

大地震発生直前の異変を確実に捉える —その日までに、そして直前の1時間に我々は何ができるのか?—

梅野健(京都大学大学院情報学研究科)

E-mail: umeno.ken.8z@kyoto-u.ac.jp

HP: <https://chaos.amp.i.kyoto-u.ac.jp/>

1. はじめに—何も変わらない未来—

一つの大きな可能性として現状(2023.12.5)と何も変わらない未来がある。地震予知を巡る最近の我が国の国会審議から未来を見てみよう。

◆2017年4月28日 第193回国会 衆議院 国土交通委員会 (以下国会議事録から引用)

野間委員: 地震が起きた後の防災対策に力を入れているということはわかるんですけども、やはり我々とする、これだけのお金を使って、多少でも予知、予測ができないのか、ぜひそのことは推進していただきたいと思ひますし、また民間のいろいろな研究の成果が出ていますので、そういったものとの協力や情報の共有をぜひやっていただきたいと思ひているところです。

最後になりますけれども、石井大臣から、国民の安心、安全の観点から、政府、公的機関のみならず、さまざまな民間、在野の研究の成果というものが出ておりますので、地震予知に関する情報を国交省としても提供して行くべきではないか、またこういう研究に助成や協力をしていくべきではないかと思ひますけれども、大臣の見解をお伺いしたいと思ひます。

石井国務大臣: 地震の予知技術に関しましては、現在、調査研究が進められている段階にあると承知しております。その研究成果を取り入れまして、地震予知に関する情報を提供していくためには、その妥当性及び実施可能性につきまして、科学的、客観的に検証されることが必要であると考えております。

国土交通省といたしましては、地震の予知技術につきまして、地震調査研究推進本部のもと、関係機関と連携いたしまして、妥当性及び実施可能性が確認された研究成果を積極的に取り入れ、観測監視の強化や適時適切な情報の提供に努めてまいりたいと考えております。

◆2023年11月15日 第212回国会 衆議院 国土交通委員会 (以下ビデオ録画から引用, URL https://www.shugiintv.go.jp/jp/index.php?ex=VL&deli_id=54769&media_type=の10時13分からの答弁)

下条委員: 大臣、これはすごい話なんです。今まで一時間で GEONET(GNSS Earth Observation NETWORK) の情報を提供していたものが、十分刻みでも提供できるようになった。これはもう国交省を評価です、僕は。

それで、私はこの GEONET だけでは、さっき言った梅野京都大学教授も、それからそれ以外のいろいろな学校の先生方がこの研究を進めている中で、やはり何が必要かという、それ以外のシステムアップにやはり予算が必要らしいんですよ。

—以下略—

斉藤国務大臣: 地震予知というのは大変重要な課題だと思っておりますし、地震の災害から逃れることは国民の悲願と考えております。このため、国土交通省としては、地震災害に対する様々な対策を行なっているところでございます。

そして、地震予知についても、今、学術的にいろいろな提案がなされていると思っております、そういう中で、しっかりこの地震予知研究、国としても、学術的な会議を設けて、どういう方法があるのか、どういうところに投資すべきか、いろいろ議論されているかと思いますが、そういう議論を踏まえながら検討していきたい、このように思います。

下条委員: 時間が来ましたが、最後に申し上げますが、これは大臣の右腕である国土地理院が梅野教授とやり合っている話ですから、是非前向きに検討していただいて、本当に守っていただきたいなということを申し上げて、質疑の時間が来ました、以上にします。

今日はありがとうございました。

この両国会の議事録(後者の2023年国会は https://www.shugiin.go.jp/Internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku%20/009921220231115003.htm を参照)

を見ると両委員、両国務大臣ともに地震予知の重要性は認識している。

ただ、国の機構がこの国会答弁を経て動く、あるいは国が変わるという心配が全くないのである。著者は国会で取り上げていただいた両委員及び国務大臣に深く感謝するが、それだけでは、国の統治機構は変わらない。国は簡単には動かないのである。

ただ今、何かしなければいづれ2011年3月11日東北沖地震発生時と同じこと一当時は全く予見できず多数の犠牲者(主に津波被害)が出た。そして今なお福島含め復興途上の状態であるが、将来大地震が発生する場合に再び起こる。

本稿は、その様な未来にならないために、我々はいま何ができるかについて、電離圏異常に基づく地震前兆現象を捉える研究者サイドから見た提案をいくつか行う。日本だけでなく人類の地震予知技術の実用化という観点で少しでも役に立てば幸いである。

2. 大地震発生直前電離圏異常検出

電離圏とは、地球の上空 50km から 1000km であり、衛星やイオノゾンデなどで常時観測可能な空間である。一方、地球の内部を観測するには掘削する必要があり地球上のデータを得るには限界がある。その電離圏は、例えば火山噴火、ミサイル発射などにより影響を受ける。2011 年東北沖地震、2016 年熊本地震様々な地震においてその直前において電離圏異常が発生したことが報告されている。我々も一部公開データ(上述の GEONET)を用いて確かに約 1 時間前の直前に電離圏異常があったことを報告した。そして 2011 年 3 月の東北沖地震の場合、異常が観測された領域で 2011 年 1 月から 3 月 11 日まで 3 月 11 日 14:46 地震発生直前 1 時間前から観測された異常は無かったことも確認している(Iwata-Umeno, Journal of Geophysical Research-Space Physics(2016))。一方、観測されている電離圏異常は宇宙天気による異常ではないかという議論がある。いわゆる地震前兆現象としての電離圏異常と宇宙天気の電離圏異常と区別できるかという問題である。それに対しては明確に区別できると考えている。その根拠は、そもそも、**宇宙天気現象の異常の種類は有限である。有限なので数え上げができ、そのパターンを覚えさせて地震前兆現象と識別させれば良い。**太陽があり、地磁気も磁力線がどう分布するかは決まっている。時々太陽フレアという爆発現象はあるが、地磁気が南半球から北半球に線で結ばれており、その方向が我々の生きている 100 年という単位で変わることはない。この宇宙天気異常との関係、識別可能性も既に、Iwata-Umeno, Journal of Geophysical Research-Space Physics(2017)を契機に議論され、研究開始している。大地震直前の電離圏異常、宇宙天気の電離圏異常、どちらも同一の手法で検出でき、その識別は可能である。もちろんその物理メカニズムなど研究すべきことは多数残っているが、地震予知に必要な前兆検出という意味では問題は解決できると確信している。宇宙天気の異常、地震前兆現象の電離圏異常も、その基礎となるのは電磁気学、力学、流体力学、あるいはそれらを融合させた電磁流体力学であり、決定論的な基礎方程式がある世界である。これらの物理現象としてのモデル化は可能である。

3. 前兆現象の特徴付け—短期予知の必要条件—

最近亡くなられた上田誠也名誉教授(東京大学地震研究所)は、“地震予知は短期予知が本命。短期予知には前兆現象を捉えることが必要”と繰り返し言われていた。シンプルな言葉であるが至言である。ここではその**短期予知に必要な前兆現象を捉えること**の意味を考えてみよう。一言で前兆と言っても人によって捉え方がまちまちなので、まず短期予知に必要な前兆現象の本質とは何かを考える。それを以下の 4 つの前兆条件にまとめる。

(前兆条件 1) 大地震直前に前兆現象が現れる。

これは多くの研究者が報告する様に、大地震直前に現れる様々な現象でこの(前兆条件 1)を持つ。但し、これだけでは不十分である。次の特徴

(前兆条件 2) 平常時に前兆現象が現れない。

を持つ必要がある。つまり平常時には前兆現象が現れず、大地震直前のみに現れる特徴である。これは前兆現象の正確さ、確からしさに関わる条件である。更に、次の条件が必要である。

(前兆条件 3) 常時観察されるデータから前兆現象がリアルタイムに検出できる。

これは毎日モニタリングするデータから前兆現象が科学的に検出できたとしても、それがリアルタイムに計算されなければ短期予知につながらないということから来る条件である。ここでリアルタイムというのは、発生 1 時間前の前兆現象であれば数秒—10 分程度の計算時間は許容できるという程度の問題である。もし 1 日前の前兆現象であれば 1 時間程度の計算時間は”リアルタイムシステム”として許容できる。つまり、仮に 1 時間前兆現象がデータとして検出できたとしてもそれを計算・確認するのに 1 日かかっていたら全く役に立たないので、こういう前兆現象は外す。

また視点を変えて、前兆現象と主張した時に、万人にこの<前兆現象>は確かに前兆現象であるということをお納得させる仕組みが必要である。この視点も多くの論文、主張(地震予知)に欠如しているのが現状である。つまり前兆現象とは、多くの人が、それは前兆現象だとお納得できる = 社会に前兆現象を受容させる仕組みが必要である。それに必要なことはただ一つ、**前兆現象データの公開**である。

(前兆条件 4) 前兆現象データが公開され、万人が検証できる様にする。—検証可能性—

この**前兆条件 4**、つまり前兆現象データの公開により、後からそれが前兆現象であったと確かめることができる。つまり前兆現象に信頼性を持たせることができる。

さて、これら 4 つの条件(**前兆条件**)を挙げても、満足しない人は確実にいる。この様な前兆現象は存在しない、科学的に前兆現象だと確かめられたものはないと言っている人がいたらそれは信じるに足らない。既にこの**前兆条件 1** から **前兆条件 4** を全て満足する前兆現象として科学雑術雑誌に公開されているものがあるからである(参考文献 1)。もちろんこの現象がどの程度普遍性があるかは科学研究の調査対象であり続けているが、そのデータは全て公開されており、それを否定する結果は報告されていないのである。

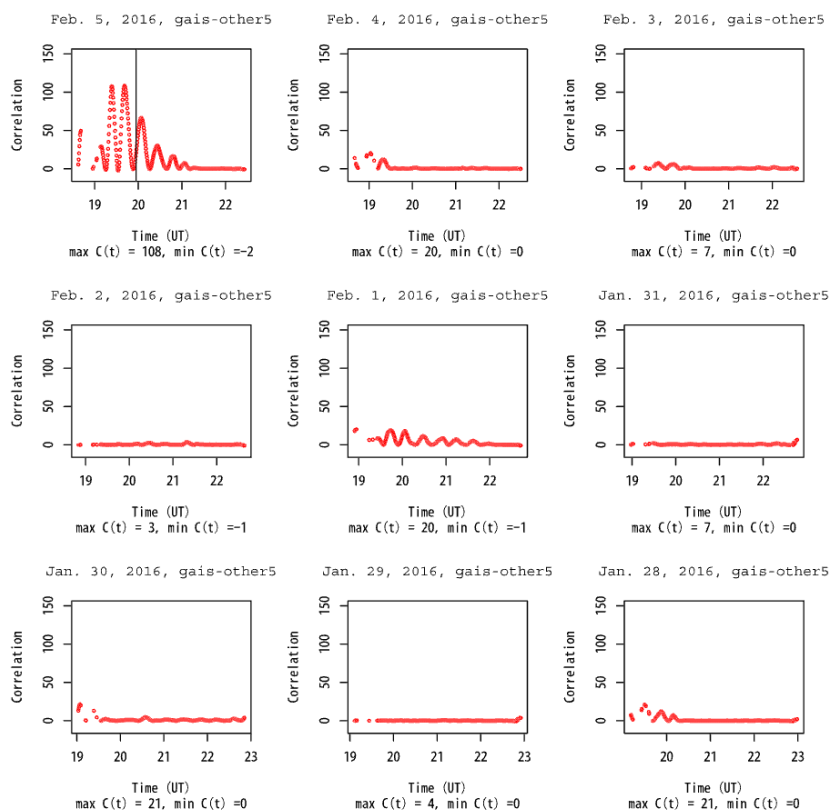


Figure 9. Time series of correlations obtained by CoRelation Analysis with $M = 5$, where total electron count data were observed at 6 stations for the period from 28 January to 5 February in 2016. Global Positioning System satellite 17 was used, and the central station is "gais," and the other five stations are "wanc," "jwen," "mlo1," "dani," and "shwa." The vertical line on 5 February indicates the time (UT) when the event occurred.

図 1: 地震前兆現象としての電離圏異常の例: 2016 年 2 月 5 日 20 時頃(UTC)で起きた台湾南部地震の前兆はその 1 時間前だけに現れ、1 ヶ月間は全く現れなかった。台湾の気象庁である中央気象台が管轄する測位衛星のデータにより計算した結果であり論文とデータ(参考文献[1])は公開されている。電離圏異常は、電子数密度の予測値と計測値との誤差を各観測点で計測し、その相関で計算する。携帯電話の受信システム(CDMA: Code Division Multiple Access)で使う軽い信号処理なのでリアルタイム計算可能である。

4. 前兆現象の物理的メカニズム説明と前兆現象検出技術確立の独立性

前兆現象を捉えることに成功したとする。その時に必ず現れるのは、その前兆現象が生成する物理メカニズムが不明なので信頼性が無いという議論である。発表者は、前兆現象の信頼性と前兆現象の物理メカニズムの有無とは独立な問題であると考えている。例えば、ガンマ線バーストという現象が知られている。種々の観測により確立された物理的

事実である。が、そのガンマ線バーストを発生する物理メカニズムは不明である。現代の物理学では解明できないという主張もある。この場合も、ガンマ線バーストという現象が確かに在るということと、ガンマ線バーストの物理メカニズムが知られているかということは無関係である。従って、確実な前兆現象を捉えるということと、物理的メカニズムの解明の有無は独立となる。もちろん地震前兆現象の物理的メカニズムが解明されれば、その前兆現象に対する信頼性は増す。ただ、科学の他の営みがそうである様に、全てが一挙に解決するわけではなく、徐々に解ってくるものである。例えば、ワットの熱機関が誕生したのは、方式完成が 1765 年、特許確立が 1769 年、1802 年にフルトンの蒸気船が完成したが、その基本原理である熱力学第二法則(カルノーの原理)が完成したのは、1824 年(カルノーは 1796 年-1832 年)であり、現象の活用(応用)と現象の基本的理解は全く別物であり、往々にして、現象の基本的理解の方が現象の活用(応用)より後で来ることが多い。

我々はまず何か動くものを完成させてから、その原理を考え始め、そしてその基本原理が理解されるものであり、決して基礎原理、基礎メカニズムが確立してから動くものを発明する訳ではないのである。両者は独立な関係である。

とは言っても、電離圏異常の前兆現象が全く理解されていないと言う訳でもなくいくつかの物理的メカニズムの仮説が出てきている状況である。それを簡単に紹介しよう。まず梅野(2021)は、電離圏異常というのが静的なものではなく電離層を貫く電場 E の変化 ΔE と電離層の MSTID といった移動性電離圏擾乱の速度変化 Δv が、

$$\Delta v = \alpha \Delta E, \quad \alpha = 6 \times 10^4 \text{ T}^{-1}$$

という線形応答関係を持つことを発見した(Umeno et. Al. <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/265875/1/ojer.2021.104008.pdf> 熊本地震の場合などで伝搬性電離圏異常 MSTID の地震発生直前の急激な現象が見られる。Iwata-Umeno, JGR(2017)も参照)。この線形応答関係式から、 Δv を観測によって評価することで、発生したであろう ΔE という新たに生成した電場を見積もることができるのである。熊本地震では $\Delta E = 0.58 \text{ mV/m}$ という通常の計測装置ではとても測ることができない小さな電場変化を、GEONET の観測により TID の速度変化 Δv を計測することにより見積もることができる。次はこの電場変化と地震発生直前の準備過程との因果関係の解明である。我々は次の様に推察した。地震発生直前の地殻破壊が何らかの原因で電場を生成する仕組み、あるいは地殻破壊時に何らかの原因で電荷を生成する物理メカニズムが分かれば、それに伴い電場が生成するので ΔE が生まれ、衛星で観測される TID の速度変化 Δv につながると言うシナリオである。

つまり

地震発生直前の地殻破壊→（何らかの未知の物理メカニズムー地殻内部から地表）
→電荷発生(地表)→電場 ΔE 発生(電離層に影響)→電離層内伝搬性電離圏擾乱の速度変化 ΔV

である。ここで、我々が観測できているのは Δv である。 ΔE から Δv への物理メカニズムは上述した通り既に解明された。残るは地震発生直前の地殻破壊から ΔE を発生する様な物理的メカニズムである。

我々(水野彰一梅野健が日本地震予知学会(2022)で提唱, 日本地震予知学会(2023)で続報を発表予定)が持っている仮説は以下の通りである。多くの観測により、大地震発生の起源となる断層, プレート境界にはスメクタイトという膨潤性粘土鉱物(例: モンモリロナイト Montmorillonite)が解っている。

(例 :<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/earth-quake-tohoku-3/2/>、
https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20151016/)

この粘土鉱物は、層状珪酸塩鉱物と呼ばれる結晶構造をしており、このモンモリロナイトは結晶構造の薄い板の間に交換性陽イオン(Na^+ , Ca^{2+} , K^+ 等)と水分子が含まれる。地殻内で高温高圧下となると水は通常の導電性の水の性質を失い、ある温度及び圧力で“超臨界状態”になり、導電性を消失し絶縁物に近くなることからこの水分子がある層間の隙間は急激な電圧 ΔV の変化を生成する。これが地震発生直前の電磁気学的変化(電磁波発生)の物理メカニズム仮説である。

スメクタイト 層状結晶構造 (モンモリロナイト) と超臨界状態仮説

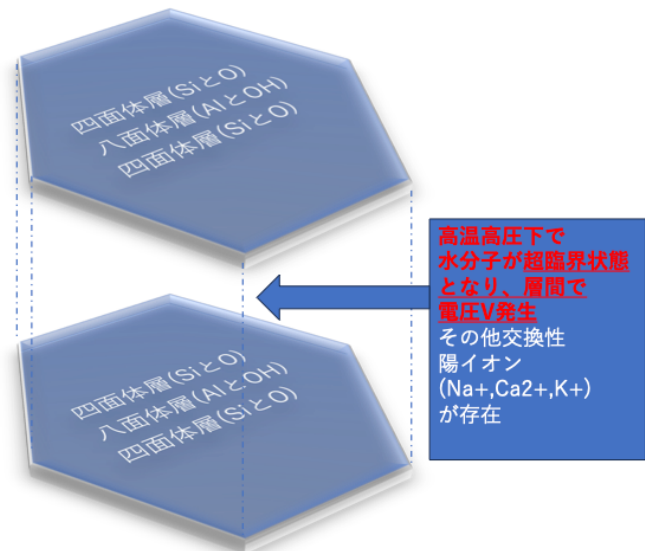


図2: 高温高圧下で膨潤性粘土鉱物スメクタイトの層間にある水が超臨界状態となり急激な電圧 ΔV を発生する物理メカニズム(仮説)の模式図

そしてその電圧変化に伴い正電荷を発生し、電圧変化により電磁波も発生する。これこそが我々の地震発生直前の地殻破壊から電荷発生、電場発生 of 因果関係を説明する物理モデルである。地殻内の直接的な検証が困難な状況であるので現在は、これはあくまでも一つの仮説にすぎないが、既存の既知な物理法則とプレートの境界面には、滑りやすいスメクタイトが存在するという観測事実からこのミッシングリンクを結びつける物理モデルとして提案している。またこの提案モデルの予備実験は行なっており、ステンレスチューブ内部に水と粘土の混合物をいれ、チューブ内の温度を上げ圧力を上昇させて、チューブの端の一方を塞ぎ、もう一方をアルミニウム箔で封じ、そこから破壊して水分を含む粘土が飛び出る様に調整したところ、確かに帯電量が生まれたことが確認されている(水野一梅野,2022)。

水以外にも交換性陽イオンも存在しているので、これらが ΔE 生成にどう関わっているのかより詳細に調べていくのは今後の課題として考える。

5. 精度 80%の短期予知技術は役に立つのか？

精度 80%の短期予知技術が役に立つかは、天気予報が役に立つか？を自問自答すれば自ずと明らかになる。天気予報の場合は、センサーの数を増やしながら予測精度を高めてきた。我々は、明日の天気であれば大体信頼できるという実感を持つ。ただ、たまに予測が外れることもある。精度は 100%ではないことも解っている。但し、それでも天気予報が無い世界と比べると、明日の予定を決める判断材料があるだけでも、とても有益であることを実感している。天気予報の精度から言えることは、あまりにも精度が悪いと論外であるがその精度が 100%でなくても十分役に立つものを作れるのである。

もちろん地震予知の場合は外した時の影響が大きいので精度が 100%のシステムでなければ信頼できないし実装しないという極論を言う人も出てくるであろう。ただ、例えば 80%の精度で 5 回の地震のうち 4 回は前兆を検出して多くの命を救うことができ、1 回は外してしまって逃げたにも関わらず地震が来なかった場合を考えると、単純に

精度 8 割で救命できるメリット > 2 割の誤差で社会的混乱を与える社会的コスト

が成立すれば、差し引き勘定し導入メリットがあると考えられることができる。一人でも命を救える可能性が増えればやはり導入を進めるべきであろう。更にこの一定の誤差で生じる社会的混乱は、ある程度事前の“訓練”によって小さく抑えることができる。もし精度がおおよそ 8 割だと分かっていたら、人は警報を受けても 5 回に 1 回の防災訓練だと考え直し、そして外れたとしても実際に地震が来なくて良かったという実感となる。つまり、その“混乱”というコストは、防災訓練という未来への投資経験となる。

6. リアルタイム短期予知システム—OHB(One Hour Before)の提案と試算—

1300 の GEONET (GNSS Earth Observation NETWORK)観測局のデータが国土地理院からほぼリアルタイムで取得できるようになった。これを用いた短期予知システムの実現にいくら必要か試算する。全体で 5 億円/年間あれば実現できるというのが我々の試算である。時間との勝負なのでこれは早く実現することに意義がある。まず解析サーバー、前兆現象表示用サーバー(HP)、データストレージサーバー、そしてネットワーク、及び運用のための人件費。これらを全て併せても年間 1 億円で間に合う。次に GEONET データが取れない時のための自前の観測装置を設置することが必要であり、それを年間 100 台設置する。その費用が 1 台あたり 200 万円だと計算し 2 億円である。あとはネットワーク、観測装置、といった OHB システム全体の保守費用が少なくとも 1 億円かかる。そして地震前兆現象を解析し、宇宙天気と識別するといった判断する研究に人件費含めて 1 億円と試算する。これがトータルの OHB 運用コストが 5 億円でできるという試算である。その他に計上しないといけないのは広報・告知費用であるが、これはこの OHB がどの組織で作るかに依存するのでここでは組み入れない。少なくとも年間 5 億円あれば、観測局を年 100 台設置し、徐々に観測制度を高める短期予知システム(これを我々は OHB(One Hour Before)システム)が完成し自律的な運用が可能となるのである。この計画だと 15 年で OHB 独自の観測局が 1500 となり、その時の GEONET 約 1500 台と併せて合計 3 千台の高密度観測網を持つシステム・体制ができる。我々の観測局は大学の観測所以外に高校や高専、大学といった教育施設に設置すると、そういった学校施設は避難場所にもなっているので防災教育という観点からも 1 石 2 鳥の投資効果がある。そしてこの解析データは宇宙天気などの解析にも資するので、学問の発展にとってもプラスとなる。

7. 地震予知システム(OHB)の世界展開—最近のトルコ・シリア地震を踏まえて—

GEONET の様な衛星観測局は、地球上様々なところにあるので測位衛星と地球上の受信局を活用する地震予知システム(OHB)の世界展開は可能である。技術的には測位衛星の情報をネットワークで結び、解析結果を出して異常をリアルタイムに知らせる仕組みは同じであるので、国別で試算しても国毎に 5 億円程度で実装できるだろう。

実際、この OHB(One Hour Before)地震予知システムの概念化は 2019 年に行い、まずインドネシアにおいて、当時の BPPT(国家技術移転庁)長官—大臣級—の前でプレゼンし、正式な Letter of Intent をもらった。インドネシアの津波警報システムと連携したいとのことである。彼らと提携しようと連絡を取り合ったところこのコロナパンデミックとなり、2020 年から行き来することができなくなった。

2019 年秋に仙台で行われた世界防災フォーラムでこの OHB システムの概念を提案

し、世界での実装を呼びかけた。その後コロナとなって暫く交流が途絶えていたが、インドネシアの BPPT および BMKG(日本の気象庁に相当する機関)という国家機関と直接交渉し彼らが本 OHB 実装に非常に高い関心を持っていたので、日本での実装に目処がついたらインドネシアと是非 OHB 実装を再スタートしたいと考えている。

台湾ではその前年の 2018 年に OHB の京大基礎技術である相関解析を検証する国家プロジェクトが開始され、2016 年 2 月に発生した台湾南部地震での前兆が明確に捉えられたと報告された(台湾中央気象局(日本の気象庁)報告書)。台湾では気象庁に相当する中央気象局と、地震予知のための電離層異常のリアルタイムモニタリングシステムを国立成功大学(台南)と一緒にスタートしたのである。この動き(国家データ(リアルタイム)の大学への解放)も日本と比べて 5 年早い。また、同じく 2018 年の夏に発表者が台湾台南の国家サイエンスパークに行って本 OHB の基礎技術を紹介した時に局長(日本だと大臣クラス)が出てきて、2016 年 2 月の台湾南部地震で TSMC 等の半導体工場で作られていた半導体が全部使いものにならなくなったと言っていた。一発の地震で人命喪失以外に同国の基幹産業を揺るがす状態になったことになり、それで同国(行政組織)のトップが導入に向けて真剣に耳を傾けていたのである。

さて、TSMC が進出した熊本に話を移ろう。

2016 年熊本地震が起きた物理メカニズムは不明だが、粉末 X 線解析により布田川断層系北向山断層破碎帯にスメクタイトがあったという報告が 2017 年学会発表されている。(平野他、"2016 年熊本地震にて活動した布田川断層系北向山断層破碎帯の構造解析", https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2017/0/2017_466/_pdf)

これは、本震発生直前に断層中のスメクタイトの水が高温高压下で超臨界状態になり、スメクタイトの結晶構造の層間の超臨界水による急激な電圧の変化により正電荷が生成し、地震直前に電離層異常をもたらしたとすると、地震直前に電離層異常が発生していたという我々の発見*と物理的に辻褄が合う。

注：我々の発見* 地震直前に MSTID の遅延 Δv が起きたことを発見。参考: 2017 年 3 月京都大学プレスリリース:熊本地震発生直前にも電離層異常が起きていたことを発見 <https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2017-03-01> Iwata-Umeno, JGR(2017)

TSMC(台湾)進出の熊本→熊本地震断層にスメクタイト→本震直前に電離層異常

日本が誘致した半導体工場の今後の安全かつ安定的な稼働のため、OHB は日本独自の技術力による科学技術外交の切り札として使える物理的な根拠があると考えられる。

熊本に話が脱線した。国際関係に戻ろう。本年 2 月 6 日、トルコ・シリア地震が起きた。トルコおよびシリアで 2000 万人以上が被災し、死者も両国で 5 万 6 千人以上と

なり両国に甚大な被害をもたらした。これについても国連の動きは早い。

その 10 日後の 2 月 16 日、GONET が受信する測位衛星の周波数を国際的に取り決める国連専門機関である ITU(国際電気通信連合)から、世界が本 OHB をどう使うか提案して欲しいとメールが来たのである。ITU-R のトップからである。実はその前年に、本 OHB を世界展開すべく世界実装に努力するという誓約(Pledge)を出していたのである。これにより、2023 年短期予知システム OHB の世界展開活動も始まった。国連はこの発展途上の地震発生前の電離圏異常の物理を理解している訳ではないが、その現象を衛星でグローバルに捉えることで人類に貢献できるという短期予知技術の人類への価値は認識していると考える。

2023 年夏になり ITU(国際電気通信連合)から招待状が届いた。9 月 17 日に New York での国連本部で SDG Digital というイベントであり、私も参加した。そのイベントには日本からの参加者はほとんどおらず、中東の国、インド、様々な参加者がいる中で世界の動きと同時に日本がこの分野(デジタル技術で防災などの SDGs に貢献する)で存在感を発揮していないことを再確認した。

明らかなのは、世界は全てにおいて日本より動きが早いのである。良いものはできるだけ早く実装する。日本は昔から”黒船”や”敗戦”がないと国家の統治機構改変に動かないと言われているが、それは今でも変わっていない。国会の動きと行政の変化を見ながら、我々は視野を外にもむけこの衛星を用いた地震予知システムの世界展開を考えていくべきである。

8. おわりに—前兆現象検出による短期予知技術の実現により我々の未来を変える—

事前の防災投資は災害後の対応・復旧より費用対効果が高い。もし仮に東北沖地震が予見されていたら福島原発事故は防げた、少なくとも被害のコストを圧縮できたのではないかと考える。3 月 11 日 14 時 46 分地震が起こる前の 14 時に我々は予見できる技術をもてるということである。津波到達時間は第一波が 15:27, 第二波が 15:35 である[2]。1 時間強の時間があることからこの間に、冷却装置用電源(バックアップ電源)の配送問題のロジスティクスが可能となる。福島第一原発の事故は津波が来た後のトラックによる電源の輸送が困難であり結果的に冷却不能となり原発事故を起こしたが、地震発生前においては道路の状態は平常時と変わらないので輸送可能となる。配送問題が簡単となるのである。これは一つの例に過ぎないが、来たる状況を予見し、被害が来る前に先に様々な手を打つことで、被害を激的に軽減させるということが可能になる。原発事故で起きた様な 2 次災害、3 次災害という災害の連鎖を早期に止めることができるからである。2015 年国連が策定した仙台防災枠組[3]においても、

事前の防災投資は災害後の対応・復旧より費用対効果が高い。

と基本ガイドラインが書かれている。この費用対効果の程度は2倍から3倍という一桁オーダーではなく、10倍、100倍という様に桁違いの数字に現れるものだと考える。そして特にこの事前の防災投資に、地震予知技術の実現と社会実装ができれば特に人命救助に効果的であると考え。事前に前兆現象をキャッチし、安全な場所に逃げる事ができれば、命さえあれば、あとはなんとかなるからである。地震が起きる事後よりも、地震発生前の地震予知に資金を投入しておけば、時間が稼げるので、我々の行動の選択肢は圧倒的に多くなる。そしてこの選択肢によって我々の未来を変えることができる。

本稿では、何も変わらない未来(震災後に莫大なコストがかかる未来)よりも、今から少しずつ地震予知技術の実用化をし、大震災に備える未来に変えるビジョンを提示した。未来を変えるのは変えようという我々の意志であり、行動である。本稿では海外での大地震においても人命を一人でも多くを救う技術(OHB)の実装の可能性について説明した。

地震予知技術は人類共通の目的であり、我が国で世界中の人が集まって決めた人類の叡智の結果である国連”仙台枠組み”の基本ガイドラインとマッチしている。

さて、ここまで具体的に提示しても、もしこの国が変わらなかつたら、地震予知技術の未来と可能性に夢を託し、自主的な研究活動を行なっている若者等(付録1の高校生参照。彼らは発表者と共同研究を行なっている兵庫県姫路西高校の高2の生徒さん達。京都大学がGNSS受信局を1台姫路西高校に設置した。)にどう助言するか。”日本を脱出せよ。君には輝かしい未来がある。地震予知システムは人類が必要としている。変わらないところで無理にトラップされる必要はない。君は人類に貢献できるしそうすべきある。”

日本という国が仮に現状の第1節の国会審議で問題を紹介した通りの様に不可知論、予知技術が不可能と国の実行部隊(行政組織)が判断し続け機能不全に陥っている状態を継続したとしても、それは世界の中で日本だけである。一方、中国、台湾等ですでに地震予知のための衛星を一機だけでなく複数打ち上げて国力挙げて人類初の大地震の短期予知を実現しようと激しく競争しているのであり、それが世界の現状である。

最後に結論を以下の言葉でまとめる。

人類は短期予知を必要としているのであり、短期予知に投資することに我々の未来がある。

参考文献(リンク)

[1]地震前兆現象のパーマネントリンク(京都大学 KURENAI 公開データ)

<https://doi.org/10.14989/244036>

<https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/244036>

論文, Shin-itiro Goto, Ryoma Uchida, Kiyoshi Igarashi, Chia-Hung Chen, Minghui Kao and Ken Umeno (2019). “Pre-seismic ionospheric anomalies detected before the 2016 Taiwan earthquake” Journal of Geophysical Research: Space Physics.

<https://doi.org/10.1029/2019JA026640> の証拠データとして公開。

当該論文の京都大学プレスリリース(2019年10月17日)“2016年2月の台湾南部地震直前の電離圏異常を発見—電離圏データが大地震の減災・防災に資する可能性—”

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2019-10-17>

[2] <https://www.tepco.co.jp/press/release/2017/pdf2/171225j0108.pdf>

[3] 仙台防災枠組 <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000081166.pdf> (和訳)

仙台防災枠組の骨子(和訳)

https://www.gender.go.jp/policy/saigai/pdf/sendai_framework_relation.pdf

付録: 地震直前予知に未来を託す関西の高校生(関西の SSH 高校の高校生との共同研究)



設置したGNSS受信アンテナと姫路城を背景に、姫路西高校の高校2年生と記念写真(2023年8月21日)

<https://chaos.amp.i.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2023/08/14A97314-329C-423A-A56C-A0A77E5F03E5-scaled.jpeg>