

インターネットを利用した路面積雪・凍結情報の提供公開実験について

元田 良孝**
高山 毅***
佐野 嘉彦****
阿部 聖純*****
千葉 力也*****
小野寺永樹*****

1. はじめに

盛岡のような積雪寒冷地では冬期に路面が積雪・凍結することがしばしばあり、安全運転の障害になっている。このため積雪・凍結路面での運転に自信のない者が多い¹⁾。路面積雪・凍結対策には凍結防止剤の散布、ロードヒーティングの実施などのハード対策があるが、費用と設置までの時間がかかるという問題を含んでいる。一方情報提供などのソフト対策は効率的で有効な手段である。路面積雪・凍結情報の提供に関しては今までいくつかの道路管理者で道路路面の映像をホームページなどで提供している例がある^{2) 3)}など。

しかしこれらのカメラは固定点に設置されるため、広範囲の情報が与えられない欠点がある。この点を改善するため、タクシーなどをプローブカーとして利用し、面的、動的な路面凍結情報の収集を行う実験は、いくつか行われている⁴⁾など。これら実験では自動車の速度や四輪の速度差からスリップを検知し、凍結を判断するものであるが、凍結の判定に問題を残していることと、機器が特殊で高価なことからまだ一般向けに情報提供の実験までにはいたっていない。

筆者らは 2001 年から一般利用者に路面積雪・凍結情報を提供するために、タクシー乗務員からの情報提供で路面積雪・凍結状況をホームページで表示するシステムを開発している。本システムはローコストであり、特殊な機材を用いていないため、普及が期待され

** 岩手県立大学総合政策学部教授

***岩手県立大学ソフトウェア情報学部准教授

****岩手県立大学総合政策学部准教授

*****(株)富士通東北システムズ

*****システムロード(株)

*****N T T データカスタマサービス(株)

る。2001 年度はシステムのプロトタイプの開発⁵⁾、2002 年度は 2 週間にわたる非公開実験¹⁾、2003 年度は盛岡市を対象として 83 日間の冬期公開実験⁶⁾を行った。さらに 2004 年度は前年度の結果からシステムを改良し 90 日間の冬期公開実験を行った。この実験では 1 シーズンの間広範囲にわたって積雪・凍結情報を一般のドライバーにも提供し、システムの可能性と実用的な問題点を検証しようとしたものである。

2. 路面積雪・凍結情報システム

路面積雪・凍結情報システムについては、他の報告⁵⁾などに詳しいが、本システムはタクシーをプローブカーとして路面積雪・凍結を検知し、Web上の地図にその位置と発見時間を記録することにより一般利用者が路面積雪・凍結状況を把握するものである。システムの概要を図1に、表示画面の例を図2に示す。タクシー乗務員は路面積雪・凍結を目視で判断し、無線や携帯で本社に通報し、本社ではオペレータがWeb上の地図に発見した位置にアイコンと発見時間を入力する。一面が積雪・凍結している場合は全面積雪・凍結を示す表示もできる。機械で積雪・凍結を判断するのに比較し、運転者の判断によると個人差が生じる可能性が出てくる。そのため実験開始前にタクシー会社で講習会を開催し、判断の基準を写真等を用いて示した。積雪・凍結の判断は運転の支障があるかどうかにより次のように指示した。

- ① 報告する：道路でタイヤの接する部分が積雪・凍結している (図3)
- ② 報告しない：他の部分が積雪・凍結していても道路でタイヤの接する部分が積雪・凍結していない

(図4)

また、報告は「点凍結」「面凍結」に分けて行うようにした。それぞれの定義は次の通りである。

- ①「点凍結」：道路上の限られた範囲に積雪・凍結地点が点在していることを示しているもの
- ②「面凍結」：道路上に部分的に積雪・凍結地点があるのではなく連続的に辺り1面が積雪・凍結していることを示しているもの

時間を記入するのは発見した時点では積雪・凍結しているが、時間がたつにつれて気象条件の変化などで積雪・凍結が解消することがあり、情報の確かさを示すためのものである。

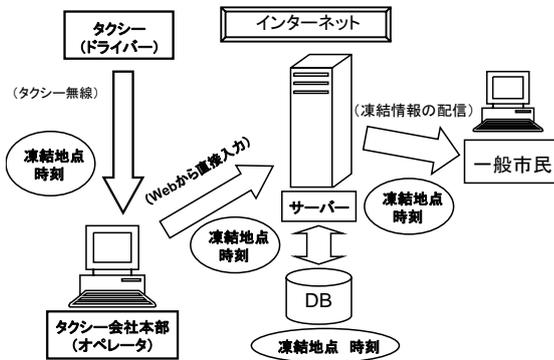


図1 システムの概要



図3 報告すべき路面例



図4 報告すべきでない路面例



図2 表示画面の例

路面積雪・凍結情報はWebの地図上に累積されていくが、積雪・凍結の解消に関する情報がないため、1日に1度定時に全て消去することとしている。この時間は実験を通じて経験的には昼頃には殆ど積雪・凍結が解消することから午前11時に設定した。

3. 実験の概要

2004年度の実験は次の通りである。

- ・ 期間：2004年12月24日～2005年3月23日
- ・ 提供時間：24時間
- ・ 依頼タクシー会社：1社
- ・ 参加運転者数：179名
- ・ 対象地域：盛岡市と周辺町村の一部約40km四方(図5)

ホームページにはシステムの評価のためアンケート調査票も掲示した。実験期間中盛岡気象台で1cm以上の降雪のあった日は34日間で、2003年度の32日間とほぼ同様であった。



図5 実験の範囲

4. タクシー乗務員からの報告

乗務員からの報告を整理したものを表1に示す。表中カッコ内は2003年度のものである。累積報告回数は前年と比較し、約30%増加している。降雪日数はほぼ同じであるので、1降雪あたりの報告回数は増加したと考えられる。これは前年は凍結のみの判断であったが、運転者などのヒアリングの結果判断が難しかったため積雪も含むこととして判断を易しくしたこと、2年目でタクシー乗務員およびオペレータが慣れてきたことが考えられる。報告の内容を見ると面凍結は増えているが、点凍結は若干減少している。原因は明らかでないが、面凍結の方が場所を細かく指定する必要がなく報告がし易いことも関係しているものと考えられる。

表1 積雪・凍結地点報告数(カッコ内は前年度)

	点凍結	面凍結	合計
期間中累計回数	325 (374)	1763 (1231)	2088 (1605)
1日平均回数	3.8 (4.6)	20.5 (15.2)	24.3 (19.8)

報告数に関係する要因を調べるため、1日の報告数を目的変数とし、関連すると考えられるパラメータのうち日ごとの降雪深、積雪深を説明変数にして重回帰分析を行った(表2)。ここでの各気象データは盛岡気象台で観測されたものである。重相関係数は0.71と比較的大きい。偏相関係数の絶対値が大きいの降雪深、積雪深の順である。このうち降雪深、積雪深の相

関はそれぞれ1%、5%の水準で有意と判断される。昨年度の実験でも同様な結果が得られており⁶⁾、運転手は降雪の状況を見て報告をしていることが推測される。

表2 重回帰分析結果(報告回数)

	標準偏回帰係数	偏相関係数	判定
降雪深	0.64	0.66	**
積雪深	0.18	0.24	*

重相関係数: 0.71

** : 1%水準で有意

* : 5%水準で有意

5. 利用者のアクセス状況について

2003年度はサーバーの不調により利用者のホームページへのアクセス数の記録が十分にできなかったが、2004年度は1月7日から終了日まで記録が取れた。アクセス数の合計は4226件で、1日あたりの平均アクセス数は54.9回であった。前年度は11日間しか記録はないが1日あたり25.6回であったので前年度と比較し倍以上のアクセス数があったことになる。これは2003年度より積極的に広報を行ったためと考えられる。曜日ごとのアクセス数は図6に示すとおりである。2003年度同様平日が多く、土日が少ない傾向であり、通勤、通学などに利用されていることが推測される。

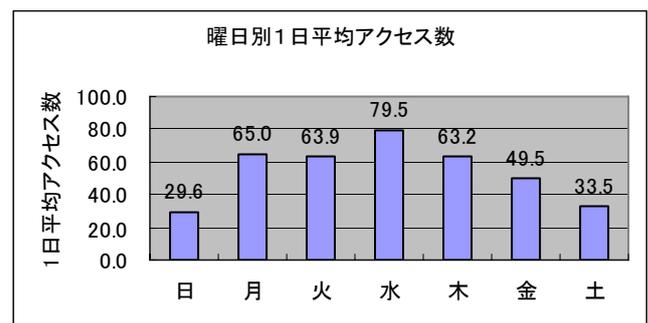


図6 曜日別1日平均アクセス数

1日のアクセス数を目的変数とし、関連すると考えられるパラメータのうち日ごとの降雪深、積雪深、最低気温および平日を1、休日を0としたダミー変数を説明変数にして重回帰分析を行った(表3)。重相関係数は0.57と若干低いですが、偏相関係数の絶対値が大き

いのは最低気温、平日ダミー、積雪深、降雪深の順である。上位3つの相関は1%の水準で有意であり、降雪深は5%の水準で有意である。すなわち、利用者は平日の路面が凍結しやすい気温の低い日に情報を見に来ていることが推測される。積雪深との相関がマイナスとなっている理由は明らかでないが、積雪が深い場合は自明なので情報を必要としないのではないかと推測される。多重共線性も疑われたが、パラメータ同士の相関は高くなかった。この点は今後意識調査などで明らかにしてゆきたい。

表3 重回帰分析結果(アクセス数)

	標準偏回帰係数	偏相関係数	判定
最低気温	-0.45	-0.46	**
曜日	0.38	0.42	**
積雪深	-0.35	-0.37	**
降雪深	0.25	0.29	*

重相関係数：0.57

**：1%水準で有意

*：5%水準で有意

6. システムの評価

本システムの評価は、報告の的中率、利用者の意識や行動、交通安全性の向上などで行うことが可能である。このうち利用者の意識や行動はアンケートにより把握しようとしたが、今回は回答者が少なかったので参考までに述べ、報告の的中率を中心に述べてゆきたい。また事故の減少など交通安全性の向上は、まだ当システムが十分に普及していないため、今後の課題とする。

6-1 報告の的中率

(1) 検証方法

この実験で得られた情報がどの程度現実の路面状況とあっているかを評価する必要がある。もっとも正確に測るには、地図内の全地点を現地調査して比較し、表示とどの程度あっているか検証することであるが、膨大な時間と労力を要し、測定に時間がかかる間に積雪・凍結状況も変化してしまう可能性もある。サンプリングして検証する方法も考えられるが、対象地域内

をランダムにサンプリングするとして、均一性を保つにはかなり広範囲にサンプリングする必要があり、地域の大きさを考えると事実上前者と同様な問題を抱える。

そこで、本研究では便宜的にマクロ的な中率で判断することとした。降雪量がある程度以上積雪・凍結表示地域内にあり、全道路が雪に覆われているとみなせる日にどの程度報告があったかを調査してマクロ的な中率を測定することとした。すなわち雪がある程度以上降ったときは理想的には全ての地図内で積雪・凍結の報告があるはずなので、点凍結あるいは面凍結の報告を含む地図の枚数を全地図で除した割合は100%になるはずである。この割合が高いほど、表示の的中率は高まると仮定した。

この方法では特定の地点の的中率を評価することはできないが、対象地域全体の的中率は評価できるものと考えられる。

(2) 地図に含まれる道路の種類

表示範囲は1/5000の地図425枚で構成される。しかし周辺部は山地であり、全く道路を含まない地図もある。このような場所にはタクシーも入れないし、運転に役立terるという意味では評価する必要もない。このため、点凍結あるいは面凍結の報告のあった地図数をベースに的中率を評価するためには、道路を全く含まない地図を除外しなければならない。

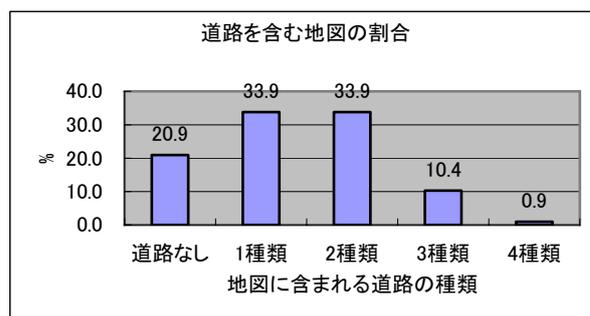


図7 道路を含む地図の割合

図7は道路を高速道路、国道、県道、市町村道4種類に分類し、これらの情報が1枚の地図に含まれるかどうかの割合を示したものである。例えば4種類とは1枚の地図内に高速道路、国道、県道、市町村道のいずれもが表示されている地図の数の全体の地図

数(425 枚)に対する割合を示している。

図 7 によれば全体の約 20%の地図は道路を全く含まない地図である。1 種類か 2 種類含む地図が約 7 割を占めている。

図 8 は道路別の地図数の割合であるが、市町村道を含む地図は全体の 7 割以上であることがわかる。これは道路の中で市町村道が最も延長が長いからである。

従って的中率の計算に用いた地図数は道路をまったく含まない地図 89 枚を除外した 336 枚を使用した。

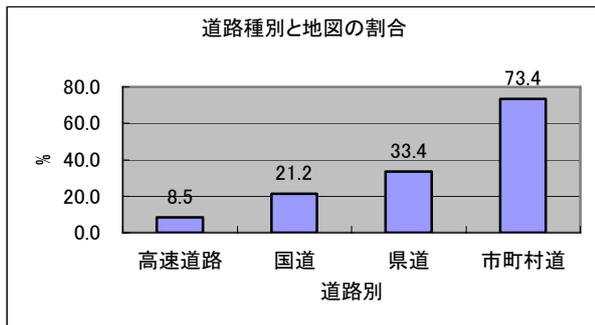


図 8 道路種別と地図の割合

(3) 的中率

表示範囲内が全て雪に覆われるのは盛岡地方気象台で 1 日の降雪量が 1cm 以上の時と仮定した。これは経験的に降雪時は当該地域ではほぼ一様に降ること⁷⁾、実際実験期間中対象地域内で盛岡気象台から直線距離で約 15km 離れている雫石での降雨量と盛岡気象台での降雨量の相関が高いこと ($r=0.93$)、から盛岡気象台での降雪量が対象地域の降雪を代表しているものと考えられるからである (図 9)。

盛岡地方気象台で実験期間内に 1 日の降雪量が 1cm 以上であったのは 34 日間であった。残りの 56 日間は全域に降雪があったとは判断できないので除外した。この時、点凍結、面凍結いずれかが報告されていた地図数の割合の平均的中率として道路の種類、DID (地図数 16 枚) の別で示したのが図 10 である。国道以上とは高速道路及び国道が含まれている地図の中でどれだけ報告があったかという意味である。

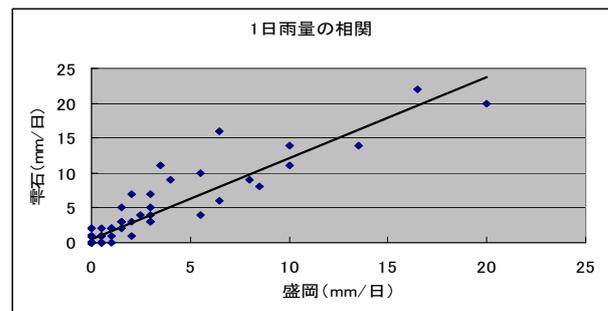


図 9 降雨量の相関 (盛岡・雫石) ⁸⁾ から作成

図によればいずれかの道路が表示されている地図の中で報告のあったのは 17.5%であり、国道以上では 26%である。これはタクシーが幹線道路である国道を通行する割合が比較的多いためと考えられる。また DID 地区内が 40%以上と比較的高いのは、同様にタクシーの走行が客の需要に合わせて人口の多い場所を選んでいるためと考えられる。

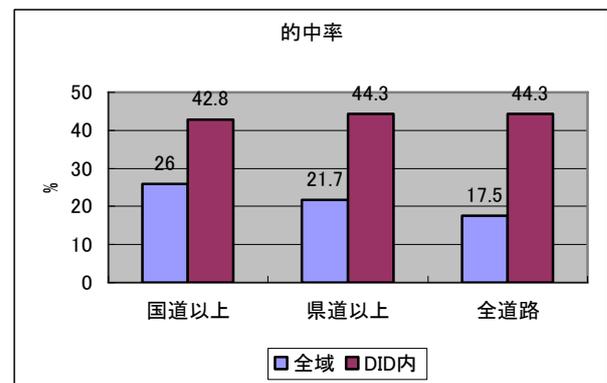


図 10 的中率

図 11 は報告のシーズンを通しての報告回数の頻度を地図に示したものであるが、盛岡市周辺や幹線道路沿いに報告が多く、これも盛岡市を営業区域とする入力依頼先のタクシーの走行特性を反映していると考えられる。

これらのことから、報告の網羅性は盛岡市中心部で高く、周辺部で低いことが明らかとなった。

降雪時の報告地図数を元に本システムの的中率を評価すると、地域全体では約 17%で、DID 地区は 40%強であるが、地域的に偏りがありタクシーの営業行動と関係しているものと考えられる。これを改善するには、情報ソースの複数化が必要であり、他のタクシー会社や、宅配便業者、一般市民からの入力などに広げてゆくことが必要と考えられる。

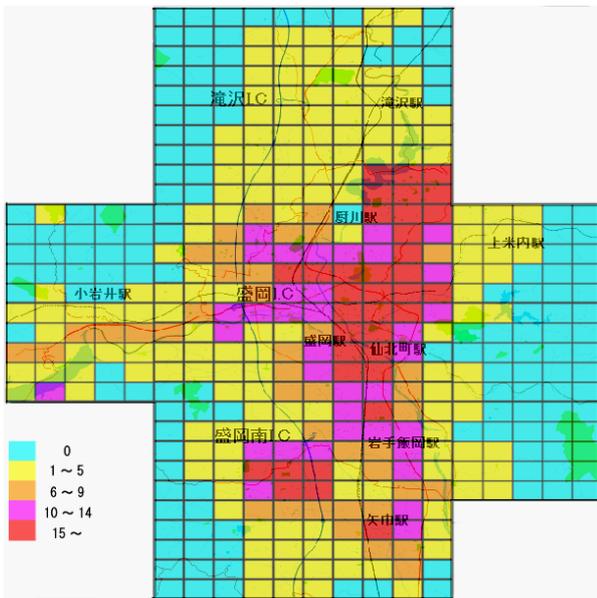


図 1.1 報告回数の頻度分布

6-2 利用者アンケート調査

利用者からの評価を得るために Web 上で利用者のアンケート調査を行った。パソコン用と携帯用に分けたが、有効回答数はそれぞれ 34 通、1 通と回答数が期待より少なかった。携帯用はほとんどなかったため、パソコン用と合わせて集計した。質問は回答者の属性の他システムの評価に関する 10 問である。

(1) 属性

属性は男性が 91%で、運転免許保有者が 82%と大半を占める。年齢は 20 代から 50 代までが 92%を占めている。住所は盛岡市、滝沢村が 82%であり、ほとんど対象地域の住民である。

(2) 積雪・凍結地点の信頼性

積雪・凍結地点の信頼性については、「かなり積雪・凍結地点をカバーしている」、「ある程度カバーしている」が 35%、「あまりカバーしていない」、「全然カバーしていない」が 24%と評価が分かれているが、「わからない」も 41%となっており信頼性については意見が分かれた。先に述べた地図上から判断した的中率を考えるとほぼ妥当な回答と考えられる。

(3) 情報の有益度

この情報が役立つかどうかを質問した。「大変役立つ」、「まあまあ役立つ」で 63%と大半の者が評価している。一方「あまり役立たない」、「全然役立たない」は 26%であり、相対的には路面積雪・凍結情報に対し肯定的な評価が多かった (図 1.2)。

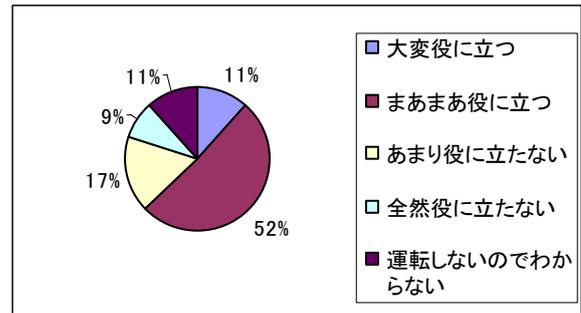


図 1.2 システムの有益度 (N=35)

(4) 自由回答

自由回答は 17 件あったが、カーナビでの表示を求めるものが多かった。

回答数が少なかったために信頼性が高いとはいえないが、全般に肯定的な評価をしている回答者が多いと考えられる。

7. 考察

タクシーをプローブカーにした路面積雪・凍結状況の表示システムを開発し、実際の現場に適用して適合性を検証した。積雪・凍結は気象条件などにより変化する動的な情報であり、常に入力と更新が必要である。この点 24 時間営業を行うタクシー会社が入力することは効率的である。積雪・凍結は目視による判断にしたため、特別に購入する機器、特別の技術も必要なくローコストであることから普及も容易と考えられる。

しかし今回の実験でタクシー会社が入力することの課題も明らかとなった。すなわち、当然のことであるが、タクシーの走行する範囲しか報告がないことである。タクシーは元々需要の多い駅などの交通拠点や繁華街など市街地を走行することが多く、山間部や料金が高くなる市街地から遠い地域は走行頻度が少ない。またタクシーには営業区域があり、営業区域外では走行頻度は低くなる。依頼先のタクシー会社は盛岡交通圏 (盛岡市、滝沢村、矢巾町) 及び盛岡市南部に隣接する紫波町が営業区域であり、盛岡市内の走行が多く、それに伴い報告も地域的に偏ったものと考えられる。また走行が頻繁であると推定される DID 地区でも報告は半分以下であり、営業の合間に報告することの難しさを示しているものと考えられる。

地域的な偏りの解決には営業所が異なる複数のタクシー会社に委託すること、一般の利用者から入力するようにすることが対策として考えられる。一般利用者の場合は信頼性が低くなる可能性があるため、会員制度などで報告の精度をコントロールする必要がある。

頻度の低さについてはやはり入力の自動化が必要と考えられる。研究発足当時適当な路面状況のセンサーが開発されていないこともありタクシー乗務員の目視による報告にしたが、報告の頻度が問題となった。頻度の低さの原因は凍結の判断の難しさ、報告の煩雑さと考えられる。前者については正確さを多少犠牲にして、判断のしやすい積雪あるいは凍結を報告するようにし、後者については配車係から時々問い合わせるようにした。しかし凍結判断の人為的なバラつきを少なくするためにも路面センサーによる凍結状況の検知と報告者の負担を少なくするため入力の自動化が望ましいと考えられる。自動化は路面状況のセンサーと通信システムによる情報転送が理想的であるが、凍結を判断したらボタンを押すと位置と時間が送信されるような半自動のシステムでも効果があると考えられる。情報ソースの多様化と、入力の自動化が今後の課題である。

8. おわりに

タクシーの報告を元に Web 上で積雪・凍結情報を表示するシステムの運用を 1 シーズンにわたって行い、一般利用者に積雪・凍結情報を公開した。その結果次のことが明らかとなった。

- ・ タクシーと簡単な Web によりローコストな路面積雪・凍結情報提供システムを構築できた。
- ・ 凍結は判断が難しいので積雪あるいは凍結としたところ報告数は増えた。目視では凍結のみより積雪・凍結の報告の方が判断しやすいと考えられる。
- ・ 固定地点の積雪・凍結情報にない、面的な情報提供と表示方法について提案することができた。
- ・ 回答数は多くなかったが、当システムに対して肯定的な評価が多かったと考える。
- ・ 報告にタクシー会社の営業活動に関連するものと考えられる地域的な偏りが見られた。これを改善

するには情報ソースの複数化が必要である。

- ・ 積雪・凍結のマクロ的な中率がそれ程高くないことが明らかとなったが、情報ソースの複数化のほか、自動化による収集効率の改善が必要と考えられる。

今後は情報ソースを多様化し、信頼性をより高めるとともに入力の自動化、カーナビとの連携なども検討してゆきたい。

終わりに、実験に協力していただいた㈱ヒノヤタクシーの大野社長他社員の皆様方に感謝します。

参考文献

- 1) 元田他：路面凍結情報システムのニーズ分析と試作評価に関する研究、第 23 回交通工学研究発表会論文集、pp.189-192、2003 年 10 月
- 2) フィンランド道路局(FINNRA)のホームページ、<http://www.tiehallinto.fi>
- 3) 岩手県道路情報提供サービス、<http://www.douro.com/>
- 4) 浜岡秀勝他：プローブデータを用いた車両スリップの検知に基づく路面凍結情報提供システムの構築、土木計画学研究・講演集、第 35 巻、CD-ROM、2007 年 6 月
- 5) T. Takayama et. al: EFFECTIVE INFORMATION SYSTEM OF FROZEN ROAD SURFACE, Proceedings of 9th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, October 2002
- 6) 元田他：タクシー乗務員を情報源とした路面凍結情報提供実験について、第 30 回土木計画学研究発表会講演集、CD-ROM、2004 年 11 月
- 7) 盛岡地方気象台による (2006 年 2 月 21 日)
- 8) 気象庁ホームページ (<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>)