

パフォーマンスダンパー効果のメカニズム 解明に向けて

Towards the mechanism elucidation of Performance Damper

加茂 利明 原田 豊二 沢井 誠二 岡田 弘之

Abstract

It is widely known how important the rigidity of a car's body is in the development of vehicle handling, stability, and ride comfort, but Performance Damper (referred to hereafter as "PD") technology treats the car's body as elastic and directly applies a damping effect to non-moving parts, to further improve car body performance. Since their release in 2001, PD have been adopted by car manufacturers for use in approximately 30 different models, and are sold as after-market parts for over 60 different variations.

The effects on driving feel of using PD include the following:

- Improvement in handling and stability
- Improvement in ride comfort
- Improvement in the overall vehicle quality feel

The selection of PD damping force is entrusted to the sensory judgment of experienced drivers, but for the purposes of optimization, it is essential to quantify those results and tie them together with the feel of the car and its performance. This report will focus on initiatives to improve handling and stability.

1 はじめに

自動車の操縦安定性・乗り心地の開発において、車体剛性が重要なことは広く知られているが、パフォーマンスダンパー（以下、PD）は、車体を弾性体と考え、非可動部に直接減衰を付与することで車体性能をさらに向上させる技術である。PDは2001年の発売以来、自動車メーカーにより累計で約30機種に採用され、アフターパーツとしても累計60を超える機種で販売されている。

PDを取り付けたことで体感できる効果（以下、PD効果）としては、以下が挙げられる。

- ・操縦安定性の向上
- ・乗り心地の向上
- ・車両の上質感の向上

PDの減衰力選定は、熟練したドライバーの官能評価に委ねられるが、さらなる最適化のためには、その数値化および官能評価と車両挙動の紐付けは必要不可欠である。

本稿では、PD効果のメカニズム解明に向けて取り組んでいる“効果の数値化”のうち、“操縦安定性の向上”についての取り組みを中心に紹介する。

2 PDとは

2-1. PDの特長と工夫点

走行中の自動車ボディの変形は非常に小さく（図1）、PDはその小さい動きでも減衰を発生できることが最大の特長である^[1]。

これを達成するために以下の点を工夫している（図2）。

- ① 高圧窒素ガスでオイルを加圧することによる応答性の向上
- ② リークを最大限減らすためのピストン回り設計の改良
- ③ ガス反力をキャンセルすることによる組み付け性の向上
- ④ 飽和特性の減衰力特性^[2]の採用

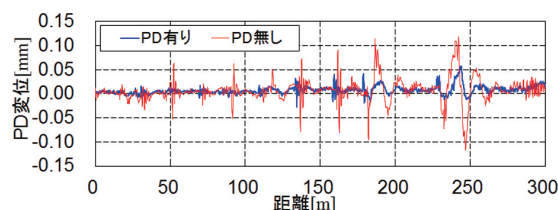


図1 フロント側サスタワー間のボディ変形量の一例

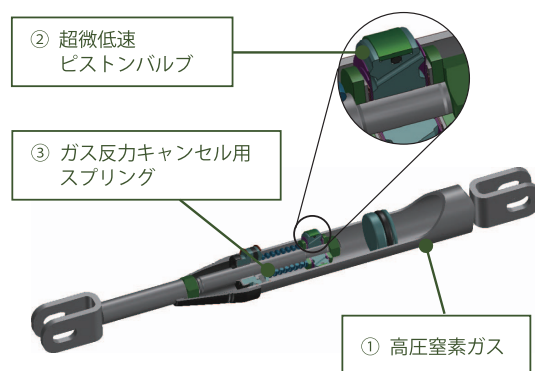
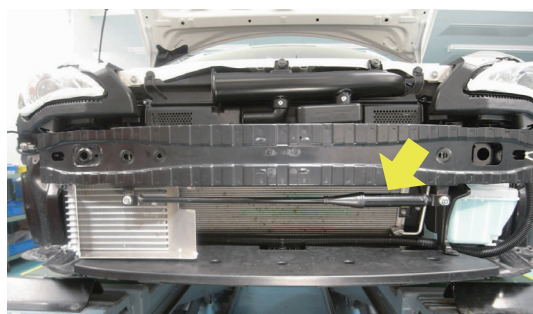


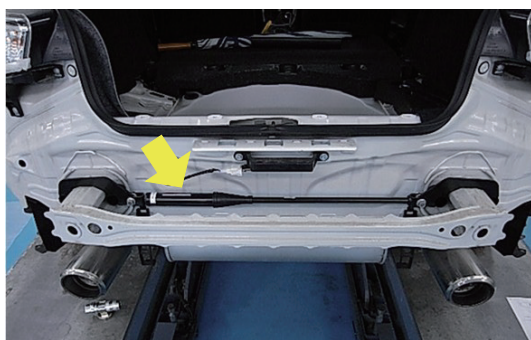
図2 PDの工夫ポイント

2-2. 車両への取り付けと効果

PDは車両進行方向に対して直交方向に取り付ける(図3)が、それぞれの取り付け位置によって、主に表れるPD効果に差があり、大変興味深い現象が生じる。特に車両の前端・後端にセットでPDを取り付けると、“車両全体にPDの効果を行き渡らせることができ、かつ前述した3つの効果のバランスを取りやすい”との官能評価結果を得ている。



(a) フロント側バンパリンフォース部への取り付け



(b) リア側バンパリンフォース部への取り付け

図3 PDの車両への取り付け例

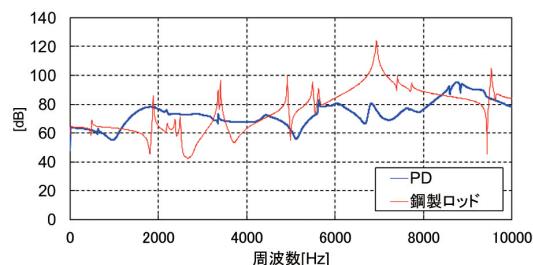


(a) PD

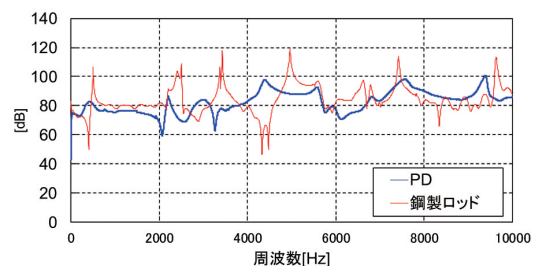


(b) 鋼製ロッド

図4 ハンマリング試験



(a) 軸方向



(b) 垂直方向

図5 ハンマリング結果

3 PD効果の数値化

3-1. 微小ストロークでの効果

油圧式ダンパーは一般的に、オイルが積層バルブを通過することでエネルギーを吸収するため、ある程度のストロークが不可欠である。しかしPDは、微小ストロークでもその効果を発生する。

減衰効果発生メカニズム検証のため、PDと鋼製ロッド (PDと同質量) のハンマリング試験を行った(図4)。鋼製ロッドは、直接結果を比較できる対象とは言い難いが、振動エネルギーの吸収の大小を確認するために計測した。

測定結果から、PDはストロークが微小でも減衰能力があることを確認できた(図5)。これは構成部品であるオイルやゴム部品自身が、振動エネルギーを吸収しているためと推測できる。

3-2. 自動車におけるPD効果

3-2-1. ヨーレートの差

ここでは実走行中の車両挙動(ヨーレート)について紹介する。走行のパターンは、3回連続の左コーナーから、右に切り返すコースである。

PD有り/無しでヨーレートを比較すると、PD有りの方がコーナリング中のヨーレート変化が小さい(図6)。これはPDの減衰能力により、コーナリング中のボディ変形速度や変形量が減少し、車両のコーナリング姿勢が安定したためと考えられる。ステアリング操作については次項で述べるが、ドライバはヨーレートの変化を感じ取り、修正操舵としてフィードバックしている。

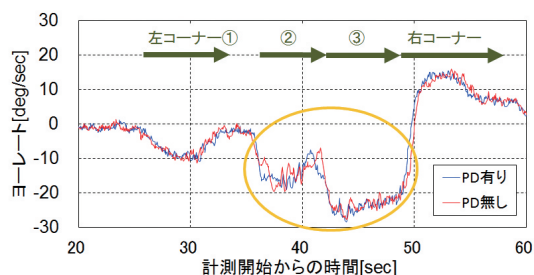


図6 実走行中のヨーレート

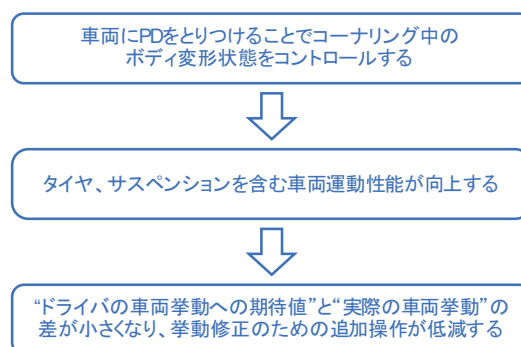


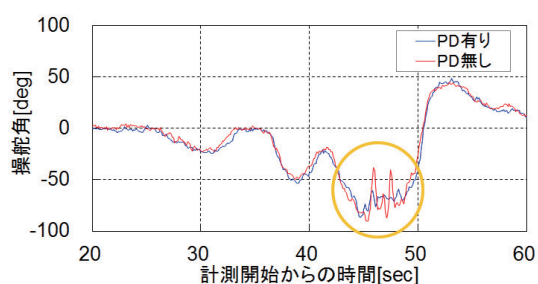
図8 操縦安定性のメカニズム

3-2-2. ステアリング操作の差

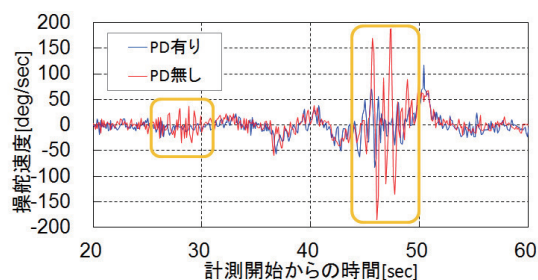
ここでは実走行中のステアリング操作について紹介する。
なお走行パターンは前項と同一である。

PD 有り／無しで操舵角を比較すると、PD 有りの方がコーナリング中の操舵角が落ち着いている（図 7(a)）。また操舵速度を見ると、PD 無しの方が PD 有りと比較して、小刻みに、素早く操舵している区間がある（図 7(b)）。これらは“PD 有りの方が修正操舵の回数・量が少ない”ことを示しており、PD 効果の官能評価結果のひとつである“操縦安定性の向上”を示した結果である。

紹介した 2 つの結果から、ドライバーは図 8 に示すメカニズムで“操縦安定性の向上”を感じ取っていると推測する。



(a) 操舵角



(b) 操舵速度

図7 実走行中のステアリング操作

3-3. スノーモビルにおける PD 効果

PD は自動車以外にも、二輪車用やスノーモビル用などが開発されており、ここではスノーモビル（以下、SMB）での測定結果を紹介する^[1]。

SMB の車体は主にパネルや鋳造フレーム、パイプ構造の組み合わせで、その役割は自動車と同様である。PD は自動車と同様に、車体前後に進行方向に対して直交方向での取り付けとした（図 9）。評価したライダーからは、“コーナーや直進における正確なトラッキング、エンジン振動や路面振動の低減”という官能評価結果を得た。

3-3-1. 落下試験

ここでは SMB 落下試験（車体前方を一定の高さから自由落下）について紹介する。

PD 有り／無しで比較すると、PD 有りの方が、落下時は緩やかに変位し、着地時の縮み量も減少している。そして復元もオーバーシュートすることも無く、緩やかに変位している（図 10）。これは、3-2-2 でも紹介した、“PD はボディ変形を穏やかにする”ということを証明する結果であると考える。



図9 スノーモビルへのPD取り付け例

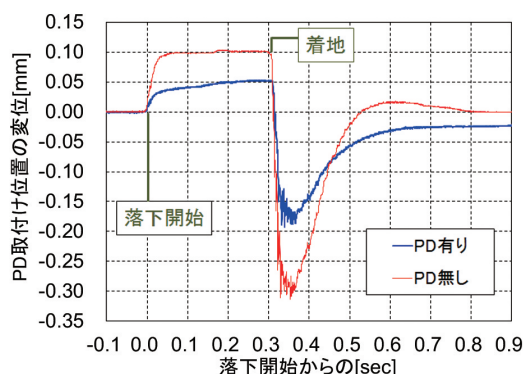


図10 SMB落下試験結果

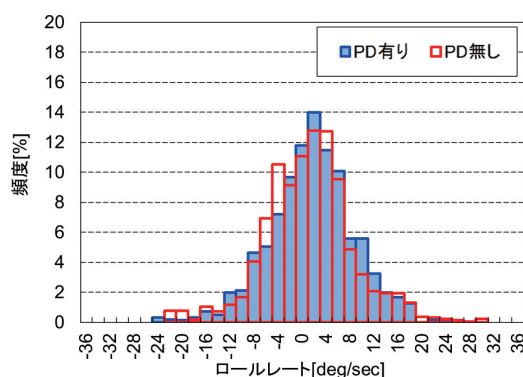


図11 SMBスラローム走行時のロールの頻度

3-2-1. スラローム試験

ここではスラローム走行した時の挙動について紹介する。

PD 有り／無しで車両のロールの速度頻度分布を比較すると、PD 有りの方が比較的遅い角速度の頻度が高く、速い角速度の分布が低い（図 11）。これは PD により、穏やかなロール挙動となっていることを示しており、前述したライダーの評価と一致している。しかし同時に、ライダーはロール挙動のみでは表現できない効果も感じ取っており、その数値化が今後の課題である。

4 おわりに

すでに累計 60 万本以上の PD が生産、販売され、多くのお客様に“PD 効果による新しい走り”を体感、御好評頂いている。

計測技術の発達に伴い、開発当初はできなかった項目も計測し、“PD 効果”と“車両挙動”との関係が明らかになってきた。引続きそのメカニズムを解明し、さらなる高性能化を進めると共に、PD を超える新技術を生み出していきたい。

■参考文献

- [1] 沢井，ほか 4 名：油圧制振ダンパーによる車体性能向上技術の開発，自動車技術会学術講演会前刷集，No.120-14，pp.19-24（2014）
- [2] 沢井，ほか 5 名：製品としてのパフォーマンスダンパーの実績と新たに確認された広範囲な効果についての紹介，ヤマハ発動機技報，第 45 号，pp.78-85（2009）

■著者



加茂 利明
Toshiaki Kamo
AM事業部
AM第2技術部



原田 豊二
Toyoji Harada
AM事業部
AM第2技術部



沢井 誠二
Seiji Sawai
ビークル&ソリューション事業本部
RV事業部
開発部



岡田 弘之
Hiroyuki Okada
ビークル&ソリューション事業本部
RV事業部
開発部