

TOYO TIRES

開発技術のご紹介

TOYO TIRE タイヤセンシング技術コンセプト

2020年2月7日

TOYO TIRE 株式会社

75
ANNIVERSARY

1. はじめに

TOYO TIRES

次世代モビリティ社会「CASE」: タイヤに求められる付加価値

C
コネクティビティ
接続性
コネクテッドカー

A
オートノマス
自動運転
自動運転車

S
シェアード
共有
カー/ライドシェア

E
エレクトリック
電動化
電気自動車

より安全で安心な移動の支援

繋がる化
インテリジェント化

車両制御
支援

管理/メンテナンス
支援

車両制御
支援

タイヤ情報+タイヤから得られる情報の提供

タイヤセンシング技術

© Toyo Tire Corporation

現在、自動車業界は100年に一度の大変革期に突入しているといわれています。

すなわち、「CASE」の頭文字になぞらえられる、

コネクティビティ（接続性）、オートノマス（自動運転）、シェアード（共有）、エレクトリック（電動化）とよばれるものです。

この先にあるのが、いわゆる、繋がるクルマ（コネクテッドカー）、自動運転車両、カーシェア/サービス、電気自動車（EV）です。

さらに、これらが掛け合わされることによって、めまぐるしく業界、社会は大きく変わりつつあります。

その様な変革を続ける次世代のモビリティ社会において、我々の扱う「タイヤ」も変わっていかねばならないと考えています。

では、変革化するCASE社会に求められるタイヤの付加価値とは？

『より安全で、安心な移動を支援すること』と考えています。

そのために、タイヤとしてコネクテッドには情報通信といった、タイヤ自身の繋がる化、（知能化）インテリジェント化、自動運転、電動化には、高度な車両制御を支援すること、シェアードには管理やメンテナンスを支援するといったものが考えられます。

これらに共通するキーワード（付加価値）とは、車両やユーザー、管理会社に『タイヤ情報を提供する』というものです。

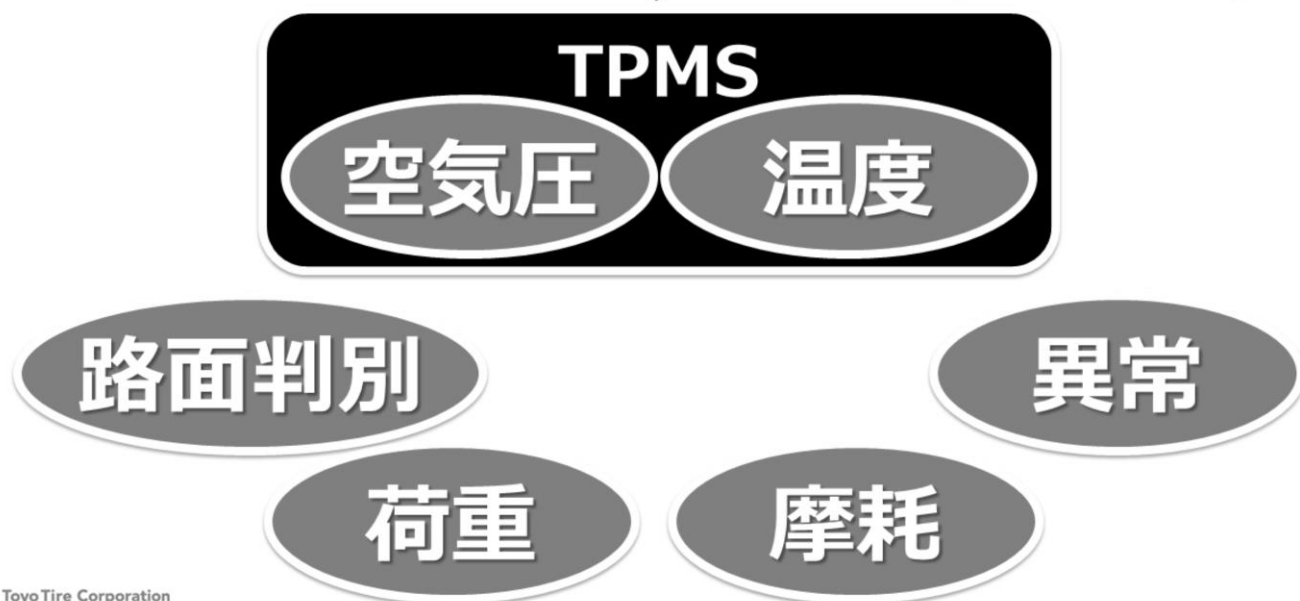
これが、「タイヤを」または「タイヤで」センシングをする、タイヤセンシングの考え方になります。

2. タイヤセンシング技術

TOYO TIRES

今

Tire Pressure Monitoring System
(タイヤ空気圧監視システム)



© Toyo Tire Corporation

タイヤセンシングに関する取り組みは、当社だけでなく、タイヤメーカー、業界各社で取り組まれています。

既に確立された技術にタイヤの空気圧と温度を監視するTPMS（Tire Pressure Monitoring System）があります。

それに加えて、路面が『濡れている』、『凍っている』などの「路面判別」、タイヤにかかっている「荷重」、「摩耗状態」、「異常」を検知するといったものが発表されています。

TOYO TIRE タイヤセンシング技術



© Toyo Tire Corporation

これに対し、今回ご報告させていただくTOYO TIREのタイヤセンシング技術は、「タイヤ力」を検知する技術になります。

さらに、安全の観点からこの「タイヤ力」を「リアルタイム」に検知するということを考えております。

この「タイヤ力」は、『タイヤ』と『力』を組み合わせた造語になっており、TOYO TIREが定義する『タイヤ力』の概念をご説明させていただきます。

3. タイヤ力とは？

TOYO TIRES

TOYO TIRE の定義するタイヤ力の概念



© Toyo Tire Corporation

たとえば、路面状態がわかったとします（濡れている、凍っているなど）

さらに、その時の状態がわかったとします

（新品？摩耗している？異常はないか？走行中の速度は？など）

その先に知り得たい（求められる）情報、ユーザーや車両制御に

求められる情報としては、

「今、自分が履いているタイヤは、どうなるのか？（おかれている状況では）」

だと考えます。

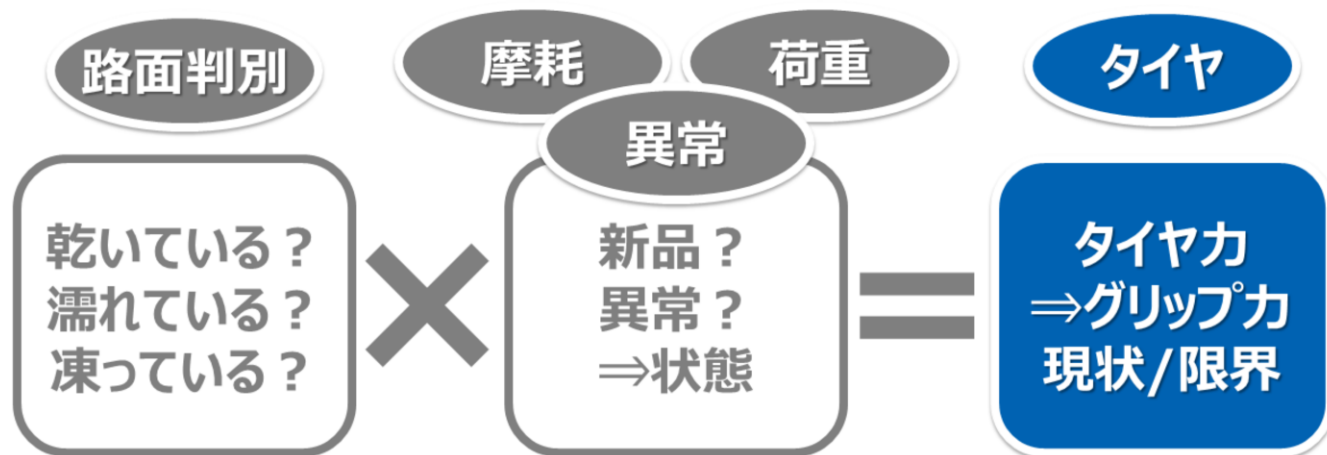
つまり、すべらないのか？曲がれるのか？止まれるのか？といったものです。

これが、TOYO TIREの定義する「タイヤ力」の概念で、今、タイヤの発揮している現状のグリップ力と限界のグリップ力になります。

3. タイヤ力とは？

TOYO TIRES

TOYO TIRE の定義するタイヤ力の概念



タイヤ力⇒タイヤのパフォーマンス

© Toyo Tire Corporation

「タイヤ力」とは、タイヤのパフォーマンス（挙動時）を示すもので、路面判別や摩耗、荷重、異常などの検知の先にある「タイヤの答え」といったものと定義しています。

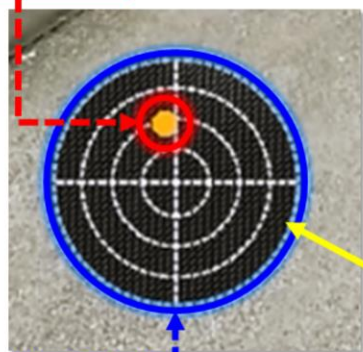
言葉だけの概念ではわかりにくいと存じますので、次に、このタイヤ力を可視化したイメージについてご説明します。

4. タイヤ力の可視化（表示）イメージ

TOYO TIRES

「タイヤ力: グリップ力の現状と限界」⇒点と円

①現状(点) アクセル/ブレーキ/ハンドリングによって前後左右に動く



②限界(円)

すべりやすさによって大きさが変わる
現状の「点」が円を越えるとすべるイメージ



※シミュレーションによるイメージCG

TOYO TIREの考える「タイヤ力」とは、「グリップ力の現状と限界」で、この可視化の一例として、「点と円」を用います。

- ①現状のグリップ力を「点」で表現し、
- ②限界のグリップ力を「円」で表現します。

①の現状のグリップ力である「点」は、アクセルやブレーキなどの操作によって前後左右に動きます。

②の限界のグリップ力である「円」は、路面の状態や速度といった状況による路面とタイヤのすべりやすさによって大きさが変わります。

「円(限界)」の中心近くで「点(現状)」が動いている状況では、タイヤがグリップ力を発揮できているという状況になります。

「円(限界)」が小さくなったり、「点(現状)」が「円(限界)」を越えそうになったりするとグリップ力の限界に近づいており、タイヤがすべりやすくなっていると読み取ることができます。

つまり、「点(現状)」と「円(限界)」から、タイヤの余裕代（ポテンシャル）を読み取ることができるという見せ方になります。

こちらの画像が、点と円を用いた「タイヤ力」のアウトプットのイメージになります。

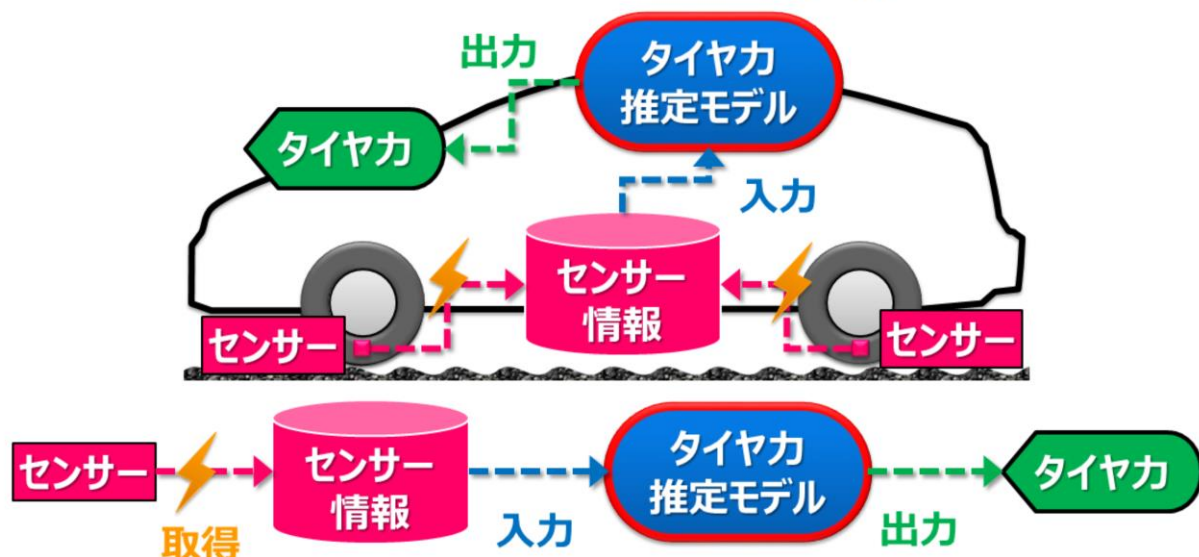
これはシミュレーションを用いたCG画像になりますが、四隅にある点と円がそれぞれの「タイヤ力」の可視化をイメージしています。

このCGによるアウトプットのイメージを実車で再現することを目指しました。

5. タイヤ力を検知する仕組み

TOYO TIRES

センサー情報からタイヤ力をモデルによって推定



© Toyo Tire Corporation

「タイヤ力」の検知には、タイヤ内に取り付けられたセンサーを用いており、取得したセンサー情報を分析処理することによって「タイヤ力」を推定しています。この「センサー情報を入力し「タイヤ力」を出力する仕組み」が「タイヤ力推定モデル」というもので、このモデルが本技術の核になっています。

「タイヤ力推定モデル」の構築には、現在、各分野において活用されているデータ分析/AIの技術を用いています。

データ分析/AI技術を活用

予測モデル構築の流れ



© Toyo Tire Corporation

こちらのスライドは、データ分析/AIの技術を用いた「予測モデル」の構築の流れを示しています。

たとえば、スマートフォンなどの人間の音声（言葉）を入力することで、それに応じた反応を返す（出力する）ものがありますが、

これには、発せられる音声を「認識/判別し求められる反応を予測する」仕組み（モデル）が組み込まれています。

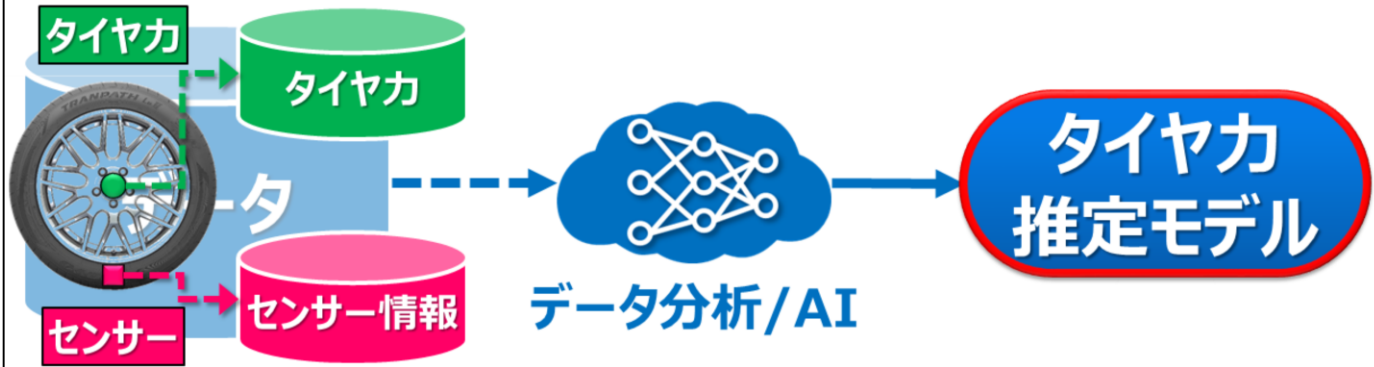
人の音声データと対応する反応（意味）をデータとして収集し、学習（データ分析/AI）させ、予測する仕組み（モデル）が作りこまれています。

6. 「タイヤ力」推定モデルの構築

TOYO TIRES

データ分析/AI技術を活用

「タイヤ力」予測モデル構築の流れ



© Toyo Tire Corporation

同様に、本技術における「タイヤ力推定モデル」の構築にもこの手法を適応しました。タイヤに取り付けた「センサー情報」と対応する「タイヤ力」を紐づけて、データを収集し、学習（データ分析/AI）させることで「タイヤ力を推定する」仕組み（モデル）を作りこんでいこうというものです。

実際の車両に「タイヤ力を計測する機器」と「無線モジュールとセンサー」が取り付けられたタイヤを装着し、これらから得られる走行時の計測データを同期させて収集することで、モデルを構築するための学習データとしています。

各々の計測波形は、並べてみても一見して関係性があるようには見えませんが、コンピュータの力を使って学習/分析させることによって相関性を見出しています。

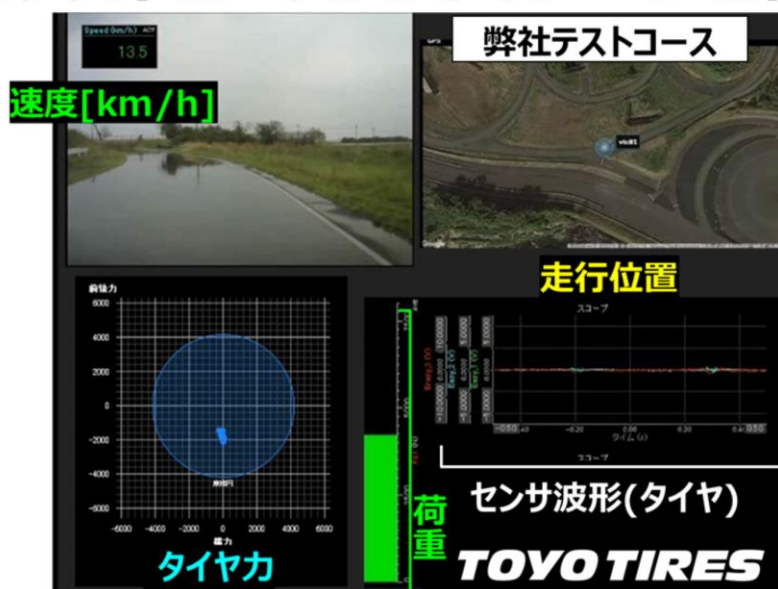
※（補足）背景には、タイヤ挙動の際には、タイヤの接地「変形」が関係しており、「変形」と「加速度」には関係があるとの考えでスタートしています。

本手法による「タイヤ力推定モデル」の構築は、POC（概念検証）によって検証しており、可能性が確認されたため、昨年度(2019年)より本格的にデータを収集し、さまざまな条件の学習データと、学習の方法を試行錯誤しながら、開発を進めてまいりました。

7. 現状の開発状況

TOYO TIRES

弊社テストコース内でイメージを再現



© Toyo Tire Corporation

こちらが現状の開発状況を示したものになります。

これは、当社の宮崎にあるテストコースで冒頭にお見せした、CGシミュレーションによるアウトプットのイメージを実車で再現したものになります。

左上が走行している映像を映しており、当時は雨が降っている状態です。

右上が走行位置になっており、地図上にプロットされています。

右下がタイヤに取り付けられたセンサーによる波形を示しており、この波形を入力としてリアルタイムに分析処理しています。

その処理結果として、左下にあるタイヤ力（グリップ力の現状と限界）を示した「点」と「円」、荷重が表示されています。

現状、当社テストコース内において、CGシミュレーションによるアウトプットのイメージをここまで再現することができています。

次のステップとしては、これを公道で車載し、更にさまざまなデータを収集していく予定です。

個人的には『今はいているタイヤがどのようなパフォーマンスを見せているのか？』をリアルタイムに見ることができる、おもしろく（ワクワクする）技術と考えておりますが、本技術の実現により、どんなうれしさ（ベネフィット）がうまれるのか？をご紹介します。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ

TOYO TIRES

タイヤ力×○○○

更なるうれしさ(付加価値)

【検知】
「タイヤ力」
グリップ力の現状と限界



© Toyo Tire Corporation

本技術によって検知される「タイヤ力」は、
可視化して見せることによっても「タイヤの使われ方」や「タイヤの余裕代」を
読み取ることができるものとお伝えしましたが、

「タイヤ力」を他の技術や情報と掛け合わせるにより、更なる「うれしさ」
(付加価値)を生むと考えています。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ

TOYO TIRES

**うれしさ：タイヤ力×自動ブレーキ
＝制動距離（ブレーキ～止まるまでの距離）**

停まれるか？
回避するか？
※適正な車間距離にも



ケース①
障害物(人)

© Toyo Tire Corporation

たとえば、自動ブレーキになります。

「タイヤ力」と自動ブレーキを掛けあわせることで、制動距離という付加価値が生まれます。

※制動距離：ブレーキをかけてから止まるまでの距離

つまり、常に「今、急ブレーキをかけた場合に止まれるまでの距離」を持ちながら（計算しながら）走行しているということになります。

ケースとして障害物（人）を検知し、自動ブレーキが作動したとします。

そのとき、「このタイヤは、果たして検知した障害物に対して止まれるのか？それとも、止まれないのか？」が判断できます。

もし、止まれないのであれば回避するといった制御に繋がられる可能性もありますし、高速道路における適正な車間距離や、自動運転における隊列走行の車間距離にも適応できるのではないかと考えています。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ

TOYO TIRES

うれしさ：タイヤ力×地図情報（ナビ）
＝コーナリングフォース（曲がる際のグリップ力）

今の速度で曲がれるか？



減速アラート



ケース②
カーブ

© Toyo Tire Corporation

次に、地図情報（ナビ）との掛け合わせです。

これには、カーブを曲がる際に必要なグリップ力（コーナリングフォース）という付加価値が生まれます。

たとえば、地図情報（ナビ）によって、この先の進路にカーブがあることがわかったとします。その際、「今のタイヤの状況かつ速度で曲がりきることができるのか？」が判断できます。もし、曲がりきれないのであれば、アラートで減速を促したり、車両の制御に繋げることができ、より安全で安心な移動や交通を支援することができると思っています。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ

TOYO TIRES

うれしさ：タイヤ力×天候情報
＝(路面に対する)グリップ力

通行できるか？
⇒スタッドレス&新品

👍 問題なし, GO!

ケース③
雪(Snow/Ice)



© Toyo Tire Corporation

次に天候情報との掛け合わせです。

これにより、（これから通行する）路面に対するグリップ力が判断できます。
たとえば、天候情報によりこの先通行する可能性のある路面の状況が
わかったとします。

天候情報では雪で、積雪や凍結していたりする可能性があり、
「今、車両（タイヤ）がおかれている状況で通行できるのか？」が判断
できるようになります。

『幸い、最近スタッドレスに履き替えたばかり、ほぼ新品の状態で、
積雪や凍結路面に対しても十分にグリップ力を発揮できる状態。』

⇒「このままで問題なし、現状の速度を維持してGO!」といった情報が
提供できたりするようになるかもしれません。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ

TOYO TIRES

うれしさ：タイヤ力×状態
＝使用履歴, 使われ方

なぜ摩耗した？
なぜ異常が発生した？
摩耗/メンテ時期予測, 原因推定

ケース④
異常発生(状態)



© Toyo Tire Corporation

4つめのうれしさは、タイヤの「状態」との掛け合わせになります。

つまり、タイヤが「その状態」に至るまでの履歴や使われ方をたどることができる、いわゆるトレーサビリティの考え方に応用できます。

たとえば、タイヤに異常が発生した場合、

これまでは（市場に出た）結果としての状態を確認することが主でしたが、どんな経緯で故障に至ったのか、どんな使われ方で摩耗に至ったのかなど、原因の推定などに用いることができます。

さらに、タイヤ状態（結果）に対する履歴（過程）をデータとして活用することによって、摩耗や異常の発生を予測できるようになったり、メンテナンス時期の計画や、お客様の使い方にあったタイヤの提案や使用環境に応じたタイヤの開発などにもつなげることができると考えています。

8. タイヤ力を検知することのうれしさ: まとめ

TOYO TIRES

うれしさ①: 自動ブレーキ×タイヤ力＝制動距離

⇒止まれるか? 回避するか? ※適正な車間距離

うれしさ②: 地図情報×タイヤ力＝コーナリングフォース

⇒曲がれるか? 減速か? ※減速アラート

うれしさ③: 天候情報×タイヤ力＝グリップ力

⇒問題なく通行できるか?

うれしさ④: 状態×タイヤ力＝使用履歴

⇒摩耗/メンテ予測、原因推定



© Toyo Tire Corporation

以上、本技術の検知する「タイヤ力」と他の技術や情報を掛け合わせることでさまざまな「うれしさ」につながれると考えています。

ここに紹介させていただいた例は4つですが、まだまだ可能性を秘めていると考えており、今回、TOYO TIREの考えるタイヤセンシングをご紹介させていただいた機会が、オープンイノベーションのような共創相手、次世代のモビリティ社会へ提案できる更なる付加価値を「みつける」きっかけになればと考えています。

TOYO TIRES

【補足】タイヤ力の可視化（表示）イメージ

TOYO TIRES

■ タイヤ力： **現状**と**限界**を**点**と**円**で表現する。

現状⇒タイヤが今発揮している力・・・グリップ力

限界⇒タイヤの余裕代(ポテンシャル)・・・**現状(点)**が超えると滑る

