

## Robot mềm, một góc nhìn từ Hồ Lab

Bùi Tiến Sơn, Nguyễn Văn Phó, Dương Văn Lạc, Nguyễn Quang Định, Lưu Khánh Quân, Hồ Anh Văn

Phòng nghiên cứu về Robot mềm (Hồ Lab),  
Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật Bản (JAIST)



Tác giả chính: Bùi Tiến Sơn

Đơn vị công tác: Phòng nghiên cứu về  
Robot mềm (Hồ Lab),  
Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật  
Bản (JAIST)

Email: [buitienson@gmail.com](mailto:buitienson@gmail.com)

Bùi Tiến Sơn nhận bằng kỹ sư chuyên ngành Công nghệ Chế tạo máy và thạc sỹ khoa học chuyên ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2009 và 2012. Bùi Tiến Sơn là giảng viên khoa Cơ khí từ năm 6/2010 đến 9/2012 và kiêm chức chuyên viên phòng Khoa học Công nghệ trường Đại học Công nghiệp Hà Nội từ 10/2012. Từ năm 2016, Bùi Tiến Sơn thành lập và làm quản lý của Fablab HaUI, hoạt động độc lập bên cạnh công tác giảng dạy. Năm 2018, Bùi Tiến Sơn nhận học bổng JASSO làm nghiên cứu về lĩnh vực màng cứng oxit ứng dụng cho điện tử tại trường Tsuruoka (Nhật Bản). Năm 2019, Bùi Tiến Sơn nhận học bổng toàn phần của chính phủ Nhật Bản (MEXT) làm Nghiên cứu sinh chuyên ngành Robot tại Viện tiên tiến khoa học và công nghệ Nhật Bản (JAIST). Các lĩnh vực nghiên cứu quan tâm: kết cấu drone, mô hình hoá kết cấu vật liệu mềm, màng cứng ứng dụng trong cơ khí.

<https://doi.org/10.15625/vap.2021.0013>

### TÓM TẮT

Bài viết trình bày ngắn gọn khái niệm tổng quát về robot mềm, một số cách thức phân loại nghiên cứu về lĩnh vực này, nhấn mạnh cách phân loại theo ba hình thức cơ cấu mềm, chuyển động mềm và trí thông minh mềm. Các tác giả cũng giới thiệu về một số lab nghiên cứu mạnh cũng như chương trình nghiên cứu về robot mềm của Nhật Bản. Ở phần chính, các tác giả tập trung giới thiệu về nghiên cứu của Hồ lab (JAIST) dựa trên các công bố quốc tế tại các tạp chí và hội thảo đầu ngành về các lĩnh vực chính: cơ cấu truyền động mềm, cảm biến xúc giác, phỏng sinh học và công nghệ in 3D vật liệu mềm.

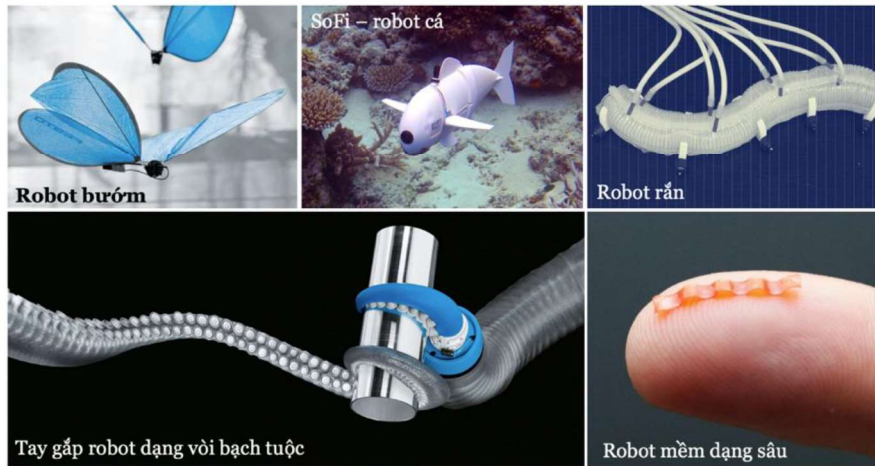
**Từ khoá:** Robot mềm, cơ cấu truyền động mềm, cảm biến xúc giác, phỏng sinh học, vật liệu mềm

### 1. Giới thiệu

Robot mềm (soft robotics) là một lĩnh vực nghiên cứu mới, phát triển ngày càng mạnh mẽ và thu hút sự quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực robot vài thập kỷ gần đây. Có nhiều định nghĩa về robot mềm đã được đưa ra, như robot mềm là “robot có biên dạng phân bố và vô hạn bậc tự do về mặt lý thuyết” [1] hay “hệ thống có khả năng tự hành và được cấu tạo chủ yếu từ vật liệu có đặc tính của vật liệu sinh học mềm” [2] v.v... Tựu chung lại, robot mềm có thể được hiểu là “chủ đề nghiên cứu về việc ứng dụng độ mềm của vật liệu, vật thể hoặc hệ thống để xây dựng nên robot bằng cách đáp ứng độ mềm cần thiết cho cả môi trường và bộ thu nhận của robot” [3]. Khái niệm robot mềm đã đưa nghiên cứu về robot vượt qua “vùng trũng nghiên cứu” và mở ra rất nhiều hướng nghiên cứu mới, đa dạng, có thể kể đến như: cảm biến mềm, cơ cấu truyền động mềm, kết cấu mềm, động cơ mềm, trí thông minh mềm, công nghệ chế tạo vật liệu mềm, công nghệ in 3D vật liệu mềm. Các nhánh nghiên cứu trong lĩnh vực robot mềm là rất đa dạng, rất khó để có thể đưa ra được một phân loại có tính tổng quát. Các nghiên cứu này có thể được phân loại theo cấp độ (vi mô, vĩ mô) hay phỏng sinh (phỏng sinh học và không phỏng sinh học – Hình 1) v.v...

Trong bài viết này, chúng tôi tạm phân loại các nghiên cứu về robot mềm theo 3 hướng chính gồm **Nghiên cứu về cơ cấu mềm**: ví dụ cơ quan/bộ phận mềm của thân lươn, đuôi cá, cánh chuồn chuồn, **Nghiên cứu về chuyển động mềm**: ví dụ như ứng dụng vật liệu ghi nhớ hình dáng, sử dụng các hiện tượng trao đổi ion, phản ứng điện cực sử dụng các hiện tượng trao đổi ion, phản ứng điện cực, ánh sáng kích thích để tạo chuyển động, và **Nghiên cứu về trí thông minh mềm**.

Là quốc gia tiên phong trong lĩnh vực nghiên cứu về robot mềm, Nhật Bản đã phát triển mạnh mẽ các nghiên cứu về lĩnh vực này. Các trường đại học và viện nghiên cứu lớn đều có các phòng thí nghiệm



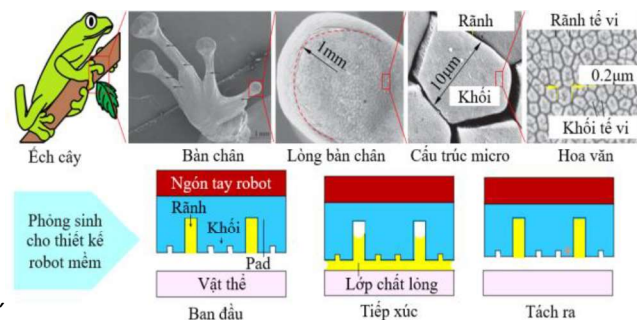
Hình 1. Một số robot mềm phỏng sinh học (Trích dẫn từ các nghiên cứu [4]–[8])

chuyên sâu về robot mềm, có thể kể đến như phòng thí nghiệm của Koichi Suzumori [9], Hiroto Tanaka [10] (Viện công nghệ Tokyo), Kenjiro Fukuda [11] (RIKEN), Ryuma Niiyama [12] (Đại học Tokyo), Satoshi Tadokoro [13] (Đại học Tohoku), Masahiro Shimizu [14] (Đại học Osaka), Hiromi Mochiyama [15] (Đại học Tsukuba), Shinichi Hirai [16] (Đại học Ritsumeikan), Hao Liu [17] (Đại học Chiba), Hồ Anh Văn [18] (Viện JAIST). Những chương trình lớn và dài hạn về các nghiên cứu về robot mềm cũng đã được Chính phủ Nhật Bản triển khai như chương trình JSPS KAKENHI for Science of Soft Robotics (2018-2022) [19]

## 2. Một số nghiên cứu của Hồ lab tại Viện tiên tiến khoa học và công nghệ Nhật Bản (JAIST)

### 2.1. Nghiên cứu về cơ cấu truyền động mềm

Một trong những nghiên cứu chính của lab về hướng ứng dụng cơ cấu truyền động mềm dựa trên nguyên lý điều khiển áp suất đó là phát triển bàn tay robot mềm phỏng sinh theo cơ chế bám dính của bàn chân ếch cây (Hình 2) để thiết kế các robot mềm phục vụ gấp các vật thể mềm trong y tế, thức ăn hay các đồ vật dễ vỡ. Theo nguyên lý này, chất lỏng bên trong các rãnh kích cỡ micro của bàn chân ếch cây được tiết ra bề mặt tiếp xúc với môi trường xung quanh để tăng lực dính ướt. Từ đây, cấu trúc micropattern trên bề mặt các ngón tay



Hình 2. Ứng dụng cơ chế bám dính của ếch cây trong phát triển bàn tay robot mềm [27] – [28]

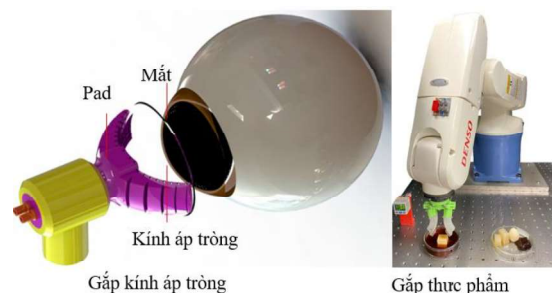
robot mềm được thiết kế để nâng cao hiệu quả khi gấp các vật thể trong môi trường ẩm ướt như kính áp tròng và thực phẩm [20], [21]. Nhằm thích nghi với nhiều loại vật thể như vậy, các robot gấp sử dụng cơ chế truyền động mềm theo nguyên lý điều khiển áp suất cho các ngón tay (xem Hình 3). Hiện nghiên cứu đã hợp tác liên kết với các trường đại học khác như Ritsumeikan (Nhật Bản) và đại học Bách Khoa Tp HCM (Việt Nam) để phát triển sâu thêm các ứng dụng liên quan.

Video nghiên cứu xem tại:

[https://youtu.be/e\\_1dGI5F9GQ](https://youtu.be/e_1dGI5F9GQ)

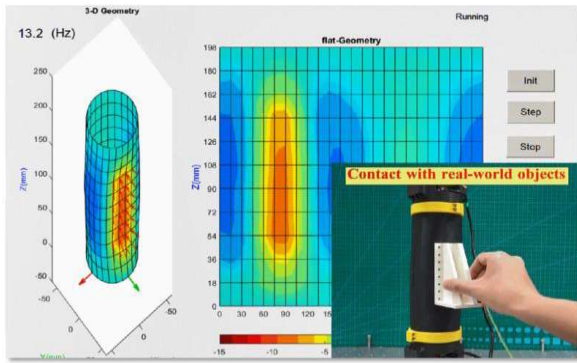
### 2.2. Nghiên cứu về cảm biến xúc giác

Nghiên cứu này mô tả một hệ thống cảm biến xúc giác quy mô lớn được phát triển gần đây cho một liên kết robot, được gọi là TacLINK (Hình 4), có thể được lắp ráp để tạo thành một robot cảm biến xúc giác toàn cơ thể. Hệ thống được đề xuất là một cấu trúc kéo dài bao gồm một xương cứng trong suốt được bao phủ bởi lớp da nhân tạo liên tục. Lớp da mềm mại này của TacLINK không chỉ cung cấp giao diện tương tác dễ chịu mà còn có thể thay đổi hình thái lớp da bên ngoài bằng cách bơm khí ở áp suất thấp. Khi tiếp xúc với môi trường xung quanh, TacLINK nhận biết thông tin xúc giác thông qua sự biến dạng 3-D của da, kết quả



Hình 3. Ngón tay robot mềm phỏng sinh cơ chế bám dính của ếch cây truyền động bằng áp suất trong gấp vật thể mềm như kính áp tròng và thực phẩm [20] – [21].





Hình 4. Mô hình khớp robot với lớp da cảm biến TacLINK và đáp ứng tiếp xúc [29]

từ việc theo dõi các điểm đánh dấu trên thành trong của nó bởi một stereo camera đặt ở hai đầu.

TacLINK có thể mở rộng về kích thước, hoạt động bền bỉ và chi phí thấp, cũng như là một hệ thống hiệu suất cao, các đặc điểm có thể được ứng dụng trong thiết kế của các cánh tay robot tương tác, tay chân giả và robot dịch vụ. Nghiên cứu này mô tả thiết kế của TacLINK, cũng như mô hình hóa, triển khai và đánh giá, với kết quả cho thấy rằng các hệ thống cảm biến xúc giác này có thể được áp dụng rộng rãi trong y tế, công nghiệp và robot.

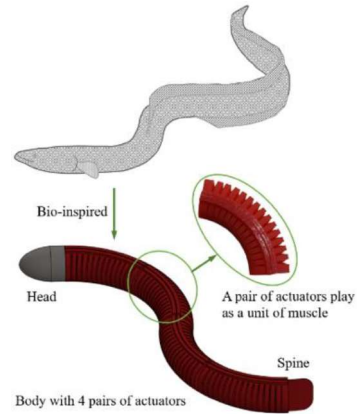
Video nghiên cứu xem tại:

<https://youtu.be/1zHOD3cJVys>

### 2.3. Nghiên cứu về robot phỏng sinh học

#### 2.3.1. Phát triển mô hình robot mềm phỏng theo chuyển động của lươn [22]

Thân robot (Hình 5) được tạo thành từ một chuỗi các cơ cấu truyền động mềm vận hành bằng khí nén được điều khiển theo trình tự (Hình 6) để có thể tạo thành sóng lan truyền từ đầu tới đuôi giúp robot bơi về phía trước. Kết quả nghiên cứu ban đầu cho thấy, robot lươn có thể bơi với tốc độ khoảng 14 cm/s và linh hoạt trong việc thay đổi vận tốc bằng cách thay đổi độ lệch pha của tín hiệu điều khiển.

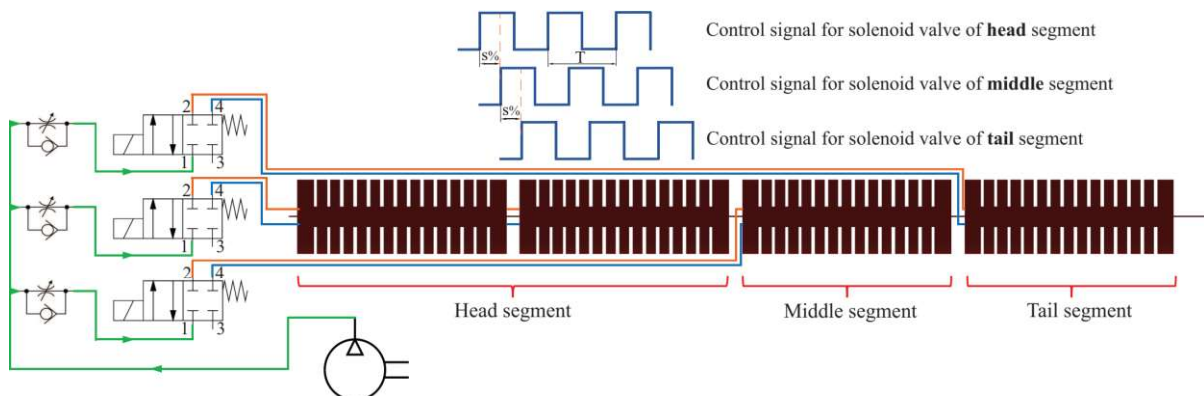


Hình 5. Thiết kế sơ bộ của robot lươn mềm sử dụng các actuator mềm vận hành bằng khí nén

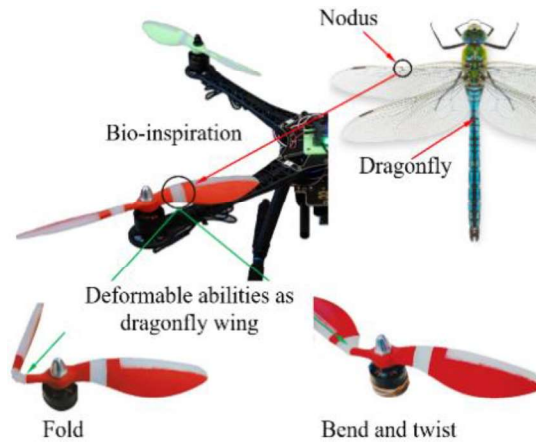
Các robot lươn mềm có triển vọng ứng dụng trong giám sát tại các vùng nước ô nhiễm do các vật liệu mềm được sử dụng để chế tạo robot như silicon, cao su không hoặc ít bị ảnh hưởng bởi nhiều loại hợp chất có tính ăn mòn cao; các không gian hẹp do khả năng chuyển động linh hoạt của robot; kiểm tra các kết cấu dưới nước; hoặc thực hiện các nhiệm vụ mà bản thân robot liên tục phải va chạm, tương tác với các vật mềm, dễ bị tổn thương như rạn san hô.

#### 2.3.2. Phát triển cánh mềm cho drone phỏng chức năng cánh chuồn chuồn [23]

Nghiên cứu hướng tới mục tiêu tạo ra các drone khó rơi hơn, có khả năng phục hồi chức năng bay và giảm nguy hiểm cho các vật xung quanh và chính drone khi xảy ra va chạm. Phỏng chức năng theo một bộ phận có tên là **nodus** trên cánh chuồn chuồn hoạt động giống như một khớp linh hoạt (Hình 7), một phần của cánh drone được “mềm” hóa tạo khả năng biến dạng và tự hồi phục (chỉ sau dưới 0.3 giây) sau khi va chạm với vật xung quanh. Sự biến dạng này cũng làm giảm một phần lực va đập giúp giảm phần nào nguy cơ tổn thương cho vật bị va chạm. Quan trọng hơn, khả năng tự phục hồi sẽ giúp drone có thể tự lấy lại cân bằng sau va chạm, giảm đáng kể nguy cơ hỏng hóc cho drone. Việc trang bị cánh mềm cho drone giúp mở rộng phạm vi ứng dụng của drone cho các nhiệm vụ có nguy cơ



Hình 6. Sơ đồ trình tự kết nối khí nén tới các cặp actuator và nguyên lý điều khiển robot lươn



**Hình 7.** Drone với cánh mềm có thể biến dạng phồng theo nodus trên cánh chuồn chuồn

xây ra và chạm cao (drone show, các nhiệm vụ gần con người, ...).

Video nghiên cứu xem tại:  
<https://youtu.be/diTp2mfwjRI>

#### 2.4. Nghiên cứu về công nghệ in 3D vật liệu mềm

Trong những năm gần đây, ở Nhật Bản nói riêng và thế giới nói chung, in 3D sử dụng công nghệ FDM không dừng lại ở việc tạo hình các sản phẩm mang tính thử nghiệm, mà còn dùng để chế tạo robot mềm, cũng như các cảm biến; được kết hợp một cách linh hoạt với các cơ cấu robot mềm tương ứng, sử dụng các loại vật liệu chức năng, hay vật liệu dẻo (thermoplastic polyurethane – TPU) [24] – [25].

Ngoài ra, để tăng tính linh động của một máy in 3D truyền thống và hướng đến một quy trình in gần gũi và có thể tương tác với con người, một xu hướng mới trong công nghệ in 3D ra đời, lợi dụng tính linh hoạt và chính xác của một tay máy robot công nghiệp, hoặc máy CNC 5 bậc tự do in đa hướng hoặc in trên một mặt phẳng nghiêng có thể được hiện thực hóa. Trong một nghiên cứu gần đây nhóm nghiên cứu của lab đã kiểm chứng rằng một tay máy robot 6 bậc tự do có khả năng in trên những mặt phẳng nghiêng lên đến 80 độ

[26], nhưng chất lượng thì không hề thua kém vật phẩm được in trên mặt phẳng nằm ngang bởi một máy in truyền thống (tham khảo Hình 8). Sử dụng công nghệ in 3D này cùng với những loại vật liệu dẻo, hoặc vật liệu chức năng, ta có thể hướng đến một hệ thống robot có khả năng in các sản phẩm chuyên dụng hỗ trợ sức khỏe, trực tiếp lên các cơ quan của người có biên dạng hình học phức tạp, một hệ thống với vi họng mang đến một cuộc sống bình thường mới.

### 3. Kết luận

Do giới hạn của bài báo, các nội dung đề cập bên trên chưa đại diện hết cho các nghiên cứu sâu rộng khác trong lĩnh vực robot mềm. Các hướng nghiên cứu trên tập trung vào ý tưởng thiết kế cơ cấu sử dụng các vật liệu mềm và các điều khiển liên quan để thực hiện các thao tác mà rất khó thực hiện trên các cơ cấu cơ khí thông thường. Người đọc có thể tìm hiểu thêm về các hướng nghiên cứu thú vị khác liên quan đến chế tạo vật liệu chức năng mới, robot phân tử, robot sinh học. Nghiên cứu về robot mềm vẫn đang phát triển, và hướng tới các ứng dụng cụ thể phục vụ sản xuất và cuộc sống của con người. Các tác giả hi vọng các giới thiệu trong bài báo mang đến cho bạn đọc cái nhìn mới về robot mềm nói riêng, và các cơ cấu cơ điện tử nói chung.



**Hình 8.** Hệ thống robot in 3D trên một mặt phẳng nghiêng và những mẫu sản phẩm được in bằng vật liệu nhựa dẻo thông thường và vật liệu mềm

### Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn ban biên tập đã có lời mời và tạo điều kiện tối đa để bài viết được hoàn thành. Chúng tôi cũng gửi lời cảm ơn tới các tổ chức, các quỹ đã tài trợ cho nghiên cứu đề cập trong bài: JSPS KAKENHI, JST PRESTO, JST SCORE, Tateishi Funding.

### Hồ Lab

Homepage:

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/vanho/index-e.html>

Kênh Youtube:

<https://www.youtube.com/channel/UCMY5Pqokpamovx2pGF4N5eA>

Contact email:

[hoanhvanlab@gmail.com](mailto:hoanhvanlab@gmail.com)

Các tác giả khác

#### 1. Nguyễn Văn Phô

Nghiên cứu viên sau tiến sĩ, Phòng nghiên cứu về Robot mềm, JAIST

Email: [ngvphobk08@gmail.com](mailto:ngvphobk08@gmail.com)

#### 2. Dương Văn Lạc

Nghiên cứu sinh tiến sĩ, Phòng nghiên cứu về Robot mềm, JAIST

Email: [duonglacbk@gmail.com](mailto:duonglacbk@gmail.com)

#### 3. Nguyễn Quang Định

Nghiên cứu sinh tiến sĩ, Phòng nghiên cứu về Robot mềm, JAIST

Email: [nguyenquangdinh.mech@gmail.com](mailto:nguyenquangdinh.mech@gmail.com)

#### 4. Lưu Khánh Quân

Nghiên cứu sinh thạc sĩ, Phòng nghiên cứu về Robot mềm, JAIST

Email: [quan-luu@jaist.ac.jp](mailto:quan-luu@jaist.ac.jp)

#### 5. Hồ Anh Văn

Phó giáo sư, Phụ trách Phòng nghiên cứu về Robot mềm, JAIST

Email: [van-ho@jaist.ac.jp](mailto:van-ho@jaist.ac.jp) / [hoanhvan@gmail.com](mailto:hoanhvan@gmail.com)

### Tài liệu tham khảo

- [1] D. Trivedi, C. D. Rahn, W. M. Kier, and I. D. Walker, "Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research," *Appl. Bionics Biomech.*, vol. 5, no. 3, pp. 99–117, 2008, doi: 10.1080/11762320802557865.
- [2] D. Rus and M. T. Tolley, "Design, fabrication and control of soft robots," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 467–475, 2015, doi: 10.1038/nature14543.
- [3] A. Chen, R. Yin, L. Cao, C. Yuan, H. K. Ding, and W. J. Zhang, "Soft robotics: Definition and research issues," *2017 24th Int. Conf. Mechatronics Mach. Vis. Pract. M2VIP 2017*, vol. 2017-Decem, no. November, pp. 366–369, 2017, doi: 10.1109/M2VIP.2017.8267170.
- [4] "Robotic Butterfly by Festo - RobotSpaceBrain." <http://www.robotspacebrain.com/robotic-butterfly-by-festo/> (accessed Dec. 11, 2020).
- [5] "MIT's Soft Robotic Fish Explores Reefs in Fiji - IEEE Spectrum." <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-hardware/mit-soft-robotic-fish-explores-reefs-in-fiji> (accessed Dec. 11, 2020).
- [6] "Tentacle Gripper | Festo Corporate." <https://www.festo.com/group/en/cms/12745.htm> (accessed Dec. 11, 2020).
- [7] "The robots of the future won't look anything like the Terminator | The Verge." <https://www.theverge.com/2014/4/16/5617290/soft-robotics-is-booming> (accessed Dec. 11, 2020).
- [8] "Natural scale caterpillar soft robot is powered and controlled with light | EurekAlert! Science News." [https://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2016-08/fopu-nsc081816.php](https://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-08/fopu-nsc081816.php) (accessed Dec. 11, 2020).
- [9] "Suzumori Endo Lab / Staff." <http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/staff.html> (accessed Dec. 15, 2020).
- [10] "Aero/Aqua Biomimetics Lab (Hiroto TANAKA Lab)." [http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/index\\_e.html](http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/index_e.html) (accessed Dec. 15, 2020).
- [11] "Thin-Film Device Laboratory/Emergent Soft System Reserch Team|Kenjiro Fukuda." [http://rikensomeya.riken.jp/member/fukuda\\_en.html](http://rikensomeya.riken.jp/member/fukuda_en.html) (accessed Dec. 15, 2020).
- [12] "Robot and the Elastic Mind: Biography." [http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/~niiyama/biography\\_en.html](http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/~niiyama/biography_en.html) (accessed Dec. 15, 2020).
- [13] "EnglishTOP|TadoLab." <https://www.rm.is.tohoku.ac.jp/english/top/> (accessed Dec. 15, 2020).
- [14] "Home | Shimizu Lab. Graduate School of Information Science and Technology,Osaka University." <http://www-shimizu.ist.osaka-u.ac.jp/hp/en/index.html> (accessed Dec. 15, 2020).
- [15] "英語サイト - 柔軟ロボット学研究室." <http://www.frlab.iit.tsukuba.ac.jp/en/> (accessed Dec. 15, 2020).
- [16] Shinichi Hirai Lab, "http://www.ritsumeit.ac.jp/se/~hirai/index-frame-e.html." .
- [17] "Home\_En - 千葉大学 | 生物機械工学研究室." [http://www.em.eng.chiba-u.jp/~liu/index.php?Home\\_En](http://www.em.eng.chiba-u.jp/~liu/index.php?Home_En) (accessed Dec. 15, 2020).
- [18] "HO Lab . - MS," p. 15.



- [19] “Science of Soft Robots – Interdisciplinary integration of mechatronics, material science, and bio-computing | JSPS KAKENHI Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (2018-2022).” <http://softrobot.jp/en/> (accessed Dec. 10, 2020).
- [20] P. Nguyen and V. A. Ho, “Grasping Interface with Wet Adhesion and Patterned Morphology: Case of Thin Shell,” *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 4, no. 2, pp. 792–799, 2019, doi: 10.1109/LRA.2019.2893401.
- [21] P. Van Nguyen, Q. K. Luu, Y. Takamura, and V. A. Ho, “Wet Adhesion of Micro-patterned Interfaces for Stable Grasping of Deformable Objects,” pp. 9213–9219, 2020.
- [22] Di. Q. Nguyen and V. A. Ho, “Kinematic Evaluation of a Series of Soft Actuators in Designing an Eel-inspired Robot,” *Proc. 2020 IEEE/SICE Int. Symp. Syst. Integr. SII 2020*, pp. 1288–1293, 2020, doi: 10.1109/SII46433.2020.9025926.
- [23] D. Q. Nguyen, G. Loianno, and V. A. Ho, “Towards Design of a Deformable Propeller for Drone Safety,” in *2020 3rd IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)*, May 2020, pp. 464–469, doi: 10.1109/RoboSoft48309.2020.9115983.
- [24] R. Maccurdy, R. Katzschmann, Y. Kim, and D. Rus, “Printable hydraulics: A method for fabricating robots by 3D co-printing solids and liquids,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, vol. 2016-June, pp. 3878–3885, 2016, doi: 10.1109/ICRA.2016.7487576.
- [25] K. Elgeneidy, P. Lightbody, S. Pearson, and G. Neumann, “Characterising 3D-printed Soft Fin Ray Robotic Fingers with Layer Jamming Capability for Delicate Grasping,” 2019.
- [26] Q. K. Luu, H. M. La, and V. A. Ho, “A 3-Dimensional Printing System Using an Industrial Robotic Arm,” pp. 3–8.
- [27] W. Federle, W. J. P. Barnes, W. Baumgartner, P. Drechsler, and J. M. Smith, “Wet but not slippery: Boundary friction in tree frog adhesive toe pads,” *J. R. Soc. Interface*, vol. 3, no. 10, pp. 689–697, 2006, doi: 10.1098/rsif.2006.0135.
- [28] P. Van Nguyen and V. A. Ho, “Mechanics of wet adhesion in soft interaction with patterned morphology,” *Bioinspir. Biomim.*, vol. 14, no. 1, p. 016005, Nov. 2018, doi: 10.1088/1748-3190/aab09.
- [29] L. Van Duong and V. A. Ho, “Large-Scale Vision-Based Tactile Sensing for Robot Links: Design, Modeling, and Evaluation,” *IEEE Trans. Robot.*, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1109/tro.2020.3031251.