

## スキッドマークの変遷と事故調査における問題点

川上 明\*

関森秀伸\*\* 篠原 昭\*\*\*

エレクトロニクスの発達に伴い、4輪ABS装置が身近なものになる等、自動車の性能も飛躍的に向上した。この結果、交通事故現場で見られるスキッドマークにも変化が生じ、より印象の薄いスキッドマークが生ずるようになった。このため、スキッドマークを事故情報とすることが困難になりつつある状況にある。この報告は印象の薄いスキッドマークの特徴と、このスキッドマークとタイヤロック制動による黒く濃く鮮明なものとの関係について述べる。

### The Change of Skidmarks and Its Problems for Accident Reconstruction

Akira KAWAKAMI\*

Hidehiko SEKIMORI\*\* Akira SHINOHARA\*\*\*

Motor vehicles equipped with devices such as the four-wheel automatic braking system (ABS) have improved rapidly thanks to the development of electronics. As a result, the skid mark patterns that are visible at the site of a traffic accident have also changed. The patterns are now much harder to define. Thus, it is becoming much more difficult to gather accident information from skid marks. This report discusses the characteristics of hard to define skid marks and the correlations between them and the vivid, dark skid marks caused by tire lock.

#### 1. はじめに

我が国における交通事故発生件数は、1970年をピークに減少傾向を示したが、1979年以後再び増加の傾向にある。1990年の我が国では643,097件の交通事故が発生し、790,295人が負傷、11,227人が死亡している。このため、第2次交通戦争突入とも言われ、大きな社会的問題に発展し現在に至っている。

発生する交通事故の原因を調査し、その結果を交通事故減少の方策としてフィードバックさせることは、事故を減少させるための重要かつ有効な手段である。

交通事故調査において、交通事故現場の道路上に印されるスキッドマークはその基本的な事故情報として重要である<sup>1,2)</sup>。このことは、交通事故現場撮影におけるステレオカメラ、又数値計算による車両

\* 長野県警科学捜査研究所技師  
Engineer, Scientific Investigation Lab.,  
Nagano Prefecture Police H.Q.

\*\* 長野県警科学捜査研究所技師  
Engineer, Scientific Investigation Lab.,  
Nagano Prefecture Police H.Q.

\*\*\* 信州大学繊維学部教授  
Professor, Faculty of Textile Science and  
Technology,  
Shinshu University  
原稿受理 1993年3月19日

衝突解析の導入等による交通事故調査の近代化が図られている現在においても変わりはない。

一方、ディスクブレーキ、ラジアルタイヤの採用、更にエレクトロニクスの発達に伴う、自動車工学における各種現象のよりきめ細かな制御が可能になり、自動車の性能は飛躍的に向上した。

この結果、急制動時においてさえ、車輪のロック状態にならない車が数多く見られるようになり、更にその普及が見込まれる状況にある。このため、濃く鮮明なスキッドマークの全長にのみ着目するような、従来の痕跡の測定方法では事故調査に対応できなくなったと考える<sup>3, 4)</sup>。

このような状況において交通事故調査を行うためには、日頃敬遠されがちな痕跡や現象にも積極的に目を向けなければならない。その痕跡とは、印象の薄いスキッドマーク、また急制動状態にある車両後輪けんが装置に発生する上下振動に伴う非連続のスキッドマーク等である<sup>5, 6)</sup>。スキッドマークのフェイント化は、制動装置の性能向上の自然な帰結である。一方、その上下振動とは、例えば、我が国で生産される大型商業車の主要後輪けんが装置である、6ロッドトラニオン型けんが装置の後々軸に発生する、車両急制動時における上下動である。本来、この種の振動は、自動車の性能向上のために、抑えられなければならないものである。

今回は、我々の日常の事故調査において遭遇する各種現象に基づく痕跡の中から、今後ますます増えると予想される、印象の極めて薄いスキッドマーク：フェイントスキッドマークについて述べる。

## 2. フェイントスキッドマークの発生とその変遷

1970年代の我が国で生産された自動車の制動装置には、制動時の車輪の回転をコントロールする補助

装置がほとんど装着されていなかった。このため、この頃におけるスキッドマークのフェイント化は、ドライバーが意識的にブレーキペダル踏力を加減して操作する場合を除いてほとんど発生しなかった。まれに、この種のスキッドマークが、路面の性状に原因して発生することが経験的に知られていた。その道路では、車輪のロック状態でタイヤが滑走するにもかかわらず、黒色の鮮明なスキッドマークは印象されなかった。このためこの種の道路上におけるスキッドマークからの制動初速度の算出、及び道路上の自動車の衝突地点の特定は困難であった。

そこで、このスキッドマークの印象されにくい路面の存在を確認するため、各種路面上において、車輪ロック状態で滑走を伴う実車制動実験が行われた<sup>7)</sup>。この結果、黒色の鮮明な痕跡の印されない路面の特徴は、マクロの粗さが粗、ミクロの粗さが密<sup>8)</sup>と一般的に表わされるコンクリート舗装のものであった。更に、これは舗装後の時間経過の大きく、骨材の大きく露出したものであった。これに印されるスキッドマークは、その当時見られた典型的なフェイントスキッドマークであり、肉眼による確認が困難なものであった。これに対して、実験を行った他の5種類の路面ではいずれの場合も、黒く鮮明なスキッドマークが印された。

一方、この実験から路面の乾燥状態においては、フェイントスキッドマークの印されたコンクリート舗装の路面（鮮明な痕跡の印されない路面）における車両減速度が、鮮明に印される他のいずれのものよりも大きいとする結果が得られた。更に、この路面上においてはバイアスタイヤを装着した車による減速度が、当時バイアスタイヤに代って移行しつつあったラジアルタイヤのそれよりも大きいとする意外な事故情報も得られた。これは、タイヤショルダ

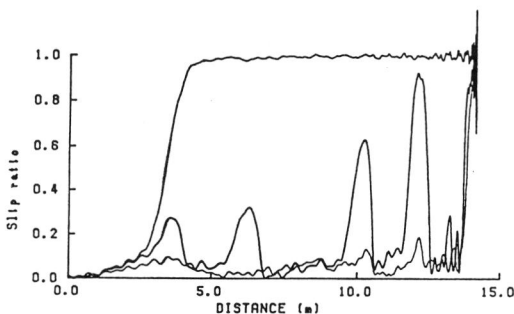


Fig.1 トヨタクラウン（1984年型、TOYOTA-4ECS付）の直線制動時におけるスリップ比の変化

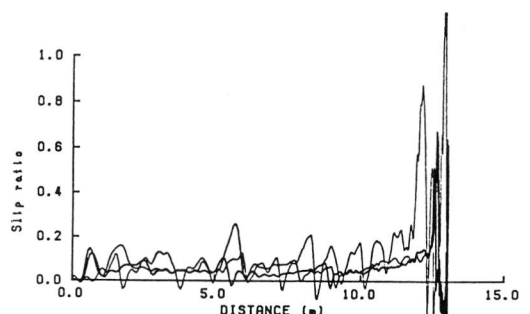


Fig.2 ホンダプレリウド（1984年型、HONDA-4ALB付）の直線制動時におけるスリップ比の変化

部のモアレ写真<sup>9)</sup>から、タイヤに生ずるヒステレンス損失の大きさの違いが主な原因と考えられた。

1980年代に入り、制動過程における走行安定性向上の要求などから、国産乗用車のブレーキ装置におけるブレーキ液圧コントロールバルブ、更に後輪におけるABS (Antiskid Brake System) が採用されるようになった。この結果、事故現場道路上のスキッドマークにも印象の薄いものが現われるようになった。このスキッドマークのフェイント化は、我が国においては1980年代後半における4輪ABSの出現により一層顕著なものになった<sup>10-12)</sup>。

我が国における、初期の4輪ABSを装着したトヨタ・クラウン及びホンダ・プレリウドの制動時におけるスリップ比の測定例を、Fig.1,2 に示す。Fig.1,2 からクラウンのタイヤスリップ比は、制動開始から停止までほぼ0.2以下であり、印象の非常に薄いスキッドマークであった。これに対して、ホンダ・プレリウドにおいては一輪のロック状態になる場合がある等、当時のABS車においてはスキッドマー

ク全体のパターン、車種による違いの現われる場合があった。しかし、最近のABS車においては、ロック状態での車輪の滑走はなくなり、ABS装着車のスキッドマークの違いを見出すことは困難になった。

近年、このABSの乗用車への採用は年々増加の傾向にあり、いわゆる大衆車にも、この種の制動装置が取り付けられるようになった。また、ABSの大型車への採用も検討され、我が国においては、1992年度からABSのトレーラへの取り付けが義務化されるなど<sup>13)</sup>、そのABSの装着は大型車、小型車を問わず、今後ますます増える傾向にある<sup>14)</sup>。この結果、交通事故調査における制動初速度算出のためのスキッドマークの有効性が危ぶまれるようになった。

### 3. フェイントスキッドマークの問題点

交通事故調査における制動初速度算出のためのスキッドマークの利用においては、その全長を基本的資料とするのが一般的である。車輪のロック状態で滑走し、停止する場合に記されるスキッドマークの多くは、印象の薄い部分の、その全長に対する割合が小さい。このため、制動初速度の比較的大きい場合、測定誤差を小さくすることができた。しかし、最近のABS装着車によるスキッドマークは、そのほとんどが、印象が薄く写真などへの記録の困難なものが多い。また、印象の濃いもの程、制動時におけるスリップ比の高いことも周知の事実である。このため、どの程度印象の薄いものまで事故工学におけるスキッドマークの長さとして測定すべきかが問題になる。

そこで、我々は前回の研究<sup>15)</sup>に続いて、再度スキッドマークの印象状況とスリップ比の関係について調査した。

#### 3-1 スキッドマークの印象実験

使用したテスト及びその測定方法は前回とほぼ同じである。前回の実験では、2種類の路面

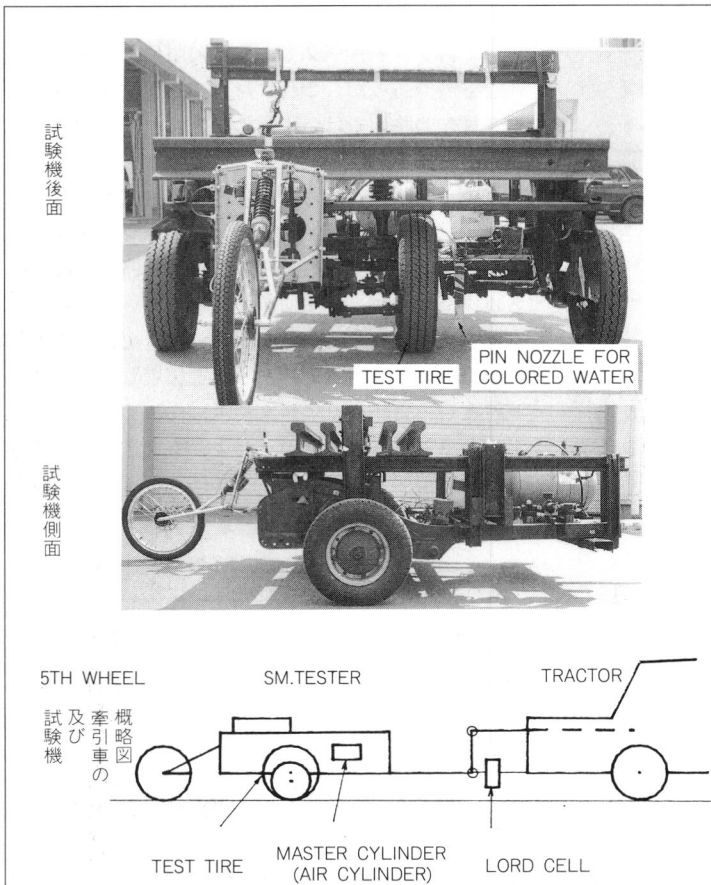


Fig.3 スキッドマーク試験装置

及び3種類のタイヤを使い検討した。しかし、その路面は交通量の比較的少ないものであり、またタイヤは現時点において、型の古いものであるなどのため、日常の事故調査に適応できないとする疑問も生じた。このため、今回は交通量の多い路面、またスタッドレスタイヤなどを加えて再検討した。

スキッドマークを印すテストの概観をFig.3に示す。今回、テストタイヤ及び第五輪の回転は、170パルス/回転の信号により観察した。実験は国道及び市街地の道路で行った。その路面はいずれもアスファルト舗装で、Fig.4に示す粗さの異なる3種類である。図中Aで示す路面の粗さの状態<sup>7)</sup>は、マクロの粗さが粗で、ミクロの粗さがやや粗に近いものと表現可能である。同様に、路面Bはマクロ及びミクロの粗さとも、粗と表現可能である。また、Cはマクロの粗さが密で、ミクロの粗さが粗と表現可能で、舗装工事の実施直後のものである。

使用したタイヤは、Fig.5に示す3種類のラジアルタイヤで、それぞれA：トラック用、及びB、C：乗用車用タイヤである。

実験は、約5m/secで走行中のテストの試験タイヤに、エアシリンダの駆動によるテスト用マスタシリンダを使って、ブレーキ液圧の立ち上がり速さの小さい制動を行い、路上にスキッドマークを印象させた。この間、テスト牽引車のアクセルペダルの操作により、テストの走行速度をできる限り一定に保った。

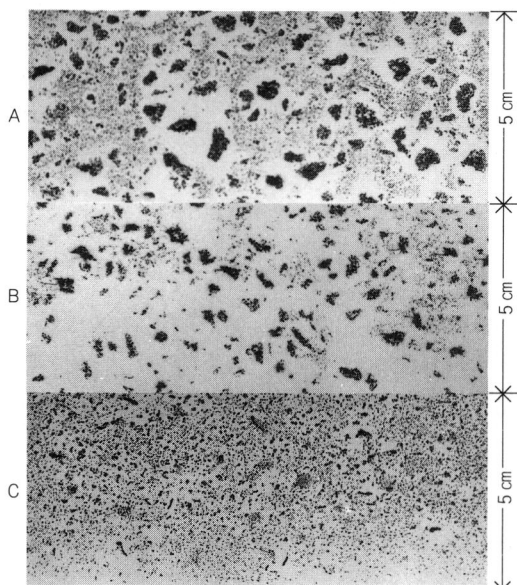


Fig.4 実験に使用した路面粗さの状況

また、スキッドマークの観察を容易にするため、テストタイヤによるフェイントスキッドマークと平行して赤色の水を噴射し路上に記した。そして、制動開始後20～30m走行し、この間前述の液圧を徐々に高め、その試験タイヤのロック状態になる直前、またはそのロック直後に牽引車の制動装置により停止させた。実験は各々の路面及びタイヤについて、それぞれ5回行い、それぞれの平均値を求めた。

道路上に印されたフェイントスキッドマークは、二人の観察者が斜光線を使うなどして肉眼により観察した。この際、印象が薄く、幅がタイヤトレッドのそれに近いものを第一段階のフェイントスキッドマーク、これに対して肉眼で確認可能ではあるが印象が極めて薄く、その幅が狭く線状に見えるものを第二段階のフェイントスキッドマークとして測定した。

そして、それぞれのフェイントスキッドマークの印象の開始地点における、(1)式で示すスリップ比を後から求めた。次に、Fig.5に示すロードセルによる最大制動力(テストタイヤの制動開始からロック状態になるまでの間のテスト牽引力の最大値)とこの印象開始点における制動力(テスト牽引力)の比を求めた。それらの測定結果をTable 1、2中それぞれ、BS及びFRで示す。

$$\text{スリップ比} = (\text{第5輪回転速度} - \text{テストタイヤ回転速度}) / \text{第5輪回転速度} \dots\dots(1)$$

### 3-2 実験結果の考察

Table 1から第一段階のフェイントスキッドマークの印されたスリップ比は、多くの場合0.05以上であり、路面A-Radial (p.c.)の場合のみ0.04であった。更に、Table 1、2中BSで示すタイヤの最大制動力とこの種のスキッドマークの記された際

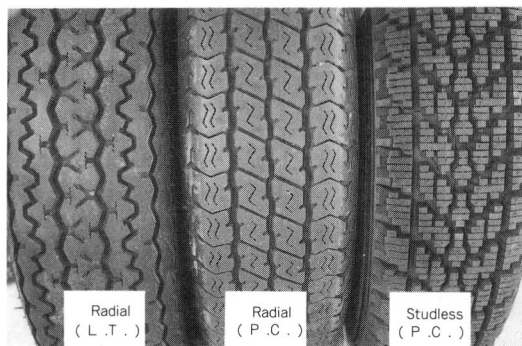


Fig.5 実験に使用したタイヤトレッド面の状況

Table 1 第一段階のフェイントスキッドマーク発生時の制動力比とスリップ比の関係

Tyre	Road Ratio		A		B		C	
	BS	FR	BS	FR	BS	FR	BS	FR
Studless (P.C.)	0.87	0.19	0.76	0.10	0.84	0.11		
Radial (P.C.)	0.78	0.04	0.95	0.34	0.86	0.06		
Radial (L.T.)	0.88	0.07	0.89	0.08	0.93	0.07		

注) BS：最大制動力とフェイントスキッドマーク発生時の制動力の比。

FR：フェイントスキッドマーク発生時のスリップ比。

Table 2 第二段階のフェイントスキッドマーク発生時の制動力比とスリップ比の関係

Tyre	Road Ratio		A		B		C	
	BS	FR	BS	FR	BS	FR	BS	FR
Studless (P.C.)	0.48	0.06	0.83	0.07	0.60	0.07		
Radial (P.C.)	0.33	0.02	0.79	0.06	0.70	0.04		
Radial (L.T.)	0.66	0.05	0.42	0.04	0.76	0.05		

注) BS：最大制動力とフェイントスキッドマーク発生時の制動力の比。

FR：フェイントスキッドマーク発生時のスリップ比。

の制動力の割合は、いずれの場合も約75%以上であった。一般に、タイヤのロック状態で道路上を滑走して、黒く濃く鮮明なスキッドマークを路上に記す際の制動力（ロック制動力）のその最大制動力に対する割合は約70%<sup>16)</sup>である。このことは、第一段階のフェイントスキッドマークの印される際、タイヤに発生する制動力と、タイヤのロック状態で滑走する際の制動力は、事故工学上、ほぼ等しいことを示している。

このため、事故調査におけるスキッドマーク全長からの制動初速度算出においては、今回示した第一段階のフェイントスキッドマークを、従来の黒く濃く鮮明なスキッドマークの全長に加えるのが適当である。また、この第一段階のフェイントスキッドマークに対する、タイヤと路面間の摩擦係数は上述の理由から、タイヤのロック状態で滑走する際のものと同じとして良いと考える。例えば、乾燥路面にお

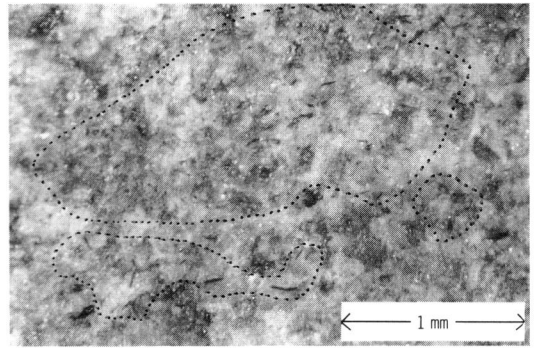


Fig.6 フェイントスキッドマークから観察された微小ゴム片の状況（点線内）

いては、多くの場合0.7~0.8としてよい<sup>7)</sup>。

Table 2 中、FRで示す第二段階のフェイントスキッドマーク印象時のスリップ比、及びその時の制動力と最大制動力との比は、Table 1の場合よりも小さな値になる場合も多く、また一定していない。一方、我々の行う交通事故調査においては、求める制動初速度が真の値よりも小さくなる要因は残すが、逆に大きくなるものは取り除くのが一般的である。このため、肉眼による確認の限界と思われるこの第二段階の印象の薄いフェイントスキッドマークは、事故調査における制動初速度算出におけるスキッドマークの長さに加えないことが良いと言える。

今回測定したフェイントスキッドマークの写真への記録は困難であった。しかし、路面を20~40倍に拡大して観察することにより、Fig.6に示す微小ゴム片の存在を確認することができた。但し、この種のゴム片を日常の交通事故現場から収集することは困難であると思われる。このため、現時点においては、フェイントスキッドマークについての観察及び記録は、全て交通事故現場で行わなければならない、調査するものの個人差を無視することができなくなる。

#### 4. まとめ

自動車用タイヤにより、路上に印される印象の薄いスキッドマーク：フェイントスキッドマークについて、調査研究を行い次の結論を得た。

(1)道路上に印されるスキッドマークは、自動車制動装置への油圧調節バルブ、アンチスキッドブレーキシステムなどの採用による制動装置の性能向上に伴い、ますます印象の薄いものになる傾向にある。

(2)骨材の多く露出したコンクリート路面などにおいては、車輪がロック状態で滑走するにも拘らず鮮

明な痕跡が印されず、フェイントスキッドマークになる場合がある。

(3)交通事故現場路面上に印される、アンチスキッドブレーキシシステムによる印象の薄いスキッドマークの写真への記録、及びその濃淡に関する表現方法の統一は困難である。

(4)試験機による道路上でのスキッドマーク印象実験で、印されたフェイントスキッドマークを次の2段階に分類して考察した。

#### ①第一段階のフェイントスキッドマーク

第一段階のフェイントスキッドマークは、肉眼で確認可能な印象の薄いスキッドマークで、その幅がタイヤトレッドの幅に近いものとした。

これの印された際のスリップ比は、多くの場合約0.1以下、また制動力の大きさはその最大制動力の約70%以上であった。このため、第一段階のフェイントスキッドマークを、制動初速度算出におけるスキッドマークの長さの一部として加えることが適切である。

#### ②第二段階のフェイントスキッドマーク

第二段階のフェイントスキッドマークを、肉眼で確認可能な印象の極めて薄いスキッドマークで、更にその幅の狭い線状に見えるものとした。

これの印された際のスリップ比及び制動力は第一段階のものよりも更に小さく、規則性のないものであった。このため、第二段階のフェイントスキッドマークを、制動初速度算出におけるスキッドマークの長さの一部として加えることは適切でない。

#### 参考文献

- 1) Baker, J. Stannard: Traffic Accident Investigation Manual, Traffic Institute, Northwestern University, 1975
- 2) 川上明「交通事故調査のためのスキッドマークについて」IATSS Review, Vol.7, No.2, 1981年
- 3) James C. Collins: Accident Reconstruction, TOHMAS SPRINGFIELD ILLINOIS U.S.A., pp. 168~171, 1979
- 4) Walter S. Reed, A. Taner Keskin: A Comparison of Emergency Braking Characteristics of Passenger Cars, SAE paper 880231, 1988
- 5) A. Shinohara, A. Kawakami: Studies on Braking - Wind Up Vibrations of Motor Vehicle and Its Skidmarks, Journal of the Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 1982
- 6) 川上明、篠原昭「急制動時におけるホップアップ現象とそのスキッドマークについて」日本交通科学協議会、交通科学研究資料第30集、pp. 49~52、1989年
- 7) 川上明「スリップ比1におけるスキッドマークと路面粗さの関係」科学警察研究所報告法科学編、Vol.35、No.2、1982年
- 8) 市原薫、枝村俊郎『道路施設工学』森北出版、P.23、1976年
- 9) 川上明他2名「急制動時におけるタイヤの変形(モアレ写真による解析)」1982年(未発表)
- 10) Klaus Engels: Verkehrsunfall und fahrzeugtechnik, Vol.21, No.5, pp. 133~138, 1983
- 11) 川上昭「ABS付き乗用車におけるスキッドマークについて」科学警察研究所報告法科学編、Vol.40、No.1、1987年
- 12) L. Daniel Metz, Roland L. Ruhl: Skidmark Signatures of ABS-Equipped Passenger cars, SAE Paper, No.900106, 1990
- 13) 『1991年度保安基準』日本自動車工業会、1991年
- 14) 星博彦、中谷美孝「ブレーキシシステムの動向とブレーキ液への要求特性」ペテロテック、Vol. 12、No.12、1989年
- 15) 川上明「スキッドマークの印象状況とスリップ比の関係」科学警察研究所報告法科学編、Vol. 39、No.3、1986年
- 16) 山崎俊一他2名「タイヤの制動及び駆動に関する研究」日本自動車技術会、JSAE No.911068、1991年