

## アラスカにおける凍結路面光学特性観測

ヌアスムグリ アリマス, 高橋修平, 榎本浩之, 中村文彬 (北見工業大学),  
金 籠元 (アラスカ大学)

### 1. はじめに

本研究において研究対象としているアラスカは (図-1), その約 3 分の 1 が北緯 66 度 33 分以北の北極圏に位置している. 北極海沿岸の海底油田があるプルド・ベイは, 原油を運搬するパイプラインのスタート地点となっており, パイプライン沿いに作られた縦断道路ダルトン・ハイウェイをフェアバンクスからプルド・ベイへ向かうと, 北極圏の境界線, ユーコン川, ツンドラ帯と北方森林帯のコントラスト, ブルックス山脈などを目にすることができる. 本研究では冬期輸送の中心としているダルトン・ハイウェイの冬期間路面凍結状況を明らかにすることを目的とした. 本論文では 2010 年 4 月 7 日~21 日の融雪期の観測結果を紹介する.

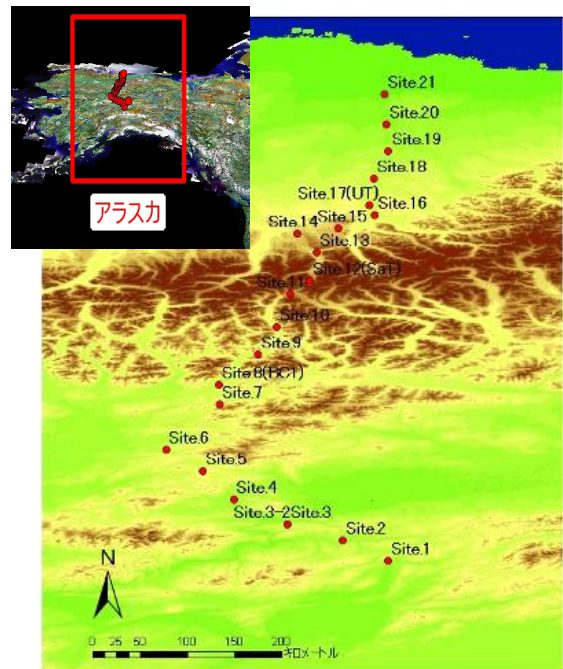


図-1 アラスカ北部の雪氷観測点分布

### 2. 観測地点

図-2 は, 観測サイトを示したアラスカ北部の地図である. アラスカを縦断して北極海と太平洋をつなぐパイプラインの建設と維持のための道路のうち, フェアバンクス付近から北極海に至る 660km の道路である. フェアバンクスから森林帯, 山域 (ブルックス山脈), ツンドラ (ノーススロープ) という様々な高緯度域の地域を貫いている (図-3). 北極海沿岸 (10m) からブルックス山脈のアティガン峠 (1600m) までの高度差がある.

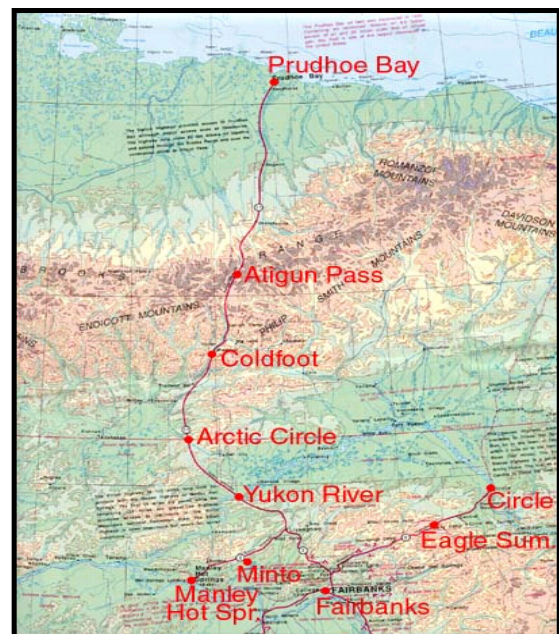


図-2 フェアバンクス周辺から北極海沿岸につながるアラスカ北部ダルトン・ハイウェイ

### 3. 積雪期のダルトンハイウェイ

アラスカ中央部・北部は冬期 1, 2 月には寒冷でマイナス 40 度以下の日も多いが, 4 月には気温も上がり, 頻繁な融解 (図-4)・再凍結 (図-5) が起きている. また降雪 (図-6) や降雨 (図-7) もあり, 変化の激し

い気象条件となっている。

ダルトンハイウェイ北部は未舗装道路が多く、冬期は未舗装道路の上に厚い氷板が形成されて、これが簡易アスファルトの役割をしている。低温では雪氷の摩擦係数は大きくなり、スリップは起き難くなるが、積雪融解期は氷路面と融解の組み合わせにより危険な状態になることも予想される。4月は日照時間も長く、昼と夜の気温の日較差も大きい。

このような時期に、ダルトンハイウェイを縦断する路面観測を行なった。変化の激しい地形のため、場所的に路面状態の変化、気象、雪氷の変化も大きい。さらに、春期(4月)の気象の変化のため時間的な変化も大きかった。出来るだけ広域の変化する路面、雪氷状況を把握するため、頻繁な移動観測を行なった。移動観測活動の行程を図-8に示す。ブルックス山脈南縁の集落ワイズマンをベースに、南の森林域、北部の山脈とツンドラを往復しながら観測を行なった。観測期間は2週間ほどであったがその通算走行距離は4500kmに及んだ。

この観測期間中にまとまった降雪や降雨もあり路面状況はそのたびに一転した。この降雪、降雨など記録も図-8に書き込んだ。観測初期は-26度の低温であったが、後半は気温がプラスになる期間が長く、融解が急速に進んだ。

#### 4. 積雪凍結状況

2008年～2009年冬期の観測資料によると、積雪期間はフェアバンクス周辺では9月22日～4月24日の201日間、北部のツンドラでは10月5日～6月16日の206日間となっている(中村他, 2010)。年間200日以上積雪期間がある。融解は4月下旬に開始し、アラスカ南部から北部に向かって拡大していく様子がこれまでの研究から調べられている(木村他, 2006)。冬期の降雪量は多くないが、寒冷なため長期間根雪となる。積雪分布については森林域で60～100cm程度、ツンドラでは15～30cm程度のことが多い。今回の観測時の積雪分布は前半30cmほどであったが急速な融解のため後半は10cm～0cmになった。

#### 5. 路面観測装置

観測で光沢計、輝度計、放射温度計、白色板、GPS、温度計、フォースゲージなどを使った。光沢計では、60°計にて90、20°計にて84の

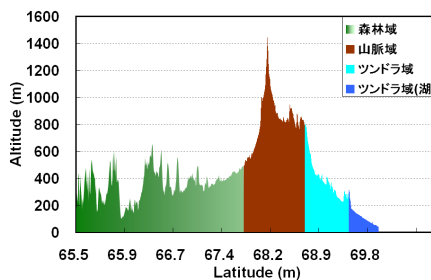


図-3 観測ルート標高分布



図-4 融解路面



図-5 再凍結路面

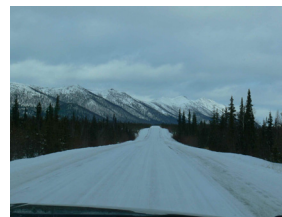


図-6 降雪路面

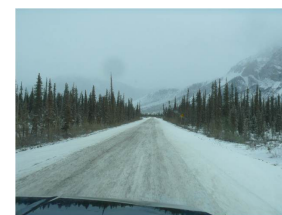


図-7 降雨路面

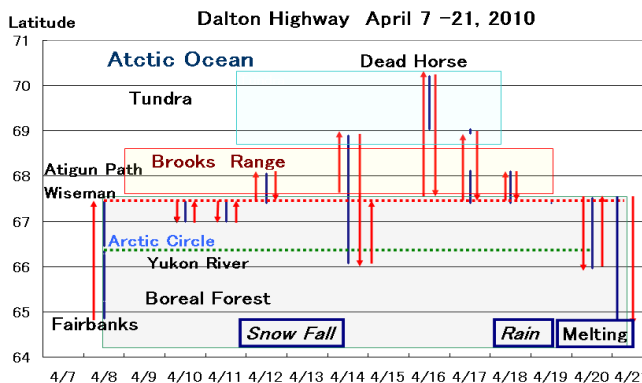


図-8 移動観測活動の行程

光沢度のガラス板（黒）を校正用標準板として用いている（図-9）。

### 6. 路面観測結果

今回の観測における結果の特徴を以下に示す。観測は特徴的な路面毎に停車して実施した。路面の種類は 11 種類、観測場所は約 20 地点であった。

図-10 に各路面状況における光沢計の測定結果を示す。20 度と 60 度の比較測定の結果、60 度の方が全般的に大きな光沢度を示すが、特に凍結，つるつる路面，凍結+降雨の路面状況において光沢度が大きく、差が顕著であった。

図-11 は 60 度光沢度と反射率の関係を示す。白色板を基準として各路面状況の光沢度を見ると凍結，圧雪およびつるつる路面の光沢度と反射率がほぼ一致している。しかし，光沢度と反射率からは乾燥路面と湿潤路面の判別は難しい。

図-12 は反射率と摩擦係数の関係を示す。摩擦係数は乾燥路面の値が低くなったが、これは未舗装路面の観測が入っているため、表面が砂利などにより滑りやすくなっているためである。未舗装乾燥路面は凍結や圧雪，積雪の路面状態と同様な滑りやすさを示す。圧雪や濡れ積雪は反射率が高く、摩擦係数も

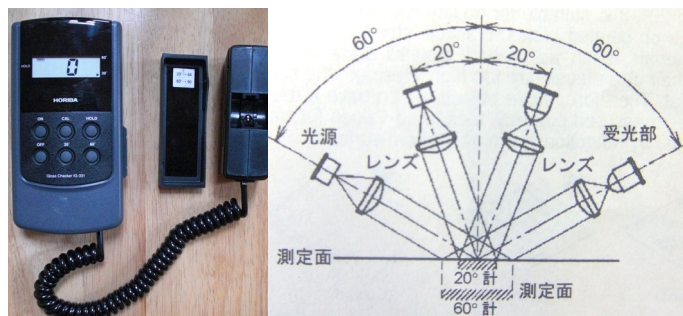


図-9 光沢計写真と 20° 角，60° 角

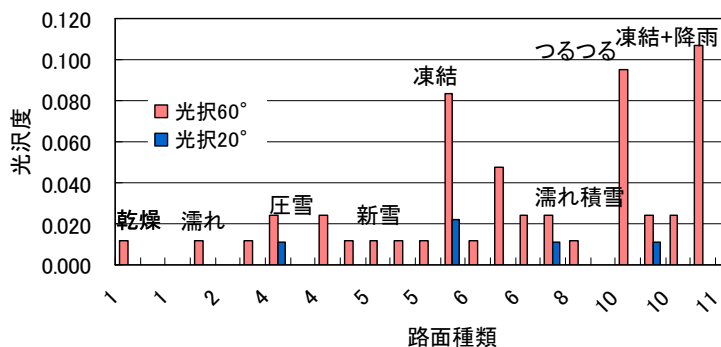


図-10 光沢度と各路面状況 9

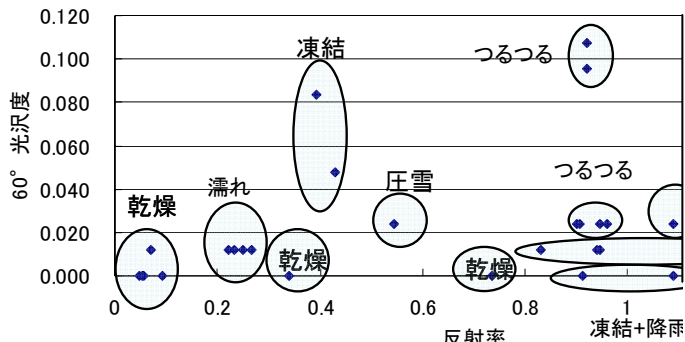


図-11 光沢度と各路面状況の反射率

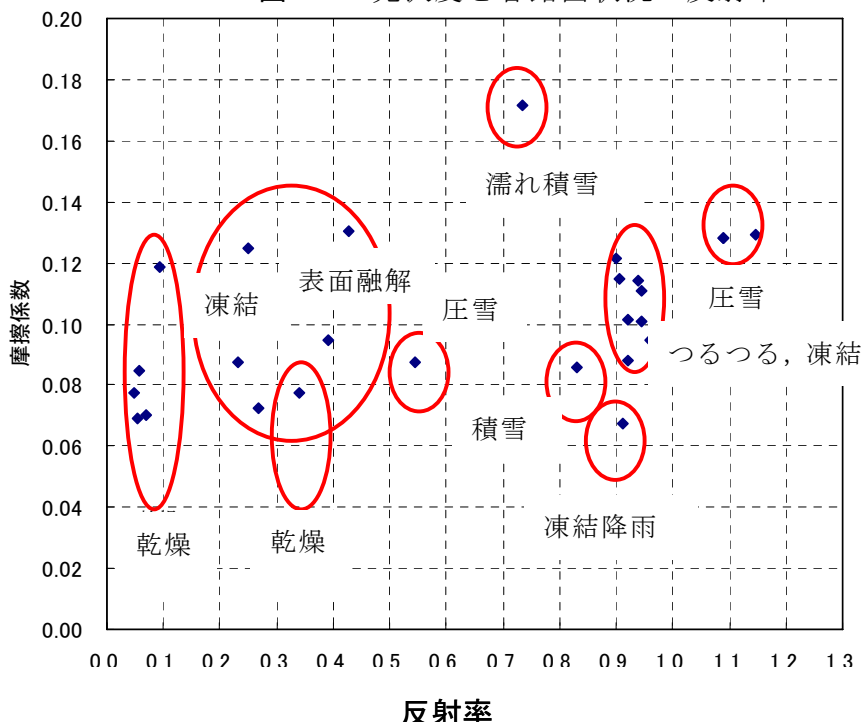


図-12 反射率と各路面状況の摩擦係数

大きい。つるつるおよび凍結路面では反射率は高く、摩擦係数は低い。

### 7. 地域分布

今回の観測では移動しながら測定を行なったが、顕著な地域性も観察された。図-13 に例として4月14日と16日の広域観測からまとめた路面状況を示す。南では乾燥が多く、山脈付近では積雪、湿潤、圧雪が多く見られ、つるつる路面もしばしば見られた。ブルックス山脈の北にはツンドラ帯が北極海まで広がっているが、ここでは凍結路面、つるつる路面、圧雪路面が多かった。ブルックス山脈を境に南北数十 km の間に、非常に大きな路面の変化が観測された。山脈の南北で気候帯が違う影響が顕著に見られた。これに短期間の気象条件の変化が重なり、路面状況を複雑なものにしている。4月のアラスカ北部は急速な融解が進む一方で、降雪や降雨もあり路面変化が著しい。広域の融雪状況は米国の遠隔気象雪氷観測システムである SNOTEL などが設置されているが、観測点数はそれほど多くない。

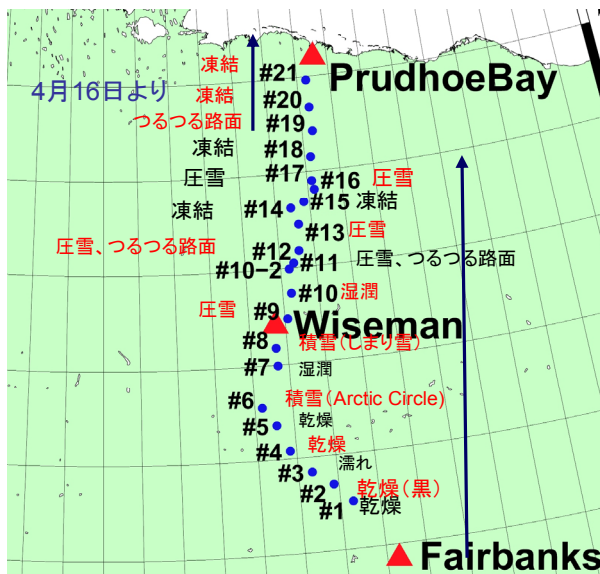


図-13 アラスカ北部広域路面観測結果 (2010年4月14日, 16日)

### 6. まとめ

アラスカ内陸部や北極海につながる高緯度でも交通網や輸送活動が維持されている。特殊な気象・雪氷環境により、日本の積雪域とは異なった冬期路面状況が発生している。また、近年の気候変動により環境変化は高緯度域ほど振幅が大きく、顕著に発生すると言われているので、このような地域の人間活動がどのような変遷をしていくのかは注目すべき課題である。そのなかで雪氷に覆われた地域の交通網は興味深い対象である。今回の観測では、北海道内の研究で開発している観測装置を簡略化したものを持ち込み、広域の予察的な観測を実施した。さらに装置の検討や、季節変化の様子、地域差についても注目できれば幸いである。

### 謝辞

本観測ではアラスカ大学国際北極圏研究センターの Hinzman 所長、Institute of Northern Engineering の Prof. Patil, Prof. Conner, 吉川謙二氏に有効なアドバイスをいただいた。ここに記して感謝します。

### 【参考・引用文献】

- 1) 木村しずか, 榎本浩之, 戸城 亮, Kim Yongwon, 斉藤佳彦 (2006) AMSR-E を用いたアラスカの融雪の観測, 北海道の雪氷, No. 25, 36-39.
- 2) 中村文彬, 榎本浩之, Kim Yongwon, 佐々木孔明 (2010) アラスカにおける冬季地表面の冷却過程の観測, 北海道の雪氷, No. 29. (本号)