

はじめに

日本においてはすでに大部分の車が運転操作の楽なオートマ車となった。オートマ車の中には歯車を使った多段自動変速機(AT: Stepped Automatic Transmission)と摩擦伝動等を使った無段変速機(CVT: Continuously Variable Transmission)がある。本来連続的に回転変化するエンジンと、連続的に速度変化する車両間の回転速度を変換するのが変速機であるが、これら連続変化するものをスムーズに効率よく変換するには、連続的に変化する変速機CVTが望ましい。

しかるに連続的に変速する変速機は歯車を使わず、摩擦伝動のように連続的に力が加わる半径を変えることのできる機構を取らざるを得ない。このことが部品の寸法を大きくし、伝達効率を悪くし、また摩擦面における難しい技術を解決してゆかなければならなかった。

自動車の発明以来、数多くの研究者の素晴らしい創造性と、想像を絶する努力にもかかわらず、多段自動変速機を越える本格的なCVTが実現できない日々が続き、変速機開発者にとって夢の変速機と呼ばれていた。

オランダのVDT社(van Doome's Transmissie B.V.)が金属ベルトの開発に成功して、一挙にベルト式CVTの実現の可能性が高まり、各社がその開発にしをけずった結果、1987年にその中でVDT社が開発したユニットと日本の富士重工(株)が開発したユニットが最初に商品化された。その後、ベルトCVTは日本では全FF乗用車の16%(2003年)まで増加し、さらに採用機種拡大とともに増加の兆しである。

21世紀に入る頃には国内のほとんどの自動車メーカーがCVTの商品化を行っており、自動車部品の重要な地位を占めるにいたっている。ここに、主にベルト式CVTについて過去に多くの研究者、設計者が知恵と汗を注いで開発した多くのCVTユニットやその中に潜む高度な技術、複雑な構成、新しい創造的なメカニズム、機能、性能等について入門の形でわかりやすくまとめた。

解説の中には、ATやCVTの開発に良く出てくる簡単な計算式も織り込んだ。計算式は各要因の影響量が明確に数式で表現できる便利な手段であるが、取り付きにくい面もあるので、できるだけ簡単な事例計算を加えた。専門的な言葉がわからないという声を聞くもので、本書に出てくる専門用語の主要なものについて巻末に解説付きでまとめた。

自動変速機の入門書として「オートマチック・トランスミッション入門」坂本研一著(グランプリ出版)があり、これから自動変速機の開発に関わる若い人たちに多く読まれており、技術の底上げとして社会的に大変貢献している現場を見て、私も経験したCVTについて、この種の入門書が見当たらないため書くこととした。

これからCVTの開発に携わる人の入門書として、業務上関連のある人たちの知識として、また自動車や機械に興味深い人々への知的満足を与える書として役立てれば幸いである。

本書作成にあたり坂本研一様を始めとして、ジャトコ(株)から多くの資料や、多くの方のご支援を戴いたことに関して厚くお礼を申し上げます。

守本佳郎

目次

はじめに	3
第1章 CVTとは	7
1. CVTとはどんなものか	7
2. 自動車に変速機はなぜ必要か	9
3. 歯車伝動と摩擦伝動は何が違うのか	13
4. AT、CVTはどんな機能を持っているのか	15
第2章 自動車用CVTの歴史	18
1. 自動車用CVTの揺籃期	18
(1)揺籃期のCVT開発の発表年表・18/(2)代表的な発表例、発表年及び詳細・20	
2. 自動車用CVTの発展期	26
(1)発展期の新機種CVT・26/(2)各機種の構成部品・28/(3)各社別のCVT仕様・29	
第3章 ベルト、プーリシステムの構成、機能	37
1. 変速比はどうやってつくられるか	37
2. プーリの構造と機能	39
(1)プーリの構造・39/(2)ボールスプライン・39/(3)プーリに発生する曲げモーメント・40/(4)プーリを押し付ける油圧室・42/(5)油圧室のシール・43/(6)プーリに生ずる変形、応力・43/(7)スライドプーリの配置・44/(8)ベルトの芯ずれ・44/(9)プーリの芯合わせ・46/(10)プーリのシーブ角・46	
3. ベルトの形状と機能	47
(1)VDTベルトの構造・48/(2)トルクの伝達・49/(3)ベルト内の力の伝達・50/(4)ベルトに掛かる遠心力・52/(5)ベルト内部の滑り・53/(6)ベルトの回転フリクショントルク・56/(7)ベルト内の滑りが小径側で起こる理由・58/(8)リングとエレメントに発生する力関係・58/(9)リングの応力・61/(10)エレメントの応力・62/(11)ベルトのノイズ・63	
4. VDT型以外のCVTベルトの構造	64
(1)Luk型チェーンベルト・64/(2)ボルグワーナ型チェーンベルト・66/(3)複合ベルト・66/(4)ゴムベルト・67	

第4章 ベルト、プーリ以外の構成部品……………69

1. トルクコンバータ……………69
(1)トルクコンバータの機能・69/(2)トルクコンバータの構造と形式・70/(3)トルクコンバータの作動原理・71/(4)トルクコンバータの性能・75/(5)トルクコンバータと車両特性の関係・79/(6)ロックアップクラッチ・80/(7)CVT用トルクコンバータ・83
2. トルクコンバータ以外の発進装置……………83
(1)湿式発進クラッチ・83/(2)電磁粉クラッチ方式・84
3. 前後進切替機構……………85
(1)前後進切替機構の構造・85/(2)遊星歯車の構造・86/(3)遊星歯車の回転・87/(4)遊星歯車の変速比・91/(5)速度線図法・91/(6)クラッチとブレーキ・93/(7)CVTの前後進切り替え機構の作動・95/(8)平行軸歯車の前後進切り替え方式・97
4. パーキング機構……………98
(1)パーキング機構・98/(2)待ち機構・99/(3)パーキング機構及びセレクトレバーの安全装置・100
5. 減速歯車と差動機構……………101
(1)減速歯車・101/(2)差動歯車・102/(3)差動制限装置・104
6. オイルポンプと冷却、潤滑……………105
(1)オイルポンプの機能・105/(2)歯車ポンプの作動原理・105/(3)ベーンポンプ・107/(4)冷却と潤滑・108
7. 制御部品……………109
(1)コントロールバルブ・110/(2)TCU・113/(3)各種センサと配線・114

第5章 CVTの制御……………118

1. 制御の目的と項目……………118
(1)制御の目的・118/(2)制御の機能項目・119
2. ベルトがトルクを伝達するための油圧制御……………119
(1)スリップしないためのプーリ押し付け力・119/(2)油圧による押し付け力・120/(3)スプリングによる押し付け力・122/(4)油に発生する遠心力による押し付け力・122
3. 変速を行うための油圧制御……………124
(1)変速に必要なプーリ押し付け力・124/(2)各プーリに供給する油圧・128/(3)変速を成立させるための2組のピストン面積比率・130/(4)ベルトを滑らないようにする油圧回路・131/(5)変速を行う油圧回路・137
4. 変速を行うための電子制御……………142
(1)ベルトを滑らせないための電子制御・142/(2)変速線図・143/(3)変速の電子制御・147
5. ロックアップクラッチの制御……………148
(1)制御回路構成・148/(2)ロックアップを行う領域・148/(3)ロックアップを締結、解除時のショック低減・150/(4)連続スリップ制御・151
6. 湿式発進クラッチの制御……………152
(1)発進制御・152/(2)クリープ制御・153/(3)湿式発進のメリット・153/(4)湿

式発進の難しさ・153

- 7. 前後進切替装置の制御……………154
(1)油圧回路・154/(2)切り替え時のショック対策・154/(3)ニュートラル制御・155
- 8. 運転者の好みに合うような付加変速機能……………157
(1)マニュアルシフト機能・158/(2)シフトスケジュールの切り替え・158

第6章 ATとCVTの比較……………161

- 1. CVTがATに比べて優れている点とその理由……………161
(1)燃費が良い・161/(2)加速が良い・164/(3)運転をされていてギクシャクしない
・165/(4)運転が楽しい・167/(5)ハイブリッド車両への適用性が良い・167
- 2. CVTがATに比べて劣っている点とその理由……………168
(1)伝達効率が悪い・168/(2)重量が重い・168/(3)寸法が大きい・168/(4)トルク
容量に限界がある・169/(5)値段が高い・170
- 3. 結局どちらが優れた変速機か……………170

第7章 最近の技術と動向……………171

- 1. トロイダル型CVT……………171
(1)全体構造・171/(2)変速の仕組み・173/(3)接触面の滑り・173/(4)ディスク
押し付け力・174/(5)変速比ごとの接触面必要押し付け力・175/(6)接触面の面圧
・177/(7)トラクション油・178/(8)パワーローラの支持方法・178/(9)変速機構
・180/(10)変速油圧制御・181/(11)フルトロイダルCVT・182
- 2. ハイブリッドシステムとCVTとの関わり……………183
(1)動力源の特徴と役割・184/(2)CVTの役割・185
- 3. ベルトCVTに要求される技術は何か……………185
(1)車両性能からの向上の要求・185/(2)CVTユニットに求められる性能・187/
(3)CVTでの達成手段・188
- 4. ベルトCVTの最近の技術または動向……………190
(1)全体構成部品・191/(2)配置・192/(3)全変速比幅の傾向・192/(4)ホンダの
改善ベルト・192/(5)CVT内組み込み記録素子によるソレノイド特性精度の向上・193
/(6)マニュアルシフト・194/(7)オイルポンプの配置・194/(8)CVT専用トルクコ
ンバータ・194/(9)IVT(Infinite Variable Transmission)・195/(10)副変速機付き
CVT・196
- 5. 今後CVTはどうなるのか……………197

主要用語解説……………199

第1章 CVTとは

1. CVTとはどんなものか

自動車用変速機には手動変速機、いわゆるマニュアル(MT)と自動変速機、いわゆるオートマ(AT)がある。車の足元にペダルが三つあって、左足で操作するクラッチペダルとH型に手で動かすシフトノブがあるのがMT。これは車が停止状態から発進したり速度が変わったりするたびにクラッチペダルやシフトノブを動かす必要があり、これは労力と高度な運転技術が必要となる。

一方、足元のペダルが二つと手で動かすマニュアルレバーがあるが、車が前進方向に走るときは左足と左手はほとんど動かす必要のないのがAT。運転操作が楽であり、運転者

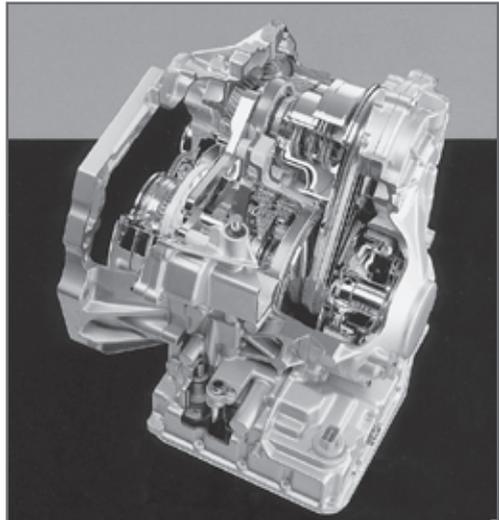
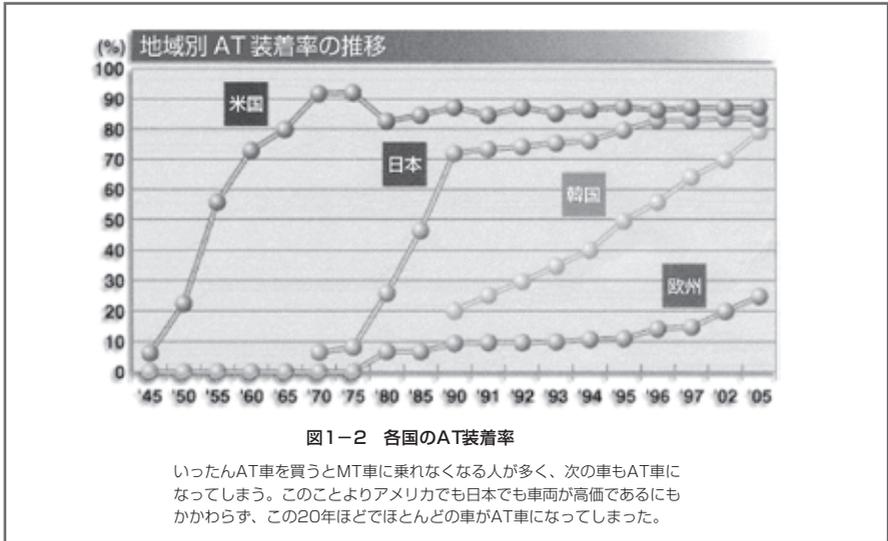


図1-1 ベルト式CVTが組み込まれたトランスミッション



が神経をそれ以外の運転に集中できるため事故が少ないという統計結果もある。

AT車に乗ってしまうと、MT車はその操作がわずらわしく、乗れなくなってしまう人も多い。したがって、いったんAT車を買ったと次の車もAT車になって、アメリカでも日本でも車両が高価であるにもかかわらず、AT車が普及した。その経過は図1-2でみるように、20年ほどでほとんどの車がAT車になってしまったのである。車両部品の変遷は一般的には高価で複雑な部品でも、操作が楽で性能の良い部品に変更してゆく歴史的事実がある。

ATの運転方法は基本的には同じであるが、機構によって次の二つに分類される。歯車を使って力を伝え段階的(ステップ的)に変速比を選択する自動変速機いわゆるAT (Automatic Transmission)、と摩擦で力を伝え連続的(スロープ的)に変速比の変わる無段変速機いわゆるCVT (Continuously Variable Transmission)がある。

CVTも自動変速機であるが、本書ではステップ式自動変速機のことをAT、無段変速機のことをCVTと呼ぶこととする。CVTのなかにもいろいろな方式があるが、現在自動車用のCVTとして大多数に使用されているのはベルトプーリー式CVTであり、本書では主にこれについて説明する。本来ならば他の方式のCVTと区別するためにベルトプーリー式CVTをBCVT (Belt CVT)と呼ぶべきであるが、特に断らない場合はベルトCVTを単にCVTと記すことにする。

自動車の運転は、車速で考えると連続的に変化しているのに対してステップ的に変速比が変わると、その分エンジン回転数が高くなったり低くなったりして無理やり対

4. AT、CVTはどんな機能を持っているのか

AT、CVTは先に説明したようにエンジンのトルクを変換してタイヤに適切な駆動力をつくること(下記①)が最も重要な機能であるが、これ以外にもFF(Front Engine Front Drive)車用ATを例にして②以下の多くの機能を持つ必要があり、図1-7に各機能を受け持っている部品を示す。

- ①変速機能：適切な駆動力が出せる。つまり、低速から高速まで必要に応じた駆動力、エンジン回転にできるよう、複数の変速比を持つ。
- ②発進機能：発進できるようにする。つまり、エンジンは停止状態から力を出せないため、止まっている車を回転しているエンジンで動かす。
- ③制振機能：振動を低減する。つまり、エンジンは爆発、圧縮等を繰り返しながら回転しているためスムーズな回転をしない(これを回転変動という)。このまま力をタイヤに伝えると車体に振動が伝わり車内が騒音のるつぼとなるので、これを防止する。
- ④後進機能：後進する。エンジンは逆回転できないので、歯車を使って逆に回してタイヤに伝える。

図1-7 FF、AT断面の各機能を持つ部分

西瓜を割ったようにFFのATを軸中心で割るとこのような断面図となる。各機能を受け持っている部品をこの図で説明する。

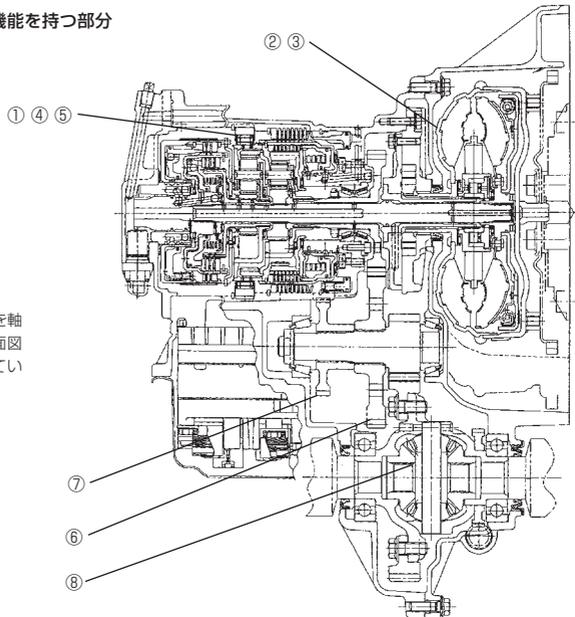


図2-23 ジャトコ CVT1(2002年販売開始)

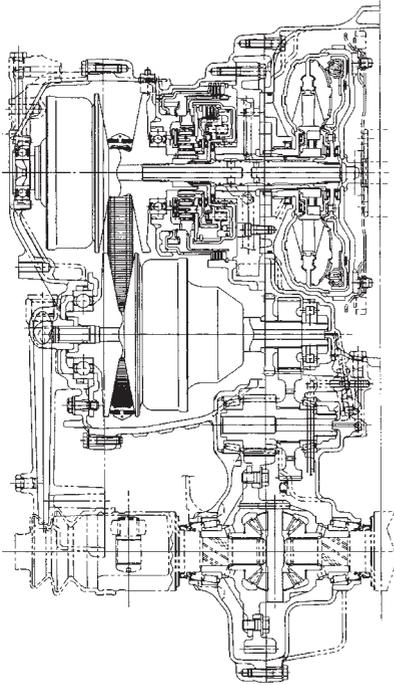


図2-24 ジャトコ CVT3(2002年販売開始)

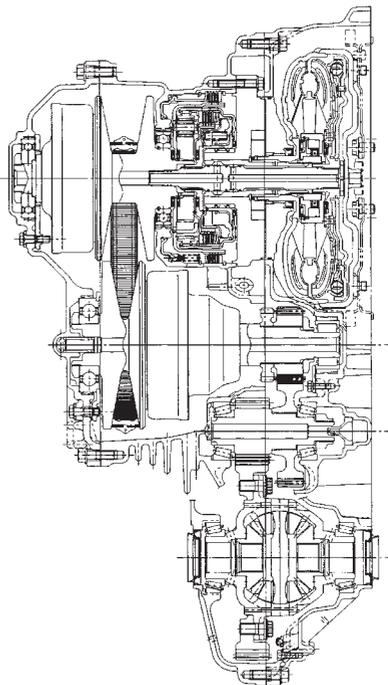
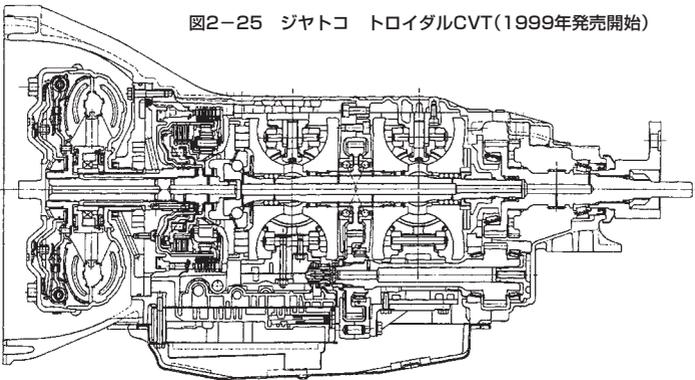


図2-25 ジャトコ トロイダルCVT(1999年発売開始)



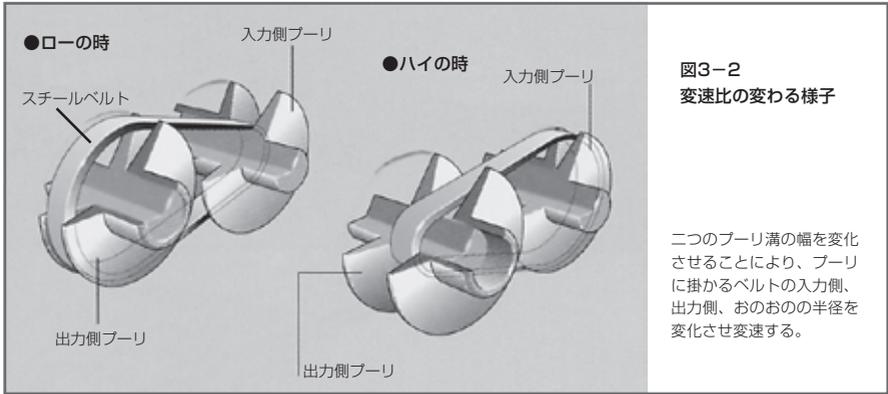


図3-2
変速比が変わる様子

二つのプーリ溝の幅を変化させることにより、プーリに掛かるベルトの入力側、出力側、おのおのの半径を変化させ変速する。

3-2に示すようにベルトの円弧半径が変化する。そのときベルトの長さが変わらないため他方の円弧半径も変化する。図3-3に示すように、一方の円弧半径が大きくなると他方の円弧半径が小さくなり、この半径の比率が変速比である。

$$\text{変速比} = \frac{\text{出力側ベルト半径}}{\text{入力側ベルト半径}}$$

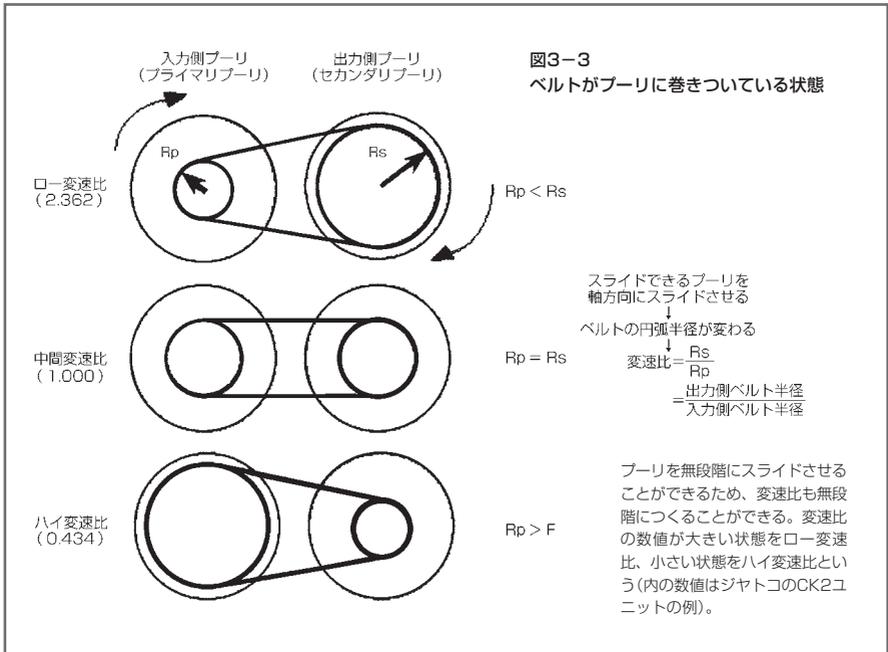


図3-3
ベルトがプーリに巻きついている状態

スライドできるプーリを軸方向にスライドさせる
↓
ベルトの円弧半径が変わる
↓
変速比 = $\frac{R_s}{R_p}$
= $\frac{\text{出力側ベルト半径}}{\text{入力側ベルト半径}}$

プーリを無段階にスライドさせることができるため、変速比も無段階につくることができる。変速比の数値が大きい状態をロー変速比、小さい状態をハイ変速比という(内の数値はジャヤトコのCK2ユニットの例)。

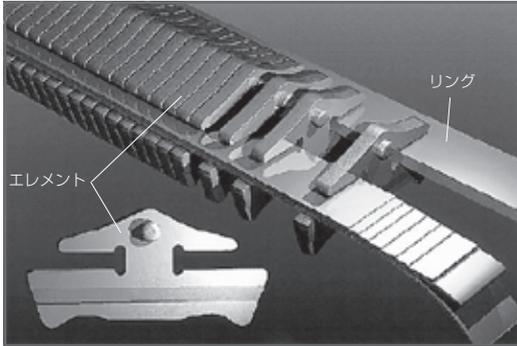


図3-11 VDT型ベルトの構造

VDT型のベルトの構造は厚さ2mm前後の鋼板の両サイドにプーリと接する傾斜面をもったエレメントを数百個重ね、厚さ0.2mmほどの薄板を円環状にし層状に重ね合わせたリング2組を、エレメントの左右から挟み込んでいる。

ず、金属ベルトが使われている。現在市販されているCVTではオランダのVDT社開発のベルトが主流であるが、一部ドイツのLuk社製のチェーン式ベルトなども採用されている。以下、VDTベルトについて詳細な説明を行い、その他のベルトの説明はその後に記述する。

(1) VDTベルトの構造

VDT型のベルトの構造を図3-11に示す。VDT型のベルトは厚さ2mm前後の鋼板を精密に打ち抜いて、両サイドにプーリと接する傾斜面をもった数百個のエレメントを重ね、厚さ0.2mmほどのマレージング鋼相当の最高強度材料の薄板を溶接して円環状にし、内から外へ層状に重ね合わせたリング2組をエレメントの左右から挟み込んでいる。

エレメントを多数重ね、2組のリングをエレメントの両サイドの溝に挟み込み、組み付けることにより、ベルトを曲げる方向にフレキシブルなベルトとなる。このベルトが2枚のプーリの間に挟まれ、押し付けられる。このプーリの押し付け力をエレメントが支える。一方、エレメントが外径方向に広がろうとする力をリングが支える。

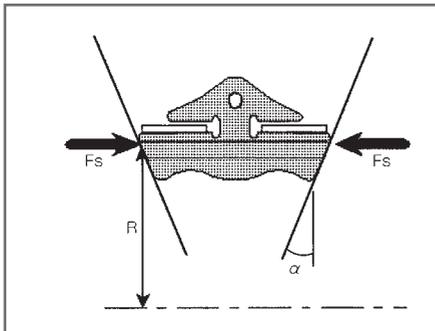


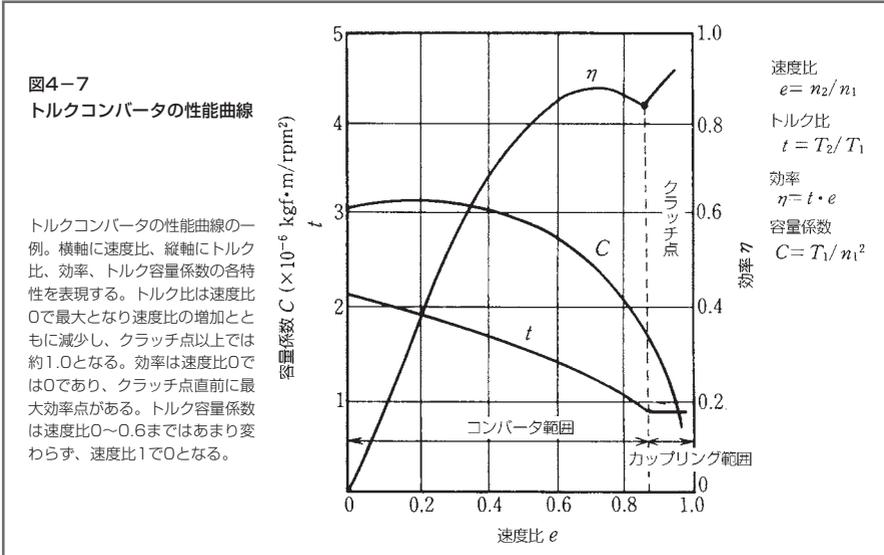
図3-12 ベルトの伝達トルク容量関係図

エレメントは両サイドのプーリ傾斜面で押しつけられたまま回転することにより摩擦でトルクを伝達する。

はなく、MTの同期装置、トロイダルCVTのパワーローラの滑り防止などに利用している重要な技術である。

(4) トルクコンバータの性能

トルクコンバータの性能を表すのに図4-7のように横軸に速度比、縦軸にトルク比、効率、トルク容量係数の各特性を表現する。ここで、各特性式を式4-1に整理してみる。



式4-1 トルクコンバータの性能式

$$\text{速度比}(e) = \frac{\text{出力軸回転数}}{\text{入力軸回転数}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{トルク比}(t) = \frac{\text{出力軸トルク}}{\text{入力軸トルク}} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{効率}(\eta) = \frac{\text{出力軸馬力}}{\text{入力軸馬力}} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\text{トルク容量係数}(C) = \frac{\text{入力軸トルク}}{\text{入力軸回転数}^2} = \frac{T_1}{n_1^2}$$

ここで

e: 速度比

式5-6 変速比とプリー押し付け力バランス式(無負荷時)

無負荷時の変速比と両プリーの押し付け力バランスを求める。

$$\frac{F_p}{F_s} = \frac{\theta}{2\pi - \theta}$$

ここで

F_p : プライマリプリー押し付け力(N)

F_s : セカンダリプリー押し付け力(N)

θ : ベルトの巻きつき角半径の小さい方のベルト巻きつき角(rad)

と単純な式となる。これはお互いのプリーに巻きついているベルトの角度に逆比例することを意味する。

<解説>

ベルトを左に引っ張る力 f_p は $f_p = \frac{8\sigma\alpha F_p \sin(\frac{\theta}{2})}{\theta}$

α : シーブ角度

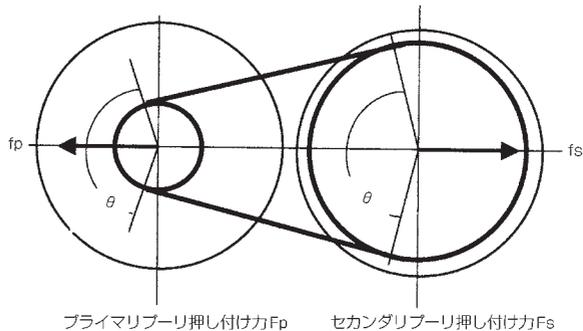
ベルトを右に引っ張る力 f_s は $f_s = \frac{8\sigma\alpha F_s \sin(\frac{\theta}{2})}{2\pi - \theta}$

図5-3よりベルトを左右に引っ張る力は等しいことより、 $f_p = f_s$

$$\frac{8\sigma\alpha F_p \sin(\frac{\theta}{2})}{\theta} = \frac{8\sigma\alpha F_s \sin(\frac{\theta}{2})}{2\pi - \theta}$$

$$\frac{F_p}{F_s} = \frac{\theta}{2\pi - \theta}$$

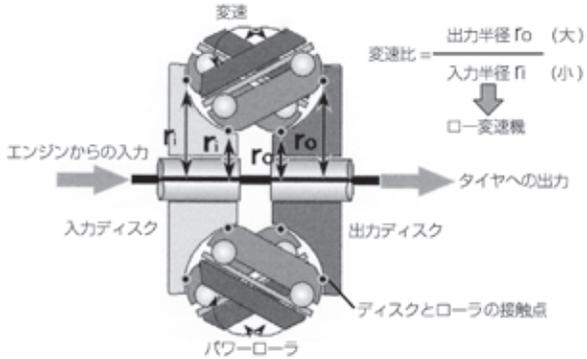
図5-3 ベルト押し付け力と引っ張り力の関係



ベルトを左右に引っ張る力(f_p 、 f_s)は等しいこと、変速比によりプリーに巻きつく角度(θ)が変わることで式5-6が導ける。

図7-2 トロイダルCVTの変速機構

変速の機構は入力側のディスクと出力側のディスクがあり、その間にパワーローラがある。パワーローラはトラニオン周りに揺動運動を行うとともに、パワーローラ回転軸周りに回転することができる。パワーローラがトラニオン周りに揺動運動を行うと、両ディスクとの接触半径 r_i 、 r_o が連続的に変化することにより変速比が変わる。パワーローラをロー、ハイ両方の変速比状態を表示した。



(2) 変速の仕組み

タイヤが回転すると地面との間に摩擦が働き、車両は前の方に駆動される。このような力の伝達方法をトラクションドライブという。このとき、タイヤの半径を連続的に変えることができれば無段変速機になる。トロイダルCVTはそのように2個の円盤を押し付けながら、その円盤の半径を連続的に変えることにより変速を行っている。

変速の機構は入力側のディスクと出力側のディスクがあり、その間にパワーローラというローラがある。図7-2のように、パワーローラが揺動運動を行うとともにラストベアリングで支持されているため、パワーローラ回転軸周りに回転することができる。パワーローラが揺動運動を行うと、両ディスクの接触半径が連続的に変化する。このことにより、変速比が連続的に変化する。動力の伝達は入力側ディスクからパワーローラ、出力側ディスクへと伝わる。

本方式は図7-1のように、ディスクの断面形状が半円状であるためハーフトロイダルCVTと呼んでいる。

図中ロー変速比とは入力側ディスクとパワーローラが小さな半径部で接触し、出力側ディスクとパワーローラは大きな半径で接触する状態である。ハイ変速比はその逆の状態である。変速比は次の式で表される。

$$\text{変速比} = \text{出力側接触半径} / \text{入力側接触半径}$$

(3) 接触面の滑り

2個の回転体が接触しながら回転する場合、接触状態によっては接触面で滑りが発生する。図7-3にテーパローラベアリングとトロイダルCVTの接触状態を示す。

主要用語解説

- ・AT、CVTの範疇で使われている意味で解説する。
- ・()は別の呼び方を示す。
- ・[]はその用語の単位を示す。

【ア行】

IVT(Infinite Variable Transmission)……………	195
CVTと遊星歯車などを使用し無限大の変速比ができるようにして、発進装置を不要とした変速機。	
アクュームレータ……………	155
一定の圧力を保つ圧力室。	
アクセル開度センサ……………	115
アクセル開度をスライダで抵抗値の変化に変えるセンサ。	
アクセル全開……………	164
アクセルを床まで踏むこと。	
アクセルのレスポンス……………	164
アクセルの動きに対して駆動力の反応速さ。	
アクチュエータ……………	109
電気信号を油圧や変位に変えてCVTを動かす装置。ソレノイドやステップモータなど。	
圧縮式ベルト……………	51
VDT型ベルトがエレメントの圧縮で動力を伝達しているため圧縮式ベルトと呼ばれている。	
アップシフト……………	144
ハイ変速比側に変速すること。	
安定性……………	140
フィードバック制御で一定の状態を保てる性能。	
一方向クラッチ(One Way Clutch)……………	18
一方向回転のみトルクを伝え、逆方向はフリーとなるクラッチ。	
インターロック……………	59
2つの変速比の異なる歯車が同時に噛み合うこと。	
運転性……………	161
運転していて車から感じるすべての性能や感覚。	
AT(Automatic Transmissionの略語)	
多段型自動変速機、広い意味ではCVTもAutomatic Transmissionに含まれる。	
ATF(Automatic Transmission Fluid)……………	122
AT、CVT用の油。	
エコノミ、パワー変速線……………	159
燃費優先や動力性能優先の変速線図。	
エネルギー回収……………	168
車両の減速時のエネルギーを電気などのエネルギーに回収して再利用するもの。	
FR(Front Engine Rear Driveの略)……………	169
エンジンが前にあり後輪を駆動する方式。	
FEM計算(有限要素法)……………	44
部品の応力や変形を計算する手法で、形状を単純な小さな要素に分割してマトリックス解析で計算する手法。	

FF(Front Engine Front Driveの略)……………	15
エンジンが前にあり前輪を駆動する方式。	
エレメント……………	48
VDT型のベルトの構成部品で厚さ2mm前後の鋼板の両サイドにブリーと接する傾斜面をもった部品。	
遠心キャンセルダム……………	120
セカンダリブリー油圧室の遠心力の大部分を打ち消すように作用する油樋。	
遠心クラッチ……………	28,78
錘に加わる遠心力をクラッチの押し付け力に変えたクラッチ。	
遠心力……………	52
回転する物体が半径方向に飛び出そうとする力。[N]	
エンジンの回転変動……………	151
エンジンは4気筒の場合は180度回転することに爆発するためトルクの発生に変動がでて回転も変動すること。	
追い越し加速性能……………	164
追い越しに要する時間に影響する性能。一定の車速を上げるのに要する時間など。	
応答性……………	140
フィードバック制御で一定の状態になるまでの時間。	
応力……………	61
単位面積の材料に加わる荷重。[Pa]	
オーバーシュート……………	147
フィードバック制御で目標値を超えてしまうこと。	
オフセット……………	51
2点間の隔たり。ここではVDT型ベルトのピッチ径と最内リング内径の差などをいう。	
オリフィス……………	131
回路の一部分が細くなっているところ、流量や圧力を調整する。	
ON、OFFソレノイド弁……………	133
低圧と高圧の切り替えを行うことができるソレノイド弁。	

【カ行】

回転角速度……………	59
単位時間当たりの回転角度。[rad/sec]	
回転センサ……………	114
電磁ピックアップに歯車などを近づけ回転を検地する装置。	
回転変動……………	15
回転数が一定の周期で変動しながら回転する場合の回転数の最大・最小差。	
片振幅……………	152
振幅全振幅の半分。	

油圧ポンプ	18	リニアソレノイド弁	134
動力を油圧のエネルギーに変えるもの、油圧発生装置。		コイルを流れる電流を変えることによって、スプールの押し付ける力が変わることを利用して任意の圧力を得るソレノイド弁。	
油圧モータ	18	両調圧方式	130
油圧のエネルギーを動力に変える物、油圧で回るモータ。		両方のプーリの圧力を制御することで変速させる方式。	
遊星歯車	28	リング	48
サンギア、プラネタリギア、リングギアより成り立っている歯車セット。		VDT型のベルトの構成部品で厚さ0.2mm程の薄板を溶接して円環状にし、内から外へ層状に重ね合わせた部品。	
遊星歯車の基本運動式	90	リングギア(内歯歯車)	86
遊星歯車の3種類の歯車の回転関係を求める式。		遊星歯車の外側でプラネットギアに噛み合う歯車。	
歪ゲージ	62	レイアウト技術	44
歪を計る測定装置。		部品の配置を決める技術、性能良く小形に配置する技術が求められる。	
横置直結方式	169	連続スリップ制御	151
車両走行方向に対して横置きに(直角に)エンジンを置き、エンジンの横に変速機を置いた動力装置の配置。		ロックアップクラッチを連続的に滑らせ、トルク変動を減らす制御。	
【ラ行】		ローディングカム	174
ライン圧	110	ハーフトロイダルCVTに押し付け力を発生させるカム。	
AT、CVTの中で最も高い圧力。[Pa]		ロックアップクラッチ	80,161
ランダム	64	トルクコンバータの入出力軸を直結にするクラッチ。	
不規則に並んでいること。			
リーク	105		
油がオイルポンプやバルブの間隙から漏れること。			

参考文献

- Schmidt,O.C., Practical Treatise on Automobiles,Stanley Institute 1911
Automotive Industries July 3,1924
SAE Transactions,Vol.15 1925
SAE Journal,Vol.40,No.5 1937
Ford Motor Co.,ERDA Contractor Coordination Meeting May5,1976
Mechanical Engineering Vol.98,No.10 October 1976
SAE Paper 7900849 1979
The Motor Vehicle,Butterworths,London 1983
Jasbir Singh: General Motors "Vti" Electronic Continuously Variable Transaxle,SAE 2003-01-0594
Andreas Piepenbrink:The Technology of the ZF CVT-CFT23, SAE 2001-01-0873
Masabumi Nishigaya :Development of Toyota's NEW "Super CVT" SAE 2001-01-0872
服部他、「1.5Lクラスの金属ベルト式無段変速機の開発」JSAE 学術講演会前刷集 No.21-03
Herbert Mozer 他、「The Technology of the ZF CVT-CF23」SAE 2001-01-0873
今井田他、「2Lエンジンクラスベルト CVT のプーリ開発」JSAE 学術講演会 8-99
小林他、「金属 CVT ベルトのフリクショントルク解析」JSAE 学術講演会 74-98
斎藤「CVT 金属ベルト応力シミュレーション技術の開発」JSAE 学術講演会 21-03
丸山他、「金属 V ベルトタイプ CVT の変速機構に関する研究」JSAE 学術講演会前刷集 No.108-02
中野他、「CVT 燃費向上技術のポテンシャル検討」日産技術 No.53
田中裕久著「トロイダル CVT」コロナ社
坂本研一著「オートマチック・トランスミッション入門」グランプリ出版
JSAE「自動車技術ハンドブック」精興社
「JATCO Technical Review No.2 No.4」ジヤトコ(株)

〈著者紹介〉

守本佳郎 (もりもと・よしろう)

1941年兵庫県に生まれる。大阪市立大学工学部機械工学科卒業。1964年日産自動車(株)入社。駆動設計部、機構研究所でAT、CVT等の設計、研究に29年間在籍、日産自動車のCVTや電子制御ATの初期研究を立ち上げた。1993年ジャトコ(株)に移り、AT、CVTの設計に8年間在籍し商品化設計に関与した。2001年定年退職しジャトコ(株)、現代自動車(株)等で教師やコンサルタントを実施した。機械工学技術士、ISO9000審査員補。

無段変速機CVT入門	
著者	守本佳郎
発行者	山田国光
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