



ジェネレーティブデザイン: 製造業の未来における 可能性の再定義



4 GENERAL MOTORS

GM がドライブするより軽量かつ効率的なカーパーツ設計の未来



8 SOCIAL HARDWARE

インド農村地帯の人々を最新テクノロジーで支援する義肢スタートアップ



12 STEPHEN HOOPER

誰もが利用できる製造の自動化がジェネレーティブ デザインから



16 CLAUDIUS PETERS

重機メーカーがジェネレーティブ デザインをヘビー活用



21 PHILIPPE STARCK

アナログなアイデアをデジタルの夢に: フィリップ・スタルクがAI で未来をデザイン



25 EDERA SAFETY

脊椎を守る新たなバックプロテクターでヘルメット以上の安全を提供



29 DENSO

軽量化のその先へ:デンソーによる先進的 ECU のデザイン

ジェネレーティブデザイン: 製造業の未来における可能性の再定義

序文

製品の設計と製造において、テクノロジーが長年重要な役割を果たしてきた。これまでテクノロジーは、主に生産性ツールだったと言えるだろう。だが、そのテクノロジーが我々のパートナーとなることを想像してみよう。それが、人間と機械が協力して創造を行える AI ベースのデザイン探究のプロセス、**ジェネレーティブ デザイン**の背後にあるアイデアだ。

デザイナーや技術者はジェネレーティブ デザインにより、従来の作図と、それをコンピューターへ保存する作業から、解決すべき真の問題への取り組みへと、そのフォーカスをシフトする。ユーザーが目標や制約、優先度（重量や安全要因、材料の好み、製造方法、コストの制約など）を入力すると、そこからテクノロジーとのパートシップが始まる。ソフトウェアは、AI とクラウドコンピューティングの組み合わせを活用し、最高の成果が得られるよう、何千というオプションを検討。ジェネレーティブデザインは、複雑な問題をより速く解決し、人間には到達できない様々なソリューションを提供する、実にパワフルな存在だ。

突拍子も無い未来の話に聞こえるだろうか？ 私自身、最初にジェネレーティブ デザインに触れた際には、心底驚いたが、同時に懐疑的でもあった。だがそれからわずか数年で、ジェネレーティブ デザインは驚くべき、かつ刺激的な方法で使われるようになっていく。ここで紹介するのは、そのアーリーアダプター達の一部だ。例えばゼネラルモーターズは、ジェネレーティブ デザインで作られた、より軽量で燃費の優れた自動車を実現するパーツにより、自動車業界の未来を変革。フランスのクリエイター、ピジョナリーのフィリップ・スタルクは、AI が人間とのコラボレーションで生

み出した、世界で初めて量産される椅子をデザインしている。重機メーカーの Claudius Peters は、従来の製造方法にジェネレーティブ デザインを活用中だ。

ジェネレーティブ デザインを活用しているのは、著名ブランドだけではない。スタートアップ企業やメイカーズ、学生たちも、低価格な義肢から人命救助のためのドローン、さらには人間の脳をより良く理解するのに役立つ可能性を持ったヒューマノイドロボットなど、さまざまなものを創造している。彼らパイオニアたちは、ものづくりの方法を再定義するという共通の意欲を持ち、それによって、人々がより良い生活を実現する手助けをしている。これこそが、次世代のエンジニアと会社の姿だ。

私が 20 年以上前に製造業界で働き始めた際には、ジェネレーティブ デザインのようなことが実現するとは想像すらできなかった。これまでの方法にフォーカスし過ぎており、それがどのように行えるか、どう行われるべきかについては理解できていなかったのだ。

私は、かつて想像していなかったところへ到達した際に、人間と機械が一緒に作り上げられるものの可能性に心から期待している。我々は、これから実現するものの、最初の段階しか見ていないのだ。

スコット・リース

Senior VP Manufacturing, Cloud and Production Products
Autodesk, Inc.

伝統あるゼネラルモーターズがジェネレーティブデザインの助力により、そのカーパーツを非伝統的なデザインで、より軽量かつ強靱に再設計。

GM がドライブする より軽量かつ効率的な カーパーツ設計の未来

BY MATT ALDERTON

ドラムセットやエレキギター、ベース、キーボードなどの3Dプリント製の楽器、宇宙飛行士や軍向けの食事を始めとする3Dプリントフードから、3Dプリントによる衣服や義肢、移植用臓器、さらには3Dプリント製のコンクリート2階建て住宅まで。アディティブ マニュファクチャリングは、既にさまざまな分野で役立っている。では、次は何だろう？ 3Dプリント製の自動車だろうか？

実は、そうなのだ。例えば Local Motors が2015年に発表した2人乗りオープンカー Strati は、わずか44時間で製造される、パーツの75%が3Dプリント製という2シーターの電気自動車だった。2016年、Divergent3DがBladeでそれに続いたが、こちらは3Dプリント製のボディとシャーシを使用した700馬力の「スーパーカー」だ。さらに今年中にイタリアのスタートアップ XEV が製造開始予定の小型電気自動車LSEVは、世界初の大量生産可能な3Dプリント製の車になっている。



GM は 8 つのパーツで構成されていたシート ブラケットを、ジェネレーティブ デザインとアディティブ マニュファクチャリングを活用して一体化した単一のパーツにした [提供: General Motors]



エンジニアとコンピューターはジェネレーティブ デザインのテクノロジーにより、従来は不可能だった新しいデザインを生み出す、新たな手法でコラボレーションを行えるようになった [提供: General Motors]

こうした3D プリントによるカーデザインへの取り組みは、スタートアップや実験的な目的によるものだけではない。従来の自動車メーカーは、注目を集めるための概念実証でなく、各社とも漸次的な改良や具体的な改善に注力している。**ゼネラルモーターズ(GM)**は、そうしたアプローチを具体化して、性能向上やカスタマイゼーション、パーソナライゼーションを提供する 3D プリント製のコンポーネントをデザインしている。

GM でアディティブ デザイン、マニュファクチャリング部門のディレクターを務めるケヴィン・クイン氏は「1 台の自動車に、平均して 30,000 点のパーツが使われています」と話す。「30,000 点全てをプリントするつもりはなく、非常に現実的なアプローチを採っており、GM とカスタマーにビジネス価値を提供できる製造機会に注力しています。私たちにとって重要なのは、何が“できるか”ではなく、何を“すべきか”なのです」。

ディスラプティブなデザイン

アディティブ マニュファクチャリングが自動車業界の未来への扉とすると、その扉を開くカギはジェネレーティブ デザインだ。「私たちにとってジェネレーティブ デザインは、クラウドや AI を活用してエンジニアとコンピューターを組み合わせ、自動車のパーツやコンポーネントのさまざまなデザイン ソリューションを模索する手法のひとつです」と、クイン氏。「コンピューターやエンジニアが単独で取り組むのでは生成不可能なパーツ デザインのソリューションが、コラボレーションによって得られます」。

こうしたモデルを使うことで、エンジニアはコンポーネントのデザイン目標や材料と製造手法、予算などの制約要因を含めた制約を見定めた上で、その情報をジェネレーティブ デザイン ソフトウェアに入力できる。ソフトウェアはアルゴリズムを使い、想像し得る全デザインの組み合わせを分析、評価して、計算に基づいて最適なソリューションを推奨する。

「ジェネレーティブ デザインとアディティブ マニュファクチャリングの組み合わせは、業界にディスラプティブな (創造性を伴う破壊的な) 変化をもたらすかもしれません」と話すクイン氏は、自動車業界は圧延機や射出成形金型など従来からある製造ツールの制約によって、伝統的にハンディを負っていると付け加える。例えば、そうしたツールでは極めてシンプルな形状しか製造できない。

また従来のツールは高価である上に融通が利かず、アイデアの有効性を調べる試行に法外なコストがかかる。ジェネレーティブ デザインとアディティブ マニュファクチャリングは、最小限の設備投資で無限のデザイン ソリューションを提供可能だ。単体のソフトウェアを単体の 3D プリンターと組み合わせること

で、アディティブ マニファクチャリングを使用しなければ実行不可能な有機的形狀や内部格子を含めた、無数の部品と無限の形狀を生成できる。

より優れたブラケット？

ジェネレーティブ デザインのビジネスケース (最終投資決定に必要な情報や分析) を理解するため、電気自動車 (EV) がもたらす課題を検討してみよう。自動車メーカーは極めて楽観的で、GM だけでも 2023 年までに、少なくとも 20 種の電気自動車または燃料電池自動車を市場投入することを計画している。だが、こうした車両は生産にコストがかかる。より軽量、より短いサプライチェーンを促進するジェネレーティブデザインが、この種の課題を GM が解決するのに役立つかもしれない。

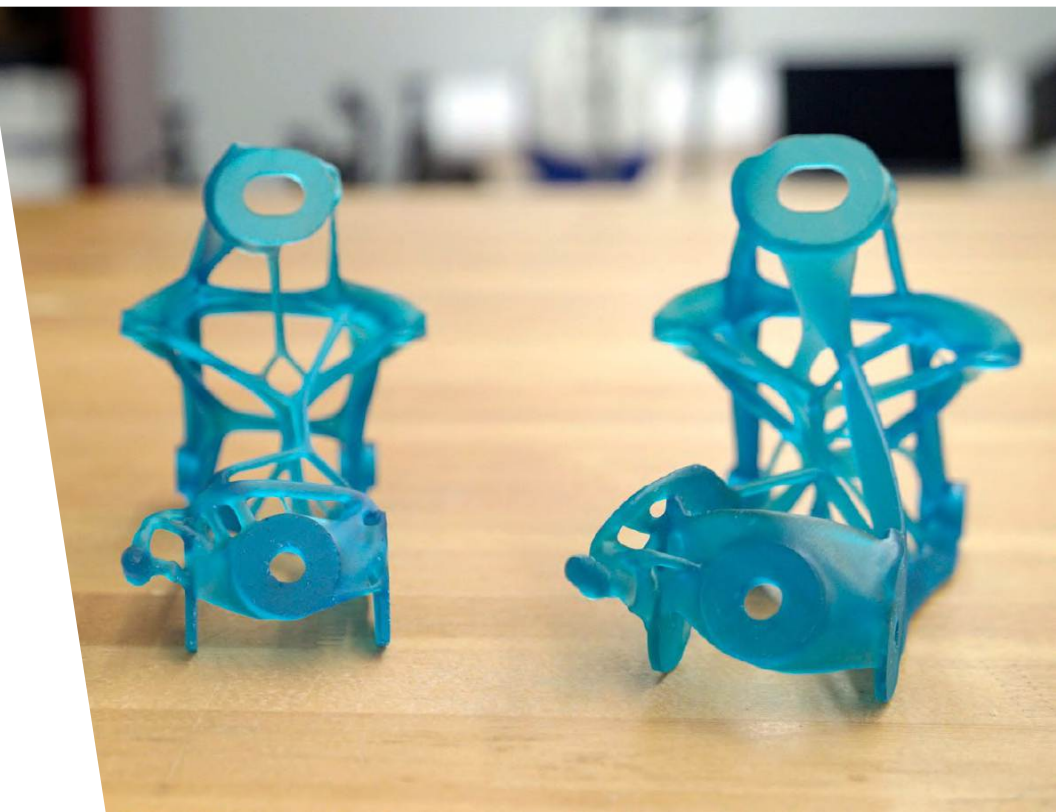
「自動車業界に、電動化と自動運転車が大きな変革をもたらすでしょう」と、クイン氏。「この極めて専門的なエリアでリーダーとなることは、事業を進める上で非常に重要です。私たちはアディティブ マニファクチャリングとジェネレーティブデザイン

が、先行者利益の獲得に役立つと考えています」。

GM のエンジニアたちは先日、**Autodesk Fusion 360** のジェネレーティブテクノロジーを活用したオートデスクとのコラボレーションを行い、機能的に最適化された新しいシート ブラケットをデザインした。これは、シートベルトのバックルをシートや床にしっかりと固定するための標準的なカーパーツだ。一般的なブラケットは 8 点で構成される四角いパーツだが、ソフトウェアが提示したのは、宇宙からやって来た金属性物体のようにも見える、150 種以上ものデザインの選択肢だった。GM が選択したデザインは、8 点で構成されるのでなく単体のステンレス鋼製のもので、従来のブラケットに比べると重量は 40% 軽い、その強度は 20% 高くなっている。

「8 点からなる部品を単体に統合しようと考えたのには 2 つの理由があります」と、クイン氏。「ひとつは、質量を最適化できるためです。また副次的なメリットに、多数の異なるサプライヤーが製造する多数の異なる部品 (と、その後の組み立て) に関連するサプライチェーンのコストを削減できる点もありました」。

これを数百、数千ものパーツに応用することで、自動車をどれほど低価格で軽量かつ低燃費なものにできるのかは、容易に理解できる。



これを数百、数千ものパーツに応用することで、自動車をどれほど低価格で軽量かつ低燃費なものにできるのかは、容易に理解できる。

「私たちにとっての現在の課題は、ジェネレーティブ デザインやアディティブ マニファクチャリングを、その以外のどういう用途に応用できるのかを見出すことです」とクイン氏は話す。GM は既に自社車両の、その他多数の部品の最適化に取り組んでいる。

「ジェネレーティブ デザインやアディティブ マニファクチャリングを活用して燃費や電気自動車の走行距離を伸ばせれば、ゼネラルモーターズの競争力の大きな強みとなります」と、クイン氏。

流行よりもメリット

性能の向上は、最初の段階に過ぎない。GM は今後アディティブ マニファクチャリングを活用し、ディーラーの各店舗で、より低価格かつ効率的な保守部品の製造や車両のカスタマイズを行うことを計画している。

「今は、車両のカスタマイズを行うには GM 側に莫大な設備投資が必要です。カスタムで何かを作成するたびに新しいツールが必要だからです」と、クイン氏。「投資に見合わないため、この業界では、そうしたことには手を付けないという決断を下すことも多いのです」。

クイン氏はアディティブ マニファクチャリングにより、顧客がカスタムの外装仕上げを発注したり、所有者の名前やお気に入りのスポーツチームのロゴなどで車両をパーソナライズしたりできるようになると話す。「競合他社が提供していないサービスを提供できれば、他社との差別化が可能です」。

クイン氏は、それこそがテクノロジーに要求することだと話す。重要なのはバズることではなく、メリットを提供することにある。「ジェネレーティブ デザインとアディティブ マニファクチャリングは、私の心を躍らせます。それによって顧客へ、他のいかなる方法でも実現し得ない性能を提供できるのです」。

エアバスが航空機のキャビン向けに開発するバイオニック パーティションの最新版にもジェネレーティブ デザインを継続して利用し、より優れた成果を得た方法とは



Redshift
by AUTODESK



[提供: Airbus]

インドの *Social Hardware* はジェネレーティブ デザインを活用し、全く異なる 2 タイプの義肢の優れた機能を融合したデバイスを創造している。

インド農村地帯の人々を 最新テクノロジーで支援する 義肢スタートアップ

BY RINA DIANE CABALLAR



インドの義肢スタートアップ企業、*Social Hardware* の共同創業者であるアブヒット・クマール氏は「義肢の市場には、ぽっかりと穴が空いています」と述べている。「我々は地方で農業や建設に従事する、身体の一部を失った低所得者向けにデザインした義肢により、その穴を埋めることを目指しています」。

インドの統計・事業実施省 (Ministry of Statistics and Programme Implementation) の報告書によると、インドで何らかの障害を抱えながら暮らしている人は総人口の 2.21% に及ぶ。その 20% が運動機能の障害で、大半が農村地帯の住民だ。そこで農業や建築の分野に就労する層に、最も切断事故の発生率が高い。インドで使われてきた義肢は国外から輸入されたものが多く、その価格は農村地帯の平均世帯月収の 6 倍以上にもなる。

共同で *Social Hardware* を設立したクマール氏とキャメロン・ノリス氏は、市場に存在するソリューションの調査を行った結果、上腕義肢のデザインに新たなアプローチの必要性を見出した。この 2 人は、オンラインコミュニティ Reddit で、障害を持つユーザーを支援するオープンソースの義肢プロジェクトを通じて出会う。クマール氏は生物医学とロボット工学の分野にバックグラウンドを持ち、ノリス氏は英国のスタートアップの世界で働いてきた。

ジェネレーティブ デザインを活用した *Social Hardware* の義肢はインド農村地帯の農業・建設従事者にも手の届くものとして製造される [画像提供: *Social Hardware*]

前進への道を探して

Social Hardware は、インド政府の「Startup India」イニシアチブの承認を受けたスタートアップであり、バンガロールを拠点とする NPO、Association of People with Disability (APD) のテクニカル パートナー。インド農村地帯の被切断者に義肢を用意してリハビリの機会を提供することを目指し、それを患者には一切費用がかからない方法で実現しようとしている。

Social Hardware は、APD や他のリハビリ センターとの連携を通じて、地方の被切断者にリハビリ プログラムへのアクセスを提供する予定だ。そこには義肢を日常生活で効率的に使うための理学療法やトレーニングも含まれる。義手の価格は2万ルピー (約3万円) 以下に抑えたいと考えており、プログラムの完了者には Social Hardware 義肢のフィッティングを無償で提供する予定だ。両氏は、義肢の開発を始めた際にオープンソースで手がかりを見つけたものの、明確なロードマップはなかった。

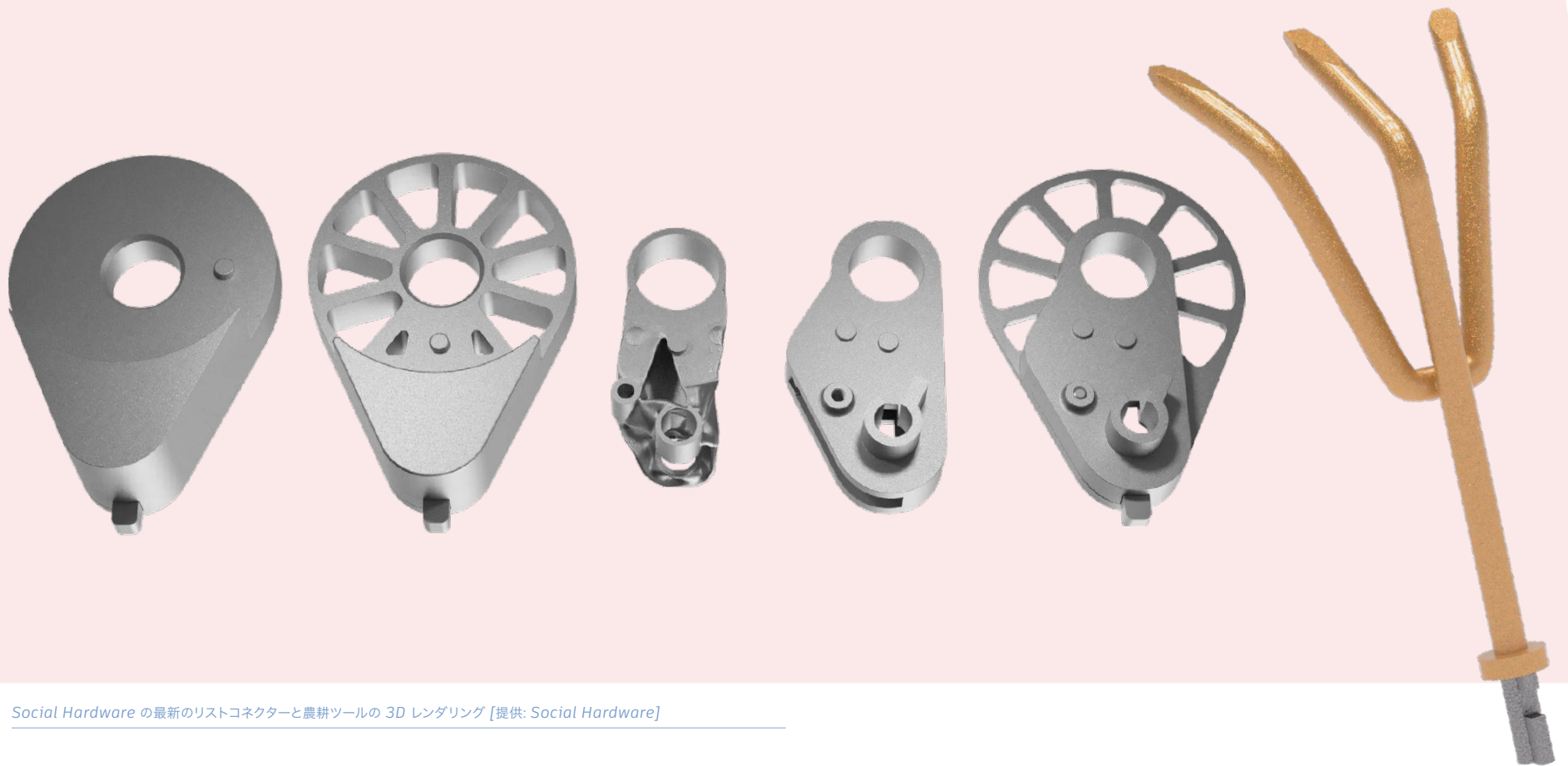
「被切断者と義肢業界で働く人たちに直接話を聞いて、ほとんどの義肢がインドの農村地帯に住むエンドユーザーには不適當なものであることが分かりました」と、ノリス氏。「特に耐久性と衛生状態が大きな課題であり、適切な対応が行われていません」。

すべてを手のうちに

Social Hardware は適切な電動義手を開発して、農具や建設工具を安全に義手へ取り付ける補助具となる Avocado WristConnector を作り上げた。「軍用装備の頑丈な設計からインスピレーションを得ました」と、ノリス氏。「さまざまなアタッチメントが軍用装備にどう取り付けられているのかを理解するため、古い特許に目を通したことが役に立ちました」。



Social Hardware の最新の義手に、農耕ツール (上)、義手 (中央)、農耕ツールと義手の両方をリストコネクタに接続 (下) したところ。[提供: Social Hardware]

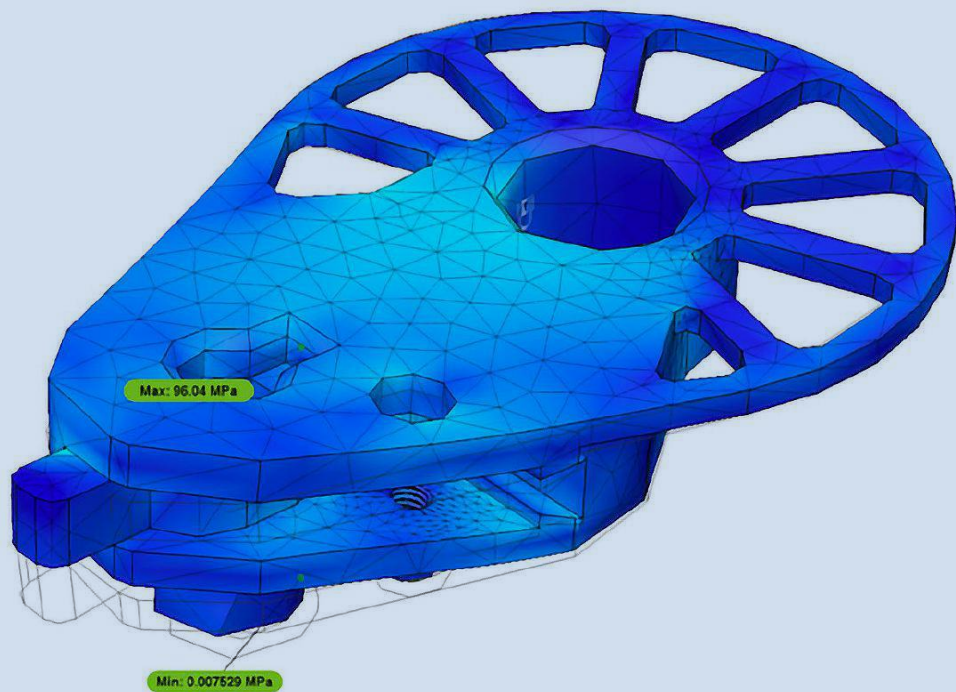


Social Hardware の最新のリストコネクターと農耕ツールの 3D レンダリング [提供: Social Hardware]

インド最大の義肢メーカーであるALIMCO製のコネクターやソケット（人体と義肢の接続部分）の、既存の固定機構とも互換性を持たせたいと考えた。「既に義肢市場に存在しているものを置き換えるのではなく、それらをサポートし、補完するものにしたいと考えたのです」と、ノリス氏。「義手とソケットの間にフィットし、小さなハンマーやこてなど、各ユーザーが必要とするさまざまなツールを取り付けられる拡張装具を作ろうと考えました」。

だが、まずは既存の義肢の問題に対処する必要がある。動力（体外力源）義肢はユーザー自身の力には依存しないもののバッテリー持続時間の制限があり、高負荷の作業に耐える堅牢性も十分でないことが多い。一方、自力（体内力源）義肢は一般的に耐久性に優れ、バッテリーも不要だが、重くて機能性に制限がある。クマール氏とノリス氏はその両方を組み合わせ、動力義肢の軽量かつ機能豊富なアプローチと、自力義肢の耐久性と信頼性を兼ね備えた義肢を目指した。「最終目標は、それぞれの長所を提供することです」と、ノリス氏。

このバランスを実現するため、Social Hardware はジェネレーティブデザインに注目。従来の方法で製造されたソケットから得られた計測値をもとに、チームはAutodesk Fusion 360と5段階のジェネレーティブデザインプロセスでAvocado Wrist Connectorを軽量化し、開発プロセスをスピードアップした。「ジェネレーティブデザインにより、必要な耐久性を保ちつつ重量を300gから96gまで減らすことができました」と、クマール氏。「この結果を得るのに、従来の手法では数カ月にわたる試行錯誤が必要だったでしょう」。



Social Hardware はジェネレーティブ デザインを活用し、Avocado Wrist Connector の強度を維持しつつ軽量化を実現した [提供: Social Hardware]

ジェネレーティブ デザインは、義肢のソケットで被切断者が直面する問題への Social Hardware の取り組みと、外観の向上の両方に貢献した。「特に高温度の環境下や負荷の高い作業では、汗や熱による問題が発生します」と、ノリス氏。「ジェネレーティブ デザインを使用することで、軽量で通気性に優れた、ユニークな外観のソケットを作成できました。対象としている低所得者層にも、このデザインから、最先端のテクノロジーが使われていることを感じてほしいのです」。

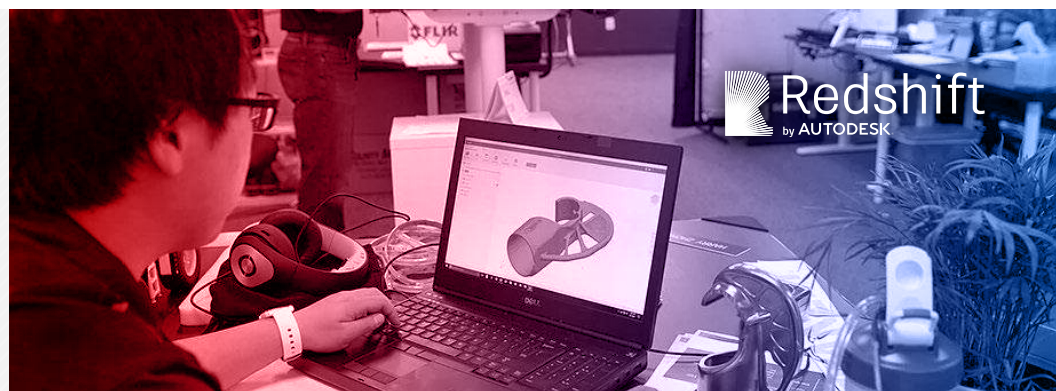
だれもが利用できる義肢

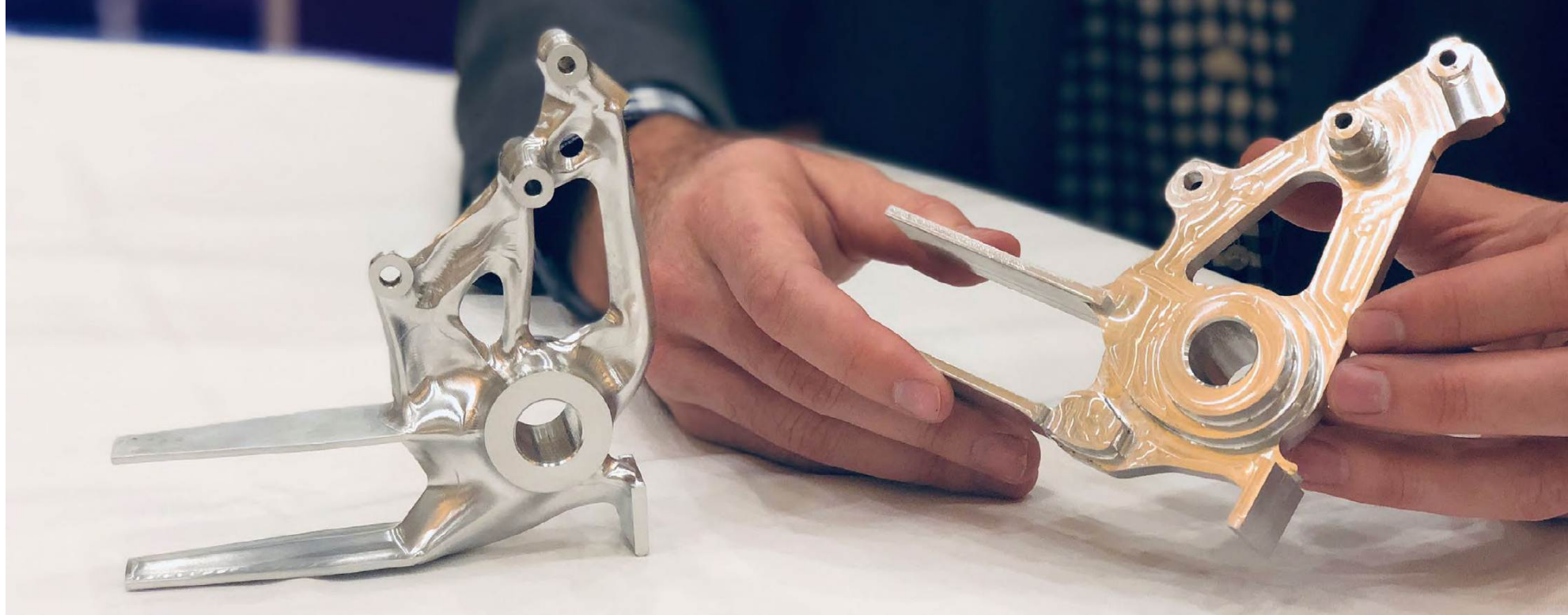
クマール氏とノリス氏は今後、実用レベルのプロトタイプから量産可能な製品への移行を計画している。医療認可義肢としての製品リリースの前に必要な治験に備え、Social Hardware は国際的な支援機関や人道支援組織と連携して、こうした機器を必要とする他の APEC 諸国への製品提供も検討している。

また、初の商用版を STEM 教育用の義肢開発キットとして先行予約で提供したいと考えている。このキットにはホビイストや研究者、学生が独自の義手を作るために必要なもの全てが含まれる。

「このキットを提供するのは、学生たちにインドの農村地帯に住む被切断患者の認知を高め、支援技術の開発に参加するよう促すと共に、大学で学んだ若い人たちにデザイン工学や製造のコンセプトを理解してもらうためです」と、クマール氏。「そしてこれは私たちの根幹である、堅実で慎ましいイノベーションと全員参加によるデザインという考え方に立脚したものでもあります」。

Stanley Black & Decker がジェネレーティブ
デザインの活用により油圧式圧着ツールの重
量の半減を実現した方法をビデオで。





ジェネレーティブ デザインを用いて製造されたこれらの部品は従来の CNC 加工技術 (3 軸 [左] と 2.5 軸) で作られている

オートデスクで VP、Fusion 360 の GM を務めるフーパーは、ジェネレーティブ デザインはアディティブ マニュファクチャリングで生み出される奇妙なジオメトリだけではないと語る。

誰もが利用できる 製造の自動化が ジェネレーティブ デザインから

BY STEPHEN HOOPER

ものづくりの関係者であれば、もうジェネレーティブデザインのコンセプトはよくご存知だろう。だが、その本当の定義については、いまだに誤解されている部分がある。

ジェネレーティブ デザインはトポロジー最適化や手続き型モデリングの一分野に過ぎないと考えている人もいるようだ。だが実際には、それ以上にずっと重大な変化だと言える。このアプローチは AI がドライブするプロセスであり、クラウドを活用することにより、既存のアイデアから単に余計な材料を除去するだけ (トポロジー最適化) でなく、数千もの可能性を模索することでイノベーションが後押しされる。

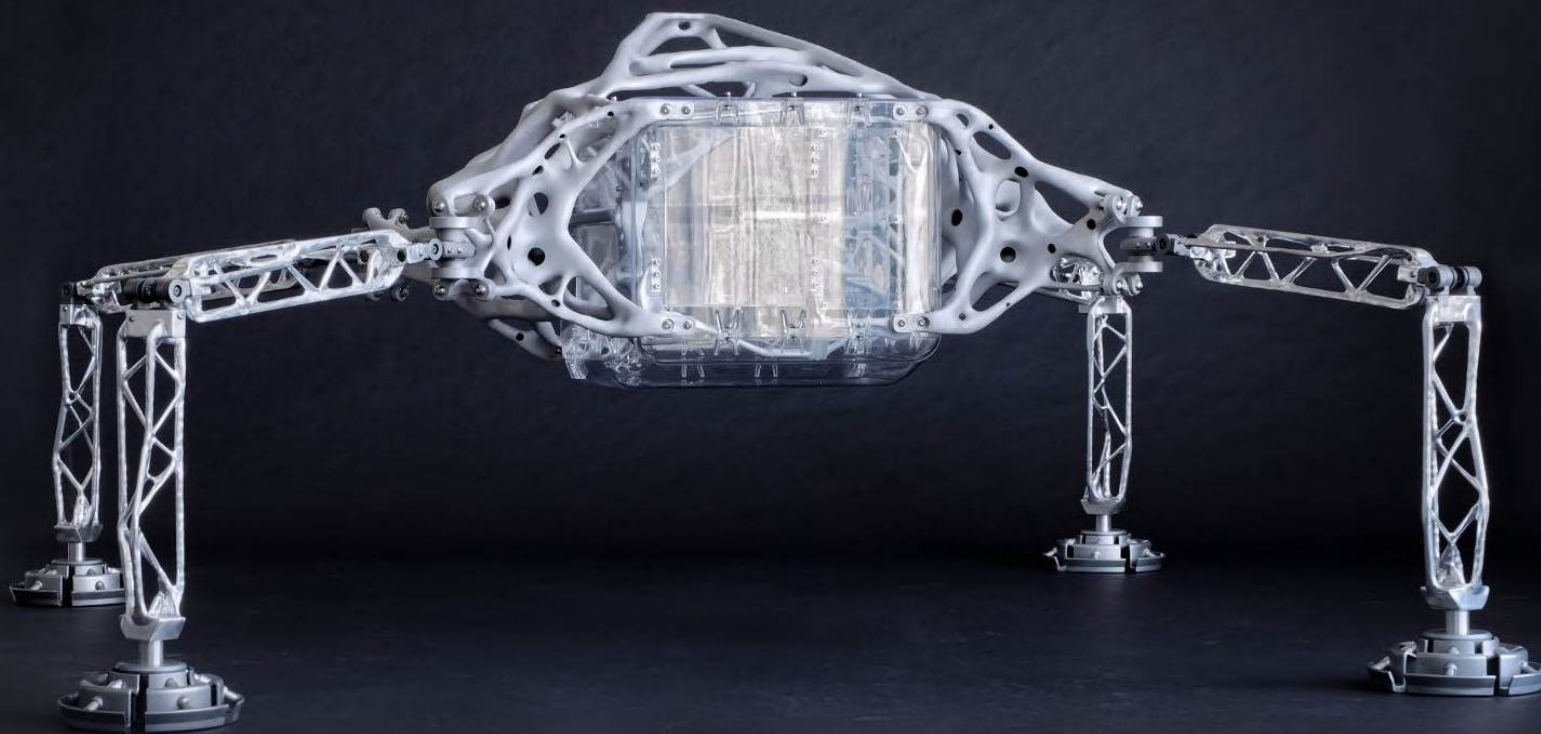
そこを把握している方であれば、このジェネレーティブ デザインが製造の自動化の未来で、革新的な可能性を持つと確信しているに違いない。だが同時に、3D プリンターによる積層造形技術でしか製造できない、複雑な形状の場合にのみ有益なテクノロジーだと考えているかもしれない。

これまでに目にしてきたジェネレーティブ デザインの例には、確かに金属を材料に使ってプリントされた、複雑な構造で現実離れした外観のものが多かった。その理由のひとつに、ジェネレーティブ デザインで生み出されたものが、従来の製造手法とは結びつかない点が挙げられる。この技術は、製造会社に何億円もする金属 3D プリンターを購入する余裕がなければ利用が難しいため、ほぼ関係の無いものになってしまうのだ。

NASA のジェット推進研究所とオートデスクの共同研究により生まれたこの着陸船は、金属積層造形と鋳造、機械加工の組み合わせで製造された、優れたジェネレーティブ デザイン プロジェクトの一例だ

だれもが活用できるジェネレーティブデザイン

製造の完全な自動化を導入するためには、初期コストが高すぎるもの、複雑過ぎるものが多い。1960 年代に初めて産業用ロボットが利用可能になったときも、それを導入する余裕があったのは GM のような大企業だけだった。ジェネレーティブ デザインは、製造プロセスの解釈をもとに生成されたシミュレーション結果から設計ジオメトリを生み出す自動化プロセスであり、手の届かない最新テクノロジーだと思えるかもしれない。だが製造業界の企業にとって朗報なのは、ジェネレーティブ デザインによる自動化の範囲は拡大を続けており、従来の方法によるプロセスも含まれるようになっていることだ。



ジェネレーティブ デザイン ソフトウェアは、鋳造や機械加工など製造上の制約を条件とすることにより、既に工場に存在するツールや装置で製造可能な結果を生成できる。こうして得られた結果は、実現可能であると同時に、そのコストも手頃なものだ。

例えば、ジェネレーティブ デザインの結果として得られた、車椅子の金属製サポートパーツの3つのバージョンを考えてみよう。各バージョンの機能と性能、条件、材料と大まかな形状など本質的な部分は全て同一で、唯一の違いが製造プロセスだ。

オリジナルは金属ダイキャスト製で、加工機械のコストが償却済みであれば、製造コストの単価は約15ドルになる。より一般的な複合作業機械で行われる3軸フライス加工の反復の場合、有機的な形状の加工に長い時間が必要なため、そのコストは100ドル近

くなる。3番目のオプションである2.5軸フライス加工は、理想的なものとも言える。ダイキャスト製の部品が持つ全ての利点をもたらしつつ、コストはわずか25ドル。オリジナルからそれほどかけ離れていないコストで、デザインの問題に対するベストなソリューションが得られる上、カスタム工作機械を必要とせず、工場にある既存のマシンで作成できる。

製造プロセスが、製造するジオメトリの種類に大きな影響を及ぼすのは明白だ。そして誰もがジェネレーティブ デザインのテクノロジーを、既存の設備を利用した製造手段に応用可能になっている。だが、製造の自動化はジェネレーティブ デザインでは終わらない。

連続したワークフローのデジタルパイプライン

自動化における、次の飛躍的な進歩の実現には、コンセプトから実際の製品までの連続的なワークフローを可能にするデジタルパイプラインが必要だ。現在の製品開発の基本的なワークフローでは、エンジニアが設計ジオメトリをある程度完成させると、それが別の誰かに渡ってシミュレーションが行われる。それがGコードで加工手順を作成する別の人物に引き継がれる前に、シミュレーションと認証を完了することが必要だ。このGコードファイルは、大抵はメモリースティックにコピーして工場へ持ち込まれ、マシンオペレーターが制御装置にロードして、実際の金属加工がスタートする。このウォーターフォール型ワークフローは直線的で、極めて非効率だ。

将来的に、より優れた方となるのは、自動化された[アジャイル](#)な製品開発プロセスだ。何らかの形態で並行処理が可能となり、デザインの完了を待たずに、誰かがシミュレーションの研究に取りかけられるようになる。そして、このシミュレーションから得られるフィードバックを元に、デザインが全て完了する前に、また別の誰かが加工手順をスタートできる。

これにより、19世紀の工場とは異なり、競争力の高いスポーツチームのように業務を機能させることができる。プロセスの要素を同時進行させれば、製品の製造にかかるトータルの時間を短縮でき、より優れた製品革新、より高い製品性能、より低コスト、より早期の市場投入につながる。これら全てが、良好なビジネスに重要な特性だ。

その実現には、前述のデジタルパイプラインを作る必要がある。ソフトウェア内で作成される加工手順とマシンツールの間の直接的なコネクションだ。この場合、Gコードはバックグラウンドで作成され、デ

HUMAN DESIGNED



3-AXIS GENERATIVE



2.5-AXIS GENERATIVE



人間がデザインした部品 (左) と、ジェネレーティブ デザインを活用した2種類のバージョン (3軸、2.5軸のCNCマシンで加工)

ザイナーが意識することなくマシン ツールへ直接送信される。紙に何かを印字する際のことを考えてみよう。データは、ワードプロセッサからネットワーク経由でプリンターに直接送信される。ネットワーク上でファイルをコピーしたり、ワードプロセッサに入力した内容を、USB フラッシュ メモリを抜き差ししてプリンターに伝えたりはしない。マシンと CAD/CAM アプリケーションのネットワークを用いた製造も、それと同じなのだ。

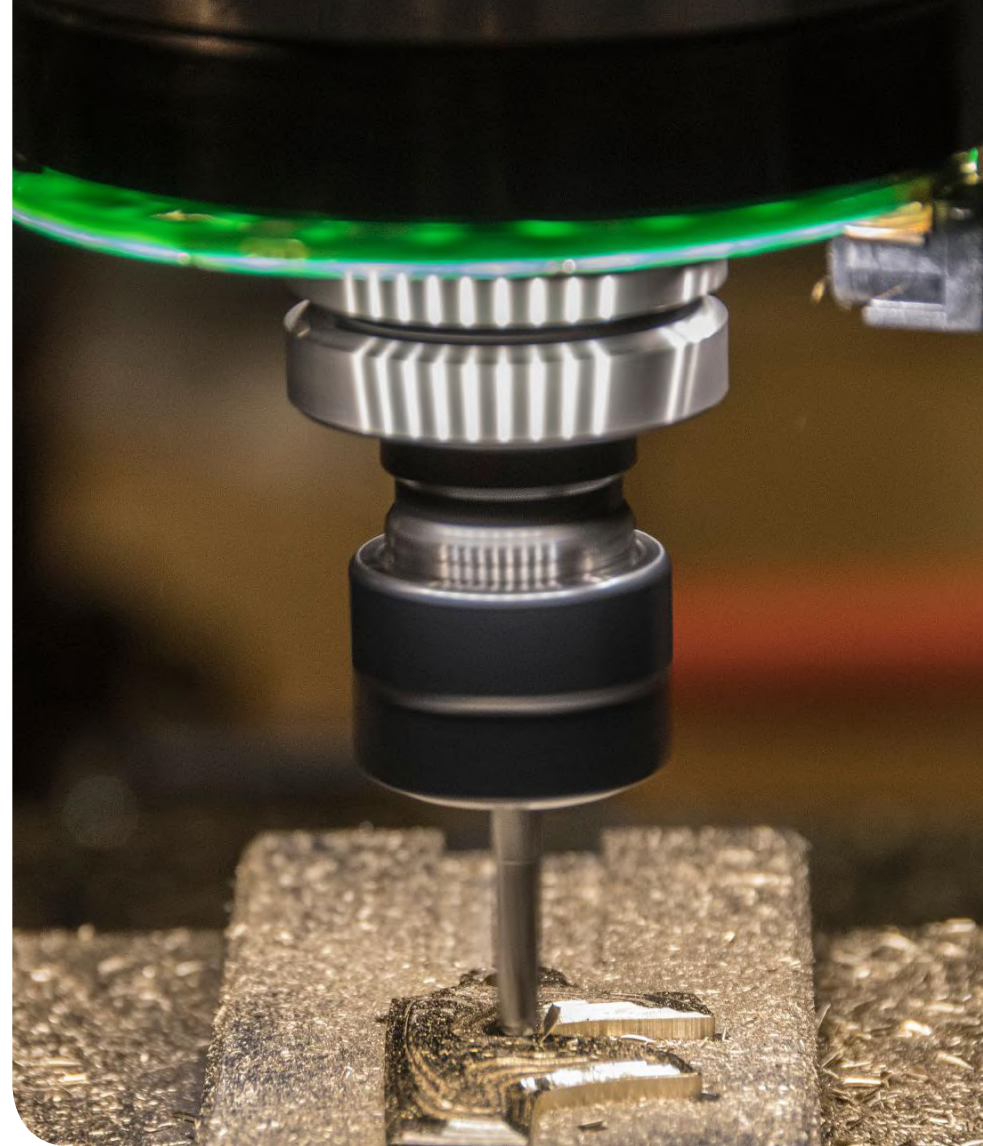
フィードバックのループをクローズ

こうした製造の自動化は、有益だがまだ直線的なものであり、そのため不完全だ。情報はマシン ツールに送信されるが、フィードバックは得られない。マシン ツールの制御装置がツールの性能に関する情報もキャプチャできるようになれば、さらに優れたものになるだろう。そうした自動化ではクローズドループのフィードバックが提供され、マシンツールから情報を取得して、機械加工の手順がリアルタイムに更新可能となる。

CNC マシンが金属を加工する際には、スピンドルが回転し、カッターによって金属が削り取られる。制御装置は、スピンドルにかかる圧と、その最大能力を把握している。例えばスピンドルが動作中に最大荷重能力の 50% 以下で動作している、つまり性能の50%が活用されていない場合は、それを把握する。

マシンの制御装置にネットワークで直接つながっていれば、制御装置に「耳を傾けて」、設計ソフトウェア内で自動生成された加工ストラテジーをリアルタイムに更新できる。スピンドルの負荷が50%だと把握できれば、スピンドル速度を上げてカッターの切削スピードを上げたり、より多く削り取れるようカッターをさらに深く入れたり、ということが出来る。いずれの場合も、スピンドルの圧を上げて、マシン動作を最大性能に近づけることが可能。それはメーカーにとって、より迅速かつ高効率な工場での製造を実現できることになる。

ジェネレーティブ デザイン、デジタル パイプライン、クローズドループのフィードバックという製造の自動化の3形態は、新たな作業手法の有力な例だと言える。従来の製造上の制約事項を Autodesk Fusion 360 に入力して、そのジェネレーティブ デザイン機能を使用することにより、最適なデザイン ソリューションを生成できるようになった。近い将来、デジタル パイプラインとコネクティビティによる工場での情報の再利用が、事業の成果を良い方向へと変化させるに違いない。製造会社に最良のときが訪れるのは、これからなのだ。



Tormach 社製 CNC マシンによる金属加工の様子 [Courtesy of Getty Images]



ジェネレーティブ デザインから得たアイデアと従来の設計、鋳造からのインプットを活用してリパース エンジニアリングされた、新しい運搬部品のプロトタイプを製造する溶接工 [提供: Claudius Peters]

Claudius Peters では 3D プリントによるパーツは使われていない。この歴史ある会社は伝統的な製造方法にジェネレーティブ デザインのテクノロジーを採用している。

重機メーカーが ジェネレーティブ デザインを ヘビー活用

BY LAURA NEWTON

Claudius Peters 社は創業 113 年のバルク材加工装置の製造会社であり、21 世紀に対応したデジタル企業への転換を進めている。その変革の鍵となるのがジェネレーティブ デザインは、製品の設計と最適化に取り組むための画期的な新しい方法を提供する。

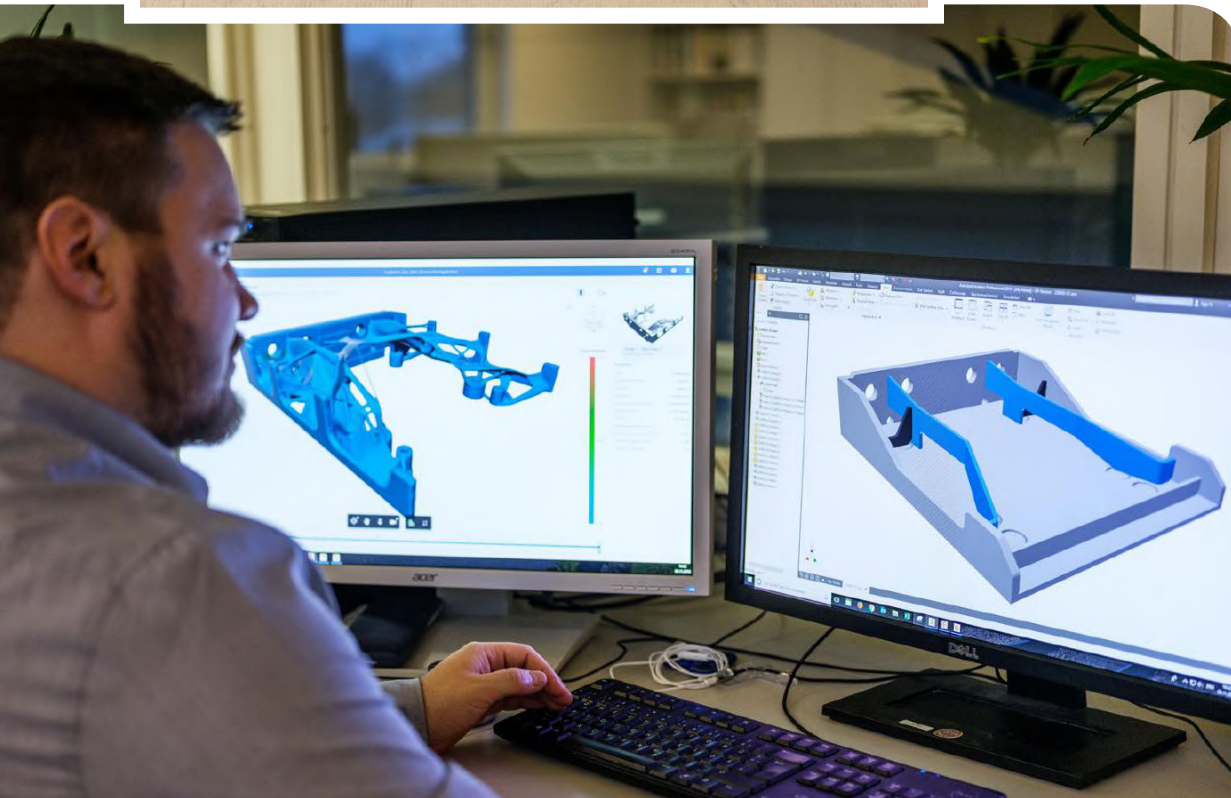
このテクノロジーでは通常は 3D プリンティングが用いられるが、同社は従来の製造方法に取り入れることで価格重視の産業市場に対応した、よりコスト効率の高い製品を生み出している。重工業におけるジェネレーティブ デザインが資材と燃料コスト、リードタイムの削減を促進し、変化する時代の中で Claudius Peters の競争力をさらに高めている。



ジェネレーティブ デザインをベースとした
新たなパーツのデザインは、オリジナルより
50% 以上も軽量だ (左)

従来の製造方法を使えるよう、ジェネレー
ティブ デザインされた部品をリバースエン
지니어リングしたバージョンの作業を行う
設計エンジニアのマキシミアン・レルヒ氏

[提供: Claudius Peters]



伝統的な企業が受け入れた変革

ドイツの製造会社 Claudius Peters は、「重工業」という言葉が示す典型とも言える企業であり、セメント、鉄鋼、石膏、アルミニウム産業向けの大型工業機械と加工設備の生産を行っている。Claudius Peters の業務部長、トーマル・ネーゲル氏は「我々はバルク材を専門に扱う企業です」と述べる。同社は、独ハンブルクに本社を構え、南北アメリカ、ヨーロッパ、アジアに12の支社を展開している。

1906 年に創業以来、Claudius Peters は 100 年以上に渡って運搬機、格納庫、粉碎機など大型の資本集約型産業製品を製造してきた。だが、その由緒ある歴史に固執することなく、ネーゲル氏の最高デジタル責任者としての尽力により、デジタル イノベーションの世界的なリーダー企業としての評価を確立できた。コスト、品質、納品期間、顧客満足度に関するビジネス成果を向上させるという目標を掲げた同社は、2014年にイノベーションの取り組みを開始したが、21 世紀の競争に勝ち残るためには、単に新しいソフトウェアを使用する以上の取り組みが必要だと気付く。2018年に始めたアジャイル企業への転換には、新たなデジタルスキルと、設計の思考、実験、反復を重視する企業文化が必要とされた。

イノベーションへのジャーニーを開始

Claudius Peters のイノベーション ジャーニーにおいて、オートデスクのようなテクノロジー パートナーとの連携は必要不可欠なものとなっている。同社は Autodesk BIM 360 などの新たなツールを導入して、販売、エンジニアリング、設計、製造、組み立てのプロセスを連携。また、Inventor と有限要素法 (FEM) 解析を活用して、製造プロセスを合理化する新しい方法を見出した。顧客の施設におけるデータのキャプチャには、Autodesk ReCap と Navisworks による 3D リアリティ キャプチャ スキャンを活用し、そのデー

タをドイツのエンジニアリングチーム、設計チームへ素早く引き渡している。「こうして、より高い品質で、かつコストを抑えて迅速に業務を行えるようになり、それが顧客満足度の向上につながっています」と、ネーゲル氏。

「しかし、当社のイノベーションはそれにとどまりませんでした」。Fusion 360 のジェネレーティブ デザイン機能のデモに刺激を受けたネーゲル氏は、この新たなテクノロジーを習得できるよう、社内のチームのために4時間のワークショップを開催した。

オートデスクのジェネレーティブ デザイン ソフトウェアは、設計の目標や制約を踏まえて設計ソリューションの代替手法を探り、さまざまなオプションを迅速に生み出す。チームは、幾つかの一般的な部品で実験を行った後、同社のセメント産業向けの中核製品であるクリンカー冷却装置の部品の最適化に、ジェネレーティブデザインを活用することにした。

クリンカー冷却装置とは？

セメント産業は、同社の創業当初から事業の中核となってきた。セメント製造会社は粉碎された原料石を混ぜ合わせて1,450°Cに及ぶ高温窯で処理し、「クリンカー」と呼ばれる小石大の粒状の塊を作り出す。焼塊となったクリンカーは50x25mの巨大なク



スイスの Holcim Intervaz Cement Plant の ETA Cooler は、サッカー場の半分ほどの大きさがある巨大な装置 [提供: Claudius Peters]

リンカー冷却装置に送り込まれ、冷却装置の中を移動するクリンカーは、空気冷却により約100Cほどになる。その後、粉碎され、他の材料と混ぜ合わされてフォームセメントとなる。

1950年代初めからセメント産業へクリンカー冷却装置を提供してきた Claudius Peters は、その後 60 年以上で計 700 基を超える装置を生産。だがクリンカー生産には莫大な燃料が消費されるため、セメント産業は世界最大の二酸化炭素排出産業のひとつに数えられるようになった。

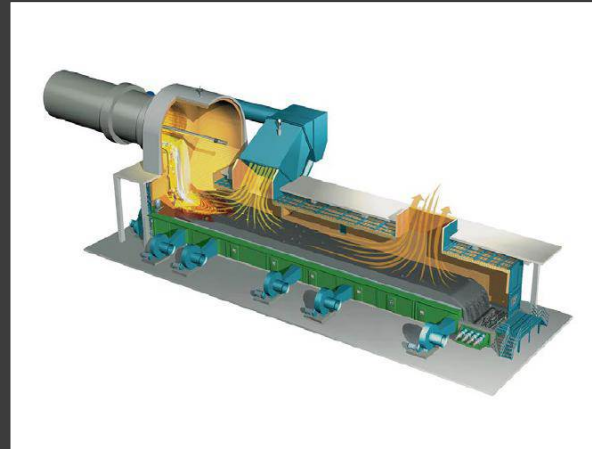
Claudius Peters はエネルギーの節約を実現するため、2000 年代初頭に、省エネを示すギリシャ文字の「η」(エータ)にちなんで ETA Cooler と名付けられた次世代のクリンカー冷却装置の開発を開始。「この ETA Cooler の最大のメリットのひとつが、極めて優れた熱効率です」と、ネーゲル氏。「エネルギーを節約することで、セメント生産が与える環境へのマイナス影響の軽減に役立てることが出来ます」。現在、同社の主要ビジネスは、セメント工場の効率を高めるべく、既存のクリンカー冷却装置を ETA Coolersへ置き換えることになっている。

クリンカー冷却装置とは？

[提供: Claudius Peters]



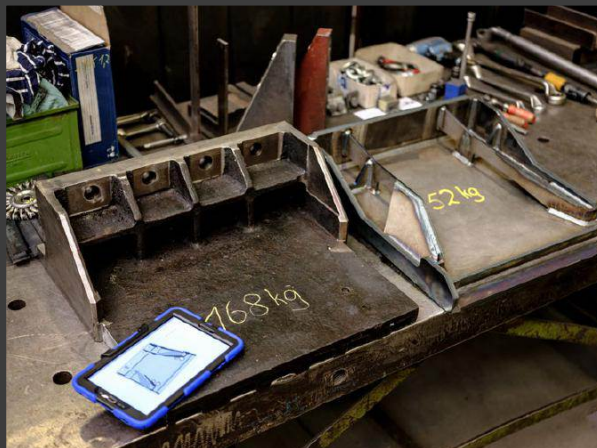
セメント製造プロセスでは、焼成されたクリンカーが高熱窯から ETA Cooler へと移され、その量は 1 日あたり最大 13,000 立方 t に及ぶ。



クリンカーはコンベア レーンで ETA Cooler に移され、焼塊は 100°C 前後に空気冷却される。



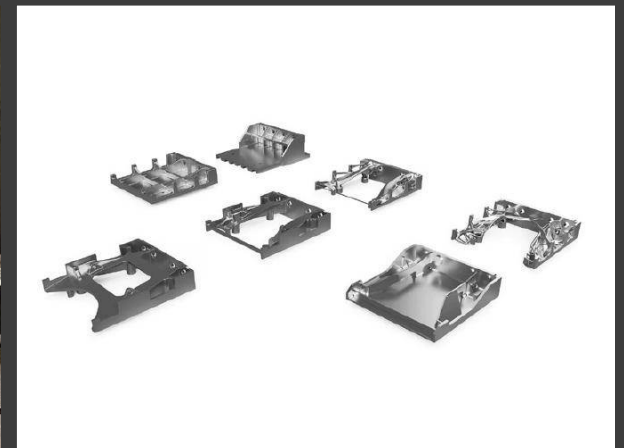
焼成されたクリンカーを冷却装置内で移動させるため、各 ETA Cooler のコンベア レーンに約 60 個の運搬部品が設置されている。



オリジナルの運搬部品 (左) は 2016 年に再設計されたもので、14 基のクリンカー冷却装置に設置された実績を持つ。



ジェネレーティブ デザインによる新たは部品設計 (右) はオリジナル部品よりも 50% 以上も軽量で、材料費とエネルギーの大幅な削減を実現している。



レンダリングは、オリジナルの幾何学的で重たい設計 (上列左端) からジェネレーティブ デザインとリバーシ エンジニアリングの反復によるクリンカー 部品の進化を示したもの。

ジェネレーティブデザインが生み出す驚くべき成果

Claudius Peters は、ETA Cooler のある部品の最適化にジェネレーティブ デザインを使用することを決めた。これは重たい金属の部品だが、余分な材料を除去するため、最近従来の設計方法によって再設計されている。この部品は、各冷却装置に 50-60 個が使われており、焼成されたクリンカーを ETA Cooler 内で移動させるコンベアレーンにボルト留めされている。同社の設計エンジニア、マキシミリアン・レルヒ氏は「この成形ピースは、何度も繰り返し最適化されてきました」と述べる。「目標は軽量化と、それによる金属のコスト削減でした。重量のわずかな最適化でも、大きな成果を得られるからです」

「エンジニア全員がコンピューター画面の周りに集まり、ジェネレーティブ デザインがほぼ制約のみの状態から最適化された強靱な部品を生み出すのは、素晴らしい体験でした」と、レルヒ氏は続ける。「最適なソリューションに到達するまでに必要な反復は、全てソフトウェアによって行われました」。

ジェネレーティブ デザインを使った 4 時間のセッションの後、チームは最初の成果を手にした。「それを“エイリアン パーツ”と呼んでいました」と、ナイジェル氏。「自分たちが最適化したパーツとこれほど異なり、しかも 30-40% も軽いのはなぜなのかと、本当に驚きました」。

ジェネレーティブ デザインによる部品を従来の製造に適用

懐疑的だった Claudius Peters のエンジニアたちは、このエイリアン パーツの計算と FEM 解析を行い、従来の最適化バージョンのパーツよりも効率が

高いことに驚かされる。そして設計を分析し、どう製造するかに取り掛かった。「ジェネレーティブ デザインでは、通常は 3D プリンティングか他の積層造形法で製品を製造します」と、ネーゲル氏。「我々の業界では、3D プリンティングによる部品は使用しません。コストがかかり過ぎるのです」。

だがジェネレーティブ デザインと従来の最適化のアイデアを活用することで、「部品のリバーシ エンジンアリングには 1 週間しかかからず、従来の製造方法で作成できるようになりました」。

チームは Inventor と FEM 解析を使用し、同社の鋳造技術によるさまざまな製造方法のテストを行った。「部品を鋳造から、レーザーカットしたプレートを溶接する方法へ移行することに決めました」と、ネーゲル氏。「この部品をさらに 25% 軽量化し、より迅速に、かつ優れたコスト効率で製造できるようになりました」。チームは運搬部品の設計オプションの研究を続け、改善とより一層のコスト削減の機会を探っています。「間もなく生産に乗り出す見込みです」と、ネーゲル氏は続ける。「この部品は、1 年以内に世界のどこかで使われ始めるでしょう」。

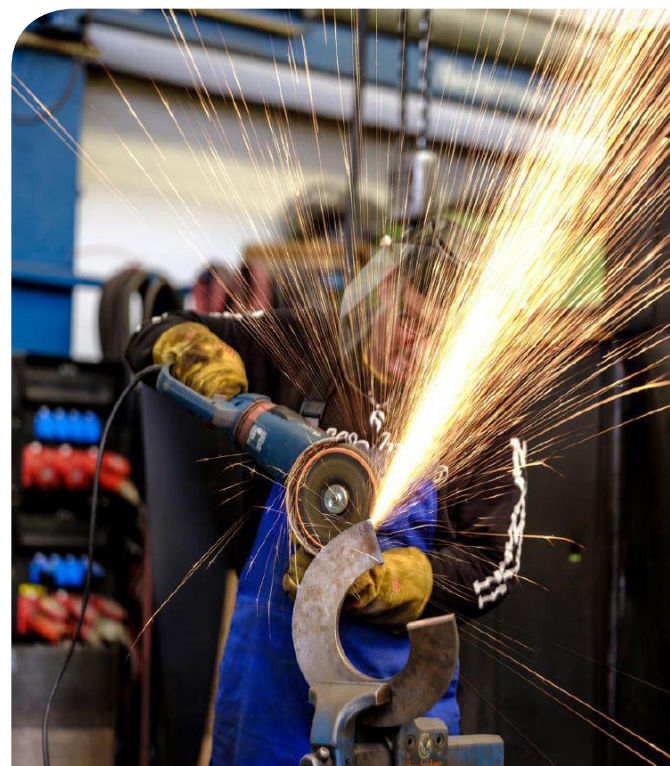
ジェネレーティブデザインのメリットの収穫

このジェネレーティブ デザインによる Claudius Peters の部品は、それを装備した各クリンカーで大幅な経費の節約をもたらす。運搬部品の重量が約 20 kg 減ると、部品毎に約 12,000 円の節約が見込まれ、各冷却装置にはこの部品が 60 以上も使われている。また、重量が軽くなると輸送コストも安くなる。「開発した最初のプロトタイプから、ジェネレーティブ デザインは製品コストの改善と競争力の強化に役立つと信じていました」とネーゲル氏。

ジェネレーティブ デザインは、優れた持続可能性も実現する。「インドやトルコの鋳造工場で成形される重たい部品を、ここの作業場でも溶接できる設計へ移行できます」とネーゲル氏。「材料やエネルギー、輸送時間などの、環境へのマイナスの影響を減らせることになります」

現在、Claudius Peters ではジェネレーティブ デザインが、既存部品の最適化や新部品の設計の標準プロセスになりつつある。「将来的には、より多くの部品の最適化と材料削減を行う予定です」と、ネーゲル氏は述べる。「ジェネレーティブ デザインによって同様のメリットが得られるかどうかを、部品ごとに検討していきます」。

[提供: Claudius Peters]



フランスのビジョナリーとイタリアの現代家具メーカー、Autodesk Research と AI に組み合わせから誕生。The A.I チェアが販売を開始。

アナログなアイデアを デジタルの夢に: フィリップ・スタルクが AI で未来をデザイン

BY ERIN HANSON

真にユニークなプロジェクトに取り組むこと、それはすべてのデザイナーの夢だ。そうした機会が新たなテクノロジーによって提供されることを、世界的な名声を獲得するフランスのクリエイター/ビジョナリーが証明している。

家具や家庭用品からホテル、宇宙旅行まで、あらゆるもののデザインに関わってきたマスターマインド、フィリップ・スタルク。その彼が新たに獲得する新たな称号は、AI が人間とのコラボレーションでクリエイトし、初めて商品化されるチェアのデザイナーだ。

「A.I.」と名付けられたチェアは、スタルクがイタリアのインテリアブランドであるカルテル、

Autodesk Research とのコラボレーションの成果だ。スタルクがチェアに関する包括的なビジョンを提示し、カルテルが射出成形による製造を行うための要件を満たすよう、先進的なジェネレーティブ デザイン アルゴリズムが無数のデザイン オプションを出力。このA.I チェアは人間とマシンのコラボレーションにおける躍進であり、カルテルのショールームで目にすることができる。

そのスタルクに、ジェネレーティブ デザインを活用した作品や、テクノロジーが真の輝きを達成できるのはいつなのかなど、デザインの現在と未来に関する氏の考えを語ってもらった。



フィリップ・スタルク [提供: Starck Network/JB Mondino]

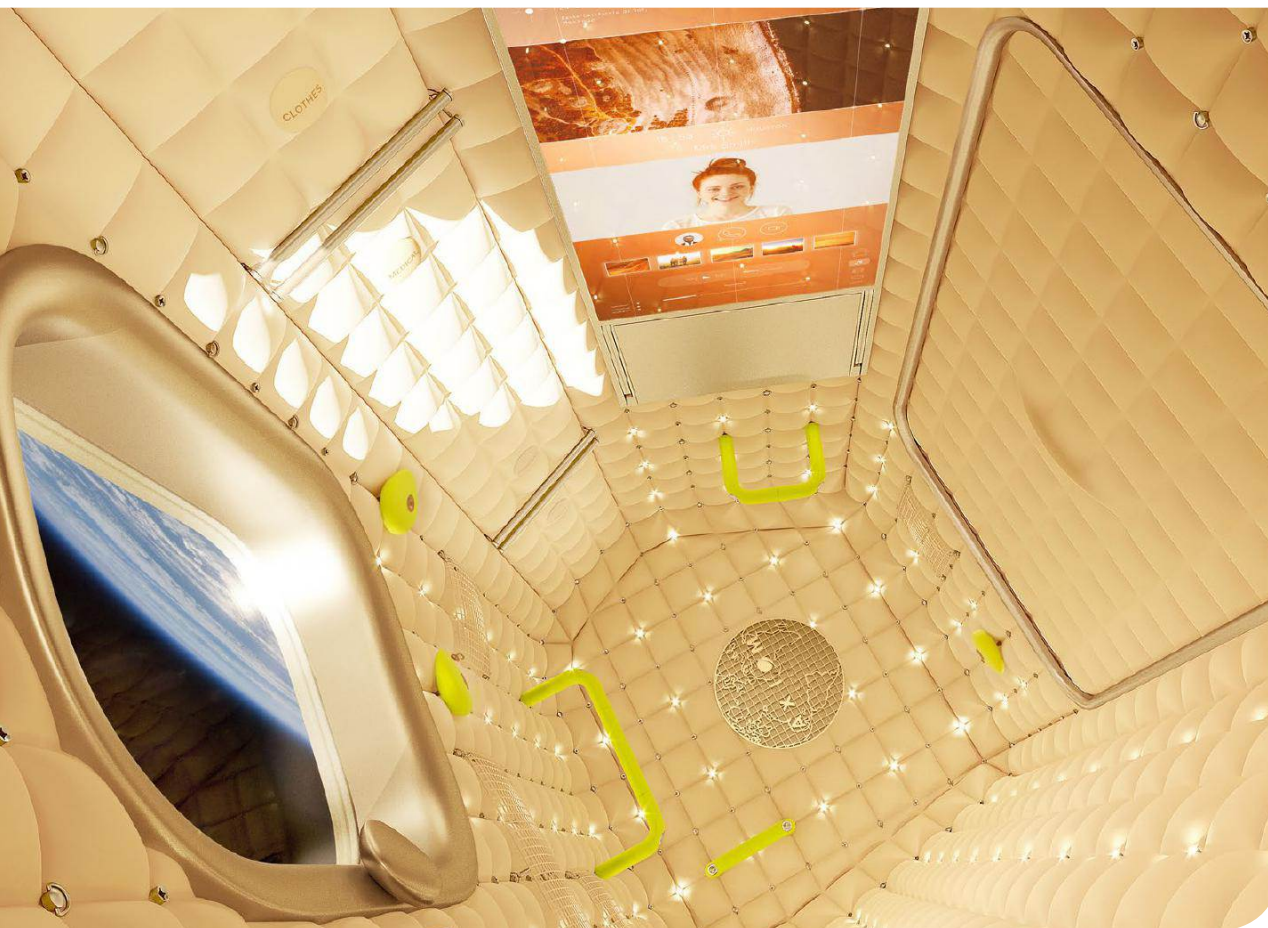


The A.I. チェア [提供: Kartell]

コンピューターを使わないあなたが、コンピューターがデザイン パートナーとなるジェネレーティブデザインのテクノロジーを活用することについて、どう感じられましたか？

私がコンピューターを所有しないのは、クリエイティブであるべき私の仕事において、どんなコンピューターよりも、私自身の方が速いからだ。とりわけ、私の創造性のフィールドには制限が無い。最高のプログラムを使った、最もクリエイティブな人物であっても、その創造性やアイデアを実現できるのは、プログラマーのイマジネーションや才能、知性の範囲内に過ぎない。知性に溢れ、才能豊かなハエが、ガラスケースの中で飛んでいるようなものだね。もちろん、今後優れた AI が到来すれば、そうした状況も変わるだろう。今後何年か経てば、クリエイティブな潜在力を、このツールで向上できるようになるかもしれない。





ホテルのデザインでも知られるフィリップ・スタルクが Axiom 商業宇宙ステーションで地球外にも進出。その宿泊モジュールがこちら。[提供: Starck Network]

この A.I チェアは、ジェネレーティブ デザインをどう活用して作られたのでしょうか？

私はこれまで、インテリジェントで多様性に溢れる、優れたチェアを多数デザインしてきた。だが、やがてそれは同じ脳、つまり同じ人間に属する脳から生まれたもので、同じ知性とロジックによるものだという理解に至った。別の表現をすれば、私が頭を絞り、皆が

あらゆる方法で脳ミソを振り絞ったとしても、あるいは我々皆が天才で偉大なデザイナーであったとしても、そこから生まれるのは似たようなものだ。我々の DNA やバックグラウンド、構造では、別の方法で行うことはできない。それには飽き飽きしているが、この創造性の吹き溜まりから AI によって脱出することに、大きな希望を抱いている。

チェスのグランドマスターであるガルリ・カスパロフがコンピューターに敗北したのを見て、私は自分を彼に重ね合わせた。現在、我々は同じ場所に立っている。カスパロフは特定の状況で敗れ、私は特定の状況で戦った。A.I チェアは素晴らしい自由、革命の始まりであり、これは人間の革命では提供できないものだ。

この A.I チェアは、ご自身の「デモクラティック デザイン」という哲学にはどうフィットするのでしょうか？

デモクラティック デザインは、スタイルではない。文化や質、技術など、あらゆる面での向上を目的としたヒューマンイズムであり、価格を下げて、できるだけ多くの人々とシェアするというものだ。AI が、デモクラティック デザインのすべてのパラメーターを、さらに最適化する筈だ。そして、それは私の脳や、私のように同じ脳を持つ人が生み出すのではなく、ユニバーサルな脳とでも言えるものから生まれるものになるだろう。

デザインにおいて、解決すべきとされた最もユニークなチャレンジは？

(先進的なジェネレーティブ デザインのアルゴリズムの裏側にいる) プログラマーの文化的メモリーだね。AI の思考から人間の痕跡を追いつくには何年もかかった。ようやく人間の論理的思考が、わずかに植物的な思考へ道を譲ったところで、まだ満足にはほど遠いものの、力強いスタートにはなっている。

これまで建築やインテリアの作品を手がけられてきましたが、今後ジェネレーティブデザインを、例えばホテルのプロジェクトに適用される予定はありますか？

面白いアイデアだが、恐ろしく込み入ったことになる。ホテルにおいては機能が優先されるが、その理解はとても簡単だ。重要なのは人間と感情の面での機能だが、人間にとってその評価は難しく、ジェネレーティブな知性にも、まだそれを評価するのは困難なようだ。だが、この質問はチャレンジでもある。試さない理由はないね。

これまでに経験した、デザイン上の最もおかしな災難を紹介していただけますか？

以前、英語が母国語ではない、大好きな人物から音質の悪い電話を受けた。その発注は50mの船だった。私は半年かけてデザインを行い、とても気に入っていた。その友人に見せる日まではね。彼は理解に苦しんでいて、初めてのことなんだが、全く感心していないようだった。実は彼が要求したのは、45 m でなく 145 m の船だったんだ。今でも笑えるよ。

デザインが完成したということを、どう認識していますか？

プロジェクトがうまく行ったかどうかをデザイナーが知るには 2 つの方法がある。ひとつは、自分の感覚。そこには、マジカルな要素があるね。もうひとつは、分析を行ってみると、成功とは提案したデザインが存在価値を持つような、すべてのパラメーターが完璧なバランスを実現していることだと分かる。

デザインの未来について、最も興奮を覚えること、希望を抱くことは何でしょう？

最も興奮を覚えるのは、それは 20 世紀中盤まで一時的な活動であり、21 世紀には消え去ると理解することだ。人間による生産は、**脱物質化**の戦略に従う。今後、より少ないものから、より多くが得られるようになるだろう。現在のデザインのタスクは、俗っぽく言うと日常的な義務を、我慢できる、好ましいものにすることだ。だが、それは真実では無い。コーヒーポットは、それが優れたデザインであっても、我々がそれを愛することは無い。こうした失敗は、コーヒーメーカーが消え去れば終わるものであり、そうして行くのだ。

テクノロジーは天才の能力を持つと思われませんか？

現時点ではノーだ。制限されたメモリーに依存しているからね。だが AI はすぐに成長し、より洗練されたフィーリングを持てるようになる。恋に落ちたり、恐れを感じたり、希望や夢を持つようになれば、天才になれるだろう。

アンダーアーマーの大きな一歩:次世代のアスリート向けシューズをジェネレーティブ デザインを活用して開発した方法とは。





Rotational Spine Protection System を装着して宙を舞うマウンテンバイク ダウンヒルのテストライダー、ドミニク・ドッペルホーファー氏 [提供: Edera Safety]

オーストリアの設計スタジオが脊椎損傷を回避するよう背中を守る、ジェネレーティブ デザインを活用した「スキン」。

脊椎を守る新たな バックプロテクターで ヘルメット以上の 安全を提供

BY DREW TURNEY

米 TV ドラマ「Friday Night Lights」(「ブライド 栄光への絆」というタイトルで 2005 年に映画化) の最初のシーズンで、アメリカン フットボール チームでクォーターバックを務める高校生が競技場で脊椎損傷を負ってしまう。周囲の人々が、そのショックを受け入れるのに苦労する中、コーチであるテイラー氏は「人生は、とてもはかないものだ。我々はだれもが傷つきやすく、必ず一度は人生につまずく。例外なく全員が」と、静かに語った。

研究者が2016年に執筆した「Journal of Spinal Cord Medicine」誌の記事(英文)によると、脊椎損傷の発生率が高い国とスポーツの相関性が高く(ロシア、フィジー、ニュージーランド、アイスランド、フランス、カナダ)、その原因は危険度の高いスポーツ(ダイビング、スキー、ラグビー、乗馬)が原因していると明らかになった。自転車とオートバイのヘルメット着用義務は世界各国にあるが、脊椎を守るバックプロテクターの基準はほとんど整備されておらず、スポーツでの使用推奨も行われていない。

バック**プロテクター**の大半はバイク用で、動きを制限するタイプや衝撃を吸収するもので、さまざまなベルトやアーマーがある。だが、オーストリア・グラーツで誕生した新たなプロジェクト、Rotational Spine Protection (**RSP**) System は、身体にぴったりとフィットして動作を一定範囲に「ロック」できるストラップやバックルを備えた「第2のスキン」として機能するもので、着用者の動きを常に安全な可動域内に留めることが可能。脊椎のねじれが危険ラインを超えると、締め付けストラップが過大な回転エネルギーを吸収する。

この RSP System を手がけたデザイン スタジオ **Edera Safety** のトーマス・ザイアー共同設立者兼 CEO は、脊椎損傷の医療調査を研究して、それがどこでどのように生じた、どのような種類なのかを見極めた。社内では **adamsfour** と呼ばれたこのプロジェクトで、チームが焦点を合わせた回転による損傷は、脊椎に直接衝撃が加えられた場合と比較して、5 倍もの発生率になる。

「生体力学的な損傷です」と、ザイアー氏。「通常の可動域を超えた、過剰な負荷がかかることで生じます。この損傷は、脊髄に回転力がかかることにより起こります。脊椎の中心を通っている脊髄が、これが裂けたり引きちぎられたりするのです」。

身体の仕組み

最初のステップは、身体を極度に、かつ急激に動かした際に、損傷をもたらす可能性のある力が脊椎のどこにかかるのかを見定めることだった。チームは、センサーを用いた独自の衝突実験用ダミー人形と自然な脊椎の回転の仕組みを模した脊椎モデルを開発し、あらゆる方向に回転力を加えて結果データを収集した。

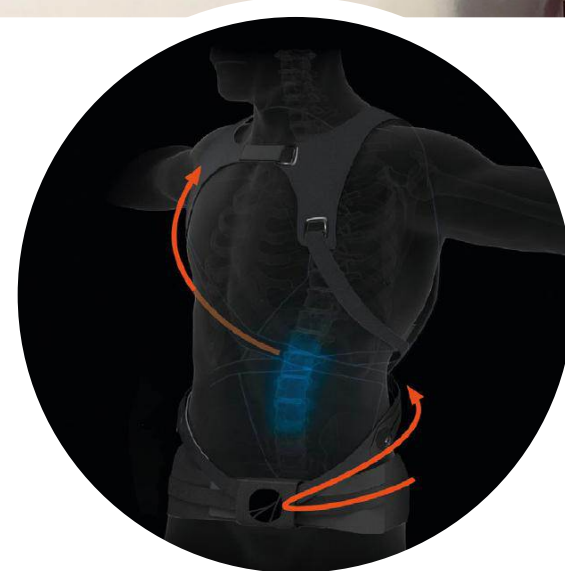
焦点を当てたのは、頸部と胸腰部をつないでいる椎骨、つまりほとんどの回転と損傷が生じる部分だ。また、グラーツ大学解剖学研究所にある解剖用人体の脊椎を参考にして、回転を加えた際の 3D スキャンを行い、脊椎の生体力学上の可動域に関する追加データも収集した。



RSP System のデザインを行う Edera Safety のトーマス・ザイアー CEO (上)

Rotational Spine Protector のレンダリング (右)

[提供: Edera Safety]



極めて重要な発見となったのは、人体の筋肉組織によってコントロールされる動きと、骨（椎骨を含む）同士がつながる部分に負荷がかかりはじめる動きにおける、脊椎の限界だった。能動的な筋力を使用した場合、人体は可動域の約 60% ほどまでしか到達できない。残りは、脊椎の回転など骨の動きを通じて受動的に行われる。

つまり効果的なのは、筋肉に指示を与えることで行われる能動的な運動を制約することではなく、受動的な骨の動きが過剰になる前にブレーキをかけることだった。脊椎が可動域を超えて動かされると、その結果として生じる力がRSPSystemによって吸収されることになる。

新たなジェネレーション

第2のステップは、脊椎の動きに関するすべてのデータを応用し、シミュレートした力とエネルギーを制限する一方で、甲冑のような装着感を与えないシステムをデザインすることだった。

そこで活躍したのがジェネレーティブ デザインだ。ザイアー氏は、オートデスクが 2016 年に行った Hack Rod との取り組みを知っていた。Hack Rod はジェネレーティブ デザインを用いて作成したシャーシを搭載するパフォーマンス レース カーで、氏はそれを RSP に応用したいと考えた。「検証用パッドでは、1

種類の動きしかシミュレートできません」と、ザイアー氏。「スポーツは動作に多様なバリエーションのある複雑なもので、どれくらいの力や回転、損傷が生じるのかは、実際に衝撃を受けてみないと分からないのです」。

adamsfourはAutodeskFusion360を使ってシミュレーションにリアルタイム データを埋め込み、プロトタイプを開発。チームはこのプロトタイプを利用し、さらに多くのセンサーとアプリを統合して関連するすべての力を正確に計測、記録した後、そのデータをジェネレーティブ デザインのアルゴリズムに入力した。

Adamfour による Rotational Spine Protector のデザインのさまざまなイテレーション [提供: Edera Safety.]





オーストリア・シュラトミングで RSP System の検証の準備を行うダニエル・クロバト氏 [提供: Edera Safety]

adamsfour に所属する選手兼デザイナーのレネ・シュテグラー氏にとって、次のステップは、ジェネレーティブ デザインのプロセスから得られた形状に取り組み、最良のソリューションを見つけることだった。「得られた結果は、製品として販売するにはちょっと極端過ぎるものでした」と、シュティーガー氏。「ユーザービリティのためには、人々が喜んで着用できるよう、機能を単純化する必要があります」。

RSP System は B2B のテクノロジーであり、adamsfour はキットとして他メーカーに販売する予定。各メーカーは、それを独自の製品に組み込むことができる。まだ準備段階だが、adamsfour は既に有名スポーツウェア ブランド 3 社との契約の最終合意を進めている。

「制約に応じた構造の、数多くの提案が得られます」と、ザイアー氏。「ジェネレーティブデザインがカギとなるイメージを生成し、その形状から現在使用している最終製品が生まれました。それを直感的なノウハウ、デザインチームの開発スキルと組み合わせ、商品へと転化させる必要があります」。

このプロセスの利点に、一連の力とエネルギーが身体のどこに作用するのかというシステムの計算に基づいて、必要な材料の量を減らせることがある。「このプロセスがなければ、より多くの材料が必要になっていた可能性がありし、より重いものになっていたかもしれません」と、シュテグラー氏。「負荷の量、必要な材料の厚みに関する回答が得られます。それを最終製品にどう実装するかは、それぞれの判断次第

です。周辺部位の構造がどうなるかは、骨格に基づいているのです」。

次のフェーズは、より大人数のテスト ライダーにより多くのセンサーを装備してもらい、さらに細かな詳細情報を取得して、トポロジーを向上させることだ。

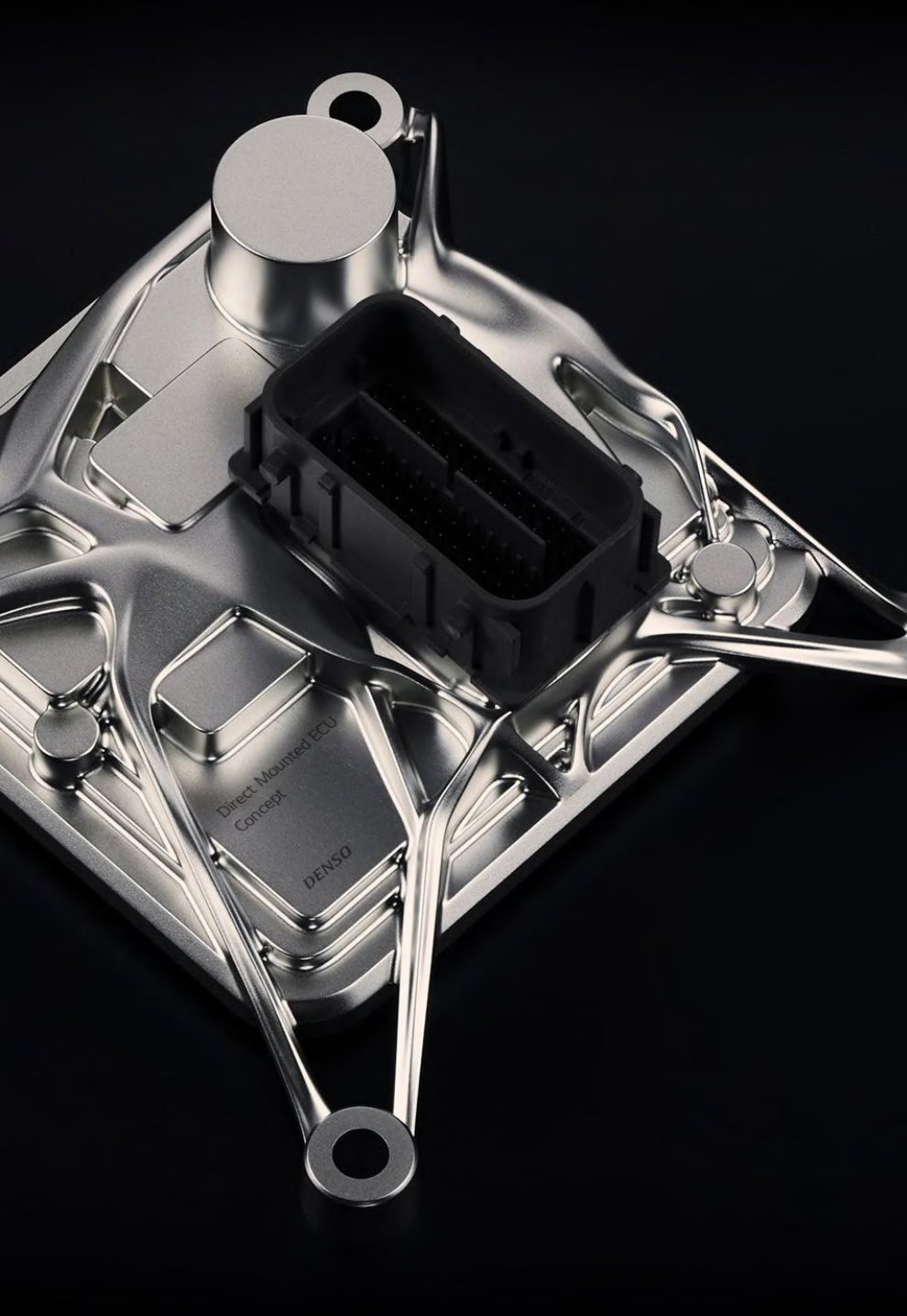
現実の世界

これほどまでのシミュレーションとデータ処理、精密化によって、それに見合ったユーザー エクスペリエンスが得られるのだろうか。簡単に装着でき、快適で効果的なデバイスになるのだろうか？

重要なのは、適切な材料だ。材料固有の強度や、皮膚や衣服の表面との間に要する適切な摩擦力を失うことなく、切断や成形が可能である必要がある。極薄の生地や汗まみれの身体の上でデバイスが滑るようでは、動作を十分に制約できない。その答えとなるのが「クロロスルホン化ポリエチレン合成ゴム」と呼ばれる物質で、これはゴムボートに使用される材料に似たものだ。

adamsfour でダウンヒル マウンテンバイクのテスト ライダーを務めるドミニク・ドッペルホーファー氏は、「快適な装着が可能です」と話す。「他のバックプロテクターに比べると、装着が少し難しいですね。肌のように身体に密着させるには適切な調整が必要ですが、機能は本当に素晴らしい」。

今後、スポーツを行う際に脊椎を過度な回転から守る必要があれば、オーストリアの小さな会社と身体構造に関する研究、ジェネレーティブ デザインへ感謝することになるだろう。



世界的なカーパーツ メーカーがジェネレーティブ デザインを活用して重要なコンポーネントの最適化を行い、軽量化と放熱性能の向上を実現。

軽量化のその先へ: デンソーによる 先進的 ECU のデザイン

BY YASUO MATSUNAKA

今年創業70周年を迎える株式会社デンソーは、先進的な自動車技術やシステム・製品を提供するグローバル企業だ。自動車部品の世界的なシェアを誇り、自動運転や電動化からAI、MaaSから量子コンピューティングまで、未来のモビリティ社会の課題を見据えた開発が行われている。

大気汚染や燃料価格の高騰など、自動車の燃費を向上すべき理由が多い。そのため、の合理的な方法として、エンジン性能の向上に加えて車全体の軽量化が挙げられる。ハンドルやペダルからシート、エンジンやブレーキから小さなネジまで、実に 3 万個にも及ぶ部品が使われている自動車の重量を削減するには、個々の部品それぞれの軽量化が欠かせない。それは、手の平に乗るサイズのコンパクトなECUであっても同様だ。

切削加工による ECU のコンセプト モデル



このECU (Engine Control Unit) とは、コンピューターを使ってエンジンが必要とする燃料を正確に供給する電子制御燃料噴射装置で、いわば「エンジンの頭脳」とも呼べるパーツ。燃料噴射の量やタイミングを最適に制御することで走行上の性能を向上させ、排ガスの有害成分低減にも貢献する重要な役割を果たしている。

株式会社デンソー デザイン部プロダクトデザイン室 商品開発2課 担当係長の岡本 陽氏は、農建機向けの小型ディーゼルエンジンに搭載する新たな ECU の開発に際して、従来の手法でデザインしたものに加えて、ジェネレーティブデザインを活用した、より先進的なコンセプト モデルを作成している。「最初の形も、極力軽くすることを意識してデザインしています。それをさらに軽量化するため、ジェネレーティブデザインを使って考えてみました」。

エンジンルームは最高120 度に達するため、ECU が問題なく動作するよう、105 度程度のエンジン ブロックとの接触部分から熱を逃がすことで放熱が行われる。「熱が逃げやすそうな形は経験から想像できるのですが、軽量化すると熱の逃げる経路も減り、放熱性能も落ちてしまいます。ジェネレーティブ デザインを使うことで、軽量化と放熱性能を両立できる新しい形が生まれるのではないかと考えました」と、岡本氏。



切削加工による ECU のコンセプト モデル (上)

株式会社デンソー デザイン部プロダクトデザイン室 商品開発2課 担当係長の岡本 陽氏

[提供: デンソー]

放熱性能への独自のアプローチ

その検討に利用した Fusion 360 のジェネレーティブ デザインには熱に関するパラメーターは用意されていない。「熱を計算するために熱を荷重ととらえ、放熱する部分から荷重を加えるという考え方で計算すれば形状が求められる、という仮説を立てました。そして、協力会社の株式会社 日南やデザイナーの柳澤郷司さん、海田裕二郎さんともコラボレーションを行いながら作業を進めました」。

AI を活用した設計手法であるジェネレーティブ デザインは、与えた要件をもとに膨大な数のデザインのオプションが生成され、そこから取捨選択を繰り返して求めるデザインを選択できる。「この ECU のデザインでもトライ&エラーを繰り返し、カタチにならないようなものも生まれましたが、うまくいったものは似たような形が多くなりました」と、岡本氏。

「面白いのは、それを実際に 3D プリントしてみると、ここを熱が流れるというのが見えるように感じられたことです。気持ちの悪い形もありますが、どこか綺麗でもあったと感じました。最終的にはデザインとして美しく、かつ既存の製造方式で作れるようモデファイできる形状を選びました」。

製造を見据えた形状

ジェネレーティブ デザインでは、3D プリント以外では製造の難しい形も生まれる。「何万個という数を作るには、それではコストやスピードの面で難しい」と、岡本氏。「今回は、ジェネレーティブ デザインの要素を盛り込み、かつ従来の製造方式であるダイキャストで作れる形を考えていました」。

そのため、ユニット内に収められる基板を覆う幾何学的な形状のケースを作って、それをジェネレーティブ デザインによる形状と融合。Autodesk Alias SpeedForm と Fusion 360 を活用して全体にテ

ーパーを付けた滑らかな形とし、既存の方法で製造できるよう調整が行われた。「それぞれの最低限の形状を融合することで、この形状を生み出しました」と、岡本氏。

こうして作り上げられたコンセプト モデル (Direct Mounted ECU Concept) を、切削加工することでモックアップを作成。「全体で 12% の軽量化を達成しましたが、同等の放熱性能を維持できました。質量が減ることで熱が逃げるための経路が少なくなったのに同じ性能にできたということは、放熱の効率が上がったと言えると思います」。

中央のコンセプト モデルは、写真左の基板のカバーと 3D プリントしたジェネレーティブ デザインによるフレームをもとに作られた。右は最初にデザインされた一般的なデザインのもの。



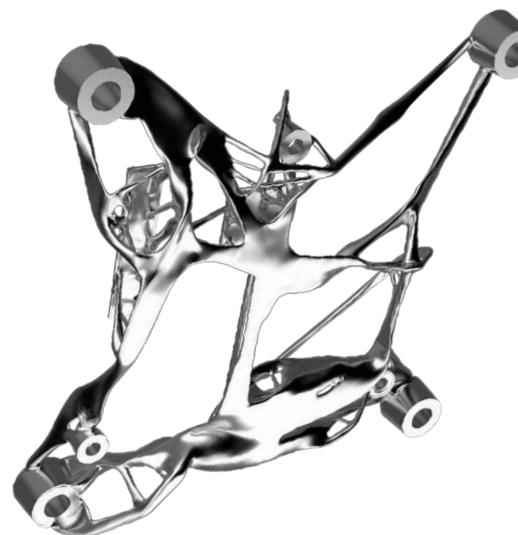
これまでも軽量化のためトポロジー最適化などは試してきたものの、ジェネレーティブ デザインは今回が初の試みだったという。「プロジェクトには3 カ月ほどかけました。初めてのトライなのでやり方から模索していた割には早くできたと思います。より大きな ECU では、さらに効果が出るのではないかと考えていますし、もっと詰めたい部分も出てきたので、そこは次の機種で生かしたいと思っています」。

「ひとつひとつの部品を少しでも軽量化することの結果として、その集合体である自動車を軽くできます。今回の試みが ECU だけでなく他の部品にも波及していったら、全体を軽くできれば理想的ですね」と、岡本氏は今後の展望を語る。「今回は提案用のモデルですが、次のステップは実際に基板を入れて評価試験を行い、そこで結果を出すことになると思います」。

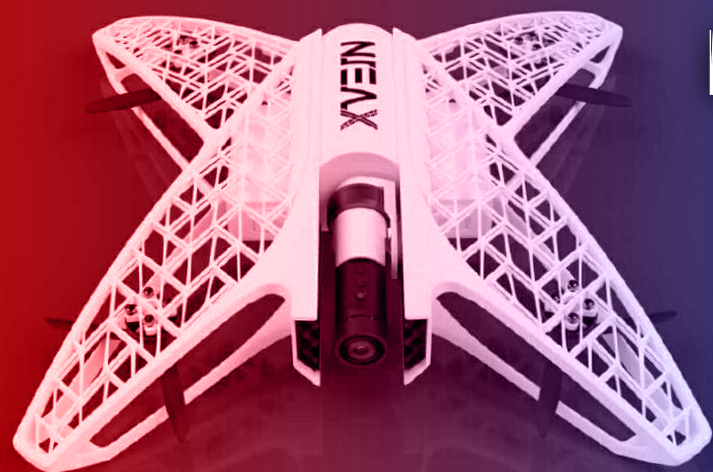
ジェネレーティブ デザインで作られた、エンジン ブロックヘダイレクト マウントするフレーム部分 [提供: デンソー]



別角度から見た、エンジン ブロックヘダイレクト マウントするフレーム部分 [提供: デンソー]



 **Redshift**
by AUTODESK



[提供: X-Vein]

日本で発生した大規模な自然災害を契機として学生たちが開発した、軽量でカスタマイズ可能な人命救助用ドローン。



TAKEAWAYS

ジェネレーティブ デザインによって人間と機械がコラボレーションを行い、より良く強靱で、より効率的なものをクリエイト可能。重量の最小化やパーツの統合、性能の向上やサステナブルな目標の実現など、さまざまな目標がジェネレーティブデザインにより達成可能となります。

ジェネレーティブデザインにより実現:

時間の節約

コンピューターは、人間が数種類のデザインを作成する時間で複数のイテレーションを生成でき、どのデザインが性能的に優れているかを検証できるデータも提供。

創造性の強化

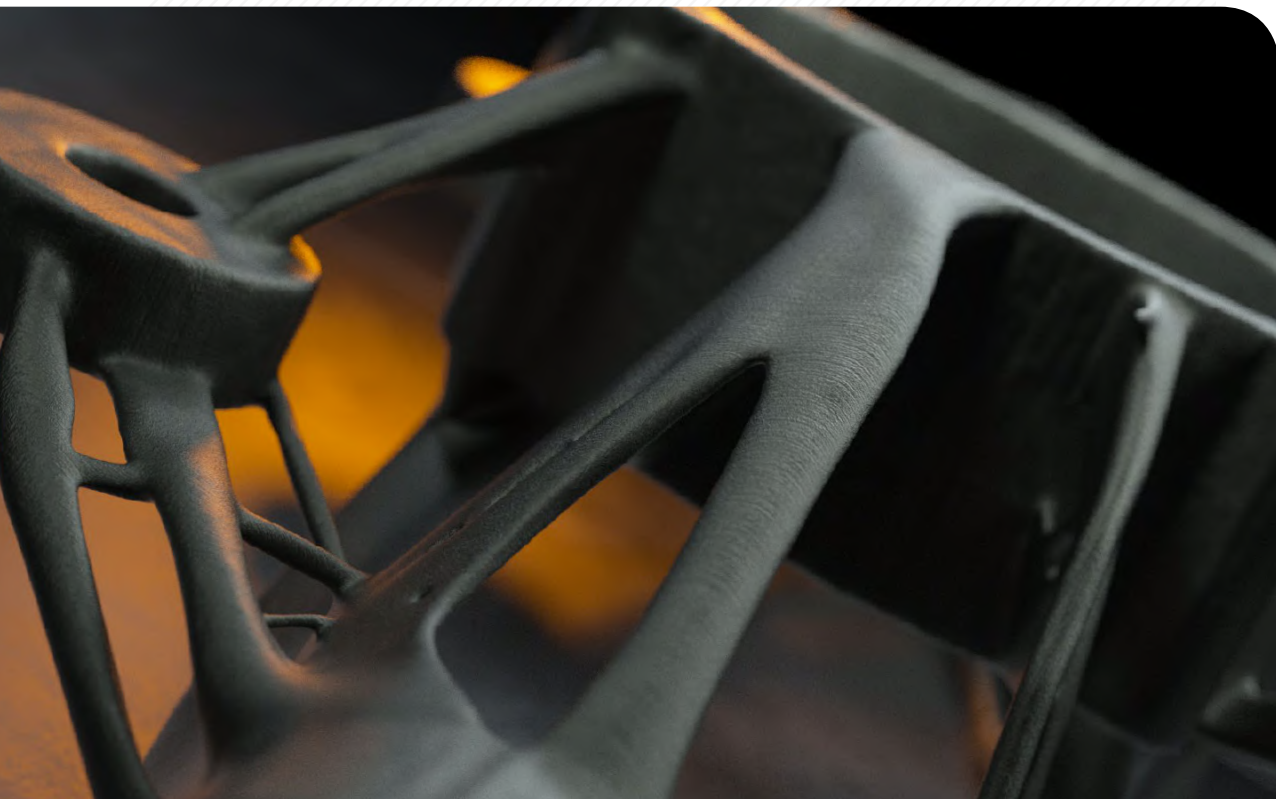
ジェネレーティブ デザインはお決まりのタスクを自動化し、デザイナーやエンジニアは、よりイノベティブかつイマジネーション豊かな成果を探究可能。

コストの節約

最初の設計プロセスにシミュレーションとテストが組み込まれるため、後の製造プロセスにおける高価な変更を回避可能。

イノベーションの加速

ジェネレーティブ デザイン ソフトウェアにより複雑なジオメトリ作成が可能となり、ハイブリッド製造により設計・製造プロセス全体が加速される。



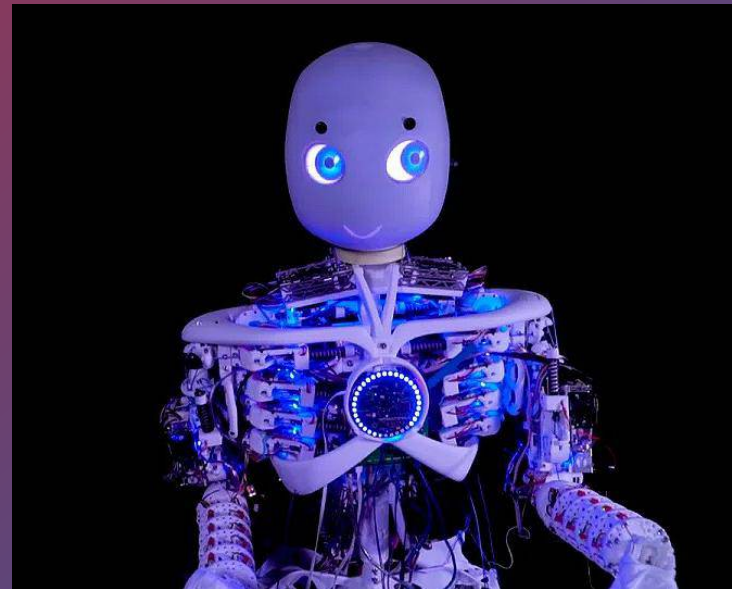
過去から未来へ: ジェネレーティブ デザインによるビンテージなバンのアップグレードと、人間の脳の研究のサポート。



VOLKSWAGEN

ジェネレーティブ デザインがキーを握るクールで低燃費なカーデザインの未来

ビデオを見る



TECHNICAL UNIVERSITY OF MUNICH

ヒューマノイド ロボット デザインの大きな飛躍が人体に意味すること

ストーリーを読む



Get smart on the future of making.



Redshift 日本版はこちら

redshift.autodesk.co.jp/redshift

日本版ニュースレターの配信登録はこちら

redshift.autodesk.co.jp/redshift/newsletter

ソーシャルメディア

facebook.com/RedshiftAutodeskJP

twitter.com/Redshift_ADSKJP

©2020 Autodesk, Inc. All rights reserved.