

鉄道あれこれ4 蒸気機関車の動輪の前になぜ先輪があったのか ～実は旧型の電気機関車にも先輪があった～

香川大学医師会 原 量 宏

15. 車輪へのこだわり、なぜ昔の蒸気機関車に先輪と従輪があったのか。

最近の電気機関車、ディーゼル機関車には動輪しかありませんが、なぜか蒸気機関車には動輪の前に先輪が、動輪の後ろに従輪がありました。

1) 蒸気機関車に先輪と従輪が必要な理由

その理由は、C62では3つの大きな動輪の、D51では4つの動輪の車軸が機関車の車体の台枠そのものに固定されており、しかも太い連結棒（コンロッド）で動輪が相互にかなりしっかり連結されていて左右にほとんど動けません。（実際には第2動輪は左右に動きやすくなっています。）そのため、そのままではカーブのところで最先端の動輪のフランジから外側のレールに強い圧力がかかり、動輪のフランジとレールの摩耗が激しくなるだけでなく、ひどい場合には外側のレールに乗り上げて脱線してしまいます。そこで、動輪の前に小型の車輪（先輪）が付いた台車（先台車と呼ばれる）を配置しています。この台車は、機関車の車体とは別に動くことができ、台車が動輪より先にカーブに沿って左右に動いて、機関車の車体を、すなわち動輪の方向をカーブの方向にわずかですが持ってゆきます。そのため先輪はカーブに沿って軽く左右に動くだけではだめで、左右の方向への適度な動きにくさ（抵抗、ダンパー）だけでなく、ゆっくり走る場合にも力を得るためにスプリング機能も保持しています。また、先輪への荷重が軽すぎるとカーブで先輪自体が浮き上がり、逆に脱線の原因になりますし、重すぎると動輪への荷重が減って、かえって動輪が空転しやすくなり、けん引力が減るなど、絶妙なバランスの調整が必要な様です。

当初先輪が1軸の先台車がありましたが、高速運行時の安定性のためには2軸が必須とされています。

ここで先輪の直径にもどりますが、昔の客車から現在まで使われている860mmが大部分です。

ちなみに満鉄では標準軌のためか、やはりすべてが大きく、先輪は920mm、動輪2,000mm、従輪1,270mmでした。

お祭りの際に、お神輿やちょうさの向きを変える係が、先輪の役目を果たしていると考えると理解しやすいです。

それでは従輪はなぜあるかですが、蒸気機関車が駅構内など分岐器（ポイント）などカーブの強いところで後進する時に脱線することがあった様で、従輪を付ける様になりました。

随筆2で蒸気機関車は後進できないので、転車台で回転させると書きましたが、蒸気機関車は後進があまり得意でないとの意味です。ただし後進すると運転室に煙が影響しないので、急勾配用（奥羽本線板谷峠、トンネルが多い）に、逆方向に走る様に設計された動輪5軸の蒸気機関車（E10）がありました。残念ながら期待された牽引力が出なかったことと、電気機関車の導入により、あまり活躍できずに廃車となりました。E10は動輪が5軸のため、レールに横圧がかかりすぎない様に、第3と第4動輪はフランジなしであったことも大変有名です。

2) 鉄道の車輪はなぜカーブに沿って走れるか、フランジと車輪の直径の関係

鉄道の車輪が脱線せずに、なぜカーブに沿ってスムーズに走れるかは大変不思議ですが、その理由は車輪の内側に帽子のつば状の突出（フランジ）があるからだけでなく、レールに接する車輪の断面がやや斜めになっていて、外側から内側のフランジにむかって、直径が徐々に大きくなっているからです。カーブでは遠心力で車体とともに車輪が外側に移動しますが、それにつれてレールに接する車輪の部分の直径が、外側の車輪では大きく、内側の車輪では小さくなり、その結果カーブに沿って車輪がスムーズに曲がってゆきます。フランジの高さは、25mm以上35mm以下となっていて、難しい理論は省略しますが、同じフランジの高さだと、車

輪が大きいほど、フランジがレールに乗り上げて脱線する可能性が高まります。そのため上に述べた様に、機関車の先輪には比較的直径の小さい車輪を用いて、機関車の進行方向を安全に誘導します。

そうであれば車輪のフランジの高さをもっと高くすればいいのではとの考えが浮かびますが、踏切やポイントのことを考えると、乗り上げる可能性があり、返って危険なことがわかります。

3) 旧型電気機関車にも先輪があった理由

最近の電気機関車には先輪はありませんが、鉄道ファンに人気のあるEF58など旧型電気機関車には前後に先輪（2軸）がありました。（電気機関車では、車輪の配置が前後で対称的になっているため、両方とも先輪と呼ばれます。）

EF58の構造をみると、F型なので当然動輪は6軸ですが、新型の電気機関車（EF65）の様に2軸の台車が3組ではなく、3軸の台車が2組の形になっています。しかもこの2組の台車は相互に連結されていることが最大の特徴です。3軸の台車は2軸の台車に比較してカーブを曲がりにくいのですが、2つを連結すると当然ですがより曲がりにくくなります。そのため蒸気機関車と同様に、前後に先台車（2軸の先輪）を付けているのです。ここでさらに興味深いことは、先台車も2組の動輪の台車に直接連結していることです。その理由を知るとびっくりするのですが、EF58の連結器は、先台車そのものに装着されていて、動輪で生じる牽引力が、先台車（実際には後部の先台車）を通して、後続の客車、あるいは貨車に伝わる構造になっています。すなわち旧型の電気機関車では、相互に連結された車体下部の台車そのものが動いて、外からみえる立派な車体は、台車の上に乗っているだけで、力学的にみると牽引とは関係ないことになります。

4) 新型の電気機関車は基本的に2軸台車を使っている。

新型の電気機関車の代表として、EF65、EF66、そしてEF210がありますが、基本的に2軸台車3つを使っています。それが可能になった大きな理由は、車体そのものの強度を大幅に強化して、動輪の台車を相互に連結しなくてよくなったことにあります。すなわち、個々の動輪の牽引力はまずは台車

から強化された車体に伝わって、車体の前後の連結器を通して、牽引される車両に力が伝わる様になっています。前後の2つの2軸台車は電車と同じ様に、左右に動きやすい（回転しやすい）ので、先輪はなくてもよくなりました。ただし中間の2軸台車は回転に加えて、レールへの横圧を減らすため、横方向にも動く必要がありますが、技術の進歩により解決されて、2軸台車3つが実現しています。

欧州の電気機関車は標準軌であるため、3軸台車で横圧はあまり問題にならずにカーブを通過できるため、6軸の電気機関車でも3軸2つが原則となっています。日本では狭軌のため、こんなところでも苦勞をしています。

5) 碓氷峠越えのため新型電気機関車では唯一3軸台車2つでしかも先輪のないEF62形式が開発された。

信越線の碓氷峠は急坂のため、昔から齒車を用いて上るアプト式電気機関車（ED42の4重連）が有名でした。その後輸送力を向上させるために、齒車を用いずに、いわゆる粘着運転で急坂を上り下り出来る強力な電気機関車として、EF62とEF63が同時期に開発されました。EF62は、上野から長野までの全線を通して列車を牽引する本務専用機として、EF63はEF62と総括制御が出来る急坂専用の強力な重装備の機関車として開発されました。碓氷峠を上る時には、EF62が列車の先頭になり、EF63の重連（2両）が最後部から押し上げる形になり、下る時には、EF62の前にEF63が2両、合計3両（3重連）が連結され鉄道ファンから大変人気がありました。

その様に急坂を上る特殊な事情で、EF62の車体はなるべく軽い方がよいため、新型電気機関車としては珍しい3軸ボギー台車2つになった経緯があります。車体にも強化プラスチックを多用しています。EF58と違い3軸台車相互の連結はないため、カーブでの横圧の問題も解決して、先輪は無し構造になっています。

6) EF58が鉄道ファンに人気がある理由

流線形のEF58は旧型の電気機関車の代表で、鉄道ファンから「ごはち」の愛称で圧倒的な人気がありました。旅客用のEF58は、貨物用のEF15とほ

ほぼ同時期に開発されており、ネットで写真を見ると全く違った形に見えますが、モーターと動輪の歯車比が違うだけで、電気回路、3軸台車、その他の構造もほぼ同じで、まさに双子といってもよい形式でした。昔の客車は蒸気機関車の時代を反映して、蒸気で暖房していたのはご存じと思います。EF58では車体を前後に伸ばして蒸気発生装置(SG)を搭載しています。幸いEF58では、車体を台車の上に乗せているだけで、車体に強い力がかからないので、延長は比較的簡単で、前後の先台車の真上にはみ出る形で延長しています。延長部分はカーブで外側にはみ出ない様にやや細く絞って(2.3m)います。形は当時流行っていた湘南電車の前面に似ています。3軸台車の中心から距離があり、横方向に振られるため、性能や恰好とは別に、機関車が倒れるのではないかと思うくらいによく揺れたとの話もあり、機関士にとっては乗り心地は良くなかったと言われています。バスでも後ろの席は揺れると言いますが、あたかもシーソーの端に座っているといった感じでしょうか。

16. 客車の車輪、台車(ボギー車)の開発と電車、ディーゼルカーへの発展。

これまで、機関車の車輪、台車に関してお話ししてきましたが、客車の台車(ボギー車)に関して少しだけ触れたいと思います。

昔の客車は、車体の長さが短く両端に左右の車輪(車軸)が固定されていました。これでは、車体を大型化(長く)できないため、車体とは独立して左右に動ける台車(ボギー車)が開発されました。考え方によっては、電気機関車から動輪を除いた、カーブに沿って追従しやすい先輪だけを車両に残したとも言えそうです。

さらに考えると、このボギー車があったからこそ、その台車にモーターを組み込むことにより電車が、そして新幹線が、ディーゼルエンジンを組み込むことによりディーゼルカーが実現したわけで、その意義は大変大きいです。

台車には2軸、あるいは3軸の車輪が組み込まれていて、昔は食堂車や展望車など、重い車両には3軸が使われた時代がありましたが、その後もっぱら2軸の台車が使われています。満鉄の超特急アジアの客車は当然のごとく3軸台車だったことが有

名です。また国鉄の特急つばめの展望車(マイテ、マは重さ、イは一等車、テは展望車の意味)の3軸台車も有名です。東京駅から特急つばめが発車する時に、最後尾で一番目立つこともあり写真によく出ました。当時の子供達はもちろん大人もいつかは乗ってみたいとあこがれていたと思います。

17. 車輪の音と音鉄(おとてつ)

車輪のお話ばかりしてきましたが、ここで音鉄のお話をしたいと思います。音鉄は駅の発車時のメロディや走行時のモーターの音など、鉄道に関連する様々な音を聞いて楽しむファンのことですが、なんといっても走行時の車輪の音が一番と思います。最近はロングレールになりレールの継ぎ目がなくなって、リズムカルな音をあまり聞けなくなりましたが、それでも駅の近くなどで聞くことができます。音は車外か車内で聞こえ方が違いますし、車内でも車両の端か中央付近かで違ってきます。車外で聞くには、レールの継ぎ目付近が一番適しています。音の聞こえ方は、車体の前後に2軸の台車が付いている電車(ボギー車)が一番わかりやすいです。まず電車の1両目がレールの継ぎ目を通ると、車輪が2つですから、「だだん」と「だ」の音が2つ続いて、1両目と2両目の連結部位が通過すると、前後の車両の台車の距離が近いので、「だだん、だだん」となり、あとは連結両数に応じて「だだん、だだん」が続いて、最後の車両が通る時に「だだん」で終わります。電車の場合、これにモーター音、最近はVVVFインバータ制御の音が重なります。

EF65など2軸台車が3組の電気機関車では、素早く「だだ、だだ、だだ」と3回になります。EF62はめずらしく3軸台車2組なので、「だだだ、だだだ」と2回だけになるため、音鉄には人気がありました。EF58など先輪のある電気機関車はさらに複雑になるため、考えるだけでも楽しいです。特急つばめでは、EF58の音に続き、2軸台車の客車の音が続く、最後に展望車(マイテ)が3軸台車なので、「だだだん、だだだん」となったと思います。

となると、超特急アジアでは、客車もすべて3軸台車だったので、蒸気機関車のパシナの走行音までを考えると想像するだけでも楽しくなります。(次回も思いつくまま鉄道のテーマに関して書きたいと思いますのでご期待ください。)

つづきは下記サイトに掲載しております。
<http://healthcare-innovation-forum.jp/>