

交通事故における技術的解析

小 金 勝 美

1. ま え が き

最近における自動車の傾向として、貨物車の大型化、及び交通事情によるブレーキの使用頻度の増加、あるいは乗用車の高速度化等によって、いくつかの新しい問題が提起されている。

これは、20トン貨物自動車、昨年の盛夏、数河峠（国道41号岐阜県神岡町）の長坂路を降坂中にブレーキの制動力を消失して、人家を破壊したうえ、さらに横断待期中の婦人2名を即死させた事故であって、運転者の過失と簡単に片付けられない新しい問題の可能性を秘めた事故の技術的な解明を試みたものである。

この時事故に立会した、検査官の証言だけでは納得できないとして裁判所に鑑定を申し立て、その技術的解明を依頼された、鑑定人の助手をつとめた関係の私的記録であるが、整備技術の信頼性の限界を検討するという結果となったので、ここに述べる。

2. 事 故 の 概 要

ドライバーは大型2種17年の経験を持つ41才の職業運転手であり、溶解アスファルトを専門に運送する20トンの大型タンク・ローリ車（ニッサン・ディーゼルCD-30P）である。

三重県四日市市から石川県又は富山県に運送するので、北アルプス周辺の峠を越えなければならぬものであり、かつ運搬するアスファルトは道路舗装の始まる翌朝丁度に到着しなければならない関係上、四日市のコンビナートを夕方積み込み夜通し走行するという苛酷な条件のものである。

それで道路工事の期間中は、この状態で続くので、事故を起した運転手は、2夜続けて石川県に行き、3夜目の朝に数河峠で事故を起こしたものである。

地元警察の調べでは峠を越えた後の緊張感のゆるみと、連夜に亘る過労から仮睡状態に陥り、側溝に落ちてから、ハット我にかえり、あわててブレーキを踏んだのだが、その時の感じが、とても、もどかしくてブレーキ・ペダルが一向に踏み込めないような気持であったと供述されている。

しかし其の後、自宅に帰ってから何回も現場の状況を繰り返し反省し思い起してみても、間違い

なく居眠運転でないという自信めいたものが沸いて来て、第2回の公判からは、ブレーキ・ペダルを踏んだがブレーキは効かなかった、追突をさけるために左にハンドルを切ったものであるという確信になったものである。

このことは事故の現行犯として逮捕された直後の最初の尋問でもそう答えていた。ただ拘置されていた当時の気持として、2人の人間を殺しているという、責任感と、あくまで嘘を言って逃げているという誤解から罪が重くなるのではないかというあきらめから検察官の言うとおりに従っていた。しかし其の後、弁護士に励まされて、絶対にブレーキを踏んだという自信から、事故車の鑑定となったものである。

鑑定事項としては、ベーパー・ロック及びフェード現象の有無について技術的証言を求められたものである。

3. 技術的解明

そこで、我々は始めにベーパー・ロックが起き得るか、現場検証を行ない、次にフェード現象について乗鞍スカイラインで、フェードの確認を行なった。その後ライニングの当りについて検討した。

3-1. ベーパー・ロックの検討

ベーパー・ロック (vapour lock) であるが、油圧系統が加熱させられて、ブレーキ液が蒸発し気泡が出る。原因として、高気温、ライニングとドラム間に発生する熱による加熱、機関や排気管よりの輻射熱が考えられたが、急坂路でブレーキを連続使用した時の摩擦熱以外は除外した。それで液にかかっている圧力によって、液が蒸発を始める温度は左右される。液にかかる圧力が十分に高ければ高温度においても蒸発が起らないという事実である。

ふそうB2トラック(7.5ト積)についての長坂路降坂試験のデータによると、盛夏に御坂峠一下黒駒(甲府側)および長尾峠-湯本で走行試験を行ったところ、ホイール・シリンダ内液温が85℃~90℃に達したが、実際にはブレーキ・ペダルをしばしば踏むので、その度に液圧が上昇し、蒸化した気泡は液化復元するという。及び液温上昇によって体積が膨張し液圧が上昇すること等の理由でベーパー・ロックが起きなかった。しかし降坂後において、停止している時に液温は上昇しつづけ約10~15分後に最高温度が95~100℃に

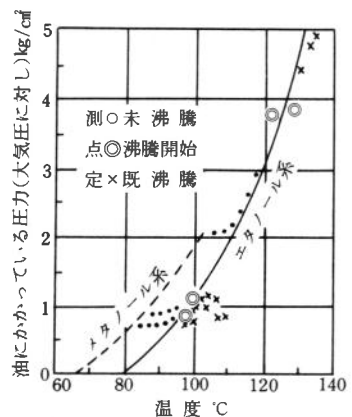


図1 ブレーキ油の沸点(測定点はエタノール系のもの)

達し徐々に冷却していったのである。

この状態で平地を走行したときは、ブレーキは時たましか使用しないので蒸気量は多くなりブレーキの効きを消失したのである。

これは液温の低下による液の体積収縮のため圧力の低下を来たし、ベーパー・ロックを起したものである。

以上の結果から、ベーパー・ロックは降坂中よりは、降坂後の方が発生する可能性を多く含んでいることが判断できる。

そこで今回の事故であるが、数河峠周辺は流葉スキー場があって下り勾配が次の通りである。

6%：7区間，5.98%：1区間，5.8%：3区間，5.5%：3区間，それからカーブ区間は次の通りである。

第1ヘアーピン，第2ヘアーピン，スキー場の北カーブ，西公民館前のカーブ，南製材所前のカーブ，研石資材会社手前カーブ（事故現場）となる。従って事故現場に至るまでに排気ブレーキのほか，フット・ブレーキも使用しなければ降坂は無理である。そして降坂後の事故現場の下り勾配（5.5%）に来てからベーパー・ロックを発生するという可能性は充分にあるが，我々乗用車で走行した所事故現場付近において，何回かブレーキを使用しなければならなかった。また走行回数を重ね，ブレーキ作用を色々繰り返したが，ベーパー・ロックは起り得なかった。それに被告の証言では，「ブレーキは堅くて踏み込めなかった」踏み込みの深さが変わったことはないといふ供述している。

また当初に立会した検査官が事故車の調査のとき「ブレーキ・ドラムが堅くて手でははずせず，オイル抜きをしてドラムをはずした。（これは事故の時にエア・マスタ・シリンダ付近のオイル・パイプが曲り液圧力が戻らず保持された残圧のためである）」と証言し，またこの時のエア一圧は6 kg/cm²を示していたことを記録している。

以上のことから，もし，ベーパー・ロックを発生しているものならば，ブレーキ・ペダルは，蒸化した気泡の関係でふわふわした感じで踏みごたえがない筈であるので一応ベーパー・ロックを否定した。

3-2. フェードの検討

フェード (fade) は，ブレーキ・ライニングが過熱して，材質が一時的に変化し摩擦係数が減退すること，又は過熱のためブレーキ・ドラムが僅かながら膨張変形して，ブレーキ・ライニングの当りが悪くなることが考えられる。

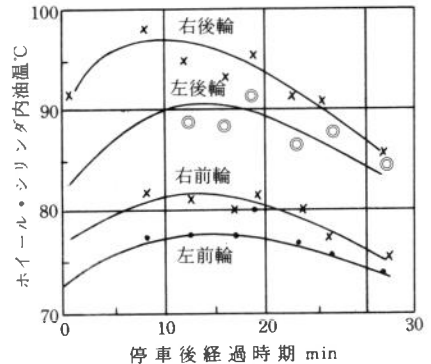


図2 降坂（長尾峠-湯本）後停車中のホイール・シリンダ内油温の変化

この時こそ、ブレーキ・ペダルは堅くて踏み込めない状態で、ブレーキの制動力を消失するという現象である。

そこで、パブリカ1000を用いて、ライニング交換後（走行 300 km）乗鞍スカイライン、夫婦松駐車場—平湯峠頂上間において走行実験をした。

4人乗車で時速80km/hより制動を開始して時速15km/h前後において、制動力は消失してブレーキ・ペダルは堅くて踏み込むことが出来なかった。そこで制動を解除して約120～180秒（走行約500～600m）後に制動を再び開始した所、フェードは消失して制動効果が表われた。次に前回と同様に走行した所15km/h前後において制動力の消失は起らなかった。

次に、ブレーキ装置ダイナモ・メータ試験における、フェードと摩擦係数の関係を表わす、第2フェードにおいては、第1フェードで形成された熱安定層のためフェード開始温度が高くなる。

今回の事故車の場合、車検後約 600 km 走行時であり、ライニングを交換しているゆえに、ライニングは新しいほどフェードが起きる可能性が多くあるので第1フェードが起きたと考えられる。

以上のことから、フェードの確認のためには、

①熱的形成部の有無、②分解アスベストの有無、③アルミニウム等の添加物の変化の有無、等を化学的に分析すれば、フェードが後になってからでも確認できると考えられる。

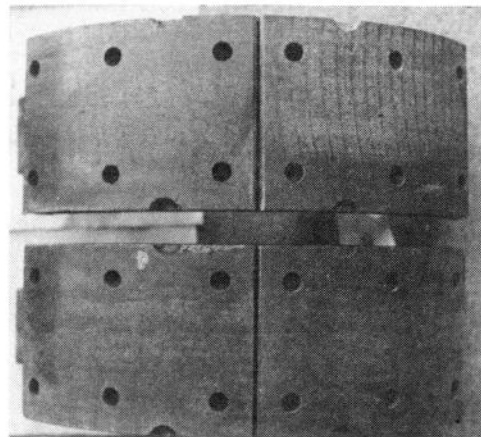
3-3. ライニングの当り面の検討

当り面が全面積の約30%で中央付近から、アンカ・ピン側に集中し、また一部分はバック・ブート側に集中している。

制動を最大限に発揮できる当りは、任意の点に働く圧力 P とすれば、 P は $\alpha = 90^\circ$ の M 点において最大値 P_{max} をとり、 $P = P_{max} \sin \alpha$ である、ゆえに最適な当りは、(写真より) 上部ライニング先端より (130 mm) の所が最大圧力 P_{max} を取るので、当り面はそこを中心として少なくとも全面積の80%以上を示さなければ

温度℃		$I = 5.75 \text{ kg} \cdot \text{S}^2$	
		フロント右	フロント左
第一フェード	100	0.357	0.336
	200	0.342	0.332
	300	0.251	0.221
	フェード時 最高温度	332℃	320℃
第二フェード	100	0.416	0.420
	200	0.335	0.395
	300	0.310	0.300
	フェード時 最高温度	362℃	348℃

温度特性 μ の値



フロントライニング左側

ばブレーキ力は出ない。

次になぜ写真の様な当りになったかを検討をすると、ライニングの当りは、図3に示す様でなければならないが、ライニング交換時における調整方法により、図4、5に示す結果が表われる。

この結果から、今回事故車のブレーキ調整は図5の調整がしてあったと思われる。また、バック・プレート側約20mm巾が、円周全体について当っているが、まだ横線が完全に消えていない状態であるので強い当りを示していない、この状態は、ドラムの変形、アンカ・ピンとブッシュの摩耗によるブレーキ・シューの傾、バック・プレートの歪み等が考えられるが、検討の段階において、ドラム、バック・プレート及びアンカ・ピンが紛失していたのでそれらを検討することはできなかった。

次にこの当りの状態から、フェードが起きているかどうか、そこでこのライニングに作用する面圧を求めて見ると、次の式より、 $\alpha = 90^\circ$ で、最大値 P_{max} を取るので、

$$P_{max} = P / bR \cdot (lh + lp) / lh \{ A(\alpha_2) - A(\alpha_1) \} + \mu_e \{ B(\alpha_2) - B(\alpha_1) \} - \mu_e R \{ C(\alpha_2) - C(\alpha_1) \}$$

そこで、 $P: 120\text{kg}$ 、ホイール・シリンダのピストンの作用圧力、 $b: 120\text{mm}$ 、ライニング巾、 $R: 205\text{mm}$ ライニングの外半径、 $\mu_e: 0.4$ 摩擦係数で、 $P_{max} = 20.2\text{kg/cm}^2$ が得られた、これは正常な当りを示している時の圧力（図7）であるので写真のライニングにおいては、面圧は非常に高くなり温度上昇が激しくライニングの摩擦係数の低下をきたしフェードを起していると推定できる。

また、この当りの状態で、ブレーキ・テストにおいて測定した結果の全制動力の総和は6,520 kg（車検時完成検査証より）であり軸重（前軸の66%、後軸の62%）の60%以上が得られ法的には合格するが、実際走行においては、ブレーキは全くきかないと言っていいだろう、ち

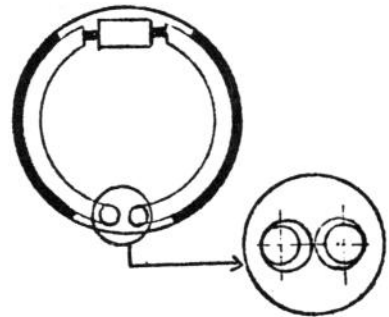


図3 アンカ・ピンを正しく調整

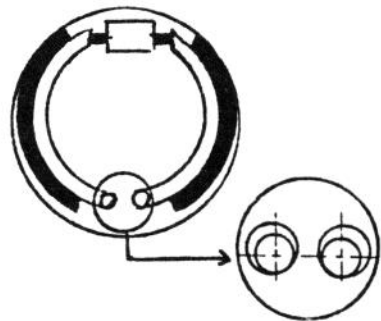


図4 アンカ・ピンカム部上側

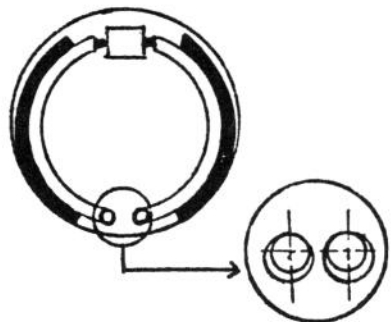


図5 アンカ・ピンカム部下側

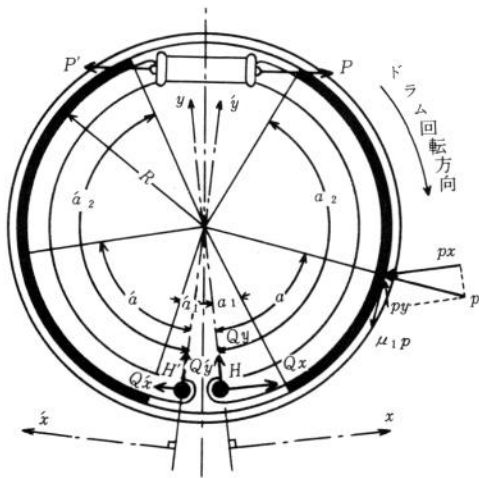


図6 ライニングに働く諸力の関係

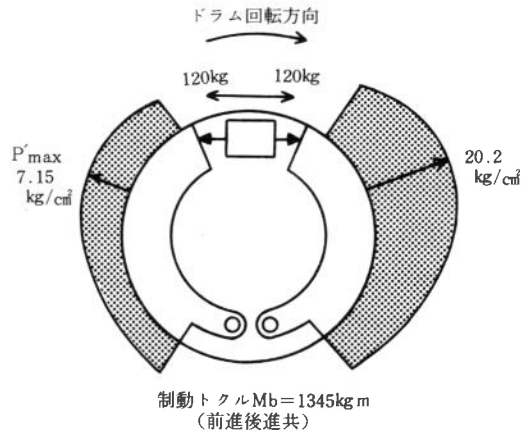


図7 CD-30Pの圧力分布

なみにこれより制動距離を見ると、(制動力は完成検査証より、また他の色々な諸問題を考慮せず) 33.7mになり、法的初速度50km/hにおいて22mとすれば、最低9988.2kgの制動力を要する。(但し事故当事の車速は50km/hと供述されている)

以上の結果より、ライニングの当り不良がフェードを助長させ、制動力が減退し停止距離が伸び、それに加え、過労等の諸問題が重なり事故となったと結論をだした。

4. あとがき

交通事故においては単なる運転者の過失によって片づけられる問題も多いが、整備上のミスが今回の事故の様に車検合格後に重大な結果を招くことになる。この事は整備教育の一貫性に人命尊重の心が失なわれている気風があるのではなからうか。我々自動車について教育する者が技術面でなく技術者の人間形成にも主体をおこななければ、今回の事故の様に少しのミスによる事故が続発すると思われ、交通事故の要素に整備の問題が多く含んでいるのではなからうか。

以上色々述べさせていただきましたが非常に歯切れの悪い文章になってしまったことをおわび申し上げます。

参考文献 近藤政市 基礎自動車工学