

3Dシミュレーション考

圧巻・興奮のVRマシンに 科学教育の可能性を見る

「ザ・クリプト」の画面より。5方向からの映像によって仮想空間が映示される。
立体映像が体に触れそうなくらいに迫ってくる（東京ジョイポリス）。

近年、若者の「理工系離れ」が危惧されるようになってきている。科学への興味の第一歩は案外、子どもの頃に抱いた天体や生物への興味・憧れであるというケースは少なくないだろう。仮想体験を通して視聴者の感性に強く訴える3Dシミュレーションは、科学への最初のモチベーションを与えるには、絶好のものであるはずだ。大人たちが忘れてしまった科学の夢と憧れの原点とは何であったのか、アミューズメントの現場から逆にたどっていくのもひとつの手段かもしれない。

5方向の映像で描かれる仮想立体空間

前面はもちろん、左右、後方、そして床面すべてに立体映像、しかも観客の動きに応じてアングルが変化する……現在、アミューズメント・テーマパークのVR（バーチャルリアリティ／仮想空間）マシンのなかには、そんなものが登場してきている。

セガ・エンタープライゼズが開発したSEGA B.O.X. SYSTEMによって映示・演出される「ザ・クリプトー彷徨」というアトラクションは、5面スクリーンによって、空間全体をバーチャル・リアリティで創り出すものだ。入場時に装着する液晶ゴーグルは、あたかも目の前に対象物があるかのような立体視を生み出す。

同アトラクションの設定は古城の地下に眠る宝探しということになっているが、単刀直入に言えば、これは「おばけ屋敷」のVR版である。たとえば地下へ降りていくと、棺の中から出てくるゾンビが見ている者の体に触れるのではないかと思われるほどに近付いてくる。「絵空事」だとは分かっているが、かなり気持ちが悪い。2.7m四方の空間に定員2名というのは、カップルをターゲットにしているからだろう。

観客の動きに対応するインタラクティブ性（双方向性）も

備えていて、たとえば、柱の向こう側を覗き込むとその動きに応じて映像が変化し、裏側が見えるなどの工夫がしてある。こうした演出によって、あたかも「その空間」にいるように錯覚させるのである。

映像と体感性を組み合わせたモーションライド

5面スクリーンは比較的最近のものだが、VRによるアトラクションには、これまでモーションライドといわれるシステムがしばしば採用されてきた。これは座席を映像に合わせて油圧式などの稼働装置でコントロールし、実体験のような臨場感を演出するものだ。航空機のパイロット訓練用のシミュレータなどにも採用されてきたシステムである。

モーションライドの場合、偏光メガネによって大スクリーンを立体的に見せるものと、HMD（ヘッド・マウンテッド・ディスプレイ）によって360°の視野を実現したものがあるようだ。

「アクアノバ」は、前者のタイプである。リアルなCG映像に垂直水平方向の偏向を与えることで、立体映像を生み出している。映像の実在感、立体感はかなりのもので、これに座席のコントロールが加わると、宇宙船の加速を再現したシーンなどでは、思わず「手に汗を握る」刺激的な体験が再現される。

ストーリーは、海底都市型のスペース・コロニーを宇宙船で



「アクアノバ」の上演中の様子。迫力のあるスクリーン映像と、モーションライドによって、エキサイティングな仮想体験を演出している（東京ジョイポリス）。



HMDタイプのモーションライド・アトラクション「VR-1」。頭の動きに合わせて、視界は後方まで広がる（横浜ジョイポリス）。

遊覧するというものだが、水面に突入する時の衝撃や、障害物をよける時の横G（慣性）が、映像と連動していて、かなりエキサイティングで面白い。

ハイライトは艦から逃げ出した怪物が宇宙船を襲ってくるというシーンだ。爬虫類の牙をもった巨大なタコのようなモンスターが宇宙船を叩くと座席を通じてガンガンと衝撃が伝わってくる。

HMDによるものは、やはりCG映像とモーションライドを組み合わせて宇宙飛行などの映像を疑似体験させるといったものが多いようだ。これにシューティング・ゲーム（狙撃もののゲーム）や宇宙船操縦のシミュレーションのようなインタラクティブな要素を加味して、観客が仮想世界に「参加」できるように工夫される。映像が映し出されるのは、頭にかぶったHMDのゴーグルの部分である。映像のクオリティではスクリーン式にやや軍配が上がるが、観客の頭の動きに連動した映像によって、左右はもちろん後方の視野までを映示してくれる点がHMD式の特長といえるかもしれない。

ナムコが自社の3次元CGと3次元センサーシステムにオリンパスの特殊光学系技術を融合してつくりあげた「ファイヤースター」は、やはりHMDによるVRアトラクションだが、体験者自身の姿が、仮想映像中に合成されるといった凝った演出がされている。

ストーリーは、戦闘ヘリに乗ってゴーストの軍隊を攻撃するというもので、一種のシューティング・ゲームだが、HMDに開けるヘリの視野の中に、自分の手や足、隣に座る同乗者の姿が合成されるために、体ごと仮想空間に入り込める楽しさがある。

自分の手足が写し出されるしくみは、マスクに取り付けられたCCDカメラの映像をリアルタイムでCG映像とクロマキー合成するという方法による。自分のすぐ足の下に風防ガラスの外の景色が写るように演出されており、座席の制御が加わると、まさに空中を飛んでいる感覚がリアルに再現される。体験者そのものを映像化して仮想空間へ組み込むという手法には、鮮やかなものがある。

教育ツールとしての大きな可能性

3DシミュレーションによるVRアトラクションは、いまやそう目新しいものではないが、映像の質やソフト面での改良が進んでおり、疑似体験のリアリティは年々高水準になってきている。今日われわれはあらゆる刺激的な映像体験に慣れてしまっているが、VRマシンは、そうしたなかば「場慣れした観客」にとっても、かなり新鮮に感じられるように思われる。正式な計測例

C O L U M N

宇宙材料とシミュレーション

金属材料分野でも、3Dシミュレーションはさまざまに応用されている。「理論的に理解する」以上に立体映像で「感覚的に観察する」ことにより、洞察のきっかけをつかめることも、少なくないと考えられるからだ。

たとえば、微小重力空間での溶湯の挙動を知ろうという場合などにもシミュレーションは有効だ。いわゆる宇宙工場などで新たな金属系複合材料などをつくり出そうというケースである。地上では金属を溶解した溶湯は、熱対流によってその動きを把握することができる。しかし重力がほとんどない世界では、熱対流は起こらない。こうした世界で溶湯の挙動を支配するのはマランゴニ対流と呼ばれる複雑系の動きである。複雑系の挙動を予想しようとする、きわめて複雑な計算が必要になるが、コンピュータ・シミュレーション画像なら、宇宙空間での溶湯の挙動を視覚として得ることができる。

宇宙材料は特殊な例だが、たとえば金属破壊などの研究分野でも3Dシミュレーションは活用されはじめている。材料の破断は「真っ二つに折れる」ような場合でも、亀裂が片側から反対へ走るというような単純な挙動ではない。むしろ材料の中心の方にポイドと呼ばれる破断した「穴」がまず現れ、それが成長するようにして破断が起こる。この破断の挙動なども3Dシミュレーションで再現すると、視覚的につかむことが可能になる。



視界に搭乗者自身の手足や同乗者の姿が合成される「ファイヤーブル」(ナムコ・ナンジャタウン)。



「ファイヤーブル」のHMD。CCDカメラによって搭乗者自身の姿を仮想画面中に合成することが可能に。超音波・ジャイロ併用方式による高速3次元センサー・システムを採用することで、頭の動きと画面の動きの時間差を解消することに成功している。
©(株)ナムコ

は聞いていないが、疑似体験という性質上、おそらく心拍数や発汗量などの自律神経系にも、大きなゆさぶりをかける効果があるはずだ。

科学啓蒙番組「コスモス」をつくった故カール・セーガン博士は、科学について広く知ってもらうためには、人々の理性に訴える以上に、感性に訴える必要があるという内容のことをいつている。3DシミュレーションによるエキサイティングなVR体験は、エンターテインメントという枠に限定せず、科学技術の啓蒙・普及というシーンで、実はきわめて大きな可能性を秘めているのではないだろうか。

今回取材したものは、もちろん娯楽を主要な対象にしているわけだが、顧客満足度という点でいうと、「ちょっと短い」という印象があった。つまり、もうちょっと楽しみたい、と感じさせられるような長さ(3~7分程度)のものがほとんどだったように思う。

COLUMN

鋼の凝固とシミュレーション

鋼を鋳造する場合の凝固過程は、一種の「極限環境」であるため、計測が難しく事実上のブラックボックスだった。しかしたとえば成分の偏析や、凝固収縮によって樹状結晶の間に行ける微小欠陥などの状況を把握することは、高品質化が進むなかで時代的な要請にもなってきた。

近年では、こうした計測が難しい場面での判断にシミュレーションが採用される例が出てきた。溶湯の対流や、液相の圧力、型の冷却による結晶のでき方などをすべてコンピュータで計算し、映像表示しようというものである。

これらのシミュレーションによって、偏析や微小欠陥の比率などを算出することが可能になると考えられる。

数々の極限環境が存在する鉄鋼の上工程では、いまだに数々のブラック・ボックスが残っているが、コンピュータ・シミュレーションは、そうした未知の世界を映し出す「技術の目」としても大きな可能性を秘めている。



「ファイヤーブル」のcockピット(搭乗座席)。仮想の戦闘ヘリコプターを模した造形になっている(ナムコ・ナンジャタウン)。

モーションライドによる「揺れ」は、人によっては「乗り物酔い」をおこす場合なども想定されるため、長時間揺らしどおしというのは難しいかもしれないし、ソフト制作にかかる開発コストの問題などもあるわけだが、場合によってはもう少し長めの「内容」があったほうが、終わった後の満足感を高めることができるようにも感じられた。

たとえば科学教育的な要素、博物館的な要素を休憩ポイントで入れるなどしながらエキサイティングな体験とミックスしてゆくなど、ソフト面での充実が可能になれば、いわゆる「理工系離れ」対策の力強い啓蒙ツールとして活用することも可能のように思える。

科学や技術への関心の第一歩は、子どもの頃に抱いた星への憧れや、生物の不思議、あるいは機械の面白さといったものがスタート・ラインになっていることも多い。3Dアトラクションによって、子どもたちの感性に呼びかけるような「科学の面白さ」を演出できれば、これは有望な教育ツールとして考えることができるのではないだろうか。

まずはVRアトラクションの「面白さ」に着目するところから、始めてみるというのもひとつの手であるかもしれない。

【取材協力・写真提供：(株)セガ・エンタープライゼスAMプロモーション部、
(株)ナムコ コーポレート・コミュニケーション室】



「ハイXボーン」構造。

コストと時間短縮を可能にするシミュレーション

—自動車設計の現場から—

生産の現場では、新たな開発等にあたって、実機モデルなどによってあらゆる側面からの試験が行われる。この試験の行程を合理化しサポートするうえで、また設計にあたっての応力計算といった場面で、いまやシミュレーション技術は不可欠なものになってきている。自動車のボディとエンジンの設計の現場から、その実例を見ていくことにしよう。

オープン・スポーツのボディ剛性を割り出す

自動車のボディ設計にあたって、安全面、走行性能の両面から重要なポイントになるのが各骨格部分にかかる応力の分担という問題である。新たな開発にあたって自動車メーカーは、つねに時間とコストの圧縮を求められているわけだが、その点からもシミュレーションによる検証は、開発現場で重要な位置を占めつつある。

この春に発表となって話題を呼んだ本田技研のオープンタイプ・スポーツ車でも、シミュレーション画像によって、ボディ剛性、衝突安全性の検証が行われている

オープン・ボディ車の場合、通常車（クローズド・ボディ）のような金属製ルーフがないため、ボディ剛性をどうやって確保するかがつねに大きな課題となる。ボディ剛性は、自動車の基本性能（走る・曲がる・止まる）に大きな影響をおよぼすため、リアル・スポーツという開発目的のためには必然的にハイレベルな性能が求められることになる。

ルーフがない分の剛性を確保するシンプルな方法としては、ルーフ以外の部材の板厚を増し、補強部材を追加するなどが考えられるが、この方法では重量がクローズド・ボディよりも

重くなりがちで、性能面でも十分なものが得られにくい。

英国のバックヤード・ビルダー（専門特化した小規模メーカー）製のオープン・スポーツなどでは、チューブラー・フレーム（頑丈な鉄骨トラスのフレーム）でボディ剛性を確保し、GFRP（グラス・ファイバー）のボディで軽量化を図ったものなどがあるが、生産性およびコスト面であまり有利な方法とはいえない。

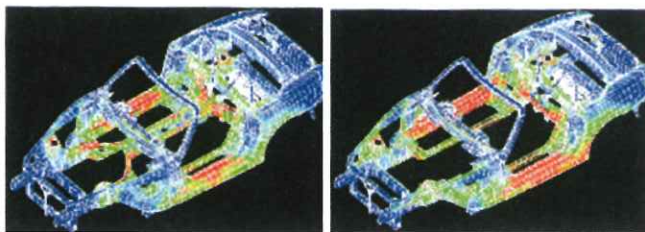
本田技研のオープン・スポーツでは、「ハイXボーン」と名付けられた独特のフロア・トンネル構造によって、このボディ剛性の問題を解決するという方法を見出した。これは荷重を支える中央部骨格をトンネル状の（閉じられた）構造としたうえで、サイド部分の2本の骨格と同じ高さにもってこることで（通常はフロア面なのでずっと下にある）、効率よく重量を分担し、高いボディ剛性が確保されるというものである。

オープン・スポーツの場合、これまでは剛性を確保するためにどうしてもルーフのあるタイプよりも重量増となってしまうがちだったわけだが、「ハイXボーン」構造は、ボディ重量に対する性能がクローズド・ボディと同等あるいはそれ以上を達成しているという。

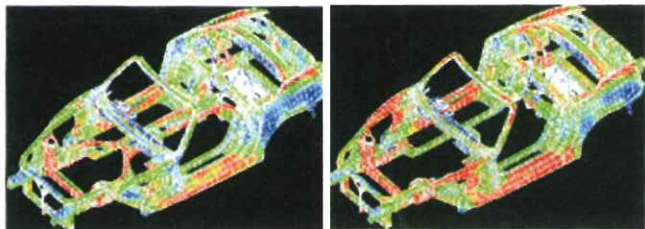
この「ハイXボーン」構造の応力分布を検証するにあたって、コンピュータ・シミュレーションによる比較が行われている（写真参照）。フロア・トンネルがあるものとないものの画像を比較すると、骨格部分への応力の集中度が大きく異なっていることが視覚的に理解することができるだろう。

安全性の検証に活躍するシミュレーション

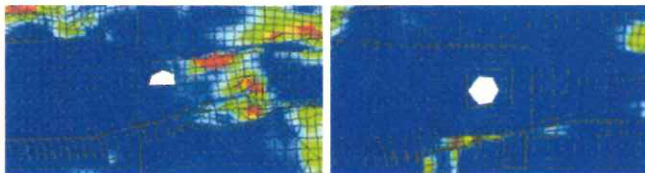
「ハイXボーン」構造は、衝突安全性の点でも大きな役割を果たしているという。通常のクローズド・ボディでは乗員が乗



フロアトンネルあり。 フロアトンネルなし。
ボディの曲げ剛性についての応力分布の比較シミュレーション。



フロアトンネルあり。 フロアトンネルなし。
ボディのねじり剛性についての応力分布の比較シミュレーション。



補強部材なし。 補強部材あり。
フロアトンネルの形状設定のためのシミュレーション。

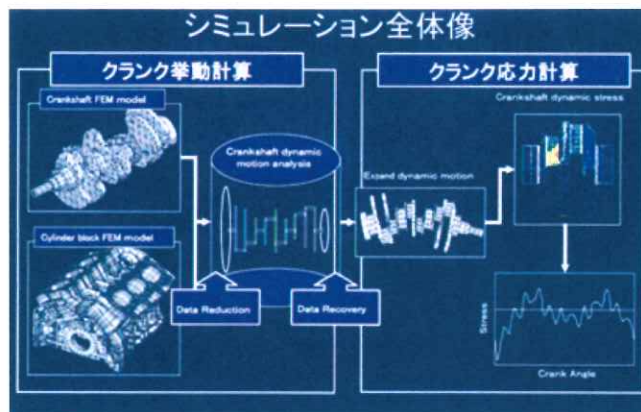
るキャビンの部分の衝突時の反力のうち、45%がサイドの骨格部分に、また15%がルーフにかかっている。フロア部分が負担するのはわずか5%にすぎない。これに対し「ハイXボーン」構造では、フロア・トンネルで約40%の反力を支えるように設計され、それに必要なフロア・トンネルの強度が与えられた。フロア・トンネルにはシフト・ノブをはじめパーキング・ブレーキやスイッチ類の穴が開けられており、その複雑な形状に応じた強度の分布を求めるためにシミュレーションが行われている(写真参照)。

自動車関連では、こうした設計時の応力分析のシミュレーションのほか、メーカー各社では衝突そのもののシミュレーションを用いるようになってきている。実車をクラッシュさせることを考えれば、コスト・時間ともに大きな合理化につながるからだ。ただし実車による試験データが安全基準として必要とされていることから、実車テストも併用されているのが実状である。

設計時の応力計算シミュレーションも衝突実験シミュレーションも、ともに有限要素法(モデル内の数千におよぶ要素の合成として結果を導く)が用いられているが、近年は人体への衝撃もこの有限要素法モデルによって求められるようになってきている。シミュレーションによって脊椎や内臓への影響が予測できるようになってきているというわけだ。自動車の安全性を高めていく作業のなかであって、シミュレーション技術は、不可欠なものになってきているといえよう。



64km/hでのオフセット衝突の実車テスト。期待通りの安全性能が得られたことがわかる(キャビン部分の変形がほとんどなく乗員の生存空間が守られている)。



クランクシャフトの動的な応力分布の予測フロー。

エンジン設計の現場で活躍するシミュレーション

エンジン開発でも、もちろんシミュレーション技術は有効だ。たとえばクランク・シャフト(ピストンの上下動を回転に変える軸の部分)のような複雑な形状でしかも、かなり強い応力のかかる部分の設計などにはシミュレーション技術が多用されるようになってきている。

クランクシャフトには、様々な応力が働く。エンジンの爆発による衝撃、軸およびシリンダーの摩擦、振じれによる共振、ベルト張力……。想定される各要素を計算し、クランクシャフト各部にかかる応力を視覚化することができる。

こうしたシミュレーションによって、各部の強度やサイズ、場合によっては材質などを割り出すことが可能になる。最終的には実モデルによる検証は不可欠だが、シミュレーションを併用することで開発にかかる時間とコストを縮減できるという。

これ以外にも、さまざまな開発の現場で3Dシミュレーション技術が多用されるようになってきており、今後の研究開発の前線においては欠かせないもののひとつになっている。

参考文献：

- 高井章一、塚本祥士、岡田賢治、日比亜史也：S2000用モノコックボデーの開発 HONDA R&D Technical Review Vol.11 No.1 (1999)
- 高橋伸一、岩本淳、宮沢宏志、佐藤謙次、小崎英明：実働時クランクシャフト応力予測手法の開発

[取材協力・写真提供：(株)本田技術研究所 栃木研究所]