

3Dプリンターで、場所によって 透明度や硬さの違うゲルを 作り出す技術

山形大学

学術研究院（大学院理工学研究科主担当）

機械システム工学専攻

教授 古川 ヒデミツ

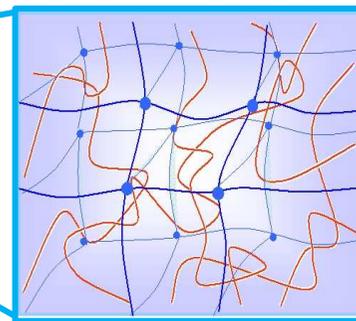
2022年8月2日

ソフトでウェットな材料「ゲル」



液体のようで固体の状態を保つゲル

例) 豆腐、エコーゼリー、臓器



高強度ダブルネットワークゲルの
網目構造

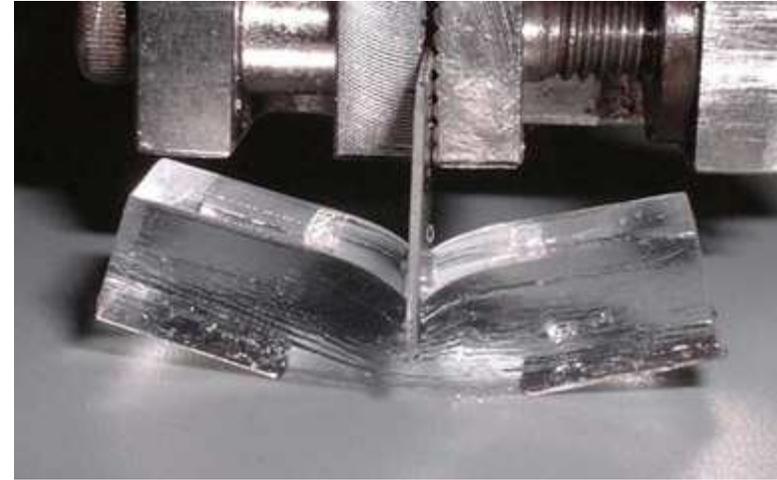
背景：高強度ゲル

従来のゲル



含水率:90-95%
破断応力:0.1-1MPa

ダブルネットワークゲル
(DNゲル)



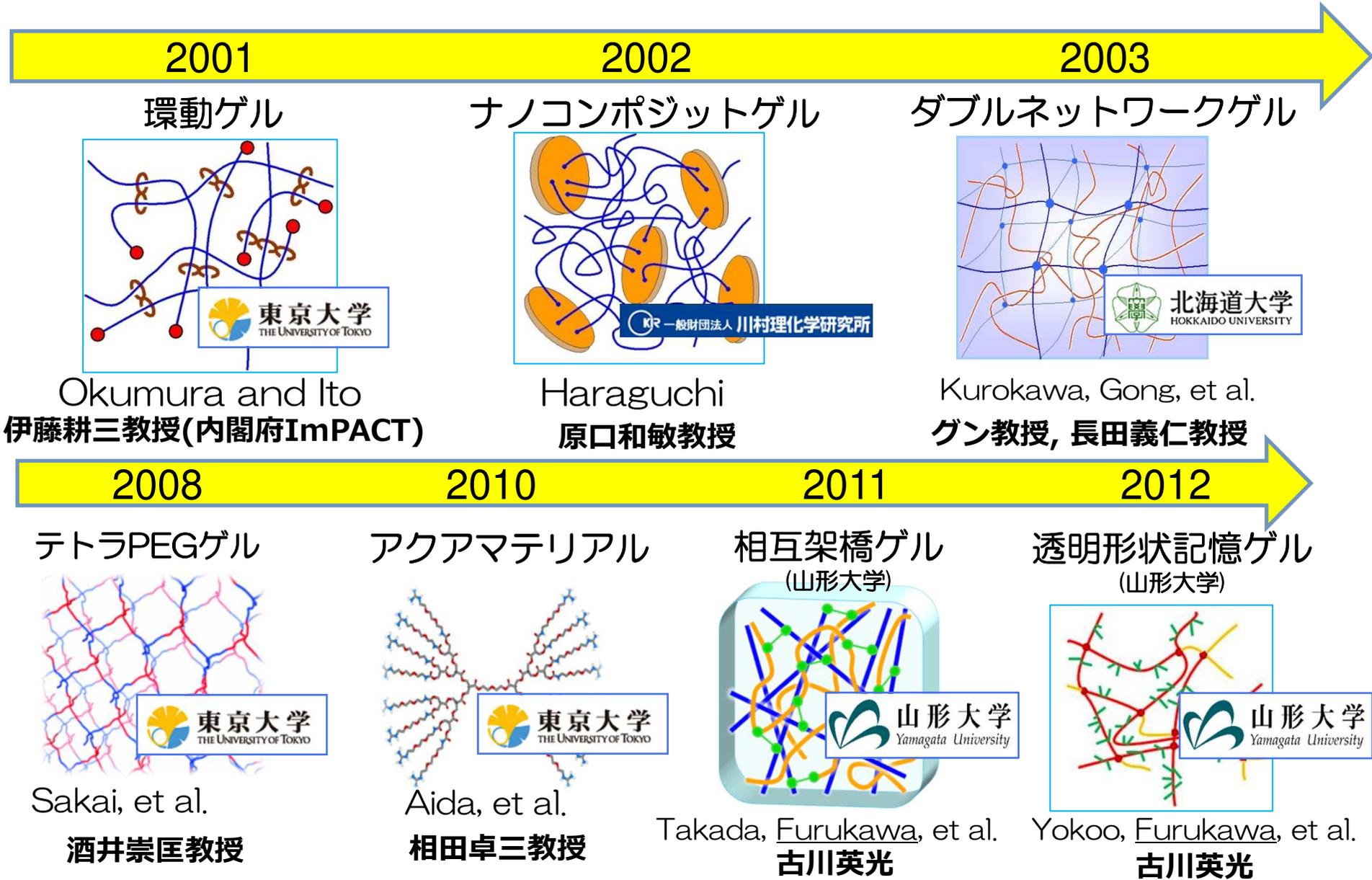
含水率:90%
破断応力:10-40MPa

大量の溶媒を含みながらもゴムや生体軟骨に
匹敵する強度をもつゲルの創製に初めて成功！

高強度ゲルを活かした、新しい機能性材料の研究がブームになった。

Gong, J. P.; Katsuyama, Y.; Kurokawa, T.; Osada, Y. *Adv. Mater.*
2003, 15, 1155.

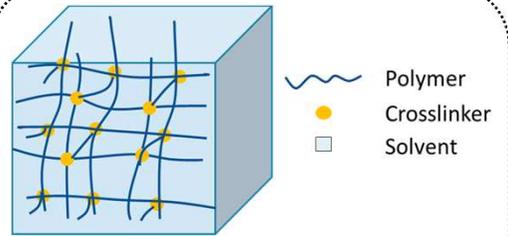
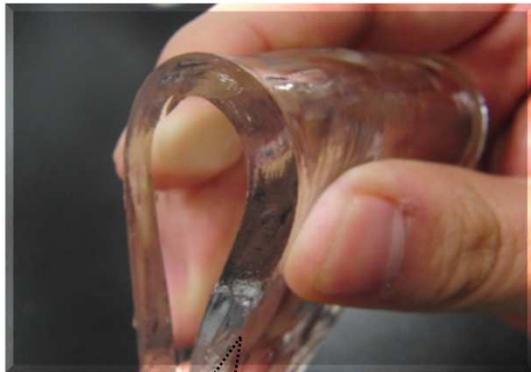
高強度ゲル研究は日本が圧倒的にリード



ソフトマター・ゲルのノーベル賞を日本から出す。キーは実用化!

優れた柔軟材料 - ハイドロゲル

ハイドロゲル は内部に三次元網目構造を持つ高強度かつ柔らかい材料



Network structure
increases gel strength

Material advantages

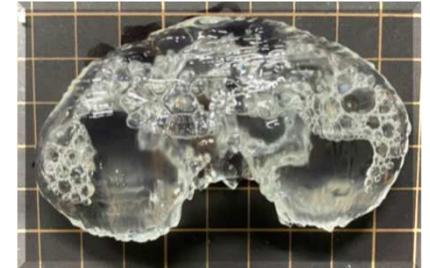
■ 高含水率

- ✓ 親水性と疎水性の調整で制御可能
- ✓ 液体駆動に適用可能



■ 生体適合性

- ✓ 人体に適用可能 (毒性が低いゲル)
- ✓ 人工臓器として医学分野への応用

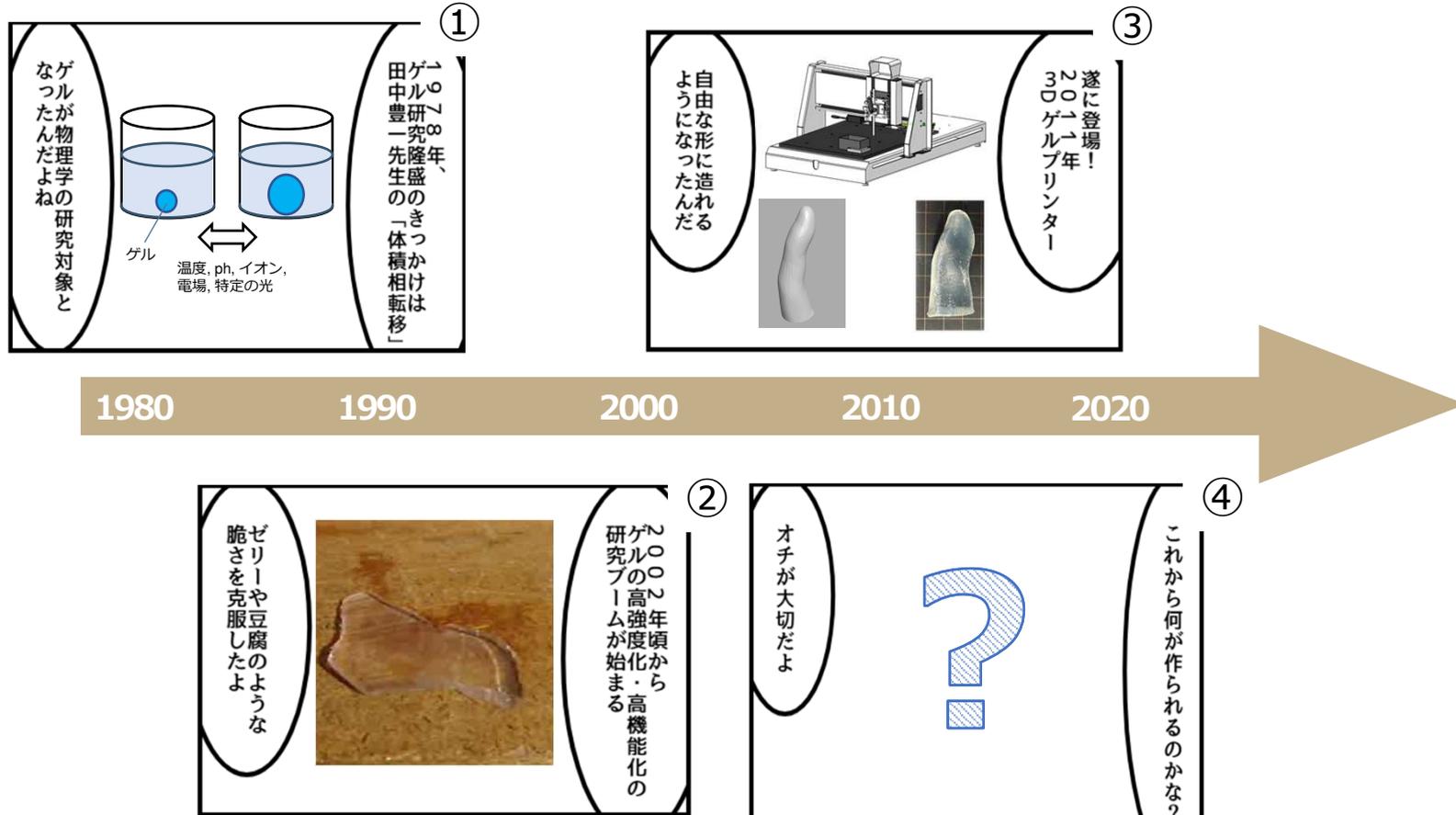


■ 人体に近い感触

- ✓ ソフトロボットや生物模倣に使用可能



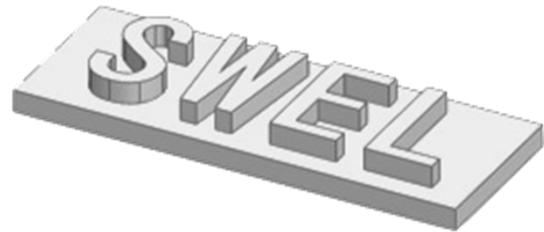
3Dゲルプリンターは新参者



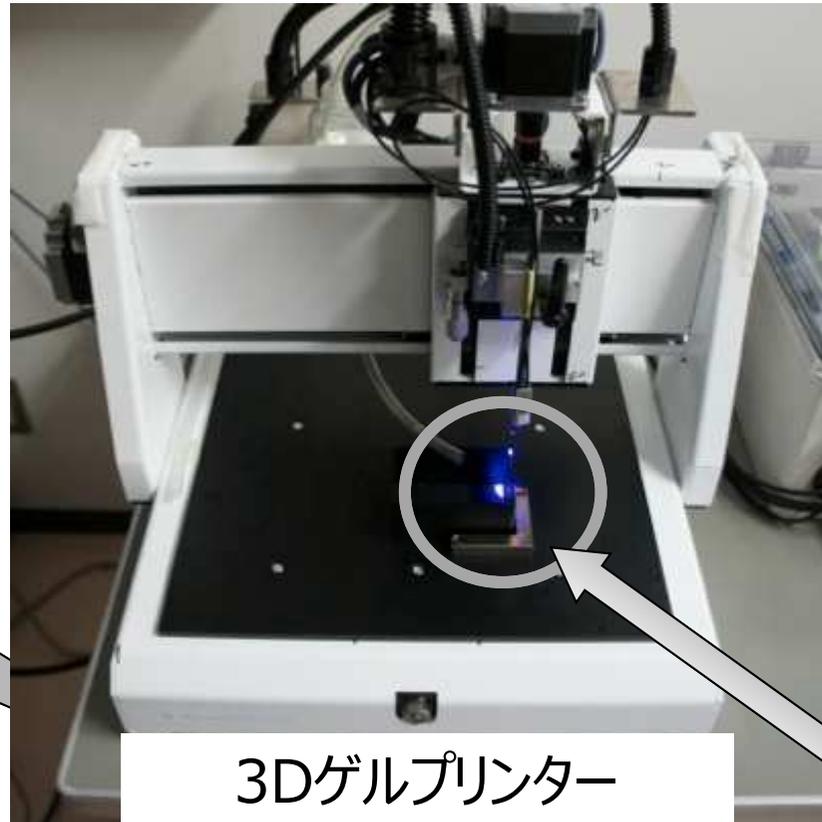
渡邊洋輔氏作成。

吹き出しは<https://mangadown.netlify.app/>のアプリを利用

世界初! 3Dゲルプリンターで造形



3D-CADデータ



3Dゲルプリンター

革新的ブレークスルー技術!



高強度ゲル

先進的ゲル材料の
自由造形が可能な
世界初の3Dプリンタ

UV照射部分のみゲル化!

化学×機械

- 造形モデルは3D-CADソフトで作製
- 型では作れない複雑・中空構造を迅速造形
- 山形大学で開発された先進的ゲル材料の3D自由造形が可能

科学技術への顕著な貢献 2013 (ナイスステップな研究者)

ふるかわ ひでみつ

○古川 英光 山形大学大学院 理工学研究科 機械システム工学分野 教授

産学連携で世界最先端のゲル材3Dプリンタの開発

報道発表



科学技術への顕著な貢献 2013
(ナイスステップな研究者)

科学技術・学術政策研究所(所長 榊原裕二)では、科学技術の振興・普及において顕著な貢献をされた9組10名の方を「ナイスステップな研究者」として選定しました。

科学技術・学術政策研究所では、2005年より科学技術の振興・普及への顕著な貢献をされた方々を「ナイスステップな研究者」として選定しております。

2013年は、科学技術・学術政策研究所の調査研究活動や専門家ネットワーク(約2,200人)への調査を通して明らかとなった研究者の業績について、特にその成果が顕著であり、科学技術の振興・普及に貢献している注目すべき9組10名を選定しました。

これらの方々の活躍は科学技術に対する夢を国民に与えてくれるとともに、我が国の科学技術の向上に貢献するものであることから、ここに広くお知らせいたします。

ふるかわ ひでみつ
○古川 英光 (45歳)

山形大学大学院 理工学研究科機械システム工学分野 教授
ライフ・3Dプリンタ創成センター長

産学連携で世界最先端のゲル材 3D プリンターの開発

従来から 3D プリンターには、材料を溶かし、積層して造形する積層型、材料を光で固めて積層し造形するインクジェット型などの方式がありました。古川氏は、東京の精密加工会社と共同で、液体材料を光で固めて造形するバスタブ型の 3D ゲルプリンター(ゲル造形技術実証装置)を開発しました。ゲル材 3D プリンターは、医療分野はもとより、将来、美容・食品分野などへの応用も期待されています(図1)。



古川 英光 氏

古川氏は、人体そのものがゲルであることから、軟骨などの再生医療や人工血管、脳動脈瘤手術の検証モデルなど、医療分野におけるゲル素材の可能性を追求しており、機能性ソフトマテリアルとして期待される高強度ゲルの開発などで実績をあげていました。しかし、高強度ゲルは、簡便に評価・製造する方法がないことが、普及の妨げとなっていました。そこで、古川氏は、ゲル素材を普及させる手段として、ゲルの製造及び評価装置の必要性を感じ、これらの開発に貢献しました。

ゲルは、内部に高分子の 3 次元網目構造を持つことにより、多量の溶媒を吸収します。したがって、この 3 次元網目構造を解析することは、ゲルの特性を把握、管理する上で非常に重要な要素となります。古川氏は、まずゲル専用のオリジナル工学解析装置(走査型顕微光散乱、Scanning Microscopic Light Scattering:SMILS)を開発し、これにより、レーザー光を微量の試料に照射し、その散乱光に適切な統計処理を行うことにより不均一な構造を持つ試料でも、分子網目サイズ分布を非破壊で簡便かつ定量的に求めることが可能となりました。さらに、この方法を利用して、ゲルの内部構造を 3D スキャンする装置のプロトタイプも開発しました。

また、古川氏は、サンアロー株式会社と連携して、ゲル製造装置の開発を行



図1: 3Dゲルプリンターから広がる未来のものづくり

い、ゲル前駆体を粉末化した後、光ファイバにより導光した紫外線(UV)レーザーにて局所的にUV架橋することにより、金型不要で高強度ゲルを自由な形状に製作する新たな技術の開発に成功しました(図2)。現在、このゲル造形技術実証装置(3Dゲルプリンター、Easy Realizer for Soft and Wet Industrial Materials:SWIM-ER)を活用し、手術前検証用臓器モデル、研究用人工血管、細胞培養用足場の商品化が計画されています。

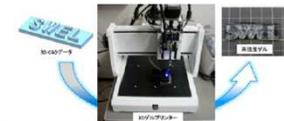


図2: 3Dゲルプリンターの試作機。3D-CADで描いた3Dデジタルデータから、描画したデータどおりの高強度ゲルを3D自由造形できる。

古川氏は2013年6月に、3Dプリンター先端技術のグローバル研究開発拠点として山形大学ライフ・3Dプリンタ創成センター(LPIC)を発足し、センター長に就任しました。10月には「革新的イノベーションプログラム(GOI STREAM)」公募に関し、トライアル型GOIのサテライト拠点として採択されました(拠点名:「感性に基づく個別化循環型社会創造拠点一有機3Dプリンターシステム拠点」)、古川氏はサテライトの研究リーダー。今後、3Dプリンターの最先端拠点として更なる発展が期待されています。

また、古川氏は、開発成果を分かりやすく伝えるための地元高校や地域との連携活動なども積極的にを行っています。

経歴

略歴

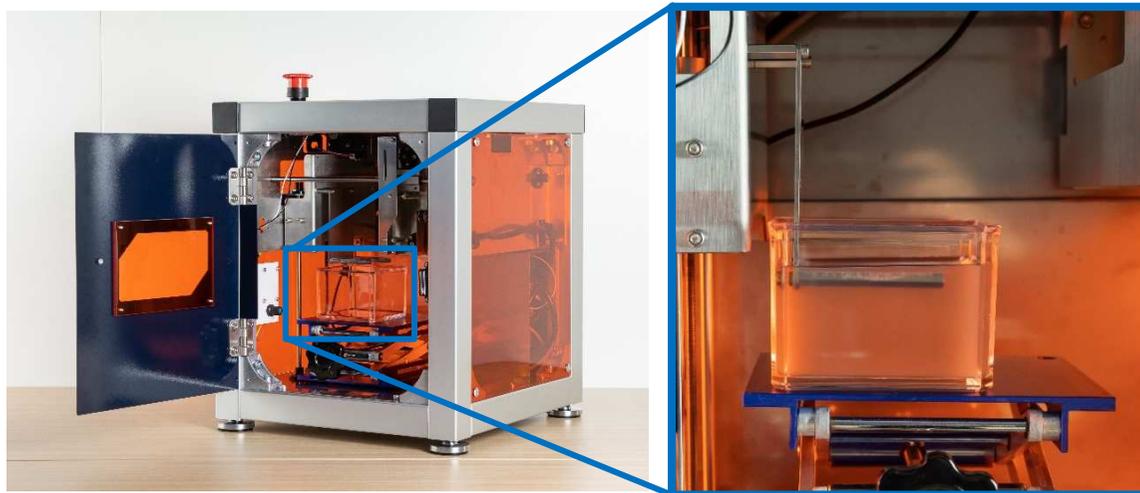
- 1991年 埼玉大学 理学部物理学科 卒業
- 1996年 東京工業大学大学院 理工学研究科物理学専攻 博士課程 修了
- 1996年 東京工業大学 工学部高分子工学科 助手
- 2002年 東京農工大学 工学部有機材料化学科 助手
- 2004年 北海道大学大学院 理工学研究科生命科学専攻 助教授
- 2009年 山形大学大学院 理工学研究科機械システム工学分野 准教授
- 2012年 山形大学大学院 理工学研究科機械システム工学分野 教授
- 2013年 // ライフ・3Dプリンタ創成センター(LPIC)長

主な受賞歴

M&M 若手研究者のための国際シンポジウム(日本機械学会) 優秀講演表彰(2010年)
平成22年度 科学計測振興会賞

<個別取材などのお問合せ先>
遠藤 みどり
山形大学 工学部広報室 主任
TEL: 0238-26-3419
FAX: 0238-26-3777
E-mail: koukoho@jm.kj.yamagata-u.ac.jp

バスタブ方式3Dゲルプリンター開発



GelPiPer™

装置本体の大きさ・重さ

横幅：380mm

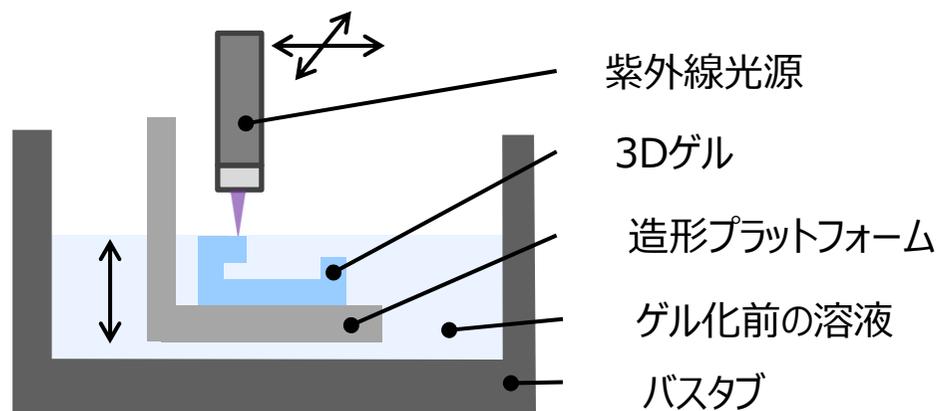
奥行き：355mm

高さ：430mm

重さ：約22kg

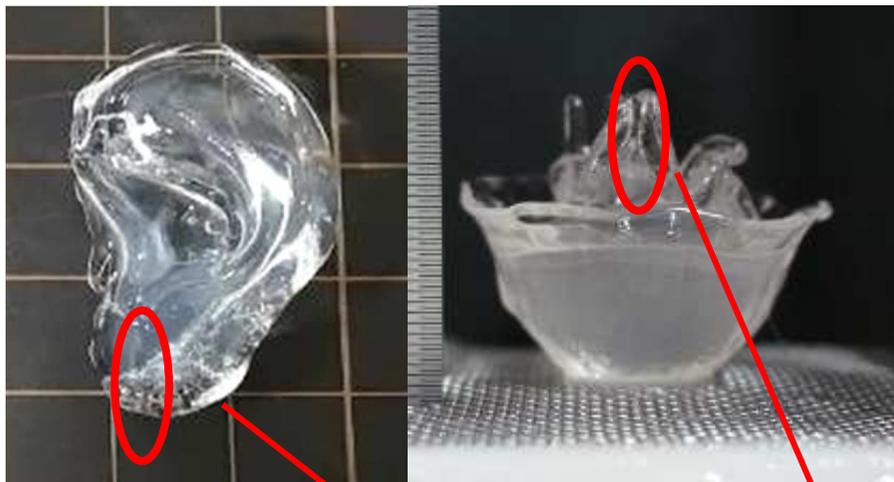
造形方法：低出力レーザーによる光硬化・バスタブ方式

そのほか：AC100V



知財化済み

バスタブ方式で、 場所によって柔らかさを変える



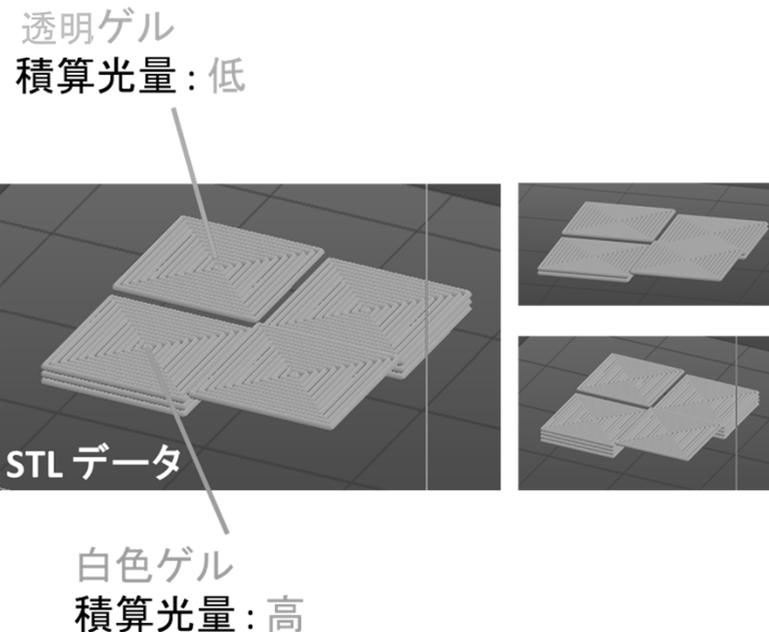
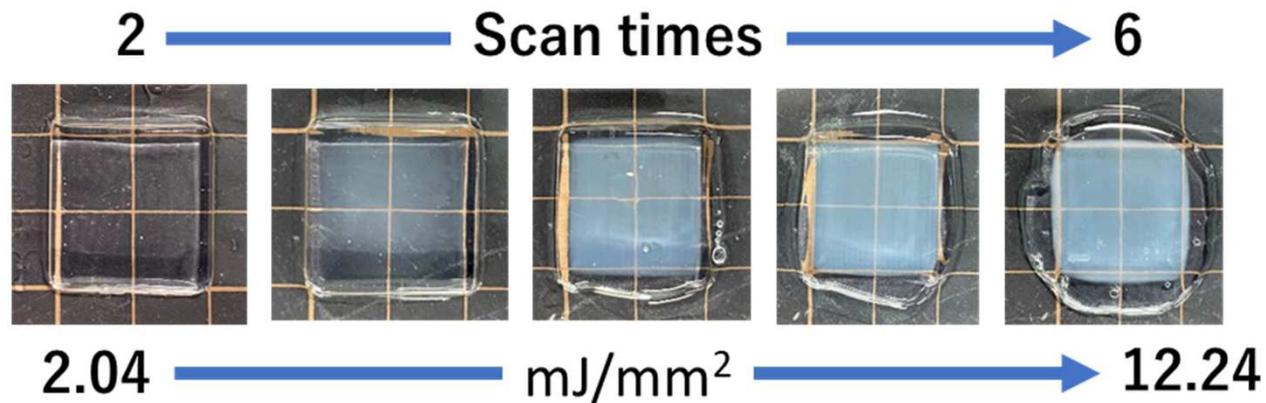
バスタブには、1つの材料を充填

→複数の材料を使用せずに
場所によって特性を変えたい

例えば、耳たぶだけ、クラゲの足だけ を柔らかくしたい

新機能を追加する新技術

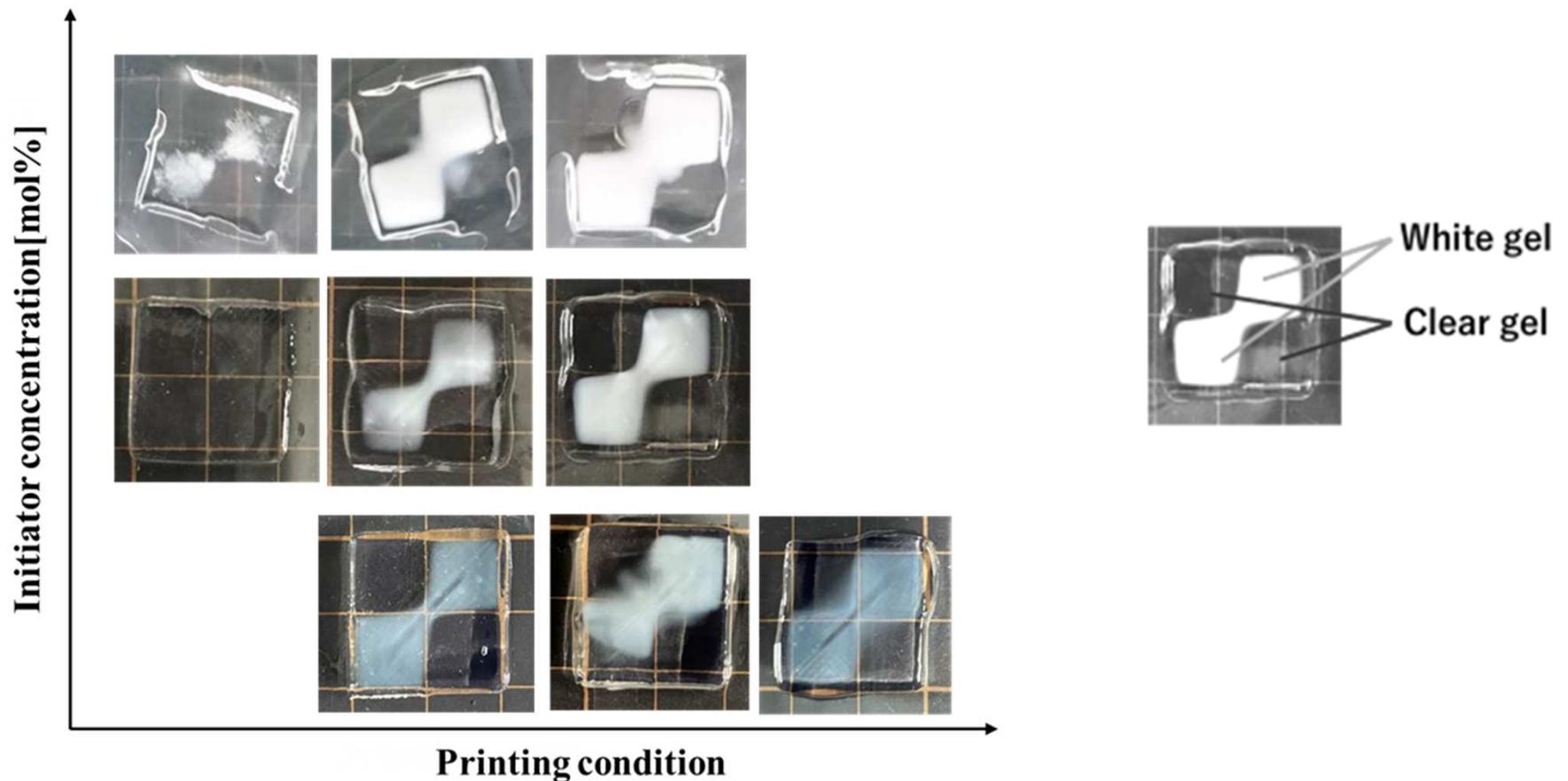
光が多く照射されると、白く、硬くなる材料



特定の位置で、光を多く照射するように造形すると白く、硬くできる

新技術の特徴・従来技術との比較

バスタブ方式で、場所によって透過率や硬さが異なるゲルの造形に成功



造形結果

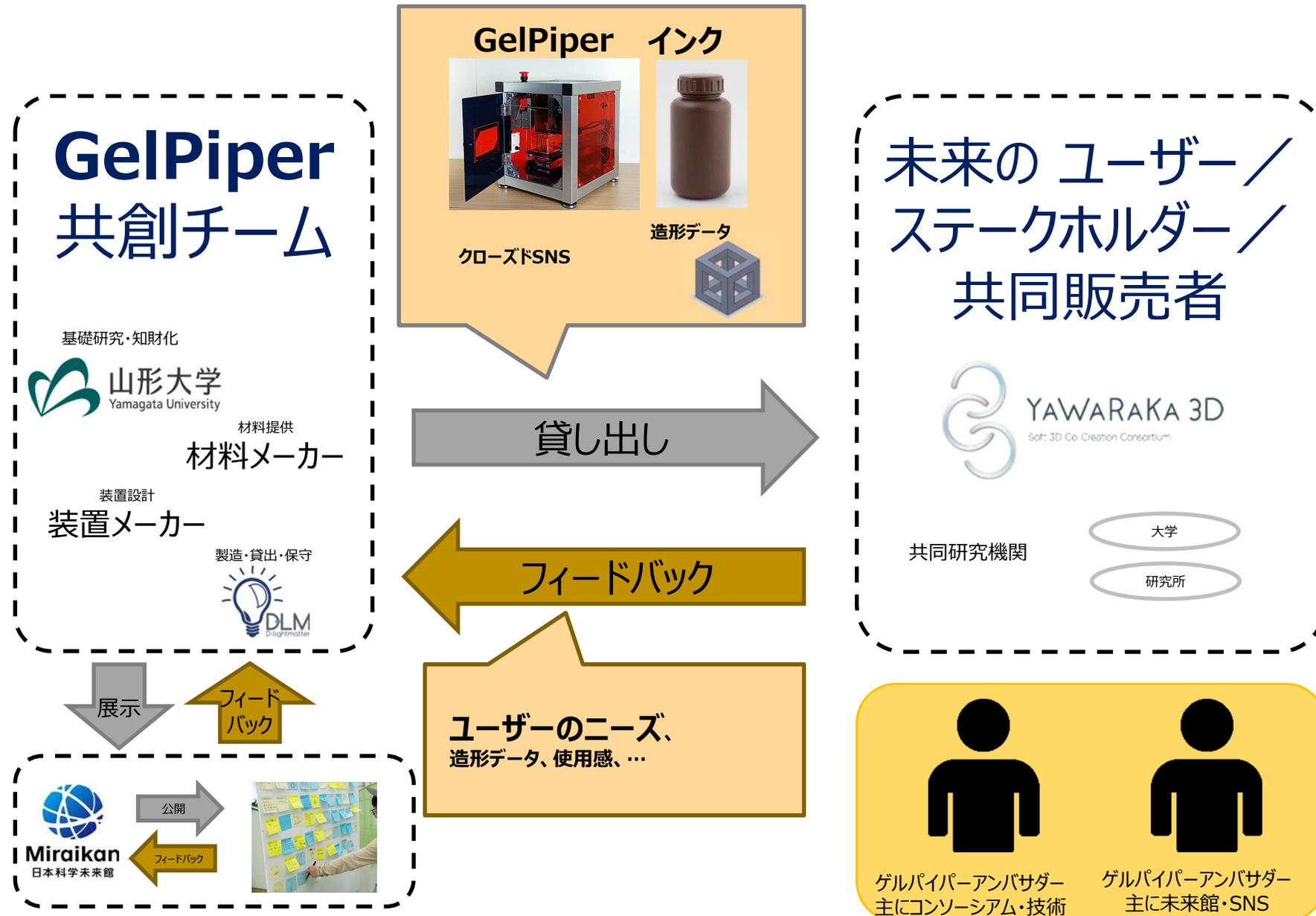
想定される用途

- ✓ 手術練習用モデル
腫瘍やターゲット組織のマーカー表示
場所による触感の再現
- ✓ 屈折率差を利用した光路誘導ゲル
- ✓ 導電率・誘電率・磁束密度の差を利用した電磁波収束体

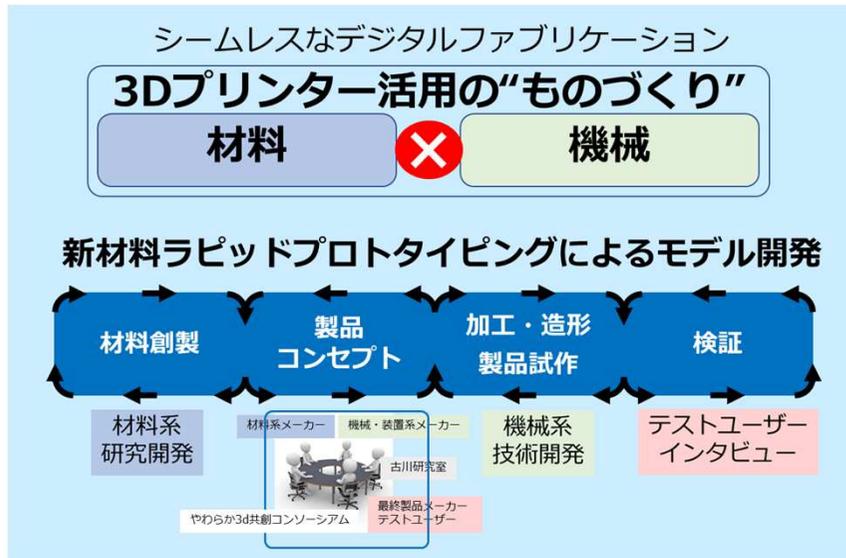


透明ゲル腎臓モデル 白色ゲル腎臓モデル

GelPiPerアンバサダープログラム



やわらか3D共創コンソーシアム

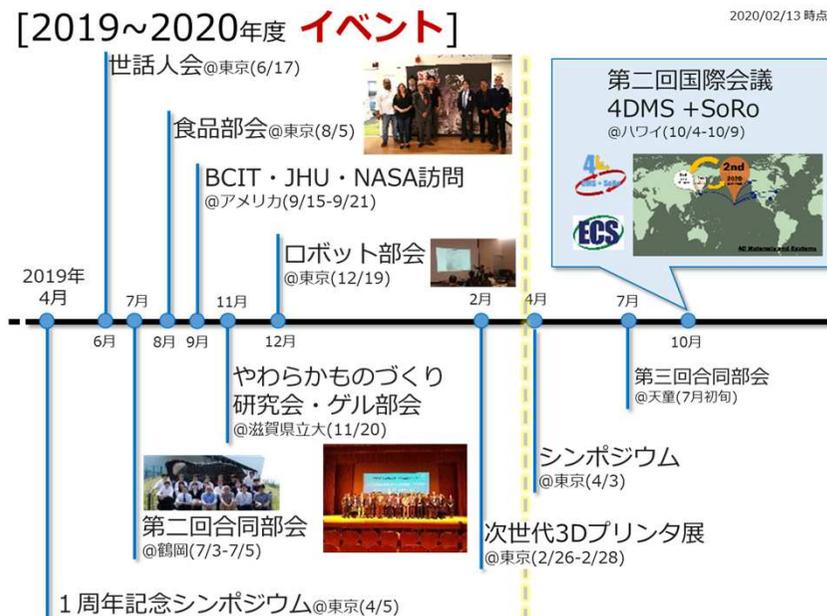


✓ 対象

特に3Dゲル活用方法を検討
されたい企業様

✓ 実施していること

出口戦略の共創、勉強会、
3Dゲルプリンターの貸出



<https://soft3d-c.jp/>

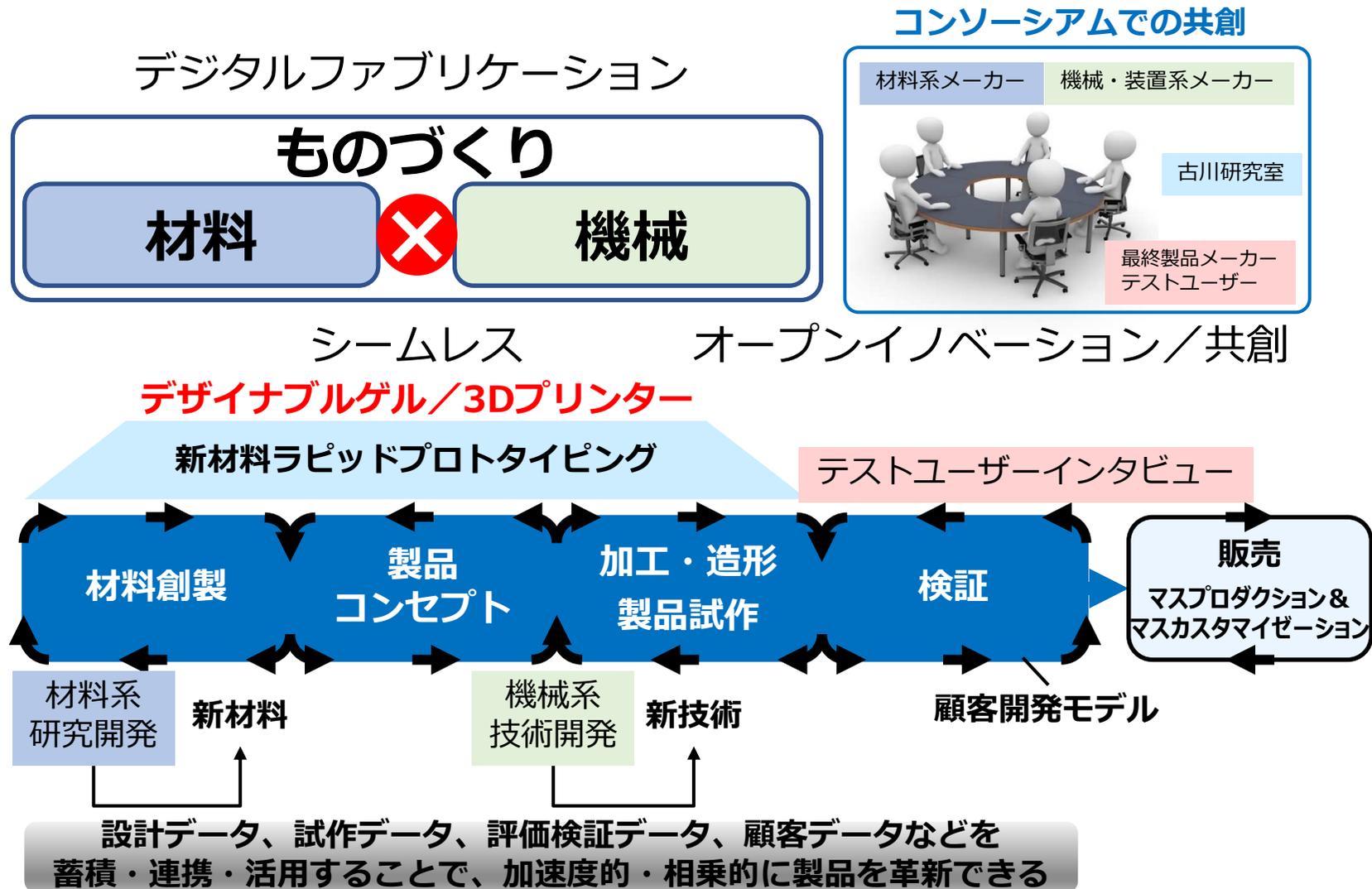
やわらか3D共創コンソーシアムのご紹介

材料“30年”を、材料“3ヶ月”に
新材料ともものづくりをシームレスにつなげたい

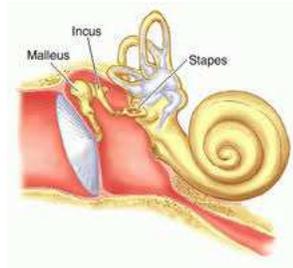
3D造形技術を活用し、みなさまのアイデアづくりと
それを実際に形にするための“場”をご提供いたします。

- ・ 多様な材料 × 多様な3Dプリンター = 新たなものづくり
- ・ 新たな産業の創出、ものづくり産業活性のためのオープンな場

材料30年から材料3ヵ月へ（プラットフォーム構築）



オープンイノベーションを加速する やわらかコンソ部会活動



医療部会
(やわらか医工ネット
準備委員会)

食品部会
(未来食WG)

**ソフトマシン
部会**
(DOJO)

やわらか3D共創
コンソーシアム
ソフト&ウェットマター
工学研究室
SWEL



※イメージです。



ゲル部会
(GelPiPer)

**モビリティ (構造)
部会** (高校生
コンテスト)



※イメージです。

産業分野	食品	医療	ゲル	モビリティ・ 建築	ロボット
------	----	----	----	--------------	------

やわらかコンソでの徹底した議論@合同部会



Spiber社見学



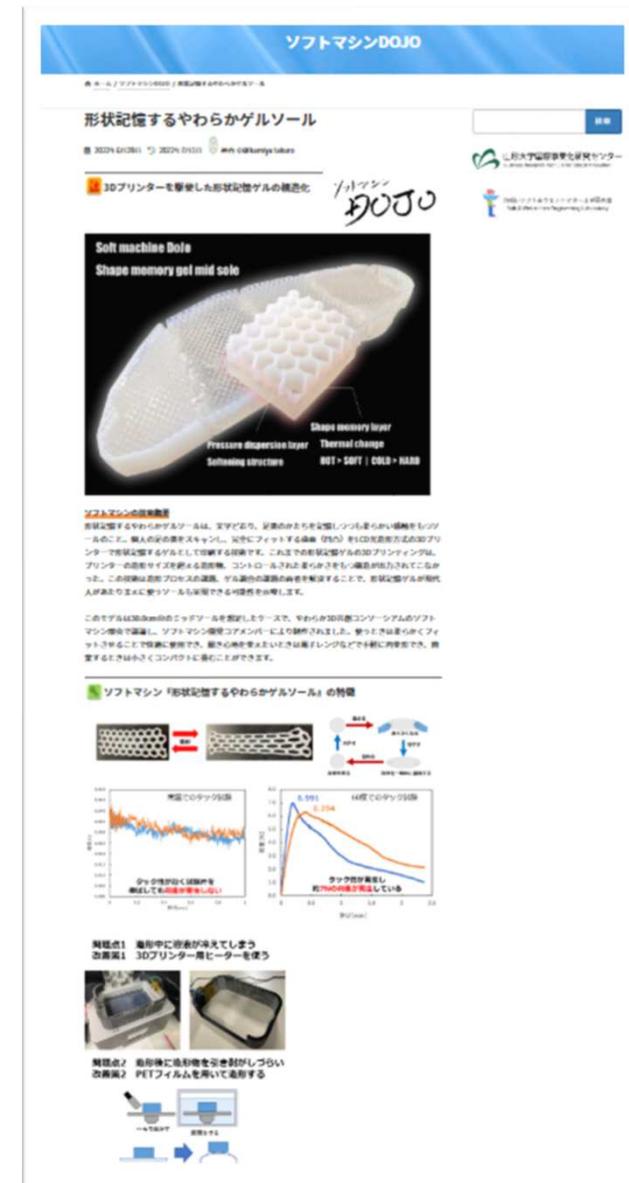
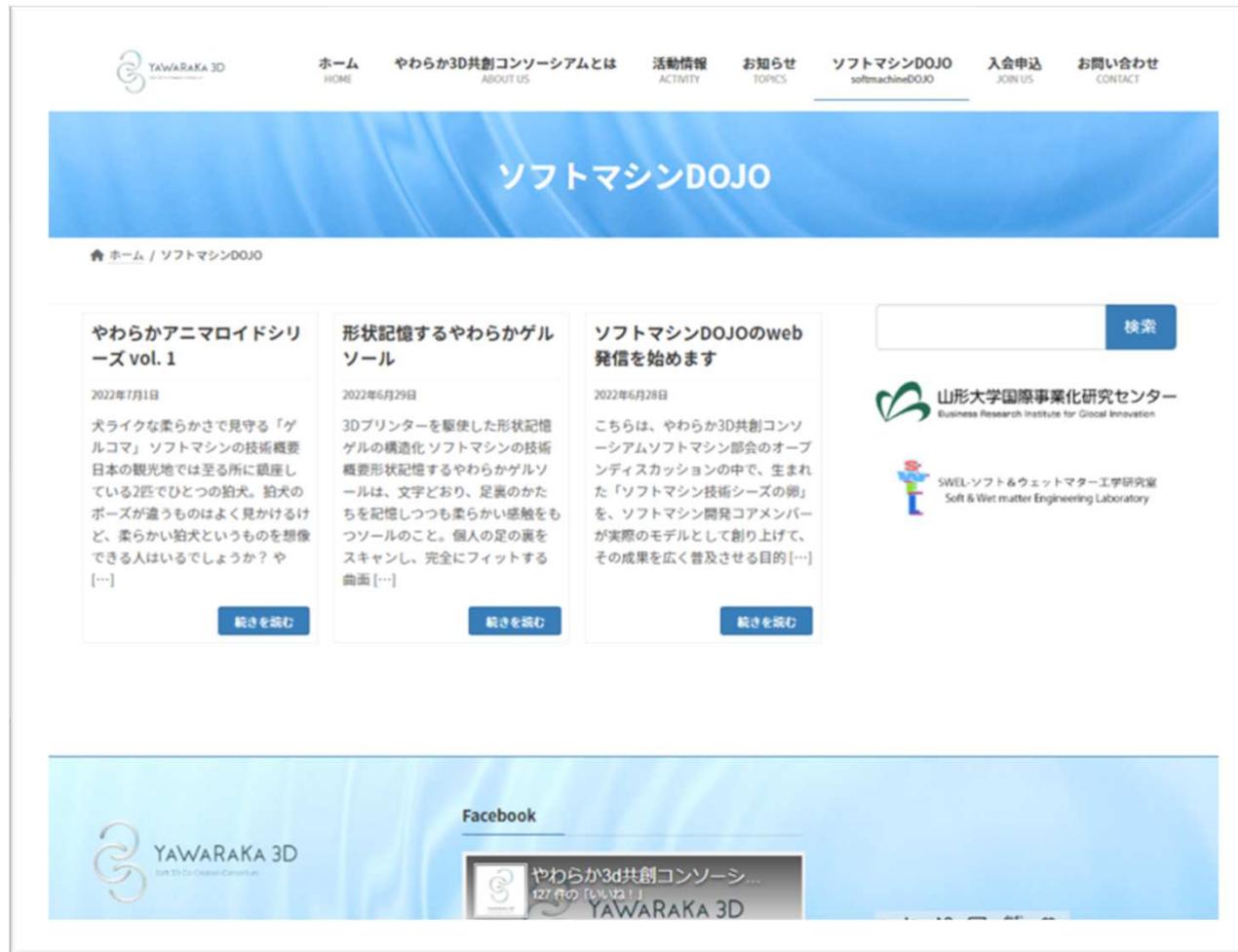
やわらかものづくりの 2050年ごろのあるべき姿

円形で360度どこからもアクセスできるコンビニが田んぼの真ん中に出現する。その中に設置されたUFOキャッチャーのような装置が3Dプリンターである。個々人に対応した真のロングテール産業が、地方のコンビニで実現する。地産地消、輸送コスト削減などが同時に実現する。



やわらかコンソ「ソフトマシン部会」では 「ソフトマシンDOJO」活動報告ページを開設

https://soft3d-c.jp/softmachinedojo



やわらかものづくりハンドブック

- 新機能ソフトマターの登場によりニーズ高まるやわらかプロセスイノベーション！
- 先端ソフトマターの開発及び応用製品開発のエンジニアリングが体系的に理解できる！
- 多様な分野へ活用するための、やわらかものづくりの産業技術・評価技術を網羅！

やわらかものづくりハンドブック — 先端ソフトマターのプロセスイノベーションとその実践 —

■監修：古川 ヒデミツ、川上 勝

- 第1部 やわらかものづくりの基礎概念
- 第2部 プロセスイノベーションの新潮流
- 第3部 やわらかものづくりの適用事例
- 第4部 やわらかものづくりの評価技術

2022年秋

発刊

■体裁：B5判約400頁
■定価：45,000円＋税
ISBN978-4-86043-780-0

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ゲル造形方法
- 出願番号 : 特願2022-033365
- 出願人 : 山形大学
- 発明者 : 山崎裕太、渡邊洋輔、
川上勝、南後淳、古川英光

主な産学連携の経歴

- ◆ 2013年-2021年 JST COI慶応拠点の山形大サテライトとして参加
三菱ケミカル社と共同研究実施
- ◆ 2016年-2020年 JST OPERA事業に参加
- ◆ 2016年- 大学発ベンチャー株式会社ディライトマター共同設立
- ◆ 2018年-2022年 JST OI連携型OPERAに採択（領域統括として）
- ◆ 2018年- やわらか3D共創コンソーシアムを設立
- ◆ 2019年-2020年 エヌデーソフトウェア社と共同研究実施
- ◆ 2019年-2021年 サポイン事業に採択（研究代表として）
サンアロー社と共同研究実施

お問い合わせ先



山形大学
知的財産本部

T E L 0238-26-3024

F A X 0238-26-3633

e-mail yu-yu-
chizai@jm.kj.yamagata-
u.ac.jp