

2017 年度 学術交流支援資金

ノーベル・コンピューティング・プロジェクト

研究成果報告

- 研究科題名：国際的水質環境の自動センシング・分析・可視化を実現する国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムの構築
- 研究代表者氏名： 清木 康 政策・メディア研究科

■本プロジェクトの背景および目的

研究の背景

経済活動のグローバル化や社会生活環境の多様化により、地球温暖化や地球規模での環境変化、自然災害および異常現象の発生が深刻化している。このような現状において、災害状況・異常現象の早期発見による被害の減少と二次災害の防止のために、自然環境変化の実用的な自動監視・警告・行動指針情報の自動配信システムの実現が望まれている。

研究目的

本研究は、急激な環境変化、自然災害および異常現象の発生可能性をリアルタイムに分析し、警告と必要な行動指針を自動配信する「国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システム」を実現する。本システムは、図 1 に示すように、次の三つのステップにより構成される。(a) Sensing: ドローン、携帯型水質センサ等のセンサ群により実状況をセンシングし、環境変化・災害の発生直前の事象を動画像の実時間分析処理により発見する。(b) Processing: 様々な事象とその結果として発生する災害との関連性を計量し、分析結果を多元的に可視化する。(c) Actuation: 変化・災害の影響が予測される対象者を発見し、対象者に可視化された警告および行動指針情報を自動配信する。

本研究では、図 2 に示すように、国際的水質環境(河川・海洋・湖水)をモデルケースとして、環境変化の自動監視(検知)・分析・警告・対処行動指針の情報分析・配信システムを国際協働研究により実現することにより、東南アジア地域の環境汚染を抑制・削減を実現することで地

球環境保全モデルを提示することと共に、環境変化・災害を自動的に監視し、変化・災害発生時の行動指針や二次災害への警告を的確に配信できる被災地域の情報社会基盤を構築する。

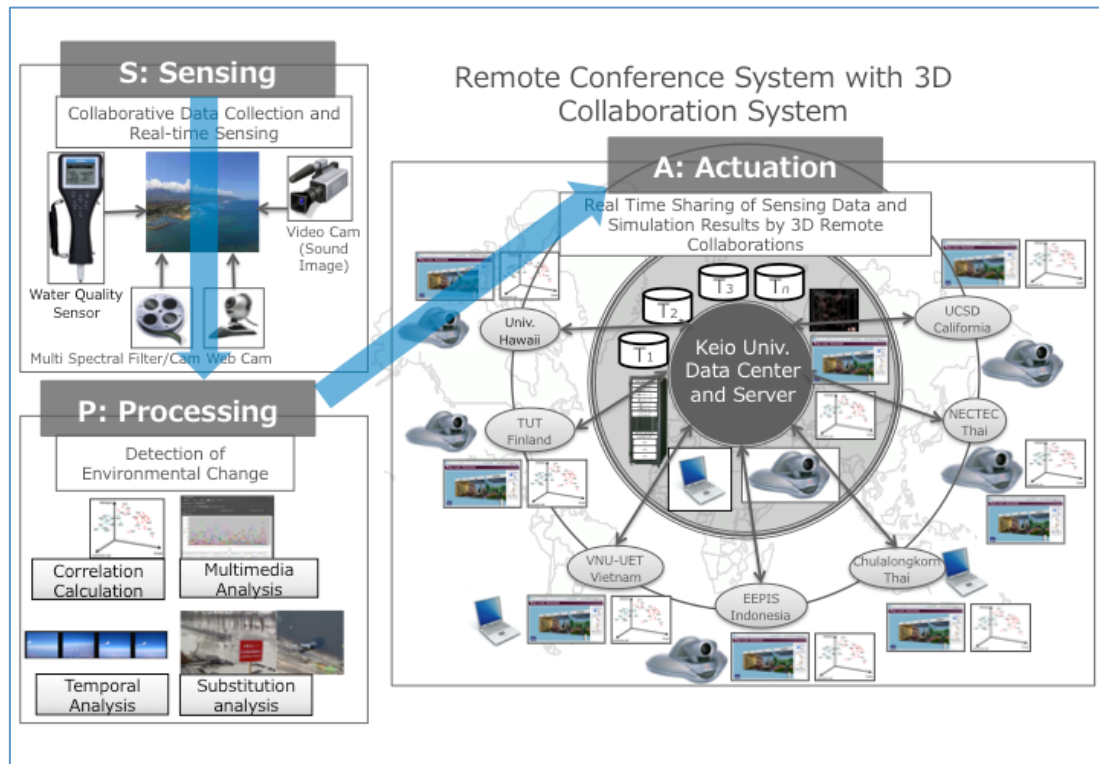


図 1：国際協働SPA型知識共有・情報配信システムの概要

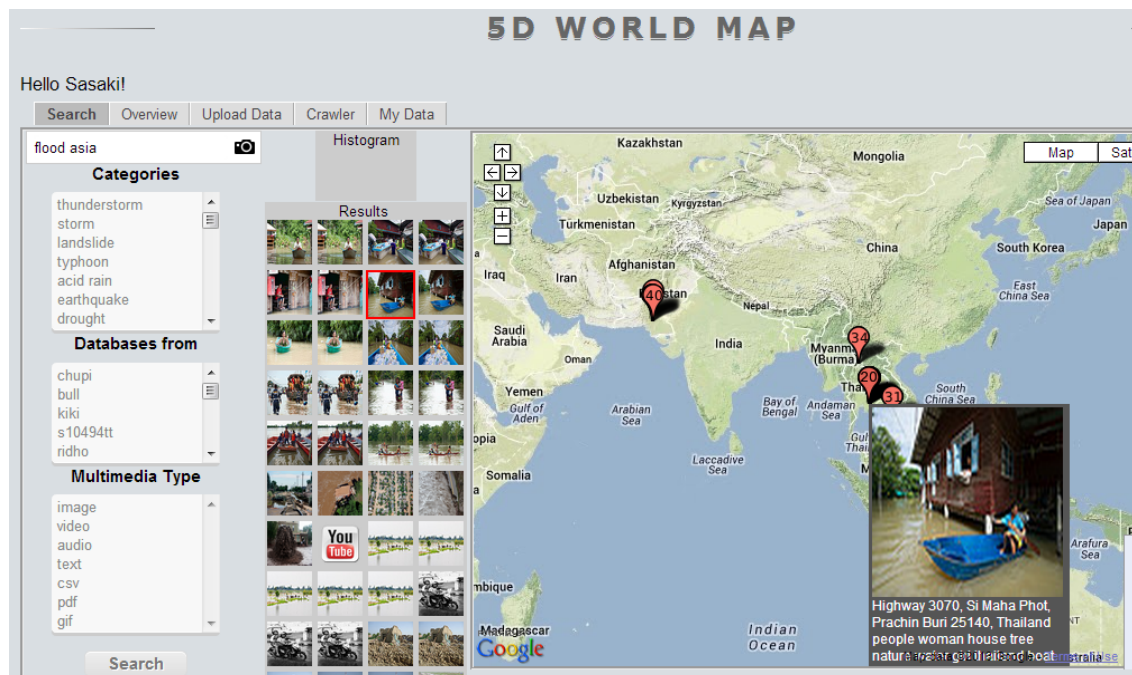


図 2：国際協働SPA型知識共有・情報配信システムによる国際的水質環境（河川・海洋・湖水）の分析・共有・可視化

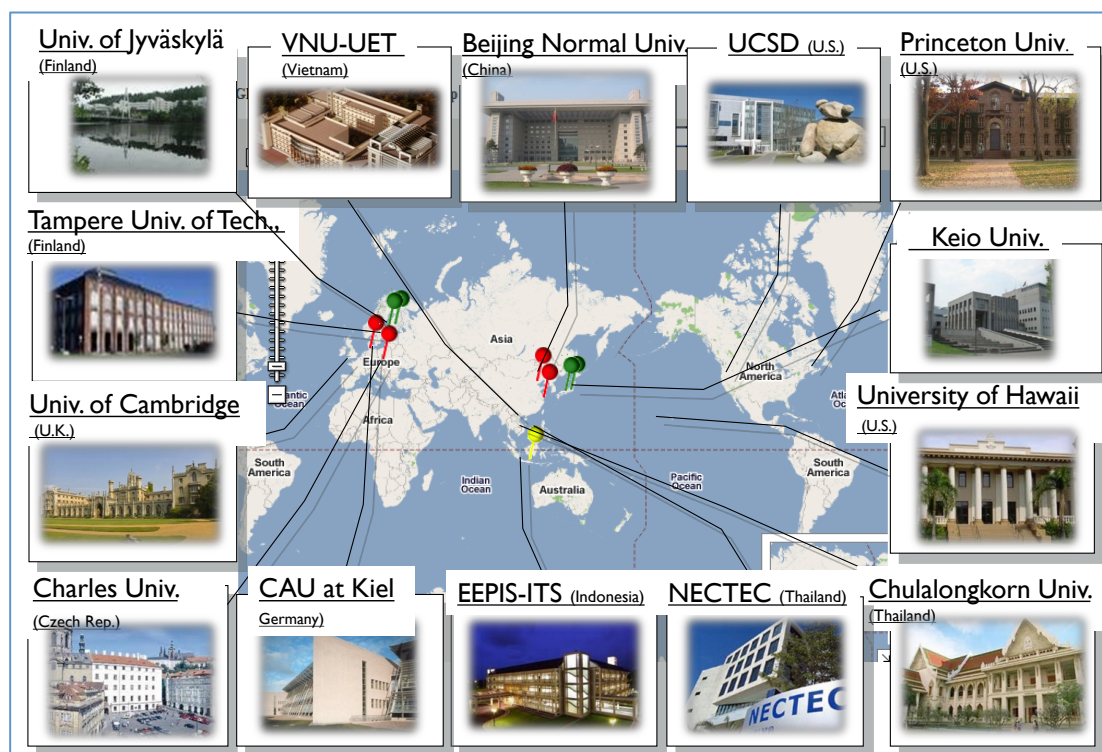


図 3：国際協働SPA型知識共有・情報配信システム国際的共同研究体制

■2017 年度の活動報告

本研究では、自然環境の変化・自然災害の自動監視(検知)・分析・警告・対処行動指針の情報分析・配信システムを国際協働研究により実現した。本「国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システム」の実現は、環境の急激な変化・予兆の早期発見による自然災害発生件数の抑制と削減の実現を目指すと共に、災害発生直後の地域住民に総合的かつ適切な警告・対処行動指針を提供することで、地域の早期復興・再生のための情報社会基盤の構築を目指す。具体的には、国際的水質環境を対象に、環境変化をユビキタス・センサによってモニタリングし、早期警告情報や問題への迅速な対処方法、二次災害防止・検出に関連する情報を、警告情報の対象地域・対象者・緊急性に応じて自動的・選択的に配信するマルチメディア配信機構を実現した。我々SFCの研究グループは、これまでに「マルチメディア・クロスカルチュラル・コラボレーションシステム」の構築と、その国際共同研究利用による異文化交流のためのマルチメディア・クロスカルチュラル知識ベースの構築を、欧・米・アジア各国の研究グループとの共同研究により行った。本研究では、このシステムの自然環境分析を対象とした新しい可視化・分析・データマイニング機能として、リアルタイム・センシング機能を構築し、具体的なシステムの共同利用による国際共同研究へと発展させる。本研究では、これまで共同研究を行ってきたフィンランド・タンペレ

工科大学の Prof. Hannu Jaakkola, タイ・タマサート大学の Prof. Virach Sornlertlamvanich, インドネシア・スラバヤ工科大学の Prof. Dadet Pramadihanto, ハワイ大学の Dr. Leon Roose, および, Prof. James Potemra, タイ・チュラロンコン大学 Prof. Chawan Koopipat の研究グループと共に, 海外6研究機関との連携によるセンシング・分析・可視化を実現する国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システム利用環境を構築した. 本研究の国際的共同研究体制を図3に示す.

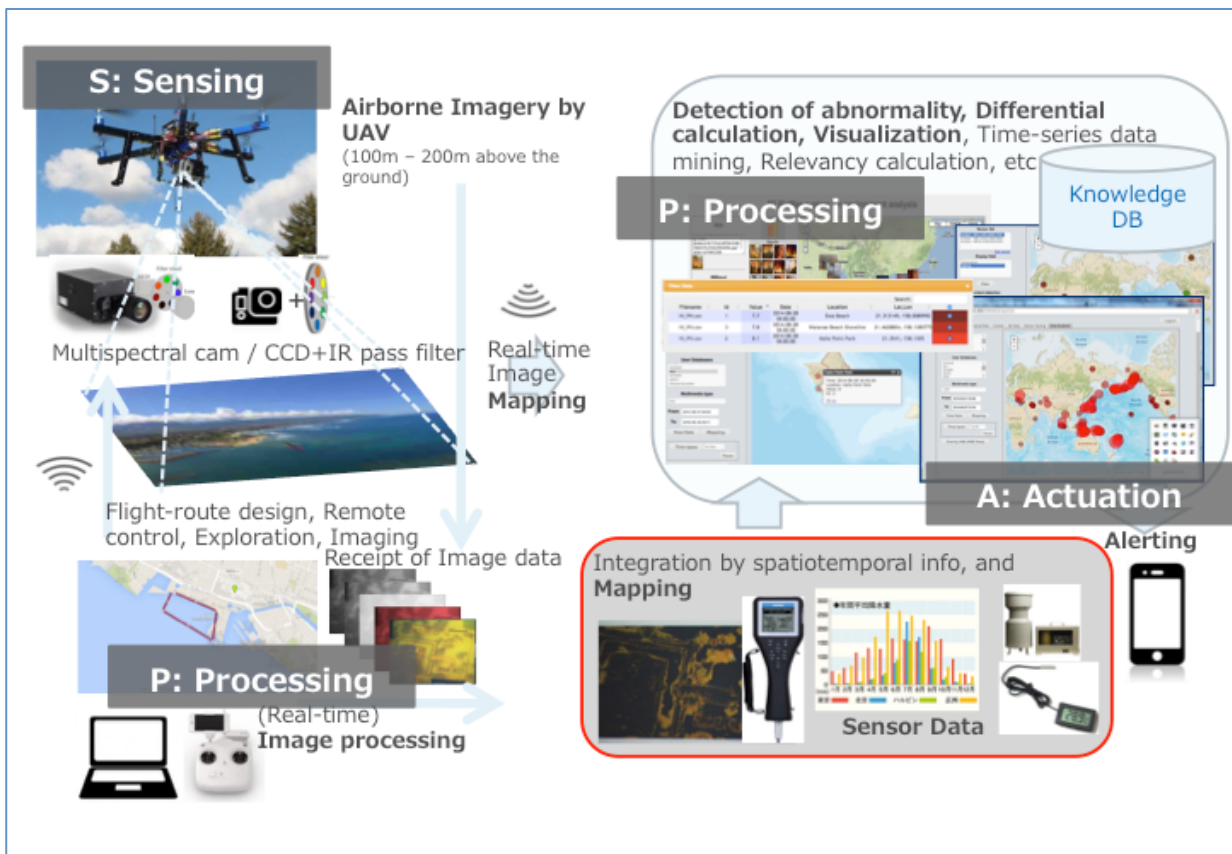


図4：国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムによる
国際的水質（河川・海洋・湖水）分析・共有・可視化

Water Quality Parameter	Symbol	Definition
Alkalinity		The alkalinity is an ability of water that can be provided neutral water, which can refer to 3 types of alkalinity in aqueous, is Hydroxide (OH ⁻), Carbonate (CO ₃ ²⁻) and Bicarbonate (HCO ₃ ⁻). The concentration of this parameter is reported in mg/L as CaCO ₃ .
Biological Oxygen Demand (BOD)		The biological oxygen demand is a measure of total oxygen used by indigenous microbial population (aqueous life) in water. The concentration of this parameter is reported in mg/L.
Conductivity		The conductivity is related between total dissolved solids and electrical conductivity. The concentration of this parameter is reported in (μS).
Coliform Bacterial		The kind of bacterial that live in intestines of warm-blooded animal. This parameter used to present the pathogenic organisms of human, and the concentration of this parameter is reported in MPN/100 mL or CFU/100 mL.
Fecal Coliform bacterial		The kind of bacterial that growth and live with animal or/and human waste. This parameter used to present the pathogenic organisms of human, and the concentration of this parameter is reported in MPN/100 mL or CFU/100 mL.
Dissolve Oxygen	DO	The concentration of oxygen that require by Microorganisms, fish and another aqueous life in aquatic system. The concentration of this parameter is reported in mg/L.
Hardness		The values of hardness are represented to total concentration of metal anion (X-2 form). Hardness is the main parameter of potential precipitation of calcium carbonate to dregs in tubes, boilers, cooling towers and poor taste in water. The concentration of this parameter is reported in mg/L as CaCO ₃ .
Nitrate-nitrogen/ Nitrite-nitrogen	(NO ₃ -N)/ (NO ₂ -N)	The nitrate anions are resulted of the bacteriological oxidation nitrogenous in soil. The nitrate anions are one of the indicators for the degree of the pollution in water with nitrate-content substances (the highly values of nitrate anion can be caused "Algae Bloom Crisis" and "Acid Precipitation"). The concentration of this parameter is reported in mg/L.
Potential of Hydrogen ion	pH	The measurement of acidity and basicity in aqueous solution. From the theory, pH in water should be between 0-14 and pure water should be in pH = 7.0.
Oxidation Reduction Potential		The potential is measured an aqueous system's capacity to either release or accept electrons from chemical reactions. The potential is occurred reaction of oxidation at the anode and reduction at the cathode. The concentration of this parameter is reported in μs/cm.
Total Dissolved Solids		Total Dissolved Solids which refers to solid compound or article in the solid phase is dissolved in aqueous, such inorganic acid and organic compound. The concentration of this parameter is reported in mg/L.
Turbidity	TDS	The turbidity can be caused by infection of soil, sand, algae, plankton, diatom and colloidal, and is an efficiency indicator for water analysis in Environmental field, which measured by the light-transmitting properties in the water. The concentration of this parameter is reported in NTU.

図 5：国際的水質（河川・海洋・湖水）分析の 12 パラメータ群

具体的には、本研究では、図 4 に示すように国際的水質環境(河川・海洋・湖水)の、変化・自然災害の自動監視(検知)・分析・警告・対処行動指針の情報分析・配信システムを国際協働研究により実現する。本「国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システム」の実現は、環境の急激な変化・予兆の早期発見による環境破壊・自然災害発生件数の抑制と削減の実現を目指すと共に、発生直後の地域住民に総合的かつ適切な警告・対処行動指針を提供することで、地域の早期復興・再生のための情報社会基盤の構築を目指す。突発的に発生する急激な環境変化・災害をリアルタイム・センシングによってモニタリングし、早期警告情報や問題への迅速な対処方法、二次災害防止・検出に関連する情報を、警告情報の対象地域・対象者・緊急性に応じて自動的・選択的に配信するマルチメディア配信機構を実現した。すでに実現している「マルチメディア・クロスカルチュラル知識ベースシステム」を発展させ、世界規模での環境・災害情報を蓄積、共有、検索、分析、可視化、避難警告配信を実現する「国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システム」を構築した。具体的には、マルチメディアデータベース技術による以下の 3 つのサブシステムを開発した。

A:環境変化発生地域に設置したから得られるドローン搭載カメラ, 携帯型水質センサより得られるセンシングデータをリアルタイムで分析するメディア処理システム

B:センシングデータをリアルタイムに処理するサーバサイド・メディア処理システム

C:環境変化情報をリアルタイムで収集・記録し、意味・時空間分析によりデータ連結と分析を行い、利用者(地域住民・政策実務者)の状況に応じて対応・対策に有効な警告・行動指針・情報メディアを携帯電話、スマートフォンやタブレットなどの移動端末へ自動配信するメディア配信システム.

これらサブシステムの連結により自然災害への未然・早期対応を促すシステムを構築し、実モニタリングテストを実施する. 本システムにおいて、世界中で発生する洪水・水害事象について、対応する時間と地理を表す多次元世界地図上に可視化機能を加え(物理空間として“3次元地理軸”と“1次元時間軸”、および、事象内容を表現する多次元意味軸を有する世界地図を形成し)、国際的水質環境(河川・海洋・湖水)の知識蓄積、共有、検索、統合、分析、可視化を実現した. 本システム構築において反映している水質環境分析における国際的基準となる12パラメータについて図5に示す. また、本システムによる実験結果を図6, 7, 8に示す.

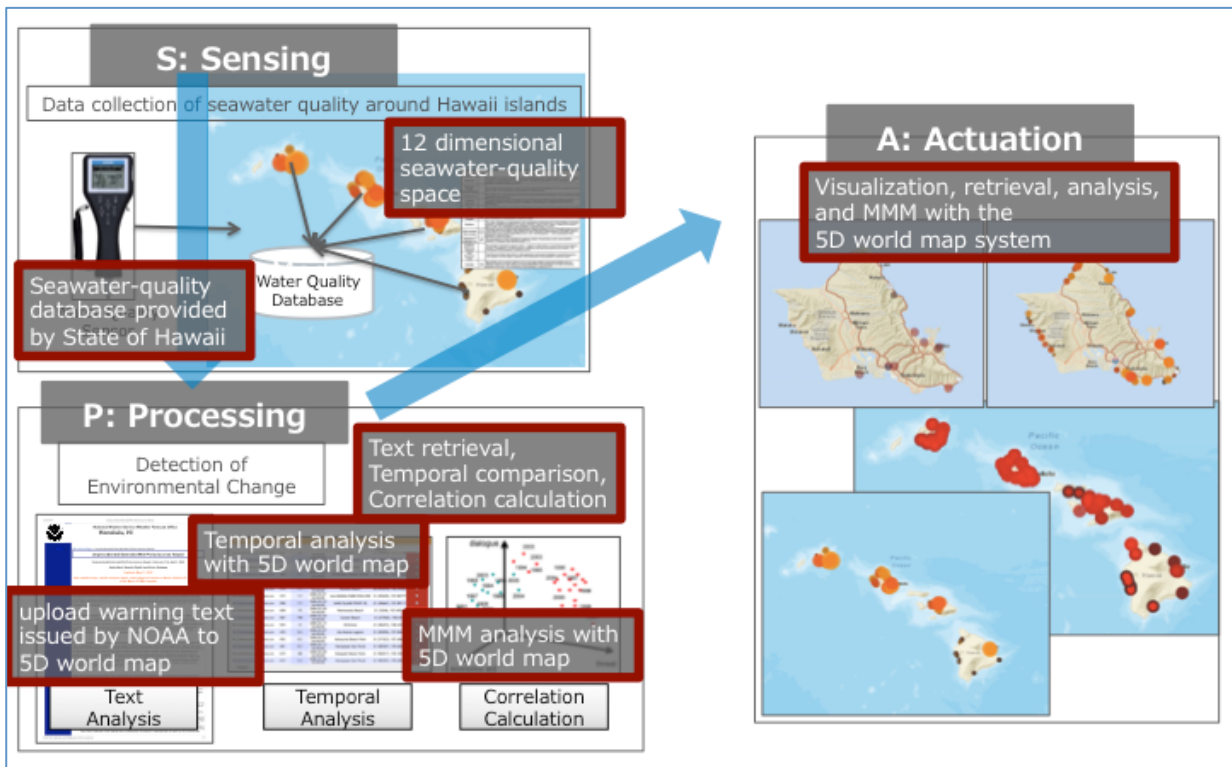


図 6：国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムのハワイオアフ島における海水モニタリング応用システムの構築・概要

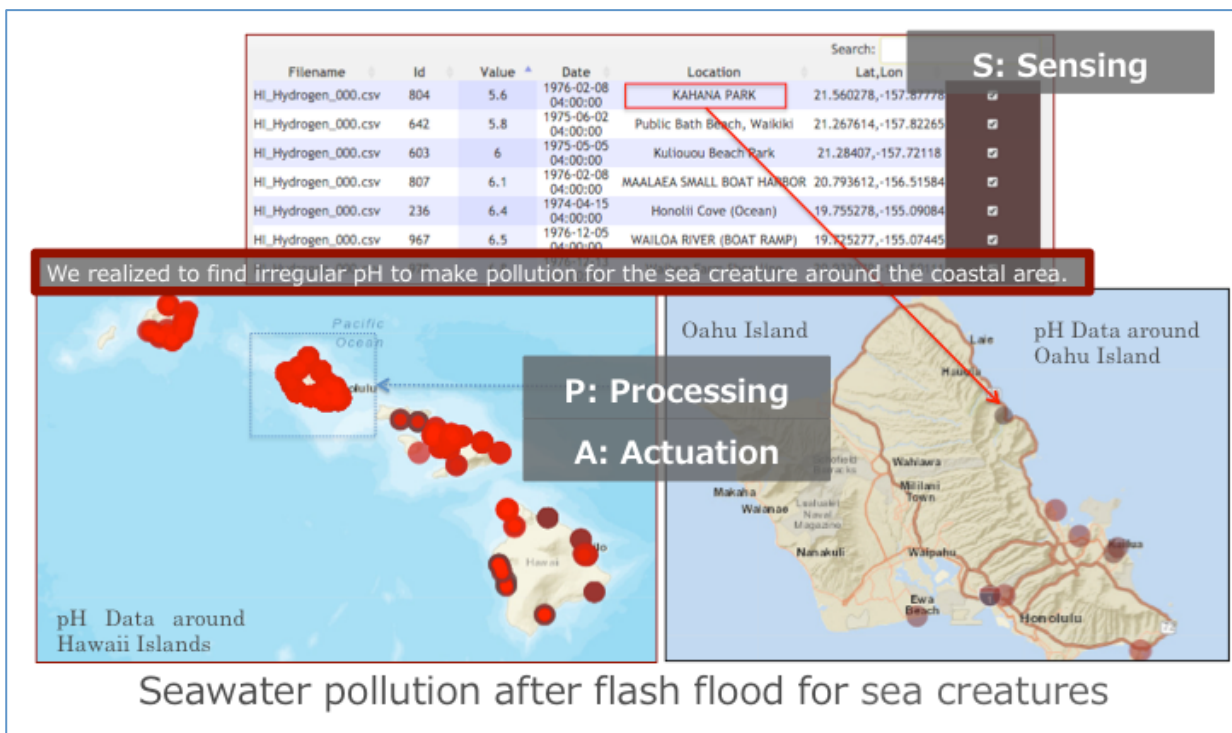


図 7：国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムのハワイオアフ島における海水モニタリング応用システムによる実験結果. 大雨による洪水後の海洋生物に影響を与える環境変化を可視化.

図7における上部の表はモニタリング地点ごとのセンシング結果，下部はpH値のレベルを生息海洋生物における安全性を示す色に射影し可視化した．この実験では黒に近くなるほど生息海洋生物にとって危険な状態を示している．

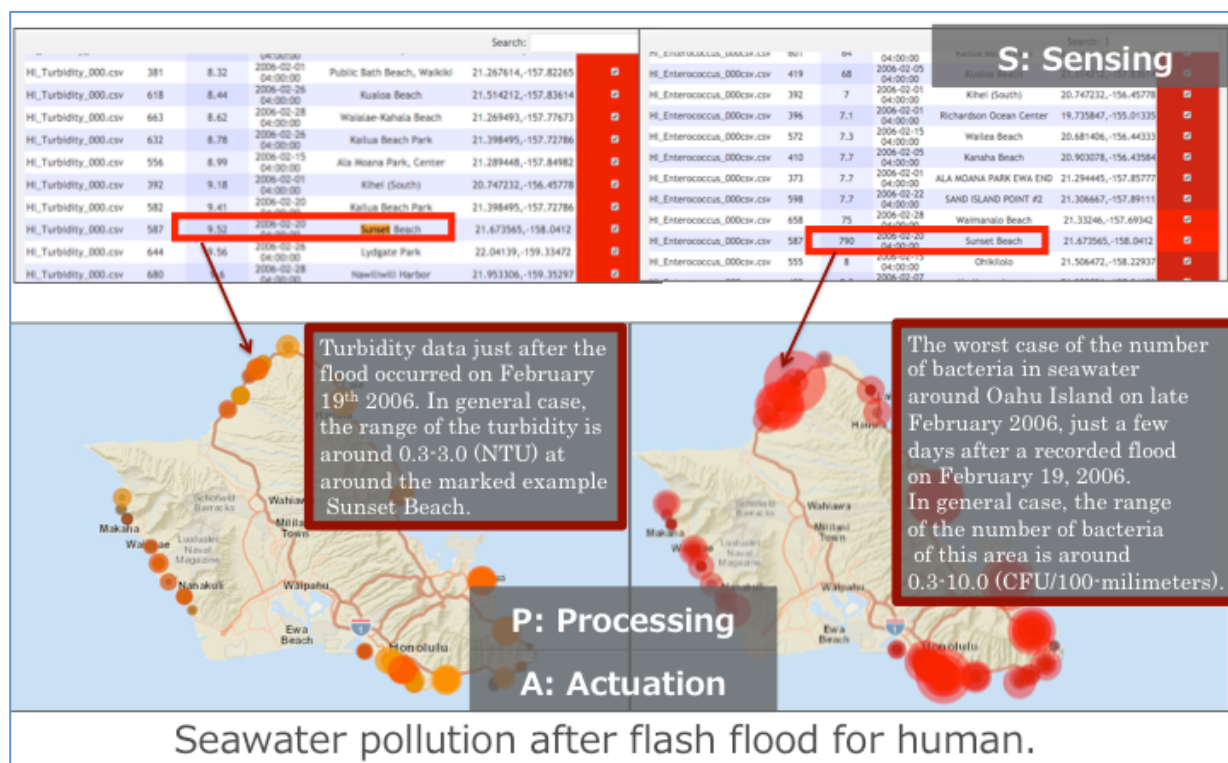


図8：国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムのハワイオアフ島における海水モニタリング応用システムによる実験結果．大雨による洪水後の人体に影響を与える環境変化を可視化．

図8に示す実験では，上部の表左は濁度，右はバクテリア数を示している．赤枠は同じモニタリング地点を示し，下部図で濁度は標準値を示し，バクテリア数は異常値を示す人体に影響を与えるレベルであることを円の大きさと可視化している．この実験では，大雨による洪水による人体にあたえる影響について，大雨から数日後における人の目視では濁度が通常値を示すため問題ないように思われるが，バクテリア数は濁度が下がった後に急上昇することが海洋生物学のナレッジとして検証されており，これらを実際の水質データを反映し，可視化することが可能であることが実験により示されている．

また，これまでの成果，および今年度の国際共同研究活動・国際的成果，研究実績としては，我々は，フィンランド・タンペレ工科大学，フィンランド・ユヴァスキュラ大学，タイ・NECTEC，インドネシア・ITS/EEPIS，米国 UCSD，

ハワイ UH, ドイツ・キール大学との間でマルチメディアデータベースに関する国際的共同研究を進め、それらの成果を 2010 年～2017 年の間に国際会議・ワークショップにおける招待講演, 国際論文誌, 国際会議にて発表し, またこれに関する国際ワークショップを主催・共催している.

特筆すべき成果としては, 本研究成果を国際的に展開するため, 本研究が実現する新しい国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムについての国際会議・国際ワークショップを, 共同研究の連携先であるフィンランド, インドネシア, タイ, ベトナムとともに開催し, これらの国において講演を行ったことにある. フィンランド・タンペレ工科大学 (TUT), インドネシア・スラバヤ工科大学 (EEPIS), タイ・国立電子情報通信技術研究所 (NECTEC), ベトナム国家大学 (VNU-UET) との間で本システムの共同実験環境の構築を行い, 文化メディアデータ対象検索・分析・配信実験を行い, それらの成果を, 主催した国際会議 European Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC2017) および, International Electronics Symposium (IES2017) にて発表・議論を行った. また, これらの国際連携プロジェクトを進展させ, 本システムの実用的レベルでの実働と, 実際のインターネット環境での広範な利用環境の実装に焦点を当て, 本システムの実利用に関する国際的共同研究体制, および, 国際的規模の利用環境を構築した.

■ 主要な学術的成果

1. 国際学会・国際ワークショップ主催・共催

研究代表者は, 2017 年度において, 下記の国際協働 SPA 型知識共有・情報配信システムに関連する国際会議・ワークショップを開催した.

- ・ 国際学会主催: “THE EUROPEAN-JAPANESE CONFERENCE ON INFORMATION MODELLING AND KNOWLEDGE BASES (EJC2017)”, Krabi, Thailand 主催, プログラム委員長,
- ・ 国際学会共催: International Electronics Symposium (IES2017), Surabaya, Indonesia,

2. 国際論文誌・国際学会における研究発表

[1] Yasushi Kiyoki, Xing Chen, Chalisa Veasommai, Shiori Sasaki, Asako Uraki, Chawan Koopipat, Petchporn Chawakitchareon, Aran Hansuebsai: An Environmental-Semantic

Computing System for Coral-Analysis in Water-Quality and Multi-Spectral Image Spaces with "Multi-Dimensional World Map". EJC 2017: 52-70

- [2] Shiori Sasaki, Yasushi Kiyoki: Analytical Visualization Functions of 5D World Map System for Multi-Dimensional Sensing Data. EJC 2017: 71-89
- [3] Irene Erlyn Wina Rachmawan, Yasushi Kiyoki: A Semantic Multispectral Images Analysis Retrieval Method for Interpreting Deforestation Effects in Soil Degradation. EJC 2017: 90-109
- [4] Khoumkham Ladsavong, Petchporn Chawakitchareon, Yasushi Kiyoki: Application of Data Mining Software to Predict the Alum Dosage in Coagulation Process: A Case Study of Vientiane, Lao PDR. EJC 2017: 110-124
- [5] Sompop Rungsupa, Petchporn Chawakitchareon, Aran Hansuebsai, Shiori Sasaki, Yasushi Kiyoki: Photographic Assessment of Coral Stress: Effect of Low Salinity to *Acropora* sp. *Goniopora* sp. and *Pavona* sp. at Sichang Island, Thailand. EJC 2017: 137-148
- [6] Chalisa Veesommai, Yasushi Kiyoki: Spatial Dynamics of The Global Water Quality Analysis System with Semantic-Ordering Functions. EJC 2017: 149-163
- [7] Jinmika Wijitdechakul, Yasushi Kiyoki, Shiori Sasaki: An Application of Multispectral Semantic-Image Space for Global Farming Analysis and Crop Condition Comparisons. EJC 2017: 176-187
- [8] Petchporn Chawakitchareon, Khoumkham Ladsavong, Yasushi Kiyoki, Shiori Sasaki, Sompop Rungsupa: Global Sharing Analysis and Visualization of Water Quality by 5DWorld Map: A Case Study at Sichang Island, Thailand. EJC 2017: 216-227
- [9] Aran Hansuebsai, Sompop Rungsupa, Yasushi Kiyoki, Shiori Sasaki, Petchporn Chawakitchareon: Study the Effect of Ammonia by Image Analysis on Healthiness Detection for Coral Quality of LifeTitle. EJC 2017: 343-353
- [10] Alexander Dudko, Tatiana Endrjukaite, Yasushi Kiyoki: Medical documents processing for summary generation and keywords highlighting based on natural language processing and ontology graph descriptor approach. iiWAS 2017: 58-65
- [11] Shiori Hikichi, Yasushi Kiyoki: MicroSIA: A Gut-Microbes Information-Extraction Method with Semantic Inverse Analysis for Discovering Unique Bacteria-Combinations in Nationality. ICSC 2017: 9-16
- [12] Hannu Jaakkola, Bernhard Thalheim, Yasushi Kiyoki, Naofumi Yoshida: Information Modelling and Knowledge Bases XXVIII, 26th International Conference on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC 2016), Tampere, Finland, June 6-10, 2016. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 292, IOS Press 2017, ISBN 978-1-61499-719-1

- [13] Virach Sornlertlamvanich, Petchporn Chawakitchareon, Aran Hansuebsai, Chawan Koopipat, Bernhard Thalheim, Yasushi Kiyoki, Hannu Jaakkola, Naofumi Yoshida: Information Modelling and Knowledge Bases XXIX, 27th International Conference on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC 2017), Krabi, Thailand, June 5-9, 2017. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 301, IOS Press 2018, ISBN 978-1-61499-833-4
- [14] Diep Thi Ngoc Nguyen, Yasushi Kiyoki: Multicontext-adaptive indexing and search for large-scale video navigation. IJMIR 6(2): 175-188 (2017)
- [15] Irene Erlyn Wina Rachmawan and Yasushi Kiyoki: Semantic Spatial Weighted Regression for Realizing Spatial Correlation of Deforestation Effect on Soil Degradation, The 19th International Electronics Symposium (IES 2017), September 26-27, 2017
- [16] Jinmika Wijitdechakul, Yasushi Kiyoki and Shiori Sasaki (Keio University, Japan); Chawan Koopipat: UAV-based Multispectral Aerial Image Retrieval using Spectral Feature and Semantic Computing, The 19th International Electronics Symposium (IES 2017), September 26-27, 2017
- [17] Hanako Fujioka, Shiori Sasaki and Yasushi Kiyoki: A Realtime Sensing-Data- Triggered News Article Provision System with 5D World Map, The 19th International Electronics Symposium (IES 2017), September 26-27, 2017
- [18] 川崎 彩子, 清木 康: 知的価値を有する観光対象を訪問する個人観光客のための価値観計量による観光地推薦方式, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [19] 藤岡 華子, 佐々木 史織, 渡邊 敏央, 大塚 恭平, 石井 昌之, 清木 康: 文脈多様性対応型意味的連想検索の実現方式と環境関連記事データへの適用, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [20] 菊原 魁人, 清木 康: 個人適合学習機構を有する検索者の状況・感性に応じたスポット探索の実現, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [21] 深澤 宏樹, 清木 康, 佐々木 史織: 多次元空間計量によるユーザ・コンテキスト対応型アトラクション選択・推薦システムの実現, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [22] 佐々木 史織, 藤岡 華子, 渡邊 敏央, 大塚 恭平, 石井 昌之, 清木 康: 環境関連記事データを対象とした文脈多様性対応型意味的連想検索と 5 次元世界地図システムへの適用, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018

- [23] 松本 佳那子, 清木 康, 林 康弘: 花言葉による感性メッセージ伝達手段としての 花束組み合わせシステムの実現, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [24] 本田 啓記, 林 康弘, 清木 康 : 場所的文脈を考慮した不動産位置情報統合・検索システム, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [25] 豊島 有香, 林 康弘, 清木 康: 学習者の思考文脈に基づく教材検索機構を有するイシュー思考型学習支援システムの実現, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018
- [26] 桂 凜堂, 清木 康: ニュース記事を対象とした 感情表現の抽出・分析方式, 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) , March 3-6, 2018