

动态皮层

——整合仿生设计与设计工作室学习

赖怡成

淡江大学建筑系, 台湾 新北
Email: ihcheng@ms32.hinet.net

收稿日期: 2021年6月2日; 录用日期: 2021年7月7日; 发布日期: 2021年7月14日

摘要

经由探讨生物皮层在调节温度的机制, 本研究目的在建构一个具有互动性的建筑皮层雏形, 此雏形可以自主性且动态性地调适环境温度的变化, 提供建筑教育跨域实践新的可能方向。研究方法包括了解生物的皮肤构造, 以及调适温度的动作, 并予以归类并转化。最后, 架构在之前建立的“仿生游戏场”平台, 以淡江建筑系设计工作室的七位大四学生为实验对象, 并结合实体运算和数字制造, 进行不同生物在调节温度之皮层运动与其构造变化的观察、谱记、模拟、运算、聚集等设计操作。该研究提供新的建筑设计学习返乡, 其内容包括: 由上而下的设计思考、跨领域的设计学习, 以及运算化的设计整合, 这些内容将提供未来调试性建筑智慧化的参考。

关键词

仿生, 调适, 互动, 建筑皮层, 设计工作室

Dynamic Skin

—Integrating Bionic Design with Design Studio Learning

Ih-Cheng Lai

Department of Architecture, Tamkang University, New Taipei Taiwan
Email: ihcheng@ms32.hinet.net

Received: Jun. 2nd, 2021; accepted: Jul. 7th, 2021; published: Jul. 14th, 2021

Abstract

How to adapt to complex building environment is an important issue in architectural design. Nature provides many mechanisms to adapt to the environment. This inspires us to explore archi-

tectural design learning through bionic study. The objective is to build an adaptable and interactive architectural skin prototype called “Bio-Skin” to respond to thermal environment due to global warming. To achieve the objective, we study the theory and mechanism of adaptation, bionic and interaction through a literature review and case studies. Based on the learning platform called “Bionic Game”, seven 4th-year architectural students participate in our design studio to explore the skin prototypes for keeping thermal environment. Through physical computation and digital fabrication, several steps of kinetic movement within animals’ skins are explored, including observation, notation, simulation, etc. Finally, different “Bio-Skin” prototypes are proposed and assembled in the real site. This study provides new architectural design learning directions, including bottom-up design thinking, multidisciplinary design learning, and computational design integration. These will provide architectural intelligence references for adaptive architecture in the future.

Keywords

Bionics, Adaptation, Interaction, Architectural Skin, Design Studio

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

建筑如何适应(fit)复杂多变的环境是设计的重要议题。Alexander (1964)强调调适(adaptation)在设计中的重要性[1], 一种强调由下往上的动态性适应环境, 可以让以往建筑的被动性转为主动性, 建筑可以动态性地反映人和环境的需求, 实时地调整及修正。当现今科技在找不到答案的时候, 在大自然里可以窥视一二, 这种方式早从 1487 达文西开始研究飞行机械的灵感来自于鸟类时, 就可以看出端倪, 而“仿生学”这个字由 J. E. Steele (1960) [2]首先提出, 主要的想法为向生物学习, Mazzoleni (2013) [3]在 *Architecture Follows Nature* 书中, 将仿生学在生物皮层(skin)应用于建筑外壳的学习, 包括: 调节温度、沟通、水平衡和防卫, 面对日趋严重的全球暖化现象, 调节温度成为当今建筑设计教育的重要议题。再者, Aldersey-Williams (2004) [4]将模仿生物的建筑归类成四个主要机制: 象征意象仿生、静态仿真的功能仿生、动态仿真的功能仿生与非主观性仿生。本研究着重在非主观性仿生, 强调运用数字机制(如运算、参数等)仿真生物运动的逻辑与规则, 并结合建筑空间与形式的衍生, 予以调整与修正环境温度的变化, 进而建构可调适的建筑皮层。

在建筑领域, 建筑皮层提供使用者一个庇护的场所, 同时界定使用者在空间的内外关系, 建筑的皮层脱离的结构包袱, 开始强调轻盈与大量的开口, 除了提供大量采光与通风外, 还创造了室内与外部环境的相互延伸关系[5]。在当今的数字时代, 数字媒体与科技提供的大量信息、媒材与数字空间的流通, 交织原有空间经验与感知, 创造了一种新的空间形式或地志关系——媒体空间或称信息空间, 此信息空间的流动性将与实体空间结合, 重新定义原有建筑皮层所界定的内外关系、场所意义与空间时间关系, 如互动(interactive)、回馈(responsive)、智慧(intelligent)等[6]。建筑理论家 Giedion (1941) [7]认为“设计需要反映技术”, 而启发于 Chris Anderson (2012) [8]的 *Makers: The New Industrial Revolution* 一书, “Makers”(自造者运动)为当今的重要趋势, 不仅是制造数字化风潮, 更会影响下一波设计在新产业浪潮的到来, 将创造桌上型工具(如 3D 打印机)、开放源码硬件、自造者企业、云端制造工厂等新

时代新机会。

面对这些日新月异的技术,建筑设计教育应训练学生具备跨域的整合能力去面对新的挑战,开创新的议题,找寻新的设计创意。而目前仿生建筑教学在设计工作室的发展,如德国 University of Stuttgart 的 Bio-Mat 系所着重于运算设计整合仿生材料、结构与数字构筑(如机器手臂等)之研究,并设计不同仿生的亭子(pavilion) (网址 <https://www.itke.uni-stuttgart.de/institute/biomat/>); 西班牙巴塞罗那 IAAC 建筑学院强调生物形态和行为之研究,并经由实验测量发展实际设计成品(网址 <https://iaac.net>); 英国伦敦 UCL 建筑学院之 Bio-ID 课程,偏重生物体本身产生的构筑性之研究(例如黏菌、绿藻、蜂巢),并结合运算进行设计实验(网址 https://linktr.ee/bio_id); 美国哥伦比亚大学 GSAPP 景观建筑系,其仿生设计则强调利用原有生态物种的特性和机制,作为创造韧性城市与地景的基础(网址 <https://www.arch.columbia.edu/faculty/175-kate-orff>); 启发于 Benyus (1997)的仿生设计(Biomimicry)想法[9], Chiu (2019) [10]在台湾东海大学建筑所的仿生设计操作,则用不同于参照学习的生物物种进行模拟(analogy)并予以组合的仿生设计,以响应全球暖化所带来的危机。

有别于上述的仿生设计,我们强调学习生物皮层机制的“运动性”和“自主性”如何“互动性”地调适外部环境而达到生存的目的,有鉴于此,本研究的目的在于探索建筑设计工作室的跨领域学习,主要藉由探索生物皮层的运动构造与机制,了解不同生物如何自主性地调节温度,包括它们的生活习性,皮层类型,皮层功能等,并将这些皮层的调适机制整合互动科技而实践,进而发展一个具有互动性的建筑皮层雏形(称 Bio-Skin),因应全球暖化的议题,此雏形可以自主性且动态性地调适外部环境的变化,除提供用户舒适的生活质量外,也创造建筑、都市或地景设计新的可能性(图 1)。

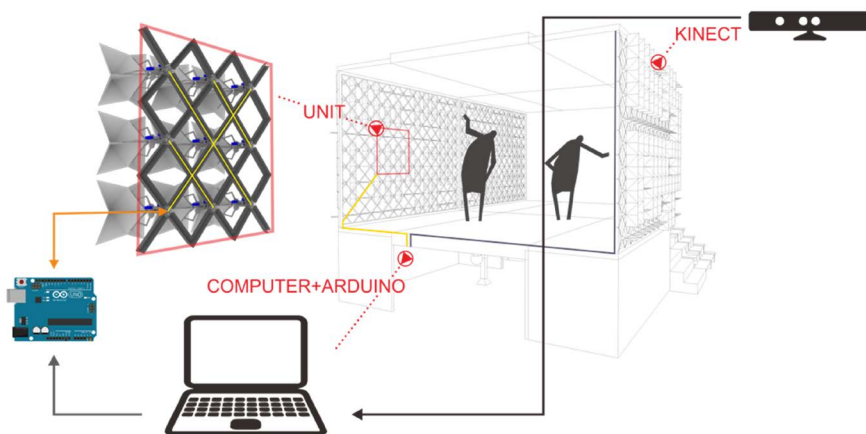


Figure 1. Framework of dynamic architectural skin prototype (Bio-Skin)

图 1. Bio-Skin 动态建筑皮层雏形架构(本研究整理)

2. 向生物学习：皮层的调温与运动

生物皮层构造可以从宏观和微观而了解。在宏观上,生物的外皮构造会因为生活的地理环境以及隶属于何种生物种类而有所差异,因此利用剖面以及平面分布于地球的位置做归类。平面分布上,沙漠的动物为了因应炎热的气候因此有其机制,极地的动物则有生活于寒冷气候的方式,虽然是不同的生物,但却都有着相同的目的。剖面分布上,由于在生物演化的顺序上,是由水生生物进化成陆生生物,因此可以观察到纬度较低靠近水的动物,基本上皮层的构造较为简单,非哺乳类的动物,皮层构造上也较为简单。在微观上,虽然都是利用毛发来保温,但北极熊跟雪豹在毛发上就有很大的差异,毛发在每个生物上虽然有相同的功能,但却有极不同的细微机构上的差异(图 2)。

在研究多种生物后，大致将其分成为皮层外、皮层本身以及皮层内去做进一步的归类。对于皮层外的毛发而言，不同生物有不同的毛发，举北极熊为例，其毛发主要分为两层，有透明的长毛跟白色的短毛，而最外层中空透明的毛发主要是利用全反射的原理，让更多的光线及热能进入皮肤表层，再利用短毛来捕捉这些热能，而雪豹则是只有一层的毛发，此层毛发则是有绝缘的作用，汗水不经由皮肤排出。而皮层本身也是有极为不同的差异，为了增加更多的热量散失，沙漠的耳廓狐有巨大的耳朵，但北极狐则是有极小的耳朵，为了减少其身体的接触面积，减少热量的散失。最后，对于皮层内部的脂肪跟肌肉而言，寒带地区的海豹有厚厚的鲸脂，以利生存于极地，而鲸鱼的肌肉甚至可以调控血液循环系统调控热量散失，在海底游上游下以调节热量。

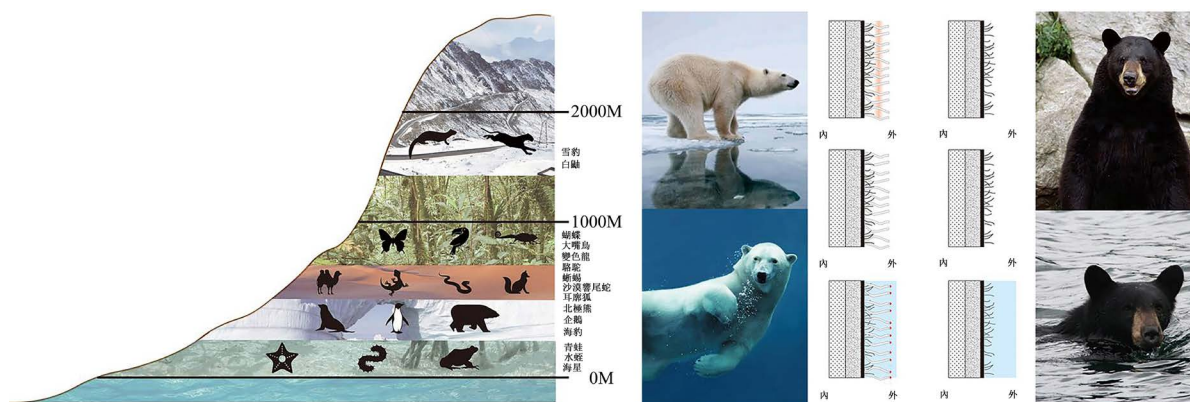


Figure 2. Skin construction in macro and micro

图 2. 皮层构造的巨观和微观(本研究整理)

不同的生物由于所处环境不同，或是生物特性的不一样，演化出各自拥有的温度调适系统，因此在其皮层的运动与其构造也有所差异。从上述生物的温度调控机制开始，我们比较了在地球上不同地区的生物和他们的外型变化，在两个极端的环境中找到同一类物种，通常会发现在牠们身上发现演化相反的特化器官，就能得知生物什么地方容易受到环境影响；相反的，比较不同种类生物，马上可以判断得出来，对于这些环境来说，什么样的生物性质能够适应。经由对多种生物皮层的研究后，本研究架构在皮层外、皮层本身以及皮层内的归类，更进一步从生物皮层上提取变化元素，并归纳出以下几种形式的运动，包括张开、垂下、包覆、凸起、凹陷、分泌、收缩和扩张 8 种动作(图 3)，在设计方法上，从生物对环境的对应方式开始观察归类(图 4)，这些运动形式将提供学生发展皮层雏形与环境互动的基础。



Figure 3. Kinetic forms within animal skins

图 3. 生物皮层的运动形式(本研究整理)

- 改变自身形状以调节温度：如耳廓狐的耳朵巨大又布满血管帮助散热，大嘴鸟的鸟喙巨大布满血管帮助散热，深海生物巨大化的现象的成因是大体积的生物能量散失的比率相对下降。
- 改变自身姿势以调节温度：沙漠蜥蜴垂直或平行于阳光改变受光面积，沙漠奎蛇弓身以点状接触沙地避免被持续加温。
- 改变体内系统组织以调节温度：海豹和北极熊的脂肪层用以保温，企鹅的逆对流交换系统减少流到体

表的热量，鲸鱼的肌肉调控血液循环系统调控热量散失。

- 改变体外毛皮以适应温度气候：北极熊透明的管状毛增加太阳光吸收，企鹅有防水的羽毛和保温的绒毛，雪豹密集的厚毛。

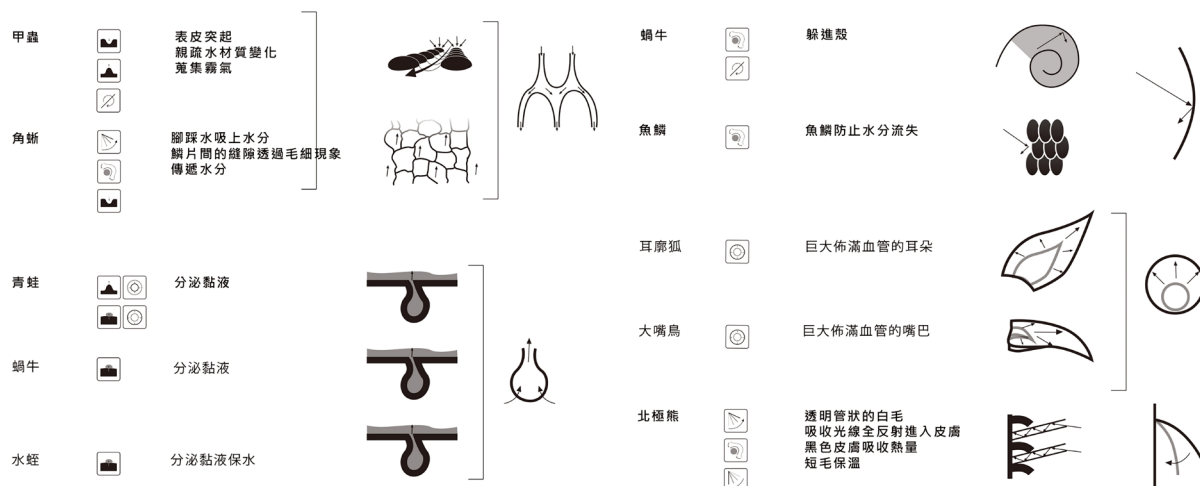


Figure 4. Kinetic mechanisms of animal skins for thermoregulation

图 4. 生物皮层调温的运动机制(本研究整理)

3. 动态性建筑：皮层的调适与互动

Alexander (1964) [1]的调适为由下往上的动态性适应，为强调一种与环境的互动关系。此概念构成了建筑的意涵与形式，其相信这些构件与其关系可以被建构在一定的机制与法则之上。在分类及设立层级中，不同单元元素藉由一种由下往上的方式，在一个已建立的逻辑与规则里自动的组合与衍生，藉由形式上的“由小变大”、“由少变多”或“由集中变分散”等特性去动态地调适环境，将提供本研究发展互动皮层的参考基础。

在信息科技的发展趋势，互动可以透过实体运算，来建立实体系统后并拥有可以感应与反应的模拟世界，意思就是通过软硬件对现实世界进行感应和互动的系统，是一套充满创造性的系统框架，目的是帮助人们和数字世界带来直接性的交互连接，实体运算并不是一种新型技术，而是来自众多技术的集成体系[11] (图 5)。并透过使用情境，实体运算可以帮助用户，利用计算机运算感应，控制调节实体对象与环境。

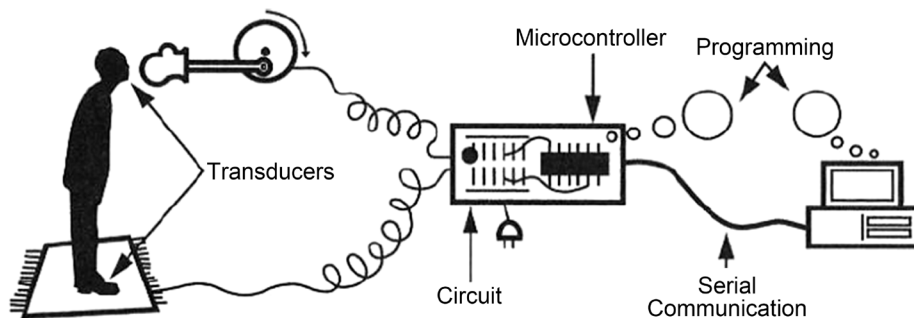


Figure 5. Mechanisms of physical computation [11]

图 5. 实体运算系统机制[11]

让建筑产生互动的回馈反应，需要藉由遍布运算，从由下往上思考的概念希望嵌入到环境或日常工

具中去的计算能够使人更自然的和计算器交互。透过 Fox 和 Kemp (2009) [12]年所写的 *Interactive Architecture* 书中介绍, 现今社会 and 科技发展迅速, 信息流动已经不断在改变我们的世界, 透过互动架构和微处理机的应用, 建立动态的空间 and 对象能够执行一系列的实务和人性化的功能。这些复杂的公式是透过嵌入式计算(智能)和物理运动(动力学)的创意融合成新的可能性, 提供了建筑皮层和环境调适互动的运算机制, 包括: 输入、输出与执行。

例如: 2007 年, 奥地利设计师 Giselbrecht 设计了一栋通风陈列室 Show Room (图 6 左), 在这栋白色建筑物整个南面, 使用了大量的白色铝窗单元, 组构成一个可受计算机程序与机械滚轮控制的动态墙面, 目的是要控制从外部环境进入的光量。2012 年, Aedas Architects 在阿布扎比设计的 Al Bahar Towers, 其互动皮层的形式启发于伊斯兰教格栅遮阳的图像, 经由单元的原型建构与单元组合, 而发展出具有动态性调适温度与遮阳的智能化皮层(图 6 右)。在这两个建筑皮层案例, 都是根据感测装置所感测到的外部环境条件(温度和光线)而做出单元与整体的形变(由小变大、由少变多), 而外部环境条件是根据光线与温度的需求, 让此皮层系统可以被运算化与感测控制而让皮层有不同的表现。

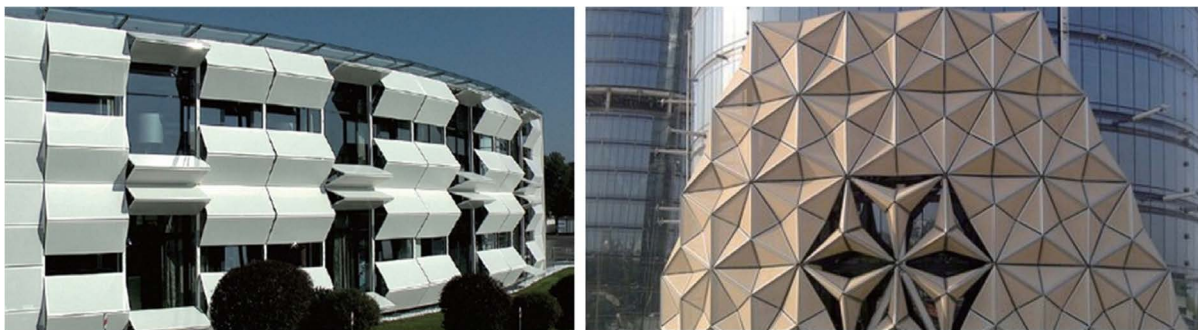


Figure 6. Show Room (Left); Al Bahar Towers (Right)

图 6. Show Room (左图); Al Bahar Towers (右图)

4. 设计工具：运算，运动与制造

在进行 Bio-Skin 的设计实验中, 如何自主性的互动(interaction), 以及如何有效的运动(kinetic)是重要的议题, 架构在之前赖怡成等人(2015)建构的设计环境(称之为仿生游戏场) [13], 设计实验的工具包括实体运算设备(主要以开放性的 Arduino IDE 为运算平台、兼容的 Arduino 微型处理器等)进行自主互动, 并配合乐高机器人(LEGO Mindstorms)的模块与可动零件构件, 摹拟从仿生观察到的动作机制以及关节传动方式, 最后透过数字制造的客制化构建(以 3D 打印为主), 检视从模型回到真实的建筑发展可行性(图 7)。

1) 实体运算工具

实体运算机制可分为 Input & Output, 以及两者之间传递机制。实体运算主要经感测装置由人体的接触与按压, 从传感器将讯息传至微处理器, 并将讯息转换成计算机可读的数字讯息, 由串行端口(Serial)传至计算机计算处理, 再将处理后信息回传给微处理器。最后微处理器控制具有电子回路的实验对象给予人们回馈和反应。微处理器是用来接收与传输 Digital & Analog 的讯号, 并且可以转换 Digital & Analog 讯号换成计算机能读取的讯号, 本次游戏会使用微型处理器、自动器、传感器。

2) 乐高机器人模块

LEGO Mindstorms EV3 是乐高公司 Mindstorms 系列的第三代机器人。这一机器人套件是由麻省理工学院, 美国麻省理工学院(MIT)与 LEGO 合作开发。采用各类传感器和电动马达, 或测量温度和物品距离传感器作为一种科学实验。这套积木结合了各种物理、机械原理与计算机程序设计, 使组装出的机器自动完成目标工作。

3) 3D 打印机

3D 打印机让设计者更容易的经由制造将设计付诸实践, 改变了传统以模拟为主的设计过程。此过程可以帮设计实时生产、量化, 发现错误并实时修正, 强化了“Learning by Doing”的实作, 同时, 设计者可以藉由这些数字制造工具, 快速生产设计模型或客制化设计构件, 并透过真实的实作进行观察检验, 提供设计者更丰富的设计创意与构筑发展。



Figure 7. Physical computation equipment/LEGO Mindstorms EV3/3D printer
图 7. 实体运算设备/乐高机器人模块/3D 打印机

5. 设计实验：Bio-Skin 的操作与实践

Bio-Skin 的设计实验是以淡江大学建筑系大四机动建筑工作室(Robotic Architecture Studio)的七位学生为实验对象, 并以一个学期的时间进行探索与实践。此工作室强调跨领域的建筑设计学习, 探索信息化与可调适的动态性建筑, 整合仿生、运动、电子、机械与互动科技等之跨领域知识, 并藉由实体运算(physical computation)与数字制造(digital fabrication)的实作而实践, 主要架构在赖怡成等人(2015)仿生游戏场的教学平台[13], 包括五个游戏步骤(玩观察、玩谱记、玩乐高、玩数学、玩制造), 从仿生观察到的动作机制以及关节传动方式, 探索建筑设计在未来发展的可行性和价值。从上述生物皮层进行调适温度动作的了解与归纳, Bio-Skin 皮层发展机构雏形之设计操作有以下 5 个步骤, 其详细说明如下:

第一, 动作的观察: 经由选择不同的生物和其皮层在调温机制的了解, 观察整个生物体的外观、构造、关节、骨骼如何影响皮层等, 再从这生物是受到什么样外在力的刺激开始, 透过层层的神经过传递, 启动“动”的调温机制, 而这外在的刺激有可能就是选择数字或模拟 input 的机制。

第二, 动作的谱记: 将生物因应调温机制而产生的运动变化, 一步一步的纪录与动作分解, 并将运动的皮层构建与连结处(如关节)画成谱记图(notation)记录下来, 从巨观到微观的角度去观察记录, 做为转化为机械构造 prototype 的前一步。

第三, 动作的模拟: 从谱记中找寻机械构造的可能性, 因为乐高具有容易构筑且容易修改的特性, 因此用乐高快速简便的模拟出各种运动机制, 以作为仿生皮层机构原型(prototype)的建构基础, 除了节省掉许多制作的时间外, 也能激发更多的想法。

第四, 动作的运算: 藉由精准的判别动作运动的方向、角度、速度, 让程序逻辑变成一种机制(规则与条件), 再将机制转换成计算机可以判读的计算机语言程序(Arduino IDE 的程序语言), 利用数字或模拟式传感器, 将 Input 信息传入至微型处理器计算, 透过计算机语言所判断的值由数字或模拟 Output 产生回馈。

第五,动作的群聚:将 prototype 大量复制与组合,因为群聚的效应,可以使效能发挥到最大,prototype 在群聚里面的主从关系,因为整个对象中的结构会重新分配、传动机制也会因为整体的构造或重量,改变动作的先后顺序,而且透过不同运动的排列组合,让群聚更聪明的发挥合作功效。

经由上述的生物皮层动作的研究,学生将关节传动的机制,藉由 3D 打印机、雷射切割器等工具,快速生产模型,做及时的动作模拟及观察,并且客制化所需的零件,衍生群聚的动态机构,利用这些工具重新为发展出的 prototype 以正确的尺寸比例呈现,让机构及模型调整到最佳,改善乐高固定式模矩的限制。架构在上述的操作步骤,七位学生(以 ABCDEFG 代表)各选择一种生物(鲸鱼、变色龙、沙漠角蜥、青蛙、栉水母、水蛭、沙漠甲虫),藉由对各自生物在调温(或保水)的皮层构造和运动形式(张开、垂下、包覆、凸起、凹陷、分泌、收缩和扩张)进行研究,并发展七种不同 Bio-Skin 的自主性之建筑皮层雏形(图 8),以及应用在七种不同的空间设计,包括建筑、都市或地景等。透过图八的比较可以知道,在发展机构,依然是由这几样动作元素去做重组拼凑,去架构新的 prototype,仿生的过程即为不断去尝试不同的拼凑方式,并不断去抽取新的元素,每当获得一项新的元素,即解明了更多新的可能性,让仿生及机械的构造及研究更为多样。

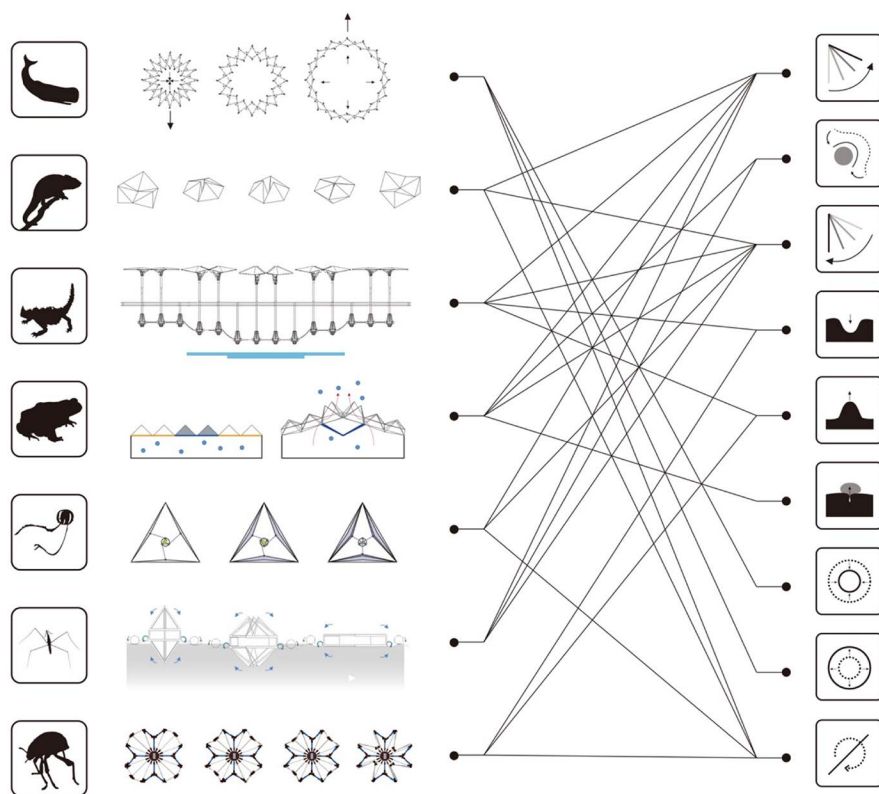


Figure 8. The relationship of students' Bio-Skin prototypes and kinetic forms

图 8. 七位学生发展的 Bio-Skin 雏形和运动形式关系图(本研究整理)

最后,每位学生发展出不同自主性调节温度的皮层雏形与建筑群聚,并应用在面临全球暖化议题下之不同的地景环境之中。例如:A 同学从变色龙的晶体旋转变色发展出的机构,透过翻转及掀动调控阳光大小(图 9),并应用在澳洲大堡礁的海洋生态地景(图 10 左);B 同学从沙漠角蜥的鳞片张开吸水及特殊的导流毛细构造,发展出透过开合变化上下牵动皮层凹凸的导流及遮阳地景系统,用来调节格陵兰冰山的海洋温度(图 10 右);C 同学从沙漠角蜥的鳞片张开吸水及特殊的导流毛细构造,发展出透过开合变化

上下牵动皮层凹凸的导流及遮阳地景系统；D 同学研究青蛙两栖的生活肺和皮肤呼吸机能的切换及微观皮层的开阖，而做出的皮层开合的包覆性皮层；E 同学的栉水母栉板翻动改变平衡状态，也发展出了透过转动改变倾角的平衡浮动机制；F 同学研究水黾的刚毛服贴水面状态，研究出以线牵动机制开阖状态与包覆的微型建筑；G 同学从沙漠甲虫改变倾角集水与表皮的亲疏水排列，发展出透过伞状开合倾角改变以集水导水的系统。



Figure 9. A thermoregulation bio-skin prototype transformed by rotation of the chameleon skin crystals

图 9. 变色龙皮层晶体旋转所转化的皮层调温机构

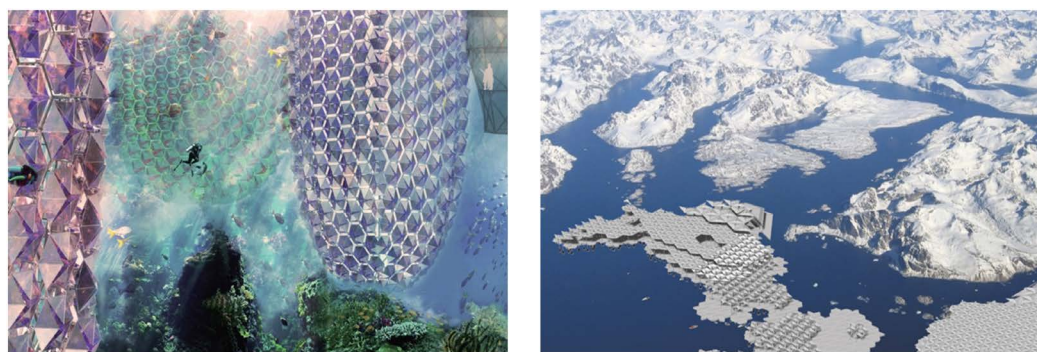


Figure 10. An emotional landscape in Great Barrier Reef (Left); A thermoregulation landscape in Greenland (Right)

图 10. 澳洲大堡礁的海底生态地景(左图)；格陵兰冰山的海洋调温地景(右图)

6. 发现与讨论

本研究属于质性研究(qualitative research)，经由上述的设计实验，我们发现七位学生所发展的 Bio-Skin 建筑皮层机构雏形之建构，有四个重要的动态皮层质性议题值得讨论，并可以作为未来研究的参考，包括：几何关系、组合方式、个体群体，以及突变改造。

1) 几何关系

构成互动皮层和机构发展的方式，有从 FOLDING (折迭)转换为片状组合或是转为骨架结构，也有从开始就是杆建结构的三维组合，也有以片状或块体的不规则几何体或是曲面去做旋转变换，利用以上几种形式，透过挤压、错位、拉扯，去改变开口及角度的变化，最常见的形状为平行四边形及三角形，因为三角形具有边长固定便不会变形的特性而且可以切割任何几何形状为组成的基本单元在结构上也常用到，而平行四边形有改变角度也能维持平行状态的特性，六角形也因为六个正三角形的组合而出现。皮层机构的变化和秩序即是利用这些几何形状的特性在二维及三维空间中组合产生。

2) 组合方式

在案例之中，我们归纳出几种不同的单元组合方式。如果一个独立的单元，将之重复组合的时候，可能因为形状的需求、或是变动的需求，做出不同的组合方式。最常见的单元组合方式为方型与三角形。

由于这两种形状在变化的过程中,较容易去控制设计单元与单元间的组构,以及运动过程中的连动关系,因此较常被使用,例如六个三角形的花朵状窗户。而线性的排列,因为单元与单元间的组构关系较限制,在组合上的可能性也减低,因此通常为普通长方形的百叶窗、遮阳板。单元之间的组合,也可以设计出较为特殊的组合关系。由于单元组合只是最基本的型态,但若进一步思考单元组构后,变动的轨迹,便可以由最简单的三角形、矩形,发展出曲状的线性排列,或者散布在网状的小开口,也可能是连续变动的机关单元,因此单元的组合方式可以从仿生系统中运动的状态一并思考。

3) 个体群体

机械结构的单元化让群集有更多的变化,并能做单一或群体的调控,让互动应用上可能更接近参数化的趋势,毕竟透过计算机数计分析,能够更精准的提供不同空间下的物环需求,而这些设定的数值则需要透过不停的试误(try and error)去找寻最佳解。正如相近的细胞能组合出不同的生物组织,发展出不同的功能,一个好的单元机构在不同地方或许也能找到好的应用方式及组合。另外,从个体自主到群体组合的整体形变,其如何分布式且动态性地互动于环境,我们认为单元之间的沟通是重要关键,以代理人为基础(agent-based)的分布式人工智能提供可能的方法[14]。

4) 突变改造

目前每一种生物大概都只能谈论到单一的维持温度及水分的方式,但现今于都市的气候条件越来越复杂及多变,因此只研究单一的生物并应用于皮层上已无法应对。我们觉得可以继续研究基因改造的部分,找出最符合且可以适应各气候条件的组合。例如例子中的鲸鱼与北极熊,还能继续讨论海星蠕动、或是变色龙、青蛙、水母等等,将同学的例子做进一步深入的整合,往基因改造的方面执行,就不需要从基础仿生的机构开始发展,而是从已有的例子进行讨论,更有助于计划在皮层机构与应用方面的深度。

7. 结论与建议

本研究透过向生物学习调节温度的机制,探索皮层调温的构造与运动形式,设计过程整合不同领域,启发学生发展具调适性且互动性的智慧化皮层雏形 Bio-Skin。这些机构原型在实体与虚拟之间来回回地发展,提供学生设计操作的重要基础,尤其在形变与移动的特质,包括皮层的结构、节点与传动机制的构造性,以及互动机制所包含之感应与形变的信息(data)与链接(link),需能被运算化地建构而实践。再者,结合仿生、互动科技和建筑调适议题,并将抽象化的空间设计与程序逻辑建立关系,有助于建筑设计学习的新方向,而数字制造的普及打开了不同尺度的实作制造,让设计实践更加真实,也让学生与身体的关系越加亲密,这些都有助于建筑设计教育的跨域实践。

再者,本研究发现的这些整合仿生设计的调温模式、运动形式、构成组件,以及组构设计等,将可提供未来动态皮层的设计准则与建构模式,同时,在全球暖化造成地球热环境的影响下,这些 Bio-Skin 雏形有利开发未来不同设计形态的节能皮层,建立智慧生活与空间设计整合的基础。未来研究方向除了整合代理人基础的人工智能外,也可以往基因改造与重组方向探索,藉由撷取不同生物皮层的优点而融合,例如:可能皮层是青蛙,但结构性要附着在建筑物上可能要用鲸鱼来做;另外,行动不便者或言语难以表达者,可以透过变动的建筑皮层去响应他们的情绪与生活机能等。

致 谢

感谢淡江大学电机系机器人中心詹翔闵老师从旁协助,以及淡江大学建筑系大四“机动建筑”(Robotic Architecture)工作室的学生,包括五位台湾学生(杨奎洋、蔡沂霖、林雨寰、方筱晴与吴怡淳),以及二位陆生(徐琳茜、汪若曦)实际的参与和建构 Bio-Skin 的建筑皮层雏形。

参考文献

- [1] Alexander, C. (1964) Notes on the Synthesis of Form. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [2] Steele, J.E. (1960) Bionics Symposium—Living Prototypes—The Key to New Technology, WADD Technical Report 60-600.
- [3] Mazzoleni, I. (2013) Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles for Innovative Design. CRC Press, New York. <https://doi.org/10.1201/b14573>
- [4] Hugh Aldrsey-Williams. 当代仿生建筑[M]. 卢昀伟, 译. 大连: 大连理工大学出版社, 2004.
- [5] Schittich, C. (2006) In Detail: Building Skins. Birkhauser Press, Berlin.
- [6] Wigginton, M. and Harris, J. (2002) Intelligent Skins. Architectural Press, Oxford.
- [7] Giedion, S. (1941) Space, Time and Architecture—The Growth of a New Tradition. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [8] Anderson, C. (2012) Makers: The New Industrial Revolution. Crown Business Press, New York.
- [9] Benyus, J.M. (1997) Biomimicry Innovation Inspired by Nature. Perennial Press, New York.
- [10] Chiu, K.E. (2019) Prototyping Cities' Future Design in the Anthropocene. *7th Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering (ACE 2019)*, Singapore, 27-28 May 2019.
- [11] O'Sullivan, D. and Igoe, T. (2004) Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical Word with Computer. Thomson Course Technology Press, Boston, MA.
- [12] Fox, M. and Kemp, M. (2009) Interactive-Architecture. Princeton Architectural Press, New York.
- [13] 赖怡成, 薛郁盈. 仿生游戏: 从生物模拟到建筑调适[C]//台湾建筑学会第二十七届第一次建筑研究成果发表会, 2015.
- [14] Batty, M. (2007) Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals. MIT Press, Cambridge, MA.