

二輪車用耐パンクチューブレスタイヤの開発

Development of Puncture-Resistant Tubeless Tire for Motorcycles

原 田 智 之*

Tomoyuki HARADA

高 橋 博 久*

Hirohisa TAKAHASHI

山 際 登志夫*

Toshio YAMAGIWA

田 中 明 子*

Akiko TANAKA

要 旨

耐パンクチューブレスタイヤは耐パンク二重構造タイヤチューブの技術を適用して開発された。開発されたチューブレスタイヤの内側は二重構造になっている。この二重構造タイヤの高温環境下と低温環境下での耐パンク性能テスト、傷の大きさの限界性能、及び穴あき状態での耐久走行テストで良好な結果を得た。高温環境下テストでは径9 mmのピンの刺し傷まで空気漏れを防ぐことが確認できた。また、刺し傷がある状態での走行耐久テストではタイヤ摩耗限界の 20 000 km まで走行可能なことが確認できた。

ABSTRACT

A puncture-resistant tubeless tire has been developed using the same principles as the puncture-resistant double-chamber inner tube. The inside of the newly developed tubeless tire is a double-chamber structure. The new double-chamber tires were tested at high and low temperatures for puncture resistance and to determine a damage-size limit. They were also endurance-tested with a hole deliberately created in the tire, and positive results were attained. The high-temperature test has proven that the tire prevents air leakage after piercing with a pin as large as 9 mm in diameter. In addition, the endurance running tests have proven that the tire with pierce damage is able to run up to the tire wear limit, 20 000km.

1. まえがき

空気入りタイヤは 1845 年に Thomson によって考案され、1888 年にイギリス人獣医の Dunlop により実用的な空気入りタイヤが開発された。それから 120 年が経過し、現在も大量に生産されている。この空気入りタイヤはタイヤの 4 大必要機能を満たしていることが特徴である。それらの機能を以下に示す。

- (1) 車の荷重を支えること。
- (2) 駆動力・制動力を路面に伝えること。
- (3) 路面からの衝撃を緩和すること。
- (4) 方向を転換・維持する最適な弾力性があること。

空気入りタイヤの歴史は、またパンク対策の歴史でもあったが有効な技術が開発されていなかった。

最近の二輪車は、製造品質や耐久性の向上などにより、走

行中のトラブルは減少している。しかし、スペアタイヤが積まれていない二輪車ではパンクが起きると修理するまで走れなくなるので、パンク耐性の高いタイヤが望まれていた。

Honda は 1996 年にタイヤチューブ用の二重構造で特殊液を封入した二輪車用パンク対策チューブを開発し、日本、インド、ブラジルなどで販売してきている。

本稿では、新たに開発したチューブレスタイヤの耐パンク性向上技術について述べる。

2. 二重構造タイヤチューブ

2.1. 二重構造タイヤチューブの構造

1996 年に開発した二重構造タイヤチューブ⁽¹⁾(以下、二重構造チューブという)はFig. 1 に示すような構造をしている。チューブのタイヤトレッド側を 180 度範囲で二重構造

にし、その空間にパンク防止液を封入する。パンク防止液室と空気室は互いに独立していて、空気圧によりパンク防止液室は常に圧力で押される状態になる。このため、パンク防止液室のどの部分に釘などが刺さっても液は圧力で押されて穴からパンク防止液が出てくる。このときに穴まわりのチューブのゴム弾性により液中の繊維などをはさみ込んで空気漏れを防いでいる。穴があいた箇所がタイヤ上方にある状態で長期駐車しても、穴周辺には常にパンク防止液が保持されているので空気漏れを防げる構造になっている。

2.2. 穴ふさぎメカニズム

二重構造チューブの穴ふさぎのメカニズムを Fig. 2 に示す。タイヤトレッド側に釘などが刺さると、通常はタイヤのパンク防止液室から空気室まで貫通する穴があく。外側のタイヤの穴から空気が抜けるときにパンク防止液の液成分が固形分の繊維を運び、この繊維がゴムの弾力ではさみ込まれる。さらに繊維間の隙間を微粉末と液が埋めて穴をふさいでいる。数種の繊維を配合することで大小の穴の穴ふさぎ性能を向上させている。チューブ内側には、空気圧があるのでパンク防止液はチューブ内圧がある限り内部に漏れない。Fig. 3は実際にパンク防止液が穴をふさいでいる画像である。繊維がゴムの間にはさまっているのがわかる。

2.3. 二重構造チューブの効果

二重構造チューブの市場での効果を検証するため、新聞

の戸別配達二輪車98台を用いて比較した。新聞配達二輪車は積載の頻度が高く、発進・加速・停止の繰り返しが多い過酷な使用状況である。従来のチューブと二重構造チューブの使用状況をそれぞれ4～6ヶ月間比較した結果を Fig. 4 に示す。二重構造チューブはパンク件数を従来のチューブより 90%低減できることが確認できた。

3. 二重構造チューブレスタイヤの概要

二重構造チューブのパンク対策技術をチューブレスタイヤにも適用してパンク対策二重構造チューブレスタイヤ(以下、二重構造タイヤという)を開発した。

二重構造タイヤの構造を Fig. 5 に示す。

タイヤトレッド側を二重構造にし、その中に開発したパンク防止液を封入している。ホイール装着状態で、パンク防止液室と空気室は互いに独立し、空気圧が常にパンク防止液室を押している。このため、パンク防止液室のどこに穴が

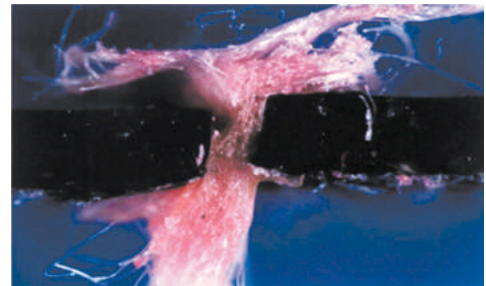


Fig. 3 Photo of filling situation

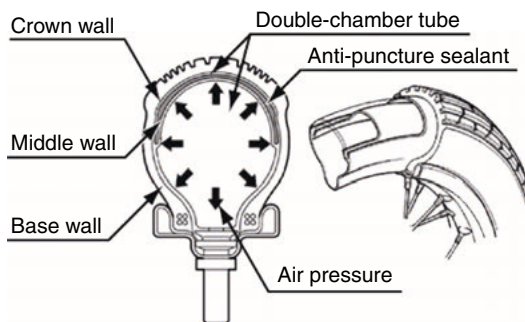


Fig. 1 Structure of double-chamber tube

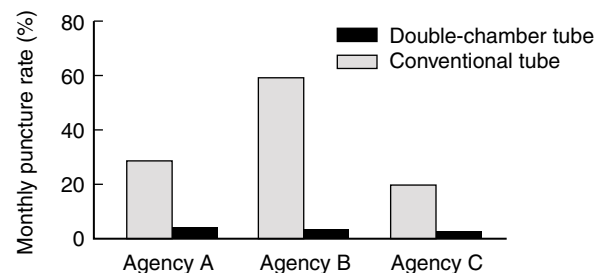


Fig. 4 Effectiveness of double-chamber tube

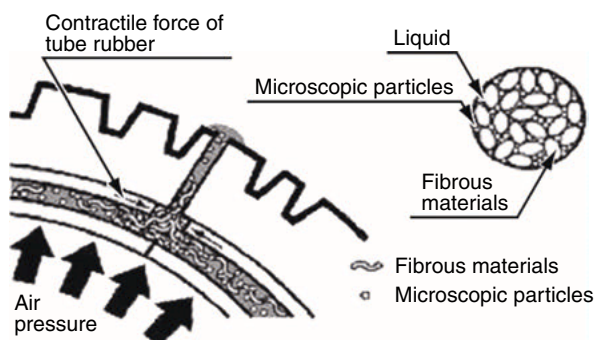
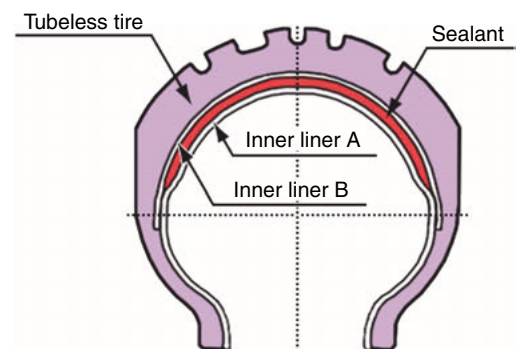


Fig. 2 Filling mechanism



Inner liner added to conventional tubeless tire

Fig. 5 Double-chamber tire

あいても空気圧で押されたパンク防止液が穴から出て空気漏れを防ぐ点は二重構造チューブと同様である。穴があいた位置が駐車状態で上方になる場合でも、穴周辺にはパンク防止液が残りシール性が確保される。点検・修理などで、タイヤ空気を抜く場合でもバルブからパンク防止液が出てくることはない。

Fig. 6にパンク対応技術における系統図を示す^{(2), (3)}。二重構造タイヤはパンク対応技術の中では、穴があいても空気圧を漏らさない技術であるため、従来の空気圧が抜けた後の対応技術とは大きく異なる開発となった。

4. 二重構造タイヤの開発

4.1. 開発目標

二重構造チューブと同等の性能をねらって、下記の開発目標とした。

- (1) 従来のタイヤ製造工程を大きく変更することなく製造できること。
- (2) 釘穴があいてもタイヤ寿命まで走行可能なこと。
- (3) ノーマルのタイヤと同等の操縦安定性能を有すること。
- (4) 従来のホイールと互換性があること。

4.2. 生産技術開発

4.2.1. 製造工程

封入液室を従来のタイヤ製造工程^{(4), (5)}の中でどのように形成させるかが課題であった。タイヤ工程を Fig. 7 に示す。

バイアスタイヤは通常、成形工程でタイヤを構成する各種のシートをドラムに順番に巻きつけて筒状に成形する。このシートは最初にインナライナと言われる空気の透過の少ないブチル系ゴムを巻きつけ、その後カーカスと呼ばれる角度をつけた織布をゴムで挟んだシートなどを設けて、最後に接地面になるトレッドゴムを巻きつける。

この生ゴムの筒を加硫型に入れて、温度・圧力を掛けてタイヤに成形する。タイヤの接地面の凸凹のトレッドパター

ンは加硫型に設けられていて、圧力で押されて形成される。

二重構造タイヤの液室は、この行程を大きく変えることなく、液室を形成するゴム間を、成形後にはく離できるようなシートで他のタイヤ材料と同様に筒に巻くことにより、液室を形成しようと試みた。

成形後にはく離させる考え方は、二重構造チューブも同様であるが、チューブは加硫行程での膨張率が10%以下と小さいことから、タルクと呼ばれる石粉を付けることでゴム間の溶着を防止し、はく離を可能としている。

しかし、タイヤは Fig. 8 に示すように、加硫工程での膨張率が150%前後と大きく、タルク粉では伸ばされて粉がなくなった部分でゴム間が接着してしまう。

よって、離形シートの条件としては以下とした。

- (1) ゴム膨張時の伸びに追従でき、離型可能なこと。
- (2) パンク防止性能に影響を与えないこと。

Table 1 に示すように各種のシート材料を検討した結果、前述の両条件を満たし、コスト面、耐久性も良好な Film D を選択し、二重構造タイヤの成形が可能となった。

4.2.2. パンク防止液の均一分布性

トレッド側の液室の液は、どこに穴があいても空気漏れを防ぐことが必要なので均一分布をしていることがよい。1本の二重構造タイヤの対角位置に径0.8 mm, 3 mm, 5 mm のピンによる刺し傷を各2個、さらに径3 mm のピンによ

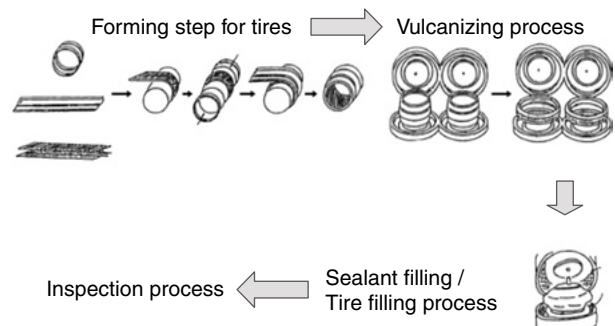


Fig. 7 Manufacturing process for tires

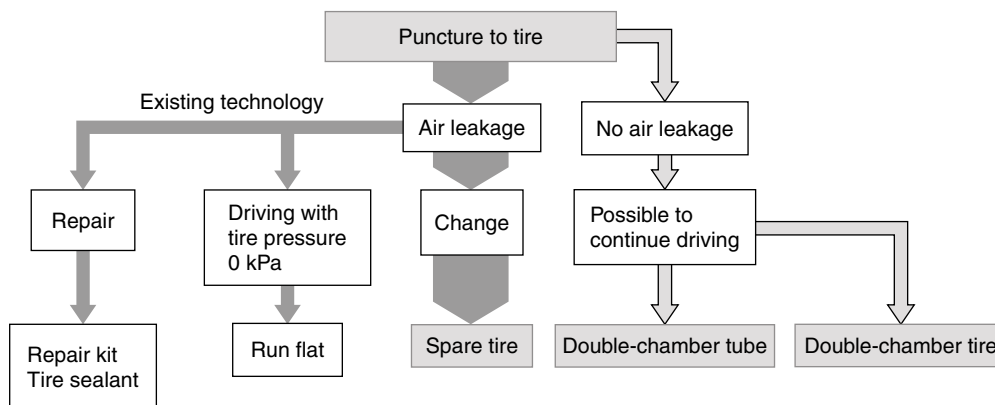


Fig. 6 Schematic diagram of technology dealing with puncture

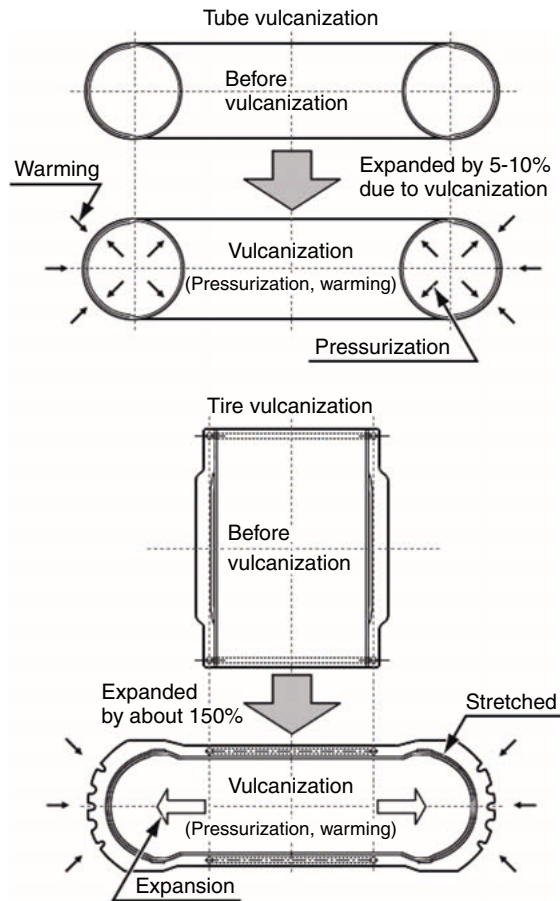


Fig. 8 Vulcanizing process

Table 1 Consideration of release agent

Test sample	Formability of fluid chamber	Initial anti-puncture performance	Anti-puncture performance after durability test
Talcum	Insufficient	Insufficient	—
Sheet A	Insufficient	Insufficient	—
Tape A	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film A	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film B	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film C	Sufficient	Sufficient	Insufficient
Film D	Sufficient	Sufficient	Sufficient

る刺し傷を2個の計8個設けて走行した後、CTスキャンを用いて液の分布状況を確認した。その結果をFig. 9に示す。タイヤトレッドの厚みを測定した結果、液の分布は均一性が保たれていることが確認できた。

4.3. 耐パンクテスト結果

耐パンク性能向上を目標に開発した二重構造タイヤの重要な性能は、穴があいてからも走行することである。刺し傷を設けたタイヤでドラム耐久テストをおこなった結果、Fig. 10に示すように走行速度 65 km/h で 10 000 km の走行が可能ことが確認できた。このテストでは、より厳しい

条件として釘を刺してから抜いた条件でおこなった。

Fig. 11 は、径 2.8 mm の釘を刺した通常のタイヤをドラム上で回転させたときの、チューブタイヤとチューブレスタイヤのタイヤ空気圧の変化を示す。

タイヤ空気圧は、釘が抜けるまでは変化は少ない。ただし、高速域で遠心力が大きくなると、釘が抜け、空気漏れが起こる。そのとき、チューブタイヤの方が、チューブレスタイヤより空気漏れが早い。また、同速度で走行した場合、半径の小さいタイヤの方が、角速度が大きくタイヤ外周で釘にかかる遠心力が大きくなる。そのため、小径タイヤの方が、刺さった釘が低速域でも抜けやすくなる。

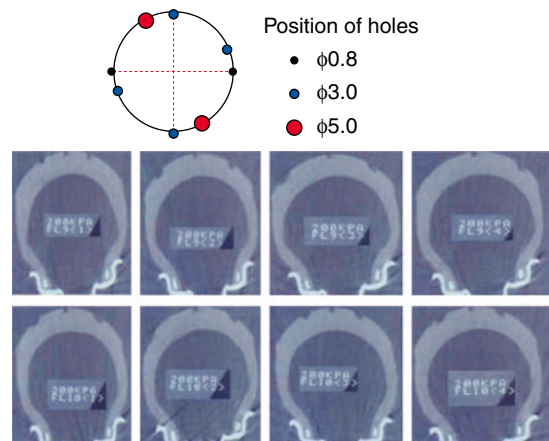


Fig. 9 Pictures of tire by CT scan

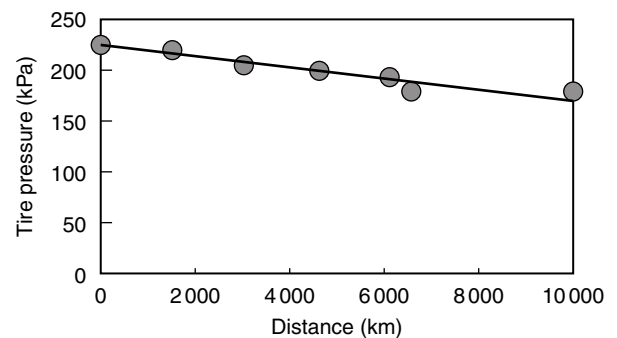


Fig. 10 Result of durability test on drum bench

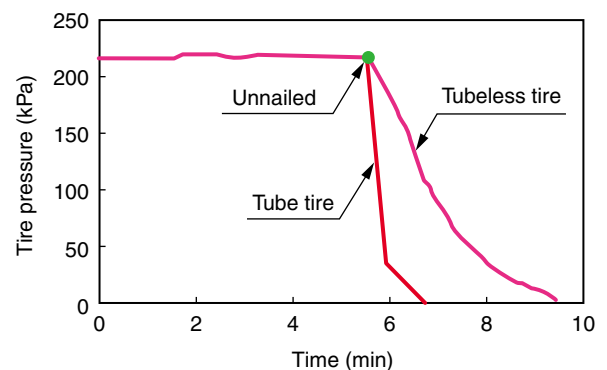


Fig. 11 Result of air leakage by drum bench test with sticking nail

4.3.1. 実走耐久テスト

実走耐久テストにおいて、刺し傷を設けた二重構造タイヤにてタイヤ摩耗限界までの 20 000 km の実走耐久を実施し、空気漏れの状態を確認した。また、限界条件テストとしての高温環境下と低温環境下での穴ふさぎ性能、および実車走行も安定した性能が得られることを確認した。

Fig. 12 は刺し傷を設けた後に 20 000 km を走行した実走耐久のテスト結果を示す。このテストではパンクの条件を厳しくするため、丸いピンによる刺し傷ではなく、幅 2 mm 厚さ 0.3 mm の刃物を用いて刺し傷を設けた。12 000 km の走行後は約 30% の空気圧低下が見られたが、その後、適正空気圧に戻した後、タイヤトレッド溝の摩耗限界である 20 000 km まで走行した。

4.3.2. 高温環境下テスト

テストは気温 48℃ の USA のデスバレーでおこなった。Fig. 13 はタイヤに刺し傷を設けた後の高温環境下における走行テストの結果を示す。同一タイヤに径 1 mm から径 9 mm までのピンを用いて径の小さい順に 9 個の刺し傷を設けた。

刺し傷を設けるごとに 6 km 走行させてタイヤ空気圧を確認している。径 7 mm のピンで刺し傷を設けたときの空気圧の落ち幅が 15% あるが、これは大きい穴が液をつかんで空気漏れを止めるまでの時間が掛かり、その間に漏れた空気圧である。

次にリヤタイヤに径 3 mm のピンで刺し傷を設けて、300 km

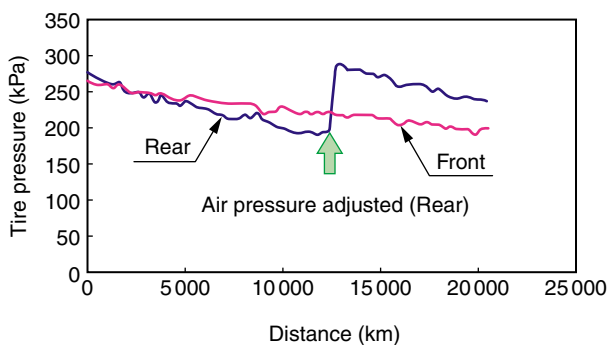


Fig. 12 Result of durability road test with tire with hole

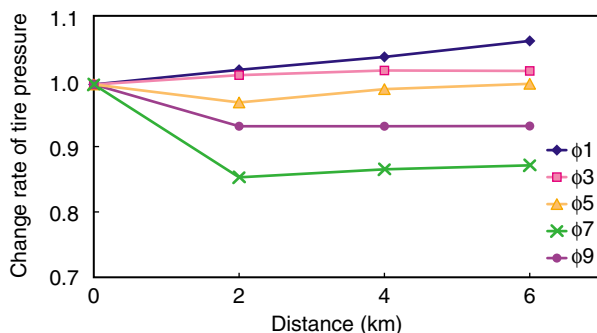


Fig. 13 Result of performance test at high temperature with tire with hole

の耐久走行をした結果を Fig. 14 に示す。刺し傷を設けていないフロントタイヤと比較した。途中の空気圧が落ちている部分は夜間の待機時間で気温が下がったときであり、その後の部分は気温の低い午前中に走行した結果である。刺し傷を設けていないフロントタイヤの空気圧変化と比較するとリヤタイヤも空気漏れがないことが確認できる。

4.3.3. 低温環境下テスト

気温 -5℃ の低温環境下で 200 km 走行させた結果を Fig. 15 に示す。リヤタイヤのみに刺し傷を設けて、フロントタイヤは刺し傷なしとした。リヤタイヤは駆動輪のために低温環境下では温度上昇がフロントタイヤより大きく、空気圧上昇が大きいことがわかる。

4.3.4. 操縦安定性

開発した小型スクータ用チューブレスタイヤで操縦安定性を確認した。タイヤの二重構造化に伴いタイヤのケース剛性が変わるので、コードアングルなどのタイヤ内部構造の変更をおこない、ノーマルタイヤと同等の操縦安定性能を得ることができた。

4.3.5. ホイール互換性検証

本開発品はタイヤ接地面のトレッド内側の構造が二重構造となっていること以外でタイヤ構造および構成について従来のタイヤと大きな変化点はない。二重構造タイヤの従来のリムに対する組付け性を確認した結果、開発目標の一つであるタイヤの組付け性には影響しないタイヤであることが確認された。

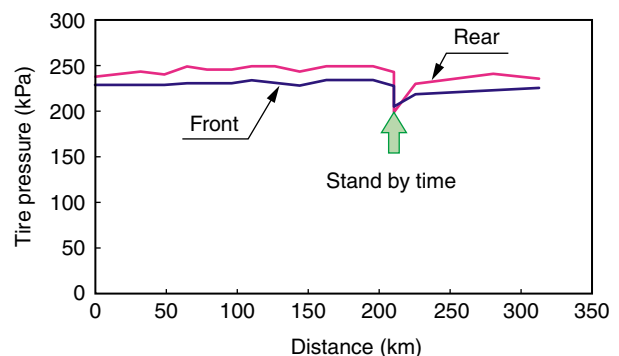


Fig. 14 Test run at high temperature with tire with hole

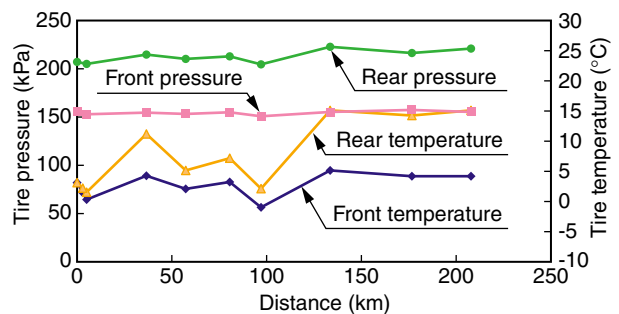


Fig. 15 Test run at low temperature with tire with hole

5.パンク対応技術比較

ランフラットタイヤのパンク後の走行可能距離のメーカーカタログ値と径3mmのピンによる刺し傷を設けたときの二重構造タイヤの走行可能距離をFig.16に示す。四輪車用ランフラットタイヤ技術としては、サイド強化式、中子式などがある。サイド強化式タイヤはサイドウォールを厚くして強化したタイプで、空気圧がなくなってもこのサイドウォールで荷重を支え走行する。中子式タイヤはいろいろなタイプがあるが空気圧がなくなると、ホイールリムに装着された中子でトレッド部を支えて走行する。PAXタイヤなどがそれである。

二重構造タイヤは空気漏れを防止して走行するためにランフラットタイヤなどより走行可能距離は長くなる。

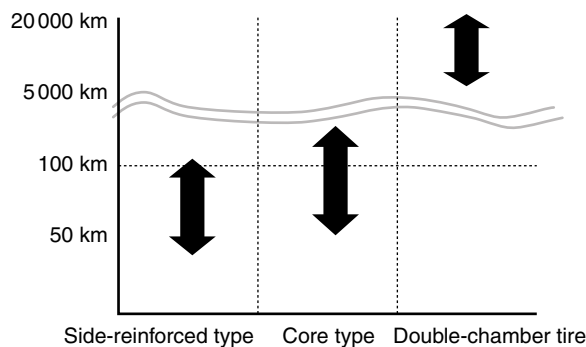


Fig. 16 Comparison of potential travel distance after puncture

6. まとめ

小径二輪車用チューブレスタイヤのパンク耐性を大幅に向上させるパンク防止液封入二重構造チューブレスタイヤを開発することができた。本開発で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 二重構造チューブレスタイヤの仕様(材料, 構造)の妥当性と耐パンク性能が確認できた。
- (2) 従来のタイヤ製造ラインを大きく変更することのない生産技術を確認した。
- (3) 二重構造チューブレスタイヤの操縦安定性確保の手法が確認できた。
- (4) 二重構造チューブレスタイヤの従来のリムに対する組付け性が確保できた。

参考文献

- (1) 山際登志夫, 中山研吾, 清田悟, 田中明子, 槇坂昇: 二輪車の耐パンク性向上チューブの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.976, p.279-282(1997)
- (2) 馬庭孝史: 自動車用タイヤの知識と特性, 山海堂, p.211-217(1980)
- (3) 酒井秀夫: タイヤ工学, グランプリ出版, p.403 (1987)
- (4) 貞政忠利: 自動車タイヤ工学 上巻, 現代工学社, p.182 (1979)
- (5) 貞政忠利: 自動車タイヤ工学 下巻, 現代工学社, p.235 (1979)

■ 著 者 ■



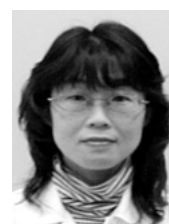
原 田 智 之



山 際 登 志 夫



高 橋 博 久



田 中 明 子