

地域とともに20年

# 工学部から

新しい工学の創造を四国から世界へ、  
世界から四国へ。

# 先端工学 研究発表会 2018

平成30年 **1月29日** 月

開催時間/13:30~17:30(受付開始12:50~)

日時

場所

## 香川大学工学部

KAGAWA UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING

林町キャンパス3号館3階

プログラム

### ◆香川大学工学部創立20周年・創造工学部新設講演会 13:30~16:10(3号館3階3301)

経済産業省四国経済産業局、公益財団法人かがわ産業支援財団、  
国立研究開発法人産業技術総合研究所四国センター、(株)四国総合研究所、  
一般社団法人香川経済同友会、香川県中小企業家同友会

### ◆研究技術交流会 16:20~17:30

#### ●研究機関合同パネル展示 (3号館3階ロビー)

香川大学(工学部、創造工学部、医学部、農学部)香川高等専門学校、徳島大学理工学部、  
国立研究開発法人産業技術総合研究所、(株)四国総合研究所

#### ●企業向け技術相談会 (3号館3階3304)

香川大学社会連携・知的財産センター、公益財団法人かがわ産業支援財団、  
経済産業省四国経済産業局、四国TLO

#### ●TOP情報交換会 (本館1階会議室)

# 創造工学部へ。



## 香川大学 工学部

工学部は**創造工学部**に新しく生まれ変わります。

〒761-0396 香川県高松市林町2217-20

TEL:(087)864-2000(代) E-mail:info@eng.kagawa-u.ac.jp

工学部 <http://www.eng.kagawa-u.ac.jp>

創造工学部 [http://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u\\_ead/](http://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u_ead/)

- ことぞん太田駅からことぞんバス「太田駅サンメッセ線」で11分(香川大学工学部前)下車 すぐ(15~30分おき運行)
- JR高松駅から ことぞんバス「サンメッセ・川島・西植田線」の【65】レインボーロード経由で32分(香川大学工学部前)下車 すぐ
- JR高松駅から車で約30分 ●高松空港から車で約20分
- 高松中央IC(高松自動車道)から車で約4分(約2km)



工学部



創造工学部

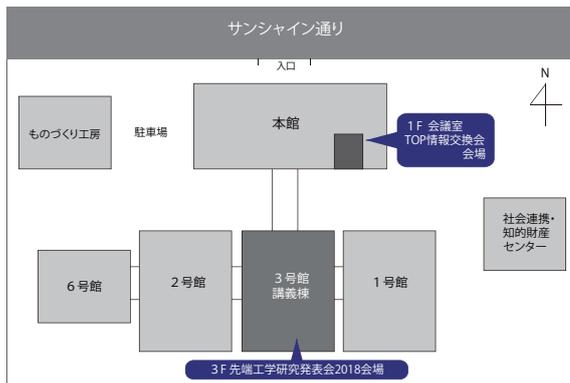


●日時：平成 30 年 1 月 29 日（月）13:30~17:30（受付開始：12:50~）

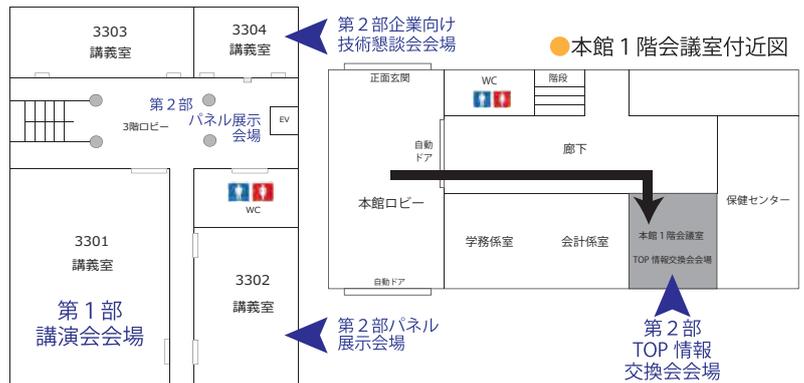
●場所：香川大学工学部 3 号館 3 階

第 1 部 講演会 3301 講義室	13:30~13:40 開会挨拶（香川大学 寛 善行 学長）【3301 講義室】
	13:40~16:10 工学部創立 20 周年・創造工学部新設講演会【3301 講義室】 ◎13:40~15:00 「工学部創立 20 周年の感謝と創造工学部新設の紹介」 長谷川 修一、角道 弘文、井面 仁志、高橋 悟、馮 旗、佛園 哲朗 ◎15:10~16:10 「地元機関からみた工学部 ショートスピーチ」 経済産業省四国経済産業局 地域経済部長 金谷 明倫、公益財団法人かがわ産業支援財団 理事長 大津 佳裕、 国立研究開発法人産業技術総合研究所四国センター所長 田尾 博明、（株）四国総合研究所 代表取締役社長 澤田 佳孝、 一般社団法人香川経済同友会 代表幹事 矢野 年紀、香川県中小企業家同友会 代表理事 川北 哲、
第 2 部 研究・技術 交流会 3 号館 3 階ロビー 3302 講義室 3304 講義室 本館 1 階会議室	16:20~17:30 研究機関合同パネル展示【3 号館 3 階ロビー、3302 講義室】 香川大学（工学部、創造工学部、医学部、農学部）、香川高等専門学校、徳島大学理工学部、 国立研究開発法人産業技術総合研究所、（株）四国総合研究所
	16:20~17:30 企業向け技術面談会 ~ 企業が儲けたい市場の技術課題についての面談会 ~ 【3304 講義室】 香川大学社会連携・知的財産センター、公益財団法人かがわ産業支援財団、 経済産業省四国経済産業局、四国 TLO
	16:20~17:30 TOP 情報交換会【本館 1 階会議室】 香川大学、経済産業省四国経済産業局、公益財団法人かがわ産業支援財団、国立研究開発法人産業技術総合研究所四国センター、（株）四国総合研究所、一般社団法人香川経済同友会、香川県中小企業家同友会

研究機関合同パネル展示内容	
<p>●安全システム建設工学科</p> <p>野々村 敦子「空中電磁探査データを活用した道路防災点検高度化手法の検討」 宮本 慎宏「香川県産の粘土を用いた高性能壁土の開発」 中島 美登子「高齢者サポート拠点の利用が仮設住宅における高齢者の交流関係に及ぼす影響」</p> <p>●電子・情報工学科</p> <p>後藤田 中「持続可能な CSIRT を目指した対応訓練システムの開発」 高橋 亨輔「台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの構築」 松岡 諒「光源に依存しない物体色推定技術の開発と色補正への応用」</p> <p>●知能機械システム工学科</p> <p>平田 英之「セラミックス金属接合部品の破壊確率の保証方法」 井上 恒「機械式大腿義足における運動機能の多機能化」 佐藤 敬子「色覚異常者のための色覚バリアフリーな表示手法の提案」</p> <p>●材料創造工学科</p> <p>中西 俊介「材料の光学物性評価と機能性材料開発」 上村 忍「種々の窒化炭素を導入した酸化グラフェン薄膜の作製」 松田 伸也「異方性を有する CFRP 積層板のパンチプレス加工技術の開発」</p> <p>●香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構</p> <p>「大規模広域災害に対応できる専門家の養成（四国防災・危機管理プログラム）」</p>	<p>●香川大学医学部</p> <p>和田 健司「固体表面・金属種間の相互作用を活かした有機合成用触媒の開発」 白杵 尚志「鏡視下手術時の体温管理に最適な手術室の建設」</p> <p>●香川大学農学部</p> <p>小川 雅廣、赤澤 隆志（愛媛大学）「アミノ基含有高分子の新規ゲル化剤の開発」 寺島 知里、田中 直孝「細胞内で凝集塊を形成する蛍光タンパク質の挙動と分子機構の解析」</p> <p>●徳島大学理工学部</p> <p>浮田 浩行「超音波逆 GPS 方式による 3 次元座標の算出」 古部 昭広「レーザー分光による光ナノ材料物性の研究：太陽エネルギー変換のメカニズムを解明」 北條 昌秀「電力系統の安定運用に貢献する分散電源用電力変換回路の研究」 三好 徳和「金属ストロンチウムを用いる新規かつ新奇機能性物質の簡便合成研究」</p> <p>●国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>田中 正人「高分子アクチュエータを用いたピペットの応用」 小林 吉之「AIST 身体運動特徴評価技術-「はじめる」・「つづける」ための支援技術-」</p> <p>●香川高等専門学校</p> <p>相馬 岳「コモンメタルを用いた熱発電モジュールの開発」 川久保 貴史「ショットキー電子源の表面修飾による低仕事関数化」</p> <p>●（株）四国総合研究所</p> <p>天野 雄一郎、中西 美一「構造物振動多点同期モニタリングシステムの開発」 垣淵 和正「近赤外光照射による青果物鮮度保持技術「iR フレッシュ」の開発」</p>



●香川大学工学部林町キャンパス建物配置図



●3 号館 3 階見取図

●香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構

「大規模広域災害に対応できる専門家の養成（四国防災・危機管理プログラム）」 3

●香川大学医学部

和田 健司「固体表面・金属種間の相互作用を活かした有機合成用触媒の開発」 4

白杵 尚志「鏡視下手術時の体温管理に最適な手術室の建設」 5

●香川大学農学部

小川雅廣、赤澤隆志（愛媛大学）「アミノ基含有高分子の新規ゲル化剤の開発」 6

寺島知里、田中直孝「細胞内で凝集塊を形成する蛍光タンパク質の挙動と分子機構の解析」 7

●国立研究開発法人産業技術総合研究所

田中 正人「高分子アクチュエータを用いたピペットの応用」 8

小林 吉之「AIST 身体運動特徴評価技術—「はじめる」・「つづける」ための支援技術—」 9

●(株) 四国総合研究所

天野 雄一郎、中西 美一「構造物振動多点同期モニタリングシステムの開発」 10

垣淵 和正「近赤外光照射による青果物鮮度保持技術「iR フレッシュ」の開発」 11

●徳島大学理工学部

浮田 浩行「超音波逆 GPS 方式による 3 次元座標の算出」 12

古部 昭広「レーザー分光による光ナノ材料物性の研究：太陽エネルギー変換の

メカニズムを解明」 13

北條 昌秀「電力システムの安定運用に貢献する分散電源用電力変換回路の研究」 14

三好 徳和「金属ストロンチウムを用いる新規かつ新奇機能性物質の簡便合成研究」 15

●香川高等専門学校

相馬 岳「コモンメタルを用いた熱発電モジュールの開発」 16

川久保 貴史「ショットキー電子源の表面修飾による低仕事関数化」 17

●安全システム建設工学科

角道 弘文「ため池の水位変動と絶滅危惧種ガガバタの生育状況」 18

未永 慶寛「水産資源生産力向上システムの開発」 19

寺林 優「地震発生と水の研究」 20

野田 茂「地震防災の高度化に向けて」 21

長谷川 修一「地質災害の予測と共生を研究しています」 22

松島 学「塩害劣化予測システムの開発」 23

山中 稔「近世城郭石垣の老朽化対策に向けた安定性評価手法」 24

吉田 秀典「魚骨由来の吸着材による重金属や放射性物質の吸着に関する研究」 25

石塚 正秀「水環境・大気環境に関する研究」 26

岡崎 慎一郎「センサによるコンクリート構造物の維持管理」 27

紀伊 雅敦「世界都市化の長期見通し」 28

野々村 敦子「空中電磁探査データを活用した道路防災点検高度化手法の検討」 29

宮本 慎宏「香川県産の粘土を用いた高性能壁土の開発」 30

中島 美登子「高齢者サポート拠点の利用が仮設住宅における高齢者の

交流関係に及ぼす影響」 31

守屋 均「屋島における植生分布とその変遷」 32

藤井 容子「「その人らしさ」を持ち続けることができる環境デザイン」 33

●電子・情報工学科

荒川 雅生「汎用最適化システムの開発」 34

井面 仁志「災害状況再現・対応能力訓練システムと訓練シナリオの開発」 35

今井 慈郎「ネットワーク学習 e-Learning システムの開発（可視化 その 1）」 36

生越 重章「バイオセンサネットワークの基本技術」 37

北島 博之「数理モデルを用いた交互脈の発生メカニズムに関する研究」 38

最所 圭三「クラウド環境に適した分散 Web システムの開発」 39

神野 正彦「エラスティック光ネットワーク設計アルゴリズムの研究」 40

垂水 浩幸「遠隔音楽ライブにおけるコミュニケーション」 41

丹治 裕一「高性能半導体パッケージの解析手法に関する研究」 42

林 敏浩「高度教育支援システムの開発」 43

堀川 洋「動的準安定遷移過程に関する研究」 44

安藤 一秋「自然言語処理技術を応用した小学校での NIE 支援環境の構築」 45

石井 光治「自律分散ロボット制御のための無線と制御の統合的設計」 46

香川 考司「Web ベースプログラミング学習環境の研究」 47

富永 浩之「初中級プログラミング演習の教材構築と支援環境の開発」 48

丸 浩一「レーザを用いた断面速度分布計測技術」 49

三木 信彦「第五世代移動通信ヘテロジニアスネットワークにおける

干渉除去技術の研究」 50

八重樫 理人「観光の思い出を記録する観光ガイドブック生成・印刷システム

「KadaPam/ カダパン」 51

浅野 裕俊「無意識下生体制御に関する研究」 52

高木 智彦「モデルベースドミュレーションテスト法の開発」 53

松下 春奈「メタヒューリスティック最適化手法の提案と応用」 54

後藤 田中「持続可能な CSIRT を目指した対応訓練システムの開発」 55

米谷 雄介「トラブルシューティングに資する潜在ニーズ可視化

エージェントの開発」 56

高橋 亨輔「台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの構築」 57

松岡 諒「光源に依存しない物体色推定技術の開発と色補正への応用」 58

森 裕「3 次元 ホログラフィックディスプレイの画質向上に関する研究」 59

●知能機械システム工学科

石井 明「目視検査教育訓練システムの開発」 60

石丸 伊知郎「可搬型赤外分光イメージングの研究」 61

郭 書祥「水陸両用の球型親子ロボットに関する研究」 62

下川 房男「IOT 時代を変革する農業用センサプラットフォームの実現に向けて

—MEMS 技術を用いた超小型道管流センサー— 63

鈴木 桂輔「地域と連携した技術開発～運転支援・生活支援を例として～」 64

高尾 英邦「シリコンで創る人工皮膚機能：ナノ触覚デバイスによる

触覚の定量化」 65

高橋 悟「バイオイメージ・インフォマティクス」 66

平田 英之「セラミックス金属接合部品の破壊確率の保証方法」 67

山口 順一「交差点全方位俯瞰画像追跡の研究」 68

石原 秀則「ロボットデザインと科学教育」 69

佐々木 大輔「空気式パワーアシストウェアの開発」 70

寺尾 京平「微細構造デバイスを利用した 1 細胞・1 分子操作解析技術の開発」 71

吉村 英徳「金属材料の成形限界予測式の開発」 72

井上 恒「機械式大腿義足における運動機能の多機能化」 73

佐藤 敬子「色覚異常者のための色覚バリアフリーな呈示手法の提案」 74

林 純一郎「暗所における光の反射特性に基づいた道路表面の水たまり

検出の検討」 75

石塚 裕己「静電触覚ディスプレイに関する研究」 76

●材料創造工学科

石井 知彦「学際領域『超分子希少糖』・『電子論錯体化学』の確立」 77

掛川 寿夫「エイジングケアのための ILG 配合化粧品の実用化に関する研究」 78

小柴 俊「化合物半導体ナノ・ヘテロ構造の研究」 79

須崎 嘉文「光学的・電気的薄膜および機能性表面の作製とその応用」 80

田中 康弘「集束イオンビーム(FIB)と透過型電子顕微鏡(TEM)による材料組織解析」 81

鶴町 徳昭「光と物質の相互量子制御」 82

中西 俊介「材料の光学物性評価と機能性材料開発」 83

馮 旗「福島原発事故放射能汚染水処理用高選択性 SR<sup>2+</sup> 吸着剤の開発」 84

舟橋 正浩「ナノ相分離型液晶性混合伝導体の開発」 85

若林 利明「MQL (Minimal Quantity Lubrication) による環境対応加工技術」 86

上村 忍「種々の窒化炭素を導入した酸化グラフェン薄膜の作製」 87

楠瀬 尚史「構造用セラミックスの応用拡大を目指した機能性付与」 88

松本 洋明「航空機用チタン合金の新しい組織制御に関する研究」 89

宮川 勇人「スピントロニクス・デバイス材料の作製と放射光による解析」 90

磯田 恭佑「刺激応答型発光性材料の創出」 91

松田 伸也「異方性を有する CFRP 積層板のパンチプレス加工技術の開発」 92

●創造工学科

佛岡 哲朗「人と機器が融和することによる新しいバイオ機能の創造」 93

柴田 悠基「『The Blue Garden』インタラクティブ遊具の制作」 94

# 大規模広域災害に対応できる専門家の養成（四国防災・危機管理プログラム）

香川大学 四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構

連絡先 四国防災共同教育センター bousai4@jim.ao.kagawa-u.ac.jp



## 専門家の養成

このプログラムは、東日本大震災の教訓を踏まえ、また大規模広域災害やグローバル化する危機に対して、迅速な状況把握のもとに適切な判断・意志決定を行い、減災・復旧・復興・組織再生へ向けて適切に対応できる**専門家**を養成する取り組みです。

## 開講受講コース

このプログラムには3つのコースがあり、共通する基礎科目と各コースに応じた専門科目で授業が構成されます。

### 行政・企業防災危機管理マネージャー

地域社会を構成する自治体・企業・地域組織のリスクマネジメント、組織及び地域のBCP策定、住民の安全・安心を守る防災・危機管理マネージャーの養成

### 医療防災・危機管理マネージャー

被災住民の視点に立って、災害時医療、医療機関のBCP策定、公衆衛生対策、メンタルヘルスサポート体制をコーディネートできる人材の養成

### 学校防災・危機管理マネージャー

地域コミュニティと連携して、学校・地域の防災教育、教育継続計画（ECP）策定、児童・生徒の安全・安心を守る指導者の養成

## 授業の様子



遠隔講義システムを使用した授業



リスクコミュニケーション

防災・危機管理実習



PFA研修(1日)



事業継続計画の策定と実践

## 災害・危機対応マネージャー

災害・危機対応マネージャーとは、災害や危機管理に関する知識の教授、助言、情報提供等を行うことが認められたものに授与される民間資格で、本プログラムを修了することで付与されます。

平成26年度の第1期から平成28年度の第3期までに、103人のマネージャーを認定しています。平成29年4月現在、59人の方が受講中です。

災害・危機対応マネージャーは、リスクコミュニケーションや危機管理学といった危機管理に関する基礎科目だけでなく、各コースにおける専門的なリスクマネジメントとその実践を習得しています。

職場や地域における防災のリーダーになることを期待されるだけでなく、職場や地域の防災力向上に寄与すること、さらに、研究機関や自治体等との橋渡しも期待されます。

## 社会・地域ニーズ、大学の特色を活かした危機管理教育の実施・人材養成

### 香川大学 (代表校)

- 行政・企業防災・危機管理マネージャー養成
- 救急救命・災害医療・公衆衛生対応コーディネーター養成等 教育プログラムの実施

### 香川県 (連携組織)

- 非常勤講師の派遣
- 職員を科目履修生として派遣
- 防災・危機管理教育関連情報の共有

### 四国防災共同教育センター (香川大学(代表校)に設置)

#### <専修教育科目群(大学院)>

- ①: 学校防災・危機管理マネージャー養成
- ②: 行政・企業防災・危機管理マネージャー養成
- ③: 救急救命・災害医療・公衆衛生対応コーディネーター養成

#### <センター業務として実施>

- 危機管理の学問体系構築
- 危機管理教育教員連携ルール・時間割作成、成績管理等

#### <連携大学・組織が担当>

- プログラム①: 徳島大、プログラム③: 香川大担当、プログラム②: 香川大、徳島大、香川県、徳島県が共同担当

- 遠隔講義、集中講義、e-learning等により、連携大学間で講義を共有、多様な教育を実施
- 集中講義によるフィールド演習・実習の実施で実践力を担保

### 徳島大学 (連携校)

- 学校防災・危機管理マネージャー養成
- 行政・企業防災・危機管理マネージャー養成等 教育プログラムの実施

### 徳島県 (連携組織)

- 非常勤講師の派遣
- 職員を科目履修生等として派遣
- 防災・危機管理教育関連情報の共有

- 愛媛大学、高知大学、鳴門教育大学(協力大学)
- 外部評価委員会への委員派遣
- 防災・危機管理教育関連情報の共有

# 固体表面・金属種間の相互作用を活かした有機合成用触媒の開発

香川大学医学部医学科 教授 和田健司

連絡先 wadaken@med.kagawa-u.ac.jp

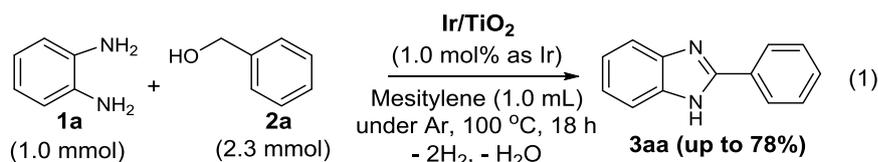


## 1. 目的

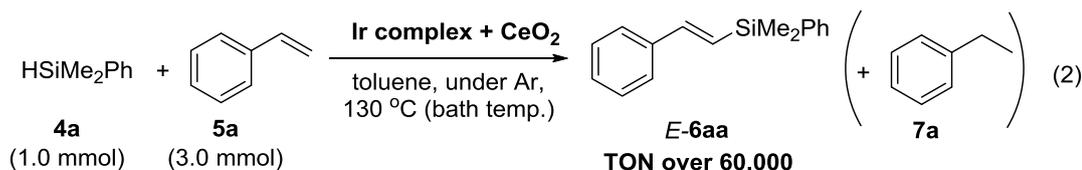
近年、有機合成プロセスの環境・資源・エネルギー的負荷最小化の観点から、固体触媒の活用が注目されている<sup>1)</sup>。こうした我々は、これまで均一系錯体触媒の使用が不可欠であった分子変換反応に有効な固体触媒の探索を行い、セリア担持ルテニウム (Ru/CeO<sub>2</sub>) 等の優れた触媒を開発している<sup>2)</sup>。最近我々は、医薬品原料として重要なベンゾイミダゾール類や<sup>3、4)</sup>、アルケニルシラン類<sup>5)</sup> を高効率で合成可能であり、かつ環境対応性に優れた担持触媒を開発したので、紹介する。

## 2. 研究概要

ベンゾイミダゾール類の効率的な合成方法のひとつに、フェニレンジアミン類と第一級アルコールからの脱水素環化芳香族化反応が挙げられる。我々は生成物からの触媒の分離、回収、再利用が容易で温和な条件で高活性を示す不均一系酸化チタン担持イリジウム触媒を開発した(式1)<sup>3、4)</sup>。さらに、担持 Ir 触媒における担体効果を詳細に検討した結果、特にルチル型酸化チタン担持 Ir 触媒が 100 °C といった低反応温度領域で高活性を示すことを見出した。CO 吸着測定や XPS 等の結果から、ルチル上で低原子価の Ir 種の形成が促進され、それが優れた脱水素機能を示すと考えられる。



一方、イリジウム錯体に酸化セリウムを添加するという、極めて簡便な手法によって、スチレン類の脱水素シリル化反応(式2)に対して優れた活性・選択性を示す固体触媒が調製できることを見出している<sup>5)</sup>。この際、通常は容易に併発するヒドロシリル化反応を、ほぼ完全に抑制できることが特徴的である。最近の検討では、60,000 を超える高い触媒回転数 (TON) を達成している。



## 3. 研究成果の活用

いずれの触媒も調製が簡単かつ活性・選択性に優れており、環境負荷を最小化できる触媒として、多様な有機合成反応に適用できる可能性がある。

## 4. その他

本研究は、香川大学工学部材料創造工学科 馮旗教授、福武龍宙氏、空田大地郎氏らとの共同研究によるものである。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】 1) 例えば、Kaneda, K. *Synlett*, **2007**, 999–1015.

2) 例えば、Wada, K.; Miura, H.; Hosokawa, S.; Inoue, M. *J. Jpn. Petro. Inst.* **2013**, *56*, 69–79.

3) Fukutake, T.; Wada, K.; Liu, G.-C.; Hosokawa, S.; Feng, Q. *Catal. Today*, **2017**, DOI: 10.1016/j.cattod.2017.08.01.

4) Tateyama, K.; Wada, K.; Miura, H.; Hosokawa, S.; Abe, R.; Inoue, M. *Catal. Sci. Technol.* **2016**, *6*, 1677–1684.

5) 和田ら、特願 2014-22456、PCT/JP2015/053377.

## 鏡視下手術時の体温管理に最適な手術室の建設

香川大学医学部附属病院 手術部 部長 臼杵 尚志

連絡先 usuki@kms.ac.jp



### 【緒言】

鏡視下手術は、小さな傷・低侵襲性・入院期間の短縮等の利点から広く実施されるようになった。ただ、腹腔鏡手術では気腹用二酸化炭素が低温で保温可能な体表面積も少ないことから、術中低体温を来し易く、これは麻酔の覚醒遅延や心血管系合併症、手術部位感染の危険性を高める。そこで、鏡視下手術時の低体温の要因を明らかにし、手術室建築時に行った対策について検討過程と成果を報告する。

### 【研究概要】

(1)手術室の増改築に際して、どのような環境設備や空調が、患者・術者共にその快適性を高めることができるか、実験環境を用いて検証した。「(A)患者向け温風と術者背側上方の寒冷パネル」「(B)患者向け温風と術者向け冷風」の2種の状態で、術者頭部と手術台上の温度測定を行なった。術者頭部の温度は(A) $26.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、(B) $25.2 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、手術台では(A) $21.9 \pm 1.9^\circ\text{C}$ 、(B) $22.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$ で、(B)が術者患者とも有利と言えた。

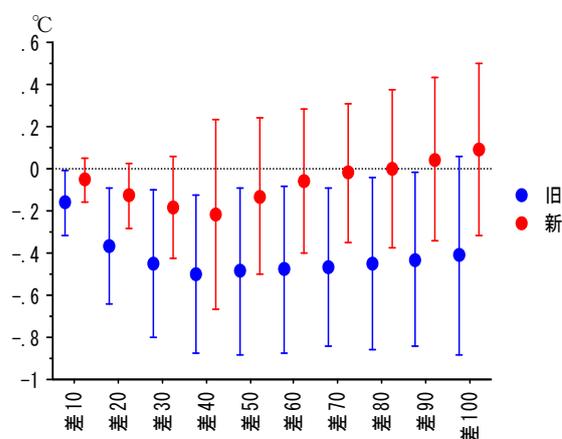


【新手術室における空調器のサーモグラム】

(2)(1)の結果を踏まえて新たに建設した手術室8室で、術者用層流  $21^\circ\text{C}$ 、患者用層流  $25^\circ\text{C}$ に設定して(P)術者立ち位置、(Q)助手立ち位置、(R)手術台の温度を測定したところ、(P) $21.8 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 、(Q) $21.9 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、(R) $23.7 \pm 1.0^\circ\text{C}$ で、外科医・患者共に快適な構造と言えた。

### 【活用事例】

(1)2011年以降に手術を行った結腸癌症例の内、旧手術室で手術を受けた81例と新しい手術室で手術を受けた93例の体温変化を測定した。その結果は(図1)の通りであり、古い手術室で手術を受けた患者が手術開始後30分で $0.45 \pm 0.35^\circ\text{C}$ 、40分で $0.50 \pm 0.37^\circ\text{C}$ の体温低下を示し、その後も体温が低下したまま推移しているのに比し、新しい手術室で手術を受けた例では手術開始後40分までに $0.22 \pm 0.45^\circ\text{C}$ の体温低下を示したものの、その後徐々に体温は上昇し80分の時点でほぼ気腹開始時の体温に復していた。以上より、この空調設備が臨床的にも有利であることが証明できた。



【新旧手術室で実施した例の体温変化】

【この研究は 科学研究費 Number 15K06323 の助成を受けています。】

# アミノ基含有高分子の新規ゲル化剤の開発

香川大学農学部 応用生物科学科 教授 小川 雅廣\*

愛媛大学大学院 連合農学研究科 博士2年 赤澤 隆志



連絡先(\*) ogawa@ag.kagawa-u.ac.jp

## 1. はじめに

タンパク質は化学的には100個以上のアミノ酸が脱水縮合してできたポリペプチド鎖である。このポリペプチド鎖が規則的に折りたたまれ特有の高次構造を形成することでタンパク質として機能を発揮する。タンパク質のなかには高温や酸性(pH<5)に晒されると、分子間相互作用(疎水性相互作用、ジスルフィド結合、イオン結合)が生じて、タンパク質分子が寄り集まってゲルを形成するもの

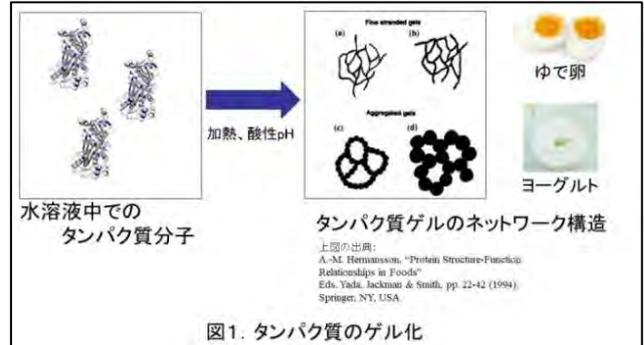


図1. タンパク質のゲル化

がある(図1)。こうした特徴をもつタンパク質は卵白や牛乳にも含まれ、ゲル状食品(プリン、ヨーグルト等)の加工に活かされている。タンパク質が固まってゲルになるには、上記の三つの相互作用が必要であるが、近年、アミノ基を介した分子間架橋構造の形成がゲル状食品の機械的強度を向上させることが報告され注目されている。我々は、アミノ基を介した分子間架橋を形成させる物質をオリーブ葉から開発し、OLEx と名づけた(図2上部)。本発表ではこのOLEx を添加したタンパク質ゲルの機械的性質を紹介する。

## 2. 研究成果

OLEx をタンパク質溶液(鶏卵白、ゼラチン)に加え加熱ゲルを作製した。卵白タンパク質にOLEx を1.0%添加して作製したゲルの破断応力は、無添加のもの3倍となった(図2左下)。チャノキ、ミカン、ブドウの葉からOLEx と同様の製法で得た粉末を1.0%添加した卵白タンパク質ゲルの物性を調べたところ、破断応力は無添加のもの約2倍であった。このことよりOLEx のゲル物性増強効果は特異であるといえる。

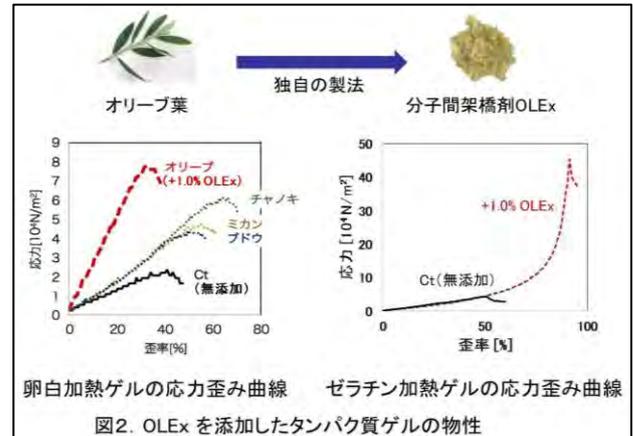


図2. OLEx を添加したタンパク質ゲルの物性

OLEx のゲル物性増強効果は卵白タンパク質よりゼラチンでより顕著であった。1.0%OLEx 添加のゼラチンゲルは破断応力が無添加のもの10倍、破断歪みが2倍であった(図2右下)。このことからゼラチンゲルにおいてはOLEx の使用で物性を劇的に改変できることがわかった。

## 3. まとめ

OLEx はゲル状食品の物性改良剤として有用であることが示された。OLEx はタンパク質だけでなく、アミノ基を含有する多糖キトサンにおいても同様の特性を示した(結果は省略)。OLEx は食品以外のアミノ基含有高分子の物性改良剤としても応用できる可能性がある。

## 4. 備考

本研究の成果は、平成29年10月24日に特許出願(特願2017-205317)した。

# 「細胞内で凝集塊を形成する蛍光タンパク質の挙動と分子機構の解析」

香川大学農学部

寺島知里、田中直孝

## 1. 目的

細胞内のタンパク質生産過程の主要な経路である分泌経路を研究対象にしている。分泌経路内で機能するタンパク質に注目し、欠損させる、もしくは過剰発現させることによりタンパク質輸送にどのような影響を及ぼすのか研究している。最終的には、分泌経路の機能を増強する条件を見つけ、酵母を用いた有用タンパク質生産の効率化を図ることを目指している。

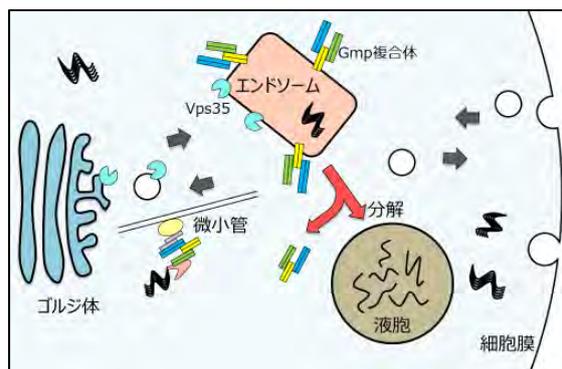


図 1 : Gmp 過剰発現時のタンパク質分泌経路の模式図

## 2. 研究概要

本研究では、ゴルジ体内の輸送に関与しているタンパク質を同定する目的で、ゴルジ体画分の TOF-MS 解析を行った。網羅的に同定されたタンパク質群の中から配列内に coiled-coil 領域を持つ機能未知のタンパク質 Gmp1, Gmp2, Gmp3, Gmp4 を取得した。本研究では、互いに相同性が高い点から Gmp1, Gmp3, Gmp4 に着目し研究を行った。Gmp ファミリーを過剰発現させたところ、細胞内の数ヶ所に集約したドットが観察され、このドットの細胞内局在を決定するため、種々のオルガネラマーカーと共発現させた。その結果、後期分泌経路の細胞小器官エンドソームに局在するタンパク質と Gmp1 の局在が一致し、Gmp1 を過剰発現させることでエンドソーム画分を肥大化させることが観察された。さらに、相互作用解析の結果から Gmp ファミリーが互いに直接相互作用していることが分かり、Gmp ファミリーが複合体を形成していることが推定された。また、Gmp1 の局在は、微小管合成阻害剤の処理や窒素飢餓培地による栄養の制限により細胞質中に拡散することが分かった(図 1)。

## 3. 成果の活用

Gmp ファミリーの過剰発現に誘導される大きなエンドソーム形態は、窒素飢餓条件や強制的に微小管を阻害することで散在する。そこには、相互作用する小胞輸送関連のタンパク質が存在し、エンドソームの機能的な肥大化が明確に検証されることを予想している。さらに、物質生産において、エンドソームの大きさが変化することで効率が悪い巨大な分子量のタンパク質の分泌効率や許容量への効果が現れることを予想しており、細胞種を超えた物質生産への適用につながることを期待される。

## 4. 備考

- ・ 科学研究費助成事業(基盤研究 C) 2016 採択

# 高分子アクチュエータを用いたピペットの応用

産業技術総合研究所 健康工学研究部門 主任研究員 田中 正人

連絡先 mst-tanaka@aist.go.jp

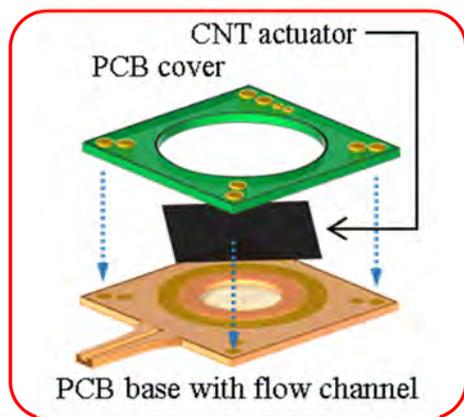


- 複雑な工程
- 専門知識が必要
- 反応時間と試薬の大幅消費

マイクロ流路診断デバイスは省サンプル、迅速診断などの長所があるが、最低限の液操作は必要



複数の試薬を、所定のタイミングで必要な量だけ滴下するピペットがあれば、検出操作が大幅に簡便になる。



種類	CNT	ピエゾ
変位量	~mm/V	~μm/V
相対変位率	1000%程度	1%程度

低電圧駆動を特長とする CNT(Carbon NanoTube)アクチュエータ・ピペット

CNT アクチュエータ・ピペットを用いて試作したプログラム可能なマルチピペッター

## 【文献】

- K. Goya, Y. Fuchiwaki, M. Tanaka, R. Addinall, T. Ooie, T. Sugino, K. Asaka, "A micropipette system based on low driving voltage carbon nanotube actuator," *Microsyst. Technol.*, 23-7, 2657-2661(2017).
- K. Goya, Y. Yamachoshi, Y. Fuchiwaki, M. Tanaka, T. Ooie, K. Abe, M. Kataoka, "Femtosecond laser direct fabrication of micro-grooved textures on a capillary flow immunoassay microchip for spatially-selected antibody immobilization," *Sens. Act. B*, 239, 1275-1281 (2017).

## 【本技術に関する知的財産】

- 導電補助剤を添加したカーボンナノチューブ電極を用いたアクチュエータ素子, 特許 5332027 号, 2013/08/09, 杉野卓司, 竹内一郎, 安積欣志
- 多孔質媒体を利用したアッセイ装置, WO2014-051033, 2014/04/03, 瀧脇雄介, 大家利彦, 片岡正俊 他
- 多孔質媒体を利用したアッセイ装置, 特開 2015-172492, 2015/10/01, 瀧脇雄介, 田中正人, 大家利彦 他
- 標的物質検出用マイクロチップ, 特開 2014-109564, 田中正人 他

AIST 身体運動特徴評価技術  
 — 「はじめる」・「つづける」ための支援技術—

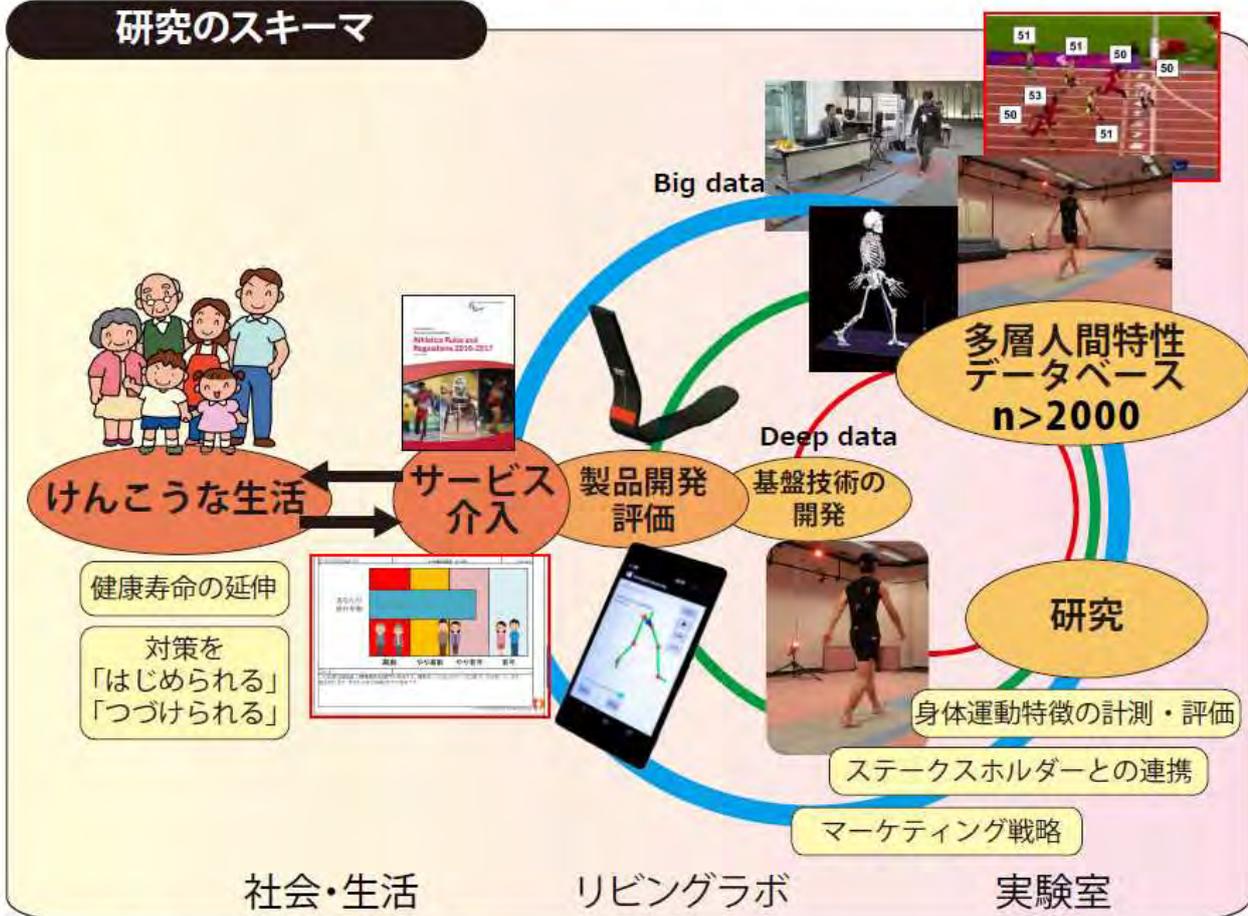
産業技術総合研究所 人間情報研究部門 デジタルヒューマン研究グループ  
 小林吉之  
 連絡先 kobayashi-yoshiyuki@aist.go.jp



我々の強み

- 実験室で計測したDeep Dataから、様々な身体運動のメカニズムを解明することができます
- 簡易的なセンサで様々な身体運動の特徴を予測するモデル式を、Deep dataから構築できます
- 実験室からリビングラボ、そして実社会・実生活へ、シームレスに研究を繋げます

研究のスキーマ



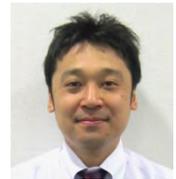
研究成果の事例

- 動作を判別するための装置、およびコンピュータを当該装置として機能させるためのプログラム 美津濃(株)との共同出願:特開2016-223908
- 株式会社地球快適化インスティテュートとのスポーツ用義足の共同開発研究
- つまずきリスク評価装置、つまずきリスク評価システム及びつまずきリスク評価方法 特開2013-138783

総法  
合立  
人立  
産研  
業研  
究技  
究開  
所術  
発

# 構造物振動多点同期モニタリングシステムの開発

(株)四国総合研究所 土木技術部 副主席研究員 天野雄一郎  
電子技術部 上席研究員 中西 美一  
連絡先 y-amano@ssken.co.jp (天野)



## 1. 開発の背景と目的

四国地域では今後 30 年以内に M8~9 クラスの大地震が 70%程度の確率で発生すると予測されており、四国のほぼ全域で震度 6~7 の揺れとなり、様々な構造物に損傷が発生すると想定されている。

四国電力グループでは、地震発生後に電力関係インフラ設備の迅速な災害復旧を行うために、その拠点となる建築物の健全性を評価し、早急に使用可否を判断する必要がある。健全性評価のためには、地震により建築物に加わった加速度や変形量および傾斜角を高精度に計測する技術が不可欠であるが、従来のモニタリングシステムでは「①既存の構造物にも容易に設置が可能、②評価に必要な計測精度を確立、③低コスト」という条件を満たすシステムが実用化されていないという問題があった。

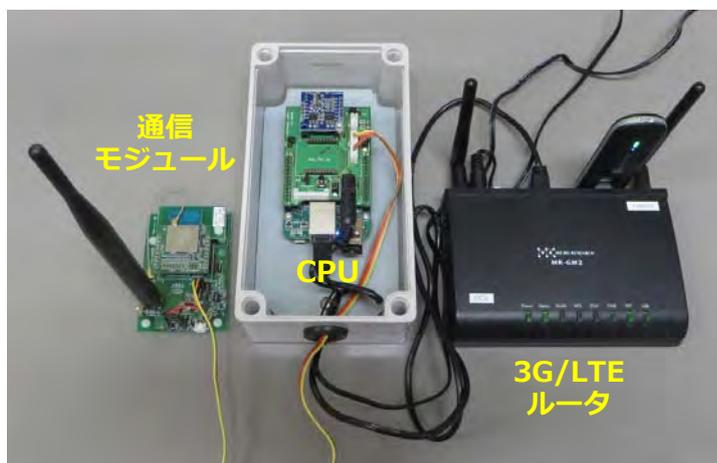
このような背景より、四国総研の保有する openATOMS 技術と長年に亘る建築構造研究のノウハウを活かした無線式の構造物振動多点同期モニタリングシステム「SwingMinder」の開発に取り組んでいる。

## 2. SwingMinder の概要

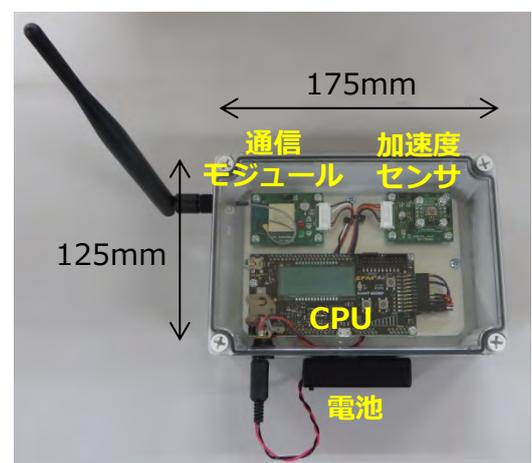
SwingMinder はデータ収集ユニット(NC : Network Computer)と加速度センサユニット(NICE : Networked Intelligent Cell)で構成されており、建物内の通信性能に優れている 920MHz 帯の無線通信を用いた。建築物の健全性を評価する指標として一般的に層間変形角が使用されており、地震を受けている間の加速度の変化をデータ計測し、加速度を 2 回時間積分することにより時刻歴の変位量を算出する。センサ間の同期精度を地震波の計測間隔である 5ms 以下とし、水平傾斜角は 0.01° の分解能で計測が可能とした。

SwingMinder は以下の仕様で構築し、建築物以外にも橋梁、トンネルなどの構造物での利用を想定している。現在、建築物の縮小模型を使った加振試験を通して、計測精度を確認中である。

- |                   |   |
|-------------------|---|
| ①既存の構造物にも容易に設置が可能 | ⇒ 無線式 (920MHz 帯マルチホップ)、配線工事が不要                            |
| ②評価に必要な計測精度を確立    | ⇒ NICE 間で 5ms 以下の同期精度を確認、0.1gal まで計測可能な高精度 MEMS 加速度センサを装備 |
| ③低コスト             | ⇒ 無線式のため施工費が安価、他の加速度計測システムに比べ導入費用が 1/4 以下                 |



データ収集ユニット : NC



加速度センサユニット : NICE

# 近赤外光照射による青果物鮮度保持技術「iR フレッシュ」の開発

(株)四国総合研究所 化学バイオ技術部 主席研究員 垣渕 和正  
連絡先 kkakibuchi@ssken.co.jp



## 1. はじめに

流通システムのグローバル化などに伴い、青果物の鮮度保持ニーズはますます高まっている。しかし、その方法は、冷蔵や包装、ガス環境の制御程度と限られており、新たな手法が求められている。

そこで、我々の研究グループは「光」を鮮度保持の新たな手段にすべく研究開発を行った結果、近赤外光をごく短時間青果物に照射するだけの全く新しい鮮度保持技術を開発し、「iR フレッシュ」と名付けた（商標、特許登録済）。

## 2. 鮮度保持効果のある光のスクリーニング

多くの青果物では収穫時の重量に対し 5%の重量が蒸散で失われると、鮮度が顕著に低下するとされているため（樽谷・北川：1982）、蒸散を基準としたスクリーニングを行った。レタスの幼葉に対して、様々な波長の LED 光源で光を照射した後に 1 日保管し、保管中の蒸散率を無照射のものと比較した。その結果、これまで植物生長への関与が報告されていない 850nm 付近の近赤外光に蒸散抑制効果があることを発見した（kouzuki *et. al.* : 2015、図 1）。このメカニズムについて、遺伝子解析等による解明も進めており、青果物は近赤外光を熱や乾燥ストレスと認識して各種抵抗性反応を行い、その結果鮮度が保持されることが分かってきている。

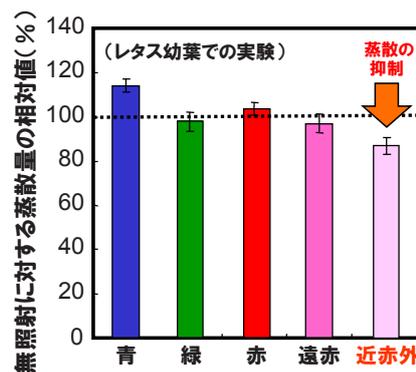


図 1 蒸散抑制効果のある光のスクリーニング試験

## 3. iR フレッシュの多様な鮮度保持効果

上記発見を受けて、様々な青果物に対して近赤外光照射による鮮度保持効果を評価した結果、ほぼ全ての品目に関して鮮度保持効果が認められ（表 1）、しなびの抑制や光沢の維持だけでなく、カビや腐り、生菌数も約半分に抑制できるなど多様な鮮度保持効果があることが分かった（高附ら：2016、石田ら：2016、垣渕ら：2017、図 2）。

表 1 効果が認められた青果物

分類	蒸散抑制効果の認められた品目	外観などへの効果
葉菜類	レタス、リーフレタス、キャベツ、ホウレンソウ、コマツナ、チンゲンサイ、ネギ、アスパラガス、ブロッコリー、オオバ など	<ul style="list-style-type: none"> <li>●しおれの低減</li> <li>●みずみずしさの維持</li> <li>●傷みの低減</li> <li>●ツヤの維持</li> <li>●硬さの維持</li> <li>●カビの発生や腐敗の低減</li> </ul>
果実類	トマト、イチゴ、ナス、キュウリ、ズッキーニ、オクラ、ピーマン、パプリカ、シシトウ など	
果実類	温州ミカンなど柑橘類、ブドウ、モモ、リンゴ、パイナップル など	
根菜類	ニンジン、ショウガ など	
切花類	キク、バラ、カーネーション など	



図 2 iR フレッシュの多様な鮮度保持効果

## 4. 実用化の状況と今後の展望

現在、複数のパートナー企業において照射装置の開発を進めており、選果場などでのインライン照射装置が商品化されている（図 3）。今後はニーズの高い青果物での実績を重ねつつ、品目や利用場面の拡大を推進していく予定である。

なお、本開発の一部は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて行った。



図 3 柑橘選果ラインでの実証試験状況

# 超音波逆 GPS 方式による 3 次元座標の算出

徳島大学 大学院 社会産業理工学研究部 理工学域 講師 浮田浩行

連絡先 ukida@tokushima-u.ac.jp



## 1. 研究の目的

本研究では、屋内等の比較的狭い範囲での 3 次元空間中の物体の位置を超音波センサにて求める方法を検討する。ここでは、図 1 のように計測対象を超音波の送信側とし、受信側を既定の位置に複数設置して逆 GPS 方式で 3 次元座標を求める。また、超音波の伝播時間計測のためのタイミング合わせに無線信号を用いる。

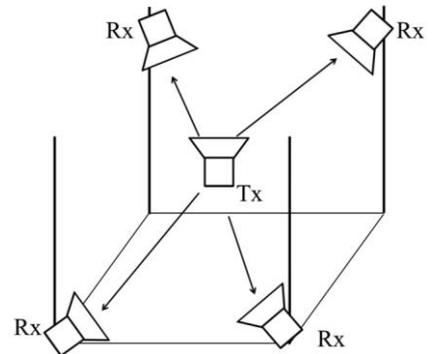


図 1 逆 GPS 方式

## 2. 超音波逆 GPS 方式

### 2.1 システムの構成

図 2 に装置の構成を示す。送信側、受信側とも、超音波送信機（受信機）、無線送信機（受信機）、マイコンボードにて構成される。

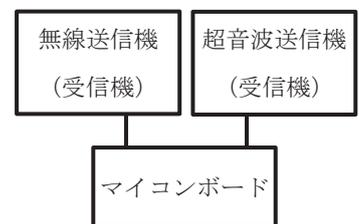


図 2 装置の構成

### 2.2 超音波伝搬時間の計測

図 3 に伝搬時間の計測手順を示す。送信機側は、まずタイミング用の信号を無線にて時間  $t_1$  の間、出力し、時間  $t_2$  だけ待った後、時間  $t_3$  の間、超音波送信機の出力を ON にする。受信機側は、無線による信号を受信したら、時間  $r_1$  待った後、ある強度以上の超音波の信号が入力されるまで計時処理をし、時間  $r_2$  を計測する。送信機から受信機への無線の伝搬時間を既知 ( $r_0$ ) とすると、超音波伝播時間  $\tau$  は、 $\tau = (r_0 + r_1 + r_2) - (t_1 + t_2)$  で得られる。

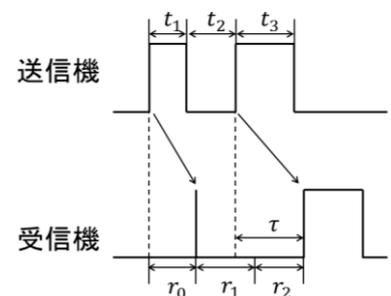


図 3 伝搬時間の計測

### 2.3 3 次元座標の算出

$N$  個の受信機にて計時した伝搬時間を  $\tau_n (n=1 \sim N)$ 、 $(x_t, y_t, z_t)$  を送信機の 3 次元座標、 $(X_n, Y_n, Z_n)$  を受信機の座標、 $c$  を音速とすると、 $\sqrt{(X_n - x_t)^2 + (Y_n - y_t)^2 + (Z_n - z_t)^2} = c \cdot \tau_n$  の関係が成り立つ。ここでは、 $N \geq 3$  とし、ニュートン法を用いて、 $(x_t, y_t, z_t)$  を求める。

## 3. 実験結果

受信機の位置を図 4 のように 3 ヶ所設定して送信機の 3 次元座標を求めた結果の 1 つを表 1 に示す。各座標の誤差は、13mm 程度であった。ただし、受信機の配置によっては、座標が得られない場合もあった。

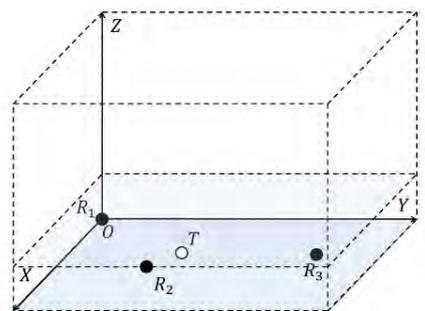


図 4 実験での受信機の配置

## 4. まとめ

超音波送受信機と無線通信機を併用し、逆 GPS 方式による安価な屋内向けの三次元座標推定システムについて検討した。実験の結果、20~30mm 程度の誤差で座標推定が可能であったが、超音波の指向性による信号の減衰や受信機の配置を考慮する必要があることが分かった。

表 1 3 次元座標算出結果

[mm]	x	y	z
送信機の座標	300	300	0
測定値	294.5	308.6	-13.64
誤差	-5.5	8.6	-13.64

# レーザー分光による光ナノ材料物性の研究：太陽エネルギー変換のメカニズムを解明

徳島大学 社会産業理工学研究部 教授 古部 昭広

連絡先 furube.akihiro@tokushima-u.ac.jp



地球温暖化などの環境問題を背景に、様々な太陽エネルギー変換デバイスが開発されている。その中でも、ナノ粒子を用いた太陽電池や光触媒は、安価、軽量、フレキシブルなど様々な特徴を有する次世代デバイスとして注目されている。その一例として、有機-無機ナノハイブリッド材料を用いた色素増感太陽電池は、実用化に向けた応用研究の発展とともに、ナノ界面のサイエンスの進展にも貢献している。デバイス構造を電子移動の反応スキームとともに図1に示す。多孔質半導体電極上に色素が吸着しており、光励起（HOMO→LUMO 遷移）ののち半導体（通常酸化チタン）の伝導帯に電子が移動する。酸化された色素は、電解液中のレドックス（通常ヨウ素レドックス）によって再生され、その繰り返しにより電流が発生する。レドックスの酸化還元電位と半導体電極のフェルミレベルの差が電圧となる。

これまで、我々は電子移動反応の、(1)半導体依存性、(2)色素依存性、(3)電解液依存性、(4)耐久性試験の効果について詳細に調べてきた[1]。反応過程は、色素-半導体界面の状態に非常に敏感であり、デバイスの設計や作製条件に大きな影響を与えることが分かってきた。電荷分離の効率は100%であることが、十分な電流を得るためには不可欠である。直接的な反応の観察によって、どのような因子が反応効率をどれくらい増減させるか、定量的に解明することができ、実際にデバイス設計の指針を与えることに活かされている。また、最近は不均一性を考慮した反応のモデル化とシミュレーションにも取り組んでいる。図2はその一例である。

水分解のための光触媒電極など他のナノ構造光電変換系の研究についても合わせて紹介する。

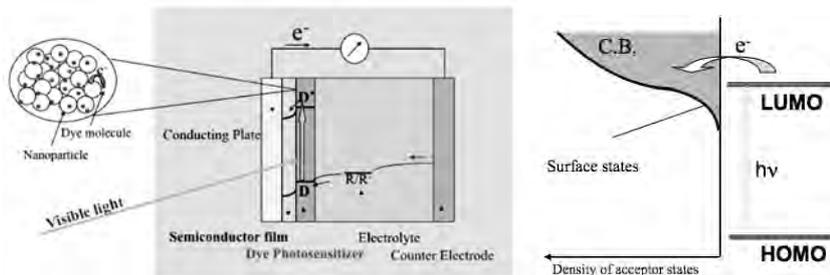


図1 色素増感太陽電池の構造と電子移動反応スキーム

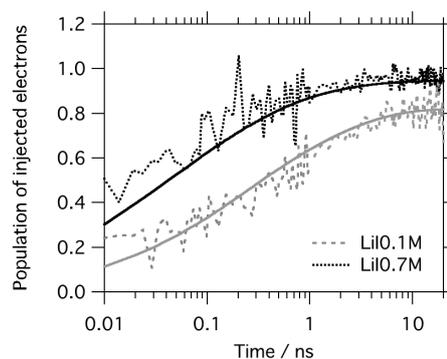


図2 電子移動ダイナミクスの測定結果とシミュレーション

## Reference

1. Akihiro Furube, Ryuzi Katoh, Kohjiro Hara, Surface Science Reports 69 (2014) 389–441

# 電力システムの安定運用に貢献する分散電源用電力変換回路の研究

徳島大学 工学部理工学科 電気電子システムコース 教授 北條昌秀  
連絡先 hojo@ee.tokushima-u.ac.jp



## (1) まえがき

近年、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギー由来の分散電源の活用に期待が集まっており、その導入が加速している。これらは、常に最大出力で発電できるように半導体電力変換回路を介して電力システムに連系されている。しかし、その発電電力は基本的に需要に応じて調整を行わないため、需給の差が周波数の変化となって容易に現れうるような比較的小規模な電力システムにおいて、周波数変動の問題を生じる懸念がある。本研究は、短時間の受給アンバランスを補償する分散電源用電力変換器の制御系について検討を行っているものである。

## (2) 出力電圧位相制御の原理

電力システムは基準周波数（たとえば 60Hz）で運転されるが、その基準の回転位相を図 1 の点線で表し、回転速度を  $\omega_0$  とおく。これに対して電力システムの重心を表す電圧ベクトルが角速度  $\omega_g$  で回転していると考えるとき、この両者の中間に電力変換器の出力電圧位相（角速度は  $\omega_c$ ）を配置するように制御する。このとき、位相角  $\theta_c$  は、 $0 < k_c < 1$  を満たす  $k_c$  を用いて、次式で表される。ただし、 $\theta_c$  の初期値を  $\theta_{c0}$  とする。

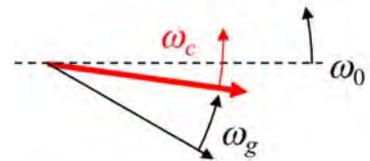


図 1 出力電圧位相制御

$$\theta_c = \theta_g + k_c(\theta_0 - \theta_g) \quad (1)$$

有効電力は位相の進んでいる方から遅れている方に送られるため、式 (1) の下では電力システムの重心のベクトルが基準回転角に一致するように制御されることになる。

## (3) シミュレーション結果の例

図 2 に小規模電力システムのモデルを示す。回転形発電機と定インピーダンス負荷に対して、蓄電池ユニットを模擬した電力変換回路として、理想直流電圧源を背後電圧とした PWM コンバータが連系された構成となっている。このモデルにおいて、提案制御系を適用し、ゲイン  $k_c$  をパラメータとした場合の周波数変動の抑制効果を図 3 に示す。同図のように、ゲイン  $k_c$  を大きくすると、それに応じて周波数変動の抑制効果が現れることが確認できる。すなわち、個々の分散電源用電力変換回路では、その余裕に応じてゲインを調整することで、それぞれ任意のレベルで電力システムの安定運用に貢献できると考えられる。

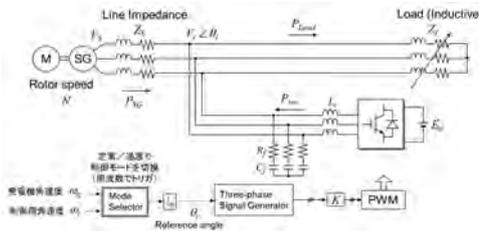


図 2 小規模電力システムモデル

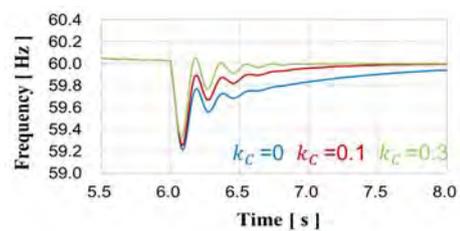


図 3 シミュレーション結果の例

## (4) まとめと展望

余力のある分散電源や蓄電池等が電力システムの需給バランスを補うように振る舞うことができれば、小さな外乱等に対する動態安定度の向上に寄与できるようになる。こうした効果は、回転機形発電機の発電容量にインバータ電源の発電容量が匹敵しうるような小規模電力システムにおいては特に効果が期待できる。今後は実験による検証などが課題として考えられる。



# コモンメタルを用いた熱電発電モジュールの開発

香川高等専門学校 機械電子工学科 准教授 相馬 岳

連絡先 souma@t.kagawa-nct.ac.jp



## 緒言

2011年の東日本大震災を起点にわが国ではエネルギー政策の転換が迫られており、新しいエネルギーの確保が急務となっている。熱電発電方式は工場やごみ焼却施設から各種廃熱を直接電気に変換することができる次世代型発電方式として期待されている。しかしながら、熱電発電モジュールの中核を成す熱電材料には Bi-Te 系あるいは Pb-Te 系化合物が使用されており、これらは重金属であるため、高価、高毒性、低耐熱性といった欠点を有している。当研究室では成分元素が無害であり地殻埋蔵量が豊富である鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni) 等のコモンメタルを用いた新しい熱電材料の開発に取り組んでおり、近年はモジュール化にも取り組んでいる。本報告では、Fe-Al 系金属間化合物の一種である  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  バルク体を用いたユニレグ式の熱電発電モジュールの開発事例を紹介する。

## 実験方法

本研究においては、熱電発電モジュールの量産化を考慮して安価で大量生産が可能な材料作製方法である Al self-flux 法を採用した。比較的入手しやすい純度 99.9%程度の Fe および Al 粉末 (200 mesh レベル) を  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  の化学量論組成となるように秤量し、石英ガラス管に真空二重封入した。Al および Fe の融点がそれぞれ 660 °C および 1534 °C であることを考慮して、Al self-flux 法としての加熱温度を 700~1100 °C とした。得られたバルク体については粉末 XRD 測定を実施し、結晶構造の同定および不純物相の確認を行った。得られたバルク体の一部を用いて単素子のユニレグ式モジュールを作製し、その発電特性を評価した。

## 結果と考察

粉末 XRD のピークパターンから本研究において作製した試料は  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  化合物が主相と同定されたため、Al self-flux 法での同化合物の合成が可能であることが分かった。しかしながら本研究の手法においては微小ながら未反応の Fe および Al に起因すると考えられるピークも確認されたため、作製条件の改善等の余地があることが判明した。

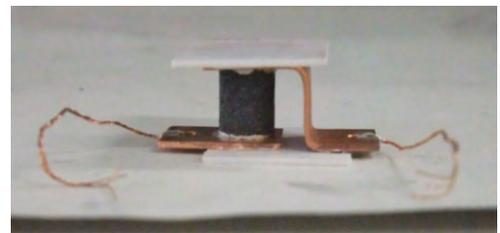


図 1. 試作熱電発電モジュールの外観

得られたバルク体の一部を用いて作製した単素子型のユニレグ式熱電発電モジュールを図 1 に示す。作製したモジュールに対してホットプレートを模擬熱源とした発電実験を実施した結果を図 2 に示す。ホットプレート設定温度を  $T_{HP}=100, 200, 300$  °C と三段階に設定したところ、熱源温度の増加にともない開放電圧および発電出力が増大した。最高温度条件である  $T_{HP}=300$  °C において温度差  $\Delta T=98.5$  °C となり、0.86 mV の開放電圧および 24 nW の最大出力が得られた。

本研究で作製した熱電発電モジュールは試作品のため一素子だけの簡素な構造であるが、今後は多素子化による出力向上を試みる予定である。

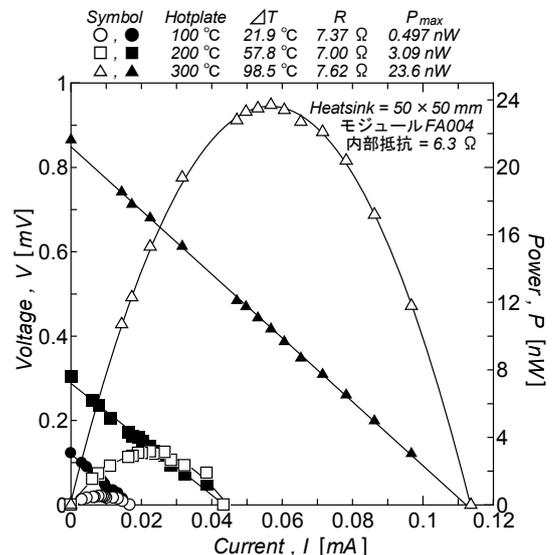


図 2. 熱電発電モジュールの発電特性

# ショットキー電子源の表面修飾による低仕事関数化

香川高等専門学校 通信ネットワーク工学科 講師 川久保 貴史  
連絡先 kawakubo@cn.kagawa-nct.ac.jp



## (1) 目的

タングステンは電子源の材料として用いられている高融点金属である。W(100)面は仕事関数が 4.6eV と比較的高いが、1800K で加熱し表面をジルコニウムと酸素で修飾すると、その仕事関数が 2.7eV 程度まで選択的に低下する。現在、この現象を用いた ZrO/W(100)ショットキー電子源が測長 SEM 等の電子ビーム装置に広く用いられている。また、W(100)面の表面修飾による仕事関数低下現象は、ジルコニウム以外のⅢ族やⅣ族元素と酸素による修飾でも起こることが報告されている。仕事関数が低いほど電子源からの電子放射が行い易くなり、電子源の高輝度化につながる。本研究は、ZrO/W(100)よりも高輝度な電子源の実現を目指した表面修飾材料の探索を行い、実際に作製した電子源からの電子放射特性を測定し、評価を行うことを目的としている。

## (2) 研究概要

本研究では、ジルコニウムに替わる修飾材料を探索し、スカンジウム、プラセオジウム、ネオジムの各元素と酸素による修飾で、W(100)面の仕事関数の低下が測定されたので報告する。電子源試料の母材となるタングステンには市販の多結晶タングステン線材（直径 0.15mm）を用いた。この線材を電解研磨によって 0.1~0.2 μm 程度の先端曲率半径を持つ針状に加工し、針先に高電界を印加することで電子放射を行う。この針状電子源のシャフト部分に、スカンジウム、プラセオジウム、ネオジムの各酸化物をコロジオン溶液に溶いて塗布し、10<sup>-7</sup>Pa オーダの超高真空中で加熱処理を行うことで針先まで熱拡散させ電子放射面を修飾する。修飾後、電子源試料からの電子放射特性を測定し、Fowler-Nordheim プロットから仕事関数を算出する。結果として、試料先端の W(100)面は、スカンジウム酸化物で 2.7eV、プラセオジウム酸化物で 2.5eV、ネオジウム酸化物で 2.5eV まで修飾によって仕事関数が低下した。低仕事関数となった拡散温度は、スカンジウム酸化物は 1500~1800K、プラセオジウム酸化物は 1600K、ネオジウム酸化物は 1600K、加熱時間は数十分~1 時間程度であった。図 1 に Fowler-Nordheim プロット、図 2 に電子放射像の変化を示す。

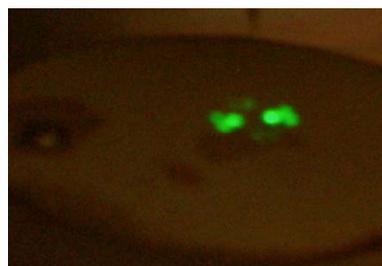
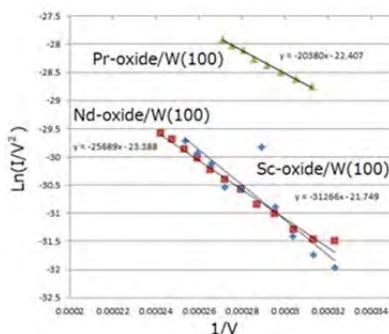


図2(a) 修飾前の電子放射像



図2(b) 修飾後の電子放射像

図 1 Fowler-Nordheim プロット

## (3) 成果の活用

仕事関数以外の電子放射特性の評価も必要ではあるが、本研究で修飾に用いた金属酸化物は、ジルコニウム酸化物に代わる新たな電子源材料として用いることができる可能性を示唆している。今後、他の修飾材料についても検討していきたいと考えている。

## (4) 備考

本研究は、室蘭工業大学 中根英章 教授、香川高専 川久保研究室 学生との共同研究によるものである。記して感謝いたします。（電子デバイス研究会（ED）2016年10月、三重大学にて発表）

# ため池の水位変動と絶滅危惧種ガガブタの生育状況

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 角道 弘文  
連絡先 kakudo@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. はじめに

里山は生物多様性保全上重要な地域とされ、里山に立地するため池も多様な生物の生息空間である。灌漑期における放流操作をはじめ、冬季の池干しや底泥の除去など、ため池における人為的な管理は、富栄養化や生態系の遷移を抑制し、結果として水環境や生態系を安定的に維持してきた側面をもつ。本研究では、絶滅危惧種である浮葉植物のガガブタ *Nymphoides indica* を対象に、同種の生育状況とため池の環境特性や水位変動との関連について検討した。

## 2. A池におけるガガブタの生育状況

A池（東かがわ市）におけるガガブタの生育状況を2012年7月～11月にかけて観察した（Fig.1, 2）。南西のワンド部から西の背後地にかけて、旺盛に繁茂していることが分かった。興味深いのは、特定の水深域に集中して分布していることであり、生育分布と満水時水深との間に関係性がうかがえた。

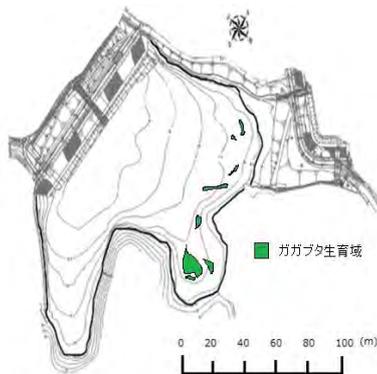


Fig.1 ガガブタ生育分布（2012.7.1）

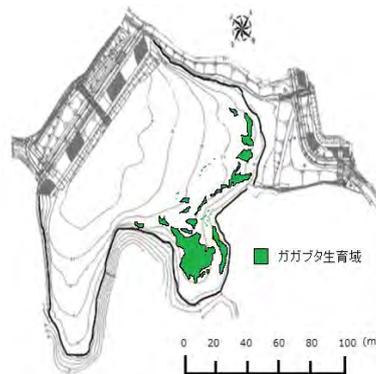


Fig.2 ガガブタ生育分布（2012.9.20）

ガガブタはワンド部において広範囲に確認された。分布範囲は満水時水深1.5m以浅の水域と比較的によく合致しており、浅場がガガブタ生育の環境条件の一つであるといえる。

## 3. A池の水位変動

堤体直下に設置した圧力式水位計により水位の連続観測を行った。ガガブタの発芽時期である夏季を中心に水位低下がしばしばみられた（Fig.3）。ガガブタに関しては、水位低下によって生じる土壌表面の変温性や乾燥によって種子発芽が促進されることが指摘されている。

A池においても、水位低下が土壌表面温度や乾燥に影響を及ぼしている可能性がある。

## 4. まとめ

放流操作という人為が絶滅危惧種であるガガブタの生育に係わりのあることが示唆された。今後の課題は、ガガブタの生育が確認されている他のため池で同様の調査を行い、水位低下と生育分布の関係を明確化することである。

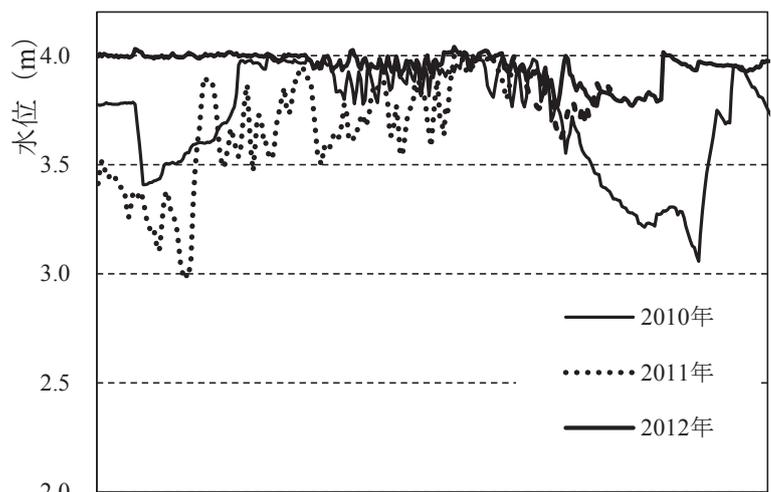


Fig.3 A池の水位変動（2010～2012年）

# 水産資源生産力向上システムの開発

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 末永 慶寛

連絡先 suenaga@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 研究の目的

これまで困難とされていた、従来の魚礁構造物には無い流動制御機能を持つ水産資源増殖構造物を開発すると共に、産業副産物のリサイクルによる多孔質構造を持つ生物親和性の高い基質を対象海域に設置し、海水の流動環境制御、底質環境改善、餌料環境改善および藻場造成技術を開発することにより、人工種苗放流海域における稚魚の育成環境を整え、放流後の水産資源への添加率向上を目指す。

## 2. 研究の概要

### 自然エネルギー（潮流）の流動制御機能の定量化

流動制御機能により発生した渦は、従来の直立壁構造物では、構造物高さの約 10 倍程度後方まで確認されているが、本構造物では、**高さの約 20 倍程度**後方まで発生可能となる。これは、本構造物(図 1)の形状特性により、下流側へ形成される渦の軸方向と流れの主流方向が平行な位置関係になり、3 次元的に影響範囲を広げる。構造物により制御された流動場は、湧昇流の発生に伴い、底層の高濃度の栄養塩を上層に巻き上げ植物プランクトンから小型魚類に渡る**食物連鎖を活性化**させる。同時に、稚魚の好適な餌場、隠れ場を提供すると共に(図 2)、海水の鉛直混合も促進され底層に酸素を供給し、半閉鎖性の内湾域で頻発する**貧酸素化も抑制**する。これにより、従来の人工魚礁では困難であった**水質・底質環境の改善機能**も現地観測により実証した(図 3)。



図 1 構造物形状



図 2 放流稚魚の保護・育成機能

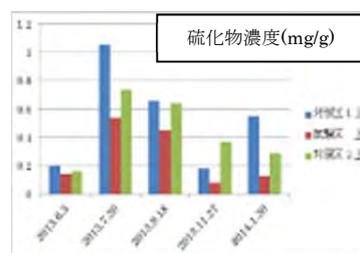


図 3 底質改善機能の検証

## 3. 成果の活用

- ・流動制御機能により、目詰まりの抑制、既存基質の数倍～数十倍の餌料増殖機能を持つ。
- ・単体ブロック設置工事に比べ作業効率が高く、工期を 1/3 以上短縮させ、経済性を実証。
- ・鉛直混合促進に伴う水質・底質改善を実現。河川、湖沼等の他水域にも適用可能。
- ・構造物上に浮泥が溜まりにくく海藻胞子の着生を促進し、良好な生物保護育成場を提供。
- ・産業副産物の有効利用によるCO<sub>2</sub>排出抑制、窒素除去等の環境負荷低減効果が高い。
- ・水産のみならず、建設業、二次製品製造業、鉄鋼業、コンサルタント業等への業務拡大。
- ・水産資源生産力向上、安定した漁業生産による漁業振興への貢献大。

## 4. 関連する事業採用実績、受賞歴、特許、等

- ・農林水産省、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業に採択(H24-H26 年度)
- ・実用化に伴い、瀬戸内海、日本海、大阪湾等における水産基盤整備事業等で採用
- ・文部科学大臣表彰科学技術賞(技術部門：H19 年度)、(開発部門：H29 年度)受賞
- ・PACON International, Ocean Service Award (2014) 受賞
- ・発明の名称：浮体動揺抑制装置および生簀、末永慶寛、他 12 名、特許第 6156906 号、2017。
- ・発明の名称：人工魚礁、末永慶寛、他 4 名、特許第 5704558 号、2015。
- ・発明の名称：機能性多孔質体、末永慶寛、他 3 名、特許第 5754045 号、2015。

# 「地震発生と水の研究」

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 寺林 優  
連絡先 [tera@eng.kagawa-u.ac.jp](mailto:tera@eng.kagawa-u.ac.jp)



## 1. 目的

地震発生は、地殻や上部マントルの中でプレート運動が原因で応力が蓄積し、それが岩石の力学強度を超えると破壊が起きると信じられてきた。本研究では、全く別の視点から、(1)地震の最も本質的な原因は力学ではなく水が関与する化学的過程であること、(2)地震は水の相転移反応に起因する低温の爆発であり結果として力学的な破壊が起きる、と考える。つまり化学が原因で力学は結果であるという説を実証することを目指している。

## 2. 研究概要

1995年兵庫県南部地震(M7.3)、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)とその約1か月後の宮城県沖地震(M7.2)のような内陸地殻内(直下型)地震、プレート境界巨大地震、スラブ内巨大地震には、スラブ(沈み込むプレート)からの脱水流体が関与していることが地震学的研究成果から推定されている(図1)。脱水流体は、スラブ表面(海洋地殻起源)の変成岩、スラブ内部の蛇紋岩を構成する含水鉱物の分解反応(脱水化学反応)によって生じる。脱水流体が、プレート境界地震、スラブ内巨大地震、内陸地殻内地震を引き起こす具体的なメカニズムを解明するため、沈み込み帯深部での脱水反応と岩石変形(地震性破壊)を経験したエクログャイトおよび蛇紋岩、地殻内部で流体を滞留させる不透水層とその破壊に関して、マクロ(地質スケール)からナノスケールの解析を行う(図2)。

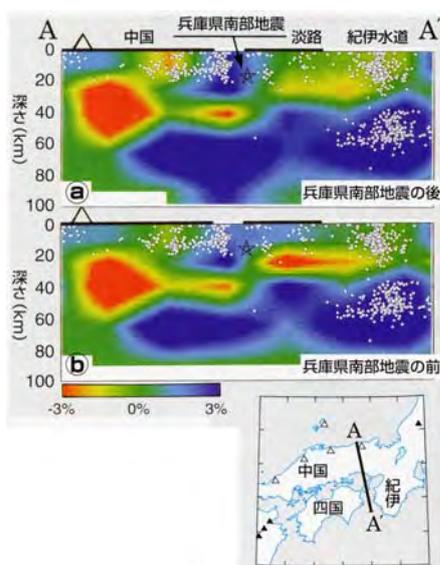


図1 断面 AA'に沿う P 波速度分布 (趙, 2000)

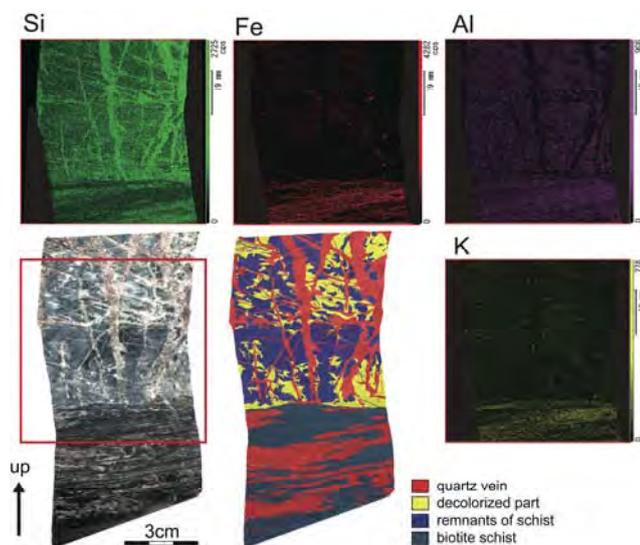


図2 珪化/非珪化境界部の元素マッピング (Terabayashi et al., 2010)

## 3. 成果の活用

即効的な地球温暖化対策として、火力発電所や工場から排出される CO<sub>2</sub> の地中貯留技術の開発が各国で行われている。帯水層およびその上位の不透水層(キャップロック)内での CO<sub>2</sub> 挙動メカニズムの解明に利用できる可能性がある。

## 4. 備考

- ・科学研究費補助金基盤研究(B)「地質時代のブライトレイヤーから読み解く地殻内流体の挙動」(平成19年度~21年度)

## 地震防災の高度化に向けて

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 野田 茂

連絡先 noda@eng.kagawa-u.ac.jp



野田研究室では、安全・安心な都市づくりに貢献するため、地震工学・都市防災に関するソフト・ハード面の研究を行っている。研究に当たっては、1) オリジナリティのあるテーマ、2) 大学の研究に相応しいテーマ、3) 社会的要請の強い特色あるテーマを念頭においている。研究テーマとしては、1) 地盤-構造物-流体系の耐震解析と耐震性能評価、2) 次世代耐震化技術の開発、3) 構造ヘルスマモニタリングの研究、4) ライフライン系の信頼性と保水性、5) 都市災害の防止と軽減法に関するシステムズアプローチなどが挙げられる。その代表例を以下に示す。

### 1. 次世代耐震化技術の開発

阪神・淡路大震災をはじめとする近年の地震災害の教訓を勘案すれば、構造物がどの程度の地震の揺れに対して安全であるべきかのレベルが増加続けている。従来の耐震化手法に基づく対策を考えれば、建設コストが増加する。そこで、今までにない新しい機構を研究・開発（解析、実験）することにより、安価で高性能な耐震化対策の実現を目指している。



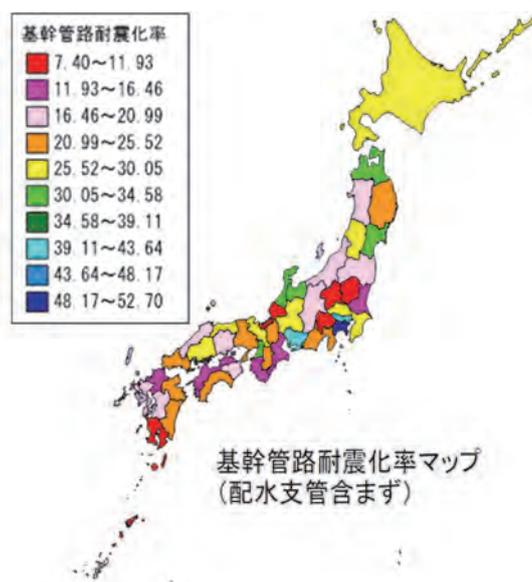
### 2. 構造ヘルスマモニタリング

近年、社会資本や建築物などの老朽化が進み、予防的維持管理が重要視されるようになった。従来は、主に目視や打音で現象を診断・把握して構造物への影響を推定していたが、振動特性とその変化から構造物の損傷や劣化を合理的かつ高精度に推定（同定）することが求められている。そのための診断の効率化・高度化を図っている。この成果は平成29年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（開発部門）の受賞に結びついた。



### 3. ライフライン系の信頼性と保水性

ビジネス香川で「巨大地震発生、命の水道、断水は防げるか」「相互連関を考慮したライフライン減災対策」と題し、ライフラインの重要性を指摘した。その一例を平成27年度水道耐震化状況の都道府県別比較図として示す。香川県の耐震化率は全国的にかなり低い。供給系、情報通信系、交通系のライフラインが地震時にどれだけ損なわれ、効果的な復旧戦略がいかにあるかの予測手法等を開発している。その成果は企業防災や気象庁の緊急地震速報に活かされている。



### 4. 何が重要か

研究に当たっては「人、もの、金」の3資源が必要である。残念ながら、振動台等研究に必要な実験設備が香川大学にないので、これまでは外部機関の設備を活用してきた。一流研究者の証である科研費採択をはじめとした競争的研究資金を獲得して研究を実施している。中でも人が最重要であり、学生も1人の立派な研究パートナーである。不正行為を疑われる研究をしては何の意味もない。モラルある研究活動を重要視している。

## 地質災害の予測と共生を研究しています

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 長谷川 修一

連絡先 hasegawa@eng.kagawa-u.ac.jp



長谷川研究室のテーマでは、「大地の成り立ちから地域の強みと弱みを知り、強みを地域振興に活用し、弱みを防災・減災に活用するだけでなく、弱みを逆手にとって地域の強みとする」です。

### 1. 空中電磁探査を活用した地震による斜面崩壊の予測手法の開発

空中電磁探査は、ヘリコプターを使って地中に電磁波を照射し、大地の比抵抗を3次元的に把握する手法です。当研究室では、空中電磁探査による比抵抗情報と地形情報を組み合わせた「地震による斜面崩壊の予測手法」を野々村研究室と共同で開発しています。本手法は、2016年熊本地震による南阿蘇村における斜面崩壊に適用し、岩盤崩壊地点と規模の予測に有効であることが確認されました。今後は、南海トラフ巨大地震時に緊急輸送道路となる高速道路や国道等の被害想定への活用が期待されます。

### 2. 空中電磁探査を活用したトンネル地山評価方法の開発

地震によって大規模な斜面崩壊が想定される区間は早期に道路の復旧ができないため、トンネルなどによる迂回路の整備が必要です。長谷川研究室では、同じ空中電磁探査データを活用して、通常行われる弾性波探査によるトンネル地山等級を補正する手法を開発しています。空中電磁探査データは2度使うことができます。

### 3. 谷密度を指標として降雨による斜面崩壊予測手法の開発

降雨による斜面崩壊の場所、発生時刻（発生雨量）及び規模をそろって予測することは現時点ではできません。しかし、予測する対象を土石流に限定すると、土石流が被害を発生させるのは谷の出口と限定できるので、谷の流域を単位して土石流の発生場所だけでなく、危険性が高くなる雨量と規模を予測する道が開かれます。長谷川研究室では、野々村研究室と共同で流域の谷密度流（流域内の谷の延長[km]/流域の面積[km<sup>2</sup>]）を指標に土石流が発生し始める雨量と発生したときの最大土量を推定する手法を開発して、豪雨による土砂災害によって検証しています。これまでの研究では、谷密度が高いと土石流が発生する雨量指標  $R'$  が小さく、また最大崩壊土量が小さいことが確認されており、過去の災害時の雨量データがなくても、どの程度の雨量で危険性が高まるか予測することが可能になりました。

### 4. 讃岐平野に伏在する未知の活断層の解明

マグニチュード(M) 7未満の震源断層は地表に地震断層等の痕跡を残しにくく、また扇状地では河川の堆積や侵食が活発なため、わずかに地表に現れた痕跡も消滅してしまいます。このような場所では地表の現れた痕跡（地形）を手がかりに活断層を認定することができないため、別のアプローチが必要です。長谷川研究室では、高松平野と丸亀平野の扇状地を形成した香東川と土器川の瀬切れ（河川の伏流）が伏在活断層による扇状地礫層の層厚の変化の表れと予想し、山中研究室と共同で実証ための常時微動観測等による地下構造探査を行っています。その結果、高松平野から丸亀平野には、既知の長尾断層のほか、仏生山断層（仮称）と飯山断層（仮称）が伏在する可能性が高いことがわかりました。

### 5. 「讃岐ジオパーク構想」によるアウトリーチ活動

研究成果は研究者で共有するだけでなく社会で活用されること求められています。長谷川研究室では、地域の災害特性に着目した地区防災マップの作成を平成17年度から行っています（高松市林地区・大田南地区・二番丁地区・鬼無地区・川岡地区・多肥地区、丸亀市川西地区・飯山南地区・岡田地区・垂水地区、坂出市加茂地区）。また、香川県全域をユネスコ世界ジオパークへの認定を目指して、公開講座「讃岐ジオサイト探訪」「讃岐ジオサイト探求」「讃岐ジオガイド養成講座」を開講してきました。大地の成り立ちを知ることは防災だけでなく、観光にとっても重要だと考えています。

# 塩害劣化予測システムの開発

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 松島 学

連絡先 matusima@eng.kagawa-u.ac.jp

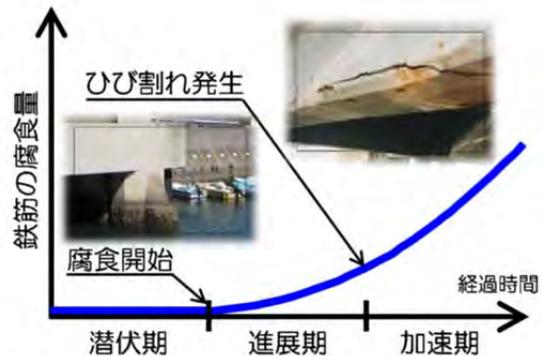


## 1. はじめに

コンクリート構造物の塩害劣化は、鋼材の腐食が開始するまでの潜伏期、腐食開始から腐食ひび割れ発生までの進展期、腐食ひび割れの影響で腐食速度が大幅に増加する加速期、および鋼材の大幅な断面減少などが起こる劣化期という過程に分けて考えることができる。本研究はコンクリート構造物が塩害の影響を受けて劣化する進行過程を劣化期間ごとに定量的に定義し、確率論に基づいた劣化予測モデルを提案した。さらに、その提案モデルを用いて既設の劣化した栈橋床版に適用し、予測値と実測値の鉄筋腐食状態等の比較を行った。

## 2. 提案した塩害劣化予測モデル

維持管理が推奨されているのは土木学会の示方書にある腐食発生限界塩化物イオン濃度  $1.2\text{kg/m}^3$  前後に達した時であり、潜伏期の終わりから進展期のはじめの部分である。現在、ひび割れ発生による美観の悪化やはく離・はく落を考慮し、コンクリート表面のひび割れ幅が  $0.4\text{mm}$  に達した時点が補修基準として定められている。しかし、栈橋などの構造物では、美観が悪化することの影響は小さく、はく離・はく落による第三者障害の可能性も考えにくい。現状の維持管理手法では安全側の基準であり、必ずしも最適であるとは言えない。最適な維持管理を行うためには潜伏期から加速期までを精度よく予測する必要がある。本研究の塩害劣化予測モデルの概要を右図に示す。腐食が開始するまでを潜伏期、腐食ひび割れ発生までの進展期、腐食速度の増加する加速期に区分した予測モデルを構築した。塩害劣化による腐食は孔食であり、構造物全体の鉄筋が一樣に腐食することはない。さらに、鉄筋のかぶりも場所によりばらつきが存在する状態であると考えられる。そのため必然的に劣化の進行は一樣でなく、不確実性を伴い、その現象を考慮した確率論的手法の予測モデル構築が必要となる。既往の研究結果から拡散係数は時間の経過とともに小さくなることがわかっている。また、腐食発生限界塩化物イオン濃度はコンクリートの品質により変化することも考えられる。本研究ではこれらの現象を反映させ、確率論的手法で精度の高い予測モデルの構築を行った。本研究では、ばらつきを持った確率因子は、かぶりと拡散係数を仮定し、他の因子はこの2つの因子により変動すると考えた



現状の維持管理手法では安全側の基準であり、必ずしも最適であるとは言えない。最適な維持管理を行うためには潜伏期から加速期までを精度よく予測する必要がある。本研究の塩害劣化予測モデルの概要を右図に示す。腐食が開始するまでを潜伏期、腐食ひび割れ発生までの進展期、腐食速度の増加する加速期に区分した予測モデルを構築した。塩害劣化による腐食は孔食であり、構造物全体の鉄筋が一樣に腐食することはない。さらに、鉄筋のかぶりも場所によりばらつきが存在する状態であると考えられる。そのため必然的に劣化の進行は一樣でなく、不確実性を伴い、その現象を考慮した確率論的手法の予測モデル構築が必要となる。既往の研究結果から拡散係数は時間の経過とともに小さくなることがわかっている。また、腐食発生限界塩化物イオン濃度はコンクリートの品質により変化することも考えられる。本研究ではこれらの現象を反映させ、確率論的手法で精度の高い予測モデルの構築を行った。本研究では、ばらつきを持った確率因子は、かぶりと拡散係数を仮定し、他の因子はこの2つの因子により変動すると考えた

## 3. 塩害劣化予測モデルの精度

供用開始から 30 年経過した塩害劣化により劣化している床板構造物に塩害劣化予測モデルを適用した。実測値はすべての鉄筋において腐食が確認されたのに対し、予測値は 8 割近くの鉄筋が腐食しているという結果を得た。断面減少率が 20%を超える確率は実測値、予測値ともに低かった。予測モデルでは、腐食が発生している可能性は高いが腐食が進行している可能性は低いという実現象が再現できた。30 年経過時の断面減少率の予測値の平均は実測値に比べ小さな値を示すものの予測値の標準偏差内に実測値の約 8 割が入り十分な推定精度を有していると考えられる。

# 近世城郭石垣の老朽化対策に向けた安定性評価手法

香川大学工学部 安全システム建設工学科 教授 山中 稔

連絡先 yamanaka@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 目的

近世城郭の石垣は、天守閣などの建造物の基礎構造物であるとともに貴重な文化財であることから、後世に永く保存していく必要がある。近世城郭の石垣は、石材の割れやはらみ出しの老朽化が進行し、安定性の低下が懸念されることが多い。近年の大規模地震時には石垣の崩壊事例が発生している。地震時の石垣被害を低減するためには、石垣の老朽化の状況を適切に調査し、優先順位を持って石垣の修復や維持管理を行っていくことが必要である。

本研究では、石垣部の変状が顕著である丸亀城（図-1 参照）で常時微動測定を行い、振動特性を解析することにより、城郭石垣の安定性評価手法を構築することを目的としている。

## 2. 研究概要

石垣は、前面から石垣石、栗石、盛土、地山の構造となっている。丸亀城の栗石層幅は約 1m~1.5m 程度である構造を踏まえ、常時微動計は図-2 に示すように石垣石上と栗石上の 2 か所に設置した。

図-3 (a), (b) に、観測した常時微動の NS 成分（石垣の断面方向）の H/V スペクトル比率の一例を示す。(a) 図に示す変状が大きい地点では 4Hz 付近に H/V スペクトル比率の山があるにも関わらず、(b) 図に示す変状の小さい地点では山が見られない。他の地点でも、同様の傾向が確認された。H/V スペクトル比率は、実際に変状が大きい箇所の増幅率が大きい傾向にあり、域値を定めることで変状が大きい箇所の抽出が可能となった。

一方、H/H スペクトル比率では、実際に変状が大きい箇所では増幅率は大きくなっていった。なおかつ、H/H スペクトル比率では測定箇所の増幅率の大きさと目視による変状程度が一致する傾向にあることから、H/H スペクトル比率による判定が有効であることが判明した。

## 3. 成果の活用

日本各地の城郭石垣の健全性評価に、本研究成果を活かしたい。本手法は、宅地造成盛土や道路高盛土に適用することで、地震時の不安定箇所の抽出が可能になる。さらなる実用化に向けて、民間企業との共同研究を進めたい。

## 4. 備考

これまでに、高松城、高知城や丸亀城を対象に調査研究してきた。今後、熊本地震で被災した熊本城でも調査し、本手法を展開して石垣被災要因の検討を進める予定である。



図-1 変状の進む丸亀城石垣

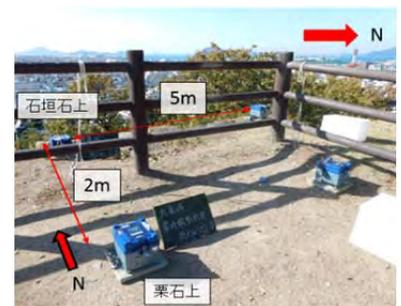
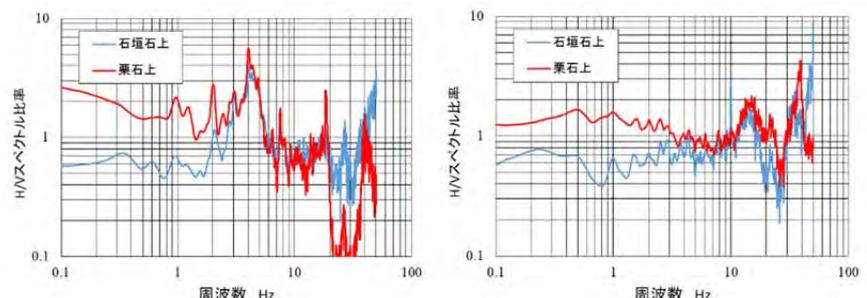


図-2 常時微動測定状況



(a) 変状が大きい箇所

(b) 変状が小さい箇所

図-3 石垣部の変状の大きさによる H/V スペクトル比率の違い

# 魚骨由来の吸着材による重金属や放射性物質の吸着に関する研究

香川大学工学部安全システム建設工学科 教授 吉田 秀典

連絡先 yoshida@eng.kagawa-u.ac.jp



## (1) 研究背景

近年、豊洲の土壌汚染など、重金属による環境汚染が問題になっている。重金属による環境汚染は人体に対して非常に有害である。例えば、ヒ素は気管支炎や肝臓癌、六価クロムは皮膚癌や肺癌、水銀は腎障害などを引き起こす。このような重金属を環境中から取り除くことが急務である。また、2011年の東京電力福島第一発電所のインシデントにおいては、多くの放射性物質が広い範囲にわたって拡散し、依然として除染されていない森林等が広範囲に存在する他、除染された汚染土壌についても、依然として減容化が進んでいない。こうした課題の解決に向け、再資源材料である魚骨由来の吸着材（Fishbone Adsorbent, 以降 FbA と称する）に関して、重金属や放射性物質の吸着特性について検討を行っている。

## (2) FbA について

本研究で用いる吸着材 FbA は魚骨の焼成によって作られ、リン酸カルシウムの一種である（右写真参照）。漁港などで廃棄処分される魚骨を再利用したもので、製造においては煮沸、焼成など、単純な作業工程より製作され、安価で大量生産が見込める。さらに、人工骨や人工歯根など医療面で用いられていることから、環境面においても安全性は高い。



## (3) 研究目的

本研究では、土壌や地下水を汚染している重金属や放射性物質の除去を念頭に置いた上で、その基本的な吸着性能を把握することを主目的としている。

## (4) 実験・分析手法

1. 円筒容器に蒸留水 300mL を投入する。
2. カドミウム、亜鉛、鉛、ニッケル、マンガン、鉄、塩化水銀（II）、ニクロム酸カリウム硝酸溶液、および三酸二ヒ素・塩化ナトリウム・塩酸酸性溶液をそれぞれ 10mL、また、塩化セシウム水溶液、炭酸ストロンチウム硝酸溶液を 5mL 添加する。試料は別々の容器に添加して、別々に実験を行う。
3. 市販の水切りネットに FbA10 欠片（約 6.0g）を投入し、一定期間（7日間）浸漬させる。
4. 浸漬後、容器から FbA を取り出し、溶液を ICP-AES（Csのみ原子吸光機）を用いて分析する。

## (5) 実験結果

実験では、浸漬を始めて7日後の蒸留水中における元素の残存率（図1）、pH（図2）について分析を行った。FbAによる吸着効果を明確にするために、FbAを用いていない供試体を比較材料として用意し、同条件にて実験を行った。図1より、FbAを用いていない供試体には、ほとんど全ての元素が残ったままだが、FbAを用いた場合、残存率が減少していることが分かる。特に、Cd、Pb、Zn、Fe、Srに関しては、ほとんど全てを吸着している。次に、図2より、FbAを用いると全ての供試体でpHが酸性からアルカリ性へと変化していることが分かる。これはFbAに多く含まれるCaと交換が行われているためと考えられ、最適な吸着にはpHの調節等も考える必要があろう。

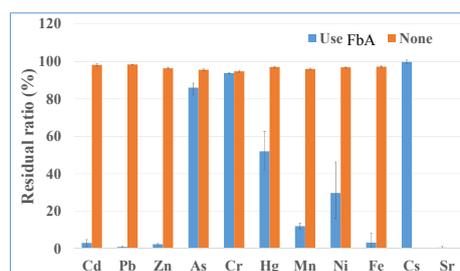


図1 各元素の吸着率

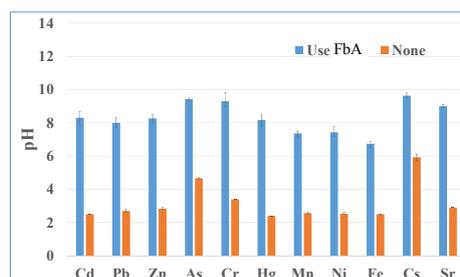


図2 各元素の浸漬時の pH

## 水環境・大気環境に関する研究

香川大学工学部 安全システム建設工学科 准教授 石塚 正秀

連絡先 ishizuka@eng.kagawa-u.ac.jp



水は生活、工業、農業など様々な用途に利用されていますが、地球環境の変化により、水資源の分布や量と質の変化が大きくなるといわれています。これは、広く、環境問題とも言えますが、リスク問題として捉えることもできます。人の生活に関していえば、必要な水資源と水質を安定的に維持して、水ストレスを低下させることが急務です。水は、生活や社会活動になくてはならないものであり、最終的には、生活の質を考えることにつながります。日本では人口減少が進んでいますが、世界では人口は増加しています。限りある水を資源として捉え、水を管理する必要があります。そのためには、水利用に資する河川水の量を高い精度で推定する必要があります。これは、水資源量の推定だけでなく、河川水害の予測にも役立ちます。近年、地球温暖化の影響により、世界では大雨による洪水被害が増加しており、これらの被害を予測・軽減することも必要です。一方で、洪水が頻発するという事は、干ばつも生じます。洪水と干ばつの両方の視点からの研究が必要です。

これら自然環境の変化だけでなく、先に述べた人口変化などの社会環境の変化も水を考える際には考慮する必要があります。社会環境の変化や人工的な水利用・水処理により、河川や海域、湖沼などの水環境の変化が過去に生じました。とくに、日本では、高度経済成長期における公害問題や生活環境の悪化により、水環境・水利用に関わる様々な法律や制度が成立し、水質は改善しました。しかし、近年では、海域における貧栄養化問題等が生じており、成熟した社会における水環境政策の転換が迫られる時代となっています。

地球規模での乾燥化により引き起こされる環境問題・リスク問題の一つとして、黄砂の発生があります。黄砂は、地球温暖化に対して、日傘効果や雲の生成など様々な影響を有しています。しかし、土壌粒径や降雨による土壌水分変化、植生変化など、地表面は時間変化と空間不均一性が高く複雑であり、依然として黄砂発生量の推定精度は低く、精度を高めるための観測データが必要とされています。また、黄砂を含むPM<sub>2.5</sub>などのエアロゾルはサイズが小さく、また、軽いために、地球上を長距離輸送されています。そのため、広い範囲で人への健康影響も指摘されています。そこで、モンゴルのゴビ砂漠において黄砂発生の観測を行っています。また、黄砂研究を発展させて、福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性物質が風により土壌から再飛散する現象などについても研究も行っています。

このように、日本だけでなく世界を対象として、水環境と大気環境に関する研究を行っています。水も大気も自然物ですが、自然環境の変化だけでなく社会環境の変化の影響を受けて、量と質の変化が生じており、今後起こりうる影響を把握し、適応策を講じることが急務です。自然環境を守りながら、人間が幸福で、安全で安心して生活できるように、水と大気環境の変化をテーマとして研究を進めていきたいと考えています。

# センサによるコンクリート構造物の維持管理

香川大学工学部 安全システム建設工学科 准教授 岡崎 慎一郎  
連絡先 okazaki@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 目的

港湾施設は一般に厳しい塩害環境下において劣化や変状が進行しやすいため、効果的かつ効率的な維持管理が求められている。本研究は、構造物のスマートメンテナンスの実現のため、栈橋上部工の鉄筋コンクリート部材を対象に、鉄筋が腐食して劣化が顕在化する以前の鉄筋腐食発生の時刻を、腐食センサによるモニタリングで評価する手法を構築した。

## 2. 研究概要

使用するセンサは、コンクリート中の鉄筋に設置するタイプのものであり（写真 1）、鉄筋の自然電位を測定するものである。鉄筋の自然電位は、健全時から腐食に至るまでに卑な方向に変化することが知られており、この値を追跡することで部材内の腐食を検知する。

これまで、センサ設置位置周辺のみを対象とした鉄筋腐食評価の報告例は多くあったが、離散的で限られた個数設置されたセンサにより、維持管理に必要な部材全体の鉄筋腐食評価を行った例がなかったため、本研究ではこの手法の構築を試みた。

本研究では、図 1 に示す鉄筋コンクリート試験体に 16 個のセンサを設置し、海水の噴霧環境下に曝露して、自然電位の測定を行った。

自然電位の測定値は正規分布に従っていた。また、分布モデルが確定できたので、部材全体の鉄筋を母集団としたときの、母集団の自然電位の平均値を推定できた(図 2)。また、センサ個数が、推定値の信頼区間の幅に与える影響を検証することができた(図 3)。鉄筋 1m につきセンサ 1 個が、腐食検知に十分な精度であることを確認した。

## 3. 成果の活用

本手法は港湾施設のみならず、あらゆる鉄筋コンクリート構造物に適用できる。現状、設置すべきセンサ数が多いため、数値計算を援用したセンサ数低減手法の構築を行っている。

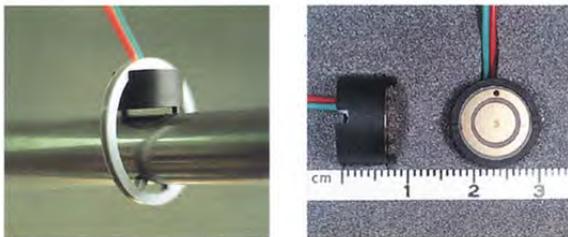


写真 1 本研究で使用したセンサ

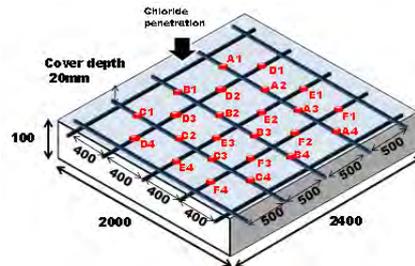


図 1 センサ埋設位置

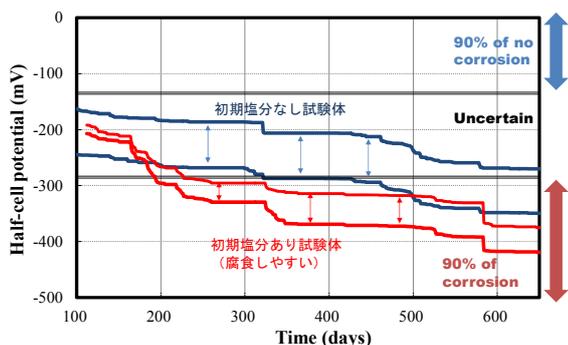


図 2 部材全体の自然電位の推定値の推移(平均値)

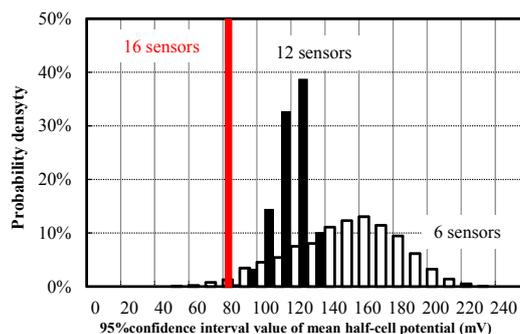


図 3 推定値の信頼区間の幅

# 世界都市化の長期見通し

香川大学工学部 安全システム建設工学科 准教授 紀伊 雅敦  
連絡先 kii@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 目的

IPCC では長期的社会経済シナリオとして SRES, SSP を提示している. 本研究は, それらの人口, GDP シナリオと整合的な地域別の人口密度を推計する.

## 2. 研究概要

世界 3600 都市を対象とした都市化の長期見通しを行う. SRES, SSP の国別の都市人口シナリオを, 都市毎にダウンスケーリングし, 都市別の人口とシナリオより与えられる一人当たり GDP のもとで, 単一中心都市モデルにより都市面積を推計している.

図-1 はシナリオ別地域別に推計された平均都市人口密度を示している. これより, 都市域の拡大や人口密度の変化は地域により一様ではないことが分かるが, いずれのシナリオでも, アフリカは 21 世紀を通じて最も高い人口密度になると推計されている. これは, 都市人口の増加率が他地域よりも高く, 一人当たり GDP の成長率は相対的に低いためである. SRES-A2, SSP3, SSP4 ではアフリカの都市人口密度は 2100 年には平均で 1.5~2 万人/km<sup>2</sup> を超えると推計されている. このような超過密都市は, 都市面積を抑える一方, 公衆衛生や住環境, 交通等に深刻な問題をもたらすと推察される.

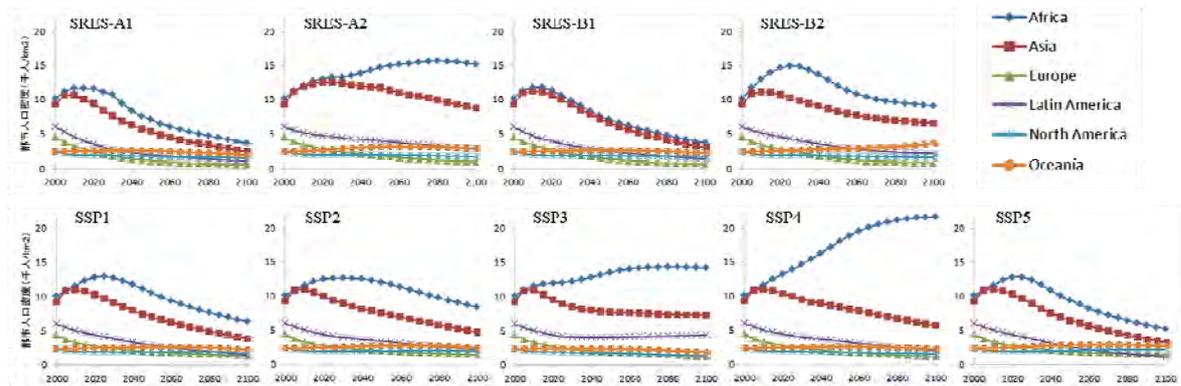


図-1 地域別の人口密度の推移

## 3. 成果の活用

都市化の長期見通しは, 将来どのような地域で都市問題が発生し, どのようなインフラ投資が必要となるかの理解に役立つ. アジアの人口密度の低下傾向は, モータリゼーションを伴うため, そのインフラ整備と共に, 代替交通手段の整備政策を組み合わせる必要があることを示唆する. またアフリカの高密度都市では, 公衆衛生や都市交通, エネルギーに関わる新たな都市インフラの整備が必要なことを示している.

## 4. 備考

本研究は科研費(15H02869)の成果の一部である.

# 空中電磁探査データを活用した道路防災点検高度化手法の検討

香川大学工学部 安全システム建設工学科 准教授 野々村敦子  
連絡先 nonomura@eng.kagawa-u.ac.jp



## (1) はじめに

自然災害による道路の被災を防止するために道路防災点検を実施し、災害発生要因を分析して対策が講じられてきた。机上での点検は、過去の災害履歴や地形などから総合的に判断されているが、地盤の緩みの程度や範囲は地形からは判断が困難な場合もある。一方、深層崩壊の危険度を評価するために、研究グループでは、空中電磁探査データで岩盤の緩みを推定する研究を実施してきた<sup>1)</sup>。本研究では、空中電磁探査データを用いて推定した緩みと道路防災点検記録との関係および地形との関係を調べ、空中電磁探査データの道路防災点検への有用性を検討した。

## (2) 空中電磁探査データを用いた岩盤緩み推定

比抵抗値は、水分量、粘土鉱物、地質、岩盤の緩みなどさまざまな条件による。岩石の種類によって比抵抗値が異なるため、比抵抗値そのものから岩盤の緩みを推定することは出来ない。一方、同一の岩盤が連続的に分布している場合、岩盤が緩んでいる箇所では、岩盤の亀裂が発達し、亀裂に空気を含むため、比抵抗値は周りよりも高くなると考えられる。これをもとに、岩盤の緩みを示す指標として、周りの比抵抗との関係を定量化する指標を提案し、比抵抗凹凸度と呼ぶこととした<sup>2)</sup>。比抵抗凹凸度が負であれば周りより比抵抗が低く、正であれば周りよりも比抵抗が高い。比抵抗分布はピクセルサイズ 10m で図化したデータを用い、比抵抗凹凸度も同様にピクセルサイズ 10m で図化し、道路防災点検の結果と比較分析した。

## (3) 空中電磁探査データを用いて推定した岩盤緩みと道路防災点検記録との関係

比抵抗凹凸度の値を、岩盤の緩み箇所で抽出したところ、比抵抗凹凸度が 0 以下、および 10 以上の割合がともに 4 割近くある。このことから、周りよりも比抵抗が高い箇所にだけ着目すると、一部の岩盤の緩みが抽出できないことが分かった。対象地域には地すべり地形が多数分布することから、地すべりの堆積域内および堆積域外のそれぞれでみたところ、傾向に違いは見られなかった。一方、地すべり堆積域の末端部および冠頂部で比抵抗凹凸度の傾向を見たところ、比抵抗凹凸度が 0 以下のピクセルは、末端部に 7 割程度、冠頂部では 3 割程度であるが、比抵抗凹凸度が 10 以上のピクセルは冠頂部のみに見られることから(図-2)、今後地すべりが起こる危険性のある地すべり冠頂部の緩みを推定できる可能性があると言える。

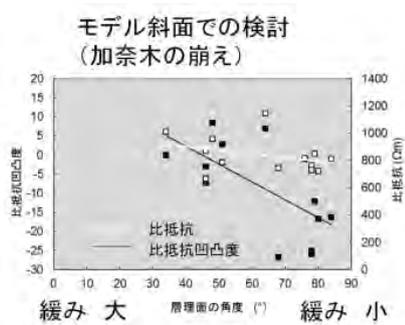


図-1 比抵抗凹凸度と道路防災点検記録の関係分析一例

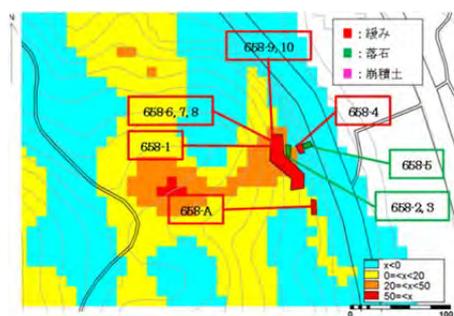


図-2 比抵抗凹凸度と道路防災点検記録の関係分析一例

参考文献

Nonomura A. , Hasegawa S. et al., (2016): A method for regionally mapping gravitationally deformed and loosened slopes using helicopter-borne electromagnetic resistivity data, Natural hazards, 81, 123-144.

# 香川県産の粘土を用いた高性能壁土の開発

香川大学工学部 安全システム建設工学科 准教授 宮本 慎宏  
連絡先 miyamoto@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. はじめに

近年の土塗壁の需要減少の影響を受け、香川県内の壁土製造所は廃業に追い込まれた。本研究では、香川県産の良質な粘土を用いて、品質の安定した高性能壁土の製造体制を再構築するため、壁土の各層に適した配合割合を決定し、壁土の配合が強度特性と施工性に及ぼす影響を把握することを目的としている。

## 2. 研究方法

香川県内の左官技能者1名に香川県産の粘土を用いた各層に適する原材料の基準配合を決定してもらった。その結果、原土である粘土と花崗土の割合は、荒壁は7:3、裏返し・貫伏せは6:4、大直し・中塗りは4:6となった。土塗壁の塗り層において、内側の層である荒壁から外側の層である中塗りに向かうにつれて粘土の割合は減少し、花崗土の割合は増加する傾向が見られた。藁スサはどの層も土100リットル当たり約2kgとなった。次に、荒壁の基準配合から花崗土と藁スサの配合量を変えた壁土を用意し、一軸圧縮試験(図1)と施工性試験(図2)を行い、壁土の配合が強度特性と施工性に及ぼす影響を検討した。試験体として花崗土の配合割合を10%、30%、50%と変化させた3種類と、土100リットル当たりの藁スサ配合量を0.6kg、1.2kg、1.8kgと変化させた3種類の計6種類を用意した。一軸圧縮試験では、既往の文献に基づき直径125mm、高さ250mmの円筒形プラスチック型枠を用いて各種類につき5体を作製した。試験結果から圧縮強度の最大値と最低値を除いた3体の平均値を用いて評価した。施工性試験では実務経験が十分にある香川県内の左官技能者3名を被験者とし、総合評価にあたる「塗りやすさ」の項目に着目して-4から+4までの9段階の平均値により評価を行った。

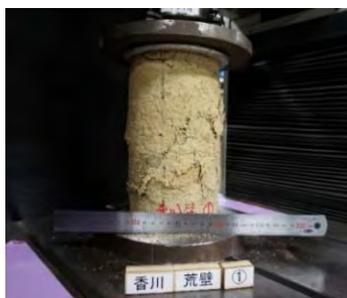


図1 一軸圧縮試験



図2 施工性試験

## 3. 研究結果

花崗土配合割合と藁スサ配合量をそれぞれ変化させた時の一軸圧縮試験と施工性試験の結果を比較して図3と図4に示す。花崗土配合割合と藁スサ配合量を増加させるとどちらも圧縮強度は低下し、施工性は向上することがわかった。圧縮強度はそれぞれの配合量が最大の時に最小値となったが、荒壁の圧縮強度の基準値0.30N/mm<sup>2</sup>は上回っていた。以上より、花崗土配合割合と藁スサ配合量を増加させると、施工性は向上する一方で、圧縮強度は減少する傾向があることがわかった。

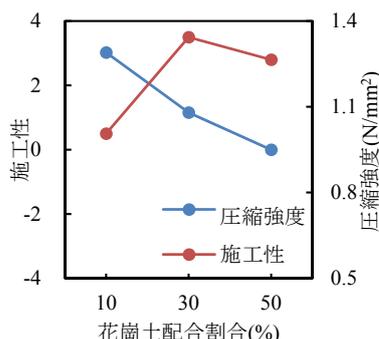


図3 花崗土配合割合の影響

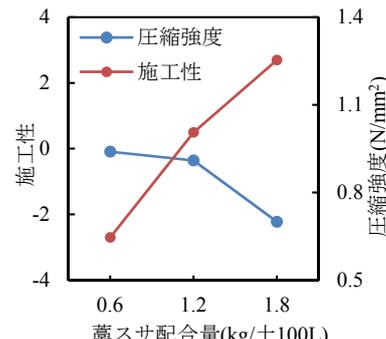


図4 藁スサ配合量の影響

# 高齢者サポート拠点の利用が仮設住宅における高齢者の交流関係に及ぼす影響

香川大学工学部 安全システム建設工学科 講師 中島 美登子

連絡先 nakasima@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 研究の目的と研究方法 (図1, 表1)

東日本大震災により多くの方が自宅を失い仮設住宅に入居している。高齢者等サポート拠点などの福祉施設がある場合とない場合とでは、高齢者の交流関係に違いが見られると考えられる。本研究では、コミュニティの状態と福祉サービスに違いが見られる2つの仮設住宅を取り上げ、福祉施設による福祉サポートの有無が高齢者の交流の内容にどのような違いをもたらすのかを明らかにする。大船渡市の

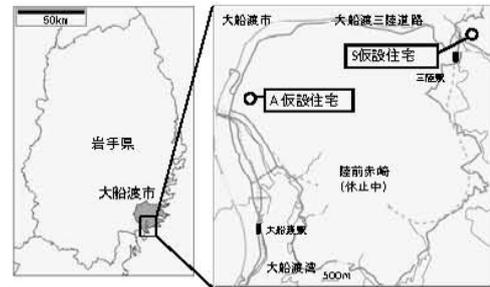


図1. 調査対象の各仮設住宅の位置

表1. 調査対象の各仮設住宅の概要

	S仮設住宅	A仮設住宅
世帯数	B1世帯	306世帯
入居開始日	2011年(H23)6月	2011年(H23)6月
集会施設の有無	集会所あり	集会所あり
高齢者サポート拠点の有無	高齢者サポート拠点あり	高齢者サポート拠点あり
その他の福祉施設	認知症高齢者グループホーム、小規模多機能型居宅介護	特になし
自治会発足時期	2011年(H23)5月	2012年(H24)3月
自治会発足の経緯	入居者から自治会設置を提案	NPOが自治会設置を促す
入居者について	S仮設周辺の5つの集落	様々な地区から入居
現在のコミュニティの状態	入居者自らサロンや夏祭り、敬老会などのイベントを企画している。	支援者が企画したイベントに参加している。

S・A 仮設住宅の住民を対象にアンケート調査、S 仮設 21名、A 仮設 24名にインタビューを実施した。

## 2. 高齢者サポート拠点利用の有無 (図2)

S 仮設住宅では利用する人がいると答えた人が多いのに対して、A 仮設住宅は利用したことがない割合が高い傾向がみられる。

## 3. 仮設住宅内の交流の有無 (図3)

高齢者サポート拠点の利用状況は、仮設住宅の高齢者の交流関係にどのような影響を及ぼしているのだろうか。図3はSおよびA 仮設住宅内で交流がある友人の有無について尋ねたものであるが、S 仮設では9割以上の人が交流のある友人があると答えているのに対し、A 仮設ではその割合は6~7割にとどまる。

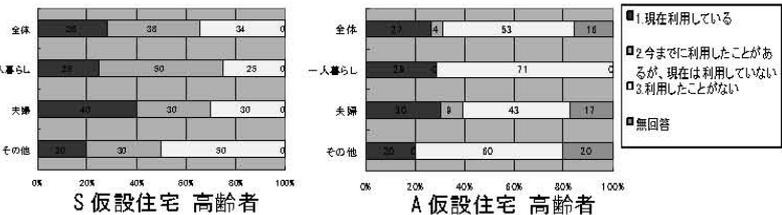


図2. 仮設住宅における高齢者サポート拠点利用の有無

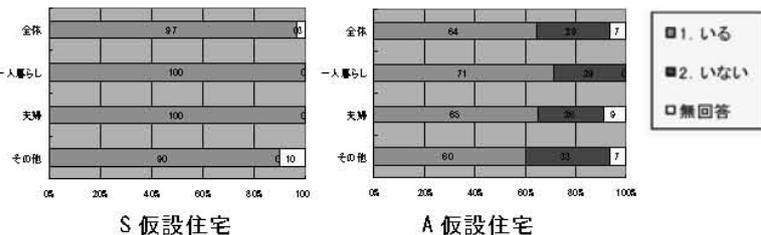


図3. 仮設住宅内の交流の有無

## 4. 高齢者等サポート拠点に対する利用者の意識 (表2)

S 仮設では高齢者サポート拠点(S 施設)に併設された小規模多機能を併用しているLさんや、S 施設に併設されたグループホームの入居者との交流を楽しんでいるDさんなど、福祉施設と連携して単なる交流拠点以上の福祉的支援を受けることのできる場として高齢者サポート拠点を利用していることがわかる。

一方、A 仮設では高齢者サポート拠点 (A 施設) をもっぱら交流の場として利用している様子が伺える。

結論として、高齢者サポート拠点が果たす役割とは交流を促進しながら福祉施設とも連携して福祉的支援につなげることにありと考えられる。

表2. 高齢者サポート拠点に対する利用者の意識

S 仮設住宅	Lさん	併設されている小規模多機能型居宅介護には、お風呂や食事まで週2回利用しており、高齢者サポート拠点には、それ以外の日も言葉体操などで利用している。体が不自由でもラジオ体操やイベントでも高齢者サポート拠点のスタッフが見てくれるので安心。
	Dさん	ノルディックウォーキングやテレビ観賞に行くことができ、併設している施設に入居されている方も交流ができるのでありがたい。
	Eさん	ノルディックウォーキングやラジオ体操に参加している、以前からの友人との交流や運動ができるので助かる。
	Fさん	ノルディックウォーキングをした後にお茶っ子に参加することがある。
	Gさん	高齢者サポート拠点のスタッフに介護申請のアドバイスをしてもらったとても助かった。
A 仮設住宅	Hさん	絵手紙教室の先生をやっており、高齢者サポート拠点に展示してもらった。
	Oさん	高齢者サポート拠点には、仮設で新しくできた友人とテレビを見たり、お茶っ子ができるので楽しい。また、お風呂も入ることができるのでありがたいと思う。
	はさん	友人とお茶っ子やテレビを見に行くことが多く、イベントが多いので、Oさんを誘い一緒に参加することもある。
	Jさん	Oさんとお風呂に行くことがあり、夫婦でイベントに参加したこともある。
	Kさん	交流自体は好きではないがイベントが多いため気分転換に利用することがある。
A 仮設住宅	Xさん	健康相談とイベントに2、3回行ったが、行きたくなかったが優しい方ばかりで良かった。
	Yさん	以前はよく行っていたが、足が悪くなり月2回ほどしか行かなくなった。職員に気をつかわせるのは悪いと思う。

# 屋島における植生分布とその変遷

香川大学工学部 安全システム建設工学科 講師 守屋 均  
連絡先 moriya@eng.kagawa-u.ac.jp



## 研究概要

屋島の過去の空中写真の解析，現地植生調査，人工衛星画像解析などから 1960 年代以降の屋島の相観植生図を作成し，屋島の植生の変遷を調べた。

・屋島の植生の変遷 (図 1) : 1962 年にはマツ林が屋島の 80% を占めていた。ところが，70 年代以降，主としてマツ枯れの被害によって，マツの純林は大きく減少し 1998 年にはわずか 1.4% しかなかった。マツ枯れの後には主に落葉広葉樹が侵入し，マツ・落葉広葉樹混交林や落葉広葉樹林となっていた。

・現在の屋島の植生 (図 2) : 現在の屋島はコナラやアベマキなどを優占種とする落葉広葉樹林が全体の約 6 割を占める。落葉広葉樹林にはこのほかにヤマザクラも相当数混交して春の開花期にはかなり目立つ。これに次いでマツ・落葉広葉樹混交林が約 10% を占める。次いで多いのがウバメガシ林で 9% を占める。ウバメガシ林は純林を形成することが多く，山頂付近直下の涯鍾部に集中して分布している。常緑樹林としてはクスノキが優占する林分があるが面積は 7% 程度で多くない。

・衛星画像による植生分類 (図 3) : 現地で植生分布を調査する場合，広域をくまなく踏査することは困難であり，また遠距離からの目視では位置精度に限界がある。一方，衛星画像による地表面の被覆状態の解析は広く行われているが，細かい樹種判定までは困難なのが現状である。そこで現在，屋島の現地植生調査結果との比較を行いながら，いくつかの手法を用いて屋島の植生判読を試みた。衛星画像は陸域観測技術衛星「だいち」に搭載されている AVNIR-2 センサのデータを使用した。季節の異なる 3 時期のデータを使用し，混交林タイプを含めて分類を行った場合に最もよい結果を得た。

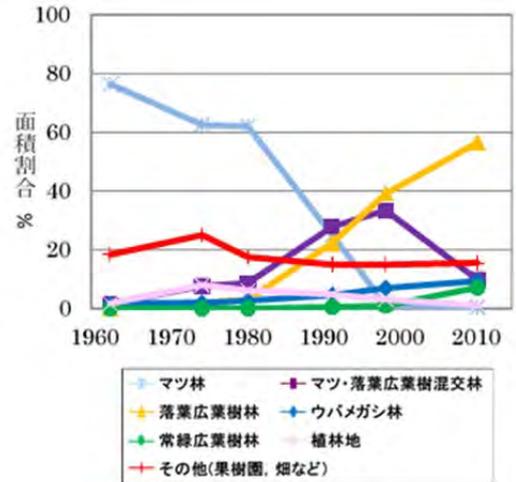


図 1 屋島の植生の変遷

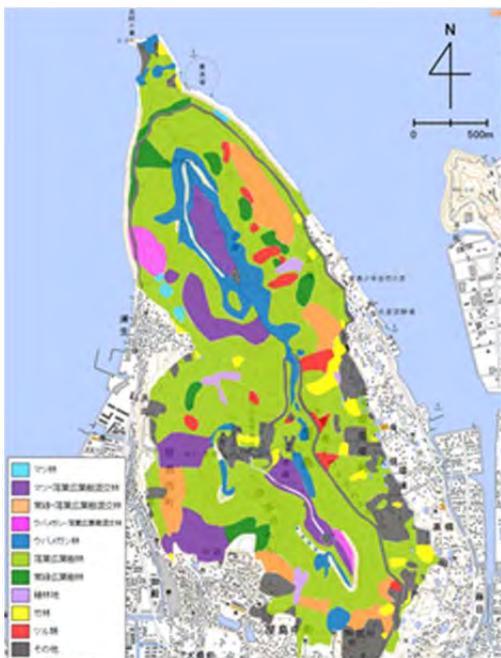


図 2 2010 年の屋島の相観植生

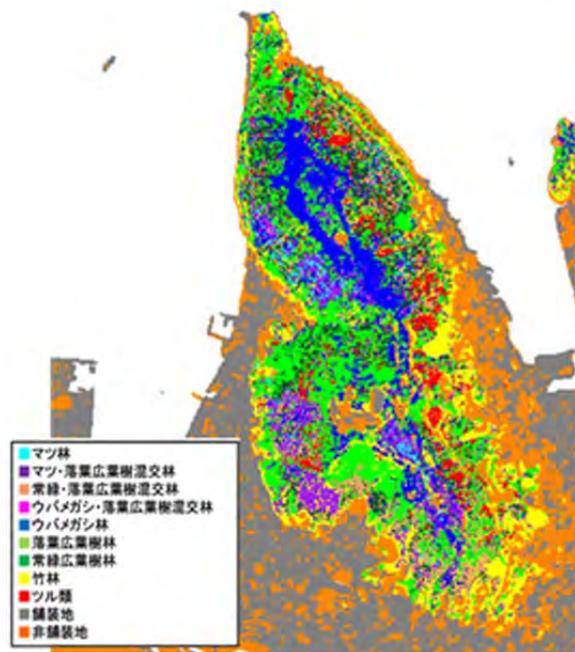


図 3 衛星データを用いた植生分類結果

## 「その人らしさ」を持ち続けることができる環境デザイン

香川大学工学部安全システム建設工学科 藤井 容子  
連絡先 : [fujii@eng.kagawa-u.ac.jp](mailto:fujii@eng.kagawa-u.ac.jp)



○専門分野：建築計画、施設計画、ユニバーサルデザイン

### ○研究紹介

研究室では、「心地良い空間をどう創るか」をテーマに人を中心とした建物を考え、多様なユーザーの特性を踏まえた空間デザインの検討、充実した地域生活のための生活環境や施設のあり方に関する研究に取り組むとともに、研究の成果を活かした実践活動にも力を注いでいます。

さらには、過疎化・高齢化の進行に伴って地域共同体の存続が危ぶまれていることから、過疎集落のコミュニティの持続と地域防災対応力の向上に寄与する建築デザインについての研究も進めています。

#### ・旅行者の安全確保のための空き家活用等による遍路文化継承への試み

近年、遍路宿の廃業が相次ぎ、その数が著しく減少しているとともに、遍路道周辺には空き家が激増し、お遍路さんへの安全・安心な宿泊の場が求められています。

そこで、空き家を活用して遍路小屋を開設する地域資源の有効活用などを通して、遍路文化の継承を図ろうと努めています。



#### ・充実した地域生活のための地域福祉システム形成への探求

高齢者と障がい者が一つ屋根の下で生活する「共生型グループホーム」に着目し、彼らの充実した地域生活を支える空間デザインに関する研究を実施し、著書にまとめました。

さらには、地域福祉サービスの分野で顕著な実績をもつデンマークでの調査を実施し、社会福祉制度や建築的特徴について整理を行い、我が国での可能性を探っています。



#### ・高齢者や障がい者の防災対応力向上に寄与する建築デザイン

建築空間での日常災害の被害実態と災害対策実態を把握し課題を明らかにすることで、災害時での対応指針を開発し、バリアフリー環境整備への資料として広く社会に提供するとともに、高齢者や障がい者の防災対応力向上に寄与する建築デザインについての研究も進めています。



#### ・利用者本位の建築デザインやニーズが反映された建築手法の検討

施設に関わる全ての利用者の視点に立った施設のあり方や建築的な解決方法についてフィールドワークを通して検討するとともに、アドバイザーとしてグループホーム建設プロジェクトの指導や助言を行い、良質な施設の整備に取り組んでいます。



## 汎用最適化システムの開発

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 荒川 雅生

連絡先 arakawa@eng.kagawa-u.ac.jp



多目的最適化を通じてエンジニアリング問題を解決しましょう

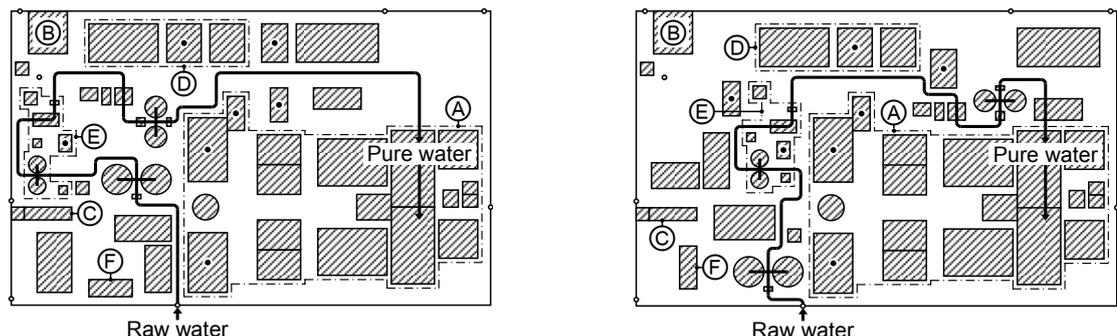
私の研究室では、「最適化で世界をかえる」という標語の基、様々な企業との共同研究を通じて、様々な最適化問題に挑戦しています。

一言に最適化と言っても、その応用範囲は広範にわたっています。例えば、近年、再度注目を集めるようになった人工知能がございます。約30年前にもこのブームはございました。そのブームの中で、人工知能という言葉さえ知らなかった私は、ほぼ、じゃんけんに負ける感じで「人工知能による最適化」というテーマを与えられて、人工知能の研究をさせられました。その時は、いろいろな推論エンジンを学んで、最適化のエンジンとして推論機能を利用しようとしたわけです。ただ、ほとんどうまくいきませんでした。とは言うものの、博士論文までは、それとなくお茶を濁して研究しておりました。この研究、誰もフォローすることが出来ないのです。つまり、論文を何編出しても、世の中の役に立つことは一切ありませんでした。人工知能なんかよりも、最適化の方が何百倍も楽しいし、役に立つと思って最適化の研究を始めることとなりました。最近の人工知能ブームの再来、よく見ると、使っているエンジンはかつてのままです。扱える情報量が格段に向上したこと、そして、上位概念を作るようになったこと（これは実は昔からありました。ただ、上手にできなかつただけです。）そして、そのエンジンに最適化が使われ始めたことなどが再ブームの要因だと思われます。

ん。以前は最適化をエンジンに使っていなかったのかなあ？と考えると、正確に表現すると使えなかったんだろうと思います。何で、,,最適化は、離散変数に弱い。最適化は、大規模問題に弱い。等々の理由はたくさん上げられます。そして、その一つ一つの問題がこの30年間に解決されたわけではありません。ただ、以前よりは扱える範囲が格段に増えただけのことなのです。

さて、どんな活動をしているかという、3つほどございます。一つが多目的最適化の実用化に関する活動、一つが最適化が困難だとされている問題を柔軟に解くための発想、もう一つが、ベテランのノウハウを最適化を利用して明示化していく活動です。下の二つの図をご覧ください。左がベテランの方の敷地内の工場配置です。同じことをGAとPSOの合わせ技で解いたのが右になります。ほぼ同じような配置が自動的にできるわけです。ここでは4つの目的関数がありますが、そのどの目的関数でもベテランの方の配置よりもいい値が出てきます。さて、こうなるとベテランの方からいろいろなクレームが提示されます。その一つ一つがベテランの方々がお持ちで、気にされているポイントであり、中々教えていただけなかったところなのです。

皆さんも、最適化を通じて身の回りの世の中を変えてみませんか？



# 災害状況再現・対応能力訓練システムと訓練シナリオの開発

香川大学工学部 電子・情報システム工学科 教授 井面 仁志  
連絡先 inomo@eng.kagawa-u.ac.jp



## ◎訓練システムの開発目標・特徴

本訓練システムの開発目標は、災害時の実践的な対応能力を備えた人材の養成である。Ripley らは、災害時に人間は時間の経過とともに「否認」、「思考」、「決定的瞬間」における行動の3つの段階をたどると指摘している。従来の防災教育は、防災に関する知識や技術の習得が主であり、災害時に対応するための実践力を備える上では、行動の選択に有効となる知識や技術を学ぶだけでなく、学習した知識や技術を活用して災害に直面した際の対応能力を習得するための訓練が必要である。これを実現するために、3D-VR（3次元バーチャルリアリティ）を用いて想定を超える災害時の状況を再現し、その危機的な状況下で、「否認」、「思考」、「決定的瞬間」における行動の一連の流れが体感可能とし、その危機的な状況の中で訓練体験者が置かれた状況を適切に判断し、意志決定を行い、行動を起こす、という一連の訓練を経て実践力の習得を目指す。訓練システムの特徴を図1に示す。



図1 訓練システムの特徴

## ◎訓練シナリオの特徴とシナリオ例

本システムを用いた訓練では、訓練体験者の行動に伴い、動的に進行する分岐型の訓練シナリオが準備されている。訓練体験者はシステムのスクリーン上に表示される映像を見ながら、自らの体を動かして対応行動を取る。訓練体験者の行動に応じてシーンを切り替えることで、体験者の状況判断と行動に応じた対応訓練が実現できる。さらに、想定を超える状況の突発性や状況判断の難しさによって訓練レベルを上げ、繰り返し訓練を実施することにより、想定を超える状況に素早く対応できる高度な実践力（コンピテンシー）を修得する事が可能となる。訓練者の対応行動の違いによる訓練シナリオの分岐例を図2に示す。

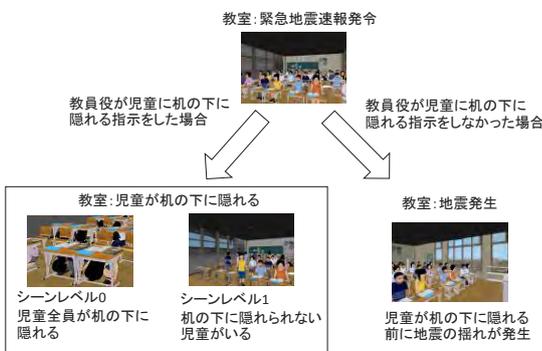


図2 訓練シナリオの分岐例

## ◎公開中の訓練コースと訓練の様子

本システムを用いた訓練コースとしては、「学校防災コース」、「応急手当・救命コース」を一般公開しており、香川大学 四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構のHPより申し込みをいただければ、誰でも無料で訓練を体験して頂く事が可能となっている。さらに、継続して新しい訓練シナリオの開発も実施している。



図3 訓練の様子

## ネットワーク学習 e-Learning システムの開発（可視化その1）

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 今井慈郎

連絡先 imai@eng.kagawa-u.ac.jp

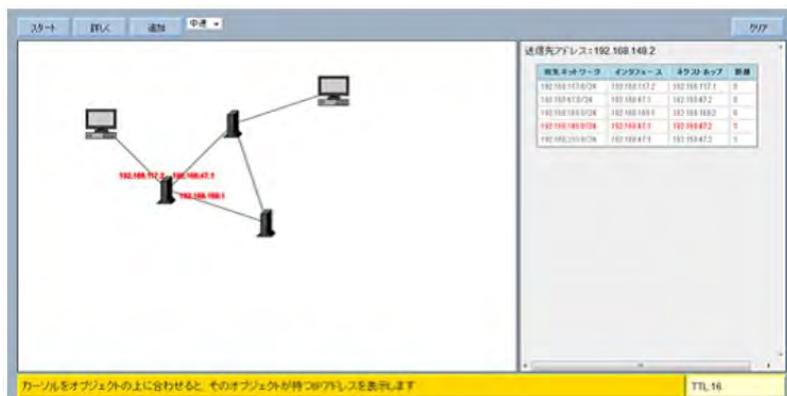


ネットワーク教育は大学理工系学部のみならず、今後、初等教育にてプログラミング教育が必修化され、IoT(様々な機器がネットワーク接続され、第4の「産業革命」なる社会現象実現の原動力)が主流になってくると、多方面で必須となる教育内容であろう。この現状への提案が「IP ベースのネットワーク学習支援のための e-Learning システム」である。紹介者の大学院工学研究科担当科目「ビジュアルライゼーション(Visualization)」において、偶然、紹介者自身の研究室配属学生であった川西千晶さんがプロトタイプ発表したネットワーク学習支援システムがベースであり、最終的にも彼女の修士研究論文へと発展した研究事例に基づいている。以下では、当該 e-Learning システムの概要と現状を紹介し、本学（特に工学研究科 OG/OB の特筆すべき）研究成果の1つを報告したい。

(a) 当該システムも Web アプリ（利用者のブラウザ上で動作する応用プログラム）として実現され、開発当時（川西さんは H25 年 3 月修了）はむしろ先進的であった HTML5 と JavaScript を組み合わせて実装している。当時の MS ブラウザ IE では動作が保証できず、FireFox/GoogleChrome 上でのみフル機能を実行できた。バージョンアップを重ね（時代的にも Java から JavaScript へのパラダイムシフトが進み）現在はメジャーなブラウザで問題なく実行可能となっている。

(b) 「自らが設計したネットワーク上で送信元から受信先へパケットが途中のルータを経由して転送されていく状況を動的に提示すること」が学習に効果があることは間違いない。本システムは川西さんの素晴らしい着想もあって、学習者の視点に立脚し「ネットワーク設計」「送受信端末設定」「シミュレーションによるパケット転送の状況」「経路情報テーブルの動的な書き換え」「ネットワーク追加修正による環境変化への動的対応」などの基本的な機能を実現している点で利便性の高いものになっている。事実、国内外で発表した際にも利用したい旨の申し出が複数あったことも明記しておきたい。

(c) 以下の画面（スクリーンショット）を示しながら具体的な機能を詳述する。画面左側が学習者の設計したネットワーク構成である。構成要素はルータ、端末および相互接続である有線無線は問わない。



これに対して送信元と受信先を指定しシミュレーションによってパケット転送を動的に可視化することができる。また、各ルータの「経路制御情報」の遣り取りも視覚化できているので、「ルーティング」と呼ばれる IP(Internet Protocol)の具体例を学習者が体得することができる。シミュレーションした結果に更にルータ、端末、

相互接続を追加することでネットワークを発展させ、先の結果と比較することで、パケットがより最適な経路で転送されることを可視化することもできる。

(d) 現状は <http://stwww.eng.kagawa-u.ac.jp/~imai/H24Labo/Kawanishi/>でも明らかなように「国際語化」が進捗している。ESIEE Paris からの国際インターンシップで来学した Lorkan Sauvion 君 Valentin Messias 君のお陰で英語、フランス語、ポルトガル語への対応も実現できたことは特記したい。

文献：“Development and Evaluation of Learner-centric Graphical Educational Tool for IP Routing and Network Behavior” Imai,Kawanishi 他 電気学会論文誌C Vol. 134(2014), No. 11, P1634-1639

## バイオセンサネットワークの基本技術

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 生越重章  
連絡先 ogose@eng.kagawa-u.ac.jp



情報通信技術 (ICT: Information Communication Technology) を利用した医療が注目されている。カプセル内視鏡などの体内医療機器等をバイオセンサネットワークのノードとして捉え、効率的な情報の授受のために必要となる基本技術について研究している。

ここでは、センサノードとしてのマイクロロボットから発生する微小磁界を検出して位置検出を行う方法について述べる。

図1に示すように、生体外に設置した複数の磁気センサを用いて、マイクロロボットで発生した磁界成分を非接触で測定し、対象物の位置を割り出すことができる。点  $P_j$  に設置した磁気センサ #  $j$  は、地磁気成分  $H_j$  に、微小距離  $d_j$  だけ離れた点  $P_o$  に存在するマイクロロボットの電気的動作に伴い発生した磁界  $H_o$  が重畳した結果、破線矢印で示すような磁気成分  $H_j'$  を検出する。 $H_j$  と  $H_j'$  からマイクロロボット位置を推定する。推定に際して、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) を適用することで、従来の高次元方程式によって逆問題の解を求めるという複雑な過程を経ることなく、短時間かつ正確な対象物の位置検出が可能となる。

図2は、マイクロロボットに見立てたソレノイドコイルが発する磁界に対する一つの磁気センサ出力の一例である。次に、人体を模した円筒座標系の横断面円周上に設けた複数の測定点での磁界の値に基づき、遺伝的アルゴリズムを適用して推定した位置と角度の誤差を示したものが表1である。位置誤差および角度誤差とも少ないことがわかる。同表に示した特性は2次元空間に対するものであるが、本手法は3次元空間への拡張が容易であり、同様に良好な結果が期待できる。また、本手法は生体内を移動する対象物の検出にも有効である。

ここで示した位置検出技術とあわせて、生体との電気的結合に関して適応的に整合をとり、生体に直接信号を送り込む伝送技術についても研究を進めており、センシングデータや制御データの効率的な授受を目指す。これらの技術により、ピコセルベースのバイオセンサネットワークを実現することが可能となる。

本技術の応用領域としては、福祉・土木・農業・交通・環境等、他ネットワークと連携した新通信システムなどがある。

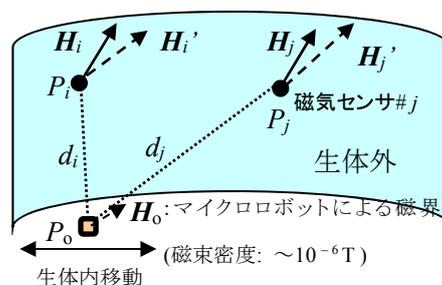


図1 マイクロロボット位置検出の概念

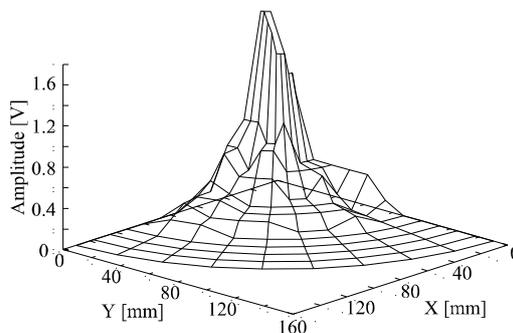


図2 磁気センサ出力の一例

表1 位置誤差と角度誤差の例

測定軸傾き (rad)	平均位置誤差	平均角度誤差の余弦値
0	$2.00 \times 10^{-6}$	0
$\pi/4$	$4.50 \times 10^{-5}$	$1.94 \times 10^{-4}$
$\pi/2$	$3.20 \times 10^{-2}$	$1.20 \times 10^{-5}$
$\pi$	$3.50 \times 10^{-5}$	$4.08 \times 10^{-4}$
$3\pi/2$	$2.65 \times 10^{-2}$	$8.90 \times 10^{-5}$
$2\pi$	$3.00 \times 10^{-6}$	$2.00 \times 10^{-6}$

# 数理モデルを用いた交互脈の発生メカニズムに関する研究

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 北島 博之

連絡先 kitaji@eng.kagawa-u.ac.jp

## 1. 目的

交互脈 (alternans) は不整脈の一種で心不全死あるいは突然死を引き起こす前兆として認識されている。本研究では、生物実験により明らかとなった心臓の細胞のネットワークを数理モデルで表し、その数理モデルの解析を行うことにより交互脈を抑制するための手法を提案する。更に、FPGA(書き換え可能なLSI)を用いて数値解析の高速化を図る。

## 2. 研究概要

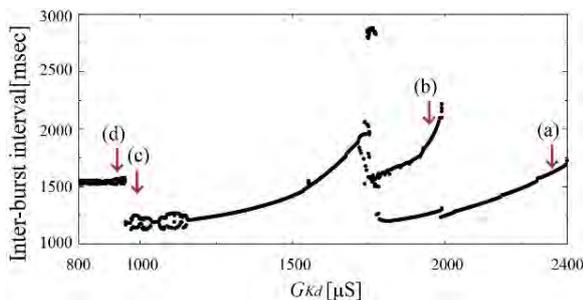


図1：コンダクタンス値を変化させた場合の細胞の膜電位の変化。

図1に数理モデルでの解析結果を示す。図2に生物実験結果を示す。図1はカリウムイオン電流のコンダクタンス値を変化させた時の、ペースメーカー細胞のバースト間隔を示す。図1において、(a)：正常値、(b)、(c)：交互脈、(d)心停止に対応する。

数理モデルで1つのパラメータ値を変化させることにより、生物実験で見られる正常→交互脈→心停止へと至る現象を再現することができた。

数値解析の高速化に関しては、FPGA、CPU、GPU等の異なるデバイスが混在する環境での超並列計算に取り組んでいる。

## 3. 成果の活用

数理モデルを構築し分岐解析を行うことにより、不都合な交互脈を抑制するためのパラメータ変動に対する知見を与えることができた。本成果により、細胞外カリウム濃度が上昇(カリウムイオン電流の細胞内への流入が上昇)を抑える薬の投与が、交互脈の発生を抑えることがわかった。

## 4. 備考

- ・科学研究費・基盤研究(C)に採択

(研究課題:心臓興奮伝導系数理モデルの構築と超並列計算による交互脈発生機構の解明, 2015-2019)

- ・共同研究者: 矢澤徹(香川大学工学部客員研究員)

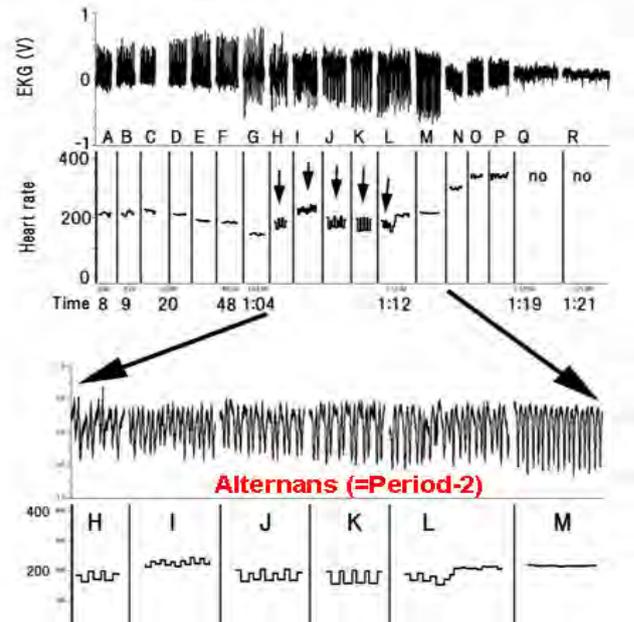


図2：生物実験結果(共同研究者提供)。

1 段目：心電図。2 段目：心拍の周波数。

3, 4 段目：2 段目の拡大図。横軸は時間(分:秒)。

# クラウド環境に適した分散 Web システムの開発

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 最所 圭三  
 連絡先 sai@eng.kagawa-u.ac.jp



Web サーバとその代理となってサービスを行うキャッシュサーバからなる分散 Web システムに関する研究を行っています。キャッシュサーバをクラウド上で提供される仮想サーバ上に構築し、必要に応じて起動、停止することで、費用対効果の優れた分散 Web システムを構築することが可能となります。

図 1 に示すように、ホームページへのアクセス量が増え Web サーバだけで処理できなくなると、クラウド上のキャッシュサーバを起動し、起動したキャッシュサーバ (紫の四角で囲んだサーバ) にアクセスを振りわけます (紫の矢印)。さらにアクセス量が増え、Web サーバと起動したキャッシュサーバだけでは処理できなくなると、さらにキャッシュサーバを起動し、起動したキャッシュサーバ (赤の四角で囲んだサーバ) に



図 1 分散 Web システムにおける負荷分散の概要

アクセスを振りわけます (赤の矢印)。アクセスが少なくなれば、停止するキャッシュサーバを選択し、そのキャッシュサーバにアクセスが行かないようにしたあと、選択したキャッシュサーバを停止します。

この操作を実現するためには、負荷監視機能、キャッシュサーバ管理機能、アクセスの振分機能が必要となります。本研究では、サーバが同時にサービスを行っている個数とシステムで設定された最大の同時サービス数の比率を負荷量として監視する負荷監視機能、負荷量に応じてキャッシュサーバの起動・停止を行うキャッシュサーバ管理機能、アクセスの振分機能としてロードバランサを用いたアクセス振分機能 (図 2) とラウンドロビン DNS を用いたアクセスの振分機能 (図 3) の 2 つの方式を、小規模な仮想サーバ環境を構築して開発し、評価しています。さらに、キャッシュサーバで提供されるデータの品質を高めるために、Web サーバがキャッシュサーバからの更新のためのアクセスを優先して処理するための仕組み (優先アクセス機構) も開発しています。この機構により、キャッシュサーバでキャッシュ更新が必要になった場合に速やかに更新することができ、キャッシュサーバを通じてアクセスするクライアントに対する応答時間を短縮できます。

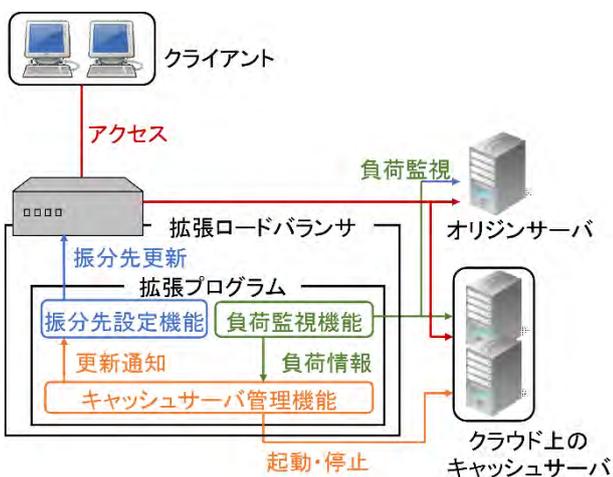


図 2 ロードバランサを用いた方式

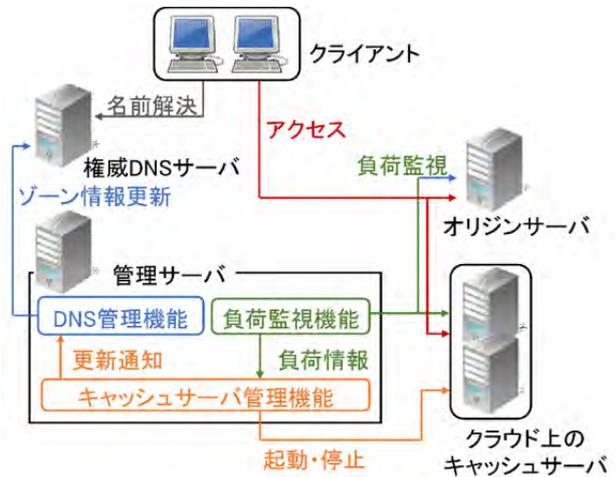


図 3 DNS を用いた方式

# 遠隔音楽ライブにおけるコミュニケーション

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 垂水 浩幸

連絡先 tarumi@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 研究背景

小職の専門分野は、コンピュータとネットワークを利用した複数の人間の協調作業・共同作業の支援です。この分野は、もともと、組織内の共同作業（会議、共同執筆等）を支援する技術の開発から始まりましたが、「技術の導入による人々のコミュニケーション・行動の変化」に社会的な視点から着目した研究や、組織を持たない不特定多数の集団（SNSを通じて集まった人達等）のネット上での行動の分析などに広がってきました。これらの専門的な視点から、ロックバンド等の音楽ライブに興味を持ちました。演奏中は言葉を使ったコミュニケーションはできませんが、ライブに集まった聴衆と演奏者の間には非言語コミュニケーションが存在します。また、聴衆同士にも「一体感」と呼ばれる感覚が生じ、ライブの満足度につながっています。我々はこの「一体感」がライブの本質の重要な要素であると考え、その本質を探り、遠隔中継での再現に挑戦しています。単なる中継放送ではない、より満足度の高い遠隔音楽ライブを実現できれば、新たなビジネスモデルを構築できる可能性があり、また資金力の乏しいバンドであっても遠方のファンにアピールできる機会を増やし、音楽文化の振興につながります。

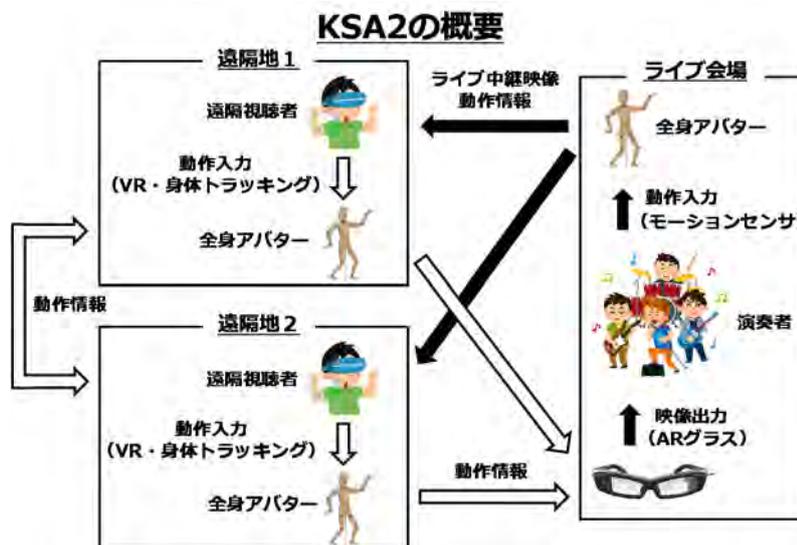
## 2. 研究方法

まず「一体感」とは何かがそもそも定義されていません。これを明確にするためにライブ参加経験者へのインタビュー調査を実施し、例えば「手を振る」等の身体動作を周囲の聴衆と一緒にすることが重要な要素になっていると判断しました。また、普段とは異なる環境で音楽を聴く「非日常性」がライブの価値の重要な要素になっていることもこの調査でわかりました。即ちこれらを実現する技術を導入していく必要があります。

ライブで使われる身体動作には代表的なパターンがあり、遠方の観客がそれらの動作を行って他の観客及び演奏者に伝えられるようにしました。また、非日常性をもたらすため、没入環境の仮想現実感(VR)を用いることにしました。この方針で開発中のシステムが KSA2 (Kagawa Super Arena 2) です。

演奏者は、会場に集まった観客と遠方の観客を同時に見るため、拡張現実感(AR)技術を利用します。身体動作を伝えるために実映像を使用するとシステム負荷が高いため、演奏者および観客はアバターによって表現します。遠隔地観客の身体動作は演奏者および他の遠隔地観客に伝えられ、一体感および相互の非言語コミュニケーションを実現することをねらいます。もちろん通常の中継映像も同時に流します。

2017年10月現在、プロトタイプを開発中であり、今後実証実験を順次行っていく予定です。まずは、小規模ライブを対象に、観客側・演奏者側双方からの本システムに対する定性的評価を得ることによって、本アプローチの有効性を確認することを目標としています。



# 高性能半導体パッケージの解析手法に関する研究

香川大学工学部電子・情報工学科 教授 丹治 裕一

連絡先 tanji@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 目的

携帯電話、スマートホン、液晶テレビなどの家電・情報機器を高機能化するためには、機器内部の処理信号を高速化し、誤った処理が行われないうように、機器の信頼性を向上する設計が必要である。このような機器の信頼性を高めるためには、電気的なノイズが生じないように対策を行うことが重要である。本研究では、この対策に有効な半導体パッケージの効率的な解析手法について検討を行っている。近年、利用可能になった複数のコアからなるコンピュータ、あるいは、コンピュータを複数接続したコンピュータ・ネットワークを用いて、並列計算に基づいたソフトウェア開発を行っている。

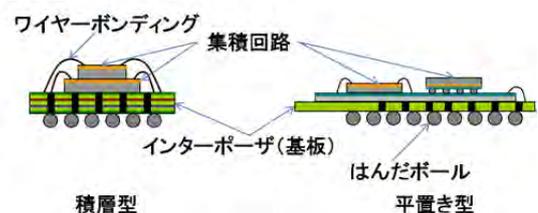
## 2. 研究概要

家電・情報機器には集積回路と呼ばれる計算装置が含まれている。これはパーソナル・コンピュータに含まれるCPU（中央演算装置）と同様の原理でできている。すなわち、家電・情報機器はコンピュータであるとも言える。図1(a)における中央の四角部分が集積回路である。そして、集積回路を機器内に収める場合に、電気的に接触させるものがパッケージである。ここで、問題となってくるのが集積回路の動作周波数である。その周波数は数百MHzに達しており、信号は電磁波として取り扱う必要がある。結果的に、集積回路は電磁ノイズに曝された状態で動作していることになる。一方、家電・情報機器は年々高機能化されており、図1(a)のような単純な構成のパッケージでは機器内に収まらなくなっている。そこで、集積回路を図1(b)のように複数個搭載した半導体パッケージが作られるようになった。図1(b)のような構造で集積回路を搭載すると電磁ノイズが強くなるとされているが、設計の段階でどの程度、ノイズへの耐性があるかを解析することは難しい。この理由は半導体パッケージを解析しようとすると、その計算量が膨大になってしまうからである。

本研究ではこの計算量の問題を解決するために、複数のコア（CPU）を搭載したコンピュータやコンピュータ・ネットワークを用いて、計算機を並列に動作させた解析手法を検討し、解析ソフトウェアを開発している。解析ソフトウェアの性能を、8つのコアを搭載した計算機で評価した場合には、商用の解析ツールと同精度で、数十倍高速に解析することが可能であった。コンピュータ・ネットワークを用いた解析ソフトウェアについては、現在開発中であり、これが開発されるとコンピュータ数にほぼ比例した性能が得られると予想している。



(a)パッケージと集積回路



(b)高性能パッケージ

図1 パッケージと集積回路

## 高度教育支援システムの開発

香川大学工学部 電子・情報工学科 教授 林 敏浩

連絡先 hayashi@eng.kagawa-u.ac.jp



高度教育支援システムの開発は教育工学の一分野になります。教育工学は計算機を教育に利活用する方法を明らかにする研究・実践分野です。特に、e-Learning は教育工学の成果の中でも我々の身近な場所にあるもののひとつになってきました。我々の研究室では、教育現場で利活用する教育システムの開発や ICT の利活用を主たる研究対象としています。様々な教育の問題やニーズに対応するために、教育システムを設計、開発、実践をします。また、様々な ICT 機器を組みあわせて面白い教育ができないかと考えたりしています。具体例は以下の「最近の研究課題」をご参照ください。

### 最近の研究課題

#### 作問に着目した e-Learning システムの開発

問題を作成するためには、その分野に対してそれなりの知識が必要です。また、問題を作成することを通してその分野に対する知識が深まることも知られています。このような作問に着目した e-Learning システム“S-Quiz”を開発しています。S-Quiz では学習者が自由に四択問題を作成でき、さらに他の学習者と問題を共有できます。



#### 自転車の運転を指導する教育システムの開発

香川県は自転車事故の発生率が全国トップレベルです。また、平成 27 年 6 月から自転車の運転違反の罰則も厳しくなりました。そこでスマートフォンのような携帯端末を使って自転車の運転をモニタリングして問題点を指導する教育システム“Pocket Police”を開発しています。リアルタイムの指導だけでなく、後でゆっくり自転車の運転について学べるモードもあります。



#### 連続性のある演習課題に基づくプログラミング学習支援システムの開発

コンピュータゲームを作っていたら、プログラミングができるようになった。そんな都合の良いプログラミング学習支援システム“PLASE”を開発しています。プログラミング学習の演習課題が全体で 1 つのアプリ開発となるように教材設計することにより、ちょっと変わったプログラミング学習を提供します。



## 動的準安定遷移過程に関する研究

香川大学工学部 電子情報工学科 教授 堀川 洋

連絡先 horikawa@eng.kagawa-u.ac.jp



神経回路モデルなどにおける動的な準安定遷移過程(dynamical metastability, metastable dynamics)について調べています。動的準安定遷移過程を有する系では、安定な定常状態に至るまでの遷移時間が系の大きさに対して指数関数的に増加します。そのため、系が大きくなると現実的な時間内に定常状態に至ることは無く、その準安定な過渡状態が系の持つ機能にとって重要なものとなります。

本研究者は、神経回路における動的な準安定遷移過程は、式(1)の単方向結合の環状神経回路において発現することを示しました。

$$dx_n/dt = -x_n + f(gx_{n-1}), \quad f(x) = \tanh(x) \quad (1 \leq n \leq N, \quad x_{n \pm N} = x_n, \quad g > 1) \quad (1)$$

この系はすべての素子が正または負の同一の値を取る双安定な空間一様平衡状態( $x_n = f(x_n)$ ,  $1 \leq n \leq N$ )を有します。しかしながら、過渡状態において、図1のように素子が正の状態(黒色)と負の状態(白色)の2つのパルスに分かれ、それらが結合方向に系内を進行する回転波とそれに伴う各素子の振動が生じます。ランダムに初期値を与えた場合、(a)のように短時間で定常状態に収束する場合もあれば、(b)のように極めて長時間過渡状態に留まり素子の振動が持続する場合があります。

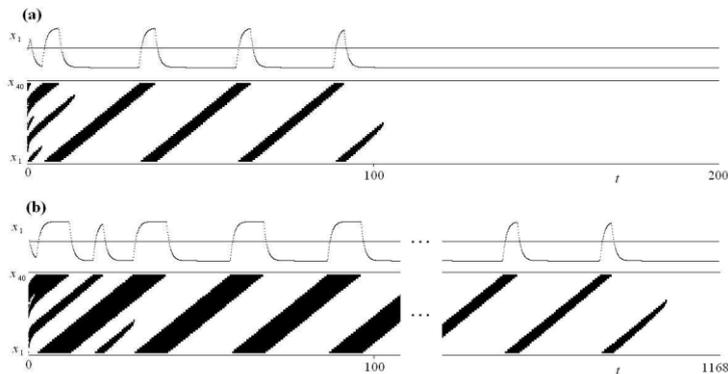


図1 過渡回転波の伝播パターン (初期値:ランダム)

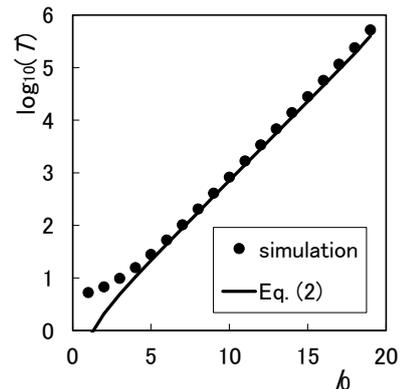


図2 過渡回転波の持続時間  $T$  vs 初期パルス幅  $l_0$

本研究者は、そのパルス幅  $l$  (パルス内の素子数、図1内の黒い帯の縦幅)の変化が式(2)で記述されることを、シグモイド関数  $f(x)$  をステップ関数で置き換えることによって解析的に導きました。

$$dl/dt = \beta \{ \exp[-\alpha(L-l)] - \exp(-\alpha l) \} \quad (\alpha > 0, \quad \beta > 0, \quad 0 < l < L) \quad (2)$$

パルス幅の初期値  $l(0) = l_0$  とすると、定常状態に至るまでの遷移時間  $T$  は図2のように  $l_0$  に対して指数関数的に増加し ( $T \propto \exp(l_0)$ )、式(1)のシミュレーション結果と式(2)の解析解は良く一致します。また、式(1)の等価回路を OP アンプを用いて作成し、40 個の素子からなる回路で数千回の過渡振動を観測しています。

そして、その後、このような動的準安定遷移過程は様々な素子(Duffing 素子、Bonhoeffer-van der Pol(BVP)ニューロンモデル、パラメトリック振動子、Lorenz モデルなど)の単方向結合系において存在することを示しています。

# 自然言語処理技術を応用した小学校での NIE 支援環境の構築

香川大学工学部 電子・情報工学科 准教授 安藤 一秋  
連絡先 ando@eng.kagawa-u.ac.jp



## 1. 研究背景と目的

NIE (Newspaper In Education) は、新聞を教材として活用する教育である。NIE を推進する日本新聞協会は、全国の小・中・高校を対象に NIE 実践指定校 (2017 年度は 550 校) を認定し、一定期間新聞を提供する支援を行っている。最近、児童・生徒の読解力の低下が懸念されているが、NIE を実践することで、新聞の閲読習慣が身に付き、読解力の向上やコミュニケーション能力の育成などにつながると報告されている。また、平成 23 年度に改訂された小学校の新学習指導要領には「教材としての新聞の活用」が組み込まれた。しかし、一般の新聞は小学生を対象として書かれていないため、小学生が読めない漢字や意味の分からない表現が多数存在し、目的の記事を探せない、読んでも理解できないなどの問題がある。また、小学校の教師に関しても、授業に適する記事を選択することや記事に関連する資料を準備するなど、教材準備の時間が不足する問題がある。

そこで本研究では、**自然言語処理技術を応用することで、小学校での NIE 支援環境の構築**を目的とする。小学校高学年の児童に対して、Web ニュースを自由に検索・選択したり、読んだり、調べたりできる支援環境、小学校の教師に対して、NIE に適した記事や関連資料を推薦する支援環境の実現を目指す。

## 2. 研究概要

これまでの研究成果と現在の状況について述べる。

### ① Web ニュース記事の検索・選択支援および記事推薦などに関する基盤技術

Web 上の一般・子供ニュース記事の自動収集、キーワードと分類器を用いた記事のフィルタリング、アクセスランキングと SNS での注目度などを利用した記事推薦、地図を活用した記事選択・閲覧インタフェースなどの技術・システムを実現した。現在は、上記手法・システムを改良すると共に、Web ニュースを活用した地図学習支援や、一部の新聞社が Web 上で公開している NIE ワークシートを活用した教師向けの記事推薦法などを研究している。

### ② 読解支援、調べ学習支援などに関する基盤技術

読解支援として、語彙力に適応したルビ振り、小学生に説明すべき語 (重要語と難易語) の自動抽出法、記事内容を補足する画像コンテンツの収集法などを提案した。調べ学習支援としては、質問タイプを分析し、記事の重要語に対する 5W1H タイプの「調べ学習課題」を自動生成する手法について検討した。現在は、これらの手法を改善すると共に、記事内の難易語や難易表現を平易に言い換えるための知識の自動構築と、記事内の地域特徴語の抽出や記事内容に関連する情報の自動収集、Web 上の NIE ワークシートを基に学習課題を自動生成する手法などについて研究を進める。

## 3. 成果の活用

提案技術を統合した NIE 支援環境を Web システムとして実装し、小学校の NIE 授業で活用することで、NIE の効果を向上させる。小学校での NIE では、主に紙版の新聞を利用しているが、紙版と Web 版がもつそれぞれの特徴を活かすことで、新しい NIE の実践環境の実現を目指す。

## 4. 備考

本研究の一部は、平成 22-24 年度科学研究費補助金 若手研究 (B) 22700813, 平成 25-27 年度科学研究費補助金 基盤研究 (C) 25350335, 平成 28-30 年度科学研究費補助金 基盤研究 (C) 16K00478, などの支援を受けて実施している。また、高松市立塩江小学校と高松市立屋島小学校には、インタビューやアンケート等でご協力いただいた。

# 自律分散ロボット制御のための無線と制御の統合的設計

香川大学工学部 電子・情報工学科 准教授 石井 光治

連絡先 kishii@eng.kagawa-u.ac.jp



## 研究の目的

複数のロボットが自律分散に制御されるが、集団としては1つのミッションを遂行する協調制御が注目されている。しかし、従来の制御理論で議論されている制御では、情報通信リンクは固定かつエラーフリーであり、無線通信では非現実的な仮定が多い。一方、無線通信では、大容量かつ高速な無線通信が議論されており、人を対象とする通信の場合では目標が定かでない。しかし、ロボットなどモノへ無線通信を応用する場合、無線通信品質がどのようにロボットの制御品質に影響を与えるのかを数学的に記述することが可能であり、目標の制御品質を考慮した無線が構築可能である。そこで、本研究では、無線通信理論と制御理論とを統合的に設計することで、高品質な無線制御システムの構築を目指す。

## 通信制約下における協調制御

協調制御とは、鳥のフォーメーション飛行(図 1)や鰯玉の形成など動物の集団行動をロボットなどで模す制御である。本研究では、ある平面にランダムに位置したロボットが自身と近傍のロボットとのみ無線通信を介して



図 1 鳥の戦隊飛行

自身の状態(位置)情報を交換し、得られた情報を元に個は自身を制御する協調制御(合意形成)に着目する。図 2 では、 $[0,200]$ の  $xy$  平面上にランダムに位置する 10 個のロボットが半径 100m の通信エリア内のロボット間のみで情報通信を行い、互いの位置を合意(一致)させる制御を行った結果を示している。初期位置は○とし、ロボットの軌跡を示している。次に無線制約を考慮した合意制御について述べる。図 3 に、無線制約がない場合、半二重伝送

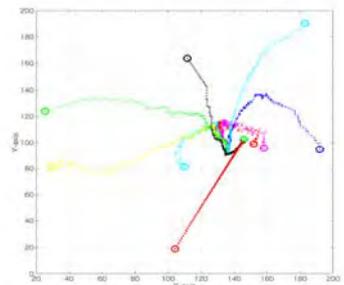


図 2 合意制御の例

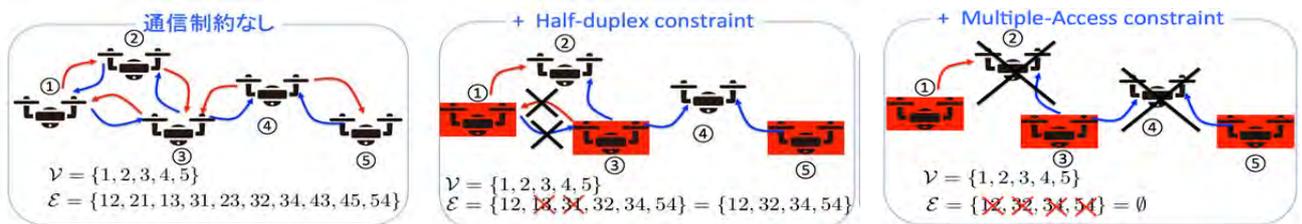


図 3 通信制約下における合意形成

制約を考慮した場合、半二重と複数受信制約を考慮した場合のネットワークに関して示す。制約がない場合は通信範囲内にいるロボット同士は互いに情報通信が可能であり、その通信リンク(枝)は多く構築できることがわかる。一方、半二重通信制約を考慮した場合は、送受信を同一時刻、同一周波数帯で行えないため、送信中に受信もしくは受信中に送信が行えない。そのため、構築できる通信リンク数が著しく減少することがわかる。さらに複数受信制約では、同一時刻に複数の信号を同時に受信できないため(コリジョンが発生するため)、同一時刻に複数受信した場合はすべての信号が受信できない。この場合、構築できる通信リンクをさらに減少させることがわかる。そこで我々は、①制御状態に応じた無線アクセス制御技術の構築、②セクタアンテナを用いた高効率無線制御技術の構築、を行っている。①では、自身の隣接ロボットの数と自身が隣接しているロボットの隣接ロボット数から適切に呼の生起確率を制御することで状態に応じた通信を設計している。②ではセクタアンテナを用いて空間分割無線制御を導入することで、より柔軟な通信の構築を行っている。

**本研究に関連した助成金:** 科学研究費助成(若手 B:17850497)自律分散ロボット制御のための適応無線アクセス技術の構築、双葉電子記念財団自然科学研究助成 など