

## 雪氷路面のすべり摩擦係数計測機器の比較試験と海外事例報告

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 ○舟橋 誠  
 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 徳永 弘  
 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 高橋 尚人  
 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 浅野 基樹

### 1. はじめに

積雪寒冷地域では、冬期においても安全で快適な道路交通を確保することが重要な課題である。そのため、道路管理者は、除排雪作業や路面凍結対策を実施するなど冬期の路面管理の充実に努めている。冬期の路面管理を行う上において雪氷路面の状態の把握は、路面管理の重要な要素である。この路面状態の把握には、目視による路面性状分類や加速度計などの計測機器を利用して路面のすべり摩擦係数を計測する方法がある。現在、北海道の国道の冬期路面管理における路面状態の把握には、目視による路面性状分類を基にして管理を行っている。しかしながら、目視による路面性状分類では、観測者の主観的判断や個人の経験による差や判別の難しい路面が存在するため、路面状態判断の客観性に問題がある。このことから、寒地土木研究所では、冬期路面管理に路面のすべり摩擦係数を計測する方法を用いることで客観的に雪氷路面の状態を把握する手法について研究を行っている。

本報告では、車載用の加速度計数種と路面すべり測定車による雪氷路面のすべり摩擦係数比較試験と第12回PIARCにおいて展示・紹介された摩擦係数の計測機器や手法について報告する。

### 2. すべり摩擦係数計測機器比較試験

#### 2. 1 試験概要

冬期路面管理において路面状態を客観的に把握するために、標準的な路面のすべり摩擦係数の計測車である路面すべり測定車と比較的安価な車載用の加速度計を用いて雪氷路面のすべり摩擦係数の計測を行い、その比較検証を行った。

#### 2. 2 試験機器

本試験において使用した機器について説明する。

写真-1は路面のすべり摩擦係数計測の標準的な計測装置である路面すべり測定車である。この機器は、車両を走行させた状態で車両中程に設置された試験輪(写真-2)のみに制動をかけ、そのときに試験輪にかかる制動力を計測することによりすべり摩擦係数を求める。

次に本試験で使用した加速度計について説明する。加速度計による路面のすべり摩擦係数の計測方法は、加速度計を設置した車両に急制動をかけ、そのときに得られる加速度(減速度)



写真-1 路面すべり測定車

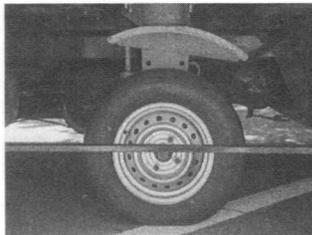


写真-2 試験輪

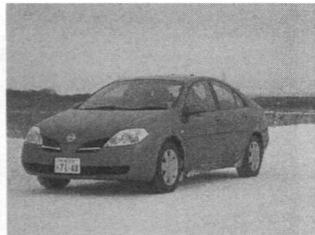


写真-3 試験車両

を計測することによりすべり摩擦係数を求める。本試験においては、4種類の加速度計を用意し、試験車両(写真-3)に設置して計測を行った。加速度計A(写真-4)は、北欧において冬期路面管理に使用されている装置である。北欧のフィンランドでは、この装置を使用して計測速度が60km/h、計測箇所は勾配が2%以下の傾斜が小さい直線道路で計測を実施している。加速度計B(写真-5)も海外の加速度計であり、今回使用した加速度計の中では最も車両設置が容易な機器である。しかし、この加速度計Bは急制動後、車両が停止するまで計測する必要があり、実道での計測には支障を来す可能性がある。加速度計C(写真-6)は、車両運行記録装置を改造したもので、加速度の他、ブレーキ信号やGPSによる計測時刻・位置・速度等の計測・保存機能を有した装置である。加速度計D(写真-7)は、当研究所において車両挙動の計測試験に使用しているもので、姿勢計測装置内に加速度計を有しており、試験車両の重心位置に近い場所に設置している。なお、使用した試験車両(写真-3)は、駆動方式がFF式、制動装置にはABS装置を装備した車両である。また、各加速度計は車種の違いを除くために、同一車両に設置し(写真-8)、計測は同時に行った。

### 2.3 試験方法

当所所有の苫小牧寒地試験道路(写真-9)のコース上に雪氷路面(圧雪及び凍結路面、図-1)を作製し、その雪氷路面を路面すべり測定車と加速度計を設置した試験車両にてすべり摩擦係数の計測を行った。試験速度は各車両ともに40km/h、計測回数は両路面でそれぞれ10回計測を行った。

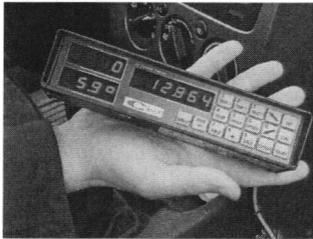


写真-4 加速度計A



写真-5 加速度計B

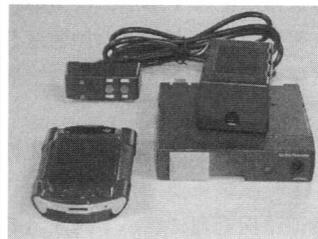


写真-6 加速度計C



写真-7 加速度計D (左:姿勢計測装置、右:制御装置)

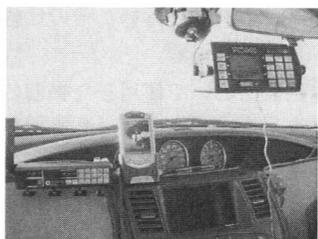
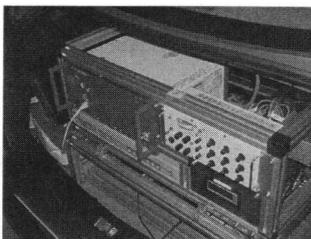


写真-8 設置状況



写真-9 苫小牧寒地試験道路

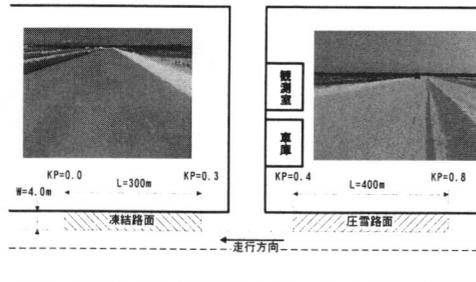


図-1 試験概略図

2. 4 試験結果

図-2 に試験結果を示す。この図において、縦軸は、路面すべり測定車で計測されたすべり摩擦係数を、横軸には各加速度計で計測されたすべり摩擦係数を表示した。この図は、路面すべり測定車で計測されたすべり摩擦係数に対する各加速度計の計測値となっており、対角線上にデータがプロットされている場合は、路面すべり測定車と1対1の関係があることを示す。

この図より、路面すべり測定車に対して各加速度計は、良好な1対1の相関が得られていないことがわかる。特に圧雪路面における計測値が広い範囲で分布しており路面すべり測定車との良好な相関性が得られない結果となった。これは、計測方法の違いや路面（圧雪路面）の性状によるものと考えられ、今後の研究にて明らかにしていく必要があると思われる。

次に、図-3 は加速度計同士を比較した結果である。この図において縦軸には加速度計Dにより計測されたすべり摩擦係数を、横軸には残り3種類の加速度計で計測されたすべり摩擦係数を表示した。この図は、加速度計Dに対する各加速度計の計測値を比較した図である。縦軸に加速度計Dを配置したのは、加速度計Dが搭載車両のほぼ重心位置近くに設置されており搭載車両の走行挙動を最も把握できる位置であるためである。

この図より、加速度計Dに対して1対1の相関が最も高かったのは加速度計Cであり、加速度計Aや加速度計Bについても加速度計Dに対してある程度の相関があることがわかる。計測されたすべり摩擦係数値に差異が生じたのは、各加速度計の設置位置・方法や演算方法に起因するものと考えられる。なお、北欧のフィンランドでは加速度計Aを使用する際、気温-5℃、圧雪路面において摩擦係数が0.29を示すようにキャリブレーション作業を実施している。

以上より、今回の試験結果からは加速度計と路面すべり測定車との良好な相関性は得られなかったが、加速度計同士による計測結果を比較すると、加速度計同士では一定の相関が得られたことから、加速度計を用いて雪氷路面のすべりやすさの程度を把握する手法として適用が可能であると考えられる。

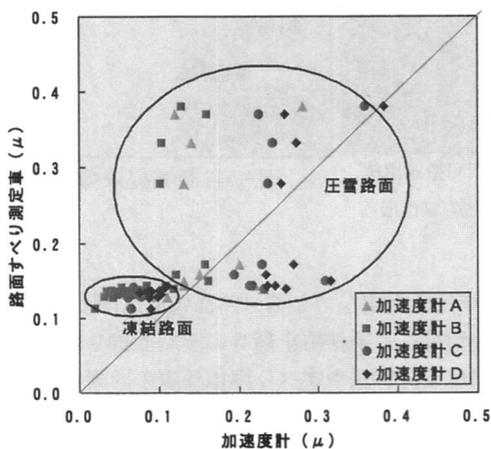


図-2 すべり摩擦係数の比較  
(路面すべり測定車-加速度計)

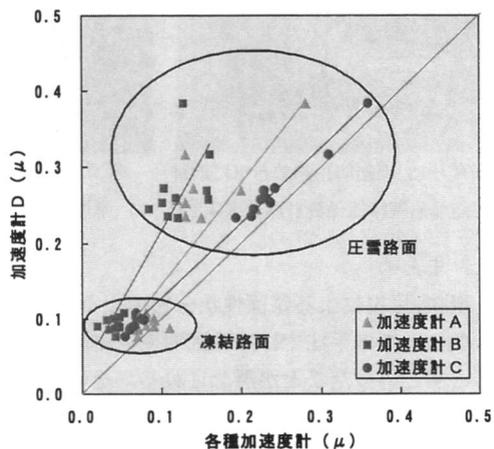


図-3 すべり摩擦係数の比較  
(加速度計D-加速度計)

3. 海外の摩擦係数の計測機器と手法

第12回 PIARC は、2006年3月27日~30日にイタリアのトリノ市で開催された。内容は、冬期道路に関する研究開発や政策評価に関する発表のほか、各国や企業の冬期道路管理への取り組み等の展示等が行われた。その中において、冬期路面の摩擦係数に関する技術発表や計測

機器の展示があったので紹介する。

技術発表では、冬期の路面の摩擦係数を連続的に測定する車両牽引式の計測機器や可搬式の計測機器について報告された（ノルウェー）<sup>1)</sup>。内容は、現在ノルウェーでは、加速度計を使用して路面の摩擦係数を計測し冬期道路管理を行っている。しかしながら、加速度計には、①計測者や搭載車両の影響、②計測箇所が限定される、③道路の傾斜の影響等の欠点があり、これら欠点の解消を図るため、連続して路面の摩擦係数を計測できる装置（写真-10～写真-12、スウェーデン製）を使用して冬期路面管理を実施するための試験的な取り組みが報告された。

また、展示会場では、従来の加速度計の他に、即時に路面状況の把握や散布判断を行うために一般車両だけではなく凍結防止剤散布車に直接取り付け可能な摩擦係数計測装置（写真-13、アメリカ製）や、可搬式の摩擦係数計測装置（写真-14、スウェーデン製）が展示されていた。また、このような連続して摩擦係数を計測する機器を用いて道路管理者や道路利用者へ情報提供（図-4）を実施している。



写真-10 車両牽引式連続摩擦係数計測装置(RoAR MkⅢ)



写真-11 車両牽引式連続摩擦係数計測装置(TWO)

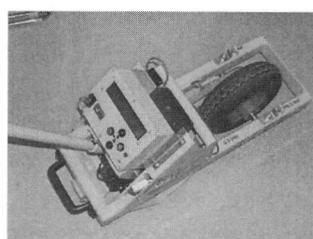


写真-12 歩道用可搬式連続摩擦係数計測装置(ASFT T2Go)



写真-13 凍結防止剤散布車に取付可能な連続摩擦係数計測装置(RT3)

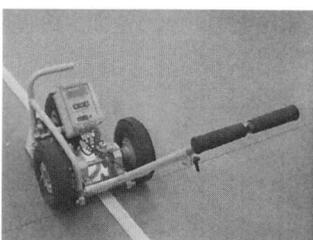


写真-14 歩道用可搬式連続摩擦係数計測装置(試作機)

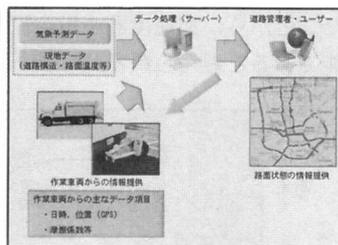


図-4 情報提供概略図

#### 4. まとめ

現在、目視による路面性状分類のような経験的手法を利用して冬期の路面管理を行っている。しかし、この手法では凍結区間や凍結時間の把握が難しく凍結防止剤等の過剰散布や散布を見落とすといったことが懸念される。そのため、路面予測手法やすべり摩擦係数の計測による路面状態の把握といったような客観的な手法を利用することにより、冬期の路面管理のより一層の適正化や定量的なデータに基づいた判断が可能になると期待している。

そのために今後は、このような海外事例を参考に北海道の冬期路面管理に適した管理水準の構築、客観的なデータの取得方法の構築や工夫や新たな手法の試行を継続して行う予定である。

#### 参考文献

- 1) Baard Nonstad. (2006) The use of friction measurement techniques in winter maintenance in Norway. 12<sup>th</sup> International Winter Road Congress of PIARC.