

## 復刊の経緯

本書は、1993年に小社が初版発行した『入門講座 4WD車の研究』の復刻版です。刊行から25年以上が経過しているため、最新の電子制御4WD等に関する記述はありません。しかし4WDの基礎理論とその構造・特性など、普遍的な要素が網羅されており、これらは近年の潮流である自動運転などの技術にもつながるものと考えております。本書のように四輪駆動の基礎から解説した内容の本は類書も少なく、自動車技術を学ぶ現代の学生の皆様や若い技術者の皆様、さらには自動車技術に関心をもつすべての方々に、技術理解のための入門書としてぜひ読んでいただきたい、貴重な一冊と判断しました。

編集部では、上記のような理由から、本書の復刊を決意いたしました。

編集にあたっては、初版刊行前に惜しくも故人となられた著者・庄野欣司先生のご遺族様、また「おわりに——著者にかわって」と題して初版のあとがきをご執筆いただいた東京大学教授(当時)の木村好次先生に、復刊の意図をお伝えするべくご連絡を試みました。しかし刊行から25年以上が経過しており、社内では現在のご連絡先がわからず、その後もさまざまな手を尽くしましたが、まことに残念ながら、ご連絡をとることはできませんでした。

本書をご覧いただいた皆様のなかで、お心当たりの方がおられましたら、ぜひ編集部までご一報くださいますよう、お願い申し上げます。また今回の復刊にあたり、一部内容の訂正や修正を加えている箇所がありますことを、ご了承ください。

2019年4月

グランプリ出版 編集部

## はじめに

日本の4WDは、1970年代中頃までは、都会からスキー場にでかけるスキーヤーやクロスカントリー走行を楽しむ一部のオフローダー、あるいは積雪地帯で生活四駆として利用する人たちなど、ごく限られた需要のなかで普及してきた。だが70年代後半に入って、4WDのもつ優れた悪路走破性だけでなく安全性も注目されるようになり、豊かなレクリエーション・カーライフをもたらす都会派感覚のニューファッションとしてユーザーが増えはじめた。

現在では一般乗用車はもちろん軽自動車から商用車にいたるまで、ほとんど全ての自動車に4WD仕様車があり、ファッションの時代からファンクション(機能)の時代へとキーワードも変わって、4WDは自動車を構成する重要なメカニズムのひとつとして定着している。

ところでその4WDだが、よく知られているように、これは英語のフォー・ホイール・ドライブの頭文字をとった略語で、ようは四輪駆動ということであり、古くからある後輪駆動やファミリーカーに多い前輪駆動などの2本のタイヤを駆動するシステムに対して、4本のタイヤを駆動するという、話としては実に単純明快なシステムである。

今まで二輪駆動車を運転していたドライバーが、四輪駆動車のステアリングを握っても、普通に走っていると特に違和感はない。いざ4WDと張り切ってハンドルを握ると、拍子抜けするぐらいである。ところが、舗装路から外れて少しぬかるんだ道に入ったり、雨の降りしきる舗装路を走ると、そのフィーリングの違いがはっきりとわかるはずだ。安心感がまるでちがうのである。特に悪路を走るチャンスでもあれば、4WDの有り難さが一層よくわかるであろう。

この違いは一体どこから、どうして、どのようにしてくるものなのか。

この本では、4WDのメカニズムやシステムをくわしく解説することによって、この疑問にわかりやすくお答えしようとしてつとめた。

本書の出版にあたっては、内外の自動車及び関連部品のメーカーやディーラーの方々から多数の資料を提供いただいた。ここに厚くお礼を申し上げたい。

## 目次

<b>第1章</b>	<b>4WDはどういうシステムか</b>	<b>5</b>
	(1) 4WDの普及と多様化	5
	(2) 4WDの技術的な側面	7
	(3) 4WDを構成する部品の配置	8
	(4) デフの働き	10
	(5) 駆動トルクと駆動力	11
<b>第2章</b>	<b>4WDはどのように進化してきたか</b>	<b>13</b>
	(1) 馬車のように走れる自動車	14
	(2) 戦争で開発の進んだオフロード4WD	17
	(3) サーキットでは特性を生かしにくい4WD	18
	(4) ラリーで大活躍の4WD	20
	(5) 実用車への普及	23
	(6) 高性能オンロード4WD	24
<b>第3章</b>	<b>4WDに固有の現象</b>	<b>26</b>
	(1) タイトコーナーブレーキング現象	26
	●パートタイムとフルタイムの基本的な違い●きついコーナーがうまく回れない●なぜ急カーブが曲がれないのか●路面の状態による違い	
	(2) 前後輪の干渉	31
	●前後のドライブトレインの干渉●タイヤの動半径の違いによる干渉●すべりやすい路面でのコーナリング●ブレーキシステムへの影響●センターデフの働き●1輪のスリップで自動車が動けない	
	(3) 動力の伝達効率	37
	(4) 駆動系の振動・騒音	38
	●ジョイントで起こる振動・騒音●スラックネスとフローティングノイズ	
<b>第4章</b>	<b>4WDを生かすシステム</b>	<b>41</b>
	(1) パートタイム方式でタイヤのスリップをさける	42
	(2) ワンウェイクラッチでタイトコーナーブレーキングを回避する	42
	(3) 湿式多板クラッチを駆動トルクのコントロールに使う	45
	(4) 差動制限装置によってデフの弱点をカバーする	46
	●デフをロックする●前後のドライブトレインをビスカスカップリングでつなぐ●センターデフにビスカスカップリングを付ける●ビスカスカップリングを前後アクスルデフにも使用●差動制限装置にトルセンデフを使う	
	(5) 駆動系の振動・騒音を減らす等速ジョイント	52
<b>第5章</b>	<b>パートタイム4WD</b>	<b>53</b>
	(1) パートタイム式4WDの概要	55
	(2) 機械式クラッチと油圧多板クラッチ	56
	(3) ドライバーのセンスにまかされるパートタイム方式	59
	(4) 動力の伝達効率を上げる	61
	●フリーホイールハブ●フリーホイールクラッチ	

## 第6章 さまざまなフルタイム4WD 66

- (1) フルタイム・トルク配分固定式 68
  - オフロードタイプの4WD●乗用車タイプの4WD
- (2) センターデフロック式 68
  - センターデフ差動制限式
- (3) センターデフ差動制限式 74
  - プランタリーギヤ式センターデフ●ベベルギヤ式センターデフ●ビスカスカップリング付きセンターデフ●油圧多板クラッチでセンターデフの差動を制限
- (4) トルク配分可変式 87
- (5) パッシブ・トルクスプリット 87
  - ビスカスカップリング●左右トルクスプリット型ビスカスカップリング●ロータリートリプレード・カップリング●ハイドローリック・カップリング・ユニット●アキシャル・プランジャー・ポンプ・カップリング
- (6) アクティブ・トルクスプリット 99
  - ボルシェ911, 959●ベンツ・フォーマチック●ニッサン・アターサE-TS●スバル・アクティブ・トルクスプリット方式4WD●三菱・電子制御フルタイム4WD

## 第7章 パワートレインのレイアウト 110

- (1) FR車をベースとした4WD 111
- (2) エンジン縦置きFF車をベースとした4WD 113
- (3) エンジン横置きFF車をベースとした4WD 116
- (4) ミッドシップ車をベースとした4WD 118
- (5) リヤエンジンの4WD 119

## 第8章 4WD車の走行特性 121

- (1) 悪路走破性 121
  - 段差乗り越え●1輪乗り上げまたは1輪落下●スプリット $\mu$ (ミュー)
- (2) 駆動力のかかったタイヤと路面の摩擦係数 125
- (3) 駆動力の前後配分 128
  - 直結4WD●センターデフ付き4WD●トルク配分固定式フルタイム4WD●トルク配分可変式フルタイム4WD
- (4) コーナリングするタイヤに働く力 130
  - タイヤのサイドフォース●駆動・制動力が働いた場合のサイドフォース
- (5) 二輪駆動車のステア特性 134
  - FF車で駆動トルクをかける●FR車で駆動トルクをかける
- (6) 4WDの形式と旋回性能 136
  - 直結4WD●差動制限のないセンターデフ式フルタイム4WD●駆動トルク配分固定式フルタイム4WD●駆動トルク配分可変式フルタイム4WD●駆動力配分制御4WD
- (7) 四輪駆動車のブレーキ 138
  - 制動力のかかったタイヤに働く力●ブレーキロックと自動車の挙動
- (8) 四輪駆動とブレーキの関係 143
  - アンチロックブレーキ・システムと4WD

## 第9章 4WDを構成する主な部品のメカニズム 146

- (1) トランスファー 146
  - 直結ギヤ式のトランスファー●油圧多板クラッチ式のトランスファー●センターデフロック式のトランスファー●センターデフ差動制限式フルタイム4WDのトランスファー●駆動力を前後に配分するだけのトランスファー●ベース車の形式によるトランスファーの分類
- (2) 差動装置 155
  - ベベルギヤ式差動装置●差動装置の作動原理●ダブルピニオン・プラネタリーギヤ式差動装置●複合プラネタリーギヤ式差動装置●差動装置の弱点
- (3) 差動制限装置 161
  - 多板摩擦クラッチ式LSD●トルセンデフ
- (4) ビスカスカップリング 165
  - 差動制限に液体の粘性を利用●ビスカスカップリングの応用例●ハンブ現象によって直結に
- (5) プロペラシャフトとドライブシャフト 171
  - プロペラシャフト●ドライブシャフト
- (6) ユニバーサルジョイント 173
  - フックジョイント●等速ジョイント

## 第10章 アンチロックブレーキ・システム 181

- (1) アンチロックブレーキ・システムが必要なわけ 181
  - 直進中のブレーキング●コーナリング中のブレーキング
- (2) ベストのブレーキングを行うシステム 184
- (3) アンチロックブレーキ・システムの構成 186
- (4) アンチロックブレーキ・システムの作動原理 187
  - スリップ率の計算●ブレーキ力のコントロール●セレクトロー制御
- (5) 4WD用アンチロックブレーキ・システム 189
- (6) アンチロックブレーキの特徴 191

## 第11章 4WD用タイヤ 192

- (1) タイヤの選定 192
- (2) 乗用車やワゴンのオールシーズンタイヤ 193
- (3) 本格4WDの新車用タイヤ 196
- (4) クロカン4WD用タイヤ 198
  - タイヤのサイズ●ホイールの幅とオフセット●サスペンションの改造●フローテーションタイヤの操縦性安定性●タイヤのグリップ力●タイヤの選定

協力：梶川 利征

イラスト：安田 雅章

：古岡 修一



図1-1 三菱・ブラボー

4WDワンボックスの軽自動車は、特に農山村で活躍している。



図1-2

トヨタ・ランドクルーザー

四輪駆動車の主流は本格四駆、クロカン四駆などの呼び名で親しまれている。ボックスのバンタイプの自動車である。

ワンボックスカー、高性能のスポーツカー、レース/ラリー車にいたるまで、あらゆるジャンルに4WD車がある。それまで一握りのベテランしか扱えなかった4WD車が、だれでも簡単に手に入り、四輪駆動であることすら意識せずに運転することができるようになった。

もともと日本には規模の大きな砂漠や荒地がなく、オフロード車のニーズはない。レジャーといっても納得のいくほど走れる場所もない。だからオフロード走行の伝統もないという、ないない尽くしの日本に、どうしてこのように4WDが普及したのだろうか。

理由はいろいろ考えられるが、1970年代後半から自動車の用途が徐々に多様化し、森林の警備/保安や建設業関係などに限られていた4WD車が、レジャー用にも使われるようになってきたこと。また、80年代に入って坂の上り下りが多く、積雪がたまにあるという山の多い地方の軽自動車(特にワンボックスのバンやトラック)に急速に4WDが普及したことなどが挙げられよう。

この市場動向を自動車メーカーが見逃さず、商品体系の充実をはかったことが4WDの普及の原動力となった。また、日本では新しい技術を盛り込まないと自動車が売れない

という土壌も見逃すことができない。特に80年代後半の、ユーザーの上級車指向の動きに乗った新型車の開発競争において、目玉となる新技術のひとつにこのシステムがとりあげられたことも、4WDが普及した有力な理由である。

## (2) 4WDの技術的な側面

四輪駆動の考え方も大きく変わってきている。

もともと四輪駆動には名前のおり駆動＝トラクションだけに注目し、二輪駆動では走ることができない場所を、遊んでいる残りの2輪も駆動に参画させて走破する(オフロード4WD)か、強大なパワーをなるべく多くのタイヤに分散する(競技用4WD)といった、走ることにのみ注目する発想が強かった。

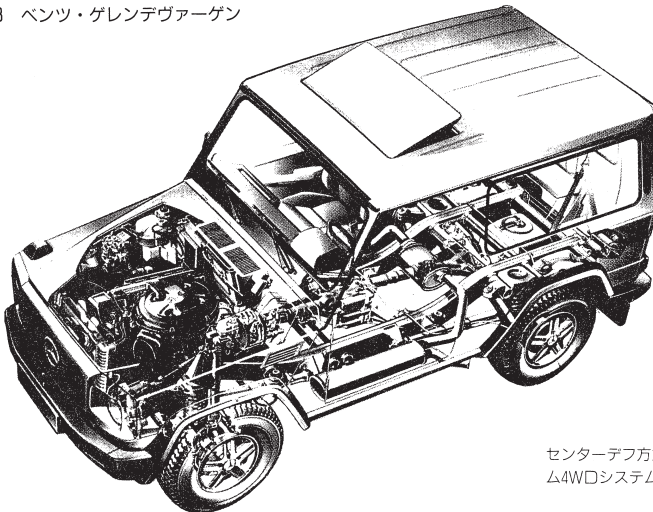
最近の高性能4WD車ではそれだけでなく、エンジンのパワー、横加速度、ブレーキ力などに関連付けて、駆動トルクを四つの車輪にどのように配分するかを、自動的にあるいは運転者の意思に応じて総合制御し、自動車の走る、曲がる、止まるという性能をも狙い通り実現することを目的とするようになってきた。

四輪駆動に関連した自動車技術はまだまだ進展を続けそうで楽しみである。

ところで、4WDは原理的には一見簡単そうであるのに、どうして実用化に手間取ったのだろうか。

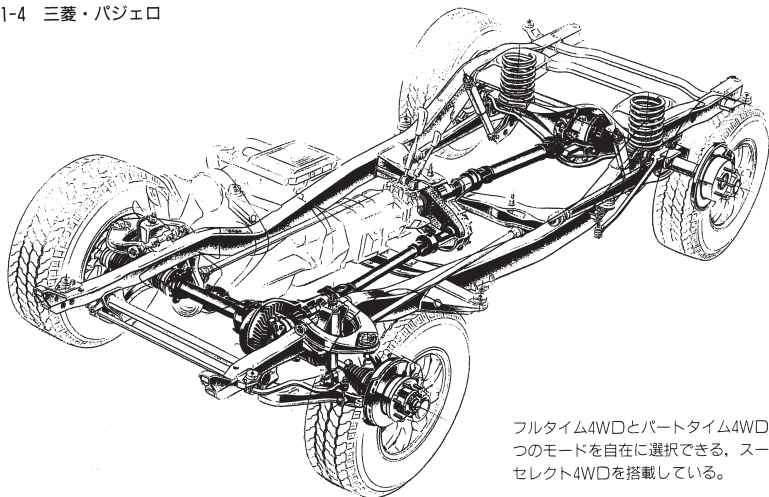
4WD車のメカニズムは大変わかりにくい。どうしてこれほど種類が多いのだろうか。そ

図1-3 ベンツ・ゲレンデヴァーゲン



センターデフ方式のフルタイム4WDシステムを搭載する。

図1-4 三菱・パジェロ



フルタイム4WDとパートタイム4WDの4つのモードを自在に選択できる、スーパーセレクト4WDを搭載している。

れにやたらに専門用語が出てきていつも煙に巻かれてしまうのはくやしい。

この本では4WD車のメカニズムについて興味をお持ちの方のために技術的な面に重点を置き、メカニズムや理屈の面白さを中心にこうした疑問に答える形で説明しようと思う。

### (3) 4WDを構成する部品の配置

まず本題に入る前に、4WDが基本的にどのようなシステムなのかという全体像をざっと見ておこう。

四輪駆動車の配置は、エンジンで発生しトランスミッションに伝えられた動力をトランスファーという装置で前後に分けるところまでがまずひとつひとつになっている。次にこの動力をプロペラシャフトで前後のデフに伝え、それぞれのデフにつながれたドライブシャフトが4つのタイヤを回すという仕組みである。

もう少しくわしく見ると、動力はまずトランスミッション(変速機)に伝えられて回転速度が調整され、トランスファーに伝達される。トランスファーは前輪と後輪に動力を分ける装置で、FRベース車ではトランスミッションのすぐ後ろに付いているのが普通だが、FFベース車では同じケースの中に納められているのが一般的である。

このトランスファーに、すぐあとに述べる差動装置(ディファレンシャル、略してデフ)としての働きがある場合、トランスファーと呼ばずにセンターデフと呼ぶことが多い。





図2-2 クライスラー・ジープ チェロキー



図2-3  
トヨタ・マスターエース サーフ

さまざまな試みがなされた。いずれも特殊な自動車である。

技術的な問題点が少しずつ解決されていくと、実用車にも4WDが拡大して行った。そして今や4WDというと、走りを目指し実現するための最新のメカニズムとしてとらえられるようになった。

このような4WDの歴史を大雑把にたどってみよう。

## (1) 馬車のように走れる自動車

4WD車はガソリン自動車の百年余の歴史の最初の頃から考えられ試みられてきた。正確にいうともっと昔、蒸気自動車の時代に蒸気エンジン付き四輪駆動車が存在していたという。

そんな大昔にどうして4WDがあったのだろう。走るのがやっという時代である。決

図2-4 電気自動車の4WD第1号

有名なボルシェ博士が若い頃つくったもの。

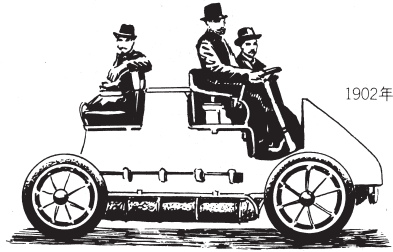


図2-5

馬車の車輪は馬にひかれてこがるだけだが、自動車の車輪は自身が路面を蹴って進まなくてはならない。このため1輪でもぬかるみに入ると脱出がたいへんであった。



してお遊びや趣味ではなかったはずだ。4WDが真剣に考えられた理由は、その悪路走破能力にあったと思われる。

長い馬車の歴史をもち、このために道路が比較的整備されていた欧米でも、自動車用の道路という観点では未だ不十分であった。特に郊外の道路となると道路とは名ばかりで、今日の整備された道路を基準にすれば、ラフロードかオフロードと言っても過言ではない状態であった。

そのような道路では2輪駆動の自動車はじつに無力で、駆動輪がぬかるみにでも入ろうものなら簡単にスタックしてしまい、脱出は困難を極めた。これに比べると馬車であれば馬に一鞭あてればよいのだから、馬車になれた人々にとって自動車は何ともだらし

図2-9 ファーガソンP99

1961年に4WDのF-1マシンとしてつくられたもの。

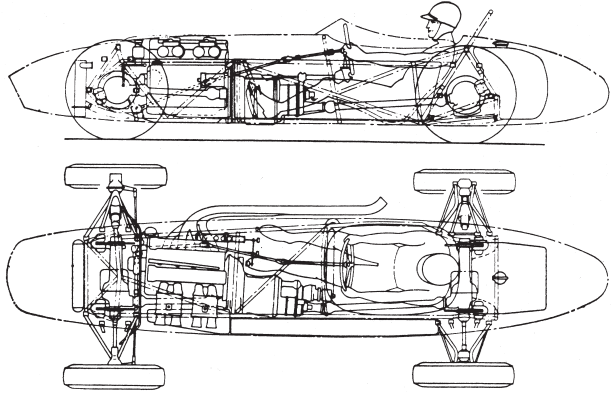


図2-10 フガッティT53

このフガッティのつくった唯一の4WDレーシングマシンは、300psを発生する5ℓスーパーチャージャー付きエンジンを搭載したフルタイム4WDだったが、ドライビングが難しく、良い成績を残すことができなかった。

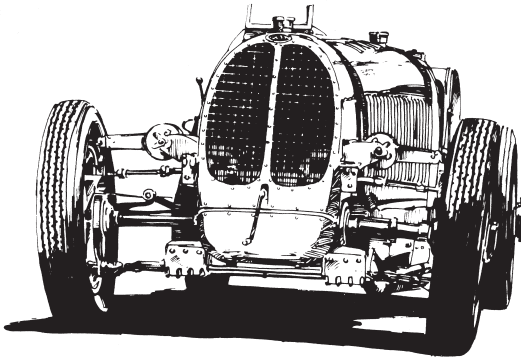
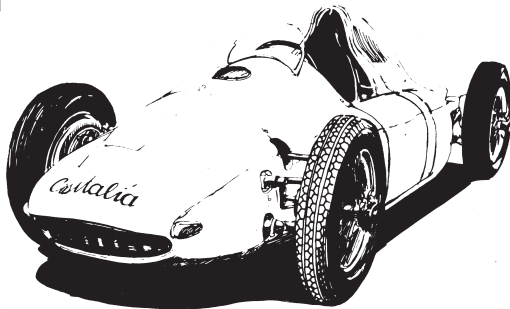


図2-11 チシタリア・ポルシェT360

イタリアのチシタリア社がポルシェに設計を依頼し、自社で製作したもの。加速時のみ4WDとし、タイトコーナーブレーキングが問題となるコーナーでは後輪駆動にするというパートタイム4WDだった。



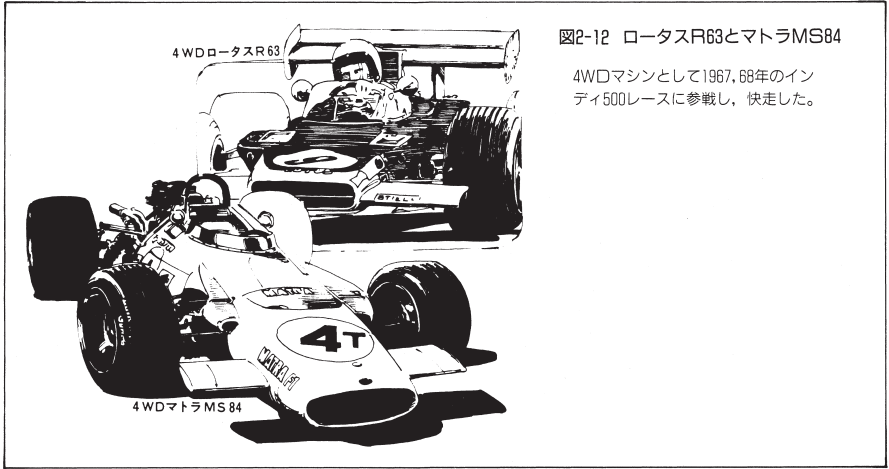


図2-12 ロータスR63とマトラMS84

4WDマシンとして1967, 68年のインディ500レースに参戦し、快走した。

F-1グランプリで4WDが再登場したのは、エンジンの排気量の規制が1.5 から3リッターと一挙に倍になった1966年以降である。この強大なパワーをいかにしてタイヤから路面に伝えるか、その解決策として各チームは競って4WDを採用した。そうすれば2WDではさけることのできないホイールスピンが解決して加速性能が向上し、さらに1輪当たりの駆動力が小さくなることによってタイヤのコーナリング性能の余裕が生じ、コーナーを速く走ることができるはずであった。

ところが、またもや4WDカーはF-1を制することができなかった。4WD化による車両重量の増加、駆動系の伝達損失によるパワーロス、コーナリング特性の変化(たとえば4輪ドリフト走行ができない)による操縦感覚の相違などのデメリットが、4輪を駆動するメリットを帳消しにしてしまったからであった。

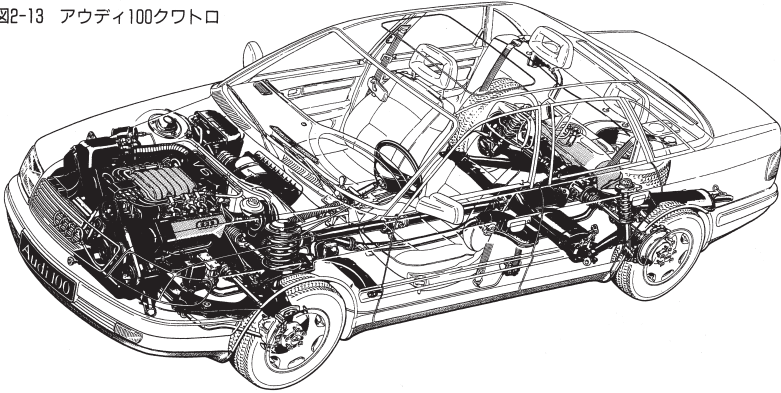
その後もF-1の世界で4WDが抹殺されているのは、これ以外のさらに大きな原因として、フォーミュラカー独特の特大タイヤと、そのタイヤの飛躍的な性能向上によるグリップ力の増加や、空力的なボディ形状とウィング付加による強力なダウンフォースによって、2輪のトラクションを増すほうがこれまでのところ4WDよりも有利であることが証明されたからであった。

#### (4) ラリーで大活躍の4WD

1960年代の4WD-F-1の試みは失敗したが、80年代に入り、ラリーの分野で4WDが大成功をおさめることとなった。

失敗続きの4WDが、ラリー界で急に日の目を見ることになった理由は何か？

図2-13 アウディ100クワトロ



1980年に発表されたクワトロのフルタイム4WDは、高性能乗用車に四輪駆動システムを導入するという構想が注目され、次いで発表されたラリークワトロの活躍によってその高い評価が定着した。駆動系は改良が重ねられているが、基本的なレイアウトは変わっていない。

図2-14 スバル・レガシィ RS



図2-15

トヨタ・セリカGT-FOUR RC



図2-16 三菱・ランサー エボリューション

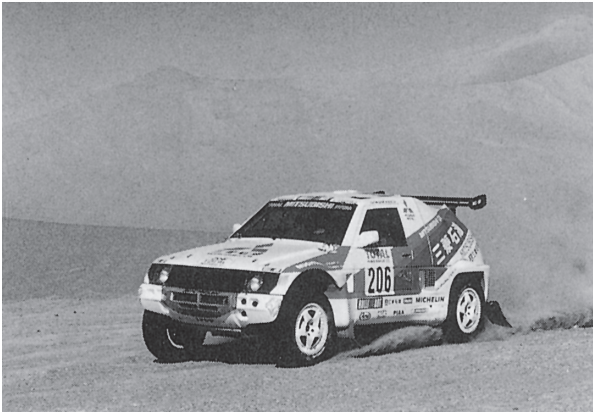


図2-17 三菱・パジェロ

まず、ターボエンジンの技術が急速に進歩し、とてつもなく強力なパワーがレギュレーションの範囲内で出せるようになったことが上げられる。このパワーをラリーのあらゆる路面条件——非舗装道路、ダート、ぬかるみ、積雪路、アイスバーン——で2本のタイヤだけで伝えるのは限界をこえた。

F-1とは異なるこのようなラリー特有の条件では、強力なエンジンパワーを4輪に分散できる4WDの効果は絶大で、4WD化による多くのデメリットを補って余りあった。ここへ来て初めて4WDはより速く走るための手段として、有効であることが実証された。

4WDでないとラリーに勝てないとなると、4WD技術の競争が始まる。多くの新技術やレイアウトが試みられ4WDに関する知識が一挙に増えたのもこの頃である。

特にフルタイム構造のセンターデフのスリップ制限機構に、新顔のビスカスカップリングを用いたり、電子制御の油圧多板クラッチを用いて、4WD駆動力の前後の配分を制御することが行われたりした。これらはその後の4WDの実用車への普及と高性能化に、大きな役割を果たした。

## (5) 実用車への普及

ラリーで4WD車が活躍したのと前後して、一般的なオンロード用の乗用車や軽自動車に4WDが急速に普及しはじめた。初めのうちはパートタイム式が多かったが、やがてフルタイム式が大多数を占めるようになった。

4WD車が急増し始めたのは、技術的には次のような理由が考えられる。

まず第一に、4WD化するのが比較的容易なFF(フロントエンジン・フロントドライブ)車が、それまでの大多数を占めていたFR(フロントエンジン・リアドライブ)車におきかわる形で非常に増えたこと。それにともない、従来からの難物であったフロントの等速ジョイントの品質のよいものが比較的安価に入手できるようになったこと。2つめにビスカスカップリングの商品化によって、扱いやすいフルタイム4WDが製品化できるようになったこと、などがある。

最初は氷雪路や非舗装悪路の多い地方で、マルチパーパスの4WD車に近い(つまりジープのような)乗用車や軽自動車が出現した。言うなれば実用的な生活四駆である。この場合多少扱いにくくても、従来技術の延長で信頼性が高く、コストアップの少ないパートタイム式でも良かった。

次に、降雪が極めてまれな地域でも、まれなゆえに起こる大混乱に対処するための保

図2-18 スバル・レオーネ エステートバン  
1972年9月に発売され、四輪駆動乗用車のルーツとなった。



## 第3章

# 4WDに固有の現象

四輪駆動は、二輪駆動に比べると駆動する車輪の数が倍になるだけなのだが、技術的な複雑さと難しさはケタ違いである。四輪駆動の場合、二輪駆動では問題にならないようなことが大きな問題になったり、四輪駆動だけに固有の全く新しい現象が発生したりする。

これらの四輪駆動に関する問題や現象の中で、特に重要なものを挙げるとすれば、以下の4つに集約される。

- ①タイトコーナーブレーキング現象
- ②前後輪の干渉
- ③動力の伝達効率
- ④駆動系の振動・騒音

これら4つの特徴について順次説明していこう。

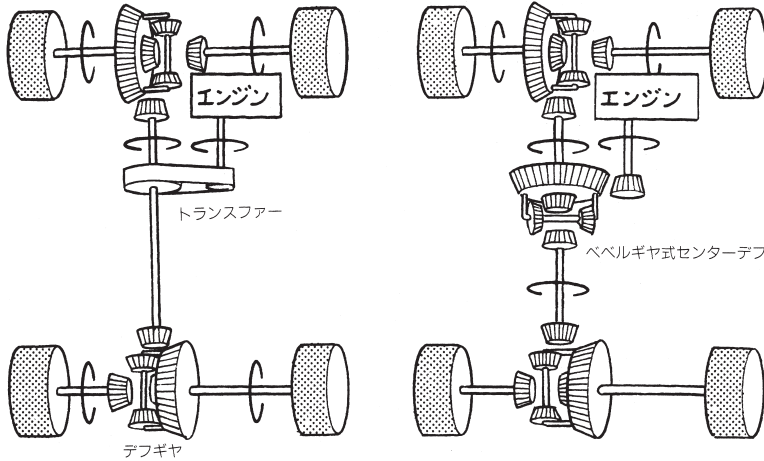
### (1) タイトコーナーブレーキング現象

#### パートタイムとフルタイムの基本的な違い

パートタイム4WDとフルタイム4WDの基本的な違いは簡単で、フルタイム式ではエンジンと4つの車輪がドライブトレインを通してつながりっぱなしになっているのに対して、パートタイム式ではトランスファーの中に設けたドッグクラッチなどで、つないだ



図3-1 パートタイム4WDとフルタイム4WDの違い



パートタイム4WDでは、ドライバーがレバーやスイッチを操作して2WDと4WDの切り換えを行なう。図は、ふだんは後輪の二輪駆動で、ドライバーがレバーやスイッチを操作するとトランスファーの部分で前輪がつながるようになっている例である。

フルタイム4WDでは、センターデフによって常時(フルタイム)前後輪がつながれている。

り切ったりすることができるようになってきているというだけのことである。

パートタイム4WD車では、そのときどきの走行状態をドライバーが判断して二輪駆動と四輪駆動の切り換えを行うことが必要なのに対して、フルタイム4WD車の方は何もしなくてよい。

もしあなたが世界で初めて4WD車を作るとすれば、最初に考えつくのは構造が簡単で運転操作が楽な(はずの)フルタイム方式であって、やっかいなパートタイム方式ではないだろう。その証拠には、自動車の歴史において初期の4WDの試作車は、ほとんどがフルタイム式である。

だが、実用化された4WD車はなぜかパートタイム式からであった。エンジンとタイヤを機械的に直結すると、このことによっていくつかのメカニカルなトラブルが発生するのである。

フルタイム4WDの技術的な問題点がほぼ解決され、フルタイム四駆が素人にも容易に扱えるようになったのは最近のことである。

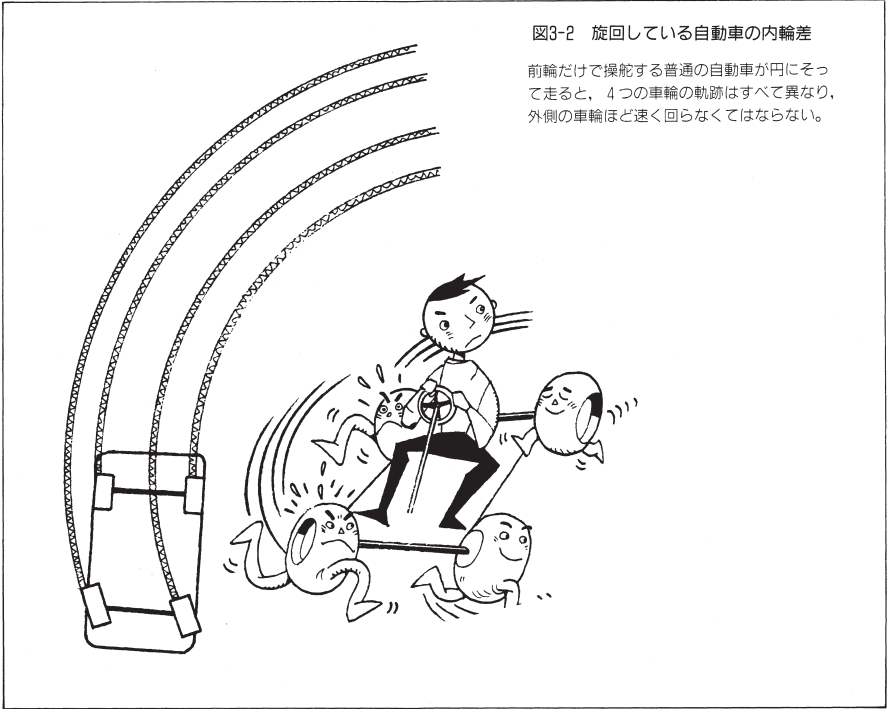


図3-2 旋回している自動車の内輪差

前輪だけで操舵する普通の自動車が円にそって走ると、4つの車輪の軌跡はすべて異なり、外側の車輪ほど速く回らなくてはならない。

### きついコーナーがうまく回れない

フルタイム4WDの実用化が遅れた最大の原因は、摩擦係数が高い路面でタイトコーナーブレーキングと呼ばれる不具合現象があって、その解決に思いのほか手こずったためと思われる。

試みにエンジンと4つのタイヤを直結して“フルタイム”4WDとした場合を考えてみよう。この状態で自動車を走らせると、オフロードではあまり問題が起こらないが、オンロードで普通走行をすると非常に走りにくい。なにしろきついカーブがうまく曲がれないのである。

特に乾いたターマック路などの摩擦係数が高い道路で急カーブを曲がろうとすると、ハンドルが非常に重くなるのと同時に、ブレーキをかけてもいないのにスピードが急に下がって、自動車は勝手に止まってしまう。

これをタイトコーナーブレーキング現象と呼んでいる。タイト(急な、キツイ)コーナー(曲がり角)で起こるブレーキングというわけである。ハンドルを切って急カーブを曲がるたびにこんな不具合が発生したのでは、とても走れたものではない。

### なぜ急カーブが曲がれないのか

4WDでタイトコーナーブレーキング現象が起きる理由は、デフのない2WDがカーブをうまく曲がれないのと同じである。

2WDでも4WDでも自動車が旋回しているときには、図3-2のように旋回円の中心から遠い方の車輪は近い方の車輪よりたくさん回らなければならない。したがって自動車をスムーズに走らせるには、左右の車輪の回転数の違いを調整してやるが必要で、左右のアクスルシャフトを直結して一本棒にするのではなく、間にデフ（ディファレンシャル：差動装置）を追加せねばならない。デフがあると左右のタイヤの回転数が異なっても、同じ大きさのトルクを伝えることができる。

自動車が直進しているときには、4本のタイヤの回転数は全部等しい。ところがカーブを走っている状態では、4本のタイヤの回転数はそれぞれ異なっている。右側の2本のタイヤに着目しても左側の2本のタイヤに着目しても、前のタイヤの方が後ろのタイヤより回転が速い。

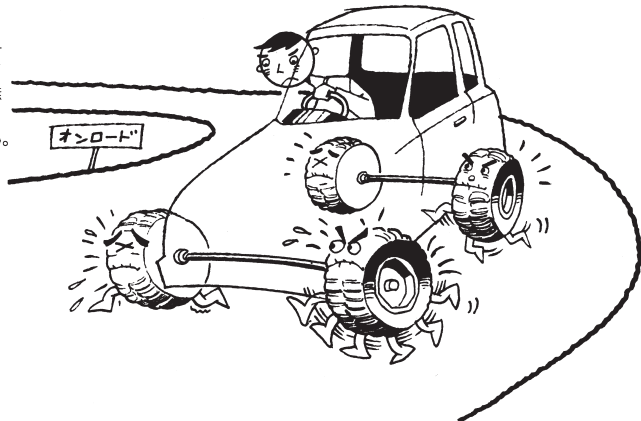
その結果、トランスミッションの出力軸の回転をトランスファーで前後のプロペラシャフトに分けて伝えた場合、前側のプロペラシャフトの回転数は後側のプロペラシャフトの回転数より大きくなろうとする。ところが、前後のプロペラシャフトはトランスファーの中でガッチリ直結されているので、異なる回転数になることができない。

できない、といったところで初めからつながっているものをどうすることもできない。ドライブトレインがこわれるのでなければ、結局タイヤと路面のあいだにスリップが生ずることでツジツマが合わされる。

このスリップの向きは前輪と後輪とでは逆になっている。すなわち前輪には速く回ろ

図3-3

直結の四輪駆動できついコーナーを曲がろうとすると、タイヤに回転半径が違うための無理が生じ、自動車をコーナリングさせまいとする力となる。



うとするタイヤを遅くするように力がかかり、後輪には遅く回ろうとするタイヤを速くするように力がかかる。これらの力は舗装路面でさえもタイヤをスリップさせるほど大きい。自動車がコーナリングする場合を考えると、曲がろうとする方向と逆方向に働き、自動車をコーナリングさせまいとする力になってしまう。

それにもかかわらずハンドルを切り続けると、タイヤのスリップでエネルギーが失われ、強いブレーキがかかって減速する。この現象は自動車の旋回半径が小さいほど、つまりカーブがタイトであればあるほど顕著になる。

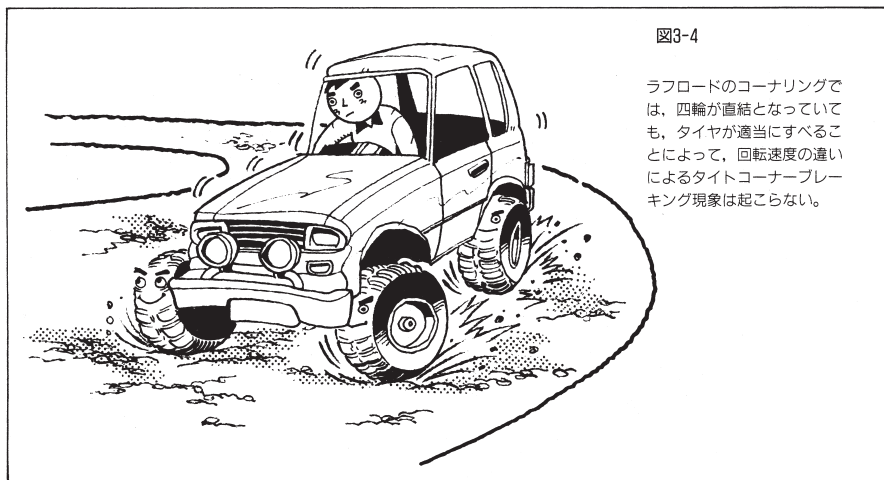
### 路面の状態による違い

このような不具合は摩擦係数が大きい路面が続く舗装道路(たとえば市街地)で顕著にあらわれる。したがって、このような場所でパートタイム4WD車の四輪駆動ポジションや、センターデフ付きフルタイム4WD車のセンターデフをロックした状態で長時間連続して走行しない方がよい。

この状態で走り続けると、タイトコーナーブレーキングが起きて走りにくいだけでなく、タイヤの摩耗、燃料消費、アクスルシャフトやプロペラシャフト、等速ジョイントなどの損傷等々、いろいろな不具合につながる。

タイトコーナーブレーキングは摩擦係数の高い路面では問題になるが、オフロードのような不整地ではあまり問題にならない。摩擦係数の低い路面では、4つのタイヤが適当にすべて回転数の違いを吸収するので、このような現象は起きようがないのである。

説明するまでもないが、前後ドライブトレイン直結の四輪駆動状態はオフロード走行時に極めて強力な走破力を発揮する。だから、パートタイム4WD車の四輪駆動ポジシ



---

---

## おわりに — 著者にかわって

庄野欣司さんは、東大機械科を卒業して当時の富士精密工業、のちのプリンス自動車に入り、鈴鹿サーキットで勇名をはせたスカイラインなどの、シャシー設計を手懸けられた。プリンス自動車が日産に併合されてからも、ひきつづき機構関係の設計に従事され、機構設計部長、開発システム部長などを経て、1989年、日産とアメリカのSDRCの合併で新しく設立された、エンジニアリング・コンサルティング会社“エステック”の社長に就任、そして1992年10月、わずか58年と9日の生涯を終えられた。未だにあどけないの抜け切らない史子夫人と、成人された2人のご子息、そして90パーセントほど完成したこの本の原稿を残して。庄野さんは仕事一辺倒の猛烈社員には程遠く、仕事のかたわら人生を楽しむ、というタイプだったから、暇になってからの人生を楽しみにしておられたと思う。それにはまだ間があり、やりかけた仕事も残して世を去らなければならないとは、どれほど無念だったろうか。

1959年から2年ばかり、ぼくは庄野さんの下で設計の仕事をした。庄野さんはかなり気難しいところがあり、つき合いやすい先輩だったとはいえない。気にいらぬことをいうと、“いやだなあ”なんて言って露骨に顔をしかめる。逆に庄野さん好みの話題になると、はずかしそうにぼつと頬を赤くして口をすぼめ、少し上目づかいの独特の表情で、実に楽しそうに話をした。そういうときには、まことに優しい兄貴といった感じであった。

庄野さんは自動車が好きだった。1960年代はじめ、マイカーなんて言葉もない時代から、仲間数人でたしかヒルマンのセコを買い込み、ドライブを楽しんでいた。若い読者には想像もつかないだろうが、“高速道路なんか夢のまた夢、日本には道路はない。あるのは道路予定地だけだ”といわれたころの話で、甲州街道でさえようやく府中あたりまで整備されたのが1964年、アベベの走った東京オリンピックのマラソンのためだったのである。会社でドライブの話をしていたとき、誰かがいった。“富士五湖へ行っただけぞ、とても景色のいい道だったぜ。”

庄野さんの返事が良かった。

“なんだ、良かったって、景色か。”

---

---

---

---

道路のこと、走ることしか頭になかったのである。この本にうかがえる4WDへの思い入れには、あるいはこのへんの事情が原体験になっているのかもしれない。

実をいうと、ぼくは庄野さんと共著で、自動車の歴史という本を出版する予定だった。K書房という、かたい出版社から持ちかけられた話である。その後二人とも本業が忙しくなってしまうと、結局実をむすばず、同書房には迷惑をかけてしまったが、これには相当のエネルギーを傾注した。分担をきめて原稿を書き、庄野さんが新婚の頃住んでいた、吉祥寺駅の北のほうの三部屋のアパートだとか、あちこちの喫茶店で打ち合わせをした。庄野さんはその時の調子に流されず、冷静な判断を下せる人で、“こんな書き出しじゃあ、だれも読んでくれないよ”なんてことを、例のはずかしそうな口調ではあるが、平気で言った。二人とも日本の自動車の、その後の発展を予測できてはいなかったし、そういう意味で冷や汗をかかないですんだわけではあるけれど、もし上梓されていれば、マニアとしての情熱が技術者の論理に裏打ちされ、そしてユーモアがところどころ顔を出す庄野さんの文章が、読者はもう一冊楽しめたはずだった。

グランプリ出版の尾崎桂治さんのご好意で、この遺稿が出版されることになって、ぼくも大変うれしい。庄野さんはこの出版を相当楽しみにしていて、病床にもワープロを持ち込み、亡くなるひと月ほど前までキーをたたいておられたという。一応でき上がった原稿にも、いろいろ手書きのメモが入っていた。それらを手がかりに、同出版の馬庭孝司さんが編集の労をとって下さり、また、庄野さんが掲載を予定していた、膨大な数にのぼる図を準備して下さった、尾崎さんと馬庭さんのご尽力に、庄野さんに代わってというのは僭越だけれど、心からお礼を申し上げたい。

上に書いたような前歴もあって、史子夫人から原稿の整理を手伝ってほしいという電話をもらい、ぼくも少しだけ手を入れさせていただいた。

“いや、そうじゃないんだよ。”

ときどき庄野さんの声が聞こえるような気がした。

# 索引

## (ア行)

RV	17, 198
アイスパーン	124
i-Four	112
アウトブレーク	166
アウディ・クワトロ	73, 115
アキシシャル・ブランジャー・ポンプ・カップリング	98
アクスルシャフト	29
アクスルデフ	51
アクティブ・トルクスプリット	99
アクティブ・トルクスプリット 4WD	105
アデーサ	80, 168
アデーサE-TS	103
アルシオーネ	57
アンダーステア	134, 137
アンチ・スキッド・ブレーキ	181
アンチロックブレーキ・システム	94, 96, 105, 140, 143, 181
ECハイマチック	84
異常摩耗	32
インチャップ	200, 202
イントラック	92
インナープレート	166
インブレッサ	106, 195
ウォームギヤ	164
ウォームホイール	164
HCU	96
ASB	181
AXC	98
ALB	181
ACT-4	105
ABS	140, 143, 181
エクスポローラー	197
エスティマ	75
エテルナ	107
FF車	23
エブリイ	98
LSD	50, 161
エレメントギヤ	164
オイルシール	38
オースチン・ミニ	116
オーバーステア	134
オールシーズンタイヤ	194
オールテレーン	198
オフセット	203, 204
オフロード	15, 28
オフロード車	6, 62, 112
オフロード 4WD	7, 17, 70, 152
オンデマンド 4WD	49, 88
オンロード	28
オンロード 4WD	18

## (カ行)

回転数感応式LSD	161
カベラ	75
亀の子	124
カルダンジョイント	38, 174, 180
カレラ 4	100
カローラ	80
危険速度	172
ギャラン	107

キングピンオフセット	205
駆動トルク	11, 66, 134, 163
駆動トルク配分	87
駆動トルク配分可変式	137
駆動トルク配分固定式	137
駆動力	11, 36, 132
駆動力配分	46
駆動力配分制御	138
クラウンマジェスタ	112
クリアランス	39
クロカン四駆	33, 198
クロスカントリー 4WD	17, 198
クロスグループジョイント	179
クロノス	75
クワトロ	164
ケース・トウ・シャフト(C-S)タイプ	169
ゲレンデヴァーゲン	197, 206
後輪駆動車	136
コーナリングフォース	130, 183
コントロールユニット	187

## (サ行)

最終減速機	155
サイドフォース	130, 140
差動回転数応動型 4WD	87
作動角	174
差動機能	46
差動制限装置	46, 151, 161
差動装置	10, 155, 160
差動トルク感応型	164
差動トルク感応式LSD	161
サンギヤ	158
Gセンサー	104, 145, 190
GTO	75
ジープ	111
CVJ	177
ジェミニ	75
シグマ	82
自在継手	174
湿式多板クラッチ	45, 94, 100, 103, 161
シフターレバー	73
車速センサー	186
シャフト・トウ・シャフト(S-S)タイプ	169
車輪速度	187
ジョイント	38
ジョイントアングル	38
ジョイントアングル	38
ジョイント角	172
シリコンオイル	167
スカイライン	103, 195
スキッド	137, 139, 208
スタック	15, 161
スタッドレスタイヤ	195, 208
スタンバイ 4WD	49, 88, 130
ステア特性	134, 169
スノータイヤ	194
スバル1000	113
スピン	136, 140, 184
スピン制限装置	161
スピンスター	141
スプリットμ(ミュー)	124

## 著者紹介

庄野欣司（しょうの きんじ）

1933年10月8日台湾省台北市に生まれる。終戦後日本に引揚げ、昭和31年3月東京大学工学部機械工学科を卒業。富士精密工業株式会社(後のプリンス自動車工業)に入社後、日産との合併により、日産自動車の主に開発設計部門で活躍する。1989年1月に事業開発室主管となった後、同年2月日産自動車と米国SDRCの合併により㈱エステックを設立し、代表取締役社長に就任。1992年10月逝去。

### 入門講座 **4WD車の研究**

2019年5月24日 新訂版 初版発行

著者 **庄野欣司**

発行者 **小林謙一**

発行所 **株式会社グランプリ出版**

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-32

電話 03-3295-0005(代) FAX 03-3291-4418

印刷・製本 モリモト印刷株式会社