

ムービングベルトの開発

廣瀬 尚哉*

Hirose Naoya

自動車メーカーおよび自動車部品メーカーでは、風洞試験や、タイヤ、サスペンションなどの足まわり部品の試験にムービングベルトと呼ばれる装置を使用している。この装置は、ベルトコンベヤ状の装置で、ベルトに金属を使用して時速 200 キロ以上の速度で運用する装置である。運用速度が非常に高速であるため、ベルトの蛇行制御が非常に難しく、また、タイヤがベルトに乗った際の荷重を支えるのにも様々な工夫が必要である。現在このような装置を製作できるメーカーは世界に数社しかなく、当社もこの装置の製作・販売に進出するためにムービングベルトの開発を行ってきた。本稿では、この IIC 製ムービングベルトを紹介する。

キーワード：ムービングベルト 風洞試験機 タイヤ試験機

1. はじめに

自動車メーカーおよび自動車部品メーカーでは自動車開発のために様々な試験を行って部品やアッセンブリーとしての性能を評価している。特に、操縦性能、乗り心地、燃費、等に影響が出る足まわり部品ではより詳細な試験を実施して、それらのデータを開発にフィードバックしている。近年ではこれらの計測に、ムービングベルトと呼ばれる装置の要求が増加している。また、風洞設備でも、グランドエフェクトやタイヤによる気流の乱れの影響をより正確に計測するため、車のモデルをムービングベルトに載せて作動させ、実走行に近い条件で試験を実施している。

本稿では、これらの試験機や風洞設備に用いられるムービングベルトの開発について紹介する。

2. ムービングベルトとは

ムービングベルトとは、ベルトコンベヤ状の装置で、2本のプーリ間に金属製のベルトを巻き掛け、その上にタイヤを積載して高速で駆動する装置である。従来、このような試験を実施するにはドラム試験機（図1参照）と呼ばれる装置を使用していた。これは、直径が2m程度の円筒にタイヤを押しつけて回転させて試験を実施するものである。しかし、試験路面がドラムであるため、タイヤと試験路面との接触面が円弧状となり、自動車が実際に道路を走行する場合とは条件が異なってしまう。近年では高速でのレーンチェンジや燃費に影響する転がり抵抗などをより正確に計測したいという要求が出てきた。そこで登場したのがこのムービングベルト（図2参照）である。ムービングベルトでは、ベルトコンベヤの中央に

* 機器装置事業部 システム・製品部 次長

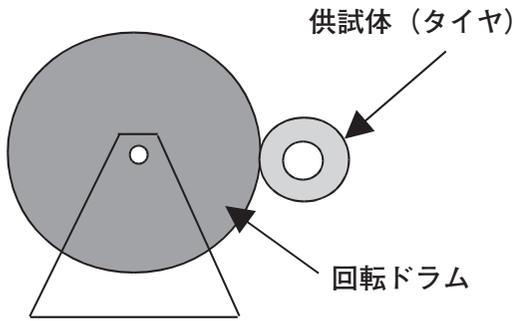


図1 ドラム式試験装置

タイヤを載せて試験するため、タイヤの接地形状が実際の走行路面と同じ平面となり、ドラム試験機より実走行に近いデータを計測することが可能である。風洞試験においても、車に対して空気を流すだけでは路面が動かないために路面付近の空気の流れが大きく変わってしまう。これでは、グランドエフェクトと呼ばれる車体下の気流によるダウンフォースなどの影響や、タイヤが回転することで生じる空気の乱れを忠実に再現できず、特に高速走行時の空力特性を計測する際には実際の走行時のように路面が動くのと動かないのでは大きな差が生じてしまう。そこで、風洞試験設備でもムービングベルトを使用して路面を動かすことにより実際の走行時とほぼ同じ条件を作り出せるようになった。

このムービングベルトは、見た目はベルトコンベヤと同じだが、非常に速い速度での運転が必要であり、また、車の荷重を支える機構も必要になるため、装置を製作するには技術上の大きな課題があった。試験条件によっては 200 km/h 以上の運用が必要であるため、通常のような樹脂ベルトでは回転による遠心力に耐えられず、ベルトが破断してしまう。ベルトの耐久性を向上させるため、特殊成形された金属製のベルトを用いる。また、高速運用下では、ほんのわずかな蛇行が生じただけでもベルトがすぐに左右に大きくずれてし

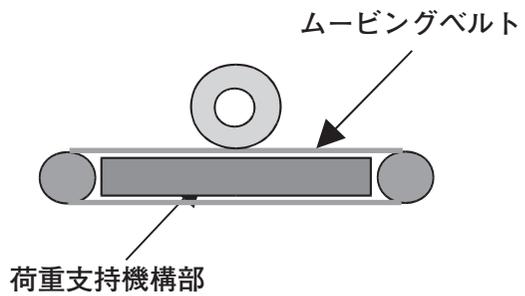


図2 ムービングベルト試験装置

まうので、蛇行制御にも細心の注意が必要である。

タイヤの荷重を支える機構が無いとベルトがタイヤ荷重に負けて沈み込んでしまうため、ベルトの下側からタイヤの荷重を支える機構が必要となる。タイヤの荷重は大型の乗用車になると 10 kN 近くにもなり、直接ベルトとタイヤの荷重支持機構部が接触してしまうと過大な負荷になるだけでなく、ベルトと荷重支持機構部の間に高速で摩擦が生じ、装置損傷の原因となりかねない。その対応策として荷重支持機構部にも様々な工夫が凝らされている。ムービングベルトの開発では、蛇行制御と荷重支持機構部が二大技術課題となっており、まずはこれらを克服しなければならない。

3. ムービングベルト装置概要

ムービングベルトの開発にあたって、ベースとなったのは風洞試験設備である。風洞試験では、前述のようにグランドエフェクトやタイヤによる乱流の影響を正確に計測するため、ムービングベルトを使用している。風洞用のムービングベルトには 2 種類あり、車体が完全に乗ってしまう大きさのベルトを 1 本回す方式および 5 ベルトと呼ばれ、各タイヤ下に 1 台ずつとボディ下に 1 台の計 5 台のベルトで構成する方式がある。前者の様に車体が完全に乗る大きさだと大型の装置が必要であるため、5 ベルト方式でタイヤ下に用いられ

るムービングベルトを設計対象とした。

風洞試験用であれば、ベルトに対してタイヤを曲げたり（ハンドルを切った状態）、傾斜させたり（傾けてバンクさせる）する必要が無い場合、タイヤからの荷重を付加する機構部は、タイヤが走行する方向をベルトと平行にセットして錘でタイヤ荷重を変化させる方式とした。ベルト部分は、なるべく小型にするため、プリー直径を 500 mm として設計した。これは、ベルトの製作条件や性能からベルト厚みを 0.6 mm とし、それに必要なプリーの最小径が経験的にベルト厚みの 800 ~ 1000 倍となることから、500 mm とした。ベルト幅は一般的な乗用車タイヤの寸法から 400 mm とし、400 mm 四方の荷重支持部を内部に構成することを考えてプリー軸間距離は 800 mm とした。図 3 に開発した装置を示す。

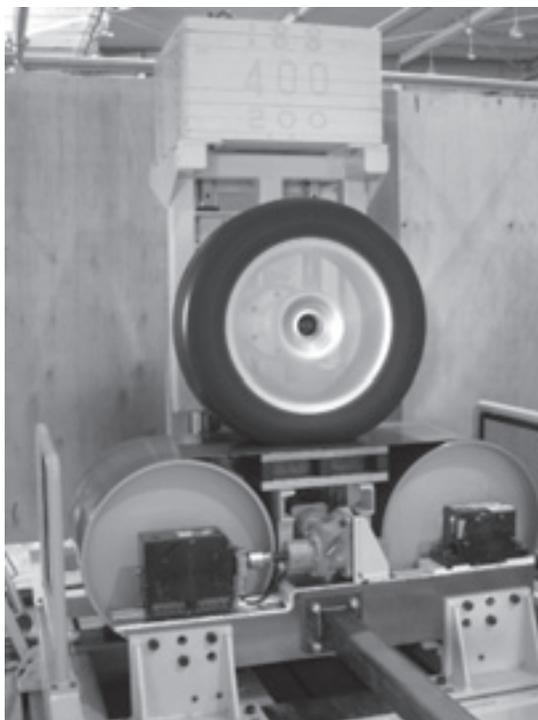


図3 風洞用ムービングベルト

3.1 荷重支持機構

タイヤからの荷重を支持する機構として、一般

的には次の3種類がある。

- ① エアーベアリング方式
- ② ウォーターベアリング方式
- ③ ローラー支持方式

①のエアーベアリング方式は、荷重支持機構部の上面からエアーを吹き出して荷重支持機構部とベルトの間に微小な空気膜を形成させ、ベルトを浮上させて荷重を支持する機構である。②のウォーターベアリング方式は、①のエアーの代わりに水を用いる方式である。③のローラー支持方式は、荷重支持機構部に径の小さなローラーを何本も並べて荷重を支持する方式である。

これらの方式ではそれぞれに表 1 のような長所短所がある。

ローラー支持のように径の小さなローラーを複数並べた場合は、荷重支持部でベルトが径の小さな曲率で何度も曲げ伸ばしを繰り返すので、ベルトの寿命が極端に低下してしまう。ウォーターベアリングでは、吹き出した水を回収するのが困難で、ワイパーのような物をベルト内側の荷重支持部周囲に配置して吹き出した水をかき取って回収する必要がある。それでも完全に水を回収することは困難であり、周囲に水をまき散らして機器にダメージを与えてしまう。これらのことから、開発に当たっては取り扱いが容易な空気を用いたエアーベアリングを採用した。しかし、空気は粘性が低く、また圧縮性流体であるためにベルトと荷重支持部に吹き出したエアーがすぐに側面に流れ出してしまうので、ベルト下に均一に圧力を維持するのが非常に困難である。そこで、本装置では吹き出し面の穴位置や穴形状を工夫することで、タイヤ荷重を支持することができる圧力を維持させることを達成した。開発したムービングベルト装置では 1 ~ 2 MPa のエアー源を使用している。（試験荷重によりエアー圧力を使い分けている）

表 1 荷重支持方式

方式	長所	短所
エアベアリング	空気を使用するので、供給、排気が楽。	圧縮性で粘性が低いために空気層を形成するためには高圧の空気源が必要。
ウォーターベアリング	非圧縮性で粘性があるためにそれほど圧力が高くなくても水膜が形成されやすい。	水の供給と回収が困難。特に周囲に水をまき散らすと故障の原因になるので回収が重要。
ローラー支持	機械装置だけなので装置構成が容易。	厳密な平面にならないので、精度が必要な計測には向かない。また、小さな曲率でベルトが曲げられるのでベルトの寿命が短い。

3.2 蛇行制御

一般的なベルトコンベヤでは、プーリを動かして蛇行を制御しており、本装置でも従動側のプーリを電動ジャッキで動かす蛇行制御機構を採用した。蛇行量の計測は、ベルトのエッジ位置をセンサーにて計測し、それに合わせてジャッキを動作させて制御する方式とした。また、直進性を向上させるためにプーリにクラウニングを設けることも行われており、本装置でも蛇行の特性を評価するために微小なクラウニングを設けて試験を実施してみた。微小としたのは、ベルトが金属であり樹脂ベルトに比べると伸びがほとんど無いことから、クラウニングを大きくつけてしまうとベルト中央部に応力が集中してベルトが割れてしまう可能性があるためである。そこで、直径で 0.2 mm 程度のクラウニングを設けた。しかし、クラウニングの効果はほとんど見られなかったため、最終的にはストレートのプーリとした。

3.3 性能

図 3 に示した装置を用いて性能を検証した。開発の目標ターゲットを普通車としたため、目標性能は次の表 2 に示す数値とした。

表 2 風洞試験機用目標性能

項目	性能
タイヤ荷重	10kN (エア 2MPa)
ベルト速度	180km/h

試験による検証の結果、風洞試験用のムービングベルトとして目標性能を安定して達成することができた。

4. スリップ角、キャンバー角機構追加

タイヤ試験機やサスペンション試験機に応用するには、タイヤにスリップ角やキャンバー角を付与する必要がある。3. にて述べた風洞試験用のムービングベルトでは、タイヤに角度を付与できないためにタイヤ試験機やサスペンション試験機としては使用できない。これらの試験機として使用できるように風洞試験用で使用していたタイヤ支持機構を一新し、タイヤにスリップ角、キャンバー角を与えられるようにした。スリップ角(SA)とはハンドルを切った時にタイヤが曲がる角度のことで(図 4 参照)、キャンバー角(CA)とはコーナーでバンクした時に倒れ込む傾き(図 5 参照)をいう。これらの角度は、スリップ角は $\pm 30^\circ$ 、キャンバー角は $\pm 15^\circ$ で設計した。この数値の根拠は、自動車メーカー、タイヤメーカー等に対するアンケートを実施し、その結果より乗用車の試験機として必要な範囲として決定した。また同時に、タイヤの押し付け荷重をウエイト方式から電動ジャッキによるサーボ制御方式へと変更した。この改造により、タイヤ試験機への展開が可能になった。

改造後の装置を図 6 に示す。

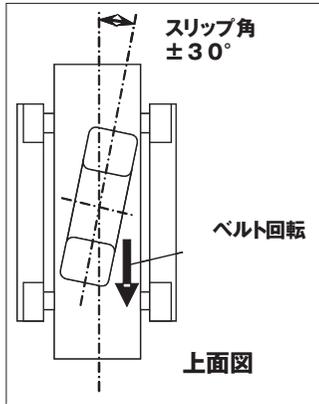


図4 スリップ角

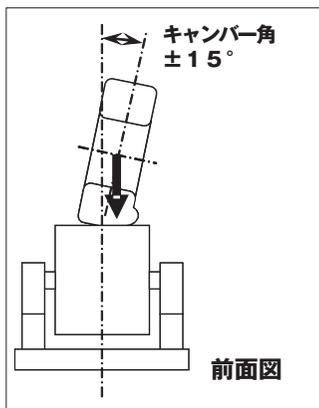


図5 キャンバー角

写真の上側のコの字型フレームがタイヤにスリップ角、キャンバー角を与える機構部である。スリップ角についてはタイヤを支える中央の軸が回転することで付与し、キャンバー角についてはコの字型フレーム全体が傾斜する。下のベルトユニットは風洞用のものを流用している。

4.1 性能

スリップ角、キャンバー角を付加する機構を設けた装置で試験を実施し、表3の性能を達成した。



図6 スリップ、キャンバー機構付き装置

表3 SA、CA付加後の到達性能

項目	性能
タイヤ荷重	10 kN (エア 2 MPa)
ベルト速度	180 km/h (250 km/h まで可)
スリップ角	± 30° ※1
キャンバー角	± 15°

※1 30°では速度90 km/h、荷重1.6 kNまで。

ベルト速度については設計値の180 km/h以上の250 km/hまで安定して蛇行制御できることを確認できた。また、スリップ角では、角度をつけることにより走行抵抗が増加するため、モーターに負荷がかかる。そのため、スリップ角30°の往復動作を蛇行制御することはできたが、負荷としては時速90 km/hの場合では荷重1.6 kN以上はモーターのパワー不足により速度をキープできなくなり、最終的には過負荷となってしまった。なお、実際の走行では速度はせいぜい120 km/h、スリップ角等も5°で十分なので、走行安定性を検

証するのであればここまでのスペックは不要である。しかし、タイヤの限界性能を評価する場合は上記のような過酷な条件が必要になる。

5. おわりに

車がより一層高性能、高機能化する一方、環境への負荷低減が叫ばれるようになった近年、このような試験機でより一層正確な計測を求めるニーズが高まってきている。今回紹介した装置はまだ開発途上であり、そのためにベルトの速度制御や駆動部の位置決め精度などがやや粗い部分もある。また、現状では駆動部の開発は完了しているものの、計測装置などはほとんど搭載していない。今後はより装置の完成度を高め、6分力計などの計測装置を搭載し、各種試験に適用できるムービングベルト装置として完成させていきたい。



機器装置事業部
システム・製品部
製品グループ 次長
廣瀬 尚哉
TEL. 045-791-3521
FAX. 045-791-3538