

## 第4章 ステアリング装置

### 1 概要

ステアリング装置は、自動車の進行方向を任意に変えるためのもので、一般にステアリング・ホイール(以下、ハンドルという。)を回すことによってタイロッドから左右のナックル・アームに力が伝わり、フロント・ホイールを動かしてかじ取りをする方式が用いられている。この装置は、操作が容易でしかも確実に、路面からの衝撃がハンドルに伝わらないような機構になっている。

自動車が旋回する場合、図4-1-(1)のようにナックル・アームが平行であると、左右のフロント・ホイールは常に同じ切れ角になり、中心点の異なる円周上を旋回する。このため、タイヤは路面上を横滑りしながら旋回することになり、円滑な旋回ができなくなる。

したがって、図(2)のようにナックル・アームの取り付け角度を変えて、キング・ピンとタイロッド両端を結ぶ線の延長線が、リヤ・アクスルの中心付近で交わるようにすると、フロント・ホイールの切れ角に左右差ができ、常に中心点で同じ円周

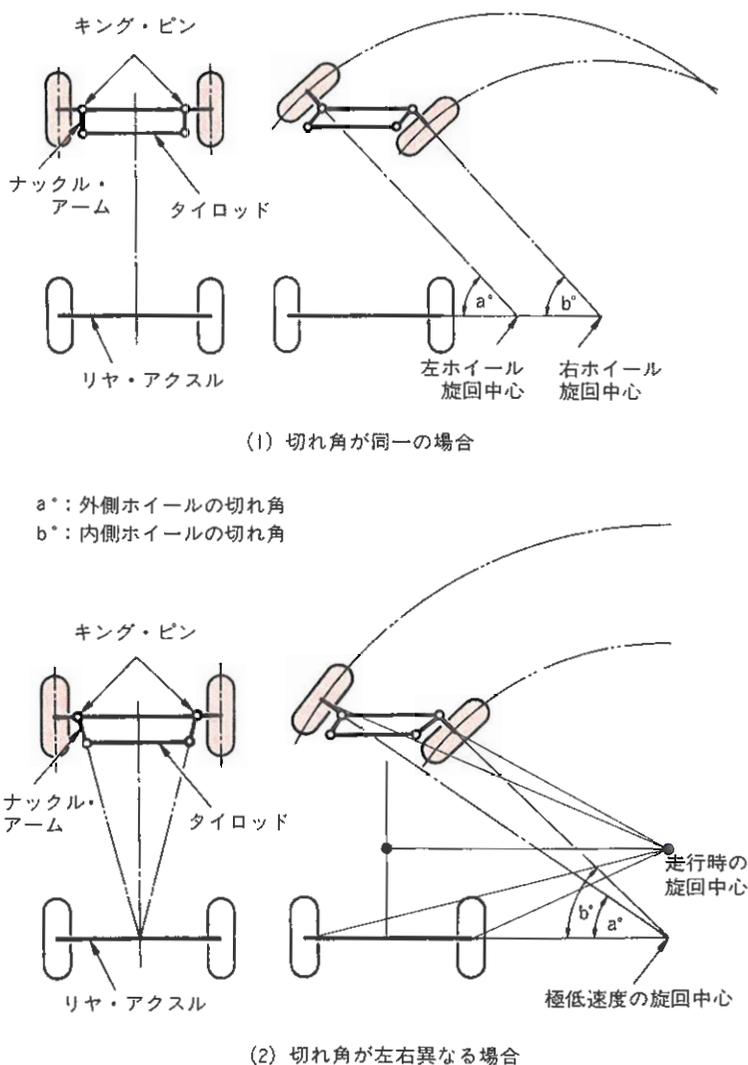


図4-1 旋回時の各ホイールの関係

上を回転することができる。しかし、図(2)のリヤ・アクスルの延長線上に旋回中心がある旋回は、ホイールに横滑りが起こらない極めて低速で走行した場合に限られるため、実際の自動車では、速度が大きくなるに従い、タイヤに横滑りが発生するので、図(2)の旋回中心は、リヤ・アクスルの延長線から離れ、自動車の中央付近の延長線上に近づくようになる。

ステアリング装置は、次の三つの機構で構成されている。

ステアリング操作機構：運転者の操舵力をステアリング・ギヤ機構に伝えるもの。

ステアリング・ギヤ機構：操舵力の方向を変えると共に、トルクを増大してステアリング・リンク機構に伝えるもの。

ステアリング・リンク機構：ギヤ機構の動きをフロント・ホイールに伝えると共に、左右のフロント・ホイールを一定の関係に保持するもの。

図4-2は、独立懸架式のラック・ピニオン型、図4-3は、車軸懸架式のボール・ナット型ステアリング装置の一例である。

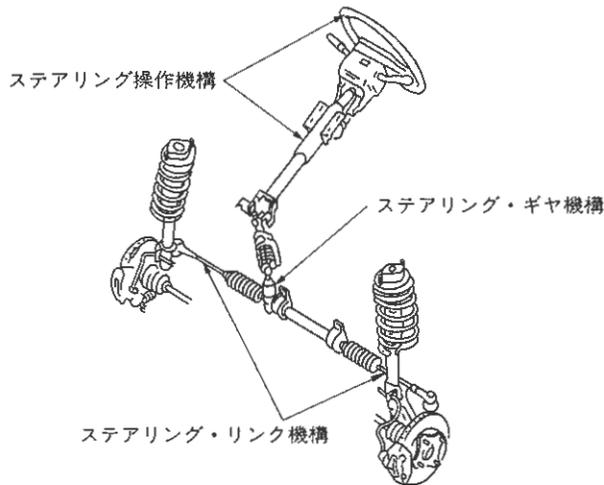


図4-2 独立懸架式のラック・ピニオン型ステアリング装置

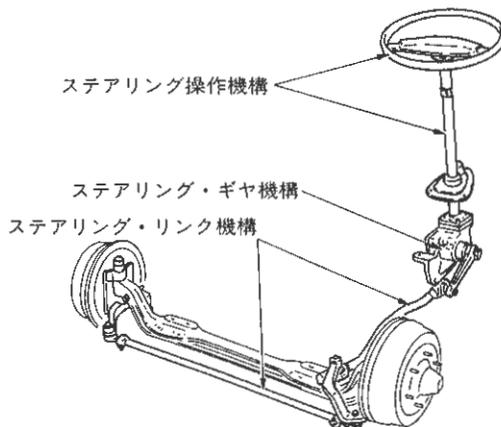


図4-3 車軸懸架式のボール・ナット型ステアリング装置

## 2 構造・機能

### 1) ステアリング操作機構

ステアリング操作機構は、図4-4のようにハンドル、ステアリング・シャフト、ステアリング・コラム及びユニバーサル・ジョイントなどで構成されている。

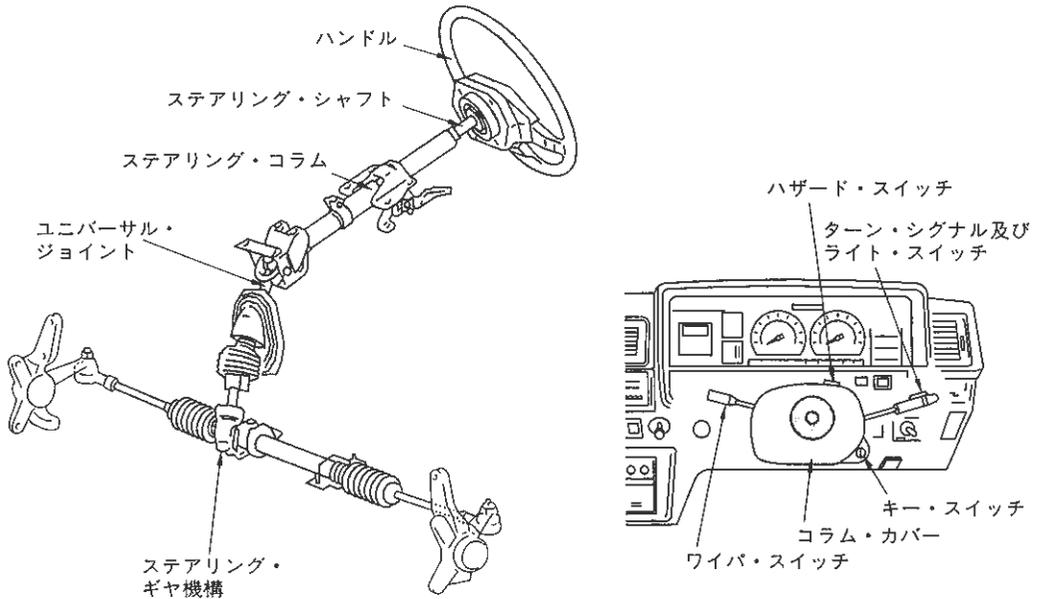


図4-4 ステアリング操作機構

ハンドルには、ホーン・スイッチが取り付けられ、ステアリング・コラムには、キー・スイッチ、灯火装置などの各種スイッチ類が設けられている。また、乗用車などには、ステアリング・シャフトを固定するためのハンドルを施錠する機構が設けられている。

操作機構にはこのほか、図4-5のようなハンドルを適切な傾斜角に調整できるチルト・ステアリング及び軸方向に移動できるテレスコピック・ステアリングを設けて、運転者が操作しやすい位置に調整できるようにしたものもある。

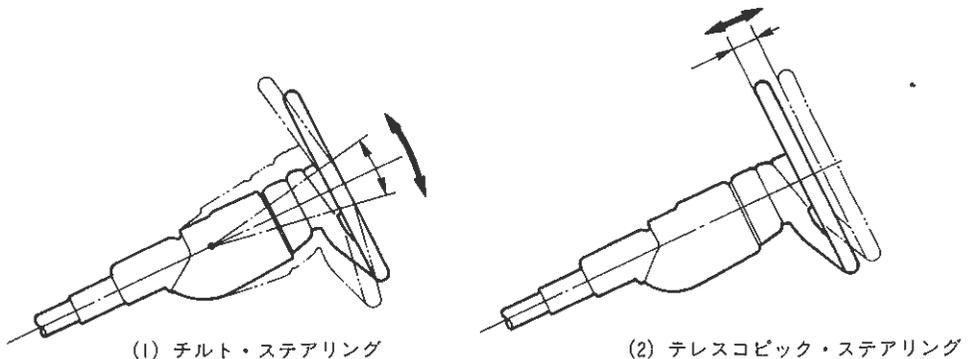


図4-5 調整式ステアリング・コラム機構

## (1) ハンドル

ハンドルは、ハブ、リム、スポークなどで構成されており、一般にステアリング・シャフトにテーパ・セレーションでかん合せ、ナットで締め付けられている。

## (2) ステアリング・コラム及びステアリング・シャフト

ステアリング・コラムは、内部にステアリング・シャフトを通し、それを支えるコラム・チューブから成り、ステアリング・シャフトの上部にはハンドルが、下部にはユニバーサル・ジョイント又はフレキシブル・ジョイントなどが取り付けられ、ハンドルの回転をステアリング・ギヤに伝える役目をしている。

このほか、ラック・ピニオン型では、ステアリング・シャフトとステアリング・ギヤとの間に、図4-6のような中間ギヤを設けているものもある。

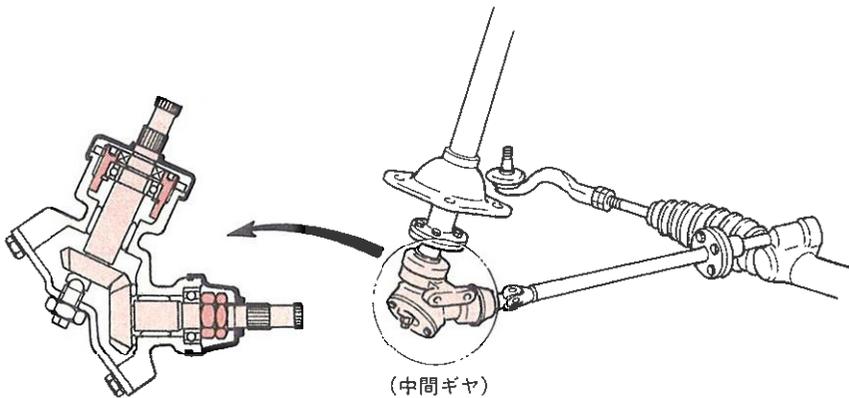


図4-6 中間ギヤを設けたステアリング操作機構

また、乗用車には、衝突したときの運転者への衝撃を軽減するため、衝撃吸収式ステアリング・シャフト(コラプシブル・ステアリング・シャフト)が装着されている。

衝撃吸収式ステアリング・シャフトには、衝撃吸収部分の構造によって、スチール・ボール式(ボールしゅう動式)、ベンディング・ブラケット式(プレート収縮式)及びベローズ式(チューブ式)などがあるが、いずれもコラム・チューブとステアリング・シャフトをアッパとローアの二分割とし、衝突時の車体破損(一次衝突)によって、ステアリング・シャフトが後方(運転席側)に突き出すことを防止すると共に、運転者が慣性でハンドルに衝突(二次衝突)したときの衝撃を和らげるようになっている。

ここでは、一般的なスチール・ボール式について説明する。

スチール・ボール式は、図4-7のようにアッパとローアのコラム・チューブをスチール・ボールの圧入によって接続し、アッパとローアのステアリング・シャフトは、プラスチック・ピンによって接続されている。また、アッパ・チューブは、規定の衝撃力で離脱するようにカプセル

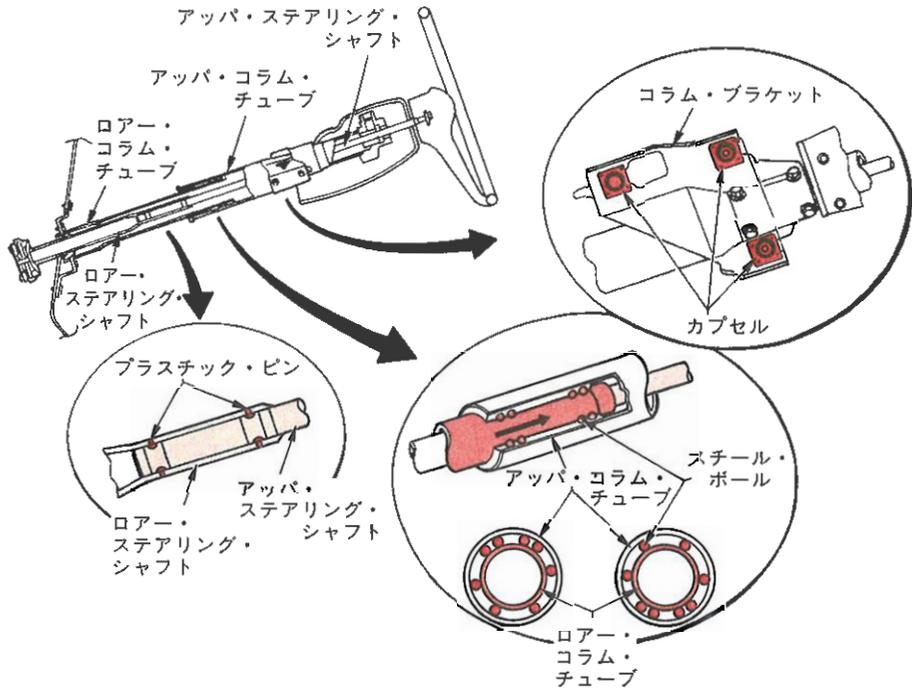


図4-7 スチール・ボール式コラプシブル・ステアリング・シャフト

によって取り付けられている。

このため、コラム・チューブに自動車の一次衝突時の衝撃力が加わると、チューブを押し縮める方向に力が作用する。スチール・ボールは、アッパとロアーのコラム・チューブの接触面に圧こんを付けながら転動するので、その抵抗によって衝撃エネルギーを吸収する。

このとき、アッパとロアーのステアリング・シャフトを接続させているプラスチック・ピンが切断され、ロアー・ステアリング・シャフトがアッパ・ステアリング・シャフト上を滑りながら上方へ動き、シャフトがハンドルと共に運転席側へ突き出るのを防止する。

次に、二次衝撃時には、運転者などからの力がハンドルの前面に加わると、コラム・ブラケットのカプセルが外れ、コラム・チューブとステアリング・シャフトを更に押し縮める力が作用することによって、再度、衝撃エネルギーを吸収する。

## 2) ステアリング・ギヤ機構

ステアリング・ギヤ機構は、操舵力の方向を変えると共に、トルクを増大してステアリング・リンク機構に伝えるものである。この場合、トルクを増大するために重要なのがステアリング・ギヤ比であり、これは、ステアリング・ギヤの減速比をいい、ラック・ピニオン型とボール・ナット型では、次に示すようにステアリング・ギヤ比を算出する式が異なる。

## (ラック・ピニオン型)

$$\text{ステアリング・ギヤ比(減速比)} = \frac{\text{ハンドルの動き量(角度)}}{\text{フロント・ホイールの動き量(角度)}}$$

## (ボール・ナット型)

$$\text{ステアリング・ギヤ比(減速比)} = \frac{\text{ハンドルの動き量(角度)}}{\text{ピットマン・アームの動き量(角度)}}$$

## (1) ラック・ピニオン型

ラック・ピニオン型は、ステアリング・シャフトの先端にピニオンを取り付けてラックとかみ合わせ、ピニオンの回転をラックの横方向の動きに変えて、両端のタイロッドを介してホイールを動かすものである。

この形式では、図4-8のようにラックは分割されたタイロッドの一部とも考えられ、リンク機構もボール・ジョイントの数が少ないので、摩擦が少なく小型軽量にできるが、反面、路面から受ける衝撃がハンドルに伝わりやすい。

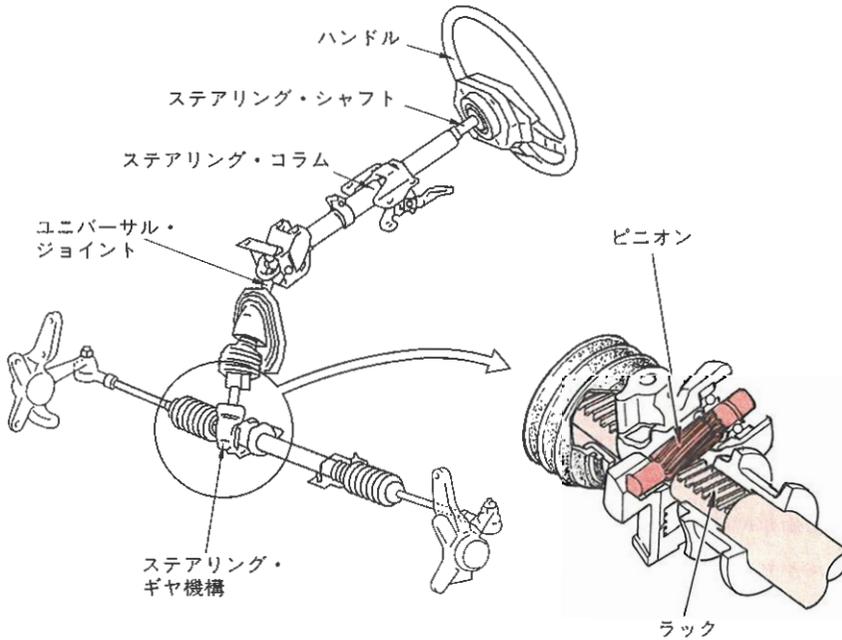


図4-8 ラック・ピニオン型ステアリング装置

## (2) ボール・ナット型

ボール・ナット型は、耐摩耗性及び耐衝撃性に優れており、図4-9のようにウォーム・シャフトとボール・ナットの接触面に多数のスチール・ボールを入れて転がり接触にし、摩擦を少なくしている。ハンドルを回すと、スチール・ボールはウォーム・シャフト上を転がりながら移動し、このとき、ボール・ナットを軸方向に移動させながらボール・チューブを経て、元の位置に戻る。ボール・ナットの外側には歯が切っており、セクタ・ギヤがかみ合っけてピットマン・アームを回すようになっている。

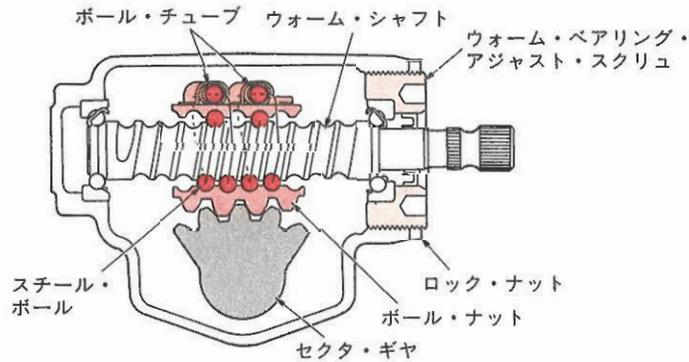


図4-9 ボール・ナット型ギヤ機構

また、セクタ・ギヤの歯は、図4-10のように傾斜しているため、セクタ・シャフトをアジャスト・スクリュにより軸方向に動かすことによって、ボール・ナットとセクタ・ギヤとのバックラッシュが調整できるようになっている。

このほか、ボール・ナット型のステアリング・ギヤ機構には、直進時(ギヤ比小)と旋回時(ギヤ比大)のギヤ比が異なる可変ギヤ比型のステアリング・ギヤ機構がある。

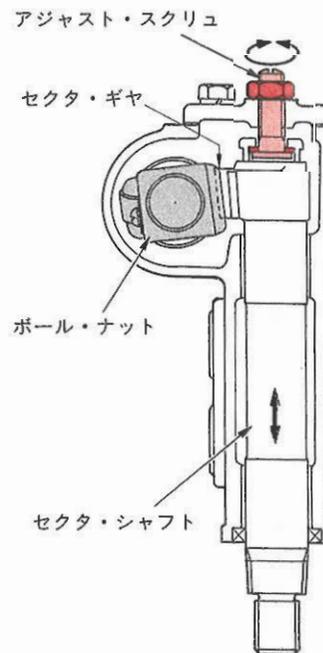


図4-10 アジャスト・スクリュによるセクタ・シャフトの動き

## 3) ステアリング・リンク機構

## (1) 独立懸架式のステアリング・リンク機構

独立懸架式のリンク機構は、ラック・ピニオン型とボール・ナット型とがある。

ラック・ピニオン型は、図4-11のようにラック・エンド、タイロッド・エンド、ナックル・アームなどで構成されている。操舵力の伝達は、図に示すステアリング・ギヤ機構からの動きを、左右のラック・エンドを介してタイロッド・エンド、ナックル・アームに伝えることで、左右両輪のホイールが同方向に操舵される。

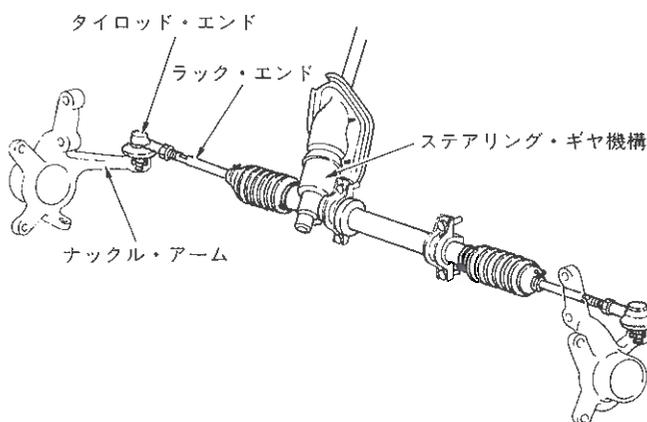


図4-11 独立懸架式のリンク機構（ラック・ピニオン型）

ボール・ナット型は、図4-12のようにピットマン・アーム、リレー・ロッド、タイロッド、アイドラ・アームなどで構成されている。操舵力の伝達は、図に示すステアリング・ギヤ機構からの動きを、ピットマン・アーム、アイドラ・アームに接続されたリレー・ロッドを介して左右のタイロッド、ナックル・アームに伝えることで、左右両輪のホイールが同方向に操舵される。

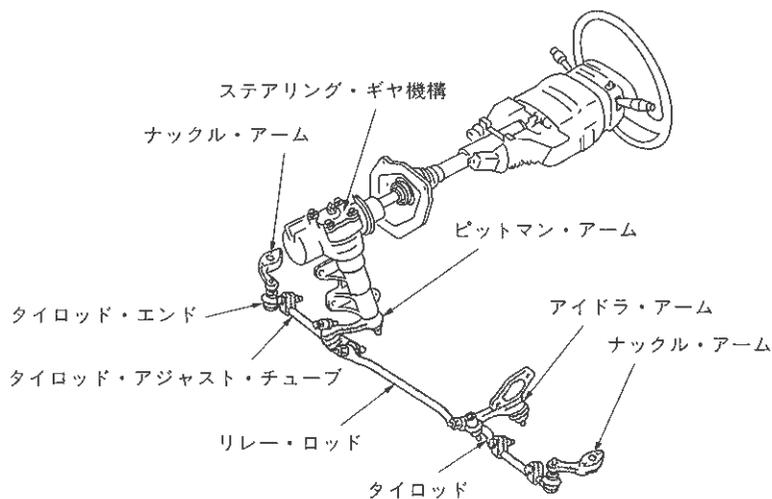


図4-12 独立懸架式のリンク機構（ボール・ナット型）

(2) 車軸懸架式のステアリング・リンク機構

車軸懸架式のリンク機構は、図4-13のようにピットマン・アーム、ドラッグ・リンク、ナックル・アーム、タイロッド、タイロッド・エンドなどで構成されている。

操舵力の伝達は、図に示すピットマン・アームの動きをドラッグ・リンクが右側のナックル・アームを介してナックルに伝えると共に、タイロッドを介して、左側のタイロッド・エンド、ナックル・アーム、ナックルに伝えることで、左右両輪のホイールが同方向に操舵される。

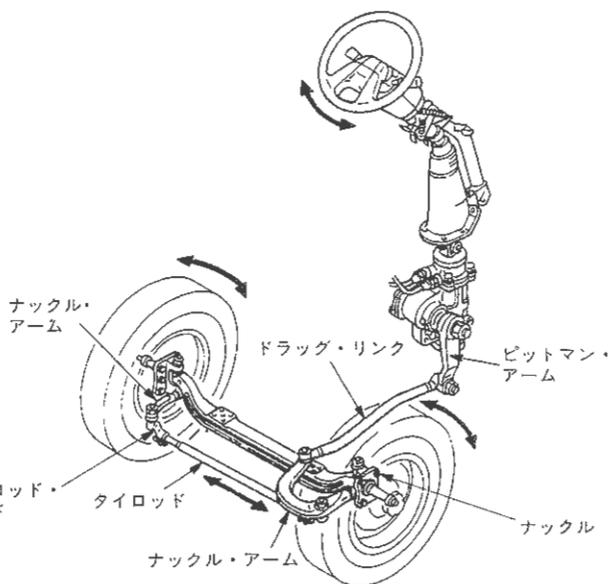


図4-13 車軸懸架式のリンク機構

また、車軸懸架式では、左右両輪が独立して上下運動することはないので、図4-13のように左右のリンク機構は、一本のタイロッドで結ばれている。

したがって、両輪のナックル・アームからの衝撃が、直接ピットマン・アーム、すなわち、ハンドルに伝わらないようにするための工夫が施されている。

図4-14-(1)は、ドラッグ・リンクに引っ張り方向及び縮み方向の両方向にスプリングを作用させて路面からの衝撃を吸収する機構を内蔵したものである。

また、図(2)のようにドラッグ・リンクに特別な機構をもたないものでは、衝撃吸収機構の代わりにパワー・ステアリング装置の出力を増大させ、入力(操舵力)と出力(転舵力)との差を大きくすることで、路面からのタイヤを介して伝わる衝撃を吸収している。

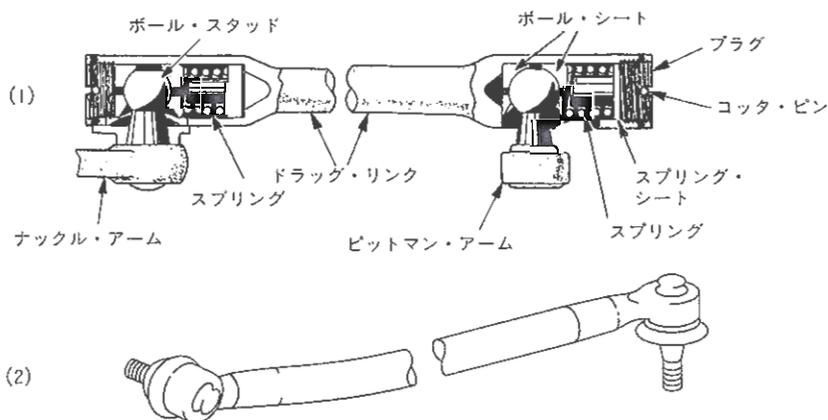


図4-14 ドラッグ・リンク

## 4) パワー・ステアリング

パワー・ステアリングは、操舵力を軽減させるための倍力装置を備えたもので、動力源として、油圧を用いる油圧式と電気を用いるモータ式とがある。ここでは、油圧を利用した図4-15のようなパワー・ステアリングについて説明する。

一般に、パワー・ステアリングは、ハンドルの操舵力が入力信号となり、この入力信号によって倍力機構で操舵力が倍加されるようになっている。

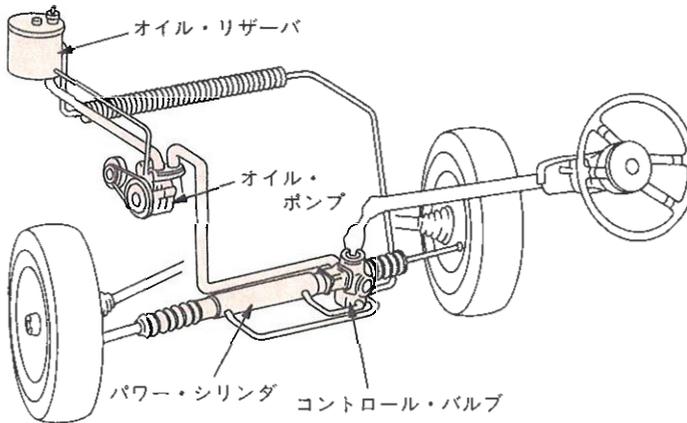


図4-15 油圧式パワー・ステアリングの構成

倍力機構は、次の三つの主要部分によって構成されている。

作動部（パワー・シリンダ）……動力を発生する部分である。

制御部（コントロール・バルブ）……作動部への油路を開閉する部分である。

動力部（オイル・ポンプ）……動力源となる油圧を発生する部分で、一般にベーン型のオイル・ポンプが用いられている。

これらの主要部分のほかに、最高流量を制御するフロー・コントロール・バルブ、最高油圧を制御するプレッシャ・リリーフ・バルブ、故障時の手動操作を容易にするセーフティ・チェック・バルブなどによって構成されている。

パワー・ステアリングは、パワー・シリンダとコントロール・バルブの形状及び配置によって、ラック・ピニオン型、インテグラル型及びリンケージ型に分けることができる。

ラック・ピニオン型は、図4-16のようにコントロール・バルブをステアリング・ギヤ装置の内部に、パワー・シリンダをラック・チューブにそれぞれ組み込んだもので、乗用車に多く用いられている。

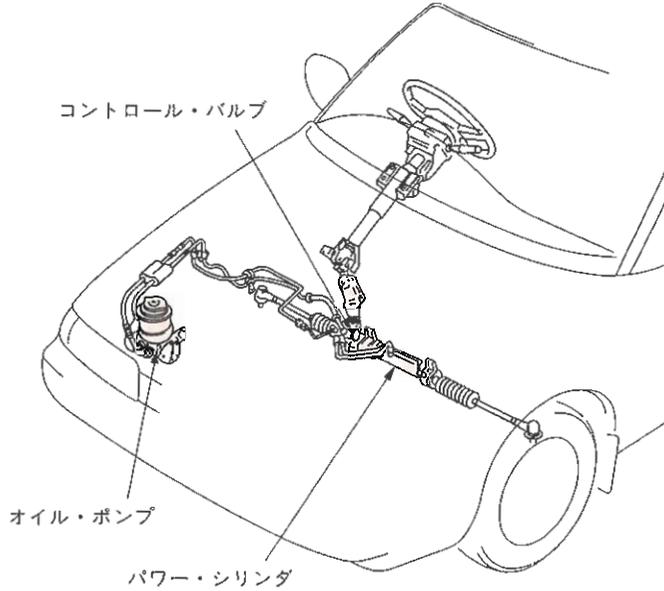


図4-16 ラック・ピニオン型パワー・ステアリング

インテグラル型は、図4-17のようにコントロール・バルブとパワー・シリンダをステアリング・ギヤ装置の内部に収めたもので、主に大型トラックに用いられている。

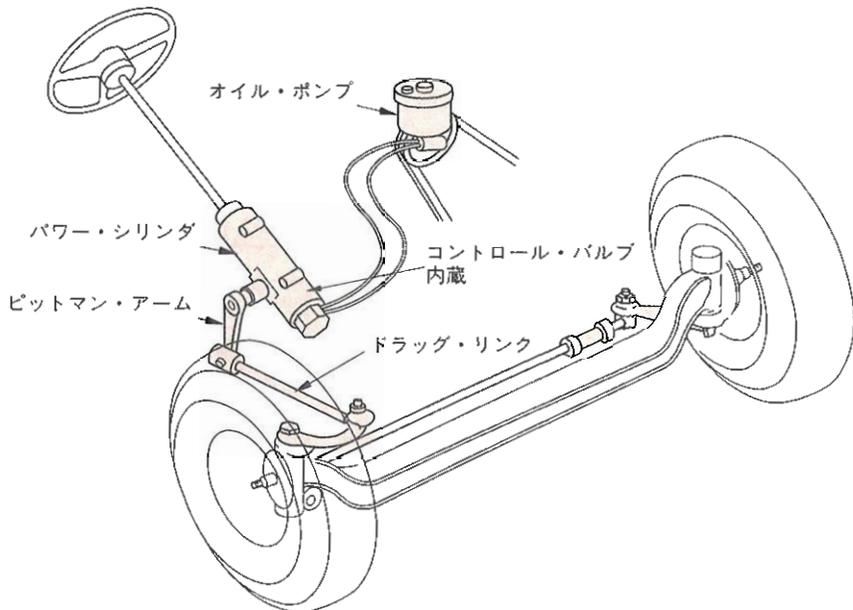


図4-17 インテグラル型パワー・ステアリング

リンケージ型は、ステアリング・リンク機構の途中にパワー・シリンダを設けたもので、図4-18のようにコントロール・バルブとパワー・シリンダを一体にしたもので、大型のトラックやバスの一部に用いられている。

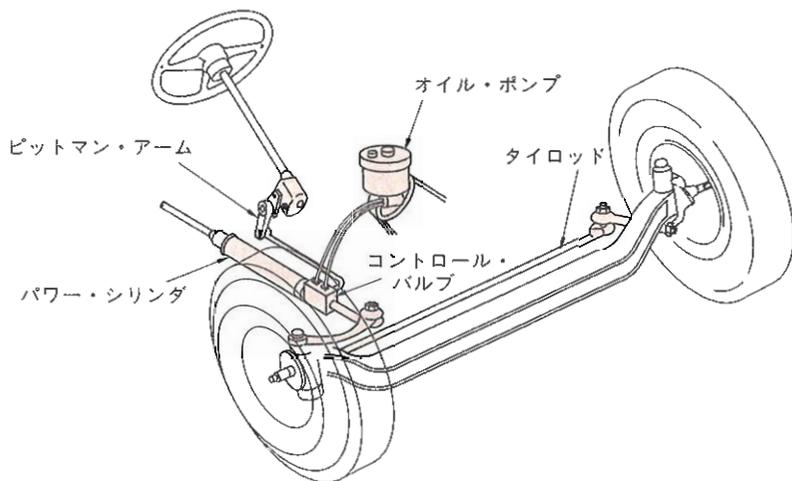


図4-18 リンケージ型パワー・ステアリング

ここでは、スプール・バルブ式コントロール・バルブを用いた、ラック・ピニオン型パワー・ステアリングの作動について説明する。

図4-19は、中立(直進)時の状態を示したもので、オイル・ポンプからの作動油は、矢印のように流れてオイル・リザーバへ戻され、パワー・ピストンは静止している。

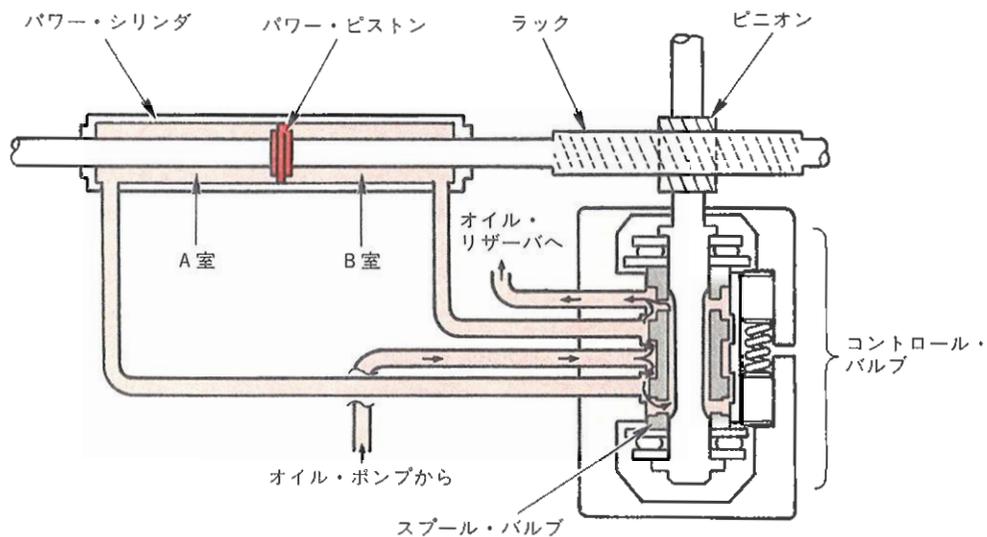


図4-19 ラック・ピニオン型パワー・ステアリング (中立時)

次に、ハンドルを右に回すと、ラックは路面からの抵抗によりロックされたと同じ状態になっているので、ハンドルからの軽い力では、ラックを動かすことができない。したがって、ピニオンは、図4-20のようにラック・ギヤの歯切り方向(斜め左上方)へわずかにスライドし、その動きに伴ってスプール・バルブも上へ移動する。

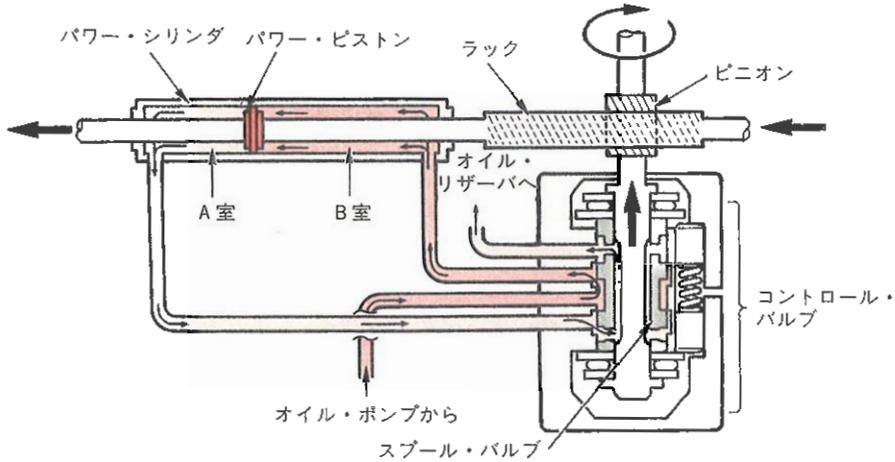


図4-20 右旋回時

その結果、パワー・シリンダのB室とオイル・ポンプを結ぶ通路が開くこととなり、作動オイルは、オイル・ポンプからパワー・シリンダのB室へ流入すると共に、パワー・シリンダのA室の作動オイルがスプール・バルブの内側を通りオイル・リザーバへと戻される。すると、パワー・ピストンは、図の左側に移動し、路面抵抗に打ち勝ってラックを動かす。

この動きは、タイロッド・エンド、ナックル・アームなどを介してホイールを操舵する。この場合、操舵のために加える力は、コントロール・バルブ内のスプール・バルブを移動させる程度の力なので、運転者のハンドル操舵力は大幅に軽減される。

なお、ハンドルを左に回したときは、図4-21のようにスプール・バルブが下側に動き、作動油圧がパワー・シリンダのA室に掛かるように切り替わるだけで、作動は同じである。

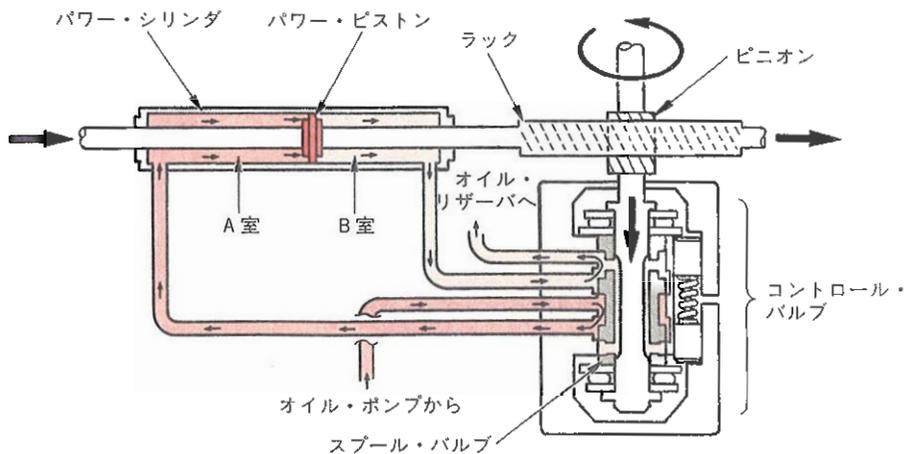


図4-21 左旋回時

### 3 整備

整備の方法は、各車種によって多少異なるが、ここでは、乗用車に一般的に用いられているものについて説明する。

#### 1) ステアリング操作機構

##### (1) 分解の要点

- ① 衝撃吸収式ハンドルの操作機構を分解するときは、ステアリング・シャフトに無理な力や衝撃を与えないよう注意して作業をしなければならない。
- ② 組み付けるときのハンドル位置を正しくするため、ハンドルとステアリング・シャフトに合いマークを付け、図4-22のようにプーラを用いてハンドルを取り外す。

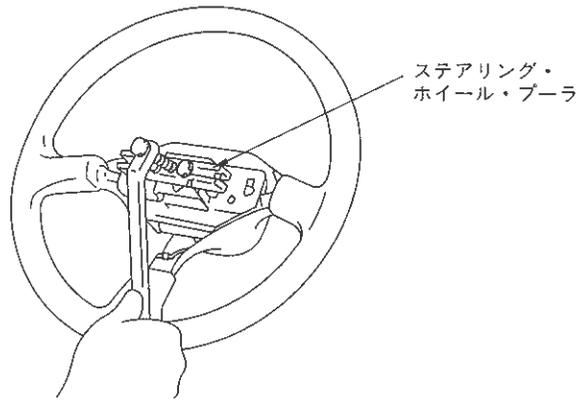


図4-22 ハンドルの取り外し

##### (2) 組み立ての要点

- ① ステアリング・シャフトをコラム・チューブに挿入する場合は、コラム・ブッシュにグリースを十分に塗ってから組み込む。
- ② ハンドルは、合いマークに従って取り付け、ナットを規定トルクで締め付ける。

#### 2) ステアリング・ギヤ機構

##### (1) ラック・ピニオン型

##### (イ) 点検・修正

ラック及びピニオンの歯面の摩耗、打こん、はく離及び先端部の割れの状態を点検し、不具合のあるものは交換する。

なお、ラックの曲がりについては、図4-23のようにダイヤル・ゲージで測定し、曲がり是指針の振れの $\frac{1}{2}$ であり、これが規定値を超えるものは交換する。

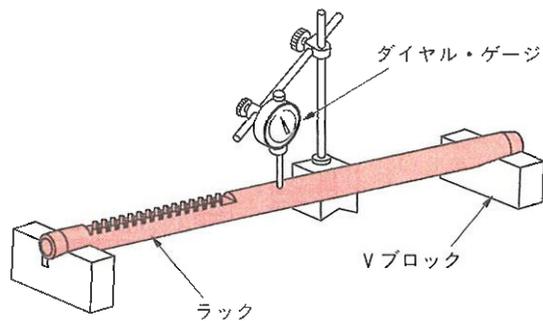


図4-23 ラックの曲がりの点検

## (ロ) 分解の要点

- ① ラック・ハウジングはアルミニウム合金製なので、バイスなどに固定するときは、必ず木片か特殊工具を使用して当てがう。
- ② 分解する前に、ピニオンのプレロード(起動トルク)を測定して、組み付け時の参考とする。

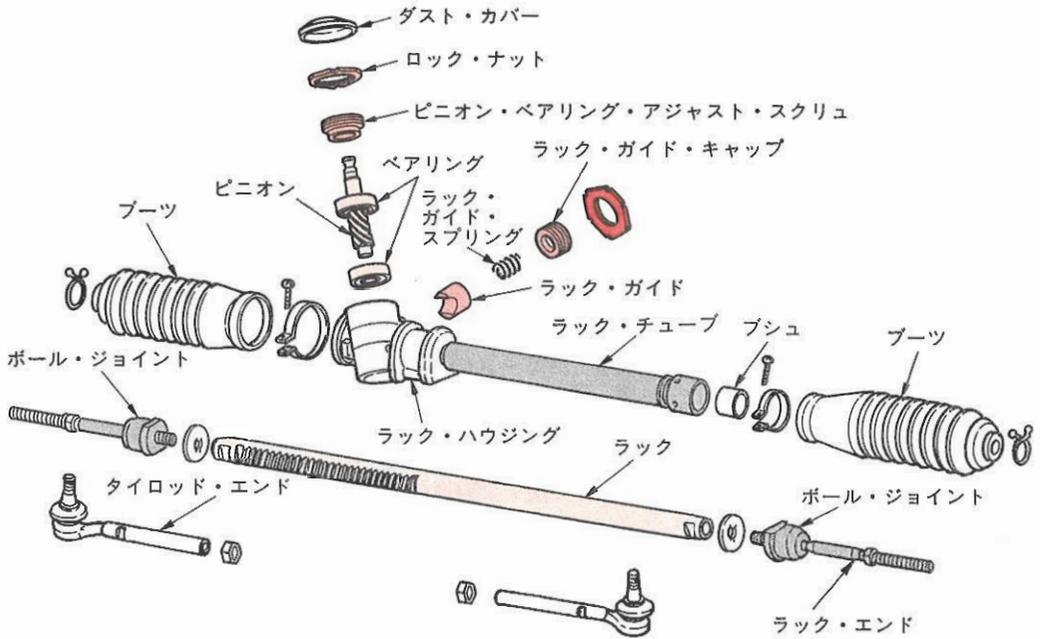


図4-24 ステアリング・ギヤ機構の構成部品 (ラック・ピニオン型)

- ③ ラック・ハウジングよりピニオンを取り外すときは、ピニオンを回すようにすると抜けやすい。
- ④ ラックを取り外す場合、ラック・チューブ側より外すと、プッシュを傷付けることがあるので、必ずラック・ハウジング側より外す。

イ) 組み立ての要点

- ① 組み付け時には、図4-25の矢印に示す箇所に指定のグリースを塗る。

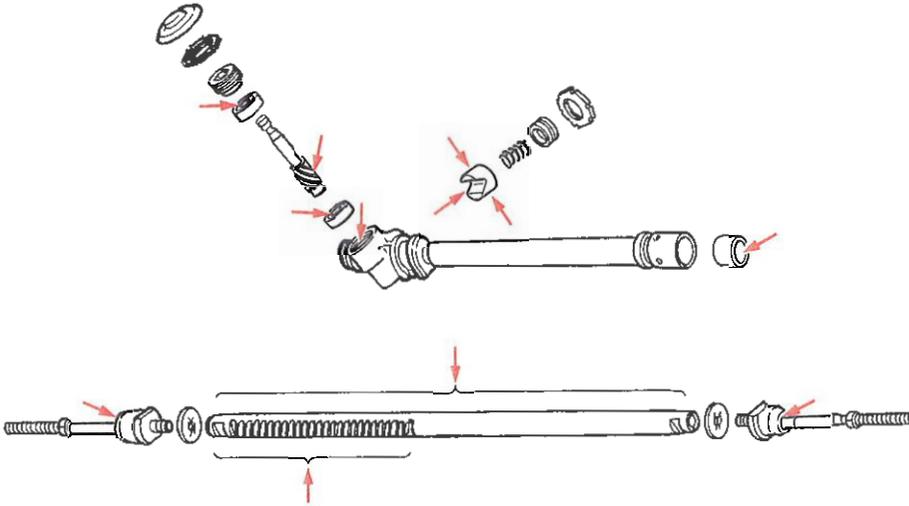


図4-25 グリースの塗布箇所

- ② ピニオン及びラックの取り付けは、分解のときの逆に行う。  
 ③ ピニオンのプレロードを次のような方法で調整する。

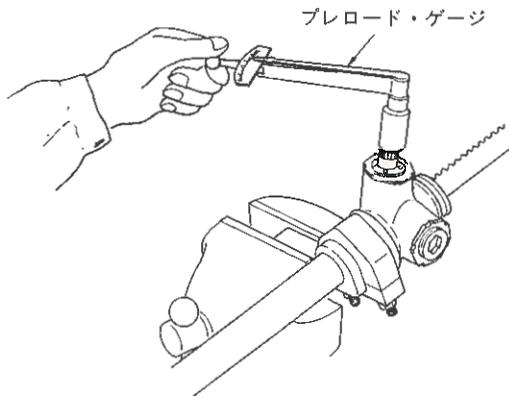


図4-26 プレロードの点検

- i) ラック・ガイド、ラック・ガイド・スプリング及びラック・ガイド・キャップを取り付け、規定トルクで締め付ける。  
 ii) キャップを指定された角度分だけ戻した後、図4-26のようにプレロード・ゲージを用いてピニオンのプレロードをラック全周に渡って点検する。規定値を外れる場合は、再度組み立てを行う。

## (2) ボール・ナット型

## (イ) 点検・修正

ボール・ナットは、ボールの転がり円滑であるかどうかによってその良否を判定する。

ウォーム・シャフトを図4-27のように垂直に立てたとき、ボール・ナットが自重で滑らかに回転しながら降下することを確認し、回転の不円滑、引っ掛かり、異音などの不具合のあるものは交換する。

なお、ボール・ナットを自然降下させるとき、ボール・ナットをウォームのねじの末端まで降下させてしまうと、スチール・ボールがウォームのねじ溝端部に衝突してスチール・ボールに傷が付くので注意しなければならない。

また、図4-28のようにウォーム・シャフトとボール・ナットの軸方向及び直径方向の遊び及びがたについても点検し、がたが著しい場合は交換する。

次に、ウォーム・シャフトのねじ溝のはく離や打こんなどについて点検し、不具合のあるものは交換する。

なお、ウォーム・シャフト、スチール・ボール及びボール・ナットは、組み合わせた一体のものであるので、これらのいずれかに損傷のある場合は、ウォーム・シャフト・アセンブリ(又はステアリング・シャフト・アセンブリ)で交換する。

セクタ・シャフトは、セレーションの損傷、セクタ・ギヤの歯面の著しい摩耗、損傷及びセクタ・シャフトの外径を点検し、不具合のあるものは交換する。また、セクタ・シャフトとブシュのすき間をマイクロメータで測定し、規定値を超える場合には、ブシュ又はニードル・ローラ・ベアリングを交換する。

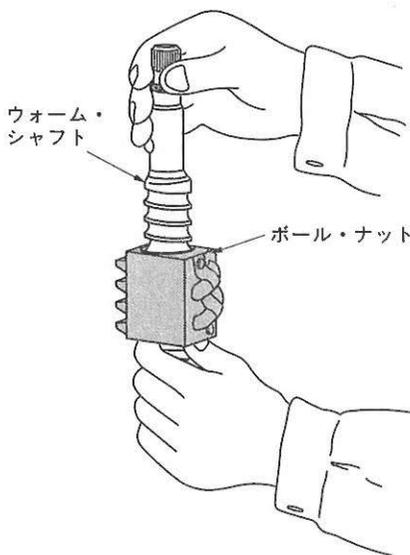


図4-27 ボール・ナットの点検

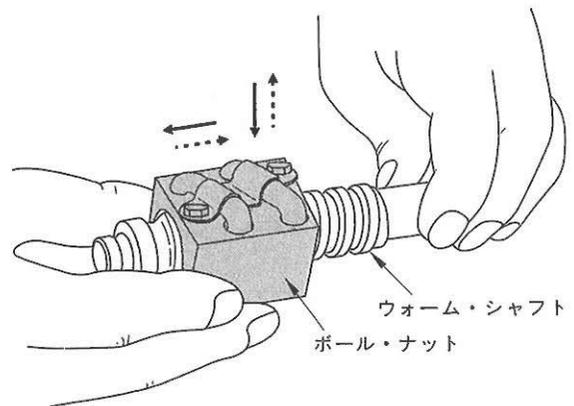


図4-28 ボール・ナットの点検

## (ロ) 分解の要点

- ① ギヤ機構を分解する前に、ウォーム・シャフトのプレロードを測定し、プレロードが規定値にあることを確認する。
- ② セクタ・シャフトのエンド・カバーの取り外しは、セクタ・シャフト・アジャスト・スクリュのロック・ナットを緩め、エンド・カバー取り付けボルトを外し、セクタ・シャフト・アジャスト・スクリュをねじ込んで取り外す。
- ③ セクタ・シャフトをギヤ・ハウジングから抜き出すときは、セクタ・シャフトを直進位置にして行う。なお、このとき、ギヤ・ハウジング内のオイルが流出するので容器で受けるようにする。
- ④ セクタ・シャフトを抜き取った状態で、ウォーム・シャフトのプレロードが規定値にあることを確認する。

## (ハ) 組み立ての要点

- ① オイル・シール及びパッキン類は、原則として新品を使用する。
- ② オイル・シールのリップ部にはグリースを、各ベアリング及びしゅう動面にはギヤ・オイルを、それぞれ薄く塗る。
- ③ ウォーム・シャフトのプレロードを次のような方法で調整する。
  - i) ウォーム・ベアリング・アジャスト・スクリュを規定トルクで締め付け、ウォーム・シ

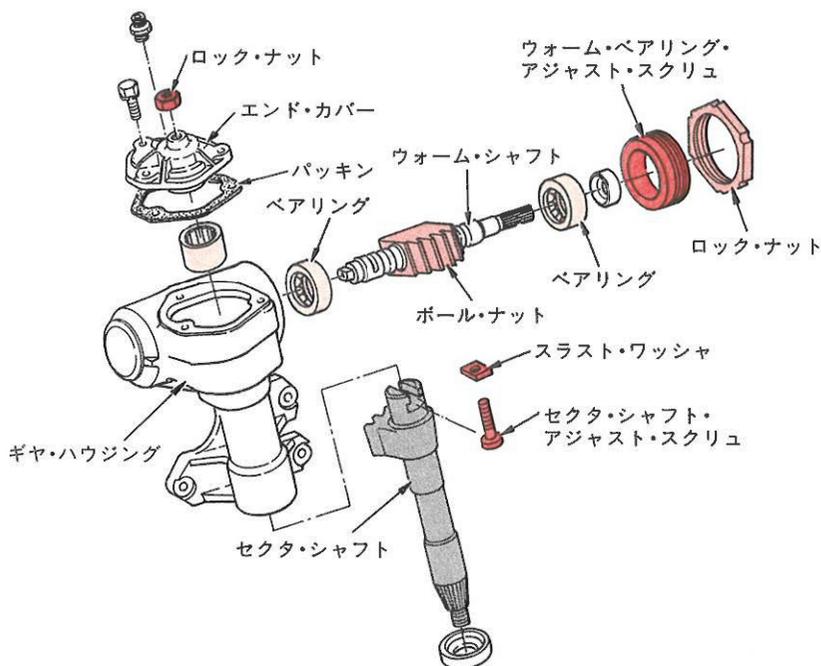


図4-29 ステアリング・ギヤ機構の構成部品 (ボール・ナット型)

シャフトを回してベアリングを落ち着かせる。

- ii) アジャスト・スクリュを少し緩めてから、次に徐々に締め込み、図4-30のようにプレロード・ゲージを用いてウォーム・シャフトのプレロードを測定し、起動トルクを規定値に調整する。このとき、ボール・ナットが動かないように手で軽く押さえる。

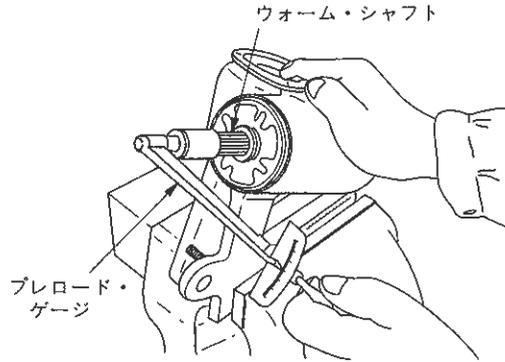


図4-30 ウォーム・シャフトのプレロードの測定

- iii) ロック・ナットを締め付け、再度、プレロードが規定値にあることを確認する。  
iv) フロント・カバーのアジャスト・シムでプレロードを調整する方式のものでは、図4-31のようにアジャスト・シムの厚さを選択する。

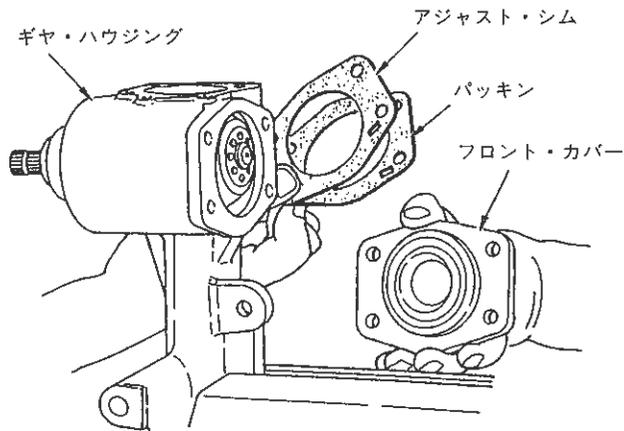


図4-31 アジャスト・シムの選択

- ④ セクタ・シャフトを組み付ける前に、図4-32のようにセクタ・シャフトのT溝に、アジャスト・スクリュー及びスラスト・ワッシャを入れ、図の(A)の寸法が規定値になるよう、スラスト・ワッシャを選択する。

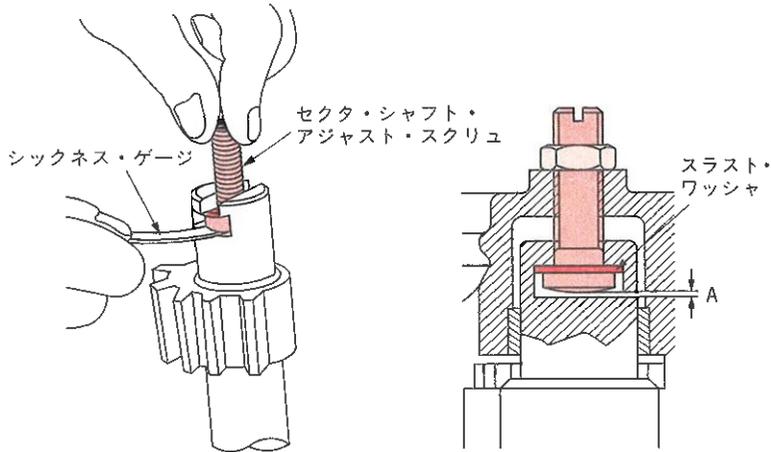


図4-32 スラストすき間の測定

- ⑤ ボール・ナットの中央が、セクタ・ギヤの中心とかみ合うように、セクタ・シャフトを組み付ける。
- ⑥ セクタ・シャフト・アジャスト・スクリュー及びエンド・カバーを組み付ける。この場合、セクタ・シャフト・アジャスト・スクリューは、十分緩めておく。
- ⑦ ギヤのバックラッシュを次のような方法で調整する。
- i) セクタ・シャフトの回転中心(ギヤかみ合い中央位置)を出し、図4-33のようにセクタ・

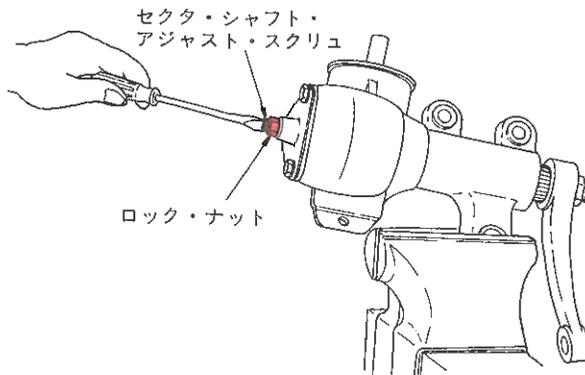


図4-33 セクタ・シャフトのプレロード調整

- シャフト・アジャスト・スクリューを徐々に締め込み、バックラッシュをゼロにする。
- ii) プレロードを掛ける方式のものでは、この位置からアジャスト・スクリューを少し締め込み、ウォーム・シャフトのプレロードを加えた値が規定値になるよう調整する。
- iii) ロック・ナットを締め付け、再度、プレロードが規定値にあることを確認する。

iv) プレロードを掛ける方式のものでは、ウォーム・シャフトを左右に約100°回した場合、左右共、バックラッシュがなく、回転が滑らかなことを確認する。

v) 可変ギヤ比のものの中には、ウォーム・シャフトを左右に回した場合、バックラッシュが少し出るものもあるが、左右共回転が滑らかで、引っ掛かりがなければ正常である。

### 3) ステアリング・リンク機構

#### (1) 点検・修正

リンク機構は、走行中、衝撃などの不規則な運動によって接続部のソケット及びボール・スタッドなどに摩耗、損傷を起こしたり、ロッドに曲がり、き裂などが生じたり、ダスト・シールが損傷したりするので、これらについて点検し、不具合のあるものは交換する。

#### (2) 分解の要点

図4-34に示すセクタ・シャフトとピットマン・アーム、ピットマン・アームとリレー・ロッド、リレー・ロッドとタイロッド、タイロッド・エンドとナックル・アーム、アイドラ・アームとリレー・ロッドなどの各接続部は、図4-35のようにプーラを用いて取り外す。

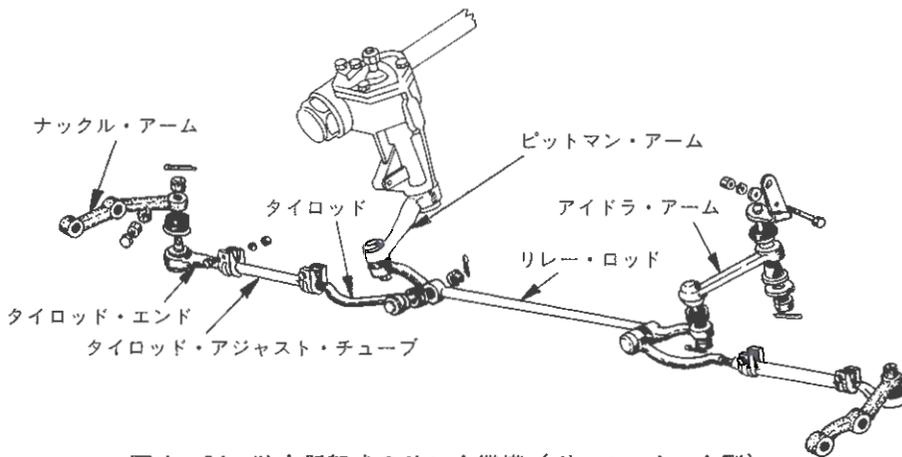


図4-34 独立懸架式のリンク機構（ボール・ナット型）

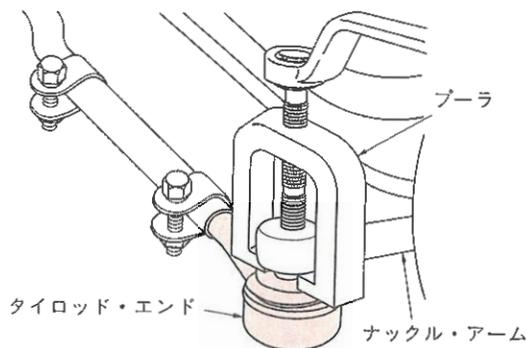


図4-35 タイロッド・エンドの取り外し

## (3) 組み立ての要点

タイロッド・エンドを分解して組み付ける場合には、ラック・ピニオン型は、図4-36-(1)のようにラック・エンドのねじ部端面とタイロッド・エンドのボール・ジョイント間の長さが左右同じであることを確認する。

また、ボール・ナット型は、図(2)のようにアジャスト・チューブの両端からのねじ込み量が左右同じであることを確認する。

なお、長さの調整方法は、図の(A)のロック・ナット又はロック・ボルトを緩め、ラック・ピニオン型では、ラック・エンドを、ボール・ナット型では、タイロッド・アジャスト・チューブをそれぞれ回して行う。

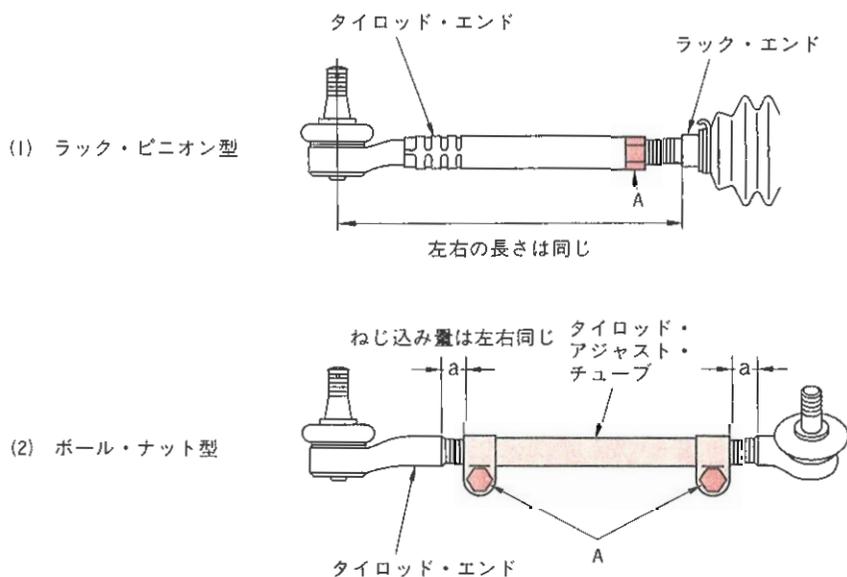


図4-36 タイロッド・エンドの調整