

トヨタ産業技術記念館(名古屋市) その二

文責：名古屋大学大学院 山本剛久

再び「トヨタ産業技術記念館」の紹介です。この博物館の内容については前回の記事⁽¹⁾もぜひご参考ください。さて、前回ご紹介した時から約二年が経過して、自動車館の展示が一部大きく変わりました[†]。今回はこの新しくなった展示内容について紹介していきます。

エントランスにドーンと動態展示されている環状織機の脇を通過して早速入館していきます。今回は、繊維機械館をするりと抜けて、さらに、金属加工の実演ブースや各種工具類の展示に後ろ髪を引かれながらも、ひたすら自動車館へと進みます。自動車館に入ってずっと奥に展示されているトヨタAA型乗用車の外板パネル加工展示を横目に、エスカレーターを使って二階へと移動します。さらに少し進むと、視界がぱっと開けて、自動車好きには垂涎物の展示がずらりと現れます。この展示スペースが前回とは大きく変更されています。エンジン、トランスミッション、サスペンション、ハイブリッド車のモーターとエンジン部の組み合わせなど、工夫されたカットモデル(ボタンを押すと色々動きます!)がずらりと並んでいます。図1は、その展示物の一つで、自動車の駆動系がよく見えるようにボディが外された状態を見る

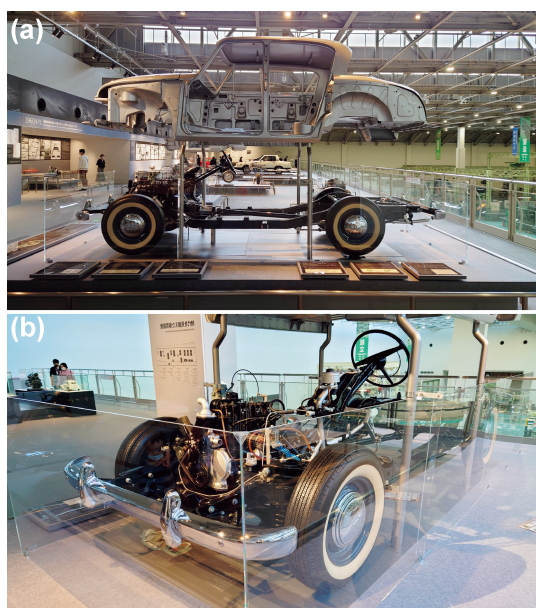


図1 自動車の各種機構が分かる展示。

ことができます。ボタンを押すと、エンジンがかかるところから始まり、クラッチをつないでギアを入れて後輪が回転し、さらには、マニュアルトランスミッションを変速するところまでが、目の前で繰り広げられます。実物のレバーやペダルなどが実際に動くように工夫されていますので、実にリアルです。運転席のペダルを踏む(動く)と、その動きがどのように伝えられて、何が作動するのか手が取るようになります。その奥にあるサスペンションの展示では、同じようにボタンを押すと、サスペンションに取り付けられているタイヤが回転し始め、その上下の動きに対してサスペンションがどのように作用するのか、リンクの動きやタイヤの路面に対する設置状態の変化などを楽しむことができます。プリウスのエンジンとモーター部分のカットモデルでは、エンジン、モーター、発電機の位置関係、これら3者の間に設置されている動力分割機の配置関係や、複雑怪奇ではあるけれど非常に優れた機構に感心させられます。

ところで、このようなカットモデルを見ていると、駆動部分には多くの歯車が組み合わされていることに気づきます。むしろ、歯車だらけといっても過言ではありません。図2は、オートマチックトランスミッションのカットモデルを示しています。自動変速機ですね。この写真を見ると、中身が歯車で埋まっていることがよく分かります。オートマチックトランスミッションの変速機構については省略しますが、エンジン出力をトランスアクスルに伝えるための歯車として、遊星歯車が多数組み込まれています(他の方式もあります)。この歯車の歯をよく見てみると、斜めに切られていることが分かります。このような歯車を、はすば歯車(ヘリカルギア)と呼ぶそうです。歯すじは、単純に斜めに切られているのではなく、つるまき状に加工されています。この形状によって、歯車どうしが噛み合うときのあたり面が分散されるので、同じ面積でも強度が向上するとともに、噛み合いがなめらかになります。噛み合いがなめらかであることは、歯車回転時の騒音を低減させる効果もあるため、音が静かになる、という利点も有しています。少し本筋とは脱線してしまいましたが、この展示に触れるまでは、歯車という最もなじみの深い平坦な円板の外周部に歯が並んでいる平歯車や、ミニ四駆などのプラモデルでよく用いられている、モーター軸からの出力を伝えるためのピニオンギア程度しか用語として認識していませんでした。これを機に Web で調べてみると、驚

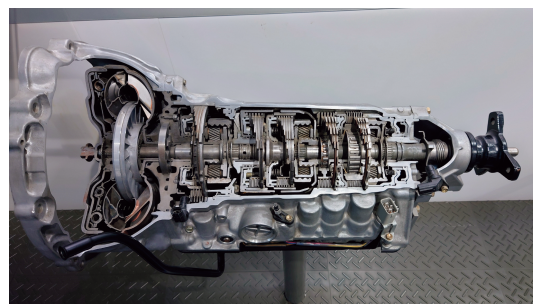


図2 オートマチックトランスミッションのカットモデル。

くほどの種類の歯車、あるいは、その組み合わせが現れてきました⁽²⁾。ここで、ふと、この歯車の歯の加工、つまり、どのようにして歯車を作製しているのかが気になりました。そんな風に思いながら二階の展示を楽しみ、さらに先へ進んで再び階下へと降りると、そこには金属加工工程に関する展示がずらりと現れます。この展示を順に眺めていくと、気になっていた歯車加工に関する展示がありました！その中には上に述べた、はすば歯車の加工展示もあります(図3)。写真左手の赤色に着色が施されている部材(矢印A)が歯車加工される方で、右手に見えているのが(矢印B)、歯を加工するための工具(ホブというそうです)になります。この工具を見てみると、切削のための歯が不連続に、また、まるではすば歯車のような形状をしていることがわかります(実際の形状はネジに近い形状だそうです)。この加工時の原理というか機構については口では説明できないほど複雑怪奇ですが、加工時の動きは単純です⁽³⁾。工具であるホブが、加工される方の部材に歯車がかみ合うように噛み合わさりながら切削していき、やがて、その部材は、つまき状の加工面を有するはすば歯車へと変化していきます。残念ながらこの展示では、加工過程までは再現されてはいませんが、Web上には関連するいくつかの動画がアップロードされています。詳細な構造や加工過程をぜひ一度確認してください。一見の価値ありです。上記以外にもカムシャフト(図4参照)などの加工など様々な加工工程や、それに用いられる工具類・材料も展示されています。加工精度や加工効率に関わるため、実に多くの工具材料が用いられていることがわかります。一般的な高速度鋼(ハイス)に加えて、超硬合金、サーメット、アルミナ系、Si₃N₄系セラミックなど、目的に応じて適切な工具材料が使用され、精密な形状へと加工されていきます。

さて、前回もご紹介したように、この一階の展示スペースには数々の名車(実車)が展示されています。その奥にある一見目立たないスペースの展示物も変更されていました。ここでは、自動車に使用されている様々な部材や部品について、その役割や構造、改良の過程などを詳細に知ることができます。これら一連の展示の一つに、1960年代から1990年代に使用されていた歴代のエンジンが4種類、展示されているブースがあります⁽⁴⁾。この展示の仕方が実に工夫されているのです。歴代のエンジン本体の上方壁面に、そのエンジンを構成している部材(シリンダーブロック、シリンダーヘッドなど)が貼り付けられて展示されています(図4)。ですので、エンジンを構成している各部材をそれぞれ仔細に見ることができるのはもちろん、エンジンの歴史とともに、各部材の形状、材質などがどのように変化、改良されてきたのかが一目でわかります。この展示の方法は、凄いと思います！図4は1960年代に使用されていたR型エンジンの展示です。例えば、矢印Aの二つの歯車(平歯歯車)はクランクシャフトの回転をカムシャフトへ伝えるための歯車です。この機構は、歯車からチェーン、そして、ベルト(タイミングベルト)へと進化してきました。シリンダーヘッドに開けられた空間(矢印C)はピストンで圧縮された混合気が点火プラグで着火

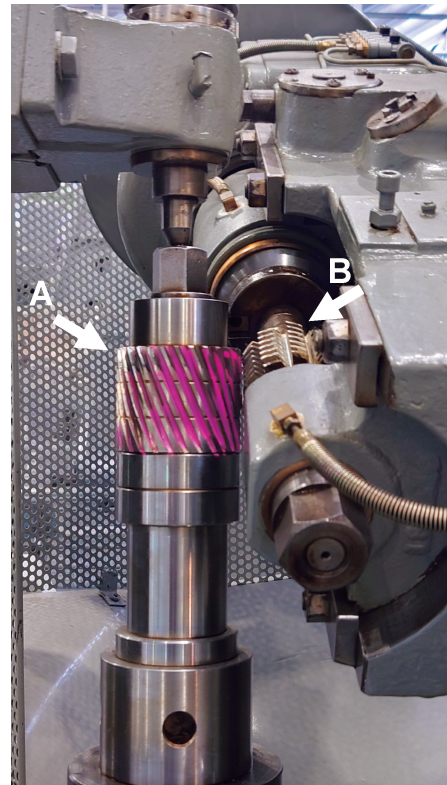


図3 はすば歯車加工(ホブ加工)の様子。



図4 R型エンジンの本体および構成部材の展示。

されて燃焼する，燃焼室の一部になります．図4に示したR型エンジンでは排気バルブ(矢印B)が，この燃焼室の外側に設置されていますが，時代を追うごとにこの燃焼室の形状や吸気・排気バルブの形状，位置関係が変化していきます．ここに展示されている4種類のエンジンは，排気量が同程度のエンジンで比較できるように配慮されています．同排気量のエンジンが，小型・軽量化のためにどのように進化していったのかを知ることができます．図4に示したR型エンジンは約155 kgでしたが，1990年代の5AE型では107 kgまで軽量化され，さらに，出力は約2倍程度にまで向上したそうです．この軽量化にはアルミニウム合金の使用が大きな役割を果たしてきました．紙面の都合上，すべてを紹介することはできませんので，ご興味のある方はぜひ現物をご確認ください．展示スペース位置の関係なのか，いつ訪れてもこのスペースには人が少ないことが引っ掛かります．勿体ないなあ．

ということで，今回は二回目の紹介となりましたが，この「トヨタ産業技術記念館」は絶対に一度は訪れてみる価値が十分にあります．コストパフォーマンスも高いです！最寄り駅は名鉄栄生駅ですが，名古屋駅から歩いて15分程度，地下鉄東山線では名古屋駅から一駅の亀島駅から数分です．ぜひぜひ！

科学館で見つけた金属材料“超硬合金”

主に機械加工用工具類の刃に使用される強度・硬さを併せ持つように開発されたWC-Co系合金のこと．微粒のWC粒子がCoを主成分とする合金で結着された複合組織を有している．WC粒子，Coなどの合金粉末を混合し，圧粉・成型後に液相存在下での焼結法により作製される．高強度とするために，VCやCr₂C₃などがしばしば添加されてWC粒子径が微粒となるように調整されている．セラミックである

WCと金属であるCo相から構成されるため，CeramicとMetalを組み合わせた造語であるCermet(サーメット)と呼ばれる合金の範疇に分類されるが，サーメットと呼称する場合にはTiC-Mo₂C-Ni系などに代表されるTiC系合金を指すことが多い．

† 展示物は適宜変更されています．来場の際には，ご注意下さい．

文 献

- (1) 山本剛久：まてりあ，59(2020)，688．
- (2) 参考になる解説が多数 Web 上に掲載されています．例えば，ものづくりエンジニアのための初めての工作機械 (<https://monoto.co.jp/gear/>) など．2022年3月18日閲覧
- (3) ホブ加工も含め様々な歯車に関する加工の動画が Web 上に掲載されています．ぜひ，参考にして下さい．例えば，<https://www.youtube.com/watch?v=MyR4XwqjIPo>，<https://www.youtube.com/watch?v=48BMxg3tVnM> など．2022年3月18日閲覧
- (4) 参考になる解説が多数 Web 上に掲載されています．例えば，トヨタ自動車75年史 車両系統図 (https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/vehicle_lineage/engine/index.html) など．2022年3月18日閲覧

(2022年3月22日受理)[doi:10.2320/materia.61.356]

トヨタ産業技術記念館へのアクセス

*名鉄：名古屋本線「栄生駅」下車，徒歩3分

*なごや観光ルートバス“メーグル”：

名古屋駅バスターミナル11番のりば

「なごや観光ルートバス“メーグル”」乗車

「トヨタ産業技術記念館」(敷地内)下車すぐ

*タクシー：「名古屋駅」から5分

URL <https://www.tcmit.org/>

