

— 化学・生命科学系の理学教育における 3D プリンタの活用事例 —

○望月祐志¹、中村昇太²、山中正浩¹、山田康之¹、工藤光子¹、常盤広明¹、
川上勝³、北本俊二¹

¹立教大学理学部 (〒171-8501 東京都 豊島区 西池袋 3-34-1)

²(株)スタジオミダス (〒362-0014 埼玉県 上尾市 本町 3-2-11 h-01)

³山形大学工学部 (〒992-8510 山形県 米沢市 城南 4-3-16)

【序】 ここ数年、3D プリンタへの関心が急速に高まっており、メディアでも取り上げられることが増えている。コンピュータの中で作成した造形データを樹脂や焼結金属によって直接「印刷出力」するため、部品だけでなく最終的な製品を高い自由度で短期間・低コストで製造することが可能である。そのため、3D プリンタは主に「ものづくり」分野で革命を起こすと期待されている[1,2]。また、科学技術の研究開発の現場でも注目を集めている。特に、3D プリント物の分子モデルとしての価値と潜在力は高く、川上[3,4]によって先導的な事例が報告されている。一方、3D プリンタを理学教育に系統的に展開している所は国内では未だほとんどない。そこで、立教大学理学部では 2015 年度から 2 年間の予定で「3D プリンタの理学教育での活用」をプロジェクトとして推進している。本発表では、化学と生命科学系での利用成果を報告させていただく。

【3D プリントの実際】 3D プリントで分子モデルを作成しようとする時、対象分子の座標データ (pdb 形式など) があれば「後はシンプルにプリントできる」と思われるかもしれない。しかし、実際にはワークフローとして、(i) PyMol など一旦 VRML に変換、(ii) データ修正ソフトで欠損部 (面の破れ等) の補完、(iii) CAD データとして編集して STL に書き出し、(iv) プリンタで出力、(v) プリント物の取り出し (サポート部の除去)、(vi) 仕上げ、などが必要となる。ここでは、CAD ソフトの扱いなどの (化学以外の) 専門知識と共に、造形物を上手に・綺麗に扱う工芸的な技能が効いてくる。そこで、本プロジェクトではこれらのフローを (株) スタジオミダスに業務委託し、教員は基本データの作成、ならびに授業・研究での活用に専念できる体制を最初から取ることにした。

2015 年のプロジェクト開始と同時に、熱溶融積層型プリンタとして C/P に優れる UP! (図 1a) を 2 台導入し、ABS 樹脂フィラメントによる出力を始め、春期から 3D プリントのモデルを授業で活用することができた：図 1 の bcd には上段に記したフローの参照図を示す。ABS 樹脂の表面はプリント状態では平滑ではないが、アセトンなどの有機溶剤に適時間曝すと滑らかになり、持ちやすく美しくなる。幸い春期段階で 3D プリンタの利活用が進み、雑誌[5]にも取挙げて頂けた。

2015 年の秋期からは、教員だけでなく大学院生による自主的なプリントの要望に応えるべく、ポリ乳酸系のフィラメント JSR FABRIAL®-P を UP! で使えるようにした。FABRIAL®-P の特徴は精度の高さで、形成平面の反りも少ない。化学や生命系では利用例は未だ少ないが、物理系では利用講習会を受講した学生さんを中心に実験部材のプロトタイピングなどに利用されつつある。

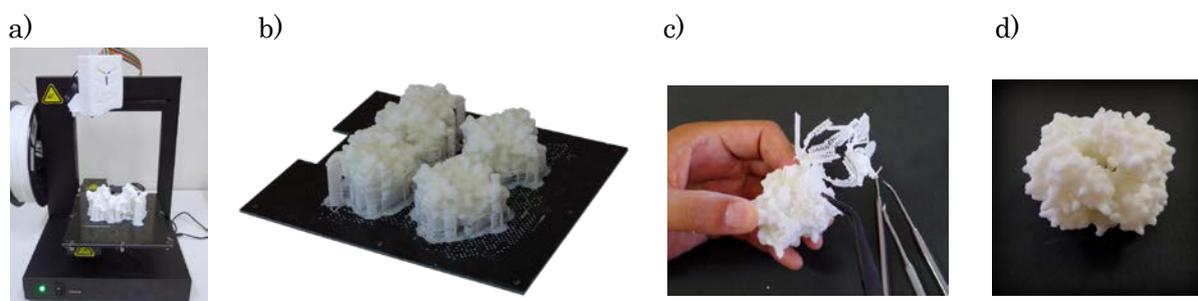


図 1 : a) UP!プリンタ, b) ABS フィラメントでのタンパク質モデルのプリント, c) プリント後のサポート部の剥離作業, d) 表面処理をして仕上がったプリント.

【事例紹介】 図2 a に DNA とダイヤモンドの骨格モデルをプリントしたものを示すが、これらを化学結合の基礎授業で学生に回覧して手に取ってもらったのが b である。図2 c は、不斉合成の錯体触媒を教員（山中）が手に持って PPT 投影に併用して学生に説明しているところで、CG だけより訴求度が高い。図2 d は、 $4f_{z^3}$ 軌道のプリントで位相を赤青のフィラメントで表現し、これらを磁石で繋いで形にしており、無機化学の授業で利用された。また図3の一連のコマは、 $H_2 + H$ の直線配置でのラジカル反応のポテンシャルエネルギー面を GAUSSIAN09 を用いて UB3LYP/6-311G(d,p) レベルで 1681 点メッシュで計算（理研の李博士）した結果を 3D プリント物として仕上げ、授業でビー玉を転がして反応進行を模した様子をまとめたものである。

講演当日は、生命系の授業での DNA の構造や、タンパク質とリガンドの結合の事例も示す。

【今後】 2016 年度は、柔軟素材のフィラメント（JSR の FABRIAL®-R）を使った DNA やタンパク質のプリントも試みる。また、Zuckermann ら[6]によるモデルを改良・翻案した磁石ジョイント型の川上モデルによるペプチドの α -ヘリクスや β -シートのプリントも行う予定である。

【謝辞】 本プロジェクトは立教大学教育活動推進助成（GP）から支援を受けている。実際の活動では、長島忍先生（数学科）、村田次郎先生（物理学科）と協働していることを付記する。

【文献】 [1] "2040 年の新世界: 3D プリンタの衝撃", ホッド・リプソン&メルバ・カーマン, 東洋経済新聞社 (2014). [2] "SF を実現する 3D プリンタの想像力", 田中浩也, 講談社 (2014). [3] M. Kawakami, Rev. Sci. Instr., 83 (2012) 084303. [4] 川上勝, 高分子, 63 (2014) 524 & 川上勝, 生物物理, 55 (2015) 104. [5] 週刊マイ 3D プリンター, 45 号, 立教大学の紹介記事, デアゴスチーニ (2015). [6] P. Chakraborty, R. N. Zuckermann, Proc. Nat. Acad. Soc., 13 (2013) 13368.

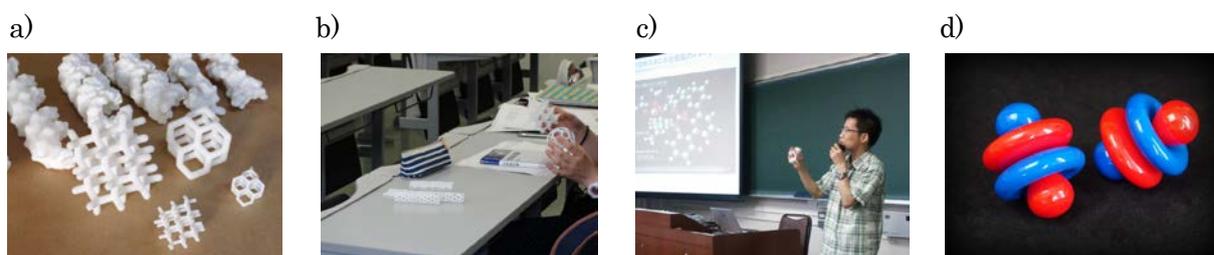


図2 : a) DNA とダイヤモンド骨格のモデル, b) 化学結合の授業で学生が手に取る様子, c) 有機金属化学の授業での講義の様子, d) $4f_{z^3}$ 軌道のモデル.

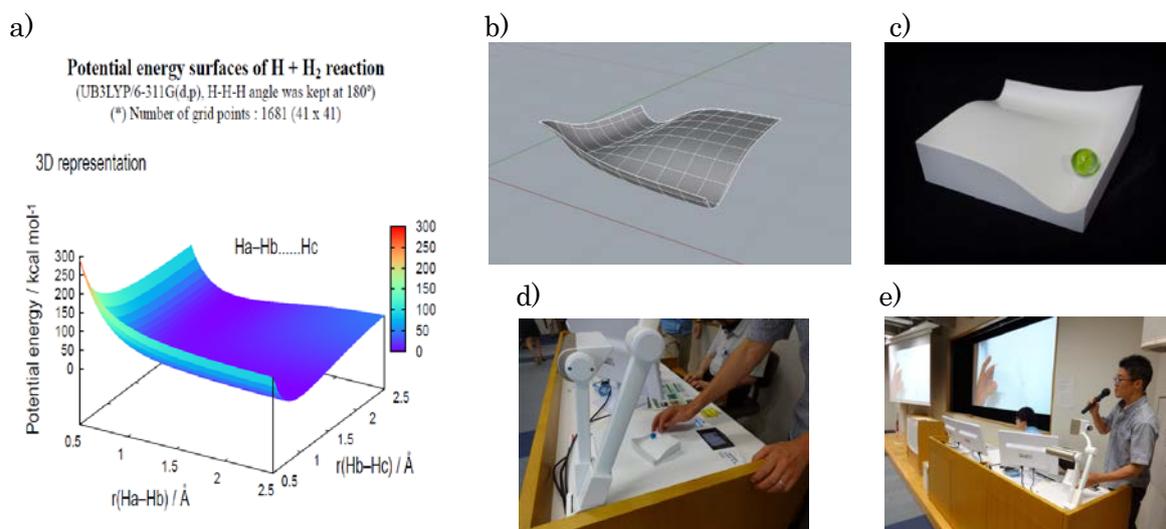


図3 : a) $H_2 + H$ のエネルギー面 (UB3LYP/6-311G(d,p) レベル) , b) CAD ソフトでの処理, c) 仕上がったエネルギー面のプリント, d) 授業でビー玉を転がす様子, e) 投影して説明する様子.