

シンポジウム(口頭講演) | シンポジウム：地中、水中、生体内、実装した電界感応技術の全員集合が社会を進展

📅 2025年3月15日(土) 9:30 ~ 11:45 📍 K204 (講義棟)

## [15a-K204-1~5] 地中、水中、生体内、実装した電界感応技術の全員集合が社会を進展

廣田 恵(艦磁研)

9:30 ~ 9:45

[15a-K204-1]

シンポジウム開会に際して

○廣田 恵<sup>1</sup> (1.NPO艦磁研)

◆ 英語発表

9:45 ~ 10:15

[15a-K204-2]

Electric Field Sensors and Electric Field Signature Control for Military Vessels

○Samantha Davidson<sup>1</sup> (1.Ultra Maritime SMAP)

◆ 英語発表

10:15 ~ 10:45

[15a-K204-3]

Tightly coupled electric field and photogrammetry measurements from a Remotely Operated Vehicle for inspection of subsea infrastructure

○Karen Weitemeyer<sup>1</sup>, Brian Claus<sup>1</sup>, Peter Kowalczyk<sup>1</sup> (1.OFG)

10:45 ~ 11:15

[15a-K204-4]

電気・電磁探査による海底熱水鉱床探査

○笠谷 貴史<sup>1</sup> (1.海洋研究開発機構)

11:15 ~ 11:45

[15a-K204-5]

電磁誘導による火山の比抵抗構造イメージングとモニタリング

○小川 康雄<sup>1,2</sup>、石須 慶一<sup>3</sup>、北岡 紀広<sup>1</sup>、曾 國軒<sup>1</sup>、南 拓人<sup>4</sup>、Caldwell T. Gtant<sup>5</sup>、Kirkby Alison<sup>5</sup> (1. 東京科学大学、2.東北大学、3.九州大学、4.神戸大学、5.GNS Science)

地中、水中、生体内、実装した  
電界感応技術の全員集合が社会を進展  
**In the ocean, in the field and in the living bodies,  
assembling of advanced electric field sensing technology  
opens a new world**

世話人：艦磁研，廣田 恵

Manager: Megumi Hirota, Naval Ship M&UEP R.C.

E-mail: kanjiken@nmurc.com

シンポジウム開会に際して

電界技術は利用される分野によりセンサ、信号処理、電界発生に独自の発展を遂げている。例えば地中探査、水中探査、生体内検知、生物保有センサ等に亘って共通のサイエンスがある。これらに必要なとされる水中で安定なセンサの研究は、近年、生体内の電界測定用に開発されている柔軟な電極に及んでいる。多分野にわたる電界技術を一堂に会し技術の進展を図る。

**Opening Remark**

Various research efforts are focused on electric fields, particularly for applications such as underground resource exploration, ship detection and the study of biological electric fields. Recently, this research has expanded to include the development of soft electrodes, which are wearable on human skin to measure electric field in the body. This symposium is organized to present research works on electric field science and technology in its wide range of research areas.

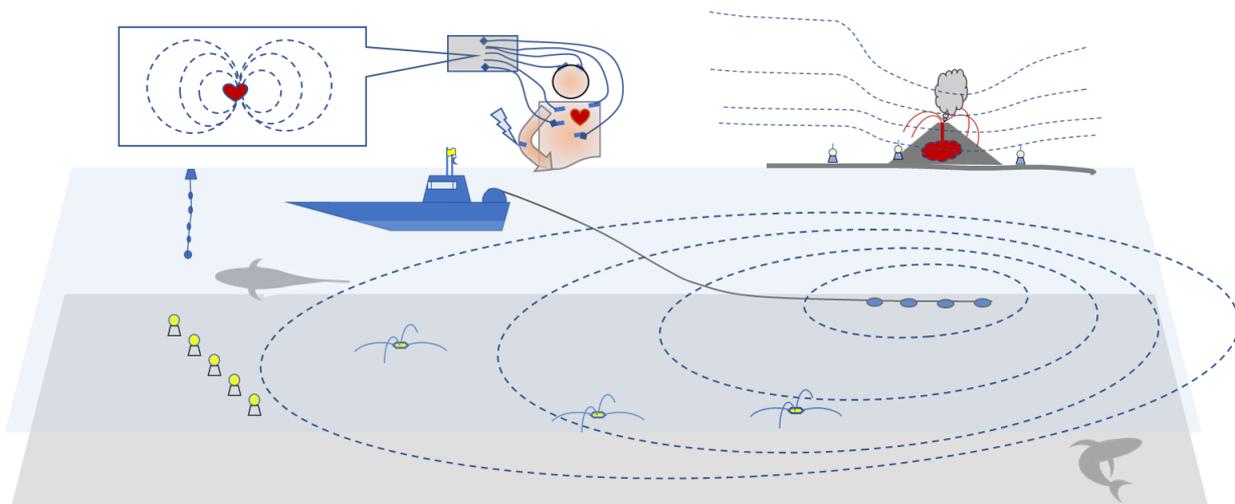


Figure. Applications of Electric Field Technology

## Electric Field Sensors and Electric Field Signature Control for Military Vessels

電界センサと防衛用船舶の電界シグネチア制御

Dr Samantha Davidson

サマンサ・ダビッドソン博士

Technical Capability Manager, Ranges and Sensors Group

Ultra Maritime SMAP, United Kingdom

Email: Samantha.Davidson@umaritime.uk

Historically magnetic and acoustic influences have been most commonly measured. However, the interaction of a vessel hull with its environment, notably the sea water gives rise to corrosion where metallic areas of the hull are exposed. The corrosion of a vessel can be minimised by the application and maintenance of suitable coatings. Since coatings cannot be applied or maintained perfectly an impressed cathodic corrosion protection system, ICCP, is used in order to impress current on to the hull such that the relative potential of hull relative to the seawater is such that corrosion is rendered energetically impossible.

In recent years the maritime electric influence has come to the fore with sensors being installed on ship signature measurement ranges whether as a retrofit or in a fully integrated multi-influence sensor package. In this paper, electric sensors as well as electric signature control and optimisation will be discussed with reference to onboard systems and configuration on a multi-influence range.

It is noted that electromagnetic signature management of a vessel begins at the concept stage e.g. evaluating the signature effects of the choice of drive type and hull coating. The electromagnetic design team is involved throughout the vessel design process determining the signature effect of the design proposed by the Naval Architect. Often a customer specifies the target signatures to be achieved with a contractor taking 'signature responsibility'. The measured electric signatures can be optimised both for prevention of platform corrosion and minimisation of electric signature detection threat using a range with electric field sensing capability.

An overview of maritime electric sensor technology will be given using the example of the Ultra SMAP Multi-influence Underwater Sensors (MUWS) and Transmag range systems. Electric field measurement as part of range system commonly uses five or more sensors. Each sensor comprises 3 orthogonal pairs of silver-silver chloride electrodes and has been mounted on a flat concrete mattress to create a flat seabed area around each sensor to minimise distortion of the electric field by its mounting. Each sensor has a digital interface allowing Ethernet communications to an underwater network hub. The electric field range can be deployed in a line of up to 20 sensors. Several ranges can be connected at an underwater fibre optic interface box and cabled to shore via a common fibre optic cable for harbour detection purposes.



Multi-influence transportable sensor  
可搬型多種類（物理量）測定センサ



Floating multi-influence sensor  
浮遊型多種類（物理量）測定センサ

## Tightly coupled electric field and photogrammetry measurements from a Remotely Operated Vehicle for inspection of subsea infrastructure

### 電界測定と写真撮像を密に搭載した ROV による海中構造物検査

*Dr. Karen Weitemeyer, Dr. Brian Claus, Mr. Peter Kowalczyk*

カレン・ウェイトマイヤー博士、ブライアン・クラウス氏、ピーター・コワルチク氏

*Ocean Floor Geophysics Inc.*

オーシャンフロアージェオフィジックス社

Karen.weitemeyer@oceanfloorgeophysics.com

### Presentation Synopsis

An ROV based 3D electric field sensor has been developed and tightly coupled with a photogrammetry system to characterize the integrity of subsea infrastructure. An equivalent source model is used to represent the measured electric field data. The photogrammetry surface is used to establish fixed point sources within this volume. The current of the pre-assigned point sources are calculated until they adequately represent the measured data. Geoscience Analyst is used to display the measured and modelled 3D electric field vector data and the biased potential is draped onto the photogrammetry surface.

### Presentation 3 key take-aways:

1. Fast digital inspection allows for a 3D representation of a structures electric fields.
2. Areas of current sink and source can be identified with vector representation of the electric fields.
3. 3D photogrammetry allows for the electric potential to be draped onto the structure surface.

### 講演の概要

3次元測定 of 電界センサを搭載した ROV を開発した。この電界センサは同じく搭載した写真撮像システムと密に統合して ROV が海中構造物の特性を調査し分類するのに用いられる。測定した電界データを等価的な電界源モデルに置き換える。写真撮像データは、撮影した物体の中に点電流源を配置するのに用いられる。こうして求めた点電流源の発生電流は測定した電界値に計算値が合うまで修正する。3次元電界ベクトルデータの測定値とモデル解析値は、(周辺について) 地理的情報及び解析を利用して、(その構造物による) 追加の電位として映像表示面を覆って表示される。

### 発表の主要点 3 題

- 1 高速デジタル検証により構造物の 3 次元電界を表すことができる
- 2 電界のベクトル表示により電流の湧き出し及び吸込み領域を特定することができる
- 3 3次元映像処理により電位を構造物表面に被せて表示することができる

Translated by *kanjiken*, 2024

## 電気・電磁探査による海底熱水鉱床探査

### Submarine hydrothermal deposit exploration using electric and electro-magnetic survey technique

海洋研究開発機構<sup>1</sup>, 笠谷貴史<sup>1</sup>

JAMSTEC.<sup>1</sup>, Takafumi Kasaya<sup>1</sup>

E-mail: tkasa@jamstec.go.jp

内閣府による SIP (戦略的イノベーション創造プログラム: Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) 次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画) において (以下、SIP 海洋)、海底熱水鉱床調査を目的に、多くの観測機器の開発とそれらを用いた海洋調査を実施してきた。計画が開始された時点では、海底熱水鉱床探査に対する適切な手段も明確ではなく、SIP 海洋ではその「プロトコル」の構築も大きな課題となった。SIP 海洋の中での大きな技術的な進展として、自然電位探査が挙げられる。陸域の鉱床探査では得られる情報量が少なく使われなくなった手法であったが、海洋では「伝導体である海」で観測することを逆手にとり、高効率な探査法としてその検証 (Kawada and Kasaya, 2017) を行うと共に、AUV による高効率な探査法としての提案も行った (Kawada and Kasaya, 2018)。詳細な地下構造の把握のためには、人工的に信号を発信する探査法が必要となる。JAMSTEC では、Fig.1 に示す電流送信用の曳航体を開発し、その受信器としてオペレーションが容易な海底電位磁力計 (OBEM; Kasaya and Goto, 2009) と同じ外装を利用した海底電位計 (OBE) と共に用いて、様々な検証のための探査を行った。当初は海底熱水鉱床のみをターゲットとしていたため、電気探査として探査を行っていたが (例えば Ishizh et al., 2019)、より深部構造を得るために機器の改修や海洋電磁探査法 (CSEM 法) としてのデータ解析も行っている (Ishizu et al., 2024)。また、これらの派生として、鉛直に電極アレイを配置し、ROV から吊下して塩田馬による自然電位探査と電気探査を同時に計測して効率的な海底熱水鉱床探査を行う探査装置の開発も行っている (笠谷ほか, 2022)。講演では、SIP 海洋で開発された観測機器を中心に概説し、得られた成果について報告する。

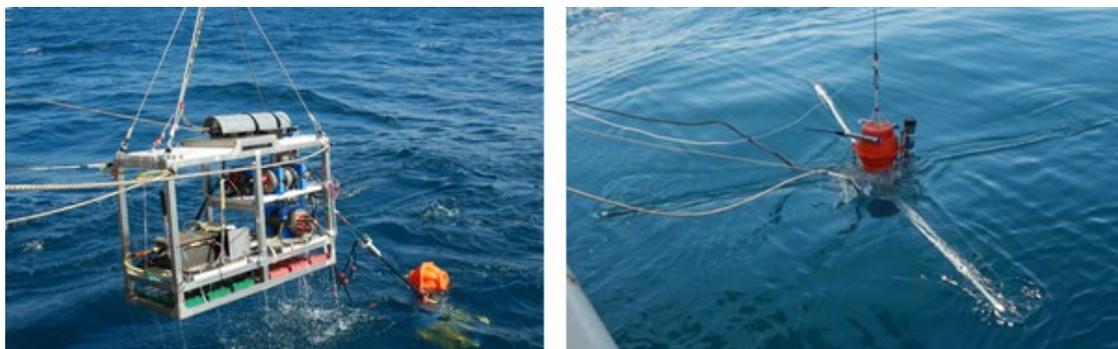


Figure 1 (Left panel) Deep-tow system for DC resistivity and CSEM survey. (Right panel) Ocean bottom electrometer with an arm holding system (Kasaya and Goto, 2009;. Japan patent: No. 4346605).

## 電磁誘導による火山の比抵抗構造イメージングとモニタリング

### Electromagnetic imaging and monitoring of volcanoes

○小川康雄<sup>1,2</sup>, 石須慶一<sup>3</sup>, 北岡紀広<sup>1</sup>, Tseng, K.H.<sup>1</sup>, 南拓人<sup>4</sup>, Caldwell, T.G.<sup>5</sup>, Kirkby, A.<sup>5</sup>

(1. 東京科学大/東工大, 2. 東北大, 3. 九大, 4. 神戸大, 5. GNS)

°Ogawa, Y.<sup>1</sup>, Ishizu, K.<sup>2</sup>, Tseng, K.H.<sup>1</sup>, Kitaoka, N.<sup>1</sup>, Minami, T.<sup>4</sup>, Caldwell, T.G.<sup>5</sup>, Kirkby, A.<sup>5</sup>

(1. Inst. Science Tokyo/ Tokyo Tech, 2. Tohoku U., 3 Kyushu U., 4. Kobe U., 5. GNS Science, NZ)

E-mail: ogawa.y.f4a7@m.isct.ac.jp

火山噴火現象の理解のためには、現象の背景となる火山の構造を解明することが重要である。特に、水蒸気噴火では流体の関与が重要な働きをする。地下の流体を地表から遠隔探知するためには、地震波や電磁波を用いる。このうち電磁波を通じて見ることでできる地殻のバルクの比抵抗は、含水岩石の中の流体の存在とそのつながりに非常に敏感である。そのため、電磁探査は火山の構造とそのモニターの強力なツールとなる。

これまでの火山体構造研究は、地磁気嵐や雷放電によって発生する自然電磁場を利用する magnetotelluric (MT) 法を利用してきた。この方法では信号源を作成する必要がないという利点がある一方で、信号強度の変動や人工ノイズによる S/N の低下が問題となる。特に火山体をモニタリングする場合には、精密な時間変動を捉えることが難しい。そこで、我々のグループでは、高精度に制御された人工信号源を用いた電磁探査システムを開発し、草津白根火山において、実験を重ねてきた (Ishizu et al., 2024)。送信信号波形は、高精度に制御された 8 周波数のサイン波を合成した波形で、これを連続的に繰り返し送信する。受信機では、この信号による応答に加えて、background noise が観測される。十分に長い受信時系列を解析することによって、周波数分解能を高め、信号成分の S/N を向上させることができる。送信源としては、電流ダイポールを 2 方向に配置し、それぞれわずかに異なる周波数を同時に送信することによって、地下構造に関するテンソル応答関数を得ることができる。このシステムを電磁アクロス (EM-Actively-controlled-routinely-operated signal system) と称する。

講演では、このシステムの草津白根火山での構造探査実験および、ニュージーランド国インフェルノクレータ火口湖におけるモニター実験について、その詳細を紹介する。

参考文献 : Ishizu, K. et al. (2025), Controlled-source electromagnetic survey in a volcanic area: relationship between stacking time and signal-to-noise ratio and comparison with magnetotelluric data, *Geophysical. Journal International*, ggae431, <https://doi.org/10.1093/gji/ggae431>