと推測する（写真-5）。

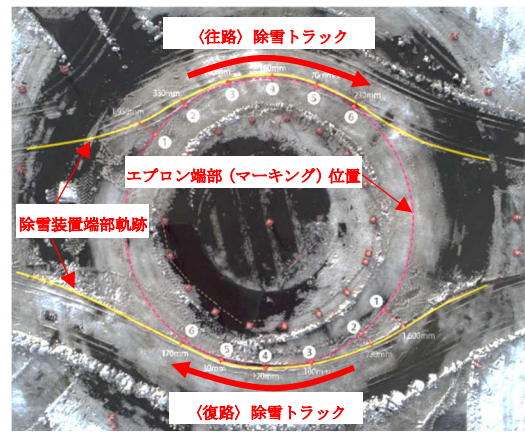


図-7 マーキングによる試験の除雪トラック走行軌跡

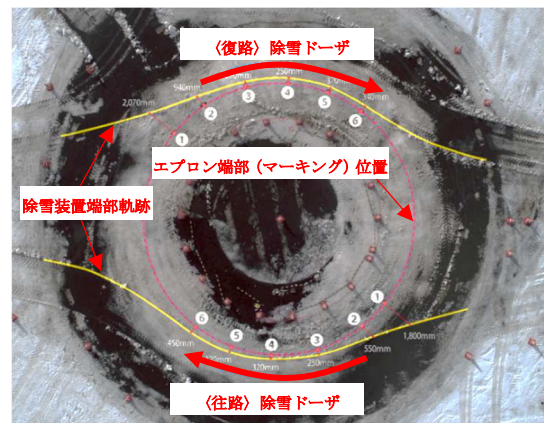


図-8 マーキングによる試験の除雪ドーザ走行軌跡

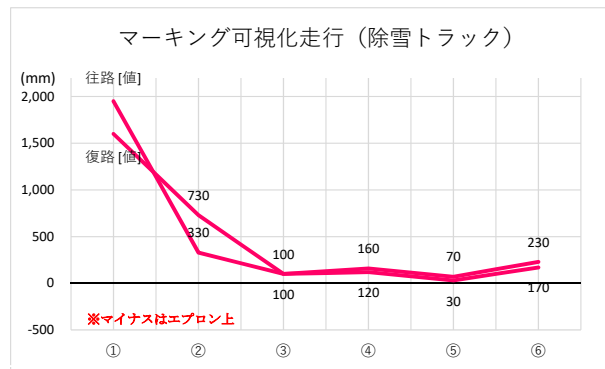


図-9 マーキング試験の除雪精度の計測 (除雪トラック)

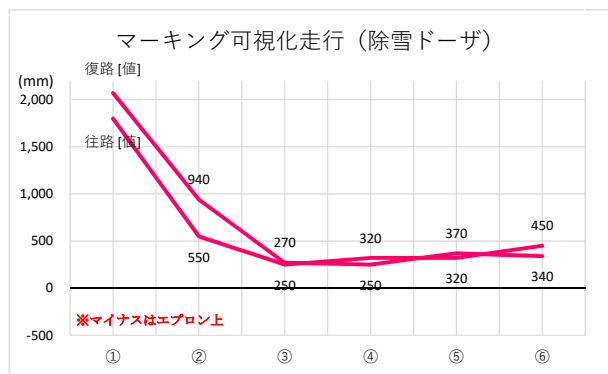


図-10 マーキング試験の除雪精度の計測 (除雪ドーザ)



写真-5 マーキング試験の除雪走行状況

4.4 レーザーによる走行試験

レーザー照射によりエプロン端部を可視化した場合の走行試験は、除雪トラック及び除雪ドーザともに往復走行で行った。

除雪トラックは、往路の走行で、緑→赤の順、復路の走行では、赤→緑の順で走行し、除雪ドーザでは、除雪トラックとは逆で、往路の走行では、赤→緑の順、復路の走行では、緑→赤の順でそれぞれ走行した。

結果は、マーキングでの試験走行と同様にレーザー照射したエプロン端部に沿った除雪走行ができた(図-11, 12)。

また、除雪ドーザの走行試験は、前述のマーキングによる走行試験と同様に、レーザーにより可視化されたエプロン端部が除雪装置の影となったが、マーキングによる走行試験の実施後であったため除雪トラックに比べ精度の低下は低かった(図-13, 14)。

レーザー色の違いによる試験結果は、オペレータのアンケートの結果、緑色レーザーは赤色に比べて、ラウンドアバウトの流入部付近からでもよく視認できた。そのため、除雪開始位置への移動がスムーズに行うことができ、除雪走行開始時の除雪装置とエプロン端部との距離が近くなっている(図-13, 14)。

また、今回使用した除雪トラックの除雪装置の塗装が赤色であるため、赤色レーザーは視認しづらいとの意見もあった。よって、赤色レーザーより緑色レーザーの方がよく視認できる結果となった。

レーザーによる除雪作業への影響としては、除雪車両の運転位置が比較的高い位置にあるため、作業中の眩しさは感じなかった(写真-6)。

今回使用した試験機1基のレーザー照射幅は、2.5m程度であり、この試験機を複数台並べて、レーザーを直線的に繋いでエプロン端部の曲線部を可視化したが、試験の際は、大まかな目安程度として認識していたので、作業をする上での支障とはならなかった。

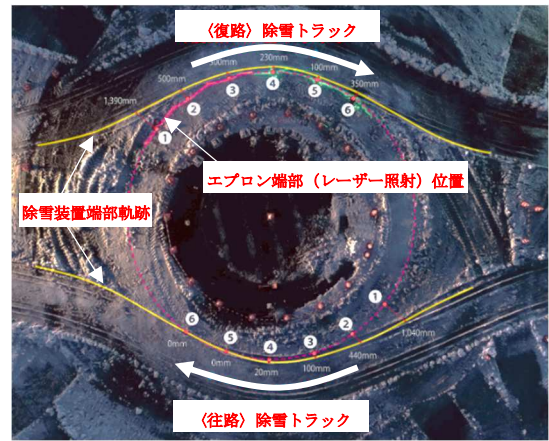


図-11 レーザーによる試験の除雪トラック走行軌跡

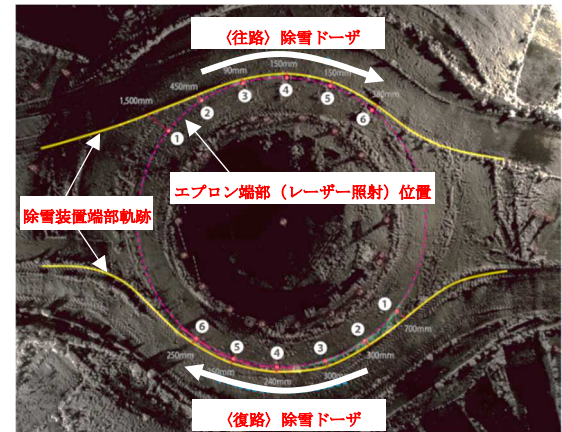


図-12 レーザーによる試験の除雪ドーザ走行軌跡

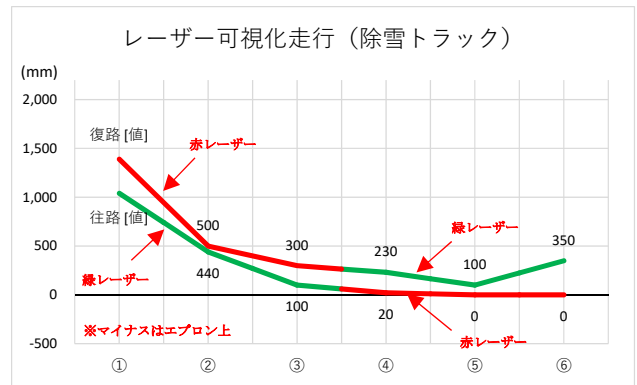


図-13 レーザー試験の除雪精度の計測 (除雪トラック)

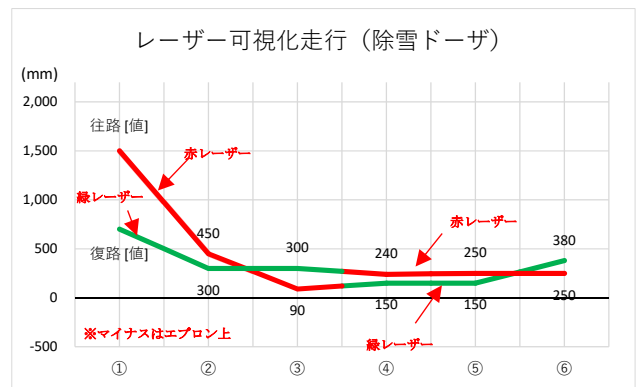


図-14 レーザー試験の除雪精度の計測 (除雪ドーザ)



写真-6 レーザー試験の除雪走行状況

4.5 乗用車による走行試験

最後にレーザー照射によりエプロン端部を可視化した状態で、除雪車よりドライバーの目線が低い乗用車に対して、レーザーが与える影響を検証した。また、乗用車がエプロン部の走行を想定した試験も実施した。

その結果、乗用車のドライバーは、レーザーの照射位置が、除雪車のオペレータよりも近い位置にあるが、走行の支障となることはなかった（写真-7）。また、エプロン走行時には、レーザーが車両両側面へ照射されたが、ドライバーへの影響はなかった（写真-8）。

ドライバーへのアンケートの結果、エプロン端部をレーザーにより可視化することで、道路の外側線のイメージがあり、心理的にエプロン部を走行することを躊躇するとの意見があった。



写真-7 レーザー試験の乗用車走行状況
(環道走行)



写真-8 レーザー試験の乗用車走行状況
(エプロン走行)

5. まとめ

今回は、積雪により埋没した環道とエプロンの境界にある段差位置を視覚的に認知するため、レーザーを用いた可視化による除雪走行試験を行った。その結果、以下のことがわかった。

5.1 視認性

試験に用いたレーザーは、一般的な除雪作業の時間帯である早朝時の照度で十分に視認可能であ

ることがわかった。また、色の違いでは、緑色レーザーは、赤色に比べ視認性が良く、レーザーにより可視化することでエプロン端部の位置を把握できることがわかった。

ラウンドアバウトの一般利用者を想定した乗用車での走行は、除雪車に比べるとドライバーの目線は低いですが、走行の支障とはならなかった。

5.2 安全性

レーザーでエプロン端部を可視化した状態での除雪作業について、除雪車オペレータの視点が高い位置にあるためレーザーの眩しさの影響はなく、安全な除雪作業や走行が可能であることがわかった。

また、ラウンドアバウトの一般利用者に対しては、エプロン端部をレーザーで照射することでエプロンへの乗り上げ抑制効果も期待できる可能性があった。

5.3 作業性

レーザーを用いた可視化は、除雪装置でエプロン端部を正確に捉えられたことから、作業性の向上につながると考える。

レーザーの色による比較は、緑色レーザーの方がエプロン端部に近い位置を除雪できたことから、緑色レーザーの方が赤色レーザーに比べ作業性が高いことがわかった。

参考文献

- 1) ラウンドアバウトマニュアル, 平成28年4月28日一般社団法人交通工学研究会
- 2) 国土交通省道路局通知: 望ましいラウンドアバウトの構造について 2014
- 3) 佐藤信吾・高本敏志・牧野正敏: 除雪作業と乗り上げ抑制効果を考慮したラウンドアバウトのエプロン端部形状に関する検討, 寒地土木研究所月報, No.774, pp.40~46, 2017
- 4) 久慈直之・山口洋士・飯田美喜: ラウンドアバウトにおける除雪を考慮したエプロン端部形状の一般車乗り上げ抑制効果, 令和元年度建設施工と機械シンポジウム
- 5) こよみハンドブック, 2006.4~2008.4, 大阪市立科学館