

Techno
Scope

絶叫マシンの考現学

さらなるスリルと恐怖を求めて

人気を呼んでいる絶叫マシンの代表格ジェット・コースター。一説によれば、その遠い前身はアメリカの鉱山用鉄道であるともいう。たしかに軌道付きの乗物ではあるが、乗ることそのものが目的のこの特殊な乗物は、どのような基準で、どのような材料を使って、どのように造られているのか。新奇さや絶叫度が話題のジェットコースターだが、ハードウェアとしてのジェットコースターの裏面に視点を合わせてみる。

安全性確保のための法基準

アクロバチックな絶叫マシンの動きを見ると、気になるのは安全面である。現実には事故の話もあり聞かないし、安全性に疑いを持たないから人が押しかけるのだろうが、この気になる安全性の辺りから話を進める。

ジェットコースターは、固定部分のカタパルトと呼ばれる軌道架台と可動部分の車両の2要素から成るが、設備の大部分を占めるカタパルトは建築構造物の1種であるので、適用基本法は建築基準法である。ただし法的には建築物ではなく、コースター

を含めた遊園地の動く機械施設類は「工作物」と一括して扱われる。基本的には建築基準法上のあらゆる規制を受けるが、建築基準法の下に建築基準法施行令の建設省告示第558号という専用の政令が出されていて、これが直接の適用法となる。ジェットコースターはこの「工作物」の中でさらに、「ウォーターシュート、コースター等的高架の遊技施設」というサブカテゴリーに入っている。

安全性に関してはこの建築基準法施行令に基づく「遊技施設の安全上必要な基準」というのが法的基準となっている。遊技施設の種類や部位ごとに細かく規定されているが、わかりやすい規定を拾ってみると、定常走行速度等という規定がある。定常走行速度というのは、積載荷重を作用させて運転する場合の最大速度のことである。これによると「ウォーターシュート、コースターその他これに類する高架の遊技施設」の定常走行速度の上限は、40km/hとなっている。案外低速で、実際の絶叫コースターはもっとかなりの高速で走っているように思えるが、この点は後にふれる絶叫コースターの物理的な検証で再度取上げる。

材料、構造については、ジェットコースターは建築基準法施行令では、当初「かご、車両を支える構造上主要な部分は、鋼造・鉄筋コンクリート造り、または鉄骨鉄筋コンクリート造り」と規定されていた。ジェットコースターの本場アメリカでは、伝統的に木造が使われており、現在でも半数以上は木製であるという。鉄製と木製の違いや背景についてはおいおいふれていくとして、現在では日本でも建設の許可が下りるようになり、木製のコースターが登場している。

プラス・マイナス・ゼロGのスリル

さて、ジェットコースターという特殊な乗物の特殊性は何かというと、実用の乗物にとって大切な要素の一つは乗り心地のよさであるのに、逆にいわば乗り心地の不安定さを演出する

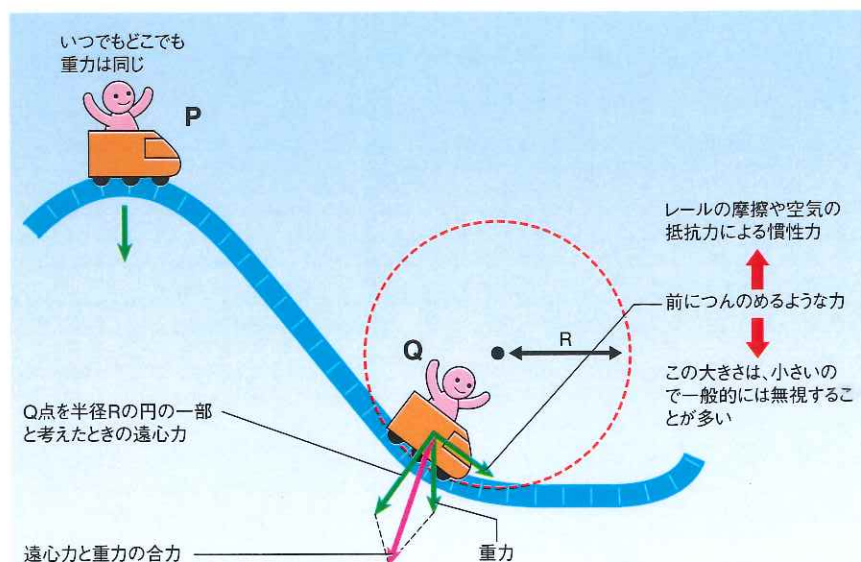


図1 コースターに働く力

点である。極力ショックや恐怖を避けようとする通常の配慮とは逆の設計で、スリルの快感(?)を生み出そうというものである。人間には心理学的に非平衡の願望という、いわゆる怖いもの見たさの心理がある。ジェットコースターのスリルの要素は複合的なものであるが、その中核は日常ではあり得ない加速度体験、重力体験であり、これが非平衡の願望に訴えて人を集める。

人間には $g=9.8\text{ m/sec}^2$ という下向きの加速度、いいかえれば重力が働いているのが常態だが、ジェットコースターのスリルは瞬間的にこの常態を飛び出し、非日常のGを体験できるところから生れる。これにはプラスG体感、0G体感、マイナスG体感の3通りがある。まず、プラスG体感型のものからそのメカニズムを探ってみよう。このタイプのものにはループスタイルと呼ばれるものとスクリュースタイルと呼ばれるものの2種があり、いずれもコースターが頂上から降下して最高速度に達した辺りで方向が変わる所、つまり最下部付近では直線運動から回転運動に変わるので大きな遠心力が下向きに働く。どのくらいの力が働くかを、例えば落差およそ75m、最下部付近の回転半径およそ22mという現在国内で最大級の絶叫コースターをモデルに、運動力学上の公式を使って試算してみると、7.8G強という結果が出る。

実際のジェットコースターの場合、レールとホイールの間の摩擦とか空気抵抗などが介在し、計算はそれほど単純ではないが、最新の高性能マシンでは摩擦抵抗は極限まで抑えられ、短い距離では空気抵抗なども無視できるので、瞬間的にはこの計算では近い数値が得られる。実際、モデルに使ったこのジェットコースターの場合、最大Gの公称は6.5となっているのである。常態は1Gなのだから、体重60kgの人ならその瞬間は自重をその6.5倍の390kgに感ずることになる。身動きができなくなり血液も急激に下がるので脳や目に行き渡らず、思考力は鈍り、目は視野が中央の一点に集中して周囲の見えない視野狭窄の状態に陥る。この桁外れのGがもたらす異常な体感

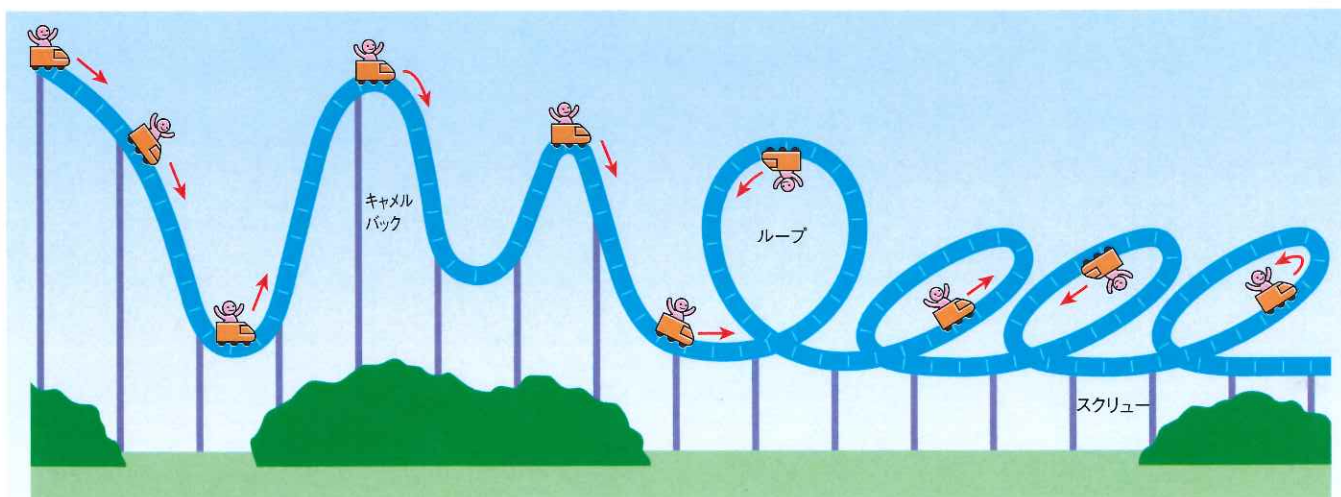


図2 コースレイアウトの種類

がスリルの正体の1つ。

しかし、プラスGよりもっとこわいのは、ゼロGである。ゼロGは空間を自由落下すれば体験できる。地上の人間には地面から重力に釣り合う上向きのGが抗力として働いていて、その上向きのGを重さとして体感しているのだが、支えるものがなくなると上向きのGが消えて重さが知覚できなくなる。無重力状態である。ジェットコースターの場合、頂点から逆落下しに降下するとき摩擦力や空力で多少の抗力が生ずるにせよ、前述のような理由で瞬間的には自由落下に近い状態となり、限りなく無重力に近い状態が味わえる。胸の奥のほうが一瞬とするような何とも形容しがたい感覚で、ここで絶叫が沸くことになる。

さらにキャメルバックスタイルと呼ばれるマイナスG体感型のマシンは、プラスGと逆に、車両がスピードを増しつつくだの背＝頂上に差し掛かった時、上向きのGがかかる（図3参照）。この大きさがゼロGを超えてマイナスGが体感できるのである。宇宙飛行士でもなければ体験できないゼロGやマイナスGがジェットコースターのさらなる恐怖のポイントなのである。

素材の90パーセントは鉄

さて、冒頭に触れた建築基準法施行令ではコースターの定常速度は40km/hとなっているが、実際には最高速度が120～130km/hにも及ぶという。実は適応除外規定という条項があって、建設大臣が安全上支障がないと認められるものにはこれが適用されるのである。コースター造りの実情を遊技施設のメーカーからの取材を中心にまとめた。

コースターは設計から施工まで以下のような手順で進められている。

1. マーケティング・コンセプトの決定
集客力を基本において決定
2. コース・レイアウトの決定
コンピュータで速度、加速度、衝撃値、荷重負荷、風圧など必要な要素を計算。

3. 試作機の製作

過去の技術の延長上にない新機種の場合のみ、実機と同じ試作機を製作する。

4. 検 証

5. 施 工

6. 完 成

特殊な乗物だけに、材料選定や製造技術にも特殊なものがあるようにも想像されるが、遊技施設の技術は基本的には他の分野で開発された技術の応用でまかなわれている。ビルや橋梁などの一般建築分野の鉄骨構造技術と共通であるし、車両は一般の輸送機器の技術が応用されている。遊技施設は基準法上の扱いは工作物で、土木建築構造物に比べれば軽量であり、設計のポイントはむしろ新機軸の工夫や美観等に置かれている。たとえば騒音対策として鋼管に砂を詰めるといったきめこまかな工夫も見られる。構造部は、日本では90%が鋼製であり、国内最大級といわれる富士急ハイランドのフジヤマ（コラム参照）の場合で2,000t程度とかなりの量の鋼材が使用されている。

使用鋼種としては主に次のようなものである。

〈固定部主構造〉

鋼 板 JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400

JIS G 3125 高耐侯性圧延鋼材 SPA-H

鋼 管 JIS G 3466 一般構造用角型鋼管 STKR

〈巻上部〉

ワイヤロープ JIS G 3525

伝動用ローラーチェーン JIS B 1801

船用一般チェーン JIS F 2106

〈可動部〉

軸用棒鋼 JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材 S45C

これらを中心に最適材料を選択していくわけであるが、基本的には市販の鋼材を利用して企画、設計されており、遊技施設だからといって特殊な材料を使用したり、開発したりということはない。しかしもちろん新しい材料利用の可能性には常に

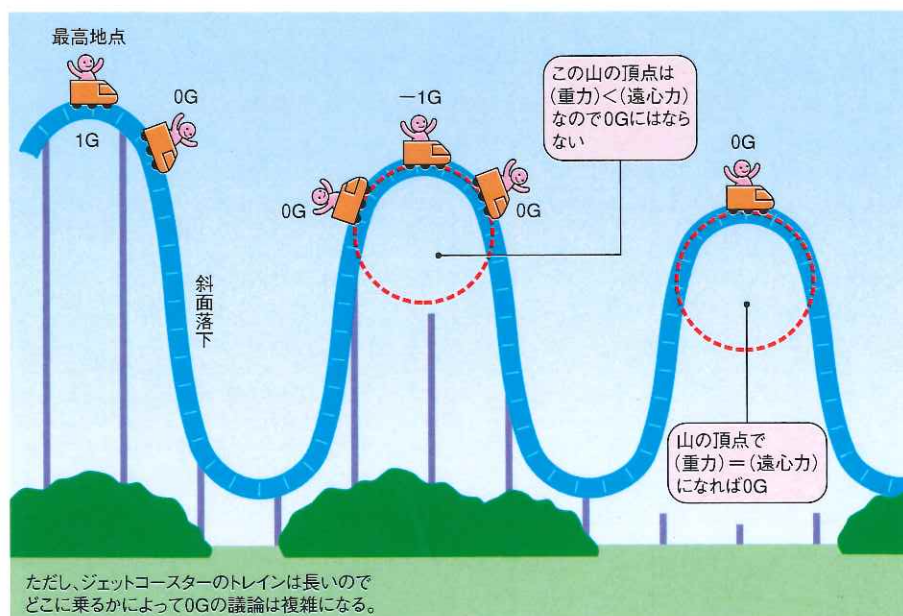


図3 0Gポイントの位置

注意を払っており、最近では耐侯性鋼のような比較的新しい鋼種の使用なども次第に一般化しつつある。

鋼以外の材料はすべて可動部、つまり車両に集中している。

主なものを拾ってみると、車両のボディー外側表面に使われているFRP、ホイール用の熱処理、焼付けしたアルミ合金、タイヤ部分用のウレタンのコーティング品などがある。

車両用の材料には構造部に比べるとかなり積極的な新素材へのニーズがあるようだ。一般の輸送機器同様、より軽く、より強く、より経済的というのは不断のニーズであるが、コースターの場合とりわけ軽量化の優先順位は高い。軽量化が即コースの鉄骨構造にも影響し、安全性へも大きく寄与するからである。

コースターのスタイルや材料の変遷

興業用アトラクションとしてのコースターはアメリカに始まった。アメリカでの最初のコースターは、1884年、コニーアイランドにお目見えした「スイッチバック・グラビティー・プレジャー・レールウェイ」というものであった。すでに今日のジェットコースターに近いものである。フィラデルフィアの日曜学校教師ラ・A・トンプソンという人の考案で、ペンシルバニア州にあった鉱山鉄道がヒントになったという。この鉱山鉄道は山頂への観光客輸送に転用されたもので、降下時の景観やスリルの経験に触発され、職業柄、これを青少年用の健全な娯楽に利用できないかと考えたのが端緒だった。このコースターは人気を呼び、各地に類似のものが続々建設されて、近代遊園地の目玉として万人に愛されるようになった。

アメリカにコースターが出現した1880年代後半は、まだ鋼材の大量生産、大量使用が一般化する前で、今日のように鋼材が構造材の主役を占める時代ではなかった。従ってコースターもカタバルトは木で組み上げられ、車両部分も台車は木製で

あった。前述のようにアメリカでは、今でも木製のものが50%以上を占めており、1920年代に造られた木製コースターが今も現役で活躍している例もある。木製は少しずつ部材を交換していけるのでこのように寿命が長いのである。コースターの歴史の古いアメリカでは伝統的、習慣的に木製コースターがずっと優位に立ってきたのだが、歴史の新しい日本では、最初から鉄製でスタートした。日本でコースターが本格的に造られるようになったのは1950年代からで、当時すでに構造材は鉄という常識が定着しつつあったので、建築基準法においても最初から遊技施設の構造材

は鉄骨または鉄筋コンクリートに限定されたのである。特に現在の日本では、木製は鉄製のほぼ2倍の建設費がかかり、維持費も割高になるので、まず経済性からいって鉄製の優位は明らかである。また加工性の面でも鉄製の方が優れているので、最近の曲がりくねったコースレイアウトには適している。

だが、アメリカでいまだに木造コースターが優位なのは、美観や雰囲気から鉄のやぐらの無骨な眺めに抵抗があり、車両のきしみや木の匂いといった微妙な要素も関連して木製のコースターのほうが好まれるといった傾向があるからだ。この点絶叫マシンなど仕掛けの妙が集客の目玉となる日本とはやや事情を異にする。しかし、日本でも最近では木製コースター独自の持ち味に注目する動きがあり、建築基準法の運用改正で木製も許可されるようになった現在、木製コースターを売り物にする遊園地が現れている。アメリカでは、スピード、G、バンクなどの数値面やコースレイアウトでも鉄製に匹敵し、宙返り設計も可能な木製コースターの計画も進んでいるという。

コースターのルーツ

ところで、ジェットコースターという遊びはどこからやってきたのだろうか。何となくコースターはアメリカ生れと思っている人が多いのではないと思われるが、また今の形のコースターがアメリカが起源であるのは確かなのだが、ルーツとなるとやや意外なところにある。コースターの歴史研究家ロバート・カーメルという人の説では、16世紀の帝政ロシア時代、サンクト・ペテルスブルグ郊外にあった帝政ロシア貴族達の遊び場「そり山」が起源であるという。約10メートルの高さから、途中で2つの山のある長さ150メートルのコースを木のそりで滑り降りて楽しんだ。このロシアのそり遊びがフランスに渡って、「ロシアの山」となった。フランスのターンズという遊園地に現れた木製のコースを降りる車輪付きの乗物がそれで、「ロシアの山」

C O L U M N

人気の絶叫マシン

●日本一のジェットコースター

現在国内最大とされるコースターは山梨県にある富士急ハイランドのフジヤマ。地上79mの頂点から、65度の奈落へまっ逆さま、ほとんど垂直に落ちる感覚である。いくつもの過大Gやら無重力、さらにはマイナス重力、外に放り出されるような横Gの繰り返すスリルなど、まさしく絶叫マシンの名にふさわしいジェットコースターである。

●木製コースターの美しさ

日本初の木製コースター「ジュピター」が大分の城島後楽園遊園地に登場してから、すでに8年もの歳月が経った。その間に三重県のナガシマスパーランドの「ホワイトサイクロン」、東京よみうりランドの「ホワイトキャニオン」なども登場し、木製コースターは着実にアトラクションとして定着しているようである。その美しさと独特の恐怖感の持つ魅力は、体験したものしかわからないという。



と名付けられた。18世紀の初め頃の話である。

ロシアの山の系列の遊びが多くの人々の知るところとなったのは、1873年、オーストリアのウィーンで開かれた万国博覧会においてであった。この博覧会は、ウィーン郊外のブラータ公園で開かれた。ここはヨーロッパの代表的な遊園地の1つであり、後年キャロル・リードの名画「第三の男」の観覧車の1シーンに登場して世界的に有名になった。博覧会では初めて遊戯施設の類が登場して人気になったが、これらの中に足場を組んでレールを敷いた高い台から駆け下りる乗物があり、やはりロシアの山と名づけられた。ジェットコースターのルーツとして記録で確認できる最初のものである。

この「ロシアの山」系列のヨーロッパのコースターとコニーアイランドのアメリカ式ローラーコースター第1号との間を結ぶリンクは詳らかでない。

日本におけるコースターの第1号は、1890年（明治23年）に開催された第3回内国博覧会でデビューした。1884年コニーアイランドにできたトンプソンによるアメリカのコースター第1

号からわずか6年後だから、ずいぶん古い。トンプソンのものがお手本になったらいい。しかし第1号のあとにはなかなか見るべきものが現れなかった。遊園地そのものは各地で開かれるようになった各種博覧会の跡地利用の形で定着し、メリーゴーラウンドやウォーターシュートの類は多かったが、コースターの場合は機械動力による本格的な常設機の出現までには長い空白がある。1952年（昭和27年）大阪の枚方公苑（後のひらかたパーク）、宝塚新温泉（後の宝塚ファミリーパーク）がそれぞれである。翌1953年（昭和28年）にはより本格的なものが東京浅草の花やしきに完成し、さらにその翌年、翌々年には、浅草楽天地、後楽園と4年続きで毎年新しいジェットコースターが現れるという第1次のブームとなる。これ以後ジェットコースターは次第に各地の遊園地へと普及していくのである。ジェットコースターのネーミングが初めて使われたのはこの後楽園遊園地であった。

超感覚競う多様な新マシン

その後遊園地はどんどん大型化し、ジェットコースターも急速に高度化して、絶叫マシンと呼ばれる第2次のブームへと発展する。さらに、ジェットコースターを暗黒空間に閉じ込め、物理的には大型絶叫マシンほど大掛かりでないのに視覚や音響でスリルを増幅させる新しいタイプのコースターも登場してきた。東京ディズニーランドのスペースマウンテンがこのニュータイプのはしりである。リニアコースターと呼ばれる新しいコンセプトのコースターも最近の流行りとなっている。高いところに車両をチェーンで巻上げ、降下位置のエネルギーだけで動力は使わない従来のコースターと異なり、平坦部分にリニアモーターを並べ、リニアの駆動力で高速発進する一気の加速感を特徴とするものである。

今ではジェットコースターとかメリーゴーラウンドといった古典的遊戯施設のカテゴリーが次第に境界を失い、新感覚のアトラクションが続々登場している。立体音響と3D画像に動くシートを組み合わせたシミュレーション・シアターと呼ばれるもの、パイロット用の訓練シミュレーターを応用したジェット機のスピード感、落下、上昇感を如実に体感できるもの、高品位画像、迫力のサラウンドシステム、五官へのボディーソニックなどの組合せによる超感覚空間、3Dと立体音響による不思議な感覚の海底遊歩、など新機軸が花盛り。かつてお子様専用だった遊園地は今ではさまざまな先端技術を複合したおとなの新しいアミューズメントとして、さらなるスリル、バーチャル・リアリティを求めてとどまる所を知らぬげである。

■参考文献

- 遊園地の現在学（松本孝幸、JICC出版局）
- 遊園地の文化史（中藤保則、自由現代社）
- 遊園地のメカニズム図鑑（八木一正、日本実業出版社）

〔取材協力・写真提供：(株)トーゴ、富士急行(株)〕