

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510171

研究課題名（和文） 地震先行時及び発生時における電磁現象のメカニズム

研究課題名（英文） Mechanism of pre-seismic and co-seismic electromagnetic phenomena

研究代表者

上田誠也 (SEIYA UYEDA)

東京大学・地震研究所・名誉教授

研究者番号：60011459

研究成果の概要（和文）：

地震現象を臨界現象(2次相転移)として短期的に捉えるための新しい時間概念(Natural Time)による時系列解析法によるギリシャでの短期地震予知を検討し Eos に出版するとともに、同法を 2000 年伊豆諸島の群発活動に応用し、その成果は J. Geophys. Res. に出版された。有意義な SES データの得られている神津島の地下電気構造の野外調査を行い、Proc. Japan Acad. に出版した。

研究成果の概要（英文）：

Recent short-term earthquake predictions in Greece, through the time series analysis in terms of Natural Time, were examined closely and derived conclusions were published in Eos. Natural Time is a new concept of time introduced for grasping the earthquakes as critical phenomena (second order phase transition). Similar analysis was applied successfully to the 2000 seismic swarm activity in the Izu island region and the results were published in J. Geophys. Res. A field survey on the underground electric structure was conducted in Kozu Island, where significant SES data had been obtained by our earlier monitoring. The results were published in Proc. Japan Acad.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：地震予測

科研費の分科・細目：複合新領域・社会・安全システム科学・自然災害

キーワード：地震・先行現象・地球電磁気・破壊・すべり

## 1. 研究開始当初の背景

地震予知研究は 1960 年代以降、国家的規模で進められ、一定の成果は上げてきたが、地震短期予知には、いまだにその目途すら明らかではない。短期予知に必要な地震先行現象については、いくつかの基本的問題が未解決なのである。

## 2. 研究の目的

地震電磁信号に関して、True co-seismic signal、他の地学現象との同期性、サンアンドレアス断層地震の欠如など、基本的未解決問題の解決を図るとともに、新しい時間概念、(Natural Time) を利用する地震時系列解析法を推進する。

### 3. 研究の方法

地震発生準備段階と地震そのものとは本質的に異種の物理過程である。すなわち、前者は極めて緩慢なストレス増加過程であり、地震そのものは急激なストレス開放過程である。この見地からの理論モデルの構築を行う。現在までに提出されたモデルで、ストレスレベルが一定値に達すると臨界的にシグナルが発生する可能性を提示するのは、圧力誘起電流モデルである。このモデルは、前述の基本的諸問題解決への key である。すなわち、電気信号発生には同期する他の地学現象の必要性はないし、サンアンドレアスでは、断層の臨界強度ストレスが著しく弱く電磁的臨界ストレス到達以前に、地震が発生してしまうのではないかと(図 1)。本研究その定量的検討を行なう。この臨界モデルは有望だが、地震発生時には電磁シグナルが観測されないという事実の説明には、ストレス解放時になら起こるかという別の理論が必要であろう。それには、室内での岩石破壊時には強力な電波が発生するが、現実の地震発震時には全く観測されていないという事実に注目する。電気信号の長距離伝播に関しては、地電流の場合には、シグナルの観測される場所と、されない場所があり、観測される場所でも特定の震源域からのシグナルしか観測されないというギリシャでの“選択規則”との関連が重大である。これについての地下の電気伝導度分布の非一様性、特に高伝導チャンネルモデルの現実性を検証する。これら一連の研究とは別に、数年来提唱されはじめ、その有効性が示唆される Natural Time については、その基礎理論において不明確な点が多く、その発展が遅れている。そのため本研究ではこれらの問題を解決する。

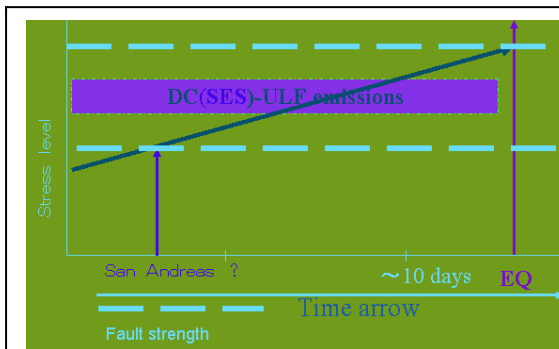


図1 信号発生および地震発生の臨界モデル。斜矢線にそって stress が徐々に増大するとき、DC(SES)-ULF emission 域に達すると信号発生。太破線レベルで地震発生。

### 4. 研究成果

本研究では主として Natural Time なる時間

概念(図 2)についての Varotsos 教授グループとの共同研究と、事例研究としての伊豆神津

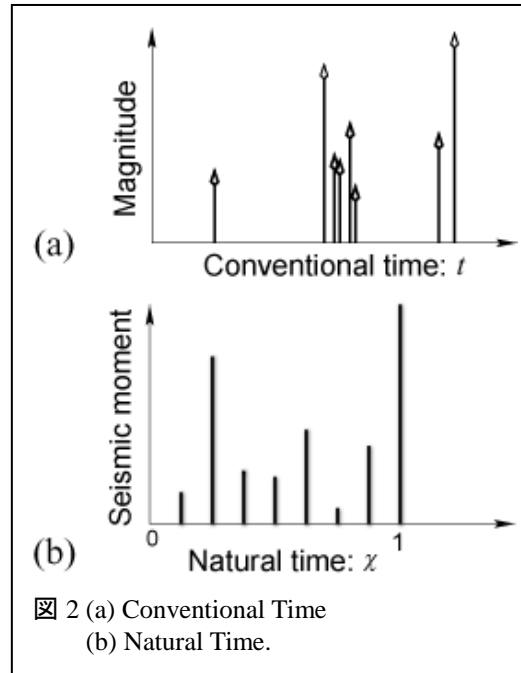


図 2 (a) Conventional Time  
(b) Natural Time.

島の地震前兆電気信号に関わる野外調査を進めた。前者については、我々は、2000 年伊豆諸島群発地震に関して Natural Time 解析が有効であることを示した(図 3; Uyeda et al., JGR, 2009)。また、地震のバネブロックモデルにおいても実際の地震の時系列と同様な結果が得られることを示した(Varotsos et al., EPL 2010)。またギリシャにおける 2008 年の数個の M6 クラスの地震が Natural Time の手法によってすべて短期

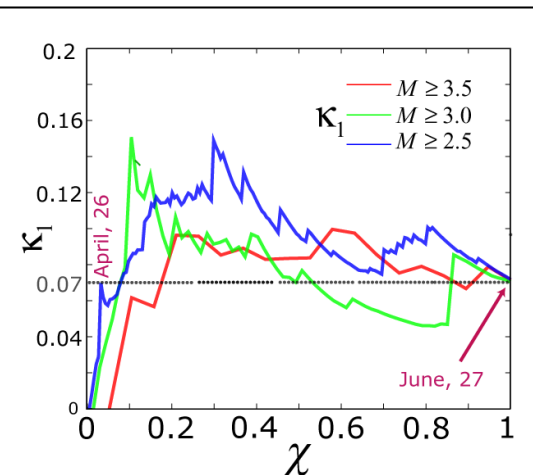


図 3 2000 年伊豆諸島群発地震発生前の変化時系列。横軸は Natural Time  $\chi$  .

予知されたことを主張し (Uyeda and Kamogawa, EOS, 2009)、それに対するギリシャの地震学者の反論に反論を展開した (Uyeda and Kamogawa, EOS, 2010)。この時

間概念は臨界現象における臨界点の発生時を予測できるので、地震の短期予知に有効であるとされている。しかし、これらの有効性の理論的根拠は依然として必ずしも明らかではない。我々はこれらの点について、基礎理論の深化につとめ、数多くの数値実験、実例検証を行ってきたが、未だに論文執筆中の段階である。後者の具体的事例研究としては、1990年代に行われた伊豆神津島で多数回観測された先行電磁現象が地下の電磁的構造の極度の非一様性を示すことの検証を目的として、VLF-MT などをおこなった (Orihara et al., JA, 2010)。神津島での地電流観測結果は、VAN 法での選択規則までを再現する著しいもので、近傍の新島での測定結果、2000年の伊豆群発地震にともなう、地震活動・選択規則の大規模変化とともに、研究が進行中であり、これも論文執筆段階である。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

- (1) Uyeda, S., and M. Kamogawa, The Prediction of Two Large Earthquakes in Greece, *Eos Trans. AGU*, 89(39), doi:10.1029/2008EO390002, 査読有 (2008).
- (2) Yoshimura, R., Oshiman, N., Uyeshima, 他 18 名, Magnetotelluric observations around the focal region of the 2007 Noto Hanto Earthquake (Mj6.9), Central Japan, *Earth Planets Space*, 60, 117-122, 査読有 (2008).
- (3) Aizawa, K., Uyeshima, M. and Nogami, K., Zeta potential estimation of volcanic rocks on 11 island-arc type volcanoes in Japan: implication for the generation of local self potential anomalies, *J. Geophys. Res.*, 113, B02201, DOI: 10.1029/2007JB005058, 査読有 (2008).
- (4) Uyeda, S., M. Kamogawa, and H. Tanaka, Analysis of electrical activity and seismicity in the natural time domain for the volcanic-seismic swarm activity in 2000 in the Izu Island region, Japan, *J. Geophys. Res.*, 114, B02310, doi:10.1029/2007JB005332, 査読有 (2009).
- (5) Uyeda, S., T. Nagao, M. Kamogawa, Short-term Earthquake Prediction: Current Status of Seismo-Electromagnetics, *Tectonophysics*, 470, 205-213, doi:10.1016/j.tecto.2008.07.019, 査読有 (2009).
- (6) Uyeda, S., M. Kamogawa, and T. Nagao, Electromagnetic signals of Earthquakes, Complexity in Earthquakes, Tsunamis, and Volcanoes, and Forecasting and Early Warning of their Hazards (ed. William H. K. Lee), Series of

*Encyclopedia of Complexity and System Science* (Editor-in-Chief, Robert Meyers), Springer, 2621-2635, 査読有 (2009).

- (7) Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S. Uyeda, Heterogeneous Electrical Structure of Kozu-shima Volcanic Island, Japan, *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, 85, 476-484, 査読有 (2009).
- (8) Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S. Uyeda, Independent Component Analysis of geoelectric field data in the northern Nagano, Japan. *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, 85, 435-442, 査読有 (2009).
- (9) 上嶋誠, MT 法による電気伝導度構造研究の現状, *地震 第2輯*, 61, S225-S238, 査読有 (2009).
- (10) R. Yoshimura, N. Oshiman, M. Uyeshima, 他 19 名 a, Magnetotelluric transect across the Niigata-Kobe Tectonic Zone, central Japan: A clear correlation between strain accumulation and resistivity structure, *Gephys. Res. Lett.*, 36, L20311, doi:10.1029/2009GL040016, 査読有 (2009).
- (11) Yamaguchi, S., Uyeshima, 他 9 名, Modification of the Network-MT method and its first application in imaging the deep conductivity structure beneath the Kii Peninsula, southwestern Japan, *Earth Planets Space*, 61, 957-971, 査読有 (2009).
- (12) Zhao, G., Chen, X., Xiao, Q., Wang, L., Tang, J., Zhan, Y., Wang, J., Zhang, J., Utada, H. and Uyeshima, M., Generation mechanism of Wenchuan strong earthquake of M(s)8.0 inferred from EM measurements in three levers., *Chinese J. Geophys.-Chinese Edition*, 52, 553-563, 査読有 (2009).
- (13) Uyeda, S., and M. Kamogawa, Reply to Comment on “The Prediction of Two Large Earthquakes in Greece”, *Eos Trans. AGU*, 91(18), doi:10.1029/2010EO180004., 査読有 (2010).
- (14) Orihara, Y., M. Kamogawa, A. Takeuchi, H. Fukase, Nagao, T., Subterranean electrical structure of Kozu-shima volcanic island, Japan, *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, 86, 914-919, 査読有 (2010)
- (15) Varotsos, P. A., N. V. Sarlis, E. S. Skordas, S. Uyeda and M. Kamogawa, Natural time analysis of critical phenomena. The case of Seismicity, *Europhys. Lett.*, 92, 29002, 査読有 (2010).

[学会発表] (計 1 件)

S.Uyeda and M. Kamogawa, Towards generation mechanisms of seismo-EM signals consistent with observations, EMSEV-DEMETER Joint Workshop, September 7-12, 2008, Sinaia, Romania

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

上田誠也 (SEIYA UYEDA)

東京大学・地震研究所・名誉教授

研究者番号：60011459

### (2) 研究分担者

上嶋 誠 (MAKOTO UYESHIMA)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：0329111

鴨川 仁 (MASASHI KAMOGAWA)

東京学芸大学・教育学部・助教

研究者番号：0329111