Humanware Innovation

文部科学省「博士課程教育リーディングプログラム」 複合領域型（情報）

情報・生体・認知 ダイナミクスの理解によるイノベーション創出人材育成

未来戦略機構第四部門

ヒューマンウェアイノベーション博士課程プログラム

若宮直紀（情報科学研究科，広報担当）

Osaka University

Humanware Innovation Program

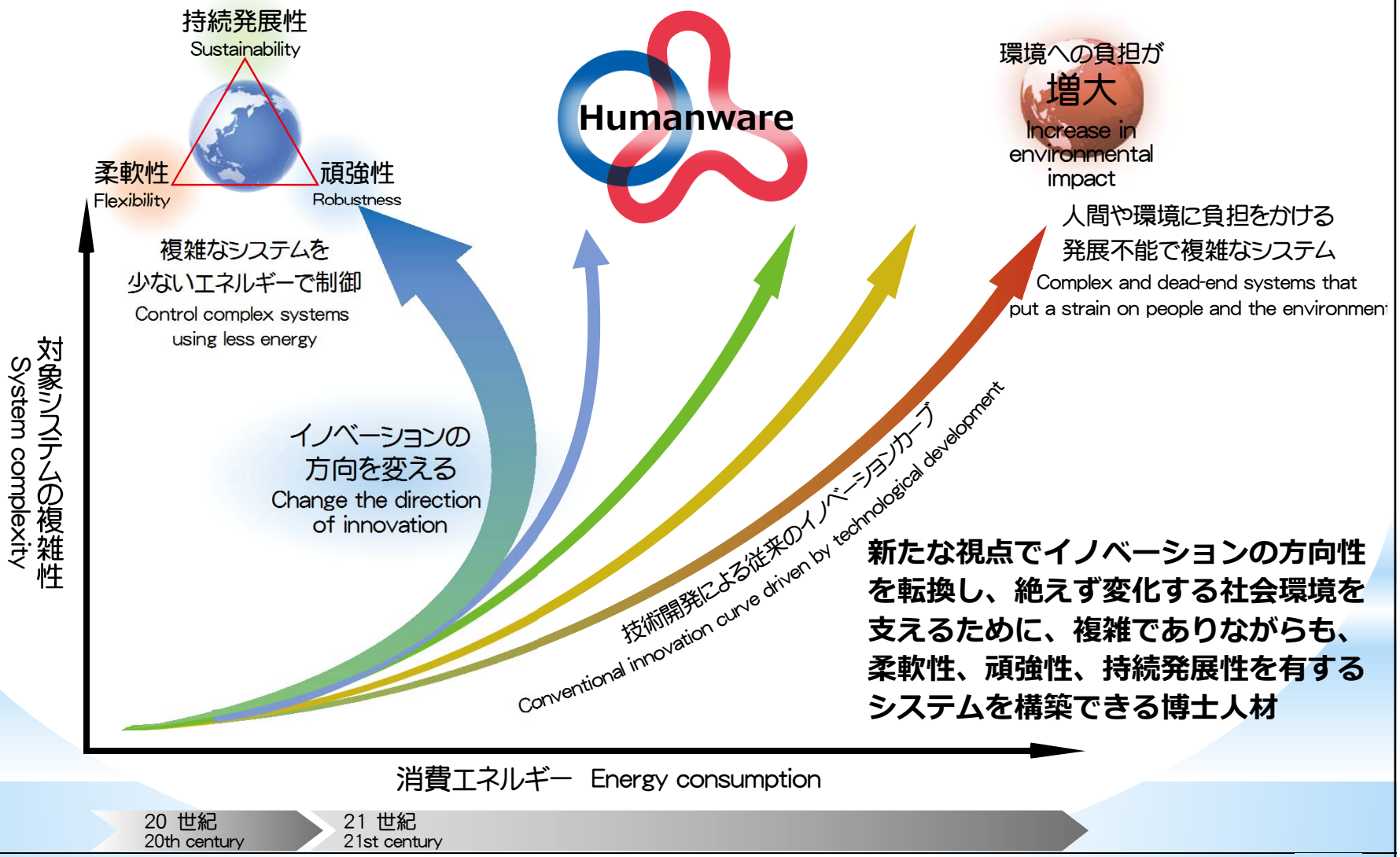
http://www.humanware.osaka-u.ac.jp/

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

Institute for Academic Initiatives

平成26年10月27日

ヒューマンウェアがイノベーションの方向を変える

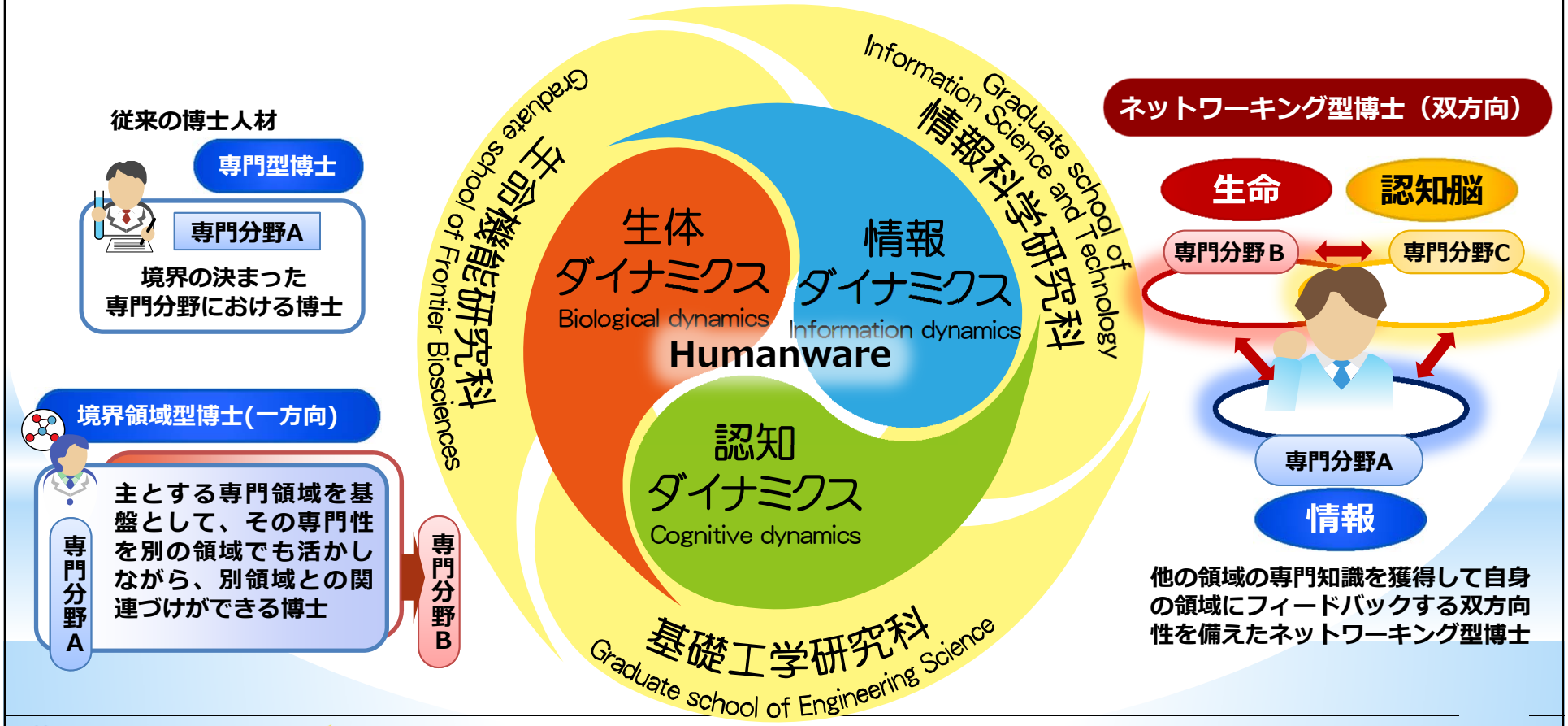


新たな視点でイノベーションの方向性を転換し、絶えず変化する社会環境を支えるために、複雑でありながらも、柔軟性、頑強性、持続発展性を有するシステムを構築できる博士人材

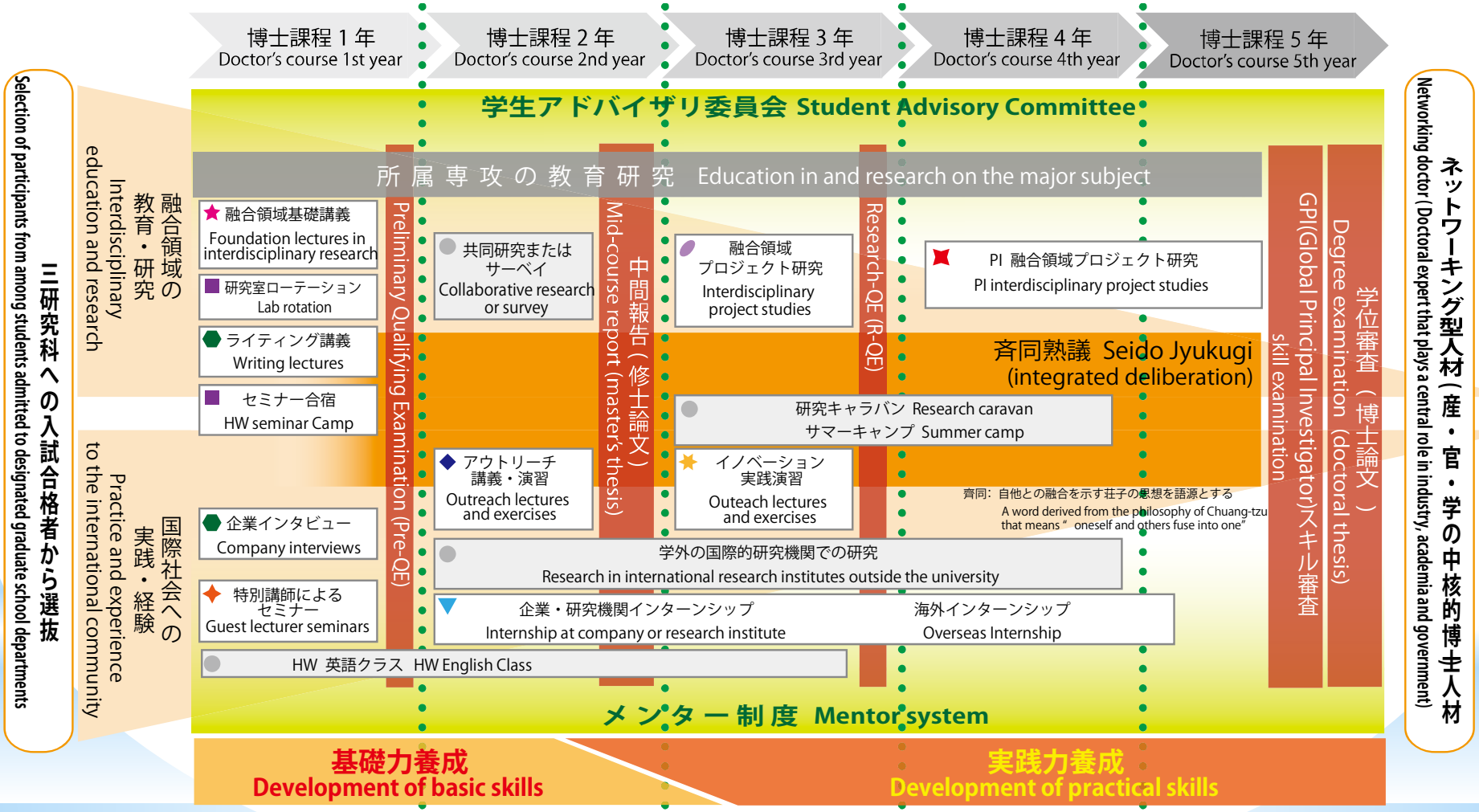
３つのダイナミクスと３つの研究科の融合

変化する環境に適応し、進化してきた生物の「生体ダイナミクス」
人間や環境に調和した情報社会を構築するための「情報ダイナミクス」
情報を受け取って理解し、新たな情報を生み出す人間の高次脳機能としての「認知ダイナミクス」

３つのダイナミクスの包括的な理解と融合



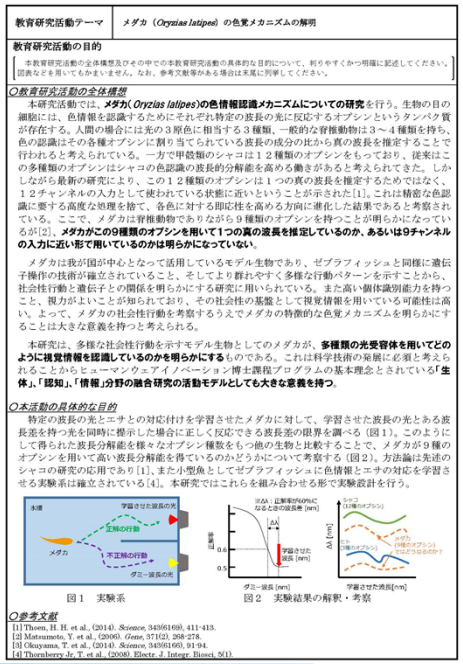
5年間のカリキュラムを通した徹底した融合



履修生による融合研究プロジェクト

融合研究ディスカッションを通して生まれた履修生企画・主導による融合研究プロジェクト

企画申請書を提出し、選考委員会で選考される
最大100万円の研究費助成のもとで融合研究を推進



教育研究活動テーマ　メダカ（*Oryzias latipes*）の色覚メカニズムの解明

教育研究活動の目的

本研究活動では、**メダカ(*Oryzias latipes*)の色情報認識メカニズムについての研究**を行う。生物の目の細胞には、色情報を認識するためにそれぞれ特定の波長の光に反応するオプシンというタンパク質が存在する。人間の場合には光の３原色に相当する３種類、一般的な脊椎動物は３～４種類を持ち、色の認識はその各種オプシンに割り当てられている波長の成分の比から真の波長を推定することで行われると考えられている。一方で甲殻類のシャコは１２種類のオプシンをもっており、従来はこの多種類のオプシンはシャコの色認識の波長的分解能を高める働きがあると考えられてきた。しかしながら最新の研究により、この１２種類のオプシンは１つの真の波長を推定するためではなく、１２チャンネルの入力として使われている状態に近いということが示された[1]。これは精密な色認識に要する高度な処理を捨て、各色に対する即応性を高める方向に進化した結果であると考察されている。ここで、メダカは脊椎動物でありながら９種類のオプシンを持つことが明らかになっている[2]。**メダカがこの9種類のオプシンを用いて１つの真の波長を推定しているのか、あるいは9チャンネルの入力に近い形で用いているのかは明らかになっていない**。

メダカは我が国が中心となって活用しているモデル生物であり、ゼブラフィッシュと同様に遺伝子操作の技術が確立されていること、そして群れやすく多様な行動パターンを示すことから、社会性行動と遺伝子との関係を明らかにする研究に用いられている。また高い個体識別能力を持つこと、視力がよいことが知られており、その社会性の基盤として視覚情報を用いている可能性は高い。よって、メダカの社会性行動を考察するうえでメダカの特徴的な色覚メカニズムを明らかにすることは大きな意義を持つと考えられる。

本研究は、多様な社会性行動を示すモデル生物としてのメダカが、**多種類の光受容体を用いてどのように視覚情報を認識しているのかを明らかにする**ものである。これは科学技術の発展に必要と考えられることからヒューマンウェアイノベーション博士課程プログラムの基本理念とされている**「生体」、「認知」、「情報」分野の融合研究の活動モデルとしても大きな意義を持つ**。

○本活動の具体的な目的

特定の波長の光とエサとの対応付けを学習させたメダカに対して、学習させた波長の光とある波長差を持つ光を同時に提示した場合に正しく反応できる波長差の限界を調べる（図１）。このようにして得られた波長分解能を様々なオプシン種数をもつ他の生物と比較することで、メダカが９種のオプシンを用いて高い波長分解能を得ているのかどうかについて考察する（図２）。方法論は先述のシャコの研究の応用であり[1]、また小型魚としてゼブラフィッシュに色情報とエサの対応を学習させる実験系は確立されている[4]。本研究ではこれらを組み合わせる形で実験設計を行う。

図１　実験系　　図２　実験結果の解釈・考察

○参考文献

[1] Thoen, H. H. et al., (2014). *Science*, 343(6169), 411-413.
[2] Matsumoto, Y. et al., (2006). *Gene*, 371(2), 268-278.
[3] Okuyama, T. et al., (2014). *Science*, 343(6166), 91-94.
[4] Thornberry Jr, T. et al., (2008). Electr. J. Integr. Biosci, 5(1).

教育研究活動テーマ　エイの形態学的特徴の模倣による操作性の高いRajiform推進型水中移動機構の実現

教育研究活動の目的

■研究概要

エイは水中を非常に効率的かつ自在に泳ぐ．高速な方向転換や，前進後退遊泳が可能で，魚類の中でも高い運動能力を有していることが知られている[1]．エイの主要な泳法の一つに，ヒレを波打たせて泳ぐ Rajiform swimming（以下 Rajiform）があり[2]，その高い運動性能の実現に大きく貢献している．そのため，Rajiform は次世代の水中ロボットの推進機構として注目されている[3]．Rajiform は生物学的観点から実施された詳細な運動解析により，エイの持つ大きな胸鰭を柔軟かつ適応的に制御することで，大きな推進力および高い操作性を実現していることが知られている[4]．さらに，エイの持つ厳密な骨格や形態の構造は，胸鰭全体の剛性を巧みに調整し，その柔軟な遊泳動作に貢献している[3]．つまり，エイの高い運動能力は，優れた形態学的特徴を十分に活かすことで初めて実現されるといえる．

Rajiform は生物学的観点からだけでなく，工学的観点からも多く研究されている．実際，近年 Rajiform 型推進機構を有する生体模倣水中ロボットが多数研究，開発されている[5]（図 1）．しかしながら，これらのロボットは低い自由度や不自然な形状のために，エイ本来の持つ柔軟な運動が十分に再現されておらず，Rajiform による高い運動性能を再現するに至っていない．

そこで本融合研究では，Rajiform に関する生物学・形態学的な知見を評価可能な生体模倣水中ロボットを開発し，**Rajiform による安全性と操作性の高い新たな水中移動機構を実現**する．

図１　水中ロボットの操作性と安全性

■研究目的

本研究では，Rajiform による高い運動性能を持つ水中移動機構の実現を目標とし，生物学・形態学的な知見に基づく生体模倣水中ロボットを開発する．本ロボットの製作・検証を繰り返す中で **Rajiform 型推進機構の基礎となる原理を解明**し，次世代の Bioinspired Autonomous Underwater Vehicles（BAUVs）の開発への応用を目指す．本研究成果は，水中移動機構の基礎技術としての新たな Rajiform 型推進機構を確立するだけでなく，実機製作および検証実験を通して得られた Rajiform やエイに関する知見が，流体力学や生物学分野の学術的な発展に対しても貢献するものと考えられる．

また，生物の洗練された構造は，従来工学にない優れた技術的知見を多く有しており，生体を模倣することにより，その**機能**の実現が期待できる．近年の生体模倣ロボティクス分野の傾向として，巧妙な形態学的なデザインに注目したロボット開発が盛んである[6]．例えば，魚型ロボットにおいて，全身の運動に対して受動的に振舞う尾鰭を実装することにより，非常に生物的で効率的な遊泳動作が実現されている[7]．このような，生体に学ぶ「ソフトロボティクス」の可能性として，環境との柔軟で安全な相互作用が挙げられる．本研究で提案するロボットにおいても性能向上を期待し，エイの柔軟な形態学的特徴を積極的に模倣する．本ロボットの開発はソフトロボティクス分野での新たな可能性を示唆することが期待できる．

さらに，本推進機構を用いることで，スクリュー機構等の従来技術より安全かつ効率的な水中・水上移動が実現すれば，生体に危害を加えない様々な水中システム構築が可能となる（図２）．そのため**本研究成果は科学技術の領域だけでなく，産業や社会全体への幅広い貢献が期待**できる．

図２　水中ソフトロボットの技術応用

→参考文献

[1] Cosse OBJ, A. (2014). Biomechanics in bacid fishes.
[2] Webb, P. W. (1994). The biology of fish swimming. Mechanics and physiology of animal swimming, 4562.
[3] Maxwell, K. W., Fish, F. E., Kemp, T. H., & Dart-Smith, H. (2013). Batoid fishes' inspiration for the next generation of underwater robots. Marine Technology Society Journal, 46(4), 50-159.
[4] Rosenberger, L. J., & Westneat, M. W. (1999). Functional morphology of undulatory pectoral fin locomotion in the stingray Taeniura lymma (Chondrichthyes: Dasyatidae). Journal of Experimental Biology, 202(24), 3523-3539.
[5] Tong, S. B., Qin, J., & Han, X. Y. (2009). Kinematics modeling and experiments of pectoral oscillation propulsion robotic fish. Journal of Bionic engineering, 6(2), 174-179.
[6] Pfeifer, R., Lungarella, M., & Iida, F. (2012). The challenges ahead for bio-inspired robotics. Communications of the ACM, 55(11), 76-87.
[7] Piazza, C. et al. (2019). Biomimetic mechanical design for soft-bodied underwater vehicles. In OCEANS 2019 IEEE-Seattle (pp. 1-7). IEEE.

メダカ（*Oryzias latipes*）の色覚メカニズムの解明

生命機能研究科 生命機能専攻　垣塚 太志

エイの形態学的特徴の模倣による操作性の高いRajiform推進型水中移動機構の実現

基礎工学研究科
システム創成専攻
浦井 健次

プログラム紹介ビデオより

履修生主体のアクティビティ

サマーキャンプ2013 （平成25年9月29,30日）
発案･企画から運営まで全てを履修生が主導
- 特任教員による融合研究講義
- 2日間の融合研究発案ディスカッション

マナー講座
（平成26年3月）

生命合宿＆ディベート（平成25,26年7月～8月）
学生主催若手合宿研究交流会（生命機能研究科主催）に参画・参加し、大学院生・ポスドク（アジア・ヨーロッパ・北米・南米から招聘）と討論会

出張・西岡塾（平成26年5月）
イノベーション研究所代表取締役社長、西岡塾塾長西岡郁夫氏による特別セミナー

アウトリーチ活動
（平成26年9月）

履修生が全てまたは一部の企画、運営に携わる様々な機会を通じた人材育成
履修生が自由にチャレンジする環境を提供（資金と人、ノウハウのサポート）

産業界・外部機関との連携

価値創造ライティング集中講義（平成25,26年8月～9月）
メーカーやIT系ベンチャーなど、職種、規模の異なる企業を訪問、インタビューを実施し、専門外の人に向けた記事を執筆、発表

英国マンチェスター大学訪問（平成26年2月）
プログラム紹介、学生ワークショップ

インターンシップにとどまらない
国内外の企業・教育・研究機関との連携による
ネットワーク型博士人材の育成

ヒューマンウェア領域コア科目
「ヒューマンウェアイノベーション創出論」
メーカ、新聞社、博物館、銀行、法律家などによる、融合領域におけるイノベーション、研究・開発の戦略、プロジェクトの企画・立案などに関するセミナー
MSRA主席研究員辻井潤一氏特別講演（平成25年7月）
アマゾン本社橋本幸司氏特別セミナー（平成25年9月）

プログラムをより知るために

大阪大学未来戦略シンポジウム
「ヒューマンウェアで描く未来～リーダー育成への布石～」
11月21日(金)13:00 千里阪急ホテル

履修生と産業界・教員がディスカッションする公開討論企画
テーマ１「イノベーションの方向を考える」
テーマ２「博士人材が描く未来」
テーマ３「博士人材を活かす環境づくり」

Osaka University
Humanware Innovation Program

選抜説明会
12月15日(月) 吹田、豊中同時開催
1月13日(火) 吹田のみ

Webページ（近日刷新予定）
http://www.humanware.osaka-u.ac.jp