

[触覚と情報処理]

## 5 PS5 用ゲームコントローラ「DualSense」は どのようにして生まれたか

応  
般

西川善司 | トライゼット

### ゲームプラットフォームにとって重要な 存在となってきたゲームコントローラ

ビデオゲームのプレイ体験において最も重要視されるのは、映像、音響といった要素だと考えられている。しかし、一般的なコンピュータ機器ではなく「ゲーム体験のみを提供すること」に特化したゲーム専用機ビジネスにおいては、ユーザ（プレイヤ）が直接触るゲームコントローラも重要な要素として扱われており、ゲーム機の世代交代の折には、そこに大きな革新が伴っていることが多い。

このあたりの新提案に特に注力しているのが任天堂で、ゲームキューブ（2001）から Wii（2006）への世代交代においては、これまでになかった「モーション入力」系コントローラ「Wii リモコン」を発表した（図-1）。その後、このモーション入力系コントローラの新潮流センセーションは、競合メーカ

をも動かし、ソニーグループ（2016 年まではソニー・コンピュータエンタテインメント、2016 年以降はソニー・インタラクティブエンタテインメント、以降はソニーと記する）が展開する PlayStation 3（2006）では「PS Move」を、マイクロソフトが展開する Xbox 360（2005）では「Kinect」を登場させるきっかけにもなった（図-2）。

なお、Wii というゲーム機は、中核となる本体コンピュータ部分については、ゲームキューブをマイナーチェンジした程度の性能強化しか行っておらず、むしろ、この「モーション入力」対応の新コントローラ採用こそを、ゲームファンへの最大訴求ポイントとしていた節がある。

そもそも、ゲーム専用機におけるゲーム体験で最も重要視されるのは「ほかのゲーム機ではできない体験を提供すること」である。Wii 登場以前は、「そのゲームプラットフォームの独自性」を強調する



図-1 任天堂 Wii 用標準コントローラの Wii リモコン



図-2 ソニー・PS3 向けの周辺機器として発売された PlayStation Move モーションコントローラ

## 小特集 Special Feature

ための最大の方策は、「そのゲーム機にしかリリースされない専用ゲームタイトル」だったわけだが、Wii を発表したときの任天堂は、この「専用タイトル提供戦略」だけでなく、「そのゲームプラットフォーム専用のゲーム操作感」という要素をも上乗せする戦略をとった。

その後、2010 年代のゲームビジネスでは「かかる開発コストとそこから得られる性能」のバランスを慎重に判断するようになり、任天堂、ソニー、マイクロソフトといったゲーム機メーカーたちはこぞってメインプロセッサの独自開発から身を引き、ゲーム機の中核となる本体コンピュータ部分は AMD や NVIDIA などの米国半導体メーカーの汎用 SoC (System on A Chip) 製品のカスタム品を採用する流れとなった。

こうなるとそのゲームプラットフォームにおける「ハードウェア部分の独自性」は薄まることとなり、各ゲーム機メーカーは、オンラインサービスを主体とした「ユーザーに対する独自サービス」(クラウドゲーミングやサブスクリプション型ゲーミングなど) で、「ゲームプラットフォームの独自性」を打ち出すしか道がなくなってくる。

この「サービスの独自性のみでゲームプラットフォームを提案する」という流れは、Google Stadia などに代表される「クラウドゲーミング」や、EA Play などに代表される「サブスクリプション型ゲーミング」という「ハードウェアを持たないゲームプラットフォーム」の台頭にも繋がっていくこととなった。

こうした業界の状況下において、任天堂、ソニー、マイクロソフトといった既存のゲーム専用機を提供

するゲームプラットフォームたちが、あえて“ハードウェア面”から、そのゲームプラットフォームの独自性を出そうとするならば、かつて任天堂が Wii で取り組んだような「ゲームコントローラに対する独自性」を主張していくことが、最もユーザーに理解されやすいアプローチとなってくる。

実際、任天堂は Switch (2017) に、当時のハイエンドスマートフォン程度の性能の NVIDIA 製 SoC (Tegra X1) を採用したが、一方で、コントローラについては「HD 振動」と名付けられた、これまでになかった高品質な触感再現をゲームコントローラ「Joy-Con」を提案した。

こうした流れの中で、昨年、2021 年、ソニーが発売したソニーの PlayStation 5 (PS5) では、初代 PlayStation 以来採用してきた「DUALSHOCK」というコントローラ名を捨て、新形状に新機能を盛り込んだ「DualSense」という新コントローラを提案してきた (図-3)。

本稿では、こうした時代の中で誕生したゲームコントローラの最新実例として PS5 の標準コントローラ「DualSense」を取り上げる。なお、本稿の執筆にあたっては、ソニー・インタラクティブエンタテインメント、ハードウェア設計部門ペリフェラル設計部部長の五十嵐健氏 (図-4) への取材を行わせていただいた。



■図-3 PS5 と DualSense ワイヤレスコントローラー



■図-4 五十嵐健氏。1996 年、ソニー (株) へ入社し、ホームオーディオ、二足歩行ロボット QRIO などの開発に従事。2005 年に現ソニー・インタラクティブエンタテインメントへ移り、PS3 のブルーレイドライブのメカ設計を担当。以降は、PS プラットフォームのコントローラを含む周辺機器全般の開発・設計を統括。



## DualSense の「ハプティックフィードバック」とは？

まずは、DualSense の新振動機能「ハプティックフィードバック」から見ていくことにしたい。

PS3 の標準コントローラだった「DUALSHOCK 3」(DS3) (図-5) は、PS4 で「DUALSHOCK 4」(DS4) (図-6) へと進化したわけだが、同じ「DUALSHOCK」系の名前が与えられていることから分かるように「先代からの延長線上の進化」の文脈で開発がなされた。DS4 で最も目を惹くのがタッチパッドの存在だ。ノート PC のマウスカーソルの移動に使われるあのタッチパッド操作をゲームコントローラ向けにあしらえた新機能だったが、積極的に活用されたタイトルはそれほど多くはない。それ以外には、ゲーム効果音を鳴らすことができるスピーカの搭載、市販のオーディオ機器との接続親和性に配慮した  $\phi$  3.5mm の 4 極ミニジャック端子の装備（ヘッドセット接続対応）などが、DS3 から DS4 への代表的な進化ポイントとして挙げることができる。

今やゲームコントローラにおいて必須要素ともいえる振動表現に関して、DS3、DS4 ではともに回転電動モータの回転軸に偏心おもりを組み付けた構造を採用していた。この振動生成回転モータは、DS3/DS4 を手に持ったときに“手の平”に包まれることとなる左右のグリップ部に内蔵されていた。2つの回転モータに組み付けられた偏心おもりは左

右それぞれで大きさが変えられており、小さいおもりは微振動生成用、大きなおもりは強い振動生成に対応していた。

新世代機、PS5 の標準コントローラ「DualSense」の開発に際しては、DS3/DS4 から一線を画した一段、高次元な没入感をユーザに提示することを目標とし、これまでとは異なるアプローチの技術採用の検討が行われた、と五十嵐氏は振り返っている。

結論から先に述べると、DualSense では、結果的に、DS3/DS4 で採用してきた回転モータではなく、前後振動（一次元振幅振動）を実現するリニアモータ（すなわち事実上のボイスコイル）を採用することとなった。

最も我々の生活に身近なボイスコイルが採用された応用機器といえばスピーカだ。このボイスコイルが振動生成用の素子として採用となった直接の理由は、グループ内の研究開発チームが開発していた次世代ゲームコントローラ向けの新触感提示システムに採用されており、これがとても優れたものと開発チーム内で評価されたためだった。この試作機は、元々は PS4 世代のライフタイム中に提供することを目指して開発されていたものだったが「どうせならばゲーム機の世代を改めるタイミングで導入しよう」という判断が働き、PS5 の DualSense での採用となった。

ボイスコイル採用の理由はほかにもあった。

1つは、ボイスコイルを用いた振動生成器が、回



図-5 PS3 用ワイヤレスコントローラ（DUALSHOCK3）



図-6 PS4 用ワイヤレスコントローラ（DUALSHOCK4）

## 小特集 Special Feature

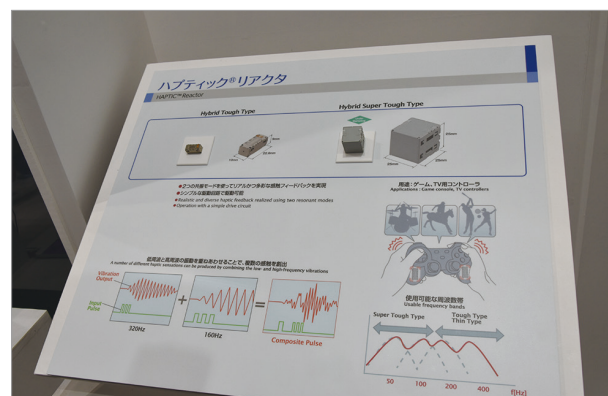
転モータを用いた振動生成器と比べて、システムからの振動開始、振動停止への応答が速いこと。たしかに回転モータ系でも、回転開始が予測できる状況時はあらかじめ予備回転的な「ゆるい回転」を与えておいたり、回転停止の折には逆回転を応用することで応答速度を速める工夫はあるにはあった。しかし、そうした対策制御を盛り込んだとしても、ボイスコイル系の方が速いという（数値は非公開）。

2つ目は、生成される振動の周波数が回転モータ系と比較すると、ボイスコイルの方が圧倒的に広帯域だということ。具体的にはブルブルとした低周波の振動から、キーンというような高周波の振動を、ボイスコイルならば単一の素子で生成が可能ということだ。DS3/DS4で採用された回転モータ系では、幅広い周波数の振動生成が不得意なため、モータに組み付ける偏心おもりの大きさ（重さ）を大小（重軽）2つ用意し、2つの異なる周波数の振動を作り出す工夫を盛り込んでいた。それでもDS4の最も周波数の高い振動は、図のとおりのDualSenseに比べると数分の一と小さい（図-7）。

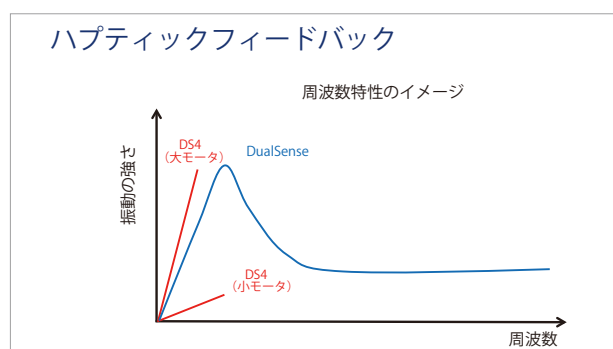
五十嵐氏によれば、DualSenseの高周波の値は、ソフトウェア処理でフィルタリングしており、DualSenseに採用されたボイスコイル自体は、実際にはもっと高い周波数の振動まで作り出せるという。では、なぜフィルタリングしているかという、フィルタリングされた数値を超えてきたあたりから振動

が、可聴音として耳に「音として聞こえる」ようになってしまうため。ただし、この上制限は、技術的には外すことは可能だという。だとすれば筆者個人の憶測にはなるが、振動が可聴音として聞こえてきてしまうことを許容できる局面において、ゲームクリエイターの明確な演出意図があれば、より高周波の振動を生成するタイトルが出てくることもあり得るかもしれない。

ところで、こうしたボイスコイル系振動素子のゲームコントローラへの採用は先例がある。そう、任天堂のSwitchのJoy-Conがそうだ。Joy-Conでは、アルプスアルパインのハプティックリアクタ（図-8、図-9）が採用されており、出力振動周波数は150Hz～330Hzと公称されている。ハプティックリアクタは、2つのボイスコイルを搭載することで、160Hzと320Hzの共振周波数を作り出すことで、



■図-8 アルプスアルパインの2軸ボイスコイル振動素子「ハプティックリアクタ」



■図-7 DualSenseの新動機能「ハプティックフィードバック」の振動特性と、PS4向けコントローラDUALSHOCK 4の振動特性の違いのイメージ図。具体的な数値は非公開となっている



■図-9 任天堂Switchの標準コントローラ「Joy-Con」の振動素子としてはこのハプティックリアクタが採用されていた



## 小特集 Special Feature

比較的、高域な振動を作り出すことに対応していた。DualSense で採用されたボイスコイルは、共振周波数は非公開としながらも共振周波数は1つのみ。しかし、高帯域振動を作り出せることに成功している。なお、このボイスコイルはソニー・インタラクティブエンタテインメントと複数の他社との協業で開発された独自のもので、現状、汎用部品として市場に提供されてはいない。

強い振動は、共振周波数に近い周波数で得られるため、振動強度を重視するのであれば、前出のハプティックリアクタのようにボイスコイルを複数搭載する選択肢もあったように思える。

そうしなかった理由を五十嵐氏は2つ挙げている。

1つは DualSense で採用したボイスコイルは、共振周波数を超えた周波数帯でも必要十分な振動が得られると判断できたことだ。2つ目はコントローラのグリップ部に内蔵することはあらかじめ決まっており、その部位に最大振幅が得られる振動素子を求めると円筒形になることが必然となり、複数のボイスコイルを組み込む体積的余裕がなかったため。それでも、Joy-Con と比べると広帯域な振動が得られているのは、DualSense のボイスコイルが、ハプティックリアクタに組み込まれているボイスコイルと比べて大型で出力が大きいためだろう (図-10)。

DualSense のハプティックフィードバックでは、まったく同じ出力特性のボイスコイル系振動素子を左右のグリップに内蔵させているため、振動が



■ 図-10 PS5 の DualSense のハプティックフィードバック用ボイスコイル系振動素子は、この左右に突き出したグリップ部分にそれぞれ1つずつ内蔵されている。

コントローラ内部を左右に動き回するような「振動のステレオ表現」が可能となっている。なお、任天堂 Switch の Joy-Con にはハプティックリアクタが1つだけしか内蔵されていないが、別売りの Switch 用 Pro コントローラには2つ、DualSense のように左右のグリップ内部にそれぞれ組み込まれている。

## 「ハプティックフィードバック」に秘められた未知なる可能性

DualSense に採用されたボイスコイル系振動素子は、前述したように左右のハンドグリップ部に組み込まれており、その振動はコントローラに対して前後移動の振動で生成されている。その可動域は前後対称だ。

気になるのは、その振動素子にどのような振動データを送ればよいのか、という点だ。

これについて、最もシンプルな方策は PCM (Pulse Code Modulation) 音声データのような波形を入れてしまうこと。実際には、このボイスコイル系振動素子を駆動するための振動データ生成ツールや関連ソフトウェア開発キットを利用することになるが、いずれにせよ、こうしたアプローチを利用することで、PS5 ではかなり容易に、ゲーム効果音と密に連動した振動をユーザに伝えることができるようになった。実際、PS5 の標準添付ゲームソフト「ASTRO's PLAYROOM」では、砂嵐の砂粒がプレイヤーキャラクタにパチパチと衝突する表現や、氷上でスケーティングをしながら氷をシャリシャリと削りながら突き進む際の表現は、DualSense の内蔵スピーカからそうした効果音がハプティックフィードバックからの振動表現と同時に再生されていることもあり、サウンドと振動表現のユニゾンが手元を感じられ、これまでのブルブルと揺れるだけの振動表現とは一線を画した没入感が得られるようになっている。

前述したように意図的に振動表現はフィルタリン

## 小特集 Special Feature

グしていることが分かっている、プレイ体験としては効果音そのものが手の平に物理振動を伝えてきているかのような錯覚が得られるのが面白い。

実は、DualSense のハプティックフィードバックには、効果音やゲームのビジュアル演出を盛り立てる以外の、隠し球的な応用も期待されている。

前述したように、DualSense では振動素子が前後移動するようなレイアウトになっているので、この前後振動を、あえて非対称に行うことも可能になっている。この前後非対称振動に何の意味があるかという、それは錯覚の提示だ。

人間は非対称の振動を与えられたとき、より強く振動を受けた方向に「引かれる」という力覚を錯覚してしまう。つまり、これをうまくゲーム展開に連動させれば、ゲームコントローラが画面側に引っ張られたり、逆にユーザ側に押し出されるような触感を作り出せるわけである。さらに、前述したように、DualSense では、左右グリップにボイスコイル系振動素子が組み付けられているので、左右でこのような非対称振動を逆位相で提示すれば、ゲームコントローラそのものが回転する方向の力覚をユーザに錯覚させることができることになる。

このような、触感の先にあるような「振動による力覚の錯覚提示」は、ゲームコントローラにおいては、まだまだ未知の領域だ。この分野の表現が、この PS5 の DualSense の世代で応用が進むかもしれない。

## 想定以上に向上してしまった DualSense の音響機能

DualSense にはマイクが内蔵され、スピーカの音質も劇的に改良されている。

PS4 の DS4 にはスピーカは内蔵されていたものの、その音質はやや限定的なものであった。また、マイク入力に対応したオーディオミニジャック（4 極タイプ）が実装されていたが、マイクそのものは実装され

てはいなかった。このあたりも地味ながら DualSense の DS4 からの進化ポイントになる。

DualSense の開発にあたっては、この「マイクを接続せずともコントローラ単体で音声チャットができるようにする」というコンセプトが掲げられたが、これを実現するのはかなり技術難度が高かった、と五十嵐氏は振り返っている。

シンプルに DualSense にマイクを実装しただけでは、スティックやボタンの操作音が盛大にマイクに入ってしまうし、ゲームサウンドをテレビ側に出していれば、その音も入ってきてしまう。また、一部の効果音や、音声チャット相手からのボイスは、DualSense 内蔵スピーカから再生されるため、これらの音もマイクに入ってきてしまう。これらはノイズやエコー（ハウリング）の原因となる。そこで開発チームはハードウェア、ソフトウェアの両面から徹底したノイズキャンセル、エコーキャンセルの実現に取り組むこととなった（図-11）。

その結果、開発されたのが、DualSense 専用のエコーキャンセル／ノイズ低減プロセッサだ。ソニー自身は、このプロセッサの存在を、あまり強くアピールはしていないが、基本的なノイズ低減、エコー低減は、DualSense 側のこのプロセッサで処理できてしまっている。

しかし、このノイズ低減、エコー低減を完璧なものにするために、開発チームは DualSense 本体構造の各部位の最適化を推し進めてやっと達成できた



■ 図-11 DualSense は DS4 と同様にマイク入力対応の 4 極ミニジャックが搭載されている（下側の穴）。また、これだけでなく、DualSense 単体で音声入力ができるようにマイクも実装されている（上側の穴）



**小特集**  
Special Feature

ものだとしている。しかも、その副次効果として、DualSense 側で再生するサウンドの音質も上がってしまった、と五十嵐氏は語っていた。

ということか解説が必要だろう。

たとえば、エコー低減を行う場合、DualSense 側の内蔵スピーカで再生するデジタル音声データと、実際にその内蔵スピーカから鳴った音声波形とで差異が出てしまえば、エコー低減処理の「取り残し」としてエコーが残ってしまう。そこで、スピーカで再生される音声波形が、デジタル音声データになるべく近づくようにデジタル音声データを変調したり、内蔵スピーカの物理的な最適化（後述）を行ったり、あるいはマイクで取得される音声データの調整を進めたところ、結果的に、内蔵スピーカの再生特性までもが最適化されてしまったというのだ。

「内蔵スピーカの物理的な最適化」としては、内蔵スピーカそのものとその周辺部位の密閉度を上げてエアーリークを低減し、さらにスピーカからの音声再生時のコントローラボディへの振動伝搬の抑制などに取り組んだとしている。この取り組みは、これまた副次的に、DualSense 自体のボディの堅牢性と剛性の向上に結びついたという。

実際、DualSense を使ってみると、DS4 と比較すると効果音等の再生音質がよく、また、マイクなしで直接、コントローラを手持ちの状態でしゃべっても普通に高品位な会話ができることに気がつく。この DualSense に対する一連の音質改善の実現には、ソニー本体のオーディオ機器開発チームの協力が大きかったと五十嵐氏は振り返っている。このあたりは、総合オーディオビジュアル機器メーカーでもあるソニーの強みが出たということだろう。

## 標準ゲームコントローラとしては初採用のフォースフィードバック機構「アダプティブトリガー」

DualSense の「アダプティブトリガー」は、競合ゲーム機の標準コントローラにはまだ採用されていない目新しい機能である。そして、「アダプティブトリガー」とは、その実、「フォースフィードバック」機能のことだ。

なお、フォースフィードバック機能とは、具体的には、ゲームプログラム側からの制御で、ボタンの押し込みやレバー操作に対して任意の抵抗力を提示するものになる。このフォースフィードバック機能を組み込んだゲームコントローラ自体は、1990 年代から存在する。しかし、これまで、この機能は、フライトゲーム向けの操縦桿型コントローラや、ドライブゲーム向けのステアリングハンドル型コントローラなど、どちらかと言えば大型のゲームコントローラにのみに搭載されてきた。その意味では、今回、このフォースフィードバック機能を手の平サイズの標準コントローラに搭載できたことは、かなりホットトピックなことといえる。

五十嵐氏によれば、DualSense の「アダプティブトリガー」についても、採用のきっかけは、グループ内の研究開発チームが開発していた次世代ゲームコントローラ向けの新機能試作デバイスだったという。

その試作機は、「下段トリガーボタン」（コントローラを握った際に中指で操作することになる拳銃の引き金のようなボタン）に対し、回転モータと汎用ギアを組み合わせで抵抗力を生じさせる構造となっており、コントローラ本体からそのフォースフィードバックシステムがはみ出しているようなフォルムで、見映えこそ雑然としていたが、そのデモゲームの体験自体はとても素晴らしいものだったという。

この試作機を起点とし、かくして「任意の抵抗力を提示できるトリガーボタン」として「アダプティブトリガー」の開発の方向性は決定されることに、以

## 小特集 Special Feature

降は、このボティからはみ出たような試作機然としたフォルムから、従来のPlayStationコントローラらしい形状へ押し込むための設計開発が繰り返された。

構造としては、回転モータの回転軸に組み付けられた「ねじ歯車」(Worm Gear)に、「斜歯歯車」(Helical Gear)が刻まれたアームがトリガーボタンに接触するようになっており、形状の最適化と専用品の開発で、現状のDualSenseのボティに収めることに成功した(図-12)。

五十嵐氏は「アダプティブトリガー機能を使わないユーザには、DUALSHOCK系そのままのトリガーボタン体験を提供したかった」と述べており、このこだわりは実際にアダプティブトリガーの独特な構造に反映されている。

PS5では、アダプティブトリガー機能は「アクセシビリティ」―「コントローラー」設定メニューからオフにすることができるが、DualSenseでは、オフ設定時は、前述した斜歯歯車付きのアームがトリガーボタンから離れる構造になっており、この状態ではトリガーボタンの抵抗力は金属バネによるものだけになるのだ。

そして、オン設定時でなおかつアダプティブトリガー表現が実践されたときに初めてアームがトリガーへ接触する。

ひとたび接触したあとは、トリガーの押し込みに対してアーム側の斜歯歯車を介して、モータの回転軸に接続されたねじ歯車とコンタクトするようになり、以降は出力したい抵抗力/力覚をモータの回転



■図-12 アダプティブトリガー機能は、写真でいうと接地している下側のトリガーボタン(R2, L2と書かれているボタン)に実装されている

力に応じて生成するという仕組みだ(図-13)。

五十嵐氏によると「アダプティブトリガー機能をオンにした状態のときには、最低抵抗力として、トリガーボタンに組み付けられたバネの反発力以外に、ギアの“かみ合い”から生じる負荷が上乗せされることになる。我々は、この部分をできるだけ小さくするよう最適化に挑んだ」とのこと。これは、この最低抵抗力が大きいと、弱い力覚を正確に提示できなくなってしまうため、ディスプレイ機器で言うところの「黒」(輝度ゼロ)を提示したいのに、迷光で「黒浮き」が生じてしまうこととよく似ている。要は、弱い力覚の解像力にもこだわったかったということである(図-14)。

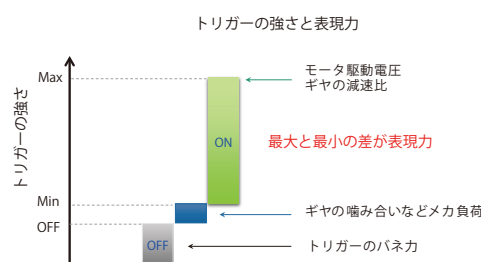
こうしたこだわりの設計により、DualSenseのアダプティブトリガーでは、多様かつ微細な力覚の提示が可能になったとしている。

### アダプティブトリガー



■図-13 アダプティブトリガー機能を構成する各部位の動き

### アダプティブトリガー



■図-14 アダプティブトリガーが提示する力覚のイメージ図(数値等は非公開)。アダプティブトリガー機能オフ設定時は、トリガーボタンの抵抗力はボタンを支えているバネのみ起因したものとなる。オン設定時に提示される力覚は、ギアのかみ合いから生じるメカ負荷が上乗せされる。アダプティブトリガー機能は、この部分を最小化することにこだわって開発された



**小特集**  
Special Feature

ちなみに、ハプティックフィードバックと同様に、このアダプティブトリガーも左右両方のトリガーに埋め込まれており、左右独立した力覚の提示が可能となっている。

## DualSense 開発者からのメッセージ

最後には、PS5 のユーザへのメッセージ、そして今後のゲームコントローラの進化の方向性について五十嵐氏に伺った。

「PS5 のユーザのみなさんには、今回の記事で紹介された開発秘話を踏まえた上で、今一度、こだわりの機能盛りだくさんの DualSense の各機能を堪能してほしいと思います。ゲームクリエイタの皆さんには、独創的なアイデアで、DualSense の各機

能を活用いただき、開発チームの想定を超えたさまざまな表現演出を行っていただきたいです。ユーザのみなさんや、クリエイタのみなさんから寄せられた改善案、要望には積極的に対応していきたいと思っています。ゲームコントローラの今後の進化の方向性については……いろいろとアイディアはあるのですが、今ここではお話しできません（笑）。ですが、期待して待っていてください！」

(2021 年 4 月 18 日受付)

■ 西川善司 zenjinishikawa@hotmail.com

テクニカルジャーナリスト。東京工芸大学特別講師。MonoAI Technology 顧問。半導体技術、コンピュータグラフィクス、ゲーム開発技術、映像技術、自動車技術などに注力した取材を行う。近著に「ゲーム制作者になるための 3D グラフィックス技術 改訂 3 版」(インプレス刊)がある。

