

IV—1 冬期路面のすべり摩擦係数に関する基礎的研究

北海道大学工学部	正員	萩原	亨
同上		船木	雅直
同上	正員	小野寺	雄輝
同上	正員	加来	照俊

1. まえがき

積雪寒冷地における冬期間の道路は、路面に雪氷のない場合に比較して大変滑りやすく、道路交通にとって極めて危険である。このため、積雪時の雪氷路面とタイヤ間の滑り抵抗についての調査研究は、今日まで多く報告されている。しかし、実際の路面での滑り抵抗値を網羅的に調査・検討し、更に滑り抵抗値の低下による安全性についての調査を行った研究は少ない。

冬期における滑り抵抗は、天候・気温等の自然条件に加え、路面管理・交通の量と質・線形などの社会的な条件によっても変化する。これらの条件は時々刻々変化し、それにつれて滑り抵抗も変動する。本報告は、この滑り抵抗値の変動を捉えることを目的とし、24時間・12時間にわたる雪氷路面とタイヤ間の滑り抵抗の変動を国道230号線の定山溪-中山峠区間において12月(S60)から2月(S61)にかけて観測した結果であり、

(1)時刻、温度の変化による路面状態及び滑り抵抗の変動。

(2)測定地点間の路面状態及び滑り抵抗値の比較とその変動について報告する。

さらに、路面の滑り抵抗値と事故との関係は従来から多くの研究により指摘されているが、本報告においても調査区間における道路距離標毎の過去5年間に於ける事故を調査し、その特徴について滑り抵抗との関連から報告する。加えて他の2箇所の峠についても調査し、冬期の事故と滑り抵抗の関連について考察する。

2. 冬期路面の調査概要

路面状態の経時的な変動を軸とする冬期路面のすべり抵抗の把握を主な目的とし、12月から2月にかけて定期的に月2回の測定(12時間と24時間の測定をそれぞれ1回)を国道230号線の定山溪から中山峠の約20km区間において「スキッドナンバー」(以下SKNと略す)、及び気温、路面温度、天候等の測定を行った。調査の対象とした路線は、交通量があまり少なくなく、地形的にも変化があり、温度差も大きく、除雪が十分に行われている等の点を考え選定した。

滑り抵抗の測定は、対象路線区間全体を連続して行うことは不可能であるので、定山溪-中山峠間を道路距離標を基に、20区間に分け、道路距離標26kmを測定点NO.1(定山溪市街)、道路距離標46kmを測定点NO.20(中山峠)とし、1kmに1点を測定地点とした。調査した日時を表-1に示す。24時間測定は午前6時に開始し、翌朝の午前6時までとし、12時間測定は午前6時

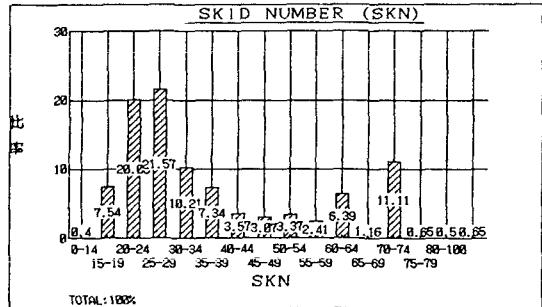


図-1 計測した全スキッドナンバーの構成比

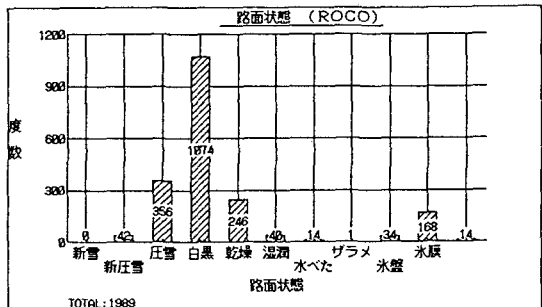


図-2 観測された路面状態の度数

表-1 調査日程

開始 日	時	終了日	時	時間
S60.12.06	6:03	12.06	19:13	12
12.19	6:19	12.20	7:01	24
S61.01.17	7:00	1.17	19:01	12
1.30	6:20	1.31	7:06	24
2.07	5:51	2.07	19:53	12
2.20	6:08	2:21	6:48	24

表-2 路面状態の分類

路面状態			
1	新雪	6	湿潤
2	新圧雪	7	水べた
3	圧雪	8	ザラメ
4	白黒	9	氷盤
5	乾燥	10	氷膜

に開始し午後6時までとした。調査方法は、2時間毎に定山溪を出発し中山峠までを往復し、各地点（キロポスト点）でのSKNを測定するものである。また、特定地点においては気温、及び路面表面温度も測定した。

路面のすべり抵抗は、北大式バス型すべり抵抗試験車（第5車輪を用いる）によるすべり抵抗値（Skid Number）により求めた。滑り抵抗の測定は、試験車を他の道路交通を阻害しない速度で走行させ、測定地点毎の車輪ロック時の滑り抵抗を求めた。滑り抵抗の値はスケットナンバーで表した。測定用のタイヤは、165-13,4PLの市販されているスパイクタイヤとスタッドレスタイヤを使用した。タイヤの空気圧は1.9k/cm²、タイヤ荷重は425kgである。

測定中に路面状態は刻々変化する。このため滑り抵抗測定時には路面状態を目視により判定した。路面状態は表-2に示す10種類に分けた。これらは、4の白黒を除いて、日本機械化協会除雪委員会路面雪質分科会の分類によった。白黒路面は、路面状態が継続せず、測定路面が一定でなく断続している場合を指すものである。

3. 測定結果

測定期間を通じて、測定数はスタッドレスタイヤ（以下STD）で1,638点、スパイクタイヤ（以下SP）が351点で、全測定点数は1,989点である。その結果を述べる。STD、SPを含めて、全体としてのスケットナンバーと路面状態に関する結果を図-1,2に示す。今回の調査では、測定時の気温が-14℃から-3℃であり、天候は晴れ、路面状態は白黒と圧雪、測定速度は40-60km/hが多かった。SKNは、20-34の範囲が多く、30未満の割合が全体の約50%もあり、25未満にとっても測定の約28%存在し、特に注目される。

3-1. 路面状態分布とスケットナンバーの分布

SKN60以上は路面状態が、湿潤か乾燥時の値である。路面状態は、対象とした路線が道央と道南を結ぶ重要幹線であることもあって、除雪が十二分に実施されていた。このため図-2に示すように白黒路面が多く出現した。ただ、終日、日の当たる所とそうでない所、部分的に日の当たるところでは路面状態が大きく異なる。

また、無意根大橋のような作工物の路面は常時氷膜、氷盤が形成されていた。

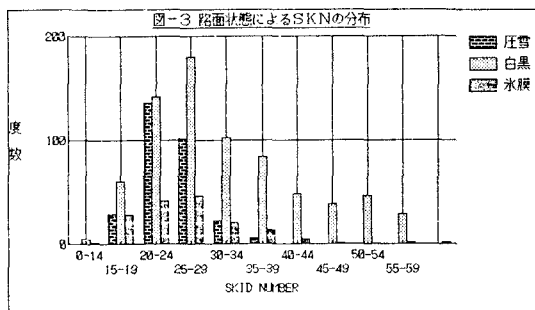
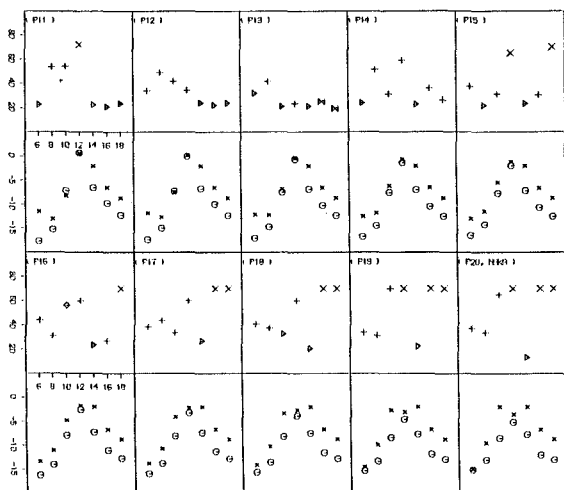


図-3 路面別によるスケットナンバーの分布



JYOZANKI (→ NAKATAMA 161/2/7)

図-4 各地点におけるスケットナンバーの時刻変動

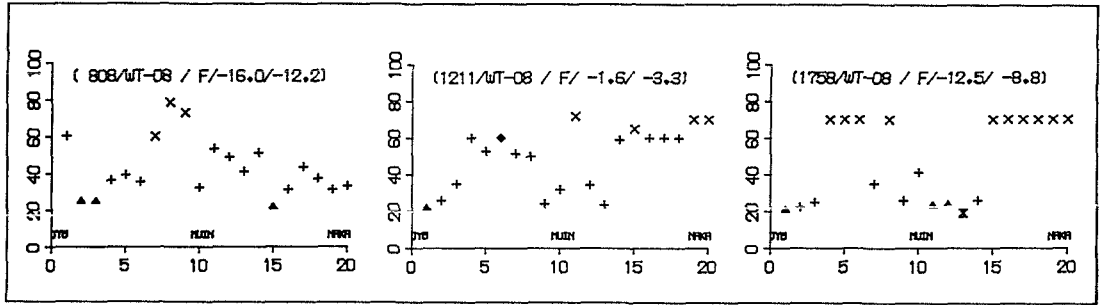


図-5 各事故における地点によるスリットナンバーの変動

図-3に3種類（白黒、圧雪、氷膜）の路面のSKN分布を示す。これから白黒路面ではSKNの低い値から大きな値まで広く分布している。圧雪路面では15から39迄に分布しており、その多くが25近辺に分布している。氷盤では測定点数が少ないが、SKNは15から29程度である。氷膜ではSKNは15から59まで分布しているが、大半は25近辺に分布している。

この路面状態とSKNの関係において、目視により氷膜であってもSKNが50,60と高い値を示し、逆に乾燥路面であっても15程度の低い値が測定されることである。これは、タイヤと接する路面が、全体の見かけと違った状態にあると考えられる。このことは目視によって路面状態を認識できないことがある、ということの意味し、交通安全上特に注目される点である。

3-2. 各地点におけるSKNの時刻変動

各地点におけるSKNの時刻変動の一例（61.2.7）を、SKNと気温及び路面温度の時間変動として図-4に示す。

上段はSKNの変動とその時の路面状態を記号により示した図であり、下段は路面温度（記号：○）と気温（記号：*）の時刻変動を示している。同じ結果を、地点によるSKNと路面の変動を3つの時刻において示したのが図-5である。

路面上に雪や氷がある地点では気温の上昇に伴い、P.M.2時付近においてわずかなSKNの下降が見られる。時刻が進むにつれ気温が上昇し路面上を覆う雪氷が走行車両により飛ばされ、舗装の表面が多く現れることが読み取れる。路面状態が白黒から乾燥に変化し、その影響がSKNの値に大きく影響している。P11,12,13地点では、路面の雪氷が他の地点と異なり残存し、夕方再び凍結し始め低いSKNが測定された。

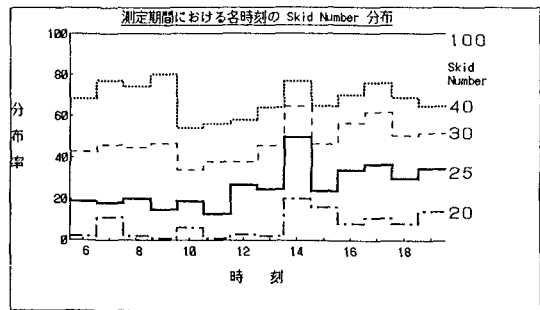


図-6 各時刻におけるスリットナンバーの分布率

3-3. 各時刻におけるSKNの分布

測定時間とSKNの関係を図-6に示す。図-6は24時間測定の12時間と12時間測定の測定数1,582を示している。午後2時付近で気温の上昇によると思われるが、相対的にみてSKNがわずかにであるが、低下しているのが見られる。また、午後にはSKN20以下の低いSKNの構成率が高くなっている。これは、気温の上昇、日照などで、路面温度が上昇したのが原因と考えられる。

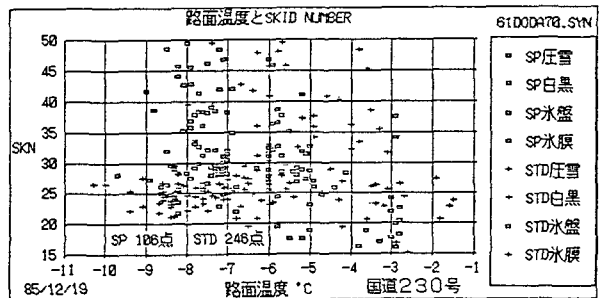


図-7 路面温度とスリットナンバー

3-4. 路面温度によるSKNの変動

路面温度とSKNの関係を示したのが、図-7である。これらの結果からは、路面温度とSKNの明確な関係を見いだすのは困難である。実際の路線において、路面温度あるいは気温とSKNの関係を見いだすのが、今回の調査の目的のひとつであるが、一部圧雪路面以外の路面では、一定の路面状態が長時間継続せず、十分な結果を得ることができなかった。また、SKNに影響する程度は気温や路面温度よりも路面状態の変化が、より大きくSKNに影響するためと思われる。

3-5. 各地点におけるSKNの分布

同様に各地点におけるSKNの分布率（今回の調査において1地点、計102回測定を行った）で整理したのが図-9である。KP.35-40にかけてのSKNが他の地点に比較して低いことがわかる。

ここは無意根大橋、回廊などの作工物のある所であり、日が当たらない、あるいは常に風が吹き抜けているなどから一度凍結した路面が融けないで、氷盤もしくは氷膜の状態が続いていると考えられる。図-8には各地点で観測された路面状態（圧雪、氷膜）の累積回数を示す。やはりKP.35-40にかけては、雪や氷の路面の発生が多くなっていることが分かる。

4. 測定区間における過去5年間の事故形態

3カ月に渡り、滑り抵抗を1地点あたり往復102回、測定を繰り返した。ほぼ気象、路面、交通等の条件に関して網羅的に各地点において測定されており、地点間の冬期におけるSKNの相対的な評価が可能と思える。そこで、測定区間における冬期の事故（過去5年間）を調査し、事故発生の特徴とSKNの傾向の関係を検討した。なお、ここで扱う事故は全て人身事故である。

4-1. R230定山溪-中山峠区間における事故

図-10に、各1キロ区間における過去5年間の事故件数(106件)を全事故と冬型事故に分類して示す。定山溪市街での件数が多いのは当然として、KP.36-40での事故が多い。特に、冬型事故においては定山溪市街と同程度の件数が発生している。R230全線においてはS55-S59の5年間において1,592件の事故が発生し、そのうち冬型事故は298件発生しているが、KP.36-40においては、

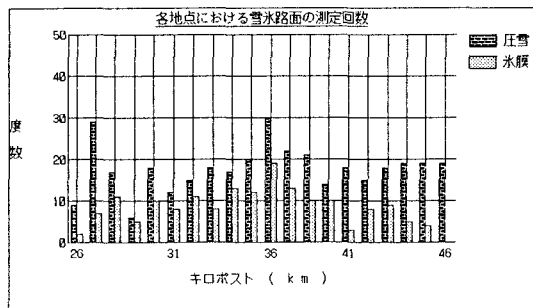


図-8 各地点における雪氷路面の測定回数

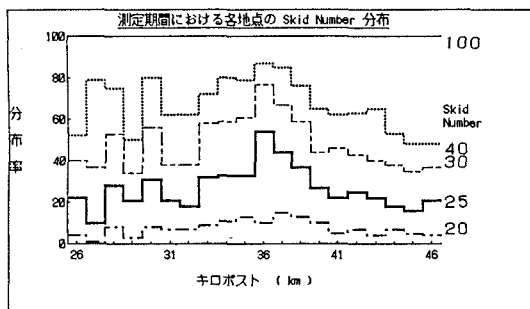


図-9 各地点におけるスリットナンバーの分布率

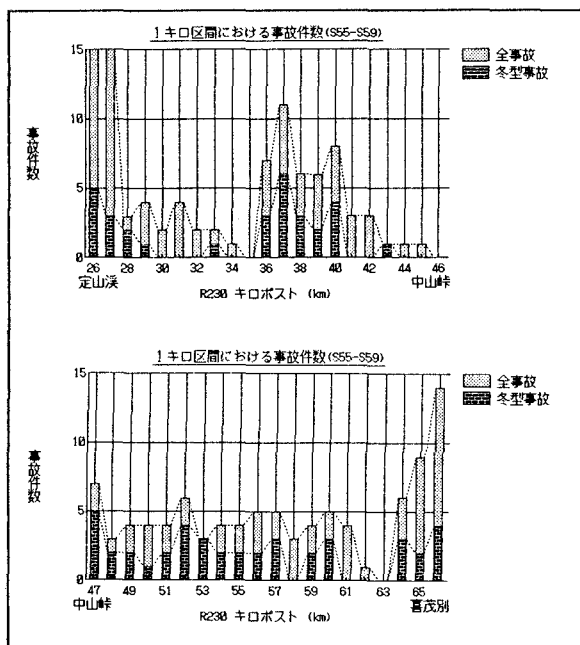


図-10 国道230の中山峠付近における過去5年間の事故統計

全事故38件に対し冬型事故が18件発生している。

図-11に、事故の月別の分布を示した。この20km区間における事故の月別分布と、230号線における事故の月別分布とを同時に示す。3月における事故が測定区間において異常に多いことが理解される。そこで3月の事故について調べたところ、その半数以上が KP.36-40 の区間において発生しており、過去5年間はほぼ平均して発生している。この区間における月別の件数の変化を示したのが図-12である。KP.36-40区間に注目するならば、図-9と10を比較し、夏期においてほとんど事故が発生していない(図-12)。

即ち、KP.36-40の区間においては、SKNが付近に比較して小さくなり、しかも車両の安定性を著しく損なう程低下することが直接の原因でなくとも線形の悪さと相呼応して事故発生の大きな要因となっていると考えられよう。

4-2. その他の峠における事故の実態

北海道の代表的な峠である、狩勝峠と石北峠における事故の実態を同様に、S55-S59の5年間、距離標識により峠の前後20km区間について調査した。また、R230についても中山峠、喜茂別間の20km区間においても調査した。

図-13は、R38のKP.98-118とKP.118-135区間の各KP.における5年間の事故の累積件数を示す。同様にR39のKP.70-90と90-110区間の事故を図-14に示す。R38,39の月別の事故発生率(月別の累積事故件数/5年間の全事故件数)を図-15に示す。

やはり、峠においては冬型事故の占める割合が路線全体に比較して約2倍高い。

また、中山峠と同様にその発生地点に偏りを示した。R39においては、KP.70-90区間においては1KM区間において5年間数件の事故しか発生していないのに対し、KP.90-96区間においては、倍以上の事故が発生している。また、KP.101-103区間においては、冬期しか事故が発生していない。一方R38においては、特に特徴的な傾向を示しておらず、R39に比較して件数も少ない(峠付近の24時間交通量はほぼ同じ)。R230 KP.47-65においても、冬期の事故がその大半を占めている。月別の事故発生割合の図を見て

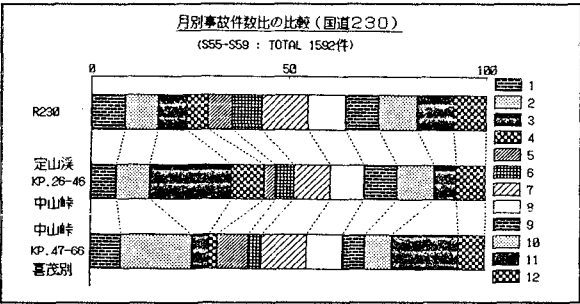


図-11 月別事故件数比の比較(国道230)

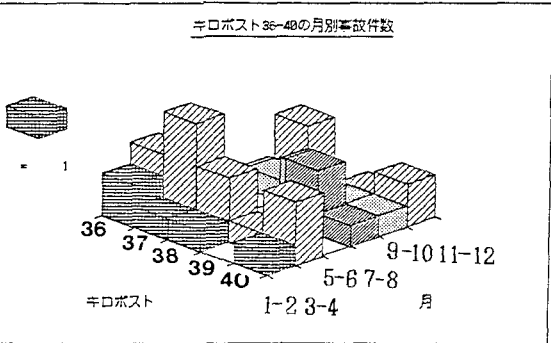


図-12 KP.36-40区間の月別事故件数(5年間)

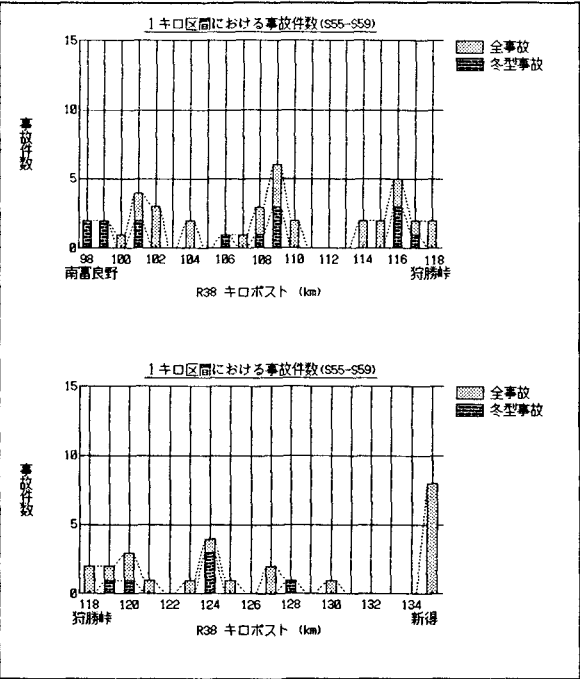


図-13 国道38の狩勝峠付近における過去5年間の事故統計

分かるのは、R39,R38,R230においての共通の特徴は、11月または3月に事故の発生率が全体に比較して高いことが分かる。

これらの結果を総合すると、以下のことが推測される。

(1)線形の悪さ(曲線半径の小さい曲線の連続、大きな縦断勾配、各種作工物の存在等)に、SKNの低下が加わると冬期の事故件数が上昇する。

(2)3,11月の事故が目立つ。これらの時期においては、運転者の目視による路面の判定が困難なケースが多く、しかも平地との路面状態が異なる

すなわち、普段に比較して運転者が見込み違いを起こしやすいと思われる状況で、事故件数が多い。

5. まとめ

冬期間における路面状態は刻一刻と変化し続けており、その時間的な変動をスケッチするの測定により把握することを試みた。SKNの変動要因は極めて多岐に及び、その値を数式化することは困難であるが、任意の条件におけるSKNの範囲を求めることは可能であろうし、定量的に示す必要がある。

更に他の路線も含めて冬型事故の調査を行ったが、一般的に考えられている常識を確認するに留まった。線形の悪いと言われている地点において、冬期事故が集中して発生する傾向が見受けられる。また、その発生月を調べて分かるように、運転者にとって道路状況の判断が難しい時期において発生する傾向がある。すなわち、両者を含めて考えるに、運転者がどんなに注意しても避けられない状況において事故件数が多くなると言えよう。

今後の課題として、以下を上げる。

- (1)任意の条件を与えられた場合の冬期路面のすべり抵抗値の範囲を予測する。
- (2)冬期の事故を詳細に検討し、路面のすべり抵抗値との関係を明らかにする。
- (3)路面のすべりと車両の走行安定性を車両の運動から検討する。

[参考文献]

- 1)木下ら:北海道における路面積雪調査1,2
- 2)Creswell,J.e,et al,NCHRP Report 176,1977

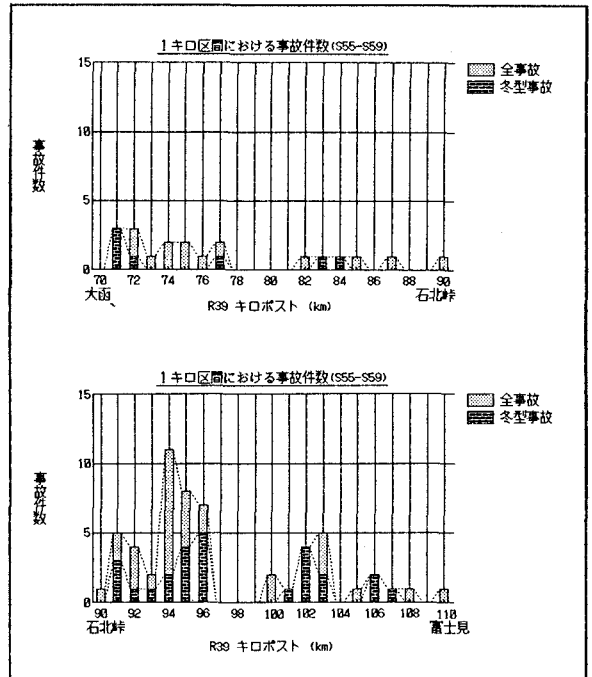


図-14 国道39の石北峠付近における過去5年間の事故統計

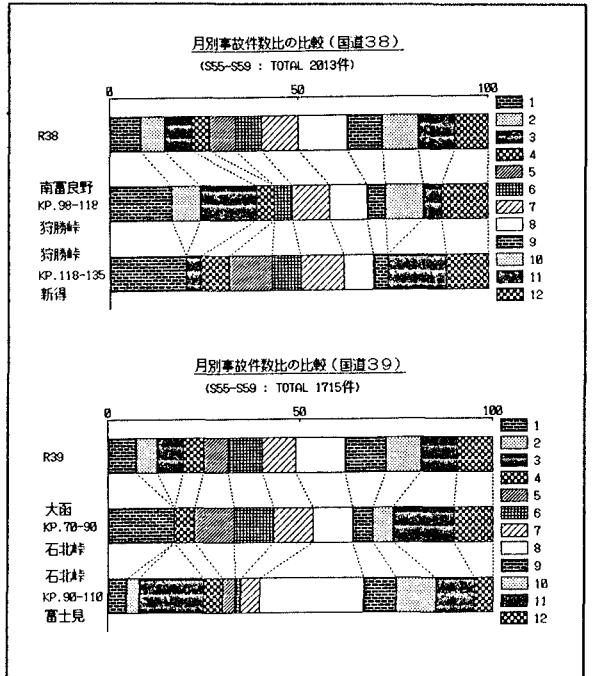


図-15 月別事故件数比の比較(国道38,39)