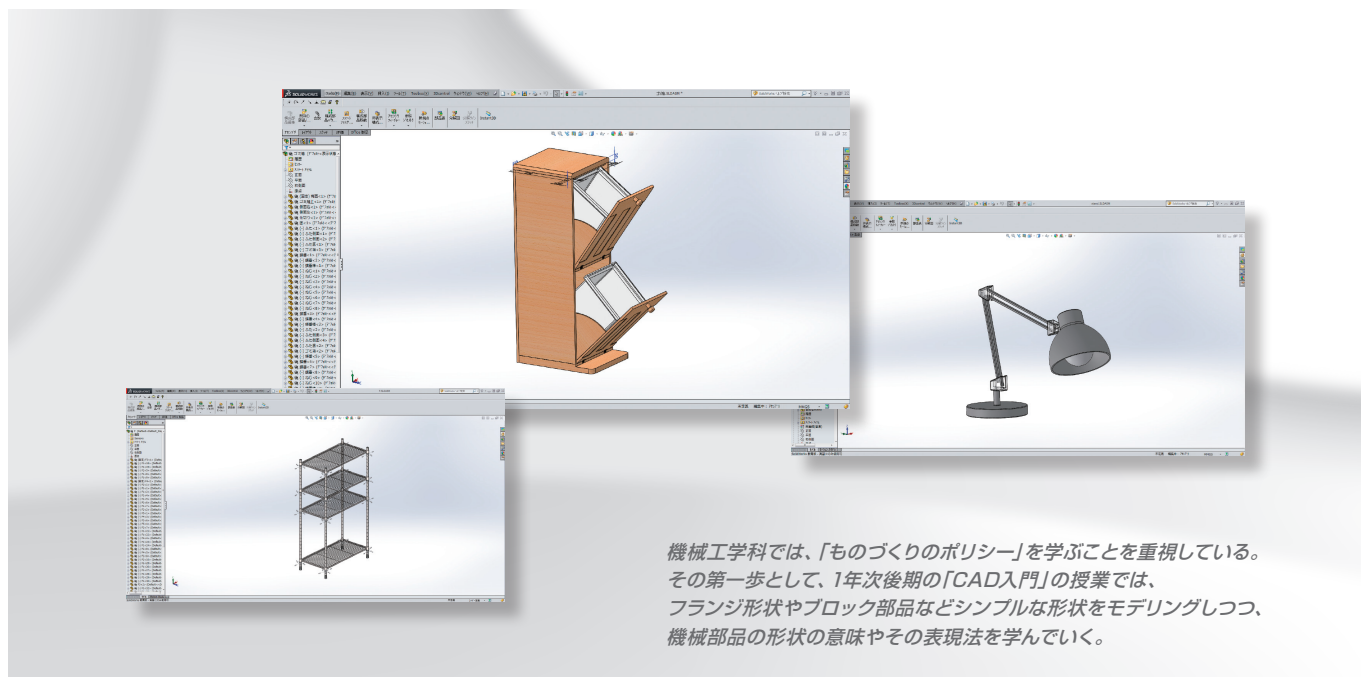


# 法政大学

3次元の特質をあらゆる角度から活用して、ものづくりができ、ものづくりプロセスを構築できる人材の育成を目指す



法政大学では、小金井キャンパスにある理工学部と、市ヶ谷キャンパスにあるデザイン工学部で、合計300ライセンスのSOLIDWORKSを授業や研究に活用している。2002年に、機械工学を学ぶうえでの3次元CADの重要性を意識し、ものづくりのできる人材を育成するためのツールとしてSOLIDWORKSを積極的に活用してきたのが、理工学部機械工学科 教授の御法川先生である。

## 3次元だから一貫したものづくりプロセスを学べる

「わたしは1999年に機械メーカーの研究所勤務から大学に戻りました。大学でも現場のものづくり手法を知る人材を育成することが大切だと考えていましたから、3次元CADを中核に据えて、ものを作るプロセスを最初から最後まで実際に体験する授業に取り組み始めたのです」と御法川先生は当時を振り返る。

SOLIDWORKSを採用したのは、ミッドレンジ3次元CADであり、機能が大学教育に「必要十分」であること、作成したモデルをさまざまな拡張子で保存できてCAMソフト連携や3Dプリンタ出力へ展開しやすいこと、全世界で販売されており、国内企業でのシェアも高いこと、有利なボリュームライセンスが設定されていること、使いやすいことなどを評価したためだ。

SOLIDWORKSを活用した御法川先生の授業は法政大学におけるものづくり教育のモデルケースとなり、2年後の2004年には、小金井キャンパスにある理工学部全体で合計200ライセンスをネットワーク利用していく体制へと進化した。さらに2009年には、市ヶ谷キャンパスにあるデザイン工学部システムデザイン学科で、別途に100ライセンスを導入。インダストリアルデザインのためのモデリング教育で、3次元デザインツールのRhinoと組み合わせて活用されている。

法政大学の理工学部、そしてデザイン工学部では、入学と同時にノートPCを全員貸与するが、そこにはSOLIDWORKSもインストールされている。

「学生は、ワープロや表計算ソフトと同レベルの『文房具のひとつ』として、3次元CADを日常的に使っています。また3年次4年次になると、課題や卒業研究のために、自主的にシミュレーションを利用する学生がたくさんいます。解析そのものは研究室にある専用ソフトを使いますが、モデリングから解析用のSTLデータを生成するまでの作業を、『手元のSOLIDWORKS』で進められるのでとても重宝しています」と御法川先生はにこやかに語る。

## 3次元だと機械部品形状の理解が速い

導入から10年以上を経て、理工学部機械工学科では、多彩な授業においてSOLIDWORKSがさまざまな形で活用されている。

### チャレンジ:

機械工学科の学生に、ものづくりのポリシーを教えたい。ものを作るプロセスを自分で構築できる人材を育てたい。

しかし従来は、ドラフターと2次元CADしかなかったため、設計・製図のプロセスしか体験できなかった。

### ソリューション:

3次元CADを中核に据えることで、教えられる内容が大きく広がった。

2次元スケッチをフィーチャーしての3次元モデリングから、CAM連携、3Dプリンタを使った試作、モデルデータを活用したシミュレーションと、ものづくりの一貫したプロセスを体験できるようになった。

また、学生がいままで見たこともなかった機械部品の形状、仕様、構造の意味を短時間で理解できる。機械部品というものに「脳を慣れさせる」ことができるようになった。

### 結果:

- 「機械工学」の領域へ学生を誘導しやすくなった
- CAD/CAM/CAEを一貫したプロセスとして体験し、ものづくりのポリシーを身につけられる
- 応力、慣性モーメント、公差など、ものづくりの原理・原則を理解しやすくなった
- 学生は、ものを作るプロセスを自分で構築できるようになって卒業していく。企業に入ってもさまざまな形で、ものづくりの知識を発揮しながら活躍している

そのひとつ、1年次後期の「CAD入門」は、SOLIDWORKSの基本操作を学びながら、物体の形状把握や表現法を習得する授業だ。

「この授業で1年生は、『ああ、自分は機械工学科に来たのだな』と実感するようです。簡単な形状をスケッチし、押し出してモデルにするだけで、歓声があがります」と御法川先生。

簡単な形状とは、フランジ形状やブロック部品などだ。

「機械工学科は、モデリングではなく、ものづくりにウェイトを置いています。シンプルな形状を使いながら、2次元図面が流通するものづくり全体のプロセスの理解や、加工のための基準の出し方、現実の部品がなぜその形状と厚みになっているのかを、自分の頭で考えてみることなどに力を入れているのです」と御法川先生は説明する。

機械工学の世界への最初の一步として、3次元を用いることは大きな意味を持っているという。「2次元図面は、形状が頭に浮かんでいないと描けません。機械部品を見たこともない1年生が、形状を頭に浮かべるのは無理なこと。3次元なら、初めて見る形状でも、くるくる回したり、長さを変えたりして理解できます。そもそも現実世界の立体を2次元では表現できないから、3次元CADが生まれたのですからね」と御法川先生。

3次元だと、機械部品形状の理解が速いというわけだ。そこで機械工学科では、「1年次で3次元CAD、2年次で手書きと2次元CAD」という順番で、機械製図技術を向上させる流れを作っているのである。

このほか、2年次の「機械プラクティス」では、SOLIDWORKSとCAMソフトを連携させ、モデリングから工作機械を使った形状加工までを体験する。

3年次の「機械設計製図」では、渦巻ポンプなど動きのある機械を素材として、与えられた仕様を満たす機械装置を設計・製作し、正しく製図するプロセスを学ぶ。インターネットで部品メーカーが提供する汎用部品を検索し、3次元データを組み込む工程もある。

3年次の「PBL」とは、Problem Based Learningの略。学生自身が主体となって、4～5人のチームで問題解決に取り組む授業だ。扇風機などの身近な電化製品を持ってきて、その一部をSOLIDWORKSで図面化し、試作、実験、構造・流体シミュレーションを経て、より良い形状にする提案を行うグループなど、取り組む問題も解決策もさまざまである。

一方、市ヶ谷のデザイン工学部システムデザイン学科では、2年次の「3Dモデリング」の授業で、最終15時間目の授業を、SOLIDWORKS認定試験のCSWA受験に置き換えている。

「合格率は5割程度と聞いています。この授業は、毎週のように課題が出る厳しい授業なのですが、大学の単位をもらって資格まで取れるので、人気の授業のひとつです」と御法川先生は紹介する。

### 3Dプリンタを使うと公差への理解も深まる

御法川先生は、専門である航空学と機械音響でもSOLIDWORKSを活用している。

「法政大学工学部は航空工業専門学校がルーツであり、現在の機械工学科にも、国内の大学ではきわめて珍しい航空操縦学専修という学科を設けています。『飛行機の構造がわかるパイロット、操縦ができる航空エンジニア』を育てることを目指しており、わたしの研究室では、小型航空機の開発・研究に取り組んでいます」と御法川先生。

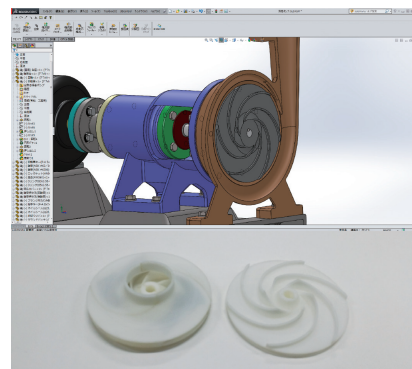
研究成果である2人乗り小型飛行機は、ちょうどSOLIDWORKSを使って設計が完了したところだ。これから試験を重ね、数年以内に実機を飛ばす計画である。

「授業に、研究に、長年にわたってSOLIDWORKSを使ってきましたが、年を重ねるにつれて、スケッチとフィーチャーとがますます行き来しやすくなって、使いやすさが進化しました」と御法川先生は評価する。

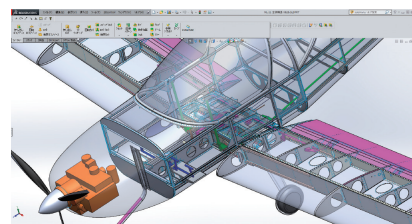
2015年夏、機械工学科は、製図教室をリフォームする。既存ドラフターの上にディスプレイも配備して、紙図面と3次元とを結びつけたハイブリッド授業をするのが目標である。

「3Dプリンタも台数を増やします。SOLIDWORKSのモデルを3Dプリンタ出力することを体験するだけで、ものづくりへの認識が大きく前進するからです。なぜ公差が必要なのか、座学ではピンと来なかったものがすぐに理解できます。シミュレーションや材料選定の重要性も、改めて実感できるのです」と御法川先生。

今後は、製図系の科目を俯瞰的に見直して、「インダストリー 4.0」などと言われる新しいものづくりにも対応できるように、授業の構成も組み直していきたいと意欲的に語った。



3年次の「機械設計製図」の授業でテーマとする「渦巻ポンプ」の例。学生は、それぞれ異なる仕様のポンプを課題に出されるため、要求を満たすための形状、部品選定を全員が自分で考え、自分で工夫しなければならない。



これから日本が航空産業を展開していくには、「エンジニアとしてのパイロット」が不可欠だ。法政大学は、飛行実習も国内で行い、日本の大学で初めて、留学なしで操縦士免許を取得できる体制をとっている。御法川研究室が研究開発している2人乗り飛行機も、国内で育ったパイロットが操縦桿を握ることが期待される。



理工学部機械工学科  
教授  
御法川 学氏



### 法政大学

法政大学（本部:東京都千代田区富士見2-17-1）は、東京六大学の1つである私立大学。15学部・18大学院研究科を擁する総合大学であり、文部科学省から「スーパーグローバル大学」に選定されている。創立1880年、大学設置1920年。2008年、従来の工学部を改組し、理工学部と生命科学部に分割した。  
<http://www.hosei.ac.jp/>



### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒141-6020 東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower  
TEL: 03-4321-3600 (代表)  
FAX: 03-4321-3601 (代表)  
E-mail: [info@solidworks.co.jp](mailto:info@solidworks.co.jp)  
[www.solidworks.co.jp](http://www.solidworks.co.jp)



# 独立行政法人 国立高等専門学校機構 国立沖縄工業高等専門学校

創立3年目で高専ロボコン全国大会初出場。SolidWorks導入で学生の創造性を喚起し、2009年まで4年連続で全国大会出場。また、動作拡大型スーツ「スケルトニクス」は、世界的な注目を浴びる



ロボコン製作を経験した3人の学生が作った動作拡大型スーツ「スケルトニクス」。その動きを紹介する動画も質が高い。  
<http://skeletronics.seesaa.net/category/9756272-1.html>

→ 国立沖縄工業高等専門学校（沖縄県名護市宇辺野古905番地）は、美しい海と森林に囲まれた沖縄県北部地域（やんばる）の地理的条件を活かしながら、新しい技術シーズの創出、沖縄県地域産業の開拓、そして、人材育成の拠点となることを目指して、旺盛な活動を展開している。全国高等学校パソコンコンクール（通称：パソコン甲子園）では2年連続でグランプリを受賞。本文に登場した下嶋賢先生らが取り組む「爆破レンジ」の研究も注目されている。

2002年、沖縄県名護市辺野古の丘に開学したのが、国立沖縄工業高等専門学校（以降、沖縄高専）である。同校は開学から間もないにもかかわらず、「アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト」（以降、高専ロボコン）で、優れた成績をあげている。その原動力のひとつがSolidWorksだ。設計を全面的に3次元化したことで、設計および加工工程が大幅に効率化でき、試作第1号を生み出すまでのリードタイムを前倒しすることに成功したのである。学生の自由なアイデアを形にする道具として優れた特質を発揮するSolidWorksは、2011年9月から、授業にも取り入れられる予定である。

## 完全3次元化でロボコンの設計も加工も大幅に効率アップ

沖縄高専に、第1期生が入学したのは2004年4月のことだ。

同校は、機械システム工学科、情報通信システム工学科、メディア情報工学科、生物資源工学科の4学科を有し、学生数は約900人。1・2年生は全寮制である。

高専ロボコンでは、第1期生が3年生になったばかりの2006年に早くも全国大会出場を果たし、2009年まで4年連続で全国大会出場した。しかも2008年には、全国優勝を勝ち取ったのである。「九州地区のロボコンに取り組む高専の学生を中心に情報交換をして、いろいろ教えてもらいました。全国大会でも、質問するとみんな隠したりしないで、目をキラキラさせて答えてくれます。全国の高専のみなさんに学ばせていただいたおかげの全国優勝です」と、機械システム工学科准教授でロボティクスが専門の武村史朗先生は謙虚に語る。

ロボコンに挑戦するのは、「ロボコン製作委員会」のメンバーである。現在専攻科2年の玉城光輝さん、専攻科1年の長谷川雅斗さん、本科3年の中野桂樹さんはいずれも、2008年の全国優勝のときにロボコン製作委員会で活躍した。

ロボコン製作委員会は、現時点は35名だ。

「平日は放課後から寮の門限の20時まで、日曜は9時～17時で作業します。夏休みは大事な時期なので、朝8時から夜中11時まで工場に詰めて、1日も帰省しません」と言い切る長谷川さん。沖縄高専の実習工場は、「夢をカタチにする場」という意味で「夢工場」と呼ばれている。

中野さんは、2008年の全国優勝のときのやり方を見て、「ロボコンの成績の6割はプロジェクト管理で決まる」と痛感したという。「勝利のカギは、計画を前倒しにすること。優れたロボットを9～10月に完成させるのではなく、60～70点の出来だが動くものを夏休み前半などの早い時期に作り上げ、それを繰り返し改良して問題点をつぶしていくことが成功への近道」だと語る。

設計は、紙やホワイトボードへの手書きだったが、2006年にフリーソフトの3次元CADを導入した。「3次元化に踏み切ったのは、製作物のイメージを共有して、作業全体を効率化するため。全体像をメンバー全員が共有するということは、3次元でないときできません」と玉城さんは強調する。

このフリーソフトは、機能にいろいろ制限があって使い勝手がいまひとつだったが、2007年にSolidWorksを手に入れて、問題は一気に解消。設計は完全に3次元化した。

「アセンブリが自在にできるので、設計担当が容易にできるようになりました。個々の部品も簡単に描けて、図面も簡単にプリンタ出力できますから、加工分担も柔軟にできます。部品管理もできるので、後輩への指示が格段にやりやすい」と玉城さん。

沖縄高専では入学時にノートPCの購入が義務づけられているため、設計担当者は全員、自分のパソコンにSolidWorksをインストールしている。

「寮に戻っても干渉チェックができるし、気になった部分を拡大したり、部品の重量も測れます。作りかけのロボットを工場から寮室へ持って帰るような感覚」と長谷川さん。設計担当者はもう、「SolidWorksがないと設計ができない」（中野さん）というほど、3次元設計に馴染んでいる。

「SolidWorksなら徹夜で設計して、朝、加工分担者に『あとは頼む』とデータを渡し、そのまま倒れ込んで寝てしまえるのも便利なところ。手書きのときは、設計ができたと思って工場へ行って実物を確認したり、加工分担者に説明したり、作業途中の質問にも対応しなければなりませんでした」と玉城さん。ユーモラスな口調だが、3次元でイメージを共有することで、加工分担者も効率よく働けるようになったことがよくわかる。いままでは、部品の意図が詳細までわかっている人がいないと、加工を始めることができなかった。今では、部品の意図が詳細までわかる人は設計に専念して、全体スケジュールを前倒しにできるのだ。

「5年生の卒業研究でも、ロボコン経験者は、まずスケジューリングをしてから、3次元で設計図を描き、プラスアルファの工夫まで加えてきます。ロボコン活動を通じて、自分で手を動かすことと、問題解決能力の両面が磨かれるのですね」と武村先生は教育効果も高く評価している。

- ロボコンでは、製作物のイメージを共有して作業効率アップ。試作第1号のリードタイム短縮に成果
- 「作りかけのロボットをそのまま持ち歩くように」、いつでもどこでも設計作業や干渉チェックが可能
- 学生の自主的な「スケルトニクス製作」プロジェクトでは、機構が複雑な上腕部の設計に成功
- 授業では、CAD操作教育の時間を大幅に短縮
- 「3次元で何ができるか」を総合的に教育するツールとしてハイエンドCADよりも優位

**チャレンジ:** 2008年の高専ロボコンで全国優勝できたポイントをいくつか語ってもらった。「機構をシンプルにして、『トラブルを起こさない』、『信頼性を追求する』という基本方針で臨みました。制御もシンプルに徹して、確実に動くことを優先しました。また、壊れやすい部品はあらかじめ交換用の予備をたくさん作り、会場へ持って行ったのです」(長谷川さん)。

「それでも、修正する段階では、『全国優勝』を意識して冒険的な改良も行いました。多足歩行ロボットも二足歩行ロボットも、両方とも速くしようとみんなで工夫して、何度も作り直しました。ロボコン製作委員会には4学科すべての学生が参加していることも、新しいアイデアが生まれやすい要因だったと思います」(玉城さん)。

**ソリューション:** 2011年、今年のロボコン製作委員会の取り組み姿勢も聞いた。

「大事なことは、課題のルールをよく読解して、本質ではないところに惑わされることなく、シンプルな物理原則に還元して考えること。ボールを運ぶ課題であれば、ボールを質量の点と考えて、これを一番効率よく移動させる物理モデルを見出したい」(中野さん)。



機械システム工学科  
准教授 博士(工学)  
武村 史朗先生



機械システム工学科  
助教 博士(工学)  
下嶋 賢先生



専攻科  
創造システム工学専攻  
機械システム工学コース2年  
Skelertronics製作委員会  
メンバー  
玉城 光輝さん



専攻科  
創造システム工学専攻  
機械システム工学コース1年  
長谷川 雅斗さん



本科  
機械システム工学科3年  
中野 桂樹さん

独立行政法人 国立高等専門学校機構  
国立沖縄工業高等専門学校

所在地: 沖縄県名護市辺野古905

<http://www.kosen-k.g.jp/>

## ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022 東京都港区海岸 3-18-1 ピアシティ芝浦ビル

TEL.03-5442-4001 (代表)

FAX.03-5442-6256 (代表)

E-mail: [info@solidworks.co.jp](mailto:info@solidworks.co.jp)

URL: <http://www.solidworks.co.jp>

## ロボコンから発展した「動作拡大型スーツ」の製作は世界の注目を浴びる

ロボコンが終わっても、ものづくりへの熱い思いは止まらない。

専攻科1年に進んでいた玉城さんと、同学年の阿嘉倫大(あか ともひろ)さん、白久 レイエス 樹(しらく レイエス たつる)さんの3人は、2010年9月から6カ月間かけて、動作拡大型スーツ「スケルトニクス」を作った。

言い出したのは阿嘉さん。人間の四肢の動きを2倍ぐらいに拡大する「操作拡大型スーツ」を提案したのも阿嘉さんである。

しかし設計は困難をきわめた。

「人を乗せるとなると、身長や体重も厳密に設定しなければなりません。特に腕の機構は複雑で、手描きではまったく設計不可能。阿嘉さんがSolidWorksの機能を駆使して、ようやくのことで設計できたのです」(玉城さん)。

3人とも、卒業研究、大学院受験、学位認定試験などを抱えていただけに、スケジュール管理はロボコンにも増して重要だった。それでも夢工場への泊まり込みの日々を経て、予定どおりに完成。

2011年3月には、沖縄県の各種イベントでデモ実演をすることができた。

3人はさらに、このプロジェクトの仕上げとして、完成したスケルトニクスを操縦する様子を撮影した7分弱の動画を作り、ニコニコ動画に投稿して、内外で大きな反響を得ている。

## 3次元ならではの「CAD/CAM/CAEの広がり」を総合的に教育へ

沖縄高専では、SolidWorksを授業でも使い始める。

機械システム工学科は、3年生でCAD、4年生でCAMを学ぶ。これらの授業に従来はUnigraphics(現NX)を使っていたが、2011年9月からSolidWorksに切り替える予定で、280ライセンスを整備した。内訳は200ライセンスが授業用で、残り80ライセンスは、ロボコン用、先生用、社会教育用である。

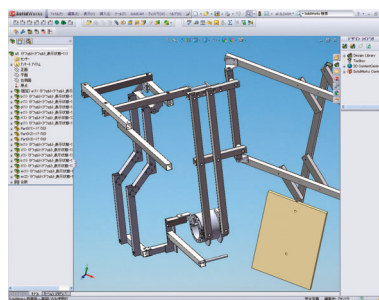
「ハイエンドCADは、操作を習得するところに時間がかかってしまい、教育ツールとしては非効率的。それに対してSolidWorksは、チュートリアルが充実していて、カリキュラム教材もついており、しかも安価。また、ユーザーインターフェースが優れているため、操作を習得するのにかける時間が短くて済みます」と、機械システム工学科助教の下嶋賢先生は説明する。

3年後期のCADの授業では、5週間かけてミニ四駆設計を実習する予定だ。SolidWorksで設計し、3次元プリンタで出力し、デザイン評価を体験する。

「この授業のテーマは、機械要素を取りまとめて要求仕様に沿ったものを作ることであり、限られた授業時間でそれをこなすために、SolidWorksを選びました」と下嶋先生は言う。

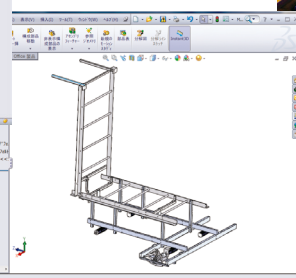
4年生では、SolidWorksを使ってCAD/CAM/CAEを総合的に教える。SolidWorks設計データからツールパスを生成して5軸加工機を動かし、構造/振動/熱解析まで学ぶ

「3次元のデータを使うと、完成イメージを共有してデザイン評価が効果的にでき、加工データも作れて、解析もできます。CADの操作を教えるのではなく、『3次元だと何ができるのか』『3次元だとどのように広がっていくのか』をしっかり教えるツールとして、SolidWorksを活用していきたい」と、下嶋先生は意欲的である。



動作拡大型スーツ「スケルトニクス」は、製図具「パンタグラフ」の機構をベースに、人間の四肢の動作を2倍程度に拡大する。Skeltonixとは、Skeleton(骨格)とMechanics(構造)を合わせた造語。

2008年、高専ロボコンで全国優勝した沖縄高専の「ムーブメント」。ネッシーを思わせる多足歩行ロボットの上に恐竜型の二足歩行ロボットを載せた、ユニークな姿。



2007年から設計にはSolidWorksを使っている。設計担当者は、干渉チェック、設計分担、部品管理などが容易にできるようになり、1回目の試作までにかかる時間を大幅に削減することができた。

# 富山県立大学

SolidWorks Composerで「小学生にもわかる説明資料」を作成 動きのあるアニメで、理解を深めることに成功



2012年8月に実施した製作教室「からくり教室」の様子。

小学生中心の子どもたちは、まず「レオナルド・ダ・ヴィンチが描いた機構を作ってみる」という課題で目を輝かせ、さらにSolidWorks Composerで作ったアニメを駆使した動きのある説明をしたことで、組み立て工程への理解度が深まった。



富山県立大学は、「レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿」を素材として、子どもたちがものづくりを体験する製作教室を毎夏に開催している。機械機構を形づくり、組み立て可能な木工キットをつくるために、SolidWorks を使っている。さらに2012年には、SolidWorks Composerを使って、組み立て工程を説明する資料を作成。子どもたちは、動きのあるアニメーションを駆使した説明に興味深く見て、作業手順を深く、正確に理解できたという。

## レオナルドの手稿を素材に子ども向けのものづくり教室を開催

工学系公立大学の富山県立大学。学部は工学部のみで、機械システム工学科・知能デザイン工学科など5学科を合わせて在校生は約1,000名。大学院まで含めても約1,200名という少数精鋭の教育環境である。

地域に開かれた大学として、生涯学習事業も積極的に行ってきた。そのひとつが、毎年8月第一土曜に全学を挙げて開催する「ダ・ヴィンチ祭」の中の催しのひとつ、近隣の子どもたちを対象にした「からくり教室」だ。レオナルド・ダ・ヴィンチが手稿として遺したギアやリンク機構などの機械要素を、木工キットにして子どもたちに提供し、これを組み立て、動かすことで、ものづくりの楽しさや力学のおもしろさを体験してもらおうという製作教室である。

レオナルドが遺した手稿は、工学系のものだけでも膨大な数にのぼる。その中から、子どもが取り組むテーマとして最適なものを1点選択し、500年前のペン描きスケッチに秘められた謎を解き明かしてSolidWorksで形づくり、分解して木工キットを設計するのは学生の役目だ。レオナルドの手稿には各部品の図面がないため、スケッチから実寸法を測ったり、機構を考えながらリバースエンジニアリングを行う必要がある。さらに、帯鋸やフライス盤を使って30セットの木工キットを作り、研究室の仲間と協力してもらいながら製作教室を運営しなければならない。「2009年度から、学生1人ですべてを統括し、構想設計から、設計、試作、量産、教室運営、結果の解析に至る成果を、卒業論文にまとめる体制をとるようになりました」と、工学部 知能デザイン工学科 准教授の神谷和秀先生。

卒論テーマが定まってから8月の製作教室までで設計に使える時間は、実質1カ月余り。やるべきことはあまりにも多い。そこで、組み立て作業を説明する資料を作る時間を短縮して、しかも、小学生がわかりやすい動きのある説明書を作るために、2012年、SolidWorks Composerを導入した。

## SolidWorks Composerで動きのある説明資料の短時間作成に成功

機械システム工学科では、開学当初から3次元CADを用いた機構学の授業を行っており、2006年からはPro/ENGINEERを教材に用いていた。

### チャレンジ:

近隣の子どもたちにもものづくりを体験してもらう製作教室。SolidWorksを使った設計、木工キット作成、製作教室の運営などはすべて学生が担当するが、短時間でやるべきことはあまりにも多い。そこで、組み立て作業を説明する資料を作る時間をできるだけ短縮し、しかも、小学生にもわかりやすい動きのある説明書を作るために、2012年、SolidWorks Composerを導入した。

### ソリューション:

2012年に実際に取り組んだ石黒基顕さんは、「SolidWorks Composerは、今まで扱ったことのないソフトでしたから、自力で使い方を覚えることができるか不安でした」と語ったうえで、「けれども、チュートリアルを順番にやることで、思ったよりも短時間でスムーズに覚えられました。操作性もよい」と評価している。

### 結果:

- SolidWorksの3次元モデルをSolidWorks Composerへそのまま取り込んで、説明資料作りができる
- 小学生にもわかりやすいアニメを活用した説明資料を、短時間で作成することに成功
- SolidWorks上のモデルに変更が生じて、設計変更がリアルタイムで反映されるため、説明資料を作り直す必要がない
- 操作教育に時間を取られずに済むSolidWorksおよびSolidWorks Composerは、学生の自主性・創造性を重視したエンジニア教育を側面から支援

一方、知能デザイン工学科では、機械、電子、情報工学のすべてを学ばなければならないため、3次元設計の教育に充てる時間が取れない状況だ。しかし、2004年に高学年のゼミで使うために、SolidWorks教育版を10ライセンス導入してみたところ、大変に操作性がよい。最大の魅力は、授業で操作教育の時間をとらなくても、チュートリアルを自習するという学生の自主的な取り組みだけで、操作ができるようになることだ。知能デザイン工学科と機械システム工学科は協議の上で、2010年5月、全学科でSolidWorksを200ライセンス導入。機械システム工学科の教材もSolidWorksに切り換えた。

「他の3次元CADも検討しましたが、操作性、機能性、企業での導入シェア、チュートリアルがしっかりしていること、そして、教育分野での導入シェアが圧倒的に違うことなどから、SolidWorksを選定しました」と神谷先生は語る。

富山県立大学では、入学と同時に全員が自分専用のパソコン必携となるが、知能デザイン工学科の学生全員と機械システム工学科の希望する学生は、そこにSolidWorksがインストールされる。ワープロや表計算ソフトと同様に、何か考えよときのツールとして気軽に使う環境が整備されたのだ。

そうした中で、「からくり教室」のレオナルド手稿の設計ツールとして、いつでもどこでも使えるSolidWorksが用いられたのは、自然な流れであった。

さらに神谷先生は、SolidWorksで設計した3次元モデルをそのまま使って、わかりやすい説明書を短時間で作れるツールとして、SolidWorks Composerに注目し、2012年1月、10ライセンスを導入した。

「SolidWorks Composerも、SolidWorksと同様に、操作教育をしなくても、チュートリアルの自習だけで使い始めることができます。また、元のモデルに設計変更が生じた場合、説明資料へ自動的に反映されるのも大きな魅力。製作教室の直前にモデル表現を変更しても、説明資料を最初から作り直さなくても済みます」と神谷先生は指摘する。

2012年に製作教室を運営し、説明資料を作成した石黒基顕さんは、「イラストを動かしていく自然な動作だけで、だんだん組み上がっていくアニメ動画が作れるなど、『動きを説明する資料』を簡単に作成するツールとして非常に優れていると感じました」という。

操作性のよさを活用して、説明シーンに応じてモデルの向きを変えたり、穴の位置が正確にわかるように、部分的に透明にするなどの処理も工夫してみた。最初は2工程で示すつもりだった作業を、細かく分解して、間に細かくアニメと説明を入れたところもある。部品チェックリストを表示させ、その工程を説明するために必要な部品だけを選択して表示させるという機能も活用した。

最終的には、組み立て工程を10に分けて、SolidWorks Composerで10個のアニメを製作。これをPowerPointへ組み込み、要所でクリックすればすぐにその部分を説明するアニメが動く説明資料を作成した。製作教室当日は、資料をプロジェクトでうつしながら、組み立ての全体工程を子どもたちに説明したのである。

石黒さんは今年、組み立て作業を実写したビデオ映像をiPadで見られるように準備した。昨年までのSolidWorks静止画像をWordに貼り付けた説明書と、iPadという補助説明媒体を午前と午後で使い分け、その説明効果を比較・評価して、「配布資料メディアの違いが教育効果に与える影響」を論じた卒業論文をまとめると同時に、精密工学会北陸支部での講演・論文発表も行った。

## 次回はComposerで作ったアニメをiPadで閲覧可能にしたい

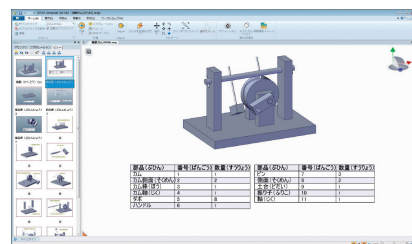
「からくり教室」は、子どもたちの理科離れ・工学離れに対する解決策のひとつを示すと同時に、学生は、機械技術や情報技術など大学で学んだ知識を縦横に活用しながら、人とコミュニケーションをとり、人に働きかけることがエンジニアの重要な仕事だということをもっと学べる、奥深い取り組みである。

「工学系の教育は、基本を教えて、『後は自分で考えなさい』と突き放すことが非常に大事です。自分で悩み、試行錯誤してこそ、自主性、問題の発見と解決能力、創造性などが育つのです」と神谷先生。その意味でも、学生が自主的にしかも短期間で操作を習得できるSolidWorks Composerは、「工学心」および「向学心」を伸ばす教育ツールにふさわしいといえるだろう。

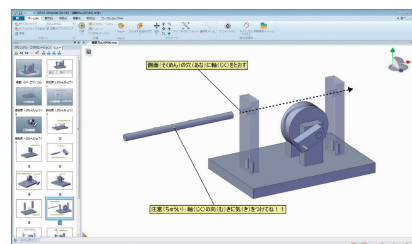
「からくり教室」運営は、卒論の人気テーマであり、今後も継続して開催されていく見込みだ。2013年の製作教室では、SolidWorks Composerで作ったアニメを子どもたちの手元のiPadで自由に見られるようにして、その説明効果をさらに詳しく測定・評価していく計画である。



子ども向け製作教室の2012年の課題は、レオナルドのマドリッド手稿から「確動かム」を選定した。選定理由は、「構造がシンプルで組立が簡単」「おもしろい動きをする」「身近に利用例がある」の3つ。従動節を両側からはさんで、確実に動かすしくみのカム機構である。



モデルを選定し、キットの全体像をSolidWorksで設計。量産を考えてシンプルにするのがポイント。分解したキットを設計する。いくつかの部品を組み立てた状態で配布するなどの工夫も考える。円のスプライン機能を使って、ミゾを作るのが大変だった試作品を作り、動くことを確認する



SolidWorks Composerで、組み立て工程を動きで説明するアニメーションを製作し、PowerPointに組み込んで説明資料を作った。組み立て作業時の注意点は、引き出し線で書き込んで強調している。



工学部  
知能デザイン工学科  
准教授  
神谷 和秀 先生



工学部  
知能デザイン工学科  
2012年度卒業  
石黒 基顕 さん



## 富山県立大学

富山県立大学(富山県射水市黒河5180)は、「富山県の発展をめざした県民の大学、未来を志向した大学、特色ある教育をめざした大学」を建学の理念として、1990年に創立された。知能デザイン工学科では、次世代の科学技術基盤となる高度なインテリジェント・システムを設計し、ものづくりへと展開できるエンジニアを育成している。

<http://www.pu-toyama.ac.jp/>

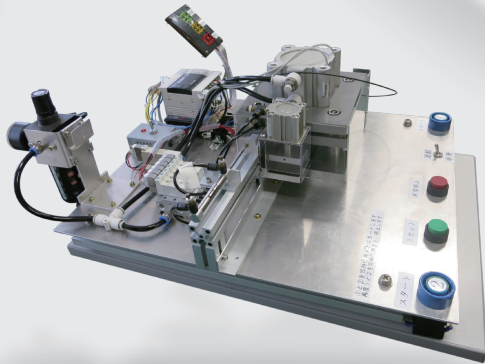
## ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022 東京都港区海岸 3-18-1 ピアシティ芝浦ビル  
TEL: 03-5442-4001 (代表)  
FAX: 03-5442-6256 (代表)  
E-mail: [info@solidworks.co.jp](mailto:info@solidworks.co.jp)  
[www.solidworks.co.jp](http://www.solidworks.co.jp)



# 岩手県立黒沢尻工業高等学校

専攻科に3次元設計のカリキュラムを積極的に導入 地元企業のニーズに応える、実践力ある人材の育成に大きな成果



黒沢尻工業高校では、現在、154ライセンスのSolidWorksを活用中だ。

専攻科2年次の卒業制作(研究)では、学生は就職しようとしている企業でどんな仕事をやりたいかをものづくりで表現する。

たとえば、プレス加工会社への就職が内定した学生は、型抜き用小型プレス機を製作。

製薬会社への就職が内定した学生は、遠心分離機を製作した。

岩手県立黒沢尻工業高等学校(以下、黒沢尻工業高校)は、2007年から、「高校卒業後プラス2年の専門教育」を行う専攻科を設けている。カリキュラムには、3次元設計を積極的に組み込み、ものづくりの現場で戦力となる実践力ある人材の育成に成果をあげている。

## すでに3次元化が定着している地元企業の製造現場

岩手県内陸部に位置する工業都市・北上市の高台に、黒沢尻工業高校はある。3年制の「本科」は、機械科、電気科など6学科で構成され、670名余りの高校生が学んでいる。

同校に、「専攻科」が設置されたのは2007年のことだ。ものづくりの現場で役立つ実践力を持った人材、しかも、地元で活躍してくれる人材を育成するには、「工業高校卒業後プラス2年」の専門教育が必要であるという岩手県の判断により、設置された。

専攻科の開設準備に奔走したのが、細川誠先生である。

「県内には、自動車をはじめ、家電、精密機器などの工場・製造会社が数多くあります。これら地元企業を約50社訪問してヒアリングしたところ、『3次元CADは必須』と指摘するところが多かった。『本場で設計・または設計中の3次元データが送られてくるので、どの部署に配置されても、技術者は3次元CADがわかっていないと動けない』と語る会社もありました」と細川先生。

従来、高校本科の授業では、手描き製図を中心に、一部のみ2次元CADを用いて、製図の基本を学んできた。内容は、教科書に掲載されている図面のトレースである。

しかし、実践力育成を目指す専攻科では、3次元CADを使った「設計の教育」が必須であると考え、細川先生らはSolidWorks教育版の導入に踏み切った。

「自動車産業をターゲットにするならCATIAを教材にしたいところですが、習得がむずかしい。操作が比較的簡単で3次元設計を初めて学ぶ学生のスタートラインにふさわしいこと、シェアが高いので導入企業が多いこと、標準的な機能がそろっているので必要ならばCATIAへのステップアップも容易にできることなどから、SolidWorksを選びました」と細川先生は語る。

## 自分のものづくりの道具としてSolidWorksを使いこなす

専攻科は、機械コースと電気コースの2コースで、合計18名が学んでいる。

1年次には、後期に45時間かけて、3次元設計を勉強する。

市販の教材を2種類ほど使って、基本操作、ソリッド部品作成、アセンブリを習得。さらに、高校本科時代にトレースを経験した歯車ポンプの図面をSolidWorksへ入力する。

「初めてSolidWorksに触れた学生は、その使いやすさ、速さ、便利さにびっくりします。手描きトレースで1年かかった図面が、わずか1カ月半で入力・立体化でき、干渉チェックまでできます。学生からは、『おもしろく勉強できました』という感想をもらっています」と細川先生。

## チャレンジ:

黒沢尻工業高校・専攻科に続いて、2010年、岩手県は、工業科のある9高校すべてに、SolidWorksを11ライセンスずつ導入した。

それでは、教える体制はどのようにして整えるか。

## ソリューション:

県教育委員会は、先生向けの「授業力向上研修」のカリキュラムに「3次元CAD講座」を設け、毎年実施中だ。

さらに、教育委員会管轄下の岩手県総合教育センターにもSolidWorksを導入し、先生向けの研修を始めた。

両方合わせて、工業科の先生は約30名が受講。その結果、9校すべてできちんとした3次元CADの授業が行われている。

「学生はすぐにレベルが上がるので、先生もたゆまず勉強を続けなければならない。講習会は、ポイントをおさえて、短時間で習得できるよう工夫しています」と細川先生は語っている。

## 結果:

- 3次元設計の基本を身につけた、実践力を備えた人材を育成
- 設計を「おもしろく学ぶ」ことができ、アセンブリ構造の理解も深まる
- 卒業制作では、SolidWorksを設計とプレゼンテーションの道具として活用。試作を繰り返し、設計上の失敗を確認し、ものづくりの手順を知るところにSolidWorksを活用することで、学生のものづくりの経験不足をカバーできる
- 考える力と考えたことを具体化する力を伸ばすため、SolidWorks認定プログラムCSWAを1年次期末試験に活用

2年次では、卒業制作で、SolidWorksを縦横に活用する。2年次の最後に、就職先企業の方などを招いて卒業制作の発表会をするが、そのためのプレゼンテーション資料作りも、SolidWorksを使って各自が工夫を凝らす。

卒業制作のテーマは、多くの場合、就職先で使用する装置をイメージした機械づくりだ。何を作るかを自分で考え、SolidWorksで構想スケッチする。詳細設計では、学校にある製造器具だけで作れるデザイン・構造にすることも考慮しなければならない。廃材探しを含めて自分で材料を調達し、土曜日曜も学校へ通って製作・試作して、作り直しを重ねる。

たとえば、プレス加工会社への就職が内定した学生は、型抜き用小型プレス機を製作した。

薄い金属板を差し込むと、キャラクターの顔を型抜きするプレス機を1人で作ったのだ。キャラクターのデザイン形状によっては、250kgのエアの力が分散して穴が打ち抜けないので、金型のデザインを何度も作り直した。

また、製薬会社への就職が内定した学生は、遠心分離機を製作した。

飽和状態を超えた塩水を高速回転させて脱水し、塩を取り出す装置である。操作はタッチパネルで行い、制御はPLCで行うが、このプログラムも自分で作成する。試作品完成後、振動が発生し、駆動回路が破損した。設計を見直し、試行錯誤を繰り返し、改良するだけで3カ月かかったが、ついに水と塩の分離に成功した。

「学校でこそ失敗をたくさん経験しておくべき。くやしい失敗の積み重ねが、問題発見と解決能力を育てるのです」と細川先生は言う。

### 期末試験にSolidWorks認定プログラム「CSWA」を活用

SolidWorks認定プログラムも活用している。

2011年からは、1年次の期末試験として、CSWA (Certified SolidWorks Associate) を採用。専攻科は、機械コースも電気コースも、卒業までに全員がCSWA取得を目標にしている。

「企業で技術者として生きていくには、考える力と、考えたことを具体化する力が大切。検定試験のために努力することは、この2つの力を伸ばすうえで役立ちます。また、1年次の最後に、CSWAという明確な評価基準に向けて力を集中することで、2年次の卒業制作に取り組む力もつきます」と細川先生。

2012年暮れ、細川先生は自身で、SolidWorks認定プログラムの最高位であるCSWE (Certified SolidWorks Expert) を取得した。CSWE取得者は日本全体でまだ20人余りであり、教育界では細川先生が初めての快挙である。

「期末試験にCSWAを利用してみてはどうかと考えて、まずは自分で受験してみました。その後、学生の急激なレベルアップに対応するために、CSWP、次いでCSWEまで取得したのです。特にCSWEは、エラー対処や編集に必要とされる、高度なテクニックが試験問題の中に隠されています。CSWEの試験問題から、求められているものは何であるかを読み取っていく過程で、わたし自身の問題解決能力が大きく高まりました」と細川先生。

学生が卒業制作の設計中にエラーにぶつかって進退きわまったときも、「始めからやり直してみなさい」ではなく、問題点を見つけて、的確なアドバイスができるようになったという。

### 岩手県の将来を担う人材の育成が着々と進行中

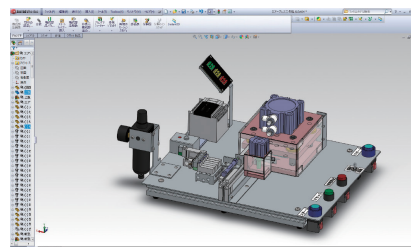
専攻科の卒業生は地元企業からの引く手あまたで、就職率は100%だ。製品データを受け取って治具設計・製作を任されている卒業生もいれば、自動車関係の設計会社に就職内定した学生は、CATIAも追加で学んでいるという。

「地元企業の声に応えて、ものづくりの力の育成が着々と進んでいると感じます。就職先で、『この新人が欲しいと部門間で取り合いになりました』などと言われると、とてもうれしいですね」と、細川先生の顔がほころぶ。

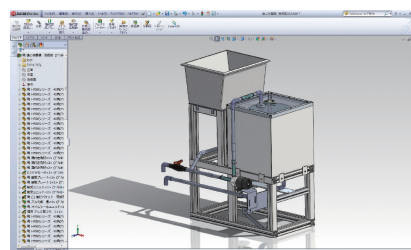
解析については、2012年の夏休み、いわてデジタルエンジニア育成センター<sup>\*</sup>から講師を招いて、2日間の集中講義を実施。「応力が視覚的にわかっておもしろい」と学生の評判もよいことから、今後も続けていく方針である。

<sup>\*</sup>いわてデジタルエンジニア育成センター

岩手県および北上市が、産官学連携による次代のものづくり技術者育成および企業支援を目的に、2009年から運営している組織



卒業制作で学生が作った型抜き用小型プレス機。材料費はわずか10万円程度だが、手を不用意に差し入れると、ランプが点滅して非常停止するしくみも備えている。



卒業制作で学生が作った遠心分離機。プラスチック容器に注いだ塩水を、回転ドラムへポンプで移し替える構造は、製薬会社で実際に使われている遠心分離機と同じにした。



学生たちが取得した「CSWA認定証」が実習室に掲示されている。SolidWorksの認定技術資格が卒業生の実力を示す証として活用され始めている。



専攻科課程 指導教諭  
細川 誠 先生



### 岩手県立黒沢尻工業高等学校

岩手県立黒沢尻工業高等学校(岩手県北上市村崎野24地割19番地)は、1939年創立。本科6学科(機械科、電気科、電子科、電子機械科、土木科、材料技術科)に673名、専攻科2コース(機械コース、電気コース)に18名が在学。部活動も盛んで、ラグビー、バスケットボール、ボクシングなどの強豪校でもある。

<http://www2.iwate-ed.jp/kst-h/>

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

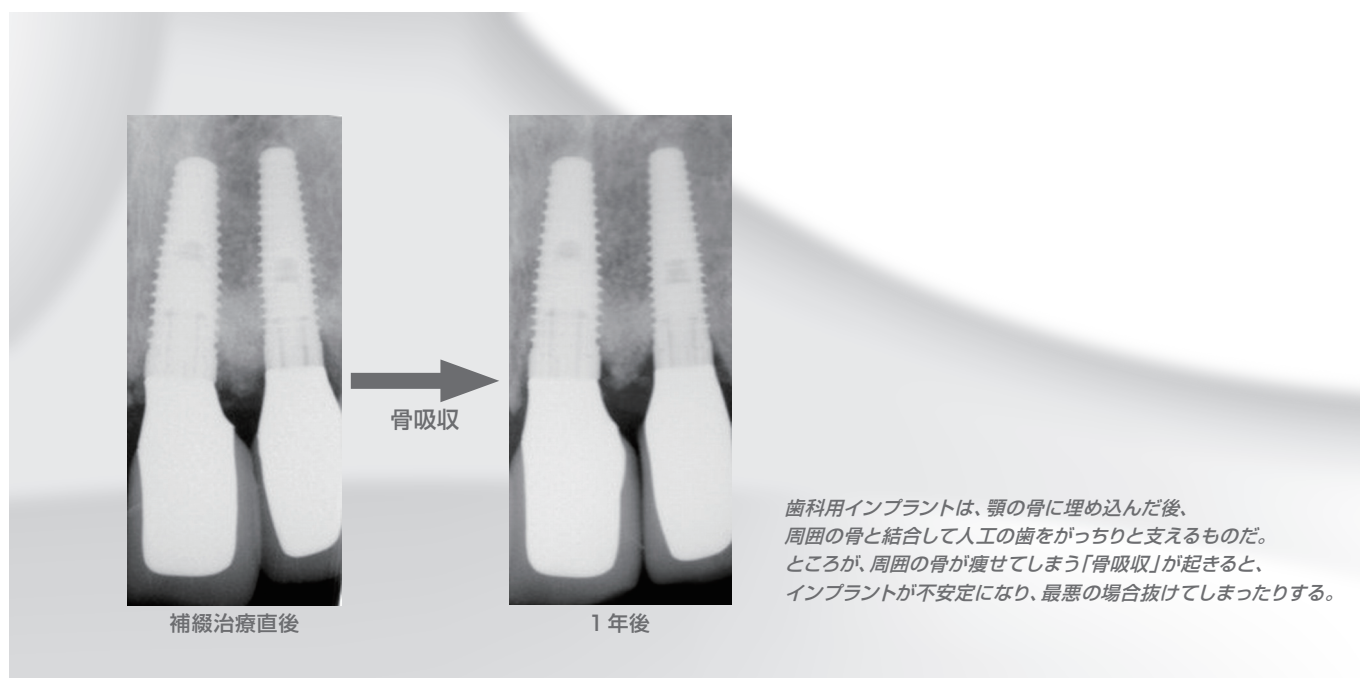
〒108-0022 東京都港区海岸 3-18-1 ピアシティ芝浦ビル  
TEL: 03-5442-4001(代表)  
FAX: 03-5442-6256(代表)  
E-mail: [info@solidworks.co.jp](mailto:info@solidworks.co.jp)  
[www.solidworks.co.jp](http://www.solidworks.co.jp)





# 大阪大学大学院歯学研究科 顎口腔機能再建学講座 歯科理工学教室

歯科用インプラントの力学的解析にSolidWorks Premiumを活用 歯学領域での世界最先端のバイオメカニクス研究に大きな成果



歯科用インプラントは、顎の骨に埋め込んだ後、周囲の骨と結合して人工の歯をがっちり支えるものだ。ところが、周囲の骨が痩せてしまう「骨吸収」が起きると、インプラントが不安定になり、最悪の場合抜けてしまったりする。

大阪大学大学院歯学研究科の歯科理工学教室では、バイオメカニクス(生体工学)の研究を支援するツールとして、SolidWorks Premiumを活用している。人工の歯の土台となる歯科用インプラント(人工歯根)の解析に際しては、デザインの差異によって、周囲骨に及ぼす応力が大きく異なることを見出し、歯学の発展に寄与する画期的な研究として内外から注目されている。

## 歯工連携のアプローチ「バイオメカニクス」

大阪大学歯学部は、1951年、「国立総合大学で最初の歯学部」として設立された。さらに同大学大学院歯学研究科は、1960年の設立以来、優れた研究者や指導的な歯科医療人を輩出している。

「大阪大学大学院歯学研究科の中でも、歯科理工学教室は、歯学部誕生と同時に設置された歴史ある講座。従来からの歯科材料・器械に加えて、バイオマテリアル、バイオエンジニアリング、バイオメカニクスの分野へも研究領域を拡大し、顎口腔組織の再建と機能回復のための新しい材料と技術の開発を日々進めています」と、同教室を率いる今里聡教授は紹介する。

バイオメカニクス(生体工学)とは、生物の構造や運動を力学的に探究し、その成果を臨床に応用することを目的とした学問で、学際的なアプローチといえる。

「たとえば、高齢者が長生きするようになって、『歯が割れる』という問題がクローズアップされています。むし歯、歯周病に次ぐ、第3の歯の病ですね。バイオメカニクスは、こうした現象を解明することで、予防・診断・治療をより効果的に進めることのできる基礎系研究として大きく期待されているのです」と今里教授は語る。

同教室において、バイオメカニクス関連の研究に取り組んでいるのが、山口哲講師だ。

山口先生は、明石高専専攻科で機械・電子システム工学を専攻し学士(工学)を取得したが、より広く社会に貢献できる研究を求めて、バイオメカニクスの分野に身を投じた。大阪大学大学院基礎工学研究科で博士(工学)の学位を取得しつつ、手術シミュレーション等の研究に携わっていたところ、その手腕を買われ、現在の歯学研究科に移籍した。

「機械工学と大きく異なるのは、人間は老化するにつれ生体組織の構造そのものが変わっていくなど、実際の実験が困難な要素が非常に多いこと。コンピュータ技術、特に解析の役割がきわめて重要です」と山口先生は言う。しかしこの臨床現場を支える技術の革新は、山口先生が高専出身だからこそできた歯工連携でもある。

## 骨吸収の発生を防ぐための基礎系研究にSolidWorksを利用

2009年、歯科理工学教室は、インプラントデザインの力学的解析をするために、教育機関研究開発用SolidWorks Premiumを1ライセンス導入した。

歯科用インプラントは、失ってしまった歯根のかわりに顎の骨に埋め込み、人工の歯の土台と

## チャレンジ:

インプラントの市販製品は、各部のデザインも大きさも多種多様であるため、どの構成要素が骨吸収に影響を与えているのか、定量的に比較評価することがむずかしい。

また、メーカーは寸法や仕様を公開していないため、解析するための製品データは、ゼロから作らなければならない。

## ソリューション:

使いやすいSolidWorksの採用により、「基本形状は同一で、一部分だけが異なるモデル」を短時間で、系統立てて多数作ることができ、解析もすばやく繰り返せた。その結果、インプラントの3つの部品を分け、構成要素ごとに影響を比較する解析ができたのである。

山口先生は、「SolidWorksがなかったら、膨大な時間をかけたうえで、結論に到達できない可能性もありました」と振り返る。

## 結果:

- 2次元やSTLデータと異なり、「現実を精密に再現したモデル」を使って解析することに成功
- データ変換、モデリング、メッシュ切りに膨大な時間をかけることなく、データ量が少なく解析しやすい3次元モデルを、短時間で系統立てて作成し、短時間で解析できた
- インプラントの力学的影響を、部品別・構成要素別に評価できた。これは世界初の快挙
- モデリング・解析の時間が短縮できた分、考察・研究を進める時間を確保できた

する金属製の装置だ。チタン製のものが多く、本来は、周囲の骨と結合して上部の人工の歯をがっちり支える。しかし、周囲の骨が痩せてしまう「骨吸収」が起きると、インプラントが不安定になり、最悪の場合抜けてしまう。山口先生は、「インプラントのデザインの差異によって、周囲骨に及ぼす応力が異なり、それが骨吸収に影響するのではないか」という仮説を立て、当時大学院生だった山西康文さんとその検証を開始した。

インプラントは、ねじ状のインプラント体の上に、人工の歯を支えるアバットメントを載せ、両者の中心をスクリーンで留めるのが基本構成だ。

「従来の2次元解析では、アバットメントとインプラント体を一体のものとするなど、非常に簡略化したモデルしか使えないため、現実を十分に模倣できていませんでした。デザインの差異を理論的に評価できるような精度の高い解析には、3次元モデルが不可欠だったのです」と山口先生。メーカー各社は、サイズや仕様を公開していない。そこでまずは、実物をマイクロCTスキャナで撮影し、3次元スキャンデータをSTLデータに変換したうえで、解析ソフトで解析することにした。しかしこの方法には2つの大きな問題があった。ひとつは、データ変換、モデリング、メッシュ切りに大変な時間と手間がかかること。もうひとつは、STLデータは、解析モデルのデータ量が膨大になることだ。解析を収束させるには、モデルを簡略化しなければならず、そこでまた膨大な時間をとられる。

「やり方を根本的に変えて、3次元CADでインプラントのモデルを作成しようと考えました。3次元CADなら、カーブ形状まで精密に表現した『現実に近いモデル』が作成できるうちに、データ量は大幅に削減でき、解析しやすい」と山口先生。

3次元CADおよび解析ツールとしてSolidWorksを選択したのは、「歯科領域では最もメジャーなデザインツール」（今里教授）という認識があったからだ。山口先生も、ちょうど2009年、米国で開催された歯学領域では世界最大の国際歯科研究学会（International Association for Dental Research）の年次大会に出席したが、発表に使われているツールは、どの国もSolidWorksばかりだったという。

「SolidWorksはユーザインターフェースが優れており、直観的な操作で、3次元モデル作成から解析まで一気に到達できます。特に、メッシュ切りのところで壁にぶつかっていた学生が大喜びしました」と山口先生はにこやかに語る。

### インプラントの構成要素ごとの応力影響可視化に成功

山口先生は、インプラント製品をノギスで測り、ISOやJISの規格データと照合したうえで、SolidWorksに入力し、3次元モデルを作った。日本人の平均的な顎形状を参考に下顎のSolidWorksモデルを作成した。

「最近、STLデータからCADへの変換には、SolidWorks PremiumのScan To 3D機能を利用します。解析しやすい高精度なモデルが簡単に作れてとても便利」と山口先生は語る。

解析の結果、インプラントのデザインによって周囲骨の応力分布が大きく異なることを、一目瞭然の画像で示すことができた。骨吸収のリスクが低い優れたデザインは、どのようなタイプであるかも検証できた。

「インプラントの構成要素ごとの影響を比較し、アバットメントの変位量を評価することが可能になったのはきわめて画期的なこと」と山口先生は強調する。

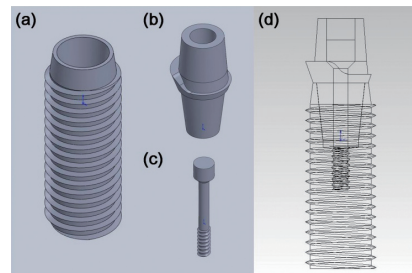
SolidWorksは、モデル作りの時間短縮にも大きく貢献した。半年かかると想定していた解析が、1カ月で完了したのである。

「それ以上に大切なのは、解析にかかる手間が減った分、解析結果を検討し、考えをさらに深める時間を確保できたことです。どのようなデザインが患者さんのためになるのか、指標を提示するための道も見えてきました」と山口先生は語る。

インプラントデザインの力学的解析は、世界中の研究者、歯科医師、インプラントメーカーから注目されている。山口先生が指導した大学院生の山西康文さんは、日本口腔インプラント学会における発表で、デンツプライ賞を受賞した。さらに、この成果は歯科材料学分野で世界的に著名な英文雑誌「Dental Materials」に掲載された。

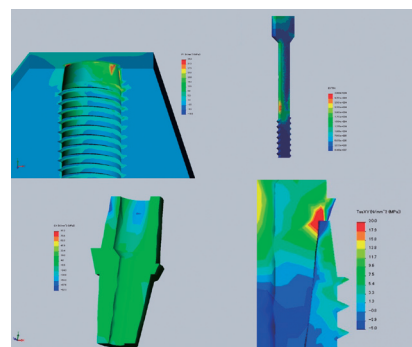
山口先生の挑戦は続く。SolidWorks Simulationを導入して、疲労や熱伝播の解析をすることも検討中だ。

「まずは臨床で起こっている現実を科学的かつ正確に把握すること。そこから、どのような対処をすればいいのか検討することで、解決策も見えてくると思うのです」と、山口先生は新たな課題の解明に向けて、目を輝かせている。



インプラントは、(a) インプラント体、(b) アバットメント、(c) アバットメントスクリーンで3つの部品で構成される。(d) は組み立てたところ。

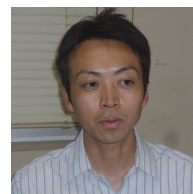
解析は、アバットメントがインプラント体の外に出るエクスターナルタイプ、中に入り込むインターナルタイプ、そして、インターナルタイプだがアバットメントにテーバー（円錐状の傾き）がついているものの3種類のモデルで行った。図はテーバーがついているものを示す。



最大主応力、せん断応力、アバットメントスクリーンの歪みなど、さまざまな要素を解析して比較した結果、3種類のモデルの中で、エクスターナルタイプが、周囲骨に加わる応力が小さい一方、アバットメントの変位量大きいデザインであることが解明された。



顎口腔機能再建学講座  
歯科理工学教室  
教授  
博士(歯学)  
今里 聡先生



顎口腔機能再建学講座  
歯科理工学教室  
講師  
博士(工学)  
山口 哲先生



### 大阪大学大学院歯学研究科 顎口腔機能再建学講座 歯科理工学教室

大阪大学（本部：大阪府吹田市山田丘1番1号）は、1931年設立の国立大学。同大学歯学部は、国立総合大学で最初の歯学部として設立された。同大学大学院歯学研究科は、1960年設置。国際的にも有数の歯学教育・研究診療機関。  
<http://www.dent.osaka-u.ac.jp/>

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒141-6020 東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower  
TEL: 03-4321-3600 (代表)  
FAX: 03-4321-3601 (代表)  
E-mail: info@solidworks.co.jp  
[www.solidworks.co.jp](http://www.solidworks.co.jp)



# 東北大学 Windnauts

鳥人間コンテスト2年連続優勝を果たしたサークル・チーム 3次元、治具、解析の活用で機体製作の精度が大きく向上



東北大学Windnautsの部員が製作した人カプロペラ機「翠」号の試験飛行風景。  
2012年7月に開催された鳥人間コンテスト選手権大会「人カプロペラ機ディスタンス部門」で、  
14km余りを飛んで優勝した。

2012年、第36回 鳥人間コンテストで優勝したのが、東北大学のサークル「Windnauts」(ウィンドノーツ)だ。SolidWorksによる3次元設計を取り入れ、発泡スチロールのかたまりを高精度に切り出すやり方を工夫。100分の1ミリの精度が飛距離に影響を及ぼすと言われる人力飛行機の世界において、製作精度を飛躍的に向上させることに成功した。

## 16回出場して4回優勝経験を持つ強豪チーム

鳥人間コンテスト選手権大会(以下、鳥人間コンテスト)は、琵琶湖を舞台に、人力で飛ぶ飛行機の滞空距離と飛行時間を競う競技会である(読売テレビ主催)。2012年の鳥人間コンテストの「人カプロペラ機ディスタンス部門」において、14129.34mの飛距離を出して、二連覇を成し遂げたのが、東北大学のサークル「Windnauts」である。

1997年、第21回大会に初出場して以来、連続16回出場してきた。そして、2006年・2008年・2011年・2012年の合計4回、優勝を獲得した強豪チームである。特に2008年は、3万6000m(36km)という大会史上最長記録を出し、この記録は現在に至るまで破られていない。入部動機や製作への思いは1人1人異なるが、目指すはひとつ、その年の優勝と、大会最長記録の更新である。

## 勝因は製作期間短縮、機体品質向上、製作精度向上と、パイロットの努力

部員は総勢50～60人。翼、フェアリング、コックピット、プロペラ、電装、操舵、駆動という7つの班に分かれて製作に取り組む。鳥人間コンテストは毎年7月に開催されるため、製作を一度経験した「2年生の夏から3年生の夏にかけて」が、活動の正念場だ。

2012年の強さのポイントについて、当時の部長だった郷内稔也さんは、試験飛行を繰り返せたことが大きいという。

「風の影響を読んだり、パイロットの操縦技術を高めるためにも、試験飛行が重要であり、2カ月間は確保したい。2012年は設計・製作を前倒しで進めて、5月半ばに機体が完成できたため、試験飛行を着実に行うことができました」。

また、フェアリング班の設計を担当した西城大さんは、勝因を、(1)機体性能の向上、(2)製作の精度向上、(3)パイロットの質の向上であると語った。

たとえば(3)パイロットは、トライアスロンの選手並みに厳しいトレーニングを重ね、構造を理解するために製作にも携わった。さらに、飛行理論などの専門書も読んで研究した。

## フェアリング設計と駆動部の改良にSolidWorksを活用

そして、設計・製作の期間短縮と、(1)機体性能の向上、(2)機体製作の精度向上に貢献したの

### チャレンジ:

フェアリングは、パイロットとコックピットを風の抵抗から守るカバー部分である。空気抵抗を高度にコントロールしなければならない部位であり、空気力学の勉強の成果を活かしてこだわりの設計をしてきた。しかし従来は2次元CADで設計していたため、複雑な形状を製作者に細かく伝達することができず、完成度が人によって異なっていた。設計と出来上がりに誤差が生じていたのである。

### ソリューション:

2012年は、SolidWorksで3次元設計し、さらに断面形状を正確に切るための「トントン治具」を作った。

トントン治具を使うことで、発泡スチロールのかたまりから正確な立体形状を一気に切り出すことができるようになり、設計の再現性を飛躍的に向上させることができた。また、フェアリング部品の製作時間短縮にもつながっている。

### 結果:

- 3次元設計でフェアリングの正確な形状を立体的に把握
- 正確な断面切りを可能にする治具を開発して、製作の精度向上
- 治具活用でフェアリング部品の製作時間短縮。試験飛行の時間を十分に確保できる遠因ともなった
- 流体解析でフェアリングの空気取り入れ口を工夫して機体性能向上
- 応力解析でドライブシャフトを改善して機体性能向上

がSolidWorksである。

SolidWorksを使ったのは、フェアリング班と駆動班だ。

フェアリングは、パイロットを風の抵抗から守るカバー部分であり、いくつかの部品に分けて、発泡スチロールで作る。設計は、空気力学を研究して、空気の流りに細部までこだわって精度を上げる。

ところが従来は2次元CADで設計していたため、中に人間が入るだけのギリギリの空間を持たせた複雑な形状を、三面図を使って製作者へ正確に伝達するのはむずかしく、人によって完成度が異なっていた。

そこで2012年は、フェアリングをSolidWorksで3次元設計し、さらに、「トントン治具」と呼ばれる製作補助ツールも新開発した。

「3次元データから断面図を作り、紙に出力して厚紙に貼り、外形線に沿って切り取って、型を作ります。この型を2つ、1kg～2kgの発泡スチロールのかたまりの両端に当て、熱い電熱線を渡すことで、発泡スチロールを溶かしながらトントンと切っていくのです。仕上げはヤスリで、100分の1ミリの精度まで正確に、滑らかな曲面を出していきます」と、2013年フェアリング班の大屋慶さんは、説明してくれた。

トントン治具を使うことで、発泡スチロールのかたまりから正確な立体形状を一気に切り出すことができるようになり、設計の再現性は飛躍的に向上した。フェアリングの製作時間短縮にもつながった。

「3次元が2次元と違うところは、複雑な形状の『すべての断面』を正確に把握できること。3次元だから空力も把握しやすい」と西城さんは言う。

適度な風をパイロットに当てるためには、SolidWorksの流体解析も利用した。空気を入れないとフェアリング内部が温室状態になるが、入れすぎると機体全体の空気の流れが悪くなる。流体解析でシミュレーションしたうえで、いままでとは異なる位置に、異なる形状の空気取り入れ口をつけた。

一方、駆動班は、応力解析を活用している。

駆動部とは、パイロットが漕いで出す力をプロペラまでつなぐ構造のこと。基本は、ドライブシャフトとギアボックスの組み合わせだ。去年の部品をもとに、細くしたり、中の空洞部分を大きくして厚みを削ったり、ところどころに穴を開けるなど、さまざまな軽量化のアイデアを練り、強度をシミュレーションしてチェックする。

「ドライブシャフトは作り直しができないので、一発で完成品を作らなければなりません。SolidWorksがなければ、毎年改良していくのは不可能です」と、2013年駆動班の荒井雄貴さんは言う。

### 独学と先輩のアドバイスだけで解析までこなす

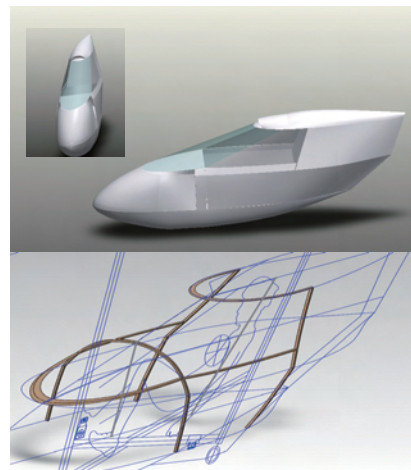
東北大学の機械知能系を中心に、SolidWorksを1,000ライセンス導入済みである。しかし、SolidWorks操作を授業で使うのは学科や履修科目によって異なり、1年生、または3年生後期以降で使用する場合もある。またWindnautsには、機械知能・航空工学科以外の学生もたくさんいる。したがってWindnautsの設計担当者はいずれも、1年生で初めて3次元CADというものに触れ、独学によって操作を習得し、解析までこなすに至っている。

「SolidWorksの操作はそれほどむずかしくありません。メッシュ切りも自動化されているので、短時間でいろいろな解析を試せて便利。駆動部は、計算上のトルクをもとに安全率まで計算しています」と荒井さん。

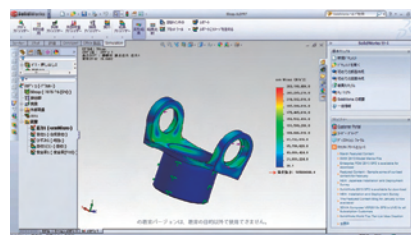
2013年フェアリング班の重田峻輔さんも、「思いついたアイデアをすぐ形にして、ほかの人に説明できるのが良い。頭の中に浮かんだイメージを3次元化してみると、これではパイロットが乗り込む動作ができないといったことがすぐにわかります」と語る。

2013年の部長は、岩清水結香さんだ。女性で、しかも工学部ではないが、「チーム運営のレベルは、飛行機の完成度にそのまま反映します。中心になって動けるのが20～30人という少数精鋭体制で、いかにスケジュールを着実に踏んでチームをまとめていくか、思い切った改革も必要だと思っています」と頼もしい。

今年の夏のみならず、Windnautsの面々がこれからもさまざまな「飛翔」をしていくために、SolidWorksはさらにさまざまな角度から役立っていくに違いない。



パイロットを風の抵抗から保護するフェアリング。いままではコンパクト化・軽量化を追求してきたが、最近では、前後方向に細長く、高さを低くして、空気がきれいに流れることを重視して設計している。



駆動部設計では、前年の部品をもとに、より軽量化する工夫を重ねる。試作レスで、一回で完成品を作り上げるために、SolidWorksの応力解析を活用して、信頼性をチェックしている。



2012年の試験飛行に集結したWindnautsの面々。現役部員も先輩も、それぞれが「自分が飛ぶ理由」を持っており、徹夜仕事にも楽しく意欲的に取り組んでいる。

### 東北大学 Windnauts

Windnauts(ウィンドノーツ)は、東北大学・川内キャンパス(宮城県仙台市青葉区川内)の部室を中心に活動する、鳥人間コンテスト出場を目的とするサークル。1993年設立。

なお、東北大学機械知能系では、2008年からSolidWorksを1,000ライセンス導入し、研究教育活動に関して、SolidWorksを自由に活用できる環境を整えている。

<http://www.windnauts.sakura.ne.jp/>

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022 東京都港区海岸 3-18-1 ピアシティ芝浦ビル

TEL: 03-5442-4001(代表)

FAX: 03-5442-6256(代表)

E-mail: [info@solidworks.co.jp](mailto:info@solidworks.co.jp)

[www.solidworks.co.jp](http://www.solidworks.co.jp)

